

몇가지 魚類 및 甲殼類의 發音과 走音性에 관한 研究*

金 尙 漢**

Study on Sound Production and Phonotaxis of Some Fishes and Crabs

Sang-han KIM**

Abstract

Underwater sounds of some fishes and crabs were analyzed in the laboratory. The behavioral responses to the playback sounds of their feeding and croaking sounds were investigated.

The samples used in the experiment were as follows:

Nibea albiflora, *Seriola quinqueradiata*, *Navodon modestus*, *Fugu xanthopterus*, *Chrysophrys major*, *Scylla serrata*, *Telmessus acutidens*, *Charybdis japonica*, and *Portunus trituberculatus*.

The feeding and croaking sounds of the samples were recorded by a tape recorder through a hydrophone in an anechoic aquarium.

The sound intensity level was measured by means of a sound level meter at an anechoic chamber. The frequency, intensity and wave form of various sounds were analyzed with an analyzing system consisting of a 1/3 octave filter set, a high speed level recorder, an amplifier, an octave band analyzer and an oscilloscope.

The most successful recording was edited into a sequence of sound track which repeats sound emitting for 5 to 7 seconds after pausing for 5 to 7 seconds.

The sequence was then reproduced into an anechoic aquarium through the underwater speaker.

The experimental anechoic aquarium used for the sample fishes was divided into the four sections with any three screens selected from 40×40mm, 60×60mm, 80×80mm and 100×100mm meshes according to the species of the fishes, besides that for crabs were not sectioned.

The results of the investigation are as follows:

1. Of the feeding sound of fish, the frequency of wave form of the sound produced by *Nibea albiflora* and *Seriola quinqueradiata* was 125~250Hz, that by *Navodon modestus* 63~125Hz, and that by *Fugu xanthopterus* 400~500Hz.

The pressure level of the feeding sound produced by *Nibea albiflora* and *Seriola quinqueradiata* was 56~62db, that by *Navodon modestus* 57~59db, and that by *Fugu xanthopterus* 60~64db.

2. Of the croaking sound of *Nibea albiflora*, the frequency of the sound was 125~250Hz almost equivalent to that of feeding sound, and the pressure level was 62~63db, slightly higher than

* 이 論文은 1978年度 釜山水産大學 大學院에 이학박사 학위 청구 논문으로 제출된 것임.

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

that of feeding sound.

3. Of the croaking sounds of crabs, the frequency of the sound produced by *Scylla serrata* was 125~250Hz, that by *Charybdis japonica* and *Telmessus acutidens* 500~1,000Hz, and that by *Portunus trituberculatus* 250~500Hz.

The pressure level of the croaking sound by *Scylla serrata* was 68~70db, and that by *Charybdis japonica*, *Telmessus acutidens* and *Portunus trituberculatus* 50~62db.

4. Phonotactic responses of *Nibea albiflora* and *Seriola quinqueradiata* to the feeding sounds produced by their own species, the same body length were conspicuous with the phonotactic index of 56~87%, but that of *Navodon modestus*, *Chrysophrys major* and *Fugu xanthopterus* were hardly recognized.

5. Phonotactic responses of the sample fishes to the sinusoidal sound with the frequency range of 50 to 9,000 Hz were observed not conspicuous.

6. Phonotactic responses of *Portunus trituberculatus* to the croaking sounds produced by their own species was varied in the range of 40~100%, according to the carapace length and the sex.

緒 言

魚類가 내는 소리에는 游泳音, 食餌音, 求愛音, 産卵音, 逃避音, 鳴音 등이 있다.

Lowenstein (1957)은 바다속의 魚類들이 내는 소리의 周波數범위는 50~9,000Hz라 하였고, Mizue (1965)는 상광어의 울음소리가 6~15KHz이며, 서로 對話를 하고 있는 것 같다고 보고했다.

Quentin(1969)은 참오뎅의 울음소리의 周波數가 20Hz이고, 대구는 150~200Hz, 메기는 250Hz 라 보고했고, Tavolga(1965)는 아귀(toad-fish)의 울음소리가 200~300Hz이며, 열계뿔(squirrel-fish)은 100~500Hz라 보고했다. 또 Kleerekoper와 Chargone(1954)은 많은 종류의 魚類에 대한 聽覺領域을 연구하였으나 소리의 周波數만을 보고했고, 音壓準位에 대해서는 言及하지 않았다.

甲殼類의 소리에 대해서는 Burkenroad(1947)와 Salmon(1967)이 海邊에 서식하는 *Uca*의 수컷이 주로 밤에 집 입구에서 소리를 듣고 경련이 일어난 것처럼 振動시켜 북소리와 닮은 소리를 낸다고 했고, 작은 笠脚의 表面에 있는 突起로 下頸域과 前鰓域 中間部分의 表面을 파찰할 때의 소리, 입에서 氣泡를 낼 때의 소리등을 錄音했다고 보고했으나 그 音質을 밝히지는 않았다.

또, Hermann(1961), Yamaguchi(1971)는 *Uca*의 交尾時의 소리의 有無를 相反되게 주장하고 있으나 周波數와 音壓에 대해서는 言及치 않았다.

Takemura(1969)는 새우(snapping shrimp)가 내는 fried noise의 音壓準位는 65~85db라 보고했고 Takita(1974)는 수조기의 初期生活史에 관한 연구에

서 수조기는 부레가 完成할 무렵부터 腹腔懸筋肉이 形成되기 시작하지만 發音은 體長이 120mm 이상이 되어야 비로소 시작한다고 보고했으나 音質에 관해서는 言及하지 않았다.

조 및 장(1972)은 잉어, 초어, 붕어, 금붕어 등의 食餌音의 周波數는 250~500Hz, 音壓準位는 90~101db라고 보고했다.

그런데, Quentin(1969)은 송어가 저주파음에 대해서 어떠한 反應을 일으키는가를 實驗했으나 積極的인 反應을 얻지 못하였으며 音 자극에 대한 本能的인 反應은 443Hz에서 일으켰다고 보고했다. 또, 武富, 三次(1971)등은 전갱이가 純音에 대한 走音性이 있기는 하나 매우 미약하다는 보고를 했다.

소리로 魚類를 誘集하는 연구로서는 橋本, 間庭(1975)등이 잉어의 食餌音을 水中에서 放音함으로써 잉어를 誘集하였고, Maniwa, Y. (1975)는 蓄養槽에서 방어의 游泳音과 食餌音을 錄音編輯하여 5~7分동안은 食餌音을 水中에 放音하고 5~7分間은 보내지 않은 간헐적인 방법으로 되풀이한즉 약 50~80m의 수심에 있던 방어가 수심 15m층에 誘集되었고 食餌音을 보내지 않고 먹이만 달아 두었더니 誘集현상이 일어나지 않았다고 보고했다. 또, Maniwa와 Hatakeyama(1975)등은 600Hz인 純音으로 오징어를 誘集하는데 성공하였다고 보고했고, Myrberg 등(1975)은 低周波로써 상어를 誘集하는 實驗에서 10~20Hz에서는 40마리, 20~40Hz에서는 27마리, 40~80Hz에서는 38마리가 誘集되었다고 보고했다.

또, Nelson과 Johnson(1975)은 남태평양의 Tahiti 섬 북동쪽 약 300km 떨어진 곳에서 水面下 15m에 擴聲器를 넣고 50Hz의 正弦波를 보내니까 상어가

몇가지 魚類 및 甲殼類의 發音과 走音성에 관한 研究

3마리 誘引되었으며, 50Hz의 구형과에서는 1마리, 25~100Hz의 잡음에서는 13마리가 誘引되었다는 보고가 있다.

이상과 같이 많은 著者들이 魚類 및 甲殼類가 내는 소리의 周波數에 대해서는 언급했으나 音壓準位에 대해서는 거의 言及하지 않았다.

著者는 走音性を 이용하여 海洋에서 魚類를 誘集하기 위한 연구의 일부로서 釜山近海에서 어획된 수조기, 방어, 까치복, 말쥐치, 참돔등의 食餌音과 수조기, 꽃게, 민꽃게, 왕게, 왕밤송이게 등의 울음소리를 錄音하여 그 周波數와 音壓準位를 分析하고 이들 소리 몇가지를 無響水槽에서 放音하여 走音反應의 정도를 측정할 바 수조기, 방어, 게 등은 走音

反應을 보였으나 말쥐치, 까치복, 참돔등은 走音反應이 最弱함을 보였다. 그리고 正弦波를 放音할 때 이들 물고기는 走音反應을 나타내지 않음을 발견했다.

試料 및 方法

1. 試料

본 實驗에서 사용한 試料로서는 Table 1 및 2와 같이 魚類(수조기, 방어, 말쥐치, 까치복, 참돔)와 甲殼類(꽃게, 민꽃게, 왕게, 왕밤송이게)를 사용하였다.

Table 1. Fish used for the acoustic experiment

species	exp. period	water temp. (°C)	original habitat	body length (cm)	body depth (cm)	circumference of body (cm)	number	code of group
<i>Sciola quinqueradiata</i>	Aug. 14 to Sep. 16 1976	22.0~24.0	Geoje-do	20.0~25.0 30.0~34.0 35.0~40.0	4.0~5.0 6.0~8.0 8.0~10.0	18.0~20.0 23.0~33.0 32.0~37.0	2 18 12	a* b* c*
	Oct. 4 to Nov. 15	17.0~21.0	Geoje-do	20.0~25.0 30.0~34.0 35.0~40.0 50.0~55.0	4.0~5.0 6.0~7.5 8.0~11.5 12.0~13.0	18.0~22.0 24.0~33.0 34.0~38.0	3 5 15 2	A B C D
	Jun. 16 to Aug. 20 1977	21.0~22.0	Geoje-do	28.0~30.0 30.0~35.0 36.0~37.0	6.7~7.0 8.0~9.0 9.0~10.0	20.0~21.0 20.0~22.0 21.0~25.0	16 34 12	M N O
	Navodon modestus	〃	〃	Geoje-do	21.0~23.0 24.0~26.0 27.0~30.0	7.0~8.0 6.0~9.0 8.0~9.0	13.5~17.0 15.0~20.0 17.0~19.0	16 36 18
<i>Fugu xanthopterus</i>	〃	〃	Geoje-do	22.0~26.0	3.2~4.0	18.0~21.0	53	
<i>Chryso phrys major</i>	〃	〃	〃	12.3~25.5	5.2~10.5	11.6~22	20	

* The fish fed in the net cage before placed in the aquarium.

2. 實驗裝置

a. 水槽

이 實驗에서는 飼育水槽와 實驗水槽 4가지 (Table 3)를 使用하였으며, 飼育水槽 A~D는 콘크리트 벽으로 된 것으로, 實驗前 魚類 및 甲殼類를 保管飼育하는데 사용했고, 實驗水槽 E~H는 無響水槽이다.

魚類소리의 錄音은 水槽 E (Table 3)에서 실시했

으며, 走音反應實驗은 水槽 F (Table 3)에서 실시하였는데, 이들 水槽는 Sano (1974), Hawkins 및 Maclellan (1975), 小西(1976)등의 方法에 따라 Fig. 1과 같이 약 2,000개의 나무베기 (4角柱 5×5×5cm³+角錐 5×5×13cm³)를 판자에 박아서 水槽內壁에 부착시켜 만든 것이다.

甲殼類소리의 錄音은 水槽 G (Table 3)에서, 走音

金 尚 漢

Table 2. Crabs used for the acoustic experiment

species	exp. period	water temp. (°C)	original habitat	length of carapace (cm)	width of carapace (cm)	number	code of group
<i>Portunus trituberculatus</i>	Feb. 21 to May. 22 1973	6.5~17.0	Geojedo	4.0~5.5	8.5~12.5	11	A(♂)
				4.0~5.5	8.5~12.5	10	A(♀)
				5.6~6.5	12.6~15.0	12	B(♂)
				5.6~6.5	12.6~15.0	11	B(♀)
				6.6~8.5	15.1~18.5	15	C(♂)
				6.6~8.5	15.1~18.5	11	C(♀)
	May. 24 to July. 16	17.0~23.0	Busan	6.6~8.5	15.1~18.5	14	C(♂)
				6.6~8.5	15.1~18.5	11	C(♀)
	July. 11 to July. 27	22.8~24.0	Busan	4.0~5.5	8.5~12.5	27	A(♂)
				4.0~5.5	8.5~12.5	17	A(♀)
				5.6~6.51	2.6~15.0	23	B(♂)
				5.6~6.51	2.6~15.0	21	B(♀)
	July. 28 to Aug. 7	24.0~25.5	Dadaepo	6.6~8.5	15.1~18.5	28	C(♂)
				6.6~8.5	15.1~18.5	29	C(♀)
<i>Charybdis japonica</i>	April 24 to July. 19 1973	16.0~23.0	Busan	3.5~4.0	5.0~6.5	13	D(♂)
				3.5~4.0	5.0~6.5	8	D(♀)
				4.1~5.0	6.6~8.0	11	E(♂)
				4.1~5.0	6.6~8.0	15	E(♀)
				5.1~6.0	8.1~9.0	18	F(♂)
				5.1~6.0	8.1~9.0	13	F(♀)
<i>Scylla serrata</i>	July. 11 to Aug. 7	22.8~25.5	Busan	—	7.0~13.0	3	H
<i>Telmessus acutidens</i>	〃	〃	〃	—	6.5~12.0	17	I

Table 3. Aquariums used for the acoustic experiment

sort	shape	dimension	number	accommodated animal	structure and purpose
A	concentric double circular	inside : 225cmφ×70cmD outside : 415cmφ×70cmD	1	fish	concrete walled for holding of animals
B	rectangular	500×100×100cm ³	1	fish	
C	rectangular	379×86×60cm ³	2	crab	
D	rectangular	379×45×60cm ³	6	crab	
E	rectangular	100×100×100cm ³	1	fish	anechoic walled for
F	rectangular	500×100×100cm ³	1	fish	recording and
G	rectangular	46×32×29cm ³	1	crab	phonotaxis
H	rectangular	379×45×60cm ³	1	crab	experiment

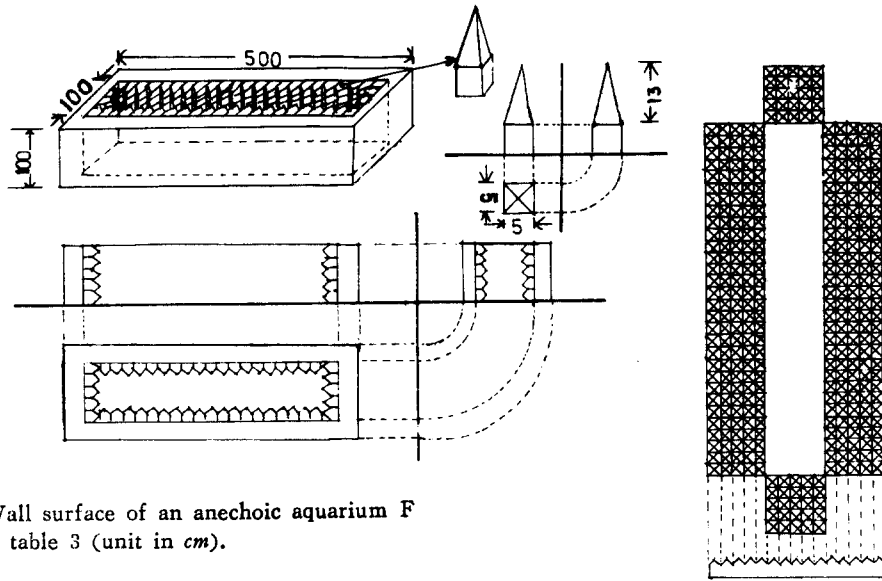


Fig. 1. Wall surface of an anechoic aquarium F in table 3 (unit in *cm*).

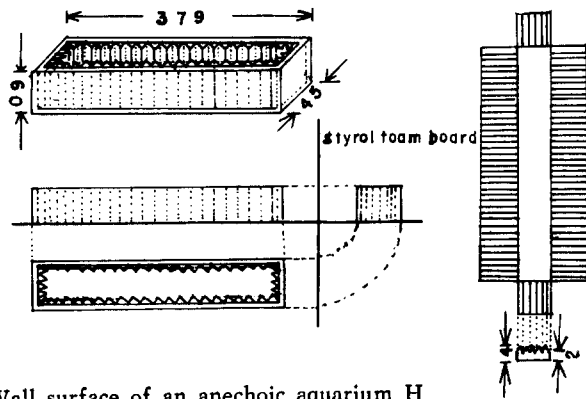


Fig. 2. Wall surface of an anechoic aquarium H in Table 3 (unit in *cm*).

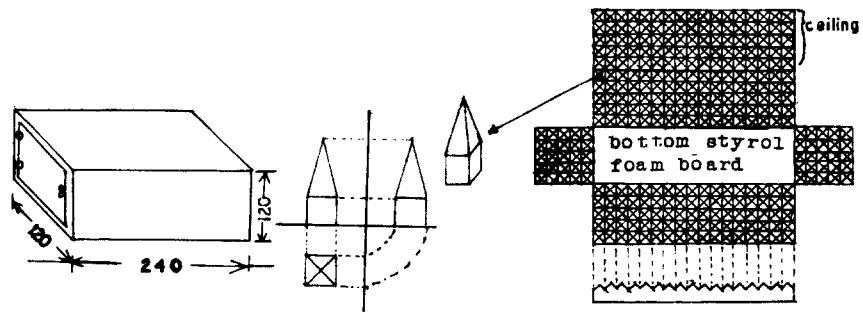


Fig. 3. Chamber for sound analysis (unit in *cm*).

反應實驗은 水槽 H (Table 3)에서 실시하였는데, 이들 水槽는 Parvuleaca(1976)의 방법을 참고하여 Fig. 2와 같이 水槽의 内部 4면의 壁에 두께 4cm되는 발포성 스티로올판을 부착시켜 만든 것이다.

b. 錄音室 및 分析室

魚類의 소리의 錄音室은 外部의 環境騒音이 차단된 1,300×700×300cm³ 크기의 방이며, 錄音은 그 안에 장치된 水槽 E (Table 3)에서 실시했다.

게의 소리의 錄音室은 外室(410×243×245cm³)과 內室(410×134×245cm³)로 區分되었으며, 錄音은 內室에서 실시했다. 內室과 外室사이의 벽두께는 약 13cm, 水槽室과 錄音室사이의 벽두께는 34cm, 出入口의 두께는 각각 14cm, 8.5cm이며, 外室의 문틀은 두께 1cm의 고무로서 內室의 문틀은 두께 1.5cm의 綿布를 둘러서 잡음을 차단했다.

錄音分析室(110×240×110cm³)은 Fig. 3과 같이 나무패기 약 2,800개를 4면壁과 天井에 附着하여 無響되게 했으며 바닥에는 2cm 두께의 발포성 스티로올판을 깔았고 出入口의 문틀은 두께 0.5cm, 나비가 5cm되는 비닐 스폰지를 둘러서 防音했다.

c. 水中受波器와 水中擴聲器

水中受波器는 플라스틱판에 넣고, 케이블은 호마이카로 水密하였다.

水中擴聲器의 振動板은 水壓에도 잘 견디고 海水에 의한 化學的變化에도 安全한 베크라이트로 만들어진 것으로 직경은 9cm이며, 요오크와 케이블의 연결부분은 高性能 接着劑로 水密하였다.

d. 錄音器와 오실로스코프

錄音器(Sony Model CF-1600)에 錄音된 소리의 波形을 촬영할 때는 오실로스코프(Heathkit Model 10-12)와 카메라(Nicomat EL)를 사용하였다.

e. 低周波信號發生器

低周波音에 대한 魚類의 反應을 관찰하기 위하여 低周波信號發生器(KEC Model KAG-22)를 사용하였다.

f. 指示騒音計

錄音된 소리의 音壓準位 測定에는 指示騒音計(Brüel & Kjael Model 2208)를 사용하였는데, 그 指示範圍는 32~130db, 周波數範圍는 4Hz~10KHz이다.

g. 自動電壓調節器

音壓測定用 計器의 性能을 일정하게 유지하기 위하여 自動電壓調節器(Minutens Co, Model 4-80)를 사용했다.

h. 周波數 分析裝置

錄音된 소리의 周波數分析에는 Octave Band Analyzer와 音響振動周波數分析自動記錄裝置(EMIC Model 62V2-R)를 사용했다. Octave Band Analyzer는 周波數範圍 22.4~22,400Hz이며, 그 中心周波數는 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000Hz이다.

i. 照度計

魚類 및 甲殼類의 走音反應을 調査할 때와 食餌音을 錄音할 때 室內의 밝기를 測定하기 위해서 照度計(Toshiba Model 5)를 사용하였다.

3. 實驗方法

a. 實驗動物의 保管

實驗用 魚類는 飼育水槽 A, B (Table 3)에 보관했으며, 그 속의 海水는 水深이 항상 50cm가 되도록 排水口를 設置하여 海水를 계속 공급하는 한편, 2개의 濾過器를 사용하여 순환시켰다.

鹽이 二重으로 된 水槽 A (Table 3)의 外部水路에는 수조기, 방어를, 内部에는 말치치를, 水槽 B (Table 3)에는 까치복, 참돔을 飼育하였다. 水溫은 17°C~24°C였으며, 魚類의 먹이로는 새우, 백합, 바지락, 게등을 번갈아 가면서 사용하였다. 實驗用 魚類의 飼育期間은 약 60일이고, 매일 오전 11시에 먹이를 주었다.

甲殼類는 水槽 C (Table 3) 2개와 水槽 D (Table 3) 6개에 種別飼育하였으며, 飼育期間은 약 6個月이고, 먹이로는 바지락을 每日 9시에 두어하고, 水質의 오염을 防止하기 위하여 17시에 먹고 남은 지꺼기를 제거했다.

b. 錄音

魚類의 소리를 錄音할 때는 水槽 E (Table 3)에 海水를 가득 채운 후, 實驗用 魚類를 넣고 먹이에서 약 1m되는 거리에 水中受波器를 設置하여 錄音했다. 특히 활멸치를 방어의 먹이로 삼을 때는 활멸치의 游泳能力을 감소시켜 방어가 쉽게 멸치를 잡아 먹을 수 있게 하기위하여 水面照度를 0.2lux로 하였다.

甲殼類의 소리를 錄音할 때는 水槽 G (Table 3)에 水深이 약 25cm되게 海水를 넣고, 錄音하려는 게를 水槽에 한마리씩 넣은 후, 먹이를 3, 4개씩 게 앞에 놓아 주었다.

c. 소리의 分析

本實驗에 사용한 實驗用 水中受波器의 感度는 水

中受波器(沖電氣 Model ST6503A)의 感度를 標準

으로 하여 補正하였다.

(i) 水中受波器에 의한 音壓準位の 算出

P : 音源音壓準位 (odb=re 1 μ bar)

V : 前置增幅器의 出力準位 (odb=1V)

km : 受波感度, (odb=re 1V/ μ bar)

A : 前置增幅器의 增幅度

이라하면

$$P = V - km - A \quad (\text{단 } V = 20 \log V_i) \dots\dots(1)$$

이다. 그런데 實驗用 受波器는 前置增幅器가 없기 때문에 (1)식의 $A=0$, 따라서 V_i 를 錄音器의 入力電壓이라 하면

$$P = 20 \log V_i - km \dots\dots(2)$$

이다.

(ii) 實驗用受波器의 感度算出

(a) 標準受波器和 實驗用受波器의 性能을 比較하기 위하여 同一한 水中音源을 두가지 受波기를 통하여 錄音하고 그것을 다시 放音하여 指示騒音計로 測定한 音壓을 比較한바 標準受波器를 통한쪽의 音壓이 實驗用受波器를 통한쪽의 音壓보다 20db정도 높았다 (Fig. 4).

(b) 錄音器의 出力電壓과 擴聲器의 音壓準位를 比較하기 위하여 出力電壓值(V_0)와 이 出力電壓이 錄音器의 擴聲器를 진동시킬때의 音壓準位를 指示騒音計로 測定한 바, 그 값은 서로 비례했다(Fig. 5).

(c) 錄音器의 入力電壓과 出力電壓을 比較하기 위하여 어떤 信號가 受波器를 통하여 錄音器에 錄音될때의 入力電壓值과 錄音된 것이 다시 擴聲器로 放音되어 나올때의 出力電壓值를 測定한 바, 그 값은 비례했다(Fig. 6).

同一한 水中音源에서의 소리를 두가지 受波器를 통하여 錄音한 音壓準位는 標準受波器로서는 60db, 實驗用受波器로서는 40db이었다. 따라서 Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6으로부터 標準受波器의 경우는 $V_0=0.52V$, $V_i=0.0062V$, $km=-105db$, $A=30db$ 이므로

(1)식에서

$$P = 31db$$

그런데 實驗用受波器의 경우는 $V_0=0.02V$, $V_i=0.00024V$ 이므로 $P=31db$ 일때 그感度(km)는 (2)식에서

$$km = -103db$$

이다. 따라서 實驗用受波器를 통하여 錄音된 水中音源의 音壓準位는

$$P(db) = 20 \log V_i + 103$$

으로 나타낼 수 있다.

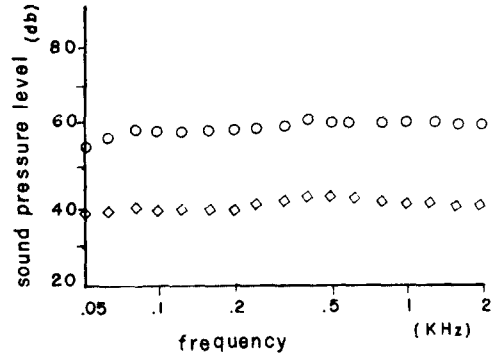


Fig. 4. Comparison of the sound pressure levels by the standard microphone (O) and the calibrated microphone (◇).

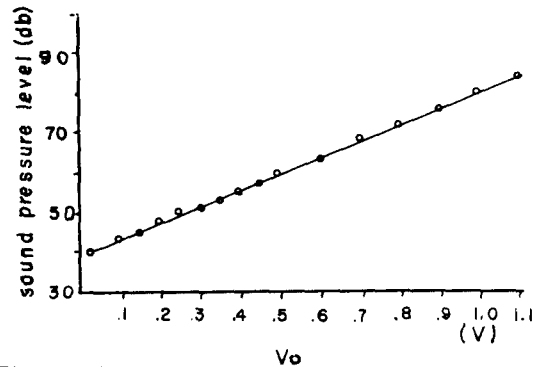


Fig. 5. Relationship between sound pressure level and output voltage (V_0) of the reproducing sound by the tape recorder.

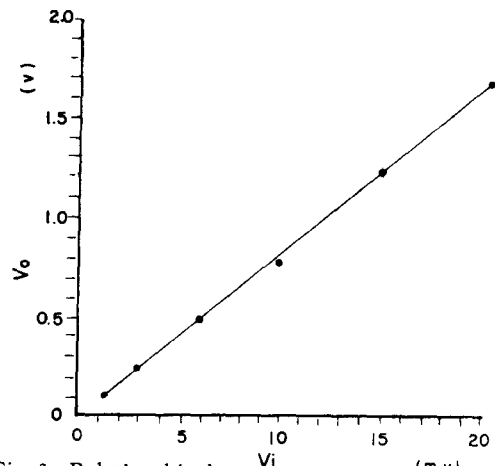


Fig. 6. Relationship between input voltage (V_i) and output voltage (V_0) of the tape recorder.

d. 放音

魚類의 走音反應을 보기 위한 音源으로서는 食餌音, 울음소리, 正弦波의 소리등이 쓰였는데 食餌音 및 울음소리는 各 魚種마다. Table 1과 같은 體長群의 소리를 錄音한 것 중, 音壓準위가 비교적 높고 音色이 명료한 것을 3개 체본을 택하여, Maniwa(1975)의 方法에 따라 食餌音이나 울음소리가 5~7秒, 無音時間이 5~7秒 되풀이되도록 편집하여 사용하였다.

純音으로서는 Lowenstein(1957)이 제시한 魚類의 可聽周波數범위(50~9000Hz)의 소리인 63, 125, 250, 500, 630, 1250, 2500, 5000, 6300, 9000Hz의 正弦波를 低周波信號發生器에서 發生시켜, 音壓이 60~70db되게 連續的 또는 斷續的으로 放音하였다.

甲殼類의 走音反應을 보기 위한 音源으로서는 울음소리가 10~15秒, 無音時間이 10~15秒 되풀이 되도록 편집하여 사용하였다.

e. 走音反應의 測定

(i) 魚類의 反應

水槽 F (Table 3)는 길이 방향으로 거의 等間隔(대략 120cm 内外)이 되도록 I, II, III, IV 4개의 區間으로 나누어 Fig. 7의 b와 같이 칸막이를 하였다. 칸막이는 가로 세로 각각 90cm되는 나무틀에 網目의 크기가 각각 40×40mm, 60×60mm, 80×80mm, 100×100mm되게 網徑 6mm되는 오렌지색의 포리에틸렌줄로 엮은 것이며, 매듭이 없기 때문에 출과 출사이의 간격보다 몸이 굵은 큰 魚類도 출 사이를 비겁고 통과 할 수 있도록 했다(Photo. 1).

走音反應은 區間 I에 水中擴聲器를 놓고 편집된 소리를 放音하되, 칸막이의 網目 크기를 모두 40×40mm로 하고 區間 II, III, IV에 각각 2마리씩의 對象魚類를 배치하는 P형식(Table 4), 網目크기를 40×40, 50×50, 60×60mm로 하고 區間 IV에만 6마리의 對象魚類를 배치하는 Q형식, 網目 크기를 60×60,

80×80, 100×100mm로 하고 區間 IV에만 10마리의 對象魚類를 배치하는 R형식등으로 實驗했는데, 방

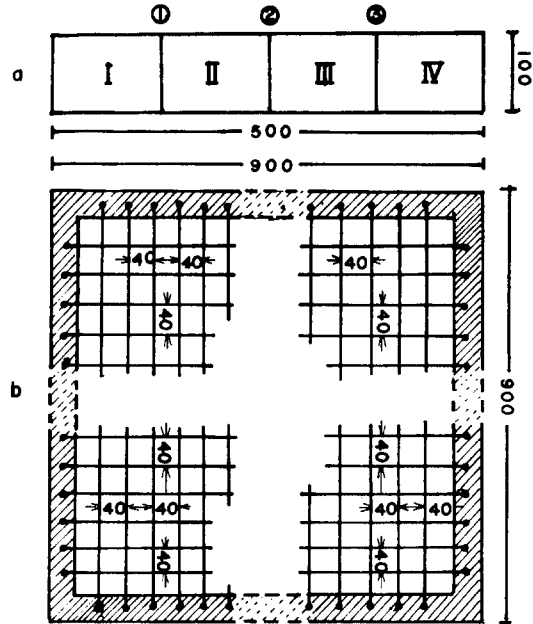


Fig. 7. Layout of sections and structure of screens in the aquarium F.

a: disposition of sections (I~IV) and screens (①~③).

b: structure of the screen (unit in mm).

어에는 P형식, 수조기에는 P, Q형식, 까치복, 참돔과 말쥐치에는 P, Q, R형식이 적용되었다.

다만 對象魚類는 實驗實施 12時間 前에 각 區間에 수용했고 實驗은 9時에서 10時사이, 18時에서 19時사이에 實施했다. 또 이렇게 수용된 實驗 對象魚類에는 먹이를 주지 않았고, 水槽의 水面照度는 84 lux로 유지했다.

Table 4. Mesh size of screen and number of fish in each section of aquarium for various experiments

experimental type	mesh size of screen (mm)			initial number of fish in each section			
	①	②	③	I	II	III	IV
P type	40×40	40×40	40×40	speaker	2	2	2
Q "	40×40	50×50	60×60	speaker	0	0	6
R "	60×60	80×80	100×100	speaker	0	0	10

走音性의 判定은 區間 I 쪽으로 가는 것을 +, 反對方向으로 가는 것을 -로 했다. 對象魚類가 모두 區間 I에 모이기 위해서 통과 해야할 칸막이의 累積數 t는 P형식에서는 12개, Q형식에서는 18개, R형식에서는 30개, 이므로 走音率은 이것을 基準値로 하여, 對象魚類가 통과한 칸막이의 累積數 M의 평균 m의 t에 대한 比로서 나타냈다.

(ii) 甲殼類의 反應

甲殼類中 꽃게의 走音反應實驗은 칸막이가 없는 水槽 H (Table 3)에서 19時~23時 사이에 실시했으며 水槽의 한 쪽 끝에 水中擴聲器를 設置하여 놓고, 한 群의 꽃게를 水中擴聲器에서 각각 10, 60, 110, 160, 210, 260, 310, 360cm의 거리에 한마리씩 배치한 후, 錄音된 소리(信號)를 水中擴聲器로써 放音하여 실시했다.

꽃게는 간혹 走音하지 않는 것도 있기는 했으나 擴聲器의 方向과 反對方向으로 이동하는 것은 거의 없었고, 走音하는 것은 모두 擴聲器의 위치에까지 도달했으므로 본래의 위치에 관계없이 走音한 마리수의 被實驗 마리수에 대한 比로서 走音率을 나타냈다.

(iii) 走音性 實驗 持續時間

走音性 有無를 判定하는 基準時間으로서는 放音을 10, 20, 30, 40, 60, 80分間 계속할 때의 反應結果(Fig. 8 및 9)로 부터 魚類는 10分, 甲殼類는 20分으로 정했다.

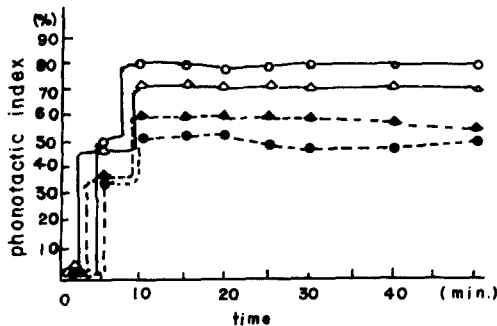


Fig. 8. Variation of phototaxis index according to the duration of playback sound of fish. *Nibea abiflora*:—○—: feeding sound
...●...: croaking sound

Feeding sound of *Seriola quinqueradiata*:
—△—: Sound produced by the fish which were previously kept in a rearing cage.
---▲---: Sound produced by the fish which were directly brought from natural habitat.

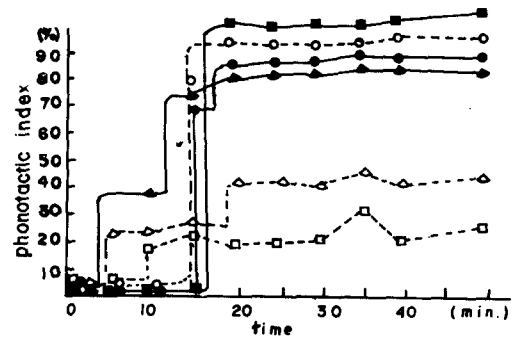


Fig. 9. Variation of phototactic response according to the duration of playback sound of male *portunus trituberculatus* of which carapace width is 8.5~12.5cm. Legends denote the size and sex of the crabs showed in Table 2, viz. △:A(♂), ▲:A(♀), □:B(♂), ■:B(♀), ○:C(♂), ●:C(♀).

結果 및 考察

1. 소리의 分析

實驗動物의 食餌音과 울음소리를 音響周波數分析 記錄으로 얻은 周波數를 x軸으로 잡고, 指示騒音計에서 얻은 音壓準位를 y軸으로 잡아서, 나타내면 Fig. 10 및 11과 같다.

이들 그림에서 音壓準位가 높은 두점의 周波數를 實驗動物의 中心周波數로 잡으면 수조기의 食餌音과 울음소리의 周波數는 다 같이 125~250Hz이고, 音壓準位는 食餌音이 57~59db, 울음소리는 62~63db이다(Fig. 10의 a)

방어의 食餌音의 周波數는 먹이의 種類에 관계 없이 다같이 125~250Hz이나, 音壓準位는 바지락을 먹을 때는 56~59db, 활멸치를 먹을 때는 61~62db이다(Fig. 10의 b).

말쥐치의 食餌音의 周波數는 63~125Hz이고, 물뽕은 소리의 周波數는 500~1000Hz이며, 音壓準位는 각각 57~59db, 60~62db이다(Fig. 10의 c).

참돔의 食餌音의 周波數는 500~1000Hz, 音壓準位는 55~57db 이다(Fig. 10의 d).

꽃게(甲幅 8.5~12.5cm)의 울음소리의 周波數는 암수 다같이 250~500Hz이고, 音壓準位는 수컷이 53~55db, 암컷이 50~58db이다(Fig. 11의 a).

꽃게(甲幅 12.6~15.0cm)의 울음소리의 周波數는 수컷이 500~1000Hz, 암컷이 250~500Hz이고, 音

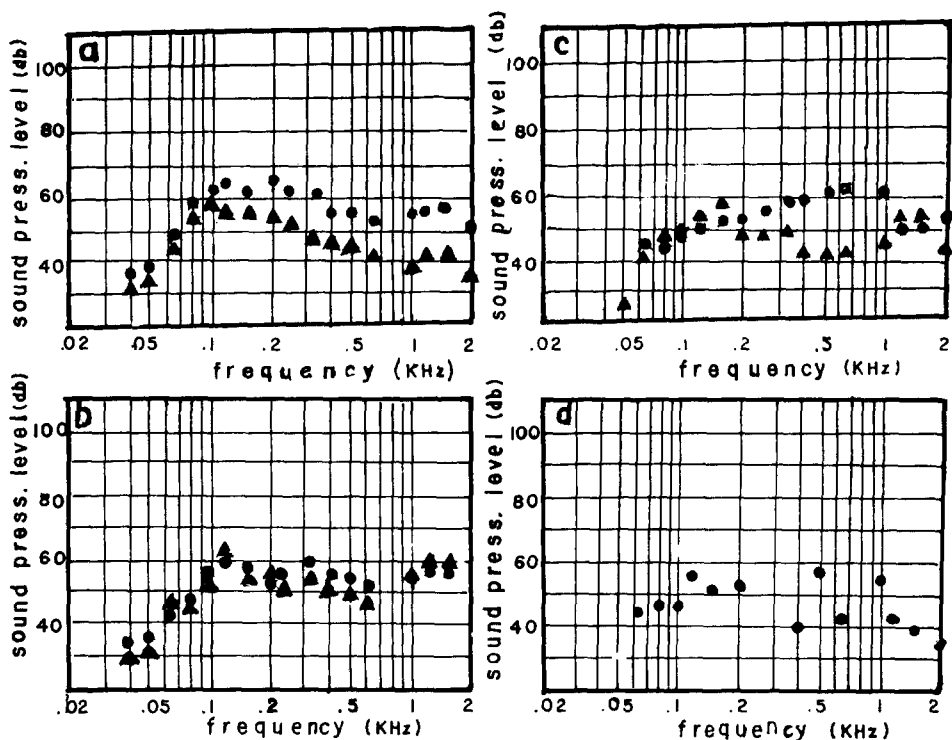


Fig. 10. Relationship between frequency and pressure level of sound produced by fishes.

- a: *Nibea albiflora* ● : croaking sound, ▲ : feeding sound
- b: *Seriola quinqueradiata*
 - : feeding sound, feeding on the short-necked clam
 - ▲ : feeding sound, feeding on the live anchovy
- c: *Navodon modestus* ● : spouting sound, ▲ : feeding sound
- d: *Chrysophrys major*, feeding sound

壓準位는 수컷이 61~62db, 암컷이 55~61db이다 (Fig. 11의 b).

꽃게(甲幅 15.1~18.5cm)의 울음소리의 周波數는 암수 다같이 250~500Hz이고, 音壓準位는 수컷이 55~57db, 암컷이 66~71db이다 (Fig. 11의 c).

민꽃게(甲幅 5.0~9.0cm)의 울음소리의 周波數는 250~500Hz이고, 音壓準位는 58~61db이다 (Fig. 11의 d).

왕밤송이게(甲幅 6.5~12.0cm)의 울음소리의 周波數는 500~1000Hz이고, 音壓準位는 54~61db이다 (Fig. 11의 e).

왕게(甲幅 7.0~13.0cm)의 울음소리의 周波數는 125~250Hz이고, 音壓準位는 68~70db이다 (Fig. 11의 f).

까치복의 食餌音의 周波數, 音壓準位, 經過時間의 關係를 三次元圖表로 表示했는데 (Fig. 12), 이것에

서 周波數는 400~500Hz이고, 먹는 時間은 2秒이며, 音壓準位는 60~64db이다.

魚類 및 甲殼類의 波形을, x軸을 時間, y軸을 소리의 세기로 잡아 오실로스코프에 나타내면 어류의 경우, photo. 2와 같은데 여기서 a는 錄音테이프의 바탕의 잡음을 나타낸 것이고, b는 수조기의 울음소리, c는 수조기가 바지락을 먹을 때의 食餌音, d는 방어가 활멸치를 먹을 때의 食餌音, e는 방어가 바지락을 먹을 때 食餌音, f는 까치복이 바지락을 먹을 때의 食餌音, g는 말쥐치가 바지락을 먹을 때의 食餌音, h는 참돔이 바지락을 잡아먹을 때의 食餌音, 갑각류의 경우는 photo. 3과 같은데 a는 꽃게가 바지락을 먹을 때의 내는 울음소리, b는 민꽃게의 울음소리, c는 왕게의 울음소리, d는 왕밤송이게의 울음소리를 나타 낸다.

빛가지 魚類 및 甲殼類의 發音과 走音性에 關한 研究

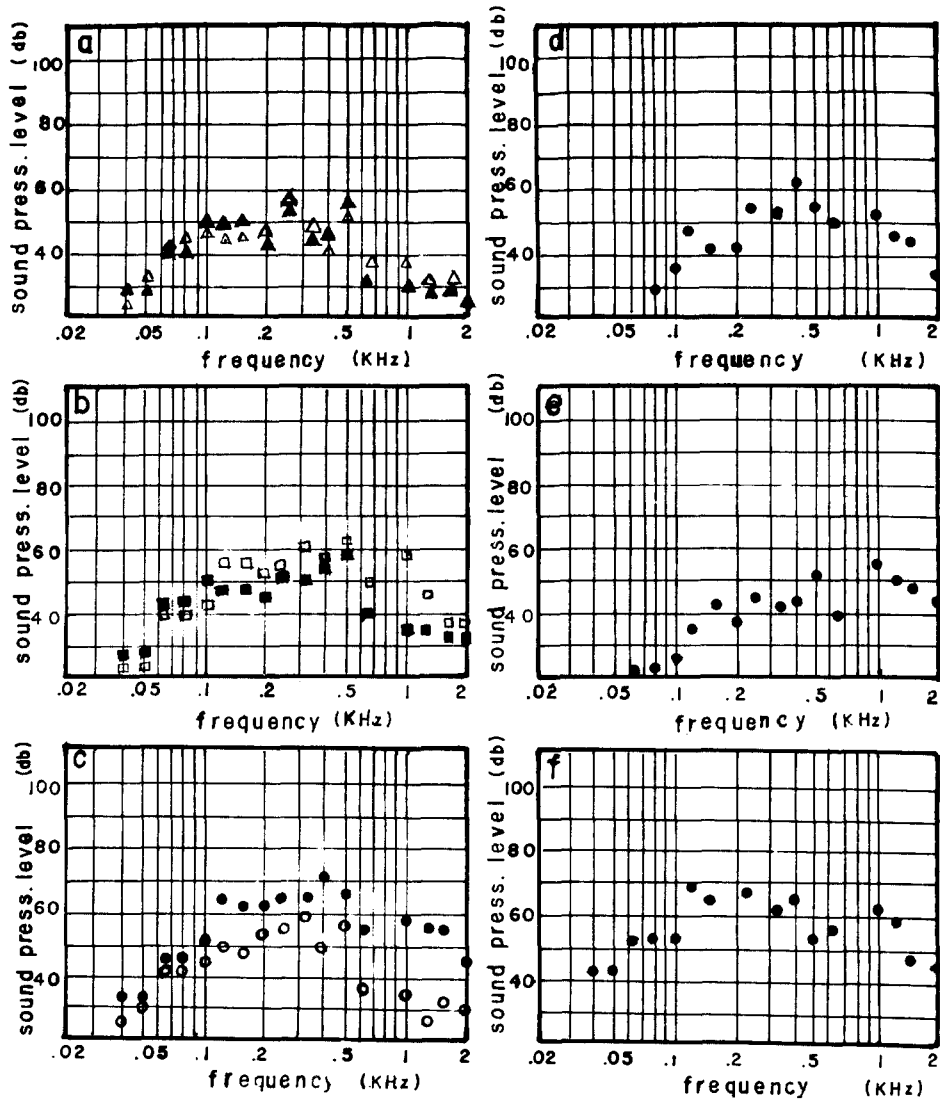


Fig. 11. Relationship between pressure level and frequency of croaking sound of the crabs.

a: *Portunus trituberculatus*
 △: A(♂), ▲: A(♀)

b: *Portunus trituberculatus*
 □: B(♂), ■: B(♀)

c: *Portunus trituberculatus*
 ○: C(♂), ●: C(♀)

d: *Telmessus acutidens*

e: *Charybdis japonica*, f: *scylla serrata*

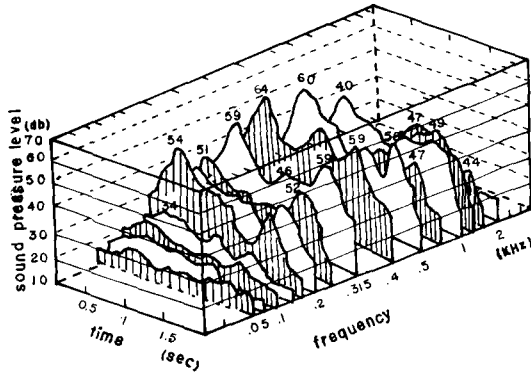


Fig. 12. Three dimensional diagram of sound pressure level, frequency and the feeding time of *Fugu xanthopterus*.

2. 食餌音 및 울음소리에 대한 走音反應

a. 수조기

수조기를 P형식 (Table 4)으로 實驗했을 때의 走音率 (Table 5)은 食餌音에 대하여 78%, 울음소리에 대하여 52%이고, Q형식 (Table 4)으로 實驗했을 때의 走音率 (Table 6)은 각각 87%, 63%로서 어느 경우나 食餌音에 대한 走音率在 높다. 그 이유로서는 울음소리는 魚類의 食欲에 직접적인 관계가 없기 때문이라고 생각된다.

b. 방어

축양한 것과 자연에서 낚시로 잡은 방어가 바지락과 활멸치를 먹을 때의 食餌音을 放音하여 走音率 (Table 7 및 8)을 보면, 축양된 방어가 바지락을 먹을 때의 食餌音에는 69%, 활멸치를 먹을 때의 食餌音에는 77%정도 走音하고 낚시로 잡은 방어가 바지락을 먹을 때의 食餌音에는 56%, 활멸치를 먹을 때의 食餌音에는 64%정도 走音하나, 이들 사이에 有意差는 없다.

c. 말쥐치

말쥐치는 P 및 Q형식 (Table 4)으로 實驗한 바 走音反應이 미약하였고, 그물 눈금이 큰 R형식 (Table 4)으로 實驗한 바 走音率 (Table 9)이 20% 정도이었다.

d. 까치복, 참돔

까치복의 食餌音의 音壓單位는 60~64db로서 다른 魚類에 비하여 높기 때문에 走音率在 높으리라 기대했으나, P, Q 및 R (Table 4)의 어느 형식으로 實驗하여도 不規則的인 이동을 하여 走音이 매우 낮았고, 참돔은 食餌音에 대한 反應이 없었다.

e. 꽃게

甲幅別로 구분한 A(8.5~12.5cm), B(12.6~15.0cm), C(15.1~18.5cm) 群 중의 어느 한 群이 울음소리를 낼 때 다른 群의 走音反應의 정도를 조사한 바는 Table 10과 같다.

(i) 個體의 크기에 따른 走音率

A의 울음소리에 대하여서는 A가 66%, B가 77%, C가 80%이고,

B의 울음소리에 대하여서는 A가 65%, B가 75%, C가 71%였으며,

C의 울음소리에 대하여서는 A가 41%, B가 69%, C가 73%였다.

個體가 큰 群C가 내는 소리에 個體가 작은 群A가 走音하는 率보다는, 群A가 내는 소리에 群C가 走音하는 率이 다소 높는데, 이것은 群A의 먹이를 群C가 약탈해 먹을 수는 있으나, 그 반대는 이루어지기 어려운 것과 관계가 있는 것이 아닌가 생각된다.

(ii) 性別에 따른 走音率

A의 수컷이 울음소리를 낼 때 : 수컷의 走音率은 A가 41.7%, B가 18.7%, C가 90.0%, 암컷의 走音率은 A가 79.2%, B가 100%, C가 85.0%여서 수컷보다 암컷의 走音率在 높게 나타났다.

B의 수컷이 울음소리를 낼 때 : 수컷의 走音率은 A가 31.2%, B가 62.5%, C가 62.5%이고, 암컷의 走音率은 A가 67.5%, B가 75.0%, C가 65.0%여서 수컷보다 암컷의 走音率在 높게 나타났다.

C의 수컷의 울음소리를 낼 때 : 수컷의 走音率은 A가 12.5%, B가 72.5%, C가 62.5%이고, 암컷의 走音率은 A가 46.1%, B가 70.8%, C가 78.1%여서 수컷보다 암컷의 走音率在 높게 나타났다.

A의 암컷이 울음소리를 낼 때 : 수컷의 走音率은 A가 87.5%, B가 100%, C가 43.7%이고 암컷의 走音率은 A가 56.2%, B가 90.6%, C가 97.5%여서 性別에 따른 차이는 크지 않았다.

B의 암컷이 울음소리를 낼 때 : 수컷의 走音率은 A가 93.7%, B가 100%, C가 71.1%이고 암컷의 走音率은 A가 65.6%, B가 62.5%, C가 84.4%여서 암컷보다 수컷의 走音率在 높게 나타났다.

C의 암컷이 울음소리를 낼 때 : 수컷의 走音率은 A가 45.8%, B가 65.3%, C가 68.7%이고 암컷의 走音率은 A가 58.3%, B가 66.1%, C가 85.0%여서 암컷의 走音率在 수컷보다 높게 나타났다.

3. 純音에 대한 走音反應

수조기, 방어, 말쥐치, 까치복, 참돔에 대하여 正

몇가지 魚類 및 甲殼類의 發音과 走音성에 關한 研究

Table 5. Number of the tested fish remained in each section, 10 minutes after, in response to playback of feeding and croaking sound, feeding on the short-necked clam flesh and analysis of the phonotactic behavior with *Nibea albiflora*, when experimented by P type in table 4

section no.		I	II	III	IV	total
number of screen for a fish to arrive at section I		0	1	2	3	—
initial number of fish in each section		0	2	2	2	6
kind of sound	series of experiment					
feeding sound	1	5	①	0	0	6
	2	4	①	1	0	6
	3	5	1	0	0	6
	4	3	1, ②	0	0	6
	5	5	0	0	1(I)	6
	6	4	0	1(I), 1(II)	0	6
	7	5	0	1	0	6
	8	5	0	0	1(I)	6
	9	4	①	①	0	6
	10	3	1(I)	1(II)	①	6
	11	4	1(I)	0	0	6
	12	6	0	0	0	6
	13	4	1(I)	1(I)	0	6
	14	4	1(I)	0	①	6
	15	5	1	0	0	6
	total	67	12	7	4	90
	M	136	4	1	0	141
	m	9.1	0.3	0.1	0	9.4
	t	12	12	12	12	12
	Pi	75.8	2.5	0.8	0	78.2
croaking sound	1	0	1(I), 2, ①	1	①	6
	2	1	1(I), ①	2, ①	0	6
	3	1	1, ①	1, ①	①	6
	4	2	2	1	①	6
	5	0	4, ②	0	0	6
	6	1	3, ①	0	①	6
	7	2	2	1, ①	0	6
	8	3	1(I), ①	1(I)	0	6
	9	3	3	0	0	6
	10	2	1(I), 2, ①	0	0	6
	11	3	0	0	1(II), ②	6
	12	1	3	1(II)	0	6
	13	3	2	1	0	6
	14	4	2	0	0	6
	15	3	2	0	1(II)	6
	total	29	41	12	8	90
	M	46	40	7	0	93
	m	3.1	2.7	0.5	0	6.2
	t	12	12	12	12	12
	Pi	25.8	22.5	4.2	0	51.7

- Figures in the circle represent the number of fish remained in original section.
- Figures in the bracket represent the number of fish returned to the original section, in the case of fish once moved to the section I or II.
- M: final number of screen passed by the fish.
m: The mean of number of the screens through which the fish passed.
t: The possible maximum number of the screens through the fish have to pass to the section I, in this case t=12.

Pi: phonotactic index = $\frac{m}{t} \times 100$.

金 尚 漢

Table 6. Number of the tested fish remained in each section, 10 minutes after, in response to playback of feeding and croaking sound, feeding on the short-necked clam flesh and analysis of the phonotactic behavior with *Nibea albiflora*, when experimented by Q type of table 4

section no.		I	II	III	IV	total
number of screen for a fish to arrive at section I		0	1	2	3	—
initial number of fish in each section		0	0	0	6	6
kind of sound	series of experiment					
feeding sound	1	5	1	0	0	6
	2	4	1(I)	0	①	6
	3	4	1	1(I)	0	6
	4	5	0	1	0	6
	5	6	0	0	0	6
	6	4	2	0	0	6
	7	4	1	1	0	6
	8	4	1	1	0	6
	9	5	0	1(II)	0	6
	10	5	0	0	①	6
	total	46	7	5	2	60
	M	138	14	5	0	157
	m	13.8	1.4	0.5	0	15.7
	t	18	18	18	18	18
Pi	76.7	7.8	2.8	0	87.2	
croaking sound	1	4	0	1	①	6
	2	1	3	1	①	6
	3	2	3	0	①	6
	4	0	3	3	0	6
	5	5	1	0	0	6
	6	3	1	1	①	6
	7	2	2(I)	1(I),1(II)	0	6
	8	2	0	2,1(I)	①	6
	9	1	4	0	①	6
	10	1	3	0	2(I)	6
	total	21	20	11	8	60
	M	62	40	11	0	113
	m	6.2	4.0	1.1	0	11.3
	t	18	18	18	18	18
Pi	34.4	22.2	6.1	0	62.8	

Footnotes are same as in table 5, except t=18.

돛가지 魚類 및 甲殼類의 發音과 走音성에 關한 研究

Table 7. Number of the tested fish remained in each section, 10 minutes after, in response to playback of feeding sound, feeding on the short-necked clam flesh and analysis of the phonotactic behavior with *Seriola quinqueradiata*, when experimented by P type of table 4

section no.		I	II	III	IV	total	
number of screen for a fish to arrive at section I		0	1	2	3	—	
initial number of fish in each section		0	2	2	2	6	
specimen	series of experiment						
a ~ c group	1	4	①	0	①	6	
	2	3	①	②	0	6	
	3	4	1, ①	0	0	6	
	4	3	2	①	0	6	
	5	3	①	2	0	6	
	6	3	2	0	①	6	
	7	3	1	1, ①	0	6	
	8	5	0	1	0	6	
	9	5	1	0	0	6	
	10	3	2, ①	0	0	6	
	total		36	14	8	2	60
	M		63	16	4	0	83
	m		6.3	1.6	0.4	0	8.3
t		12	12	12	12	12	
Pi		52.5	13.3	3.3	0	69.1	
A~D group	1	3	1	2	0	6	
	2	3	1	1	①	6	
	3	4	①	①	0	6	
	4	4	1	①	0	6	
	5	2	1, ①	①	①	6	
	6	2	2	0	②	6	
	7	2	1, ①	①	①	6	
	8	4	0	①	①	6	
	9	2	3	①	0	6	
	10	3	2	1	0	6	
	total		29	15	10	6	60
	M		43	20	4	0	67
	m		4.3	2.0	0.4	0	6.7
t		12	12	12	12	12	
Pi		35.8	16.6	3.3	0	55.8	

Footnotes are same as in table 5, except=12.

金 尚 漢

Table 8. Number of the tested fish remained in each section, 10 minutes after, in response to playback of feeding sound, feeding on the live anchovy and analysis of the phonotactic behavior with *Seriola quinqueradiata*, when experimented by P type of table 4

section no.		I	II	III	IV	total
number of screen for a fish to arrive at section I		0	1	2	3	—
initial number of fish in each section		0	2	2	2	6
specimen	series of experiment					
a ~c group	1	4	0	2	0	6
	2	5	①	0	0	6
	3	3	3	0	0	6
	4	4	0	①	①	6
	5	3	0	1, ①	①	6
	6	5	0	1	0	6
	7	4	1	1	0	6
	8	4	0	2	0	6
	9	4	0	2	0	6
	10	5	1	0	0	6
	total	41	6	11	2	60
	M	69	14	9	0	92
	m	6.9	1.4	0.9	0	9.2
t	12	12	12	12	12	
Pi	57.5	11.7	7.5	0	76.6	
A~D group	1	4	1	0	①	6
	2	4	0	2	0	6
	3	3	①	2	0	6
	4	3	①	1, ①	0	6
	5	4	1, ①	0	0	6
	6	3	①	②	0	6
	7	2	1, ②	①	0	6
	8	5	0	①	0	6
	9	3	0	②	①	6
	10	4	②	0	0	6
	total	35	11	12	2	60
	M	66	6	5	0	77
	m	6.6	0.6	0.5	0	7.7
t	12	12	12	12	12	
Pi	55.0	5.0	4.2	0	64.2	

Footnotes are same as in table 5, except t=12.

몇가지 魚類 및 甲殼類의 發音과 走音성에 關한 研究

Table 9. Number of the tested fish remained in each section, 10 minutes after, in response to playback of feeding sound, feeding on the short-necked clam flesh and analysis of the phonotactic behavior with *Navodon modestus*, when experimented by R type of table 4

section no.		I	II	III	IV	total
number of screen for a fish to arrive at section I		0	1	2	3	—
initial number of fish in each section		0	0	0	10	10
series of exp.	1	0	2	1(II), 2	2(II), ③	10
	2	1	2	1	3(III) ⑤	10
	3	0	1(I), 1	1(II)	3(III), ④	10
	4	0	1	1	2(II), 2(III), ④	10
	5	1	2	2	2(II), ③	10
	6	2	0	1(II), 1	1(II), 2(III), ③	10
	7	0	1	2	2(II), ⑤	10
	8	0	0	2(II), 1	3(III), ④	10
	9	2	1	2	2(III), ③	10
	10	0	0	2	2(II), ⑥	10
	11	1	0	2(II), 1	2(II), ④	10
	12	0	0	3	2(II), 3(III), ②	10
	13	3	0	1(I), 2	2(III), ②	10
	14	0	2	1(II), 1	⑥	10
total		10	13	30	87	140
M		30	26	31	0	87
m		2.1	1.9	2.2	0	6.2
t		30	30	30	30	30
Pi		7.0	6.3	7.3	0	20.6

Footnotes are same as in table 5, except t=30.

弦波의 音을 放音했을 때는 아무런 反應을 볼수 없었다. 그런데, 武富와 三次(1971)은 전갱이가 正弦波에 대하여 走音률이 낮기는 하나 反應한다고 보고한 바있다.

著者の 實驗과 武富, 三次의 實驗은 實驗場所와

實驗對象魚類가 각각 다르다. 前者는 無響水槽 안에서 수조기, 방어, 말퀴치, 까치복, 참돔등을, 後者는 海洋에서 전갱이를 實驗하였던 바 周波數 범위는 같은데 實驗結果가 相反된다. 이 문제는 앞으로 더욱 研究해 보아야 할 것으로 생각된다.

Table 10. Analysis of phonotactic response to the croaking sound of *portunus trituberculatus*

sound produced crabs		A ♂	B ♂	C ♂	A ♀	B ♀	C ♀
A ♂	total number of crabs involved.	24	16	40	24	40	40
	respond number	10	3	36	19	40	34
	phonotactic index	41.7	18.7	90.0	79.2	100	85.0
B ♂	total number of crabs involved	16	16	32	40	24	40
	respond number	5	10	20	27	18	30
	phonotactic index	31.2	62.5	62.5	67.5	75.0	65.0
C ♂	total number of crabs involved	32	40	24	32	48	32
	respond number	4	29	15	15	34	25
	phonotactic index	12.5	72.5	62.5	46.1	70.8	78.1
A ♀	total number of crabs involved	40	32	16	32	32	40
	respond number	35	32	7	18	29	39
	phonotactic index	87.5	100	43.7	56.2	90.6	97.5
B ♀	total number of crabs involved	32	16	32	32	16	32
	respond number	30	16	23	21	10	27
	phonotactic index	93.7	100	71.1	65.6	62.5	84.4
C ♀	total number of crabs involved	24	72	16	24	56	40
	respond number	11	47	11	14	37	34
	phonotactic index	45.8	65.3	68.7	58.3	66.1	85.0

A, B and C are referred to the groups in Table 2.

要 約

몇가지 魚類와 甲殼類의 食餌音과 울음소리를 분석하고, 그 소리를 放音할 때의 走音反應을 調査研究하였다.

1. 魚類의 食餌音의 周波數는 참돔(*Chrysophrys major*)과 말귀치(*Navodon modestus*)는 63~125Hz로서 낮고, 까치복(*Fugu xanthopterus*)은 400~500Hz로서 높으며, 수조기(*Nibea albiflora*)와 방어(*Seriola quinqueradiata*)는 그들의 중간인 125~250Hz이었다. 말귀치와 참돔의 食餌音의 音壓은 55~59db로서 낮고, 까치복은 60~64db로서 높으며 수조기와 방어는 57~62db로 이들의 중간이었다.

2. 수조기의 울음소리의 周波數는 125~250Hz로서 食餌音과 같으나, 音壓準位는 62~63db로서 食餌音보다 높았다.

3. 甲殼類의 울음소리의 周波數는 왕게(*Scylla serrata*)가 125~250Hz로서 낮고, 민꽃게(*Charybdis japonica*)와 왕밤송이게(*Telmessus acutidens*)가 500~1,000Hz로서 높으며, 꽃게(*Portunus trituberculatus*)는 250~500Hz로서 그들의 중간이었다.

音壓準位는 왕게가 68~70db로서 높고, 꽃게, 민꽃게와 왕밤송이게는 54~61db로써 낮았다.

4. 수조기와 방어의 食餌音에 대한 走音率은 56~87%였으며, 말귀치와 까치복은 走音性을 確認하기

몇가지 魚類 및 甲殼類의 發音과 走音性에 關한 研究

어려웠다. 수조기의 울음소리에 대한 走音率은 52~63%였다.

5. 수조기, 방어, 까치복, 갈치, 참돔 등은 周波數가 50~9,000Hz인 正弦波에는 走音하지 않았다.

6. 꽃게의 울음소리에 대한 走音은 大型群(甲幅 15.1~18.5cm)이 放音할 때, 小型群(8.5~12.5cm)의 走音率(13~58%)보다는 小型群이 放音할 때 大型群의 走音率(44~98%)이 높았다.

中小型群(甲幅 8.5~15.0cm)까지는 암컷이 放音할 때 수컷의 走音率(88~100%)은 암컷의 走音率(56~91%)보다 높은 편이며, 수컷이 放音할 때 수컷의 走音率(19~63%)보다 암컷의 走音率(66~100%)이 높은 편이었다.

謝 辭

이 연구를 지도하여 주신 부산수산대학 대학원의 지도교수 李秉鎬박사, 실험장소를 제공하여 주신 부산수산대학 해양과학연구소 소장 및 제 직원, 실험방법에 관하여 여러가지 조언하여 주신 張志元박사, 논문작성에 조언하여 주신 朴東秀, 朴丞源, 金仁培, 金容億 박사에게 심심한 감사를 드립니다.

文 獻

Burkenroad, M.D. (1947): Production of sound by the fiddler crabs, *Uca pugilator* with remarks on its nocturnal and mating behavior. Ecology 28, 458-461.

조암·장지원(1972): 어류가 내는 소리에 관하여. 한국어업기술학회지 8, 14-22.

橋本富壽·間庭愛信(1964): 音響による魚群の誘致或赫に關する研究. 漁船研究技報 19(3), 2.

Hawkins, A. D. and D. N. Maclellan(1975): An acoustic tank for hearing studies on fish. Sound Reception in Fish. 149-169. Ed. A. Schuijf and A. D. Hawkins. Elsevier Scientific Publish. Co. Amsterdam, New York.

Hermann, S. (1961): Complex behavior. Physiology of Crustacea 2, 465-520. Ed. T. H. Waterman. Academic Press, New York and London.

金尚漢(1974): 꽃게의 소리와 음향에 대한 행동(I).

새물리. 14(1), 20~26.

————(1974): 꽃게의 소리와 행동(II). 韓水誌 7(1), 28~36.

————(1977): 방어의 소리와 음향에 대한 행동. 釜山水大研報 17(1,2), 17~25.

Kleerekoper, H. and E. C. Chagnon(1957): Frequency range and pitch discrimination of hearing in fish. Physiology of Fish 2, 155-168. Ed. M. E. Brown. Academic Press. Inc. New York.

小西睦男(1976): 模型用音響材料の吸音率とその一應用. 日本音響學會誌 32(9), 560-565.

Lowenstein, O. (1957): Acoustics lateralis system. Physiology of Fish 2. 176-182. Ed. M. E. Brown. Academic press, Inc. New York.

Maniwa, Y. (1975): Attraction of bony fish, squid and crab by sound. Sound Reception in Fish. 271-283. Ed. A. Shuijf and A. D. Hawkins. Elsevier Scientific Publish. Co. Amsterdam, New York.

Maniwa, Y. and T. Hatakeyama. (1975): The effect of sound emission on the catch of squid. Ibid. 280-281.

Mizue, K. (1965): Studies on the under water sound-1. On the under water sound of genus *Alpheus febricius* in the coastal waters of Japan. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ. 26, 37-48.

Myrberg, A., R. Gordon and A. P. Klimley (1975): Attraction of free ranging sharks by low frequency sound, with comments on it's biological significance. Sound Reception in Fish. 205-228. Ed. A. Schuijf and A. D. Hawkins. Elsevier Scientific Publish. Co. Amsterdam. New York.

Nelson, D. R. and Richard. D. Johnson(1975): Some recent observations on acoustic attraction of Pacific reef sharks. Ibid. 229-239.

Parvulesca, A. (1967): The acoustic of small tank. Marine Bio-acoustics. 2, 7-8. Ed. N. Tavolga, Pergamon Press, New York.

Quentin, J. S. (1969): Underwater noise spectra of fish sounds and response to low frequency of cutthroat trout (*Salmo clarki*) with

- reference to orientation and homing in Yellowstone Lake. Trans. Amer. Fish. Soc. 98(4), 652-663.
- Salmon, M. (1967): Coastal distribution, display and sound production by Florida fiddler crabs (genus *Uca*). Animal Behavior, 15, 449-459.
- Sano, N. (1974): On the reflection of ultrasound from a living fish, Yamame. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 40(12), 1,203-1,211.
- Takemura, A. and K. Mizue (1963): Studies on the under water sound-I. On the under water sound of Japan. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ. 26, 37-48.
- Takemura, A. (1969): Studies on the underwater sound-2. On the diurnal variation of the "Tempra noise". *Ibid.* 28, 31-41.
- 武富一. 三次信補(1971):水中音に對する魚群の反應-I, 純音によるアツサバの反應. 東海區水研報 67, 99-104.
- Takita, T. (1974): Studies on the early life history of *Nibea albiflora* (Richardson) in Ariake Sound. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ. 3, 5-8.
- Tavolga, W. N. (1969): Acoustic communication in fish. Fish Physiology 1. Ed. W. S. Hoar and D. J. Randall. Academic Press, New York and London.
- Yamaguchi, T. (1971): Courtship behavior of a fiddler crab, *Uca lactea*. Kumamoto J. Sci. Biol. 10(1), 13-37.

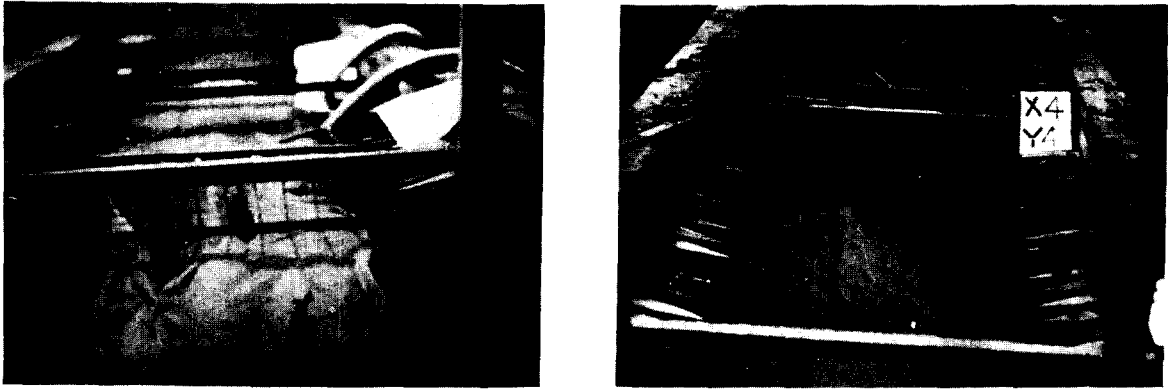


Photo.1. Pictures of fish passing through the screen in the anechoic aquarium.

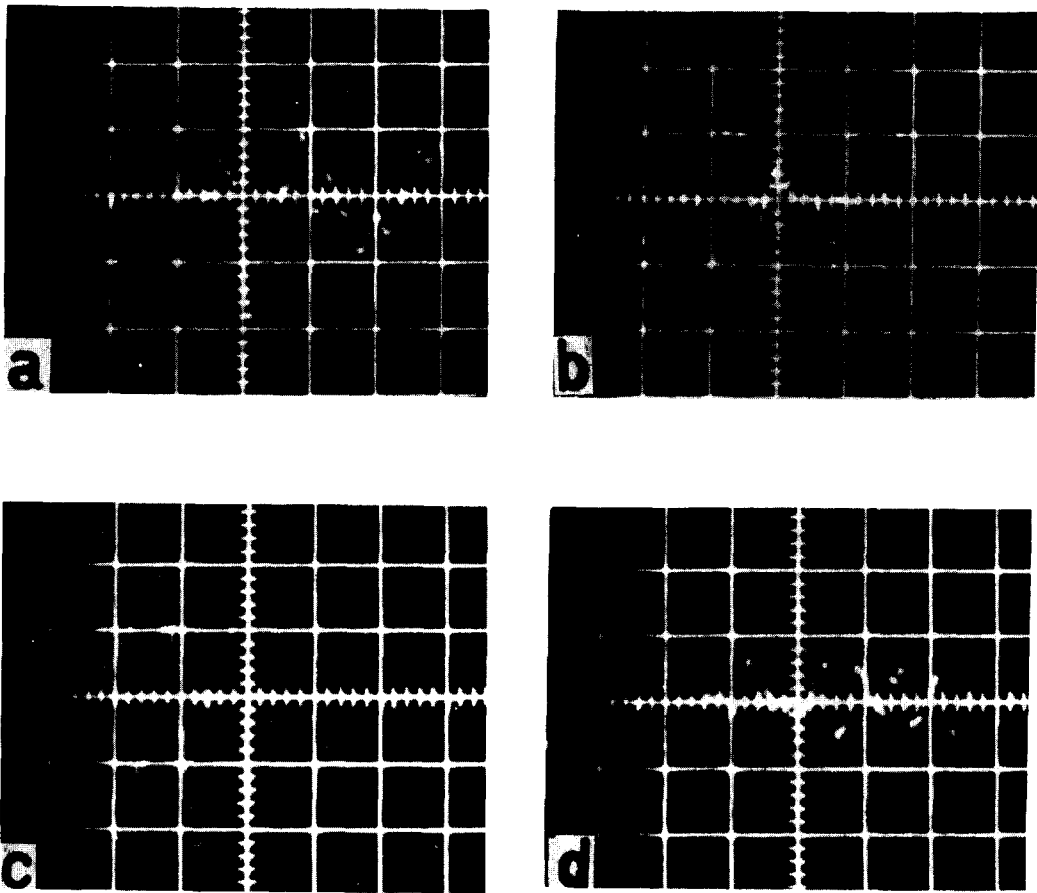


Photo.3. Wave form of croaking sound produced by crabs
a: *Portunus trituberculatus*. b: *Charybdis japonica*.
c: *Scylla serrata*. d: *Telmessus acutidens*.

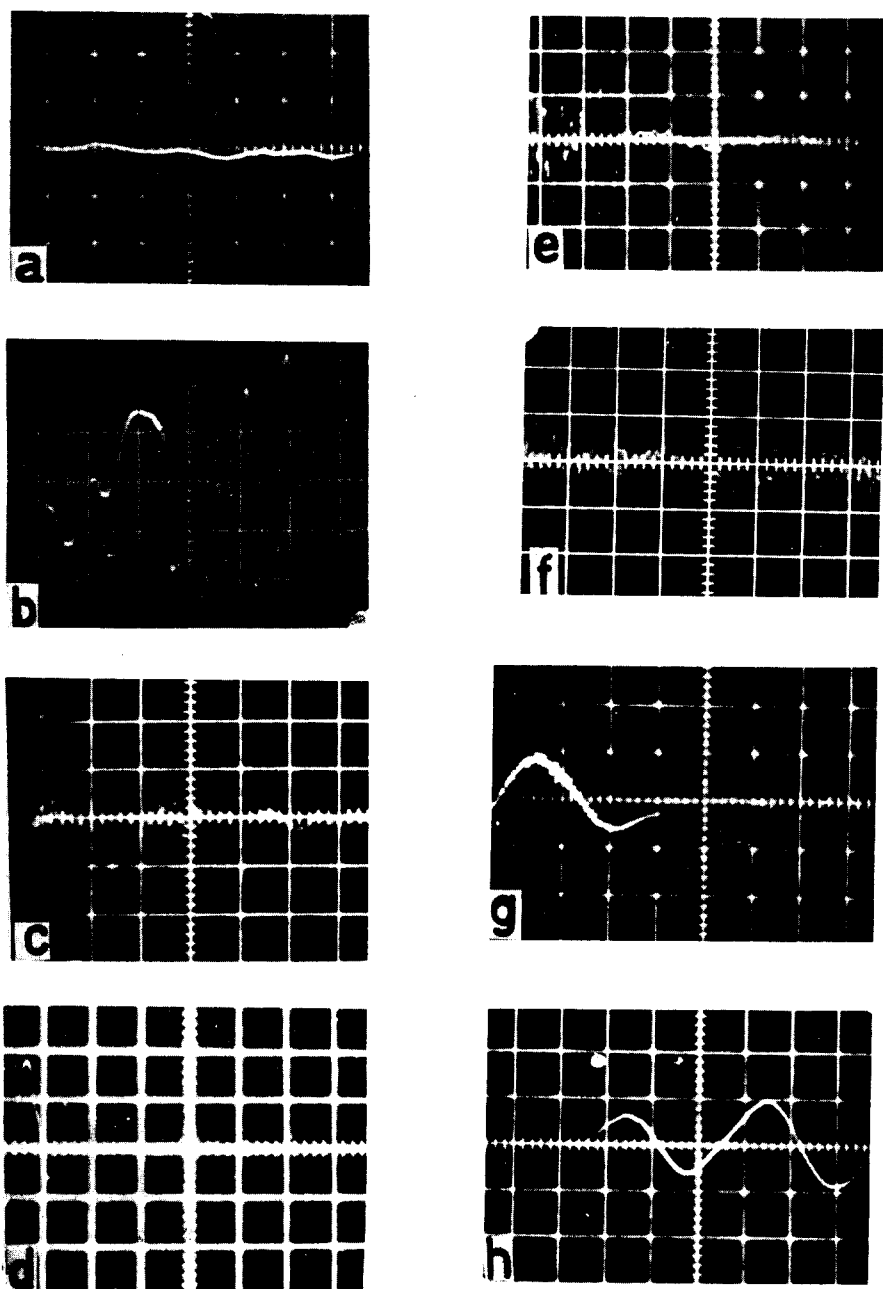


Photo. 2. Wave form of sound produced by fishes

- a: Background noise in the tape recorder.
- b: Croaking sound of *Nibea albiglora*.
- c: Feeding sound of *Nibea albiglora*, feeding on the short-necked clam.
- d: Feeding sound of *Seriola quinqueradiata*, feeding on the live anchovy.
- e: Feeding sound of *Seriola quinqueradiata*, feeding on the short-necked clam.
- f: Feeding sound of *Fugu xanthopterus* feeding on the short-necked clam.
- g: Feeding sound of *Navodon modestus*, feeding on the short-necked clam.
- h: Feeding sound of *Chrysophrys major* feeding on the short-necked clam.