

## 音響集魚器의 集魚效果

### (I) 定置網漁場

張善德 · 尹甲東 · 辛亨鎔 · 李珠熙 · 申鉉玉

釜山水產大學

(1936年 11月 30日 수리)

## Effects an Acoustical Equipment on the Luring of Fish School

### (I) Set net fishing ground

Sun-duck CHANG, Gab-Dong YOON, Hyeong-II SHIN,

Ju-Hee LEE and Hyeon-Ok SHIN

National Fisheries University of Pusan

(Received November 30, 1986)

A field experiment was carried out to clarify the effect of underwater sound on the luring of fish school. The effects of the acoustic emission on the luring of fish school were checked actually at a set net fishing site in Namhae using a commercial acoustic equipment, Dairyo-8.

An emitting system of sound was designed by the authors, and the ambient noise, the sound pressure level and the reaction of fish school were measured in the set net.

1. The predominant frequency band of ambient noise was  $150\text{Hz}\sim 400\text{Hz}$ , and the sound emitted was  $400\text{Hz}\sim 100\text{Hz}$ . The sound pressure level of ambient noise in set net was higher at the landing part, and lower at the playground, the gate of court and the enterance of inclined passage. The ambient noise was increased with the time elapsed at the stage of hauling net, but it was decreased suddenly at the final stage due probably to the decrease of the swimming speed of the fish school.
2. The results of the observation and the recording paper of echo sounder indicate that the effect of emitting sound in the bag net of set net was remarkable for the luring of fish school in the early stage, but decreased after 30 minutes. The reaction of fish school is more sensitive to the sound pressure level than the time intervals between the emission and the pause. For the purpose of practical use, it is necessary to confirm what kind of sound pressure level is the best for the luring of fish school.
3. In response to the acoustic equipment(Dairyo-8), fish school started to swarm 20 minutes after the sound emission and scattered when the sound paused. As the emitting pattern of the acoustic equipment, the three seconds of emission after one second of pause was more effective than the continuous emission at the set net fishing ground. Catch of the fishes during the sound emission at the gate of court was three to five times more than that of no emission.

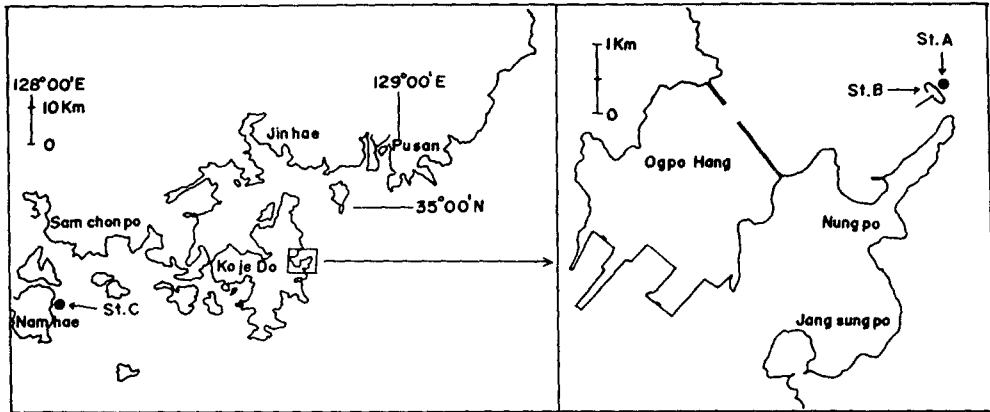


Fig. 1. Map showing the location of observation.  
St. A denotes the location of oceanographic observations,  
St. B and St. C the location of set net.

## 緒 論

水中音を 인간이 測定할 수 있게 되면서 부터 소리를 産業的으로 응용하려는 움직임도 차츰 높게 되었다.

지금까지는 水中音響中 20 KHz 以上の 超音波를 이용하여 魚群이나 海底地形 등을 探知하는 分野의 응용에 많이 이용하여 왔으나, 최근에는 20 Hz~20 KHz 의 可聽音을 이용하여 魚群의 探知는 물론이고, 魚群을 誘引하거나 威嚇하여 보다 効果的으로 集魚하고, 汚染된 海域에 接近하지 못하게 할 수도 있다.

이러한 分野에 關하여 Hashimoto *et al.* (1957)은 방어群의 騒音에 關한 分析, Kuroki (1958), Kona-gaya (1980 a, b, c)는 低周波音에 對한 고기의 反應을 研究한 바 있고, Maniwa *et al.* (1970, 1975, 1976)은 音響에 의한 魚群의 誘致·威嚇에 關하여 研究한 바 있다. 또한, Okamoto (1982, 1984)는 音響學習漁場에서의 魚群行動을 觀察·分析한 바 있고, Hatakeyama *et al.* (1985), Ishii *et al.* (1986)은 超音波에 對한 魚類의 應答에 關한 研究等 많이 있다. 그러나, 우리 나라에서는 이에 關한 研究를 거의 찾아볼 수 없다.

本 研究는 音響에 의하여 魚群을 集魚하는 基礎資料를 提供하기 위하여 1985年 11月 14日~15日 거제도 능포 定置網漁場 周邊에서 豫備調査를 行하고, 1986年 7月 26日~30日에 같은 漁場에서 定置網內의 環境騒音 및 放聲音의 分布를 測定하였으며, 魚群探知機로 放聲音에 의한 集魚效果를 實驗·分析하였다. 그리고, 1986年 8月 31日, 9月 11日~13日의 두 차

례에 걸쳐서 市販中인 音響集魚器로 南海 은점 定置網漁場에서 集魚器의 集魚效果를 試驗하여 보았다.

## 裝置 및 方法

### 1. 實驗漁場의 環境과 漁具

實驗은 1985年 11月 14日~15日과 1986年 7月 27日 거제도 능포 菱浦水産公司 定置網漁場에서 실시하였다. 測定當時의 風浪階級은 0~1이고, 實驗海域과 定置網의 敷設位置는 Fig. 1과 같다.

實驗에 이용한 定置網은 320m의 장등, 횃통, 비탈그물 및 원통으로 구성된 片落網이며, 漁具의 規模와 放聲音, 水中聽音器 및 魚群探知機의 固定位置는 Fig. 2와 같다. 그리고, 漁場周邊에서 測定한 海

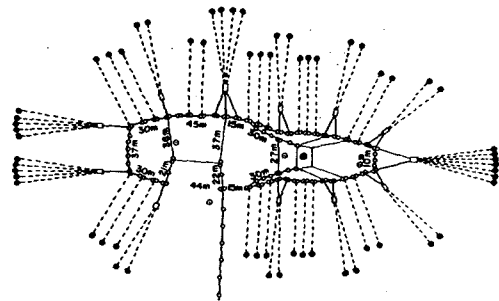


Fig. 2. The construction of a set net and position equipped.

● Hydrophone ● Underwater speaker  
□ Fish finder

音響集魚器의 集魚效果

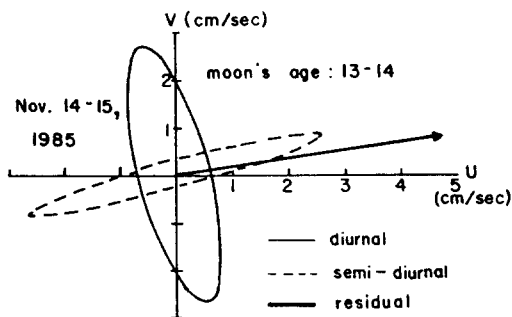


Fig. 3. Tidal current ellipsoid at the outside of the set net at Nungpo, Okpo Bay.

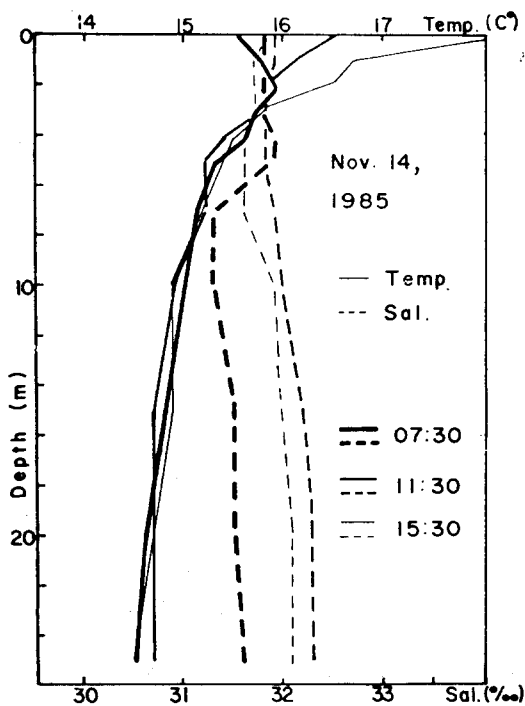


Fig. 4. Temperature and salinity profile at the outside of the set net at Nungpo, Okpo Bay.

洋物理學的 要素는 Fig. 3 및 Fig. 4와 같다.

Fig. 3은 定置網外側에서 실시한 25時間潮流觀測의 結果로서 半日周潮와 日周潮가 섞인 混合潮의 형태를 나타내고 있다. 半日周潮가 약간 우세하며, 長軸은 北北東과 西西南 방향으로 형성되어 있다. 한편, 日周潮流는 北北西와 南南東 방향으로 長軸을 형성하는 橢圓의 형태를 보이며, 恒流는 東方으로 約 5 cm/sec의 速度를 가진다.

Fig. 4는 동일 장소에서 觀測한 水深에 따른 水溫 및 鹽分의 鉛直構造圖(profile)로서 表面水溫의 日較

差가 明確하게 나타나고 있다. 07時 30분에 15.5°C 이던 것이 15時 30분에는 18.5°C 로되어 Afternoon effect가 約 3°C에 달하고 있다. 鹽分은 32‰ 부근에서 거의 일정하게 나타나고 있다.

2. 放聲 및 受音裝置

농포 定置網漁場에서의 集魚效果測定에 使用한 放聲裝置의 系統圖는 Fig. 5와 같다.

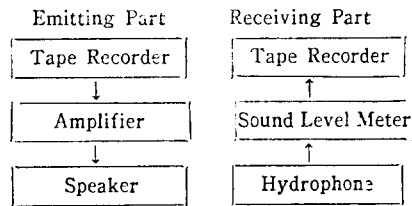


Fig. 5. Schematic block diagram of the emitting and the receiving system for the underwater sound.

放聲音은 TSM-7(Gold star)型의 錄音器에 방어의 游泳音에 가까운 10~10<sup>4</sup>Hz 범위의 純音을 錄音·再生한 다음 PA-300 B(Tiger)型 增幅器(20 W)에 入力시켜 增幅시킨 후 水密한 空中 스피커(φ4"×8 W)로 放聲하였다. 그리고, 無響水槽內에서 測定한 放聲器의 音響指向特性은 Fig. 6과 같다.

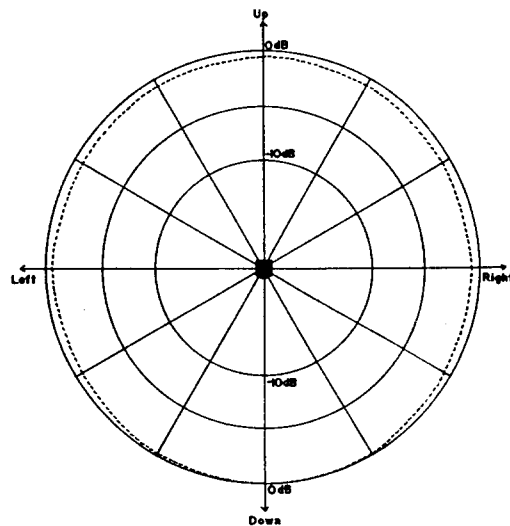


Fig. 6. Directivity pattern of a speaker used for the emitting sound of underwater sound.

水中音은 ST-1001(Oki)型 水中聽音器로 受音하여 SW-1007(Oki)型 音壓單位計에 入力시키고, TCM-

111(Sony)型 錄音器로 錄音하였다.

### 3. 周波數分析 및 集魚效果測定

定置網內의 環境騒音과 放聲音은 2131(B&K)型直讀式周波數分析器로 스펙트럼 分析하여 定置網內에서의 放聲音과 環境騒音의 音壓分布를 調査하였다. 또한 放聲音에 대한 魚群의 反應을 觀察하기 위하여 放聲器와 魚群探知機의 送受波器를 원통의 魚捕部에서 海面下 2m 層에 넣어 放聲音을 放聲, 休止하면서 魚群探知機의 記錄紙에 記錄된 記錄像으로 集魚效果를 檢討하였다.

또한, 日本에서 製作된 音響集魚器(Fishing Sonar, Dairyo-8)의 集魚效果를 試驗하기 위하여 南海 은점 三榮定置網漁場에서 實驗하였다.

集魚器는 定置網入口로 부터 5m 정도 떨어진 장등에 設置하였으며, 1986年 8月 31日에는 連續放聲으로, 9月 11日과 13日에는 斷續放聲으로 集魚器의 集魚效果를 試驗하여 보았다.

## 結果 및 考察

### 1. 實驗定置網內의 水中音壓分布

Fig. 2의 定置網의 장등, 횃등, 비탈그물 및 원통 부근에서 水中騒音을 測定하여 스펙트럼 分析한 結果는 Fig. 7과 같다.

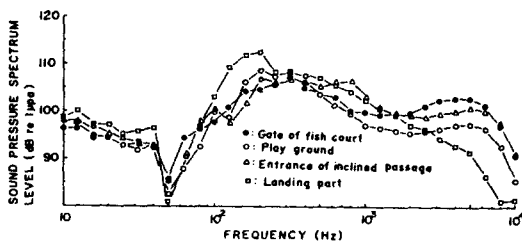


Fig. 7. Spectrum levels for the ambient noise in the set net.

Fig. 7에서 位置別水中騒音의 中心周波數帶는 150 Hz~400 Hz 였으며, 中心周波數帶에서의 音壓準位는 원통, 횃등, 장등, 비탈 그물의 順으로 높았다.

이러한 原因은 원통에서는 상대적으로 魚群의 密度가 다른 곳 보다 크기 때문에 游泳音의 影響으로 비교적 音壓準位가 높았고, 장등에서는 沿岸騒音의 影響으로 비탈그물에서의 音壓準位보다 높았다고 생각된다. 그리고, 원통에서의 水中騒音에서 150 Hz~200 Hz 부근의 音壓準位가 특히 높게 나타난 것은 測定當時 小型漁船의 船舶交通騒音이 混入되었기 때

문이라 생각된다.

### 2. 實驗定置網內의 放聲音壓分布

放聲器를 비탈그물 入口의 水面下 2m 層에 位置하게 하고, Fig. 2의 定置網의 장등, 횃등, 비탈그물 및 원통 부근에서 測定한 放聲音을 스펙트럼 分析한 結果는 Fig. 8과 같다.

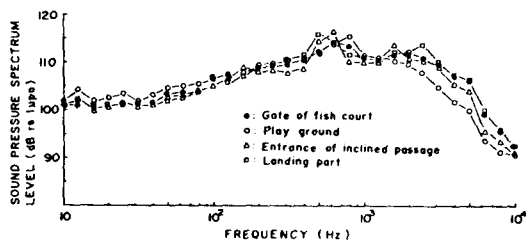


Fig. 8. Spectrum levels for the emitting sound in the set net.

Fig. 8에서 測定된 位置別放聲音의 中心周波數帶는 400 Hz~1000 Hz 이고, 音壓準位는 대체로 비슷하지만 비탈그물, 원통, 횃등, 장등의 順으로 높았다.

이러한 原因은 放聲器와 水中聽音器間의 距離가 비탈그물, 원통, 횃등, 장등의 順으로 가까왔기 때문에 音波의 傳波損失에 따라 조금씩 차이를 나타내 었다고 생각된다.

또한, 本 實驗에서 사용한 放聲裝置의 送信出力으로 定置網周邊의 魚群을 충분히 誘導할 수 있음을 알 수 있었다.

### 3. 揚網中의 원통內의 水中音壓變動

Fig. 2의 定置網에서 원통그물內의 水面下 3m 層에 水中聽音器를 두고, 揚網開始後 約 5分 間隔으로 測定한 水中騒音을 스펙트럼 分析한 結果는 Fig. 9와 같다.

Fig. 9에서 測定된 揚網作業中의 水中騒音의 中心

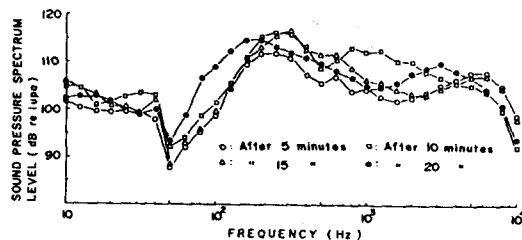


Fig. 9. Spectrum levels for the ambient noise in accordance with the time during the hauling of the net in the bag net of the set net.

音響集魚器의 集魚效果

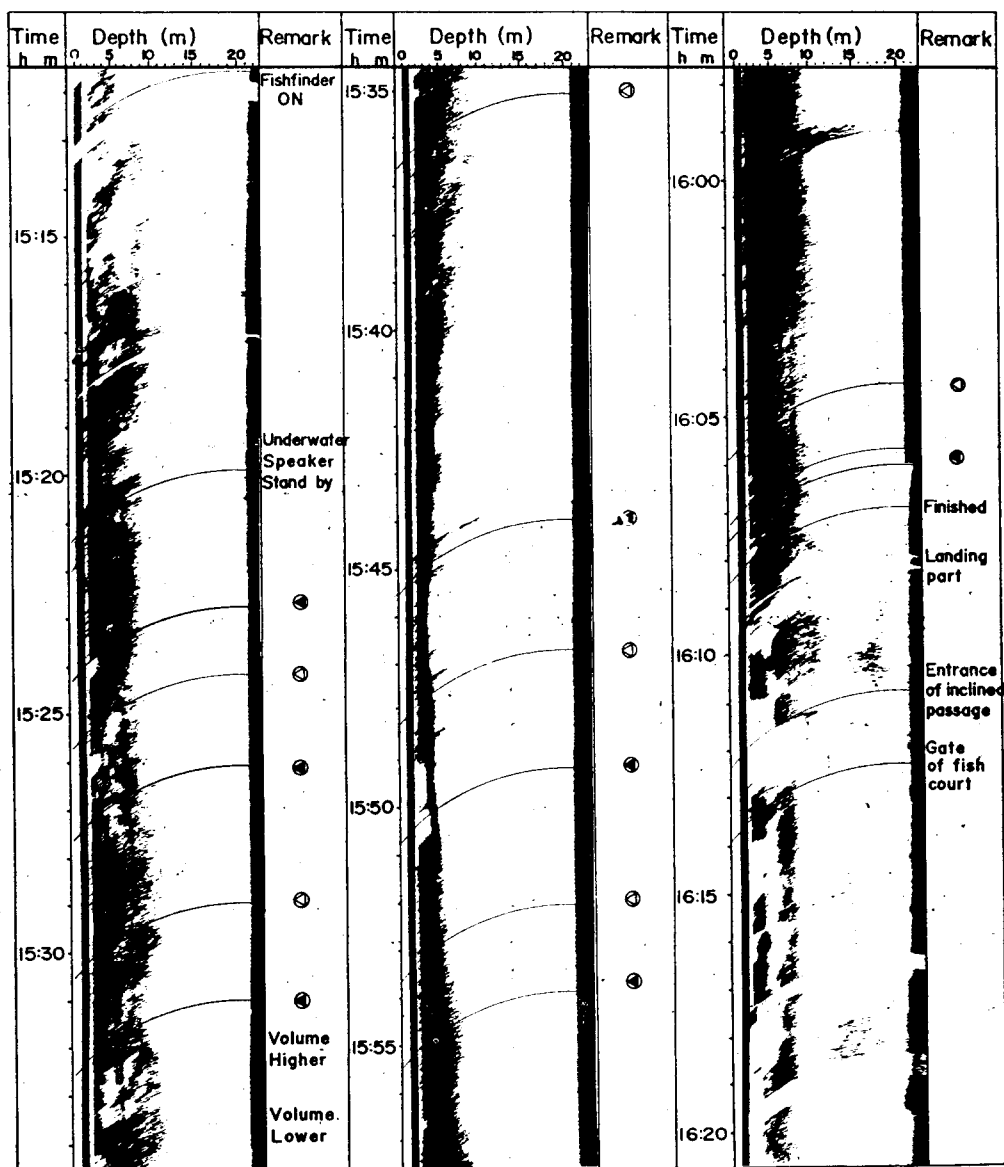


Fig. 10. Echogram showing the movement of fish school in accordance with the sound emitted.

① Underwater speaker ON ② Underwater speaker OFF

周波數帶는 150 Hz~400 Hz 였으며, 揚網開始後 5, 10, 15, 20分으로 時間이 經過함에 따라 中心周波數帶의 音壓準位는 112, 116, 117, 118 dB 로 變하였다.

이러한 원인은 水中聽音器와 作業船間의 距離에 比例하여 作業에 따른 水中騒音 및 魚群의 游泳音이 增加하였으나 揚網作業의 마무리 段階에서는 籠內에서의 魚群이 游泳할 수 있는 面積의 激減으로 中

心周波數帶의 音壓準位가 揚網開始後 10分정도 經過하였을 때 보다 오히려 낮아졌다고 생각된다.

4. 放聲音에 의한 魚群의 集魚反應

1) 自作한 音響集魚器의 集魚效果

Fig. 10은 1986年 7月 28日 15時에서 16時 03分까지 定置網內의 魚捕部의 水面下 3m層에 放聲器를

設置하고, 같은 位置에서 1 m 떨어진 곳에 魚群探知機의 送受波器를 裝置하여 방어群의 游泳音을 放聲하고 休止하였을 때의 魚群探知機의 魚群記錄像을 나타낸 것이다.

Fig. 10에서 15時 21分~24分까지는 放聲器의 作業準備中으로 魚群探知機의 送受波器 부근에는 體長 18 cm의 가라지(*Decapterus maruadsi*)가 두께 6 m로 고르게 분포되었으나 15時 24분에 放聲을 開始하자 魚群이 아래 쪽으로 移動하기 시작하면서 約 2 m의 두께로 줄어 들었으며, 15時 26분에 休止하였을 때에는 魚群은 分散되었다.

15時 28分頃 다시 放聲을 시작하자 分散되었던 魚群은 차츰 群集하기 시작하였으며, 30分頃 休止時에는 다시 分散하였다.

또한, 放聲時間을 길게 하고, 音壓單位를 變動시켰을 때와 休止時間을 길게 하였을 때의 魚群의 反應을 살피기 위하여 15時 32分~15時 37分까지는 放聲, 15時 37分~15時 45分 사이는 休止하였다.

15時 32分頃 放聲을 始作하여 33분에 放聲音壓을 높인 結果 魚群은 分散되었고, 34분에 放聲音壓을 원래의 單位로 낮추자 다시 群集하기 시작하였으며, 放聲을 休止한 37分頃 부터는 魚群의 두께가 6 m에서 2 m로 줄어 들기 시작하였다.

以上과 같이 魚群은 放聲과 休止에 따라 그 時間間隔에는 큰 關係없이 좋은 反應을 보이고 있음을 알 수 있었다.

그러나, 休止時間을 길게 한 다음 5時 45分~55分까지 2~3分 間隔으로 다소 짧게 放聲, 休止한 경우는 放聲에 대한 效果를 얻을 수 없었으며, 15時 55分~16時 05分까지 放聲한 다음 부터 群集하기 시작하였으나 16時 06分의 休止에도 불구하고 分散하는 反應은 나타나지 않았다.

16時 08分~16時 14分까지는 放聲하지 않고 원통에서 부터 비탈그물의 入口까지의 測定記錄像이며, 16時 14分~16時 20分까지는 장등을 따라 進行하면서 測定한 것이다.

以上の 結果에서 定置網內에서의 音響을 이용한 集魚效果는 放聲初期에는 좋은 反應을 나타내고 있으나 約 30분이 經過한 후에는 큰 反應을 보이지 않았다. 音響集魚器를 實用化하기 위하여는 우선 여러 種類의 音響과 放聲音壓單位를 사용하면서 分析하여야 할 필요성을 느꼈다.

## 2) 市販된 音響集魚器의 集魚效果

日本에서 製作된 音響集魚器(Fishing Sonar, Da-

iryo-8)은, 1986年 8月 31日 忠무 근해에서, 그리고 9月 11日~13日 경남 남해에 있는 定置網漁場에서 각각 試驗하여 보았다.

1986年 8月 31日에는 世光88호(木船, G. T 36ton)를 이용하여 忠무 근해에서 試驗하였는데 이 때의 水深은 60 m, 水溫은 21°C, 風浪階級은 0~1 이었다. 放聲器는 水面下 5 m層에 두고 11時 20分에서 13時 50分까지 放聲하였다. 먼저, 魚群探知機(Furuno, FE-W 612-E)로 魚群을 探知한 後 Ch. 2로 連續放聲하였다. 放聲을 시작하고 約 20分 後부터 魚群이 모여 들기 시작하였지만, 船舶通行이 많은 關係로 모였다가는 흩어지곤 하는 現象이 反復되었다.

1986年 9月 11日~13日에는 경남 남해군 삼동면 은점 海岸으로부터 1 km 정도 떨어진 海域에 敷設되어 있는 三榮定置網漁場에서 계1삼영호(木船, G. T 9ton)를 이용하여 試驗하였다. 이 때의 水深은 18 m~25 m, 水溫은 19°C 정도였다. 放聲器는 定置網入口에서 5 m 떨어진 장등에, 水面下 2 m層에 두었으며 放聲試驗結果는 Table 1과 같다.

Table 1에서, 9月 11日에는 Ch. 1을 사용하여 11時 40分에서 14時 20分까지 放聲하였다.

放聲開始後 約 20분에 魚群이 모여 들었고, 放聲을 멈추었을 때 魚群이 흩어졌으며, 3分 後 다시 放聲하자 흩어졌던 魚群이 모여 드는 것을 魚群探知機의 記錄像으로 確認할 수 있었다.

揚網結果, 漁獲量은 約 5.6 ton이었으며, 魚種別로는 메가리 4.8 ton, 고등어 0.5 ton, 방어 0.1 ton, 기타 0.2 ton 이었다.

9月 12日에는 放聲하지 않았다. 漁獲量은 1.6ton으로 前日에 比하여 激減하였으며, 魚種構成은 前日과 비슷하였다.

9月 13日에는 夜間에 있어서의 集魚效果를 試驗하기 위하여 12日 19時에 放聲을 시작하여 13日 06時에 放聲을 멈추었다.

放聲方法으로는 Ch. 2로 3秒放聲 1秒休止를 反復하도록 하였다.

揚網結果, 漁獲量은 9.0 ton이었고 魚種別로는 메가리 8.4 ton, 고등어 0.2 ton, 방어 0.2 ton, 기타 0.3 ton 이었다. 集魚器를 사용하지 않은 9月 12日에 比하여 約 5倍 정도 漁獲量이 많은 것으로 나타났다.

따라서, 音響集魚에서는 船舶의 交通音이 誘集된 魚群의 行動에 끼치는 影響이 매우 큼을 알 수 있고, 音響集魚器에 관한 持續的研究가 必要하다고 생각된다.

音響集魚器의 集魚效果

Table 1. Result of the experimental fishing using an acoustical equipment Dairyo-8 at a set net in Namhae, September 1986

Time	Channel	Sound emission	Fish catch in metric ton	
11:40-14:20, 11th Sept.	1	Emission for 3 seconds and stop for 1 second	Total	5.6
			horse mackerel	4.8
			mackerel	0.5
			yellow tail	0.1
			miscs.	0.2
12th Sep.	—	No emission	Total	1.6
19:00, 12th-06:00, 13th Sept.	2	Emission for 3 seconds and stop for 1 second	Total	9.0
			horse mackerel	8.4
			mackerel	0.2
			yellow tail	0.2
			miscs.	0.2

要 約

音響集魚에 관한 基礎資料를 提供하기 위하여 定置網內의 水中環境騒音과 放聲音의 分布 및 集魚效果를 實驗, 分析하였고, 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 水中環境 騒音 및 放聲音의 中心周波數帶는 각각 150 Hz~400 Hz, 400 Hz~1000 Hz 이고, 音壓準位는 원통, 헛통, 장등, 비탈그물의 順으로, 비탈그물, 원통, 헛통, 장등의 順으로 각각 높았다.

揚網作業中の 水中騒音은 揚網開始後 時間의 經過에 따라 音壓準位가 높아지나 揚網의 마무리 段階에서는 오히려 낮아졌다.

2. 本 實驗에서 製作한 放聲裝置로서 定置網魚捕部內에 放聲한 結果, 初期에는 魚群이 放聲器周邊으로 모여드는 反應을 나타내었으나, 約 30분이 經過하면서 이러한 反應은 弱화되었다. 그리고, 放聲時間과 休止時間의 間隔 보다는 放聲音壓에 魚群이 더 敏感하였다.

3. 日本에서 製作된 音響集魚器(Dairyo-8)로 海上에서 放聲試驗을 하여 본 結果, 대체로 放聲開始後 約 20분에 魚群이 모여들고 放聲을 멈추면 곧 흩어졌다. 誘集된 魚群은 船舶交通騒音의 影響을 많이 받는 것으로 나타났다.

定置網入口 근처의 장등에 音響集魚器를 設置하여 放聲하였을 경우와 放聲하지 않았을 경우에 대한 漁獲量을 比較하여 본 結果, 實驗期間中에 있어서는 放聲時의 漁獲量이 放聲하지 않았을 때에 비하여 約 3~5배 많은 것으로 나타났다.

文 獻

Hashimoto, T., M. Nishimura and Y. Maniwa

(1957): Noise of yellowtail when it comes into the set net. Tech. Rep. Fishing Boat, 10, 69-78.

Kuroki, T. (1958): Fundamental studies on the relation between underwater sound and fish Behaviour (I). Bull. Fac. Fish. Kagoshima Univ., 6, 89-94.

Konagaya, T. (1980, a): Jumping response of ayu to sound. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46(1), 31-34.

Konagaya, T. (1980, b): Response of fish to low-frequency sound. *Ibid.*, 46(2), 125-123.

Konagaya, T. (1980, c): The sound field of Lake Biwa and the effects of the constructing sound on the behavior of the fish. *Ibid.*, 46(2), 129-132.

Maniwa, Y. and Y. Hatakeyama (1970): Research on the luring of fish schools by utilizing underwater acoustical equipment(3). Tech. Rep. Fishing Boat, 24(2), 1-3.

Maniwa, Y. and Y. Hatakeyama (1975): Research on the luring and driving away of fish schools by utilizing underwater acoustical equipment (4). *Ibid.*, 28, 1-22.

Maniwa, Y. and Y. Hatakeyama (1976): Research on the luring and driving away of fish schools by utilizing underwater acoustical equipment(5). *Ibid.*, 29, 147-162.

Okamoto, M. (1982): Studies on the community ecology of fishes near the experimental nursery of pagrus major using acoustic conditioning. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.: 48(8),

1113-1119.  
Okamoto, M. (1984): Studies on the school behavior of fishes near the experimental nursery of *pagrus major* acoustic conditioning. *Ibid.*, 50 (2), 211-218.  
島山良己・石井憲・武富一(1985): ベーリング海にお

けるイシイルカのサケ・アス流網への羅網の防止に関する音響的研究(第1報), 水工研技報, 6, 267-288.  
石井憲・島山良己・武富一(1986): イルカ類に対する超音波の応答実験について, 同誌, 7, 82-91.