

## 어류가 내는 소리에 관하여

조 암·장 지원

부산수산대학

## A Study on the Noises of Fishes

AM CHO, Jeewon CHANG

Pusan Fisheries College

For the development of acoustic fishing method, the noises of fishes have been recorded and analyzed by many scientists. Some specimens of fishes were selected as such *Cyprinus carpio*, *Ctenopharyngodon idellus*, *Carassius carassius*, and *pagrosomus major* in this experiment.

The noises such as feeding noise, driving away noise, jumping noise and fillip noise were recorded by the tape recorder, Sony Model 262, through the underwater microphone, Oki ST 6582, and analyzed in frequencies by octave band analyzer, Rion SA-55, and sound pressure level of source by sound level meter, Rion NA-opNN.

The supplied feed was placed within 5cm apart from the hydrophone.

The result of analyzed noises were as follow.

*Cyprinus carpio*;

Feeding noise	250— 500 cps,	92— 99 dB
Driving away noise	125—2,000 cps,	101—112 dB
Jumping noise	125—2,000 cps,	99—116.5 dB

*Ctenopharyngodon idellus*;

Driving away noise	125—1,000 cps,	96—109 dB
--------------------	----------------	-----------

*Carassius carassius*;

Feeding noise	250— 500 cps,	91.5— 99.5 dB
Driving away noise	125—1,000 cps,	99—108 dB

*Carassius auratus*

Feeding noise	250 cps,	94—101 dB
Driving away noise	125—1,000 cps,	98—110 dB

어류가 내는 소리에 관하여

*Pagrosomus major*

Feeding noise	250-500 cps,	90-101 dB
Fillip noise	500 cps,	98-108 dB

- (1) Feeding noise was produced as like as snap noise of twig and gulping down saliva noise in human and dominant frequency range of the noise is 250-500 cps and noise level 90-101 dB.
- (2) It was found that feeding noise were not a monotonic but a complex tones though fish took the same food.
- (3) Driving away noise was produced not so keen and the wave form of the noise is rising very sharp and big amplitude in the oscillograph. Dominant frequency range of this noise was about 150-1,000 cps and noise level 96-112 dB except that of carp.
- (4) The frequency of snapper's fillip noise, when it produced by caudal fin in swimming at the surface of water, was 500 cps and noise level 93-108 dB and that of jumping noise of carp about 150-2,000 cps and noise level 99-116.5 dB.

## 서 론

어류가 소리에 대단히 민감하다고 한다. 근래에 많은 과학자들은 어류가 그들 감각에 익은 소리 가운데 먹이 혹은 이성을 불러들이는 소리라든지, 천적 또는 인공적으로 내는 위협적인 소리로 음향을 이용하는 어법에 관하여 많은 관심을 모으고 있다. 그러나 이에 관한 깊은 연구는 흔하지 않다. 음향을 이용한 어법은 어류에 대하여 강제성이 없으며 어법화 한다는것은 아직 많은 어려운 점들이 가로 놓여 있다. 또 소리의 식별에 의해서 이와같은 연구는 어군탐색의 가능성을 엿보이고 있다. 이러한 연구는 일본의 Uno와 Konagaya(1960)에 의해서 송어와 넙치어의 유잉음, 뛰는음 등에 관한 보고가 있었으며 여기에서 고기가 급히 움직일때의 주파수는 400 cps이며 이에 따르는 파형을 관찰하였다. 미국의 Burner와 Moore(1962)는 인공 못을 이용하여 여러가지 수중음에 대한 고기의 반응을 관찰한 바 위협음에서는 초기에 반응을 나타내었으나 조금 지난후에는 별 반응을 보이지 않았다고 보고했다. 일본의 Hashimoto와 Maniwa(1964)의 음향에 의한 어류의 유집효과에 관한 실험에서 식이음으로 잉어의 유집에 성공했다고 하며, 또 1965년에는 합수어의 유잉음과 발성음을 녹음하여 그 소리의 주파수를 분석한 바 유잉음에서 오징어 어군은 150-300 cps 이며 발성음에서 들고래는 150-500 cps, 보구치는 650 cps 라고 보고하였다. Canada의 Richard(1968)는 복합음으로 도미니 상어를 유집할 수 있다는 보고가 있었으며, 미국의 Quentin(1969)은 송어가 저주파 음에 어떠한 반응을 일으키는가를 실험했으나 적극적인 반응을 얻지 못하였으며 음 자극에 대한 본능적인 반응은 443 Hz에서 일으켰다고 보고하였다.

본 논문은 담수어에 관한 연구를 함으로서 음향어업의 개발을 위한 기초자료를 얻고자 어류가 내는 소리 즉 유잉음, 도피음, 식이음, 수면으로 뿜 때의 소리 등을 수중 마이크로폰을 통하여 녹음하고 그 소리를 분석 조사하고 아울러 파형을 오실로스코프로 관찰한 것을 취급한 것이다.

## 재료 및 방법

시료로서는 잉어(*Cyprinus carpio*), 초어(*Ctenophryngodon idellus*), 붕어(*Carassius carassius*), 갈붕어(*Carassius auratus*), 등의 담수어와 합수어로서는 참돔(*Pagrosomus major*) 등을 사용 하였으며 이들의 사료로서 말분, 번데기, 밀가루 등을 혼합한 것과 생담치를 사용 하였으며 본 연구에 사용한 어류수와 이들의 체장, 연령 등은 Table 1과 같다.

Table 1. The fishes used for acoustic experiment.

Fishes	Numbers	Body length(cm)	Age	Food
Carp. <i>Cyprinus carpio</i>	70	15-25	1-2	mixed food
Grasscarp <i>Ctenophryngodon idellus</i>	5	25-30	1-2	〃
Crusian carp. <i>Carassius carassius</i>	120	10-20	1-2	〃
Gold fish. <i>Carassius auratus</i>	110	5-15	1-2	〃
Snapper. <i>Pagrosomus major</i>	5	10-13	—	raw sea musse

본 실험에 사용한 수조는 본학 증식학과 실내 담수 수조 (179cm×61cm×77cm)와 임해연구소 합수 수조(376cm×86cm×54cm)이며 예비 실험은 본학 양어장과 유리수조(92cm×60cm×48cm)를 이용하여 실험하였다.

시료들은 어들 수조 내에 실험하기 7일 내지 10일 전에 넣은 후 시료들을 순화시킨 후 실험을 행하였다. 도미는 30일 이상 사육하여서 수조에 순화된 것이었다.

소리의 녹음 및 이들의 분석에 사용한 기구들은 녹음기 Sony Model 262, 수중 마이크로폰 oki 6502, 카세트 녹음기 Sanyo Model Mk-422, RCA 5" 오실로스코프, 소음계서기 Rion NA-07A, 옥타브 대역 주파수 분석기 Rion SA-55 등이다.

수중 마이크로폰은 주파수가 5Hz-50KHz 범위에서 특성이 평탄한 것이었으며 전치 증폭기는 DC 12V의 것이다. 증폭기는 카세트 녹음기에 0.047 $\mu$ f의 축전기를 병렬로 부착시킨 출력 트랜스를 연결시킨 것으로 대신했으며 이를 통하여 녹음기에 녹음하였다. 옥타브 대역 주파수 분석기는 22.4 cps-22400 cps의 범위를 10 단계로 구분한 중심주파수가 31.5, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000, cps로 된 것이며 녹음 및 소리 분석을 위한 본 장치의 Block-diagram은 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다.

녹음은 주로 야간에 행하였으며 주간은 주위의 잡음 때문에 곤란하였다.

또한 양어장에서는 녹음이 가능하기는 하나 녹음된 소리에서 어종의 판별, 또는 어떤 행동인가를 확인하기 곤란한 결과 실험하고자 하는 고기의 순수한 음을 얻기가 어려운 점이 있었다. 시료를 수조에 옮긴 후 녹음을 하기 전에 충분한 시간 동안 고기의 여러가지 행동에 따라 어떠한 소리가 나는가를 감시용 확성기(monitor speaker)를 통해 확인한 후 소리가 잘 날 때 녹음하였다. 도피음 등을 녹음할 때는 백색천을 갑자기 가까이 대거나 밝은 전등빛을 비침으로서 고기가 자극되어 도피음이 나게했다.

소리의 분석

소리의 분석은 Fig. 2에 의하여 행하였으며

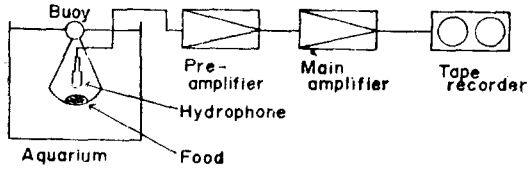


Fig. 1 Block diagram of underwater noise recording system.

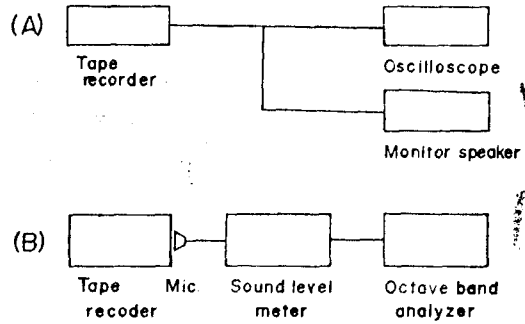


Fig. 2. Block diagram of sound analysis.

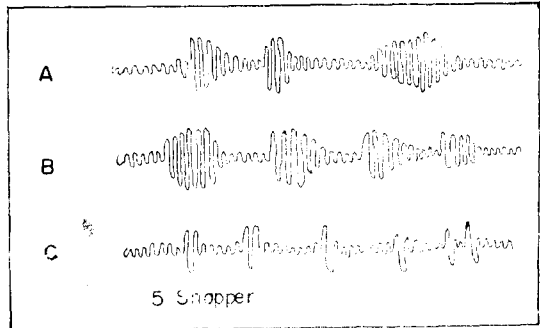
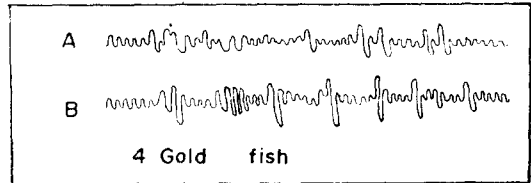
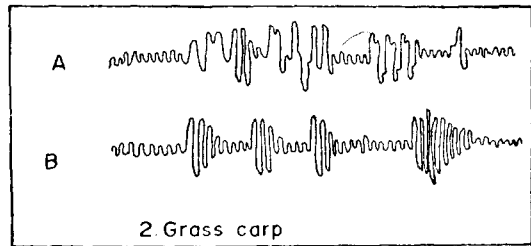
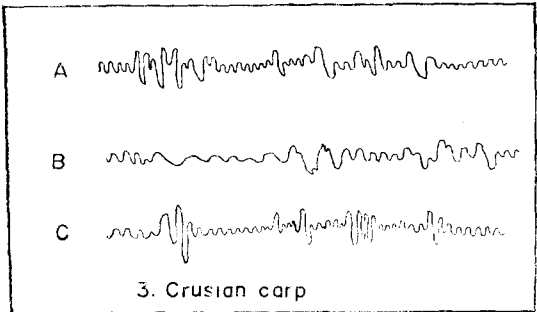
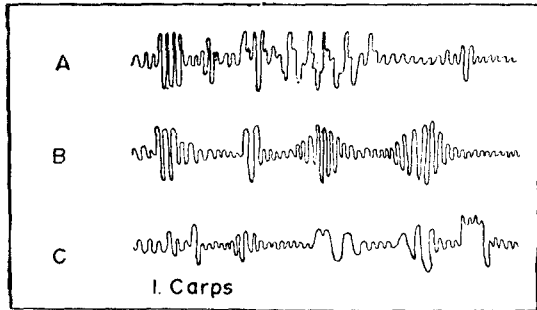


Fig. 3. Wave forms of noises produced by carps, grass carp, crusian carp, gold fish, snapper.

1. Carps
  - A. Jumping noise.
  - B. Driving away noise
  - C. Feeding noise
3. Crusian Carp.
  - A. Feeding noise(Like as snap noise of twig)
  - B. Feeding noise(Like as gulping down saliva through throat of human)
  - C. Driving away noise

2. Grass Carp.
  - A. B. Driving away noise.
4. Gold fish
  - A. Feeding noise
  - B. Driving away noise.
5. Snapper
  - A. Phillip noise produced by caudal fin at surface of water
  - B. Drivingaway noise
  - C. Feeding noise.

파형은 Fig. 2-(A) 와 같이 오실로 스코프에 나타난 오실로 그래프를 반복해서 관찰하고 눈에 익힌후 파형을 대략 스펙트럼 하였다.

Fig. 3에서 보이는 바와 같이 식이음은 진폭이 작으며 같은 먹이를 먹을때 일지라도 단순한 한가지 음색이 아닌 여러가지 음색을 가지고 있었으며 잔 나무 가지를 꺾는 소리와 혹은 사람의 목구멍으로 침을 삼키는 소리와 흡사한 소리등이 많았다. 도피음이나 쉴 때의 소리는 진폭이 크고 날카로운 파형이 생기며 “후룩“하는 조금 둔한 소리가 나왔다. 주파수 분석은 Fig. 2-(B)와 같이 행 하였으며 이때 녹음기의 음량 조절기는 녹음시의 음량과 같은 위치에 놓았고 소음지시기의 level과 옥타브 대역 주파수 분석기의 level을 일치시킨 후 각각의 소리가 가지는 주파수를 측정하였다. 소음지시기의 level은 C특성으로 하고 측정은 같은 소리를 각 중심주파수 마다 3번씩 행하였다. Fig. 4는 이들의 평균값을 취한 그림표이다.

Table 2 에서 보는 바와 같이 식이음은 대개 250-500 CPS. 도피음은 125-1000 CPS이며 잉어는 125-2000 CPS 정도였다. 수면으로 잉어가 뛰는 소리도 125-2000 CPS 범위이며 도미가 수면에서 유영중 꼬리로 물을 튕기는 소리는 500CPS 였다.

어류가 내는 소리의 level은 일반적으로 사용하는 식

$$\text{음원 level} = \text{측정된 level} - (\text{수중 마이크로폰 감도} + \text{전치 증폭기 이득} - \text{케이블 손실} + \text{녹음기 이득} - \text{전송 손실})$$

로 구하였으며 케이블 손실과 전송 손실은 미소 하므로 생략하였다.

**Table 2.** Frequencies of Noises Produced by Fishes.

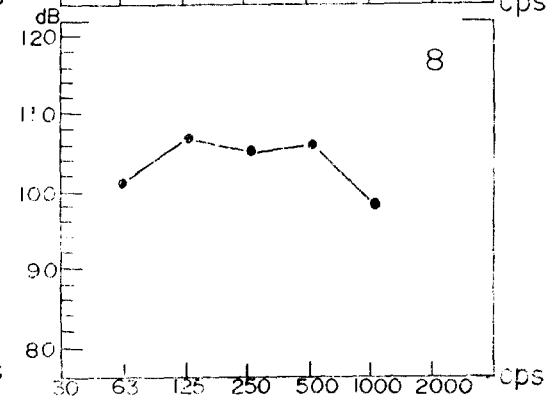
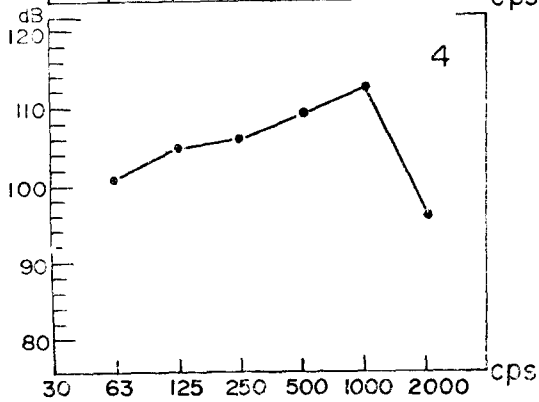
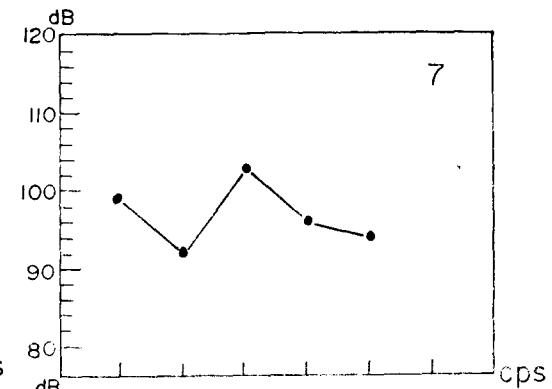
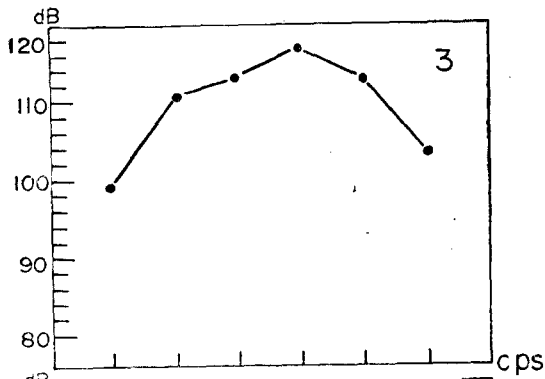
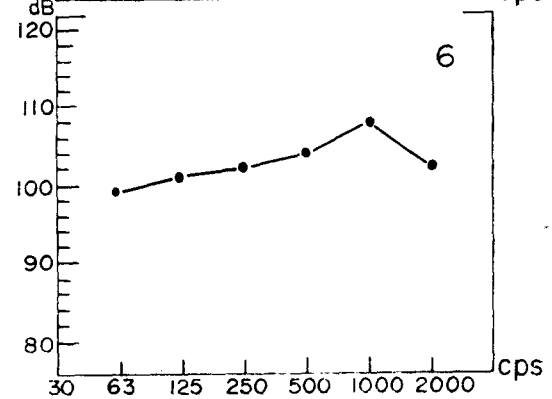
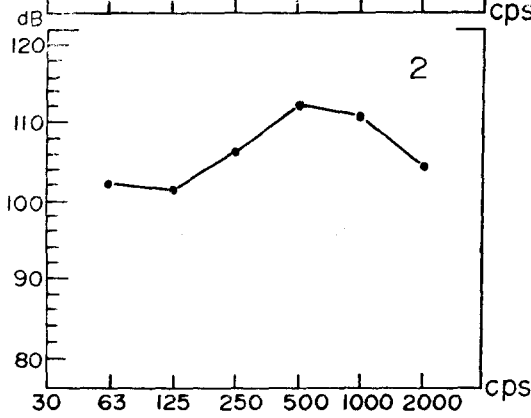
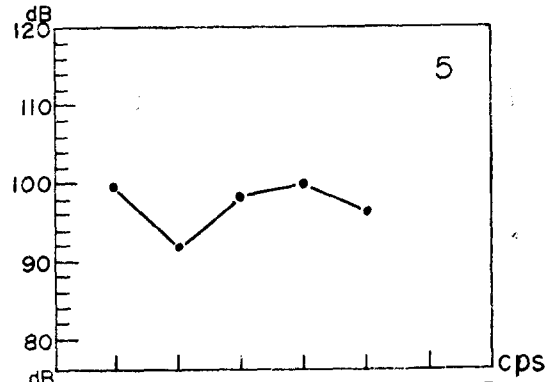
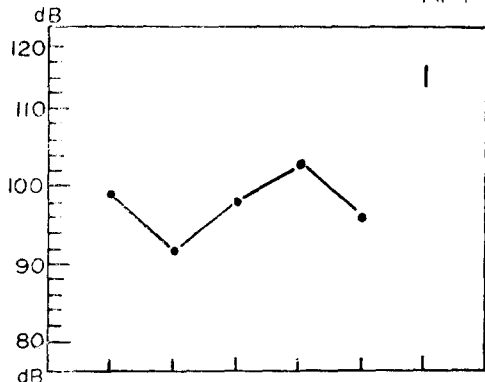
Fishes	Kinds of noises.			
	Feeding Noise	Driving Away Noise	Jumping Noise	Fillip Noise
Carp, <i>Cyprinus carpio</i>	250-500cps	125-2.000cps	125-2.000cps	
Grasscarp, <i>Ctenopharyngodon idellus</i>		125-1.000cps		
Crusian carp, <i>Carassius carassius</i>	250-500cps	125-1.000cps		
Gold fish, <i>Carassius auratus</i>	250cps	125-1.000cps		
Snapper, <i>Pagrosomus major</i>	250-500cps			500cps

이때 수중 마이크로폰과 먹이 사이가 5cm 되게 하였다. Table 3은 음원의 level 이다.

**Table 3.** Level of Noises Produced by Fishes

Fishes	Kinds of Noises		
	Feeding Noise	Driving Away Noise	Jumping Noise
Carp, <i>Cyprinus carpio</i>	92-99dB	101-112dB	99-116.5dB
Grasscarp, <i>Ctenopharyngodon idellus</i>		96-109dB	
Crusian carp, <i>Carassius carassius</i>	91.5-99.5dB	99-108dB	
Gold fish, <i>Carassius auratus</i>	94-101dB	98-110dB	
Snapper, <i>Pagrosomus major</i>	90-101dB		93-108dB

어류가 내는 소리에 관하여



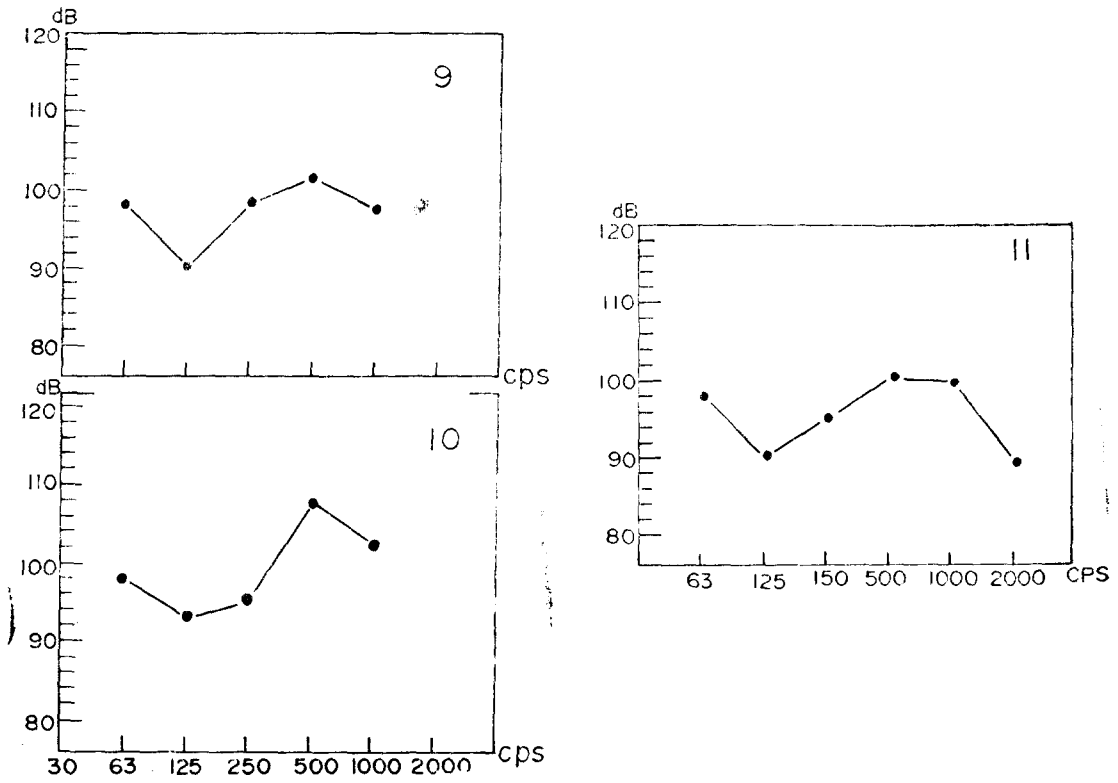


Fig. 4. Noise spectrums of the fishes, carrp, grass carp, crusian carp, gold fish and snapper respectively.

- |                                   |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Carp (feeding noise)           | 5. Crusian carp (feeding noise)     |
| 2. Carp(driving away noise)       | 6. Crusian carp(driving away noise) |
| 3. Carp (jumping noise)           | 7. Gold fish(feeding noise).        |
| 4. Grass carp(driving away noise) | 8. Gold.fish(driving away noise).   |
| 9. Snapper(feeding noise).        | 11. Electronic circuit noise        |
| 10. Snapper(fillip noise)         |                                     |

### 결과 및 고찰

조기가 내는 소리를 분석하여 본 결과는 Table 4와 같다. Uno(1960)의 보고에 의하면 송어가

어류가 내는 소리에 관하여

수면에서 유영중 물을 튀길때의 소리가 400 cps 인데 본 실험에서의 도미가 물 튀기는 소리는 500 cps인 점은 거의 비슷한 값이며 송어의 튀는 소리는 2000—3000 cps 였다고 하는데 본 실험에서 잉어의 튀는 소리는 약 2000 cps 였다. 도피음은 실험전에 날카로운 소리로만 들릴것으로 기대 했으나 둔한 소리가 나왔다. 이것은 공기 보다는 밀도가 큰 물속 이라는 점을 생각하면 수심이 간다. 실험중 전기 자극으로서 도피음을 얻고자 했으나 전기 방전소리 때문에 도피음과 방전소리의 혼합으로 자료로서는 쓸 수 없었다. 그리고 평상시의 유영음은 감지 할 수 없었다.

Hashimoto와 Maniwa는 500—7000 cps 사이의 소리를 사용해서 잉어의 유집과 고등어, 전갱이등 어류의 구집 실험을 했으나 본 실험 결과에 의하면 잉어, 초어, 붕어, 금붕어 등의 식이음이 500 cps 이하의 주파수 범위도 있었다는 점을 부기한다. 파형 관찰에 있어서는 uno(1960)에 의해서 관찰된 파형과 거의 일치된 파형이 본 실험에서도 나왔다. 오실로스코프 상의 파형을 촬영하지 못하였으므로 Fig 3(1)–(5)의 그림은 육안으로 스킷치 한 것이다. Akira(1968)는 Snapping Shrimp가 내는 Fried noise를 “Tempura noise”라 이름하고 음원의 level을 측정함과 약 65—85 dB 범위라고 보고 하였다. 이를 본 실험과 비교하여 보면 본 실험에서 얻은 음압 level은 90—116.5 dB 이었고 높은 level을 나타내고 있다. 그러나 고기가 듣는 감각과 같은 소리를 사람의 귀로서 듣는 것과는 상당한 차이가 있을 것으로 생각되며 또한 일반적으로 음압의 level을 음원으로 부터 1m 정도의 거리에서 측정된 것을 나타내고 있으나 본 실험에서는 5cm 정도의 가까운 거리 인 점을 생각할 때 거리에 의한 감쇄를 고려하면 본 실험에서 얻은 음압의 level은 비교적 높을 것으로 생각된다.

요 약

잉어, 초어, 붕어, 금붕어 등이 내는 소리를 식이음, 도피음, 튀는소리, 물 튀기는 소리 등으로 구분하여 녹음하고 분석한 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Frequencies and Level of Noises Produced by Fishes

Fishes	Frequency and Noise Level	Kinds of Noises			
		Feeding Noise	Driving Awaynoise	Jumping Noise	Phillip Noise
Carp, <i>Cyprinus carpio</i>	Frequency(cps) Noise Level(dB)	250—500 92—99	125—2,000 101—112	125—2000 99—116.5	
Grasscarp, <i>Ctenopheryngodon idellus</i>	Frequency(cps) Noise Level(dB)		125—1000 96—109		
Crusian Carp, <i>Carassius Carassius</i>	Frequency(cps) Noise Level(dB)	250—500 91.5—99.5	125—1000 00—108		
Gold fish, <i>Carassius auratus</i>	Frequency(cds) Noise Level(dB)	250 94—101	125—1000 98—110		
Snapper, <i>Pagrosomus major</i>	Frequency(cps) Noise Level(dB)	250—500 90—101			500 93—103

① 식이음에서 잔 나무 가지 꺾는 소리와 닮은, 또는 사람의 목구멍으로 침을 삼키는 소리들이 가장 많았으며 주파수는 대개 250—500 cps 였고 음원의 음압은 대개 90—101 dB 였다.

② 식이음은 단순한 같은 음색을 가진 소리 만이 아니였고 여러가지 소리가 나왔다.



③ 도피음은 “후륙”하는 조금 둔한 소리가 나왔으며 오실로그래프의 파형은 진폭이 크고 상승경도가 급한 것이었으며 주파수는 대개 150—1000 cps 이며 음원의 음압은 96—112 dB 였다. 잉어는 150—2000 cps 이며 음원의 음압은 101—112 dB 였다.

④ 잉어가 수면으로 뛰는 소리의 주파수는 150—2000 cps 였으며 음원의 음압은 99—116.5 dB 였다. 도미가 수면에서 유평중 꼬리로 물을 튀기는 소리는 500cps에 음압 93—108 dB 였다.

## 알 립

본 실험중 녹음기를 빌려주신 김인배 교수님과 황현호군, 주파수 분석기를 빌려주신 부산대학교 의과대학 김돈관 교수님, 소음 지시기를 빌려주신 동아대학교 공과대학 오영민 교수님, 수중 마이크로폰을 빌려주신 진홍원 당국, 많은 협조를 해주신 문화방송 박인구 기술국장님, 동아상준 기사님, 실험을 도와준 대학원 조 재윤군 어업과 박정욱군 원고 정리에 도와준 대학원 박명자양과 김원철 제위에게 깊은 감사를 드립니다.

## REFERENCES

- Akira, T., and K. Mizue. (1969) : Studies on the underwater sound-I. On the underwater sound of genus *Alpheus fabricius* in the coastal water of Japan. Bull. Faculty Fish. Nagasaki Univ. (26), 37-48.
- Akira, T. (1969) : Studies on the underwater sound-II. On the diurnal variation of the “Tampura noise” in the coastal water of Nagasaki prefecture. Bull. Faculty fish. Nagasaki Univ. (28), 31-41.
- Clifford, IB., and H. L. Moore. (1962) : Attempts guide small fish with underwater sound. U.S. (Dept. of the interior) Fish and wild-life service special Sci. Rep. (403), 1-30.
- Joseph, D. R. (1968) ; Fish attraction with pulsed low-frequency sound. Jour. Fish. Res. Board of Canada. 25 (7), 1441-1452,
- Keishi, S. (1966) : On the shipborne noise of purse seiners-I. Bull. Faculty fish. Nagasaki Univ. (21), 145-158.
- Michio, U., and T. Konagaya. (1960) : Studies on the swimming noise of the fish. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 26 (11), 1069-10773.
- Quentin, J. S. (1969) : Underwater noise spectra fish sounds and response to low frequencies of cutthroat, trout (*salmon clarki*) with reference to orientation and homing in yellowstone lake. Trans. of the Amer. Fish. Soc. 98 (4), 652-663.
- Shizuo, Y. (1964) : A study on the hearing of fishes in relation of the sounds of their environment-1. Sound analysis of sea noise. Bull. Japan Soc. Fish. 30 (37), 203-208.
- Tomiju, H., and Y. Maniwa. (1957) Frequeecy analysis of marine sounds. Modern Fishing Gear of the world (1), 410-412.
- Tomiju, H., and Y. Maniwa. (1963) : Research on the luring of fish shoals by utilizing underwater acoustical equipment-1. Tech. Rep. of fish. Boat 19(3), 2-12.
- (1966) : Research on the luring of fish shoals by utilizing underwater acoustical equipment-11. Tech. Rep. of fish. Boat 20 (3), 1-5.
- Yoshinobu, M., and S. Kojinia. (1966) : Studies on fishing<sup>2</sup> conditions of the dolphin, *Ceryphaena hippurus* in the western region of the sea of Japan-14. underwater sounds produced by “Tsukegi” and gathering of dolpins. Bull. Japan Soc. Fish. 32 (10), 862-866.