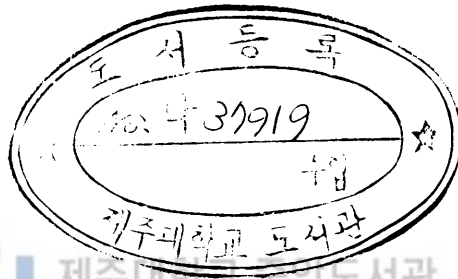


11  
529.4  
78140

碩士學位論文

옥돔과 자리돔의 등방향  
반사강도에 관한 연구



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY  
濟州大學校 大學院

漁業學科

金 承 必

1998年 12月

# 옥돔과 자리돔의 등방향 반사강도에 관한 연구

指導教授 安 長 榮

金 承 必

이 論文을 水産學 碩士學位 論文으로 提出함.



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

1998年 12月

金承必의 水産學 碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長 徐 斗 玉

委 員 安 瑛 化

委 員 安 長 榮

濟州大學校 大學院

1998年 12月

**Studies on Dorsal Aspect Target Strength of  
Horse-head fish(*Branchiostegus Japonicus*)  
and demoiselles(*Chromis notata*)**

**Seung- Pil Kim**

**(Superrvised by professor Jang-Young Ahn)**



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

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

**1998. 12.**

# 目 次

List of Figures .....	ii
List of Tables .....	iv
Summary .....	1
I. 서 론 .....	2
II. 재료 및 방법	
1. 송수파기 특성	
(1) 임피던스 측정 .....	4
(2) 송수파기 지향각 측정 .....	5
(3) 송수파기 Source level 측정 .....	8
(4) 송수파기 수신감도 측정 .....	8
(5) 송수파기 교정 .....	9
2. 실험어의 반사강도 측정 .....	10
3. 실험어의 부레 특성 .....	15
III. 결 과	
1. 송수파기 특성 .....	16
2. 실험어의 반사강도 .....	19
3. 실험어의 부레 특성 .....	26
IV. 고 찰 .....	29
V. 요 약 .....	31
참고문헌 .....	32
감사의 글 .....	34

## List of Figures

Fig.1. Block diagram for measurement impedance of the transducer .....	4
Fig.2. Block diagram for measurement beam width and transmitting sensitivity of the transducer. ....	5
Fig.3. circuit of Transmitter / Receiver equipment. ....	6
Fig.4. circuit of RMS-DC converter equipment. ....	6
Fig.5. Block diagram for measurement receiving sensitivity of the transducer. ....	9
Fig.6. Block diagram for measurement target strength of standard sphere with the transducer. ....	10
Fig.7. Photographs of the horse-head fish(A) and demoiselles(B). ....	12
Fig.8. Schematic diagram of target strength measuring system. ....	14
Fig.9. Photographs of water tank and measuring system. ....	14
Fig.10. Geometry for measurement of swimming bladder. ....	15
Fig.11. Result for impedance of transducer. ....	16
Fig.12. Directivity pattern of circular transducer. ....	17
Fig.13. Echogram for measurement of beam width. ....	18
Fig.14. Echogram for calibration of transducer with standard sphere. ....	19
Fig.15. Echogram for measurement of target strength against the demoiselles. ....	20
Fig.16. Scatter diagram of dorsal aspect target strength on total length at horse-head fish. ....	21
Fig.17. Scatter diagram of dorsal aspect target strength on total length at demoiselles. ....	22
Fig.18. Scatter diagram of average dorsal aspect target strength on total length at horse-head fish(A) and demoiselles(B). ....	23

Fig.19. Scattering diagram of average dorsal aspect target strength  
on total length(A : horse-head fish B : demoiselles). ..... 24

Fig.20. Scattering diagram of average dorsal aspect target strength  
on body weight (A : horse-head fish B : demoiselles). ..... 25

Fig.21. X-ray photograph of horse-head fish (A) and demoiselles(B). ..... 27

Fig.22. X-ray photographs of demoiselles. .... 28



## List of Tables

Table 1. Specifications of equipments used for experiment. ....	7
Table 2. The sizes of experimental fishes for measurement of target strength. ....	13
Table 3. Ratio of total length and swimming bladder. ....	27



## Summery

The experiment was carried out measurement of the dorsal aspect target strength of two species. they were horse-head fish which are caught in the East China and South Sea of Korea, and demoiselles which are caught around the Cheju island. The relation between the target strength and a parameter such as swimming pitch angle, total length, body weight, and the form of swimming bladder, was inspected.

The results were following.

1. Swimming pitch angle distribution of horse-head fish and demoiselles that showed maximum target strength was  $3^{\circ} \sim 9^{\circ}$  ,  $9^{\circ} \sim 16^{\circ}$  head turning down direction from the equilibrium shape respectively.



2. The formula refers to the average target strength on total length(L;cm) of horse-head fish and demoiselles.

$$\text{horse-head fish : TS} = -75.94 + 20 \cdot \log L$$

$$\text{demoiselles : TS} = -71.85 + 20 \cdot \log L$$

3. The formula refers to the average target strength on body weight(W;g) of horse-head fish and demoiselles.

$$\text{horse-head fish : TS} = -63.26 + 20/3 \cdot \log W$$

$$\text{demoiselles : TS} = -60.44 + 20/3 \cdot \log W$$

4. The slop angle of swimming bladder of red horse-head fish and demoiselles was  $9^{\circ}$  ,  $18^{\circ}$  respectively.

It is consistent with the swimming pitch angle when the fish shows the maximum target strength.



## I. 緒論

제주해역은 우리나라와 중국, 일본 사이에 위치하면서 대마난류와 황해난류의 주 영향으로 난류성 어족의 회유로 및 월동장이 됨으로써 어류 자원이 다양하게 분포하는 좋은 어장이 형성되고 있어 많은 어선들이 찾고 있다.

그런데, 1997년도 제주도에 등록된 어선을 보면, 총 2,605척에 18,135톤으로 척당 평균 6.96톤에 불과하며 전국 평균 11.90톤인 점을 감안하면 소규모적이고 영세성을 보이고 있다. 이들 소형 어선의 조업 방법은 채낚기, 주낙, 들망, 자망 등을 들 수 있으며, 주로 주낙으로는 옥돔, 들망으로는 자리돔을 어획 대상으로 하고 있는데, 어획량으로는 1997년도에 옥돔은 1,993톤, 자리돔은 333톤에 이르렀다.(해양수산현황, 1998) 그러나, 주낙은 경험으로 어장을 선정하여 조업하고 있고, 들망은 수경을 통하여 어구에 어류가 들어가 있는지를 확인한 후 어획하는 전근대적 어법을 이용하고 있어 어군탐지기와 같은 계측기기를 이용한 보다 효율적인 어법으로의 개선이 필요하다.

어군탐지기는 1912년에 타이타닉호가 빙산에 충돌하면서 일어난 해난 사고가 계기가 되어 1914년 미국의 Fessenden에 의해 약 2해리 떨어진 수중 빙산의 탐지가 가능하면서 개발이 시작되었다. 그후, 木村에 의하여 초음파에 의한 물고기의 검출 실험이 성공하면서 본격적인 개발이 이루어져 제2차 세계대전 후 어선에 실용화되기에 이르렀으며, 일본 선망 어업에서의 경이적인 어획은 어군탐지기의 급속한 보급을 가져왔다.(Urick R.J, 1985) 이렇듯 어업계의 대혁명을 일어킨 어군탐지기는 음향 기술의 발달로 성능이 향상되었고 동시에 어선도 대형화·고속화됨으로써 어획 효율은 극대화되는 한편, 남획으로 인한 어류 자원의 감소를 초래하게 되었다.

최근의 계량어군탐지기는 감소되는 어류 자원의 신속한 측정 및 평가를 위하여 개발되어 사용되고 있는데, 유럽 등에서와 같이 대부분 단일 어종으로 어군이 형성되고 있는 지역에서는 자원량 추정에 효율적인 이용이 가능하나, 우리나라와 아열대 지방에서와 같이 여러 어종이 혼재하여 있는 지역에서는 어종 판별에 어려움이 많고 자원량 추정에도 문제가 있다.

계량어군탐지기를 이용한 자원량의 추정에 관한 연구로는, 辛 등(1991)의 어체에 대한 초음파 산란 특성에 관한 연구, 向井 등(1993)이 동중국해에서 어획된 물고기의

등방향 반사강도와 부레와의 관계에 대하여 연구하였으며, **李 등(1995)**은 음향에 의한 어족 생물의 자원 조사를 실시하여 보고한 바 있다. 특히 **Foote(1980)**는 물고기의 부레 유무와 반사강도와의 관계를 연구하여 어체의 음향 산란에 부레의 기여도가 대단히 높은 것을 보고한바 있다. 그러나 제주에서 많이 어획되는 옥돔과 자리돔에 대한 어체의 반사강도는 물론 음향학적인 자원 조사에 관한 보고는 없다.

이 연구는 제주도를 중심으로 한 우리나라 남해안 및 동중국해에서 많이 어획되는 옥돔과 자리돔의 등방향에 대한 반사강도를 측정하여, 유영 자세와 반사강도의 관계, 체장 및 체중과 반사강도, 부레의 형태가 반사강도에 미치는 영향을 조사·분석하였다.



## II. 材料 및 方法

### 1. 송수파기 특성

#### (1) 임피던스 측정

어체의 반사강도 측정에 사용된 송수파기는 일본 (주)토킹사의 제품으로, 규격은 TGM 50-200-10L, 직경은 9cm이었으며, 이 송수파기의 정확한 공진 주파수를 알기 위하여 Fig.1과 같이 구성하여 임피던스 측정을 실시하였다. 실험에 사용한 수조는 스테인레스제 수조(1800×2000×1400mm)로서 음파의 반향을 줄이기 위하여 수조 내부의 윗면을 제외한 다섯면에 나무로 된 사각뿔(50mm×50mm×150mm)을 벽면에 조밀하게 부착하여 무향 수조를 만들었다.

Fig.1에서, 신호발생기에서는 주파수 1kHz에서 100kHz까지는 1kHz간격으로 하고, 100kHz에서 230kHz까지는 5kHz간격으로 음파를 발생시켰으며, 발생한 음파는 전기저항 1.58kΩ을 통하여 송수파기에 입력시켰다. 이때 신호발생기에서 발생한 음파의 전압 ( $V_i$ )과 송수파기에 입력된 전압( $V_o$ )을 오실로스코프 및 컴퓨터로 측정하여 (1-1)식에 의하여 임피던스를 계산하였다.

$$Z = R \times V_o / (V_i - V_o) \text{ ----- (1-1)}$$

단,  $Z$  : 송수파기의 임피던스.

$R$  : 전기저항(1.58kΩ).

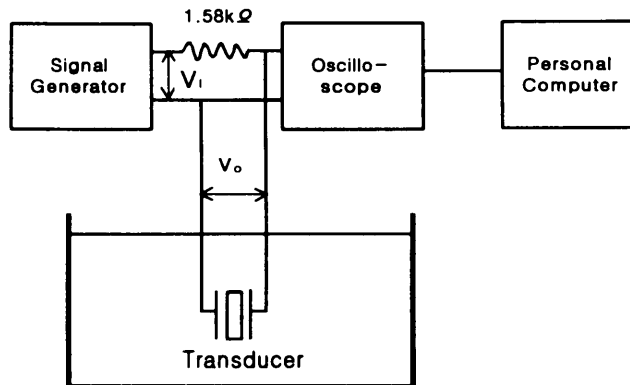


Fig.1. Block diagram for measurement impedance of the transducer

(2) 송수파기의 지향각 측정

송수파기의 지향특성을 알기 위하여, 송수파기에서는 음축의 방향을 바꾸면서 음파를 송신하고 일정한 지점에서는 그 음압에 따른 상대적 수신전압을 측정하였는데, 측정시의 기기 구성은 Fig.2와 같다.

신호발생기(NF, 1942)에서 주파수 200kHz, 펄스폭 0.1ms의 음파를 발생시켜 전력증폭기(NF, 4005)에서 150V<sub>P-P</sub> 전압으로 증폭시킨 후 Fig.3과 같이 제작된 송수신절환장치(T/R)를 통하여 송수파기로 송신하였다. 송신된 음파는 수평거리 1m 떨어진 수중청음기(Simrad, ST1004)에서 수신되어 전치증폭기(NF, 5305), 대역필터(NF, 3627)를 거쳐 Fig.4와 같이 제작한 RMS 변환기 및 A/D보드(UNION DATA, UAD-98MX)를 통하여 개인용 컴퓨터에 입력하여 수신전압을 측정하였다. 이러한 측정은 송수파기의 음축 방향을 수중청음기의 방향을 기준으로 좌우 90° 까지 1° 간격으로 회전시키면서 반복적으로 행하였으며, 음축 회전은 송수파기를 고정한 브라켓과 스텐레스봉으로 연결된 방위환으로 하였다.

이 실험에서 사용한 각 장비들의 상세한 사양은 Table 1과 같다.

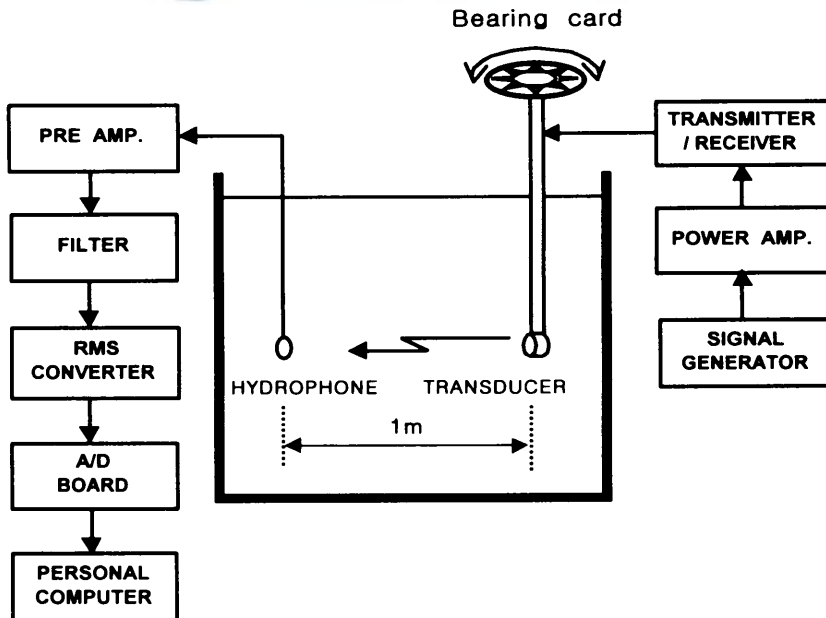


Fig.2. Block diagram for measurement beam width and transmitting sensitivity of the transducer.

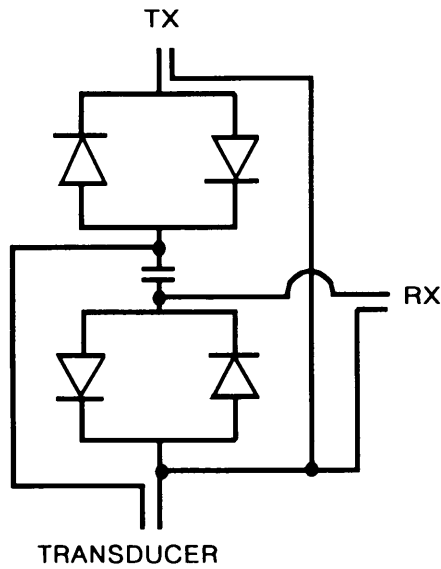


Fig.3. circuit of Transmitter / Receiver equipment.

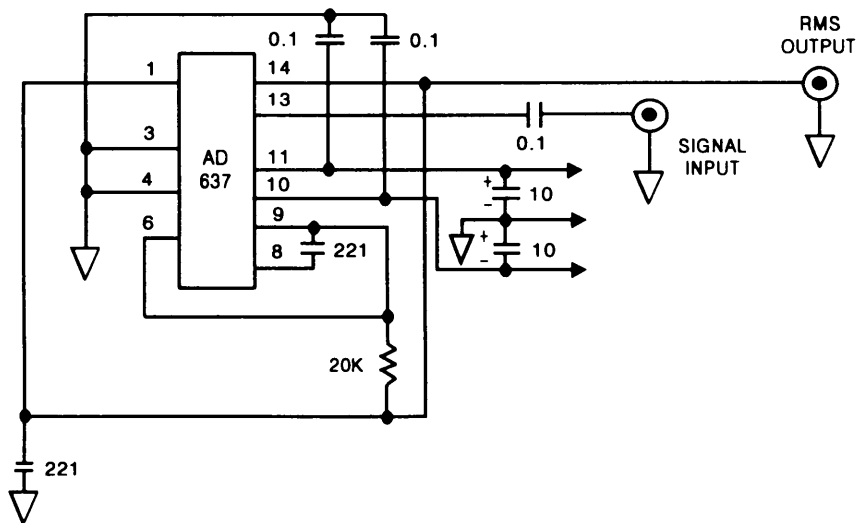


Fig.4. circuit of RMS-DC converter equipment.

Table 1. Specifications of equipments used for experiment

Equipment	Specification
Hydrophone (Simrad, ST1004)	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Frequency range : 100Hz to 1MHz</li> <li>o Receiving sensitivity : 206dB rel 1V/<math>\mu</math>Pa</li> </ul>
Signal generator (NF-1946)	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Frequency : 0.01 <math>\mu</math>Hz to 500kHz</li> <li>o Output voltage : 1V to 10V</li> </ul>
Power Amp. (NF-4005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Max. output voltage : 50Vrms(40Hz to 500kHz)</li> <li>o Gain : <math>\times 10</math>, <math>\times 20</math>, <math>\times 50</math>, <math>\times 100</math>(4steps)</li> <li>o Power voltage : AC 100~240V/48~62Hz</li> </ul>
Filter (NF-3627)	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Frequency range : 1Hz to 1.59Hz</li> <li>o Power requirements : AC 100, 120, 220, 240V(10%)</li> <li>o Max. attenuation : 90dB or greater(to 100kHz) 70dB or greater(2MHz)</li> </ul>
Pre-Amp. (NF-5305)	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Wide bandwidth : DC to 10MHz</li> <li>o High CMRR : 120dB or higher</li> <li>o Power voltage : AC 100, 120, 220 or 240V</li> </ul>
A/D Board (UNIONDATA, UAD-98MX)	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Input limits : <math>\pm 2.5V</math>, <math>\pm 5V</math>, <math>\pm 10V</math>, 0~5V, 0~10V.</li> <li>o Input marks : 16CH / 8CH</li> <li>o Analysis ability : 12BIT</li> <li>o Max. sampling : 3 <math>\mu</math>s / data</li> </ul>
Transmitter / Receiver	Fig. 3
RMS-DC Converter	Fig. 4

### (3) 송수파기 Source level 측정

송수파기의 Source level(SL)을 구하기 위하여 먼저 송수파기의 송신감도를 구하였다. Fig.2의 신호발생기에서 주파수 200kHz, 전압  $3V_{p-p}$ , 펄스폭 0.1ms의 펄스 음파를 발생시켜 전력증폭기를 통하여  $150V_{p-p}(=53V_{rms})$ 로 증폭시킨 후 송수파기로 송신한다. 송신된 음파는 음측 선상 1m 지점의 수신감도(SR)를 알고 있는 수중청음기으로써 수신하여, 전치증폭기, 대역필터, RMS 변환기, A/D보-드를 거쳐 개인용 컴퓨터에 입력해서 수신전압(vr)을 구하고 Echo level(EL)을 계산하였다. 그후, 다음과 같이 소오나 방정식을 이용하여 송수파기의 송신감도(ST)를 구하고 (1-2)식으로 Source level를 구하였다.

$$ST + VT = EL + TL - SR - GR \quad \text{-----} \quad (1-2)$$

$$VT = 20\log vt, \quad EL = 20\log vr, \quad TL = 20\log r$$

단, TL : 전파손실

GR : 수신기의 이득

r : 송수파기와 수중청음기의 수평거리

vt : 송수파기에 대한 입력 전압의 실효치

### (4) 송수파기 수신감도 측정

송수파기의 음파에 대한 수신감도를 구하기 위하여 Source level을 알고 있는 수중청음기를 이용하여 송신하였다. Fig.5의 신호발생기에서 주파수 200 kHz, 전압  $3V_{p-p}$ , 펄스폭 0.1ms의 펄스 음파를 발생시켜 전력증폭기를 통하여  $150V_{p-p}$ 로 증폭시킨 후 수중청음기로 송신한다. 송신된 음파는 무지향성으로 전파되어 1m 떨어져 있는 송수파기에서 수신되어, 전치증폭기, 대역필터, RMS 변환기, A/D보-드를 거쳐 개인용 컴퓨터로 입력해서 수신전압을 구하고 Echo level을 계산하였다. 송수파기의 수신감도는 (1-2)식의 소오나 방정식을 이용하여 구하였다.

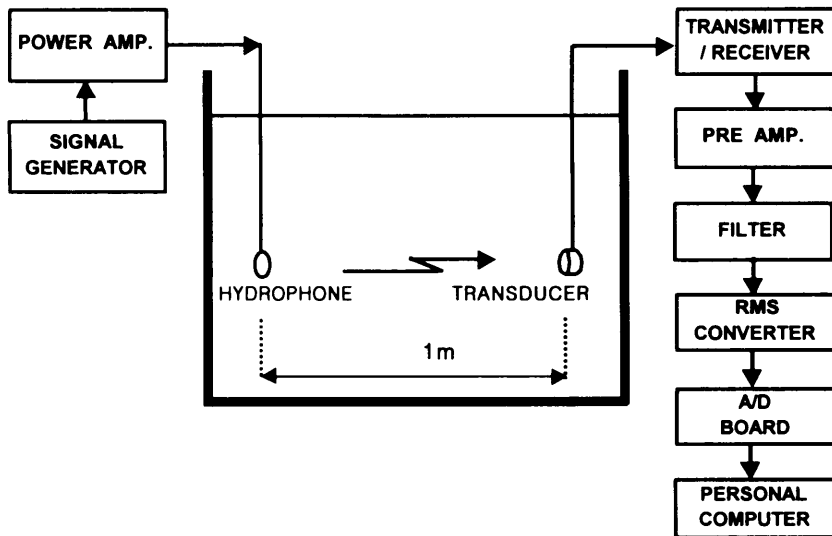


Fig.5. Block diagram for measurement receiving sensitivity of the transducer



#### (5) 송수파기 교정

어군탐지기와 같은 수중 음향기기에 의하여 어체의 반사강도를 측정하기 위해서는 센서에 해당되는 송수파기의 정도가 대단히 중요하다. 따라서, 측정전에 송수파기의 교정을 반드시 행하여야 하며, 여기에는 수중청음기에 의한 교정법과 반사강도를 아는 표준구를 사용하는 교정법이 주로 이용된다. 이 논문에서는 수중청음기를 이용하여 구하여진 송수파기의 특성으로 표준구의 반사강도를 측정하여 이론치와 실측치를 비교·확인하였다.

교정에 사용한 표준구는 Simrad사에서 제작된 직경 23mm 및 60mm의 황동구로서 그 반사강도는 각각 -40.6dB 및 -33.6dB이었는데, 이 값을 이론치로 하였다. 실험에 사용된 송수파기를 이용한 황동구의 반사강도는 Fig.6과 같이 구성하여 측정하였다. Fig.6에서, 신호발생기에서 발생된 주파수 200kHz, 전압  $3V_{p-p}$ , 펄스폭 0.1ms의 음파는 전력증폭기에서 전압  $150V_{p-p}$ 로 증폭시켜 송수신절환장치를 통하여 송수파기에서 송신하였다. 송신된 음파는 송수파기로부터 음축선상의 수평거리 1m에 있는 표준구에서 반사되어 되돌아오게 되며, 이 음파를 송수파기로 다시 수신하여 송수신절환장치, 전치증폭기, 대역필터, RMS변환기, A/D 보-드를 통하여 개인용 컴퓨터에 입력시켜 입



력 전압을 측정·저장하였다. 저장된 전압은 다음의 (1-3)식과 같은 소오나 방정식에 의하여 표준구의 반사강도를 계산하였다.

$$TS = EL - SL + 2TL - SR - GR \quad \text{-----} \quad (1-3)$$

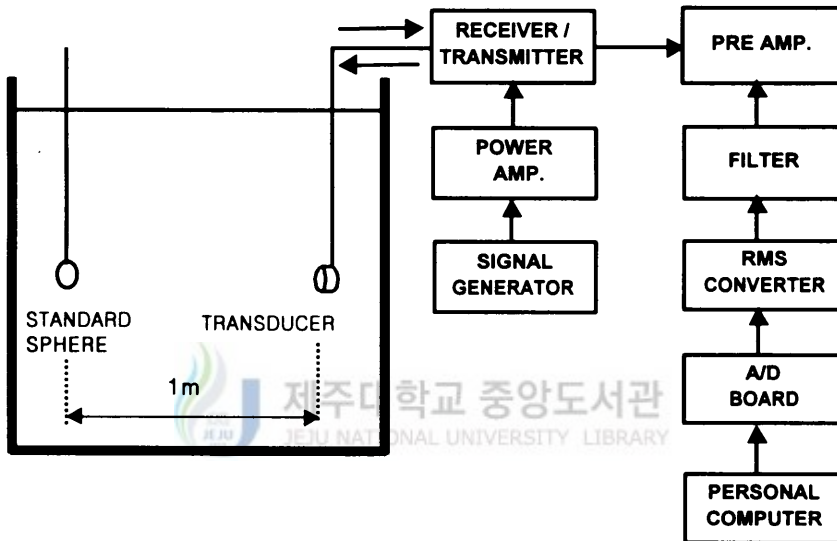


Fig.6. Block diagram for measurement target strength of standard sphere with the transducer.

## 2. 실험어의 반사강도 측정

실험에 사용된 실험어는 옥돔과 자리돔으로 하였으며, 사진은 Fig.7과 같다. 옥돔은 서귀포 연안 30해리 부근에서 주낙으로 어획된 5마리, 자리돔은 가파도 부근 연안에서 들망으로 어획된 4마리로서, 전장과 체중별로 다양하게 선택되도록 하였으며 선택된 실험어의 크기는 Table 2와 같다. 이 실험어들은 실험전에는 냉동실(-10℃)에 보관하였다가 실험을 시작하기 약 2시간 전부터 자연적으로 해동되게 하여 실험을 행하였다.

해동된 실험어들에 대한 등방향 반사강도 측정은 Fig.6의 교정구 대신에 실험어를

넣어 교정구의 반사강도를 측정하는 방법으로 행하였으며, 그 구성도는 Fig.8과 같다. 여기서 실험어가 해중에서 유영 수심을 이동할 경우, 등수심 방향에서 상하 45° 이상의 자세로 이동하는 경우가 적으므로 반사강도의 측정도 상하 45°의 자세까지 행하였으며, 수조에서의 실험은 실험어의 등지느러미가 송수과기를 향하도록 누여서 송수과기의 음축 방향을 기준으로 좌우 45°까지 1° 간격으로 실험어를 회전시키면서 반사강도를 측정하였다. 수조속에서 실험어의 수평방향 회전은 실험어를 고정된 H자형틀의 위쪽에 연결된 지름 200mm의 방위환을 회전시켜 행하였으며, 회전 완료 후 실험어의 흔들림 방지를 위해 3분~5분 경과 후에 측정하였다.

Fig.9에서, 실험어는 등지느러미가 송수과기 음축 방향으로 향하도록 고정하기 위하여 H자형틀에 나일론 텍스 0.5mm로 실험어 머리 방향 양쪽과 꼬리 방향 양쪽의 4곳을 고정하였고, 실험어의 흔들림을 방지하기 위하여 실험어의 아래쪽에는 가는 스테인레스 봉으로 만든 직사각형의 추를 달았다.

실험어의 반사강도 계산은 표준구의 반사강도의 계산법과 같이 (1-3)식에 의해 구하였으며, 이렇게 구하여진 반사강도와 실험어의 체장으로써 실험어의 체장에 대한 반사강도를 계산할 수 있는 일반식을 (1-4)식과 같이 최소자승법에 의해 다음 과 같이 구하였다.

$$TS = A + 20 \log L \quad \text{-----} \quad (1-4)$$

단, L : 실험어의 체장(cm)

A : 실험어의 단위 체장에 대한 반사강도.

또한, 실험어의 체중에 대한 반사강도의 일반식은, 실험어의 체장과 체중과의 관계식을 참고하고, 측정 및 계산하여 얻어진 실험어의 반사강도 및 체중으로 (1-5)식과 같이 최소자승법에 의하여 구하였다.

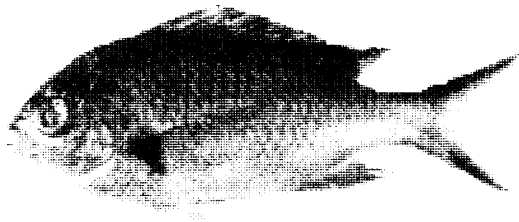
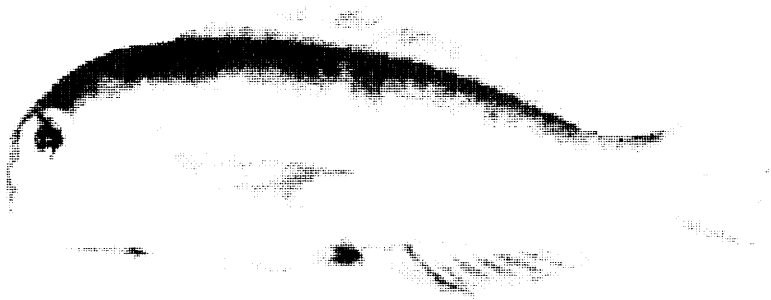
$$TS = B + 20/3 \log W \quad \text{-----} \quad (1-5)$$

$$L = kW / 3 \quad \text{-----} \quad (1-6)$$

단, W : 실험어의 체중(g)

B : 실험어 단위체중에 대한 반사강도.

k : 실험어의 체장과 체중사이의 상수.



(B)

Fig.7. Photographs of the horse-head fish(A) and demoiselles(B).

Table 2. The sizes of experimental fishes for measurement of target strength

Species		Total length (cm)	Body length (cm)	Body height (cm)	Body width (cm)	Body weight (g)
Horse-head fish	A	28.0	23.5	7.0	3.0	270
	B	26.0	21.5	6.5	2.9	215
	C	25.5	21.0	5.5	2.8	210
	D	24.0	20.5	6.0	2.6	170
	E	22.5	18.5	5.7	2.5	140
Demoiselles	F	14.5	11.5	6.0	2.6	70
	G	14.0	11.0	5.5	2.1	50
	H	12.1	9.5	4.3	2.0	30
	I	10.0	7.8	3.4	2.0	20

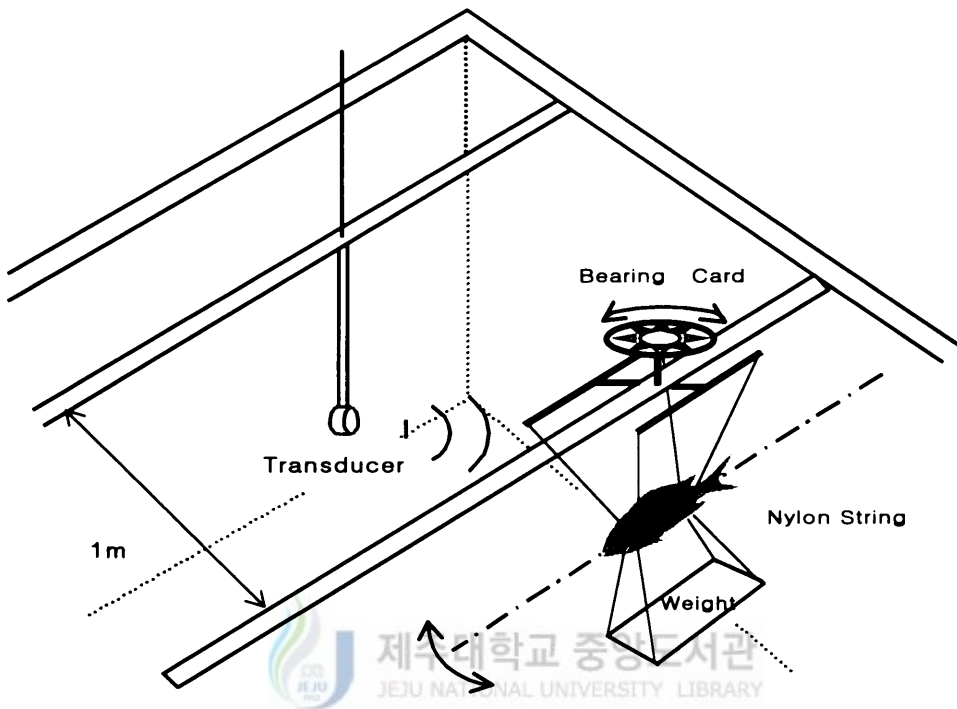


Fig.8. Schematic diagram of target strength measuring system

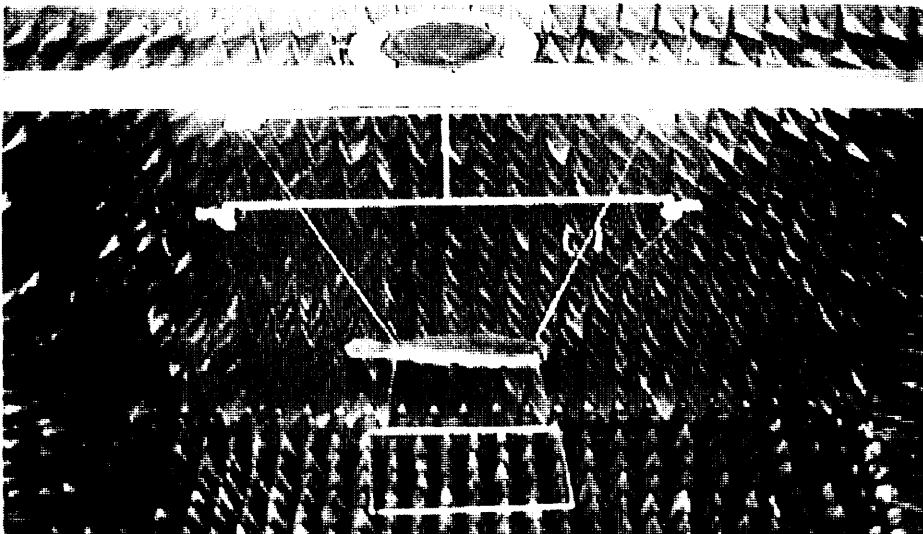


Fig.9. Photographs of water tank and measuring system

### 3. 실험어의 부레 특성

실험어의 반사강도에 대한 부레의 영향을 조사하기 위하여 체장이 각각 22mm 및 14mm인 옥돔과 자리돔을 대상으로 X-Ray 촬영을 행하였다. X-Ray 촬영은 soft X-Ray System(Hitex, HA-100)를 사용하였으며, 촬영 결과에 의한 부레의 경사도( $\theta_{SB}$ ), 부레 길이(SBL), 부레 높이(SBH) 등의 측정 방법은 Fig.10과 같고, 실험어의 전장(TL)과 부레 길이의 비, 실험어의 체고(BH)와 부레 높이의 비, 등의 분석 방법은 向井 등(1993)의 방법을 이용하였다.

또한 자리돔인 경우 크기가 비슷한 전장 13~14cm 6마리를 선택하여 부레의 형태 및 크기를 조사하기 위하여 X-Ray 촬영을 하였다.

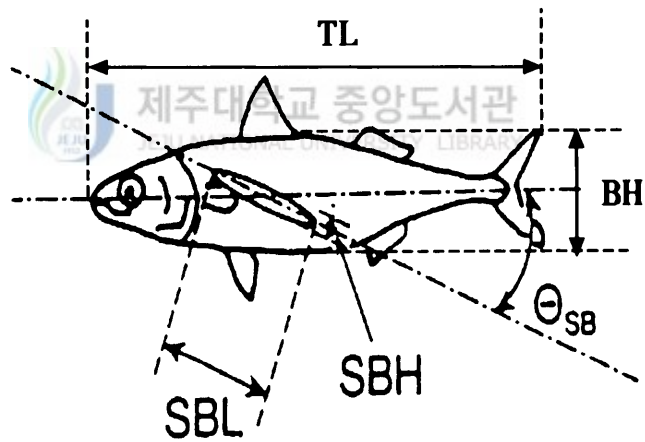


Fig.10. Geometry for measurement of swimming bladder

### Ⅲ. 結果

#### 1. 송수파기 특성

실험에 사용한 송수파기의 정확한 공진 주파수를 알기 위하여 주파수 1kHz에서 100kHz까지는 1kHz간격으로 하고, 100kHz에서 230kHz까지는 5kHz간격으로 측정한 각 주파수에서의 임피던스 측정 결과는 Fig.11과 같다. Fig.11에서 최대송신출력을 낼 수 있는 최소임피던스는 200kHz이고, 최대수신감도를 나타내는 주파수는 저주파수로서 달리 나타났으나, 같은 주파수에서 최대송신감도와 최대수신감도를 나타내는 주파수는 200kHz이었다. 따라서, 이 송수파기는 200kHz용 송수파기이었다.

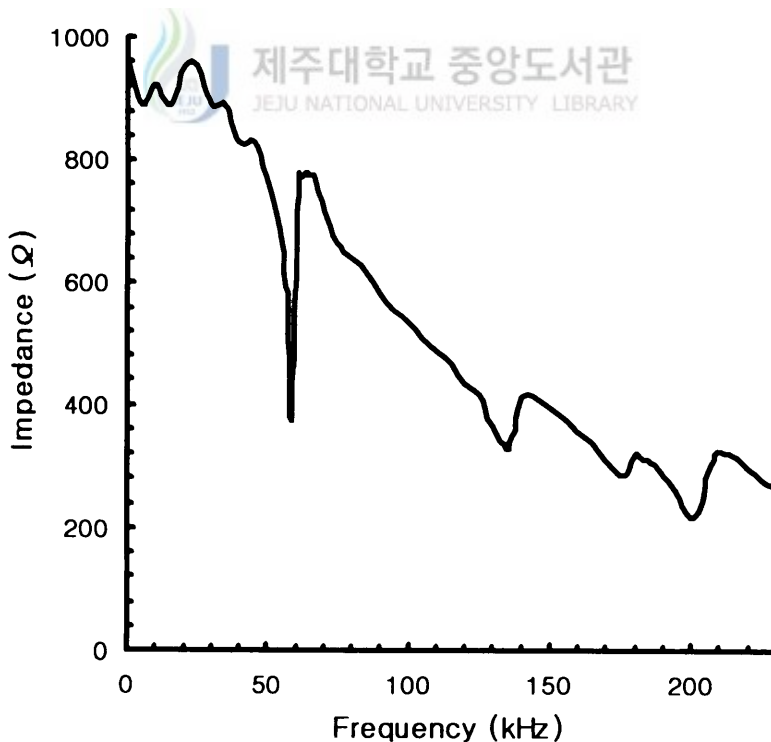


Fig.11. Result for impedance of transducer.

송수파기의 지향특성을 알기 위하여, 송수파기에서는 음축의 방향을 바꾸면서 음파를 송신하고 고정점에서는 그 음압에 따른 상대적 수신전압을 측정한 결과는 Fig.12와 같다. Fig.12에서 정면을 보았을 때의 최대전압을 1로 보고 그 전압에 대한 다른 방향의 전압의 상대적인 값으로 얻은 지향성 pattern은 중심축에서 주극(main lobe)과 부극(side lobe)으로 나뉘져 있다.

일반적으로 주극의 최대지점을 중심으로 좌우  $-3\text{dB}$ 되는 점 사이의 각을 이 송수파기의 지향각이라고 할 때, 좌우로  $2^\circ$  씩인  $4^\circ$  이고,  $-6\text{dB}$ 되는 점 사이의 지향각으로는  $6^\circ$  로 나타났으며, 부극은  $12^\circ$  와  $30^\circ$  에서 대칭적으로 2회 나타나고 있다. 이 실험에서 지향특성을 알기 위하여 송수파기의 음축을 선회시키면서 각 방향에 대한 수신전압을 측정할 때에 이용한 echogram의 한 예는 Fig.13과 같다. Fig. 13에서 gate를 설정하고 그 gate안에서의 최대전압을 디지털로 읽는 방법으로 수신전압을 얻었다.

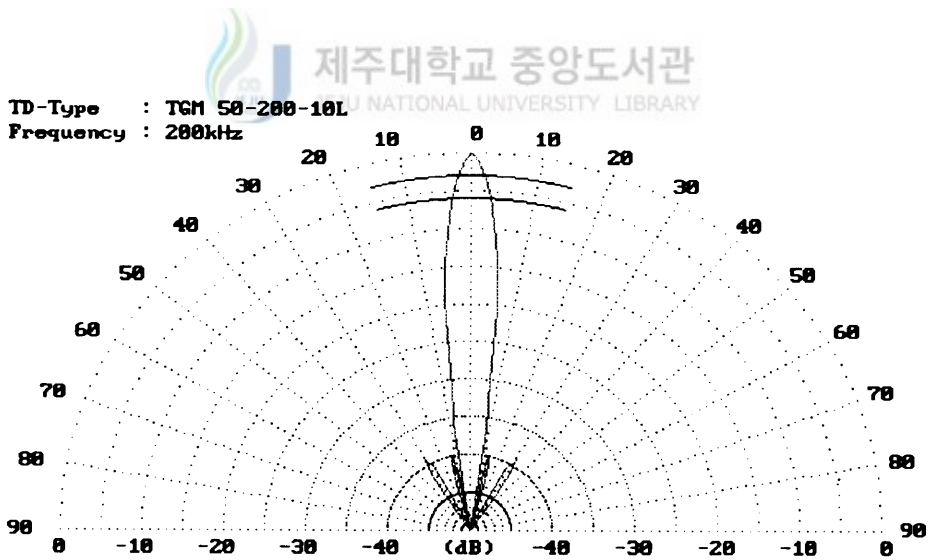
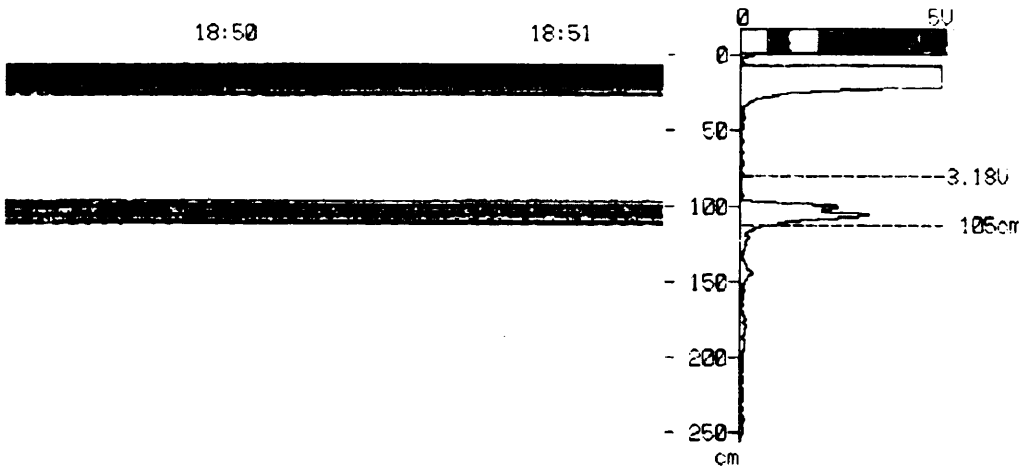


Fig.12. Directivity pattern of circular transducer





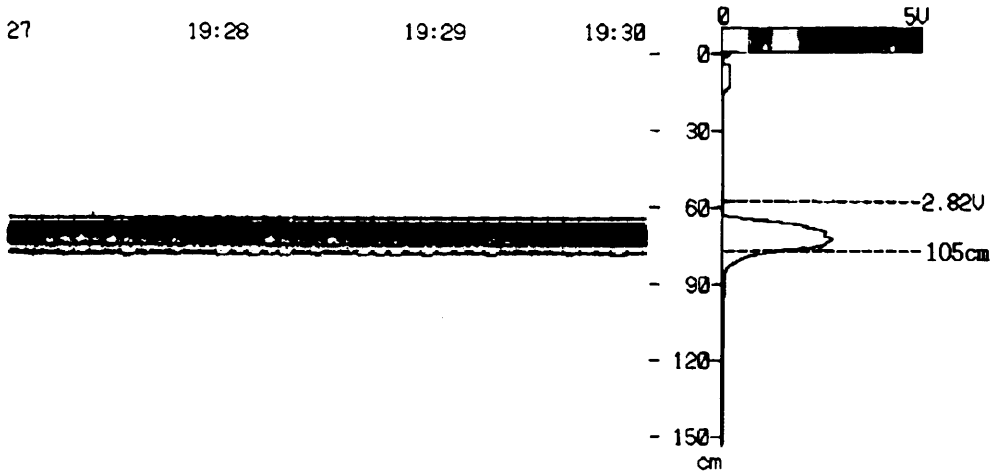
B:88061849.DAT



Fig.13. Echogram for measurement of beam width

200kHz의 송수파기의 교정을 위하여, 표준 Hydrophone을 사용하여 소오나 방정식으로 실험용 송수파기의 Source level과 송수신감도를 측정·계산한 결과, 송수파기에서 방사되는 송파음압인 Source level은 198.2dB, 송신감도(ST)는 163.7dB, 수신감도(SR)는 -193.7dB이었다.

이상에서 얻어진 송수파기의 Source level과 송수신감도로써, 반사강도를 이미 알고 있는 표준구의 반사강도를 측정하여 표준구에 대한 반사강도의 이론치와 실측치를 비교한 결과, 23mm와 60mm의 황동구의 이론치는 -40.6dB와 -33.6dB이었는데 실측치는 -39.2dB와 -33.1dB로 거의 차이가 없었으며, Hydrophone으로 구한 Source level과 송수파기의 송수신감도로써 실험어의 반사강도를 구하였다. 표준구에 의한 송수파기의 교정을 위해, 표준구의 반사강도에 따른 수신전압 측정시의 echogram의 한 예는 Fig.14에 나타내었다.



B: 89131929.DAT

Fig.14. Echogram for calibration of measurement with standard sphere.

## 2. 실험어의 반사강도

주파수 200kHz용 송수파기를 사용하여 실험어의 반사강도에 따른 수신전압을 측정할 때 이용한 echogram의 한 예는 Fig.15와 같다. Fig. 15는 자리돔의 반사강도를 측정하는 경우로서, 측정 방법은 표준구의 반사강도 측정과 같았다. 이와 같은 방법으로 측정·계산한 옥돔과 자리돔의 전장별 자세에 따른 반사강도의 결과는 각각 Fig.16 및 Fig.17과 같다. Fig.16에서 옥돔의 반사강도는, 전장 280mm, 260mm, 255mm, 240mm, 225mm 일때 Pitch angle과 최대반사강도는 각각  $-8^{\circ}$  에서  $-37.4\text{dB}$ ,  $-3^{\circ}$  에서  $-39.2\text{dB}$ ,  $-9^{\circ}$  에서  $-36.9\text{dB}$ ,  $-6^{\circ}$  에서  $-38.9\text{dB}$ ,  $-4^{\circ}$  에서  $-41.2\text{dB}$ 이었다. Fig.17에서 자리돔의 반사강도는, 전장 155mm, 145mm, 140mm, 121mm, 100mm 일때 Pitch angle과 최대반사강도는 각각  $-16^{\circ}$  에서  $-40.8\text{dB}$ ,  $-15^{\circ}$  에서  $-41.1\text{dB}$ ,  $-9^{\circ}$  에서  $-43.9\text{dB}$ ,  $-12^{\circ}$  에서  $-42.4\text{dB}$ ,  $-11^{\circ}$  에서  $-42.9\text{dB}$ 이었다.

이상에서 실험어의 최대반사강도가 옥돔은  $-3^{\circ} \sim -9^{\circ}$  일때  $-39.2 \sim -36.9\text{dB}$ 이었으며,

자리돔은  $-9^{\circ} \sim -16^{\circ}$  일때  $-42.9 \sim -40.8\text{dB}$ 이었다.

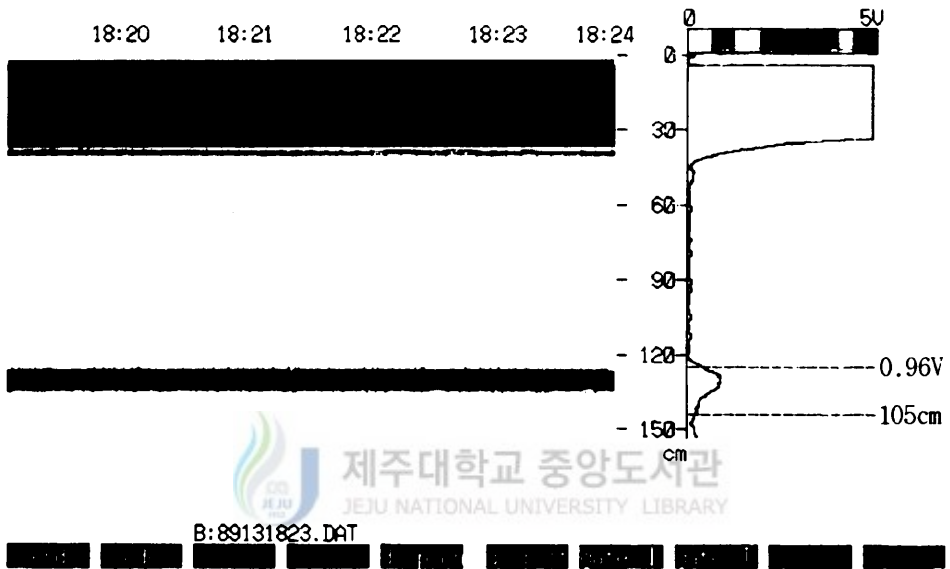


Fig.15. Echogram for measurement of target strength against the demoiselles

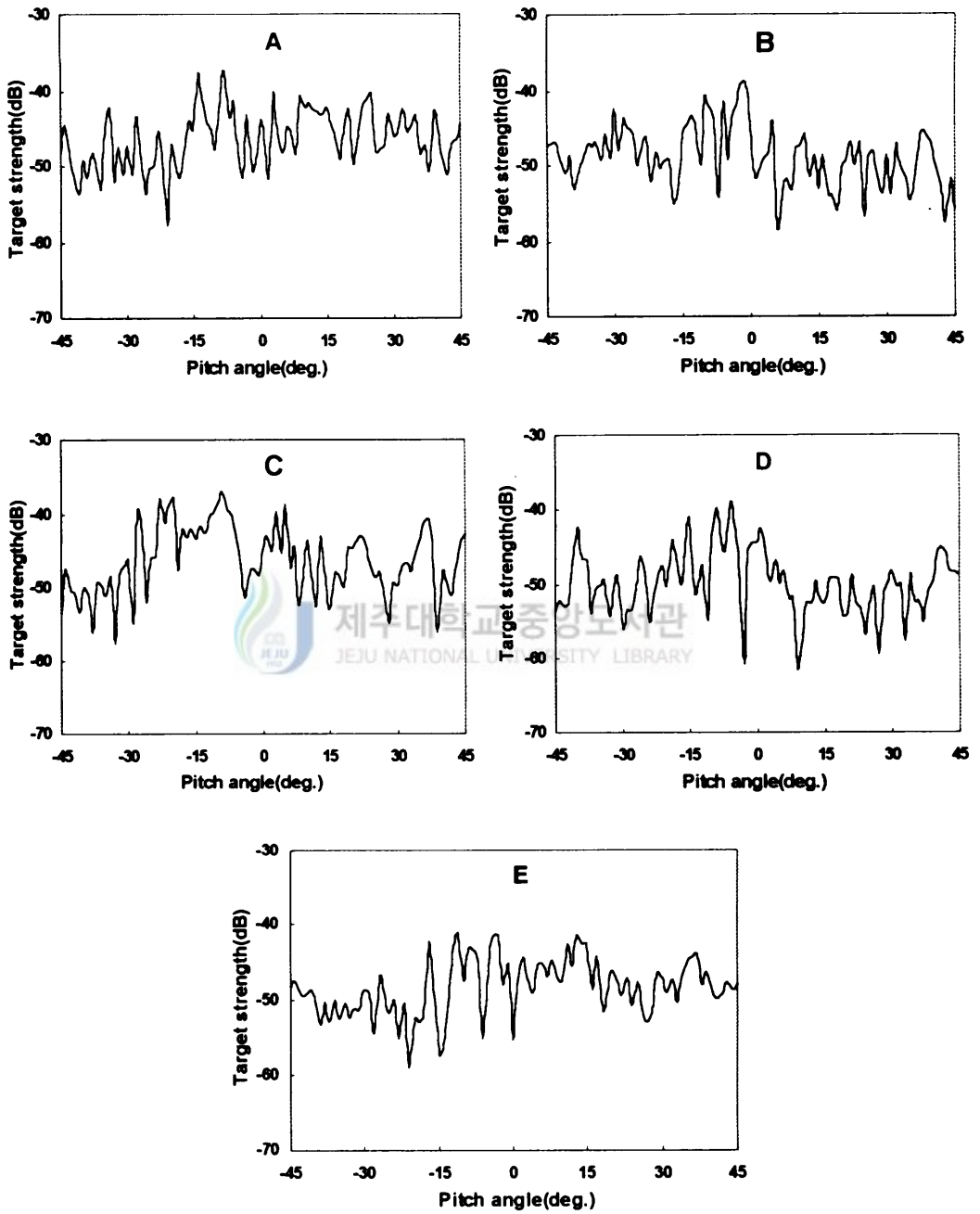


Fig.16. Scatter diagram of dorsal aspect target strength on total length at horse-head fish.

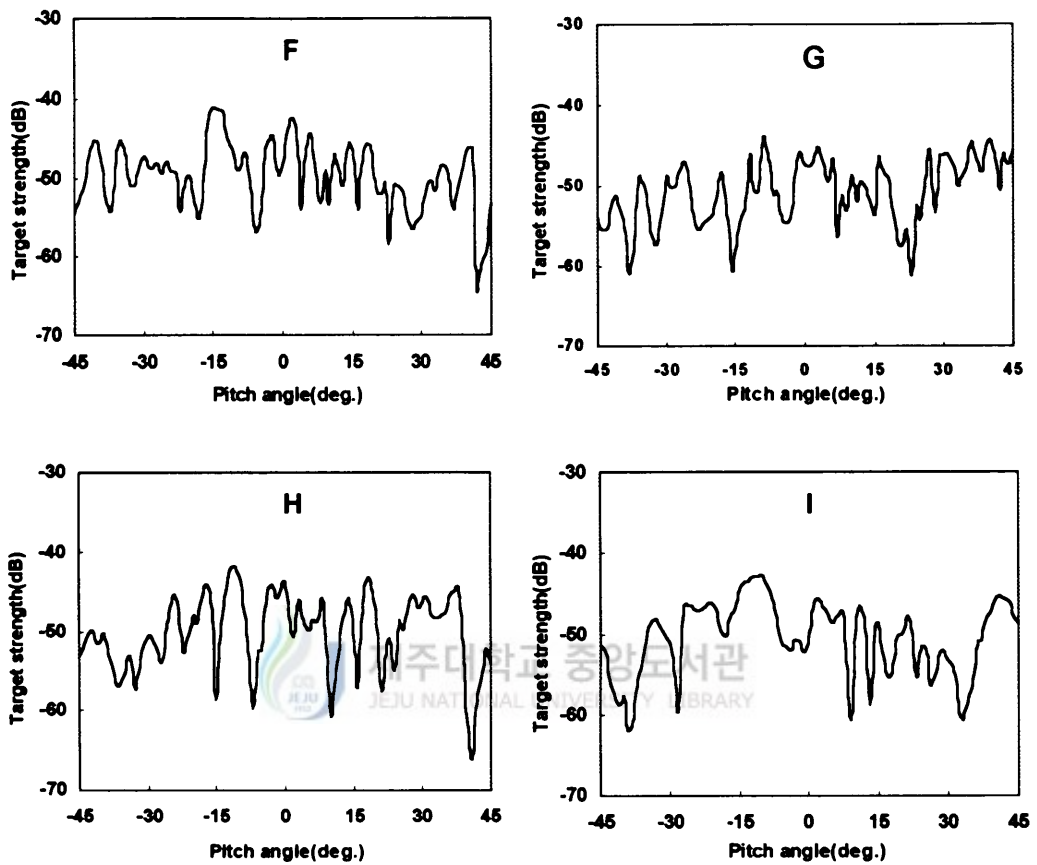


Fig.17. Scatter diagram of dorsal aspect target strength on total length at demoiselles.

Fig.18은 Fig.16과 Fig.17의 옥돔과 자리돔의 각 실험어에 대한 반사강도를 유영 자세별로 평균화 한 값을 나타내고 있다. Fig.18에서 자세에 따른 어체의 반사강도는 옥돔인 경우는 머리가 하 방향으로  $9^{\circ}$  기울었을 때가 최대로서  $-38.70\text{dB}$ 이었고, 자리돔인 경우는 머리가 하 방향으로  $12^{\circ}$  기울었을 때로서  $-41.56\text{dB}$ 의 최대반사강도를 나타내었다.

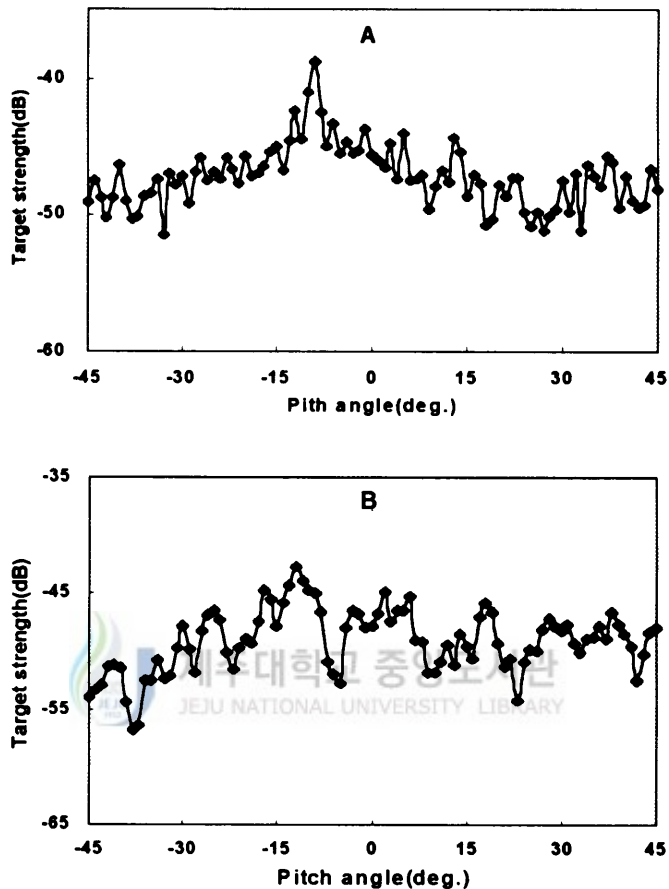


Fig.18. Scatter diagram of average dorsal aspect target strength on total length at horse-head fish(A) and demoiselles(B)

Fig. 19와 Fig. 20은, 옥돔과 자리돔에 대한 체장에 따른 반사강도와 체중에 따른 반사강도를 나타내고 있으며, 실험어의 체장 및 체중이 증가함에 따라 반사강도도 증가하고 있다.

Fig. 19에서 측정치로써 최소자승법으로 구한 옥돔의 체장에 따른 반사강도의 계산식은  $TS = -75.94 + 20 \cdot \log L$  이었으며, 회귀직선에 대한 상관계수는 0.75이었다. 자리돔에 대하여 체장에 따른 반사강도의 계산식은  $TS = -71.85 + 20 \cdot \log L$  이었으며, 회귀직선에 대한 상관계수는 0.9로서 상관성이 높은 편이었다.

Fig. 20에서 측정치로써 최소자승법으로 구한 옥돔의 체중에 따른 반사강도의 계산식은  $TS = -63.26 + 20/3 \cdot \log W$  이었으며, 회귀직선에 대한 상관계수는 0.77이었다. 자리돔에 대하여 체중에 따른 반사강도의 계산식은  $TS = -60.44 + 20/3 \cdot \log W$  이었으며, 회귀직선에 대한 상관계수는 0.85이었다.

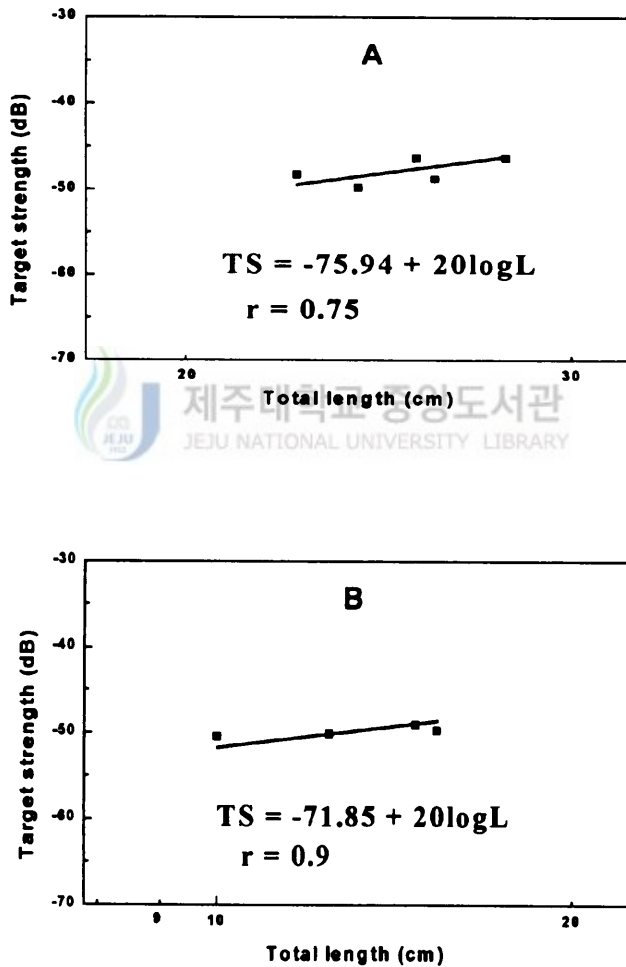


Fig.19. Scattering diagram of average dorsal aspect target strength on total length(A : horse-head fish B : demoiselles)

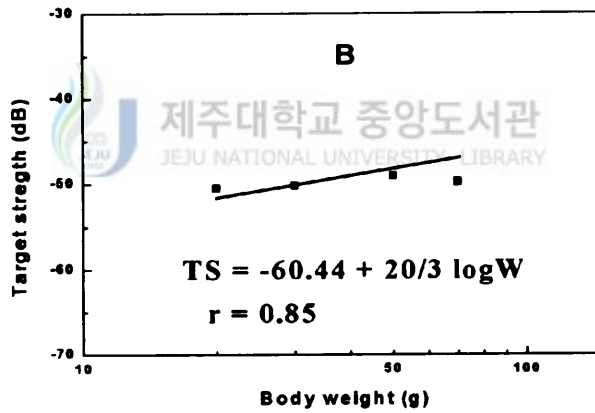
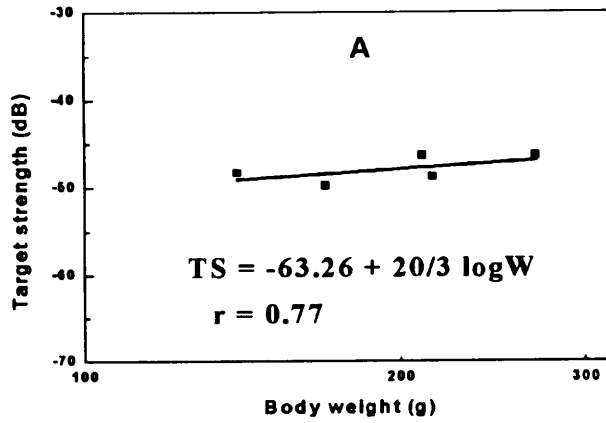


Fig.20. Scattering diagram of average dorsal aspect target strength on body weight (A : horse-head fish B : demoiselles)



### 3. 실험어의 부레 특성

실험어의 반사강도와 부레와의 관계를 규명하기 위하여, 실험어인 옥돔과 자리돔에 대한 X-ray 촬영을 실시한 결과의 사진은 Fig. 21과 같다. 그리고 이 사진으로써 Fig. 8과 같이 부레의 길이, 부레의 높이, 부레의 경사각을 구하고 실험어의 체장과 부레길이의 비, 실험어의 체고와 부레높이의 비 등을 구한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3에서 실험어의 머리와 꼬리의 길이 방향에 대한 부레의 경사각이 옥돔은  $9^\circ$ , 자리돔은  $18^\circ$ 로 나타났다. 실험어의 전장에 대한 부레길이의 비는 옥돔은 0.30, 자리돔은 0.16이었으며, 또한 실험어의 체고에 대한 부레높이의 비는 옥돔이 0.3, 자리돔이 0.2로 옥돔과 자리돔이 서로 비슷한 값을 나타내었다. 따라서 양쪽 값이 비슷하다는 것은 부레 형상이 비교적 어체의 체형과 비슷하기 때문이라고 볼 수가 있다.

Fig. 22는 크기가 거의 같은 자리돔 6마리를 택하여 X-ray 촬영한 사진이다. Fig. 22에서 실험어의 크기는 거의 같지만 부레의 모양이 여러 형태임을 보여주고 있으며, 이에 따라 실험어의 반사강도도 상당한 영향을 받을 수 있음을 간접적으로 보여주고 있다.





(A)



(B)

Fig.21. X-ray photograph of horse-head fish (A) and demoiselles(B)

Table 3. Ratio of total length and swimming bladder  
( horse-head fish and demoiselles )

Species	TL (cm)	BH (cm)	BWi (cm)	BW (g)	$\theta_{sb}$ ( $^{\circ}$ )	SBL (cm)	SBH (cm)	SBL/T L	SBH/B H
Horse-head fish	22.5	5.7	2.5	140	9	6.9	0.9	0.3	0.16
Demoiselles	14.0	5.5	2.5	50	18	4.2	1.1	0.3	0.20



Fig.22. X-ray photographs of demoiselles.

#### IV. 考察

계량어군탐지기에 의하여 자원량 추정시에 이용되는 실험어의 반사강도는 일반적으로 어체의 형상 및 내부조직에 의하여 음향 산란한다고 한다. 이 논문에서 실험어의 최대반사강도는 등방향으로 본 유영자세로 볼 때, 옥돔인 경우는 머리가 하방향으로 3~9° 내려갔을 때, 그리고 자리돔의 경우는 머리가 하방향으로 9~16° 내려갔을 때가 최대 반사강도를 나타내었다. 이것은 向井 등(1993), 古澤(1990), 黃(1995), 辛 등(1991)이 머리가 하방향으로 약간 내려갔을 때 최대 반사강도를 나타낸다는 보고와 일치하고 있으며 또한, 李 등(1995)이 민어가 머리를 하방향으로 18° ± 5° 정도 내려갔을 때 최대 반사강도를 나타낸다는 것까지도 거의 일치한다고 볼 수 있다. 이러한 현상은 반사강도의 변화가 내부 조직과도 밀접한 관계가 있어서, Foote(1980)는 일반적으로 어체의 반사강도에 대한 부레의 기여도가 90~95%에 이른다는 보고에서도 알 수 있다. 부레의 형상을 살펴보면, 옥돔의 부레 경사도는 9°, 자리돔은 18°로서 각 실험어의 반사강도가 부레의 길이 방향에 수직방향 부근에서 최대 반사강도를 나타낼 수 있으며, 向井 등(1993), 黃(1995)등도 이와 같은 분석의 보고를 한 바 있다. 따라서, 부레는 어체의 체형에 알맞는 형상을 하고 있는 것을 알 수 있는데, 병어는 반사강도가 뚜렷한 피크가 없고 유영 자세 변화에 있어서 반사강도의 변동도 예민하지 않아서 내부 조직을 해부한 결과, 병어에는 부레가 없어서 다른 고기와 달리 반사강도에 차이가 있음을 확인하였다(向井 등, 1993). 부레는 위나 생식선의 외압 등 여러 요인에 따라 크기나 형상이 미소하게 변화하여, 어체의 반사강도는 반사강도를 측정할 시기 및 시간 등에 따른 물고기의 생리학적 변화나 물고기의 행동에 따라 변화한다고 向井 등(1993), 古澤(1990) 등에 의하여 보고되고 있다. 그러나, 자리돔인 경우 크기가 비슷한 개체 6개를 선택하여 X-ray 촬영을 한 결과, 각 개체마다 부레의 형상이나 크기가 여러 요인에 인하여 차이를 보여 주고 있어서, 체장과 체중이 증가하면 반사강도도 증가해야 하는 일반적인 현상과는 달리 체장과 체중이 증가해도 반사강도가 뚜렷한 증가하지 않거나, 어체의 유영 자세에 따라 반사강도가 예측할 수 없는 경우도 충분히 있을 수 있는 것을 암시하고 있다.

자리돔인 경우 부레를 검사하기 위하여 해부하여 본 결과 내부에 미성숙난을 많이 가지고 있었는데, 자리돔은 6~8월이 제주도 주변에서의 주 어획 시기인 동시에 산란

시기이므로 산란 전후의 반사강도가 상당히 차이가 있을 것으로 본다.

특히 이번 실험에서 자원량 추정시 이용되는 어체의 반사강도에 있어서 부레의 영향 및 체형의 변화가 반사강도에 많은 영향을 미치고 있어서 이의 변화에 대한 반사강도의 변화를 어떻게 유효 적절히 가미할 수 있을 것인가가 차후의 과제로 남는다.



## V. 要約

제주도를 중심으로 한 우리나라 남해안 및 동중국해에서 많이 어획되는 옥돔 5마리와 자리돔 4마리의 등방향에 대한 반사강도를 측정하여, 유연자세와 반사강도의 관계, 체장 및 체중과 반사강도, 부레의 형태가 반사강도에 미치는 영향을 조사하고, 그 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 주파수 200kHz용 송수파기에 의한 옥돔과 자리돔의 유연자세별 최대반사강도 범위는 옥돔은 머리가 하방향으로 3~9° 기울었을 때이고, 자리돔은 머리가 하방향으로 9~16° 기울었을 때였다. 이들 실험어의 최대반사강도가 나오는 평균 유연 자세는, 옥돔은 -9° 에서이고, 자리돔은 -12° 이었다.

2. 각 실험어의 전장에 따른 어체의 평균반사강도를 나타내는 식은,

$$\text{옥돔} : TS = -75.94 + 20 \cdot \log L$$

$$\text{자리돔} : TS = -71.85 + 20 \cdot \log L \text{ 이다.}$$

3. 각 실험어의 체중에 따른 어체의 평균반사강도를 나타내는 식은,

$$\text{옥돔} : TS = -63.26 + 20/3 \cdot \log W$$

$$\text{자리돔} : TS = -60.44 + 20/3 \cdot \log W \text{ 이다.}$$

4. 부레의 형상을 측정한 결과, 옥돔의 부레 경사도는 약 9° , 자리돔의 부레 경사도는 약 18° 로서, 실험어의 반사강도가 최대로 나타나는 유연자세와 거의 일치하였다.

## 參考文獻

- 古野電氣株式會社, 1995, 高精度計量魚群探知機 -原理と 利用法, 2~42.
- 古野電氣株式會社, 1995, 高精度計量魚群探知機 -較正編, 1-1~2-5.
- 古澤昌彦, 1990, 水産資源量 推定の ための 超音波に よる 魚群探知機に よる 研究,  
日本 水産工學研究報告,11, 173~249.
- 黃斗榛, 1995, 音響を 利用いた 底魚 資源量の 推定に 關する 基礎的研究 北海道大學  
水産學部 學位論文, 14~27.
- 海洋水産資源開發センター, 1985, 水産音響學(水産資源 推定の 理論と 實體), 65~75.
- 제주도, 해양수산현황, 1998, 태화인쇄사, 31~42.
- 日本 水産工學研究所, 1984, 國內・國外の TS 測定値 一覽表 - 音響資源調査の 基本  
パラメータとしての TSの 手引, 1~10,105~113.
- K. G. Foote, 1980 : Importance of the swimbladder in acoustic scattering by fish  
: a comparison of gadoid and mackerel target strengths. J.acoust.soc.am 67,  
2084~2089.
- 김수암, 1991, 水産資源平價論 , 祐成文化社, 41~47, 137~139.
- 李吳在,1991, 魚群探知機에 의한 魚群量推定에 관한 基礎的 研究-I , 漁業技術學會誌,  
27(1), 1~12.
- 李吳在,1991, 魚群探知機에 의한 魚群量推定에 관한 基礎的 研究-II , 漁業技術學會誌,  
27(1), 13~20.
- 李吳在, 申亨鎰, 辛炯浩, 1995, 音響에 의한 魚族生物의 資源調査, 漁業技術學會誌,  
31(2), 142~152.
- MacLennan & Simmonds, 1992, Fisheries Acoustics, CHAPMAN & HALL, 13~  
27.
- 向井 徹, 佐野典達, 飯田浩二, 佐々木成二, 1993, 東シナ海で 漁獲された 主要 10 魚種  
の ターゲットストレングスの 測定, 日本水産學工學會誌, 59(9), 1515~1525.
- 向井 徹, 佐野典達, 飯田浩二, 佐々木成二, 1993, 東シナ海で 漁獲された 魚の 背方向  
ターゲットストレングスと 鰾との 關係, 日本水産學工學會誌, 60(2), 215~222.

申亨鎰, 李吳在, 尹甲東, 梁龍林, 黃斗溱, 1991, 魚體의 超音波 散亂特性에 관한 研究,  
漁業技術學會誌, 27(1), 21~30.

Urlick,R.J(土屋 明 譯),1985, 水中音響의 原理, 共立出版, 2~12.





## 감사의 글

이 논문이 완성되기까지 정성으로 지도와 격려를 아끼지 않으신 안장영 교수님께 진심으로 깊은 감사를 드립니다.

아울러 논문을 심사하여 주시고 많은 조언을 주신 서두옥 교수님, 안영화 교수님에게 감사를 드리며 항상 관심과 격려를 주신 박정식 교수님, 노홍길 교수님, 김석종 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

특히, 이 연구를 마칠 수 있도록 많은 도움을 주신 해양과학대학 학장님을 비롯한 여러 선생님들에게 깊은 감사를 드립니다.

또한, 실험과 자료 정리에 도움을 준 이창헌, 오성우, 문종욱, 실험실 후배들에게 지면을 통해 감사를 드립니다.

끝으로 오늘이 있기까지 항상 사랑과 희생을 아끼지 않으신 부모님과 사랑하는 아내 이금연, 아들 보현에게 이 작은 결실이 조그만 보답이 되었으면 합니다.

