

可動 코일형 Driver Unit를 이용한 水中擴聲器의 周波數 特性*

李昌憲 · 徐斗玉 · 金秉燁*

제주대학교 해양과학대학 어업학과

* 제주대학교 대학원

(1993년 11월 8일 접수)

A Frequency Characteristics of the Underwater Speaker using moving Coil Type Driver Unit

Chang - Hun LEE, Du - Ok SEO and Byong - Youb KIM

Dept. of Fisheries, College of Ocean Sciences, Cheju National University

Graduate School, Cheju National University

(Received November 8, 1993)

An underwater speaker was made of a moving coil driver unit of usual speaker, acryl-boards, polyester resin, rubber and castor oil, and it's frequency characteristics was measured in the range of 250~600Hz in air, water tank and sea.

The results of measurements are follows :

1. Transmitting and receiving frequency of measurement frequency were similar in air, water tank and sea.
2. The input and output wave forms of a manufactured speaker which is not water-proof in air were similar to each other in 300~450Hz, but other frequencies showed distorted wave foms.
3. The input and output wave forms of an underwater speaker in water tank and sea were similar to each other in 250~600Hz. But output wave forms showed combination waves with very low frequency.
4. Transmitting and receiving frequency, wave forms and resisting pressure of an underwater speaker at 80m in the depth of water were in good condition. Therefore it can be possible to use it as an underwater speaker.

* 이 논문은 1992년도 교육부 지원 한국학술진흥 재단의 자유공모(지방대학 육성)과제 학술 연구 조성비에 의하여 연구되었음.

序 論

수중 음향은 해양에서 음향 측심기, 어군 탐지기, 수중 항법 장치, 원격 어망 감시기 등 수·해양 계측 기기에 이용되고 있을 뿐만 아니라, 해저 지하 자원의 탐사 및 어군의 유집에 있어서 그 활용의 중요성이 점차 커지고 있다. 그리고 水中에 있어서 수중 저주파음은 어군의 위력, 유집 등의 어획 목적과 음향 집어를 통한 어업의 생력화, 치자어의 육성 단계에서 수중 저주파음을 이용한 학습으로 어류를 일정해역에 정착, 서식하도록 하는 음향 제어 축양 어업이 이루어 지고 있다(山野, 1979; 서, 1993).

어류의 청각에 관한 연구로서는 가청 범위가 16~13,000Hz이나, 돌류는 주파수 200~600Hz, 정어리류 100~1,200Hz, 대구류 150~200Hz, 붕어류 300~400Hz, 아귀류 200~300Hz, 까치복류 400~500Hz, 꽃게류는 250~500Hz 범위에서 특히 예민한 반응을 나타낸다고 보고되어 있다(田村, 1977; 김, 1981). 수중 저주파음에 대한 어류의 응답 해석에 관한 연구로서, 坂詰과 津島(1968), 間庭(1984), 竹村(1984), 小長谷(1979, 1980), 김과 윤(1982), 徐등(1989), 幡谷 등(1989)의 연구가 있다.

이 연구는 어군의 유집, 위력에 이용할 수중 저주파음을 방성할 수 있는 공기중 擴聲器의 가동 코일형 driver unit로서 水中 擴聲器를 제작하고, 공기중 및 육상 수조에서 기초 실험을 거쳐 이를 활용하기 위한 해중 실험을 실시하여 주파수 특성에 관한 분석을 행하였다.

材料 및 方法

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, 8 Ω)를 이용하였으며, 이것의 내부를 피마자 기름으로 채우고 외부는 고무판과 낫쇠 나트로 되어 수밀시켜서 투명 아크릴판(두께 10mm)으로 직육면체(275×

165×145mm)를 만들었고, 이 속에 driver unit 4개를 윗면과 밑면을 제외한 4개의 면에 부착하고, 각각의 외부는 폴리에스테르수지로 수밀시켜 水中 擴聲器를 제작하였다.

水中 擴聲器가 음파를 방성하는 경우 주파수의 변화를 조사하기 위하여 공기중, 육상 수조, 해중 실험을 행하였다. 공기중 실험은 수밀하지 않은 한개의 driver unit 및 4개의 driver unit를 조립한 것의 주파수 특성을 알기 위하여 driver unit와 소음계(RION NA-20) 및 마이크로폰(AT 834 II)를 수평 간격 1,000mm로 설치하였다. 측정 주파수 250~600Hz까지 50Hz 간격으로 신호 발생기(B&K 1051)에서 정현파 순음을 발생시켜서 증폭기(SAMJIN SA-1000TC)로 증폭하여 driver unit로 방성시켰다. 방성된 음을 소음계(A 보정) 또는 마이크로 폰으로 수신하여 음압을 측정하고, 주파수계(TRIO FC-756)로 주파수를, oscilloscope(gould 1421)로 입·출력 파형을 측정하였다.

육상 수조 실험은 아크릴판 수조(2,500×1,080×1,050mm)의 수면하 400mm 층에 水中 擴聲器와 hydrophone의 수평 간격을 1,000mm로 설치 하였다. 수중 확성기의 입력음은 공기중 실험과 같은 방법으로 하였다. 이때 방성된 水中 음을 hydrophone(B&K 8100)으로 수신하여 charge amplifier(B&K 2635)와 measuring amplifier(B&K 2636)로 증폭시키고, 이것을 주파수계로 주파수를, oscilloscope로 파형을 측정하였고, 측정 주파수는 250~600Hz 범위에서 50Hz마다 실시하였다.

해중 실험을 실시한 장소는 제주 연안의 33° 34' N, 126° 29' E인 수심 100m 해역에서 제주대학교 실습선 한라호(총톤수 159.71톤, 주기관 800HP)를 이용하여서 길이 3,000mm인 대나무에 제작한 水中 擴聲器와 hydrophone을 수평 간격 2,000mm로 하고, 대나무로부터 150mm 현수시키고 고정하여 앞에서의 육상 수조 실험과 같은 방법으로 실험을 하였다. 그리고 고정된 송수신 장치를 선미 좌현에서 수심 10m, 30m, 50m, 80m의 각

층에 내려 측정 주파수 250~600Hz의 범위에서 50Hz마다 입력과 출력의 파형을 측정 하였다.

結果 및 考察

공기중에서 수밀하지 않은 한개의 driver unit와 소음계로 송수신한 음의 주파수 파형을 측정 한 결과는 Fig. 1과 같다. 여기서 driver unit에 입력하여 방성한 음의 파형을 입력(IN), 소음계로 수신한 음의 파형을 출력(OUT)으로 하였으며, 그 때 측정 한 전류는 0.8A로 일정하게 맞추고 전압은 3.5~9.0V 범위였다. Fig. 1에서 각 측정

주파수에서의 입력 주파수와 출력 주파수는 같았다. 그리고 300Hz, 400Hz에서는 입력 파형과 출력 파형이 일치했다. 파형을 그림으로 표시하지는 않았으나 그외의 측정 주파수에서는 출력 파형에 부분적인 왜곡이 있었다. 이 때 측정 주파수에 따른 음압의 측정 결과 Fig. 2와 같았고 음압은 72~102dB(re 20μpa) 범위였다.

공기중에서 수밀하지 않은 擴聲器와 소음계 및 마이크로 폰으로 송수신한 주파수의 파형을 측정 한 결과는 Fig. 3, 4와 같다. 그때 측정 한 전류는 0.8A로 일정하게 맞추고 전압은 5.0~5.5V 범위였다. Fig. 3, 4에서 측정 주파수에서의 입력 주

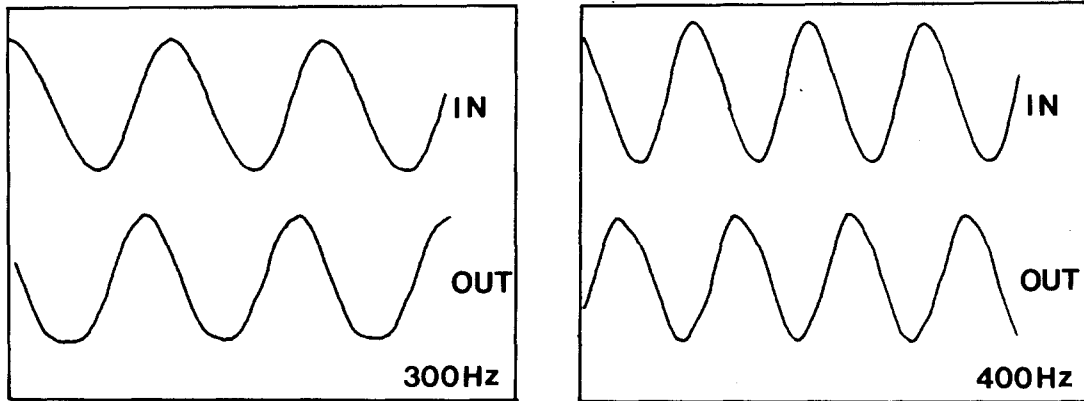


Fig. 1. The wave form of pure sound that the frequency of driver unit was 300Hz and 400Hz in air.
IN : Input wave form in driver unit OUT : receiving wave form with sound level meter.

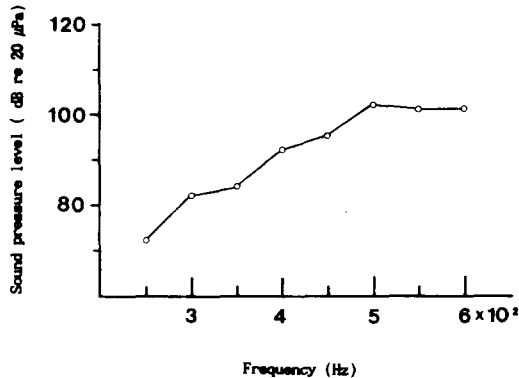


Fig. 2. Relationship between sound pressure level and input frequency of driver unit in air condition.

파수와 출력 주파수는 같았다. 그리고 Fig. 3에서 측정 주파수 300Hz, 400Hz에서는 입력 파형과 출력 파형이 일치하였고, 파형을 그림으로 표시하지는 않았으나, 그외 측정 주파수에서는 부분적으로 파형의 왜곡이 있었다. 그리고 Fig. 4에서 400Hz와 450Hz에서는 입력 파형과 출력 파형이 일치하였고, 그 외의 측정 주파수에서는 부분적으로 파형의 왜곡이 보였다. 이 때 측정 주파수에 따른 음압의 측정 결과는 Fig. 5와 같았고, 음압은 56~88dB(re 20μpa) 범위였다.

Driver unit에 피마자 기름, 고무를 넣고 늦쇠 낫트로 수밀시킨 水中 擴聲器와 hydrophone으로

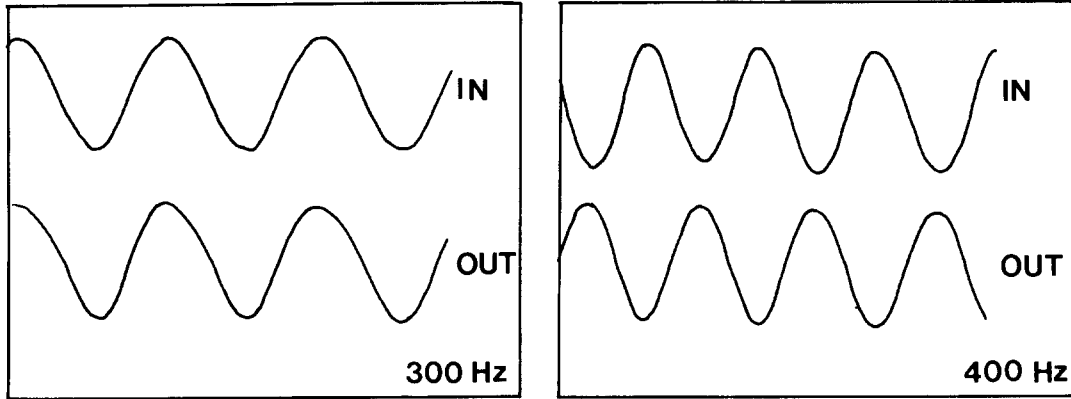


Fig. 3. The wave form of pure sound that the frequency of manufactured speaker was 300Hz and 400Hz in air.

IN : input wave form in underwater speaker OUT : receiving wave form with microphone

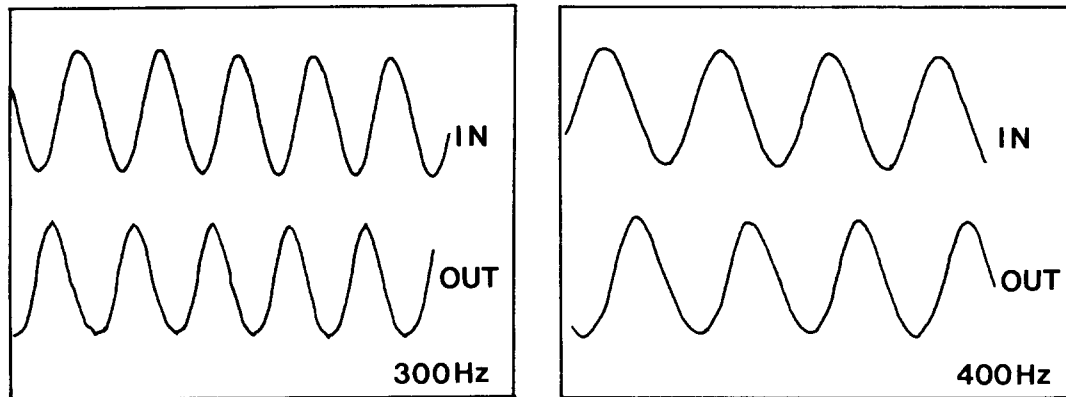


Fig. 4. The wave form of pure sound that the frequency of manufactured speaker was 300Hz and 400Hz in air.

IN : input wave form in underwater speaker OUT : receiving wave form with shound level meter

육상 수조 중에서 저주파 음을 송수신한 측정 주파수의 파형을 측정된 결과는 Fig. 6과 같다. 그때 측정된 전류와 전압은 각각 2A, 14V로 일정하게 하였다. 이 때 육상 수조 실험에서 측정 주파수에서의 입력 주파수와 출력 주파수는 같았다. Fig. 6에서 측정 주파수 250~600Hz까지 측정된 전 주파

수대에서 입력 파형과 출력 파형은 동일하였으며 잡음으로 인한 왜곡은 보이지 않았다.

수밀 제작한 水中 擴聲器와 hydrophone으로 해중에서 저주파 음을 송수신한 측정 주파수의 입력 파형과 출력 파형을 측정된 결과는 Fig. 7, 8과 같다. 수심 10m와 30m 층에서는 어선의 보

可動 코일형 Driver Unit를 이용한 水中擴聲器의 周波數 特性

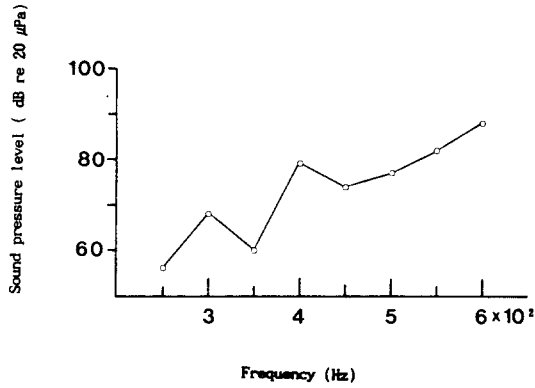


Fig. 5. Relationship between sound pressure level and input frequency of underwater speaker in air condition.

조기관 소음 등의 영향으로 출력 파형을 구별할 수가 없어서 여기에는 나타내지 않았다. Fig. 7은 수심 50m층에서 측정 파형의 결과로 측정 주파수 250~600Hz까지 측정한 전 주파수대에서 주파수는 같았고, 외관상의 입력 파형과 출력 파형도 같았다. 그러나 출력 파형에서 측정 주파수보다 아주 적은 주파수의 파형과 합성되어 다소 왜곡되었다. 그리고 Fig. 8은 수심 80m층에서의 입력 파형과 출력 파형의 결과인데 수심 50m의 것과 거의 같은 파형의 특성을 보였다. 따라서 제작한 水中 擴聲器는 수심 80m층의 수압에서 주파수 250-600Hz의 수중음을 방성할 수 있을 것으로 생각된다.

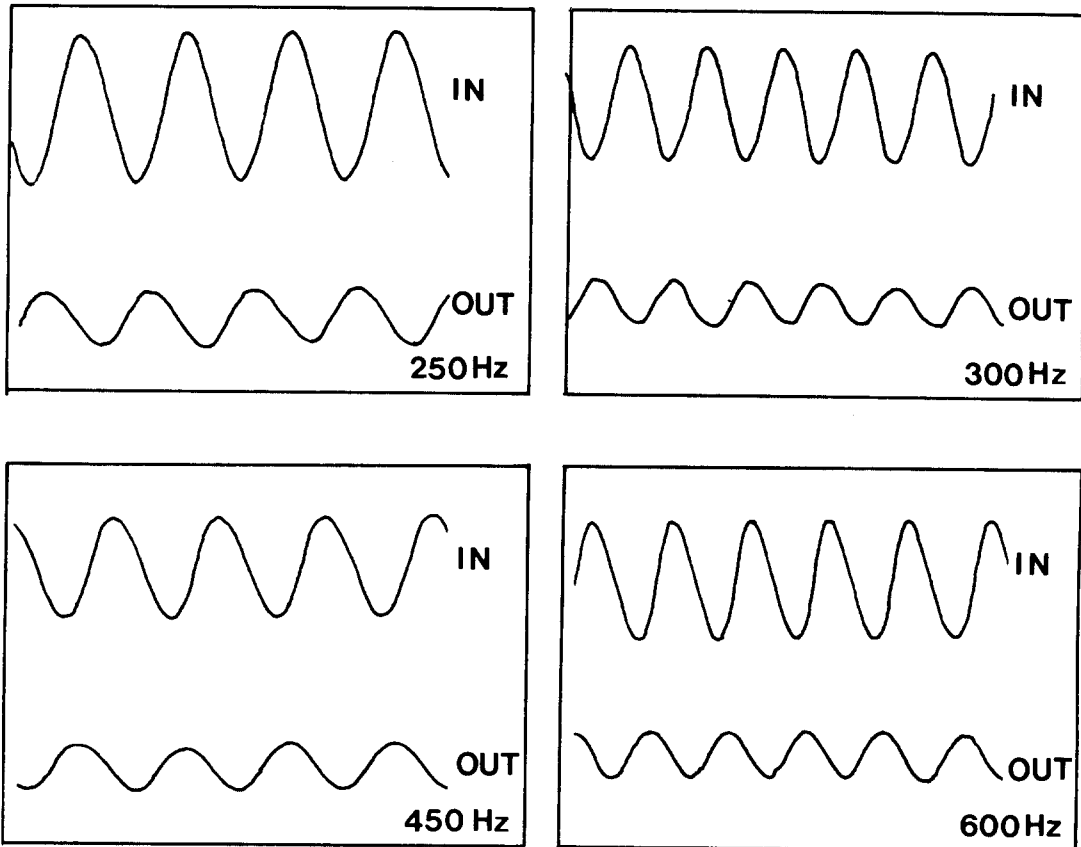


Fig. 6. The wave form of pure sound that the frequency of underwater speaker was 250Hz, 300Hz, 450Hz and 600Hz in water tank.

IN : input wave form in underwater speaker OUT : receiving wave form with hydrophone

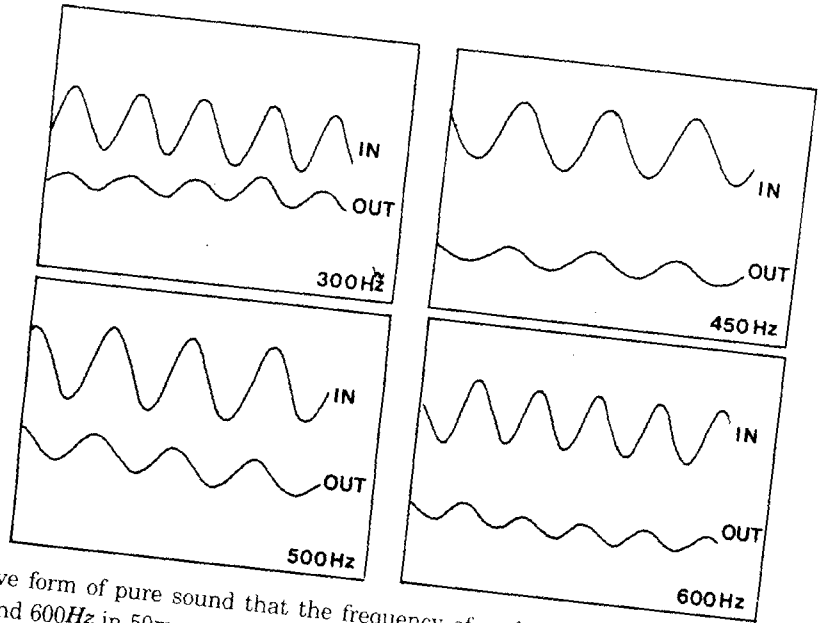


Fig. 7. The wave form of pure sound that the frequency of underwater speaker was 300Hz, 450Hz, 500Hz and 600Hz in 50m.
 IN : input wave form in underwater speaker OUT : receiving wave form with hydrophone

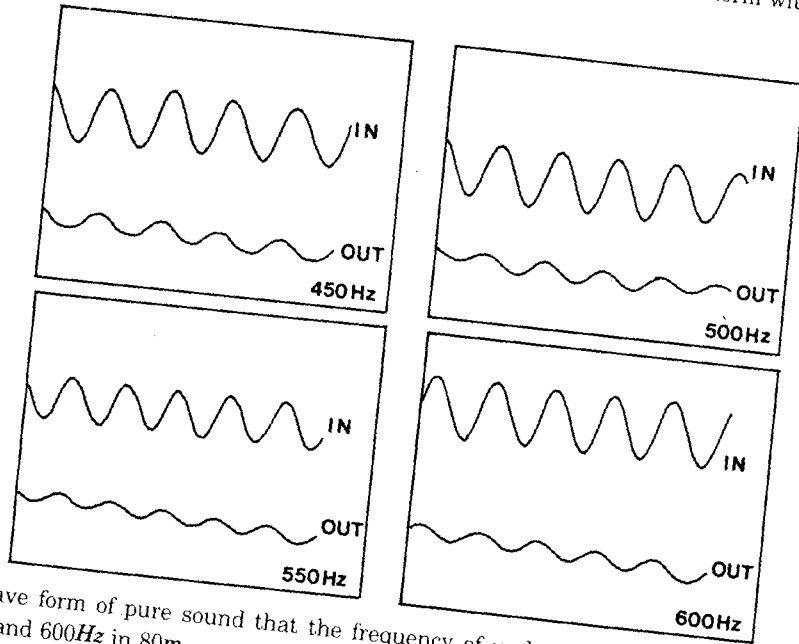


Fig. 8. The wave form of pure sound that the frequency of underwater speaker was 450Hz, 500Hz, 550Hz and 600Hz in 80m.
 IN : input wave form in underwater speaker OUT : receiving wave form with hydrophone

水中擴聲器의 주파수 특성에 관한 공기중, 육상 수조, 해중의 실험 결과를 비교, 검토하였는데 각

측정 주파수의 입력 주파수와 출력 주파수는 같았 으며, 측정 주파수 300Hz와 400Hz에

에 대하여 입력 파형과 출력 파형이 거의 일치된 것을 확인하였다. 그러나 그 이외의 주파수에 있어서는 부분적으로 출력 파형에 왜곡이 있었다. 측정 주파수 250Hz에서는 driver unit와 수밀하지 않은 水中擴聲器의 공기중 실험에서 출력 파형에 왜곡이 있었으나 육상 수조 및 해중 실험에서는 왜곡이 거의 없었다. 측정 주파수 350Hz, 450Hz, 500Hz에서 driver unit의 공기중 실험과 350Hz, 500Hz, 550Hz, 600Hz에서 수밀하지 않은 擴聲器에서 방성한 음을 소음계로 수신하였을 때의 실험에서는 출력 파형에 왜곡이 있었으나 이외의 실험에서는 왜곡이 없었다. 또한 공기중 실험을 제외한 육상 수조, 해중 실험에서는 측정 주파수의 전 주파수대의 출력 파형에 왜곡이 없었다. 그것은 공기중 실험에서 측정이 잡음이 섞이었고, 육상 수조와 해중 실험에서는 공기중 실험보다 잡음이 섞이기 어려웠기 때문이라고 판단되며, 해중 실험의 결과 각 측정 주파수의 출력 파형에 수중의 아주 적은 주파수음과 합성되어 나타나고 있었으나 파형에는 큰 변화가 없는 것으로 생각되었다. 그리고 수심 80m층의 해중 실험 결과도 육상 수조의 것과 거의 일치하였으며, 또한 이 상태에 있어서 내압성도 양호하므로 水中擴聲器로서의 기능이 충분하다고 생각된다.

따라서 이 실험에서 제작하여 사용한 水中擴聲器를 이용하여 주파수 300~500Hz 범위의 수중 저주파음을 방성한다면 참돔, 고등어 및 방어 어군을 유집할 수 있을 것이 예상되고, 또한 제주 연근해에서 조업하는 오징어 및 갈치 채낚이 어법, 멸치 분기초망 어법, 고등어, 전갱이 선망 어법 분야에도 집어등과 함께 수중 음향을 이용하면 집어 효과를 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

要 約

수중 저주파음을 방성할 수 있는 공기중 擴聲器의 가동 코일형 driver unit를 아크릴판, 폴리에스테르수지, 피마자 기름, 고무 등으로 수밀시킨 水中擴聲器를 제작하여, 측정 주파수 250~

600Hz 범위의 음에 대한 주파수 특성을 공기중, 육상수조, 해중에서 실험한 결과는 다음과 같다.

1. 공기중, 육상 수조, 해중 실험의 측정 주파수에서 송신 주파수와 수신 주파수는 같았다.

2. 수밀하지 않은 4개의 driver unit를 조립한 擴聲器의 공기중 실험에서 측정 주파수 300~450Hz에서 입력 파형과 출력 파형이 일치하였고 이외의 주파수에서는 출력파형이 다소 왜곡되었다.

3. 제작한 水中擴聲器의 육상 수조와 해중 실험에서 측정 주파수 250~600Hz의 입력 파형과 출력 파형은 거의 일치하였으나, 해중에서의 출력 파형은 수중의 아주 적은 주파수음과 합성되어 나타났다.

4. 수심 80m층에서 송수신 주파수 및 파형, 내압성이 양호하여 水中擴聲器로서 이용이 가능할 것이다.

參考文獻

- 1) 幡谷 雅之·大西 慶一·大須賀穂作(1989) : ヲサゴおよびヒラメの音響順致について. 静岡水産試験場研究報告 24, 31-35.
- 2) 金東洙·尹甲東(1982) : 魚類의 食餌音과 그에 對한 走音 反應. 漁業技術 18(2), 71-75.
- 3) 金尙漢(1981) : 應用 音響學. 太和出版社, 釜山. 326-336, 476-485.
- 4) 小長谷庸夫(1979) : 低周波振動音に對する魚類反應. 日本水産學會誌, 46(2), 125-128.
- 5) 小長谷庸夫(1980) : アユの音響に對するびはね反應. Ibid., 46(1), 31-34.
- 6) 間庭愛信(1984) : 海中生物の鳴音の例と水中音に對する反應の實驗と實用例. 海洋科學, 16(5), 285-290.
- 7) 坂詰 博·津島三郎(1968) : 飼付漁場におけるブリ群の浮上誘致について. 和歌山縣水産試験場調査研究報告, 19, 2-13.
- 8) 서두옥(1993) : 수중음향을 이용한 어업계측기. 韓國音響學會誌, 11(5), 78-81.

- 9) 徐斗玉, 淺野謙治, 小長谷庸夫(1989): 水中音에 대한 고등어 魚群의 反應. 漁業技術, 25(1), 12-17.
- 10) 竹村 暘(1984): 水族의 發生音. 海洋科學, 16(5), 290-296.
- 11) 田村 保編(1977): 魚類生理學 概論. 恒星社 厚生閣, 東京, 259-261.
- 12) 上野 正司(1979): 漁業にさされている最近の水中音響器機. 海洋音響研究會報, 6(4), 115-125.