
碩士學位論文

可動 코일형 Driver unit를 이용한
水中擴聲器의 周波數 特性

濟州大學校 大學院

漁業學科



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

李 昌 憲

1993年 12月

可動 코일형 Driver unit를 이용한
水中擴聲器의 周波數 特性

指導教授 徐斗玉

李昌憲

이 論文을 水産學 碩士學位 論文으로 提出함.

1993年 12月

 제주대학교 중앙도서관
李昌憲의 水産學 碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長

孔正埴

委員

安長榮

委員

徐斗玉

濟州大學校大學院

1993年 12月

**A FREQUENCY CHARACTERISTICS OF
THE UNDERWATER SPEAKER USING
MOVING COIL TYPE DRIVER UNIT**

Chang-Hun Lee

(Supervised by professor Du-Ok Seo)



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF FISHERIES SCIENCE**

**DEPARTMENT OF FISHERIES SCIENCE
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY**

1993. 12.

목 차

SUMMERY	1
I. 서론	2
II. 재료 및 방법	4
III. 결과	13
IV. 고찰	24
V. 요약	26
참 고 문 헌	27



SUMMARY

An underwater speaker was made by driver unit of usual speaker using acryl boards, polyester resin, rubber and castor oil, and it was used to analyze frequency characteristics for lower frequency audible pure sound using measurement frequency 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 waterproof in air were similar to those in 300 - 450Hz, but others showed some distortion.
3. The input and output wave forms of an underwater speaker in water tank and sea were similar to those 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 sgood condition. Therefore it can be possible to use it as an underwater speaker.

I. 서론

수중에서의 정보의 전달 방법에는 전자파, 광파, 음파의 매체를 이용하는 데, 이들 중 전자파는 해수가 양도체이므로 전송되는 동안 급속히 감쇄하며, 광파는 파장이 짧아 해수를 통과하기가 어려운 단점이 있다. 그러나 수중에 있어서의 음파의 파장은 공기중에서 보다 4.4배 길고, 임피던스는 공기의 3.7×10^3 배 많아 해수 자체가 음파를 전송하기 쉬운 매질이어서 다른 매체보다 그 이용 범위가 넓다는 장점을 갖고 있다.

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 학습을 통해 어류를 일정 해역에 정착, 서식하도록 하는 음향 제어 축양 어업이 이루어지고 있다(上野, 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)가 어업의 생력화 및 축양에 있어서 방어의 포식음 및 유영음을 방성하여 방어 어군을

수심 15m 층까지 유집한 연구가 있고, 閻庭(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 은어 어군의 도약 행동 반응을 분석, 김과 윤(1982)은 농어 등의 식이음의 주파수 특성과 주음 반응 효과를 분석하였고, 서 등(1989)은 200 - 300Hz의 단속 순음을 수중에서 방성하여 고등어 어군의 유집 반응에 관한 연구, 韓谷 등(1989)은 주파수 200 - 300Hz의 수중음을 이용한 쏜병이 및 넙치의 음향 순치에 관한 연구 등이 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.



II. 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, 8 Ω)를 이용하였으며, Fig. 1, 2에 모형을 나타내었다. Fig. 1은 한개의 driver unit를 수밀시킨 것으로 이것의 내부는 피마자 기름으로 채우고 외부는 고무판과 낫쇠 낫트로 껴서 수밀시켰다. Fig. 2는 투명 아크릴판 (두께 10mm)으로 직육면체(275 x 165 x 145mm)를 만들어 이 속에 Fig. 1과 같은 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 unit의 주파수 특성을 알기 위하여 Fig. 3과 같이 driver unit와 소음계(RION NA-20)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 소음계로 수신하여 음압을 측정하고, 주파수계(TRIO FC-756)로 주파수를, oscilloscope(GOULD 1421)로 입·출력 파형을 측정하였다.

Fig. 4는 음파를 사방으로 방성하고 출력을 높이기 위하여 수밀하지 않은 네개의 driver unit를 조립한 것에 대한 공기중의 실험으로서 그 수신 상태는 마이크로 폰(AT 834 II)과 소음계로서 비교하였고, 측정 주파수는 250 - 600Hz까지 50Hz마다 음압과 파형을 측정하였다.

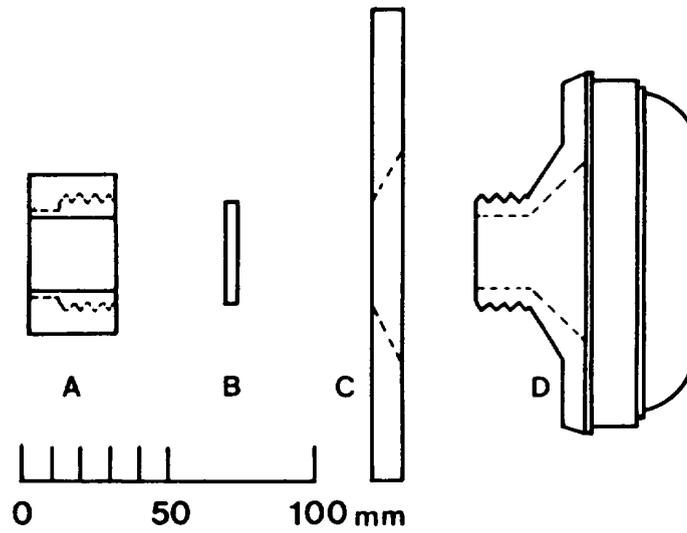


Fig. 1. A schematic drawing of underwater speaker.

A : copper nut B : rubber C : acryl boards D : driver unit

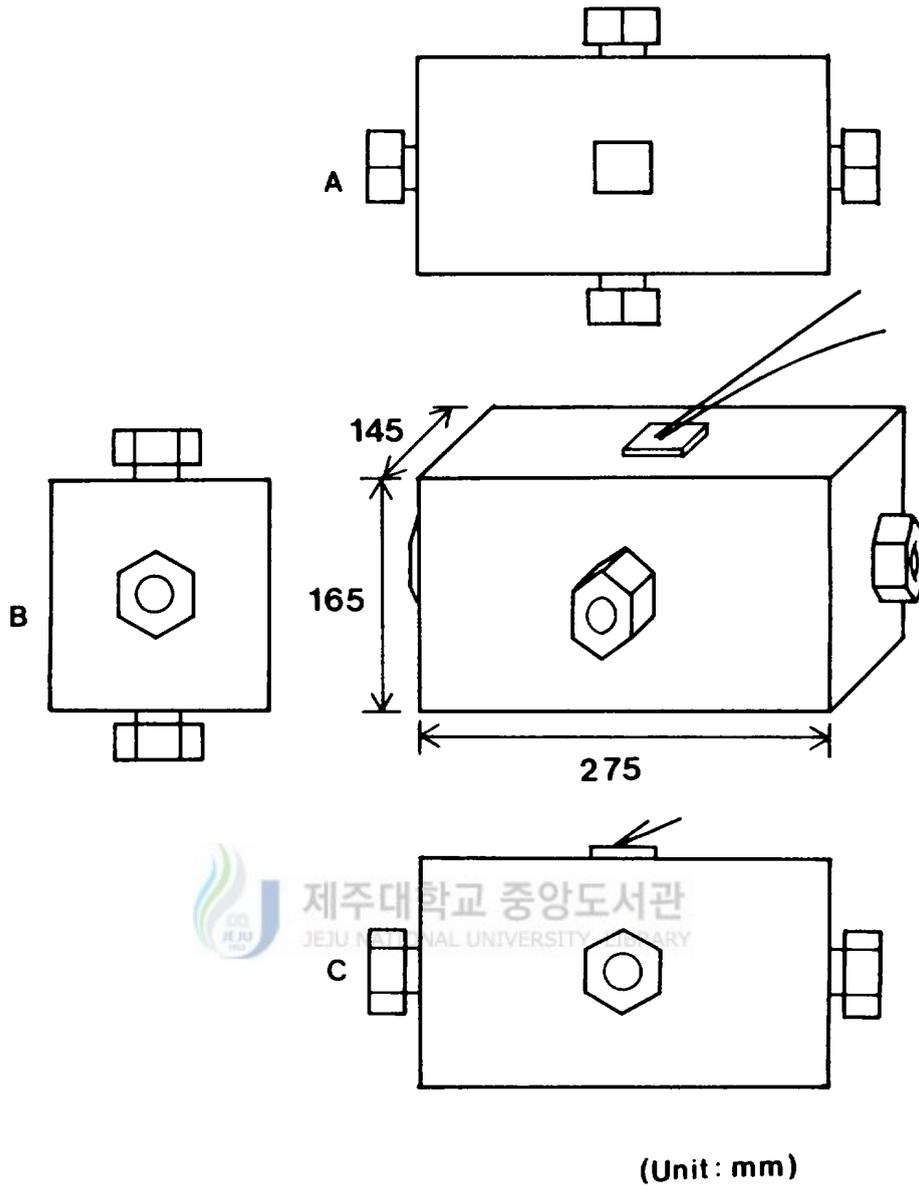


Fig. 2. A plane of underwater speaker.

A : top view B : side view C : front view

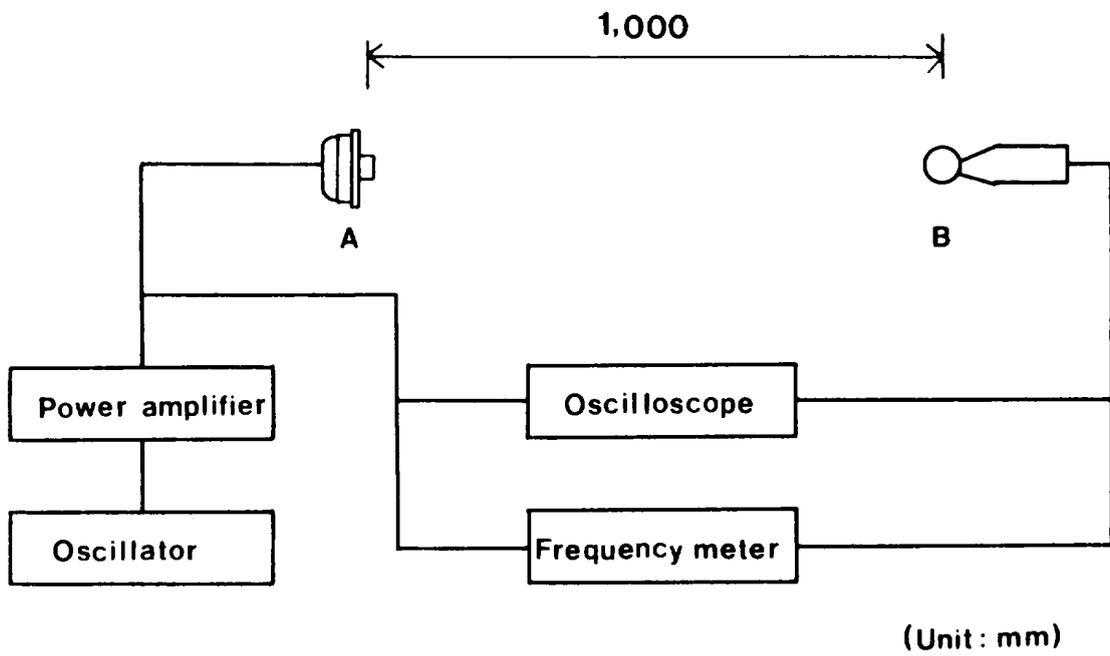


Fig. 3. Block diagram of experimental set up of driver unit in air.

A : driver unit B : sound level meter

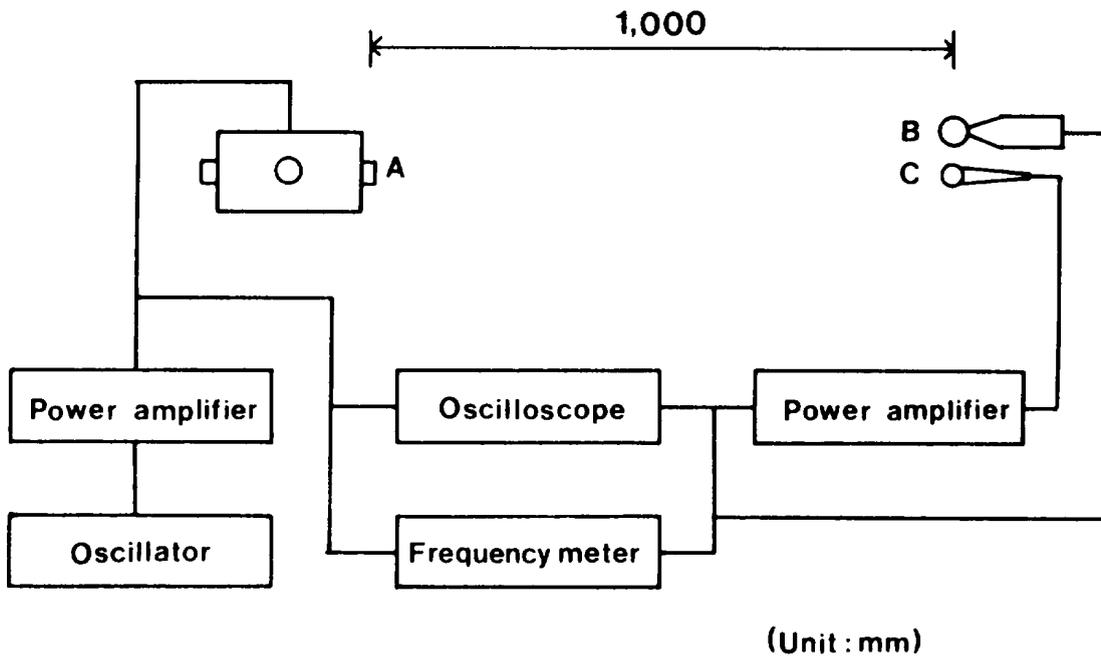


Fig. 4. Block diagram of experimental set up of underwater speaker before watertight in air.

A : underwater speaker B : sound level meter C : microphone

육상 수조 실험은 아크릴판 수조(2,500 x 1,080 x 1,050mm)에 음파의 반향을 줄이기 위하여 위의 수조 내부의 윗면을 제외한 다섯면에 나무로 된 사각뿔(130 x 50 x 50mm)을 조밀하게 부착한 반향판을 설치하였다. 그리고 수면하 400mm 층에 水中 擴聲器와 hydrophone (B&K 8100)의 수평 간격을 1,000mm로 하여 Fig. 5와 같이 설치하였다. 주파수 특성 실험은 신호 발생기에서 정현파 순음을 발생시켜서 증폭기로 증폭하여 水中 擴聲器에 입력 시키고, 주파수는 주파수계로, 파형은 oscilloscope 로, 전력은 전류계와 전압계로 측정하여 계산하였다. 이때 방성된 水中音을 hydrophone으로 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 측정시의 풍향은 60°, 풍속은 4m/s였다. 제주대학교 실습선 한라호(총톤수 159.71톤, 주기관 800HP)를 이용하여 주기관은 정지시키고, 측정 장치의 전원 공급을 위하여 발전기(180HP x 2)만을 가동하여 Fig. 6과 같이 실험을 행하였다. 길이 3,000mm인 대나무에 제작한 水中 擴聲器와 hydrophone을 수평 간격 2,000mm로 하고, 대나무로부터 150mm 현수시켜 고정하여 앞에서의 육상 수조 실험과 같은 방법으로 실험을 하였다. 그리고 고정된 송수신 장치를 선미 좌현에서 수심 10m, 30m, 50m, 80m의 각층에 내려 측정 주파수 250 - 600Hz의 범위에서 50Hz마다 입력과 출력의 파형을 측정 하였다.

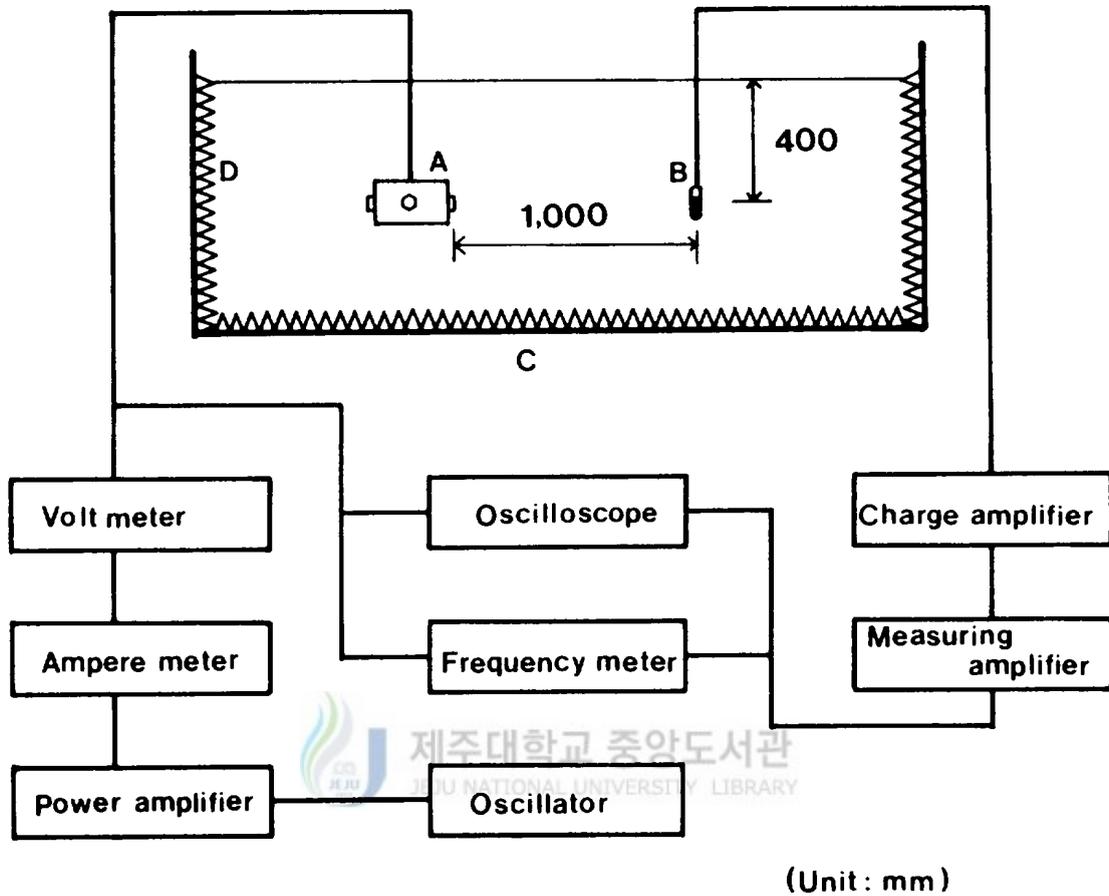


Fig. 5. Block diagram of experimental set up in water tank

A : underwater speaker B : hydrophone C : water tank

D : quadrangular pyramid

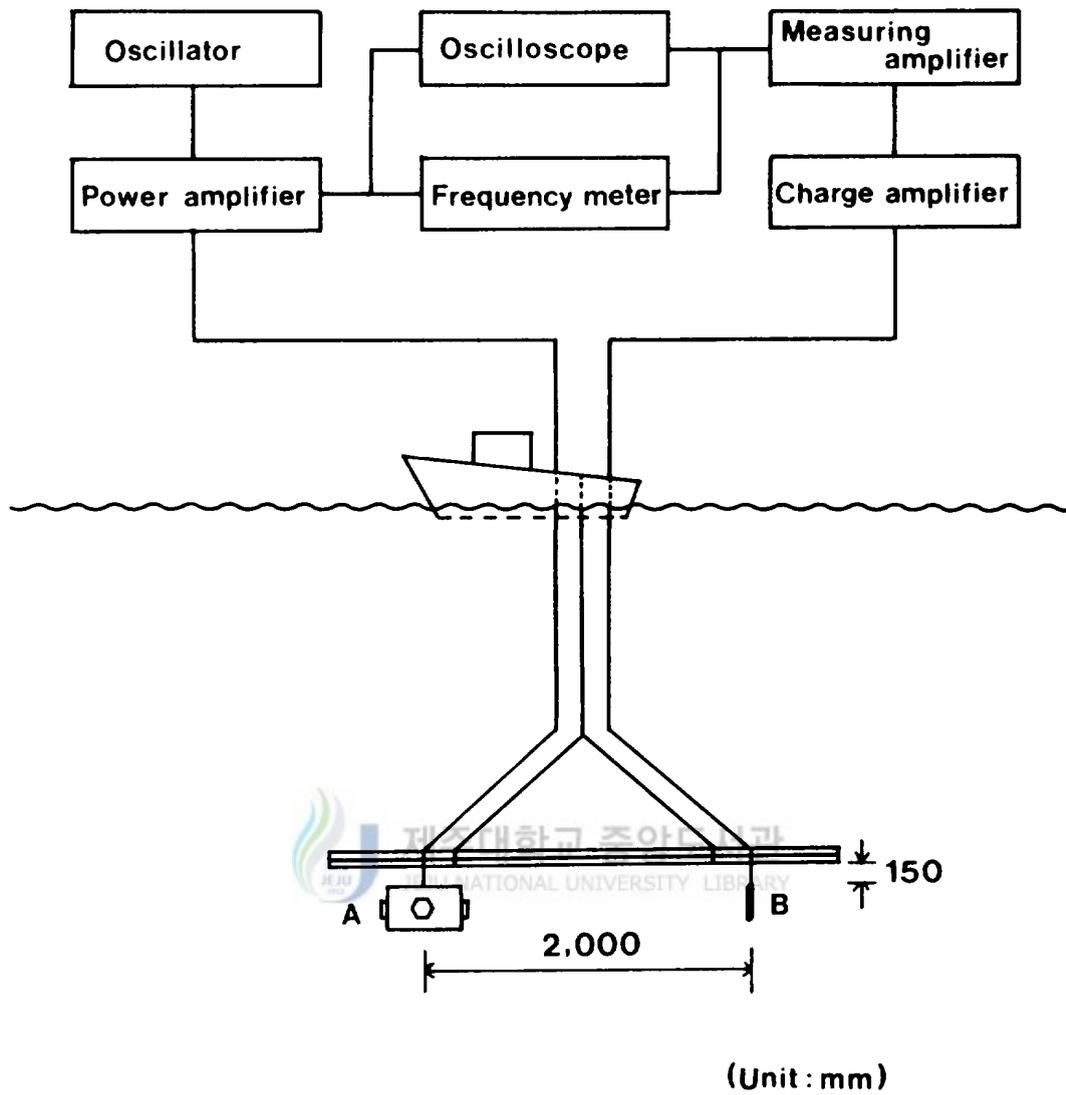


Fig. 6. Block diagram of experimental set up in sea water.

A : underwater speaker B : hydrophone

Table 1. Specifications of equipments used for frequency measurement and analysis

Equipment	Specification
Sine generator (B & K 1051)	Frequency Range : 0.2Hz to 200KHz Output Voltage : 100 μ V to 5 V RMS
Sound level meter (NA-20)	Measurement range : 25-130dB(A), 35-130dB(C) 40-130dB(Flat) Frequency response : A and C : 31.5-8,000Hz Flat : 10-20,000Hz \pm 1dB Microphone sensitivity : about -34dB (0dB=1V/Pa)
Hydrophone (B & K 8100)	Horizontal directivity : 100KHz \pm 2dB Frequency range : 0.1 Hz to 125KHz Voltage sensitivity : -205dB re 1V/ μ Pa
Charge amplifier (B & K 2635)	Amplifire sensitivity : 0.1mV to 100/pc -40 to 80dB Frequency range : 2Hz to 100KHz
Measuring amplifier (B & K 2636)	Measurment range : 10 μ V to 30V FSD, 100 μ V to 300V FSD Frequency range : 1Hz to 200KHz(\pm 0.5dB)
Power amplifier (SAMJIN SA-1000TC)	Rated vottage : AC 110V / 220V / 60Hz Rated power : 180w voice output : 100w Distortion 3%

III. 결과

공기중에서 수밀하지 않은 한개의 driver unit를 Fig. 3과 같이 구성하여 송수신한 음의 주파수 파형을 측정한 결과는 Fig. 7과 같다. 여기서 driver unit에 입력하여 방성한 음의 파형을 입력(IN), 소음계로 수신한 음의 파형을 출력(OUT)으로 하였으며, 그 때 측정한 전류는 0.8A로 일정하게 맞추고 전압은 3.5 - 9.0 V 범위였다.

Fig. 7에서 각 측정 주파수에서의 입력 주파수와 출력 주파수는 같았다. 그리고 300Hz, 400Hz, 550Hz, 600Hz에서는 입력 파형과 출력 파형이 일치했으나, 그외의 측정 주파수에서는 출력 파형에 부분적인 왜곡이 있었다. 특히, 450Hz의 출력 파형에서는 고주파의 파형이 수신되어 파형이 전체적으로 왜곡되고 있으며, 350Hz의 출력 파형에서도 고주파의 파형이 나타나고 있었다. 250Hz에서는 출력 파형의 골에 작은 파형이 생긴 것에 비하여, 500Hz에서는 산에 다른 파형이 보였다. 이 때 측정 주파수에 따른 음압의 측정 결과 Fig. 8과 같았다. 음압은 72 - 102dB 범위였고, 측정 주파수 250Hz에서 72dB로 가장 낮은 음압을 나타내었고, 500Hz에서 120dB로 가장 높은 음압을 보였다.

공기중에서의 수밀하지 않은 擴聲器를 Fig. 4와 같이 구성하여 송수신한 주파수의 파형을 측정한 결과는 Fig. 9, 10과 같다. 그때 측정한 전류는 0.8A로 일정하게 맞추고 전압은 5.0 - 5.5 V 범위였다. Fig. 9는 마이크로 폰을 사용하여 擴聲器의 음을 수신한 것으로 측정 주파수에서의 입력 주파수와 출력 주파수는 같았다. 그리고 측정 주파수 300Hz, 350Hz, 400Hz, 450Hz, 600Hz에서는 입력 파형과 출력 파형

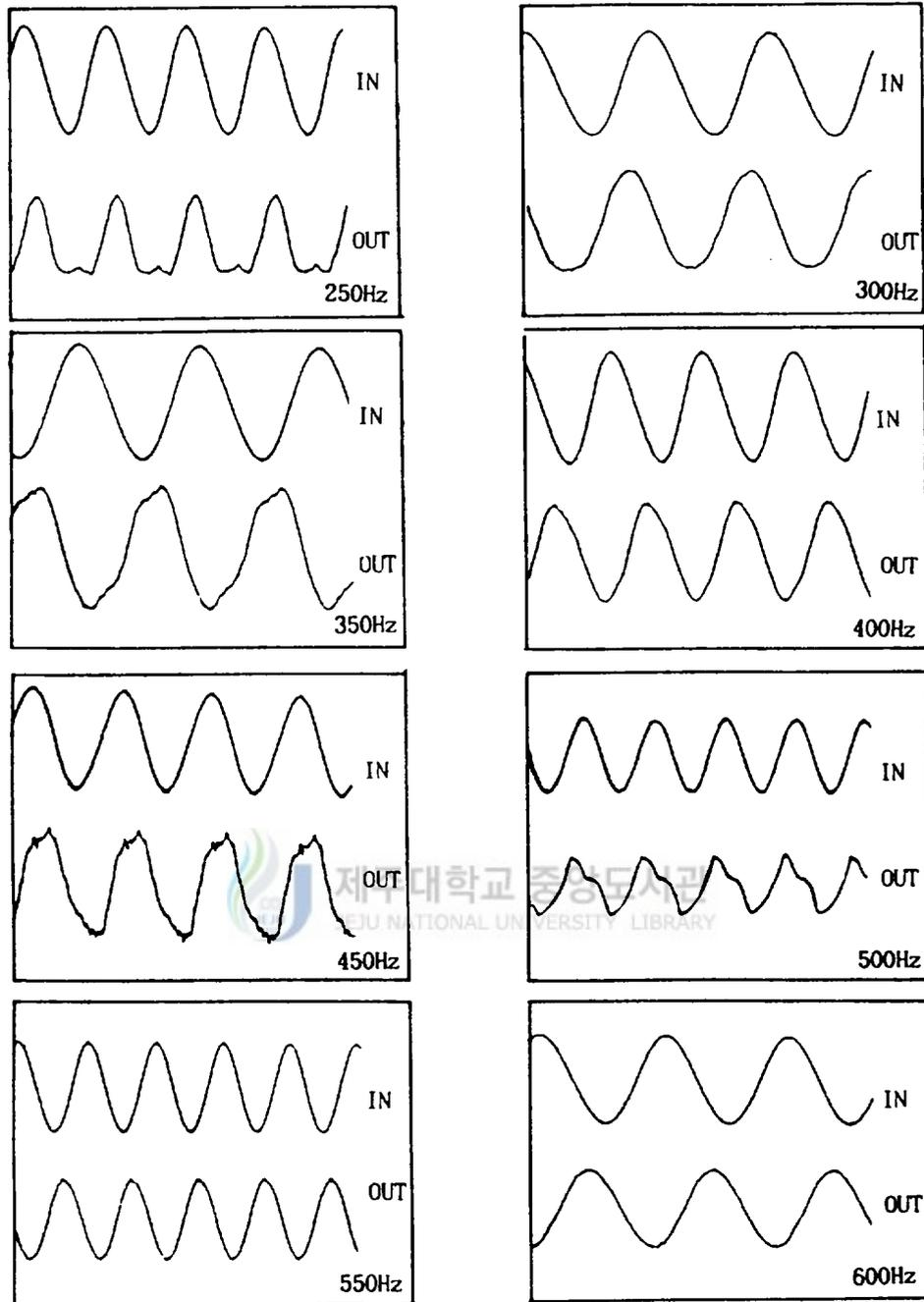


Fig. 7. The wave form of pure sound that the frequency of driver unit was 250Hz, 300Hz, 350Hz, 400Hz, 450Hz, 500Hz, 550Hz and 600Hz in air.
 IN : Input of driver unit OUT : output of sound level meter.

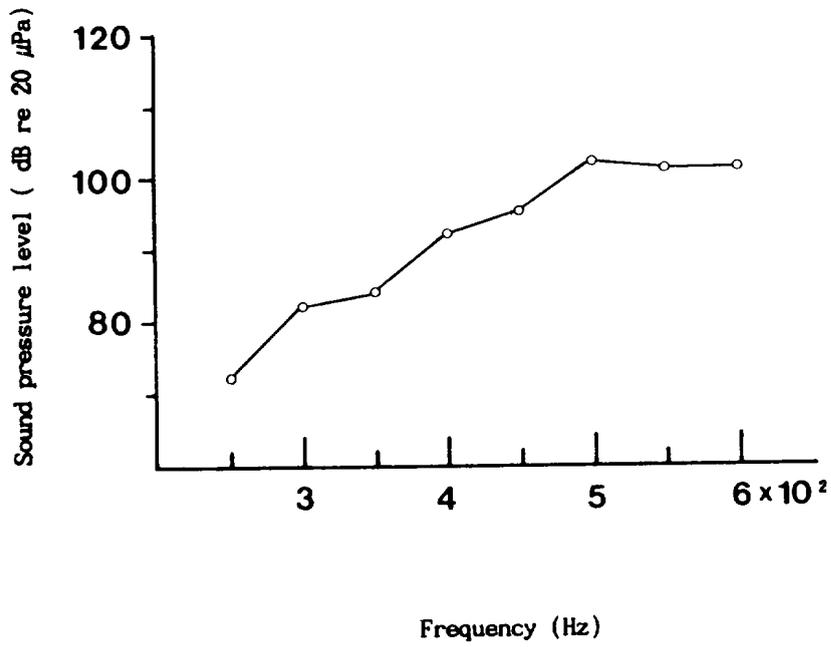


Fig. 8. Relationship between sound pressure level and input frequency of driver unit in air condition.

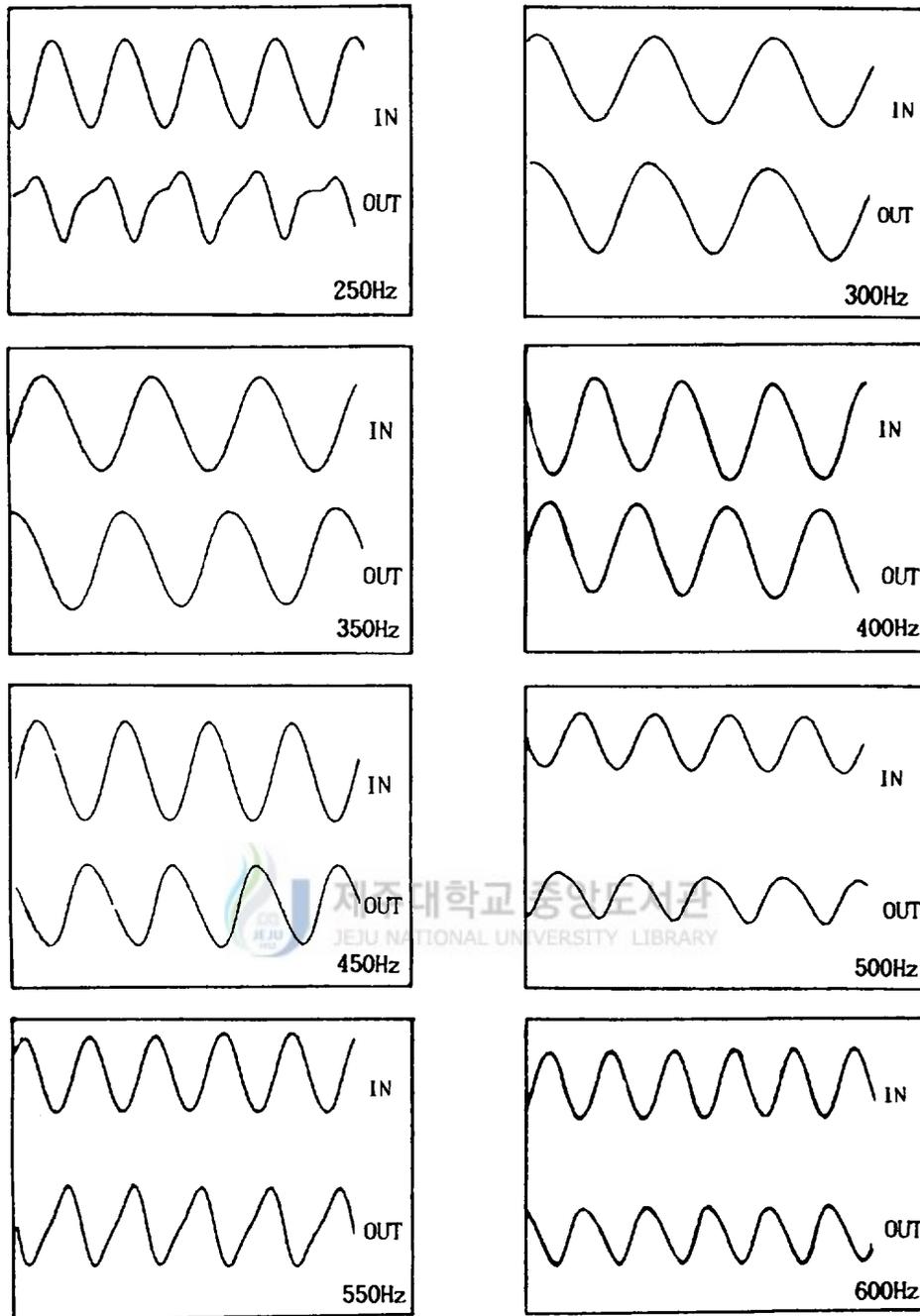


Fig. 9. The wave form of pure sound that the frequency of manufactured speaker was 250Hz, 300Hz, 350Hz, 400Hz, 450Hz, 500Hz, 550Hz and 600Hz in air.
 IN : Input of underwater speaker OUT : output of microphone

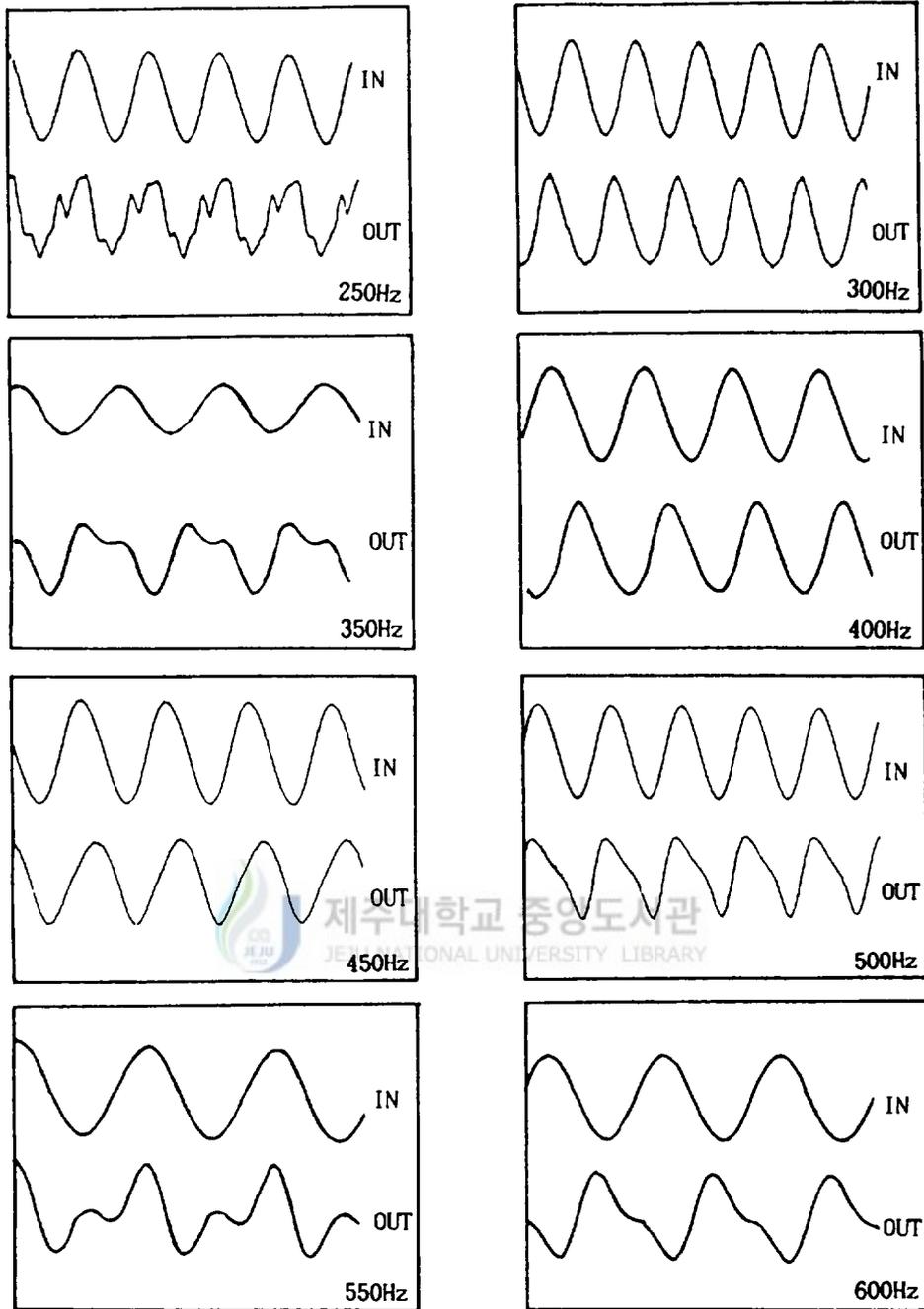


Fig. 10. The wave form of pure sound that the frequency of manufactured speaker was 250Hz, 300Hz, 350Hz, 400Hz, 450Hz, 500Hz, 550Hz and 600Hz in air.

IN : input of underwater speaker OUT : output of sound level meter

이 일치하고 있었으나, 그 외의 측정 주파수에서는 부분적으로 파형의 왜곡이 있었다. 측정 주파수 250Hz에서는 출력 파형의 산에 많은 왜곡이 있었고, 500Hz와 550Hz에서는 출력 파형에 다소 왜곡이 있었다. Fig. 10은 소음계를 이용하여 擴聲器의 음을 수신한 것으로 측정 주파수에서의 입력 주파수와 출력 주파수는 같았다. 그리고 측정 주파수 400Hz와 450Hz에서는 입력 파형과 출력 파형이 일치하고 있었으나, 그 외의 측정 주파수에서는 부분적으로 파형의 왜곡이 보였다. 측정 주파수 250Hz에서는 출력 파형에 고주파성 왜곡이 많이 있었고, 350Hz, 500Hz, 550Hz, 600Hz에서는 동일 주파수의 파형 왜곡이 있었다. 이 때 측정 주파수에 따른 음압의 측정 결과는 Fig. 11과 같았다. 음압은 56 - 88dB 범위였고, 측정 주파수 250Hz에서 56dB로 가장 낮은 음압을 보였으며, 600Hz에서 88dB로 가장 높은 음압을 나타내었다.

Driver unit에 피마자 기름, 고무를 넣고 낫쇠 낫트로 수밀시킨 水中 擴聲器를 Fig. 5와 같이 구성하여 육상 수조 중에서 송수신한 측정 주파수의 파형을 측정한 결과는 Fig. 12와 같다. 그때 측정한 전류와 전압은 각각 2A, 14V로 일정하게 하였다. 이 때 육상 수조 실험에서 측정 주파수에서의 입력 주파수와 출력 주파수는 같았다. Fig. 12에서 측정 주파수 250 - 600Hz까지 측정한 전 주파수대에서 입력 파형과 출력 파형은 동일하였으며 잡음으로 인한 왜곡은 보이지 않았다.

수밀 제작한 水中 擴聲器를 Fig. 6과 같이 구성하여 해중에서 송수신한 측정 주파수의 입력 파형과 출력 파형을 측정한 결과는 Fig. 13, 14와 같다. 수심 10m와 30m 층에서는 어선의 보조기관의 소음 등의 영향으로 출력 파형을 구별할 수가 없어서 여기에는 나타내지 않았다. Fig. 13은 수심 50m층에서 출력 파형의 결과로 측

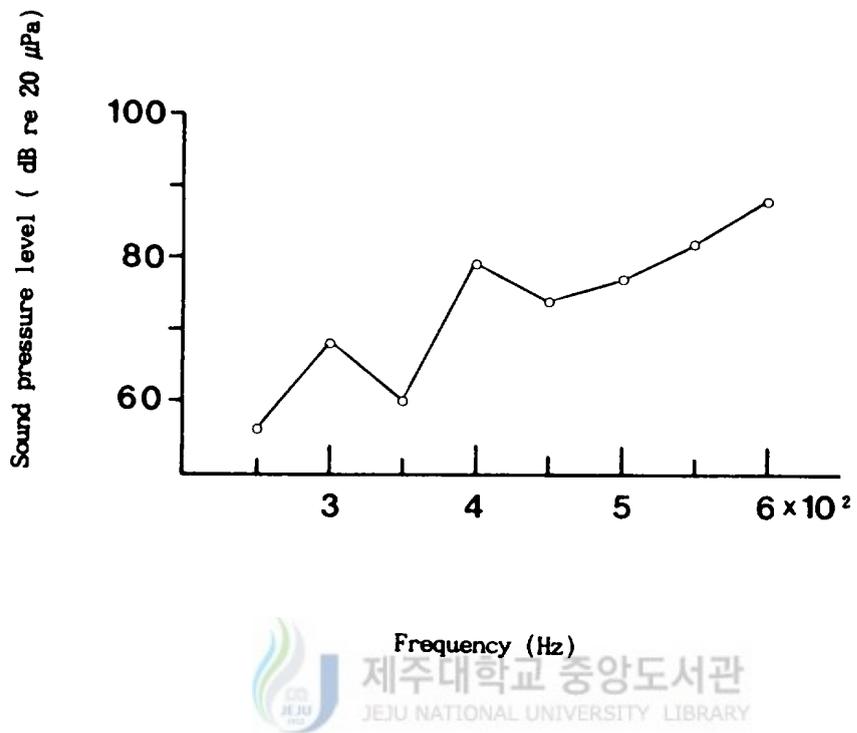


Fig. 11. Relationship between sound pressure level and input frequency of underwater speaker in air condition.

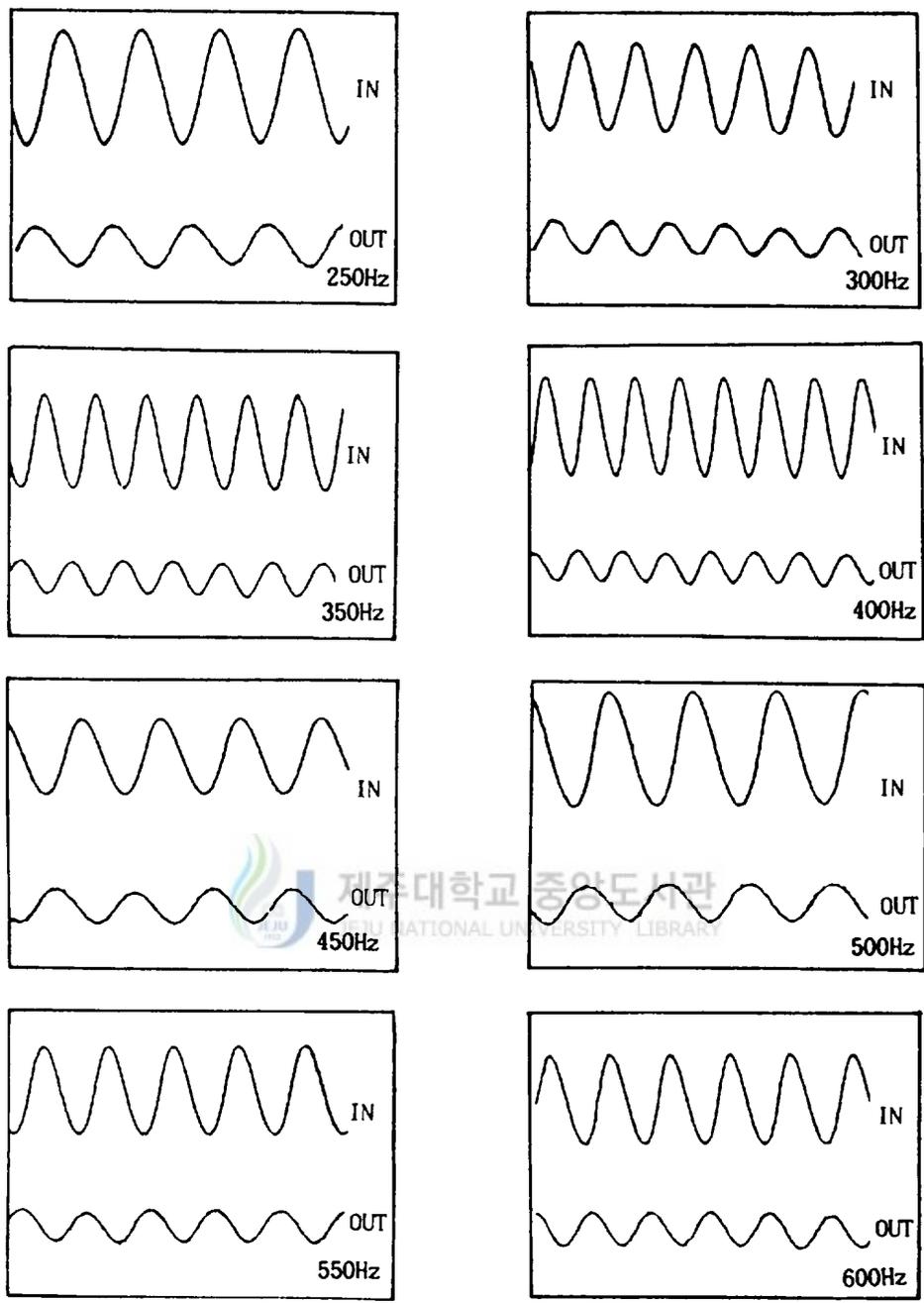


Fig. 12. The wave form of pure sound that the frequency of underwater speaker was 250Hz, 300Hz, 350Hz, 400Hz, 450Hz, 500Hz, 550Hz and 600Hz in water tank.

IN : Input of underwater speaker OUT : output of hydrophone

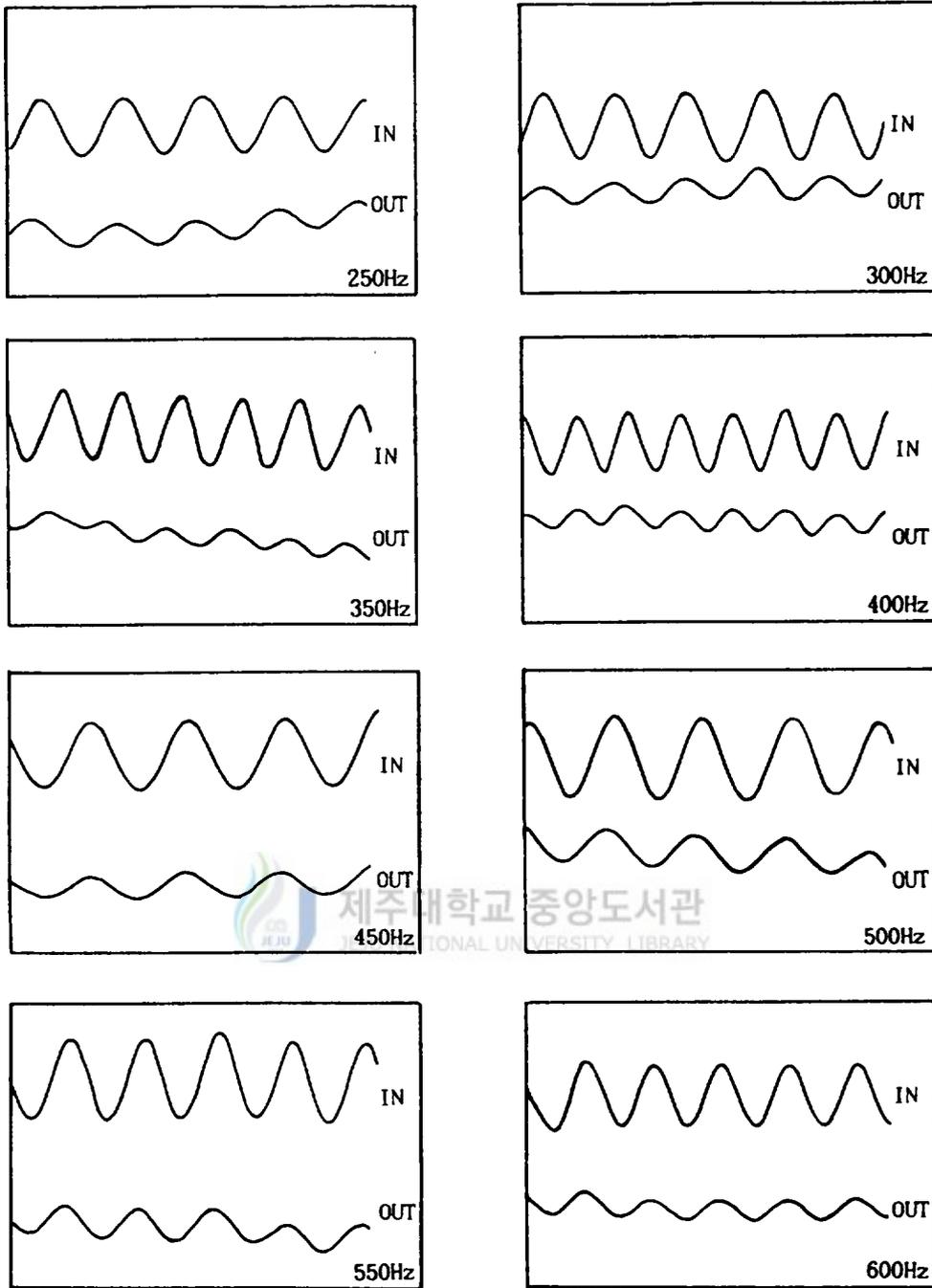


Fig. 13. The wave form of pure sound that the frequency of underwater speaker was 250Hz, 300Hz, 350Hz, 400Hz, 450Hz, 500Hz, 550Hz and 600Hz in 50m.

IN : Input of underwater speaker OUT : output of hydrophone

정 주파수 250 - 600Hz까지 측정할 전 주파수대에서 주파수는 같았고, 외관상의 입력 파형과 출력 파형도 같았다. 그러나 출력 파형에서 측정 주파수보다 아주 적은 주파수의 파형과 합성되어 다소 왜곡되었다. 그리고 Fig. 14는 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 방출할 수 있을 것으로 생각된다.

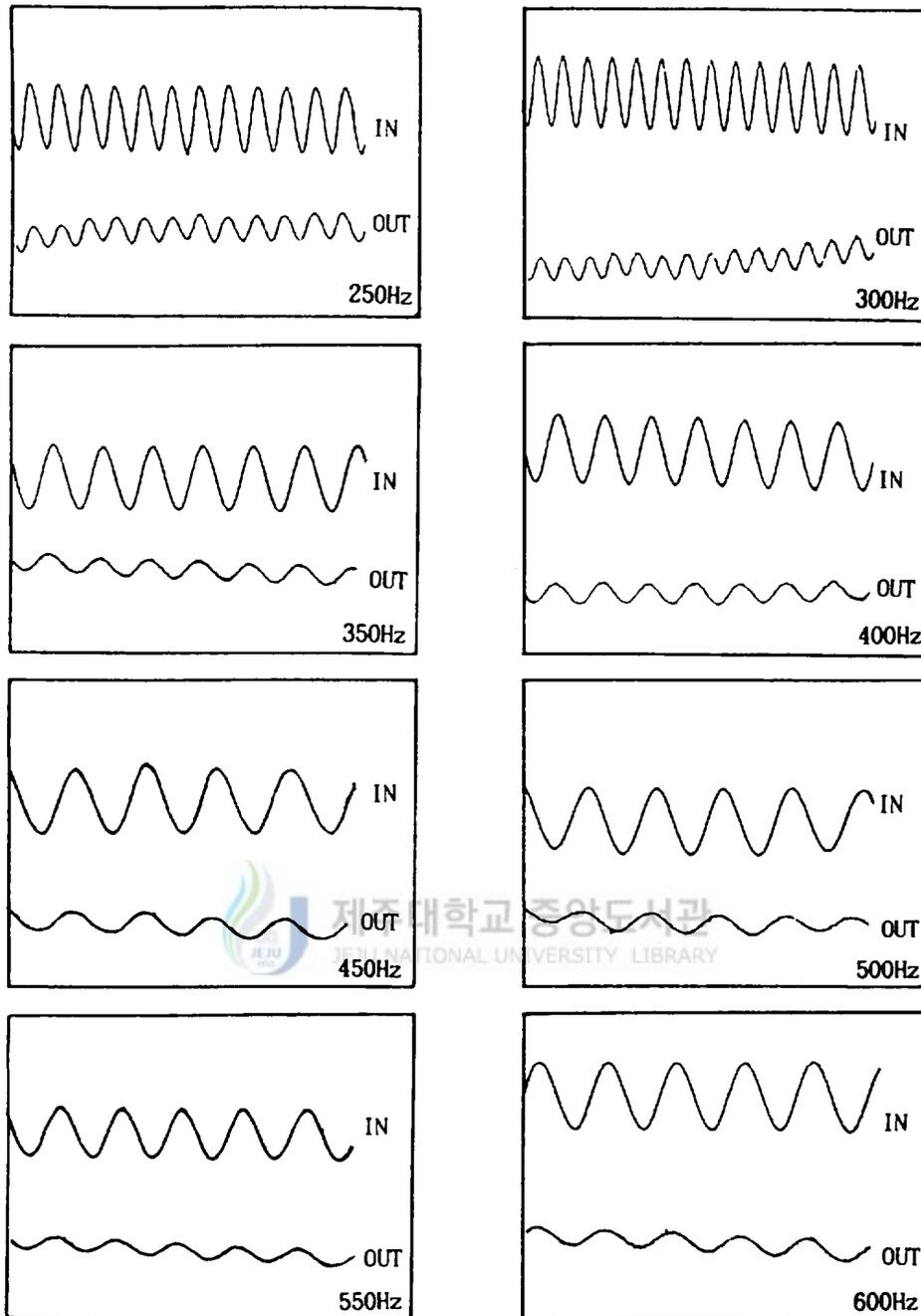


Fig. 14. The wave form of pure sound that the frequency of underwater speaker was 250Hz, 300Hz, 350Hz, 400Hz, 450Hz, 500Hz, 550Hz and 600Hz in 80m.

IN : input of underwater speaker OUT : output of hydrophone

IV. 고찰

해양에서 사용되는 水中 擴聲器의 종류는 직접 방사 동전형, 자기형, 자왜형, 수 정형 등이 있고, 직접방사 동전형에는 가동 코일형, 리본형, 플랫 허러형, 하일형 등이 있으나 수중 저주파음에서 주파수 특성이 좋은 것은 가동 코일형이다(김, 1982 ; 편, 1993). 또 해수의 음향 임피던스는 공기의 약 3.7×10^3 배이기 때문에 육상에서 사용되는 것보다 출력이 적은 것을 사용하여도 육상과 같은 효과를 낼 수가 있을 것으로 생각된다. 그래서 이 실험에서는 가격이 얇가이고 구입하기가 쉬운 직접 방사 동전 가동 코일형 擴聲器의 driver unit를 사용해서 水中 擴聲器를 제작 하였다.

돔류, 아귀류, 까치복, 꽃게 및 은어는 주파수 300 - 400Hz 범위에서 민감한 반응을 보였고(田村, 1977 ; 김, 1981 ; 小長谷, 1979), 참돔, 방어 및 고등어 어군은 상기 주파수 범위에서 유집이 되었다는 보고가 있었다(Okamoto, 1982 ; Maniwa etc, 1976 ; 서 등, 1989). 따라서 이 실험에서도 상기 주파수 범위를 중심 주파수 대로 설정하여 실험을 하였다.

水中 擴聲器의 주파수 특성에 관한 공기중, 육상 수조, 해중의 실험 결과를 비교, 검토하였는데 각 측정 주파수의 입력 주파수와 출력 주파수는 같았으며, 측정 주파수 300Hz와 400Hz에서는 각 실험에 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 실험에

서 출력 파형에 왜곡이 있었으나 육상 수조 및 해중 실험에서는 왜곡이 거의 없었다(Fig. 7, 9, 10). 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 이 외의 실험에서는 왜곡이 없었다(Fig. 7, 10). 또 550Hz에서는 마이크로 폰으로 수신하였을 때 도 왜곡이 있었다(Fig. 9). 즉 공기중 실험이 육상 수조와 해중 실험에서 보다 출력 파형에 왜곡이 많은 것은 주위 잡음의 영향이라고 사료된다. 이러한 현상은 측정 주파수의 입력 주파수와 출력 주파수는 일치하고 있으므로 잡음을 제거하기 위한 저주파 필터를 사용하면 잡음이 섞이지 않은 출력 파형을 얻을 수 있을 것이다. 또한 공기중 실험을 제외한 육상 수조, 해중 실험에서는 측정 주파수의 전 주파수대의 출력 파형에 왜곡이 없었다. 그것은 공기중 실험에서 측정시 잡음이 섞이었고, 육상 수조와 해중 실험에서는 공기중 실험보다 잡음이 섞이기 어려웠기 때문 이라고 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 충분 하다고 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.

V. 요약

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, 육상 수조, 해중 에서 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 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

- 幡谷 雅之·大西 慶一·大須賀穂作. 1989. カ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.
- 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.
- 金尙漢.1981. 應用 音響學. 太和出版社,釜山. pp. 326-336, 476-485.
- 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.
- 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.
- 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.
- Maniwa, Y. and Y. Hatakeyama, 1976. Research on the luring and driving a way of fish schools by utilizing underwater acoustical equipment(5). Tech, Rep. Fishing Boat, 29 : 147-162.
- Okamoto, M., 1982. Studies on the community ecology of fishes near the experimental nursery of pagrus major using acoustic conditioning. Bull, Jap. Soc. Sic. Fish, 48(8). 1113-1119.
- 편집부 역.1993. 現代 오디오 技術. 기전 연구사, 서울. pp. 31-33.
- 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.
- 서두옥.1993. 수중음향을 이용한 어업계측기. 韓國 音響學會誌, 11(5). 78-81.

- 徐斗玉, 淺野謙治, 小長谷庸夫, 1989. 水中音에 대한 고등어 魚群의 反應. 어업기술, 25(1). 12-17.
- 竹村 陽. 1984. 水族の發生音. 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.
- 上野 正司. 1979. 漁業に利用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.



謝 儀

이 研究를 遂行함에 있어 細心한 指導와 鞭撻을 하여주신 徐斗玉 指導教授님께 眞心으로 깊은 感謝를 드리며, 論文 作成에 有益한 助言을 해주신 朴正埴 教授님, 安長榮 教授님, 그리고 課程 履修 期間中 가르침을 베풀어 주신 鄭公忻 教授님, 孫泰俊 教授님, 盧洪吉 教授님과 많은 激勵을 해주신 先輩님들께 깊은 감사를 드립니다. 또한 資料를 얻는 데 도와주신 한라호 선원 여러분과 資料 整理를 獻身的으로 도와 준 金秉燁學友, 文鐘旭 君에게 깊은 感謝를 드립니다.

끝으로 이 論文이 完成될 때까지 도움을 주신 어머님과 동생에게 깊은 感謝를 드립니다.

