

# 가청 수중음에 대한 오징어 어군의 위집

서두옥 · 정공흔 · 김진건\* · 김삼곤\* · 김동수\*\*

제주대학교, 부산수산대학교\*, 여수수산대학교\*\*

(1995년 6월 2일 접수)

## The thronging of shoals of squid to audible underwater sound

Du - Ok Seo, Kong - Heun Jung, Jin - Kun Kim\*, Sam - Gon Kim\* and Dong - Soo Kim\*\*

Cheju National University, \*National Fisheries University of Pusan,

\*\*Yeosu National Fisheries University

(Received June 2, 1995)

### Abstract

An underwater speaker was designed and used as sound source for thronging shoal of squid in squid angling gear operation. The frequency characteristics of the designed speaker was analyzed experimentally and the thronging response of shoals of squid which may be a key parameter for a new sound catching method, was characterized in audible frequency. The field experiment was carried out in the coast of Cheju Island. The results of this study are summarized as follows ;

1. Amplitude response of the speaker shows a maximum in their the frequency of 500Hz
2. The output waveform distortion is not measured in the frequency range of 250~600Hz.
3. A underwater noise of shoals of squid which were thronged by fish lamp in night appeared the center frequency of 300~400Hz.
4. The shoals of squid shows a thronging response, when a manufactured underwater speaker transmits a intermittent audible sound of 300~400Hz in 10m depth of water.

### 서      론

수중 음향 기술은 어업에 있어서 어군의 탐지와 규모 산출, 유집 위력등에 이용되는 어획 목적, 치자어의 육성단계에서 수중 음향 학습에 의한 어류 양식의 목적 및 개체 추정, 개군 추정, 어군의 분포 밀도 추정, 어류의 일주 운동과 같은 생태 조사와 연구, 자원 조사 및 해양 관측 조사의 목적으로 응용되고 있다. 어류가 수중에서 발생하는 음은 위협음, 인식음, 신호음, 식이음 등이 있고, 그 주파수는 100Hz~2,000Hz 범위이나 주파수 300~500

Hz 범위에서 예민한 반응을 나타낸다고 보고되어 있다(田村, 1977 ; 徐, 1993).

수중 가청음에 대한 어류의 응답 해석에 관한 연구로서는 坂詰과 津島(1968)가 방어의 포식음 및 유영음에 대한 방어 어군의 유집반응, 間庭(1984)는 돌돔 등의 유영음, 竹村(1984)는 철포새우 등의 명음의 분석이 있다. 그리고 小長谷(1979, 1980)는 주파수 200~500Hz의 수중 저주파음으로써 어 어군의 도약 행동 반응 분석, 김과 윤(1982)은 농어 등의 식이음의 분석, 서 등(1989, 1992, 1994)은 200~300Hz의 단속 순음에 대한 고등어

어군의 위집 반응 분석, 水中확성기의 주파수 특성에 관한 연구, 幡谷 등(1989)은 주파수 200~300 Hz의 수중음에 대한 솜뿔이 및 넙치의 음향 순치에 관한 연구 등이 있다.

이 연구는 오징어 어군의 위집에 이용할 수 있는 수중 확성기를 제작하고, 공기중 및 육상 수조에 서 기초실험을 거쳐서 해상 실험을 하였다. 오징어 채낚이 어선에서 집어등으로 유집된 오징어 어군이 발생하는 수중음 녹음을 하여 주파수 분석을 하였고, 이 음 및 정현파 순음을 제작한 수중 확성기로 방성하였을 때의 오징어 어군의 위집 상태를 조사·분석하였다.

### 재료 및 방법

水中擴聲器는 육상擴聲器로 널리 이용하고 있는 직접방사 동전 가동 코일형擴聲器의 driver unit(전일전자 UR2000, 50W, 8Ω) 2개를 투명 아크릴판(두께 10mm)으로 직육면체(270×160×175mm)를 만들어 밀면 에 나란히 고정하고, 직육면체의 내부는 driver unit의 높이까지는 폴리에스테르 수지로, 나머지는 피마자 기름으로 채웠고, 윗판에는 구멍(160×70mm)를 내어서 고무 진동판(두께 2mm)으로 수밀 부착시켰다. 수중 확성기가 음파를 방성하는 경우 주파수의 변화를 조사하기 위하여 아크릴판 수조(2,500×1,080×1,050 mm)에서 공기중, 육상 수조 실험을 행하였다. 공기중 실험은 아크릴판 수조에 물을 제거한 후 수밀하지 않은 확성기, 소음계(RION NA-20), 신호발생기(B&K 1051), 증폭기(SAMJIN SA-1000 TC), oscilloscope(GOULD 1421) 등을 이용해서 측정 주파수 50Hz에서 2,000Hz까지 입 출력 파형을 측정하였다. 육상 수조 실험은 위 아크릴판 수조에 물을 채우고 윗면에는 스티로폼(두께 50 mm)로 막고, 水中擴聲器, 증폭기, charge amplifier(B&K 2635), hydrophone(B&K 8100), oscilloscope 등을 이용하여서 공기중 확성기 주파수 특성 실험과 같은 범위에서 실시하였다. 수중 확성기의 해상 실험은 제주항에 동북쪽 10해리 해상에 Beaufort 풍력 계급이 2이하, 파고 1m 이하일 때 오징어 채낚이 어선(11.0톤, 25마력, F.R.P선)을

이용하였으며, 길이 3,000mm인 대나무에 제작한 수중 확성기와 hydrophone을 수평 간격 2,000mm로 하고 대나무로부터 150mm 현수시켜 고정하여 육상 수조실험과 같은 방법으로 하였다. 그리고 고정된 송수신 장치를 선미 좌현에서 수심 30m에서 실시하였다. 선박의 소음을 알기 위하여 항해시, 어선의 기관실(ER), 조타실(BG), 침실(CA), 전갑판(FD), 후갑판(RD), 조리실(KI), 통로(CW), 연돌(FU), 조리장(TB)의 9개 선내 위치로 구분하여 각 위치의 중심의 밑면에서 1m높이의 위치에 소음계(RION NA-20)를 고정하여서 20초 동안의 가장 높은 음압으로 취하였고, 이것을 20회 반복 측정해서 이중 제일 높은 값을 해당 위치에서의 음압 준위로 하였다. 동시에 이 소음을 녹음기(TC-5M)로 녹음하였다. 오징어 어선의 수중 소음을 알기 위하여 오징어 어군이 집어되기 전에 발전기만을 가동시킨 채 수심 1m, 10m, 30m 층의 소음을 5분간 hydrophone, charge amplifier, 녹음기(TC-D5m)으로 녹음을 하였고, 앞에서 녹음한 어선의 소음과 수중 소음을 실험실에서 주파수 분석기(B&K 2033)와 기록계(B&K 2309)로 분석하였다. 또 집어등으로 유집된 오징어 어군의 수중음도 오징어 채낚이 어선의 수중 소음과 같은 방법으로 녹음·분석하였다. 수중음에 의한 오징어 어군의 위집 실험은 제작한 수중 확성기와 시판되는 증폭기(SA-1000 TC)로 수심 10m에서 주파수 300~400Hz의 정현파 순음과 위에서 녹음 분석한 오징어 어군의 수중음을 3분간 방성, 1분간 정지하는 단속음으로 방성할 때의 오징어 어군의 위집 상태로 조사·분석하였다. 어군의 위집 상태의 확인은 오징어 채낚이 어구와 어군 탐지기(HF 620, 50KHz)로 하였다.

### 결과 및 고찰

공기중에서 수밀하지 않은 제작한 확성기와 소음계로 수신한 음의 주파수 파형을 측정할 결과는 Fig. 1과 같다. 여기서 확성기에 입력하여 방성한 음의 파형을 입력(IN), 소음계로 수신한 음의 파형을 출력(OUT)으로 하였으며, 측정시 잡음은 30dB 이었고 입력 신호의 전압을 10V로 맞추었고 그 때

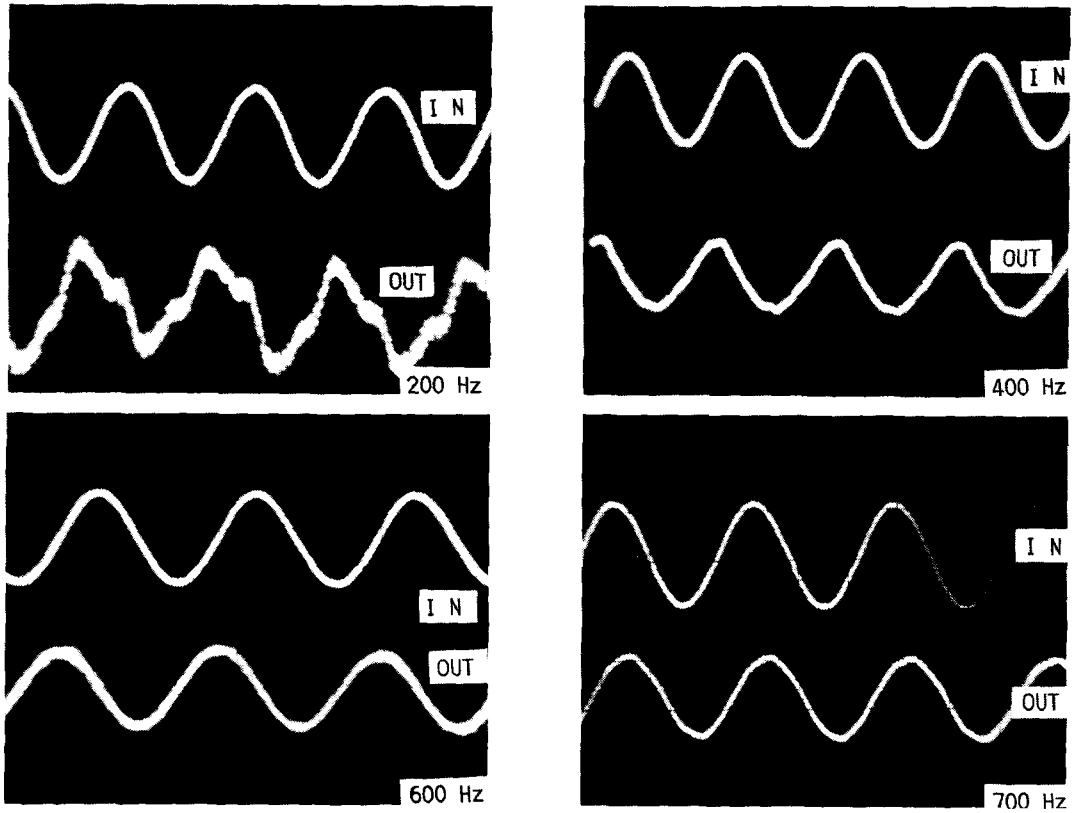


Fig. 1. The waveform of pure sound that the frequency of manufactured speaker was 200Hz, 400Hz, 600Hz and 700Hz in air.

IN : input of manufactured speaker OUT : output of sound level meter.

전류와 전압은 각각 1.3~1.7A, 8~12V 이었다. Fig. 1에서 각 측정 주파수 300Hz까지의 입력 파형에 대한 출력 파형은 전체적으로 왜곡되고 있으나 400Hz부터는 전체적으로 입력 파형과 출력 파형은 일치하고 있었다. 측정 주파수에 따른 음압 측정 결과 61~105dB(re 201 $\mu$ Pa)였으며 500Hz에서 가장 높은 음압을 보였고 300Hz와 400Hz에서는 78~93dB로 나타났다.

육상수조에서 수밀한 수중 확성기와 hydrophone으로 송수신한 주파수의 파형 측정 결과는 Fig. 2와 같고 입력 신호의 전압 10V로 하였을 때 전류와 전압은 1.3~1.7A, 9~11V로 나타났다. 측정주파수 50Hz와 100Hz의 입력 파형에 대한 출력 파형에서 조금 왜곡이 나타나고 있었지만 그 외 측정 주파수의 전 주파수대에서 입력 파형과 출력 파형은 동일하였으며 잡음으로 인한 왜곡은 보이지 않았다.

수밀 제작한 수중 확성기로 수심 30m인 해상에서 정현파 순음은 송수신한 측정 주파수의 입력 파형과 출력 파형을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 측정주파수 50Hz와 100Hz에 다소의 왜곡은 있었지만 그 외 측정 주파수의 전 주파수에서 입력 파형과 출력 파형은 동일하였으며, 주위 잡음으로 인한 파형에 왜곡은 나타나지 않았다. 수중 확성기의 주파수 특성에 관한 공기중, 육상수조, 해중의 실험 결과를 비교 검토하였는데 각 측정 주파수의 입력 주파수와 출력 주파수는 같았으며, 특히 어류의 유집에 널리 응용하고 있는 가청 저주파 수중음인 300Hz~500Hz에서는 각 실험에 대하여 입력 파형과 출력 파형이 거의 일치 되었다. 따라서 직접 동사 가동 코일형 확성기의 driver unit를 수밀시켜 제작한 수중 확성기는 주파수 400Hz 범위의 수중 저주파 음을 방성할 수 있을 것으로 생각된다.

오징어 채낚이 어선이 항해중 선내 위치별 음압

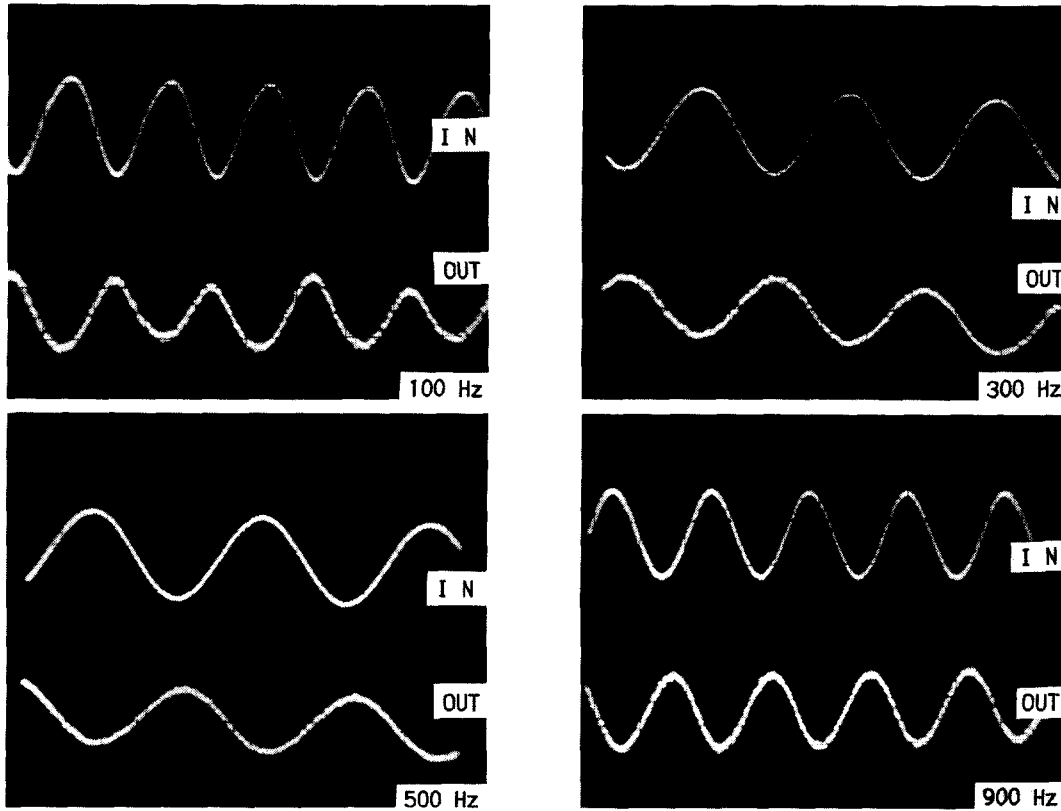


Fig. 2. The wave form of pure sound that the frequency of underwater speaker was 100Hz, 300Hz, 500Hz and 900Hz in water tank.

IN : input of underwater speaker OUT : output of hydrophone

준위를 측정된 결과는 Fig. 4와 같으며, 기관실의 음압 준위는 112dB로 최고이고, 침실의 것은 90 dB로 최저이었다. 기관실과 침실의 침실의 소음을 주파수 분석한 것은 Fig. 5와 같다. 기관실에서 주파수에 따른 음압 준위와 일본 산업 위생협회의 소음 허용 기준치와를 비교하면 60분 이내의 작업 허용 시간의 작용을 받고 있었다.

오징어 채낚이 어선의 집어등용 발전기만을 가동시킨 상태에서 집어중에 있어서의 수심별 수중 소음의 음압 준위는 Fig. 6과 같으며 주파수 50Hz, 200Hz, 500Hz, 1000Hz에서 발생한 음압 준위는 수심 1m에서 각각 88.8dB, 72.0dB, 64.0dB, 58.0 dB, 수심 10m에서 각각 72.9dB, 60.6dB, 50.0dB, 44.2dB, 수심 30m에서 각각 70.6dB, 58.0dB, 49.2dB, 43.3dB이었다. 수심이 깊어짐에따라 음압 준위가 낮아지는 것이 일반적인 경향이므로 수심 30m에서 오징어 채낚이 어선의 수중 소음이

200Hz에서 58.0dB이므로 수중 확성기의 음압이 이것보다 높아야 될 것이다.

제주도 함덕리 앞바다에 야간에 선내 주기관과 발전기를 정지하고 수심 3m 층에 제작한 수중 스피커를 설치하고 주파수 300Hz 및 400Hz의 정현 파 순음을 3분간은 방성, 1분간은 정지하는 단속 음을 연속적으로 방성하였을 때 오징어 어군이 유집되는 어군 탐지기의 기록 영상은 Fig. 7과 같다. Fig. 7에 나타난 것과 같이 농밀한 어군이 일정하게 유집되는 것은 아니고 시간에 따라서 어군이 분산되었다가 다시 유집되는 현상을 보이고 있다. 또 주간에서 앞과 같은 방법으로 하였을 때의 오징어 어군이 유집되는 것은 어군탐지기의 기록영상은 Fig. 8과 같다. 그리고 주파수 300Hz와 400Hz에 따른 오징어 어군의 유집되는 현상에는 큰 변화가 없었다. 이것은 오징어 어군의 주파수에 따른 변화가 예민하지 않다는 것을 입증하여 주고 있다. 어

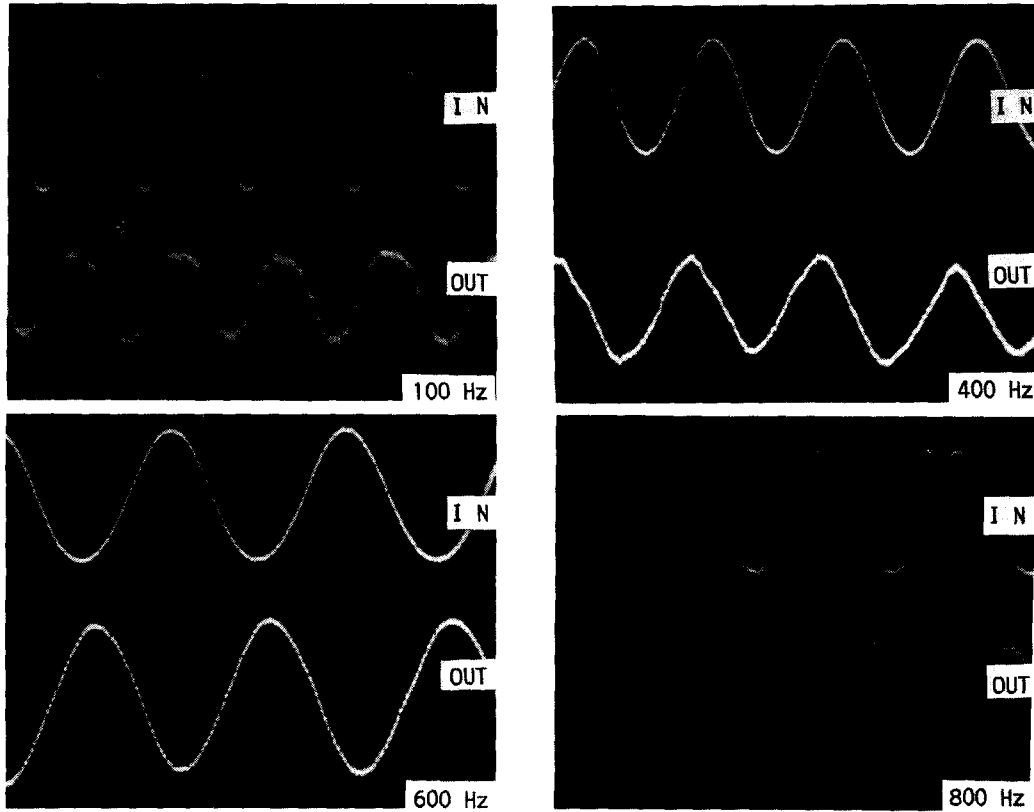


Fig. 3. The wave form of pure sound that the frequency of underwater speaker was 100Hz and 600Hz at 30m in the depth of water.

IN : input of underwater speaker OUT : output of hydrophone

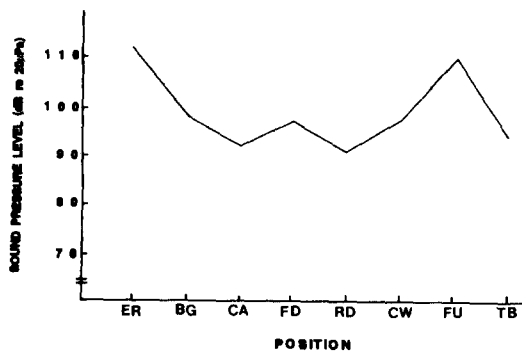


Fig. 4. Inboard noise level of the check - points in the observed fishing boats.

선의 기관수중소음에 대한 어류의 반응(Maniwa, 1976), 주파수 250 Hz의 단속음에 대한 고등어 어군의 유집 반응(徐, 1989)에서 알 수가 있었다.

집어된 오징어 어군의 수중음의 spectrum은 Fig. 9와 같이 그 중심 주파수 300~400Hz이었다.

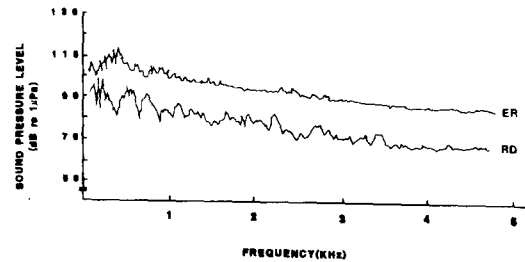


Fig. 5. Noise spectra in engine room and companion way of the observed fishing boats.

## 요 약

제주도 연안에서 조업하는 오징어 채낚이 어업에서 수중 음향집어법을 개발하기 위하여 제작한 수중확성기의 주파수 특성실험을 행하고, 또한 이 확성기로 수중 가청음을 수중에서 방성하였을 때 오징어 어군의 유집 반응을 조사·분석한 결과를

가청 수중음에 대한 오징어 어군의 위치

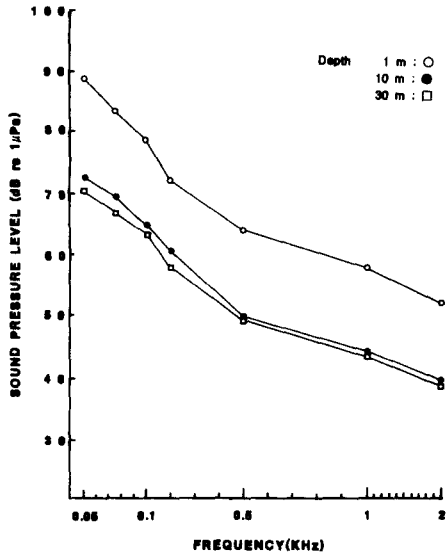


Fig. 6. Variation of underwater ambient noise level after gathering fishes on operating only generator(185HP) of the boat.

요약하면 다음과 같다.

1. 제작한 수중 확성기의 측정 주파수는 500Hz 측정에서 높은 음압을 나타내었다.

2. 제작한 수중 확성기의 육상 수조 및 해중 실험에서 측정 주파수 250~600Hz의 입력 파형과 출력 파형은 거의 일치하였다.

3. 야간에 집어등으로 유집된 오징어 어군의 수중 소음의 중심 주파수는 300~400Hz 정도이었다.

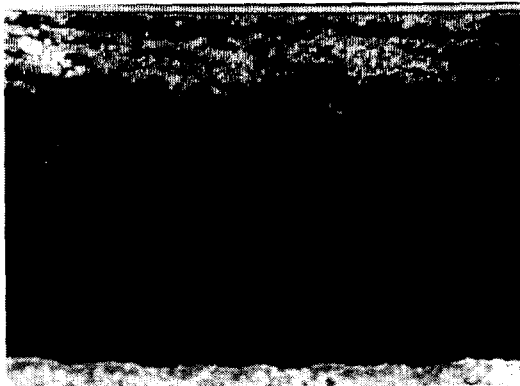
4. 제작한 수중 확성기로 주파수 300Hz와 400 Hz의 수중 가청 단속음을 수심 10m에서 방성하였을 때 오징어 어군은 유집 반응을 보였다.



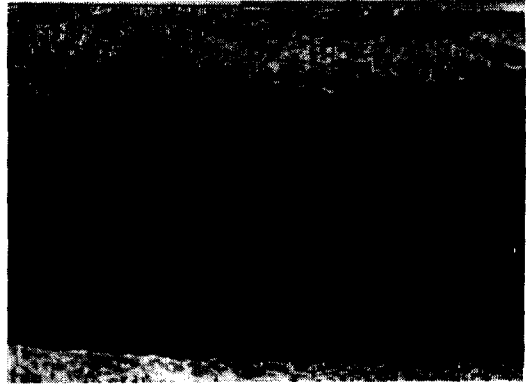
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 7. Echogram showing the movement of fish school in accordance with underwater sound emitted by an underwater speaker at night.

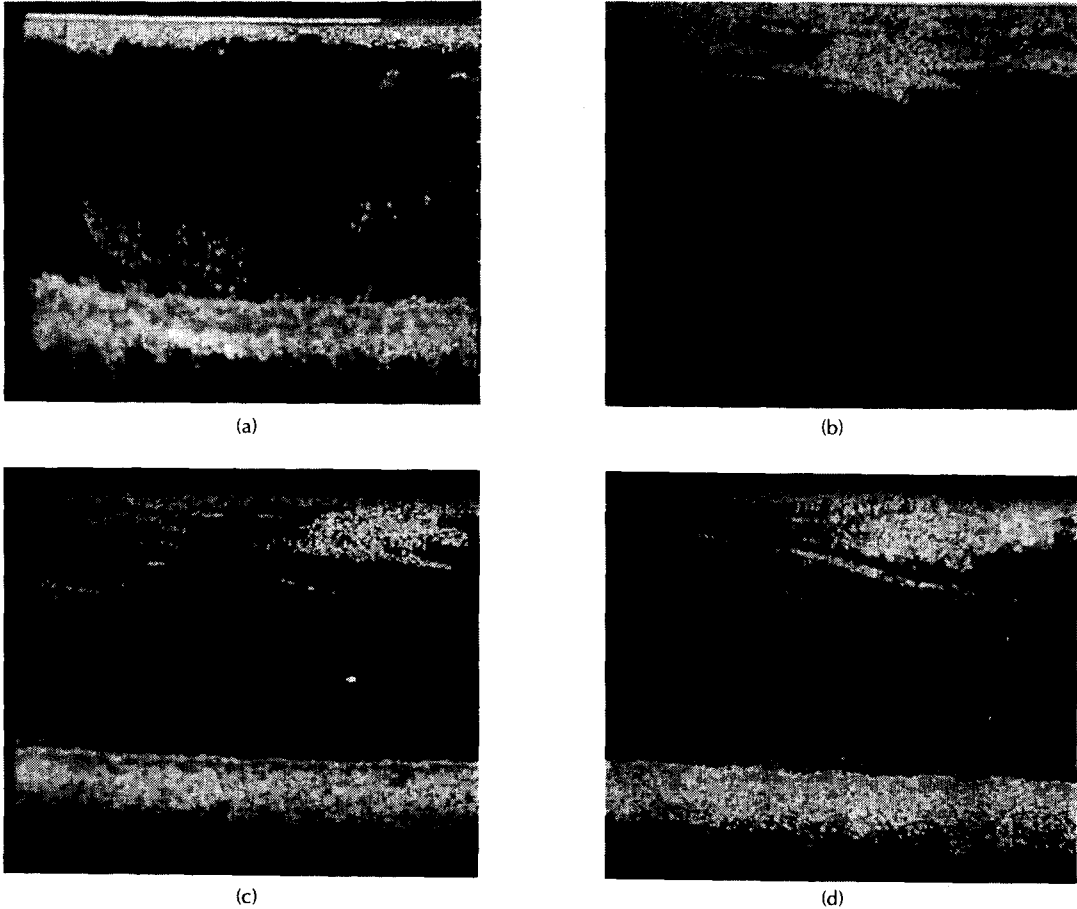


Fig. 8. Echogram showing the movement of fish school in accordance with underwater sound emitted by an underwater speaker at daytime.

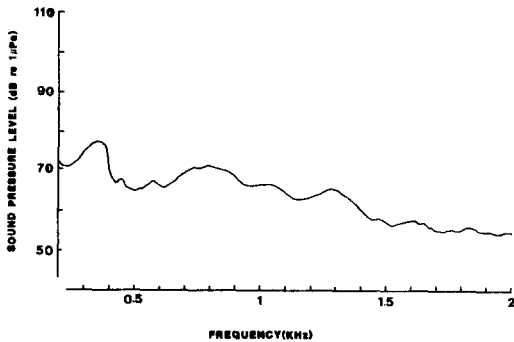


Fig. 9. The spectrum of underwater sound emitted the shoal of squid.

### 참고문헌

幡谷 雅之 · 大西 慶一 · 大須賀穂作(1989) : 카사고 오

びヒラメ의音響順致について. 静岡水産試験場研究報告 24, 31~35.

小長谷庸夫(1979) : 低周波振動音に対する魚類反應. 日本水産學會誌, 46(2), 125~128.

小長谷庸夫(1980) : アユ의音響に対するびはね反應. Ibid., 46(1), 31~34.

間庭愛信(1984) : 海中生物의鳴音의例と水中音に対する反應의實驗と實用例. 海洋科學, 16(5), 285 - 290.

Maniwa, Y. and Y. Hatakeyama(1976) : Research on the luring and driving a way of schools by utilizing underwater acoustical equipment(5). Tech. Rep. Fishing Boat, 29, 147~162.

坂詰 博 · 津島三郎(1968) : 飼付漁場におけるブリ群의浮上誘致について. 和歌山縣水産試験場調査研究報告, 19, 2~13.

서두옥, 양용수, 정공혼(1992) : 소형 어선의 수중 소음

가청 수중음에 대한 오징어 어군의 위치

- 에 관한 연구. 어업기술, 28(4). 412~417.
- 서두옥(1993) : 수중음향을 이용한 어업계측기. 韓國 音響學會誌, 11(5). 78~81.
- 서두옥, 이창현, 김병엽(1994) : 가동코일형 Driver unit 를 이용한 수중 확성기의 주파수 특성, 어업기술, 30(1). 25~31.
- 徐斗玉, 淺野謙治, 小長谷庸夫(1989) : 水中音에 대한 高등어 魚群의 反應. 漁業技術, 25(1). 12~17.
- 竹村 陽(1984) : 水族의 發生音. 海洋科學, 16(5). 290~296.
- 田村 保編(1977) : 魚類生理學 概論. 恒星社 厚生閣, 東京. pp. 259~261.