

魚類의 食餌音과 그에 對한 走音反應

—농어 · 쥐치 · 검복—

金 東 洙* · 尹 甲 東**

The Spectrum of Feeding Sound and the Response of Seabass, Filefish and Swellfish.

Dong-su KIM, Gab-dong YOON

The feeding sounds of three fishes, *Lateolabrax japonicus*, *stephanolepis cirrhifer* and *Fugu vermicularis* were recorded in the tank, and the frequency and the sound pressure level were analyzed.

The recorded sounds were emitted again into the tank and the response of fishes were observed.

The results obtained are summerized as follows:

- 1) The frequency and the sound pressure level of the feeding sound of *Lateolabrax japonicus*, *Stephanolepis cirrhifer*, and *Fugu vermicularis* are 80~350 Hz, 100~300 Hz and 250~500 Hz, and 101~108 dB, 106~115 dB and 102~112 dB.
- 2) It was most effective to increase the sound pressure level as much as 20 dB that make the fishes respond positive reaction to the feeding sound.
- 3) *Lateolabrax japonicus* and *stephanolepis cirrhifer* showed positive response and *Fugu vermicularis* showed little to the emitted feeding sound.
- 4) The fishes showed positive response to the sound until 5 minutes and then showed negative response, as the sound emitting succeed 10 minutes.

緒 論

魚群을 捕獲하는데 있어 漁撈作業의 簡素化 方法이 講究된다고 하면 이는 漁業 遂行에 있어서 매우 劃期的인 方法이라 할 수 있겠으며 漁獲能率向上, 漁業生産費의 節減 등 여러 長點을 가져 오는 일이라 하겠다.

이와같이 漁撈作業을 簡素化하는 方法으로는 빛, 전기, 소리등을 利用한 方法을 생각할 수가 있겠는

데 이들중 소리는 빛이나 전기에 비해 水中에서 에너지의 減衰가 적기 때문에 遠距離까지 쉽게 傳達되고 利用方法이 簡便하다는 理由등으로 해서 魚類가 내는 食餌音等を 漁業에 利用하려고 하는 努力이 매우 活潑히 進行되고 있다.

魚類가 내는 소리의 周波數範圍 및 音壓準位에 관해서는 Uno and Konagaya (1960)에 의해서 송어와 백연어의 游泳音과 튀는음 등에 대한 報告가 있으며 Takemura and Mizue(1968)등은 상광어의 울음소

* 麗水水産專門大學 National Yeosu Fisheries Junior College

** 釜山水産大學 National Fisheries University of Busan.

리가 6~15 KHz 정도라고 報告했다.

魚類의 食餌音을 錄音하고 그것을 再生 放聲하여 食餌音에 대한 反應行動을 調査한 것으로는 坂詰·津島(1966), 坂詰·加來(1967) 등이 방어의 游泳捕食音을 錄音하여 水中에 放聲한 結果, 水深 30~50 m 층에 있는 魚群을 15 m까지 浮上시키는데 成功하였으며, 武富·三次(1971) 등은 純音을 水中에 放聲하여 鯉鯉의 走音性을 調査한 結果 可약한 反應이 있다고 보고하였다. 또한 久保·猿谷(1961), 久保·河崎(1971) 등은, 고등어가 純音 150 Hz에 正의 反應을 나타낸다고 報告하였다.

魚群의 誘集에 관한 研究로서 橋本·間庭(1954, 1966) 등이 잉어의 食餌音을 錄音하여 편집하고 그것을 水中에 放聲하여 잉어를 誘集하였으며, 間庭·島山(1970, 1970) 등은 방어의 游泳捕食音을 錄音하고 그것을 水中에 放聲하여 방어를 誘集하였고, 600 Hz의 純音으로 오징어를 誘集했다고 報告하였다.

本 研究에서는 소리를 漁業에 利用하기 위한 基礎 資料를 얻는 것을 目的으로 하여, 농어 *Lateolabrax japonicus*, 쥐치 *Stephanolepis cirrhifer*, 검복 *Fugu vermicularis* 등의 食餌音을 錄音하여 음향스펙트럼을 分析하고 그것을 放聲할 때의 反應行動을 調査하였다.

材料 및 方法

1. 供試魚 및 飼育

本 實驗에 使用된 供試魚는 麗水 近海의 定置網에서 漁獲된 농어 *Lateolabrax japonicus* (Cuvier et Valenciennes), 쥐치 *Stephanolepis cirrhifer* (Temminck et schlegel), 검복 *Fugu vermicularis* (Temminck et schlegel) 등 3종으로서 이들 供試魚는 實驗 實施前까지 循環濾過式飼育水槽(400L×130W×130H cm)에서 먹이로는 잘게 토막낸 잡어와 작은 새우를 매일 17시경에 주면서 飼育하였다.

Table 1. The fishes used in the experiment

Fishes	Body length (cm)
<i>Lateolabrax japonicus</i>	21-24
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	15-21
<i>Fugu vermicularis</i>	18-20

2. 實驗水槽 및 裝置

實驗水槽(Fig. 1)는 1.2cm 두께의 木製板으로 크

기가 480L×90W×90H cm되게 만들어 그 벽에 스티로폼 보드를 돌리형으로 잘라 붙였으며 이 水槽를

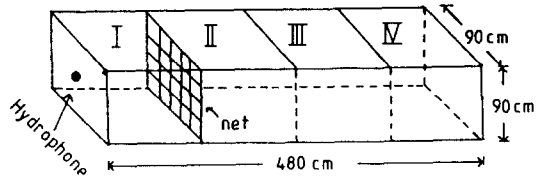


Fig. 1 Dimension and section of the aquarium used in the experiment and position of hydrophone

防音된 實驗室內에 設置하였다.

錄音할 때는 水中聽音器를 水槽의 한쪽 벽 中央에 設置하고 먹이통을 水中聽音器로부터 1 m 떨어진 곳에 設置하였다.

放聲할 때는 먹이통을 치우고 水槽를 I, II, III IV의 4개의 區間으로 나누어 I 區間과 II 區間 사이에는 가로 세로가 각각 90 cm 되는 백색 그물칸막이(실금기 3 mm, 코크기 70 mm)를 設置하고 水中放聲器를 水槽의 I 區間の 壁 中央에 固定하였다.

그물칸막이를 設置한 것은 食餌音을 放聲했을 때 고기가 그물감이라는 障壁을 通過할 정도로 反應하는 가를 判定하기 위한 것이다.

水槽의 水位는 항상 70 cm였으며, 水溫은 21~26°C로 유지하였다.

實驗에 使用된 器機로서는 供試魚의 食餌音을 錄音할 때는 水中聽音器(Brüel & Kjaer 8101, 感度: -184 dB re 1V/μpa), 增幅器(Brüel & Kjaer 2606, 周波數範圍: 2~20 KHz), 無增幅錄音器(Brüel & Kjaer 7003, 周波數範圍: 2.5~50 KHz)를 使用하였으며, 錄音된 食餌音을 分析하기 위해서는 디지털 周波數分析器(Brüel & Kjaer 2131, 周波數範圍: 1.6~20 KHz)를 使用하였고, 食餌音을 放聲할 때는 水中放聲器(Brüel & Kjaer 8100, 感度: -204 dB re 1V/μpa)를 使用하였다.

3. 食餌音의 錄音 및 分析

食餌音을 錄音할 때는 供試魚를 實驗實施 하루전에 實驗水槽로 옮기고 먹이를 주지 않는 채로 周圍環境에 適應시킨 후 錄音하였다.

錄音은 一般的인 攝餌時間이라고 생각되는 6~7시경에 水槽內의 먹이통에 먹이를 넣고 供試魚가 먹이를 먹을 때의 소리를 水中聽音器로 受信하여 增幅器를 거쳐 無增幅錄音器로 錄音하였다.

魚類의 食餌音과 그에 對한 走音反應

먹이로는 잡어를 작게 토막낸 것 또는 體長 3~5cm 정도되는 새우를 통채로 주었다.

錄音된 食餌音은 디지털 周波數分析器로 1/3 Octave band를 使用하여 스펙트럼 分析을 하였다.

周波數에 대한 音源의 音壓準位 L_s 는 測定音壓을 L_o 水中聽音器의 感度를 S_h , 增幅器의 利得을 G_r , 傳送損失을 L_t , 케이블손실을 L_c 라고 하면

$$L_s = L_o - (S_h + G_r - L_t - L_c)$$

로 表現되는데, 本 實驗에서는 케이블손실 L_c 와 傳送損失 L_t 는 水中聽音器의 受波感度 S_h 에 포함되어 있으므로 별도로 계산하지 않았다.

周波數範圍는 高壓準位가 가장 높은 周波數를 中心周波數로 하고 中心周波數에서 -6 dB 되는 周波數帶域으로 정하였다(Horton, 1957).

4. 放聲音에 대한 反應

供試魚가 가장 잘 反應하는 音壓을 發見하기 위하여 먼저 供試魚를 實驗 實施 하루전에 한마리씩을 實驗水槽에 넣어 適應시킨 후, 放聲音으로서는 錄音한 食餌音中에서 音色이 명료한 부분을 가려 10초간 放聲하고 10초간 休止하도록 편지한 것을 사용하였으며, 6~7시경 또는 19~20시경에 放聲音의 音壓을 0, 10, 20, 30 dB씩 增加시켜 5분간씩 放聲하면서 그에 대한 魚類의 反應을 一次的으로 觀察하였다.

그것으로부터 魚類가 가장 잘 反應한다고 생각되는 音壓의 食餌音을 放聲할 때의 走音反應을 보기 위하여 농어와 쥐치의 경우는 10마리씩, 검복의 경우는 5마리씩을 水槽의 II~IV區間에 自由롭게 放置해둔후 放聲音을 5분간 放聲하여 5분 동안에 各區間에 分布하는 마리수를 調査하여 I區間에 들어간 供試魚는 일단 走音性이 강한 것으로 判定하였다. 또한, 時間의 經過에 따른 反應의 調査는 그물칸막이를 치우고 농어와 쥐치 10마리씩을 水槽에 넣어 各區間에 分布하는 마리수를 1분간격으로 10분간 調査하였다.

結果 및 考察

1. 食餌音의 周波數 및 音壓準位

농어, 쥐치, 검복의 食餌音의 周波數와 音壓準位를 測定한 結果는 Fig. 2와 같다.

이것에 의하면 농어의 경우, 食餌音의 周波數範圍와 音壓準位는 먹이가 새우일 때 90~250 Hz, 102~

108 dB 정도이고, 먹이가 잡어일 때는 80~350 Hz, 101~107 dB 정도이며, 이로부터 농어의 食餌音의 周波數範圍는 대략 80~350 Hz, 音壓準位는 101~108 dB 정도라고 볼 수 있다.

쥐치의 경우, 食餌音의 周波數範圍와 音壓準位는 먹이가 새우일 때 100~250 Hz, 109~115 dB 정도이고, 먹이가 잡어일 때 100~300 Hz, 106~112 dB 정도이며, 이로부터 쥐치의 食餌音의 周波數範圍는 대략 100~300 Hz, 音壓準位는 106~115 dB 정도라고 볼 수 있다.

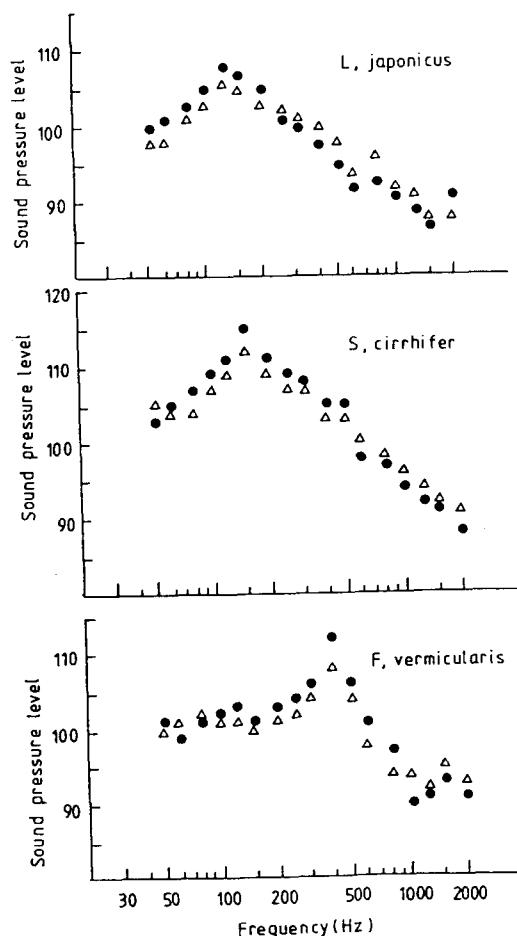


Fig. 2. Relation between frequency range and Sound pressure level (dB re $1 \mu Pa$) of feeding sound, when the small shrimp and chopped fish are given as the bait.

●: Shrimp △: chopped fish

검복의 경우, 食餌音의 周波數範圍와 高壓準位는

먹이가 새우일 때 300~500 Hz, 105~112 dB, 먹이가 잡어일 때 250~500 Hz, 102~108 dB 정도이며, 이로부터 검복의 食餌音의 周波數範圍는 대략 250~500Hz, 高壓準位는 102~112 dB 정도라고 볼 수 있다.

이상으로부터 供試魚들의 食餌音의 周波數範圍는 대략 80~500 Hz 정도이고 音壓準位는 102~115 dB 정도라는 것을 알 수 있으며, 周波數는 검복, 쥐치, 농어의 순으로 높고, 音壓準位는 쥐치, 검복, 농어의 순으로 높다.

먹이에 따른 周波數範圍는 먹이가 잡어일 때가 새우일 때 보다 넓고, 音壓準位는 먹이가 새우일 때가 잡어일 때보다 약간 높은 경향을 나타내고 있다.

2. 放聲音에 대한 反應效果

1) 音壓의 變化 效果

농어, 쥐치, 검복에 대해서 그들 각각의 錄音된 食餌音의 音壓을 0, 10, 20, 30 dB 增加시켜 放聲했을 때의 反應을 調査한 結果는 Table 2와 같다.

Table 2. Response of fishes to the increased level of sound pressure of recorded feeding sound.

Fishes tested	Increased level of sound pressure			
	0 dB	10 dB	20 dB	30 dB
<i>L. japonicus</i>	0	+	++	-
<i>S. cirrhifer</i>	0	+	++	++
<i>F. vermicularis</i>	0	0	+	-

0: swam around all sections.
 +: approached to the hydrophone once and swam around in 1st and 2nd sections.
 ++: approached to the hydrophone once and swam around in 1st section.
 -: never approached to the hydrophone and swam around in 3rd and 4th sections.

농어는 放聲하기 以前에는 比較的 自由롭게 水槽의 全區間을 游泳하는 경향을 보이다가 0 dB인 食餌音을 放聲하여도 거의 反應이 없으나, 10 dB 增加시켰을 때는 游泳速度가 빨라지고 水中放聲器 近處에 와서 그 周圍를 돌다가 되돌아 가는 行動을 하였다. 20 dB 增加시켰을 때는 전반적으로 앞과 같은 行動을 하나 水中放聲器 近處에서 맴도는 時間이 더욱 길어져 反應이 多少 活發하여 졌다. 30 dB 增加시킨 때는 I 區間을 지날 때 水中放聲器 近處에는 가지 않고 빠른 速度로 III, IV 區間으로 되돌아 가는 경향을 보였다.

쥐치 역시 放聲하기 이전에는 水槽의 全 區間을 自由롭게 游泳하다가 0 dB인 食餌音을 放聲할 때는 주로 水槽의 II, III 區間을 游泳하고 거의 反應을 보이지 않으나 10 dB 增加시켰을 때는 I 區間까지 왔다가 되돌아 가는 行動을 하였다. 20 dB 增加시키면 I 區間의 水中放聲器 近處까지 와서 그것의 周圍를 맴돌다가 되돌아 가는 行動을 하였으며 30 dB 增加시켰을 때도 마찬가지로 行動을 하였다.

검복은 放聲하기 이전에는 全 區間을 自由롭게 游泳하는 경향을 보였으며 0, 10 dB 增加시켰을 때도 그대로 全 區間을 游泳하여 거의 反應을 하지 않았다. 20 dB 增加시켰을 때는 I 區間에 빠른 速度로 나타나서 水中放聲器 近處에서 잠깐 돌아다니다가 다시 되돌아 가는 行動을 하였다. 30 dB만큼 增加시켰을 때는 주로 III, IV 區間에 있으나 가끔 全 區間을 游泳하기도 하였다.

이상으로부터 농어는 錄音된 食餌音을 20 dB만큼 增加시켜 放聲했을 때 가장 좋은 反應을 보여 주고 있으며, 쥐치 역시 20 dB만큼 增加시켜 放聲했을 때 가장 좋은 反應을 보여 주고 있다. 그러나 검복은 20 dB만큼 增加시켰을 때는 아주 미약한 反應을 나타내었다.

따라서, 魚類가 音源에 모이는 反應을 일으키도록 하는 데는 일정세기 이상의 音壓이 必要하나 音壓이 너무 높아도 音源에서 멀어지는 경향이 있음을 알 수 있다.

2) 食餌音에 대한 走音反應

前記한 바와 같이 本 實驗에 있어서 供試魚들이 食餌音에 대해 反應을 잘 일으키는 音壓은 錄音된 食餌音을 20 dB 增加시킨 것을 放聲했을 때이다. 따

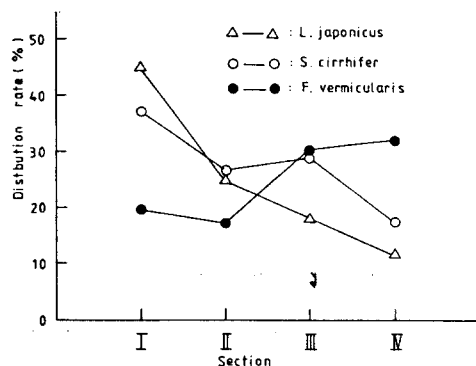


Fig. 3. Distribution of fishes in each section under emission of the feeding sound.

魚類의 食餌音과 그에 對한 走音反應

라서 走音反應의 정도를 判定하기 위하여서는 音壓을 20 dB 增加시켜 放聲하였으며 그때의 區間別 分布率을 調査한 結果는 Fig. 3과 같다.

이것에서 音源에서 가장 가까운 I 區間에 모이는 比率은 농어가 가장 높고 다음 쥐치, 검복의 순이며, 音源에서 가장 먼 IV 區間에 모이는 比率은 反對로 검복, 쥐치, 농어의 순으로 높아 食餌音에 대한 陽의 走音反應은 농어가 가장 강한 것 같고 다음이 쥐치이며 검복이 가장 약한 것 같다.

3) 時間의 經過에 따른 走音反應

食餌音을 放聲할 때 反應을 잘 일으키는 農어와 쥐치에 대하여 放聲時間의 經過에 따른 각 區間別 分布率을 調査한 結果는 Fig. 4와 같다.

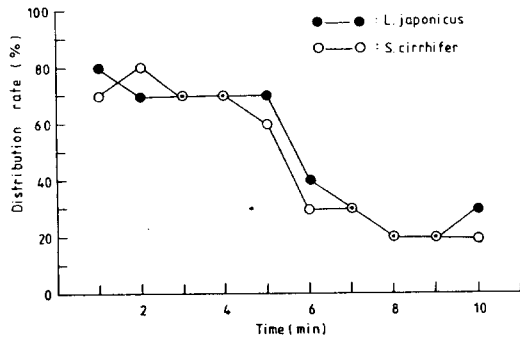


Fig. 4. Variation of fish distribution in accordance with the elapsing duration of emitting feeding sound.

이것에서 時間의 經過에 따른 區間別 分布率은 農어의 경우, I, II 區間에는 0~5분 사이에 많고 III, IV 區間에서는 5~10분 사이에 많아진다.

쥐치의 경우도, I, II 區間에는 0~5분 사이에 많고 III, IV 區間에는 5~10분 사이에 많다.

이상으로 부터 時間의 經過에 따른 反應은 0~5분까지는 陽의 反應을 일으키나 5분 이후부터는 陰의 反應으로 변하는 경향이 있는데 이것은 音에 대한 適應때문인 것 같다.

要 約

食餌音에 대한 魚類의 反應行動을 調査하기 위하여 農어, 쥐치, 검복 등의 食餌音을 錄音하여 이들의 周波數와 音壓準位를 구하고 이들 食餌音을 水槽에 다시 放聲하여 供試魚들의 反應行動을 調査한 結果는 다음과 같다.

1) 農어, 쥐치, 검복의 食餌音의 주파수범위는 각각 80~350 Hz, 100~300 Hz, 250~500 Hz이고, 음압 준위는 각각 101~108 dB, 106~115 dB, 102~112 dB이다.

2) 供試魚에게 陽의 走音反應을 일으키게 하는데는 測定音壓보다 20 dB 정도 增加시켜 放聲하는 것이 効果的이었다.

3) 農어는 食餌音에 대한 陽의 走音反應이 강하나 쥐치와 검복은 약하다.

4) 供試魚는 放聲後 5분까지는 陽의 走音反應을 나타내나 5분 이후부터는 陰의 走音反應으로 변하는 경향이 있다.

參 考 文 獻

- 橋本富壽·間庭愛信(1964): 音響による魚群의 誘致或 嚇に關する研究(I). 漁船研究技報19(3), 1~12.
- 橋本富壽·間庭愛信(1966): 音響による魚群의 誘致或 嚇に關する研究(II). 漁船研究技報20(3), 1~5.
- 武富 つ·三次信補(1971): 水中音에 對する魚群의 反應(I). 純音によるアズサバ의 反應. 東海區水研報 67, 99~104.
- Horton, J. W. (1957) Fundamentals of Sonar. 41~68. United states naval institute. Annapolis, Maryland.
- 久保治良·猿谷 倫(1969): 水中音波集魚試驗(I), 茨城水試報, 30~31.
- 久保治良·猿谷 倫(1971): 水中音波集魚試驗(II), 茨城水試報, 51~57.
- 間庭愛信·島山良己(1970): 音響による魚群의 誘致에 關する研究(III): 漁船研究技報24(2), 1~5.
- 間庭愛信·島山良己(1975): 音響による魚群의 誘致或 嚇에 關する研究(IV). 漁船研究技報28, 1~22.
- 坂詰 博·津島三郎(1966): 音響利用漁法試驗報告 (I), (鯛付漁場におけるブリ群의 浮上誘致에 對하여), 和歌山水試專業報告19, 1~13.
- 坂詰 博·加來靖弘(1967): 音響利用漁法試驗報告 (II), (低水温環境でのハマチ群에 對하여의 反應及 及ぼす音壓에 對하여), 和歌山水試專業報告 19, 14~22.
- Takemura, A. and K. Mizue (1968): Study on the under water sound(I). Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ. 26, 27~28.
- Uno, M. and T. Konagaya (1960): Study on the swimming noise of the fish. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 26(I), 1059~1073.