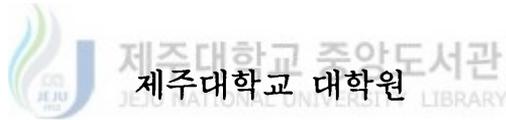


박사학위논문

제주도연안 멸치초망어업의 조업
생력화에 관한 기초적 연구



제주대학교 대학원

어업학과

박 성 욱

110-969

2001년 6월

제주도연안 멸치초망어업의 조업 생력화에 관한 기초적 연구

지도교수 서 두 옥

박 성 옥

이 논문을 수산학 박사학위 논문으로 제출함

2001년 6월

박성옥의 수산학박사 학위논문을 인준함



심사위원장

차 정 埴 

위 원

최 흥 鎰 

위 원

盧 洪 吉 

위 원

金 碩 鍾 

위 원

徐 斗 玉 

제주대학교 대학원

2001년 6월

**A BASIC STUDY ON THE LABOR-SAVING SYSTEM
FOR ANCHOVY SCOOP NETS IN THE COASTAL
AREA OF JEJU ISLAND IN KOREA**

Seong - Wook Park

(Supervised by professor Du - Ok Seo)

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

**DEPARTMENT OF FISHERY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY**

2001. 6

목 차

LIST OF FIGURES	iv
LIST OF TABLES	viii
SUMMARY	ix
I. 서 론	1
II. 멸치 초망어업	5
1. 제주도 초망어업의 역사	5
2. 멸치의 생태학적 특성	7
3. 어획량 변동	13
1) 한국 연근해의 멸치 어획량 변동	13
2) 제주도 연근해의 멸치 어획량 변동	21
4. 제주도의 초망어구	25
5. 제주도의 초망어업 조업방법	29
III. 초망어업의 어군유집 특성	36
1. 재료 및 방법	36
1) 집어등의 방사특성	36
2) 선상소음과 수중소음	41

2. 결 과	43
1) 집어등의 수중 방사조도	43
(1) 멸치어군의 유집	43
(2) 반사각에 의한 빛의 방사 효율	45
(3) 백열등의 방사특성	47
(4) 어장에서의 방사 조도	53
2) 선상소음과 수중소음	56
IV. 초망어업의 조업방법 생력화	59
1. 재료 및 방법	59
1) 조업 생력화 장치의 모형 이론	59
(1) 권양기의 구성	62
(2) 그물전개기의 구성	67
(3) 사이드 넷트 롤러의 구성	69
(4) 유압 회로의 구성	71
2) 챗대의 권양력 산정	74
3) 해상시험	77
2. 결 과	78
1) 권양기	78
2) 그물 전개기	84
3) 사이드 넷트 롤러	87
4) 조업인원	90

V. 고찰	94
1. 유집방법	94
2. 투망장치	104
3. 양망장치	112
VI. 요약	113
VII. 참고 문헌	116

감사의 글



LIST OF FIGURES

Fig. II-1. The bodily appearance of anchovy.	8
Fig. II-2. Monthly fork length composition of anchovy caught by scoop nets in the coastal area of Jeju Island during 1996~1997.	10
Fig. II-3. The relationship between fork length and body weight of anchovy caught by scoop nets in the coastal area of Seogwipo.	11
Fig. II-4. The relationship between fork length and body weight of anchovy caught by scoop nets in the coastal area of Seongsanpo.	12
Fig. II-5. Yearly catches of anchovy and total fish species in Korea during 1970~1999.	14
Fig. II-6. Catch frequency of anchovy by the fishing gears in Korea during 1970~1999.	16
Fig. II-7. Yearly catches of anchovy and the fishing gears in Korea during 1970~1999.	18
Fig. II-8. Yearly catches of anchovy and total fish species in Jeju Island during 1970~1999.	22
Fig. II-9. Frequency of monthly mean catches of anchovy caught by scoop nets in Jeju Island during 1980~2000.	23
Fig. II-10. Yearly catches frequency of anchovy in each fisheries cooperation of Jeju Island during 1996~2000.	24
Fig. II-11. Developed drawing of the anchovy scoop nets in the coastal area of Jeju Island.	27
Fig. II-12. The name of parts of anchovy scoop nets in the coastal area of Jeju Island.	28

Fig. II-13. Fishing process of anchovy scoop nets in the coastal area of Jeju Island.	31
Fig. III-1. Photograph of the fishing lamp using the anchovy scoop nets fishery in the coastal area of Jeju Island.	37
Fig. III-2. Dimensions of the reflection plate used in this experiment (unit in mm).	37
Fig. III-3. Points of measurement on the underwater illumination under anchovy scoop nets vessel.	39
Fig. III-4. Block diagram for analysis and measurement of the underwater noise.	42
Fig. III-5. The depths of anchovy school recorded by the fish finder in the coastal area of Seongsanpo in Jeju Island, October 1999. ...	44
Fig. III-6. Utilization efficiency of lamp by the reflection plate in anchovy scoop nets vessel.	46
Fig. III-7. The relative illumination of sunlight and incandescent lamp (AC 100 V, 1 kW) by wave length in the air.	48
Fig. III-8. The underwater illumination by the wave length of the fishing lamp (AC 100V, 1 kW) which located at the height 1.5 m above water surface in the water tank.	49
Fig. III-9. The surface illumination of the fishing lamp which located at the height 1.5 m above water surface in the water tank. .	52
Fig. III-10. The submarine illumination by water depth of the fishing lamp (AC 100 V, 1 kW) which located at the height 1.5 m above sea surface.	54
Fig. III-11. Inboard noise level of the check points in the anchovy scoop nets vessel.	57
Fig. IV-1. Power transmission for automatic operating system of anchovy scoop nets by main engine.	61

Fig. IV-2.	Schematic diagram of the winder (unit in mm).	63
Fig. IV-3.	Schematic diagram of the lower boom (unit in mm).	64
Fig. IV-4.	Schematic diagram of the net spreader (unit in mm).	68
Fig. IV-5.	Schematic diagram of the side net roller (unit in mm).	69
Fig. IV-6.	Schematic diagram of the hydraulic circuit used in this experiment.	73
Fig. IV-7.	Model boom system for tension test (unit in mm).	76
Fig. IV-8.	The model and prototype tension of model upper boom during winding time.	79
Fig. IV-9.	Photograph of the anchovy school attracted in bag net by the fishing lamp.	82
Fig. IV-10.	Photograph of the hauling of bag net by the traditional system.	83
Fig. IV-11.	Photograph of the net spreader.	85
Fig. IV-12.	The relationship between water depth and horizontal distance according to the weight of sinker when casting the sinker line as the velocity of 1 m/sec.	86
Fig. IV-13.	Distribution of hauling power in side net roller.	89
Fig. IV-14.	Photograph of the control valve of winder installed in steering house.	93
Fig. V-1.	The underwater illumination by the wave length of the incandescent lamp power which located at the height 0.1 m above water surface in the water tank.	99
Fig. V-2.	The underwater illumination by the wave length of the incandescent lamp power which located at the height 0.5 m above water surface in the water tank.	100

Fig. V-3.	The underwater illumination by the wave length of the incandescent lamp power which located at the height 1.0 m above water surface in the water tank.	101
Fig. V-4.	The underwater illumination by water depth of the incandescent lamp power which located at the height 1.5 m above water surface in the water tank.	102
Fig. V-5.	Photograph of the casting operation of anchovy scoop nets by winder and net spreader.	106
Fig. V-6.	The depth of lower boom represented rectangular coordinates.	108
Fig. V-7.	Photograph of the net spreader installed inboard.	111



LIST OF TABLES

Table III- 1. Main specifications of the underwater spectroradiometer used in this experiment	40
Table III- 2. The surface illumination of the fishing lamp (AC 100 V, 1 kW) which located at the height 1.5 m above water surface in the water tank	50
Table III- 3. The submarine illumination by water depth of the fishing lamp (AC 100 V, 1 kW) which located at the height 1.5 m above sea surface	55
Table III- 4. Distribution of underwater ambient noise level on operating main engine of the anchovy scoop nets vessel	58
Table IV- 1. Principal particulars of the hydraulic motor used in a and b type winder	66
Table IV- 2. Principal particulars of the hydraulic motor used in c type winder	66
Table IV- 3. Principal particulars of the hydraulic motor used in net spreader	70
Table IV- 4. Principal particulars of the hydraulic motor used in side net roller	70
Table IV- 5. Dimensions of the prototype and model boom	75
Table IV- 6. Sinking speed according to the weight of sinker	84
Table IV- 7. Hauling speed and tension of the anchovy scoop nets according to the revolution per minute of side net roller	89
Table IV- 8. The number of operating person of the traditional and mechanized methods	92
Table V- 1. The angle and location of boom's end by winding time when the winder draw the line of boom as the velocity of 1.51m/sec	107

Summary

The anchovy scoop nets fishery is a kind of lift nets and used widely to catch anchovy in the coastal area of Jeju Island and South Sea of Korea. Especially, the scoop nets used consists of upper boom, lower boom, pressing stick and bag net in Jeju Island. For gathering anchovy school, an incandescent lamp (AC 100 V, 1 kW) has been used as a fishing lamp which is installed 1.0 m ahead of the bow and 1.5 m above the sea surface.

The net is spreaded in the 4 m layer outer side of starboard by upper boom, lower boom and pressing stick. When the net is spreaded perfectly, anchovy school gathered by the fishing lamp at the direction of bow are attracted into the bag net, and hauled semi-mechanically. After the first hauling, the fishing process of gathering, casting and hauling are repeated several times during one night moving to the other fishing grounds. For this work at least 8 seamen are needed per vessel.

Likewise, in the anchovy scoop nets fishery, the seamen use one incandescent fishing lamp (AC 100 V, 1 kW) to gather fish school inside 4 m layer from sea surface. And in this fishery, there is characteristic that other fishes with low phototaxis are caught rarely. Therefore, to catch the anchovy successfully it is very important to attract the anchovy school around the bottom to the sea surface by the fishing lamp, and seamen with experience and adroit techniques are in charge of gathering and attracting fish school. However, there is no theoretical basis on the optimal light source and luminous intensity for gathering anchovy school.

Traditionally one incandescent lamp (AC 100 V, 1 kW) put into conical reflection plate has been used as fishing lamp for decades.

To develop the automatic fishing system suitable for the anchovy scoop nets fishery in the coastal area of Jeju Island, author have designed a system consisted of hydraulic winder, net spreader and side net roller, and have tested torque and revolution speed of winder, spreading condition of net, sinking speed of net spreader, hauling speed and power of side net roller, and adequate length of side net roller. Also, to investigate the optimal light source and luminous intensity for the effective gathering of anchovy school, author has tested the submarine illumination and the irradiance efficiency of reflection plate of 1 kW fishing lamp used usually and 2 kW one, and tested noise of main engine in air and underwater noise by main engine revolution.

The results are as follows;

1. Annual anchovy catches of recent 10 years in coastal and off-shore fisheries of Korea was 210,000 tonnage, and 7,000 tonnage in coastal area of Jeju Island.
2. Monthly catch by the anchovy scoop nets showed the maximum peak in March with 20.0% of the total catch. The major fishing season for anchovy could be divided into spring (February~May) and autumn (October) season with somewhat higher catch in spring season than that of autumn season.

3. The submarine illumination efficiency of fishing lamp was increased to about 180% by using the reflection plate. The light of lamp was radiated into water with having circular shape and it is corresponded with illumination of submarine spectroradiometer value.
4. The illumination of incandescent lamp (1, 2 kW) in air showed maximum value at 994 nm wave length, while it showed maximum at 690 nm at the water depth of 0.5 m and 1.0 m.
5. The relationship between submarine illumination (L) and water depth (Z) of vertical light in 1 kW fishing lamp was as follows ;



$L = 146.03e^{-0.37z}$
 제주대학교 중앙도서관
 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

6. The light of fishing lamp (1 KW) pass through much better into vertical direction than that of horizontal direction. And the light at the vertical direction could not reach to the 20 m layer.
7. The submarine illuminations of 2 kW fishing lamp in the depth of 2 m and 4 m were 631, 48 W/cm²/nm each which was 303, 435 % brighter than that of 1 kW fishing lamp, while they showed almost same submarine illumination at the 6 m layer.
8. The underwater sound pressure at the 4~6 m layer was 101~105dB at 100 Hz frequency, 102~104 dB at 300 Hz when engine's revolution was 1,000 rpm.

9. The newly developed automatic operating system of the anchovy scoop nets fishery consisted of hydraulic winder, net spreader and side net roller. And the number of operating persons could be reduced by 50% from 8 to 4 seamen compared with the traditional method.
10. The most suitable condition of the hydraulic motor of the winder should have the least leakage as the fishing time goes by than the other methods. The strongest tension of boom showed 187.5 kgf when the boom's end was in 4 m layer.
11. Among several winder devices, when the pressure difference was fixed 130 kgf/cm^2 for safety, the winding velocity of boom line in the best type of winder showed 2 m/sec, that was 0.48 m/sec faster than that of traditional fishing method and this winder could catch the anchovy of 1.6 tonnage per hauling.
12. The adequate weight of sinker for net spreader was 40 kgf, and proper sinking and hauling speed was 0.8 m/sec, respectively.
13. The adequate length and rotation speed of side net roller were 4 m and 60 rpm, respectively. The hauling efficiency was increased to 83.3 % and 2 seamen could haul the net.

I. 서 론

멸치 Anchovy, *Engraulis japonica* (HOULTUYN)는 청어목 멸치과에 속하는 어종으로서 우리나라 전 연안에 분포, 서식하고 있는데, 5~7월경에 대륙붕해역에서 산란을 하며, 부화 후 만 1년이 되면 체장 10~12 cm까지 자라서 성어가 되고, 주로 플랑크톤을 섭이한다.

FAO의 수산물 생산통계에 의하면, 1998년 세계 어업 총 생산량은 8,600만 톤(이하 톤은 M/T임)였으며, 이 중 멸치의 생산량은 5.7 %인 490만톤이었다. 멸치의 생산량을 국가별로 보면, 중국이 30.0 % (137만톤)로 1위였으며, 그 다음으로 페루 24.7 % (121만톤), 칠레 10.6 % (52만톤), 일본 9.6 % (47만톤), 한국 5.1 % (25만톤) 순이었다. 이들 5개국이 생산하는 멸치의 어획량은 세계 어획량의 80 %를 점유한 것으로 보아 주로 동북아시아와 남아메리카의 국가들에서 어획되고 있음을 알 수 있다.

멸치를 어획하는 주 어구는 페루와 칠레에서는 트롤과 선망, 중국에서는 선망과 정치망, 일본에서는 권현망 그리고 우리나라에서는 권현망, 정치망, 자망, 초망 등이다(일본어구어법도설, 1978 ; 중국해양어구도집, 1987 ; 현대한국어구도감, 1989). 이 중 초망어업은 우리나라 남해안과 제주도 연안에서 행해지고 있는 고유 어법이다.

제주도의 주변 해역은 한국의 남해, 동중국해, 황해와 접하고 있어 대마난류, 황해난류, 황해저층수, 중국대륙연안수 등 난류와 한류가 출현하여 21목 112과 281종의 다양한 어류가 서식하고 있으며(白, 1982 ; 盧, 1985), 이 중 멸치, 갈치, 고등어, 방어, 복어, 쥐치, 자리돔, 옥돔, 오징어 등 50여종이 어업 대상이 되고 있다(Sohn, 1976). 이 해역에서 조업하고 있는 어업은 주로 외출낚시, 채낚기, 연승, 유자망, 초망, 들망, 문어단지 등 연안어업이며, 척당 평균 톤수는 3.41 톤이다. 이 중 초망어선의 평균 톤수는 5.31 톤으로 연안어

선 가운데 어선규모가 비교적 크며, 척당 연간 어획량도 112.2톤으로 타 어업에 비해 많다(국립수산진흥원, 1997).

우리나라의 수산물 생산량은 경제개발이 이루어지기 시작한 1962년에 연간 47만톤에 불과했으며, 1980년대 이후부터 지속적으로 어로장비를 기계화하고, 어선을 대형화한 결과 1985년부터 연간 300만톤 이상 어획하기 시작하였다.

그러나 1990년대 이후 연안국들이 200해리 배타적 경제수역 선포와 한·일, 한·중의 어업 협정체결에 따른 어장축소 및 남획 그리고 해양 환경 오염 등으로 연근해 수산 자원이 감소되는 등 수산업이 국내·외적인 요인으로 많은 위축을 받고 있다. 특히 수산업은 도시산업의 고도화, 어촌 생활환경의 상대적 낙후, 열악한 노동조건 등으로 어업인구는 매년 4~5%씩 감소되고 있는 추세이다. 이에 따라 어업 종사자는 고령화되어 가고 있을 뿐만 아니라 여성 종사자가 점점 많아지고 있는 실정이다. 그리고 최근에 와서 수산업이 4D 산업의 하나라는 사회적 인식 때문에 탈어업 현상을 보이고 있으며, 그 심각성은 날로 더해지고 있는 실정이다. 이에 따라 업계에서는 동남아시아 국가의 저임금 인력을 고용하는 등 조업인력을 구하기 위한 자구책 마련에 고심하고 있다.

따라서 어업비용 중 인건비가 차지하는 비중이 가장 많다는 점을 고려할 때, 현재 수산업계가 직면하고 있는 고질적인 경영악화를 개선하기 위해서는 인력에 의존하고 있는 어로작업을 적극적으로 기계화시켜 조업인력을 절감시킬 수 있는 새로운 어로장비가 개발, 운용되어야 한다.

특히, 제주도 연안에서 조업하고 있는 초망어업은 큰 챗대 1개와 작은 챗대 1개는 반 기계적으로, 콧대 1개와 그물 작업은 인력으로 조작되고 있다. 집어등은 샷갓모양의 반사갓에 AC 100V, 1kW 백열전구 1개를 끼워서 구성하며, 멸치어군의 집어는 집어등을 선수 전방에 설치하여 2~3노트의 속력으로 향해하면서 멸치어군을 표층으로 부상시킨다. 집어등만으로 멸치어군이

표층으로 부상하지 않으면 쇠파이프로 어선의 외판을 두드리거나 또는 기관 회전수를 빠르게 하여 공회전시키면서 수중소음을 발생시켜 멸치어군을 표층에 유집시킨다. 어군이 수면부근에 집어되면 어구를 신속하게 투망하고, 집어등으로 선수에 집어된 어군을 자루그물로 유도하여 어획한다. 이러한 조업과정은 야간에 수 차례 반복되기 때문에 총 톤수 6톤 정도의 어선에 8명 이상의 인원을 필요로 하는 노동집약형 어업구조를 갖고 있으며, 이 중 1~2명만 없어도 조업이 어려운 실정이다. 따라서 조업 인력난을 해소하고, 조업 경비를 절감시켜 침체일로에 있는 초망어업을 생력화시킬 수 있는 조업 기계화 시스템 개발이 요구되고 있다.

멸치에 관한 한국에서의 연구는 Lee (1975)가 실내수조에서 멸치의 유영속력과 체장과의 관계를, Lee (1974)가 충무근해에서 시각별, 계절별로 어군탐지기에 의한 멸치어군의 연직분포, Chang 등 (1980)이 멸치의 생태학적 특성과 회유 및 자원의 동태, Kim (1978)이 멸치의 식이음으로 어군을 유집하였을 때의 멸치어군의 유집효과, Lee 등 (1998)이 200Hz와 300Hz의 순음을 1분 방성, 1분 정지하는 방법으로 방성하였을 때의 멸치어군의 유집효과 등 멸치어군의 분포와 행동에 관하여 각각 연구한 바 있다. 그리고 Sohn 과 Kim (1983), Sohn 등 (1984)이 자망의 어획량과 해양환경과의 관계, Park 과 Lee (1991)는 기선권현망어업의 어장형성과 해황과의 관계, Seo 와 Kim (1999)이 들망의 어획량과 해황과의 관계 등 해양환경과 어업별 어획량과의 관계에 대해서 각각 보고하고 있다. 또한 멸치를 대상으로 하는 어업 가운데 조업 생력화에 대해서는 Lee 등 (1979), Kim 등 (1995)이 기선권현망어업의 양망장치에 관하여, Choo 등 (1985)이 정치망의 로프식 양망장치에 관하여 각각 연구한 바 있다.

일본에서의 연구는 Kuroki 와 Chuman (1958)은 200 W 백열등 2개를 점등하였을 때의 멸치어군의 행동을 어군탐지기로 분석하였으며, Inoue 와 Ogura (1958 a, b)는 계절별, 시각별 멸치어군의 유영층에 관하여 연구한 바

있으며, Miyazaki (1950), Kuroki 와 Chuman (1958), Kuroki (1958, 1959), Kusaka (1959)등은 집어등에 의한 멸치어군의 유집효과와 수중조도에 관하여 연구 한 바 있으나 이들은 모두 집어등 광력의 수중조도를 lx 단위로만 측정하였다.

그리고 Oh 등 (1991), Yang 등 (1992), Chung 등 (1995), Choi 등 (1999)은 소형어선에 있어서 주기관의 회전수에 따른 선상 및 수중의 소음을 연구한 바 있다.

그러나 지금까지 제주도 연안에서 행해지고 있는 초망어업의 조업 인력을 절감시킬 수 있는 조업 기계화 시스템에 관해서는 개발된 바 없으며, 집어등으로 사용하고 있는 백열등의 방사조도를 파장별 방사량의 단위 ($W \cdot cm^{-2} \cdot nm^{-1}$)로 조사한 연구 그리고 조업시 초망어선에 있어서 주기관의 소음에 관해서는 조사, 연구된 바 없다.

따라서 이 연구는 초망에서 멸치어군을 유효하게 집어하기 위한 기초자료를 얻기 위하여 백열등의 방사조도와 반사각의 방사효율, 어선의 주기관을 공회전 시켰을 때의 선상과 수중의 소음을 측정하였다. 그리고 노동집약형 초망어업을 소수의 인력으로 조업이 가능한 조업 생력화 시스템을 개발하기 위하여 큰 챗대와 작은 챗대를 내리고 올리는 권양기, 자루그물 입구의 밑판 안쪽 끝을 조작하는 그물전개기, 자루그물 양망용 사이드 넷트 롤러 등을 유압구동형으로 설계, 제작하여 권양기의 권양 토크 및 권양속도, 그물전개기에 의한 어구의 전개상태 및 침강속도, 사이드 넷트 롤러에 의한 양망속도 및 양망력 등을 구명하였다.

II. 멸치 초망어업

1. 제주도 초망어업의 역사

우리나라 어업의 역사는 국가가 형성된 삼국시대부터이며, 삼국이 모두 연안국으로서 천해의 어장을 갖고 있어서 해면 어업개발에 호적한 자연적 조건을 지니고 있었다. 삼국사기에 의하면 고구려 영양왕 24년(613년) 漁梁(漁箭), 백제 개로왕 18년(472년) 위나라에 수산물을 공물로 바쳤고, 의자왕 19년(659년) 大魚(일명: 고래)가 금강에서 발견되었으며, 신라 태종무열왕 6년(679년)에 공주기군의 강에서 大魚 발견 등의 기록을 추정하여 보면, 우리나라에서는 삼국시대부터 어업에 대해 관심이 많았다(김, 1987).

제주도에서 생산된 수산물이 문헌에 처음으로 기록된 것은 고려 문종 7년(1053년)에 편찬된 고려사이다. 이 기록에 의하면 「耽羅國王子 殊雲那 遣其子 倍戒 校尉 古物等來獻 牛黃牛皮牛角螺肉榧子海藻龜甲等物 王援王子中虎將軍」라고 기록된 것으로 보아, 이 시기에는 주로 조간대에서 해조류나 패류를 채취하였으리라 사료된다.

조선시대에는 세종 14년(1432년)에 편찬된 신증동국여지승람의 제주목 풍속조에 의하면 「山險海惡 魚則釣 不用網罟 獸則射」라고 기록된 것으로 보아 조선시대까지도 제주도에서는 그물어업이 행해지지 않았다고 추정된다.

그리고 茲山魚譜(丁, 1814)에 의하면, 멸치(鰵魚)는 「鰵魚(중략) 退性喜明光 每夜漁業執火燎而引之及到窪密以匡網」라고 기록되어 있다. 즉 멸치는 밝은 빛을 좋아하므로 야간에 어부들은 불을 밝혀서 멸치를 유인하여 함정에 이르면 손그물(匡網)로 잡는다고 처음 소개한 것으로 미루어 보아 1800년대 이전부터 어군을 유인해서 잡는 초망어법이 남해안에서 시작되었다고 볼 수 있다.

초망은 우리나라 수산업법시행령(대통령령 제 15241호, 1996. 12. 31)이 변

경되기 이전에는 분기초망으로 어업명칭을 표기했었다. 분기초망은 챗배라고 하여 우리나라 연안에서 행해지고 있는 고유의 어법으로 “焚畝”는 횃불을 사용한다는 의미를 내포하고 있다. 그리고 챗배란 용어는 불을 보고 쫓아온 멸치를 건져서 잡아올릴 때 어선의 외판을 두드려서 소리를 내는 데서 유래 되었다고 한다(기선권현망수산업협동조합, 1990).

한편, 일본에서는 1890년대말부터 그물을 제작하는 편망기의 보급으로 먼 사그물이 어업에 사용되기 시작하였고, 1908년에는 한·일 양국간에 어업협정서가 체결되어 한국의 연근해에서 일본인들이 어업을 할 수 있게 되었다. 이에 따라 동일한 어장에서 조업하고 있는 한국의 어업인들도 그들의 어구를 수입하거나 모방하여 조업하였으리라 추측되며, 이 시기에 일본인 187명이 제주도에 이주하였다고 한다(제주도, 1982).

집어등의 변천과정을 살펴보면, 일본의 경우 1910년대 이전에는 어업에서 횃불을 집어등으로 사용하였고, 그 이후 석유집어등, 아세틸렌 집어등, 카바이트 집어등을 사용하다가 1929년부터 전기집어등을 사용하기 시작하여 1935년경에는 백열집어등이 전국적으로 사용되기 시작하였다. 1970년대 후반에 들어와서 할로겐등이 사용되었고, 1980년부터는 메탈할라이트등을 사용하기 시작하였다(Inada 와 Ogura, 1988).

한국에서는 언제부터 백열등이 어업에 사용되기 시작하였는지에 대해서는 명확한 기록이 남아 있지 않으나 일본과 인접해 있고, 또한 역사적으로 이 시기에는 일본인 어업자들이 한국의 연근해어장에서 조업했기 때문에 일본과 거의 같은 시기에 같은 종류의 집어등과 어구를 사용하여 조업을 했으리라 사료된다.

한국의 어선 통계는 1912년부터 기록되기 시작하였으며, 이 해의 초망어선은 한국인이 286척, 일본인이 34척 소유하였다(조선총독부통계연보, 1921). 그리고 수산물 통계는 1926년부터 기록되기 시작하였으며, 1948년 제주도에 생산된 멸치의 어획량은 3,526톤이었다고 처음 기록되어 있을 뿐 어업별

어획량에 대해서는 기록되어 있지 않다. 이후 1961년도에 이르러 제주도의 초망어선은 58척이고, 척당 12명이 승선하여 1,084톤의 멸치를 어획하였다고 기록되어 있다. 그리고 초망어업은 우리나라 남해안에서 외챗대식으로 사용되었지만 제주해역은 해저에 장애물이 많고 해황이 거칠기 때문에 1970년경부터 오늘날과 같이 2개의 챗대를 이용하는 쌍챗대식 조업으로 발달했다고 李 등 (1985)이 보고하고 있다.

따라서 우리나라에서의 초망어업은 1814년 이전부터 남해안에서 시작하였으며, 1930년대 후반부터 지금과 같이 백열등으로 멸치어군을 유집하였을 것으로 추측되고, 초망어업은 이 시기에 제주도로 전파되었을 것으로 생각된다.

2. 멸치의 생태학적 특성

멸치는 어류의 분류학상

脊索動物門 Phylum Chordata

脊椎動物亞門 Subphylum Vertebrata

顎口上綱 Superclass Gnathostomata

硬骨魚綱 Class Osteichthyes

硬骨上目 Superorder Teleostei

청어目 Order Clupeida

여울멸亞目 Suborder Albulina

청어上科 Superfam Clupeicae

멸치科 Family Engraulidae

멸치속 Genus CUVIER

에 속하며, 영어명은 Anchovy 또는 Japanese anchovy라 하며, 학명은 *Engraulis japonica* (HOUTTUYN) 이다 (정, 1988).

멸치는 Fig. II-1과 같이 몸이 다소 긴 원통형을 하고 있으며, 주둥이는 돌출되어 있고, 윗턱은 아래턱보다 길다. 입은 약간 아래쪽으로 향하고 눈보다 뒤쪽에 위치하며, 눈에는 기름눈꺼풀이 있다. 몸 빛깔은 등쪽은 청색, 배쪽은 흰색이며, 옆구리에 은백색의 세로줄이 있다. 비늘은 떨어지기 쉬우며, 배쪽 가장자리에는 모비늘이 없다. 체장은 머리길이의 약 4배, 머리길이는 눈지름의 3.5배이고 전장은 약 130 mm이다 (정, 1988).



Fig. II-1. The bodily appearance of anchovy.

멸치는 연안 회유어로서 플랑크톤을 주로 섭이하는 습성이 있고, 200 m 등심선내의 대륙붕해역에서 5~7월경에 산란하며 알은 부유성으로 타원형이다. 알은 수직으로 장시간 물위에 떠 있으며 수온 20℃에서 30시간만에 부화한다. 연령에 따른 체장과 체중은 부화 후 6개월이 되면 각각 83 mm, 4.0 g 이고, 1세가 되면 각각 100 mm, 7.4 g으로 자라서 성어가 되며, 2세가 되면 각각 122 mm, 14.4 g이 된다. 수명은 1~2년 정도이다 (김, 1988).

멸치는 우리나라 전 연안해역에 분포한다. 특히 통영, 추자도 연안해역에 많고, 서해는 평안북도까지, 동해는 강원도 통천까지 분포한다. 봄이 되면 연안해역의 내만에 왔다가 가을이 되면 남쪽 바깥 바다로 이동하여 겨울철을 보내고 봄이 되면 다시 연안해역으로 들어온다. 서식 수층은 0~60 m이나 주로 수심 20 m 이내의 대륙붕해역에 서식하며 아침에는 5 m층 내외, 낮에는 10 m층 내외, 저녁에는 거의 표층에 서식한다. 서식수온은 8~30℃이며, 최적수온은 13~23℃이다 (Chang 등, 1980 ; 정, 1988).

제주도 연안에서 초망에 의해 어획되는 멸치의 성장특성을 구명하기 위하여 1996년부터 1997년까지 서귀포항과 성산포항에서 매월 중순경에 양육된 것을 구입하여 체장과 체중을 조사하였다. 체장은 미차체장 (Fork length)을 cm 단위로, 체중은 전 중량 (Total weight)을 g 단위로 소수점 한 자리까지 측정하였다. 미차체장은 50 cm 용 어체측정판을, 체중은 전자저울 (1 kg)을 사용하여 매월 50미씩 측정하였다.

1996년부터 1997년까지 제주도 연안에서 초망에 의해 어획된 멸치의 월별 체장조성을 Fig. II-2에 나타내었다. 1996년은 서귀포연안에서, 1997년은 성산포연안에서 어획된 것이다. 서귀포연안에서 어획된 멸치의 월별 평균 체장은 5월에 4.5 cm, 6월에 6.7 cm, 7월에 8.5 cm, 9월에 10.5 cm였다. 성산포연안에서는 5월에 4.1 cm, 6월에 7.9 cm, 7월에 8.4 cm, 9월에 10.5 cm였다. 서귀포와 성산포 연안의 멸치의 체장은 월이 경과함에 따라 모두 커졌으며, 두 해역에서 어획된 멸치의 체장 크기도 서로 유사한 경향을 보였다.

Fig. II-3은 1996년 5월부터 9월까지 서귀포 연안에서 초망에 의해 어획된 멸치의 체장과 체중과의 관계를 나타낸 것으로, 이들을 관계식으로 나타내면 (2-1)식과 같다.

$$BW = 0.14e^{0.40FL} \quad (R=0.92) \quad (2-1)$$

Fig. II-4는 1997년 5월부터 9월까지 성산포 연안에서 초망에 의해 어획된 멸치의 체장과 체중과의 관계를 나타낸 것으로, 이들을 관계식으로 나타내면 (2-2)식과 같다.

$$BW = 0.11e^{0.43FL} \quad (R=0.93) \quad (2-2)$$

여기서, BW는 체중 (g)이고, FL은 미차체장 (cm)이다.

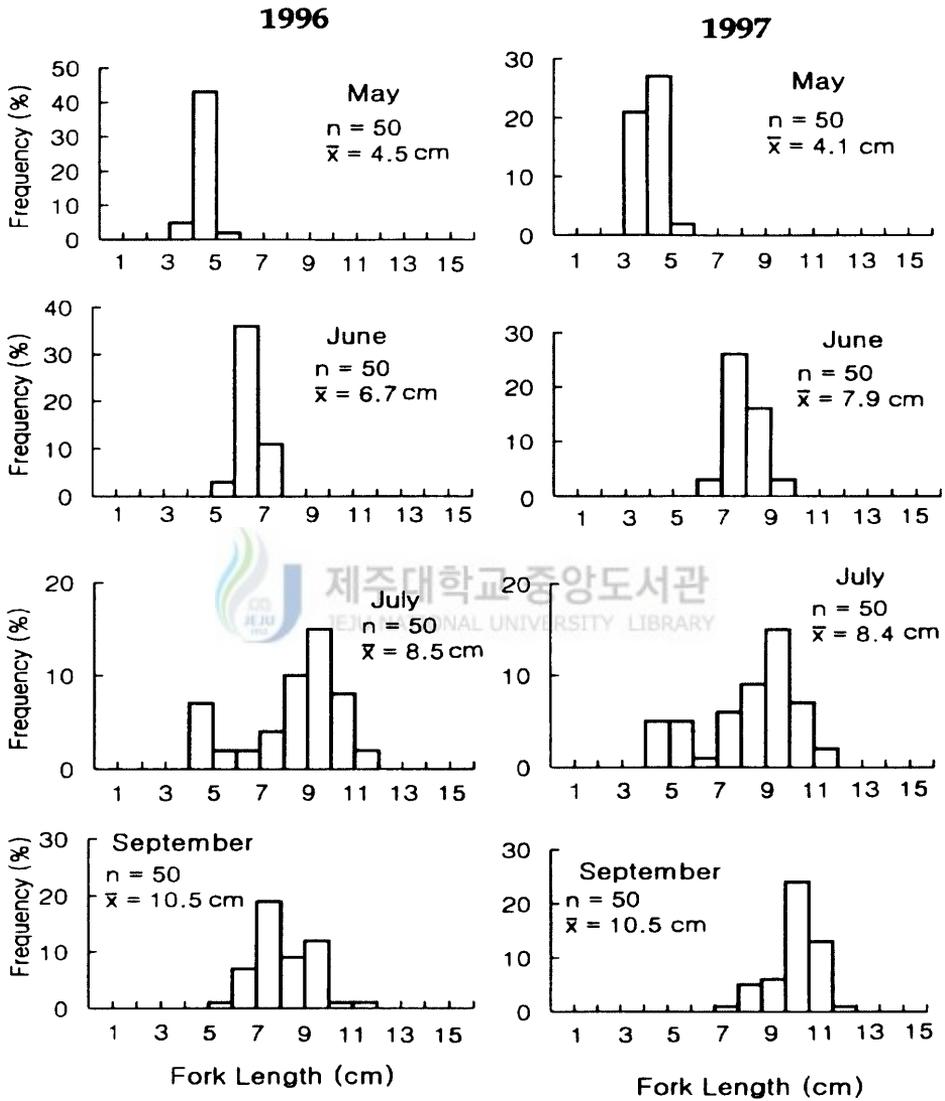


Fig. II-2. Monthly fork length composition of anchovy caught by scoop nets in the coastal area of Jeju Island during 1996~1997.

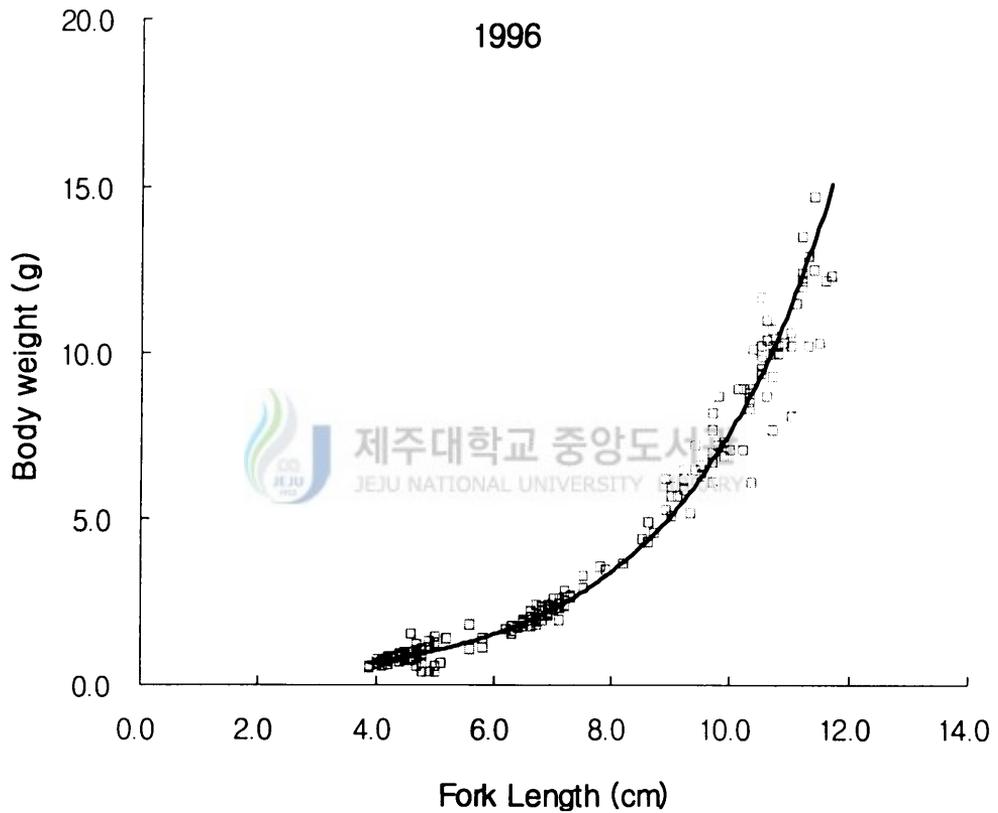


Fig. II-3. The relationship between fork length and body weight of anchovy caught by scoop nets in the coastal area of Seogwipo.

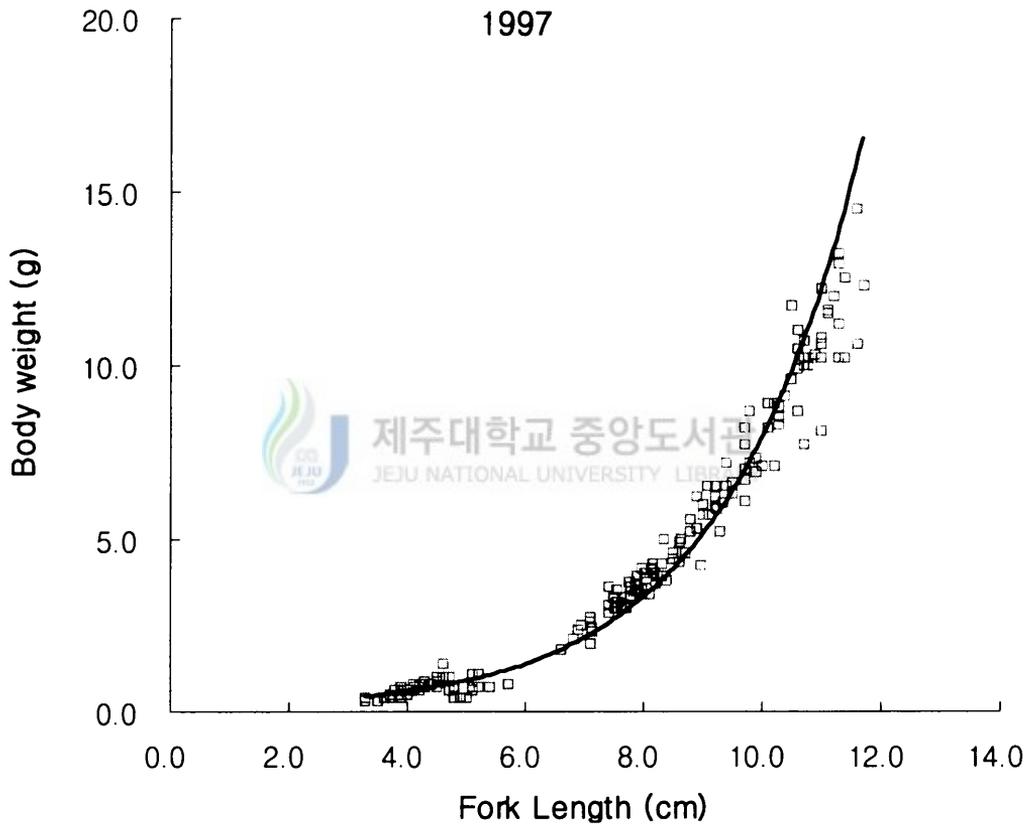


Fig. II-4. The relationship between fork length and body weight of anchovy caught by scoop nets in the coastal area of Seongsanpo.

3. 어획량 변동

최근 30년간 우리나라의 연도별, 어업별 멸치의 어획량 변동은 한국수산통계연보(1970~1999년)의 자료를 이용하였고, 제주도의 멸치 어획량 변동은 제주도내 주요 수협(성산포, 모슬포, 서귀포, 추자도, 제주시, 한림)에서 위판한 자료를 이용하여 분석하였다.

1) 한국 연근해의 멸치 어획량 변동

1970년부터 1999년까지 30년간 우리나라 연근해에서 어획된 어류와 멸치의 연간 어획량을 Fig. II-5에 나타내었다.

연근해에서 어획된 어류의 총 어획량은 1970년에 약 50만톤였으나 해마다 지속적으로 증가하여 1974년부터 100만톤 이상씩 어획되기 시작하여 1990년까지 17년 동안 연간 110만톤 내외의 어획고를 유지하였다. 그 이듬해인 1991년부터는 연간 90만톤정도로 어획량이 감소하였다.

멸치의 어획량은 1970년 54,047톤이었으며, 해마다 증가하여 1975년에는 1970년의 3.2배인 175,451톤이었다. 이후 1976년부터 1992년까지 17년 동안은 연간 17만톤 내외의 어획고를 유지하다가 1993년에 249,209톤으로 최고치를 보인 후 1994년에 격감하였으며, 이듬해부터 다시 증가하는 경향을 나타내었다.

최근 5년간 멸치의 연간 어획량은 24만톤 수준으로 1970년의 4.4배, 1980년의 1.4배, 1990년의 1.4배에 달하며, 멸치의 어획량은 해마다 지속적으로 증가하는 추세를 나타내었다. 1999년 멸치의 어획량은 어류 총 어획량의 27.3%인 238,934톤으로 어류 어획량 중 멸치가 차지하는 비율이 가장 높음을 알 수 있다.

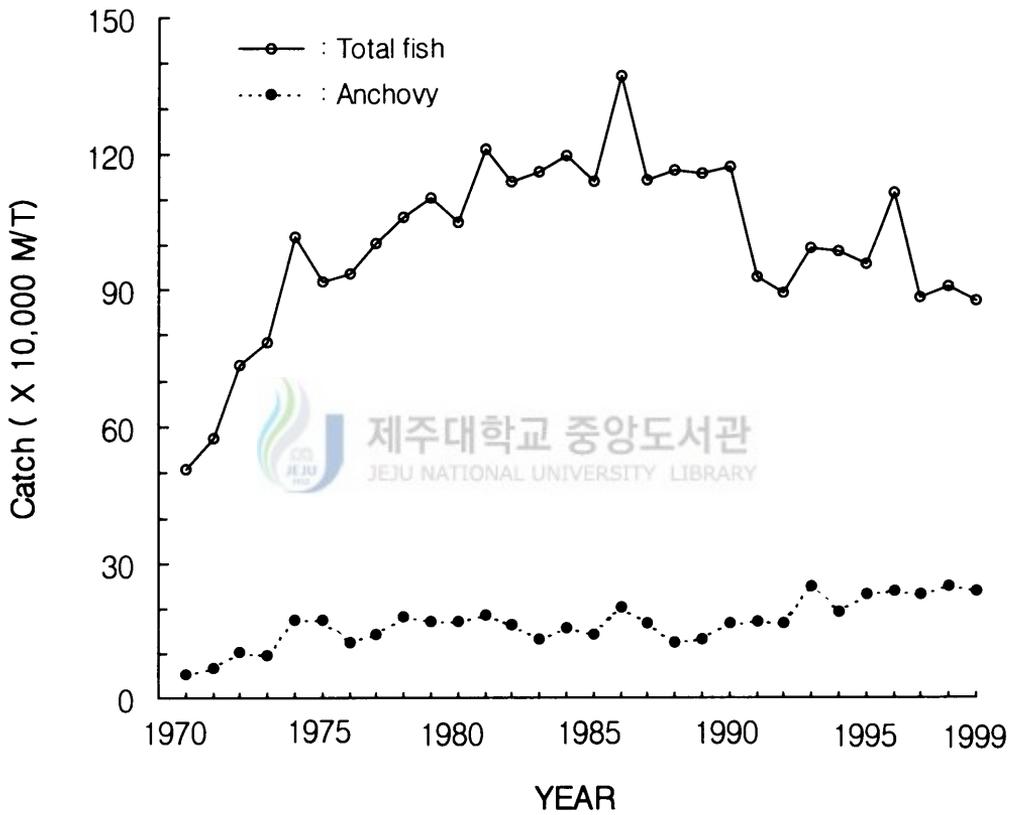


Fig. II-5. Yearly catches of anchovy and total fish species in Korea during 1970~1999.

1970년부터 1999년까지 30년간 우리나라 연근해에서 어획된 멸치의 어업별 어획 비율을 Fig. II-6에 나타내었다.

30년간 멸치의 연간 어획량은 167,800톤이었으며, 어업별로는 권현망에서 56.2%로 제일 많이 어획되었고, 다음으로 유자망(17.6%), 정치망(10.6%), 초망(3.8%), 안강망(1.6%), 선망(0.3%) 순이었으며, 저인망 등 기타 어업에서 9.8% 어획되었다. 권현망은 우리나라 남, 서해안에서, 유자망은 남해 동부연안에서, 정치망은 남해안에서, 초망은 제주연안에서 각각 조업이 이루어지고 있으며, 권현망, 유자망, 정치망, 초망은 멸치를 주 대상으로 하지만 선망과 안강망은 혼획물로서 어획되기 때문에 어획비율이 낮았다고 생각된다.

1970년부터 1999년까지 30년간 어업별 멸치의 어획변동 특성은 Fig. II-7과 같으며, 권현망(Fig. II-7a)에 의한 멸치의 어획량은 해가 거듭될수록 지속적으로 증가하여 1986년에 146,086톤으로 높게 나타난 후 급격히 감소하기 시작하여 1988년부터 1992년까지 5년간은 연간 8만톤 이하의 낮은 어획고를 유지하였다. 1993년은 전년도 어획량의 2배인 162,588톤으로 최대치를 보였으며, 이듬해부터 감소하는 경향을 나타내고 있다.

유자망(Fig. II-7b)에 의한 어획변동은 1974년에 54,118톤으로 최대치를 보인 후 감소하기 시작하여 1996년에 최소치를 나타내었으며, 이듬해부터 점진적으로 증가하여 1999년에 46,704톤 어획되었다.

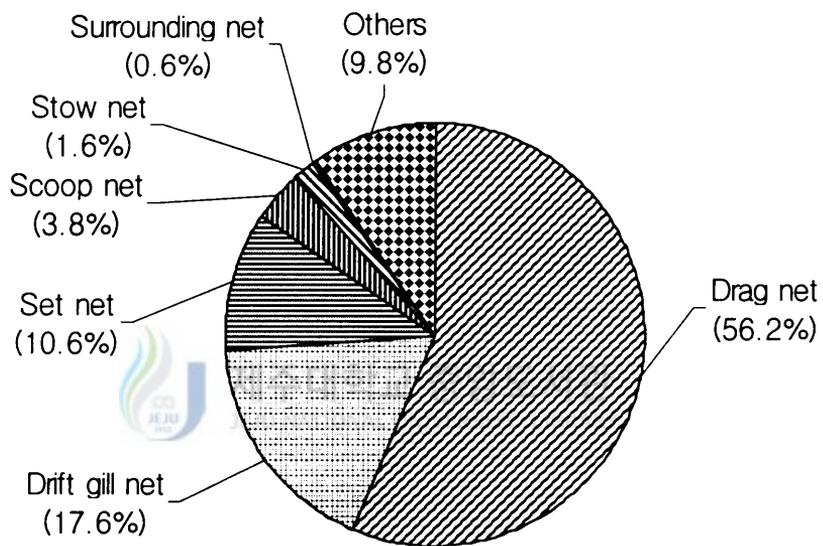


Fig. II-6. Catch frequency of anchovy by the fishing gears in Korea during 1970~1999.

정치망 (Fig. II-7 c)에 의한 어획량은 1974년에 37,116 톤으로 높게 나타난 후 감소하기 시작하여 1989년까지 1만톤 내외의 어획고를 유지하다가 이듬해부터 증가하기 시작하여 1993년에 3만톤 이상의 어획고를 보였다. 1996년에는 56,913 톤으로 최대치를 보인 후 점진적으로 감소하여 1998년에 32,932 톤으로 낮은 어획고를 보였으나 1999년에 다시 증가하는 경향을 나타내었다.

초망 (Fig. II-7 d)에 의한 어획량은 1980년까지 지속적으로 증가하여 15,415 톤으로 높게 나타났으나 이듬해부터 감소하기 시작하여 1994년까지 연간 6천톤 이하의 낮은 어획고를 보였다. 이후 점차 증가하기 시작하여 1997년에 17,100 톤으로 최대치를 보인 후 감소하는 경향을 나타내었으며, 1999년에 8,127 톤 어획되었다.

또한 안강망 (Fig. II-7 e)에 있어서는 대체적으로 해가 거둬질수록 증가하여 1998년에 10,980 톤으로 최대치를 보인 후 감소하는 경향을 나타내었다.

선망 (Fig. II-7 f)에 의한 멸치의 어획량은 지속적으로 증가하여 1996년에 3,210 톤으로 최대치를 보인 후 감소하는 경향을 나타내고 있다.

이상의 결과를 종합해 보면, 권현망, 정치망, 초망, 안강망, 선망에 의한 멸치의 어획량은 해가 거둬질수록 지속적으로 증가하다가 최근에 들어 감소하는 추세인 반면 유자망에서는 이와 반대의 경향을 나타내고 있다.

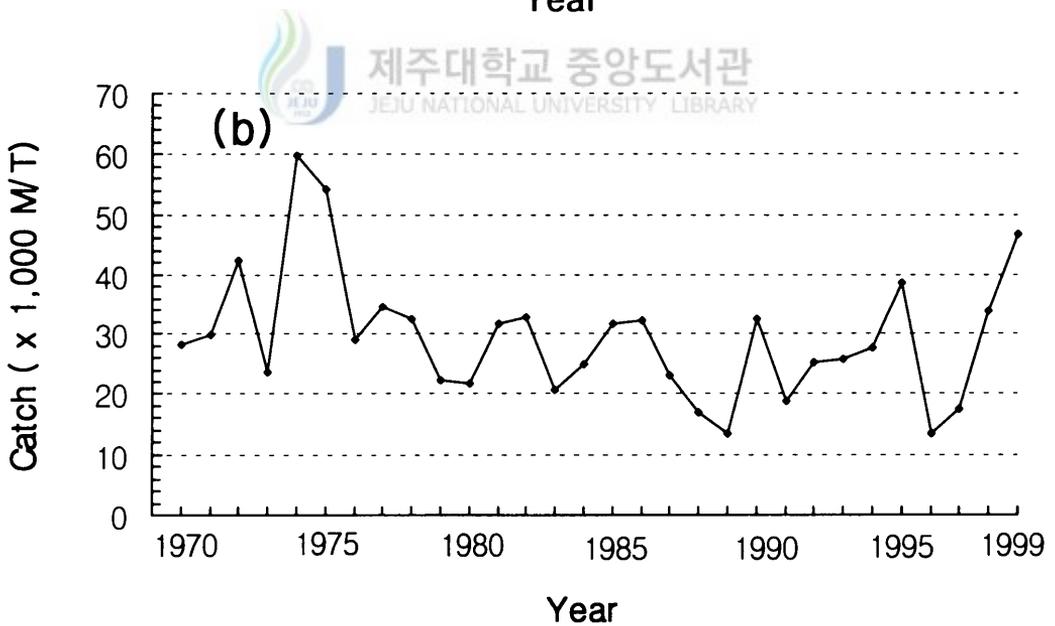
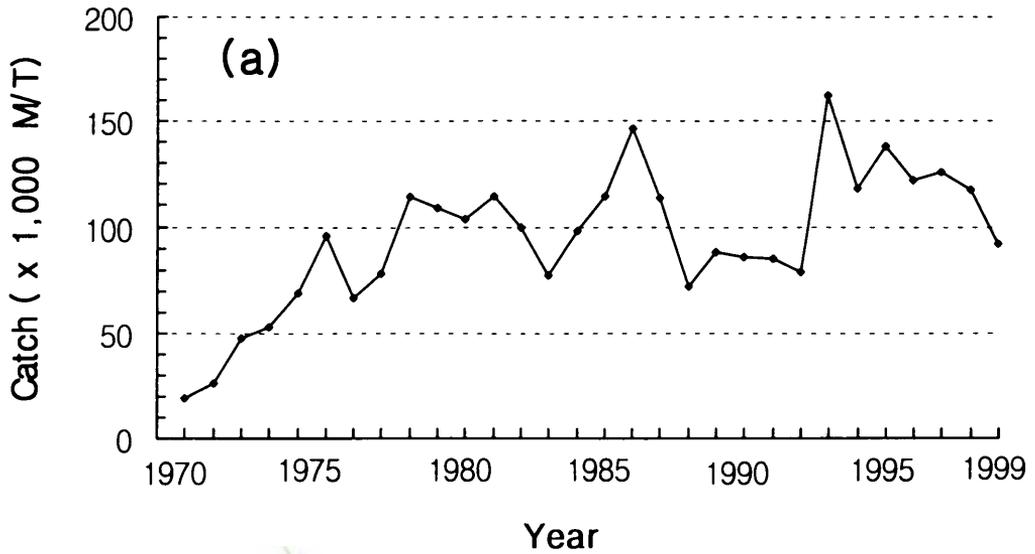


Fig. II-7. Yearly catches of anchovy by the fishing gears in Korea during 1970~1999.

(a) Drag net (b) Gill net

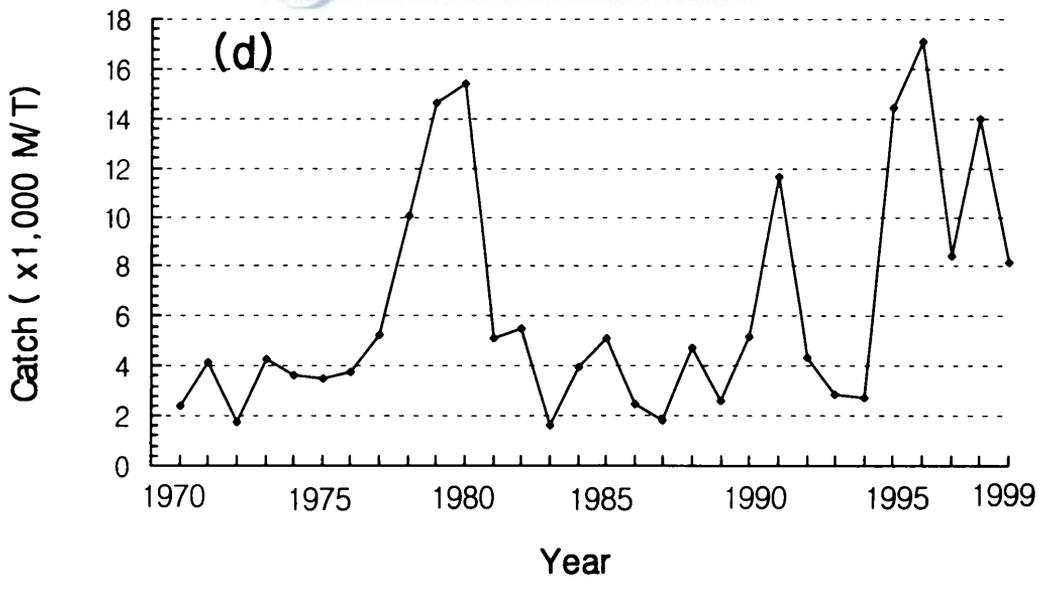
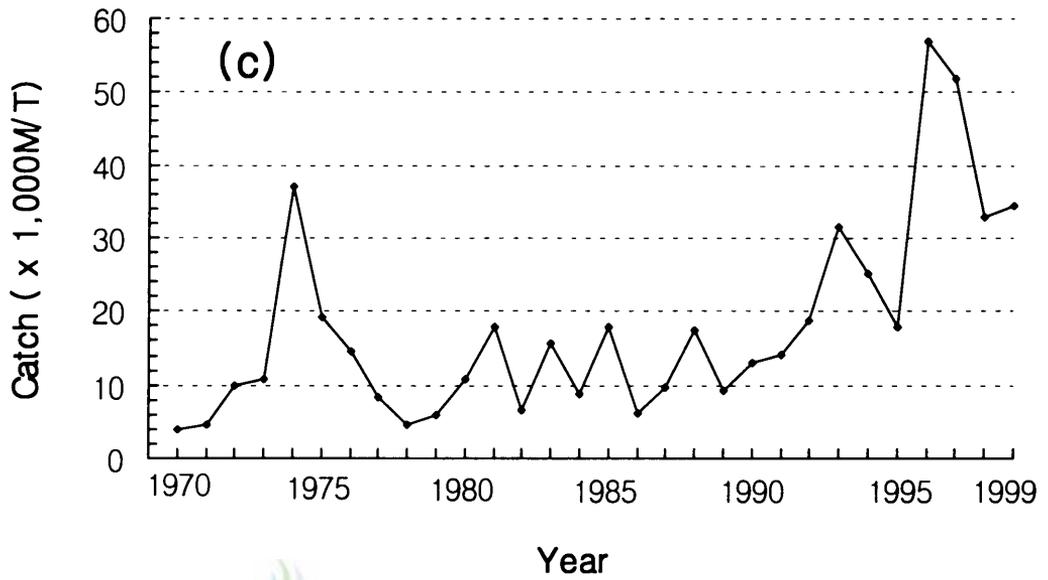


Fig. II-7. Continued.

(c) Set net (d) Scoop net

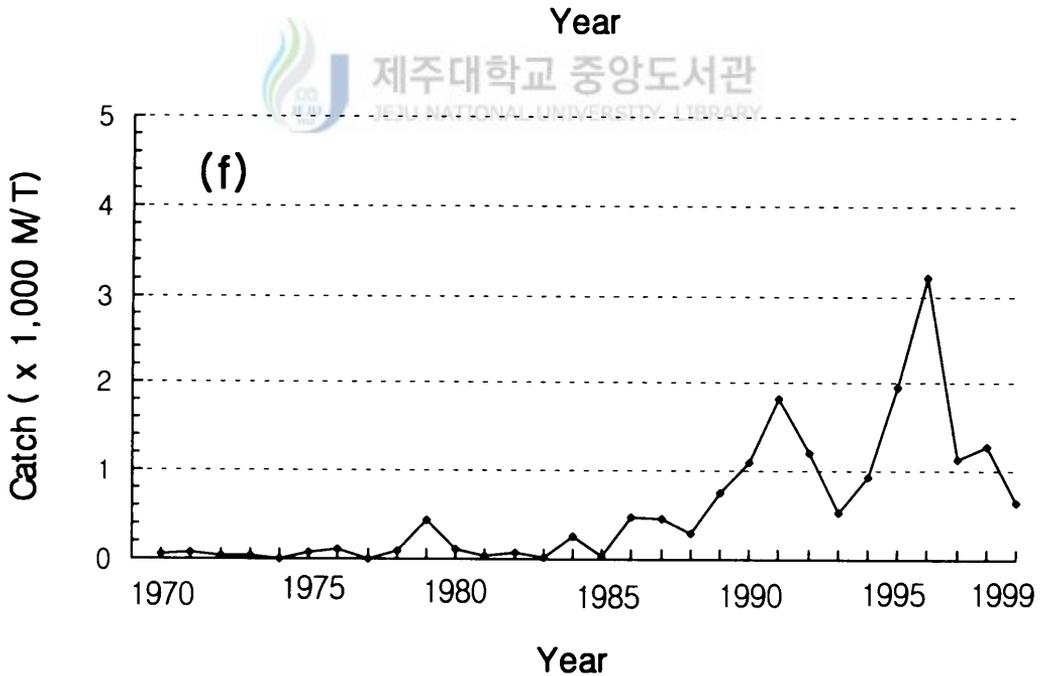
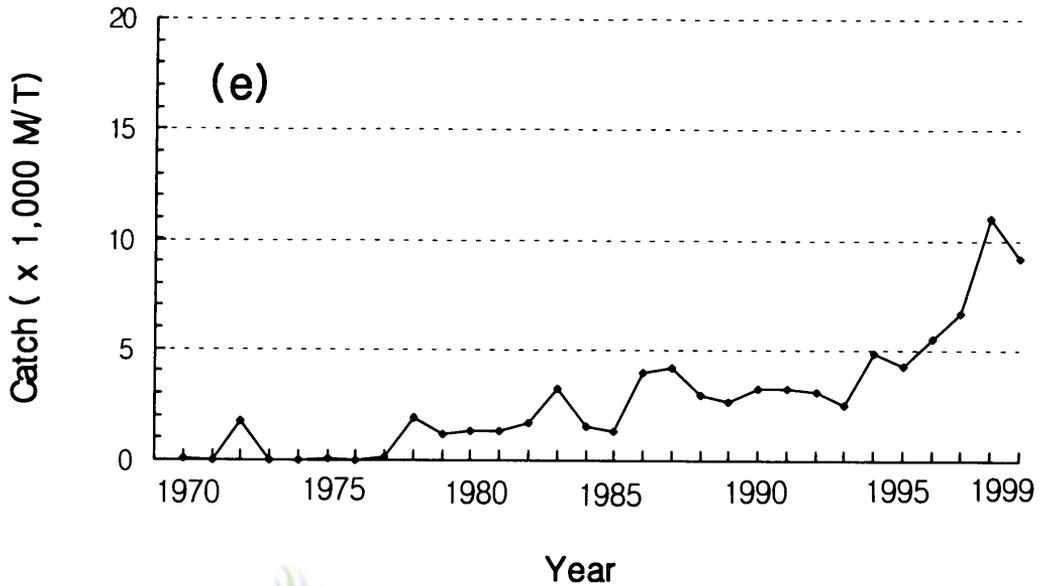


Fig. II - 7. Continued.

(e) Stow net

(f) Surrounding net

2) 제주도 연근해의 멸치 어획량 변동

최근 30년간 제주도 연안에서 어획된 어류와 멸치의 연간 어획량을 Fig. II-8에 나타내었다.

제주도에서 어획된 어류의 총 어획량은 1970년에 4,752 톤이었으며, 이후 해마다 지속적으로 증가하여 1977년부터 연간 1만톤 이상씩 어획되기 시작하였다. 1978년, 1980년, 1991년의 어류 어획량은 높게 나타났으며, 1995년에 35,445 톤으로 최고치를 보였다가 1997년에 25,453 톤으로 대폭 감소하였다. 1998년에는 1995년의 수준까지 회복되었으며, 1999년에 30,841 톤 어획되었다.

멸치의 어획량은 1970년에 1,810 톤이었고, 1978년, 1980년, 1991년의 어획량은 높게 나타났으며, 1995년에 13,820 톤으로 최고치를 보인후 감소하는 경향을 보이고 있다. 1970년대(1970~1979년)의 멸치의 연간 어획량은 3,318 톤으로 동일 기간의 어류 어획량의 37.7%를 점유하였으며, 1980년대와 1990년대의 어류에 대한 멸치의 어획량은 각각 17.0% (2,623 톤), 24.7% (6,598 톤)였다. 이와 같이 멸치의 어획량은 어류 어획량의 1/4이상을 차지하고, 연간 어획량 변동 또한 어류와 유사한 경향을 보이고 있는 것으로 보아 제주도에 서 어획되는 어류의 어획량은 멸치의 어획량에 크게 의존하고 있음을 알 수 있다.

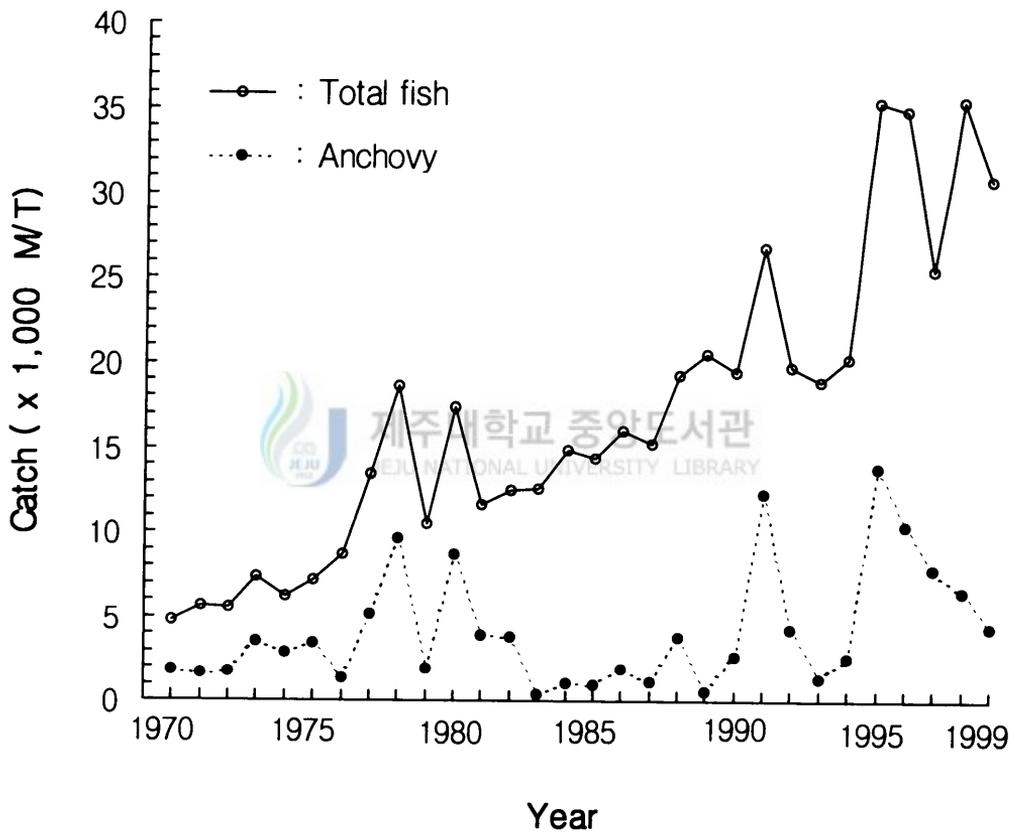


Fig. II-8. Yearly catches of anchovy and total fish species in Jeju Island during 1970~1999.

1980년부터 2000년까지 제주도의 초망어선에 의해 어획된 멸치의 월 평균 어획빈도를 Fig. II-9에 나타내었다.

제주연안에서 초망어선에 의해 어획된 멸치의 월별 어획빈도는 3월에 20.0 %로 최대치를 보인 후 감소하기 시작하여 5월에 13.3 %, 9월에 4.5 %로 감소했다가 다시 10월에 8.2 %로 증가한 후 11월부터 이듬해 1월까지 감소하는 경향을 나타내고 있다. 따라서 멸치초망어업이 주로 조업하는 시기는 크게 봄철(2~5월)과 가을철(10월)로 구분할 수 있으며, 가을철보다는 봄철에 호어를 보이고 있다.

이러한 경향은 가을철에 멸치가 외해에 있다가 봄철이 되면 수심이 얕은 연안쪽으로 회유해 와서 농밀한 어군을 형성할 뿐만 아니라 집어등의 빛이 어군이 형성되어 있는 수층까지 도달하기 때문이라고 판단된다.



Fig. II-9. Frequency of monthly mean catches of anchovy caught by scoop nets in Jeju Island during 1980~2000.

1996년부터 2000년까지 5년간 제주도의 주요 수협에 위판된 멸치의 어획량은 Fig. II-10과 같으며, 모슬포수협과 성산포수협에 위판된 멸치의 어획량은 전 어획량의 41%와 40%로 거의 대부분을 차지하였으며, 그 다음으로 서귀포수협(11%), 추자수협(3%) 순으로 나타난 것으로 보아 모슬포항과 성산포항에서 멸치초망어선이 주로 입·출항하고 있음을 알 수 있다.

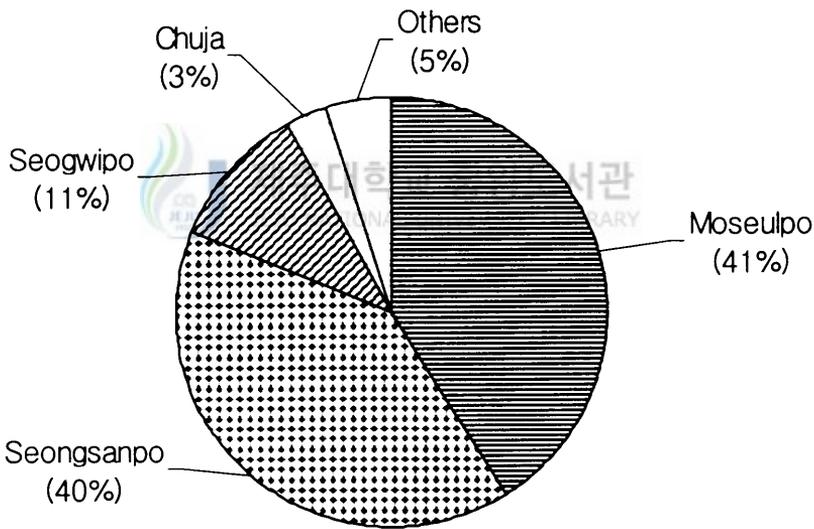


Fig. II-10. Yearly catches frequency of anchovy in each fisheries cooperation of Jeju Island during 1996~2000.

4. 제주도의 초망어구

제주도연안에서 6톤급 초망어선에 사용되는 어구의 설계도는 Fig. II-11에, 어선에 설치된 어구의 각부 명칭은 Fig. II-12에 나타내었다.

초망어업에 사용되는 어구는 큰 쳃대 (Lower boom, 길이 11.25 m) 1개, 작은 쳃대 (Upper boom, 길이 11.0 m) 1개, 콧대 (Pressing stick, 길이 5 m) 1개, 그물 모양은 직사각 기둥형으로 입구는 가로 4.5 m, 세로 11.0 m이며, 끝부분은 가로 5.0 m, 세로 9.0 m, 길이 17.6 m로 구성되어 있다. 그물감은 PA 결절망지 210Td 12합사 12.6 mm를 주로 사용하고 있다. 작은 쳃대의 전 길이에 는 그물입구의 윗판 전체가 메어져 있고, 큰 쳃대와 콧대의 끝은 각각 그물 입구의 밑판 바깥쪽 모서리와 안쪽 모서리에 연결되어 있다 (Fig. II-11).

초망어선에는 자루그물이 연결된 큰 쳃대와 작은 쳃대를 투·양망하기 위하여 Fig. II-12와 같이 선내의 중앙에 마스트 (Mast, 높이 8 m)가 설치되어 있으며, 마스트에서 우현 정횡 방향으로 1.5 m 떨어진 지점에 작은 쳃대와 큰 쳃대를 회전시키기 위한 지지대 (Prop, 높이 1 m)가 설치되어 있고, 선미에는 집어등을 켜기 위한 발전기 (Generator)가 놓여있다. 마스트의 꼭대기에는 30 cm 간격으로 고정활차 (Fixed block) 2개가 연결되어 있고, 작은 쳃대와 큰 쳃대의 바깥 끝에는 동활차 (Movable block)가 각각 1개씩 연결되어 있다. 작은 쳃대줄 (Upper boom line)은 마스트에 고정된 하부의 고정활차에 한쪽 끝을 묶고, 다른쪽 끝으로 작은 쳃대의 끝에 연결된 동활차를 통과한 다음 마스트의 고정활차를 통해 우현 사이드 드럼 (Side drum)으로 감을 수 있도록 되어 있으며, 큰 쳃대줄 (Lower boom line)도 작은 쳃대줄과 동일한 방법으로 마스트의 상부 고정활차를 통해 좌현 현측의 사이드 드럼으로 감을 수 있도록 되어 있다.

또한 어구가 투망 되었을 때 그물이 선수 또는 선미방향으로 압류되는 것을 방지하기 위하여 선수와 선미에는 각각 앞잡이줄 (Bow holding line)과 뒷

잡이줄(Stern holding line)이 연결되어 있다. 앞잡이줄은 선수와 그물입구의 밑판 안쪽 끝과 바깥쪽 끝을 각각 연결하고 있으며, 뒷잡이줄은 선미와 작은 쳇대의 바깥쪽 끝을 연결하고 있다. 앞잡이줄은 고정되어 있는 줄이며, 뒷잡이줄은 어장에 도착하여 어구를 전개하거나 조업을 마치고 입항할 때 작은 쳇대를 조작할 때 사용된다.



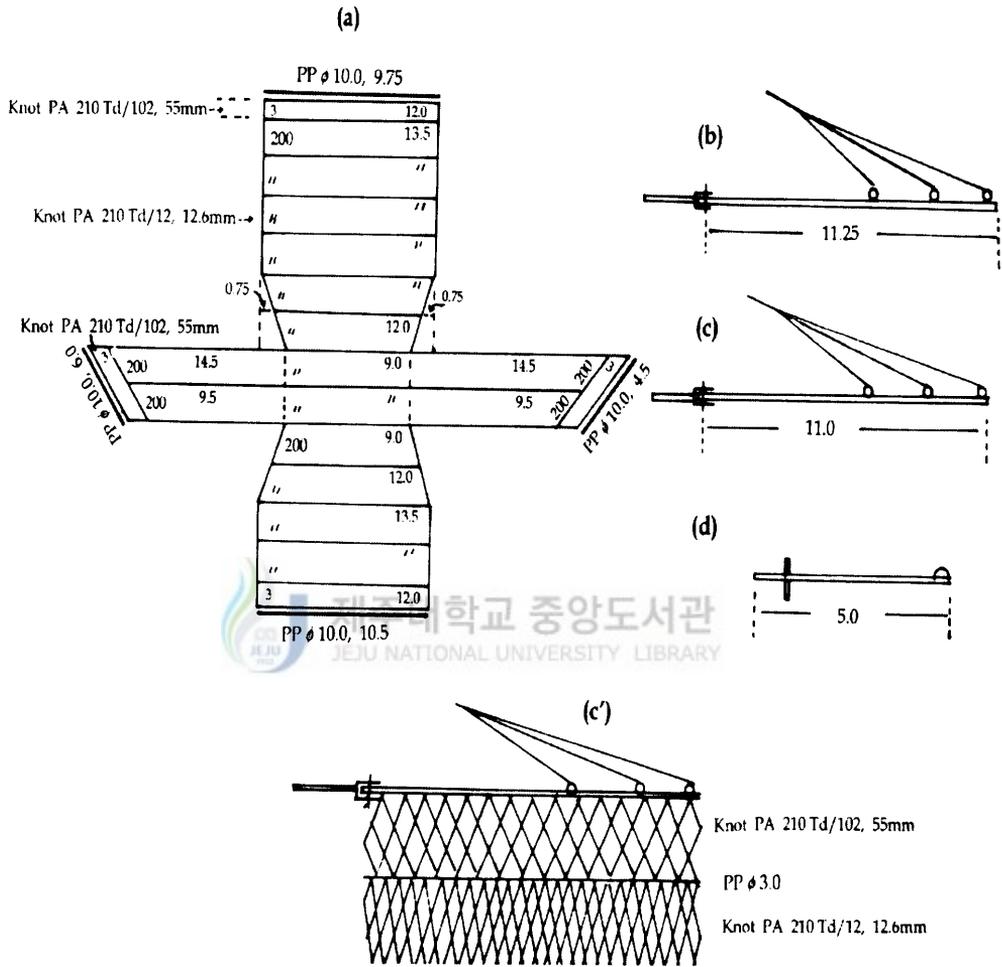


Fig. II-11. Developed drawing of the anchovy scoop nets in the coastal area of Jeju Island.

- (a) : Net (b) : Lower boom (c) : Upper boom
(c') : Upper part of net hanged upper boom
(d) : Pressing stick

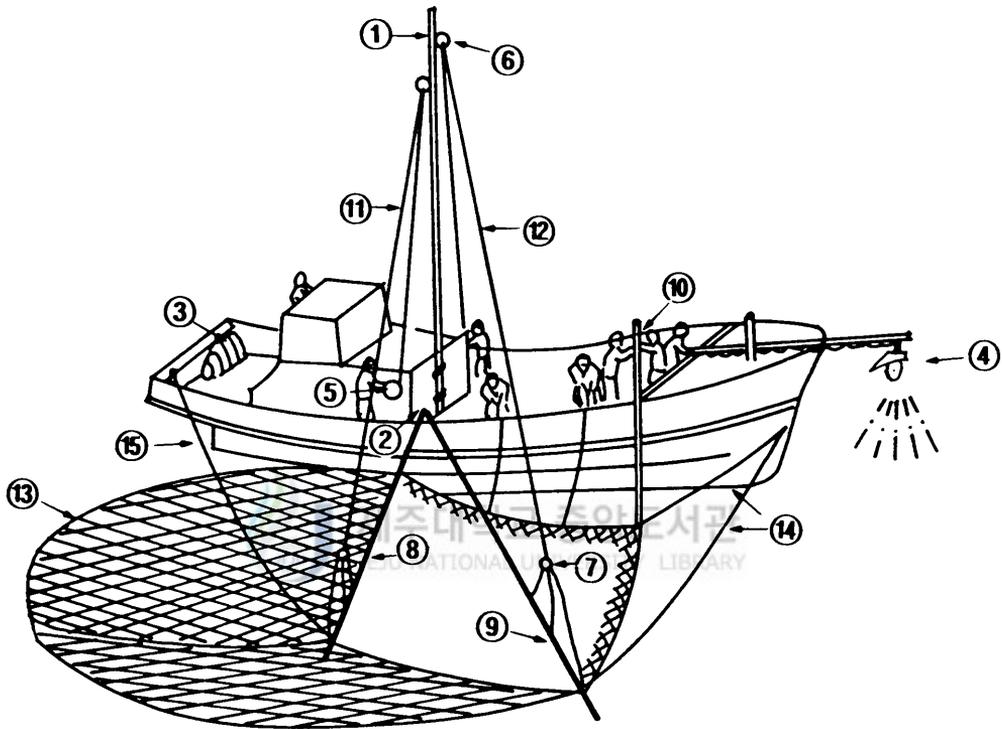


Fig. II - 12. The name of parts of anchovy scoop nets in the coastal area of Jeju Island.

- | | | |
|----------------------|-------------------|--------------------|
| ① Mast | ② Prop | ③ Generator |
| ④ Fishing lamp | ⑤ Side drum | ⑥ Fixed block |
| ⑦ Movable block | ⑧ Upper boom | ⑨ Lower boom |
| ⑩ Pressing stick | ⑪ Upper boom line | |
| ⑫ Lower boom line | ⑬ Net | ⑭ Bow holding line |
| ⑮ Stern holding line | | |

5. 제주도의 초망어업 조업방법

조업과정은 투망 준비, 집어등으로 어군유집, 투망, 양망, 입항 준비 등의 순서로 이루어진다.

투망 준비는 해질 무렵 어선의 우현 현측에 큰 챗대와 작은 챗대를 선수 방향으로 수납하여 어장으로 향한다 (Fig. II-13 a). 어장에 도착하면 큰 챗대와 작은 챗대의 안쪽 끝을 지지대의 파이프 속에 넣은 다음 각각의 챗대줄을 사이드 드럼으로 3~4m 정도 감아서 챗대를 먼저 들어 올린다. 선미에서는 뒷잡이줄로 작은 챗대가 지지대의 우현 정횡방향에 오도록 잡아 당긴 후 선미의 비트에 고정시킨다. 이렇게 되면 큰 챗대는 작은 챗대에 연결된 그물에 이끌려져서 자연히 우현 현측 상방에 전개된다 (Fig. II-13 b).

멸치 어군의 유집은 어구를 우현 현측에 벌린 채 2~3노트의 속력으로 항해하면서 발전기를 작동하여 백열 집어등 (100V, 1kW, 1개)으로 한다. 집어등은 선수 전방으로 1m, 수면 위로 1.5m 위치에 고정하며, 집어상황은 어군 탐지거나 육안으로 확인한다. 이 때 멸치어군이 표층으로 부상하지 않으면 쇠파이프를 어선의 외판을 두드리거나 또는 기관을 공회전 시키면서 회전수를 빠르게 하여 수면 부근까지 집어한다 (Fig. II-13 c).

투망은 멸치어군이 수심 2~4m 층에 부상된 것이 확인되면 큰 챗대, 작은 챗대, 콧대를 이용하여 어구를 수심 4m 층에 전개시킨다. 작은 챗대의 바깥쪽 끝은 우현 정횡 하방으로 수면까지 내리고, 큰 챗대의 바깥쪽 끝은 정횡하방과 30°, 선수와 30° 각도가 되도록 선수방향으로 투하하며, 콧대는 우현 현측에서 연직방향으로 그물입구의 밑판 안쪽 끝을 누른다. 큰 챗대와 작은 챗대에는 각각 챗대줄이 연결되어 있으며, 이 줄은 선내의 좌, 우현 사이드 드럼으로 조작되고, 콧대는 인력으로 누른다. 이 때 큰 챗대, 작은 챗대, 콧대는 동시에 투하된다. 이와 같이 어구가 수심 4m 층에 전개되면 투망이 완료된다 (Fig. II-13 d).

양망은 선수에 있는 집어등을 우현쪽으로 서서히 이동시켜 선수 집어등 아래에 있는 멸치 어군이 자루그물로 유도되면 신속하게 콧대와 큰 챗대를 먼저 수면 위로 들어 올려서 어군이 도피하지 못하게 한 후 큰 챗대, 작은 챗대를 같은 속력으로 끌어 올린다 (Fig. II-13 e). 큰 챗대와 작은 챗대가 정 횡상방 50° 까지 (수면 상부 10 m) 올라 오면 큰 챗대줄과 작은 챗대줄을 고정 시킨 후 그물을 인력으로 끌어 올리면서 멸치를 한쪽에 모은 후 뜰채로 어창에 수납한다. 이 때, 투망, 양망, 어획물 수납에 소요되는 시간은 어획량에 따라 다르지만 약 10~20분 정도이다. 어획물 수납이 끝나면 신속하게 재 투망하기 위하여 큰 챗대와 작은 챗대의 끝을 수면 상부 3~4 m 높이로 내려서 고정시킨 후 2~3노트의 속력으로 향해하면서 전술한 바와 같이 어군 유집, 투망, 양망을 반복한다. 입항준비는 해뜰 무렵에 조업을 마치면 선미의 비트에 고정된 뒷잡이줄을 풀어서 큰 챗대와 작은 챗대를 선수방향으로 수납하여 입항한다.



조업과정별로 소요되는 인원을 세분하여 보면, 투망시에는 조타에 1명, 선수에서 어군을 집어하고 유도하는데 1명, 큰 챗대와 작은 챗대를 투하하기 위하여 선내의 좌, 우현에서 사이드 드럼을 조작하는 인원 2명, 그리고 콧대로 그물입구의 밑판 안쪽 끝을 누르는 인원 2명, 그물을 투망하는데 2명 등 총 8명이 소요된다. 양망시에는 조타에 1명, 어군을 유도하는데 1명, 선내의 좌, 우현 사이드 드럼으로 큰 챗대줄과 작은 챗대줄을 감는 인원 2명, 눌렀던 콧대를 들어 올리는데 2명이 소요된다. 콧대를 조작하는 인원 2명은 콧대가 선내로 수납되고, 큰 챗대와 작은 챗대가 수면 상 10 m 위치에 올라오면 0.5 m 간격으로 4명이 우현 현측에 일렬로 서서 그물을 양망한다. 이 중 조타와 어군을 집어, 유도하는 인원 2명은 조업을 마칠때까지 고유의 일만을 전담한다.

(a) Sailing

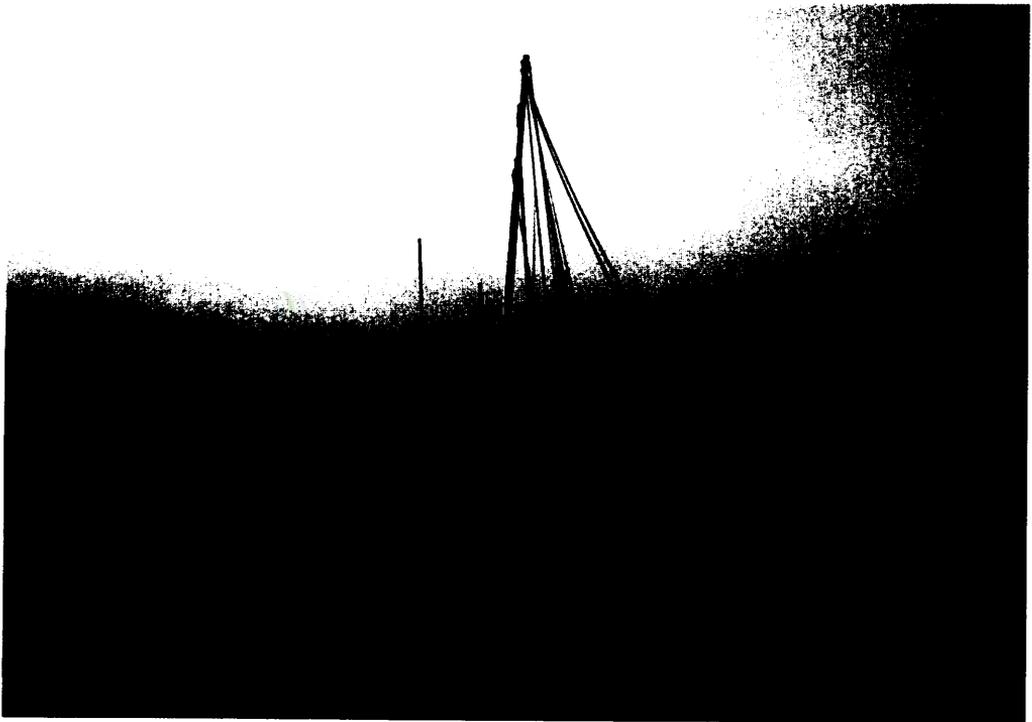


Fig. II-13. Fishing process of anchovy scoop nets in the coastal area of Jeju Island.

(b) Preparation for net casting

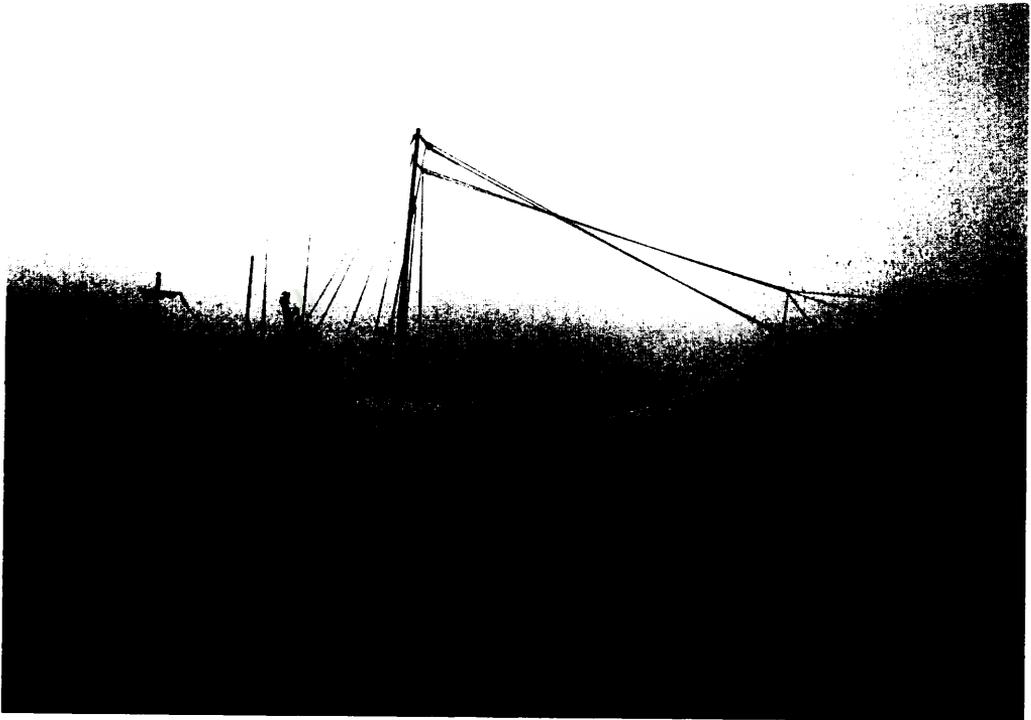


Fig. II-13. Continued.

(c) Fish school gathering

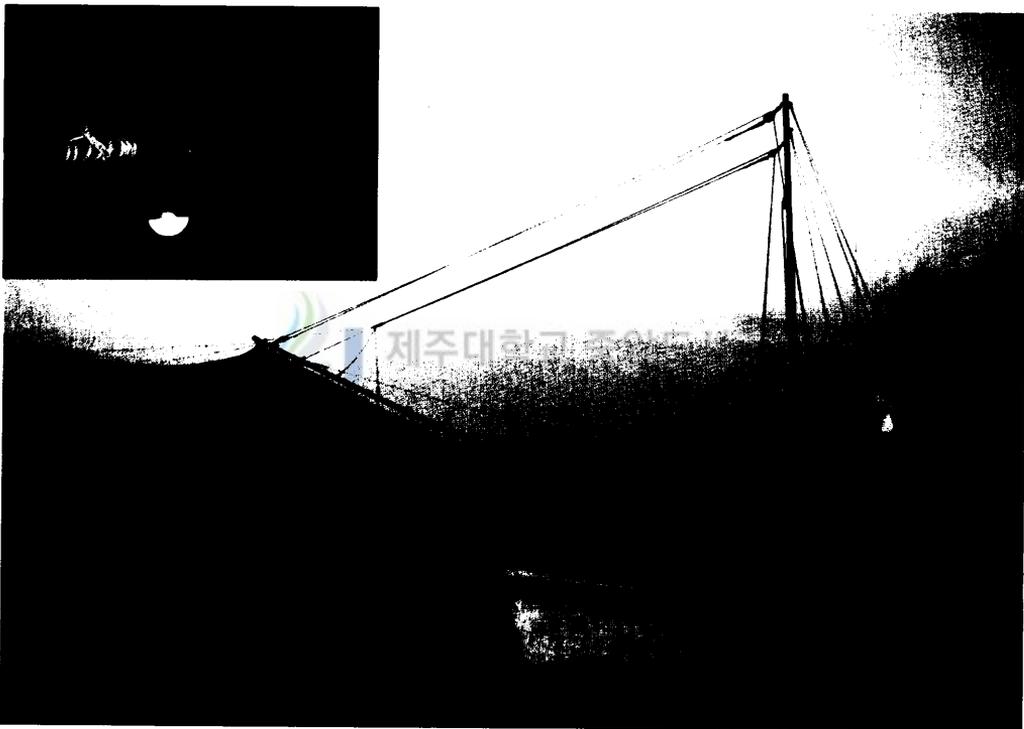


Fig. II-13. Continued.

(d) Net casting

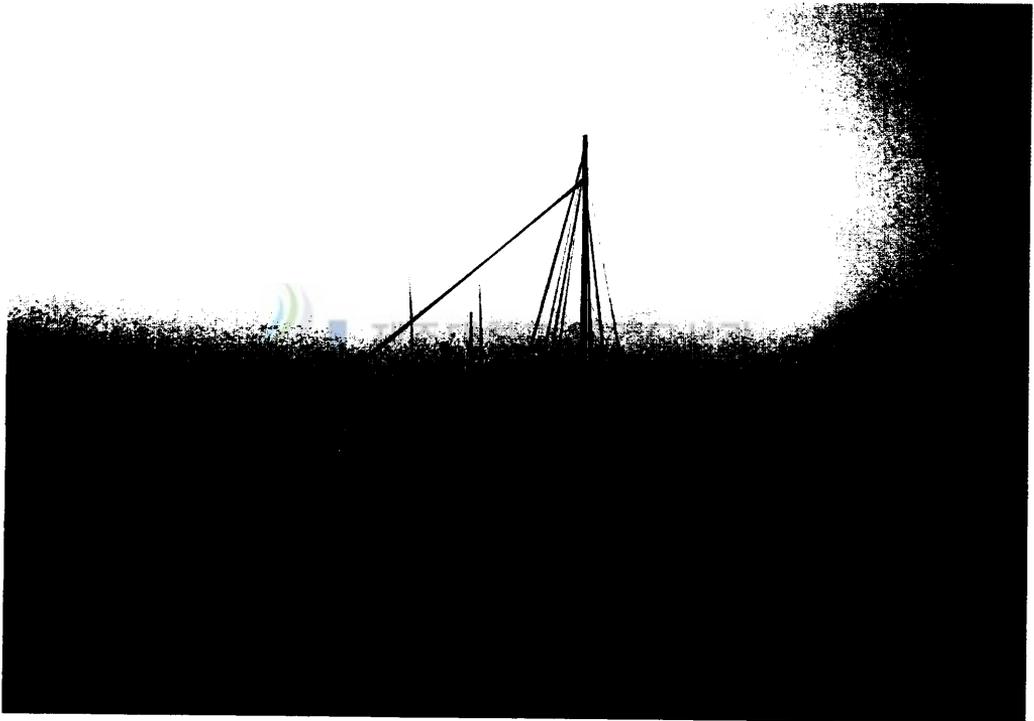


Fig. II-13. Continued.

(e) Net hauling



Fig. II-13. Continued.

Ⅲ. 초망어업의 어군 유집 특성

1. 재료 및 방법

1) 집어등의 방사특성

조도측정은 어장과 육상 수조에서 실시하였으며, 어장에서는 2000년 5월, 제주도 함덕항에서 동쪽으로 5마일 ($33^{\circ} 34' N$, $126^{\circ} 43' E$) 떨어진 해역에서 멸치초망어선(신일호, 6.02톤, 보조 발전기 10마력)을 이용하여 실시하였다. 시험에 사용된 전구는 1 kW (AC 100 V)와 2 kW (AC 220 V) 백열등으로, 이 전구를 Fig. Ⅲ - 1에 나타낸 바와 같이 현지 어업인들이 사용하고 있는 것과 동일한 반사갓 (Reflection plate)에 1개씩 끼워서 사용하였다.

반사갓은 두께 2 mm인 합석으로 제작하였으며, 그 규격은 Fig. Ⅲ - 2와 같다. 반사갓의 빗변의 길이는 전, 후 (전 방향이라 함은 어군을 집어할 때 전 방향으로 향하는 불빛을 차단하는 부분을 말하고, 그 경계점은 전구의 중심점을 의미하며, Fig. Ⅲ - 2 a에서 전구의 중심부터 오른쪽 방향을 표시함) 방향으로 각각 190 mm, 400 mm였으며, 좌, 우로는 모두 190 mm였다. 전구를 끼우는 지점에서의 높이는 180 mm였고, 반사갓 외부로 돌출된 전구의 길이는 80 mm였다 (Fig. Ⅲ - 2 a). 그리고 전구를 중심으로 반사갓의 길이는 전, 후로 각각 150 mm, 350 mm였으며, 좌, 우의 폭은 모두 175 mm였다 (Fig. Ⅲ - 2 b).

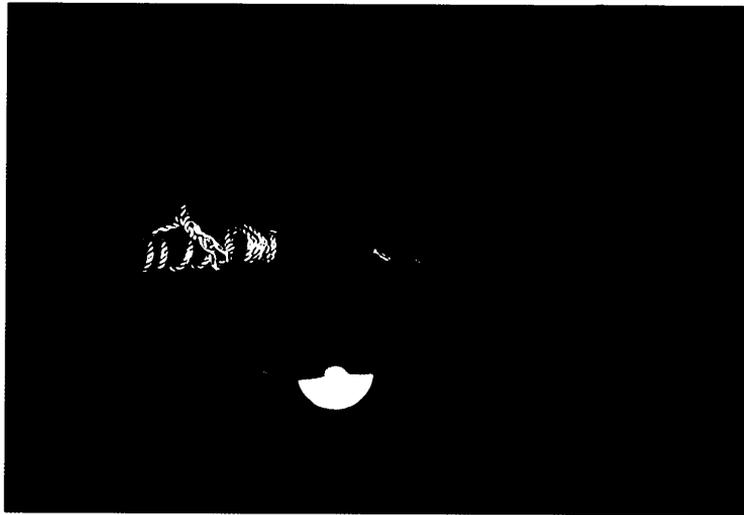


Fig. III - 1. Photograph of the fishing lamp using the anchovy scoop nets fishery in the coastal area of Jeju Island.

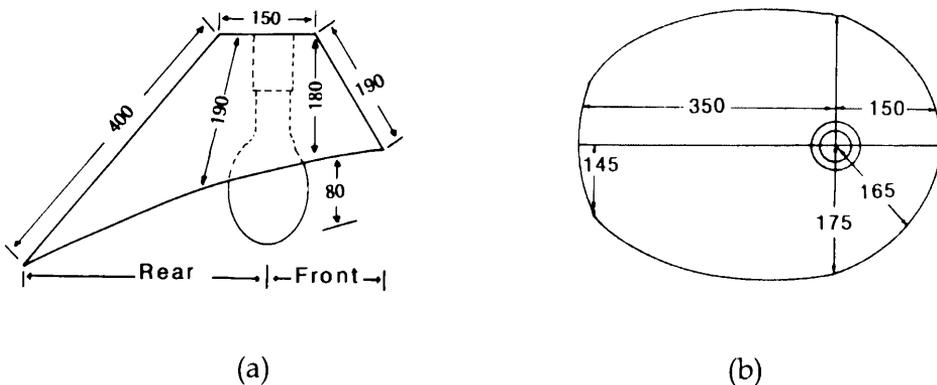
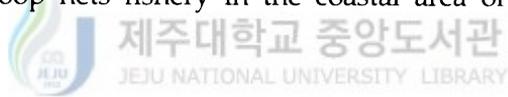


Fig. III - 2. Dimensions of the reflection plate used in this experiment (unit in mm).

(a) : side view

(b) : plan view

어장에서의 수중조도 측정은 Fig. III - 3에 나타난 바와 같이 초망어선에서 멀치어군을 집어할 때와 동일하게 1kW 백열전구 1개를 반사갓에 끼워서 선수에서 1m 전방으로 돌출되도록 하였으며, 반사갓의 윗변과 수면은 서로 평행이 되게 하였다. 집어등(반사갓에 전구가 끼워있는 것을 집어등으로 정의하였음)과 수면과의 연직거리는 1.5m였다. 수중조도는 집어등을 기준으로 정황방향으로 0, 2, 4, 6, 8, 10m의 지점에서 수심 10m까지 2m 간격으로 측정하였고, 10m보다 깊은 수층의 수중조도는 佐々木(1953)에 의한 실험식 (3-1)을 이용해서 계산하였다.

$$I = I_0 \cdot e^{-mz} \quad (3-1)$$

여기서 I_0 는 수면조도, I 는 z 미터 떨어진 심도에서의 수중조도(I_x), m 은 소멸계수, z 는 심도(미터)이다.

실내수조에서의 조도측정은 사각형 콘크리트제 수조(L5.0 × B2.0 × D1.5m)에 해수를 수심 1.3m까지 채워서 실시하였으며, 시험에 사용된 전구의 용량은 1kW와 2kW 백열등을 각각 1개씩 사용하였다. 백열등의 방사조도는 반사갓이 있을 때와 없을 때를 구분하여 측정하였다. 집어등과 수면과의 연직거리는 해상시험과 동일하게 1.5m로 하였다. 수중조도는 집어등을 기준으로 0, 0.5, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0m 지점에서 각각 0, 0.5, 1.0m의 수층에 대하여 측정하였다. 그리고 실내수조에는 집어등 이외의 빛이 들어오지 못하도록 하였으며, 야간에 실험을 실시하였다.

어장에서의 조도측정에는 수중광도계(미국 LICOR사, LI-1000)를 사용하여 $\mu\text{mol/s/m}^2$ 단위로 측정한 후 I_x 로 환산하였다. 실내수조에서의 조도는 Table III - 1에 나타난 수중광도계(미국 LICOR사, LI-1800UW)를 사용하여 $W/\text{cm}^2/\text{nm}$ 단위로 측정하였다. 수광면은 모두 수평이 되도록 유지하여 하부로 향하는 방사조도를 측정하였다. 그리고 수조에서의 파장별 공기 중 및 수중의 조도는 각각 300~1,100 nm, 350~850 nm 파장의 광 환경을 2 nm 간격으로 측정하였다.

그리고 어장에서 1 kW 백열등에 의해 유집된 멸치어군의 유영층에 대해서는 어군탐지기 (FURUNO, FCV-140)의 화면을 비디오 카메라로 촬영하여 분석했으며, 어종은 어구를 사용하여 확인하였다.

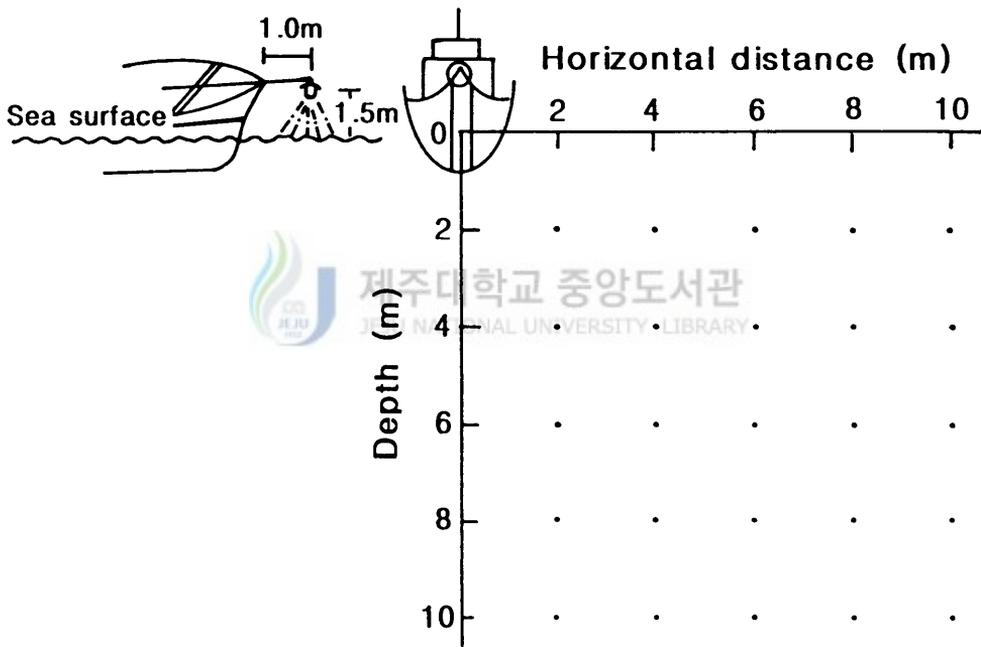


Fig. III - 3. Points of measurement on the underwater illumination under anchovy scoop nets vessel.

Table III - 1. Main specifications of the underwater spectroradiometer used in this experiment

Item	Specifications
Wave length range	350~1,100 nm in air 350~850 nm in underwater
Wave length accuracy	2 nm
Wave length drive intervals	1, 2, 5 or 10 nm
Scanning speed	20~40 nm/second
Calibration accuracy	5% in 1,100 nm
Maximum depth	200 m
Size and weight	28 (H) × 32 cm (D), 25 kg

2) 선상소음과 수중소음

멸치를 표층으로 유집하기 위하여 초망어선은 백열 수상 집어등을 점등하여 2~3노트의 속력으로 항해를 한다. 이 때 멸치가 수심 5 m층까지는 유집되나 그 이상 더 표층으로 부상하지 않으면 정선하여 기관의 회전수를 800 rpm에서 1,000 rpm으로 빠르게 공회전시켜 멸치를 부상시킨다.

제주도 연안에서 조업하는 초망어선 신일호 (6.02톤, 320마력, L 12.25 × B 3.18 × D 1.07 m, FRP 선)를 이용하여 1999년 10월 27일 (파고 0.5 m) 제주항 연안에서 선상소음과 수중소음의 음압준위를 측정하였다.

선상 소음 측정은 어선을 묘박하여 기관의 회전수를 800 rpm과 1,000 rpm으로 구분하여 선수 (B), 갑판 (D), 기관실내 (E), 연돌 위 (F), 선미 (S)의 5개 선내위치에서 실시하였다. 소음은 각 위치의 중심 밑바닥에서 수직방향으로 높이 1 m, 측면 1 m에 소음계 (RION, NA - 20)를 설치하여 A보정으로 20 초 동안 20회 반복 녹음하였으며, 이 중 가장 높은 값을 해당 위치에서의 음압준위로 하였다 (양, 1992).

수중소음은 선상소음과 같은 날짜에 측정했으며, 기관의 회전수는 800 rpm과 1,000 rpm으로 구분하여 측정하였다. 측정위치는 선수 (UB), 기관실 옆 (UE), 선미 (US)의 3개 선외위치로 구분하여 각 지점에서 심도 4 m, 6 m에 수중청음기 (B & K, 8104), 전치증폭기 (B & K, 2635), 녹음기 (SONY, TC - D5M)를 이용하여 녹음하였다. 또 녹음된 수중소음을 실험실에서 재생하여 주파수 분석기 (B & K, 2143)를 이용하여 100 Hz~2,000 Hz 사이로 음압준위 1 μ Pa을 기준으로 하였고, 측정장치의 개요를 Fig. III - 4에 나타내었다 (Oh, 1991).

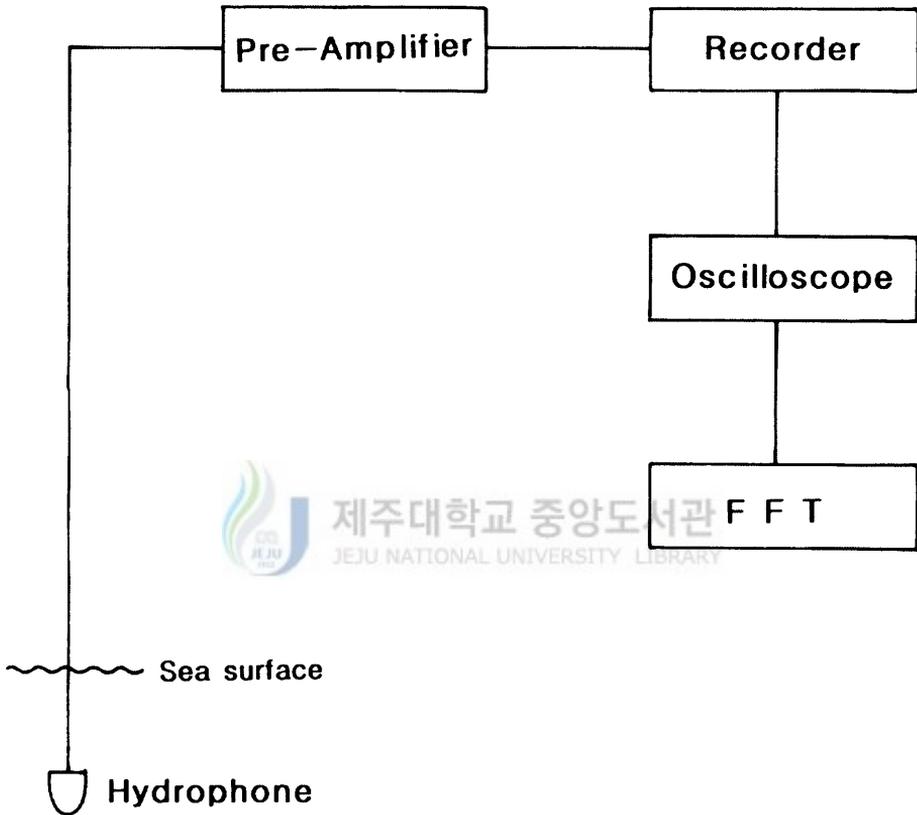


Fig. III - 4. Block diagram for analysis and measurement of the underwater noise.

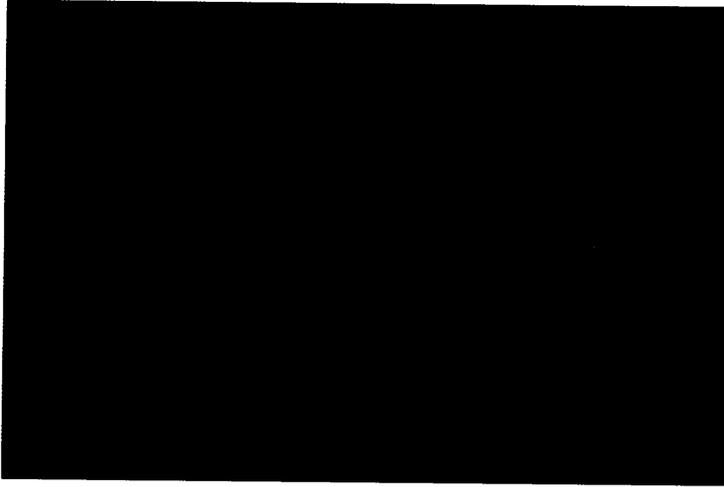
2. 결 과

1) 집어등의 수중 방사조도

(1) 멸치어군의 유집

1999년 10월 성산포 연안에서 22:00시경에 집어하기 이전과 1kW 수상 백열등을 점등하여 2~3노트의 속력으로 항해하면서 어군을 집어 할 때의 어군탐지기에 탐지된 멸치어군의 분포수심을 Fig. III-5에 나타내었다.

집어하기 이전의 멸치어군은 수심 10m층의 해저 부근에 유평하고 있었으며, 2~3노트의 속력으로 항해하면서 1kW 수상 백열등을 점등할 때의 멸치어군은 해저에서 이탈하여 표층으로 부상하는 것이 관찰되었다. 그리고 멸치어군은 매우 빠른 속력으로 집어등의 불빛을 향해 전진하였으며, 어군은 어선의 선저와 현측으로부터 선수방향의 표층으로 모여들기 시작하였다. 또한 표층에 유집된 어군은 짧은 시간동안 체류한 후 분산하는 현상을 보였다.



(a)



(b)

Fig. III - 5. The depths of anchovy school recorded by the fish finder in the coastal area of Seongsanpo in Jeju Island, October 1999.

(a) : before the gathering

(b) : begin to gathering

(2) 반사갓에 의한 빛의 방사효율

1 kW 백열등 1개를 반사갓에 끼워서 수면 상부 1.5 m 높이에 점등하였을 때의 반사갓을 중심으로 집어등 불빛이 방사되는 형태를 Fig. III - 6에 나타내었다.

전, 후 방향으로 비추는 집어등 불빛의 반사각도를 계산해 보면, 전 방향은 수평면 상 5° 이내는 반사갓에 반사되지 않고 공기중으로 방사되는 반면 후 방향은 수평면 하 22° 까지 반사갓에 의해 반사되고 있다 (Fig. III - 6 a). 현지어장에서 수면 상부 1.5 m 높이에 설치된 집어등이 방사하는 수면조도는 집어등 직하의 수면을 기점으로 정횡방향으로 9 m 지점에서 1.0 lx 이하였다. 이 거리에서의 각도는 계산상 수평면 하 10° 였으며, 이 연구에서는 수평면으로부터 이 각도 이내의 빛은 수중으로 들어가지 않는다고 가정하였다. 수중으로 직접 방사되는 이용률 A는 (3 - 2)식을, 반사갓에 의해 반사되는 빛의 이용률 B는 (3 - 3)식을 이용하여 계산하였다.

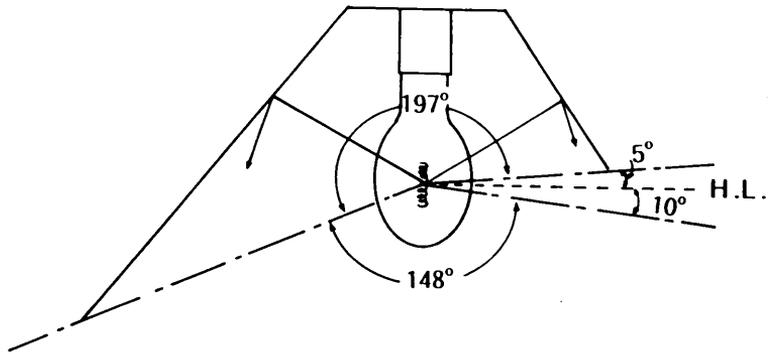
$$A = R_a \div 360^\circ \times 100 \quad (3 - 2)$$

$$B = R_b \div 360^\circ \times \eta \times 100 \quad (3 - 3)$$

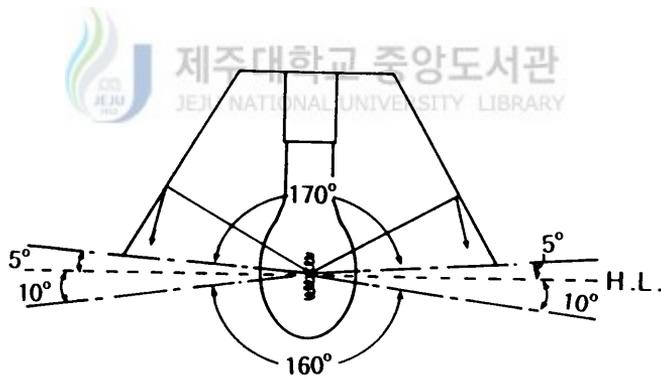
여기서, R_a 는 반사갓에 반사되지 않고 직접 수중으로 입사되는 각도 범위이고, R_b 는 반사갓에 반사되어 수중으로 입사되는 각도 범위이며, η 는 합석으로 된 반사갓의 반사효율 (80%)이다.

전·후 방향에 있어서 수중으로 직접 방사되는 각도와 이용률은 각각 148° , 41.1 %이고, 반사갓에 반사되는 각도와 이용률은 각각 197° , 43.8 %이며, 집어등을 중심으로 전면과 후면에 비추는 집어등의 이용률은 각각 41.1 %, 43.8 %가 된다.

그리고 좌, 우 방향으로 비추는 집어등 불빛의 반사각도는 수평면 상 5° 이내는 반사갓에 반사되지 않고 공기중으로 방사되고 있다 (Fig. III - 6 b). 따라서 수중으로 직접 방사되는 각도와 이용률은 160° , 44.8 %이고, 반사갓에 의해 반사되는 각도와 이용률은 170° , 37.8 %이었다.



(a)



(b)

Fig. III - 6. Utilization efficiency of lamp by the reflection plate in anchovy scoop nets vessel.

H. L. : Horizontal line

(a) : front and rear direction

(b) : left and right direction

따라서 전구를 중심으로 전, 후, 좌, 우 방향으로 비추는 빛의 방사율은 각각 41.1%, 43.8%, 41.3%, 41.3%이었다.

한편, 반사갓을 사용하지 않고 백열등을 방사한다고 가정하면, 수평면 하 10° 이내와 수평면 상부로 방사하는 빛은 모두 공기중으로 방사되고 수평면 하 160° 만 수중에 방사되며, 그 이용률은 44.4 %가 된다. 따라서 반사갓을 씌웠을 때의 집어등 효율은 82.6 ~84.9 %로서 반사갓이 없을 때 보다 약 1.8 배 높게 나타났다. 이러한 결과는 실내수조에서 반사갓이 있을 때와 없을 때의 조도를 측정 한 결과와도 일치하고 있다.

(3) 백열등의 방사특성

멸치초망어업에 사용되고 있는 백열 수상 집어등의 방사특성을 알기 위하여 공기중에서 백열등과 태양광의 파장별 상대 방사조도 비율을 Fig. III - 7에 나타내었다.



공기중에서의 태양광의 파장별 방사조도는 파장 554 nm에서 최대치를 보였으며, 554 nm이상의 파장에서는 약간의 증감을 보이면서 감소하는 추세를 보이다가 942 nm의 장파장에서 최소치를 보였다. 그리고 백열등의 방사조도는 파장 994 nm에서 최대치를 보인 후 감소하는 경향을 나타내었다.

그리고 수중에서의 백열등의 방사특성을 알기 위하여 실내수조에서 반사갓에 1kW 백열등 1개를 끼우고 수면상 1.5 m 높이에서 빛을 방사할 때의 수심별 조도를 Fig. III - 8에, 수면에서 최대치를 보이는 812 nm의 파장의 측광량을 lx로 환산한 결과를 Table III - 2에 나타내었다.

Fig. III - 8에 의하면 수중에서 백열등의 방사조도를 보면, 수면에서는 파장 812 nm에서 최대치를 보이는 반면 수심 0.5 m층과 1.0 m층에서는 모두 690 nm의 파장에서 최대치를 보이고 있다. 690 nm의 파장에서 수심별 투과율은 0.5 m층에서 수면광(3,428 W/cm²/nm)의 51 %, 1 m층에서 27 %로 나타났으며, 812 nm의 파장에서는 각각 21 %, 5 %로 나타났다. 그리고 장파장일수록 수면부터 수심 0.5 m층 사이에서 에너지의 저하가 현저하게 많았으며, 수심 0.5 m

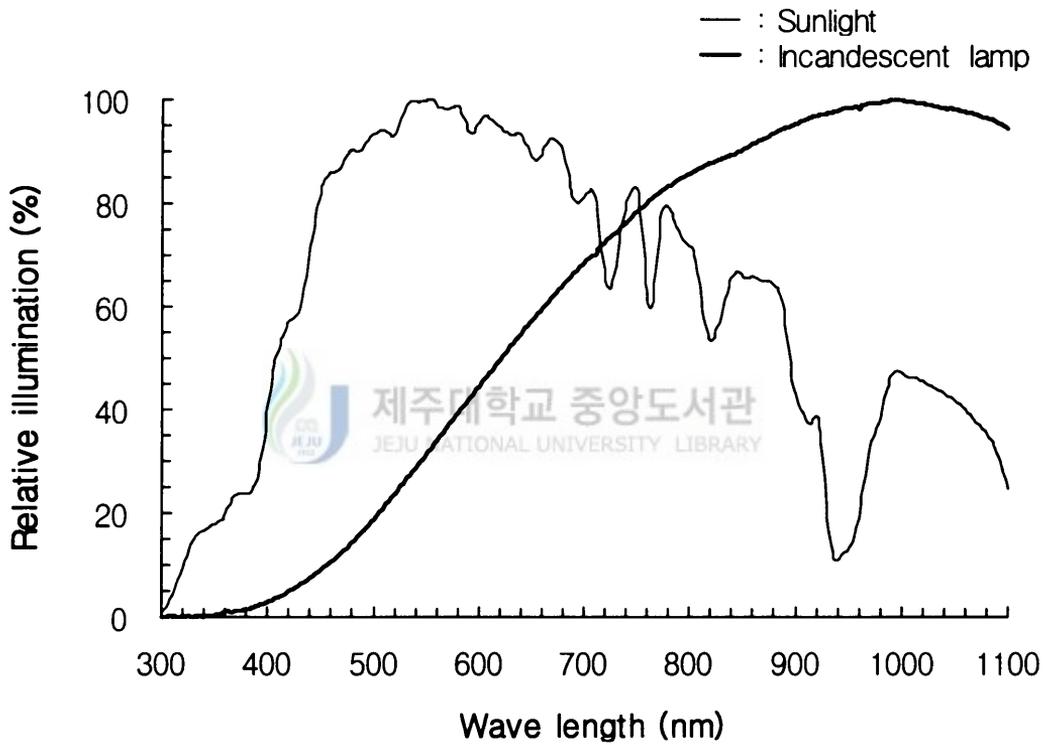


Fig. III -7. The relative illumination of sunlight and incandescent lamp (AC 100 V, 1 kW) by wave length in the air.

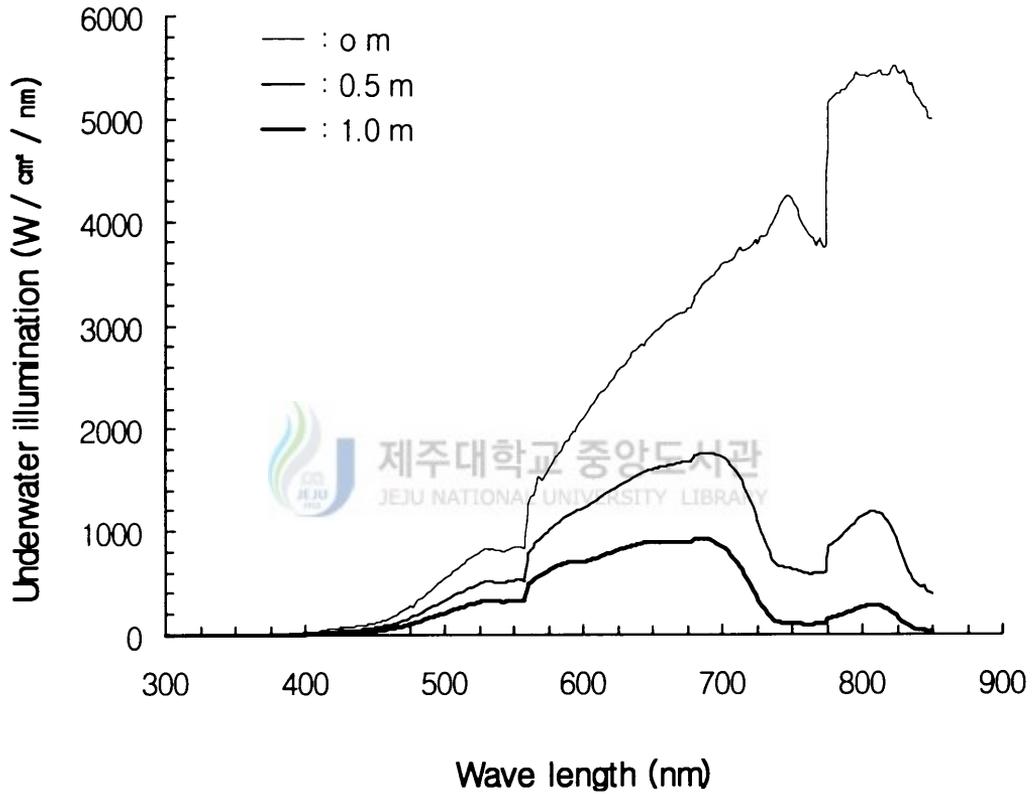


Fig. III -8. The underwater illumination by wave length of the fishing lamp (AC 100 V, 1 kW) which located at the height 1.5 m above water surface in the water tank.

Table III - 2. The surface illumination of the fishing lamp (AC 100 V, 1 kW) which located at the height 1.5 m above water surface in the water tank

Horizontal distance (m)	Surface illumination (lx) in 812 nm				
	Ahead	Backward	Left	Right	Mean
0	129	129	129	129	129
0.5	103	106	106	106	105
1.0	76	84	82	82	81
1.5	60	55	56	56	57
2.0	41	42	37	37	39
2.5	25	26	25	25	25
3.0	19	20	19	19	19
3.5	13	15	14	14	14
4.0	10	9	10	10	10

층보다 깊은 수층부터는 690 nm 부근의 파장에서 최대치를 보이는 것으로 보아 수중에 입사되는 파장은 주로 이 파장일 것으로 추측된다.

Table III - 2에서 정황거리별 수면의 조도를 보면, 수면에서 정황방향으로 1.5 m 이내의 수면에서의 조도는 반사갓의 전 방향이나 좌, 우 방향보다 후 방향이 약 4~5 lx 높게 나타난 반면, 2.0 m 떨어진 지점부터는 거의 동일하게 나타나는 것으로 보아 전구를 중심으로 사방으로 고르게 빛이 방사되고 있음을 알 수 있다.

또한, 수면상 1.5 m 높이에서 반사갓의 유무에 따라 1 kW 백열등을 방사하였을 때 수면에서의 정황거리별 수면조도를 Fig. III - 9에 나타내었다.

1 kW의 백열등에 반사갓이 없을 때의 직하방향의 수면조도는 70 lx였고, 반사갓이 있을 때의 수면조도는 없을 때 보다 1.8배 정도 증가한 129 lx였다. 그리고 백열등 직하의 수면에서 정황방향으로 멀어질수록 두 개의 조도차는 점점 작아지는 경향을 보였으며, 정황방향 4 m 지점에서는 둘다 거의 동일한 조도를 나타내었다. 이와 같이 초망어업에서 사용하고 있는 반사갓은 백열등의 효율을 1.8배 정도 증가시키고, 또한 전구를 중심으로 원형에 가깝게 빛을 방사시키는 역할을 수행하고 있다고 사료되며, 이러한 결과는 전술한 반사갓의 방사효율의 이용률과도 일치하는 경향을 보이고 있다.

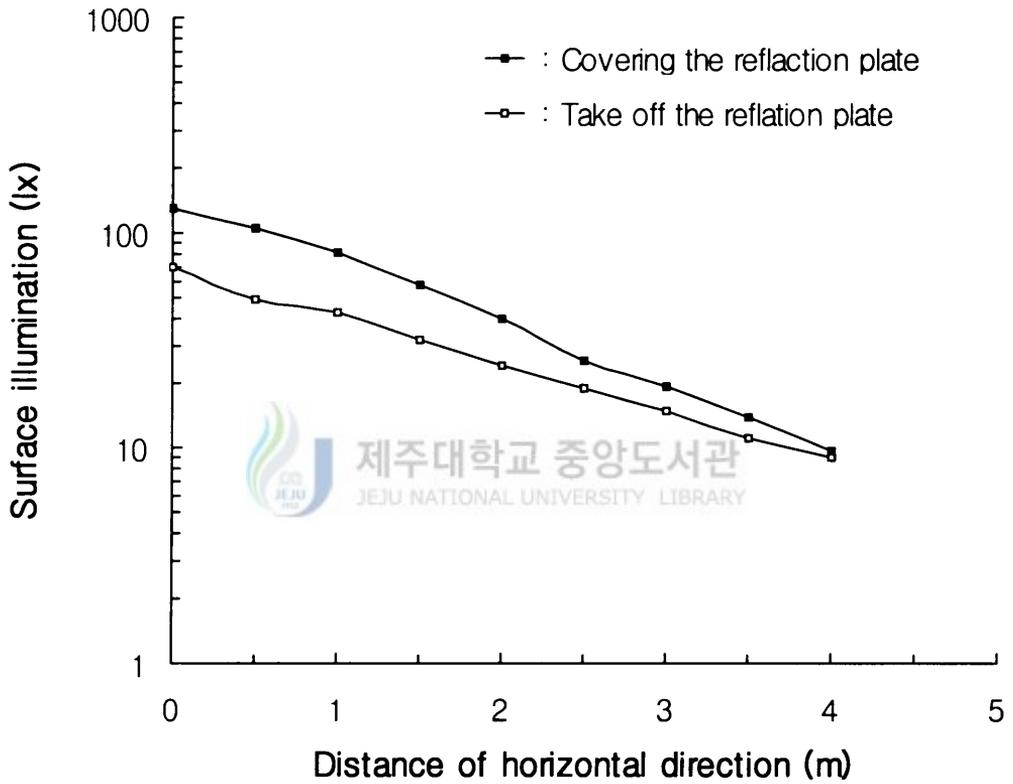


Fig. III -9. The surface illumination of the fishing lamp which located at the height 1.5 m above water surface in the water tank.

(4) 어장에서의 방사조도

멸치초망어업은 제주도 연안에서 행해지고 있으며, 봄철에는 수심 10 m 층보다 얇은 수층에서, 가을철에는 수심 30~50 m의 해역에서 주로 이루어지고 있다. 이 연구 조사 당시의 해수 투명도는 13~15 m였다. 제주도 함덕항에서 동쪽으로 10마일 떨어진 해역에서 멸치초망어선에 1 kW 백열 집어등 1개를 수면상 1.5 m 높이에서 방사했을 때 심도에 따른 정황거리별 수중조도를 Fig. III - 10에 나타내었으며, 이들을 실험식으로 나타내면 (3 - 4 ~ 9)식과 같다.

$$0 \text{ m} : L = 146.03e^{-0.37z} \quad (3 - 4)$$

$$2 \text{ m} : L = 72.09e^{-0.37z} \quad (3 - 5)$$

$$4 \text{ m} : L = 22.27e^{-0.36z} \quad (3 - 6)$$

$$6 \text{ m} : L = 7.20e^{-0.37z} \quad (3 - 7)$$

$$8 \text{ m} : L = 1.27e^{-0.39z} \quad (3 - 8)$$

$$10 \text{ m} : L = 0.18e^{-0.36z} \quad (3 - 9)$$

여기서 L 은 조도 (lx), z 는 심도 (m)이다.

이들 실험식을 이용하여 심도에 따른 정황거리별 수중조도 분포를 나타내면 Table III - 3과 같다.

집어등 직하인 수면에서의 수중조도는 146 lx였으며, 심도 5 m와 10 m의 수중조도는 각각 23 lx, 4 lx 이었고, 심도 19~20 m층의 수중조도는 0.1 lx였다. 그리고 집어등 직하의 수면을 기준으로 정황방향으로 4 m, 8 m, 10 m지점의 수면조도는 각각 22 lx, 1 lx, 0.2 lx였다. 따라서 현재 멸치초망어업에서 사용되고 있는 1 kW 백열등의 빛은 정황방향보다 연직방향쪽으로 깊게 투과되고 있으며, 집어등 직하에서의 빛은 수심 20 m층 보다 깊은 층에는 도달하지 않는 것으로 추정된다.

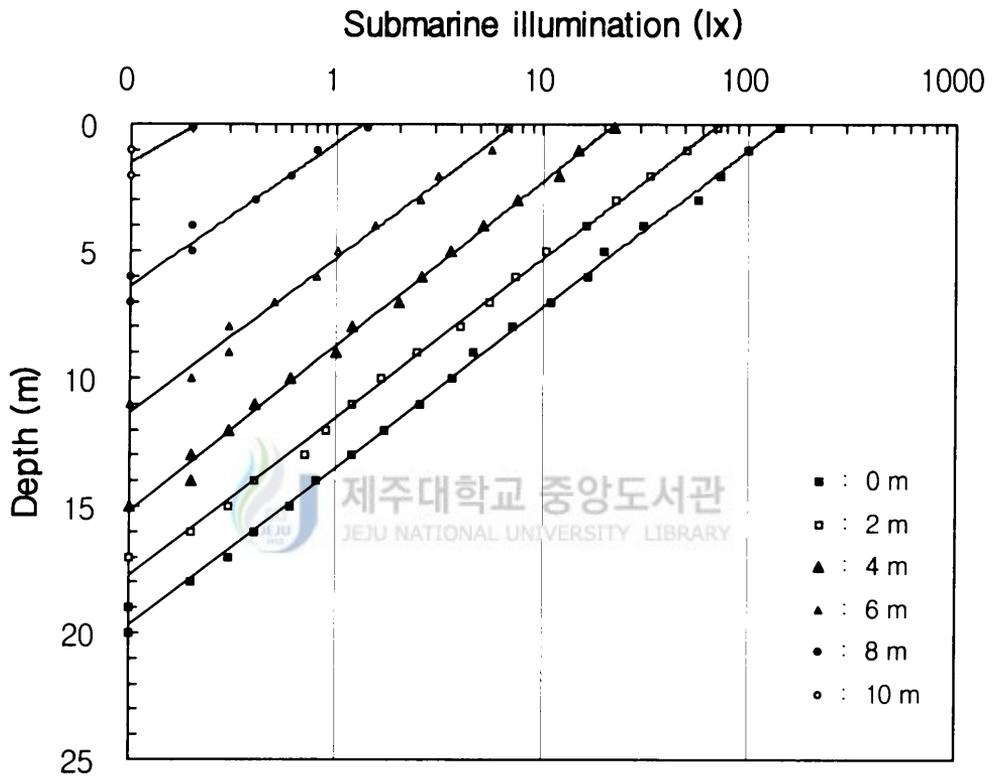


Fig. III - 10. The submarine illumination by water depth of the fishing lamp (AC 100 V, 1 kW) which located at the height 1.5 m above sea surface.

Table III - 3. The submarine illumination by water depth of the fishing lamp (AC 100 V, 1 kW) which located at the height 1.5 m above sea surface

(unit : lx)

Depth (m)	Horizontal distance (m)					
	0	2	4	6	8	10
0.1	146.0	72.1	22.3	7.2	1.3	0.2
1	100.9	49.7	15.6	4.9	0.9	0.1
2	69.7	34.3	10.9	3.4	0.6	0.1
3	48.1	23.7	7.7	2.3	0.4	0.1
4	33.2	16.3	5.4	1.6	0.3	0.0
5	23.0	11.3	3.8	1.1	0.2	0.0
6	15.9	7.8	2.6	0.8	0.1	0.0
7	11.0	5.4	1.8	0.5	0.1	0.0
8	7.6	3.7	1.3	0.4	0.1	0.0
9	5.2	2.6	0.9	0.2	0.0	0.0
10	3.6	1.8	0.6	0.2	0.0	0.0
11	2.5	1.2	0.4	0.1	0.0	0.0
12	1.7	0.8	0.3	0.1	0.0	0.0
13	1.2	0.6	0.2	0.1	0.0	0.0
14	0.8	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0
15	0.6	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
16	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
17	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
18	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

2) 선상소음과 수중소음

어선의 선내 측정위치에서 주기관의 회전수별 음압준위는 Fig. III - 11과 같으며, 기관의 회전수 800 rpm에서 선수 (B), 갑판 (D), 선미 (S), 연돌 위(F), 기관실내 (E)의 음압은 각각 90, 93, 106, 107, 101 dB 이었으며, 기관 회전수 1,000 rpm에서 B, D, S, F, E의 음압은 각각 93, 95, 110, 109, 103 dB로 나타났다. 멸치어군을 유집하고 어구를 투·양망하는 선수와 갑판의 음압준위는 90~95 dB이었다.

어선의 주기관을 공회전시킬때 수중소음의 주파수별 음압준위는 Table III - 4와 같다. 주기관의 회전수를 800 rpm으로 하였을 때 주파수 100, 300, 500, 1,000, 1,500, 2,000 Hz에서 발생한 음압준위는 기관실 측면의 수심 4 m에서 각각 90, 93, 100, 111, 110, 110 dB 이었고, 수심 6 m에서는 각각 88, 93, 99, 110, 109, 109 dB이었다. 그리고 기관의 회전수를 1,000 rpm으로 하였을 때의 주파수 100, 300, 500, 1,000, 1,500, 2,000 Hz에서 발생한 음압준위는 기관실 측면의 수심 4 m에서 각각 92, 94, 100, 113, 113, 113 dB 이었고, 수심 6 m에서는 각각 91, 94, 100, 112, 112, 112 dB이었다.

멸치어군이 유집되어 어구가 투망되는 지점(수심 4 m)에서의 음압 준위는 주파수 500 Hz에서 113 dB로 높았고, 주파수 100 Hz에서 90 dB로 낮게 나타났다.

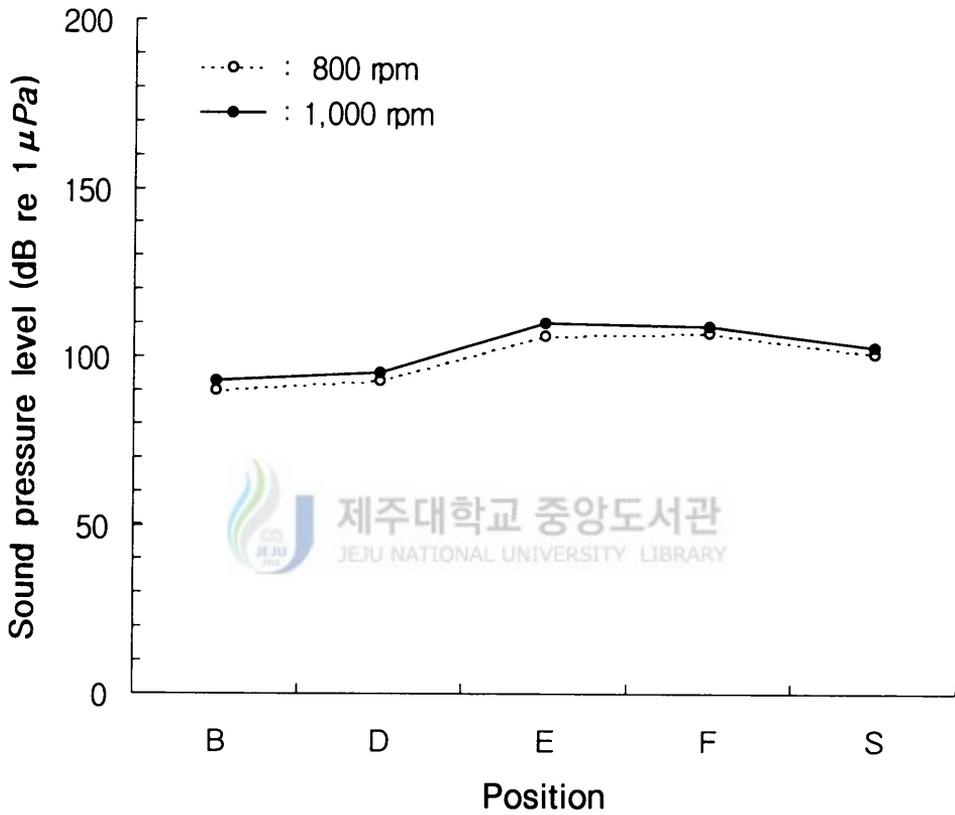


Fig. III - 11. Inboard noise level of the check points in the anchovy scoop nets vessel.

B : Bow

D : Deck

E : Engine room

F : Funnel

S : Stern

Table III - 4. Distribution of underwater ambient noise level on operating main engine of the anchovy scoop nets vessel

(unit : dB)

Revolution (rpm)	Depth (m)	Position	Frequency (Hz)					
			100	300	500	1,000	1,500	2,000
800	4	UB	95	103	114	113	112	112
		UE	90	93	100	111	110	110
		US	100	102	113	113	113	113
	6	UB	89	103	114	114	113	113
		UE	88	93	99	110	109	109
		US	98	103	114	113	113	113
1,000	4	UB	99	102	114	114	113	113
		UE	92	94	100	113	113	113
		US	105	102	114	114	113	113
	6	UB	96	101	113	113	113	113
		UE	91	94	100	112	112	112
		US	101	104	114	114	114	114

UB : Bow in underwater

UE : Engine room out side in underwater

US : Stern in underwater

IV. 초망어업의 조업방법 생력화

1. 재료 및 방법

1) 조업 생력화 장치의 모형 이론

멸치초망어업에서 큰 챗대와 작은 챗대는 선내의 사이드 드럼으로 조작되고 있어서 반은 인력, 반은 기계의 힘이 소요되고, 콧대와 그물작업은 순수 인력에 의존하고 있다. 이 연구에서는 인력에 의존하여 조업하는 부분을 유압장치로 기계화하려고 한다. 유압장치는 전기나 기계장치에 비해 상대적으로 소형의 원동기로서 큰 힘(Torque)을 얻을 수 있으며, 빠른 응답특성을 갖고 있다. 또한 무단변속이 가능하고, 해수에 대해 내식성이 강하고, 주기관에 연결해서 유압 전동기로 구동할 수 있기 때문에 오늘날 어선의 조타장치를 비롯한 조업 기계화 장치로 널리 이용되고 있다.

근래에 들어 유압장치를 이용한 어선어업의 조업 기계화 장치는 Jo와 Lee (1993)가 유자망의 양망기에 관하여, Park과 Lee (1993)가 연승어업의 투·양승기 및 미끼절단기에 관하여, Moon 등 (1999)이 안강망의 어로시스템에 관하여, Shim과 Lee (1998), Lee 등 (2000)이 어선의 원격조타장치에 관하여 연구 보고한 바 있으나, 이들 장치를 초망어업에 적용하기는 어구·어법 특성상 어려운 점이 많다.

이 연구에서 어구는 기존의 어구를 그대로 사용하고, 주기관에 의해 구동되는 사이드 드럼 대신 줄을 감고 풀어 주는 권양장치, 그물을 갑판상에서 사람이 콧대로 누르는 대신 무거운 납추를 그물의 밑판 안쪽 모서리에 달고 이 추를 기계적으로 조작하는 전개장치 그리고 소수의 인력으로 그물을 양망할 수 있는 양망장치에 대해 설계, 제작하였다.

줄을 감고 풀어주는 권양장치는 1개의 유압모터로 2개 이상의 드럼을 구

동시킬 수 있으나 작업의 편의성과 초망어업의 특성을 고려하여 1개의 유압 모터로 1개의 드럼을 구동시키도록 함과 동시에 드럼이 외부 하중에 의해 역회전하지 못하도록 하였다. 콧대의 대응으로는 피스톤식 파이프도 생각할 수 있으나 파이프가 변형되거나 파손되었을 때에는 조업에 장애를 줄 우려가 있기 때문에 콧대가 연결되었던 지점에 추를 달고, 이 추를 선상에서 기계적으로 조작하도록 하였다. 그리고 어구의 양망은 정치망의 로프식 양망법, 권현망의 볼롤러식 양망법 등을 고려할 수 있으나 초망어구(폭 4.5 m, 길이 17.6 m)는 소형이고, 양망시 그물을 뒤집으면서 양망하여야 하기 때문에 이러한 방법을 이 어업에 적용할 수 없는 실정이다. 따라서 양망기는 길다란 막대형 사이드 넷트 롤러를 유압모터로 구동시키는 방법을 고안하였으며, 어선의 우현 현장(舷牆) 위에 설치하여도 안전조업에는 무리가 없도록 경량화하였다.

이 연구에서 제안하는 시스템은 1개의 유압펌프에 의해 구동되도록 구성하였으며, 동력전달 장치의 흐름도는 Fig. IV - 1과 같다. 이 시스템은 주 기관에 연결된 유압펌프로부터 압력유를 작은 챗대 조작용 권양기의 유압모터, 큰 챗대 조작용 권양기의 유압모터, 사이드 넷트 롤러의 유압모터 및 그물전개기의 유압모터에 공급하여 각각의 기기를 독립적으로 구동시키는 것이 특징이다. 그리고 유압펌프는 필요시에만 유압모터에 유압유를 공급시키도록 하였다.

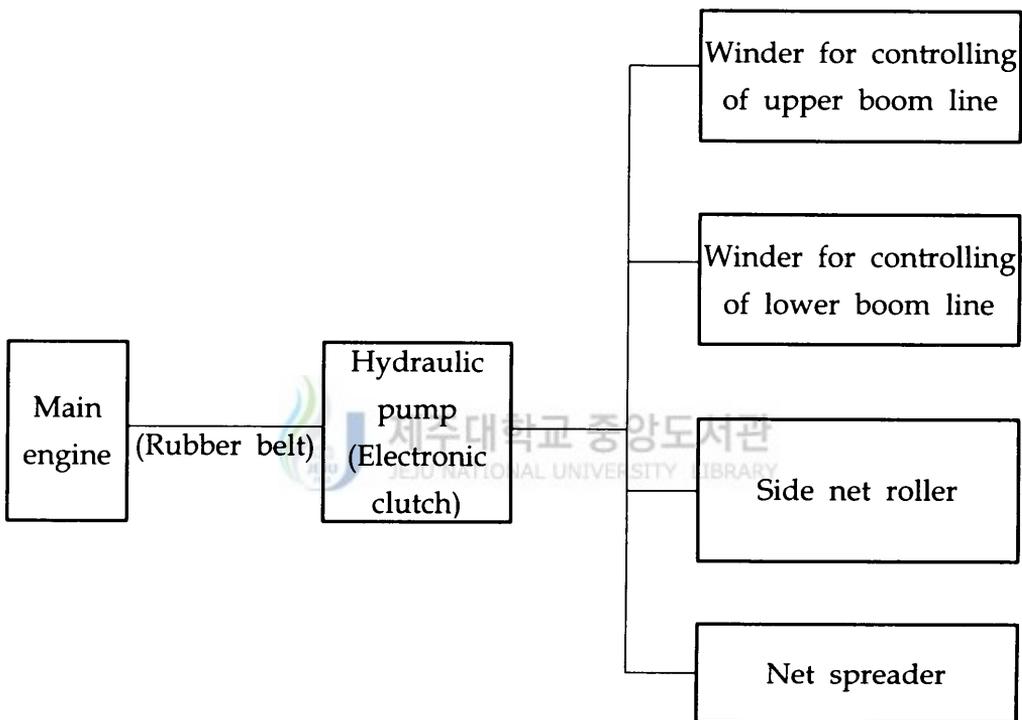


Fig. IV -1. Power transmission for automatic operating system of anchovy scoop nets by main engine.

(1) 권양기의 구성

이 연구에서는 챗대줄들의 권양방법을 자동 조작하기 위하여 사이드 드럼 대신 Fig. IV - 2와 같이 권양기 3종을 고안하였으며, 이들 권양기의 드럼은 챗대줄에 걸리는 장력에 의해 스스로 역회전하지 못하도록 구성하였다.

Fig. IV - 2 a형 권양기에는 유압모터 (ORBIT, H-050)의 출력축에 1:10의 워엄 감속기를 내장하고 드럼을 부착하였으며, b형에는 1:3의 스파이럴 베벨감속기와 유압모터 (ORBIT, 2 - 125)의 출력축에 DC 24 V용 전자석 브레이크를 부착하였다. 그리고 c형에는 감속기를 사용하지 않고, 유압의 누수량이 적은 유압모터 (MCR, 03-255)에 드럼을 부착하였다.

권양기의 드럼 크기는 동일하게 제작하였으며, 각각 2대씩 설계 제작하여 기관실의 상갑판에 설치하여 한 개는 작은 챗대를, 다른 한 개는 큰 챗대를 조작하도록 하였다.

권양기의 드럼 크기와 이에 사용되는 유압모터의 용량은 다음과 같은 특성에 적합하도록 설계, 제작하였다.

초망어선에서는 챗대를 내리고 올리기 위하여 Fig. IV - 3과 같이 선내의 중앙에 마스트(높이 8.0 m)와 마스트로부터 우현 정횡방향으로 1.5 m 떨어진 곳에 챗대의 안쪽 끝을 지지하는 지지대(높이 1.0 m)가 갑판에 설치되어 있다. 큰 챗대(길이 11.25 m)와 작은 챗대(길이 11.0 m)의 안쪽 끝은 선내의 우현 현측에 있는 지지대 위에서 모든 방향으로 자유롭게 움직일 수 있도록 되어 있으며, 바깥쪽 끝은 마스트의 상부에서 나간 챗대줄에 의해 매달려져 있다. 챗대줄은 마스트에 고정된 고정활차에 한쪽 끝을 묶고, 다른쪽 끝으로 챗대에 연결된 동활차를 통과한 다음 마스트의 고정활차를 통해 사이드 드럼으로 감을 수 있도록 되어 있다. 고정활차와 동활차는 각각 1개씩이다. 투망시 큰 챗대의 바깥 끝은 수심 4 m까지 침하되도록 챗대를 정횡하방 30°, 선수와 30° 각도로 수중에 벌어지도록 하고, 작은 챗대의 바깥 끝은 수면 위에 조금 뜨도록 한다. 양망시에는 각각의 챗대의 바깥 끝이 수면 상부 10 m 위치에 오도록 챗대를 정횡상방 50° 까지 챗대줄을 감아 들인다. 지지대의

상부로부터 수면까지의 연직거리는 1.5 m이다.

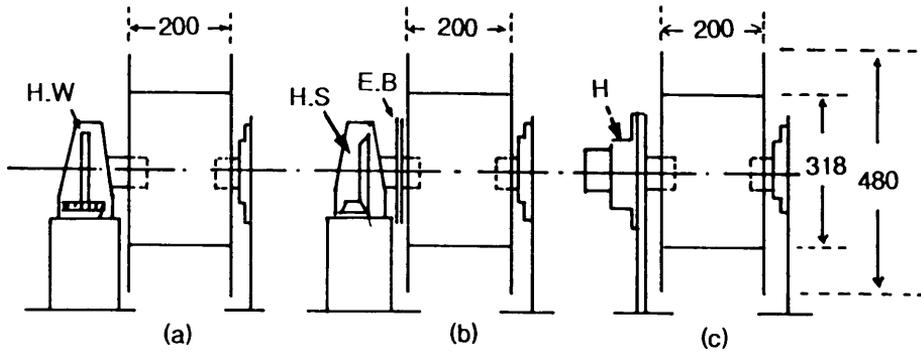


Fig. IV - 2. Schematic diagram of the winder (unit in mm).

H: Hydraulic motor H.W: Hydraulic motor and worm gear H.S: Hydraulic motor and spiral bevel gear E.B: Electro magnetic brake



Fig. IV - 3에서 OD 및 OH의 연장선을 각각 D' , H' 라고 하면 $\angle AD'D$ 는 120° , DD' 의 길이는 13 m, AD' 의 길이는 7 m가 된다. 따라서 큰 챗대의 바깥 끝이 수면 하 4 m에 투하되었을 때의 챗대줄의 길이 AD 는 $18 \text{ m} [(13^2 + 7^2 - 2 \times 13 \times 7 \times \cos 120^\circ)^{1/2}]$ 가 된다. 그리고 큰 챗대의 바깥 끝을 수면 상 10 m까지 끌어올렸을 때의 챗대줄의 길이를 상기와 같은 방법으로 계산하면 8 m임을 알 수 있다. 따라서 마스트를 통하여 사이드 드럼으로 수심 4 m에 투하된 챗대를 수면 상부 10 m까지 끌어올리는데 필요한 챗대줄의 길이는 $20 \text{ m} [(18 - 8) \times 2]$ 이다.

그러나 입항시에 챗대를 지지대에서 이탈시켜 선수방향으로 수납할 때에는 이 줄의 길이 보다 5 m정도 더 소요된다. 그러므로 이 연구에서는 드럼에 감기는 줄의 길이를 25 m로 하여 플랜지(flange)의 직경을 구하였다.

드럼에 감을 수 있는 줄의 길이 L (mm)은 (4-1)식으로 나타낼 수 있다 (張, 1983).

$$L = \frac{\psi \pi l}{4 d_r^2} (D_f^2 - D_o^2) \quad (4-1)$$

여기서, l (mm)는 드럼의 속통(줄이 감기는 부분) 길이, D_f (mm)는 드럼의 플랜지의 직경, D_o (mm)는 드럼 속통의 직경, d_r (mm)은 줄의 직경, ψ 는 줄의 부피밀도 (0.906)이다.

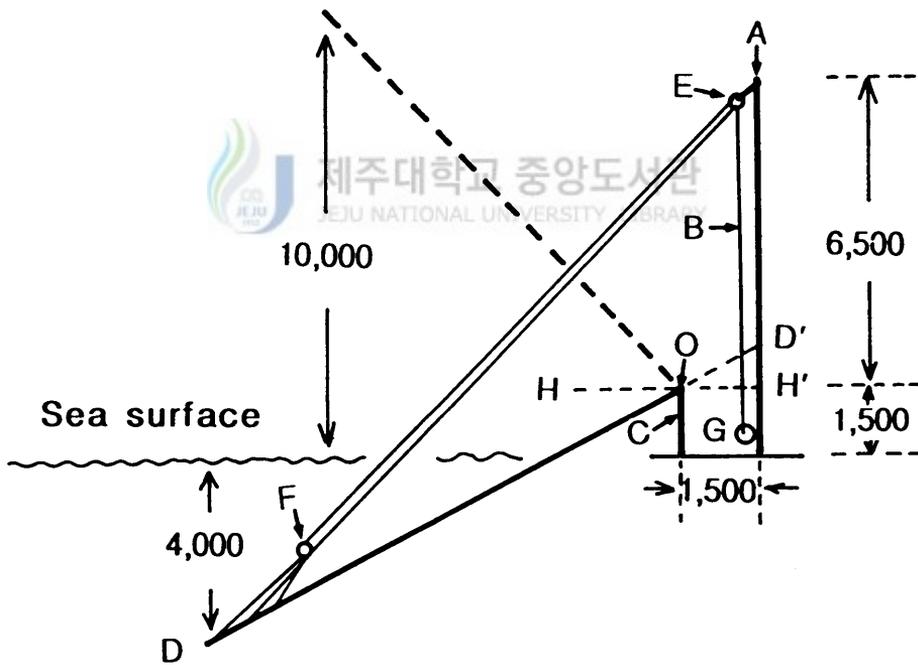


Fig. IV - 3. Schematic diagram of the lower boom (unit in mm).

A : Mast B : Lower boom line C : Prop
 D : Lower boom E : Fixed block F : Movable block
 G : Winder H : Horizontal line

한편, 이 연구에서 고안된 권양기는 6톤급 어선의 기관실 갑판 위에 2대가 설치되어야 하고, 또한 줄 분배기(Wire leader)가 장착되지 않았기 때문에 드럼의 길이를 가능한 짧게 하는 대신 플랜지의 직경 크기를 조절하는 것이 타당하다고 생각된다. 따라서 이 연구에서는 먼저 드럼의 길이를 200 mm로 결정하였고, 드럼 속통의 직경은 유압모터의 출력 토오크와 스테인레스 파이프의 생산규격을 감안하여 318 mm로 하였다. 그리고 (4-1)식에서 드럼이 회전하면서 PP ϕ 21 mm인 챗대줄이 좌,우로 왕복하면서 감길 때 줄이 감기지 않는 빈 공간이 40 % 정도 있어도 플랜지의 밖으로 줄이 이탈되지 않도록 플랜지의 직경을 480 mm되게 하였다.

권양기를 구동시키는 유압모터의 용량은 챗대줄을 권양하는데 걸리는 장력에 비례한다. 권양기의 드럼 속통의 직경을 D_o (m), 챗대줄을 권양하는데 걸리는 장력을 W (kgf)라 하면, 권양기의 출력 토오크 T_w (kgf·m)는 (4-2) 식으로 나타낼 수 있다(李, 1994).

$$T_w = \frac{D_o \cdot W}{2} \quad (4-2)$$

여기서, 동활차 1개, 고정활차 1개를 이용하여 그물이 연결된 큰 챗대줄을 권양하는데 걸리는 장력(W)은 187.5 kgf 이었다.

한편, 초망어업자들에 의하면 양망당 멸치의 평균 어획량은 0.1~1톤이고, 수심 4m에 투하된 챗대를 수면 상부 10m까지 끌어올리는 데에는 약 10초 정도가 소요된다고 한다. 따라서 이 연구에서는 1.5 m/sec 이상의 속도로 1톤 이상의 어획물을 양망하기 위하여 Table IV -1, 2와 같은 유압모터의 용량이 산출되었다.

Table IV - 1. Principal particulars of the hydraulic motor used in a and b type winder

Type of winder	Capacity (cm ³ /rev)	Maximum pressure (kg/cm ²)	RPM		Output torque(kgf · m)	
			Rated	Maximum	Rated	Maximum
a	51	170	910	980	8	11
b	123	225	550	690	33	40

Table IV - 2. Principal particulars of the hydraulic motor used in c type winder

ΔP	Item	RPM					
		0	25	50	100	200	300
100	T	24.4	34.9	35.7	36.5	36.1	34.5
	Q	0.2	5.2	12.6	25.3	50.7	75.8
	Q _L	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3
200	T	52.8	71.4	73.9	75.5	73.9	
	Q	0.2	5.2	12.8	25.5	51.0	
	Q _L	0.1	0.1	0.1	0.3		
300	T	85.3	107.2	110.9	113.3		
	Q	0.3	5.3	12.9	25.8		
	Q _L	0.2	0.2	0.2	0.3		
400	T	113.7	143.0	147.9			
	Q	0.4	5.4	13.2			
	Q _L	0.2	0.2	0.3			

ΔP : Difference in pressure (kgf/cm²) T: Output torque (kgf · m)

Q: Input flow (ℓ/min)

Q_L: Leakage (ℓ/min)

(2) 그물전개기의 구성

그물전개기는 그물 입구의 밑판 안쪽 끝을 조작하는 것으로 Fig. IV - 4와 같이 고정판, Davit, 드럼, 추로 구성되었으며, 드럼은 Table IV - 3과 같은 유압모터 (ORBIT, J-32EBD)에 의해 구동되도록 하였다.

Davit는 큰 챗대와 작은 챗대가 선수방향으로 수납되거나 현측으로 전개될 때 방해되지 않도록 고정판을 축으로 모든 방향으로 회전 가능하고, 중간부분을 꺾을 수 있도록 하였다. Davit의 최상부와 중간부분에는 각각 안내롤러가 부착되어 있으며, 하부에는 유압구동형 드럼을 부착하였다. 추는 그물입구의 밑판 안쪽 모서리에 연결하였고, 이 추는 Davit의 하부에 있는 유압구동형 드럼으로 조작할 수 있도록 PA ϕ 10 mm인 로프로 연결하였다.

시험에 사용된 추의 무게는 20, 30, 40, 50 kgf 등 4종이었고, Davit는 1종이었으며, 드럼의 길이와 직경은 각각 100 mm, 60 mm이었다.

그물전개기를 사용 할 때에는 챗대를 먼저 전개시킨 다음 갑판에 놓혀져 있던 Davit를 세워서 Davit의 상부 안내롤러가 현외측으로 돌출되도록 고정시켰고, 조업을 마칠 때에는 고정판을 축으로 상부의 안내롤러가 현내측으로 돌아오도록 Davit를 180° 회전시킨 후 Davit의 중간부분에 꽃혀 있는 핀을 뽑아서 상부의 Davit를 갑판에 놓힌 다음 챗대를 선수방향으로 수납하였다.

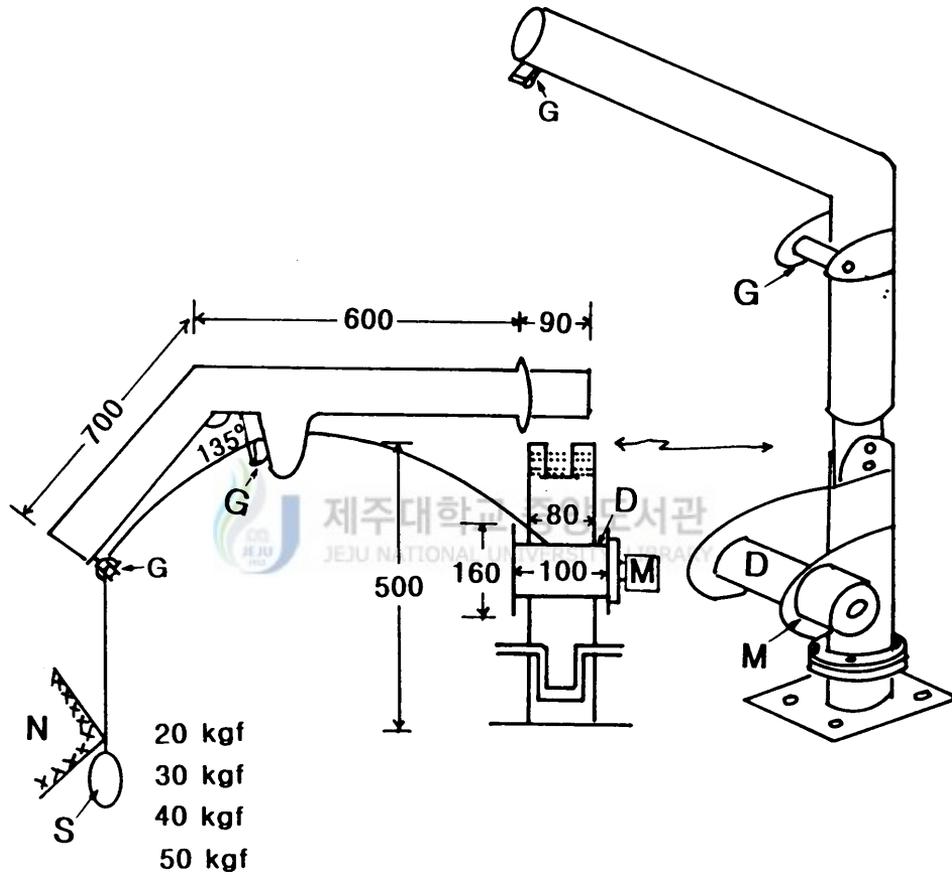


Fig. IV - 4. Schematic diagram of the net spreader (unit in mm).

D : Drum G : Guide roller M : Hydraulic motor
 N : Net S : Sinker

(3) 사이드 넷트 롤러의 구성

사이드 넷트 롤러는 큰 쳃대와 작은 쳃대로 그물을 수면 상부 10 m까지 끌어올린 후 소수의 인력으로 그물을 양망하기 위한 장치로 Fig. IV - 5와 같이 받침대, 롤러, 유압모터(ORBIT, 2-200)로 구성되었으며, 롤러는 Table IV - 4와 같은 유압모터에 의해 구동되도록 하였다.

롤러는 그물과 롤러사이의 마찰력을 증대시키기 위하여 스테인레스 파이프 위에 고무피복을 한 후 길이방향으로 홈을 파서 제작하였고, 시험에 사용된 롤러의 직경은 165 mm로 동일하나 그 길이는 2 m, 3 m, 4 m 등 3종을 사용하였다.

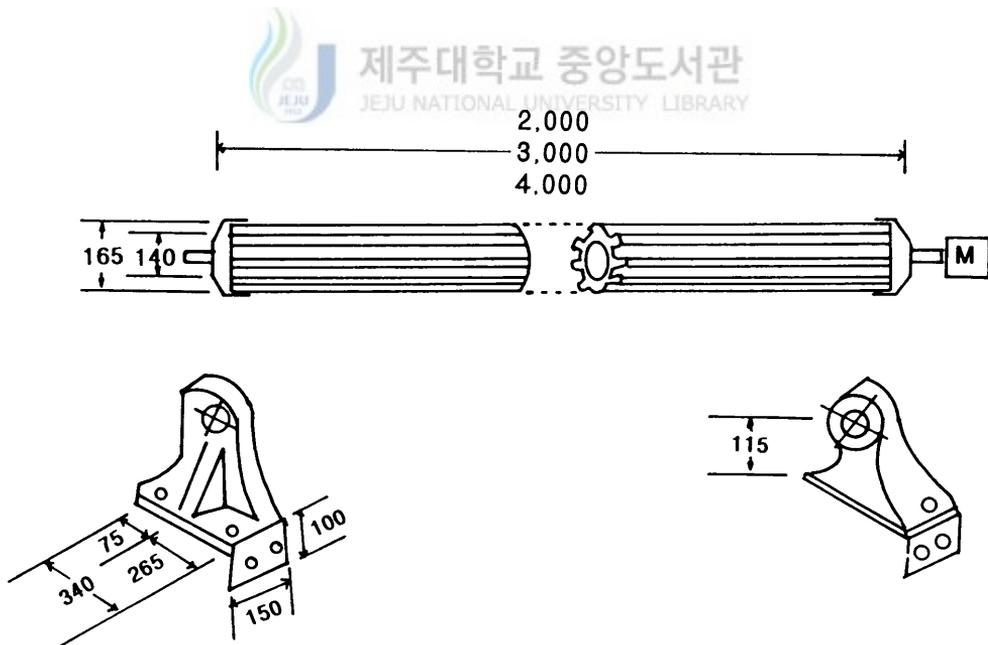


Fig. IV - 5. Schematic diagram of the side net roller (unit in mm).

M : Hydraulic motor

Table IV - 3. Principal particulars of the hydraulic motor used in net spreader

Item	Capacity (cm ² /rev)	Rated pressure (kgf/cm ²)	Rated speed (rpm)	Rated torque (kgf · m)
Motor	31.6	120	657	5.3

Table IV - 4. Principal particulars of the hydraulic motor used in side net roller

Item	Capacity (cm ² /rev)	Rated pressure (kgf/cm ²)	Rated speed (rpm)	Rated torque (kgf · m)
Motor	195	135	400	38

(4) 유압회로의 구성

유압펌프는 기관실에 설치된 주기에 의해 구동되도록 하였으며, 유압회로도 는 Fig. IV - 6과 같다.

Lee (1986, 1987), 이 (1994), 이 등 (1995)에 의하면, 유압펌프의 소요유량 Q (cm^3 / rev)은 (4-3)식으로 나타내고 있다.

$$Q = \frac{q_o \times N_o \times N}{N_s} \quad (4-3)$$

여기서, q_o (cm^3 / rev)는 유압모터의 유량, N_o (rpm)는 유압모터의 회전수, N 는 유압펌프 1대로 동시에 구동되는 유압모터의 수량, N_s (rpm)는 부하축의 회전수이다.

일반적으로 어선에서는 안전조업을 위하여 압력차(입구압력과 출구압력의 차)는 200 kg/cm^2 이하, 주기관의 회전수는 $800 \sim 1,200 \text{ rpm}$ 범위에서 운용하고 있다. 따라서 유압펌프의 소요유량은 유압모터의 압력차를 200 kg/cm^2 , 주기관의 회전수를 $1,000 \text{ rpm}$ 으로 가정하여 산정하였다.

여기서, 유압펌프는 권양기를 작동시킬 때만 구동되고, 그 외의 작업시에는 주기관만 회전하도록 유압펌프의 축에 전자클러치 (DC 24 V)와 V형 풀리를 부착하였고, 유압펌프는 V형 고무벨트를 이용하여 주기관 직결식으로 연결하였다. 구동축과 부하축에는 각각 35.6 cm , 22.9 cm 의 풀리를 부착하여 회전수를 구동축보다 1.6배 정도 빠르게 하였다. 그리고 조업시 1대의 유압펌프로 2대의 권양기와 1대의 그물전개기가 동시에 구동되고, 사이드 넷트 롤러는 독자적으로 구동된다. 따라서 유압펌프의 소요유량 Q 는

$$Q = \frac{255 \times 200 \times 2 + 31.6 \times 350}{1000} = 113 (\text{cm}^2) \quad (4-4)$$

$$Q' = \frac{113}{1.6} = 70.6 (\text{cm}^2) \quad (4-5)$$

이므로 이 연구에서는 회전당 80 cm²의 유량을 가진 유압펌프 (日本 内田油壓製, A 2 F 80)를 사용하였다.

유압호스의 배관 크기는 사용압력과 유속 (유량)으로 결정된다. 유압호스의 내경면적 S (cm²)는 (4-6)식으로 구할 수 있다(李, 1995).

$$S = \frac{L_q}{6V} \quad (4-6)$$

여기서, L_q (l/min)는 관내유량, 즉 펌프의 토출유량이고, V (m/sec)는 유속이다. 일반적으로 유속은 압력라인에서는 3.5 m/sec, 복귀라인에서는 2.5 m/sec로 선정하고 있으므로 (4-6)식에서 압력라인과 복귀라인의 내경을 각각 A_1 , A_2 라 하고, 면적 $S = \pi r^2$ 이라 두면,

$$A_1 = 2\sqrt{\frac{L_q}{6 \times 3.5 \times \pi}} \quad (4-7)$$

$$A_2 = 2\sqrt{\frac{L_q}{6 \times 2.5 \times \pi}} \quad (4-8)$$

단, $L_q = 80$ (cc) \times 1,000 (rpm) \times 1.6 = 128 (l/min)이다.

따라서 압력라인과 복귀라인에 적합한 내경은 각각 2.78, 3.30 cm임을 알 수 있다. 이에 따라 이 연구에서는 압력라인과 복귀라인의 내경을 각각 2.80, 3.30 cm로 구성하였다.

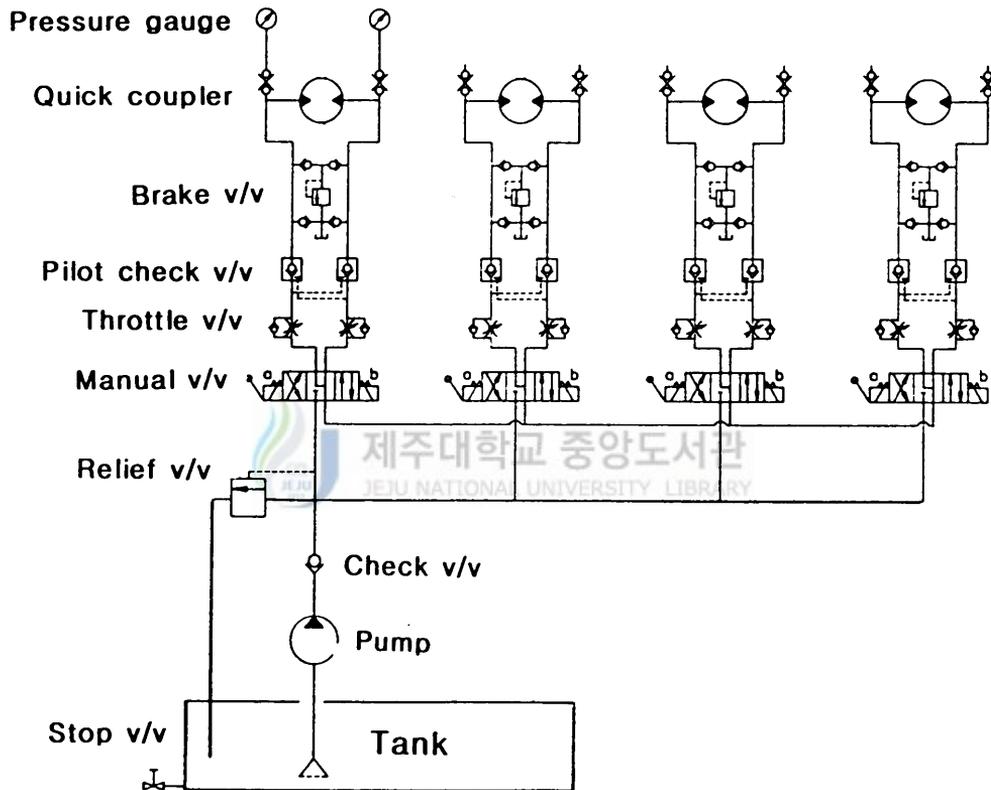


Fig. IV - 6. Schematic diagram of the hydraulic circuit used in this experiment.

2) 챗대의 권양력 산정

양망시 장력이 많이 미치는 큰 챗대를 대상으로 모형 챗대를 제작하여 챗대 줄에 미치는 장력을 측정하였다. 모형 챗대는 우리 나라 제주도 연안에서 6톤급 어선들이 사용하고 있는 챗대를 기준으로 실물의 1/5 크기로 제작하였다. 실물과 모형 챗대의 자재 및 규격은 Table IV - 5와 같고, 모형 챗대의 구성은 Fig. IV - 7과 같다.

실물 챗대 및 그물의 중량을 B_P , N_P , 모형 챗대 및 그물의 중량을 B_M , N_M 이라 하면 (4-9)식으로 나타낼 수 있다.

$$B_P : N_P = B_M : N_M \quad (4-9)$$

여기서 N_M 을 구하면 1.47 kgf이므로 모형 챗대에 1.47 kgf의 그물을 부착하였다.

권양 장력의 측정은 챗대줄에 로드셀을 부착하고 증폭기를 통하여 PC 속의 AD변환기에 데이터가 입력되도록 하였다. 측정범위는 지지대의 정횡 하방 30° 에서 상방 50° 까지이며, 줄은 마스터의 하부에 장치된 권양기로 감았다.

권양속도는 실제 조업시의 권양속도와 같은 속도로 1회 시험에 10초가 되도록 하였으며, 10회 실시하여 얻어진 각 시간별 값을 평균하여 시간별 순간 장력을 구하였다. 또한, 각도기를 모형 챗대의 중간부분에 부착하여 모형 챗대가 권양될 때 그 측면에서 비디오 카메라로 촬영하여 시간에 따른 챗대의 권양각도를 구하였다.

Table IV - 5. Dimensions of the prototype and model boom

Item	Material	Prototype boom	Model boom
		Size	Size
Mast	Carbon steel	ϕ 139.8 mm, 8 m	ϕ 34.0 mm, 1.6 m
Lower boom	Carbon steel	ϕ 89.1 mm, 11.25 m	ϕ 10.5 mm, 2.25 m
Prop	Carbon steel	(weight 8.49 kg/m) ϕ 139.8 mm, 1.5 m	(weight 1.25 kg/m) ϕ 34.0 mm, 0.3 m
Net	PA	50 kgf	1.47 kgf
Block	Steel	110 mm \times 2 pcs	18.4 mm \times 2 pcs
Rope	PP	ϕ 21.0 mm	ϕ 3.0 mm

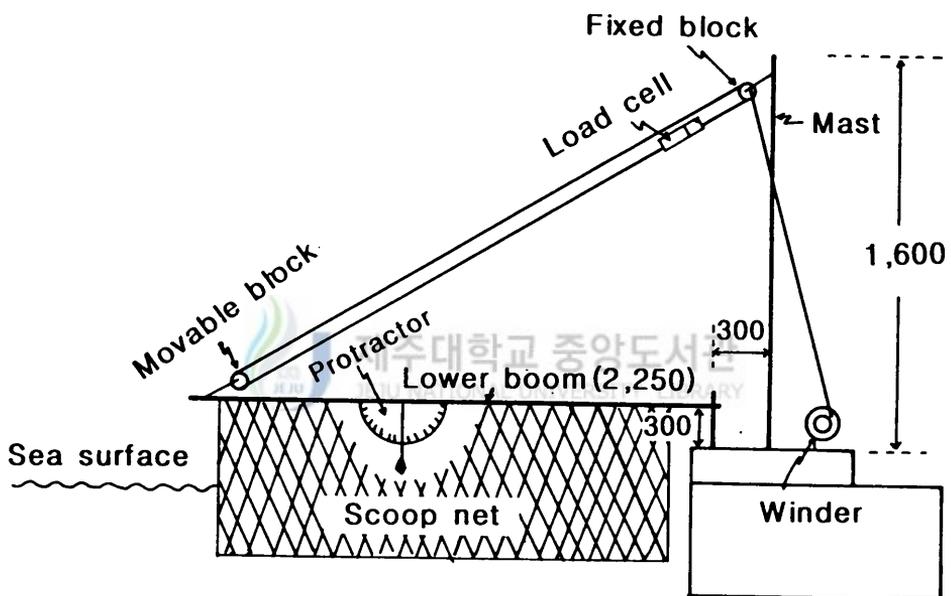


Fig. IV - 7. Model boom system for tension test (unit in mm).

3) 해상시험

해상시험은 '97년 5월, 9월, 11월, '98년 4월, 6월, 11월, '99년 2월, 5월, 11월 등 매년 3항차에 걸쳐 각 5회씩 제주도 연안의 멸치어장에서 6톤급 조업선(신일호, 6.02톤)으로 실시하였다. 1997년에 Fig. IV - 2 a형 권양기, Fig. IV - 4(추의 무게 20 kgf, 40 kgf)의 그물전개기, Fig. IV - 5의 사이드 넷트 롤러(길이 2 m), 1998년에 Fig. IV - 2 b형 권양기, Fig. IV - 4(30 kgf, 50 kgf)의 그물전개기, Fig. IV - 5의 사이드 넷트 롤러(길이 3 m), 1999년에 Fig. IV - 2 c형 권양기, Fig. IV - 4(30 kgf, 40 kgf, 50 kgf)의 그물전개기, Fig. IV - 5의 사이드 넷트 롤러(길이 4 m)의 해상성능을 시험하였다.

주기관의 회전수에 따른 잣대의 권양 속도와 소요압력은 권양기 드럼의 회전속도, 솔레노이드(solenoid)밸브의 압력게이지의 수치 및 주기관의 회전수를 비디오 카메라로 동시 녹화하여 산출하였다. 그물전개기에 사용하는 추의 적정무게는 투망시 그물입구의 밑판 안쪽 모서리의 침하 상태 및 조작의 편의성을 토대로 도출하였으며, 추의 침하상태는 추의 상부에 비디오 카메라를 설치하여 추의 침하속도 및 방향을 녹화하여 분석하였다. 그리고 사이드 넷트 롤러의 양망효율 측정은 현재 제주도 연안에서 사용되고 있는 멸치 초망용 그물(L 5.0 × B 1.0 m, PA 210 Td 12사 12.6 mm)의 작은 변 양쪽에 각 목(L 100 × B 5 × D 5 cm)을 대고 이 각목의 한쪽에는 17 kgf의 추를 달았으며, 다른 한쪽에는 장력계를 달았다. 추가 달린 쪽은 수중에 넣고 그물은 사이드 넷트 롤러 위를 지나게 하여 사이드 넷트 롤러의 회전수를 0, 10, 30, 60, 90, 120 rpm으로 구동 할 때의 그물의 양망속도 및 인망장력을 측정하였고, 그 값은 동일조건으로 각각 10회씩 측정하여 평균하였다.

2. 결 과

1) 권양기

제주도 연안에서 6톤급 멸치초망 어선에서 사용하고 있는 큰 챗대를 실물의 1/5 크기로 모형을 제작하여 수조에서 챗대의 끝을 정횡 하방 30°에서 상방 50°까지 10초의 시간으로 챗대줄을 권양할 때 이에 작용하는 장력을 Fig. IV - 8에 나타내었다.

Fig. IV - 8에서 가장 큰 장력이 작용할 때는 챗대가 처음 움직이기 시작할 때이었고 이 때의 장력은 5.5 kgf이었다. 이를 실물 챗대의 권양장력으로 환산하면 187.5 kgf이었다. 권양장력은 줄을 권양함에 따라 일정하게 작아지는 경향이 나타났으며, 실물 챗대가 수면 상부 10 m에 있을 때 챗대줄에 작용하는 장력을 추정하면 80 kgf이었다.

그물은 큰 챗대와 작은 챗대에 의해 수면 상부 10 m까지 끌어올려지며, 그물 속에 있는 어군을 어획하게 되므로 챗대 권양시 가장 큰 장력이 미치는 시기는 권양 시작 단계라고 할 수 있다. 이에 따라 권양기에 사용되는 유압모터는 $187.5\text{kgf} + \alpha$ (α 는 양망당 멸치의 어획량) 이상의 어획물을 권양할 수 있는 용량이 필요하다.

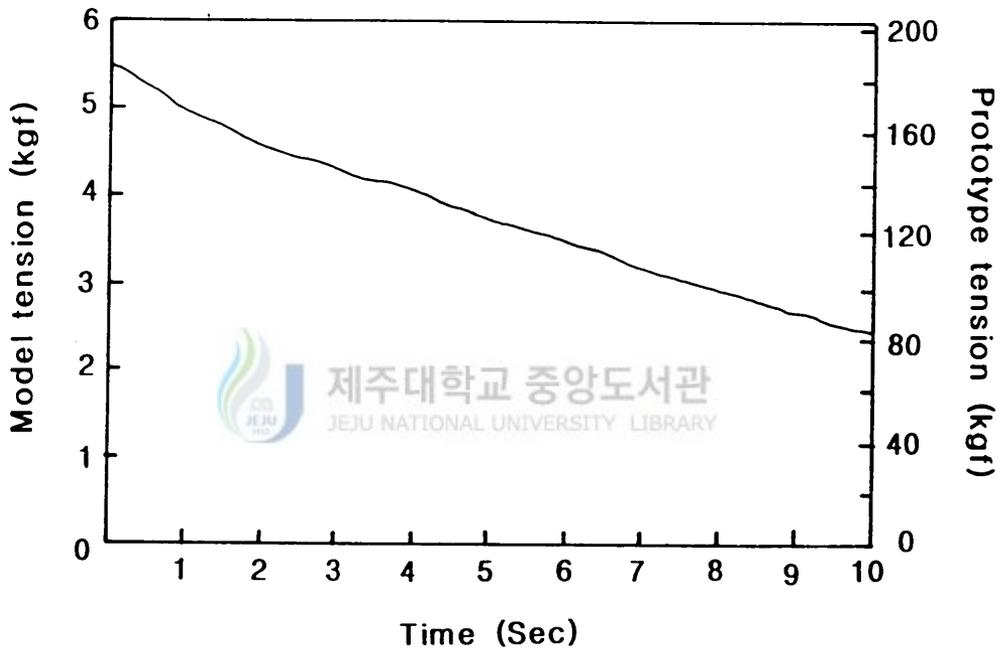


Fig. IV - 8. The model and prototype tension of model upper boom during winding time.

한편, 그물과 챗대를 권양기로 권양할 때의 유압모터의 소요 토오크 $T_M(\text{kgf} \cdot \text{m})$ 은 (4-10)식으로 나타낼 수 있다(李, 1995).

$$T_M = (P_1 - P_2) \times Q_o \times n_t \times \frac{1}{200\pi} \quad (4-10)$$

여기서, P_1 과 P_2 는 유압펌프의 입구압력과 출구압력 (kgf/cm^2)이고, Q_o 는 유압모터의 압축용적 ($\text{cm}^3/\text{rev.}$)이며, n_t 는 감속기의 기계효율로서 워프 감속기인 경우는 70%, 스피어럴 베벨감속기인 경우는 96%로 가정하였다.

Fig. IV-4에 나타낸 a, b, c의 권양기로 그물이 연결된 챗대를 해상에서 120 rpm으로 권양할 때의 P_1 의 값은 각각 95, 80, 100 kgf/cm^2 이었고 P_2 의 값은 모두 20 kgf/cm^2 이었다. 이들 값을 (4-10)식에 대입하면 T_M 은 각각 4.3, 11.3, 32.3 $\text{kgf} \cdot \text{m}$ 가 된다. 3종의 권양기 중 a, b형의 권양기에는 각각 1:10의 워프 기어와 1:3의 스피어럴 베벨감속기를 사용하였고, c형에는 감속기 없이 드럼을 부착하였다. 따라서 c형을 기준으로 하였을 때의 T_M 은 각각 30.1, 32.5, 32.3 $\text{kgf} \cdot \text{m}$ 로 모형챗대를 권양할 때 보다 0.3~2.7 $\text{kgf} \cdot \text{m}$ 가 더 소요되었다. 이는 해상에서 선박이 지속적으로 롤링과 피칭을 반복하기 때문이라고 사료된다. 그리고 안전조업을 위하여 P_1 과 P_2 의 압력차 ΔP 를 130 kgf/cm^2 으로 고정하여 시험해 본 결과 a, b, c형의 권양기의 출력 토오크는 각각 6.5, 19.2, 51.2 $\text{kgf} \cdot \text{m}$ 이었으며 각 형태별 권양기의 잉여 토오크는 각각 2.2, 7.9, 18.9 $\text{kgf} \cdot \text{m}$ 로 나타났다. 따라서 c형 권양기를 기준으로 할 때의 잉여 토오크는 각각 15.4, 22.8, 18.9 $\text{kgf} \cdot \text{m}$ 가 된다. 이 수치를 챗대줄에 작용하는 잉여장력으로 환산하면 각각 96.9, 143.4, 118.9 kgf 가 된다.

한편, 초망어업의 조업 과정을 보면, 멸치가 수면 부근까지 집어되면 큰 챗대와 작은 챗대, 콧대로 그물을 수심 4m에 전개시킨다. 집어등에 의해 멸치가 그물안으로 유도되면 큰 챗대를 먼저 수면 위로 들어올린 다음 큰 챗대와 작은 챗대를 동시에 들어올리고 나서 그물을 인력으로 당겨 올린다.

Fig. IV-9는 그물안에 유도된 멸치어군이며, Fig. IV-10는 그물을 양망하

는 광경이다.

Fig. IV - 9에서 그물 안에 떨치는 유연능력을 갖고 있고, 그물과 대부분 떨어져 있기 때문에 권양 중에 챗대의 장력에 영향을 주는 떨치어군의 중량은 거의 없는 것으로 판단되었다. 그러나 이에 대한 확실한 자료가 없으므로 어획량의 30 %정도가 그물의 무게에 더해지고 또한 큰 챗대와 작은 챗대에 균일한 힘이 미친다고 가정할 때 a, b, c형에 의한 양망당 어획량은 각각 $1,292 (96.9 \times 2 \times 2 \times 1/0.3)$, 1,912, 1,585 kgf로서 3종 모두 양망당 1톤이상 어획할 수 있어서 사용 가능하다고 판단되었다. 그리고 어선이 어군 유집을 위하여 어장을 이동할 때, 챗대가 자유 낙하되는 것을 방지하기 위하여 a형에는 워엄 기어를, b형에는 스파이럴 베벨기어와 DC 24 V용 전자석 브레이크를, c형에는 누수량이 적은 유압모터를 사용한 결과 3종 모두 그물이 부착된 2개의 챗대를 우현 정형 상방 $10 \sim 15^\circ$ 각도로 벌린 채 2~3노트의 속력으로 수 시간 이동하여도 챗대는 자유낙하 되지 않았다.

그러나 a형 권양기는 워엄 기어의 비틀림 또는 마모로 인해 수리 없이 2년이상 사용할 수 없었으며, b형 권양기는 해수에 의해 DC 24 V용 전자석 브레이크가 빨리 부식되어 6개월 이상 사용할 수 없었고, c형 권양기는 내구년수에 대해서 별다른 문제점이 나타나지 않았다.

그리고 안전조업을 위하여 ΔP 를 130 kgf/cm^2 으로 고정하여 시험해 본 결과 a, b, c형 권양기의 권양속도는 각각 0.4, 0.76, 1.0 m/sec로 나타났다.

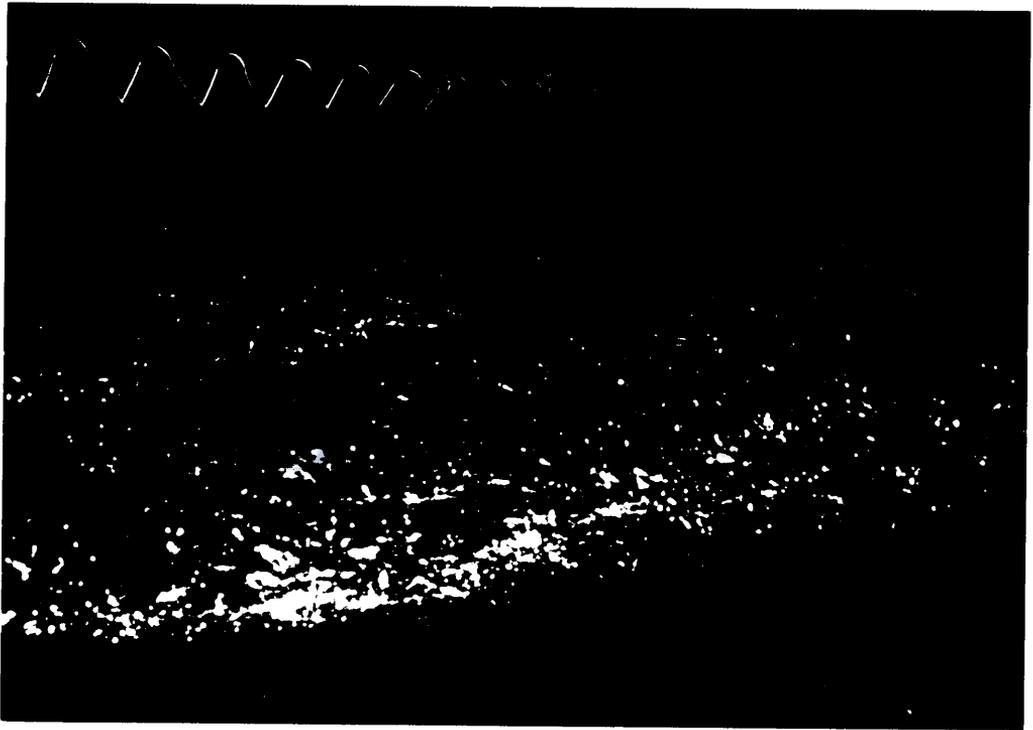


Fig. IV - 9. Photograph of the anchovy school attracted in bag net by the fishing lamp.

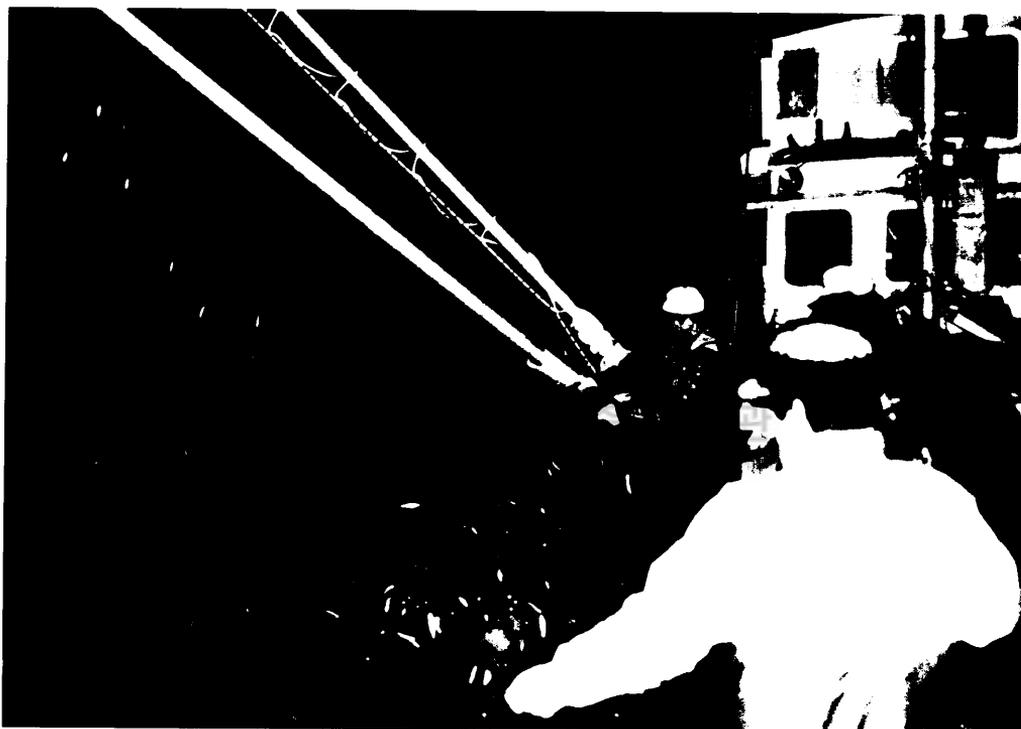


Fig. IV - 10. Photograph of the hauling of bag net by the traditional system.

2) 그물전개기

그물전개기에 사용되는 추의 적정 무게를 분석하기 위하여 Fig. IV - 11과 같이 연결된 추가 수심 4 m까지 침하할 때의 침하속도는 Table IV - 6과 같다.

Table IV - 6. Sinking speed according to the weight of sinker

Weight(kgf)	20	30	40	50
Sinking speed (m/sec)	2.3	2.6	2.9	3.2

Table IV - 6에서 납추의 무게가 무거울수록 그물입구의 밑판 안쪽 모서리는 빠르게 침하되었다. 추의 상, 하 이동은 Davit의 하부에 부착된 드럼의 유압모터에 의해 제어된다. 드럼의 직경과 유압모터의 회전수는 각각 76.5 mm, 657 rpm으로 설계, 제작되었기 때문에 추의 인양과 침하속도는 모두 2.6 m/sec 이내의 범위에서 유압 콘트롤 밸브로 제어되도록 설계되었다. 그물입구의 밑판 안쪽 모서리에 연결된 추를 인양 또는 침하시킬 때의 속도는 2.6 m/sec의 범위내에서 조작성이 가능하나 큰 챗대로 그물입구의 밑판 바깥쪽 모서리를 투·양망 할 때에는 약 1 m/sec의 속도로 하기 때문에 이 속도와 동일한 속도로 추를 조작하는 것이 보다 효과적이었다.

1 m/sec의 속도로 추를 수심 4 m까지 침하시킬 때 추의 무게에 따른 침하 상태는 Fig. IV - 12에 나타내었다. 수심 4 m에서 추의 무게 20, 30, 40, 50 kgf 인때 선미쪽으로 밀리는 거리는 각각 110 cm, 60 cm, 30 cm, 20 cm로 나타났다. 추는 가벼울수록 선미쪽으로 많이 밀리는 현상이 일어났으며, 40 kgf, 50 kgf의 추는 투하지점에서 연직방향에 가깝게 침하되었다.



Fig. IV - 11. Photograph of the net spreader.

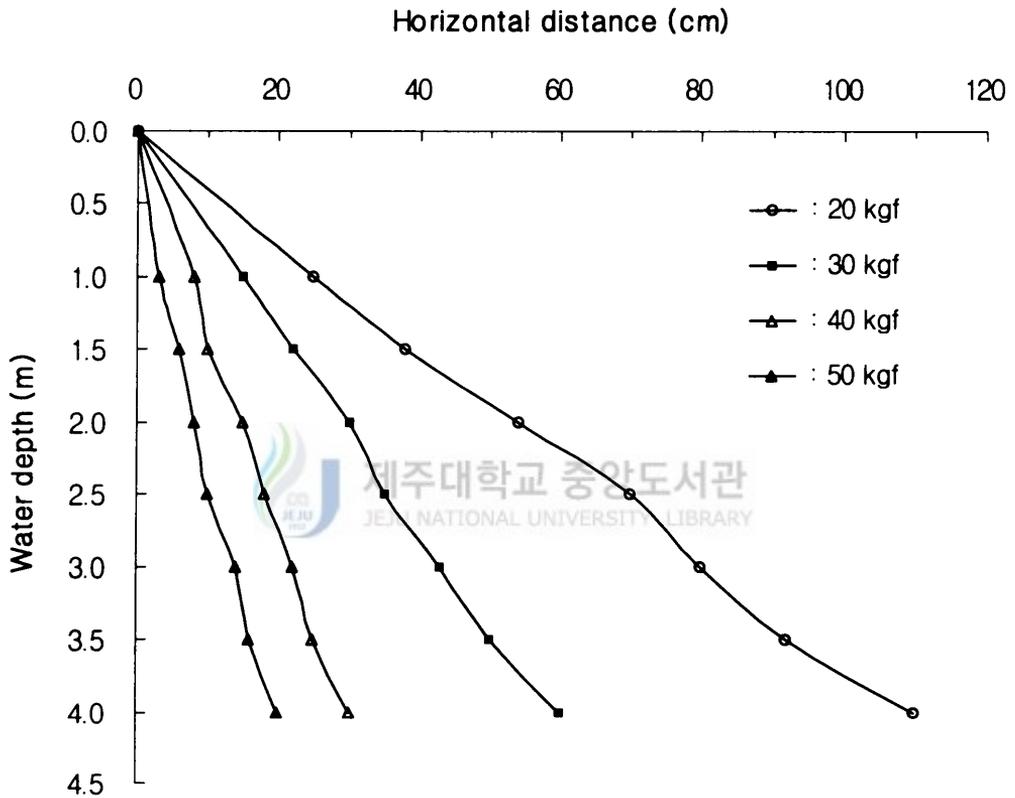


Fig. IV - 12. The relationship between water depth and horizontal distance according to the weight of sinker when casting the sinker line as the velocity of 1 m/sec.

3) 사이드 넷트 롤러

Fig. IV - 13과 같이 고안된 사이드 넷트 롤러의 양망력은 다음과 같이 계산할 수 있다.

선내에서 인력으로 당기는 힘을 F , 선외의 그물의 장력을 F_0 , 고무롤러의 마찰계수를 μ , 그물이 접한 롤러의 접촉각을 θ (Radian), 그물이 드럼에 대한 압착력을 p 라 하면

마찰계수 μ 는

$$\mu = \frac{dF}{pds} \quad (4-11)$$

여기서, 법선방향의 힘을 F_ρ 라 하면

$$2F_\rho = 2F \sin \frac{d\theta}{2} \approx Fd\theta \quad (4-12)$$

압착력 p 는

$$p = \frac{2F_\rho}{ds} \quad (4-13)$$

$ds = rd\theta$ 이므로

$$p = \frac{Fd\theta}{rd\theta} = \frac{F}{r} \quad (4-14)$$

(4-14)식을 (4-11)식에 대입하면

$$\mu = \frac{dF}{\frac{F}{r} rd\theta} = \frac{dF}{Fd\theta} \quad (4-15)$$

(4-15)식에서 $\frac{dF}{F} = \mu d\theta$ 이며, 여기서 $\log_e F = \mu\theta + C$ 가 된다.

θ 가 0일때 F 를 F_0 라 하면 $\log_e \frac{F}{F_0} = \mu\theta$ 가 된다.

따라서 사이드 넷트 롤러의 양망력은 (4-16)식으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{F}{F_0} = e^{\mu\theta} \quad (4-16)$$

그물을 양망하는데 필요한 힘 F 을 절감시키기 위해서는 마찰계수 μ 를 크게 하든가 아니면 접촉각 θ 를 크게 해야 한다. 그러나 이 어업에서 사용되는 초망어구는 사각형 자루그물이기 때문에 롤러의 수를 많게 하여 μ 나 θ 를 크게 하는 데는 많은 문제점을 내포하고 있다. 그러나 마찰계수 μ 를 크게 하는 방안은 선내에서 양망되는 그물이 현외로 미끌어지지 않도록 선내에서 인력으로 그물을 눌러주어야 한다.

식(4-16)에서 F 을 계산하기 위하여 롤러의 접촉각은 160° , 수중에 있는 어구를 양망하는데 걸리는 장력은 80 kgf 이었다. 그리고 어업자들에 의하면 양망당 $0.1 \sim 1$ 톤까지 어획을 한다고 하나 멸치는 유연력을 갖고 있기 때문에 전술한 바와 같이 어획물 중량의 30% 가 그물에 미치고, 고무롤러의 마찰계수가 0.8 이라 가정하여 양망력 F 을 계산하면 39.6 kgf 이 된다. 인력에 의한 양망력의 범위는 $15 \sim 20 \text{ kgf}$ 정도라고 알려져 있다. 따라서 본 시작품은 2인의 인력으로도 1톤정도의 어획물을 양망할 수 있다.

또한, 사이드 넷트 롤러의 양망 효율을 측정하기 위하여 롤러의 회전수를 $0, 10, 30, 60, 90, 120 \text{ rpm}$ 으로 구동 할 때의 그물의 양망속도 및 인망장력을 Table IV - 7에 나타내었다.

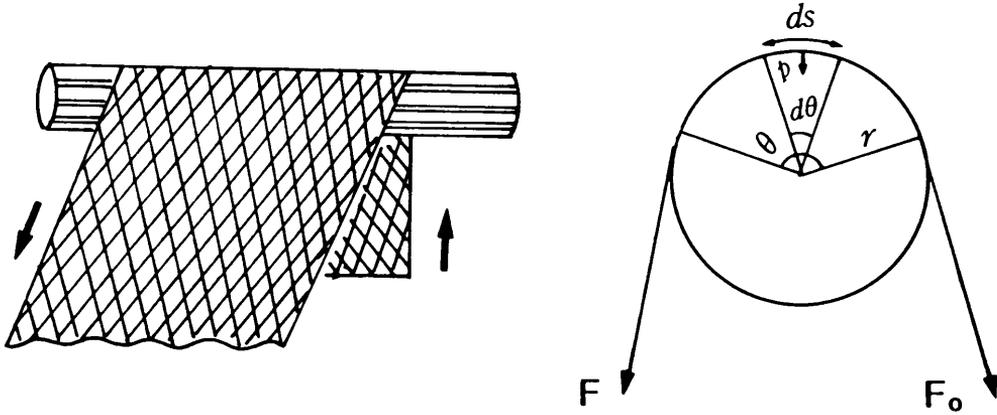


Fig. IV - 13. Distribution of hauling power in side net roller.



Table IV - 7. Hauling speed and tension of the anchovy scoop nets according to the revolution per minute of side net roller

RPM	0	10	30	60	90	120
Hauling speed (cm/sec)	0	9	26	52	78	104
Hauling tension (kgf)	30	18	8	5	3	3

사이드 넷트 롤러를 30 rpm까지 회전시켰을 때의 양망 장력은 급격히 감소하는 경향이 있었으나 사이드 넷트 롤러의 회전수를 60, 90, 120 rpm으로 증가시켰을 때의 양망장력의 감소율은 적었다. 특히 사이드 넷트 롤러의 회전수가 90, 120 rpm일때의 양망장력은 3 kgf으로 동일하였다. 또한 사이드 넷트 롤러를 30, 60, 90 rpm으로 하였을 때의 양망속도는 각각 26, 52, 78 cm/sec로서 사이드 넷트 롤러의 회전수에 비례하여 양망속도는 일정하게 증가하였다. 따라서 재래식 방법에서 그물을 4인이 50 cm/sec로 양망하고 있음을 감안해 볼 때, 이 연구에서 제안하는 사이드 넷트 롤러는 60 rpm으로 구동시키는 것이 적합하다고 판단되었다. 그리고 사이드 넷트 롤러를 60 rpm으로 구동시킬 때의 양망장력은 83.3 % 감소됨에 따라 양망 작업만을 고려하면 기존에 6명이 하던 양망작업을 1명으로도 할 수 있음을 알 수 있으나 실제 작업에서는 그물을 양쪽에서 양망하여야 하므로 2명이 필요하였다.

그리고 길이가 2 m, 3 m인 롤러는 양끝에서 그물이 파망 또는 롤러에 감기는 현상이 일어났으며, 4 m인 롤러에서는 이와 같은 현상은 발생하지 않았다.

4) 작업인원

재래식 방법과 기계식방법으로 작업 할 때의 작업과정별 소요인원을 Table IV - 8에 나타내었다.

기존의 6톤급 어선에서 재래식 방법으로 투·양망 할 때의 소요 인원은 조타(선장)에 1명, 어군유도에 1명, 콧대로 그물입구의 밀판 안쪽 모서리를 누르고 올리는 인원 2명, 선내의 좌, 우현에 있는 사이드 드럼으로 2개의 챗대를 내리고 올리는 인원 2명, 그물을 투·양망하는 인원 2명으로 총 8명이 소요되었다. 조타와 어군을 제어하는 인원 2명은 작업이 종료될 때까지 고유의 작업만 전담하고 그 외의 콧대를 조작하는 인원과 챗대를 조작하는 인

원 및 그물을 투망하는 인원 6명은 큰 챗대와 작은 챗대가 수면 상부 10 m 높이의 위치까지 양망되면 이를 고정시켜 놓은 후 다 같이 그물을 끌어올려 어획물을 어창에 수납한다.

큰 챗대와 작은 챗대를 제어하는 매뉴얼 밸브는 Fig. IV - 14와 같이 조타실에 설치되어 있다.

투망시에는 선장이 조타를 하면서 큰 챗대와 작은 챗대 조절용 권양기의 매뉴얼 밸브를 조작하여 이들 2개의 챗대를 수중에 투하하고, 우현에서 1명은 그물투망에, 1명은 우현선수에서 그물전개기의 매뉴얼 밸브를 이용하여 추를 수심 4 m에 투하한다. 이렇게 하면 어구는 수중에 완전히 전개된다. 즉 순수하게 어구만을 투망 하는 데는 3명만 소요되고, 1명은 어군을 집어, 유도에 종사하여 조업인원은 4명이 된다.

양망시에는 선장이 조타실에 있는 권양기의 밸브를 조작하여 큰 챗대와 작은 챗대를 권양하고, 1명은 그물전개의 매뉴얼 밸브를 이용하여 추를 수면 위로 끌어올리고, 2명은 사이드 넷트 롤러를 구동시켜 그물을 양망하게 되어 조업인원은 4명이 된다. 즉 재래식 조업에서는 8명이 하던 작업을 4명으로도 가능하게 되어 척당 조업인원을 50 % 절감시켜서 조업방법이 생력화되었다.

Table IV -8. The number of operating person by the traditional and mechanized methods

Item	Traditional		Mechanized	
	Casting	Hauling	Casting	Hauling
Steering	1	1	1	1
Gathering of fish school	1	1	1	1
Control of two booms	2	-	-	-
Control of pressing stick	2	-	1	-
Net casting	2	-	1	-
Net hauling	-	6	-	2
Total	8	8	4	4

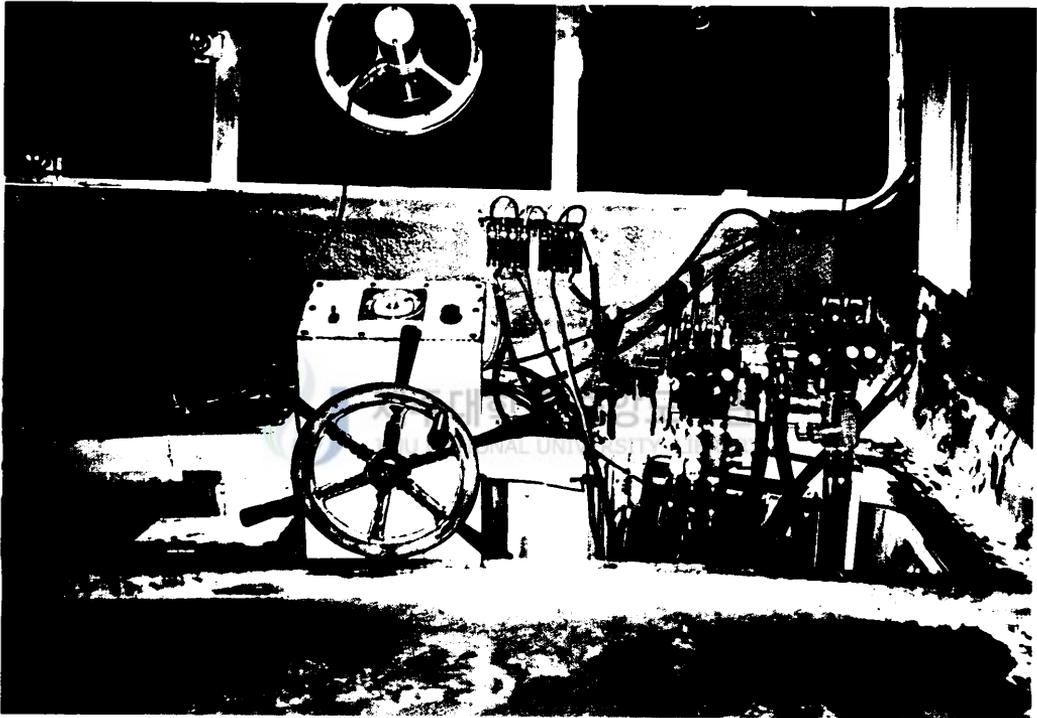


Fig. IV - 14. Photograph of the control valve of winder installed in steering house.

V. 고 찰

1. 유집방법

멸치초망어업은 분산되어 있는 어군을 보다 좁은 범위로 축소시켜 최소의 노력으로 최대의 어획이 가능하도록 하는 어법이다. 어군을 유집하는 수단은 주로 빛과 소리를 이용하고 있다.

멸치는 연안성, 난류성, 주광성, 표층성 부어로서 우리나라 전 연안에 분포하고 있고, 권현망, 정치망, 자망, 초망 등에 의해 최근 10년간(1990~1999년) 연 17~24만톤씩 어획되고 있다. 제주도 어업인들은 제주 연안이 다른 해역에 비해 해저에 장애물이 많고, 해황이 거칠기 때문에 초망어구로만 멸치를 어획하고 있다.

제주도의 초망어업은 최근 10년간 멸치의 연 평균 어획량이 7천여톤으로 제주도 연근해 어류 어획량의 24.7%를 점유하고 있는 중요한 어업 중 하나이다. 초망에 의해 어획되는 멸치의 체장은 계절에 따라 차이가 있으나 평균 체장은 봄철 4.3 cm, 여름철 7.9 cm, 가을철 10.5 cm의 멸치가 어획되고 있으며, 주로 액젓용으로 이용되고 있다. 근래에 들어 초망에 의해 어획된 멸치는 타 해역의 자망에 의해 어획된 멸치보다 외상이 거의 없고 선도가 좋기 때문에 봉장어 통발의 미끼로 사용되고 있으며, 그 소비량은 점점 증가하는 추세이다.

멸치 어군의 유집은 집어등과 소리를 이용하고 어군탐지기로 집어상황을 확인하고 있다. 집어등은 샷갓모양의 반사갓에 AC 100 V, 1 kW 백열전구 1개를 부착해서 사용하고 있다. 집어등은 선수에서 1 m 전방으로 돌출되도록 설치하고, 빛은 수면을 향하도록 한다. 집어시에는 2~3노트의 속력으로 항해하면서 빛을 수면에 방사시켜 저층에 있는 멸치어군을 수심 0~4 m층에 유집되어야 어구를 투망 할 수 있다. 그러나 어군이 저층에 있으나 집어등의

광력에 약한 유집 반응을 보이거나 혹은 전혀 반응을 보이지 않아서 수심 4 m 보다 깊은 층에 있을 때에는 쇠파이프로 어선의 외판을 두드리거나 기관을 공회전시키면서 수중음을 방성하여 어군을 수심 4 m보다 얕은 층까지 유집하고 있다.

멸치의 유영수심과 집어등에 의한 집어수심은 계절, 시각, 해황, 기상요인 등에 따라 변화한다고 보고되어 있는데, Inoue와 Ogura (1958)에 의하면 멸치의 유영수심은 주로 10~20 m층이라고 보고한 바 있다. Chang 등 (1980)에 의하면 멸치는 봄이 되면 수심이 얕은 연안에 들어 왔다가 가을이 되면 외해로 이동하고, 주로 수심 20 m 이내의 대륙붕 해역에 분포하며, 낮에는 수심 10 m층, 저녁에는 거의 표층에 서식한다고 보고하였으며, Lee (1974)와 Sohn (1985)은 수심 10~20 m의 범위에 멸치가 서식한다고 각각 보고한 바 있다. 그리고 Park (1986)은 제주도 연안에 서식하는 멸치를 대상으로 1 kW의 백열등 1개로 집어했을 때 수심 10~20 m층에 있는 어군이 수심 0~6 m층까지 부상시킬 수 있었다고 보고한 바 있다.

이 연구에서도 멸치는 수심 10 m의 해저부근에서 유영하다가 1 kW의 백열등 1개로 집어했을 때의 멸치어군은 0~4 m층으로 부상하였다.

멸치어군의 유영수심과 집어수심을 종합해 보면, 제주도 연안에 분포하고 있는 멸치어군의 분포수심은 주로 10~20 m이며, 1 kW의 수상 백열등으로 집어하면 멸치어군은 수심 0~4 m까지 부상됨을 알 수 있다.

집어등에 유집된 멸치어군의 행동에 관하여, Kuroki와 Chuman (1958)은 어선을 해·조류에 따라 이동하게 한 후 200 W 수상집어등 2개로 집어하였을 때, 멸치는 상당한 속도로 집합·이산하여 활발한 행동을 행하는 것을 어군탐지기로 관찰하였으며, Kusaka (1959)는 2 kW 수은등 1개로 집어하였을 때 집어등 직하인 역원추형의 범위에는 멸치가 보이지 않았고, 그 외측반경 20~60 m 범위에 어군이 탐지되었으며, 2 kW 백열등 1개인 경우도 수은등과 마찬가지로 집어등 직하에는 멸치가 보이지 않았지만 그 외측반경 10~40 m

의 범위에는 멸치가 탐지되었다고 각각 보고한 바 있다. Park (1986)은 2~3 노트의 속력으로 항해하면서 1 kW 백열 수상등 1개로 어군을 집어했을 때의 멸치는 상당한 속도로 집합·이산하였다고 보고한 바 있다.

이 연구에서는 1 kW 백열등 1개로 집어하였을 때의 멸치는 상당한 속도로 집합·이산하는 행동이 목격되었고, 집어등 직하 또는 현측에서 멸치 어군이 좁은 범위로 유집되었으며, 2~3노트의 속력으로 이동하는 어선과 비슷한 유영속도로 유평하였다. 멸치의 유집행동 패턴은 상기 여러 연구 결과와 일치하나 유집범위는 서로 차이가 있었는데, 이러한 원인은 어선이 정지한 상태와 이동하는 상태에서 어군을 집어하였기 때문이라고 추측된다.

Arakawa 등 (1996)은 태양광의 파장을 412, 443, 490, 510, 555 및 665 nm로 구분하여 수면에 방사된 조도를 100 %라 보고, 이 조도가 수중에서 1 %로 감쇠되었을 때의 파장별 수심을 측정 한 결과 665 nm의 파장은 수심 10 m 부근까지, 그 외의 파장은 수심 40 m층보다 깊은 수층까지 투과되었다고 보고한 바 있고, Choi 등 (1998)은 412, 443, 490, 510, 555, 625, 670, 683 nm의 파장을 조사한 결과 625 nm이상의 파장은 수심 15 m보다 얇은 수층에서 거의 흡수되었다고 보고한 바 있다. 그리고 An과 Choo (1993)는 최근 오징어 채낚기 어선에서 집어등으로 많이 사용하고 있는 메탈할라이트등의 방사조도를 파장 300~1,100 nm까지 2 nm간격으로 측정한 결과 546 nm부근의 파장에서 방사조도가 최대치를 보였다고 보고한 바 있으며, Arakawa 등 (1996)은 메탈할라이트등은 490~510 nm의 단파장의 방사특성을 갖고 있기 때문에 665 nm의 방사특성을 갖고 있는 할로겐등 보다 깊게 투과한다고 보고한 바 있다.

초망어업에서 사용되는 1 kW의 백열등은 공기중에서 994nm의 장파장 특성을 갖고 있었으며, 수면에서는 812nm에서 방사조도가 최대치를 보였다.

방사조도에 대한 연구들을 종합해 보면, 이 어업에서 사용되고 있는 백열등은 장파장의 방사특성을 갖고 있어서 단파장의 특성을 갖고 있는 메탈할

라이트등이나 할로젠등 보다 수중 투과 효율은 나쁘다고 사료된다. 지금까지 메탈할라이트등이나 할로젠등에 대한 멸치어군의 행동에 대해서는 구명된 바 없으므로 어떤 종류의 집어등이 초망어업에 적합하다고는 단정할 수 없으며, 이에 대해서는 앞으로 연구가 수행되어야 하겠다.

멸치가 빛에 반응을 보이는 수중 방사조도는 Blaxter와 Prarish (1958)는 0.1~10 lx, Kusaka (1959)는 0.1 lx 이상이라고 각각 보고한 바 있다.

이 연구에서 1 kW 백열등의 수중 방사조도는 집어등 직하인 수면에서의 방사조도는 146 lx 였고, 심도별 수중조도는 5 m, 10 m, 15 m에서 각각 33.2 lx, 3.6 lx, 0.6 lx 였으며 19 m에서는 0.1 lx 였다. 그리고 정횡방향으로 10 m 떨어진 지점에서의 수면조도는 0.2 lx 였고, 심도 1 m에서는 0.1 lx 였다. 따라서 초망어업에서 사용되고 있는 1 kW 백열등으로 어군을 유집할 수 있는 심도는 수심 20 m보다 얕은 수층이라고 판단된다.

백열등의 용량에 따른 집어등의 수중 방사조도를 비교하기 위하여 AC 100 V, 1 kW 백열등 1개와 AC 220 V, 2 kW 1개를 각각 수면상 1.5 m 높이에서 방사할 때, 집어등 직하인 수심 0.1 m, 0.5 m, 1.0 m층의 방사조도를 Fig. V - 1~3에 나타내었다.

수면에서의 1 kW와 2 kW 백열등의 수중 방사조도는 모두 파장 812 nm에서 최대치를 나타내었으며, 이 파장에서의 2 kW 백열등의 수중 방사조도는 10,490 W/cm²/nm로서 1 kW 백열등보다 192 % (5,463 W/cm²/nm) 밝게 나타났다 (Fig. V - 1). 그리고 0.5 m층에서는 파장 690 nm에서 최대치를 나타내었고, 이 파장에서의 2 kW 백열등의 방사조도는 4,183 W/cm²/nm로서 1 kW보다 237 % 밝게 나타났으며 (Fig. V - 2), 1.0 m층에서도 파장 0.5 m 층과 동일하게 파장 690 nm에서 최대치를 나타내었으며, 이 파장에서의 2 kW 백열등의 방사조도는 916.9 W/cm²/nm로서 1 kW보다 230 % 밝게 나타났다 (Fig. V - 3).

따라서 이들 2개의 백열등 (AC 100 V 1 kW와 AC 220 V 2 kW)이 수중에서 최대치를 보이는 파장은 690 nm 임을 알 수 있다.

Fig. V - 4는 690 nm의 파장에서 2개의 백열등의 수중 방사조도를 나타내었으며, 이들을 실험식으로 나타내면 (5 - 1, 2)식과 같다.

$$1 \text{ kW} : L = 8211.9e^{-1.2852Z} \quad (5-1)$$

$$2 \text{ kW} : L = 3851.9e^{-1.4587Z} \quad (5-2)$$

여기서, L 는 방사조도 ($\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$)이고, Z 는 수심 (m) 이다.

이들 실험식에 의하면, 수심 2 m와 4 m에서의 2 kW 백열등의 수중 방사조도는 각각 631, 48 $\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ 로서 1 kW보다 각각 303 %, 436 % 밝게 나타난 반면 수심 6 m보다 깊은 수층부터는 둘 다 거의 같은 밝기를 나타내었다.

따라서 2 kW 백열등의 수중 방사조도는 수심 6 m보다 얕은 수층에서는 1 kW 백열등보다 3~4배 높게 나타났으나 수심 6 m부터는 동일한 밝기를 나타내는 것으로 보아 수심 15~20 m 부근 어군을 표층으로 부상시키기 위해서는 전력의 소모량이 적은 1 kW 백열등이 보다 경제적이라고 생각된다.

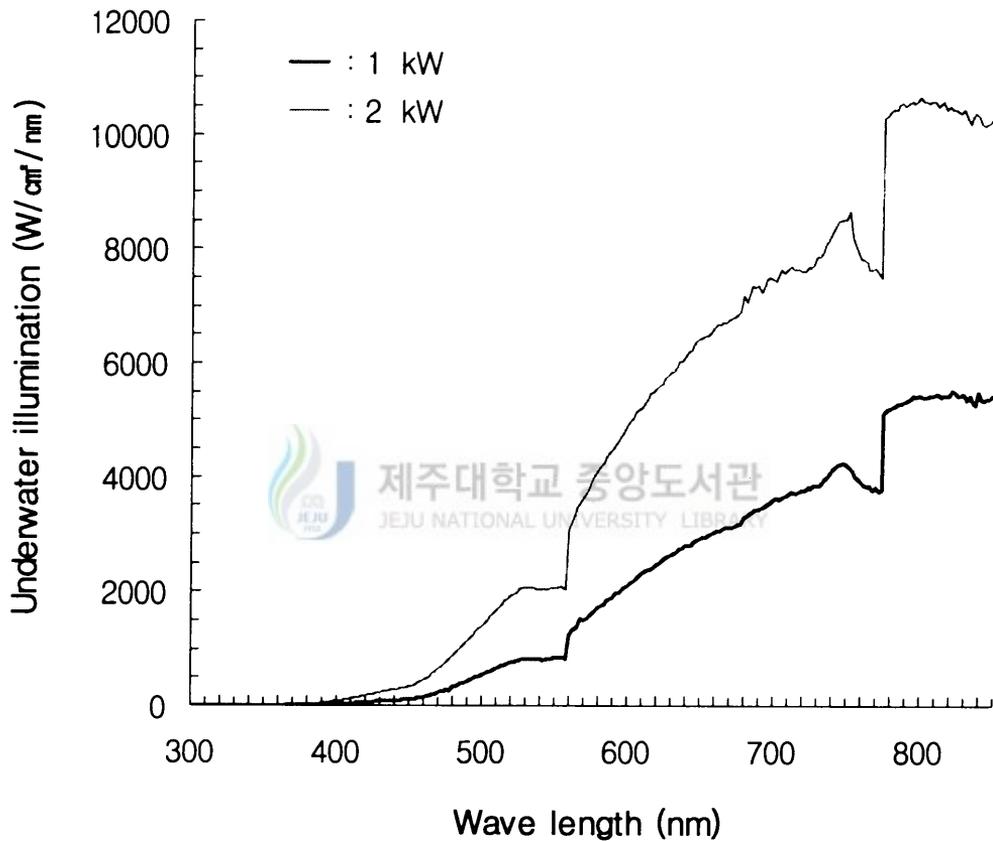


Fig. V -1. The underwater illumination by the wave length of the incandescent lamp power which located at the height 0.1 m above water surface in the water tank.

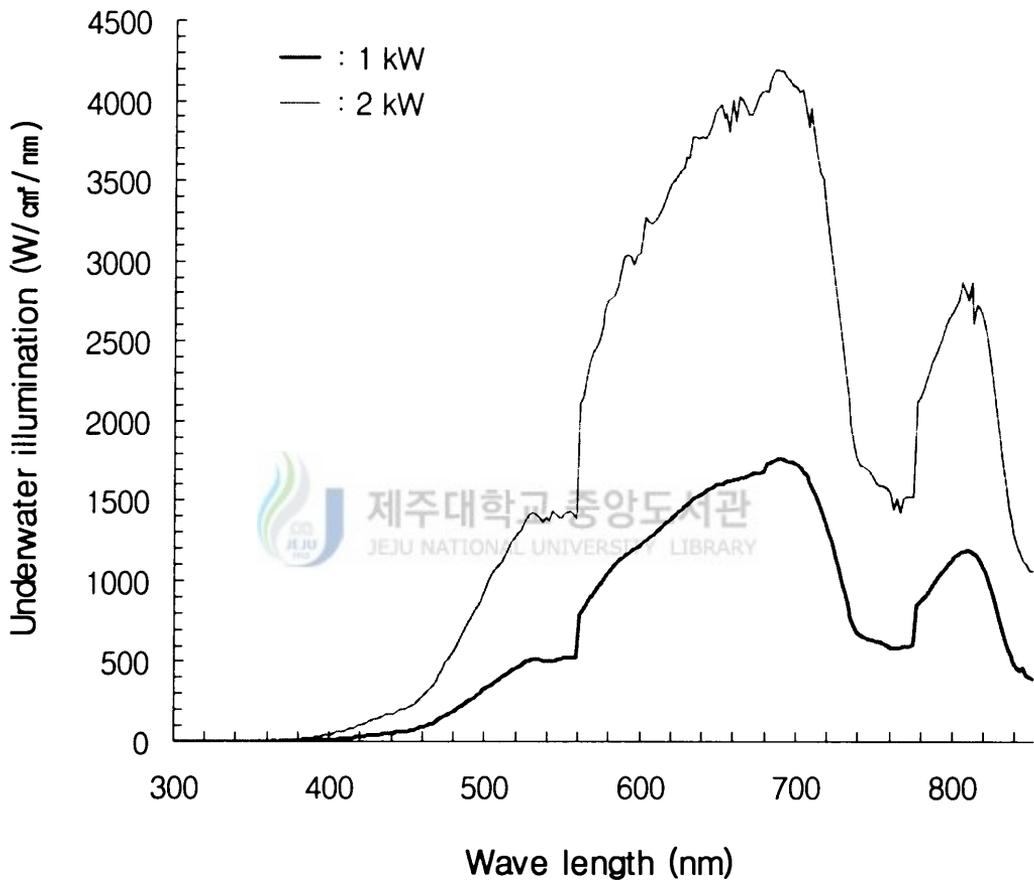


Fig. V - 2. The underwater illumination by the wave length of the incandescent lamp power which located at the height 0.5 m above water surface in the water tank.

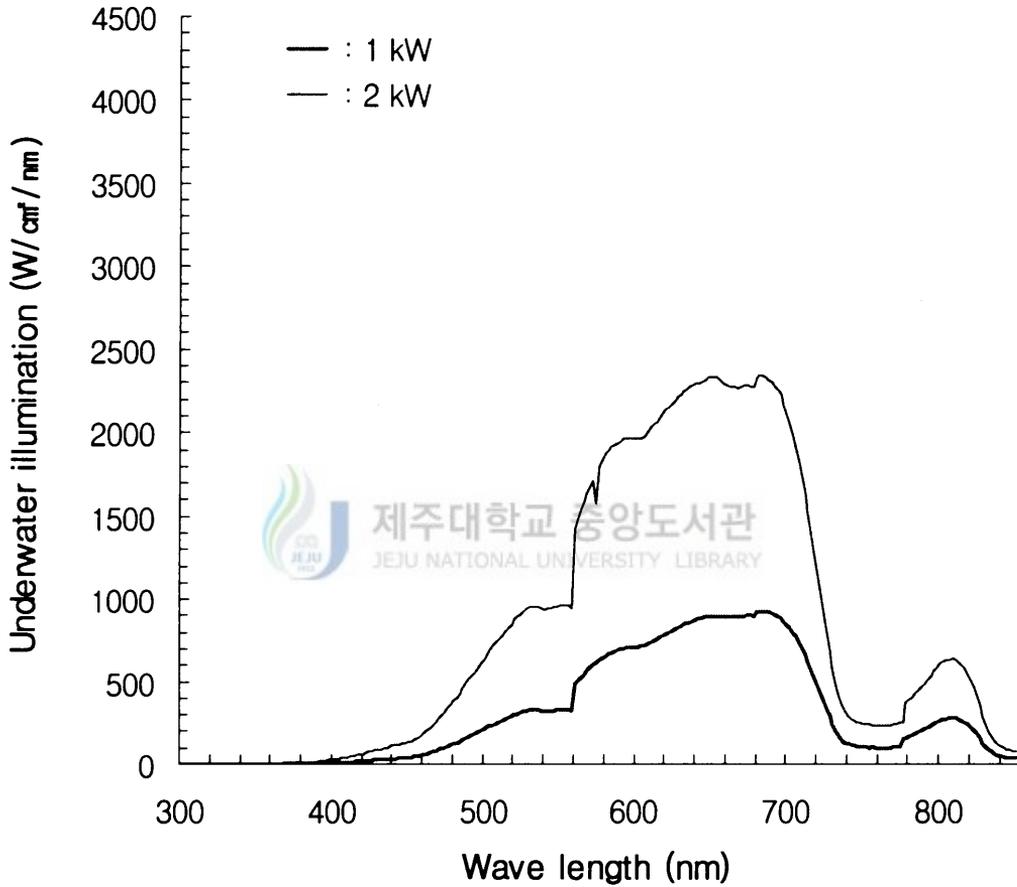


Fig. V - 3. The underwater illumination by wave length of the incandescent lamp power which located at the height 1.0 m above water surface in the water tank.

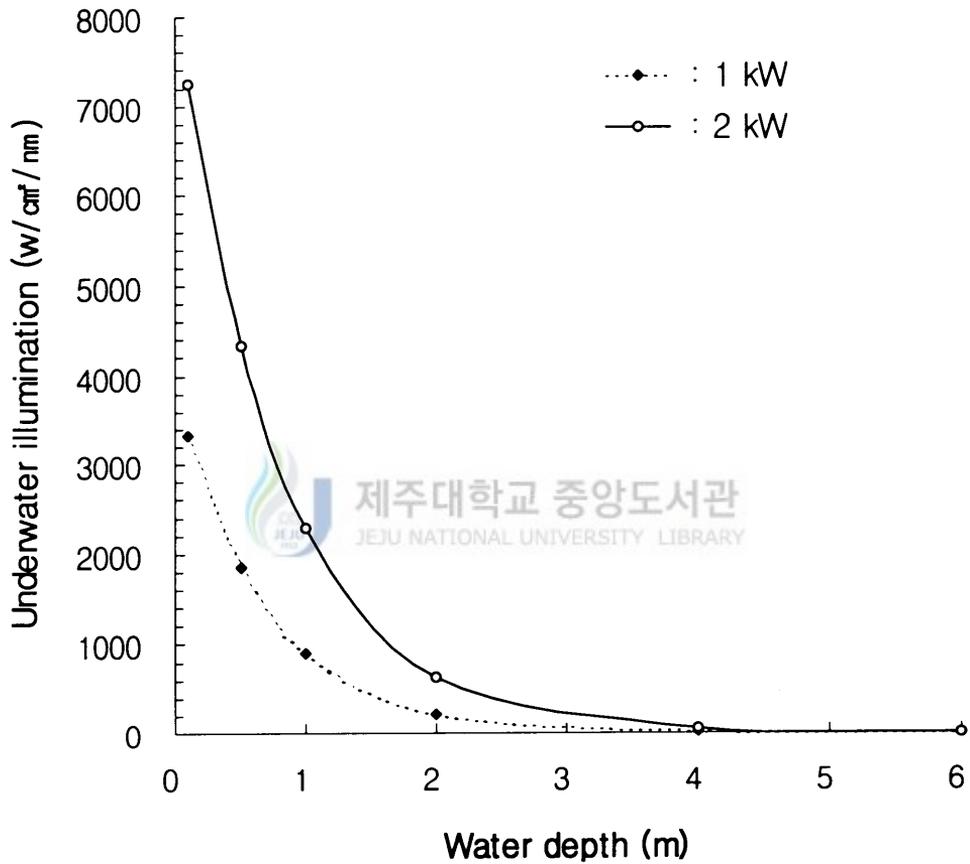


Fig. V - 4. The underwater illumination by water depth of the incandescent lamp power which located at the height 1.5m above water surface in the water tank.

어류가 수중에서 발생하는 음의 주파수는 100~2,000 Hz이나 주파수 300~500 Hz의 범위에서 가장 민감한 반응을 나타낸다고 보고되어 있으며 (田村, 1997 ; 古河, 1970), 畠山(1996), Lee 등 (1997)은 어류의 최소 감지레벨은 90~110 dB, 유인레벨은 110~130 dB, 위협레벨은 140~160 dB이라고 보고한 바 있다. 특히 Akamatsu 등 (1996)은 멸치의 경우 주파수 200~300 Hz에서 민감한 반응을 보였으며, 가장 민감한 반응을 보인 주파수는 300 Hz로 이 때의 음압은 146.8 dB이었다고 보고하였다. 그리고 Lee 등 (1998)은 주파수 200 Hz, 300 Hz의 수중음을 120~130 dB의 음압으로 방성하였을 때 음에 대한 멸치 어군의 반응은 양호하게 나타났으나 시간이 경과함에 따라 분산, 유집이 반복되었다고 보고한 바 있다.

이 연구에서 주기관 회전수를 1,000 rpm으로 공회전 하였을 때 수심 4~6 m 층에서 주파수 100 Hz에서 음압 101~105 dB, 주파수 300 Hz에서 음압 102~104 dB이었다. 이 음압은 상기의 여러 연구 결과 보다는 낮은 음압이나 1차적인 자극음으로서는 충분한 효과가 있는 것으로 판단된다. 그리고 멸치는 주광성이 강하기 때문에 집어등으로 멸치어군을 주로 집어하고 있다. 따라서 집어등과 수중 가청음을 병용하여 방성한다면 보다 효과적인 유집효과를 얻을 수 있을 것으로 생각되며, 앞으로 이에 대해서는 자세한 연구가 수행되어야 하겠다.

2. 투망장치

초망어업에 있어서 재래식 투망은 어군이 수심 0~4 m층에 부상되면 큰 찻대, 작은 찻대, 콧대를 이용하여 어구를 수심 4 m층에 전개시키고 있는데, 어업인들은 이와 같은 투망방법을 변형하면 어획성능에 차이가 있을 것으로 인식하고 있어 어구를 변형하여 조업방법을 기계화하는 것 보다는 기존의 어구를 그대로 유지하면서 조업방법을 생력화하는 것을 바라고 있다.

이 연구에서는 기존의 어구를 그대로 사용하여 재래식 방법과 동일하게 투·양망장치를 개발하여 조업인원을 줄일 수 있는 기계화 장치를 개발하였다.

투망장치는 큰 찻대줄과 작은 찻대줄을 각각 조작하기 위한 권양기 2대, 그물입구의 밑판 안쪽 끝을 조작하기 위한 그물전개기로 구성되었다. 이들 2개의 권양기와 그물전개기로 어구를 수중에 투망한 광경을 Fig. V - 5에 나타내었다.

일반적으로 권양기에는 줄을 균등하게 감기도록 하는 줄 분배기를 장착하고 있는데, 이 연구에서 개발된 권양기는 6톤급 초망어선의 기관실 상부의 갑판에 2대의 권양기가 마스트를 중심으로 설치되어야 하기 때문에 드럼의 길이를 가능한 짧게 하는 것이 요구되었다. 이에 따라 권양기에는 줄 분배기가 없는 드럼의 폭을 200 mm로 짧게 한 결과 줄은 균등하게 잘 감겨졌다.

재래식에서의 찻대 투하는 찻대 자체의 하중에 의해 낙하되기 때문에 수심이 얇은 해역에서 조업할 경우에는 찻대가 부러지거나 변형되는 경우가 발생하여 조업을 중단하는 사례가 발생하기도 한다. 이에 비해 유압식에서는 권양기의 회전속도에 따라 찻대의 투하속도를 조절할 수 있기 때문에 안전 조업에 기여할 수 있었다.

찻대는 자루그물에 유도된 멸치어군이 도피하기 이전에 수면 위로 인양되어야 하는데, 찻대의 인양속도는 권양기 유압모터의 회전속도에 의해 제어된다.

권양기에 의한 찻대의 권양속도를 살펴보면, 멸치초망 어업에서 투망 후

멸치가 자루그물 속으로 유도되면 수심 4 m에 위치한 큰 챗대의 바깥끝과 콧대를 수면 위로 들어올린다. 큰 챗대의 바깥 끝이 수면 위로 올라오면 큰 챗대와 작은 챗대를 같은 속도로 수면 상 10 m까지 각각의 챗대줄로 끌어 올리며, 여기에 소요되는 시간은 10초 정도이다. 이를 챗대줄이 권양되는 속도로 환산하면 1.51 m/sec가 된다. 이에 따라 1.51 m/sec의 속도로 챗대줄을 권양기로 감을 때, 권양시간에 따른 큰 챗대의 각도와 큰 챗대 끝의 위치를 Table V - 1에 나타내었다.

Table V - 1에서 1.51 m/sec의 속도로 챗대줄을 권양할 때 수면 하 4 m에 투하된 큰 챗대가 수면까지 올라오는데 걸리는 시간은 3초 정도이며, 이때 챗대의 각도는 정횡 하방 6° 이다. 그리고 큰 챗대의 끝이 수면 상 10 m까지 올라오는데 걸리는 시간은 10초 정도이며, 챗대의 각도는 정횡상방 50° 이다. 따라서 그물이 연결된 챗대가 올라오는 속도는 0.76 m/sec임을 알 수 있다.

큰 챗대의 바깥 끝이 수중에 투하되었을 때의 수심을 직교좌표로 나타내면 Fig. V - 6과 같다.

Fig. V - 6에서 X축을 정횡방향, Y축을 수심방향, Z축을 선수방향이라 하면, 투망시 작은 챗대(OA)의 끝은 수면에 접하게 하고, 큰 챗대(OB)는 선수와 30° , 수심과 60° 각도로 수중에 벌어지도록 전개함과 동시에 자루그물 입구의 밑판 안쪽 끝은 콧대(O'D')를 사용하여 수면 하 4 m까지 침하시킨다. 여기서 작은 챗대와 큰 챗대의 길이는 각각 11 m, 11.25 m이며, 작은 챗대의 끝과 큰 챗대의 끝의 연직거리(AB)는 6.0 m이다. 따라서 양망시 큰 챗대가 수면상에 올라왔을 때의 큰 챗대와 작은 챗대의 간격을 계산하면 4.5 m임을 알 수 있다.

한편, 집어등에 유도된 멸치어군은 작은 챗대에 부착된 그물 윗판까지 도달하면 다시 역 방향으로 되돌아 나오기 시작한다. 따라서 어획이 성공적으로 이루어지기 위해서는 멸치어군이 되돌아 나오는 속도보다 큰 챗대가 수면 위로 올라오는 속도가 빨라야 한다.



Fig. V - 5. Photograph of the casting operation of anchovy scoop nets by winder and net spreader.

Table V -1. The angle and location of boom's end by winding time when the winder draw the line of boom as the velocity of 1.51 m/sec

Item	Time of winding (sec)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Angle of lower boom (degree)	-30	-22	-14	-6	2	10	18	26	34	42	50
Location of end lower boom (meter)	-4	-2.6	-1.2	0.2	1.6	3.0	4.4	5.8	7.2	8.6	10

minus sign : under direction of horizontal line and under water depth of the lower boom

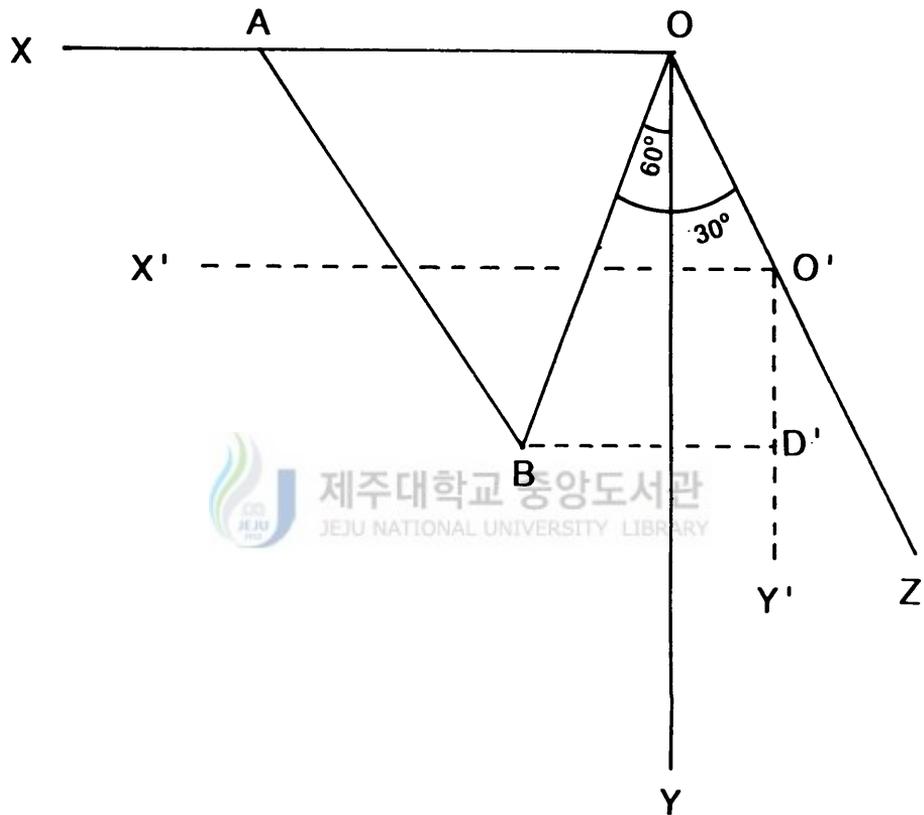


Fig. V - 6. The depth of lower boom represented rectangular coordinates.

X, X' axis : Horizontal line Y, Y' axis : Depth Z axis : Prow

OA : Upper boom OB : Lower boom O' D' : Pressing stick

Kuroki와 Chuman (1958) 및 Park (1986)에 의하면, 멸치는 주광성이 강한 어종이지만 수상 백열등에 의해 집어진 멸치어군은 매우 빠른 속도로 집합, 이산하는 행동을 한다고 보고한 바 있으며, 이 연구에서도 이러한 행동은 목격되었다. 그리고 Lee (1975)에 의하면 체장 9~15 cm인 멸치의 순간 최대속력은 103.5~172.5 cm/sec라고 보고한 바 있다. 따라서 초망으로 멸치를 효과적으로 어획하기 위해서는 집어등에 의해 유집된 어군이 도피하기 이전에 그물의 투·양망이 종료되어야 한다. 초망에서 어획되는 월별 멸치의 평균 체장은 5월 4.1~4.5 cm, 6월 6.7~7.9 cm, 7월 8.4~8.5 cm, 9월 10.5 cm로 월별로 약간의 차이는 보이나 주로 Lee (1975)가 보고한 범위 이내에 있다. 따라서 이 어업에서 어획되는 멸치의 순간 최대 속력을 Lee (1975)가 보고한 것과 동일하다고 가정한다면, 작은 챗대에 도달한 어군이 되돌아 나오는데 걸리는 시간은 2.6~4.3초 소요된다. 그리고 큰 챗대가 수면 위로 올라오는 데는 약 3초 정도 소요된다.

만일 자루그물로 유도된 어군이 도피하기 시작할 때 큰 챗대를 끌어 올린다면 큰 챗대가 수면 위로 올라오는 속도보다 어군이 도피하는 속도가 빨라서 대부분 어획은 실패할 것이다. 그러나 어업자들은 멸치를 자루그물로 유도하면서 도피행동을 일으키기 이전에 큰 챗대를 끌어 올리기 때문에 거의 대부분 멸치어군이 도피하기 이전에 큰 챗대를 수면위로 끌어 올리고 있으나 간혹 어획에 실패하는 경우도 있다.

따라서 이 연구에서 시험 제작된 a, b, c형 권양기에 의한 챗대줄의 최대 권양속도는 각각 $1.1 (980 \times 1/60 \times 1/10 \times 0.7 \times 0.318 \times 3.14)$, 3.7, 5.0 m/sec이다. 그러나 실제 해상에서 안전하게 조업하기 위하여 압력차 ΔP 를 130 kgf/cm^2 으로 고정하여 시험해 이 결과 a, b, c형 권양기에 감겨지는 챗대줄의 권양속도는 각각 0.8, 1.5, 2.0 m/sec로 나타났다. 이것을 챗대가 들어 올려지는 속도로 환산하면 각각 0.4, 0.76, 1.0 m/sec가 된다. 이에 따라 a형 권양기의 권양속도는 재래식방법 보다 0.36 m/sec가 느려서 실용성이 없는 것으로 나타났으며, b형 권양기의 권양속도는 재래식과 동일하였다. 그리고 c형 권양기의 권양속도는 재래식 보다 약 0.24 m/sec 빠른 것으로 나타났으

며, 이는 기존의 방법보다는 어획효율을 한층 더 높일 수 있다고 사료된다.

그리고 권양기의 내구성은 b, a, c형 순으로 길었으며 a, b, c 형 권양기의 양망당 어획량은 각각 1,292kg, 1,912kg, 1,585kg으로 3종 모두 1 톤이상 어획이 가능하였다. 따라서 이 어업에서 챗대를 투·양망하는데 적합한 권양기는 양망당 어획량과 내구년수 그리고 안전조업 측면에서 볼 때 c형이 적합하다고 판단되었다.

그물전개기는 추와 Davit로 구성되었다. Davit는 추를 제어하기 위한 장치로서 모든 방향으로 회전이 가능하고, 또한 중간 부분을 꺾을 수 있어서 큰 챗대와 작은 챗대를 갑판에 수납하거나 전개시킬 때 효과적이었다.

추는 무거울수록 연직방향과 근접하게 투하되었다. 이러한 원인은 복합적 요인에 의해 작용된다고 사료되며, 그 요인 중의 한가지는 투망방법에서 구명될 수 있다. 즉 2~3노트의 속력으로 항해하면서 1kW의 백열 수상등으로 멸치어군을 표층에 유집시킨다. 따라서 유집된 멸치어군은 매우 빠른 속도로 집합·이산하는 행동을 하기 때문에 멸치어군이 분산하기 이전에 그물속으로 유도하기 위하여 투망시에는 전진하던 배를 순간적으로 정지시킴과 동시에 어구를 수중에 투하한다. 따라서 전진하던 추진력에 의해 배는 앞으로 전진하려 하고, 그물은 전면에서 유수저항을 받기 때문에 추의 무게가 가벼울수록 그물입구의 밑판 안쪽 모서리는 선미방향으로 밀리는 현상이 일어났다고 생각된다. 그러나 추의 무게가 40 kgf 이상이 되면 추의 침강력은 그물이 받는 유수저항보다 커서 그물입구의 밑판 안쪽 모서리가 연직방향으로 낙하되어 이들 40 kgf과 50 kgf 2종의 추는 전개상태가 양호하였다고 판단되었다.

또한 조업을 마치고 귀항할때에는 Fig. V - 7과 같이 선내로 추와 그물전개기의 Davit를 눕혀서 수납하여야 한다. 이러한 작업을 할 때에는 50 kgf의 추보다 40 kgf의 추를 사용하는 것이 편리하였다.

따라서 그물전개기에 사용되는 추의 무게는 추의 자연낙하속도, 침강상태, 취급상 편의점을 토대로 판단해보면 시험에 사용된 4종 중에서는 40 kgf의 추가 적정하다고 판단되었다.



Fig. V-7. Photograph of the net spreader installed inboard.

3. 양망장치

해상에서 그물을 양망하는 장치는 남해안에서 조업하는 멸치권현망의 블러식 양망장치, 우리나라 근해에서 조업하는 고등어, 전갱이 선망의 파워 블러식 양망장치, 제주도 연안에서 조업하는 정치망의 로프식 양망장치, 기선저인망과 같이 그물을 롤러에 감는 양망장치 등 여러 가지 형태의 양망기가 개발 보급되어 있다.

초망어구는 사각기동형의 자루그물로서 양망시 우현쪽에 있는 그물만 끌어 올리고, 반대쪽에 있는 그물에 멸치어군이 모이게 하여서 어획물을 어창에 수납하며, 양망되어지는 그물의 길이도 짧아서 양망시간이 20초 내외로 단시간내에 양망되는 특징을 갖고 있다. 따라서 이 연구에서는 사이드 넷트 롤러식 양망기로 그물을 양망하도록 하였다.

초망어구(길이 17.6 m, 폭 4.5 m)를 인력으로 양망 할 때에는 0.5 m간격으로 4명이 일렬로 서서 그물을 양망하고 있기 때문에 사이드 넷트 롤러의 길이를 2 m, 3 m, 4 m로 하여 시험한 결과, 길이가 2 m인 경우에는 1명만으로도 그물을 양망할 수 있으나 사이드 넷트 롤러의 양끝에서 그물이 엉켜서 파망이 일어나는 경우가 많았고, 길이가 3 m인 경우에는 2명으로도 양망할 수 있으나 길이가 2 m인때 보다는 사이드 넷트 롤러의 양끝에서 그물 파손의 정도가 적었으며, 길이가 4 m인 경우에는 롤러의 양끝에서 그물이 파손되는 현상은 나타나지 않았다. 그리고 사이드 넷트 롤러는 선내에서 인력으로 눌러주면서 양망하여야 하기 때문에 롤러의 회전수를 60 rpm으로 구동시키면서 그물을 52 cm/sec의 속력으로 양망하는 것이 효율적이었다.

한편, 이 연구에서 제안된 사이드 넷트 롤러는 그물이 양망되어질 때 선내에서 인력으로 눌러주어야 하는 단점이 내포되어 있으며, 앞으로 이에 대해서는 사이드 넷트 롤러의 윗부분에 길이 4 m인 억압롤러를 설치하는 방법도 있으나 소형어선에 이를 설치하는 데에는 어려움이 있을 것으로 사료된다.

VI. 요 약

제주도 연안에서 조업하고 있는 멸치초망어업의 조업 생력화에 적합한 조업 기계화 시스템 개발과 멸치어군을 유효하게 집어하는데 필요한 기초자료를 얻기 위하여 유압권양기, 그물전개기, 사이드 넷트 롤러로 구성된 시스템을 설계, 제작하여 해상에서 권양기의 권양 토크 및 회전속도, 그물전개기에 의한 어구의 전개상태 및 침강속도, 사이드 넷트 롤러에 의한 양망속도 및 양망력 등 조업 기계화 장치에 대한 성능을 시험하였다.

또한 멸치를 유집하는 집어등의 수중 방사조도와 반사각의 방사효율 그리고 어선의 주기관을 공회전 하였을 때 선상과 수중의 소음을 측정, 분석하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 우리나라 연안에서 어획된 멸치의 10년간(1990~1999년) 연 평균 어획량은 21만톤이고, 제주연안에서는 7천톤이었다.
2. 초망에 의한 멸치의 월별 어획빈도는 3월에 20.0%로 최고이고, 11월부터 이듬해 1월까지의 저조한 경향을 보였다. 멸치의 어기는 크게 봄철(2~5월)과 가을철(10월)로 구분할 수 있으며, 봄철에 호어기를 보이는 경향을 나타내었다.
3. 반사각은 백열등의 방사효율을 1.8배 정도 증가시켰으며, 전구를 중심으로 원형에 가깝게 빛을 수중으로 방사시키는 역할을 하였으며, 이는 수중 광도계로 측정된 수중 방사조도와도 잘 일치하였다.

4. 공기중에서 1 kW, 2 kW 백열등의 방사조도는 994 nm의 파장에서 최대치를 보인 반면 수심 0.5 m, 1.0 m층에서는 모두 690 nm의 파장에서 수중 방사조도가 최대치를 보였다.

5. 1 kW 백열등의 연직 하방에 있어서 수중조도 (L)와 수심 (Z)과의 관계식은 다음과 같다.

$$L = 146.03e^{-0.37Z}$$

6. 1 kW 백열 집어등의 빛은 정횡방향보다 연직방향쪽으로 깊게 투과되었으며, 집어등 직하에서의 빛은 수심 20 m보다 깊은 수층에는 도달하지 않는 것으로 추정되었다.

7. 수심 2 m와 4 m에서의 2 kW 백열등의 수중 방사조도는 각각 631, 48 W/cm²/nm로서 1 kW보다 각각 303 %, 436 % 밝게 나타난 반면 수심 6 m층부터는 둘 다 거의 같은 밝기를 나타내었다.

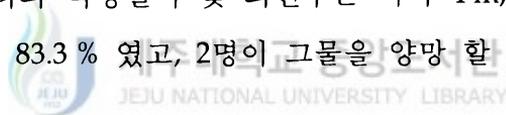
8. 기관의 회전수를 1,000 rpm으로 공회전할 때 수심 4~6 m 층에서의 음압은 주파수 100 Hz에서 101~105 dB이었고, 300 Hz에서 102~104 dB였다.

9. 초망어업의 조업자동화 시스템은 권양기, 그물전개기, 사이드 넷트 롤러로 구성되었으며, 조업인력은 기존의 척당 8명에서 4명으로 50 % 절감할 수 있었다.

10. 멸치초망 어업에 적합한 권양기의 조건은 어군을 유집하기 위하여 2~3 노트의 속력으로 행해중일 때 챗대가 자유 낙하되지 않아야 하며, 그 방법으로 감속기나 전자브레이크를 장치하는 것보다 시간 경과에 따른 누수량이 적은 유압모터를 사용하는 것이 효과적이었으며, 챗대를 권양하

는데 가장 큰 장력이 작용할 때는 챗대 끝이 수면 하 4 m에 있을 때였고, 이 때 챗대줄에 작용하는 장력은 187.5 kgf 였다.

11. 시험에 사용된 권양기 중 최적의 권양기에 있어서 압력차 ΔP 를 130 kgf/cm²으로 고정하였을 때, 권양기에 감겨지는 챗대줄의 권양속도는 2 m/sec로서 재래식 방법보다 0.48 m/sec 빠르게 나타났으며, 양망당 약 1.6 톤의 멸치를 어획할 수 있는 것으로 나타났다.
12. 그물전개기에 적합한 추의 무게는 40 kgf 였고, 추를 침하 또는 인양하는 적정속도는 모두 0.8 m/sec 였다.
13. 사이드 넷트 롤러의 적정길이 및 회전수는 각각 4 m, 60 rpm 였으며, 그때의 양망효율은 83.3 % 였고, 2명이 그물을 양망할 수 있었다.



VII. 참고 문헌

- 국립수산진흥원. 1989. 현대한국어구도감. 예문사, pp. 238~240.
- 국립수산진흥원. 1997. 연안어업기본조사보고서 -전라남도·제주도편-. 구덕인쇄소, pp. 272~275.
- 기선권현망수산업협동조합. 1990. 멸치권현망 수협 발전사. p. 228
- 김명년. 1987. 현대한국수산사. pp. 73~78.
- 김주일. 1988. 남해안산 멸치의 생태학적 연구. 석사학위논문, 부산수산대학, p 48.
- 盧洪吉. 1985. 濟州島周邊海域의 漁場海洋環境に關する研究, 博士學位論文, 東京大學, 215 pp.
- 朴正埴. 1986. 濟州道の 漁業. 성산포수산업협동조합, 조합사, 29~46.
- 白文河. 1982. 濟州道 沿近海の 魚類相. 제주대논문집, 자연(14), 93~108.
- 佐々木忠義. 1953. 集魚燈. 이데아 書院, pp. 81~93.
- 이병기·박승원·김진건. 1983. 연근해어업개론. 태화출판사, pp. 147~148.
- 李徵救·金泰植·金東炫. 1995. 알고 싶은 유압 -회로·자료편-. 전기연구사, p. 174.
- 李徵救. 1994. 알고싶은 유압 -응용편-. 전기연구사, p. 258.
- 張志元. 1983. 漁業機器學. 新韓出版社, pp. 173~176.
- 정문기. 1988. 한국어도보. 일지사, 727 pp.
- 丁若銓. 1814. 茲山魚譜.
- 제주도. 1982. 제주도지(하). pp. 157.
- 中國漁業資源調查센터. 1987. 中國海洋漁具圖集. 浙江科學技術出版社, 386 pp.
- 金田楨之. 1988. 日本漁具漁法圖說. 成山堂書店, 635 pp.
- 古河太郎. 1970. 聽覺, 魚類生理 (川本信之編). 恒星社厚生閣, pp. 462~481.
- 田村 保編. 1977. 魚類生理學. 恒星社厚生閣, pp. 259~261.

- Akamatsu, T., Y. Matsushita, Y. Hatakeyama and Y. Inoue. 1996. Startle Response Level of Japanese Anchovy *Engraulis japonicus* to Underwater Pure Tone Signal. Fisheries Science, 62(4), 648~649.
- An, H. C. and H. D. Choo. 1993. Fishing Efficiency of Squid Jigging in Relation to the Variation of Fishing Lamp Power. Bull. Nat. Fish. Dev. Inst., 48, 179~186(in Korean).
- Arakawa, H. Y., S. J. Choi, T. F. Arimoto and Y. H. Nakamura. 1996. Underwater Irradiance Distribution of Fishing Lights Used by Small-type Squid Jigging Boat. Nippon Suisan Gakkaishi, 62(3), 420~427(in Japanese).
- Blaxter, J. H. S. and B. B. Parrish. 1958. The effect of artificial light on fish and other marine organism svat sea. Marine Research, 2, 1~21.
- Chang, S. D., S. U. Hong, C. K. Park, P. Chin, B. G. Lee, T. L. Lee, Y. j. Kang and Y. Gong. 1980. Studies on the Migration of Anchovy *Engraulis japonica* in Korean Waters. Publ. Inst. Mar. Sci. Nat. Univ. Pusan, 12, 1~38(in Korean).
- Choi, H. G., H. I. Shin and D. J. Hwang. 1999. A study on Spectrum Analysis of the Underwater Noise by Engine Generating in small Fishing Boat. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 35(3), 323~327(in Korean).
- Choi, S. J., H. Y. Arakawa, Y. H. Nakamura and T. F. Arimoto. 1996. Transmittance Characteristics of Fishing Light According to the Optical Water type in the Squid Jigging Ground of the Sea of Japan. Nippon Suisan Gakkaishi, 64(4), 650~657(in Korean).
- Choo, H. D., Y. M. Yoo, B. M. Lee, B. A. Kim and J. W. Chang. 1985. A Study on the Labor-saving Device for the Hauling Operation of Bag in Set Net. Bull. Nat. Fish. Res. Inst., 34, 143~149(in Korean).

- Chung, Y. J., Y. Matsuno, F. Shigeru and Y. Yamanaka. 1995. The Underwater Noise Emitted by Fishing Boats. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 61(4), 553~560(in Japanese).
- FAO. 1999. FAO Year book. Fish statistics.
- Inada, H. and M. Ogura. 1988. Historical Changes of Fishing Light and its Operation in Squid Jigging Fisheries. The report of the Tokyo University of Fisheries, 189~207(in Japanese).
- Inoue, M. and M. Ogura. 1958. The Swimming Water Depth for Anchovy Shoals in Tokyo Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 24(5), 311~316(in Japanese).
- Inoue, M. and M. Ogura. 1958. The Characteristic Behaviors of Anchovy Shoals Called Rippling and Jumping in Tokyo Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 24(5), 317~321(in Japanese).
- Jo, T. H. and B. M. Lee. 1993. Study on Mechanization of Net Hauler of Bottom Drift Gill Net for Yellow Croaker, *Pseudosciaena polyactis*. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Inst.*, 48, 187~195(in Korean).
- Kim, J. O., B. M. Lee and H. K. Oh. 1995. Study on the Labor-saving Device for the Hauling Operation Anchovy Drag Net. *Bull. Nat. Fish. Res. Inst.*, 46, 167~173(in Korean).
- Kim, S. H.. 1978. Response of Anchovy to Artificial Sounds. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 14(2), 57~62(in Korean).
- Kuroki, T. and M. Chuman. 1958. An Example of Three-dimensional Records of Fish-school attracted by Underwater Lamps. *Fac. Fish., Kagoshima Univ.*, 6, 77~81(in Japanese).
- Kusaka, T.. 1959. Fish Gathering Effects and Submarine Illumination of the Incandescent and Fluorescent Mercury-vapour Lamps. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 25(1), 17~21(in Japanese).

- Lee, B. G.. 1974. On the Vertical Distribution of Anchovy *Engraulis japonica* HOUTTUYN in the Vicinity of Chungmu. Publ. Inst. Mar. Sci. Nat. Univ. Pusan, 14(1), 20~27(in Korean).
- Lee, B. G.. 1975. The Swimming Ability of Anchovy. Publ. Inst. Mar. Sci. Nat. Univ. Pusan, 8, 1~13(in Korean).
- Lee, B. G., H. S. Han, C. A. Yoon and K. H. Kim. 1979. Study on the Anchovy Boat Seine-IV -An Experiment to Mechanize the Hauling Operation of Bag Net-. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 15(2), 95~100(in Korean).
- Lee, C. H., B. Y. Kim, Y. J. Chung and D. O. Seo. 1997. A Thronging Response of the Shoal of Rudder Fish, *Seriola Dumerili* (Risso) to Audible Underwater Sound. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 33(4), 285~289(in Korean).
- Lee, C. H., J. W. Moon, Y. S. Park, C. M. Choi and D. O. Seo. 1998. Behaviour response of the shoal of anchovy *Engraulis japonica* to audible underwater sound. Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., 22, 113~119, (in Korean).
- Lee, D. J., H. O. Shin and H. H. Shin. 2000. Improved Design in Fishing Operation System for Small Inshore and Coastal Fishing Vessels - I . Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 36(1), 12~24 (in Korean).
- Lee, I. Y.. 1986. Oil Hydraulic Technology for Automation of Fishing(1). Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 22(3), 47~54(in Korean).
- Lee, I. Y.. 1987. Oil Hydraulic Technology for Automation of Fishing(3). Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 23(2), 49~56(in Korean).
- Moon, D. H., J. H. Yang, I. Y. Lee and J. W. Yang. 1999. Design of Unification of Power Device of Stow Net Fishing System. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 35(1), 65~76(in Korean).

- Oh, M. H., Y. S. Yang and D. O. Seo. 1991. The underwater ambient Noise of a Hairtail Fish Hand Line Fishing Boats in the coastal area of Cheju Island. Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., 15, 15~20(in Korean)
- Park, J. H. and J. H. Lee. 1991. In Relation to the Formation of Fishing Ground and the Fluctuation of Fishing Condition of Anchovy caught by Anchovy Drag Net. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 27(4), 238~246 (in Korean).
- Park, S. W.. 1986. Phototaxis of Anchovy Aggregated by Fishing Lamp of Scoop net in the Surrounding Waters of Cheju Island. Master's thesis, Cheju Nat. Univ., 1~37(in Korean).
- Park, S. W. and C. W. Lee. 1996. Automatization of Longline Fishing Operation for Walleye Pollock, *Theragra chalcogramma*. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Inst., 52, 71~80(in Korean).
- Seo, Y. J. and D. S. Kim. 1999. Distribution of Anchovy School caught by the Lift Net and Environmental Factors in the Kamak Bay -Relation between Distribution of Anchovy School and Temperature and Salinity-. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 35(3), 267~276 (in Korean).
- Shim, S. H. and H. D. Lee. 1998. A Study on Control of Hydraulic Steering Gear by Using Three-position Solenoid Valve. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 34(2), 231~237 (in Korean).
- Sohn, T. J.. 1976. The Important Fish Species and Fishing Method around the Jeju Island. Bull. Korean fish. Soc., 12(1), 13~17 (in Korean).
- Sohn, T. J.. 1988. Study on the Gathering Effects of Anchovy Scoop Net in the Neighboring Waters of the Cheju Island. Bull. Korean fish. Soc., 21(3), 184~192 (in Korean).

- Sohn, T. J. and J. K. Kim. 1983. The Distribution of Catch of Anchovy by the Gill Net Fishery and Oceanographic Condition. Bull. Korean fish. Soc., 16(4), 341~348 (in Korean).
- Sohn, T. J., B. G. Lee and h. Y. Chang. 1984. The seasonal Variation of Catch by the Anchovy Gill Net and Formation of Fishing Ground. Bull. Korean fish. Soc., 17(2), 92~100 (in Korean).
- Suzuki, T. Y., H. I. Inada, K. J. Ida and M. A. Akabane. 1985. Utilization Efficiency of Shades Used with Attraction Lamps for Squid Fisheries. Hokkaido Univ., 36(2), 69~77(in Japanese).
- Toshiro K. and C. Michio. 1958. An Example of Three-dimensional Records of Fish-school attracted by Underwater Lamps. Fac. Fish., Kagoshima Univ., 6, 77~81(in Japanese).
- Yang, Y. R.. 1978. Optical Properties of Sea Water (IV) - Coastal waters of southern part of Korea -. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 14(1), 37~41(in Korean).
- Yang, Y. R.. 1981. Optical Properties of Sea Water in the Northwestern - Waters of Jeju Island -. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 17(2), 53~58(in Korean).
- Yang, Y. S., K. H. Jung and D. O. Seo. 1992. A Study on the Airborn Noise of the Small Fishing Boats. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 28(4), 412~417(in Korean).

감사의 글

이 논문을 완성하기까지에는 많은 분들의 격려와 도움이 있었기에 지면으로 먼저 감사의 마음을 전하고자 합니다.

부족함이 많은 저에게 어려운 순간마다 문제를 해결할 수 있도록 지혜를 주시고 따뜻한 격려와 조언으로 어업학 연구에 입문할 수 있도록 길을 열어 주신 서두옥 지도 교수님의 은혜에 깊이 머리 숙여 감사를 드립니다. 그리고 학부 때부터 부족한 저에게 인생과 학문의 길을 늘 가르쳐 주시고 정성스럽게 논문을 다듬어 주신 박정식 교수님, 노홍길 교수님, 먼길을 마다 않고 달려오셔서 격려해 주시고 심사 해주신 신형일 교수님, 체계적으로 논문을 다듬어 주시고 조언해 주신 김석종 교수님께 깊은 감사를 드리며, 재학시절 학문의 길로 이끌어 주신 손태준 교수님, 정공훈 교수님, 안장영 교수님, 안영화 교수님께도 감사를 드립니다.

이 논문이 완성되기까지 공부할 수 있도록 연구 환경을 만들어 주신 국립수산진흥원 이장욱 원장님, 박차수 부장님, 정의철 과장님께 감사 드립니다. 아울러 자료를 작성하고 탈고할 수 있도록 세심한 배려와 격려를 아끼지 않으신 동해수산연구소 전임기 소장님, 손팔원 과장님, 서해수산연구소 김안영 소장님께도 감사를 드립니다. 그리고 이 논문이 완성될 수 있도록 원고를 교정해 주신 이정우 연구관님, 허영희, 성기탁, 황선재, 박정훈 연구사님, 이 주 박사님께 감사를 드립니다.

특히 이 연구의 결실을 맺을 때까지 해상실험을 도와 주시고 원고를 교정해 주신 배봉성 연구사님, 자료수집에 열과 성의로 도움을 주신 장대수 연구관님, 그리고 제주도 해양수산자원연구소에 근무하고 있는 조동근님에게 깊은 감사를 드립니다. 또한 자료정리와 실험을 도와주신 제주대학교 어구공학 실험실의 문종욱, 서익조, 오승훈 후배에게도 감사를 드립니다.

끝으로 정성과 헌신으로 사랑을 베풀어 주신 부모님과 각별한 사랑으로 보살펴 주신 장인, 장모님의 은덕에 감사드리오며, 항상 관심을 가지고 지켜봐 주신 동생들과 처남, 처제들께도 고마움을 전하며, 어려운 살림살이 속에서도 내색하지 않고 학위를 받을 수 있기까지 내조해 준 사랑하는 아내 김희인과 사랑하는 자녀 관진, 선미, 태진이와 함께 이 기쁨을 나누고자 합니다.

박사학위를 받는 이 순간, 비로소 학문을 새롭게 시작한다는 겸손한 마음가짐으로 더욱 노력할 것을 다짐하며, 일일이 열거하지 못한 분들에게도 고개 숙여 감사드립니다.