

碩士學位論文

전어, 돌돔, 독가시치의 등방향반사강도와 부레가 반사강도에 미치는 영향에 관한 연구



제주대학교 대학원

제주대학교 어업학과
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

오 성 우

1999년 12월

전어, 돌돔, 독가시치의 등방향반사강도와
부레가 반사강도에 미치는 영향에 관한 연구

지도교수 안 장 영

오 성 우

이 논문을 수산학 석사학위 논문으로 제출함

1999년 12월

오성우의 수산학 석사학위 논문을 인준함



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

심사위원장 노 홍 길

위 원 안 영 화

위 원 안 장 영

제주대학교 대학원

1999년 12월

**Studies on Dorsal Aspect Target Strength of
Gizzard-shad (*Clupandon punctatus*)
Rock bream (*Oplegnathus fasciatus*) and
Dusky spinefoot (*Siganus fuscescens*) and
Influence of Bladder on Target Strength.**

Sung-Woo Oh

(Supervised by professor Jang-Young Ahn)



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

**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**

1999. 12

目 次

List of Figures	ii
List of Tables	iv
Summary	
I. 서론	3
II. 재료 및 방법	
1. 실험어	5
2. 실험장치	5
3. 실험방법	13
1) 실험어의 등방향 반사강도	13
2) 부레의 등방향 반사강도에 대한 영향	14
III. 결과	
1. 전어의 등방향 반사강도	16
2. 돌돔의 등방향 반사강도	21
3. 독가시치의 등방향 반사강도	25
4. 부레가 반사강도에 미치는 영향	27
IV. 고찰	32
V. 요약	35
참고문헌	36
감사의 글	38

List of Figures

Fig.1. Schematic diagram of the acoustic water tank.	7
Fig.2. Experiment of the target suspension system and turn table. ...	7
Fig.3. Photographs of the acoustic water tank.	8
Fig.4. Block diagram for measurement of target strength of standard sp here with the transducer.	9
Fig.5. Circuit of Transmittir / Receiver equipment.	11
Fig.6. Circuit of RMS-DC converter equipment.	11
Fig.7. The inside view of <i>Siganus fuscescens</i>	15
Fig.8. Processing take off the gas.	15
Fig.9. Relationship of length and weight for <i>Clupandon punctatus</i>	16
Fig.10. Scatter diagram of dorsal aspect target strength on total length for <i>Clupandon punctatus</i>	17, 18
Fig.11. Scatter diagram of average dorsal aspect target strngth on total length for <i>Clupaon punctatus</i>	18
Fig.12. Scattering diagram of average target strength on total length for <i>Clupaon punctatus</i>	20
Fig.14. Scattering diagram of average target strength on total weight for <i>Clupaon punctatus</i>	20
Fig.14. Relationship of length and weight for <i>Oplegnathus fasciatus</i>	21
Fig.15. Scatter diagram of dorsal aspect target strength on total length for <i>Oplegnathus fasciatus</i>	22
Fig.16. Scatter diagram of average dorsal aspect target strength on total length for <i>Oplegnathus fasciatus</i>	23
Fig.17. Scattering diagram of average target strength on total length for <i>Oplegnathus fasciatus</i>	24
Fig.18. Scattering diagram of average target strength on total weight for <i>Oplegnathus fasciatus</i>	24

Fig.19. Relationship of length and weight for <i>Siganus fuscescens</i>	25
Fig.20. Scatter diagram of dorsal aspect target strength on total length for <i>Siganus fuscescens</i> .(Before the gas was removed from the bladder)	26
Fig.21. Scatter diagram of average dorsal aspect target strength on <i>Siganus fuscescens</i> with without gas in bladder. (a : before the gas was removed from the bladder.) (b : after the gas was removed from the bladder.)	28
Fig.22. Scatter diagram of dorsal aspect target strength on total length for <i>Siganus fuscescens</i> .(After the gas was removed from the bladder)	29
Fig.23. Scattering diagram of average target strength on total length for <i>Siganus fuscescens</i> (a : before the gas was removed from the bladder.) (b : after the gas was removed from the bladder.)	30
Fig.24. Scattering diagram of average target strength on total weight for <i>Siganus fuscescens</i> (a : before the gas was removed from the bladder.) (b : after the gas was removed from the bladder.)	30
Fig.25. X-ray photographs of <i>Siganus fuscescens</i> . (a : before the gas was removed from the bladder.) (b : after the gas was removed from the bladder.).....	31
Fig.26. X-ray photographs of <i>Oplegnathus fasciatus</i>	34

List of Tables

Table.1. The sizes of experimental fishes for measurement of target strength	6
Table.2. Specifications of equipment used for experiment.	10



Summary

In order to obtain fundamental data for estimation of fishies, we measured dorsal aspect Target strength of Gizzard-shad, Rock bream and Dusky spinefoot fishies that were caught much around the Che-ju Island and in South Sea of Korea. And in an attempt to examine whether the bladder has an influence on target strength or not, we analyzed target strength of Dusky spinefoot according to existence of the gas within the bladder.

The results were following.

1. The formula referred to the average target strength on total length(L;cm)and total weight of Gizzard-shad fish.

$$TS = -67.01 + 20\log L$$

$$TS = -53.11 + 20/3\log W$$

2. The formula referred to the average target strength on total length(L;cm)and total weight of Rock bream fish.

$$TS = -72.97 + 20\log L$$

$$TS = -61.29 + 20/3\log W$$

3. The formula referred to the average target strength on total length(L;cm)and total weight of Dusky spinefoot fish.

$$TS = -63.16 + 20\log L$$

$$TS = -50.50 + 20/3\log W$$

4. Target strength ranges of Gizzard-shad, Rock bream, Dusky spinefoot by the transducer of frequency 200kHz were 2° ~ 15° , 12° ~ 21° , 1° ~ 8° , respectively. Maximum value of target strength showed in swimming toward the bottom.

5. In accordance with the existence of the gas with in bladder target strength value showed the difference of -5.8dB. Target strength before the gas was removed from the bladder and after the gas was removed from the bladder. Were -30.69dB and -36.49dB respectively

I. 序 論

해양은 수산자원의 무한한 보고로서 현재는 인류에 공급되는 동물성 단백질 소비량 중 해양생물이 11%정도밖에 되지 않지만 산업의 발달과 더불어 육상에서의 식량생산능력의 한계로 점점 그 비율은 높아질 것으로 예상된다. 그러나, 최근 과학의 발달로 새로운 어구·어법이 개발되고 어선이 고성능화 됨으로 인한 남획으로 인한 해양에서의 어업생물자원이 급격하게 줄어들고 있을 뿐 아니라, 1994년 UN해양법 협약의 발효와 해양인접국들의 배타적 경제수역(EEZ) 선포에 따라 어장을 상실하거나 조업 수역이 축소되어 어업생산활동도 크게 위축되고 어업생산량도 감소하는 추세에 있다. 이에 각국에서는 한정된 범위에서 어업자원을 적절히 관리하고 유지시키면서 해양으로부터 최대 지속적인 어업생산량을 얻기 위해 어업구조의 재편을 서두르고, 치어의 방류, 해양목장화 조성, 인공어초투하 등 어장환경의 지속적인 보전, 관리와 함께, 금어기 제정, TAC제도 도입 등에 의해 적극적인 자원관리형 어업으로 전환하고 있다.

우리나라 주변에도 어업생산에 중요한 어장이 많이 있지만, 특히 제주도 주변 해역은 대마난류, 중국대륙연안수, 황해저층냉수, 한국남해연안수, 등 여러수괴가 서로 마주쳐 조경을 형성하고 대륙붕어장이 광범위하게 분포하며, 제주도를 비롯한 여러 도서 주변은 어장학적인 호조건 등이 고루 갖추어져 있어 주요어류의 월동장과 계절별 회류경로, 성육장이 되고 있어 어업자원이 풍부한 매우 중요한 어장이다. 이러한 좋은 어장에서 자원을 보호하면서 지속적인 최대생산을 얻기 위해서는 우선 어종별로 그 해역에 존재하는 자원의 생체량 추정 및 그 변동에 대한 파악을 정확하고 신속하게 파악하는 방법의 개발이 선행되어야 한다.

어업자원량을 파악하는 방법으로는 간접자원량 추정방법과 직접자원량 추정방법이 있는데 직접자원량 추정방법중에는 트롤 조사법(Trawl survey), 어류 플랑크톤 조사법(Ichthyoplankton survey), 음향 조사법(Hydroacoustic survey)이 있다. 이 중에서도 초음파를 이용한 음향 조사법은 다른 조사방법에 비해 상대적으로 시간과 경비를 절약하고 측정치가 연속적인 결과를 보이고, 어군의 분포를 비교적 상세히 나타낼 수 있어 넓

은 해역의 자원량을 비교적 신속 정확하게 추정 가능한 방법으로 부각되어 이 분야의 발전은 TAC제도의 실행과 맞물려 국가적 관심사가 되고 있다.

최근에 개량어군탐지기가 개발됨에 따라 관측조사의 결과에 대한 활용가치가 더욱 커지고 신뢰도도 보다 높아졌다. 그러나, 해역이나 어종에 따라서는 단일 어종이 군집하여 서식할 수도 있고 여러 어종이 혼합되어 서식함으로서 개량어군탐지기의 측정조사 결과를 정확히 분석하기 위해서는 많은 각 어종에 대한 단일어의 등방향반사강도(Target Strength : TS)를 반드시 측정할 필요가 있다.

TS를 측정하는 방법으로는 자연상태로 유명하고 있는 어류를 대상으로 하는 자연법과 실험어를 수중에 매달아 측정하는 제한법이 있는데, 어류의 여러 가지 유명자세에 따른 TS의 특성을 실험적으로 검토하려면 제한법이 적합하다(Miyanohana, 1995). 어류의 TS에 관한 연구로는 옥돔과 자리돔의 TS에 관한 (金, 1998) 연구가 있으며, 동중국해에서 어획된 수종의 물고기에 대한 TS와 부레의 관계에 대한 (向井 등, 1993)의 연구가 있다. 또 李 등(1995)은 음향에 의한 어류의 자원 조사에 관한 연구, 黃(1995)의 음향을 이용한 저어 자원량의 추정에 관한 기초적 연구, 辛 등(1991)이 어체에 대한 초음파 산란 특성에 관한 연구등과 같은 여러 연구가 있고, Foote(1980)는 부레가 물고기의 TS에 미치는 영향에 관하여 보고한 바 있다. 그러나 제주도 주변에 서식하고 있는 중요 어종들에 대하여 유명자세에 따른 TS의 연구는 보기 드물다.

그러므로 본 연구에서는 개량어군탐을 자원량추정연구에 적극적으로 활용할 수 있는 방법을 개발할 수 있는 기초적 연구의 일환으로 우리 나라 전역에서 흔히 볼 수 있고 다른 어종과 혼합율이 적으며 군을 형성하여 서식하고 있는 전어와 주로 암초주위에서 서식하고 있는 돌돔, 제주도 주변의 정치망에서 포획되어 활어로서 소비자에게 공급되는 독가시치를 선정하여 등방향 반사강도를 측정·분석하였고 독가시치에 대해서는 부레에서 가스를 제거하기 전후의 TS를 측정함으로서 부레가 TS에 어떠한 영향을 미치는가에 대해 중점적으로 연구하였다.

II. 材料 및 方法

1. 실험어

본 실험에 사용된 실험어는 3종류이다. 전어는 우리나라 전 연근해 특히 남해에 많이 분포하는 청어목 어류로서, 일부는 제주 어시장에서 활어상태로 구입하였으며 일부는 포항어시장에서 빙장상태로 구입하였다. 구입된 전어는 크기별로 선별한 후 그중 10마리를 실험에 사용하였으나 샘플링 과정에서 다양한 크기의 실험어를 택하지 못하고 전장이 20cm 전후인 것이 다소 많았다. 들돔과 독가시치는 우리나라 주변은 물론 일본 및 중국 연안등에서 광범위하게 서식하는 농어목 어류로서 특히 제주도 주변에 많이 서식하는 대표적 어류이기도 하다. 이들 들돔과 독가시치는 제주도 주변 정치망에서 어획된 자연산어로서 크기별로 각각 5마리와 8마리에 대해 실험하였는데, 실험시 육질의 변화로 인한 영향을 최소화하기 위하여 활어상태로 소형 유리수조에서 사육하면서 실험직전에 한 마리씩 꺼내어 자연사시켜 실험을 행하였다. 각 실험어의 종류별 크기는 Table 1과 같다.

2. 실험장치

실험어의 TS측정에 사용된 송수파기(TOKIN, TGM 50-200-10L)는 최근 연근해 어업에서 많이 사용하고 있는 주파수 200kHz용 송수파기로서 직경은 90mm이었으며, 그 송수파기의 지향특성은 최고점에 대하여 -3dB 및 -6dB이 되는 지점까지의 지향각이 각각 4° 및 6° 이었다(金, 1998).

실험에 사용한 수조는 Fig. 1과 같이 L2000×B1800×H1400mm 크기의 스테인레스제 수조로서, 윗면을 제외한 나머지 다섯면에 나무로 된 사각뿔(50mm×50mm×150mm)을 수조 벽면에 조밀하게 부착하여 수조 벽면에 대한 음파의 반사가 최대한 억제될 수 있도록 한 무향수조이었다.

해중에서 어류가 각종 어군탐지기에 의해 탐지될 때는 어류의 유영자세가 매우 다양하다. 따라서 어류의 유영자세에 따라 어군탐지기에 의한 탐지 강도나 모양이 달라지므로 수조내에서도 해중에서 처럼 어류의 각종 유영자세를 만들기 위하여 Fig. 2와 같은 실험어의 자세변환 회전대를 제작하여 사용하였다.

Table 1. The sizes of experimental fishes for measurement of target strength

Species	<i>Clupeodon punctatus</i>		<i>Oplegnathus fasciatus</i>		<i>Siganus fuscescens</i>	
	Total length (cm)	Body weight (g)	Total length (cm)	Body weight (g)	Total length (cm)	Body weight (g)
A	16.9	44	17.8	105	13.5	31
B	18.9	52	17.9	98	14.1	34
C	19.6	60	18.7	110	14.5	36
D	20.3	67	20.0	143	15.7	50
E	20.4	54	21.0	169	17.7	58
F	20.6	74			18.1	67
G	20.9	60			19.8	102
H	25.9	160			19.4	104
I	28.1	195				
J	29.1	224				
average	22.07	99	19.08	125	16.6	60

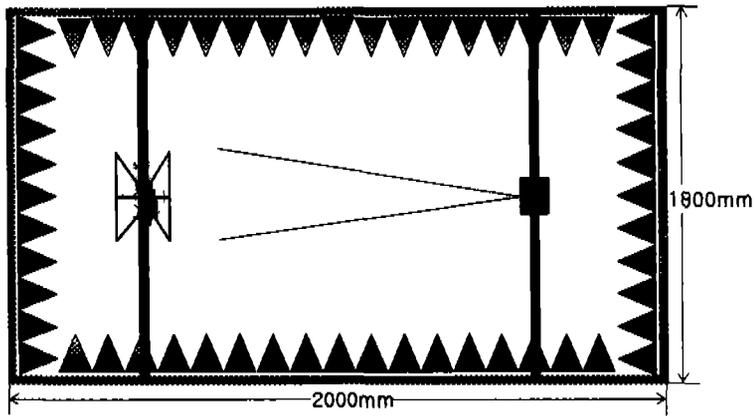


Fig. 1. Schematic diagram of the acoustic water tank.(Top)

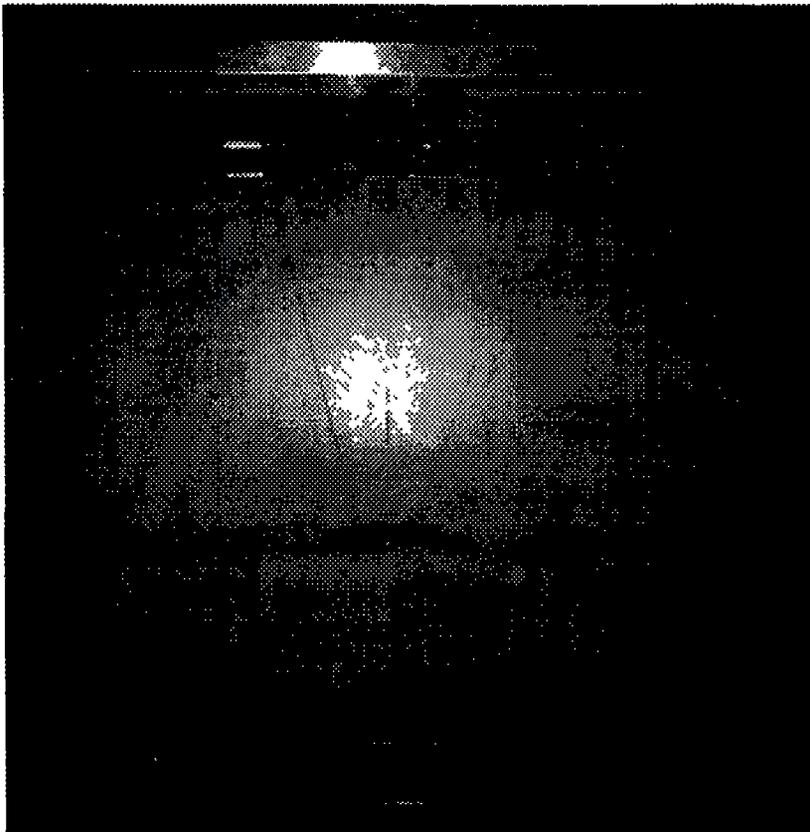


Fig. 2. Experiment of the target suspension system and turn table.

Fig. 2에서 실험어의 자세변환은, H자형 틀 위에 고정·설치된 지름 200mm, 1° 단위로 360° 표시되어 있는 방위환으로써 1° 간격으로 회전시켰는데, 이 H자형 틀 끝 4곳에 약 500mm길이의 가는 실을 묶고 그 실 끝에 실험어의 머리방향 2곳과 꼬리방향 2곳을 고정시켰다. 또, 회전시 실험어의 흔들림을 방지하기 위해 직경 1.5mm, 크기 340×220mm, 무게 30g의 직사각형 추를 매달았다. 이 회전대와 송수파기는 해중의 자연상태와 같도록 하기 위해 송수파기와 실험어의 등지느러미 부분이 서로 마주보게 하였으며, 이들을 실험수조내에 설치한 후 디지털 카메라로 촬영한 것은 Fig. 3과 같다.

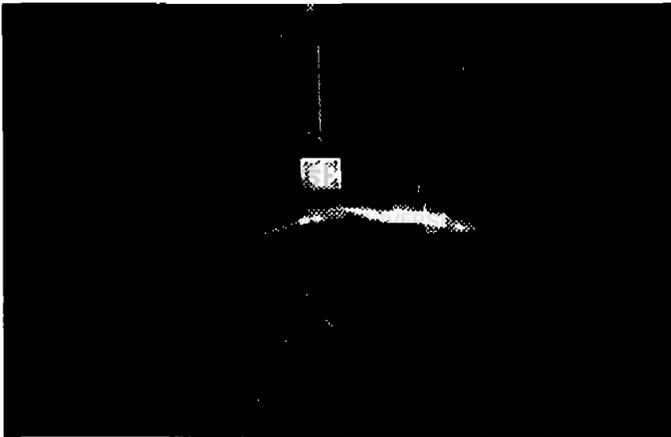


Fig. 3. Photographs of the acoustic water tank.

Fig. 3에서 실험수조 모서리에 수평으로 송수파기를 고정시키고 실험어의 회전대를 대각선 방향에 설치한 것은 실험수조를 넓게 사용하기 위한 것이다. 실험어는 송수파기로부터 거리 1.54m 의 음축방향에 오도록 하였다.

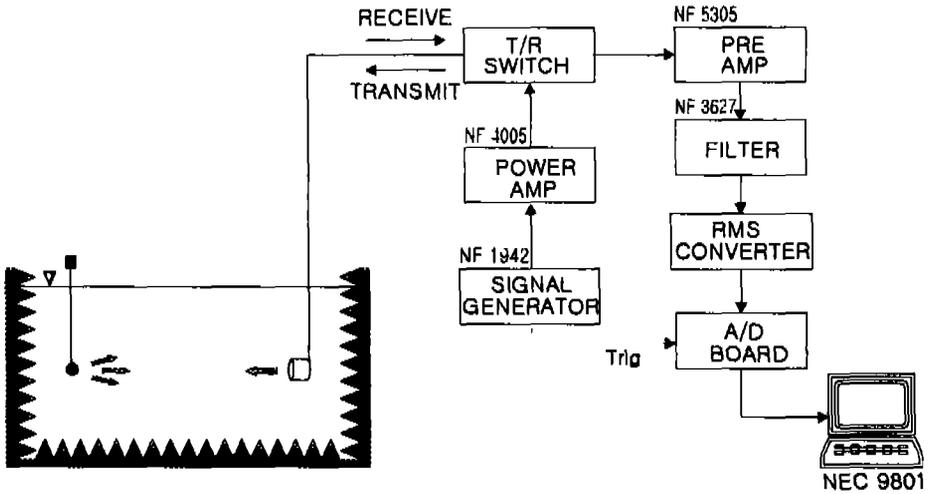


Fig. 4. Block diagram for measurement of target strength of standard sphere with the transducer.

송수파기의 송수신감도에 대한 보정은, Simrad사에서 제작한 직경 23mm의 황동구(-40.6dB)를 이용하였으며, 실험장치의 사양과 그 구성은 각각 Table 2 및 Fig. 4와 같다.

신호발생기(NF, 1942)에서 나온 주파수 200kHz, 전압 3V_{p-p}, 펄스폭 0.1ms의 음파를 전력증폭기(NF, 4005)에서 150V_{p-p}전압으로 증폭시킨 후 송수신절환장치(T/R switch)를 거쳐 송수파기로 음파를 송신하였다. 송신된 음파는 1.54m 떨어져 있는 표준구에 반사되어서 송수파기로 되 돌아온다. 되 돌아온 표준구의 반사파는 송수파기에서 다시 수신된 후 송수신절환장치를 통과하고 전치증폭기(NF, 5305), 대역필터기(NF, 3627), RMS변환기 및 A/D보드(UNION-DATA, UAD-98MX)를 통하여 퍼스널 컴퓨터(NEC, 9801)에 입력되어 수신전압 V_{rms} 가 측정됨과 동시에 플로피 디스크에 저장되게 하였다. 여기서 제작하여 사용한 송수신절환장치와 RMS변환기는

Table 2. Specifications of equipment used for experiment

Equipment	Specification
Hydrophone (Simrad, ST1004)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Frequency range : 100Hz to 1MHz ○ Receiving sensitivity : -206dB rel 1V/μPa
Signal generator (NF-1946)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Frequency : 0.01 μHz to 500kHz ○ Output voltage : 1V to 10V
Power Amp (NF-4005)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Max. output voltage : 50Vrms(40Hz to 500kHz) ○ Gain : $\times 10$, $\times 20$, $\times 50$, $\times 100$(4steps) ○ Power voltage : AC 100~240V/48~62Hz
Filter (NF-3627)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Frequency range : 1Hz to 1.59MHz ○ Power requirements : AC 100, 120, 220, 240V(10%) ○ Max. attenuation : 90dB or greater(to 100kHz) 70dB or greater(2MHz)
Pre-Amp (NF-5305)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Wide bandwidth : DC to 10MHz ○ High CMRR : 120dB or higher ○ Power voltage : AC 100, 120, 200 or 240V
A/D Board (UNIONDATA, UAD-98MX)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Input limits : $\pm 2.5V$, $\pm 5V$, ± 10, 0~5V, 0~10V. ○ Input marks : 16CH / 8CH ○ Analysis ability : 12BIT ○ Max. sampling : 3μs / data
Transmitter /Receiver	Fig. 5
RMS-DC Converter	Fig. 6

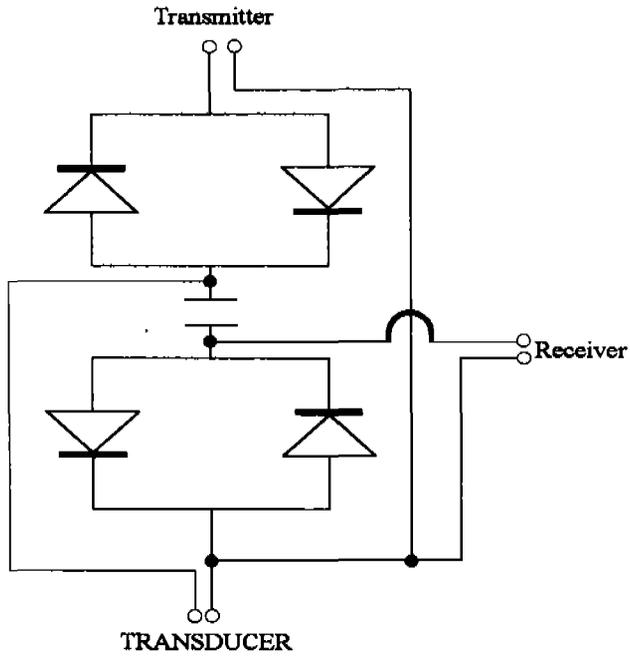


Fig. 5. Circuit of Transmitter / Receiver equipment

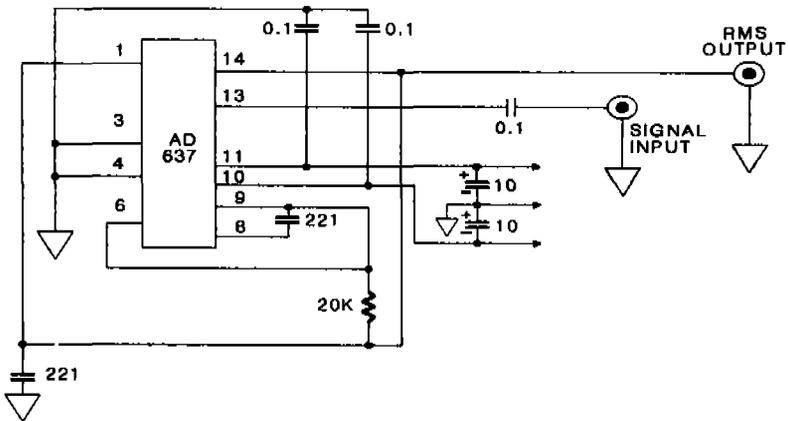


Fig. 6. Circuit of RMS-DC converter equipment

각각 Fig. 5 및 Fig. 6과 같으며, 교정 및 실험어의 TS 측정 회로에 이 회로를 모두 포함시켰다.

이렇게 측정된 수신전압 V_{rms} 와 송신전압으로 (1)식에 의하여 표준구의 반사강도 TS를 계산하였다.

$$TS = EL - SL + 2TL - SR - GR \text{ ----- (2.1)}$$

단, EL : Echo Level

SL : Source Level

TL : Transmission Loss

SR : Receiver Sensitivity

GR : Receiver Gain

(2.1)식에 의해 구하여진 표준구의 TS 측정치는 제작사에서 측정·제공된 실제치와 비교하여 송수파기의 송수신감도의 합에 대한 보정치를 구하였다. 실험어의 반사강도를 측정할 때는 Fig. 4에서의 표준구 대신에 Fig. 2의 자세변환 회전대에 설치된 실험어를 넣었으며, 표준구의 TS를 측정할 때 사용한 송수파기의 송수신감도에 보정치를 가감하여 사용하였다.

이러한 방법으로 실험어의 TS를 측정할 때는 실험전과 실험후에 반드시 표준구의 TS를 측정하여 송수파기의 송수신감도를 확인하였다.

3. 실험방법

1) 실험어의 등방향 반사강도

실험어인 전어, 들돔, 독가시치의 TS를 측정하기 위해서 Fig. 3 및 Fig. 4와 같이 설치하였는데, 수조안에서는 실험어의 입과 꼬리의 갈라진 부분을 연결하는 가상선과 송수파기의 진동면이 평행이 되었을 때의 실험어의 자세를 어류가 해중에서 같은 수심을 유영하는 자세로 보았다. 따라서 이때의 자세를 기준자세인 0° 로 측정하였으며, 머리를 하방향으로 숙였을 때를 음의 값으로 하고 반대로 머리를 상방향으로 올렸을 때를 양의 값으로 하였다. 대부분의 어류가 수중에서 유영수심을 이동할 경우 등수심 방향에서 상하 50° 이상의 유영각도 자세로 이동하는 경우가 극히 적을 것으로 생각하여 반사강도의 측정각도도 상하방향 각각 47° 까지 측정을 행하였다. 실험수조내에서는 시계방향으로의 회전이 해중에서 하방향으로의 유영자세이며 반시계방향으로의 회전이 상방향이 된다.

(1)식에 의해 얻어진 각 실험어의 유영자세에 따른 TS측정치를 전체평균하여 실험어의 TS 평균치로 하였으며, 각 실험어류의 체장에 따른 TS값은 (2.2)식으로 최소자승법에 의해 구하였다.

$$TS = A + 20\log L \quad \text{-----} \quad (2.2)$$

단,

L : 실험어의 체장 (cm)

A : 실험어의 단위 체장에 대한 반사강도

실험어의 체중에 대한 반사강도의 일반식은 실험어의 체장과 체중과의 관계식을 참고하고, 측정 및 계산하여 얻어진 실험어의 반사강도 및 체중으로 (2.3)식에 의해 최소자승법으로 구하였다.

$$TS = B + 20/3 \log W \quad \text{-----} \quad (2.3)$$

$$L = kW / 3$$

단,

W : 실험어의 체중(g)

B : 실험어 단위체중에 대한 반사강도

k : 실험어의 체장과 체중사이의 상수

2) 부레가 등방향 반사강도에 미치는 영향

독가시치인 경우에는 등방향 반사강도와 부레가 등방향 반사강도에 미치는 영향을 동시에 조사하였다. 먼저 독가시치에 대하여 실험전에 Fig.7과 같이 해부실험하여 부레의 위치, 형태 및 깊이를 확인하였으며, Fig.7의 사진에서 중앙 부분에 흰색으로 보이는 부분이 부레이다. 각 실험어는 제주대학교 동물병원에서 연X-선(DXG-525RF) 촬영을 하여 부레의 위치를 파악하고 난 다음 TS를 측정하였다. TS측정이 끝나면 H자형 고정대에서 실험어를 떼어 내지 않고 Fig.8와 같이 실험수조에서 실험어만 끄집어내어 TS측정전에 촬영해 놓은 X-Ray 사진을 참고로 부레속의 가스를 제거하고 다시 실험수조에 집어넣은 후 가스제거전과 같은 방법으로 TS를 측정하였다. 가스 제거시에는 TS에 영향을 줄 수 있는 원인을 최대한 줄이기 위하여 소형 주사기(3cc, 24Gage)를 사용하였다. TS측정이 끝난 뒤 바로 연 X-선 촬영을 다시 하여 부레에 gas가 얼마만큼 완전히 제거되었는지를 관찰하였다.

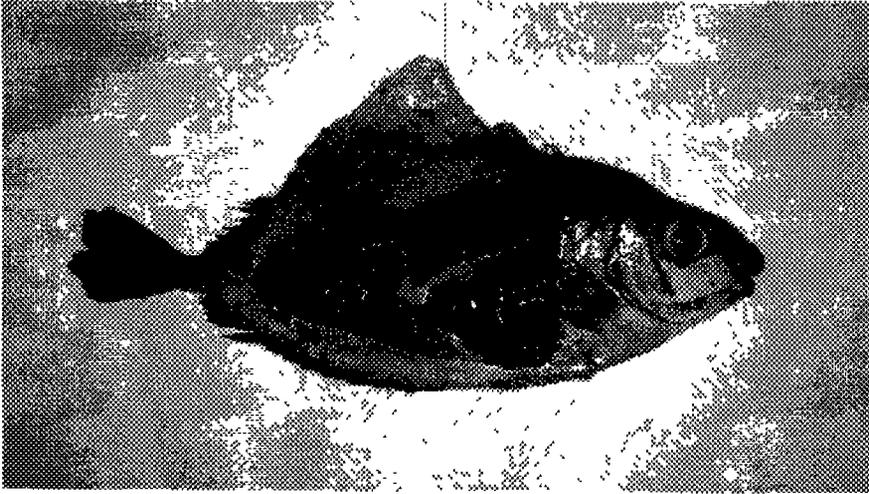


Fig. 7. The inside view of *Siganus fuscescens*.

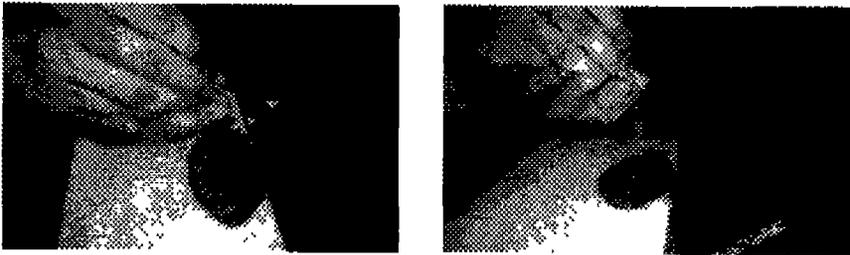


Fig. 8. Processing take off the gas.

III. 結果

1. 전어의 등방향 반사강도

실험에 사용된 전어의 체장과 체중의 관계는 Fig. 9와 같다. Fig. 9에서 실험어는 두 그룹으로 나누어져 있기는 하나 체장과 체중의 관계에서 정비례하였으며, 체장과 체중을 상호 추정하기 위한 상관관계식은 다음 (3.1)식과 같다.

$$W = 15.80L - 256.47 \text{ ----- (3.1)}$$

해중에서 실험어의 유영자세를 수평상태를 0° 로 하여 상하방향으로 각각 47° 까지 1° 간격으로 기울였을 때의 등방향 반사강도의 측정치를 실험어 크기별로 각각 나타낸 것은 Fig. 10과 같다.

Fig. 10에서 실험어의 각 유영자세별 TS는 실험어의 크기에 상관없이 1~2° 의 자세변화에도 TS의 변화가 컸다. 실험어 A에서 J까지의 순서별 TS의 최대치는 각각 -2°, -7°, -15°, -7°, -8°, -8°, -10° ,

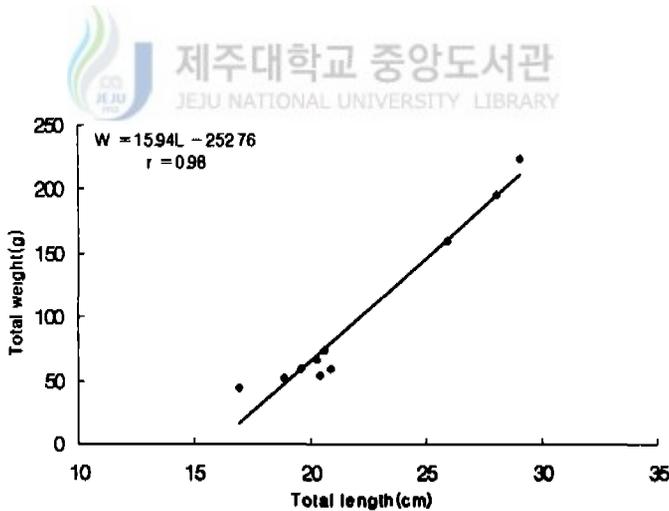
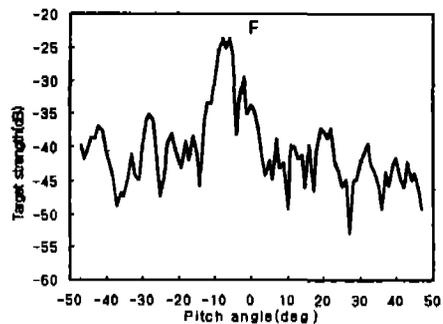
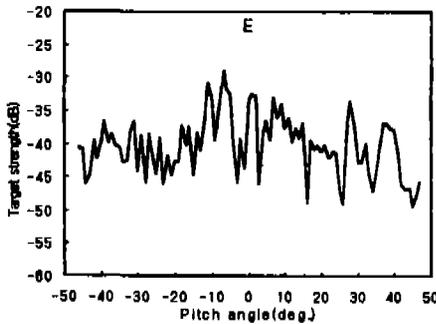
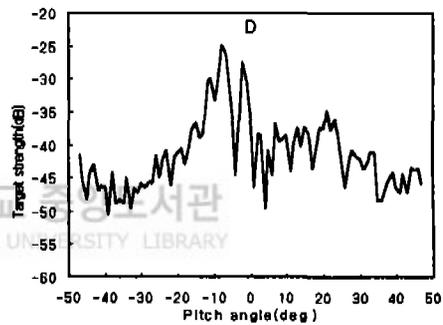
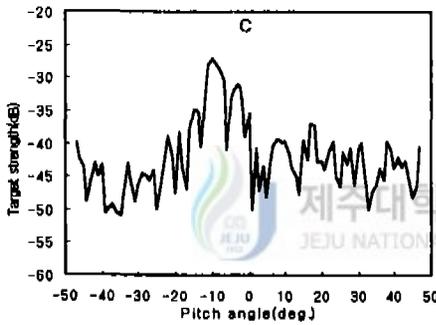
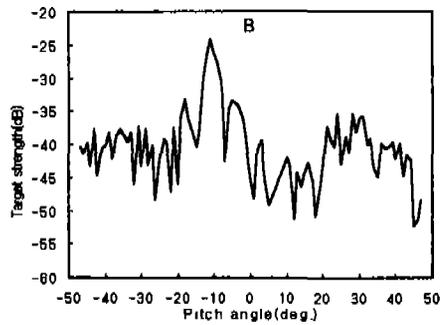
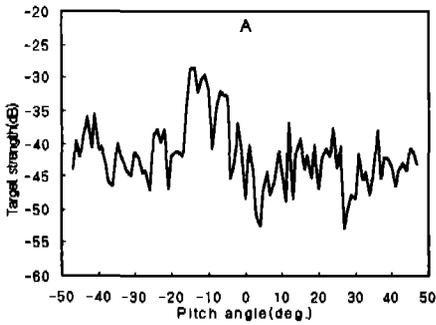


Fig. 9. Relationship of length and weight for *Clupandon punctatus*

-11°, -14°, -6° 에서 각각 -29.06dB, -28.99dB, -22.57dB, -28.91dB, -29.84dB, -24.82dB, -27.06dB, -23.96dB, -28.59dB, -23.57dB이었다. 여기서 TS의 최대치는 실험어의 머리를 하방향으로 2°~15° 기울인 상태로서 실험어가 더 깊은 수심으로 유영하여 갈 때를 나타낸다.



Continued

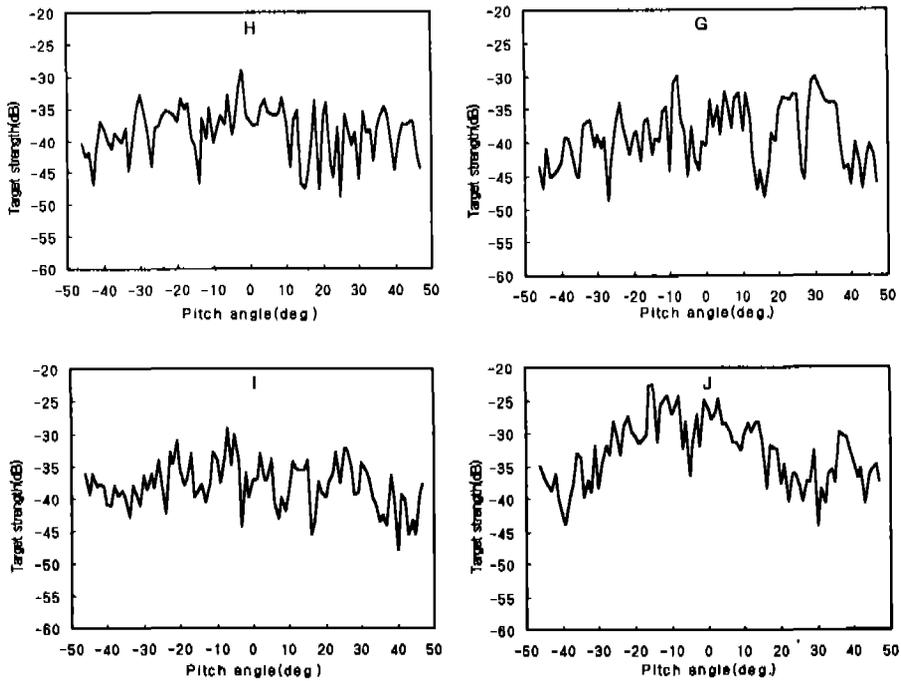


Fig. 10. Scatter diagram of dorsal aspect target strength on total length for *Clupandon punctatus*.

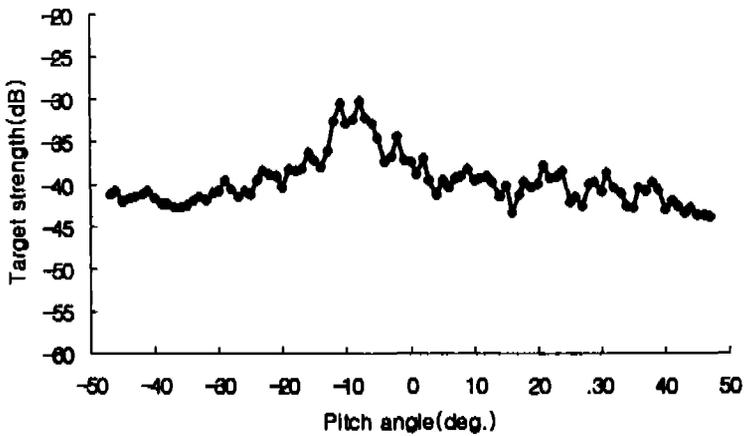


Fig. 11. Scatter diagram of average dorsal aspect target strength on total length for *Clupandon punctatus*.

TS가 최대인 때의 유연자세를 더욱 명확히 하기 위해, Fig. 10에서의 전 실험어에 대한 TS를 유연자세별로 평균값을 구하였으며, 그 결과를 Fig. 11에 나타내었다. Fig. 11에서 TS는 -8° 에서 -30.15dB 로서 최대치, 그리고 -11° 에서 -30.29dB 로서 최대치에 근사한 값을 나타내었다. 따라서 실험어에 대한 TS는 실험어가 $8^\circ \sim 11^\circ$ 머리를 아래로 경사하여 수심이 깊은 쪽으로 유연할 때 최대로 나타났다.

모든 실험어에 대하여 각 개체의 유연자세별 TS를 평균하여 체장에 따라 나타낸 것은 Fig. 12와 같으며, 체중에 따라 나타낸 것은 Fig. 13과 같다. Fig. 12와 Fig. 13에서 체장과 체중이 증가함에 따라 실험어의 TS도 증가하였는데, 이들 TS 측정치로써 실험어의 체장 및 체중과의 관계식을 최소자승법으로 구하면 각각 (3.2)식 및 (3.3)과 같다.

$$TS = -67.01 + 20\log L \quad \text{-----}(3.2)$$

$$TS = -53.11 + 20/3\log W \quad \text{-----}(3.3)$$



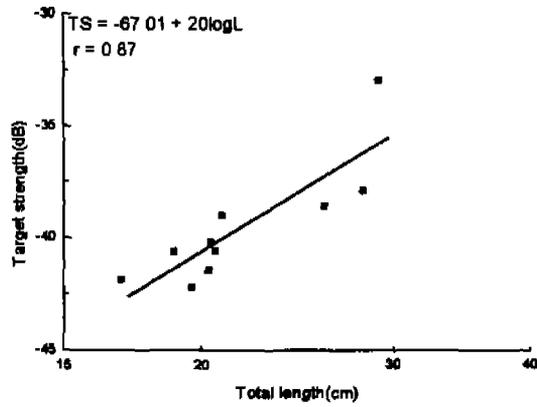


Fig. 12. Scattering diagram of average target strength on total length for *Clupandon punctatus*)

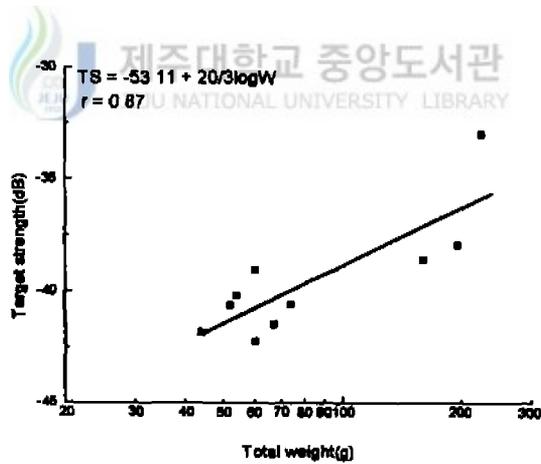


Fig. 13. Scattering diagram of average target strength on total weight for *Clupandon punctatus*

2. 돌돔의 등방향 반사강도

실험에 사용된 돌돔의 체장과 체중의 관계는 Fig. 14와 같다. Fig. 14에서 실험어는 크기별로 선정해서 측정한 결과 체장과 체중의 관계에서 정비례하였으며, 체장과 체중을 추정하기 위한 상관관계식은 다음 (3.4)식과 같다.

$$W = 21.29L - 281.23 \text{ ----- (3.4)}$$

해중에서 실험어의 유영자세를 수평상태 0°로 하여 상하방향으로 각각 47°까지 1°간격으로 기울였을 때의 등방향 반사강도의 측정치를 실험어 크기별로 각각 나타낸 것은 Fig. 15와 같다.

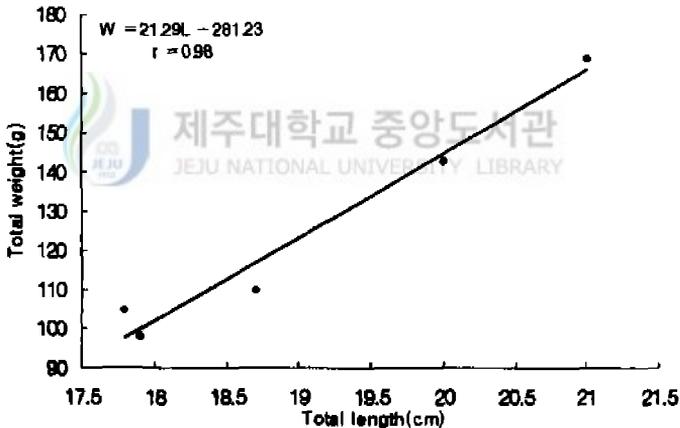


Fig. 14. Relationship of length and weight for *Oplegnathus fasciatus*

Fig. 15에서 실험어의 각 유영자세별 TS는 Fig.10에서와 같이 실험어의 크기에 상관없이 1~2°의 자세변화에도 TS의 변화가 컸다. 실험어 A에서E까지의 순서별 TS의 최대치는 각각 -17°, -14°, -18°, -21°.

-12° 에서 각각 -38.67dB, -38.67dB, -38.10dB, -40.55dB, -40.49dB이었다. 여기서 TS의 최대치는 실험어의 머리를 하방향으로 14° ~21° 기울인 상태로서 실험어 전어와 기울인 정도는 차이가 있지만 유행자세는 비슷하게 나타났다.

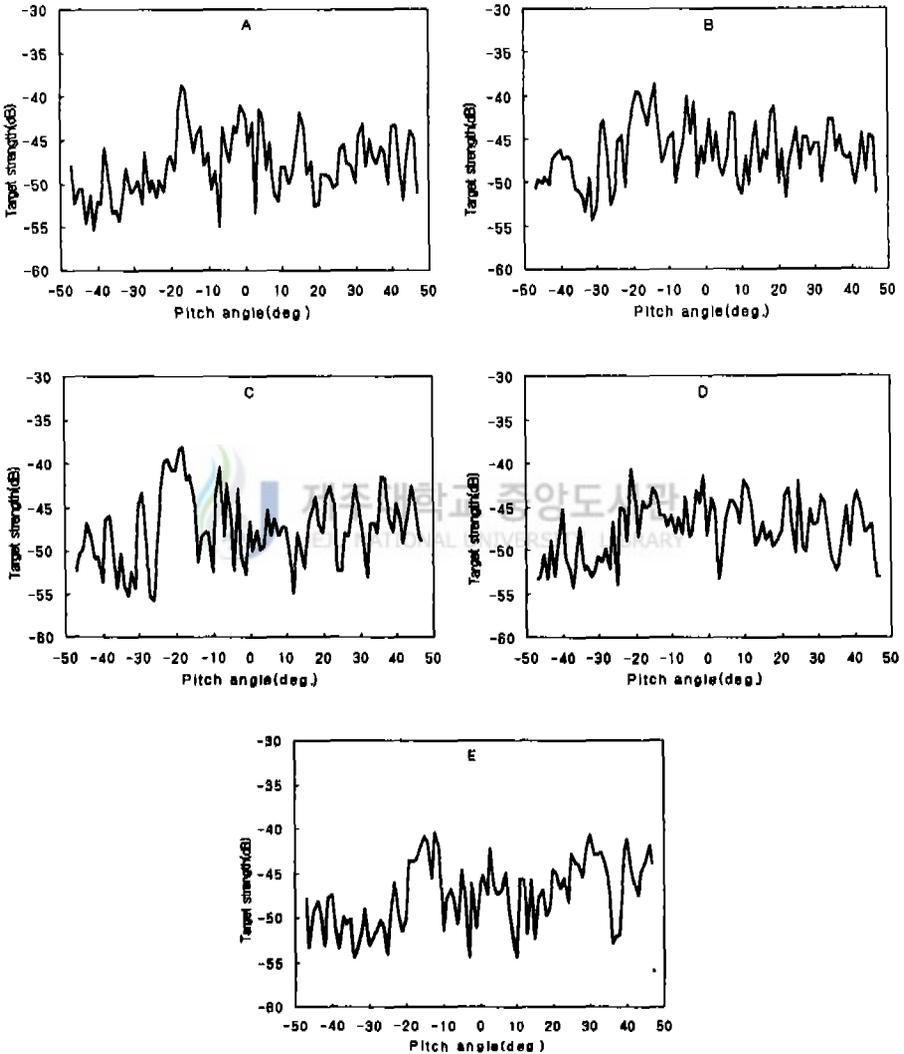


Fig. 15. Scatter diagram of dorsal aspect target strength on total length for *Oplegnathus fasciatus*.

TS가 최대인 때의 유평자세를 명확히 하기 위해 Fig. 15에서 전 실험어에 대한 TS를 유평자세별로 평균한 값을 구하였으며, 그 결과를 Fig. 16에 나타내었다. Fig. 16에서 TS는 -18° 에서 -41.50dB 로 최대치 값을 나타내었다. 따라서 실험어에 대한 TS는 실험어가 $17^\circ \sim 18^\circ$ 머리를 아래로 경사하여 수심이 깊은 쪽으로 유평할 때 최대로 나타났다.

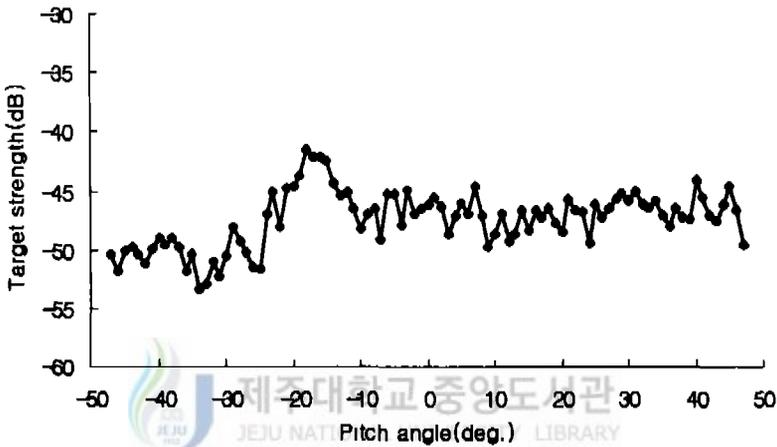


Fig. 16. Scatter diagram of average dorsal aspect target strength on total length for *Oplegnathus fasciatus*.

실험어 들돔에 대하여 각 개체의 유평자세별 TS를 평균하여 체장에 따라 나타낸 것은 Fig. 17과 같으며, 체중에 따라 나타낸 것은 Fig. 18와 같다. Fig. 17와 Fig. 18에서 체장과 체중이 증가함에 따라 실험어의 TS도 증가하는 것을 알 수 있으며 이들 TS 측정치로써 실험어의 체장 및 체중과의 관계식을 최소자승법으로 구하면 각각(3.5)식 및 (3.6)와 같다.

$$TS = -72.97 + 20\log L \quad \text{-----} \quad (3.5)$$

$$TS = -61.29 + 20/3\log W \quad \text{-----} \quad (3.6)$$

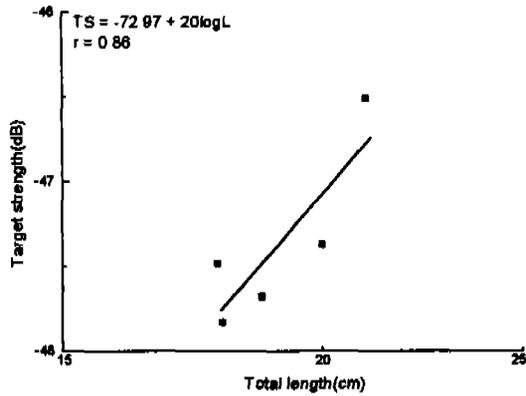


Fig. 17. Scattering diagram of average target strength on total length for *Oplegnathus fasciatus*.

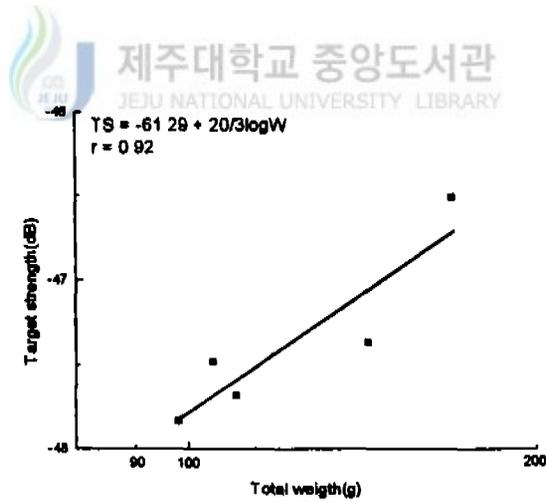


Fig. 18. Scattering diagram of average target strength on total weight for *Oplegnathus fasciatus*.

3. 독가시치의 등방향 반사강도

실험에 사용된 독가시치의 체장과 체중의 관계는 Fig. 19과 같다. Fig. 19에서 실험어는 세 그룹으로 나누어져 있으나 체장과 체중의 관계에서는 정비례하였으며, 체장과 체중을 추정하기 위한 상관관계식은 다음 (3.7)식과 같다.

$$W = 11.27L - 126.78 \text{ ----- (3.7)}$$

천어, 돌돔과 마찬가지로 해중에서 실험어의 유영자세를 수평상태 0°로 하여 상하방향으로 각각 47°까지 1°간격으로 기울였을 때의 등방향 반사강도의 측정치를 실험어 크기별로 각각 나타낸 것은 Fig. 20과 같다.

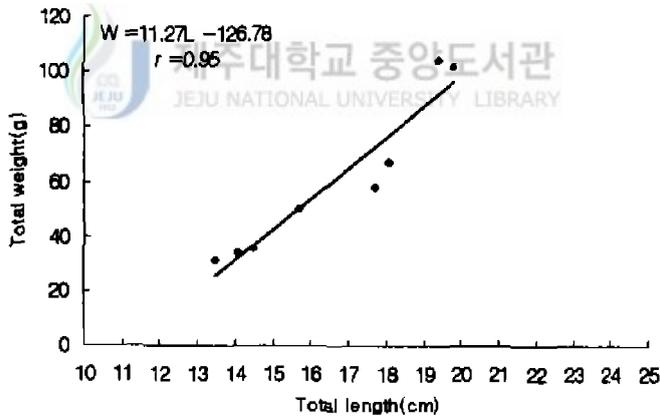


Fig. 19. Relationship of length and weight for *Siganus fuscescens*

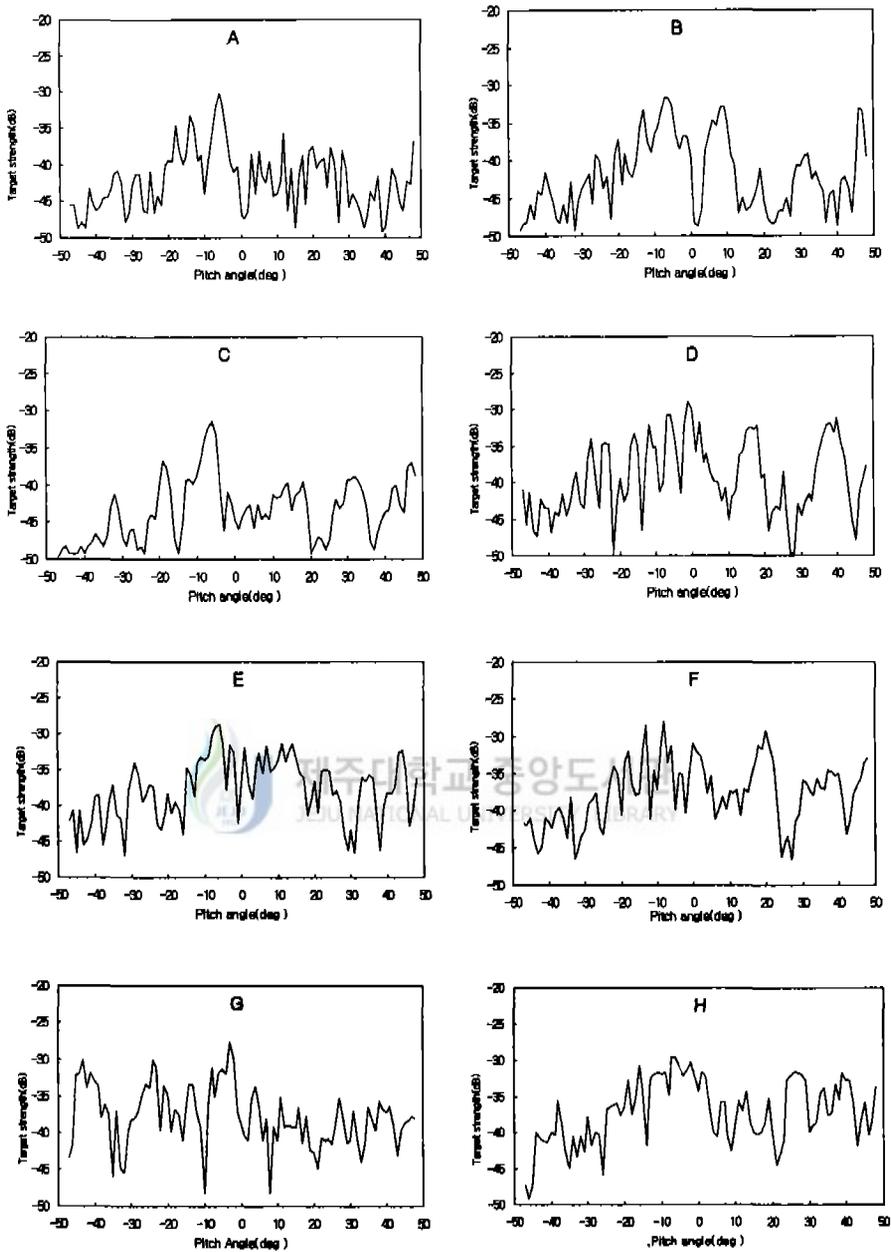


Fig. 20. Scatter diagram of dorsal aspect target strength on total length for *Sigarus fuscescens*.

(Before the gas was removed from the bladder)

Fig. 20에서 실험어의 각 유연자세별 TS는 실험어의 크기에 상관없이 다른 실험어와 마찬가지로 $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$ 의 자세 변화에도 TS의 변화가 컸다. 실험어 A에서 H까지 순서별 TS의 최대치는 각각 -6° , -7° , -6° , -1° , -6° , -8° , -3° , -7° 에서 각각 -30.26dB , -31.50dB , -31.24dB , -31.25dB , -28.98dB , -28.00dB , -27.61dB , -29.44dB 이었다. 여기서 TS의 최대치는 실험어의 머리를 하방향으로 $1^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 기울인 상태로서 실험어가 더 깊은 수심으로 유연하여 갈 때를 나타낸다. TS가 최대인 때의 유연자세를 더욱 명확히 하기 위해, Fig. 20에서의 전 실험어에 대한 TS를 유연자세별로 평균을 구하였으며, 그 결과를 Fig. 21의 (a)에 나타내었다. Fig. 21 (a)에서 부레의 공기를 제거하지 않은 상태에서의 TS는 6° 에서 -30.69dB 로서 최대치를 나타내었다. 따라서 실험어에 대한 TS는 실험어가 $6^{\circ} \sim 7^{\circ}$ 머리를 아래로 경사하여 수심이 깊은 쪽으로 유연할 때 최대로 나타났다.

모든 실험어에 대하여 각 개체의 유연자세별 TS를 평균하여 체장에 따라 나타낸 것은 Fig. 23 (a)와 같으며, 체중에 따라 나타낸 것은 Fig. 24 (a)와 같다. Fig. 23 (a)과 Fig. 24 (a)에서 체장과 체중이 증가함에 따라 실험어의 TS도 증가하는데, 이들 TS 측정치로써 실험어의 체장 및 체중과의 관계식을 최소자승법으로 구하면 각각 (3.8)식 및 (3.9)과 같다.

$$TS = -63.16 + 20\log L \text{ -----(3.8)}$$

$$TS = -50.50 + 20/3\log W \text{ -----(3.9)}$$

4. 부레가 반사강도에 미치는 영향

부레가 어류의 반사강도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 독가시치에 대하여, 부레에 있는 가스를 제거하기 전·후의 TS를 유연자세별로 측정하였는데, 부레에 가스를 제거하기 전·후의 X-ray 촬영결과는 각각 Fig. 24와 같고, Fig. 24에서 (a-1), (a-2)는 부레의 가스를 제거하기 전이며 (b-1), (b-2)는 부레에 가스를 제거한 후 X-ray 촬영결과이다. TS 변화값을 알기 위해 가스 제거후에 TS 측정 결과는 Fig.22와 같다.

Fig. 20의 순서대로 A에서 H까지 TS의 최대치는 각각 -13° , 2° , -6° , -1° , 43° , -12° , -5° , -2° 에서 각각 -35.89dB , -33.34dB , -31.43dB , -30.56dB , -32.55dB , -32.55dB , -31.05dB , -28.64dB 이었다. 부레에 가스를 제거하고 난 후 독가시치에 대한 TS를 유연자세별로 평균값을 구하였으며 그 결과는 Fig. 21 (b)와 같다.

Fig. 21에서 부레에 가스가 있을 때 (a)와 가스를 제거한 후 (b)의 TS는 각각 -6° 에서 -30.69dB , -6° 에서 -36.49dB 로서 최대치를 나타내었으며 TS최대치 차이는 5.8dB 로 나타났으며, 0° 를 기준으로 차이가 현저하게 보이는 머리 상·하방향 각각 20° 씩 TS를 평균 하면 각각 -35.17dB 와 -39.77dB 로서 4.6dB 차이가 났다.

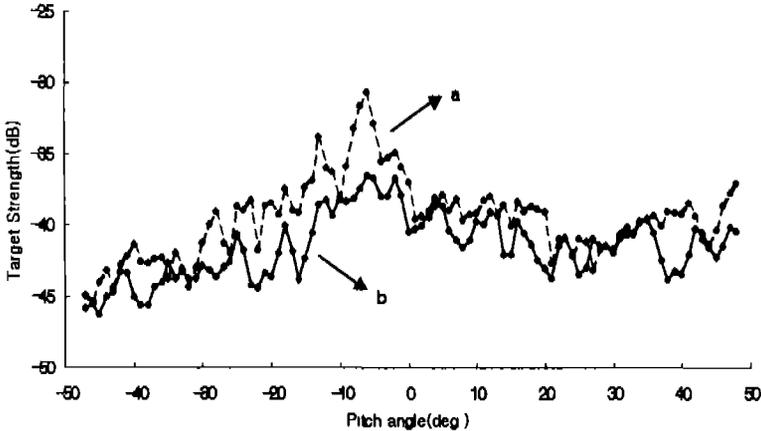


Fig. 21. Scatter diagram of average target strength on *siganus fuscescens* with without gas bladder.

(a : before the gas was removed from the bladder.)

(b : after the gas was removed from the bladder.)

Fig. 21에서와 같이 부레에 가스가 있을 때가 없을 때 보다 전체적으로 TS가 높게 나타났으며, 이 실험의 결과로 부레가 TS에 미치고 있다는 것을 알 수 있었다. 이들 역시 TS 측정치로써 부레에 가스를 제거한 전·후의 값을 비교하기 위해 실험어의 체장 및 체중과의 관계식을 최소자승법으로 구하며 각각 (3-10)식 및 (3-12)식으로 나타냈다. (2-2), (2-3)식에서 체장일 때 A, 체중일 때 B의 값이 (3-8)식와 (3-9))식과 비교한 결과 각각 2.13dB 와 2.12dB 차이가 났다.

$$TS = -65.29 + 20\log L \quad \text{-----}(3-10)$$

$$TS = -52.62 + 20/3\log W \quad \text{-----}(3-11)$$

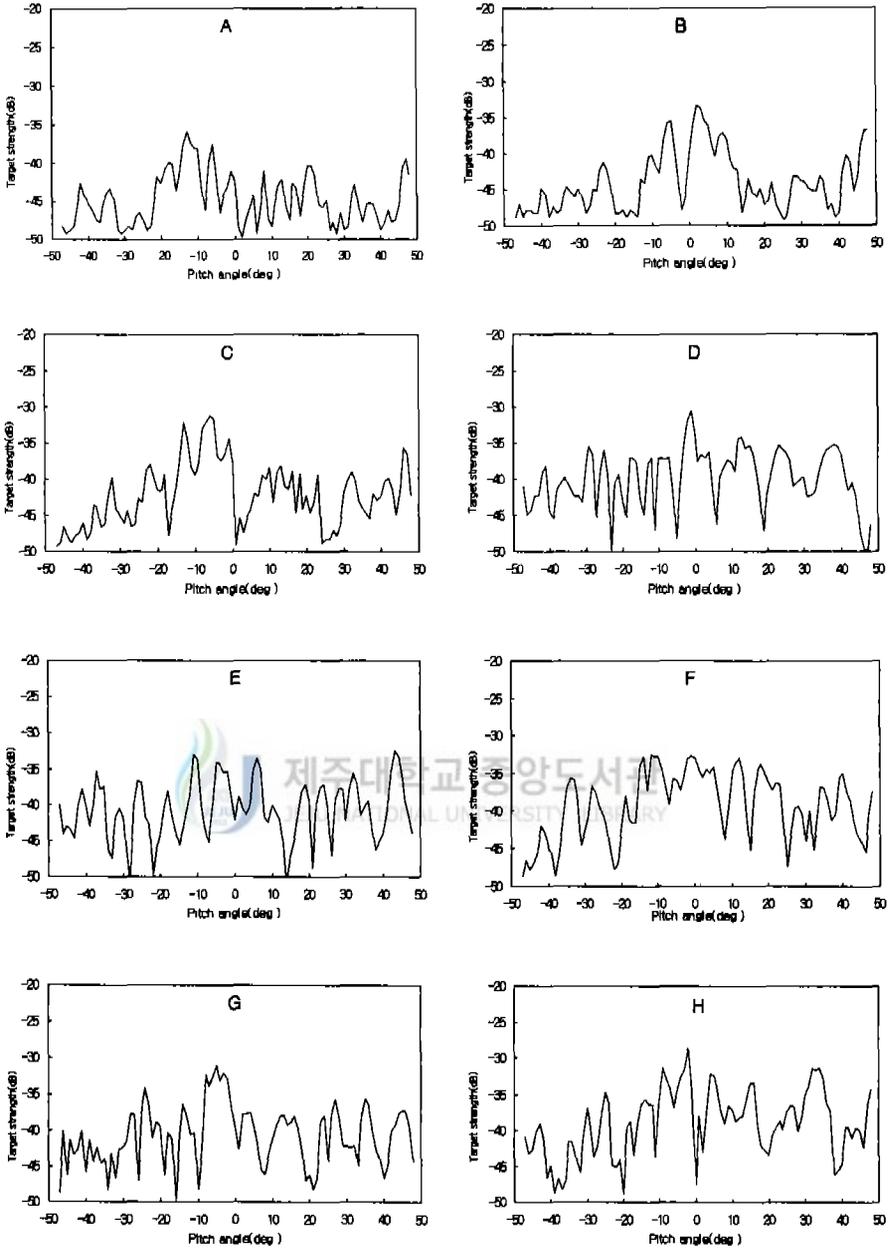


Fig. 22. Scatter diagram of dorsal aspect target strength on total length for *Sigarus fuscescens*.

(After the gas was removed from the bladder)

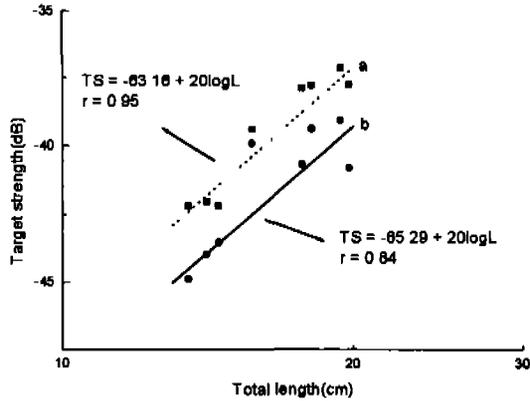


Fig. 23. Scattering diagram of average target strength on total length for *Siganus fuscescens*.

(a : before the gas was removed from the bladder.)

(b : after the gas was removed from the bladder.)

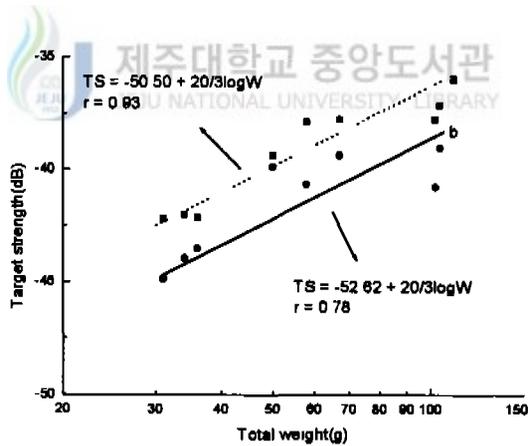


Fig. 24. Scattering diagram of average target strength on total weight for *Siganus fuscescens*.

(a : before the gas was removed from the bladder)

(b : after the gas was removed from the bladder.)



(a-1)



(b-1)



(a-2)



(b-2)

Fig. 24. X-ray photographs of *Siganus fuscescens*.
(a : before the gas was removed from the bladder.)
(b : after the gas was removed from the bladder.)

IV. 考 察

계량어군탐지기를 이용한 어업자원의 추정에는 어류의 등방향 반사강도가 그 기초자료가 되는데, 이것은 어종, 어체의 형상 크기 및 부레등에 의해 크게 좌우된다. 특히 부레는 그 유무에 따라 TS에 상당한 영향을 미칠 뿐만 아니라 형상과 크기에 따라서는 의외의 TS를 나타내는 경우도 많다. 일반적으로 어체의 머리가 아래로 약간 숙여져 있는 상태 즉, 바다에서 어류가 수심이 보다 깊은 쪽으로 유영하는 자세에서 TS값의 최대치가 나타난다고 보고하고 있다.(宮野鼻, 1995). 이 논문에서도 전어와 돌돔 그리고 독가시치의 각 어체에 대한 TS는 실험어의 머리가 수평상태로부터 각각 $2^{\circ} \sim 15^{\circ}$, $12^{\circ} \sim 21^{\circ}$, $1^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 아래로 향하였을 때에 최대치를 나타내었다. 그러나, 어류의 TS는 부레와 상관성이 있어서 TS의 최대치를 나타내는 어류의 자세는 그 어류가 가지고 있는 부레의 상태가 수평일 때라는 보고(宮野鼻, 1995)가 있는데, 실험결과 전어, 돌돔 및 독가시치의 부레의 평균 경사각 12° , 24° , 16° 와 다소 차이가 있었다. 이것은 宮野鼻(1995)의 명태, 정어리, 고등어, 망치고등어, 방어, 참돔, 전갱이, 콩치등의 TS와 向井 등(1993)의 동지나해에서 어획된 어종의 TS, 古澤(1990)의 방어의 TS, 李 등(1995)민어의 TS인 경우 머리를 아래로 $18^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 정도 숙였을 때 최대 반사강도를 나타내며 옥돔과 자리돔의 경우(金, 1998)에 각각 $3 \sim 9^{\circ}$, $9 \sim 16^{\circ}$ 일 때 최대 반사강도를 나타낸다는 보고와 비슷하며, 측정시 진동자면과 완전한 평형 상태를 만들기 어려운 점과 $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$ 의 자세변화에 따라 TS의 측정치가 상당한 차이를 보인다는 점 및 부레 경사각의 측정오차 등을 고려하면 거의 일치한다고 보아진다. 특히, 돌돔의 경우 부레의 경사각이 다른 어류보다 커서 TS의 최대치도 어체의 경사각이 다른 어류보다 클 때 나타났다.

이와 같이 부레는 어류의 TS에 상당한 영향을 미치고 있는데, 독가시치인 경우 부레에 가스가 있을 때와 주사기로 가스를 제거후에 측정한 유영자세별 TS에서 Fig. 23에서와 같이 최대치가 5.8dB차이가 났으며 주사기로 가스를 제거한 후 측정한 실험어의 TS가 낮게 나타났다. 이는 부레가 있는 어류가 부레가 없는 어류보다 TS가 10dB이상 높을 뿐만 아니라 어류의 반사강도에서 부레가 미치는 영향이 90~95%정도라고 보고한 (Foote, 1980)의 결과와는 다소 차이가 있었으며, 宮野鼻(1995)가 보고한 3~10dB 정도 낮아진다는 결과와 일치하였다. 그러나, 본 논문에서도 부레가 반사강

도에 미치는 영향을 확인하기 위해 부레에 가스를 제거하기 위한 방법으로 메스로 절개하는 방법, 부레에 물을 주입시켜 터트리하는 방법, 부레의 가스를 주사기로 빼는 방법 중에 어체를 가급적 상하게 하지 않고 또 물 주입시 외부공기가 유입될 우려가 없는 주사기에 의한 가스 제거법을 택하였는데, 부레 안에 들어 있는 가스를 어체를 상하지 않게 완전히 제거하는 것은 거의 불가능하였고 Fig. 21 (b-1), (b-2)에서 알 수 있는 것과 같이 약간의 가스가 잔존하였으며 부레이외에도 입 주위나 주사기로 찌른 부분에 약간의 공기방울이 소량 남아 있었다.

청어목이며 청어과인 전어의 평균체장 22.07cm일 때 유영자세별 TS의 평균치는 -39.54dB로 측정되었는데, 이는 일본 수산공학연구소(1986)에서 측정한 거의 같은 체장의 청어 -44.7dB보다 대단히 높게 나타났는데, 이는 X-ray촬영결과 부레가 어체의 크기에 비해 상당히 크고, 부레 이외에도 공기가 들어 있는 것이 보인 결과로 사료된다.

Fig. 25에서 들뜸의 경우 아랫부분으로 처진 부레 형상과 경사각이 자리돔(金, 1998)와 비슷하였으며, (2.2), (2.3)의 식에서 A와 B의 값이 자리돔과 들뜸의 경우 각각 체장일 때 -71.85, -72.97이며, 체중일 때 -60.44, -61.29로 근사하게 나타났다.

어류의 TS는 부레이외에도 어류의 비만도와 신체의 크기 및 어체의 탄력성, 어류의 다양한 유영행동에 따라 그 값이 많이 변화한다. 그러므로 이 연구에서 중점적으로 분석한 부레와 TS와의 관계이외에도 앞에서 열거한 TS에 영향을 미치는 여러 요인을 잘 분석하고 파악하여 앞으로 계량어군탐지기를 이용한 자원량 추정방법의 정도향상을 위하여 기초자료로 활용할 수 있는 TS에 관한 다양한 연구가 지속적으로 추진되어야 한다.

이 실험은 단일어에 대한 TS를 연구·분석하였으나 여러 어종이 혼합되어 있는 우리나라 어장의 특성을 감안하여 앞으로는 단일어의 TS 연구와 함께 여러 어종이 혼합된 상태에 대한 TS등 복합적이고 다양한 연구가 필요하다.

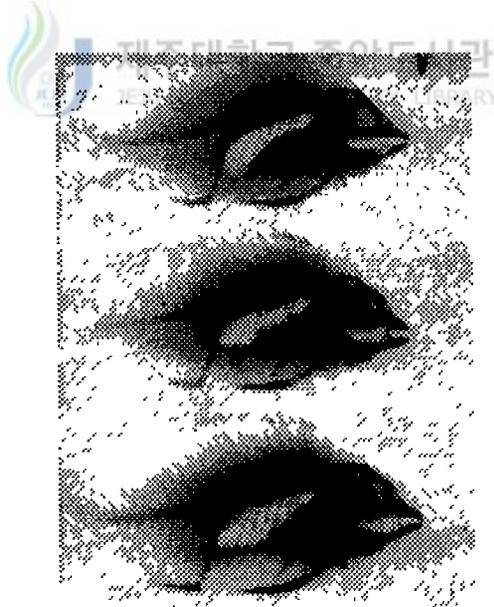


Fig. 25. X-ray photographs of *Oplegnathus fasciatus*

V. 要 約

계량어군탐지기에 의한 어류자원의 자원량 추정에 필요한 기초자료를 얻기 위하여, 우리나라 남해와 제주도 주변에서 많이 어획되는 전어, 독가시치 및 돌돔의 3어종에 대하여 어체의 유형자세별 등방향 반사강도를 제한법으로 측정하였으며, 부레가 어체의 TS에 미치는 영향을 알아보기 위하여 독가시치에 대하여 부레에 가스가 있을 때와 제거하였을 때의 TS를 비교·분석하였다. 분석한 결과를 요약하면 아래와 같다.

1. 전어의 전장과 체중에 따른 평균반사강도를 나타내는 식은,

$$TS = -67.01 + 20\log L$$

$$TS = -53.11 + 20/3\log W$$

2. 돌돔의 전장과 체중에 따른 평균반사강도를 나타내는 식은,

$$TS = -72.97 + 20\log L$$

$$TS = -61.29 + 20/3\log W$$

3. 독가시치의 전장과 체중에 따른 평균반사강도를 나타내는 식은,

$$TS = -63.16 + 20\log L$$

$$TS = -50.50 + 20/3\log W$$

4. 주파수 200kHz용 송수파기에 의해 제한법으로 측정한 모든 실험어의 유형자세별 TS의 최대치는 전어인 경우 2° ~15° , 돌돔인 경우 12° ~21° , 독가시치인 경우 1° ~8° 로 머리를 아래로 향하여 보다 깊은 수심으로 유영하여 가는 자세에서 최대치가 나타났다.

5. 독가시치는 부레에 가스를 제거하기 전 TS 최대치는 -30.69dB, 부레에 가스를 제거한 후 TS의 최대치는 -36.49dB로서 -5.8dB차이가 났다.

VI. 參考文獻

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関する研究, 日本水産工學研究報告, 11, 174-245

向井 徹, 鈴木恒由, 佐野典達, 飯田浩二, 1988, ヒメマスのターゲットストレングスに与はす鰾の影響について, 北大水産學部研究語彙集. 39(2), 106-114

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.

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.

K. G. Foote, 1987, Fish target strength for use in echo integrator surveys. J acoust.soc.am 82, 981-987 (1987)

김승필, 1998, 옥돔과 자리돔의 등방향 반사강도에 관한 연구, 2-28.

宮野鼻洋一, 石井憲, 鈴木秀彌, 高尾芳三, 古澤昌彦, 1989, 音響資源調査方法の高度化のための調査・研究. 昭和62年度漁業資源評價システム高度化調査結果報告書, 水産廳研究部, 316-344

宮野鼻洋一, 澤田浩一, 古澤昌彦, 高尾芳三, 鈴木秀彌, 1990, 音響資源調査方法の高度化のための調査・研究. 昭和62年度漁業資源評價システム高度化調査結果報告書, 水産廳研究部, 355-381

宮野鼻洋一, 1995, 魚の音響散亂 海洋音響學會誌, 22(2), 94-101.

李昊在, 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.

장창익, 1998, 어업관리학 20-27.

水産工學研究所, 1985年, 國內・國外の TS測定値一覽表, 80-81.

Urick. R. J(土屋 明 譯), 1985, 水中音響の原理, 共立出版, 2-12



감사의 글

이 논문이 완성되기까지 부족한 저를 많은 가르침으로 일깨워 주시고 정성으로 지도와 격려를 아끼지 않으신 안장영 교수님께 가슴깊이 진심으로 깊은 감사를 드립니다.

아울러 바쁘신 와중에서도 많은 조언과 격려와 함께 미흡한 논문을 세심하게 다듬고 심사하여 주신 노홍길 교수님과 안영화 교수님께 깊은 감사를 드리며 항상 따뜻한 관심과 함께 격려와 지도를 주신 박정식 교수님, 서두옥 교수님, 김석종 교수님, 강창익 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

이 논문을 마칠 수 있도록 도와주신 김승필 선배님과 실험에 필요한 실험어를 구입하는데 있어 많은 도움을 주신 김병엽 선배님, 옆에서 풀심양면으로 조언과 격려를 해 주신 이창현 선배님, 같이 논문을 쓰면서 툴툴히 조언과 관심을 주신 문종욱 선배님께도 지면을 통해 감사를 드립니다.

저에게 따뜻한 말씀과 힘이 되어 주신 박성욱 선배님, 박용석 선배님, 양용수 선배님께 감사를 드리며 실험을 충실히 도와 준 실험실 후배 김홍수, 김성철, 신성태, 윤상필 고윤일과 학과 후배인 안태협, 양준원, 김병기에게도 감사할 드립니다.

또한 바쁜데도 불구하고 같이 실험을 도와주신 김고환 선배님과 항상 웃음을 잃지 않게 해준 친구 고준철과 후배 김종범에게도 감사할 드리며 완주 할 수 있도록 힘이 되어준 경화에게도 감사할 드립니다.

그리고 생활에 많은 도움을 주신 양복심님과 허민숙님께도 지면을 통해 감사드립니다.

끝으로 저에게 항상 사랑과 정성을 아끼지 않으시고 많은 희생으로 뒷바라지 해 주신 너무나도 존경하는 부모님과 사랑하는 동생 주연이에게 저의 작은 노력의 결실이 보답이 되었으면 합니다.