

수면확성기의 음향특성에 관한 연구

이 창 현 · 문 종 옥 · 박 용 석* · 최 찬 문 · 서 두 옥
제주대학교 어업학과, *제주도청 해양수산과

On the Acoustical Characteristics of the Water Surface Speaker

Chang-Heon Lee, Jong-Wook Moon, Yong-Seok Park*,
Chan-Moon Choi and Du-Ok Seo

Dept. of Fishery, Cheju National University, Cheju-do 690-756, Korea

**Dept. of Maritime and Fisheries, Cheju Provincial Government, Cheju-do 690-700, Korea*

To obtain the fundamental data on a surface speaker made to lure fish school by pure sound, three surface speakers were made of moving coil driver units of 75W and 50W respectively. Their frequency characteristic was measured in the range of 200 - 400Hz that could be used in luring fish school.

The results of the measurements in air and sea are follows.

1. The input and output wave forms of a surface speaker were similar to each other in measurement frequencies in air. Then sound pressure of a surface speaker made of 75W driver units among them was over 130dB(OdB re 20 μ Pa) in the range of 300 - 400Hz maximally.
2. When the surface speaker with 75W driver units emitted the measurement frequencies at sea. Sound pressure classified by the depth of water were over 140dB at 1m and 120dB at 20m(OdB re 1 μ Pa) respectively.

Key words : water surface speaker, acoustical characteristic

서 론

수중음향기술의 비약적인 발전은 어업에 있어서 초음파를 이용한 어군탐지와 해양관측 조사의 목적은 물론 가청 저주파음을 이용한 어류의 유집, 위력, 치자어의 수중음 학습에 의한 어류의 양식 등 여러면으로 응용되고 있다. 특히 가청 저주파음을 이용한 어류의 음향 순치 등은 최근들어 해양

목장화 사업의 큰 과제로 대두되고 있을 뿐만 아니라 이제까지 많은 연구에서 어류가 수중음에 민감한 행동반응을 나타내고 있는 것이 확인되고 있으며, 이를 이용한 수중 음향 어법의 개발에 많은 노력들이 행해지고 있다.

이처럼 수중에서 어군의 유집 등에 수중음이 많이 연구되는 것은 수중에서의 정보의 전달방법에는 전자파, 광파, 음파의 매체를 이용하는 데, 이들 중 전자파는 해수가 양도체이므로 전송되는 동안 급속히 감쇄하며, 광파는 파장이 짧아 해수를 통과하기 어려운 단점이 있다. 그러나 수중에 있어서의 음파의 파장은 공기중 보다 4.4배 길고, 임피던스

*이 논문은 1997년 제주대학교 발전기금 학술연구에 의한 연구의 일부임.

는 공기의 3.7×10^3 배 많아 해수 자체가 음파를 전송하기 쉬운 매질이어서 다른 매체보다 그 이용범위가 넓은 장점이 있기 때문이다(서, 1992).

따라서 수중 음향은 해양에서 음향 측심기, 어군 탐지기, 수중 항법장치 등의 제측기기뿐만 아니라 해저 지하 탐사를 비롯한 어군의 유집 등 어업에 있어서 활용의 중요성이 점차 커지고 있다.

어류가 수중에서 발생하는 음으로는 위협음, 인식음, 신호음, 식이음 등이 있고, 어류의 가청 범위가 주파수 16 - 13,000Hz까지 나타나고 있으나 대부분의 어류는 주파수 1000Hz 미만의 가청음 주파수 중 주파수 200 - 500Hz범위에서 가장 예민한 반응을 나타낸다고 한다. 따라서 이러한 어류의 청각 특성을 이용하여 수중음으로 어군 행동을 제어하기 위한 많은 연구들이 이루어지고 있다(서 등, 1995 : 박 등, 1996).

이러한 실험들은 어류를 일정한 수중가청음으로 순치를 시킨 후 일정 해역에 어류를 방류하여 일정 기간이 경과한 후 순치에 사용한 수중가청음을 다시 방성하여 재포획 여부를 확인하는 실험외에 정치망 내에서 음향집어기를 이용한 어군의 유집, 식이음을 이용한 어군의 유집 등과 함께 가청 저주파음의 순치를 이용한 해양목장의 추진 등으로 나타나고 있다.

이 논문은 제작 및 사용이 간편하고 어류가 가장 민감하게 반응하는 저주파음을 방성할 수 있는 공기중의 스피커를 사용하여 어군 유집에 이용할 수 있는 수면확성기를 제작하여, 어군의 음향집어기에 관한 기초자료를 제공할 목적으로 제작한 수면확성기의 육상 및 해상 실험을 실시하여 이의 주파수 특성에 관한 측정·분석을 행하였다.

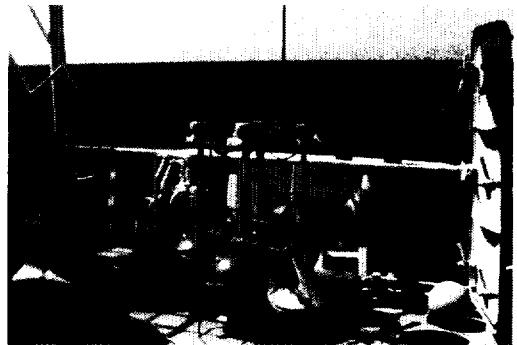
재료 및 방법

어군 유집 및 집어용으로 제작한 수면확성기는 육상확성기로 널리 이용하고 있는 직접 방사 동전가동 코일형 확성기를 각각 4개(RU-50, 50W, 8 Ω), 6개, 4개(NSU-75B, 75W, 8 Ω)를 조합하여 가청음을 방성할 수 있도록 제작하였다. 이들 수면

확성기는 Fig. 1의 (a) 및 (b)와 같이 각각의 driver unit에 방청도료가 입혀진 horn을 달아, 임피던스 매칭을 위하여 직·병렬로 연결시킨 후, 해수면에 띄울 수 있도록 철타 조립식 앵글과 플라스틱 뜰을 이용하여 제작된 수면확성기에 고정시켰고, 수면확성기의 driver unit는 파도등으로 인한 침수를 막기 위하여 방수 처리를 하였다.



(a)



(b)

Fig. 1. Manufactured water surface speaker used in the experiment.

수면확성기의 음 방성시의 주파수 변화에 따른 확성기의 특성을 조사하기 위하여 공기중 실험을 Fig. 2와 같이 행하였다. 공기 중의 실험은 육상실험실에서 제작한 수면확성기를 Fig. 2와 같이 소음계(RION, NA-20)를 수평간격 1m지점에 설치하여 어류의 유집에 사용할 수 있는 측정주파수 100 - 400Hz까지 100Hz간격으로 신호 발생기(B&K,

1051)에서 정현파 순음을 발생시킨 후 증폭기(Inkel, PA-848A)로 증폭하여 확성기로 방사시켰다. 방사된 음은 소음계로 수신하여 방사 음압을 측정하고, 오실로스코프에 연결하여 입력파형에 대한 출력파형을 비교하였다(이 등, 1994).

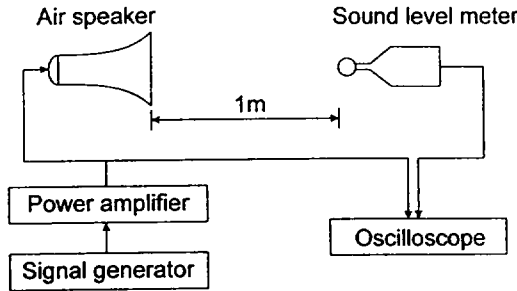


Fig. 2. Blockdiagram of the experimental set up in air.

해상에서의 실험은 제주도 비양도 부근 해역에서 제주대학교 실습선 아라호(1200톤, 2600마력)를 이용하여 실시하였으며, 이때, 수심은 22m, 수온 25~26°C, 염분 32~32.20‰이었고, Fig. 3과 같이 수면확성기를 수면에서 방사하였을 때 주파수에 따른 출력특성을 조사하기 위하여 실시하였다.

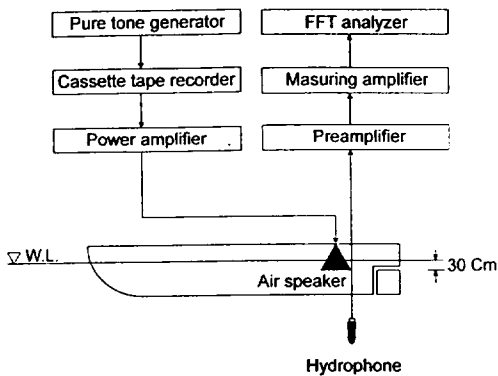


Fig. 3. Blockdiagram of the experimental set up in sea.

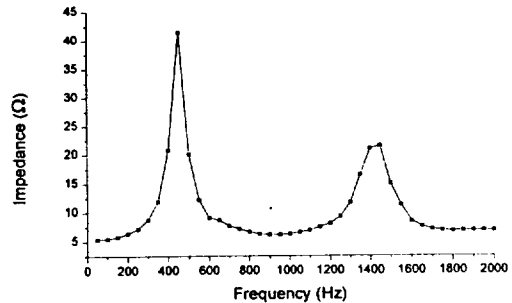
선미에서 수면확성기의 horn이 수면하 10cm정도 까지 물속에 잠기도록 설치하여 공기중에서 방사한 것과 같은 방법으로 측정 주파수를 방사한 후

수면하 수심 1, 2, 5, 10, 20m의 각 지점에서 hydrophone(B&K, 8100)으로 음을 수신하였다. 수신된 음은 전치증폭기(B&K, 2635)로 증폭한 후 측정증폭기(B&K, 2636)로 방사음압을 측정하였으며, 녹음기로 녹음한 후 주파수 분석기(B&K, 2033)로 분석을 행하여 파형을 조사하였다.

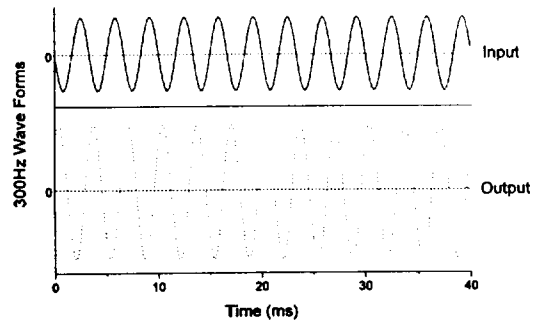
결과 및 고찰

어군을 유집하기 위하여 사용한 각각의 수면 확성기의 공기중 주파수 특성을 Fig. 4에 나타내었다.

a)는 저항 측정기(HP, 4284A)를 이용하여 driver unit의 임피던스를 나타낸 것으로 저음 공진주파수는 400Hz 부근으로 나타나고 있었으나 어군 유집에 사용하고자 하는 측정 주파수 300 - 400Hz의 가



(a) Impedance of 75W driver unit



(b) Waveform of input and output of the water surface speaker in air

Fig. 4. Frequency characteristic of the water surface speaker.

청음 방성은 가능한 것으로 판단되었다.

b)는 입력측정주파수의 파형에 대한 출력파형을 일부 비교한 결과로서 (b)와 같이 입력파형에 대한 출력파형이 왜곡없이 나타날 때까지 최대 출력으로 각각의 확성기를 방성하였을 때 Fig. 5에서처럼 측정주파수에 대하여 입력전압에 대한 50W의 driver unit를 이용하여 제작한 확성기는 주파수 200 - 400Hz에서 70 - 86dB(0dB re 20 μ Pa)의 음압을 나타내고 있는 반면 75W의 수면확성기는 측정주파수에서 130dB이상의 음압을 공기중에서 파형이 왜곡없이 나타나고 있어 해상에서 수면확성기로 사용이 가능한 것으로 판단되었으나, 제작한 수면확성기 모두 100Hz에서의 방성은 출력파형에 왜곡이 많이 나타나 측정이 불가능하였다.

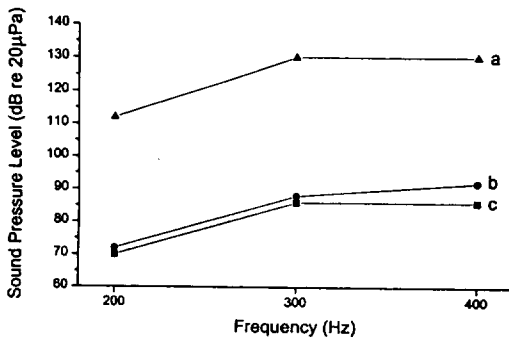


Fig. 5. Sound pressure level of the manufactured water surface speaker in air.

- (a) The manufactured water surface speaker made of 4 driver units(75W)
- (b) The manufactured water surface speaker made of 4 driver units(50W)
- (c) The manufactured water surface speaker made of 6 driver units(50W)

따라서 공기중에서 출력파형이 양호한 측정주파수를 이용하여 해상에서 음압방성 실험을 실시하였다. 해상에서 수면확성기를 설치하여 측정 주파수 200 - 300Hz의 수심별 정격출력 음압을 Fig. 6에 나타내었다. 일반적으로 수심에 따라 음압이 작아 지듯이 측정결과도 수심에 따라 적어지고 있었으나, 수심 20m 지점에서 115 - 125dB의 음압을 나타내고 있었으나, 이 때 수심 1m지점에서 수면확

성기를 통한 음압은 200Hz에서 약 130dB, 300Hz에서 140dB로 300Hz에서 보다 높은 음압이 방성되고 있어 Fig. 4의 a)와 같이 driver unit의 임피던스에 의한 주파수 특성과 잘 일치하고 있었다. 그러나 수면에서 확성기를 설치하여 방성할 경우 수면에서 방성이 이루어지므로 파랑 또는 바람에 의하여 확성기의 움직임이 많아 음압출력의 변동이 크게 나타나고 있었다. 따라서 수면확성기를 수면위보다 수중에서 방성하는 것이 보다 효과적으로 나타났다.

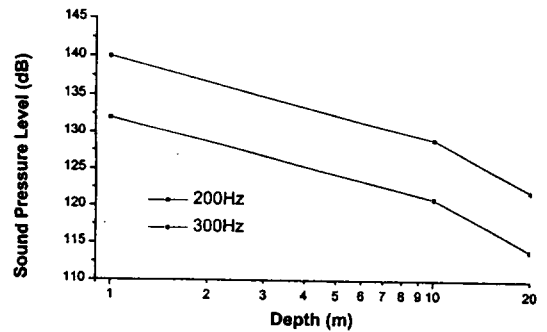


Fig. 6. Spectra of the manufactured water surface speaker(75W) in sea.

많은 연구 보고를 통하여 어류는 음에 민감한 것이 밝혀졌다. 특히 어류의 가청주파수 중 100 - 1000Hz의 범위의 음에 민감한 반응을 나타내는데, Hatakeyama(1992)는 이러한 음을 인식할 수 있는 음압의 크기는 보통 골표류는 60 - 80dB, 비골표류는 90 - 110dB에 청각문턱치를 나타내며, 약 110 - 130dB의 음압은 어류의 유집음으로 또한 140 - 160dB의 음압은 어류의 위협음이 된다고 보고하고 있다. 이 실험 결과 제작한 수면확성기는 수심 1m 지점에서 최대 약 140dB의 음압까지 방성되고 있었으므로 어획대상 어종의 수층을 고려하여 방성한다면 어류를 유집할 수 있는 음압을 방성할 수가 있을 것이다. 김(1981)은 돔류는 주파수 200 - 600Hz, 정어리류는 주파수 100 - 1,200Hz, 까치복류 등은 주파수 400 - 500Hz 범위에서 예민한 반응을 나타낸다고 보고하고 있다. 또한 어류에 방성되는 음압의 크기에 따라 어군의 행동이 달라지는데 해산어는 대략 90 - 110dB의 음을 듣고 있는 것으로

나타나고 있어서, 그 이상 음압이 높게 방성되면 어류를 유집하기 보다는 위협에 가까운 음이 될 것이다. 뿐만아니라 수중에는 각각의 요인에 의해서 발생하는 잡음들이 항상 혼합되어 있고, 발생하는 음압의 레벨도 변동하기 때문에 잡음 레벨이 변화하면 그에 따른 어류의 청각 능력도 변할 것으로 보이지만, 본 실험에서 사용한 수면확성기를 이용하여 주파수 300 - 500Hz 범위의 수중 저주파음을 방성한다면 참돔, 고등어 및 방어 어군을 유집할 수 있을 것이 예상되며, 제주 연근해에서 조업하는 오징어 및 갈치 채낚이 어법, 멸치 분기초망 어법, 고등어·전갱이 선망 어법 분야에도 집어등과 함께 수중음향을 이용한 음향집어기로 사용한다면 임의의 수층에 존재하고 있는 어군 유집에 효용이 있을 것으로 사료된다.

요 약

저주파음을 방성할 수 있는 공기중 확성기를 이용하여 음향 집어기에 관한 기초자료를 제공할 목적으로 수면확성기를 제작하였다. 육상 및 해상에서 어류를 유집할 수 있는 주파수 200Hz, 300Hz의 순음 방성에 관한 수면 확성기의 주파수 특성을 측정한 실험 결과, 측정주파수에 대하여 공기중 실험은 모두 입력파형에 대한 출력파형에 왜곡이 없이 잘 나타나고 있었으나, 출력 음압은 75W를 이

용한 수면확성기가 130dB 이상의 음압을 방성하고 있었고, 해상에서의 실험도 수심 20m까지 음압을 측정 한 결과, 1m 지점에서 최대 140dB, 20m 지점에서 120dB 이상의 음압을 방성하고 있어 어군유집을 위한 음향집어기로서의 이용이 가능하였다.

참고문헌

- Y. Hatakeyama. 1992. The Hearing Abilities of Fish. Fisheries Engineering. 28(2), 111~119.
- 金東洙, 尹甲東. 1982. 魚類의 食餌音과 그 音에 對한 走音 反應. 漁業技術. 18(2), 71~75.
- 金尙漢. 1981. 應用 音響學. 太和出版社. 釜山. 326~336, 476~485.
- 朴容石, 飯田浩二, 櫻井泰憲, 梨本勝昭, 徐斗玉. 1996. 音響馴致에 의한 명태의 행동 특성. 한국어업기술학회. 32(4), 331~339.
- 서두옥, 정용진. 1992. 수중확성기의 시작. 제주대학교 논문집. 35, 65~72.
- 서두옥, 정공훈, 김진건, 김삼곤, 김동수. 1995. 가청 수중음에 대한 오징어 어군의 위집. 어업기술학회. 31(3), 220~227.
- 이창현, 서두옥, 김병엽. 1994. 가동 코일형 Driver unit를 이용한 수중확성기의 주파수 특성. 한국어업기술학회. 30(1), 25~32.