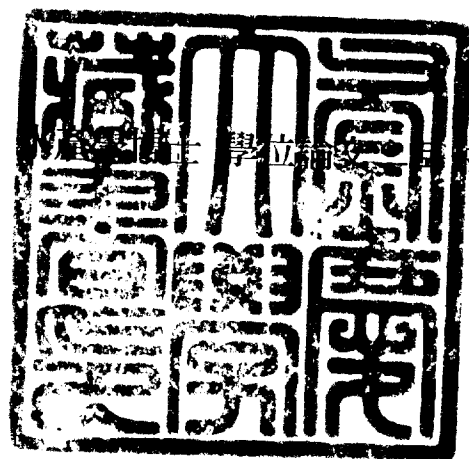


水產學博士 學位論文

전어 旋網 漁具의 改良과 操業 시스템의
省力化에 關한 研究

指導教授 金 鎮 乾

이 論文을



提出함.

2002年 8月

釜慶大學校大學院

水產物理學科

張 德 鍾

張德鍾의 水産學博士 學位論文을 認准함

2002年 8月

主 審 工學 博士 辛 亨 鎰



副 審 水産學博士 金 大 安



委 員 水産學博士 李 吳 在



委 員 水産學博士 金 炯 碩



委 員 水産學博士 金 鎭 乾



목 차

List of Tables	iii
List of Figures	iv
Abstract	vii
I. 서론	1
II. 전어 선망 어업의 현황	4
1. 어장 및 어획 실태	4
2. 어구·어법	11
III. 현용 어구의 수중 형상 및 전어 어군의 대망 행동	16
1. 서언	16
2. 재료 및 방법	17
3. 결과 및 고찰	20
1) 어구의 침강 속도 및 조업 과정에 따른 심도 변화	20
2) 어군의 군집 특성 및 대망 행동	25
IV. 어구 개량을 위한 모형 실험	33
1. 서언	33
2. 재료 및 방법	34
1) 모형 어구	34
2) 실험 장치 및 방법	42

3. 결과 및 고찰.....	45
1) 현용 모형 어구의 침강 속도 및 수중 형상.....	45
2) 개량형 모형 어구의 침강 속도 및 수중 형상.....	47
V. 개량 어구의 조업 시스템.....	58
1. 서언.....	58
2. 재료 및 방법.....	60
1) 조업 시스템의 개선·설계.....	60
2) 실물 어구 구성 및 어획 실험.....	80
3. 결과 및 고찰.....	86
1) 어구의 침강 속도 및 조업 과정에 따른 심도 변화.....	86
2) 어획 및 조업 수행 능력.....	90
VI. 요약.....	93
참고문헌.....	96
감사의 글.....	100

List of Tables

- Table 1. Fishing operation area and fishing term in the south coastal of Korea
- Table 2. The catch of purse seine for gizzard-shad investigated from June to November, 2000
- Table 3. Dimensions of experimental fishing boats
- Table 4. Fishing time and catch by the purse seine for gizzard-shad investigated from July and August, 2000
- Table 5. The scale of model net for the conventional net
- Table 6. The condition of model experiment for the conventional net
- Table 7. The scale of model net for the experimental net
- Table 8. The condition of model experiment for the experimental net
- Table 9. Specification of equipments for shooting and pursing
- Table 10. Using of main engine during the fishing operation
- Table 11. Material construction of net indicated in Fig. 38

List of Figures

- Fig. 1. Fishing operation area of purse seine for gizzard-shad.
- Fig. 2. The rate of incidental catch of purse seine for gizzard-shad.
- Fig. 3. The catch of purse seine for gizzard-shad vessel, Myungseong (A) and Euonhae(B) investigated from August to November, 2000.
- Fig. 4. The conventional net of purse seine for gizzard-shad.
- Fig. 5. Stone sinker and timber bar.
- Fig. 6. Attached point of minilog to the ground rope.
- Fig. 7. Sinking depth of the lead line by the elapsed time.
- Fig. 8. Shape of body net during the hauling to lead line.
- Fig. 9. Sinking movement of lead line during the fishing operation.
- Fig. 10. Fish school obtained by fish finder.
- Fig. 11. Behaviour patterns of fish school in the net.
- Fig. 12. Behaviour of fish school in the body net obtained by under water video camera..
- Fig. 13. Escaping behaviour of fish school below the lead line obtained by the scanning sonar.
- Fig. 14. Analysis of the escaping behaviour of fish school in the wing side.
- Fig. 15. Schematic drawing of model net for conventional net using in the field.
- Fig. 16. Schematic drawing of model net, reduction type of convent-

ional net.

Fig. 17. Schematic drawing of model net, maximum depth in center type.

Fig. 18. Schematic drawing of model net, attached wing net type.

Fig. 19. Schematic diagram of equipments for model experimental system.

Fig. 20. Experimental tank used in the model experiment.

Fig. 21. Relation among the sinking, pursing time and depth of lead line for conventional net.

Fig. 22. Appearance of conventional net during the shooting and pursing.

Fig. 23. Relation among the sinking, pursing time and depth of lead line for reduction type of conventional net.

Fig. 24. Appearance of reduction type of conventional net during the shooting and pursing.

Fig. 25. Relation among the sinking, pursing time and depth of lead line for net of maximum depth in center, (A) type.

Fig. 26. Appearance of (A) type net during the shooting and pursing.

Fig. 27. Relation among the sinking, pursing time and depth of lead line, for net of maximum depth in center, (B) type.

Fig. 28. Appearance of (B) type net during the shooting and pursing.

Fig. 29. Relation among the sinking, pursing time and depth of lead line for net of maximum depth in center, (C) type.

Fig. 30. Appearance of (C) type net during the shooting and pursing.

Fig. 31. Relation among the sinking, pursing time and depth of lead

line for attached wing net type.

Fig. 32. Appearance of attached wing net type during the shooting and pursing.

Fig. 33. Method of shooting and pursing of purse seine for gizzard-shad.

Fig. 34. Arrangement of fishing operation equipments.

Fig. 35. Block diagram of the hydraulic system developed in this study.

Fig. 36. Schematic diagram of the hydraulic system.

Fig. 37. Schematic diagram of the pursing winch.

Fig. 38. Winch davit and operation.

Fig. 39. Schematic diagram of the float line roller.

Fig. 40. A net hauler used in hauling of float line.

Fig. 41. A ball roller used in hauling of body net.

Fig. 42. Arrangement of fishing operation equipments for developed in this study.

Fig. 43. Developed drawing of purse seine for gizzard-shad.

Fig. 44. Arrangement of sinker for lead line.

Fig. 45. Composition of net for fishing operation.

Fig. 46. Arrangement of double line and purse line.

Fig. 47. Sinking speed of the lead line with elapsed time.

Fig. 48. Movement of lead line during the fishing operation.

Fig. 49. The catch of during the fishing experiment.

Fig. 50. Examination of fishing operation in the field.

Improvement of Net Structure and Operating System in Purse Seine Fishery for Gizzard-Shad, *Konosirus punctatus*

Duck-Jong, CHANG

*Department of Fisheries Physics, Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

Today, the net and fishing method in coastal purse seine fishery for gizzard-shad was followed to the system of past. But, the situation of economical efficiency of fisheries markedly declined because the scale of net was increased every year in spite of the limit with fishing ground and fisheries resource.

This circumstances was caused by the irrationality in the structure and scale of net, and the fishing operation depend on only the manpower as alike the past therefore, its require to doing improvement in haste.

A purpose of this study is the improvement to net structure and operating system in purse seine fishery for gizzard-shad, for the possible of the cut sharply of produce expenses and laborsaving operation.

And so for this investigated to the net and fishing operation method used in today, behavior of fish school, the appearance of net in the sea and then

a possibility net of several type was performed to the simulation experiments in water tank and selected to basic structure. And the fishing operation system designed to make possible laborsaving operation doing the prevention to the escape of fish school, and its system was established in small vessel of coastal and verified to the capability by the fishing examination in the sea.

The results obtained are summarized as follows;

- 1) Structure of net used in today rectangled to depth of identical and the scale of depth and length constructed to 35~45m, 400~500m with the ratio of each other is below 10%.
- 2) The most of leadline in net used in today was reached in bottom from the shooting immediately to hauling time and the mean depth of timber bar used to equipment for the escaping prevention of fish school was within the 2.7m.
- 3) Behaviour of fish school in the net was showed to the vertical movement by sinking and rising immediately with the shooting of net and then divided with the two shape, that is to follow round the wall of net and straightly movement no patterns in the net, and fish school of wall in net was surrounded easily by the net.
- 4) The escaping of fish school in the gap of wing side was to busy after set up the timber bar, therefore its function for escaping prevention of fish school was very low.
- 5) In case of using to pursing line on net used in today, the efficiency of net was low, because the lead line rised to quickly as soon as pursing to purse line.

6) The modified net in this study was fixed to 20m in wing side of two both and center part given to 30m, 40m and 50m, its depth of pursing was 15~23m and sufficiently for the intercept of fish school.

7) A hydraulic power system for fishing operation was designed for the operation of all equipment and its operated at one hydraulic pump by driven the main engine.

8) Pursing time of the leadline of modiflicated net in this study was very short within 5 minute, and so was considered only the net prevented sufficiently to the escaping of fish school, not using to the timber bar.

9) The experiment of fishing was carried out total 77 times with the 2.5 times per day and the catch was total 73,080kg with 949kg per operation. Therefore, make a comparison this results and the fisheries of customary, modiflicated net and fishing operation system in this study was sufficient to using in the field.

10) Fishing system was adopted in this study, the fishing time and the manpower required was the 30~40minute and 3~4persons per fishing reduced about 75% and 55~63% than the fisheries of conventional type.

I. 서 론

전어, *Konosirus punctatus*(*Temminck et Schlegel*)는 우리 나라 남해 연안에서 주로 어획되는 어종으로서 연안 자망이나 정치망을 포함한 각종 낙망류 등에서도 일부 어획되고 있으나, 석조망이나 양조망과 같은 연안 선망류 어업에서 가장 많이 어획되고 있다(國立水産振興院, 1997). 특히, 이들 어업은 여기에 따라 멸치나 갈치와 같은 전어 이외의 어종을 주 대상으로 하기도 하지만 전어가 연안에 많이 내유하는 5~6개월 동안은 전어만을 주 대상으로 하고 있기 때문에 보통 전어 선망 어업으로 구분하고 있다.

일반적으로 선망류 어구는 유영 능력이 우수하고 어군의 규모도 대형인 어종을 대상으로 조업이 이루어지므로 다른 운용 어구에 비해 어구의 형태는 단순한 구조이지만 그 규모가 매우 크고 사용하는 그물감도 막대하다. 그러므로 종래의 선망 어구에 대한 연구는 대부분 모형 실험을 통해서 다수의 연구가 이루어져 왔는데, 본 연구에서 참고로 한 연구는 Inoue(1954)와 Iitaka(1954, 1955, 1957) 및 Ishii and Konagaya(1961), Shou(1980), Shimozaki *et al.*(1988) 등의 정어리와 다랑어 건착망에서 어구 형상과 줍줄 조일시 장력 변화 등 어구의 성능, Konagaya(1970)의 그물감의 밀도와 그물코가 다른 그물감으로 구성된 건착망 어구의 침강 속도 차이, Iitaka(1971)의 건착망의 어업 형태별 대상 어종에 따른 어획

성능, Shimozaki *et al.*(1975)의 가다랭이 및 다랑어 선망 조업에서 어군의 유영 속도와 유영 층, 어군과 망선의 위치 관계 해석 등의 연구가 있다. 또한, 국내에서는 Park(1986)의 모형 실험에 의한 제주도 주변 해역 고등어 건착망 어구의 성능과 어획량 분석에 의한 어·해황 및 어선의 선급별 어획 성능 고찰, Kim *et al.*(1995)의 그물감의 재료를 다르게 구성하였을 때 그물감의 밀도와 발돌량이 침강 속도에 미치는 영향, Park *et al.*(1997)의 한국 근해 고등어 선망 어구와 유럽식 선망 어구에 대한 텔라피아의 대망 행동에 관한 연구 등이 있다.

이와 같이 다수의 연구가 보고되고 있으나, 이들 연구는 대부분 근해 이상의 해역에서 조업중인 대형 선망 어구를 대상으로 한 모형 실험의 결과이고, 연안의 천해 수역에서 어구의 하단부가 항상 저질에 닿은 채 조업을 수행하는 전어 선망의 어장 조건과는 다르기 때문에 이들 연구를 그대로 적용시킬 수는 없다.

한편, 지금의 전어 선망 어업은 조업 어장과 어업 자원량이 한정되어 있는데도 어구의 규모는 매년 증대되고 조업 방법은 변함없이 인력에 의존하고 있는 경향이므로 어업의 경제성이 떨어지고 있는 실정이다.

따라서 현행 비합리적인 전어 선망 어구를 어장 조건에 적합하도록 개량하고 인력 의존형 조업 방법을 생력형 조업 시스템으로 개발하기 위한 연구의 필요성이 있다.

본 연구에서는 이를 위해 현용 어구·어법에 대한 구체적인 현장 조사와 어업자 및 상인들을 대상으로 설문 조사를 실시하여 어구·어법의 문

제점과 어획 실태를 파악함으로써 어구 개발에 대한 방향을 설정하였고, 조업시 어구의 수중 형상과 어구에 대한 어군의 행동을 조사·분석하여 개발 어구의 기본형을 도출하였다. 이를 바탕으로 고려되는 어구에 대해 수중 침강 속도 및 조업 과정별 형상 변화를 모형 실험을 통해 조사·분석함으로써 최종적인 개발 어구를 결정하였다.

또한, 결정된 어구를 이용하여 조업을 수행하는 조업 방법은 어군의 탈출을 방지하면서 조업에 소요되는 시간이나 인력을 절감시켜 생력형 조업이 가능한 방향에서 제시되었고, 조업에 이용되는 어로 기기는 각각의 조업 과정을 수행하는데 적합한 장비를 선정한 후 이를 운용할 수 있는 적절한 용량의 유압 시스템을 설계하였으며, 최종적으로 해상에서 개발 어구와의 조합을 통한 어획 실험으로 조업의 생력화 정도 및 어획 성능을 검증하였다.

II. 전어 선망 어업의 현황

1. 어장 및 어획 실태

전어 선망 어업은 영일만 주변의 동해안 남부 어장과 충무 주변의 남해안 중부 어장, 여수항을 중심으로 하는 남해안 서부 어장, 목포 연안의 서해안 남부 어장 및 군산항을 중심으로 하는 서해안 중부 어장 등으로 대별된다(Fig. 1). 이 중에서 특히, 남해안 연안은 연안 선망류 어업의 허가 건수가 전국적으로 319건 중 경남과 전남 지역에서 약 70%인 217건을 차지하고 있기 때문에 어업의 세력이 가장 큰 지역이라고 할 수 있다(海洋水産部, 1997). 이들 지역 중에서 실제로 조업이 가장 활발한 해역은 통영 연안과 사량도 주변 해역, 광양만과 가막만 및 여자만 등으로 남해안 중서부가 전어 선망 어업의 중심 어장인 것으로 알려져 있다.

한편, 이들 어장에서는 계절에 따라 조업 장소가 차이를 보였는데, 어기가 시작되는 6~7월의 초 여름철에는 남해안 중부에서만 조업이 이루어지다가 한 여름철은 남해안 연안 대부분에서 조업이 이루어지고, 점차 겨울철로 갈수록 남해안 서부 어장에서 조업이 이루어져 시기에 따라 어장이 변동함을 알 수 있었다(Table 1).

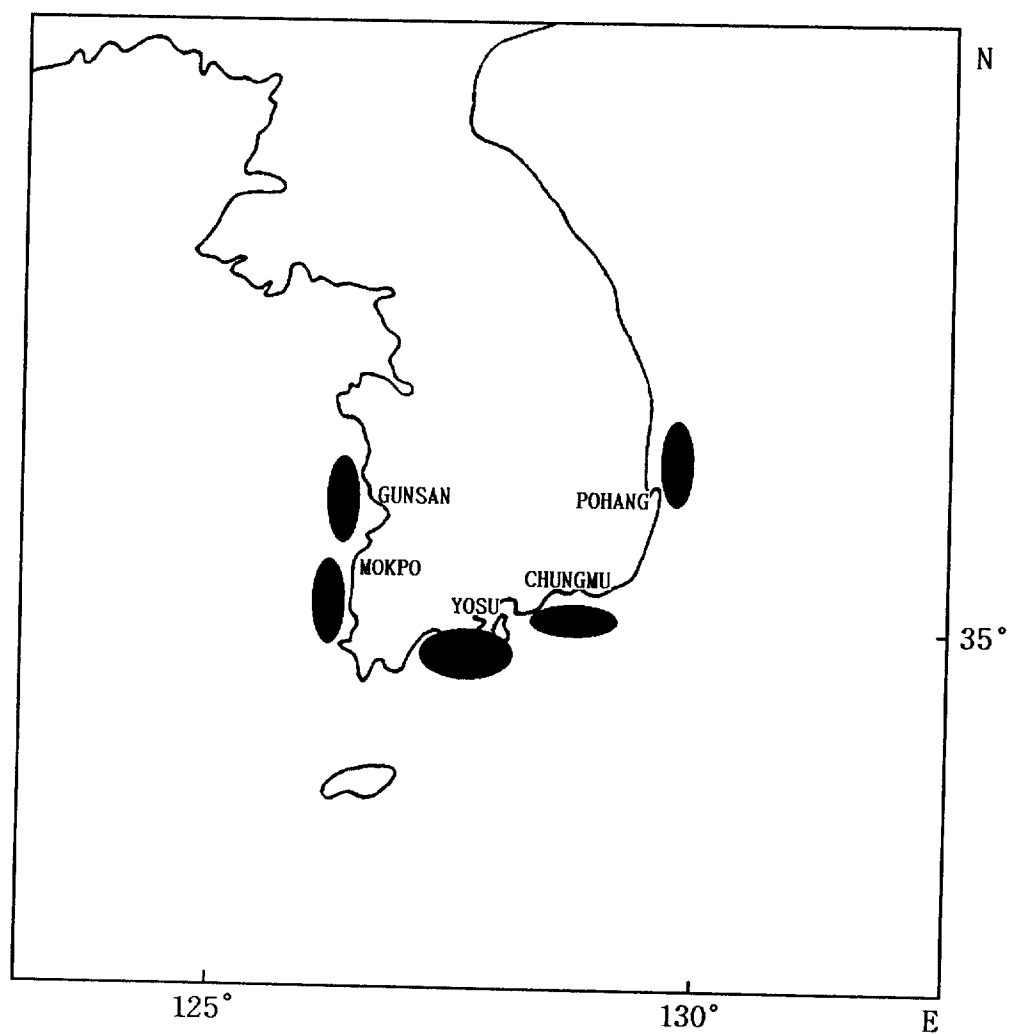


Fig. 1. Fishing operation area of purse seine for gizzard-shad(●).

Table 1. Fishing operation area and fishing term purse seine for gizzard-shad in the southern sea coast of Korea

Month	Fishing Operation Area	Fishing Term
Jun. ~ Jul.	Coastal of Tonnyoung and Saryangdo, Jinjuman, Kwangyangman	Beginng period
Jul. ~ Sep.	Coastal of Tonnyoung and Saryangdo, Jinjuman, Kwangyangman, Gakmakman, Yojaman	Main period
Sep. ~ Nov.	Coastal of Gakmakman and Yojaman, Narado, Deukryangman	
Nov. ~ Dec.	Coastal of Yojaman and Narado, Deukryangman, Chungsando	Finishing period

이와 같이 시기에 따라 어장이 이동하는 것은 전어 어군이 한곳에 정착하기보다는 연중 수온에 따라 이동하는 회유성 어종으로 수온이 높은 여름철은 수심이 낮은 내만에서 서식하고, 수온이 낮은 시기에는 월동을 위해 점차 서해 쪽으로 이동하여 수심이 깊은 먼바다로 회유하기 때문인 것으로 여겨진다(國立水産振興院, 1995·1996).

한편, Table 2는 현행 전어 선망 어업의 어획 실태를 파악하기 위해 2000년 6월부터 동년 11월까지 매월 3차례씩 일반 조업선에 편승하여 조사한 어획량 자료이고, Fig. 3은 일반 조업선인 명선호와 은혜호의 2000년도 어획량을 나타낸 것이며, 이들 조사선의 제원은 Table. 3과 같다. 이것에서 보면, 조업 시간과 1일 조업 횟수 및 어획량 등은 매번 차이를

보이는데, Table 3의 현장 조사의 경우 조업당 어획량은 5~2,000kg 범위로 매우 큰 차이가 있고, 1일당 조업 횟수도 0~3회로 매번 차이를 보이며, Fig. 3의 명선호와 은혜호도 조업당 최고 어획량이 8톤을 기록한 경우도 있었지만 1일 동안 조업 자체를 못한 경우도 빈번한 것을 볼 수 있다.

이와 같이 조업 당 어획량이나 1일당 조업 횟수가 큰 차이를 보이는 것은 어군의 크기 차이나 어군의 발견 유무에 따라 어획량과 조업 횟수가 결정되는 원인도 있으나 조업 어장에 적합하지 않는 어구의 사용과 투·양망 과정이 순조롭지 못한 경우가 빈번하고, 조업의 개시 여부가 전적으로 기상 상태에 따라 결정되는 것에서도 원인을 찾을 수 있었다.

또한, Fig. 2는 Table 3의 어획 실태 조사에서 전어와 혼획된 다른 어종의 어획비를 나타내는데, 조업시 대상 어군을 직접 확인하고 투망하기 때문에 대부분 전어가 어획되지만 동일한 어장에 서식하는 송어(Striped mullet)와 멸치(Anchovy) 및 갈치(Hair tail) 등이 일부 혼획되기도 하였다. 특히, 전남 고흥 해역인 여자만에서 조업할 경우, 꼬막(Arcidae)이 매번 조업당 30kg 이상씩 혼획되었는데, 이 해역에는 꼬막 양식장이 광범위하게 조성되어 있고, 양망시 그물의 하단부가 해저에 닿은 채로 인양된다는 것을 알 수 있었다.

Table 2. The catch of purse seine for gizzard-shad investigated from June to November, 2000

M	D	No. of operation	Fishing time	Catch (kg)	Catch per day(kg)	Fishing ground	Name of vessel	
6	3	1	07:00~10:00	150	300	Kwang yangman	Hong kwang	
		2	11:00~14:00	60				
		3	17:00~19:00	90				
	4	1	10:00~13:00	200	320	"		
		2	15:00~18:00	120				
	6	1	08:30~11:00	50	220	"		
		2	15:00~17:30	170				
7	25	1	12:30~14:30	400	400	Gamackman	Duck sung	
	26	1	17:00~19:00	2,000	2,000	"		
	28	1	08:00~11:30	100	140	"		
		2	13:00~15:00	40				
8	10	1	14:00~16:30	10	360	"	Duck sung	
		2	17:00~19:30	350				
	12	1	09:00~11:30	1,050	1,050	Narodo Yojaman		
	13	0						
9	7	1	07:30~09:30	10	560	"	Hong kwang	
		2	13:00~15:30	550				
	9	1	16:20~19:30	320	320	"		
	10	1	14:00~16:30	5	5	"		
10	14	0					Hong kwang	
	15	1	13:00~15:30	800	800	Narodo		
	16	1	08:10~10:20	510	510	Yojaman		
11	14	0					Duck sung	
	15	1	09:00~11:30	430	430	Narodo		
	16	1	16:20~18:30	510	510	Yojaman		

※ M : Month, D : Day

Table 3. Dimensions of experimental fishing boats

Name of boat	G/T	PS	L (m)	B (m)	D (m)
Myung sung	4.98	250	11.5	3.33	1.00
Euon hae	4.98	245	11	3.36	1.00
Duck sung	4.9	236	10.5	3.28	0.95
Hong kwang	7.93	380	14.5	3.78	1.14

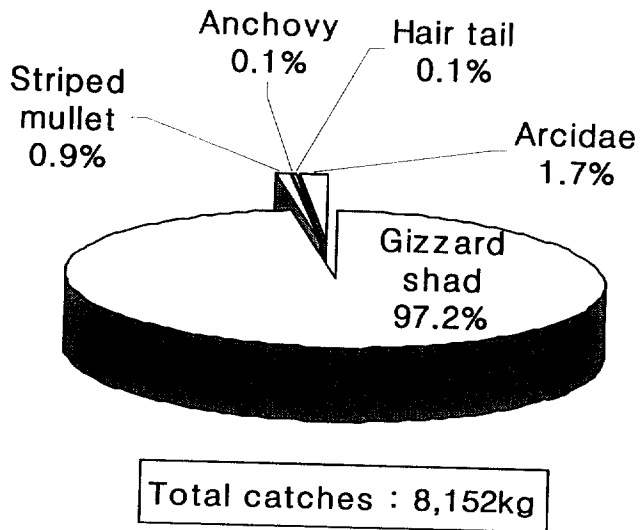


Fig. 2. The rate of incidental catch of purse seine for gizzard-shad.

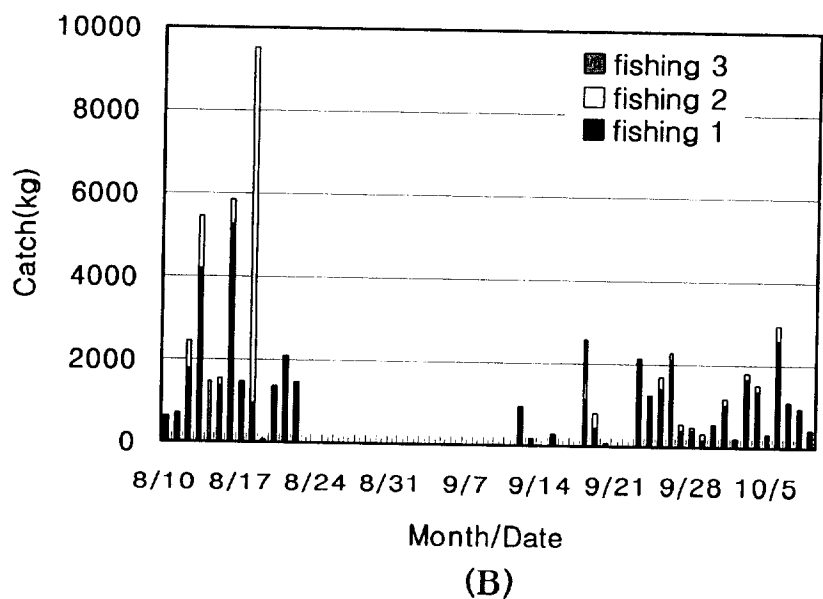
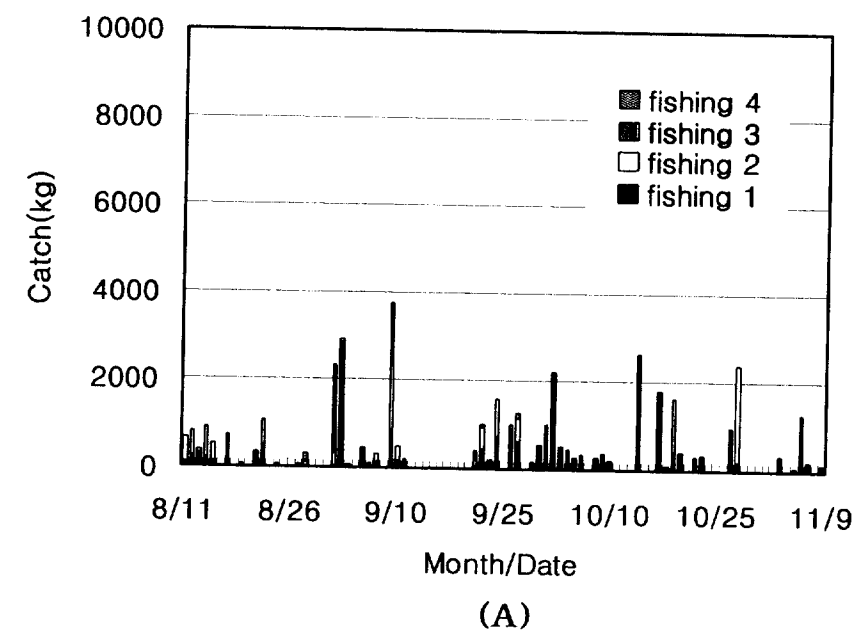


Fig. 3. The catch of purse seine for gizzard-shad vessel, Myungseong(A) and Euonhae(B) investigated from August to November, 2000.

2. 어구·어법

현행 전어 선망 어업은 크게 1척식과 2척식으로 구분되는데, 2척식 조업은 1척식 조업에서 제기된 문제점의 일부를 해결하기 위한 목적으로 최근에 일부 지역에서 시행되고 있다. 즉, 평소에는 서로 다른 어업에 종사하다가 전어를 주 어획 대상으로 하는 시기에만 2척의 어선이 짝을 지어서 조업하는 형태이다. 이러한 2척의 조업 방식은 수산업법상 불법이고, 1척식에 비해 조업에 소요되는 시간이 짧기 때문에 조업 횟수를 증가시켜 어획량을 확대할 수는 있지만, 1척당 6~7명씩, 총 12~14명의 인원이 종사하게 되므로 인건비를 포함한 어업 경비가 증가하게 되어 1척식 보다 오히려 비생산적일 수 있다.

그러므로, 본 조사에서는 전어 선망 어업의 대다수를 차지하는 1척식 조업에 대한 어구 및 조업 방법을 조사하였다.

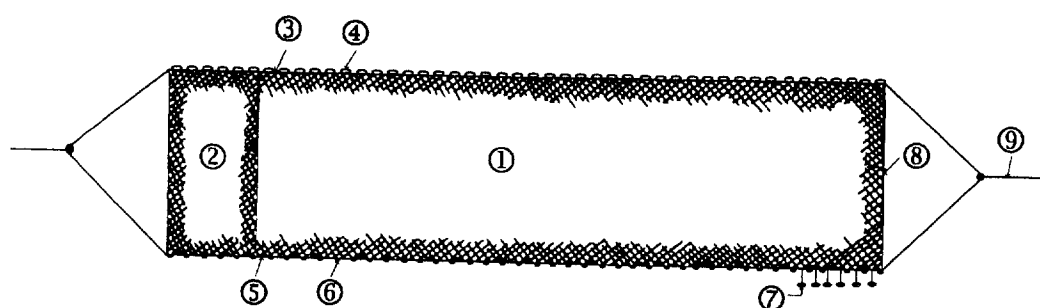
Fig. 4는 현행 어장에서 사용되고 있는 대표적인 전어 선망 어구를 나타낸다. 이것에서 보면, 어구의 규모는 몸그물과 어포부 그물로 구분되는데, 뜬줄 길이는 400~500m범위이고 깊이는 35~45m로 길이에 대한 깊이의 비율이 10%이하이다. 또한, 그물감은 400코(그물코 크기= 27.5mm, 11m)짜리 1필의 길이를 4등분(1등분=37.5m= 1Pannel)으로 재단 한 후 각각의 Pannel를 연결하는데, 어구 전체를 100~120Pannel로 구성하므로 총 25필에서 30필 정도의 그물감이 소요된다. 그러므로 어구의 대형화는 그물의 길이 방향에 Pannel 수를 늘림으로서 가능하다. 특히, 뜬줄과 발

줄에는 조업 과정에서 사용하는 양망줄을 묶기 위해 약 5m마다 묶음줄(PP ϕ 6mm)을 각각 부착하고, 어구의 총 부력은 490~640kg범위로 침강력(117~136kg)의 4~5배가 되도록 구성된다.

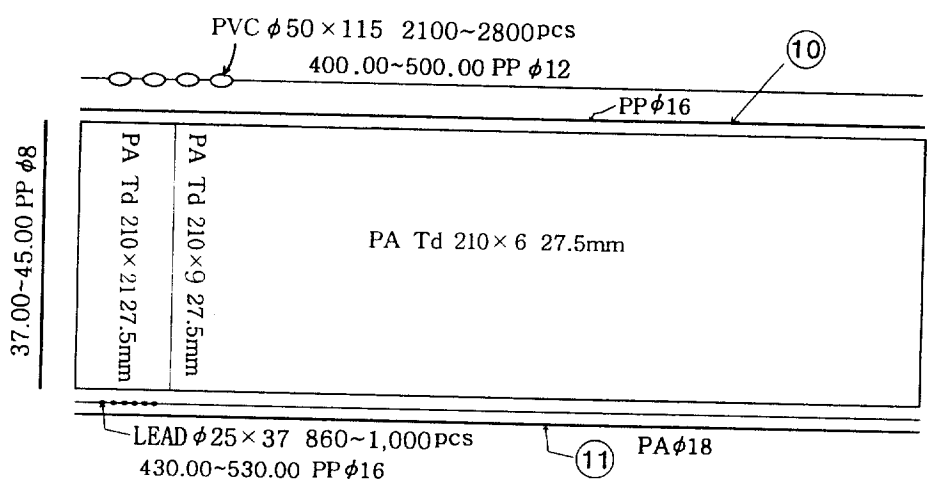
한편, 일부 지방에서는 어포부에서 약 200m정도까지 발줄에 타원형의 자연석(100mm $\times$ 130mm, 수중 무게 약 600g)을 6m간격으로 부착하거나(Fig. 5) 약 30m~40m까지 발줄에 약 3m간격으로 ϕ 95mm, T12mm 스텐레스 원형 고리를 부착하여 양망줄을 묶지 않고 고리에 끼우는데, 자연석을 부착하는 것은 침강력을 높이면서 발줄이 저질의 빨을 뜨는 경우를 방지하기 위함이고, 원형 고리는 양망시 어포부만을 신속히 조여 들어올리기 위함이다.

위와 같은 현행 어구의 구성은 어획량 조사에서 파악된 어군의 규모나 대부분 수심이 10~15m범위인 조업 어장 조건 및 사용하는 선박이 10톤 이하의 소형이라는 사항을 고려했을 때 지나치게 증대된 상태라고 할 수 있다. 이로 인해 어구 제작비나 조업 시간 및 인원이 과다하게 소요되고 어구 하단부가 해저의 펄을 뜨는 등 전체적으로 어업의 생산성을 저하시키는 요인이 되고 있다.

한편, 조업 방법을 보면, 투망은 표층의 어군을 시각으로 발견 한 후 사람이 직접 발줄를 투하함으로써 이루어지고, 투망 완료 후 어포부 발줄 끝을 먼저 인양하여 목봉(木棒, Fig. 5)에 부착하고 다시 목봉을 수중에 설치하게 된다. 이 후 투망 종료부 뜸줄과 발줄에 부착된 양망줄을 사이드 롤러로 감아 올려 뜸줄과 발줄을 먼저 인양하며, 나머지 몸그물



(A)



(B)

Fig. 4. The conventional net of purse seine for gizzard-shad.

- ① body net, ② bunt, ③ float line, ④ float, ⑤ lead line,
 ⑥ lead, ⑦ sinker(stone), ⑧ selvage line, ⑨ hauling line,
 ⑩ float hauling line, ⑪ lead hauling line

(A) : Type of net

(B) : Design of net

과 어포부는 인력으로 양망한다. 특히, 양망 과정에서 양망줄과 그물을 분리하는 작업을 반복적으로 수행하고, 다음 투망을 위해 발줄 전체를 뒤집어 양망줄을 다시 부착하기 때문에 작업이 단속적으로 수행된다.

위와 같이 현행 조업 방법은 투·양망 작업을 포함하여 거의 모든 조업 과정을 인력에 의존하기 때문에 조업에 필요한 인원이 8~9명에 달하고, 조업 시간도 2시간~2시간 30분 이상이 소요되었다. 또한, 선박이 전속으로 항진하는 가운데 발줄을 인력으로 투하하므로 위험 요소가 상시 내포되어 있고, 어구 투하 담당자와 선박을 조종하는 사람간에 속도가 차이를 보이면 어구의 상단부와 하단부가 불균형을 이루게 되어 그물이 꼬이는 사고가 수시로 발생하는 문제점을 보이며, 어구 하부 쪽으로 탈출하는 어군을 방지한다는 측면에서 과거부터 사용되어 온 목봉(ϕ :12cm, L:약 15m, 목재)은 그 규모가 크고 무겁기 때문에 조작하는데 많은 인원과 시간이 요구된다. 더욱이 순조롭지 못한 목봉의 수중 설치 작업은 오히려 어군의 탈출 기회를 부여하는 것이 되며, 사용하는 현 쪽으로 선박의 기울림이 심하여 선박의 안전에도 불안 요소로 작용하기 때문에 조업 여부가 기상 상태에 의존하게 되는 등 생력화 조업을 가장 어렵게 하는 요소라 할 수 있다(Fig. 5). 현행 조업에서 유일한 조업 장비인 사이드 롤러의 경우, 양망줄을 감아 올릴 때 일시 정지나 역전 및 속도 조절이 불가능하므로 작업의 위험 요소를 상시 내포하고, 양망줄을 얼마나 빨리 감아들이느냐에 따라 조업 성공 여부가 결정되기 때문에 조업시 롤러가 차지하는 비중이 지나치게 크며, 이로 인한 무리한 사용으로 롤러의 기

어가 마모되거나 V벨트가 이완되어 주 기관 풀리에서 이탈되는 문제점을 보였다.

그러므로 위와 같은 어업 수행 조건을 개선하지 않고서는 전어 선망 어업의 경쟁력 확보나 발전을 기대하기 어렵다고 할 수 있는데, 이러한 어려움들은 근본적으로 어구의 구조 및 규모의 비합리성, 생력화되지 못한 조업 시스템에 가장 큰 원인이 있다고 볼 수 있기 때문에 이들 문제점을 중심으로 어구·어법을 개선해 나가는 것이 시급하다고 볼 수 있다.

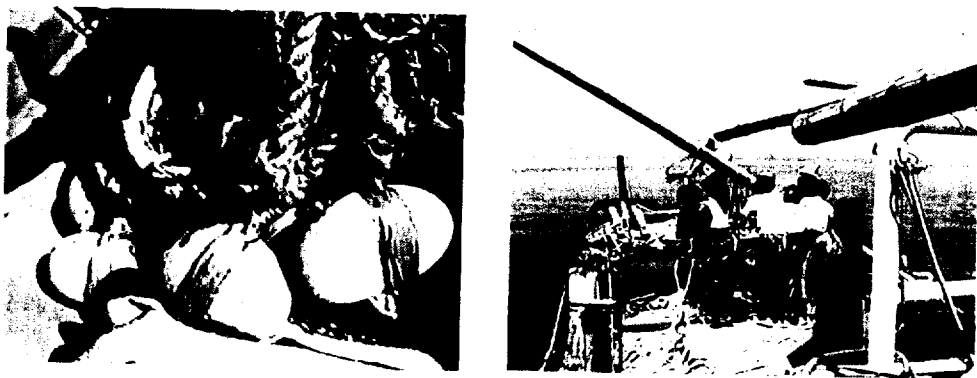


Fig. 5. Stone sinker and timber bar.

III. 현용 어구의 수중 형상 및 전어 어군의 대망 행동

1. 서언

현용 전어 선망 어구는 대상 어군의 어구에 대한 행동이나 조업 과정에 따른 어구의 수중 형상 및 어장 조건 등을 고려하여 제작되었다기보다는 고등어 근해 선망 어구를 참조하여 이용되어 왔다고 할 수 있다. 이로 인해 매년 자원량이 증가하는 것도 아닌데 어구의 규모는 점점 증대되어 어구의 제작비용과 조업 시간 및 인원이 증가하여 오히려 생산성은 감소하는 실정이다.

특히, 전어 어종은 해저가 펄로 이루어진 연안의 천해에서 서식하는 특성(國立水産振興院, 1995·1996)이 있기 때문에 대부분의 조업이 수심 10~15m 이내인 해역에서 수행된다는 사실을 현장 조사에서 알 수 있었는데, 이러한 어장 조건과는 상관없이 어구에 갇힌 어군이 어구 아래쪽으로 탈출하는 것을 방지한다는 측면에서 어구의 깊이를 전체적으로 수심보다 훨씬 깊게 구성하고 있기 때문에 수중에서 그물감이 꼬이거나 저질에 닿게되어 양망 중 파망 사고가 빈번하게 발생하고 있다.

그러므로 본 연구에서는 연안의 천해 어장에서 전어 어군을 어획하는데 적합하면서 어업 생산 경비를 절감할 수 있는 어구 구조 및 규모를 도출하기 위한 기초 자료로 먼저, 현행 어구의 침강 속도와 조업 과정별 수중 형상 변화 및 어구에 대한 어군의 행동 특성 등을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

본 실험에 사용한 어구는 현행 전어 선망 어업에 종사하고 있는 선박인 Table 3의 덕성호에서 사용중인 어구로 Fig. 3과 동일한 형태 및 재료로 구성되었으며, 뜰줄 길이가 400m, 발줄 길이가 430m, 어구의 깊이 방향인 쇄줄이 45m인 규모이다.

한편, 조업시 투망에 따른 어구의 침강력과 조업 진행에 따른 어구 하단부 심도 변화는 그물을 투망 시작부와 중앙부, 종료부로 나누어 Fig. 6과 같이 어구의 하단부인 발줄에 자기식 수심 로그(Minilog/TD, Vemco)를 부착하여 0.5초마다 수심을 측정하였다. 또한, 어장에서 어군의 유영 행동과 서식 수층, 어구 내에서의 행동 및 탈출 특성 등은 어로 작업을 수행하는 반대쪽 현측인 선박의 좌현에 어군탐지기(DSF-3000LA, Samsung Co.)와 180° 스캐닝 소너(PC/VIEW, Interphase Co.)를 고정하여 측정하였다. 이때, 어군 탐지기와 소너 영상은 10~30초 간격으로 PC에 저장되도록 하였고, 그물감에 갇힌 어군 행동과 어구의 양 쇄 부분에서의 어군의 탈출 행동은 수중 비디오 카메라(TRV24, Sony)로 촬영하였다. 이들 각각의 장비에서 보여주는 영상은 어구내에 유영하는 어군과 탈출이 이루어지는 영상으로 분류하여 PC에서 3차원 측정이 가능한 화상 분석 소프트웨어(Image partner, Hoontech co)로 일반적인 어군의 행동과 탈출하는 개체의 마리수를 측정함으로써 탈출율을 파악하였다.

본 조사는 2000년 7월 25일~7월 30일과 동년 8월 10일~8월 12일에

결쳐 전남 여수시 화양면 감도리 소재 전어 선망 어선인 덕성호에 편승하여 여수 연안 해역인 가막만 주변에서 6일 동안 총 9회 조업중에 실시되었으며, 조사 기간 동안의 조업 시간 및 어획량 등은 Table 4와 같고 어장의 수심 범위는 8~12.5m였다.

Table 4. Fishing time and catch by the purse seine for gizzard-shad investigated from July and August, 2000

Month	Day	No. of Operation	Fishing Time	Catch (kg)	Fishing Ground	Depth (m)
Jul.	25	1	12:30~14:30	400	Yosu Gamakman	12
	26	1	17:00~19:00	2,000	"	12
	28	1	08:00~11:30	100	"	12.5
		2	13:00~15:00	40		
Aug.	10	1	14:00~16:30	10	"	10
		2	17:00~19:30	350		
	12	1	09:00~11:30	1,050	Yosu Yojaman	8

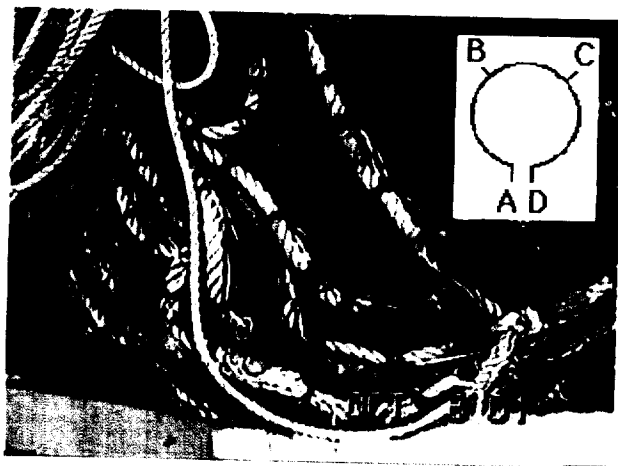


Fig. 6. Attached point of minilog to the ground rope.

A : Bunt-end part(0m), B : Quarter part(170m),

C : Quarter part(280m), D : Wing-end part(450m)

3. 결과 및 고찰

1) 어구의 침강 속도 및 조업 과정에 따른 심도 변화

Fig. 7은 투망 후 어구 하단부 발줄이 최고 수심에 도달할 때까지 어구 각부의 심도를 보여주는데, 어구의 위치에 따라 침강하는 깊이와 속도가 차이를 보이고 있다. 즉, 심도를 나타내는 각부의 기울기를 통해 발줄의 침강 속도를 계산하면, 투망 시작부인 어포부의 경우 해저까지 도달하는 침강 속도가 평균 13cm/sec이고, 어포부에서 길이 방향으로 170m부분과 280m부분은 9.0cm/sec와 9.5cm/sec이며, 투망 종료부는 4.9cm/sec로 나타났다.

이와 같이 어구의 침강 속도는 투망 시작부에서 가장 빠르고 투망이 진행됨에 따라 점차 느려지다가 종료부에서 현저히 감소하였는데, 이러한 이유는 현행 조업 방법상 어구를 인력에 의해 직접 해중에 투하하여 투망이 이루어지기 때문에 선박의 진행 속력과 투망 속도와의 차이에서 오는 영향이라고 할 수 있다. 즉, 투망 시작부인 어포부의 경우는 선박의 항주 속력이 최대에 도달하지 않은 상태에서 그물이 충분히 투하되기 때문에 다른 부분에서 영향을 받지 않고 곧바로 침강할 수 있다. 그러나, 이후 선박의 진행 속력이 증가하여 어구를 투하하는 속도보다 선박의 속력이 빨라지면 투하된 어구의 하단부가 점차 긴장됨으로 투망 종료부로 갈수록 어구의 침강 속도가 늦어진다고 할 수 있다.

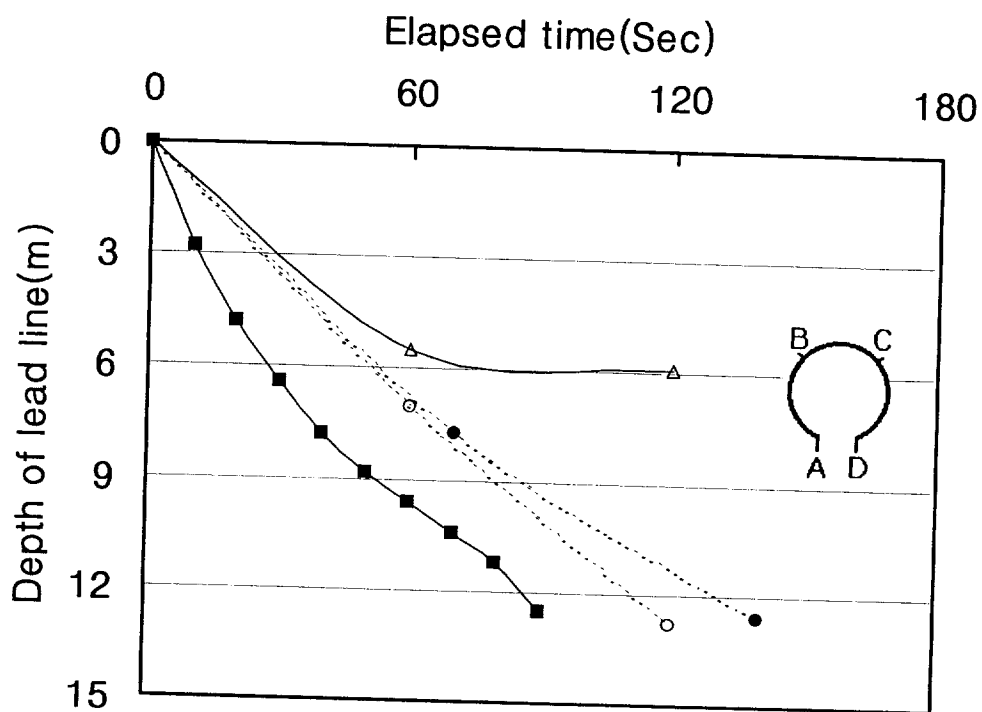


Fig. 7. Sinking depth of the lead line by the elapsed time.

—■— Bunt-end part A ···· Quarter part B
 ···· Quarter part C —△— Wing-end part D

Fig. 9는 투망이 시작되어 어구 하단부인 발줄을 완전히 인양할 때까지 조업 진행에 따른 발줄의 심도 변화를 나타낸 것으로 투망 소요 시간 1분 30초와 발줄 인양시간 24분 동안 발줄의 수심 변화를 경과하는 시간에 따라 보여준다. 이것에서 보면, 투망 완료 후 어구의 최고 침강 수심은 투망 종료부인 어구 끝단에서만 침강 수심이 6m로 나타나고 다른 모든 부분에서 발줄이 수심 12.5m인 해저에 닿아 있음을 알 수 있다.

한편, 투망 시작부인 어포부 끝 발줄은 투망 완료 후 가장 먼저 인양되고 약 2분 정도의 시간차를 두고 다시 수중에 투하되는데, 모든 발줄의 인양이 완료되는 시간 내내 평균 수심 2.7m를 유지하고 있는 것을 볼 수 있다. 또한, 발줄의 인양은 투망 종료부에서 시작되어 점차 투망 시작부인 어포부 쪽으로 진행되는데 모든 발줄을 인양하기까지는 약 20분의 시간이 소요됨을 보여 준다.

이와 같이 다른 부분에 비해 투망 종료부에서 침강 수심이 낮게 나타난 것은 발줄 인양 작업을 위해 투망시 발줄의 고삐줄을 충분히 내어주지 않고 투망 완료와 동시에 고삐줄을 선박에 고정시키기 때문에 어구가 충분히 침강하지 못한다고 볼 수 있다. 또한, 어포부 끝 발줄의 수심 변화는 현행 조업 방법상 발줄을 인양하는 도중에 그물에 갇힌 어군이 탈출하는 경우를 방지하고자 부속구로 목봉을 사용하기 때문에 보여지는 특이한 형태이다. 즉, 규모가 큰 목봉을 조작하기가 쉽지 않기 때문에 발줄이 인양된 후 다시 수중에 투하되기까지는 상당한 시간이 소요됨을 볼 수 있다. 또한, 발줄의 심도는 모든 발줄을 인양하는 시간 내내 수심 2~

3m미만에서 유지되는 것을 볼 수 있는데, 이는 수중에 설치된 목봉과 동일한 깊이로 현장에서 어민들이 의도하는 것보다 실제 깊이는 훨씬 낮음을 알 수 있었다.

한편, 조업 진행에 따른 어구의 형상은 어장의 수심이 대부분 어구의 깊이보다 얕은 15m 이내이기 때문에 그물의 하단부가 해저에 닿은 상태에서 몸그물이 뜰줄과 발줄보다 먼저 조류에 떠밀려 전체적으로 어구의 상·하부보다 중앙부가 날리는 형태를 띄었으며, 조업 방법상 어구의 하단부인 발줄과 뜰줄을 우선적으로 인양하기 때문에 조업이 진행될수록 중앙부 그물감이 더욱 쳐지는 자루 형태를 띄었다(Fig. 8).

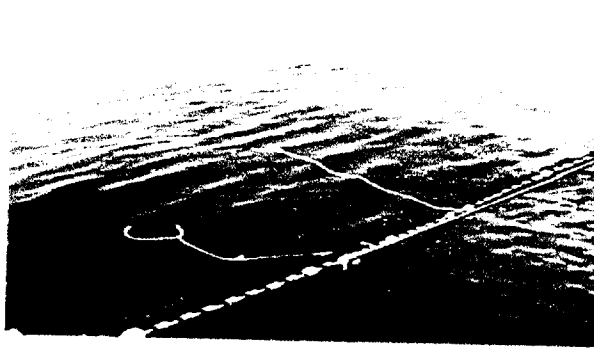


Fig. 8. Shape of body net during the hauling to lead line.

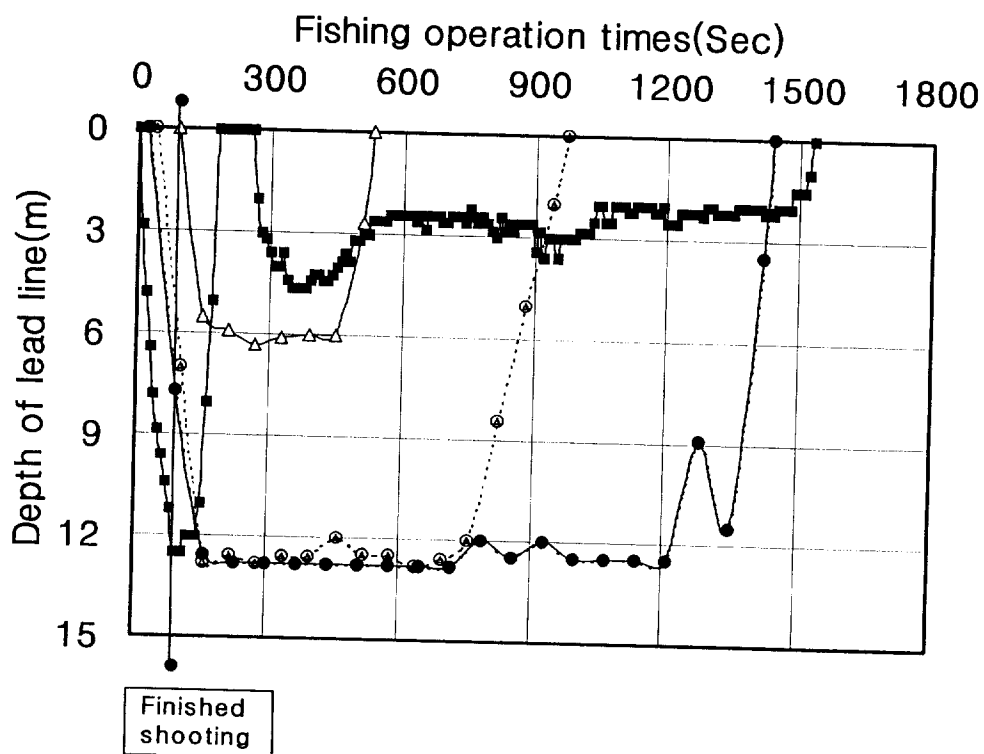


Fig. 9. Sinking movement of lead line during the fishing operation.

—■— Bunt-end part A ---●--- Quarter part B
 ---○--- Quarter part C —△— Wing-end part D

2) 어군의 군집 특성 및 대망 행동

(1) 어군의 군집 특성

전어 어종은 유영 층이 표층과 저층으로 확연히 구분되어 군을 이루어 서식하는 특징이 있다. 이 중 눈으로 쉽게 확인할 수 있는 표층 어군은 평소 수면 근방에서 매우 활발하게 움직이다가 주변의 자극에 대해서 민감하게 반응하여 어군 탐지기의 영상에 군으로 표시되지 않을 정도로 빠르게 흩어지면서 곧바로 침하하였고 다시 부상하면서 군으로 모이는 행동을 반복하였다. 또한, 저층 어군은 군집하여 해저에 붙어 있는 상태인데, 표층에서의 활발한 움직임과는 대조적으로 오랜 동안 움직임이 거의 없고 군집 형태도 표층 어군에 비해 훨씬 농밀한 형태를 띄었다(Fig. 10). 특히, 하루 중 대부분의 시간을 해저에 머물다 조류가 약해지는 시점에 표면으로 부상하여 유영하다가 다시 조류 흐름이 빨라지면 침하하는 연직운동을 반복하는 특징을 보였는데, 야간보다는 주간에 더욱 확실한 연직운동을 하고 표층에서 머무는 시간도 짧았다.

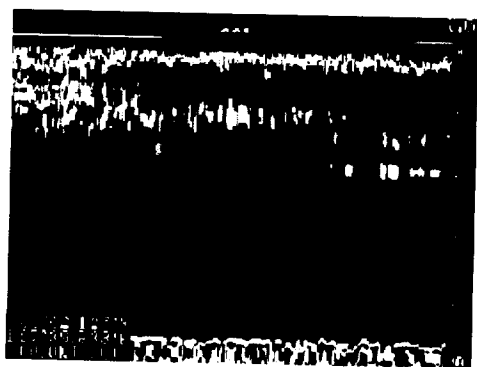
이러한 현상은 조류의 흐름이 약한 조금 때보다는 조석 차가 큰 사리 때(7~9물)에 더욱 뚜렷하게 나타나 조류가 어군의 유영 행동에 큰 영향을 미치는 것으로 파악되었다.

한편, Yokoda(1953)는 건착망 어업에서 정어리 및 전갱이류에 대한 유영층을 어군 탐지기로 조사한 결과, 정어리의 경우 서식 수층이 낮아 수심이 깊어짐에 따라 기록되는 어군수가 급격히 감소하였으나 전갱이류는

성장하면서 섭이 활동을 위해 암초나 해저 가까이 분포하기 때문에 그 경향이 현저하지 않다고 하였다. 전어의 경우도 먼바다에서 연안으로 회유한 후 해저의 개흙을 섭이하면서 성어로 성장하므로 연안에 머무는 동안은 주로 해저에서 서식한다고 할 수 있다(國立水産振興院(2000)).

또한, Inoue(1961)는 멸치에 대한 1,170개의 어군탐지기 기록에서 어군의 유영 수심은 어군의 어체의 크기나 기상 상태, 수온 등에 따라 달라지고 특히, 해면의 흐름이 조용한 아침과 저녁 무렵에 어군의 유영 수심이 가장 알게 나타난다고 하였다.

이러한 결과는 표층 어군을 눈으로 확인하여 조업을 수행하는 전어 선망 어업에서도 비슷한 경향을 나타내는데, 하루 중 조류 흐름이 약해지는 시기에 어군이 가장 많이 탐색되고 조업도 대부분 이 시간에 이루어지기 때문에 조류가 전어의 유영 수층에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.



<A>

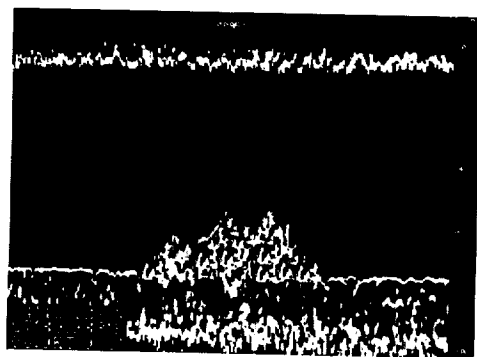


Fig. 10. Fish school obtained by fish finder.

(A) : surface fish school

(B) : bottom fish school

(2) 어군의 대망 행동

Fig. 11은 어군 탐지기와 소오나에 탐색된 전어 어군에 대한 영상을 분석하여 투망시 그물에 갇힌 어군의 일반적인 행동 패턴을 나타낸 것이다.

보통, 투망에 의해 그물이 어군을 둘러치게 되면 표층에서 유영하던 어군은 곧바로 침하하고 다시 표층으로 상승하는데, 수심이 낮은 해역에서는 빨물을 일으키며 상승하는 등 수직 행동을 반복적으로 보인다. 이후 어군이 분산되면서 그물 벽을 타고 돌기 시작하는 어군과 일정한 유영 패턴 없이 포위권내를 직선적으로 움직이는 어군으로 나누어지는데, 그물 벽을 따라 움직이는 어군은 그물감이 조류 하 방향으로 쳐지기 시작하면서 그물감에 갇히게 된다. 일단 쳐진 그물감에 갇히게 되는 어군은 단순히 머리를 그물감으로 향한 채 그물 벽을 통과하려는 행동을 보이고, 결국은 유영력을 상실한 채 양망 시간 동안 그물감과 함께 조류에 떠밀리게 된다(Fig. 12). 또한, 일정한 유영 패턴 없이 직선적으로 움직이는 어군은 어구의 포위권이 좁혀지면서 그물감에 갇히거나 산발적인 행동을 보이다 우연히 어구의 양 끝단으로 탈출하는 경향을 보였다.

또한, 어장의 수심에 따라 어구 내에서 어군의 탈출 행동은 차이를 보이는데, 수심이 낮은 어장에서는 표층에서 해저까지 그물이 어군을 차단하게 되므로 어구의 양 끝단 쪽에서만 탈출이 일어나고, 수심이 20m이상 되는 해역에서는 Fig. 13에서 볼 수 있듯이 그물의 침강 속도 보다

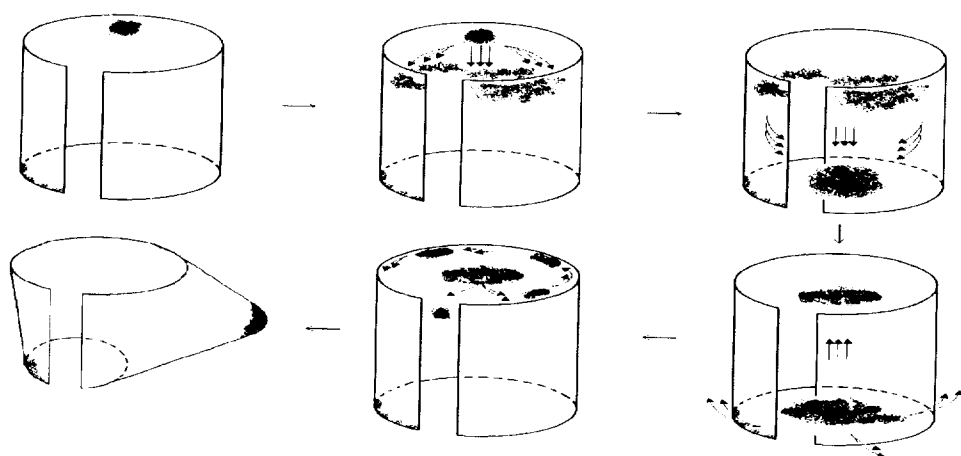


Fig. 11. Behaviour patterns of fish school in the net.



Fig. 12. Behaviour of fish school in the body net obtained by under water video camera.

침하하는 어군의 속도가 빠르기 때문에 그물에 조우한 어군은 어구의 하단부를 통과하게 된다. 특히, 일단의 어군이 탈출하면 그 부분에서 집단적으로 탈출이 이루어져 조업을 실패로 이끌기 때문에 일반 어선에서도 수심이 20m이상 되는 어장에서는 어군을 발견하고서도 조업을 포기하는 경우가 빈번하였다.

한편, 건착망에 포위된 어군에 대한 행동을 조사한 Kawamura(1974)와 Iitaka(1955)는 그물에 갇힌 정어리 어군과 고등어·전갱이류 어군은 상하 두개의 어군으로 나누어져 각각의 어군이 연직 행동을 보이고, 어군이 장애물과 조우하면 곧바로 침하하여 그물의 아래쪽으로 탈출하는 경우가 가장 빈번하다고 하였는데, 전어의 경우도 비슷한 행동을 보여주지만, 어군이 분리되지 않고 전체 어군이 동시에 연직행동을 하였으며, 조업 어장의 차이 때문에 수심이 깊은 해역에서만 침강하는 그물의 아래쪽으로 탈출하는 경향을 보였다.

Fig. 14는 어구의 양 옆 개구부에 대한 어군의 탈출 유형을 파악하고자 투망 완료 후 선박의 하단에서 개구부로 탈출하는 어군을 수중 카메라로 촬영한 후 개구부 전체 탈출량을 100%로 보고 조업 과정별로 탈출 비율을 분석한 것인데, 투망을 완료하고 난 후 발줄 인양 작업을 위해 1번 뜸을 수거하는 준비 과정 동안 투망 종료부 발줄이 충분히 침강하지 못하고 들려 있는 형태이기 때문에 발줄 하방으로 1차 탈출이 발생한다. 이 후 탈출 방지장치인 목봉에 어포부 발줄 끝을 부착하고자 해저에 침강되어 있는 어포부 발줄을 선내로 인양하므로 어구의 하단부가 양쪽 모

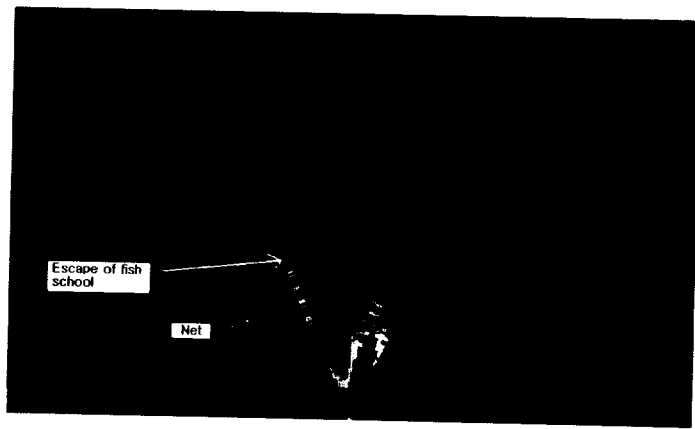


Fig. 13. Escaping behaviour of fish school below the lead line obtained by the scanning sonar.

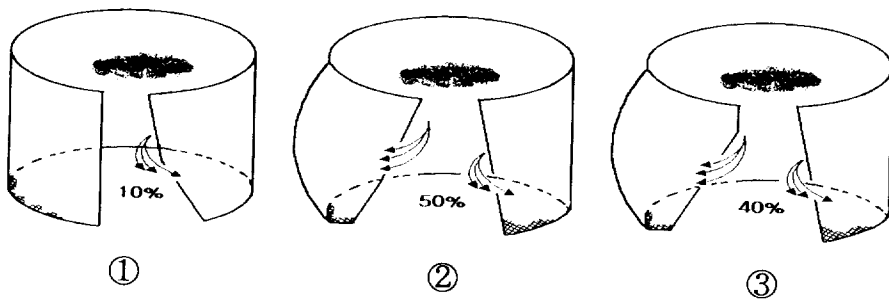


Fig. 14. Analysis of the escaping behaviour of fish school in the wing side.

① first stage ② quadratic stage ③ cubic stage

두 선내로 들리는 형태가 되어 2차 탈출이 이루어지는데, 목봉 조작이 쉽지 않기 때문에 시간이 지체되어 전체 탈출량의 50%정도가 이 단계에서 발생하여 어군의 탈출이 가장 활발하게 이루어짐을 알 수 있다.

또한, 발줄 인양은 목봉에 부착된 반대쪽 발줄을 당겨서 진행하는데, 수중에 투하된 목봉이 불과 2~3m 깊이에서 어포부 끝의 발줄을 붙잡고 있기 때문에 인양 작업 내내 목봉 하방에서 어군의 탈출이 이루어지며, 인양 작업이 진행될수록 포위 면적이 줄어드는 가운데 발줄을 당기는 힘이 목봉으로 전달되므로 목봉이 부상하면서 어군이 탈출하는 경우가 더욱 빈번하였다. 더구나 발줄 인양 작업이 완료되기까지는 약 20분 정도의 상당한 시간이 소요되므로 어군의 탈출 기회가 많아져 목봉의 역할이 미비함을 알 수 있다.

IV. 어구 개량을 위한 모형 실험

1. 서언

현행 전어 선망 어구는 과거에 비해 사용하는 선박이나 대상 어군의 규모 및 조업 어장 등은 큰 변화가 없는데도 탐색된 어군을 전부 어획한다는 생각 때문에 매년 그 규모는 증대되고 있는 실정이다. 이로 인해 어구 제작비나 조업 시간 및 인원이 과다하게 소요되고, 천해인 연안에서 어구 하단부가 해저의 펄을 뜨는 등 조업을 실패로 이끄는 일이 빈번하게 발생하며, 어구 구조상 전적으로 인력에 의존하여 조업을 수행할 수밖에 없어 생력화 조업을 달성하기 곤란하므로 전체적으로 어업의 생산성을 저하시키는 요인이 되고 있다.

그러므로 전어 선망 어업의 생력화를 위해서는 먼저 현행 조업 어장에 적합한 어구의 적정 구조와 규모의 개발이 선행되는 것이 요구되는데, 본 연구에서는 현용 어구·어법에 대한 실태 조사에서 파악된 현용 어구의 문제점과 어구의 수중 형상 및 어군의 대망 행동을 조사한 결과를 바탕으로 고려되는 몇 가지 어구를 제시하고, 이들 어구에 대한 모형 실험을 실시하였으며, 각각의 어구에 대한 수중 침강력 및 조업 과정별 전개 형상 변화를 조사하여 어구의 기본형을 도출하였다.

2. 재료 및 방법

1) 모형 어구

모형 어구는 현용 어구와 본 연구에서 선정한 개량형 시험 어구로 구분되는데, 먼저 현용 어구의 모형 어구는 현행 전어 선망 어업에 이용되고 있는 뜰줄 400m, 발줄 432m, 깊이 45m인 실물 어구에 대해 Tauti(1934)와 Kim(1997)의 모형 법칙에 의거하여 Table 5와 같이 축척비 1/100로 설계·제작하였고(Fig. 15), Table 6과 같은 실험 조건으로 현행 조업 방법에 의한 어구의 침강 속도 및 전개 형상 변화 등의 특징을 조사하였으며, 뜰줄을 채택하였을 때 조업 수행 및 어획 가능성을 파악하고자 현행 어구에 뜰줄을 부착하여 뜰줄 조임에 따른 어구의 수중 형상을 조사하였다.

한편, 개량형 시험 어구는 현행 어구에 대한 현장 조사와 모형 실험에서 파악된 문제점과 어군의 행동에 관한 현장 조사 결과를 토대로 선정하였는데 어구 선정시 고려한 요인들을 보면, ① 현용 어구의 규모가 수중에 유영하는 어군의 크기나 어획량에 비해 지나치게 증대되어 있다는 점, ② 어구 구조가 단순한 직사각형으로 그물의 하단부 전체가 해저에 닿게되므로 수심이 대부분 10m내외인 어장 조건에 적합하지 않다는 점, ③ 어구의 수중 침강 속도가 지나치게 느려 어구 하단부로 탈출하는 어군을 차단하지 못한다는 점, ④ 어군 행동과 관련해서 어군의 탈출을 차단하고 어획성능을 높이기 위한 어구 구조는 어군을 가능한 빨리 그물감

Table 5. The scale of model net for the conventional net

Division		Full scale	Model scale : 1/100	Note
Scale	Net	-	$(d_2/d_1)^2 = l_2/l_1 = 0.50$	
	Rope	-	$d_{r2}/d_{r1} = 0.09 \sim 0.13$	
	Speed	-	$V_2/V_1 = 0.75$	
	Time	-	$T_2/T_1 = 0.013$	
	Force	-	$F_2/F_1 = 4.0 \times 10^{-8}$	
Net	Body	PA 0.55mm, 30.2mm	PA 0.39mm, 15.2mm	
	Bunt	PA 0.96mm, 30.2mm	PA 0.68mm, 15.2mm	
	Wing	PA 0.78mm, 30.2mm	PA 0.55mm, 15.2mm	
Rope	F·L	PP $\phi 12$, 400m	PP $\phi 1.44$, 400cm	$d_{r2}/d_{r1} = 0.12$
	L·L	PP $\phi 18$, 432m	PP $\phi 1.62$, 432cm	$d_{r2}/d_{r1} = 0.09$
	S·L	PP $\phi 6$, 30m	PP $\phi 0.72$, 30cm	$d_{r2}/d_{r1} = 0.12$
	SR·L	PP $\phi 12$, 450m	PP $\phi 1.44$, 450cm	$d_{r2}/d_{r1} = 0.12$
Others	Float	PVC 538kg	PVC 54g	
	Sinker	Lead 107kg	Lead 10.7g	
	Stone	Stone 18.5kg	Stone 1.8g	

※ F·L : Float line, L·L : Lead line, S·L : Selvage line,
SR·L : Service line

Table 6. The condition of model experiment for the conventional net

Shooting				Pursing			
Time		Speed		Time		Speed	
AV (min)	MV (sec)	AV (m/min)	MV (cm/sec)	AV (min)	MV (sec)	AV (m/min)	MV (cm/sec)
3	2.5	133.3	160	8.4	12	51	64

※ AV : Actual value, MV : Model value.

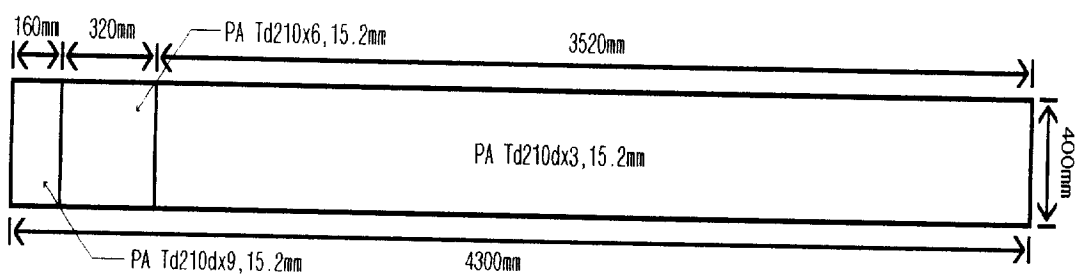


Fig. 15. Schematic drawing of model net for conventional net using in the field.

에 갖히게 하여 유영력을 상실하도록 하는 구조여야 한다는 점이다.

위와 같은 요인들을 고려하여 선정된 시험 어구는 3종류 5가지인데 먼저, 어구의 규모는 뜰줄을 기준으로 현용 어구의 60~75% 수준으로 하였고, 어구의 깊이는 어장의 조건을 고려하여 최소 전개 깊이를 20m로 고정하였으며, 발줄에 부착한 발돌량은 침강 속도를 높이기 위하여 현용 어구보다 단위 길이 당 50% 증가시켰다. 또한, 어군을 빠른 시간에 그물 감에 가두어 탈출을 방지하고 그물의 하단부인 발줄을 한꺼번에 인양하기 위한 방안으로 줍줄을 채택하였으며, 이러한 개량형 어구의 모형 어구는 Table 7과 같이 축척비 1/60로 설계·제작하였고, 실험 조건은 Table 8과 같다.

(1) 현용 어구의 축소형

현용 어구의 구조 변경 없이 규모만을 단순히 축소하여 줍줄을 채택하였을 때의 가능성을 분석하기 위한 것으로 모형 어구를 설계하기 위한 실물 어구의 규모는 어장의 수심을 고려하여 전개 깊이를 20m로 고정하고 뜰줄과 발줄의 길이를 현용 어구의 75% 수준인 300m와 324m로 부여하였다(Fig. 16).

(2) 중앙부 최대 깊이형

양쪽 옆 부분은 최소 전개깊이인 20m로 고정한 채 중앙부에 최대 깊이를 부여하여 좌우로 점차 축소하는 삼각형 구조이며, 뜰줄 대비 현용

Table 7. The scale of model net for the experimental net

Division		Full scale	Model scale(1/60)	Note
Scale	Net		$(d_2/d_1)^2 = l_2/l_1 = 0.50$	
	Rope		$d_{r2}/d_{r1} = 0.12 \sim 0.16$	
	Speed		$V_2/V_1 = 0.75$	
	Time		$T_2/T_1 = 0.022$	
	Force		$F_2/F_1 = 1.0 \times 10^{-6}$	
Net	Body	PA 0.55mm, 30.2mm	PA 0.39mm, 15.2mm	
	Bunt	PA 0.96mm, 30.2mm	PA 0.68mm, 15.2mm	
	Wing	PA 0.78mm, 30.2mm	PA 0.55mm, 15.2mm	
Rope	F·L	PP $\phi 12$, 235m	PP $\phi 1.8$, 391cm	$d_{r2}/d_{r1} = 0.15$
	L·L	PP $\phi 18$, 200m	PP $\phi 2.16$, 330cm	$d_{r2}/d_{r1} = 0.12$
	S·L	PP $\phi 6$, 20m	PP $\phi 0.9$, 33cm	$d_{r2}/d_{r1} = 0.15$
	P·L	PVA $\phi 18$, 230	PVA $\phi 2.16$, 383cm	$d_{r2}/d_{r1} = 0.12$
Others	Float	PVC 316kg	PVC 95g	
	Sinker	Lead 91kg	Lead 25.2g	
	Ring	Stainless 13.7kg	Ring 3.9g	

※ F·L : Float line, L·L : Lead line, S·L : Selvage line,
SR·L : Service line

Table 8. The condition of model experiment for the experimental net

Net type	Shooting				Pursing			
	Time		Speed		Time		Speed	
	AV (min)	MV (sec)	AV (m/min)	MV (cm/sec)	AV (min)	MV (sec)	AV (m/min)	MV (cm/sec)
A	2.3	3	133	167	6.4	8.5	51	64
B	1.8	2.5	133	157	3.9	5.2	51	64
C	2.2	3	133	163	4.9	6.5	51	64

※ AV : Actual value, MV : Model value.

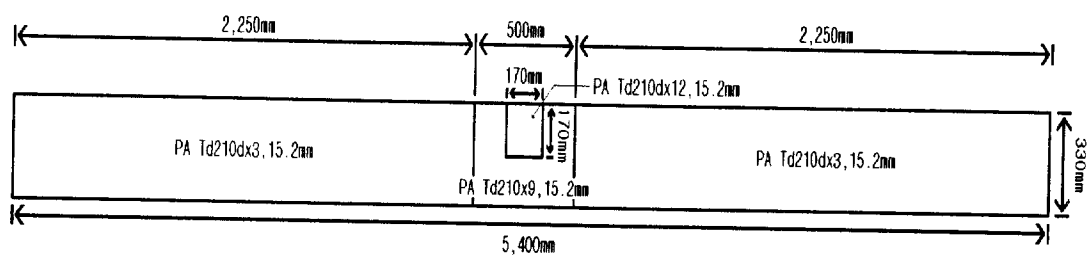
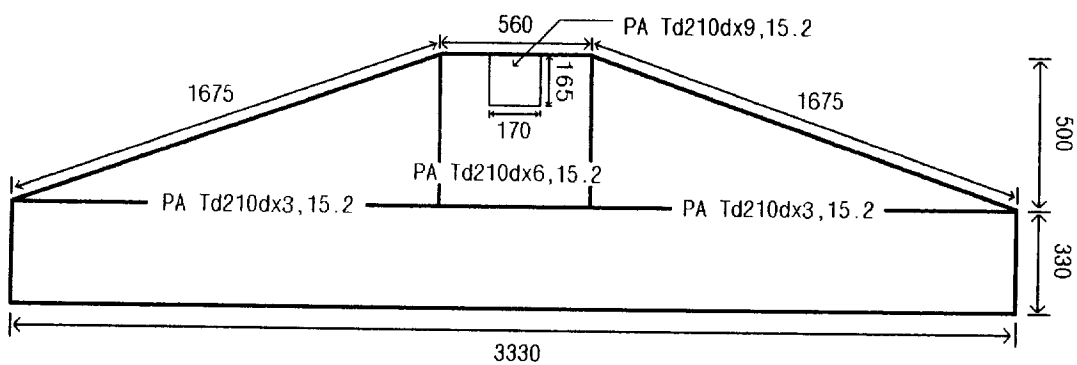
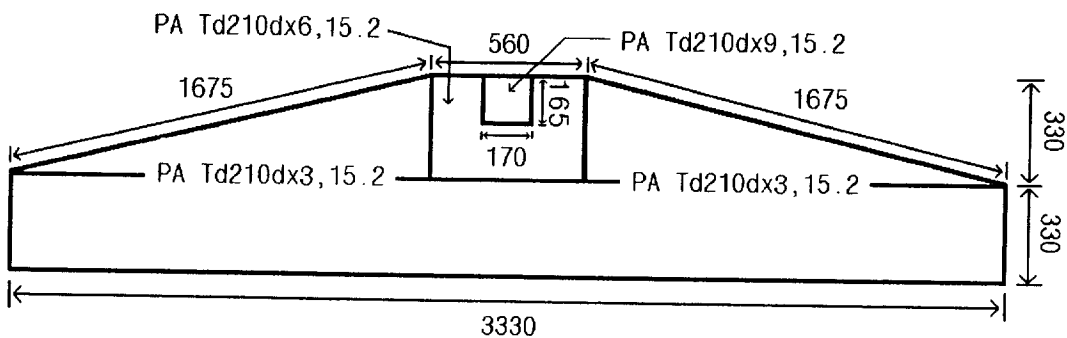


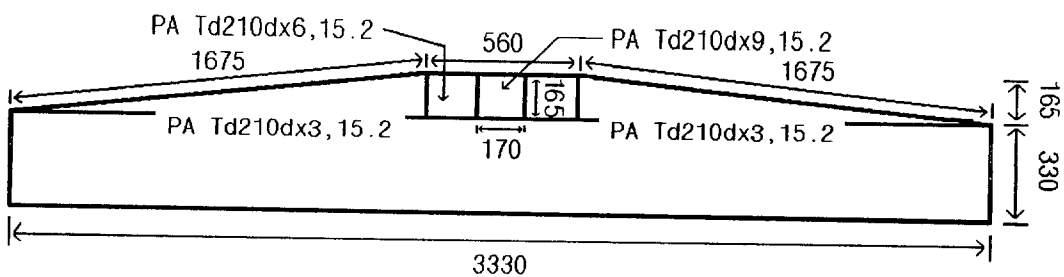
Fig. 16. Schematic drawing of model net, reduction type of conventional net.



(A)



(B)



(C)

Fig. 17. Schematic drawing of model net, maximum depth in center type.

어구의 60% 수준으로 뜰줄 길이가 235m, 발줄이 200m이고, 어구 길이에 적합한 깊이를 파악하기 위해 Fig. 17과 같이 최대 전개 깊이가 각각 50m, 40m, 30m로 구성된 3가지 어구를 대상으로 실시하였다.

(3) 날개 부착형

중앙부 최대 깊이형 어구의 장점을 살리면서 어군의 포위 면적을 늘리기 위한 방안에서 중앙부 최대 깊이 (C)형 어구를 50m 축소하고 양 측면에 각 50m씩 그물코가 큰 어군 위협용 그물감을 부착하였다. 어구 규모는 뜰줄 294m, 발줄 250m, 최대 전개 깊이 30m로 부여하여 뜰줄 대비 현용 어구의 73% 수준으로 하였다(Fig. 18).

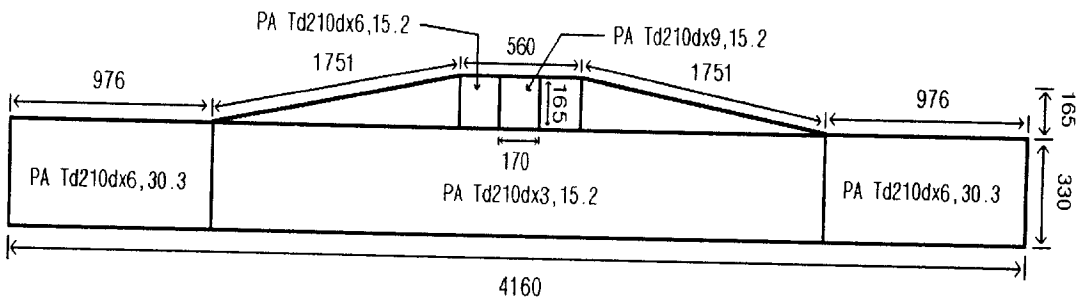


Fig. 18. Schematic drawing of model net, attached wing net type.

2) 실험 장치 및 방법

모형 실험 시스템은 Fig. 19와 같이 투·양망 장치와 촬영 장치 및 데이터를 저장하는 PC로 구성되며, 실험에 사용한 수조는 지름 200cm, 높이 100cm인 FRP 원형 수조로 Fig. 20과 같고, 투망 및 침줄 조임 장치의 주요 제원은 Table 9와 같다. 주요 실험 장치를 보면, 수조 상부에 직경이 200cm인 Double 철제 링과 침줄 롤러를 설치하여 감속모터에 연결된 세라믹 억압롤러가 철제 링을 회전시켜 미리 설치된 어구가 순서적으로 투하되고 모형 어구의 크기에 따라 투망 직경을 130~200cm 범위 내에서 조절할 수 있으며, 침줄은 양망시 침줄이 침줄 롤러에 감기면서 조여지도록 구성하였다. 또한, 실험 분석장치는 각 모형 어구의 수중 형상을 비디오 카메라(sony, 8mm)로 촬영하여 PC에 저장한 후 분석하였으며, 어구의 중앙부 발줄 및 끝단부 발줄을 측정점으로 하여 투망시 침강 상태와 침줄 체결에 따른 심도 변화를 0.5초 간격으로 조사하였다.

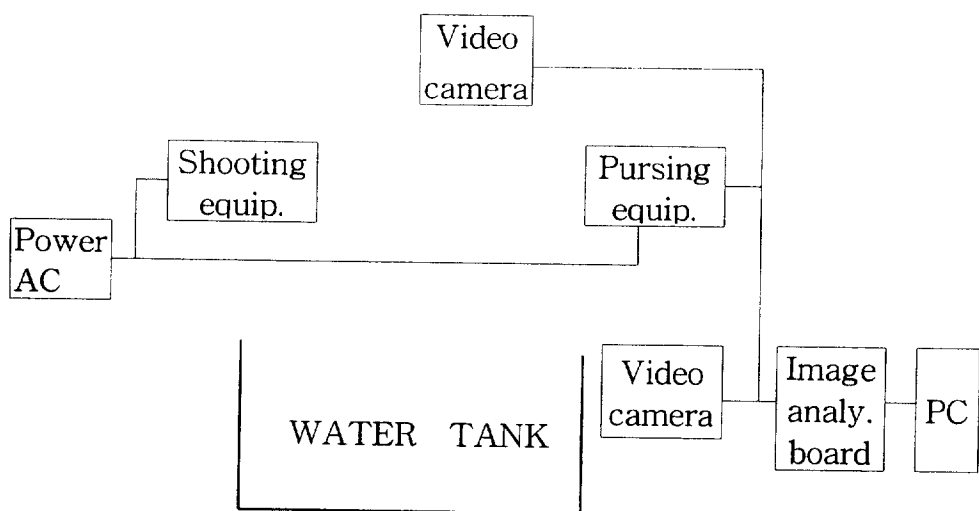


Fig. 19. Schematic diagram of equipments for model experimental system.

Table 9. Specfication of equipments for shooting and pursing

Equipment	Motor	Control
power and rpm	180w, 220v, 60hz, 90 ~ 1700rpm	220v, 60hz, 90 ~ 1,750rpm
shooting speed range	100 ~ 160cm/sec	
pursing speed range	30 ~ 70cm/sec	

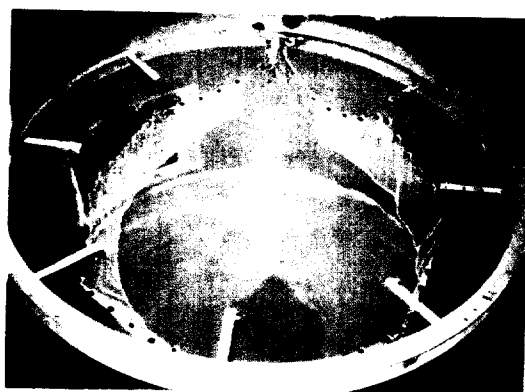


Fig. 20. Experimental tank used in the model experiment.

3. 결과 및 고찰

1) 현용 모형 어구의 침강 속도 및 수중형상

Fig. 21은 Fig. 15의 현용 어구의 중앙부와 끝단부 발줄에 대한 투망시 침강 특성과 줍줄 체결에 따른 심도 변화를 0.5초 간격으로 측정하여 나타낸 것이다. 두 곳에서의 침강 속도는 현저한 차이는 보이지 않고 투망 직후부터 증가하다가 점차 감소하며, 최종 전개 폭은 쏘 부분 보다 중앙부에서 깊게 나타났다. 이를 실제 어구 비율로 환산했을 때 평균 침강 속도는 9.7cm/sec이고 투망 후 어구 전체가 완전히 전개되는데는 약 10분의 시간이 소요된다. 또한, 어구의 전개 깊이는 중앙부에서 약 48m, 좌우 쏘 부분에서 약 42m에 달하여 어구 구조가 직사각형인데도 침강하면서 어구의 좌우 끝부분이 중앙으로 쏠리는 현상을 보였다.

한편, 현용 어구에 줍줄을 채택하여 줍줄을 조일 때 어구 중앙부 발줄의 심도 변화를 보면, 줍줄을 조임과 동시에 거의 직선적으로 발줄이 상승하고 이로 인해 줍줄이 완전히 조여지기도 전에 어구의 하단부가 먼저 부상하였다(Fig. 22). 이러한 이유는 보통 줍줄을 사용하여 조업을 수행하는 선망 어업은 선박에서 줍줄을 조이게 되면 그물의 하단부가 부상하면서 줍줄 고리가 체결되어 어군을 가두게 되는데, 현용 전어 선망 어구는 길이에 대한 깊이의 비율이 매우 작은 직사각형의 구조이기 때문에 줍줄 조임시 하단부가 완전히 체결되기도 전에 먼저 발줄이 표층으로 상승하게 되는 것으로 단순히 줍줄만을 사용한다는 것은 오히려 어획 성능을 크게 저하시킨다는 것을 알 수 있다.

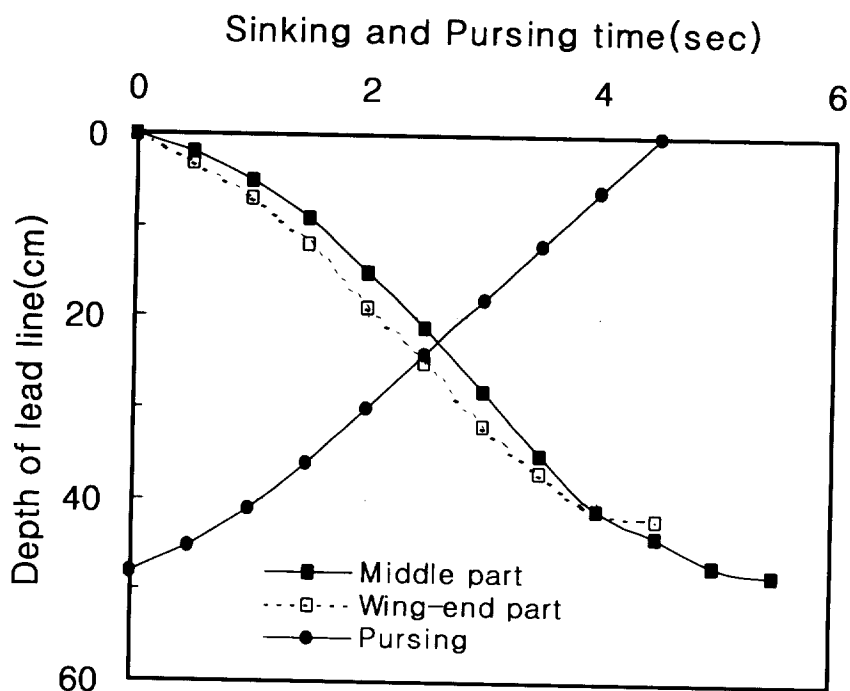


Fig. 21. Relation among the sinking, pursing time and depth of lead line for conventional net.

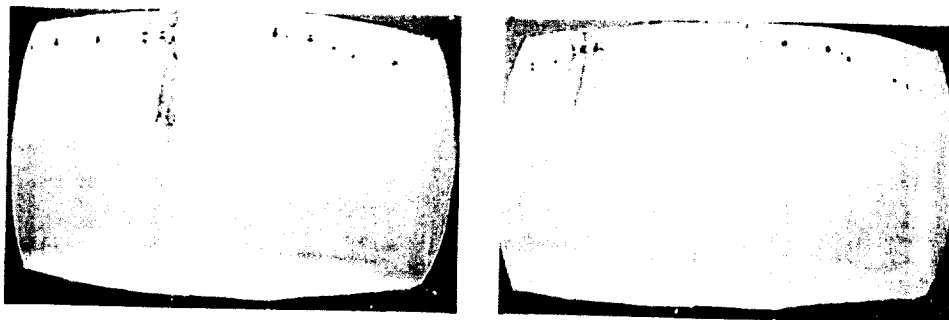


Fig. 22. Appearance of conventional net during the shooting and pursing.

2) 개량형 모형 어구의 침강 속도 및 수중 형상

(1) 현용 어구의 축소형

현용 어구의 구조 변경 없이 규모만을 단순히 축소하였을 때 가능성을 조사하기 위한 것으로 어구의 중앙부와 끝단부 발줄에 대해 투망에 의한 침강 특성과 줌줄 체결에 따른 중앙부 발줄의 심도 변화를 Fig. 23에 나타냈다. 이것에서 보면, 두 곳에서의 침강 속도는 거의 동일하고 투망 직후부터 직선적으로 증가하여 전개 폭도 비슷한 깊이로 나타났다. 이를 실제 어구 비율로 환산했을 때, 평균 침강 속도는 12.5cm/sec이고 투망 후 어구 전체가 완전히 전개되는데는 약 3분의 시간이 소요되며, 어구의 전개 깊이는 중앙부에서 약 21m, 끝단부 섹 부분에서 약 19m에 달하였다. 또한, 줌줄 조임에 의한 어구 중앙부 발줄의 깊이는 조임 직후 완만한 상승을 보이다 빠르게 부상하는 양상을 보이는데, 줌줄 고리가 모여져 하단부를 밀폐시키는 체결 시간은 조임 시작 후 약 4분~4분 30초 사이였고, 이때의 수심은 2~3m였다.

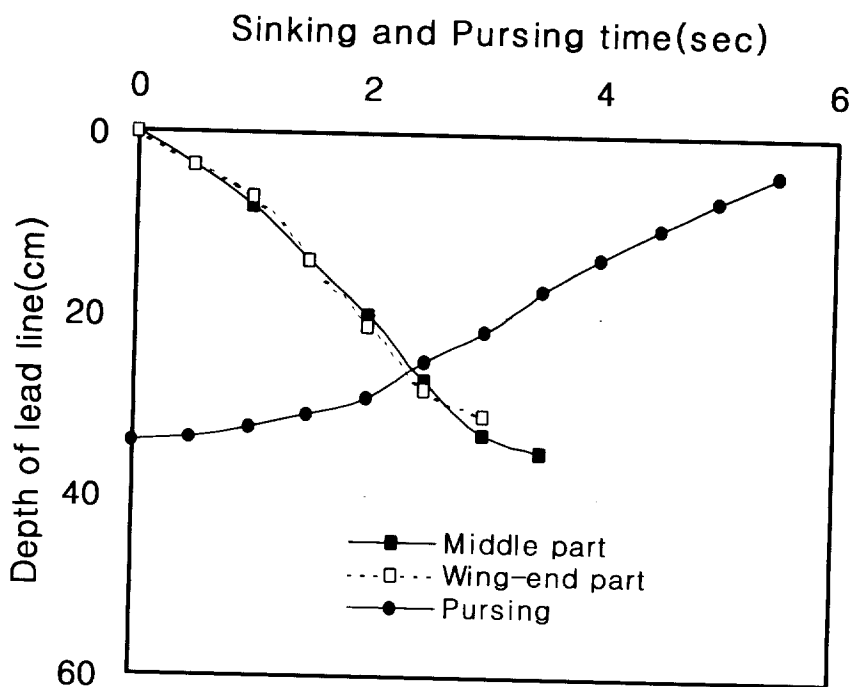


Fig. 23. Relation among the sinking, pursing time and depth of lead line for reduction type of conventional net.

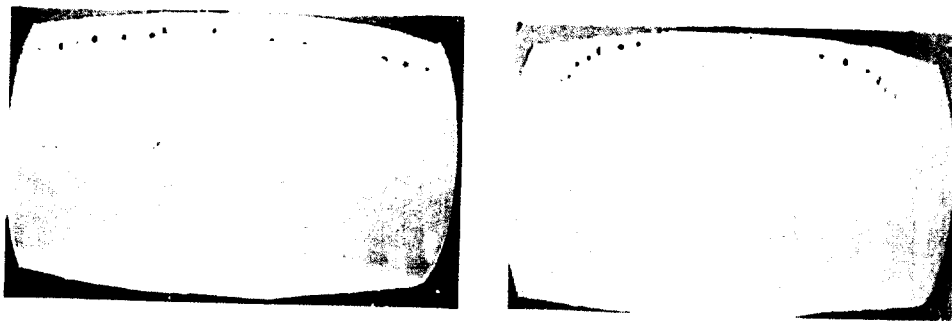


Fig. 24. Appearance of reduction type of conventional net during the shooting and pursing.

(2) 중앙부 최대 깊이형

Fig. 25~Fig. 30은 중앙부 최대 깊이형 3종류의 어구에 대한 중앙부와 끝단부 발줄에 대한 침강 속도와 줍줄 체결에 따른 중앙부 발줄의 심도 변화를 나타낸 것이다. 이것에서 보면, 모든 어구에서 끝단부의 침강 속도는 투망 직후부터 거의 직선적으로 증가하는 것을 볼 수 있고, 중앙부에서는 투망 후 어느 정도 시간이 경과하고 나서 직선적으로 증가하다가 전개 종료 깊이 부근에서는 완만하게 증가하는 경향을 보인다. 또한, 어구 설계시 부여한 깊이에 대해 모든 어구에서 중앙부 쪽은 더 깊게 전개되고 끝단부 옆에서는 더 낮게 나타나 침강하면서 어구의 좌우 끝부분이 중앙으로 쏠리는 현상을 보인다.

이러한 특징은 모든 어구의 발줄에 동일한 침강력을 부여한 조건에서 어구의 전개 폭이 큰 어구일수록 그 현상이 뚜렷한데, 어구의 전개 폭에 따라 침강 속도나 깊이가 차이를 보이기 때문에 그물감이 어구의 침강력에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

한편, 줍줄 조임에 의한 어구 중앙부 발줄의 깊이는 모든 어구에서 줍줄을 조이기 시작하면서부터 상승하기 시작하는데, 실제 어구로 환산했을 때 조임 직후는 비교적 완만한 상승 곡선을 보이다 약 2분 30초 이상이 경과하게되면 직선적으로 부상하는 양상을 보였다.

이상의 모든 어구에 대한 측정치를 실제 어구 비율로 환산해보면, (A) 어구의 경우 평균 침강 속도는 약 10.5cm/sec이고 투망 후 어구 전체가 완전히 침강하여 전개되는데는 약 8분의 시간이 소요되며, 전개 깊이는

중앙부에서 약 54m로 최심부를 보이고 끝단부 옆에서는 약 16m로 조사되었다. 또한, 침줄 조임에 의한 발줄의 체결 시간은 조임 시작 후 2분 30초~3분 사이였고 그 때의 수심은 20~23m였다.

또한, (B) 어구의 경우, 평균 침강 속도는 약 11.8cm/sec이고 어구 전체가 전개되는데는 약 5분 40초의 시간이 소요되며, 전개 깊이는 중앙부에서 약 42m, 끝단부 옆에서 약 17m로 나타났다. 또한, 침줄 조임에 의한 발줄의 체결 시간은 조임 시작 후 2분 30초~3분 사이였고 그 때의 수심은 14~15m였으며, (C) 어구의 경우, 평균 침강 속도는 약 13.2cm/sec이고 어구 전체가 전개되는데는 약 3분 50초의 시간이 소요되며, 전개 깊이는 중앙부에서 약 32m, 끝단부 옆에서 18.5m로 조사되었다. 또한, 침줄 조임에 의한 발줄의 체결 시간은 조임 시작 후 2분 30초~3분 사이였고 그 때의 수심은 7~8m였다.

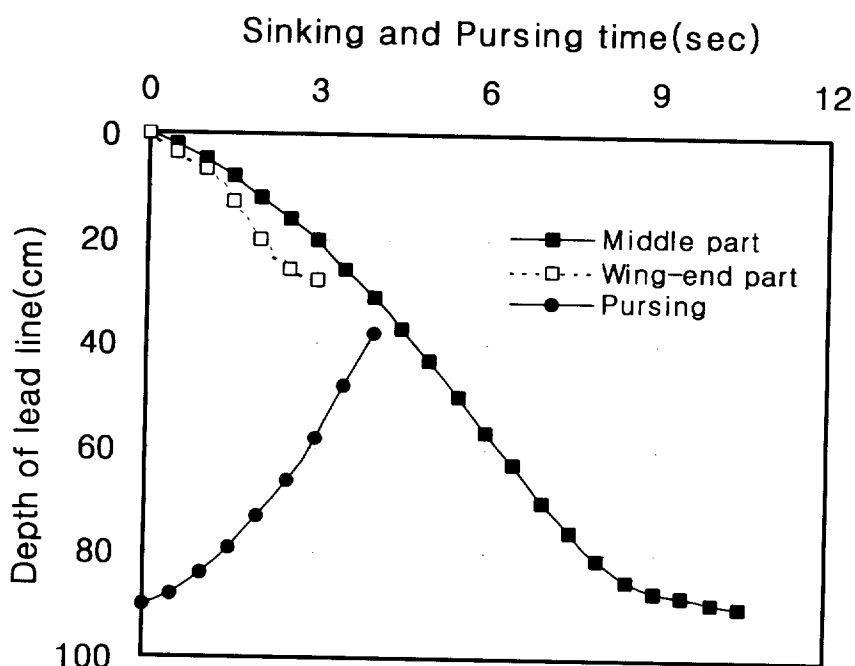


Fig. 25. Relation among the sinking, pursing time and depth of lead line for net of maximum depth in center, (A) type.

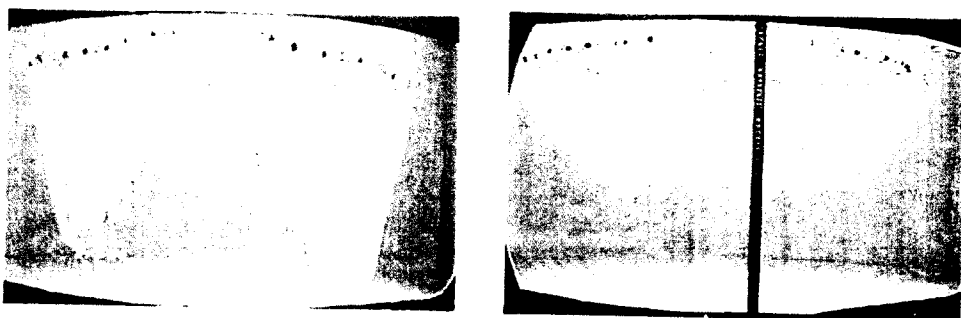


Fig. 26. Appearance of (A) type net during the shooting and pursing.

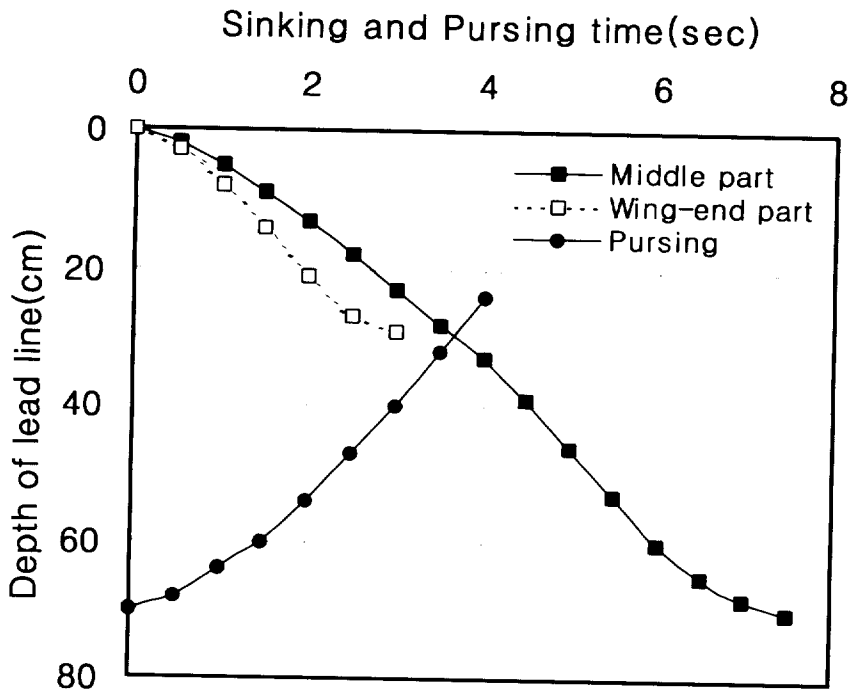


Fig. 27. Relation among the sinking, pursing time and depth of lead line, for net of maximum depth in center, (B) type.

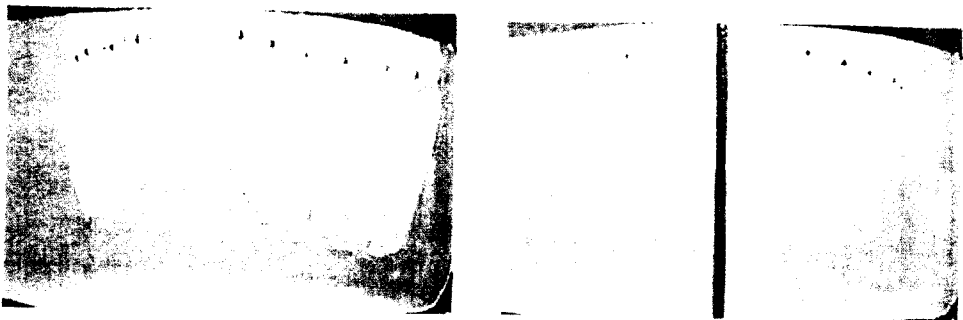


Fig. 28. Appearance of (B) type net during the shooting and pursing.

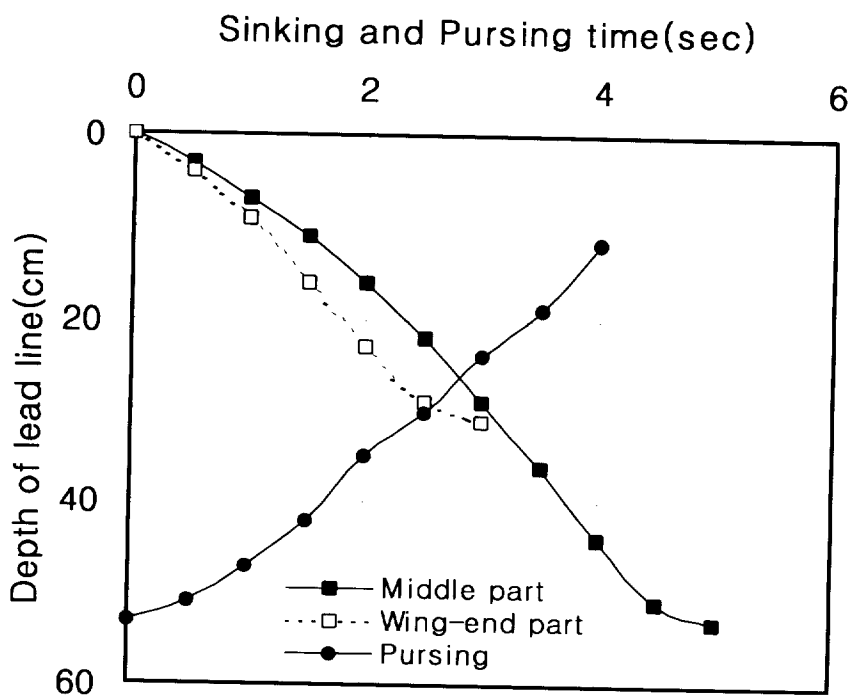


Fig. 29. Relation among the sinking, pursing time and depth of lead line for net of maximum depth in center, (C) type.

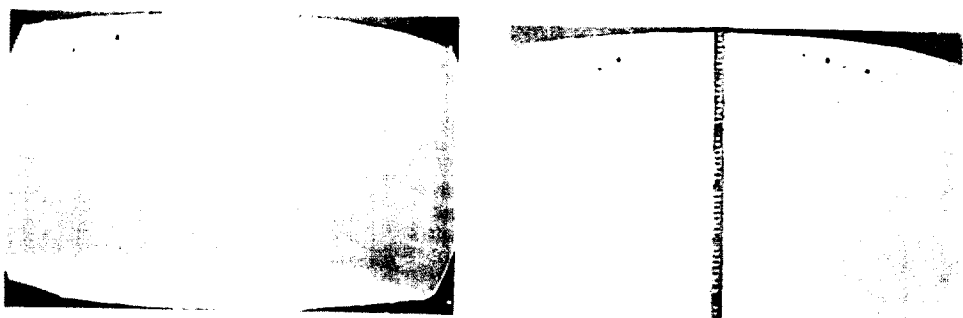


Fig. 30. Appearance of (C) type net during the shooting and pursing.

(3) 날개 부착형

Fig. 31과 Fig. 32는 날개 부착형 어구에 대한 중앙부와 끝단부 발줄에 대한 침강 특성과 줌줄 체결에 따른 중앙부 발줄의 심도 변화를 나타낸 것인데, 침강 속도는 측정점 모두 투망 직후부터 직선적으로 증가하고, 중앙부에서만 전개 종료 깊이 부근에서 약간 완만하게 침강하는 경향을 보이고 있다. 또한, 줌줄 조임에 의한 어구 중앙부 발줄의 심도는 줌줄을 조이기 시작하면서부터 상승하기 시작하는데, 조임 직후는 비교적 완만한 상승 곡선을 보이다 실제 어구시 약 1분 30초 이상이 경과하게 되면 직선적으로 부상하는 양상을 보인다.

이러한 실험 결과를 실제 어구 비율로 환산했을 때, 평균 침강 속도는 약 13.2cm/sec이고 투망 후 어구 전체가 완전히 침강하여 전개되는데는 약 3분 50초의 시간이 소요되며, 전개 깊이는 중앙부에서 약 32m, 끝단부 앞에서는 약 19m로 나타났다. 또한, 줌줄 조임에 의한 발줄의 체결 시간은 조임 시작 후 3분 20초~4분 사이였고 그 때의 수심은 4~5m였다.

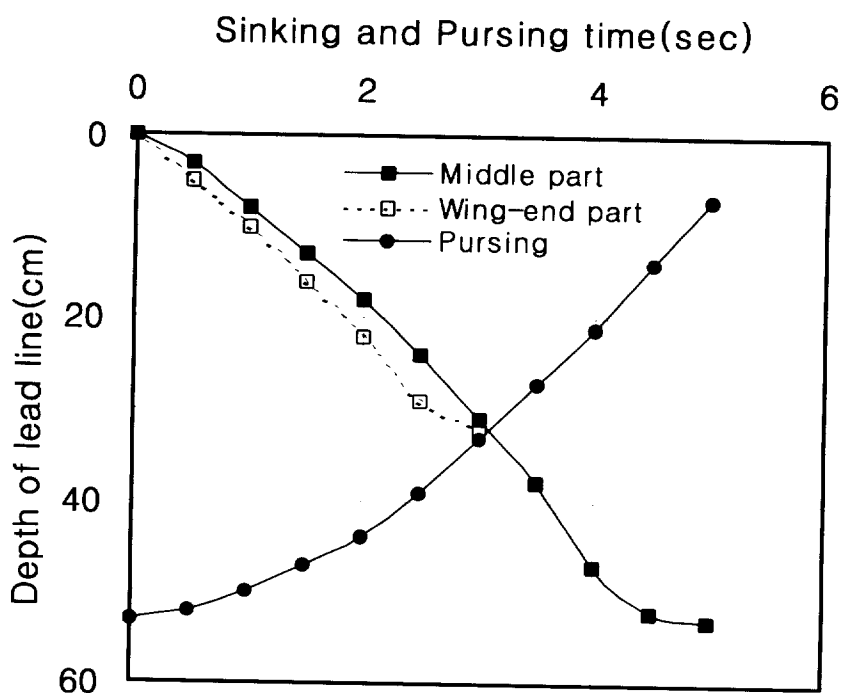


Fig. 31. Relation among the sinking, pursing time and depth of lead line for attached wing net type.

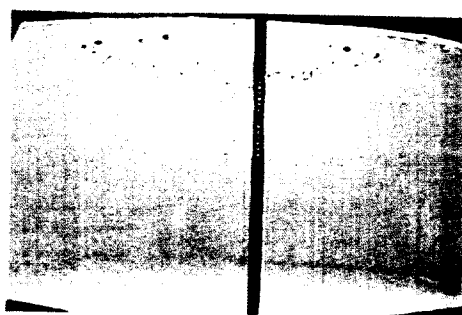


Fig. 32. Appearance of attached wing net type during the shooting and pursing.

이상과 같이 개량형 어구에 대한 침강 속도 및 줍줄 체결에 따른 어구의 수중 형상을 파악한 결과, 침강 속도는 모든 어구에서 현용 어구에 비해 약 29% 정도가 증가함을 볼 수 있었지만 어구 전체가 전개되는데 소요되는 시간이나 줍줄 조임에 따른 체결 깊이는 차이를 보였다. 각각의 어구에 대한 결과를 보면, 현용 어구의 축소형은 투망 후 전체 어구가 전개되는데 소요되는 시간이 현용 어구에 비해 1/3에 지나지 않았지만 줍줄 조임이 진행됨에 따라 어구의 하단부가 급격히 상승하여 불과 수면 2~3m 하방에서 발줄이 체결되었으므로 어군을 차단하여 그물감 내로 가두는 어획 성능은 매우 낮다고 할 수 있다. 이는 현용 어구에 줍줄을 부착하였을 때와 유사한 결과로 현용 어구에 대한 구조를 먼저 개선하지 않고 단순히 규모만을 축소하여 줍줄을 채택하는 것은 오히려 어획 성능을 저하시킨다고 할 수 있을 것이다.

이와 같이 현용 어구나 현용 어구의 축소형에 줍줄을 채택하였을 때 어구의 하단부가 완전히 체결되기도 전에 발줄이 먼저 수면 가까이 부상하게 되어 어군을 완전히 차단할 수 없다는 문제점이 파악되었다. 이를 해결하기 위해서는 어구의 길이에 대한 깊이의 비율을 높게 하여야 하는데, 현행 조업 어장의 수심이 대부분 10~15m내외이기 때문에 그물의 깊이를 과다하게 증가시켰을 경우 저질의 장애물에 걸리게 되어 파망 사고나 펄을 뜨게되어 조업이 어려워지는 문제점이 있다.

이러한 점을 고려하여 중앙부 최대 깊이형 어구는 어구의 깊이를 전체적으로 증가시키기보다는 양쪽 쉼 부분을 최소 깊이로 하고 중앙부를 최

대 깊이를 부여하여 좌우 섯 방향으로 점차 축소되는 삼각형 모양으로
구성한 것인데(Fig. 17), 조류를 감안하여 양 섯의 최소 깊이는 어장의
수심보다 깊은 20m로 고정하였으며, 줍줄 체결시 어구의 길이에 대한
적정한 깊이를 파악하고자 깊이의 비율이 21%, 17%, 13%로 각각 다른
3종류의 어구를 대상으로 하였다. 이들 어구에 대한 실험 결과, (A)형 어
구는 수심 20~23m에서 줍줄이 체결되어 상당한 깊이의 어군까지도 차
단할 수 있음을 알 수 있었지만 현용 전어 선망 어업의 조업이 대부분
수심 15m내외의 연안에서 이루어진다는 어장 조건을 고려했을 때 어구
하단부를 포함한 많은 양의 그물감이 해저에 닿게되므로 어구의 손상이
우려되고 줍줄 조임도 원활히 수행되기가 곤란할 것으로 판단된다. 그러
나, (B), (C)형 어구는 줍줄 체결 수심이 15m 이내로 나타나 현행 어장
의 수심과 조류를 감안했을 때 그물감이 해저에 과다하게 닿지 않으면서
어군을 충분히 차단할 수 있다고 판단된다.

한편, 날개 부착형 어구(Fig. 18)는 중앙부 최대 깊이형 어구의 장점을
살리고 어군의 포위 면적을 늘리기 위한 방안에서 Fig. 17의 (C)형 어구
에 대해 양 측면으로 그물코가 큰 그물감을 날개 그물로 추가하여 부착
한 것인데, 줍줄 체결이 4~5m의 낮은 수심에서 완료되었으며 이러한
결과는 어장에서 조류의 영향을 고려하면 체결 수심이 더욱 낮을 수밖에
없으므로 현장에 적용하여 어군을 차단하기에는 미흡하다고 할 수 있다.

V. 개량 어구의 조업 시스템

1. 서언

현행 전어 선망 어업이 오늘날의 산업 구조에서 경쟁력을 갖추고 지속적으로 발전하는 어업이 되기 위해서는 비합리적인 어구의 구조 및 규모뿐만 아니라 전적으로 인력에 의존하여 수행되는 조업 방법을 개선하여 조업에 소요되는 시간 및 인원을 대폭 절감할 수 있는 생력화 조업 시스템을 구축함으로써 가능 할 것이다. 그런데, 일부 지역에서는 조업 시스템을 개선하고자 2척 이상의 선박에 중·대형 선망 어업의 조업 시스템을 도입하는 경우도 있는데, 선박의 조건이나 어장에서 큰 차이가 있기 때문에 여러 가지 문제점을 수반하고 있는 실정이다. 즉, 보통 중·대형 선망 어업의 어선 구조는 처음부터 선망 어업만을 목적으로 설계되었기 때문에 어로 장비의 권양 능력이나 규모도 대형이며, 조업 방법도 power block 등의 대형 양망기로 어구를 한데 모아서 일괄적으로 권양한 후 다시 투망되는 위치에 순서적으로 어구를 정리하는 선미식 조업 방식이다. 이러한 조업 시스템을 현행 10톤 이하의 소형 연안 선망 어선에 채택하기 위해서는 선박의 구조나 의장을 대폭적으로 변경하여야 할뿐만 아니라 대형이면서 비용이 고가인 조업 장비를 시설하여야 하고, 평소 연안

에서 1척의 소형 선박으로 두·세 개의 어업을 복합적으로 수행하는 영세 어민들이 도입하기는 현실적으로 어려운 실정이다. 더구나 선박과 어장 조건을 고려치 않고 단순히 대형 장비를 설치·운용한다면 선박의 복원성 문제 등 사고의 위험을 내포할 수밖에 없다.

그러므로 전어 선망 어업의 생력화 조업 시스템은 현행 조업 선박의 구조나 제원을 유지하면서 특정한 어업에만 한정하기보다는 연안에서 복합 어업을 병행할 수 있도록 시스템을 구축하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 현행 조업과정상 생력화 조업을 가장 어렵게 하는 목봉(탈출방지장치)을 사용하지 않고서도 포위 어군의 탈출을 효과적으로 차단할 수 있고, 인력에 의존하여 단속적이면서 반복적인 작업으로 과다한 노동력을 필요로 하는 현행 조업 방법을 기계화 조업이 가능한 생력화 시스템으로 개발하는 것을 목표로 하였다. 이를 위해 투망 과정과 발줄부 줍줄 조임 과정 및 몸그물과 뜸줄부 양망 과정을 연속적으로 수행할 수 있는 조업 방법과 각각의 조업 과정에 부합되는 조업 장비와 주변 장치를 적극적으로 도입하여 작업에 소요되는 시간 및 인력 등 어로 수행 경비를 대폭적으로 절감시키는데 연구의 주안점을 두었다. 이를 바탕으로 개량 어구와의 조합을 통해 해상에서 어획 실험을 실시하여 조업의 생력화 정도 및 어획 성능을 검증하였다.

2. 재료 및 방법

1) 조업 시스템의 개선 · 설계

(1) 조업 방법의 개선 방안

현행 어업의 실태 조사를 통해 어군의 탈출을 방지하면서 생력화 조업을 가능하게 하는 이상적인 방안은 탈출 방지 장치인 목봉 등 다른 부속 어구를 사용하지 않고 주 어구인 그물 어구 자체만으로 조업 과정 중에서 어군의 탈출을 차단할 수 있는 것이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 개량 어구를 이용한 조업 방법은 투망 후 어군을 차단하는 과정을 지체없이 연속적으로 수행함으로써 어군이 도피할 수 있는 기회를 갖지 못하게 하는 방안으로 조업 방법을 수립하였다. 또한, 현행 전어 선망 어선의 구조와 어구의 적재 및 작업 공간, 복합 어업 수행 여부 등을 고려했을 때, 현측식 조업이 불가피하므로 현측식 조업 방법에 대한 어로 작업의 전체적인 조업 시스템의 생력화 방안을 모색하고자 하였다.

Fig. 33은 대상 어군이 탈출할 수 있는 기회를 갖지 못하도록 어군을 최대한 빠른 시간에 어구 내로 차단하고자 투망이 진행되는 도중에 어구의 하단부를 체결하기 위한 준비 및 투망 완료와 함께 줍줄을 어구의 양방향에서 동시에 조여 발줄을 체결함으로써 어군을 가두게 되는 조업 방법으로 유럽식 선망 조업에서 이용되고 있는 줍줄 체결 시스템을 응용한

것이다.

이에 대한 조업 과정을 보면, 선박을 시계 방향으로 조종하면서 어포부 하단 발줄 끝에 부착된 추를 수중에 투하하면 추가 침강하면서 어포부 발줄과 그물감이 투하되고, 그물감의 수중 저항에 의해 그물감에 부착된 줍줄 및 헛줄이 자동으로 투하되어 투망이 이루어진다. 그 후, 줍줄과 헛줄을 선박에서 부여하면서 붙잡은 채 선회하되 투망이 2/3정도 진행되었을 때, 헛줄을 권양함으로서 헛줄 끝에 부착된 스토퍼가 어포부 고삐줄을 선박으로 유도하고, 스토퍼와 어포부 고삐줄을 분리하면 헛줄이 곧바로 줍줄과 연결되므로 선수와 선미에서 줍줄을 조일 수 있게 된다. 이로 인해 짧은 시간에 어구의 하단부를 채결할 수 있으므로 어군의 탈출을 효과적으로 차단할 수 있게 된다.

한편, Fig. 34는 양망 방법을 나타내는 개략도인데, 현용 뜸줄과 발줄에 부착하는 양망줄을 처음부터 제거하여 양망시 이들 줄을 분리하거나 다시 부착하기 위한 반복 과정을 생략하고, 양망 작업이 완료됨과 동시에 투망 준비가 끝날 수 있도록 한 것이다. 즉, 양망 작업은 어구의 하단부인 발줄과 상단부인 뜸줄 및 가운데 몸그물인 그물살 부분으로 구분하여 어포부 반대쪽에서 어포부 쪽으로 투망 순서와는 역순으로 진행하여 그물을 투망 위치에 적재하게 된다.

먼저, 어구의 하단부인 발줄은 줍줄 체결로 모든 발줄이 한데 뭉쳐지면 줍줄을 완전히 조여 발줄 전체를 한꺼번에 선내로 인양한 후 선수 현측에 뒤집어서 적재된다. 이때, 발줄은 투망 순서로 놓이게 되어 투망 준

비가 끝나게 된다. 또한, 어구의 중앙부인 몸그물과 어구의 상단부인 뜸줄은 선박의 중앙 현측과 선미에서 몸그물 양망기와 뜸줄 권양기로 투망 순서와는 반대 순서로 양망하면 어구가 투망 위치에 투망 순서대로 적재되므로 별도로 어구를 정리하는 작업 없이 곧바로 다음 조업이 가능하게 되어 조업 시간이나 인력을 절감할 수 있는 장점이 있다.

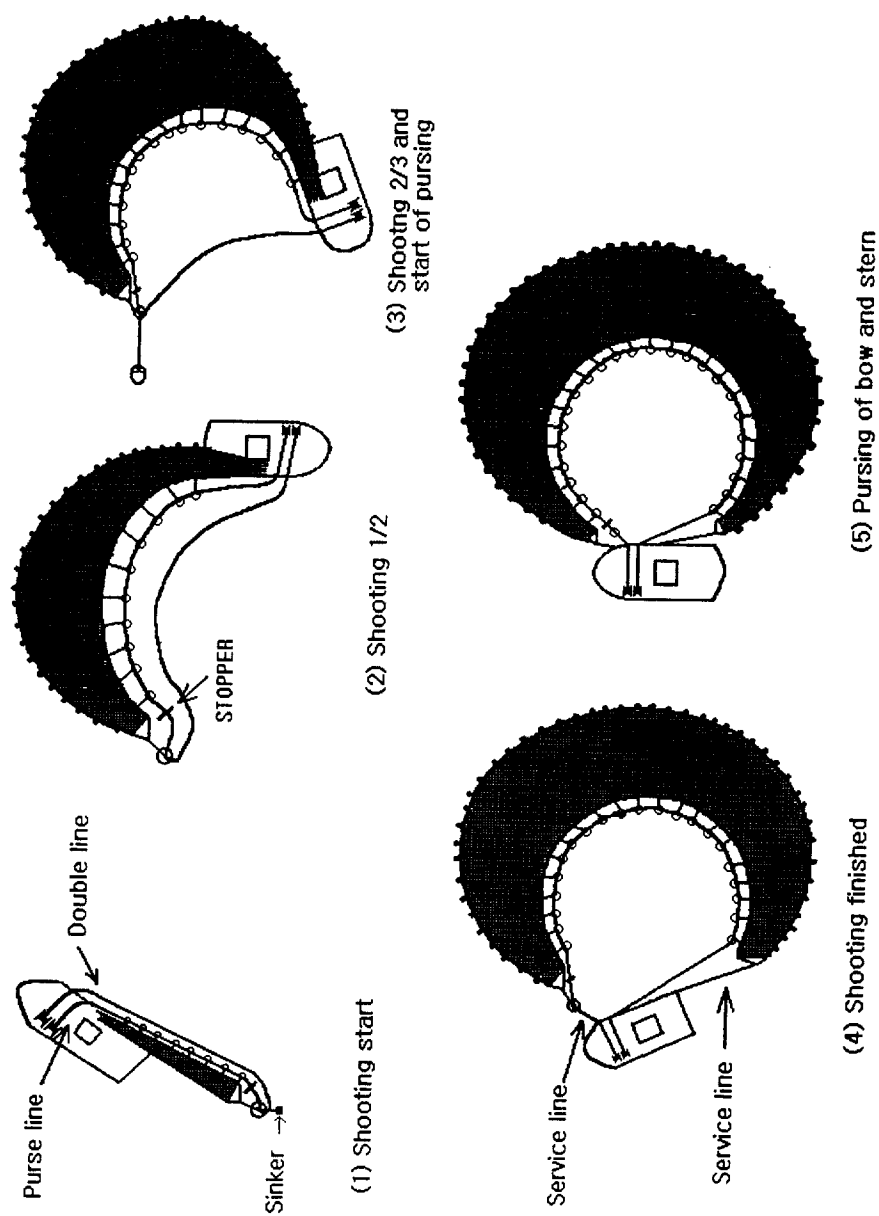


Fig. 33. Method of shooting and pursing of purse seine for gizzard-shad.

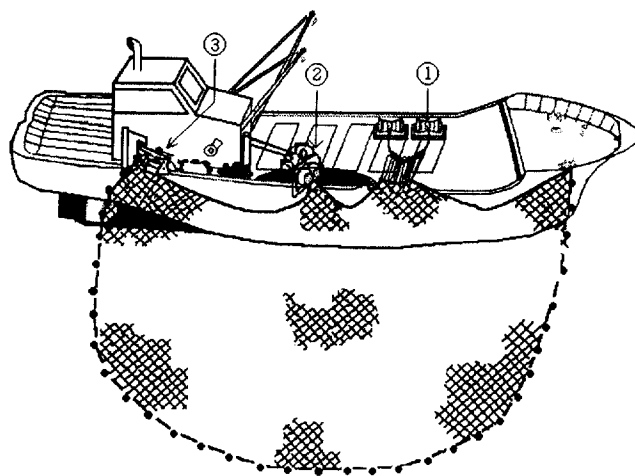


Fig. 34. Arrangement of fishing operation equipments.

① pursing winch ② hauler of body net ③ float line roller

(2) 유압식 조업 시스템 설계

본 연구에서 채택한 Fig. 33과 Fig. 34의 조업 방법을 수행하는데 필요한 조업 장비는 현행 선박의 구조나 제원, 작업 위치 및 어망의 적재 공간 등을 충분히 고려하고, 조업 과정을 원활히 수행 할 수 있는 적절한 용량을 평가하여 선정하였다.

선수에는 줌줄과 헛줄의 권양 및 어구 하단부인 발줄 전체를 체결하여 인양하는 줌줄 윈치와 줌줄 데빗이 설치되고, 선박의 중앙 및 선미 현측에는 어구 중앙부인 몸그물과 상단부인 뜰줄을 양망하기 위한 몸그물 양망기와 뜰줄 권양기로 구성하였다.

한편, 조업 장비의 동력화는 Fig. 35와 같이 주 기관을 동력원으로 하는 유압식 시스템으로 구성하였다.

본 연구에서 조업 장비의 동력화를 주 기관 구동식으로 구성한 이유는 소형 선박인 현행 전어 선망 어선에 발전기 등 유압 펌프의 구동에 필요한 별도의 동력 공급원을 시설한다는 것이 현실적으로 곤란하며, 본 연구에서 채택한 조업 방법상 모든 조업 과정이 동시에 수행되지 않고 Table 10과 같이 주 기관의 동력을 운용할 수 있기 때문에 과부하로 인한 주 기관에 무리가 없는 범위 내에서 조업 과정을 고려하여 동력 시스템을 설계하였다.

이 시스템에서는 주 기관으로 구동되는 유압 펌프로부터 압력유가 각각의 조업 장비의 유압 모터로 공급되는데, 대부분의 조업 장비를 주 기관에 의해 구동되는 유압 펌프에 의해 공통으로 구동되게 한 것이 특징

이다(Fig. 36). 이것은 주 기관으로 각각의 조업 장비를 운용하기 위해 여러 대의 유압 펌프를 구동시킨다는 것도 어렵지만 소형 선박의 기관실에 다수의 유압라인을 설치할 수 있는 공간을 확보하기가 곤란하다는 현실을 반영한 것이다.

한편, 줌줄 데빗트의 경우, 소요 동력이 소용량이어서 별도로 분리시키는 것이 다른 장비의 효율을 높이는데 유리하다고 판단되어 기존의 조타기를 구동하는 유압라인과 병렬로 구성하였는데, 조업 방법상 데빗트의 유압 실린더를 구동하여 데빗트를 눕히거나 세우는 기능만을 수행하고, 조업중 조타기와 동시에 운용되는 경우가 거의 없기 때문에 소요 동력은 충분하다고 판단된다.

이와 같은 설계 기준에 따라 줌줄 윈치 및 양망기는 다음과 같이 설계·제작하였다.

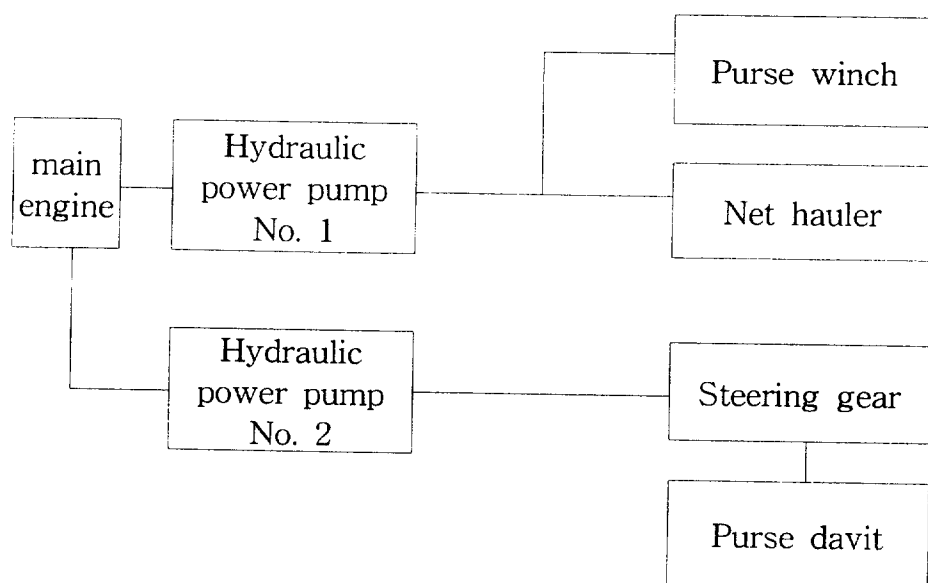


Fig. 35. Block diagram of the hydraulic system developed in this study.

Table 10. Using of main engine during the fishing operation.

Fishing process	Motion	Equipment of fishing
Fish finding and moving of vessel	Vessel propelling	-
Shooting	Vessel propelling	-
Pursing	Vessel propelling, Motion of equipment	Purse winch
Net hauling	Motion of equipment	Net and float hauler

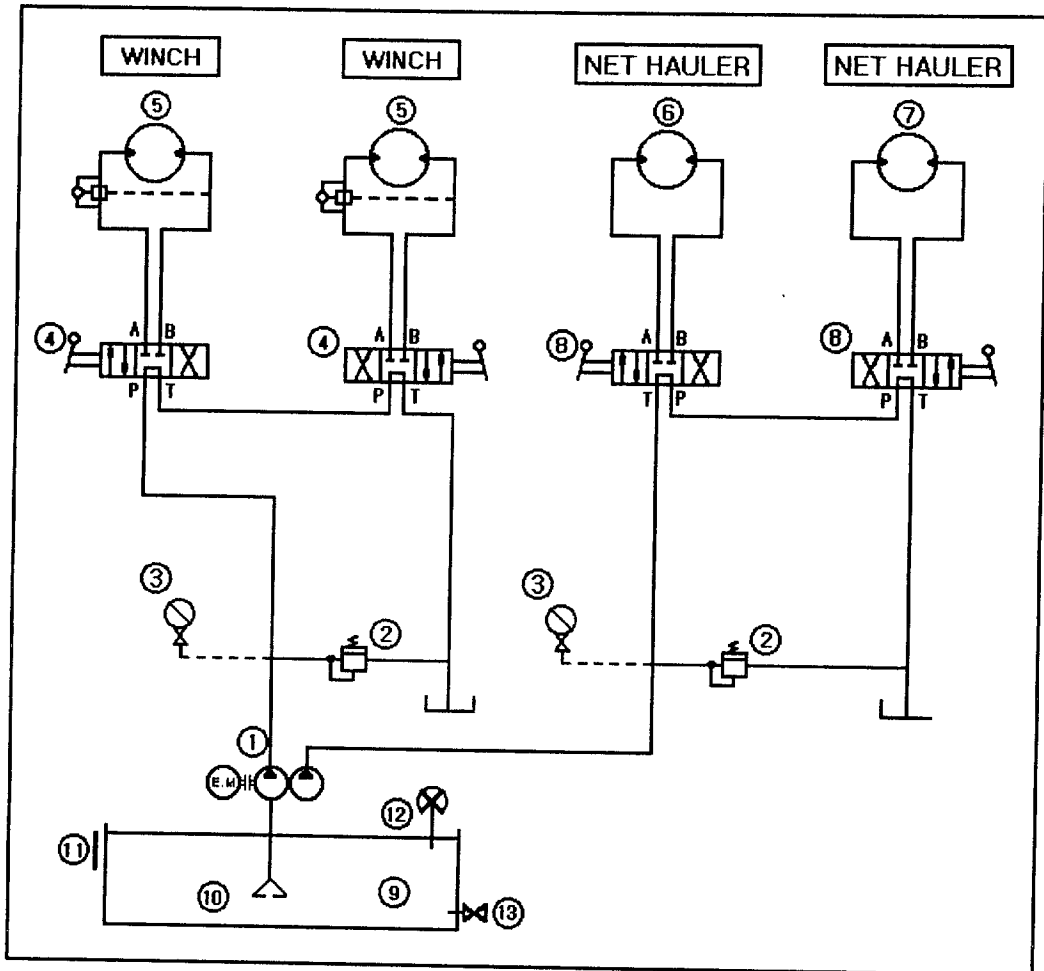


Fig. 36. Schematic diagram of the hydraulic system.

- ① hydraulic pump, ② relief valve, ③ press guage,
 ④⑧ control valve, ⑤⑥⑦ hydraulic motor, ⑨ oil tank,
 ⑩ filter, ⑪ oil guage, ⑫ air breater, ⑬ drain valve

가. 줍줄 원치(purse winch)

줍줄 원치의 정격 부하 즉, 적정 권양 능력은 정수 상태인 수조에서 실시한 모형 실험에서 어구 하단부 발줄을 체결하는데 약 1.7톤의 장력이 소요되고, 여기에 유속이나 풍속, 수심 등의 어장 환경 요인을 고려하여 권양 하중(F) 2.5ton, 권양 속도(V) 60m/min, 로프 직경(d) 18mm 및 길이(l) 200m로 설계하였다. 줍줄을 감아들이는 원치 드럼의 직경($D=2rd$, rd : 드럼 반경)은 로프 직경(d)과 전체 길이(l)를 고려하여 " $16d \leq D+d$ "의 조건(Lee, 2000)이 만족되도록 $D=300\text{mm}$ 로 하였으며, 이 때 동심원 직경 (P , mm)는

$$P=((D+d)+2 \times (n-1) \times d) \quad (1)$$

이고, n 은 드럼에 감기는 로프의 층수이다. 또한, 원치 드럼의 소요 토크 (T_d , kgf·m) 및 드럼의 회전수(N_d , rpm)는

$$T_d = F \cdot \frac{P}{2} \quad (2)$$

$$N_d = \frac{1,000 \cdot V}{\pi \cdot P} \quad (3)$$

에 의해 구할 수 있으며, 로프의 층수가 증가하면 P 가 커져 원치 드럼의 소요 구동 토크가 증가하므로 본 연구에서는 10번째 로프 층에 대한 P 를 기준으로 설계하였는데, 이 때의 P 및, T_d , N_d 는 각각 642mm, 802.5kgf·m, 30.0rpm이다.

이와 같은 조건을 고려하여 감속기의 감속비(ε), 유압 모터 소요 토크

(T_m) 및 회전 속도(N_m)를 구하면 먼저, 감속기의 감속비는 동력 전달 효율이 비교적 우수한 평기어($\eta_r=0.9$)를 1단 감속할 때,

$$T_m = T_d \times \varepsilon \times \frac{1}{\eta_r} \quad (4)$$

$$N_m = N_d \times \frac{1}{\varepsilon} \quad (5)$$

에 의해 산정하였으며, $\varepsilon=1/3$ 일 때 T_m 과 N_m 은 297.2kgf·m, 90.0rpm이 된다.

유압 모터의 용량은 유압 모터의 소요 출력 토크, 회전을 속도를 고려할 때 소요 압력(ΔP_m)과 소요 유량(Q_m) 및 소요 유체 동력(L_m)은

$$\Delta P_m = \frac{200 \pi \cdot T_m}{q_{mth} \cdot \eta_m} \quad (6)$$

$$Q_m = \frac{q_{mth} \cdot N_m}{1,000 \cdot \eta_v} \quad (7)$$

$$L_m = \frac{\Delta P_m \cdot Q_m}{450} \quad (8)$$

의 조건을 만족해야 한다. 본 연구에서는 제일유압(주) JRC-750 유압 모터를 선정하였는데, 이 유압 모터의 배제용적(q_{mth})은 748cm³/rev, 유압 모터의 기계효율(η_m)은 0.88, 용적 효율(η_v)은 0.93이다.

이들의 설계 조건을 고려하여 본 연구에 제작한 침줄 원치는 Fig. 37과 같다.

한편, 침줄 원치에서 침줄이 원치 드럼에 감기거나 풀릴 때 침줄을 인

도하는 역할을 하는 줍줄 데빗트는 Fig. 38과 같이 구성되는데, 조업 방법상 줍줄 체결 후 발줄 전체를 갑판으로 한꺼번에 인양하기 위해 데빗트의 기둥이 선내로 접혀질 수 있도록 하였다. 또한, 데빗트 기둥에 줍줄 고리를 순서적으로 끼울 수 있는 줍줄 고리 걸이대를 부착함으로서 투망시 줍줄 고리를 차례로 자동 투하되게 하여 사람이 직접 발줄을 투하하는 현행 조업 방식을 개선할 수 있고, 양망시 걸이대에 모든 줍줄 고리를 한꺼번에 끼울 수 있어 다음 투망 준비가 신속히 끝날 수 있도록 하였다.

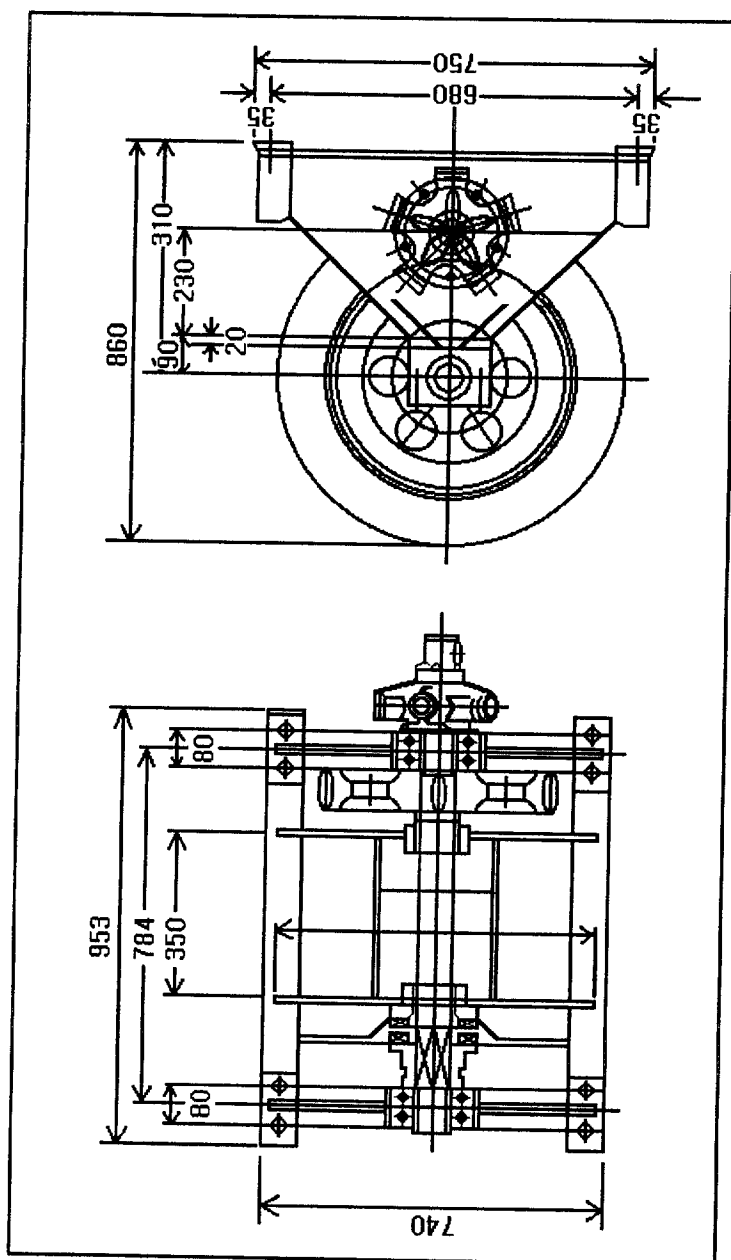


Fig. 37. Schematic diagram of the pursuing winch.

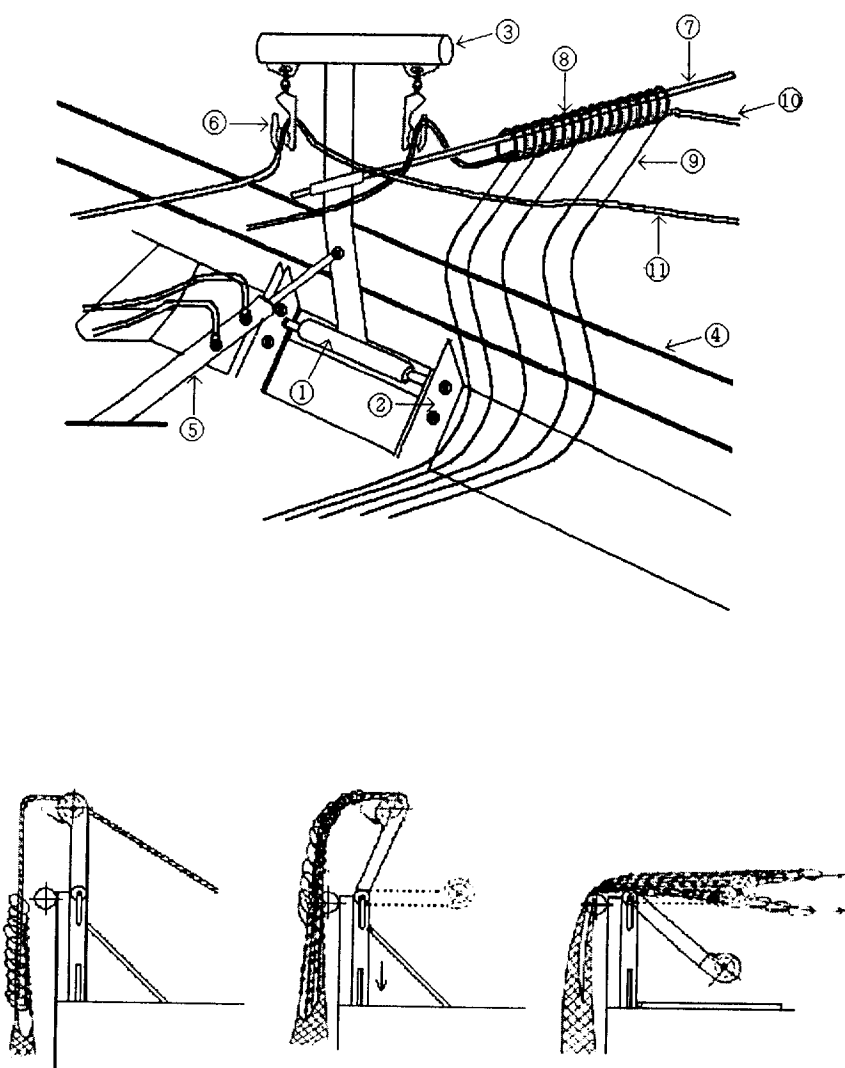


Fig. 38. Winch davit and operation.

- ① moving pipe ② bracket ③ davit boom ④ bulwark
- ⑤ hydraulic cylinder ⑥ block ⑦ purse ring boom ⑧ purse ring
- ⑨ ring line ⑩ purse line ⑪ double line

나. 양망기(net hauler)

양망기는 몸그물과 뜰줄을 양망하는 장비로 구분되는데, 본 연구에서는 몸그물 양망기 보다 소요 동력이 큰 뜰줄 권양기만을 기준으로 구동 시스템을 설계하였다.

뜰줄 권양기의 양망 능력은 권양 하중(F) 0.5ton, 뜰줄 권양 속도(V) 40m/min로 설계하였는데, 롤러의 유효 직경(D_d)을 300mm, 롤러의 회전 속도(N_d)를 42.5rpm으로 산정하였다. 이상의 조건하에 (2)식을 이용하여 계산한 롤러의 소요 토크(T_{dr})는 75kgf·m이고 롤러의 출력(L_d)은

$$\begin{aligned} L_d &= T_{dr} \cdot \omega \\ &= \frac{T_{dr} \times 2\pi N_d}{75 \times 60} \end{aligned} \quad (9)$$

에 의해 5.2PS가 된다. 이에 대한 유압 모터의 용량은 뜰줄 권양기의 규모를 고려하여 소형이어야 하는데, 뜰줄 권양시 적정한 힘을 발휘하기 위해서는 감속비를 크게 할 수밖에 없다. 따라서, 본 연구에서는 감속비(ε)가 1/20인 감속기어 장치를 사용하였으며, 감속장치의 기계효율은 $\eta_r=0.8$ 로 하였다. 이때의 유압 모터 소요 토크(T_m) 및 회전 속도(N_m)는 (4), (5)식에 의해 각각 4.7kgf·m, 850rpm이 된다.

또한, 유압 모터의 배제 용적 $q_{mth}(\text{cm}^3/\text{rev})$ 는 (6)식에 의해 구할 수 있는데, 유압 모터 소요압력($\angle P_m$)을 90kgf/cm², 기계효율(η_m)과 용적 효율(η_v)을 0.85로 할 때 배제용적은 38.6 cm³/rev이 되고, 이로부터 소요 유량(Q_m)과 소요 유체 동력(L_m)은 (7), (8)식에 의해 각각 38.6l/min,

7.7PS이 된다.

이 설계 조건을 고려하여 본 연구에서는 유압 펌프로써 최고 압력이 300kgf/cm^2 이고, 최고 회전 속도가 2,500rpm인 제일유압사(주)의 JPT-54 유압 펌프를 선택하여 사용하였다.

한편, 설계·제작된 땀줄 권양기는 Fig. 39와 같고, 세부 구성은 Fig. 40과 같다. 이것에서 보면, 땀줄 권양기는 유압 모터로서 구동되는 1개의 권양 롤러와 자유 회전하는 보조 롤러외에 땀줄 이탈 방지기와 땀줄 가이드 바, 몸그물 처리봉을 권양 롤러의 상부와 전면 및 하부에 위치하도록 프레임에 구성하였다. 이로 인해 땀줄을 항상 구동 롤러 드럼으로 유도하되 땀줄에 부착된 그물살은 드럼 밖으로 통과시켜 몸그물 양망기로 보낼 수 있으며, 권양되는 땀줄과 몸그물이 드럼을 타고 넘지 않고 드럼 아래쪽 선내로 권양 될 수 있다. 또한, 연결부에 좌·우 각도 조절구가 가공된 플랜지를 부착하여 축으로 삽입 축결하르로서 자유 회전되게 하였고, 프레임에 각도 조절용 플랜지를 장착하여 땀줄이 인양되는 방향에 따라 구동 롤러의 각도를 좌우 및 상하로 적절히 조정할 수 있게 하였다.

한편, 몸그물 양망기는 어구의 하단부인 발줄과 상단부인 땀줄이 선수의 땀줄 원치와 선미의 땀줄 권양기에 의해 선내로 양망되기 때문에 현측 중앙에서 어구의 중앙부인 몸그물만을 독립적으로 양망할 수 있어야 한다. 그러므로 어구를 한꺼번에 뭉쳐서 양망을 수행하는 일반적인 장비로는 곤란하고, 몸그물을 부분적으로 양망할 수 있는 형식이 요구되기

때문에 고무재질로 피복된 두 개의 롤러가 서로 밀착하여 역회전함으로써 그 마찰력에 의해 그물살이 양망되는 볼 롤러 형식을 채택하였다. 이것에 대한 구성은 Fig. 41과 같은데, 구동부는 프레임에 기어와 회전 축을 부착하여 마스트의 축관에 연결되므로 좌·우 회전이 가능해져 양망 위치를 수시로 변경할 수 있고 그물감의 적재 위치를 적절히 조절할 수 있는 특징이 있다.

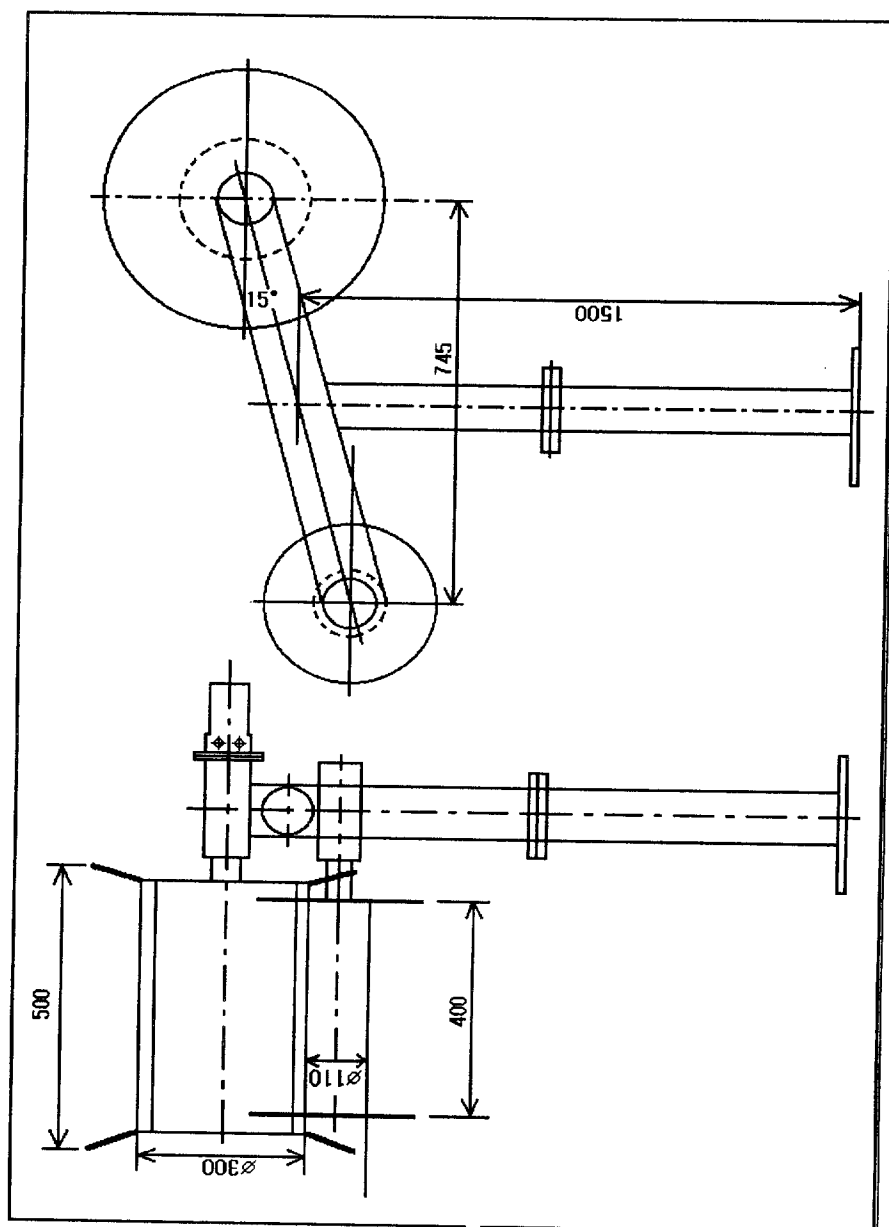


Fig. 39. Schematic diagram of the float line roller.

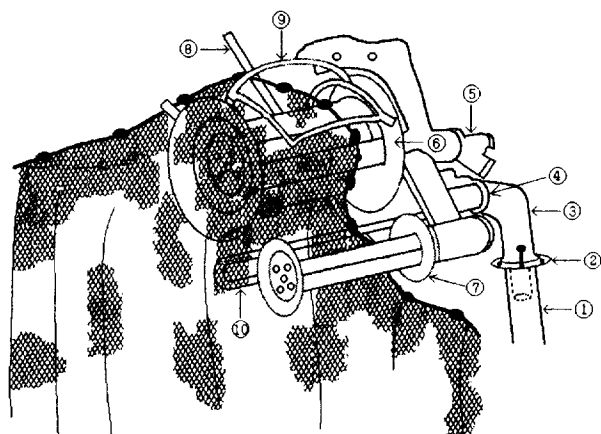


Fig. 40. A net hauler used in hauling of float line.

- ① sustain pipe ② control frange(left and right) ③ frame
 ④ control frange(up and down) ⑤ hydraulic motor ⑥ drum
 ⑦ assistant roller ⑧ float line guide bar ⑨ float line sustain bar
 ⑩ net bar

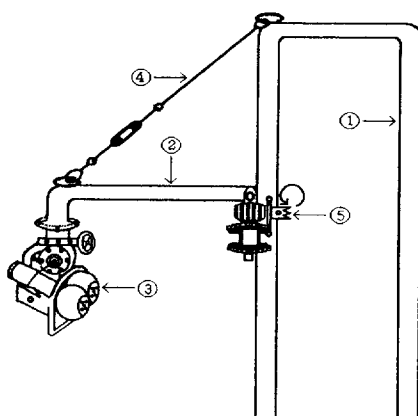


Fig. 41. A ball roller used in hauling of body net.

- ① mast ② frame ③ ball roller ④ sustain pipe ⑤ control stopper

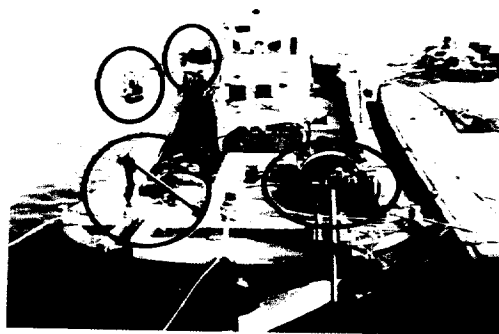


Fig. 42. Arrangement of fishing operation equipments for developed in this study.

2) 실물 어구 구성 및 어획 실험

(1) 개량 어구 선정과 실물 어구의 확대

본 연구에서 선정한 개량 어구는 모형 실험에서 조업 과정에 따른 어구의 전개 형상 및 침줄 체결 상태 등이 매우 양호하게 나타난 Fig. 17의 중앙부 최대 깊이형 어구를 기본형으로 하고, 어구의 깊이 범위에 대해서만 중앙부 최대 깊이형 (B)와 (C)어구를 고려하여 확정하였다. 즉, 수온이 떨어지는 가을철에 접어들면서 가끔씩 수심이 20m이상 되는 외해 쪽에서도 어장이 형성되는 경우도 있으므로 어구의 전개 깊이를 (C)형 어구보다 증대시켜야 한다는 전어 선망 어업자들의 의견을 수렴하고, 조업시 조석차에 의한 조류의 세기 정도가 어구의 전개에 미칠 수 있는 영향 등을 고려하여 어구의 전개 최심부를 (B)형 어구의 규모로 확정하였다.

Fig. 43은 본 연구에서 확정된 개량 어구의 실물 어구로 Table 11의 재료로 구성되는데, 어구의 양쪽에서 침줄을 조일시 어구 하단부가 부상하는 것을 억제하고자 어구의 양 끝에서 중앙부 쪽으로 30m까지는 발돌량을 다른 부분보다 많이 배치하고 끝부분에 약 15kg의 침강재를 부착함으로서 전체적으로 현용 어구에 비해 침강력을 50% 증대하였다(Fig. 44).

한편, Fig. 45는 조업시 어구에 부착되는 각종 로프의 구성을 보여주는 것으로 뜰줄과 발줄을 연결한 고삐줄과 어구 양 쇄줄에 고리를 부착하여

끼우는 쥘 줌줄 및 발줄에 약 5m간격으로 1.5m정도의 아랫줄을 내어 부착한 줌줄 고리에 끼우는 줌줄, 줌줄 끝에 부착하여 선박에 연결되는 헛줄 등으로 구성된다. 특히, 줌줄은 수중에 침강하는 연심이나 와이어 로프로 [어망 길이+어망 깊이+ α , α :어망이 투하 완료된 후 선박이 진행하는 거리]만큼의 길이로 하고, 헛줄은 표층에 부상하는 섬유 로프로 [<어망 포위권(어망 길이+선박 진행거리)/원주율>+어구깊이] 만큼의 길이로 구성하는데, 권양시 줄의 꼬임을 방지하기 위해 약 50m 간격으로 양방향 도래를 부착하고, 두 줄을 수시로 분리할 수 있도록 샤클로 연결하되 줌줄 고리 내정보다 큰 개폐용 스톱퍼를 연결부 샤클에 부착하여 투망시 헛줄이 1번 고리를 통과하지 못하게 함으로서 줌줄 조임시 어포부 고배줄을 선박으로 유도하도록 함을 특징으로 한다(Fig. 46).

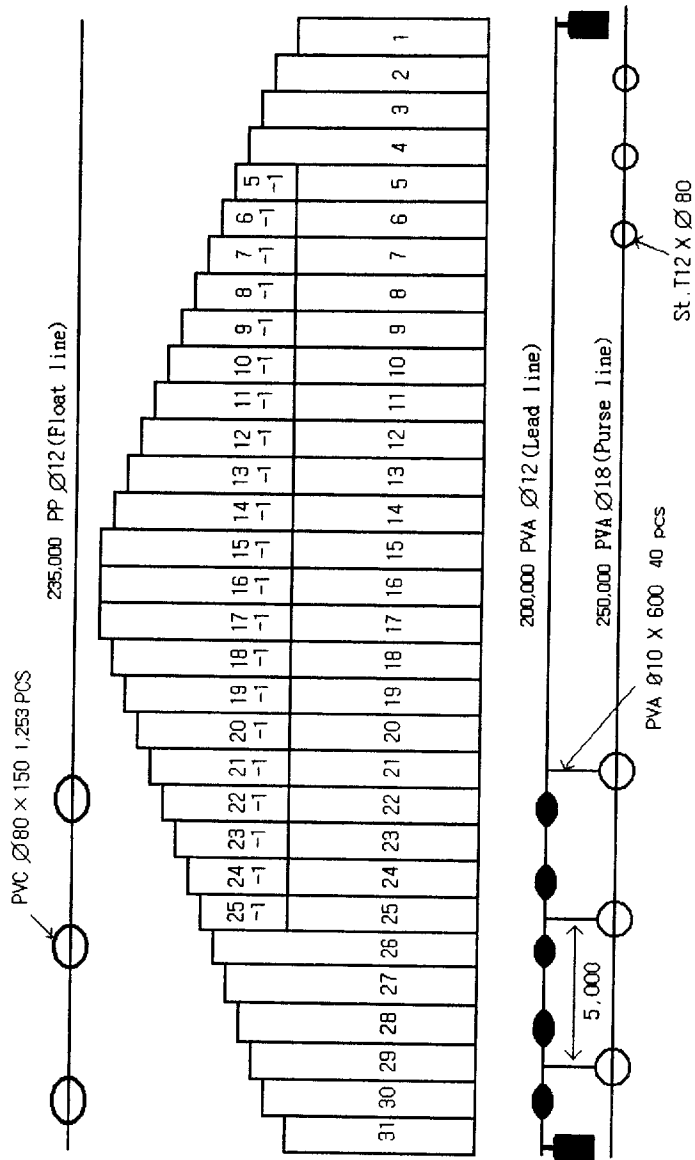


Fig. 43. Developed drawing of purse seine for gizzard-shad.

Table 11. Material construction of net indicated in Fig. 38

No	Specification of net
1	Td 210×12, 27.5mm, 400×25.0m
2	Td 210×12, 27.5mm, 400×27.0m
3	Td 210×12, 27.5mm, 400×29.0m
4	Td 210×12, 27.5mm, 400×31.0m
5~25	Td 210×6, 27.5mm, 400×25.0m
26	Td 210×12, 27.5mm, 400×35.0m
27	Td 210×12, 27.5mm, 400×33.0m
28	Td 210×12, 27.5mm, 400×31.0m
29	Td 210×12, 27.5mm, 400×29.0m
30	Td 210×18, 23.3mm, 400×27m
31	Td 210×18, 23.3mm, 400×25m
5-1	Td 210×6, 27.5mm, 400× 8.0m
6-1	Td 210×6, 27.5mm, 400×10.0m
7-1 25-1	Td 210×6, 27.5mm, 400×12.0m
8-1 24-1	Td 210×6, 27.5mm, 400×14.0m
9-1 23-1	Td 210×6, 27.5mm, 400×16.0m
10-1 22-1	Td 210×6, 27.5mm, 400×18.0m
11-1 21-1	Td 210×6, 27.5mm, 400×20.0m
12-1 20-1	Td 210×6, 27.5mm, 400×22.0m
13-1 19-1	Td 210×6, 27.5mm, 400×23.0m
14-1 18-1	Td 210×6, 27.5mm, 400×24.0m
15-1 16-1 17-1	Td 210×6, 27.5mm, 400×25.0m

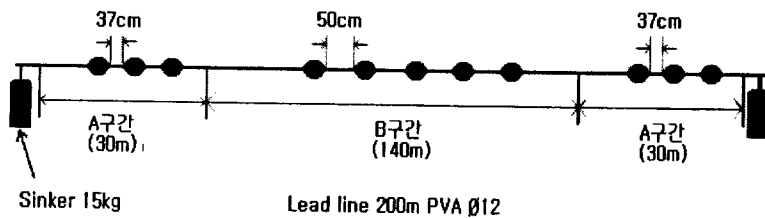


Fig. 44. Arrangement of sinker for lead line.

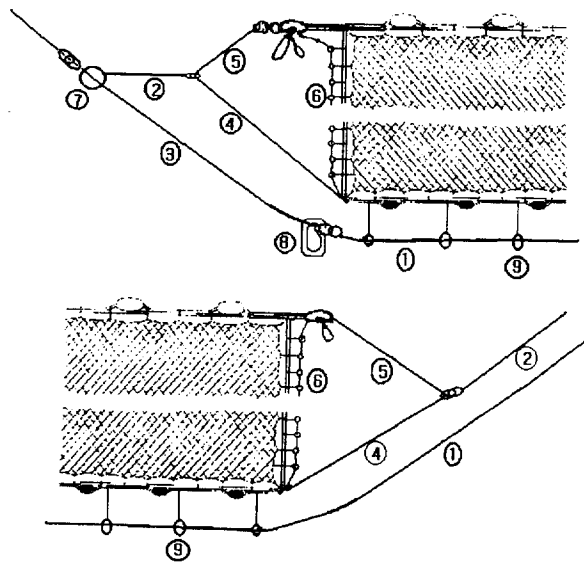


Fig. 45. Composition of net for fishing operation.

- ① purse line ② tow line ③ double line ④ ⑤ service line
- ⑥ breast purse line ⑦ double line ring ⑧ stopper ⑨ purse ring

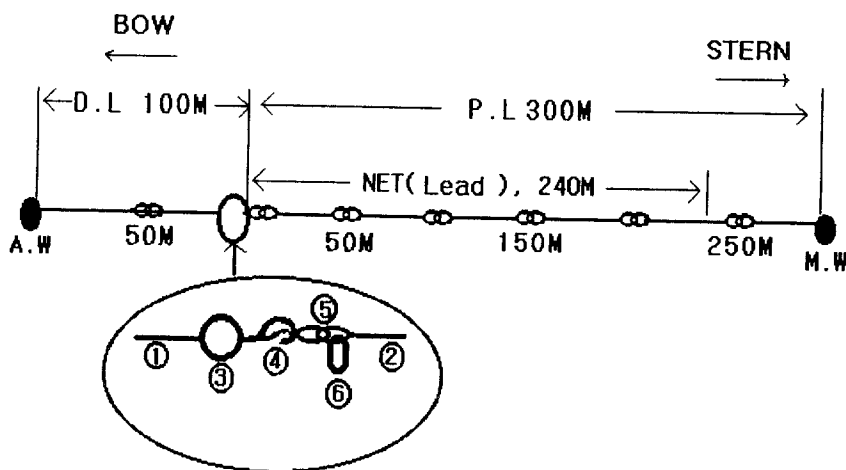


Fig. 46. Arrangement of double line and purse line.

- ① double line ② purse line ③ double line ring ④ hook
⑤ swivel ⑥ stopper

※ D.L : Double line, P.L : Purse line, M.W : Main Winch,
A.W : Assistant winch

(2) 어획 실험

어획 실험은 전어 선망 어업이 본격적으로 수행되는 2001년 8월 중순부터 10월 중순까지 전남 여수 연안의 가막만과 광양만, 여자만 등에서 Table 3의 홍광호에 본 연구에서 고안·설계된 개량 어구와 조업 장비를 설비하여 수행하였으며, 어획 실적을 통해 개량 어구 및 조업 시스템의 성능을 검증하였다. 또한, 개량 어구의 침강력과 조업 진행에 따른 어구 하단부 심도 변화는 어포부에서 0m와 75m, 125m 및 200m지점의 발줄에 Fig. 6과 같이 자기식 수심 로그(Minilog/TD, Vemco)를 부착하여 0.5초마다 수심을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 어구의 침강 속도 및 조업 과정에 따른 심도 변화

Fig. 47과 Fig. 48은 수심 11.5m인 어장에서 자기식 데이터 로그 (Minilog/ TD, Vemco)에 측정된 발줄의 침강 속도와 줍줄 채결에 따른 발줄의 심도 변화를 나타낸 것이다. Fig. 47에서 보면, 투망 후 어구 하단부 발줄이 최고 수심에 도달할 때까지의 침강 속도는 어구의 위치에 따라 차이를 보이는데, 투망 시작부인 어포부의 경우 해저까지 도달하는 침강 속도가 평균 13.3cm/sec이고, 어포부에서 어구 길이의 75m부분과 125m부분은 17.8cm/sec와 17.0cm/sec이며, 투망 종료부인 어구 끝부분은 10.5cm /sec였다.

이와 같이 어구의 침강 속도는 투망 시작부에서 중앙부로 갈수록 빨라지다가 투망 종료부에서 현저히 감소하였는데, 이러한 이유는 투망시 어구 하단부인 발줄이 동시에 인출되는 줍줄의 영향을 받기 때문이라고 할 수 있다. 즉, 투망을 시작하면 어구와 줍줄이 선박의 진행 속도에 의해 자동으로 별다른 간섭없이 동시에 투하되기 때문에 곧바로 침강할 수 있고, 투망이 진행 될 수록 먼저 투망된 발줄양이 많아져 수중 침강력이 증가되므로 침강 속도가 빨라진다고 할 수 있다. 그러나, 투망 종료부에서는 발줄을 채결하기 위한 준비로 줍줄 인출을 제한하기 때문에 어구 하단부인 발줄이 충분히 침강하지 못하고 침강 속도도 느리게 나타남을 볼 수 있다.

한편, Fig. 48은 투망 후 대부분의 발줄이 해저까지 충분히 침강하였다가 줍줄 조임으로 해저에서 부상하면서 동시에 체결되는 것을 보여 주는데, 발줄이 5분 이내에 완전히 체결되어 인양되므로 현행 조업 방법과는 비교할 수 없이 짧아 현행 조업에서 생력화 조업을 달성하는데 가장 큰 어려움으로 지적된 어군 탈출방지장치인 목봉을 사용하지 않고서도 어구 자체가 어군을 충분히 차단할 수 있을 것으로 사료된다.

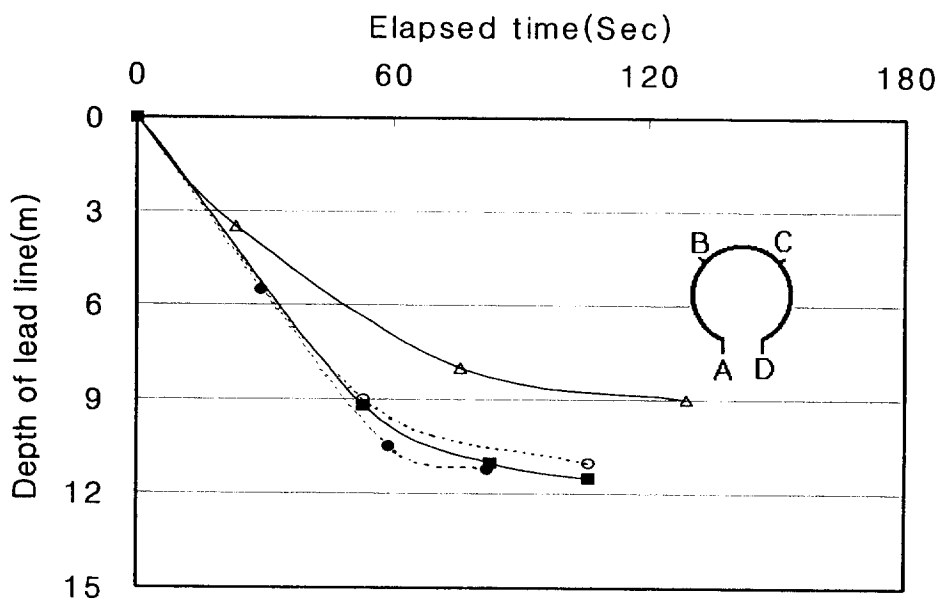


Fig. 47. Sinking speed of the lead line with elapsed time.

—■— Bunt-end part A ...●... Quarter part B
 ...○... Quarter part C —△— Wing-end part D

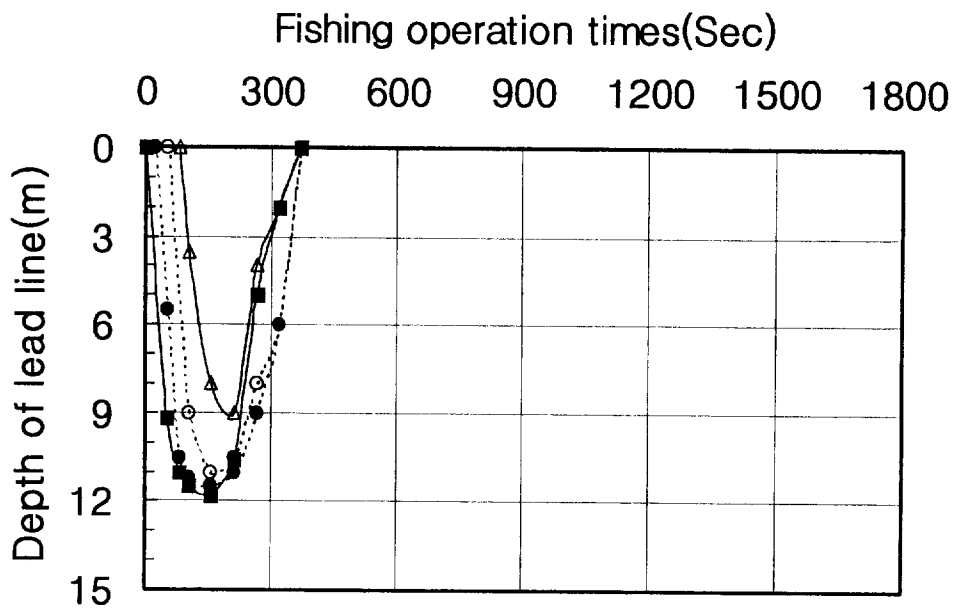


Fig. 48. Movement of lead line during the fishing operation.

—■— Bunt-end part A ····●··· Quarter part B
 ····○··· Quarter part C —△— Wing-end part D

2) 어획 및 조업 수행 능력

어획 실험 기간 동안 어획량은 Fig. 49와 같은데, 일일 평균 2.5회에 총 77회의 조업에서 총 어획량은 73,080kg으로 조업 당 949kg을 기록하였고, 1회 조업에 최고 6톤의 어획량을 기록하는 경우도 있었다. 이러한 어획 결과를 일반 선박인 Fig. 2의 명선호와 은혜호의 어획 실적과 비교하면, 명선호의 경우 총 83회(일일 평균 1.6회)의 조업을 수행하여 총 어획량이 40,990kg(조업 당 494kg)이었고, 은혜호는 총 54회(일일 평균 2.1회)의 조업을 수행하는 동안 어획량이 58,960kg(조업 당 1,092kg)으로 조사되었기 때문에 본 연구에서 얻은 어획 실적은 현장에서 충분히 경쟁력이 있음을 보여준다 하겠다.

또한, 기존의 조업에서는 1회 조업에 2시간~2시간 30분 정도가 소요되는데 비해 본 연구에서 채택한 조업 시스템은 다음 조업을 위한 반복되는 작업과 목봉 설치 등을 제거하여 조업 과정을 단순화시킴으로서 30~40분 정도의 시간으로 모든 조업 과정이 완료되어 기존의 조업 방식보다 조업 시간이 70%이상 절감되었으며, 유압식 조업 장비에 의한 기계화 조업으로 3~4명의 인원이 충분히 조업을 수행할 수가 있어 인건비의 비중을 50~60% 절감시키는 효과를 보았다.

이와 같이 본 연구에서 개발한 어구 및 조업 시스템은 기존의 어업에 비해 어획 성능은 보장하면서 조업 수행에 소요되는 시간이나 인력 등은 크게 감축시킬 수 있으므로 기존의 어업에서 가장 큰 문제점으로 지적되는 과다한 어업 생산 경비를 대폭 절감할 수 있는 장점이 있다.

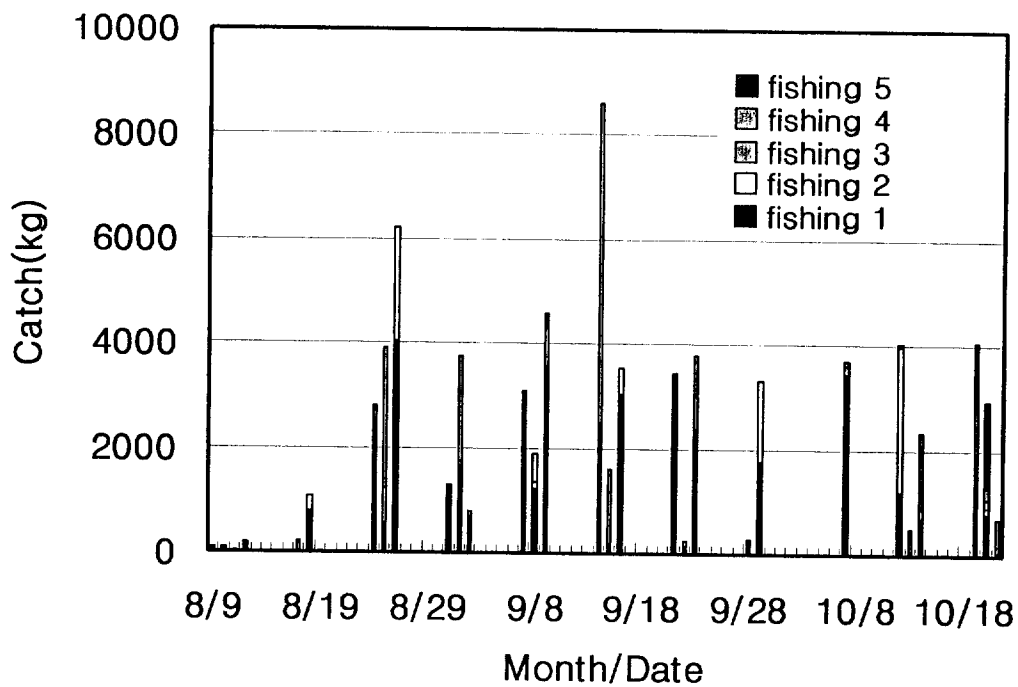
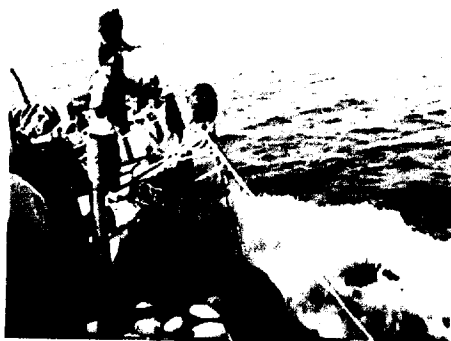
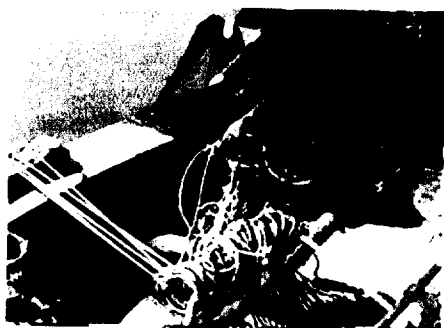


Fig. 49. The catch of during the fishing experiment.



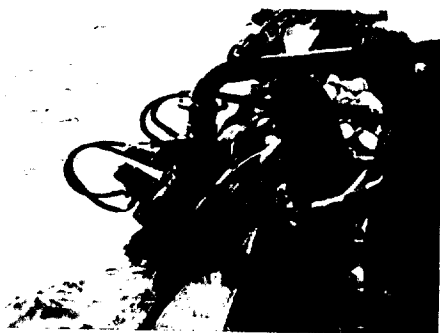
〈Shooting〉



〈Pursing of lead line〉



〈Hauler of float line〉



〈Hauler of body net〉



〈Fish of bunt〉

Fig. 50. Examination of fishing operation in the field.

VI. 요 약

전어 선망 어업은 어항으로부터 1~2시간 항해 거리인 내만에서 소형 어선을 이용하여 조업함으로 어획물을 어항까지 빠른 시간에 운반하여 활어나 선어로 판매할 수 있는 장점 때문에 오래 전부터 유지되어온 전통적 어업이다. 최근에는 횡감용으로 전어의 활어 수요가 증가되고 있기 때문에 더욱 활발하게 조업이 이루어지고 있다.

그러나, 현행 전어 선망 어업은 어구·어법이 지금까지 큰 변화 없이 과거의 방식을 답습하고 있고, 한정된 어장과 자원량에 비하여 오히려 어구의 규모는 매년 증대되고 있어 어업의 경제성이 크게 저하되고 있는 실정이다. 이러한 상황은 근본적으로 어구 구조 및 규모의 비합리성과 생력화되지 못한 조업 시스템에 가장 큰 원인이 있는 것으로 파악되었기 때문에 이를 개선하는 것이 시급하다고 볼 수 있다.

본 연구는 전어 선망 어업의 생산 경비를 대폭 절감시킬 수 있는 생력화 조업 시스템을 구축함으로써 어업의 경쟁력을 확보하는 것을 목표로 어구 개량 및 조업 장비를 개발하는데 주력하였다. 먼저, 현장에서 현행 어구·어법의 실태와 어군의 행동 및 현용 어구의 수중 전개 형상 등을 조사하였고, 이를 바탕으로 고려될 수 있는 어구에 대한 모형 실험을 통하여 개량 어구의 기본형을 도출하였다. 또한, 조업 중 어군의 탈출을 방지하면서 생력화 조업이 가능한 조업 시스템을 고안·설계하여 소형 선박

1척으로 최소의 인원이 조업할 수 있는 시스템을 확립하고, 그 가능성을 해상에서 어획 실험을 통해 검증하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 현용 전어 선망 어구는 깊이가 동일한 직사각형의 구조이고, 깊이는 35~45m, 길이는 400~500m 범위이며, 길이에 대한 깊이의 비율은 10%이하로 구성된다.

2) 현용 전어 선망 어구의 발줄은 조업시 투망 직후부터 인양되는 시점까지 대부분 해저에 닿아있고, 어군의 탈출방지용인 목봉이 발줄을 유지하는 깊이는 평균 2.7m로서 현장 어민들이 희망하는 것보다 훨씬 낮았다.

3) 그물에 갇힌 전어는 투망 후 곧바로 침하 하였다가 다시 부상하는 수직 행동을 반복적으로 보이고, 그물 벽을 돌기 시작하는 어군과 일정한 유영 패턴 없이 포위권내를 직선적으로 이동하는 어군으로 구분되었으며, 그물 벽을 타고 도는 어군은 쉽게 그물감에 갇히는 경향이였다.

4) 어구의 양 옆 개구부에서 어군은 탈출방지용인 목봉을 설치한 후에도 목봉의 하방에서 계속적으로 탈출하여 목봉의 역할이 미비한 것을 알 수 있었다.

5) 현용 어구에 줍줄을 장착하였을 때는 줍줄을 조임과 동시에 거의 직선적으로 발줄이 부상하고, 줍줄이 완전히 조여지기도 전에 어구의 하단부가 먼저 표층으로 부상하였다. 따라서 현용 어구에 단순히 줍줄만을 장착하는 것은 오히려 어구 성능을 저하시킨다는 것을 알 수 있었다.

6) 어구의 양쪽 섹 부분을 최소 전개 깊이인 20m로 고정하고 중앙부 깊이를 30m와 40m 및 50m로 설계한 개량형 어구의 줍줄 체결 수심은 15~23m로 나타나 현행 어장에서 어군을 차단하기에 충분하였다.

7) 조업 장비의 동력화는 소형 어선의 규모를 고려하여 주 기관의 축에서 구동되는 한 대의 유압 펌프로 모든 조업 장비가 작동되도록 설계하였다.

8) 개량 어구의 발줄 체결에 소요되는 시간은 5분내로 매우 짧아 별도의 어군 탈출방지용인 목봉을 사용하지 않고도 어구 자체가 어군의 탈출을 충분히 차단할 수 있을 것으로 사료되었다.

9) 어획 실험은 일일 평균 약 2.5회, 총 77회의 조업을 실시하여 1회 조업 당 949kg, 총 73,080kg의 어획량을 어획하였으며, 이러한 조업 실적을 현행 어업과 비교해 볼 때, 본 연구에서 채택한 개량 어구의 어획 성능은 현장 실용화에 충분하다는 것을 확인할 수 있었다.

10) 본 연구에서 채택한 조업 시스템은 1회 조업에 소요되는 시간이 30~40분으로 현용 조업 방식 보다 약 75%가 절감되었으며, 소요 인력도 3~4명으로 약 55~63%가 절감되었다.

참 고 문 헌

- 1) 海洋水産部(1997) : 水産海洋統計年報.
- 2) 國立水産振興院(1995, 1996) : 研究事業報告書.
- 3) 國立水産振興院(1997) : 沿岸漁業基本調査報告書.
- 4) 國立水産振興院(1989) : 現代韓國漁具圖鑑.
- 5) 國立水産振興院(2000) : 水産振興院研究報告 58.
- 6) 金大安(1999) : 漁具學 總論, 現代出版社.
- 7) Tauti, M.(1934) : A relation between experiments on model net and on full scale of fishing net, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 3(4), 171~174.
- 8) Kim, D. A.(1997) : Flow resistance and modeling rule of fishing nets, 3. Establishment of modeling rule and its theoretical examination, Jour. Kor. Soc. Fish., 30(4), 543~549 (in Korean with English abstract).
- 9) Yokoda(1953) : A study on the sardine in Hyuganada and Bongo channel, Bull. Sei. Reg. Fish. Res. Lab, 2, 148~150 (in Japan with English abstract).
- 10) Kawamura, G.(1974) : Field observation on the movement of fish aggregated to attracting lamps. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 40(1), 27~34 (in Japan with English abstract).
- 11) Iitaka Y.(1954) : Model experiments on the sardine purse seine

- operating in Hyuganada- I , Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 20(7), 571 ~ 575 (in Japan with English abstract).
- 12) Iitaka Y.(1955) : Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada-II, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 21(1), 6 ~ 11 (in Japan with English abstract).
- 13) Inoue, M.(1954) : Model experiments on the sardine ring net, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 19(9), 942~946 (in Japan with English abstract).
- 14) Iitaka Y.(1957) : Study on the fishing capacities of purse seine(2), Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 23(1), 24~26 (in Japan with English abstract).
- 15) Kondo, Y. and Hamada, E.(1960) : Study on purse seine by measuring- I , On shape of sardine purse seine operating in Bongo channel, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 26(3), 264~266 (in Japan with English abstract).
- 16) Inoue, M.(1961) : A study of fishing power of the purse seine fishery, Jap. Tokyo Univ. Fish., 49(2), 123~248 (in Japan with English abstract).
- 17) Shimozaki, Y., Osawa, Y. and Niwa, Y.(1988) : On the tension on a purseline in purse seining, Bull. Nat. Res. Inst. Fish. Eng., 9, 303~310 (in Japan with English abstract).
- 18) Shimozaki, Y., Ohashi, E., Osawa, Y. and Sasakawa, Y.(1975) : Investigation on the result of fishing condition and efficiency of

- skipjack tuna purse seine operation in tropical waters-2, Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 81, 101~125 (in Japan with English abstract).
- 19) Iitaka, Y.(1971) : Purse seines designs and construction in relation to fish behavior and fishing condition, Modern Fishing Gear of the World.
- 20) Ishii, K. and Konagaya, T.(1961) : On the form and the tension of purse line of a purse seine, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 27(9), 847~849 (in Japan with English abstract).
- 21) Konagaya, T.(1970) : Studies on the design of the purse seine-Ⅱ, Effect of the mesh and the specific gravity of webbing, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 37(1), 8~12 (in Japan with English abstract).
- 22) Shou C. Y.(1980) : Study on the catching possibility and sinking characters of purse seine, Jour. Taiwan Coll. Mari. Sci. Tech. 15 (in Chines with English abstract).
- 23) Park, J. S.(1986) : Studies on the mackerel purse seine operating in the sea area of Cheju Island(1), Model experiment on the change of net shape in stagnant water, Bull. Kor. Fish. Tec. Soc., 22(2), 7~15 (in Korean with English abstract).
- 24) Kim, S. J., Imai, T. and Park, J. S.(1995) : Characteristics on the motion of purse seine(Ⅰ)・(Ⅱ), Bull. Kor. Fish. Tec. Soc., 31(4), 362~371 (in Korean with English abstract).
- 25) Park, J. S, Kim, S. J. and Kim, S. G.(1997) : A Study on the

behaviour of fish schools in the process of catch of the purse seine fishing method, Bull. Kor. Fish. Tec. Soc., 33(3), 173~182 (in Korean with English abstract).

- 26) Kim, S. J.(1999) : A study on the tension of a purseline in the process of catch of the purse seine fishing method- I , Model experiment on the tension of a purseline by net shapes, Bull. Kor. Fish. Tec. Soc., 35(1), 93~100 (in Korean with English abstract).
- 27) Lee, I. Y.(1986) : Oil Hydraylic Technology for Automation of Fishing(1), Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 22(3), 47~57 (in Korean with English abstract).
- 28) Moon, D. H., Yang, J. H., Lee, I. Y. and Yang, J. W.(1999) : Design of unification of power device of stow net fishing system - Unification of power device by hydraulic power, Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 35(1), 65~76 (in Korean with English abstract).
- 29) Lee, D. J., Shin, H. O. and Shin, H. H.(2000) : Improve design in fishing operating system for small inshore and coastal fishing vessels- I , Design of a automatic winch system, Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 36(1), 12~24 (in Korean with English abstract).

감사의 글

본 연구를 수행함에 있어 시종 세심한 지도와 자상한 충고를 아끼지 않으신 김진건 지도교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 그리고 이 논문의 작성을 위해 많은 조언과 격려를 해주신 신형일 교수님, 이대재 교수님, 김형석 교수님, 학부 때부터 오늘에 이르기까지 학문의 길로 이끌어 주신 여수대학교 김대안 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

아울러 어려운 여건에서도 대학원 생활과 연구할 수 있는 환경을 배려해 주신 여수대학교 실습선 김용주 선장님과 신형호 교수님 그리고 동백호 식구들, 평소에 관심과 격려를 아끼지 않으셨던 김동수 교수님, 이길수 교수님, 이조출 교수님, 김재식 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

또한, 가까이서 현장 실험과 논문 작성에 많은 도움을 준 여수대학교 정채만 선생님, 고재운 조교, 김대진 대학원생, 학부생 박희용, 박규태 군에게도 감사하는 바입니다.

끝으로 변함 없이 지켜봐 주시고 후원해 주신 부모님과 가족들, 어려운 생활 여건을 감내하며 정성을 다하여 내조를 해준 아내에게 감사의 마음을 전합니다.