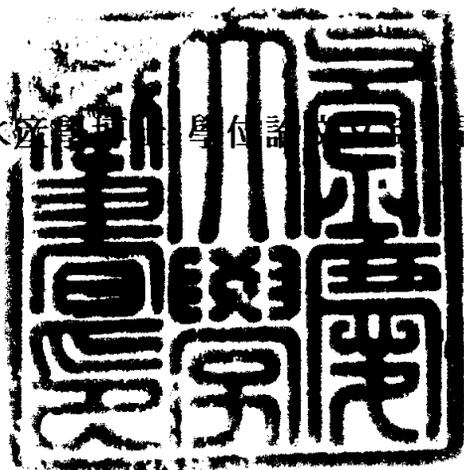


水産學博士 學位論文

기선권현망 어구어법의 개량에  
관한 연구

指導教授 李 珠 熙

이 論文을 水産學博士 學位論文으로 提出함



2003 年 8 月

釜慶大學校大學院

水産物理學科

安 泳 秀

# 安泳秀의 水産學博士 學位論文을 認准함

2003 年 6 月 日

主 審 水産學博士

副 審 工學博士

委 員 水産學博士

委 員 水産學博士

委 員 水産學博士

李 春 雨

姜 日 權

權 炳 國

金 炯 碩

李 珠 熙



# 목 차

List of Figures .....	iv
List of Tables .....	viii
List of Photos .....	ix
Abstract .....	x
I. 서 론 .....	1
1.1 연구의 배경과 목적 .....	1
1.2 연구사례 .....	3
1.3 연구의 개요 .....	4
II. 축소형 실물어구의 전개성능 .....	5
2.1 서 론 .....	5
2.2 재료 및 방법 .....	7
1. 시험어구 .....	7
2. 실험방법 .....	9
2.3 결과 및 고찰 .....	13
1. 망 고 .....	13
2. 어구형상 .....	19

3. 어구저항 .....	32
<b>III. 어구에 대한 멀치의 도피행동 .....</b>	<b>33</b>
3.1 서 론 .....	33
3.2 재료 및 방법 .....	34
3.3 결과 및 고찰 .....	38
<b>IV. 축소형 개량어구의 전개성능 .....</b>	<b>48</b>
4.1 서 론 .....	48
4.2 재료 및 방법 .....	50
1. 시험어구 .....	50
2. 실험방법 .....	52
4.3 결과 및 고찰 .....	56
1. 축소형 개량어구 A형의 전개성능 .....	56
2. 축소형 개량어구 B형의 전개성능 .....	65
3. 어구저항 .....	74
<b>V. 생력형 어구의 전개성능 .....</b>	<b>77</b>
5.1 서 론 .....	77
5.2 재료 및 방법 .....	78

1. 시험어구 .....	78
2. 실험방법 .....	81
5.3 결과 및 고찰 .....	83
1. 망 고 .....	83
2. 어구형상 .....	86
3. 어구저항 .....	89
4. 조업시스템 개선 실험 .....	91
5. 작업효율성 분석 .....	97
<b>VI. 종합고찰 .....</b>	<b>99</b>
<b>VII. 요약 .....</b>	<b>105</b>
<b>감사의 글 .....</b>	<b>108</b>
<b>참고문헌 .....</b>	<b>110</b>

## List of Figures

Fig. 2-1. Developed drawing of the half size prototype net. ....	8
Fig. 2-2. Experimental fishing positions. ....	11
Fig. 2-3. Setting position of Minilog(•). ....	12
Fig. 2-4. Vertical opening of the half size prototype net A and B as function of the distance between boats. ....	15
Fig. 2-5. Vertical opening of the half size prototype net A and B as function of the towing speed. ....	18
Fig. 2-6. Working depth of the half size prototype net A and B as function of the elapsed time from cast. ....	20
Fig. 2-7. Working depth of the half size prototype net A and B as function of the distance between boats. ....	24
Fig. 2-8. Working depth of the half size prototype net A and B as function of the towing speed. ....	27
Fig. 2-9. Working depth of the half size prototype net A and B after decreased distance between boats(—) and just before net hauling(- · -). ....	29
Fig. 2-10. Working depth of the half size prototype net A and B	

after started net hauling. ....	31
Fig. 2-11. Resistance of the half size prototype net A and B as function of the towing speed. ....	32
Fig. 3-1. Developed drawing of the traditional net. ....	35
Fig. 3-2. Measuring points in the anchovy boat seine for water. ..	36
Fig. 3-3. The relationship between body length and weight of anchovy, <i>Engraulis japonicus</i> caught during the experimental operation. ....	38
Fig. 3-4. Flow speed in the mouth of traditional net anchovy boat seine on June 14, 1999. ....	41
Fig. 3-5. Flow speed in the mouth of half size prototype net anchovy boat seine on June 25, 1999. ....	42
Fig. 3-6. The number of escaping anchovy with the elapsed time from the inside wing end within the visual range of video camera (horizontal 40°, vertical 33°). ....	45
Fig. 3-7. The number of escaping anchovy by swimming forward through flapper from bag net within the visual range of video camera (horizontal 72°, vertical 50°). ....	46
Fig. 4-1. Developed drawing of the half size modified net. ....	53
Fig. 4-2. Developed drawing of the cod end A. ....	54

Fig. 4-3. Developed drawing of the cod end B. ....	55
Fig. 4-4. Vertical opening of the half size modified net A as function of the distance between boats. (a) $0.6k't$ of towing speed, (b) $0.9k't$ , (c) $1.2k't$ . ....	58
Fig. 4-5. Vertical opening of the half size modified net A as function of the towing speed. (a) $100m$ of distance between boats, (b) $300m$ , (c) $500m$ . ....	59
Fig. 4-6. Working depth of the half size modified net A as function of the distance between boats. (a) $0.6k't$ of towing speed, (b) $0.9k't$ , (c) $1.2k't$ . ....	62
Fig. 4-7. Working depth of the half size modified net A as function of the towing speed. (a) $100m$ of distance between boats, (b) $300m$ , (c) $500m$ . ....	63
Fig. 4-8. Vertical opening of the half size modified net B as function of the distance between boats. (a) $0.6k't$ of towing speed, (b) $0.9k't$ , (c) $1.2k't$ . ....	67
Fig. 4-9. Vertical opening of the half size modified net B as function of the towing speed. (a) $100m$ of distance between boats, (b) $300m$ , (c) $500m$ . ....	68
Fig. 4-10. Working depth of the half size modified net B as function of the distance between boats. (a) $0.6k't$ of towing speed, (b) $0.9k't$ , (c) $1.2k't$ . ....	71

Fig. 4-11. Working depth of the half size modified net B as function of the towing speed. (a) 100m of distance between boats, (b) 300m, (c) 500m. ....	72
Fig. 4-12. Resistance of the half size modified net A and B as function of the towing speed. ....	76
Fig. 5-1. Developed drawing of the labor saving improved net. ...	79
Fig. 5-2. Developed drawing of the labor saving improved cod end. .....	80
Fig. 5-3. Vertical opening of the labor saving improved net as function of the towing speed. (a) 100m of distance between boats, (b) 300m, (c) 400m. ....	85
Fig. 5-4. Working depth of the labor saving improved net as function of the towing speed. (a) 100m of distance between boats, (b) 300m, (c) 400m. ....	88
Fig. 5-5. Resistance of the labor saving improved net as function of the towing speed. ....	90

## List of Tables

Table 2-1. Principal particulars of the M.S SHIN KWANG 17 and 19 .....	11
Table 3-1. Location and depth of the observation points for underwater light and relative water flow in the anchovy fisheries .....	34
Table 3-2. The vertical attenuation coefficient $c$ in the equation $L = L_0 \exp^{-cd}$ for underwater light .....	39
Table 3-3. Relative flow speed at the middle wing, wing end and cod end in relation to flow of mouth net .....	43
Table 5-1. Principal particulars of the M.S MYEONG CHUN 7 and 8 .....	82
Table 5-2. Comparison of the casting and hauling time as function of the fishing system .....	98
Table 5-3. Comparison of the fishermen as function of the fishing system .....	98

## List of Photos

Photo 5-1. Photograph of power block in the deck of fishing boat. .....	92
Photo 5-2. Photograph of hauling operation bag net by power block. .....	92
Photo 5-3. Photograph of pumping anchovy school in cod end by the fish pump. ....	93
Photo 5-4. Photograph of anchovy cooking system of pushing type. .....	93

# **Improvement of the Fishing Gear and Method for the Anchovy Boat Seine**

**Young-Su AN**

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

## **Abstract**

This study was conducted in order to improve fishing operation system for anchovy boat seine by comparison with fishing gear geometry and efficiency using half size prototype nets, half size modified nets and labor saving improved nets. Field experiments were carried out to observe geometry of nets and behavior of anchovy by catcher boats.

Firstly, vertical opening and geometry of the half size prototype nets were measured with the change of distance between catcher boats and towing speed. As a results, vertical opening of each part in the half size prototype nets was decreased with increasing the distance between catcher boats and towing speed. Vertical opening by the towing speed was decreased with towing speed increases, and pocket phenomenon in the inside wing net was clearly observed because opening of wing net or inside wing net was relatively smaller than 30%. Back part of half size

prototype net A was shown to be rise up with increment of distance between boats or towing speed while half size prototype net B was maintained as horizontally stabilized shape.

Escape behaviour of the anchovy (*Engraulis japonica*, total length 4~7cm) in the inside wing net and bag net of the anchovy boat seine was observed by underwater video camera in order to clarify the relationship between visual stimulus of the gear or relative water flow inside gear and reaction behaviour.

The vertical attenuation coefficient of underwater luminance was ranged from 0.24 to 1.03 and it could be affect visual range and visual contrast of the fishing gear. The relative water flow at the joint part between inside wing and bag net while towing was about 1.5 times higher than at the middle part of inside wing or fore part of bag net. But, it was estimated less than the middle part of inside wing or fore part of bag net, and less than maximum swimming speed of anchovy with 4~7cm of body length.

The mean escaping number of anchovy from end part of inside wing of 300mm of mesh size to out side for a minute within visual range of video camera was 455 and anchovy swimming forward from bag net through flapper was 308. These results revealed anchovy could escape as voluntary response in spite of higher visual stimulus or high water flow. Secondly, The actual ratio of net opening in each part of the half size modified nets was increased from fore part to back part of the nets as shown the smallest value about 20% in wing net and the biggest value

about 110% in bag net. In addition, vertical net openings of B-type net were 5~10% greater than those of A-type one. Vertical net opening of B-type net as measured as 10.9~14.8 in fore bag net and 5.8~8.0m in after bag net were 1~2m greater than 9.0~13.6m of A-type one, and 2~3m less than 9.3~10.4m of A-type one, respectively.

Vertical net opening of half size modified net was shown as less variation of towing depth from wing net to inside wing net than those of traditional nets due to stable vertical performance. The mesh distortion or drift and variation of vertical net opening were decreased by improvement of bag nets in order to minimized shape of net pocket phenomenon whenever towing speed is slow.

Bag net B-type attached with dual flapper was shown as less variation in width of bag net and less escapement of anchovy.

Thirdly, The actual net opening of the labor saving improved net in fore bag net 11.7~13.9m and in after bag net 8.2~9.8m was similar with half size modified net while greater 1~2m than those of half size modified nets B-type.

Labor saving improved net was performed instant net opening in fore wing net and maintained stable net opening and towing depth by means of attached net pendant. Also, it was minimized as net pocket phenomenon leading to guide anchovy for more catch by means of attached body net. The opening shape of labor saving improved net was more stable and less variation of net opening in accordance with distance between catcher boats and towing speed.

The catch of labor saving improved net was increased than traditional net due to decrement of net resistance by improvement of bag net leading to increasement of towing speed and reduction of escape anchovy as well as improve nets of whole operation system.

In field experiments using 3 boats fishing operation system of labor saving improved net, power block with crane in 2 catcher boats for improvement of hauling operation and pushing equipment of anchovy boiling system in processing boat for maintain more anchovy in dry frame were very useful and more practical in filed commercial fishing operation for anchovy.

From the results in, field experiments of 3 boats fishing operation system improved labor saving improved net and catcher boats equipments. Hauling time 20~35min and No. of fishermen 13~15 were more less than hauling time 30~50min and No. of fishermen 28~38 in present fishing operation by traditional anchovy seine nets.

# I. 서 론

## 1.1 연구의 배경과 목적

기선권현망은 어구분류상 예망어구류 중의 쌍끌이 표층예망어구류에 속하며, 수산업법상 어업의 종류는 근해어업의 기선선인망어업으로, 어업의 명칭은 기선권현망어업으로 되어 있다. 이 어업은 연안에서 멸치를 주 대상으로 7월 1일부터 익년 3월 31일까지의 조업기간 동안에 연간 13~20만톤 정도를 생산하는데(張과 李, 1992), 특히 주어기인 7월부터 10월까지의 4개월 동안에 연간 생산량의 약 50%를 어획하고 있다(張, 1996).

인기망어구어법에서 출발한 이 어구는 지난 20년 동안 기본구조는 거의 변하지 않으면서 망선의 동력이 175ps에서 350ps으로 크게 증가되고, 어구의 규모도 길이방향으로 450m에서 700m 정도로 길어지고, 폭 방향으로 20m에서 40m 정도로 넓어졌다. 이와 같이 어선의 크기 및 정격출력에 대한 사용 어구의 규모의 비가 예망어구 중에서 가장 큰 기선권현망은 에너지 효율성과 조업 효율성이 크게 저하되어 인력이나 조업시간이 많이 필요로 한다.

특히, 양망작업은 거대한 자루그물을 많은 인력으로 뒤집어서 양망하기 때문에 이 과정의 생력화를 위해서 데릭 붐(李 등, 1979c), 현측 롤러와 볼 롤러(金 등, 1995)의 적용을 통한 양망방법의 개선이 이루어진바 있으나, 근본적으로 자루그물이 너무 거대하기 때문에 조업인원은 여전히 과도하게 소요되고 있다.

또한, 기선권현망어업은 망선 2척, 어탐선 1척, 가공선 1~2척, 운반선 1~2척 총 5~6척의 선단조업을 하며, 선단 및 어장막의 종사자가 50~60명이나 되어

과대한 시설비와 관리비 및 인건비가 소요되므로 경영합리화를 위해서는 조업시스템의 개선을 통한 선단구성의 대폭적인 조정을 필요로 한다.

기선권현망어업의 개량을 위해서는 종래의 대형어구에 의한 조업당 생산성 증가보다는 어구규모를 작게 하고 조업시스템을 개선하여 조업당 생산성은 다소 감소하더라도 단위시간당 생산성을 유지하게 하고 경비를 줄이므로써 실질소득의 증대를 도모하여야 한다.

이러한 관점에서 현재까지 제기되어 온 기선권현망어업의 개선방향 중에서도 어구 규모를 현재의 1/2 정도로 대폭 축소하여 조업합리화를 꾀한 생력화 방안이 가장 합리적인 것으로 보고 있다.

오비기 및 수비의 전개(李 등, 1970), 자루그물의 비효율적인 양망작업 등 문제점들을 개선하여, 어획성능 등 조업효율이 보다 향상된 생력형 어구의 개발을 기선권현망어업에서는 절실히 요구되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 어구규모의 대폭적인 축소를 통한 기선권현망 어구의 개량에 근본적인 목적을 가지고, 현용어구의 축소형 실물어구를 제작, 시험하여 현용어구의 문제점 및 예망 중의 멸치의 반응행동 등의 분석을 통하여, 축소형 개량어구를 설계·제작하여 해상실험을 통하여 최종적으로 어획성능과 조업시스템이 개선된 생력형 어구를 개발하였다.

## 1.2 연구사례

기선권현망 어구의 개량에 관한 연구로는 徐 등(1969), 金 등(1995), 李 등(1970, 1978, 1979a, 1979b, 1979c, 1980)에 의하여, 기선권현망어업의 대상이 되는 멸치의 생태에 관한 연구로는 金 등(1983), 孫 등(1983), 孫 등(1984), 金 등(1986), 金 등(1988), 孫 등(1988), 崔 등(1988), 金 등(1990), 車 등(1990), 朴 등(1991), 崔 등(1991), 金 등(1992), 金 등(1994)에 의하여, 기선권현망어업의 어황과 자원의 적정이용에 관한 연구로는 張(1992), 張 등(1992), 張(1996)에 의하여, 기선권현망어업의 양망 생력화에 관한 연구로는 金 등(1995)에 의하여, 기선권현망 어구의 전개성능에 관한 연구로는 安 등(1997), 張 등(2000)에 의하여 이루어진 바 있으며, 金(2000)은 RTK-GPS(Real Time Kinematic-GPS)기법을 이용하여 조업 중인 권현망 망선 간의 거리 계측을 시도한 바가 있다.

이 중에서 어구어법이나 조업시스템에 관한 대부분의 연구들은 현용어구에 적용이 어렵거나 현실적이지 못하여 실용화가 이루어지지 않고 있다. 또한, 金 등(1995)의 불롤러를 이용한 자루그물의 양망 개선을 통한 생력화 연구도 있었지만, 2~3명의 선원감축 효과를 거두었을 뿐이다.

그러나, 최근 安 등(1997)의 1/2 축소형 권현망어구의 개량에 관한 연구에서는 기선권현망 어구의 개량 방향이 어느 정도 설정되어 업계에서도 상당한 기대를 나타내고 있다.

### 1.3 연구의 개요

본 논문은 기선권현망어업의 어구 개량과 조업시스템 개선을 위하여 축소형 실물어구, 축소형 개량어구, 생력형 어구의 각 단계별로 실물어구를 제작하여, 현장조업선에 의한 해상실험을 실시하여 생력형 어구의 보급을 위한 기초 자료를 제시하였으며, 그 내용은 다음과 같이 구성하였다.

제 I 장은 기선권현망 어업의 개요와 현황, 연구목적, 연구사례 등에 대하여 소개하고 연구의 방향을 제시하였다.

제 II 장은 현용어구의 축소형 실물어구를 제작하여 현장조업선에 의한 해상실험을 실시하여 기선권현망 어구의 조업과정 중 양선간격 및 예망속도의 변화에 따른 어구 성능의 문제점을 규명하여 축소형 개량어구의 설계 및 현장 적용을 위한 기초 연구를 수행하였다.

제 III 장은 현용어구와 축소형 실물어구로써 기선권현망의 조업 중의 멸치의 대망행동을 파악하기 위하여 수중조도 및 예망속도에 따른 멸치의 반응행동을 관찰, 분석하였으며, 이들 결과를 어구개량을 위한 기본 자료로서 제시하였다.

제 IV 장은 II, III 장의 결과로부터 축소형 개량어구를 설계, 제작하고 해상실험을 통하여 양선간격과 예망속도의 변화에 따른 어구형상을 분석하고 연구의 최종 목표인 생력형 어구의 개발 방향을 제시하였다.

제 V 장은 축소형 개량어구의 실험결과를 바탕으로 조업시스템의 개선이 가능한 생력형 어구를 설계, 제작하여 해상실험을 실시하고 어구의 성능에 대한 검토 분석과 더불어 3척식 조업시스템 적용과, 어로장비의 적정배치를 통한 생력형 조업시스템의 보급을 위한 기초 자료를 제시하였다.

그리고 VI 장에는 종합고찰을, VII 장에는 연구 결과를 요약 정리하였다.

## II. 축소형 실물어구의 전개성능

### 2.1 서 론

기선권현망어업은 어탐선 1척, 망선 2척, 가공선 및 운반선이 각 1~2척인 총 5~6척(張, 1990)으로 선단 조업하고 있으며, 조업인원은 어탐선 3명, 망선 각각 8명, 가공선 14명, 운반선 3명이 승선하고 있으며, 어장막에도 15명 정도의 인원이 배치되어 총 조업인원이 50~60여명에 달하고 있어 조업경비 중 인건비의 점유율이 45% 정도로 타 어업에 비해 매우 높은 실정이다.

기선권현망 어구에 대해서는 지금까지 金 등(1995), 李 등(1970, 1978, 1979a, 1979b, 1979c, 1980), 張 등(1990, 1996), 韓 등(1981)에 의하여 많은 연구와 개량이 이루어져 왔으나, 업계에는 재래식과 일본 파치망식을 결합하여 만든 79형 개량식 어구(李 등, 1979a)가 얼마간 보급되어 사용된 적이 있었으나, 제작의 복잡성 때문에 사용이 중단되고 현용어구의 기본구조는 1970년대의 재래식과 거의 같으면서, 망선의 예망마력 증가에 따라 어구규모만 커져 있어서 지금까지의 많은 연구들은 어느 한 가지도 실용화의 단계에 이르고 있지 않다.

기선권현망어업이 여러 척의 선단조업을 하고 있을 뿐만 아니라 생력화를 위한 조업의 자동화가 이루어지지 않는 가장 큰 이유는 자루그물을 인력으로 뒤집으면서 들어올리기 때문인데, 이를 해결하기 위한 생력화 연구(金 등, 1995)에서 현축 롤러와 볼 롤러를 도입하였으나, 그다지 효과를 발휘하지 못하고 있다. 또한, 자루그물의 규모가 지나치게 크기 때문에 양망작업의 기계화가 어려운 실정이다.

따라서, 기선권현망어업의 생력화를 위해서는 현용어구의 규모를 대폭적으로 축소하는 대신에 어구구조를 개선하여 어획성능을 향상시키고, 동시에 조업자동화가 이

루어져야만 업계가 수용하는 생력화가 달성될 수 있을 것이다.

그러므로 본 장에서는 어구 규모의 축소를 통한 어구의 개량 및 자동화 조업시스템의 개발에 근본적인 목적을 가지고 현용어구를 1/2의 크기로 축소·제작한 시험어구를 해상실험 함으로써 투망, 예망, 양망의 전 과정에서 양선간격과 예망속도의 변화에 따른 어구 각부의 전개성능을 규명하여 축소형 개량어구의 개발 방향을 설정하는데 기초 자료가 되도록 하였다.

## 2.2 재료 및 방법

### 1. 시험어구

본 장의 시험어구는 Fig. 2-1과 같이 현용어구의 1/2의 크기로 축소하여 제작하였다. 시험어구는 Tauti의 상사법칙에 따라 제작하여야 하지만 축소형 개량어구를 개발하는 데에 연구목적이 있으므로 그물실의 굵기와 코의 크기는 실물과 같게 하고, 그물의 길이 및 깊이 방향의 코수만 1/2로 하여 제작하였으며, 그물실의 굵기는 오비기 4.6mm, 수비 3.6mm로 하였으며, 그물코의 크기는 오비기 3,600mm, 수비 1,500~720mm, 자루그물 140경(3.8mm)으로 하였다. 발줄의 침강력은 실물어구의 2,400kg(발줄 1,100kg, 낚 1,300kg)에 상사하는 875kg(발줄 550kg, 낚 325kg)으로 하였다.

축소형 실물어구는 시험어구 A, B로 구분하여 실험하였는데, 시험어구 A는 현용어구의 문제점과 전개성능 분석을 위하여 Fig. 2-1의 축소형 실물어구에 현장조업선의 조업방식과 동일하게 조업 중 어탐선이 자루그물 입구에 머무르면서 그물을 들어 주어 그물이 전개되도록 하였으며, 시험어구 B는 Fig. 2-1의 축소형 실물어구 앞창의 뜰줄에 뜰( $\phi 285$ , 10개)과 문턱의 발줄에 체인(130kg)을 추가로 부착하여 그물자체의 부력 및 침강력에 의하여 수직전개가 이루어지도록 하였다.

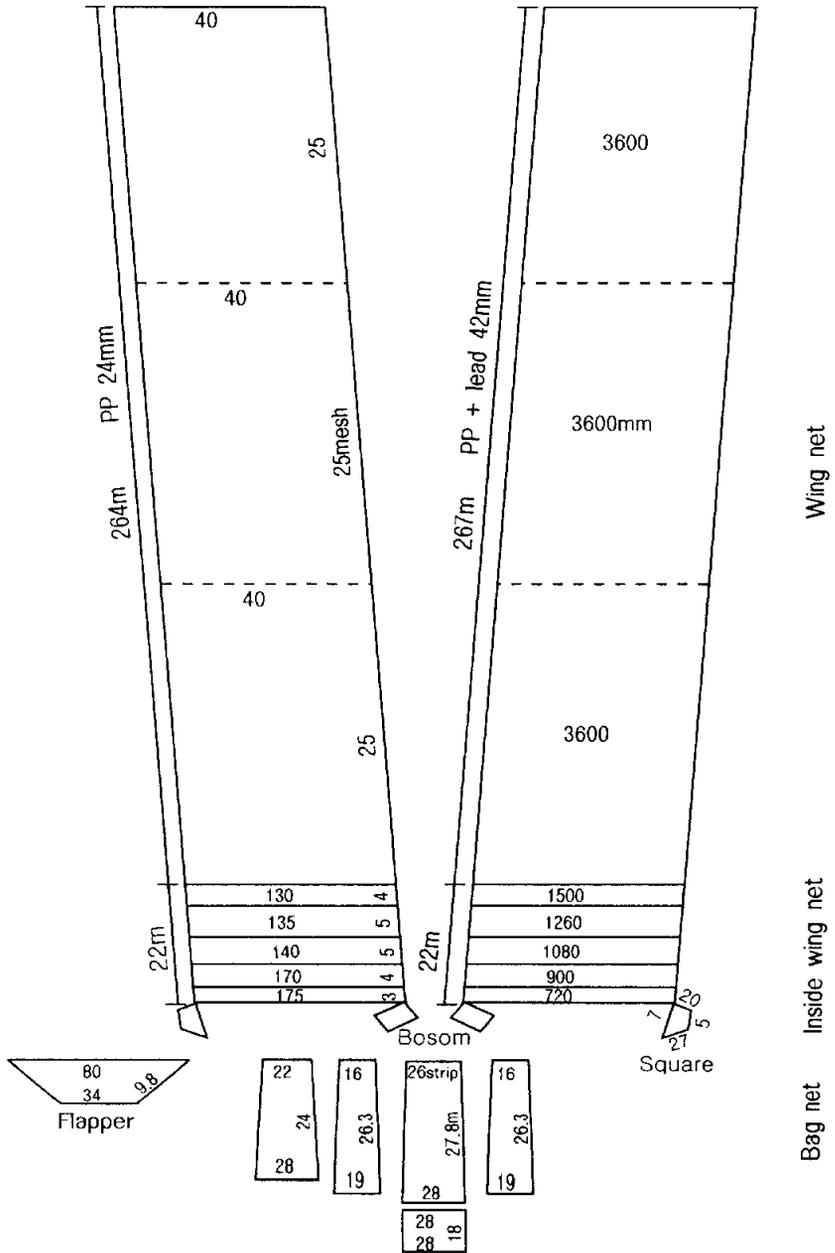


Fig. 2-1. Developed drawing of the half size prototype net.

## 2. 실험방법

축소형 실험어구의 해상실험은 1999년 6월 1일부터 6월 30일까지 1개월 동안 거제도 해역(Fig. 2-2)에서 신광수산 소속 조업선 17, 19신광호(Table 2-1)를 이용하여 17신광호를 주선으로 하고 19신광호를 종선으로 실시하였다.

조업의 전 과정에서 어구의 망고와 형상을 파악하기 위하여 투망, 예망, 양망직전, 양망과정으로 구분하여 분석하였다.

투망과정은 조업선이 양선간격을 벌리면서 자루그물부터 투망을 시작하여 오비기까지 어구 전체가 투입된 후 예망속도와 양선간격을 일정하게 유지하면서 시간대별로 어구의 형상 변화를 측정하였다.

예망과정은 양선간격 및 예망속도에 따른 어구의 형상을 어구 각부의 망고 및 예망수층을 계측하여 파악하였으며, 예망속도는 0.6, 0.9, 1.2k/t의 3단계로, 양선간격은 100, 200, 300m의 3단계로 하였다.

양망직전과정은 예망작업이 완료된 후 양선간격을 좁히기 시작하여 양선이 접선상태에 이르렀을 때와 양망직전의 어구의 형상 변화를 측정하였다.

양망초기는 양선이 접현을 완료하여 어구가 나란해지도록 일정시간 예망 후 양망기로 어구를 감기 시작한 5분 후의 어구의 형상 변화를 측정하였다.

예망속도는 유속계(Alec electronics, ACM16M-212)에 의한 값을 기준으로 하였으며, 양선의 예망속도를 일치시키기 위하여 본선과 종선의 톤수, 엔진 및 마력이 동일한 점을 이용하여 종선은 엔진의 회전수를 본선에 맞추고 레이더로서 본선과의 상대방위를 일정하게 유지하도록 조선험으로서 조절하였다.

양선간격은 거리측정의 정밀도가 매우 높은 선간거리계(金, 2000)로 측정하였으며, 선간거리계는 하나는 기준국(MCS)으로 하여 주선에 설치하고 실시간으로 위치정보를 전송하였으며, 또 다른 하나는 두 선간의 거리와 상대방위를 지시할

수 있도록 노트북 컴퓨터를 부착하여 이동국(MS)으로 하여 종선에 설치하여 실시간에 따른 조업위치, 양선간격, 예망침로 등을 1초 간격으로 측정하였다.

어구 각 부분의 형상은 12개의 자기식수온수심계(Vemco, Minilog-TDR)를 이용하여 Fig. 2-3과 같이 오비기, 수비, 앞창 및 문턱, 자루그물 입구, 깔때기, 자루그물 뒤끝의 상·하단에 각각 부착하여 계측하였으며, 부착위치는 어구전체 길이에 오비기 앞끝을 기준으로 해서 오비기는 176m, 수비 264m, 앞창 282m, 자루그물 입구 288m, 깔때기 296m, 자루뒤끝 315m이다.

예망속도 및 양선간격에 따른 어구 형상은 각 단계별로 5회씩 측정하여 그 평균값을 취하였으며, 매회 양선간격이나 예망속도를 변화시킨 후에는 15분간 예망하여 어구 형상이 안정된 후에 5분 동안 측정하였다.

예망 중에 수중다이버를 수비, 자루그물 입구 및 뒤끝에 투입하여 수중 촬영과 관찰을 하도록 하여, 그물코 형상과 자루그물 입구의 형상, 자루그물 내에 입망된 멸치군의 도피행동 등을 조사하였다.

시험어구 A의 실험은 현재의 조업방식과 동일하게 어탐선이 투망 후에 앞창의 입구로 이동하여 뜰줄에 연결된 로프를 잡은 후 엔진을 정지하여 예망 중인 어구에 달려가는 방식으로 실시하였고, 시험어구 B에 대해서는 어구를 단독으로 예망할 경우의 문제점을 파악하기 위하여 어탐선이 자루그물 입구에 머무르지 않도록 하여 실시하였다.

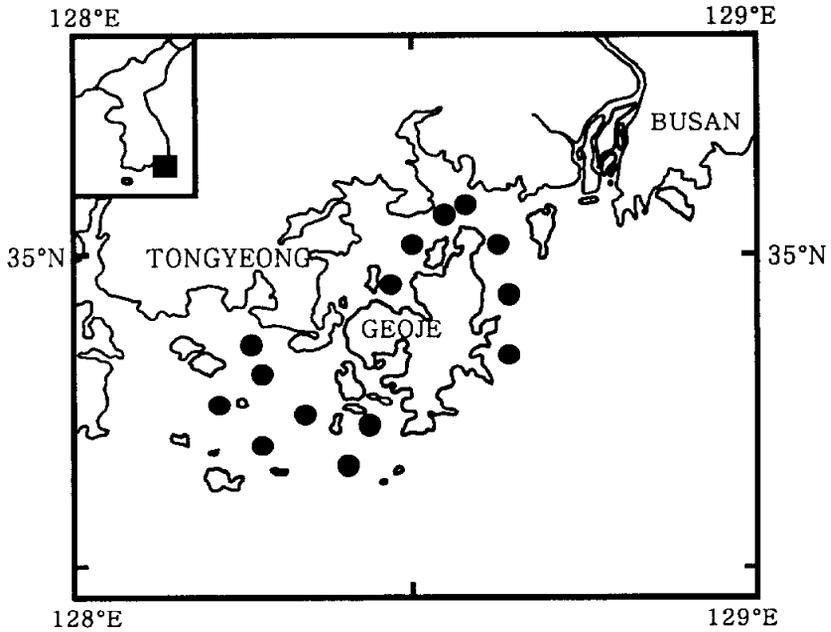


Fig. 2-2. Experimental fishing positions.

Table 2-1. Principal particulars of the M.S SHIN KWANG 17 and 19

Item	Fishing vessel	
	No. 17	No. 19
L.O.A.( <i>m</i> )	17.3	17.3
Molded Breadth( <i>m</i> )	3.9	3.9
Draft( <i>m</i> )	1.8	1.8
G/T.( <i>ton</i> )	18.0	18.0
Main Engine		
Horse power( <i>ps</i> )	350	350
RPM	1,500	1,500

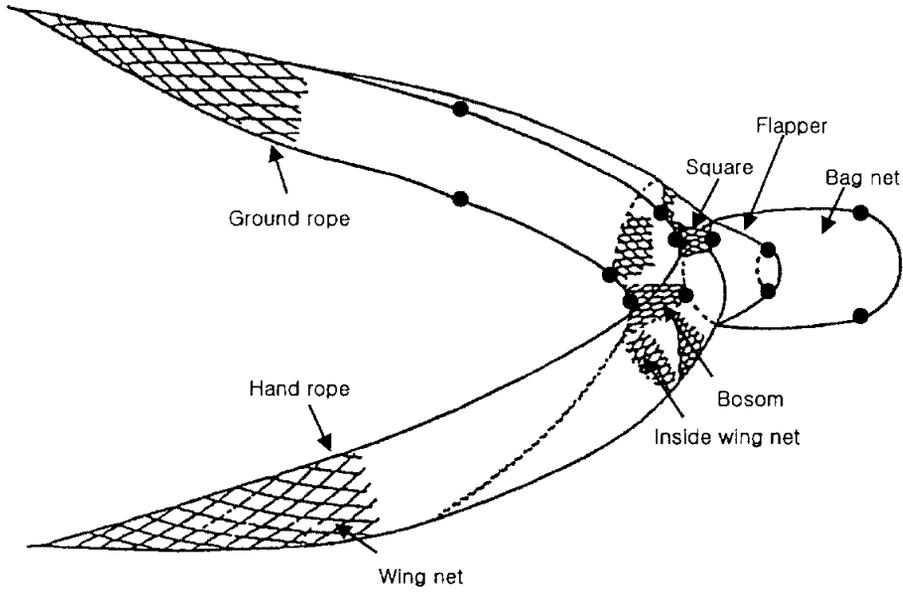


Fig. 2-3. Setting position of Minilog(•).

## 2.3 결과 및 고찰

### 1. 망고

#### 1) 양선간격의 변화에 따른 망고

예망속도를  $0.9k/t$ 로 일정하게 하고, 양선간격을 100, 200, 300m로 변화시키면서 측정된 시험어구 A와 B의 각 부분의 망고 변화는 Fig. 2-4와 같다.

시험어구 A의 망고는 깔때기 부분에서 200m일 때 높아 졌다가 300m일 때 약간 낮아진 것을 제외하고는 모든 부분에서 양선간격이 넓어질수록 낮아졌고, 낮아지는 정도는 앞창, 수비와 자루그물 입구 부분에서는 200m일 때 급격히 낮아졌다가 300m일 때 다소 완만하게 낮아지는 반면, 오비기와 자루그물 뒤끝 부분에서는 계속 완만하게 낮아지는 경향을 보였다.

망고는 양선간격 100m에서 앞창, 수비, 오비기, 자루그물 입구, 자루그물 뒤끝, 깔때기의 순이었으나, 200m와 300m에서는 앞창, 오비기, 수비, 자루그물 뒤끝, 자루그물 입구, 깔때기의 순으로 앞창 부분이 항상 가장 높았고, 깔때기 부분이 항상 가장 낮았으며, 양선 간격이 넓을수록 각 부분의 망고차는 작았다.

오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구, 깔때기와 자루그물 뒤끝의 망고는 각각 9.0~10.8, 8.3~12.0, 9.0~12.6, 6.6~10.4, 4.6~5.2, 7.7~8.8m이었고, 어구 설계도상의 망고는 각각 30.0, 56.0, 41.0, 13.0, 5.4, 15.0m이므로 이를 고려한 각 부분의 실제 전개율은 각각 30~36, 15~21, 22~31, 51~80, 85~96, 51~59%로 나타나서, 전개성능은 깔때기, 자루그물 입구, 자루그물 뒤끝, 오비기, 앞창, 수비의 순으로 낮아졌다.

시험어구 B의 망고는 뒷부분인 깔때기와 자루 뒤끝 부분에서는 양선간격이 넓을수록 높아지는 반면, 앞부분인 오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구 부분에서는 양선간격이 넓을수록 낮아지는 경향을 보였으며, 망고차는 시험어구 A보다는 작

았다.

망고는 양선간격 100m에서 앞창, 자루그물 입구, 수비, 오비기, 자루그물 뒤끝, 깔때기의 순으로 높았고, 200m에서는 자루그물 입구, 오비기, 앞창, 수비, 자루그물 뒤끝, 깔때기의 순이었고, 300m에서는 오비기, 자루그물 입구, 앞창, 자루그물 뒤끝, 수비, 깔때기의 순이었으며, 양선간격이 넓을수록 각 부분의 망고차는 작았다.

오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구, 깔때기와 자루그물 뒤끝의 망고는 각각 8.5~9.1, 6.5~9.8, 8.0~11.2, 8.1~11.0, 4.7~5.0, 7.0~7.5m이었고, 각 부분의 실제 전개율은 각각 28~30, 12~18, 20~27, 62~85, 87~93, 47~50%로 나타나서, 자루그물 입구와 깔때기 부분에서는 시험어구 A보다 다소 전개가 양호하였으나 다른 부분에서 약간 불량하였으며, 전개성능은 깔때기, 자루그물 입구, 자루그물 뒤끝, 오비기, 앞창, 수비의 순으로 낮아졌다.

이와 같이 오비기와 수비부분의 실제 전개율이 12~36% 정도에 불과한 매우 낮은 망고를 나타내고 있으므로, 그물감에 여분이 생기면서 뜸줄과 발줄의 후면으로 이 여분의 그물감이 쳐지는 움살이 매우 심하게 형성되어 [李 등\(1970\)](#), [안 등\(1997\)](#)이 지적한 바와 같이 포켓현상이 뚜렷하게 나타나 어군이 자루그물 쪽으로 유도 및 입망되는 과정에서 장애요인이 되고 있으며, 실제 다이버에 의한 수중관찰에서도 이 부분에서 어군의 도피가 많이 관찰되었다.

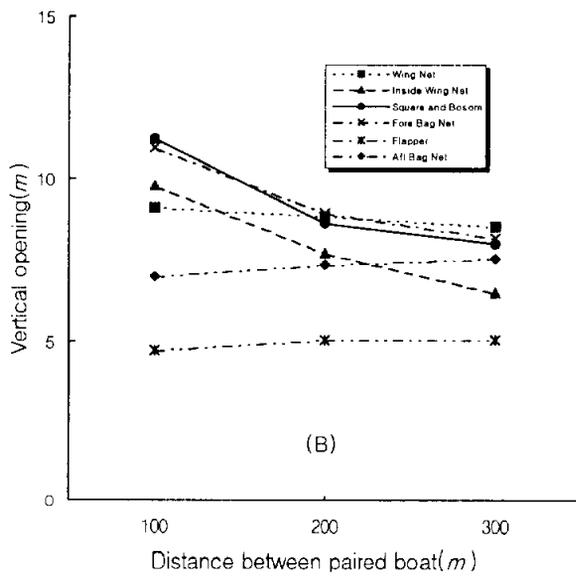
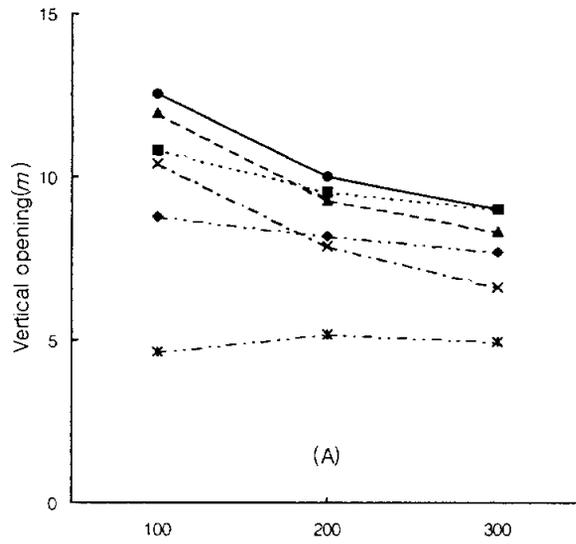


Fig. 2-4. Vertical opening of the half size prototype net A and B as function of the distance between boats.

## 2) 예망속도의 변화에 따른 망고

양선간격을 200m로 일정하게 하고, 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k't로 변화시키면서 측정한 시험어구 A와 B의 각 부분의 망고 변화는 Fig. 2-5과 같다.

시험어구 A의 망고는 깔때기 부분에서 0.9k't일 때 낮아 졌다가 1.2k't일 때 약간 높아진 것을 제외하고는 모든 부분에서 예망속도가 빠를수록 낮아졌고, 낮아지는 정도는 양선간격의 변화에 따른 경우보다는 다소 낮았다.

망고는 예망속도가 0.6k't에서 오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구, 자루그물 뒤끝, 깔때기의 순으로 높았고, 0.9k't에서는 자루그물 입구와 뒤끝이 서로 바뀐 것을 제외하고는 0.6k't 일 때와 같았고, 1.2k't에서는 앞창, 오비기, 수비, 자루그물 뒤끝, 자루그물 입구, 깔때기의 순이었으며, 예망속도가 빠를수록 각 부분의 망고차는 작았다.

오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구, 깔때기와 자루그물 뒤끝의 망고는 각각 9.6~13.0, 9.3~11.7, 9.6~11.0, 7.9~9.0, 4.9~5.2, 8.2~8.8m이었고, 각 부분의 실제 전개율은 각각 32~43, 17~21, 23~27, 61~69, 91~96, 55~59%로 나타나서, 전개성능은 양선간격의 변화에 의한 실험결과와 같다.

시험어구 B의 망고는 A와 같이 뒷부분인 깔때기가 0.9k't일 때 약간 낮아졌다가 1.2k't일 때 다시 약간 높아진 것과 자루그물 뒤끝 부분에서 예망속도가 0.9k't일 때 다소 높아졌다가 1.2k't일 때 약간 낮아지는 반면에 앞부분인 오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구 부분에서는 예망속도가 빠를수록 낮아졌으며, 망고차는 시험어구 A보다는 작았다.

망고는 예망속도 0.6k't에서 오비기, 앞창, 수비, 자루그물 입구, 자루그물 뒤끝, 깔때기의 순으로 높았고, 0.9k't에서는 오비기, 앞창, 자루그물 입구, 수비, 자루그물 뒤끝, 깔때기의 순이었으며, 1.2k't에서는 자루그물 입구, 오비기, 앞창, 수비,

자루그물 뒤끝, 깔때기의 순이었으며, 예망속도가 빠를수록 각 부분의 망고차는 작았다.

오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구, 깔때기와 자루그물 뒤끝의 망고는 각각 8.8~12.1, 7.7~10.6, 8.8~11.0, 8.9~10.3, 4.9~5.2, 7.0~7.6m이었고, 각 부분의 실제 전개율은 각각 29~40, 14~19, 21~27, 68~79, 91~96, 47~51%로 나타났으며, 자루그물 입구와 깔때기 부분에서는 시험어구 A보다 다소 전개가 양호하였으나, 다른 부분에서 약간 불량하였다.

예망속도에 변화에 따른 망고의 실제 전개율도 오비기는 다소 높아졌으며, 수비의 망고는 거의 동일하게 나타났다. 그러나 이러한 오비기, 수비의 낮은 망고로 인해 앞창과 문턱의 망고가 전개될 수 있는 한계가 정해지게 되어 낮은 망고와 많은 여분의 그물코로 인한 움살이 생기게 되는 요인이 되고 있다.

예망 중에 오비기 앞쪽 끝 그물살이 다발 모양으로 뭉쳐있어 장력의 분포가 일정치 않아서 파망의 위험성이 있을 뿐만 아니라 오비기로서의 어군 구집역할을 못하고 있어, 이를 개선할 수 있도록 그물목줄을 부착하고, 수비의 구성 단계와 깊이방향의 콧수를 단계별로 일정하게 줄여 여분의 그물살을 없애며, 나발그물을 수비와 자루그물 사이에 부착하면 그물코의 움살과 포켓형상을 개선할 수 있을 것으로 생각된다.

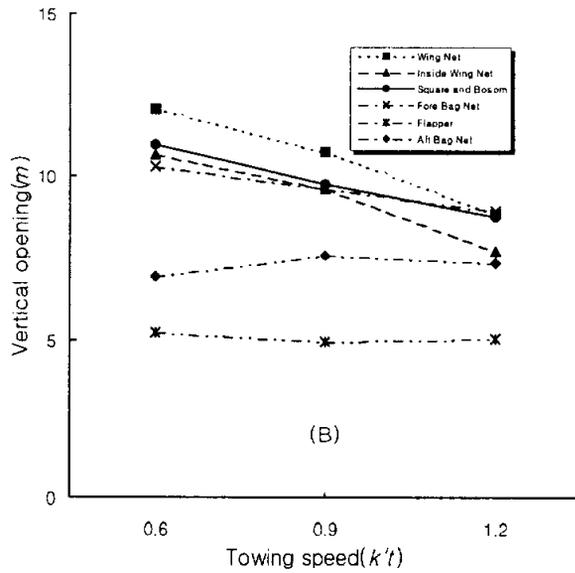
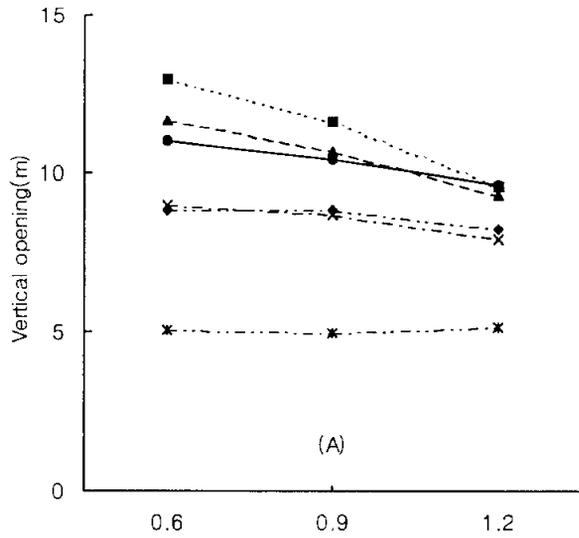


Fig. 2-5. Vertical opening of the half size prototype net A and B as function of the towing speed.

## 2. 어구 형상

### 1) 투망과정

예망속도 0.9k't, 양선간격 300m로 일정하게 유지하면서 투망직후 5분 간격으로 측정한 시험어구 A와 B의 망고에 따른 형상 변화는 Fig. 2-6과 같다.

시험어구 A의 오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구, 깔때기와 자루그물 뒤끝의 망고는 각각 6.6~7.1, 5.9~7.2, 5.8~7.9, 4.8~6.1, 4.6~4.8, 7.0~7.6m이었고, 각 부분의 실제 전개율은 각각 22~24, 11~13, 14~19, 37~47, 85~89, 47~51%로 나타나서, 전개성능은 깔때기, 자루그물 뒤끝, 자루그물 입구, 오비기, 앞창, 수비의 순으로 낮아졌다.

시험어구 A의 형상 변화는 투망초기에는 가라앉은 후 시간이 흐를수록 서서히 떠오르는 경향을 보였으며, 그 변화폭은 수비에서 자루그물까지에서 다른 부분보다 다소 크게 나타났으며, 투망 후 시간이 경과할수록 그 변화폭이 커졌다. 그리고, 발줄쪽 보다는 뜸줄쪽의 변화폭이 크고 전체적으로 수직전개가 낮게 나타났다.

시험어구 B의 오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구, 깔때기와 자루그물 뒤끝의 망고는 각각 9.0~10.3, 8.9~9.1, 8.7~9.1, 9.0~9.3, 5.1~5.4, 7.0~7.2m이었고, 각 부분의 실제 전개율은 각각 30~34, 16, 21~22, 69~72, 94~100, 47~48%로 나타나서, 전개성능은 깔때기, 자루그물 입구, 자루그물 뒤끝, 오비기, 앞창, 수비의 순으로 낮아졌다.

시험어구 B의 형상 변화는 투망초기부터 시험어구 A에 비해 수직전개가 양호하고 시간이 경과함에 따라 서서히 가라앉는 경향을 나타내었으며, 그 변화폭은

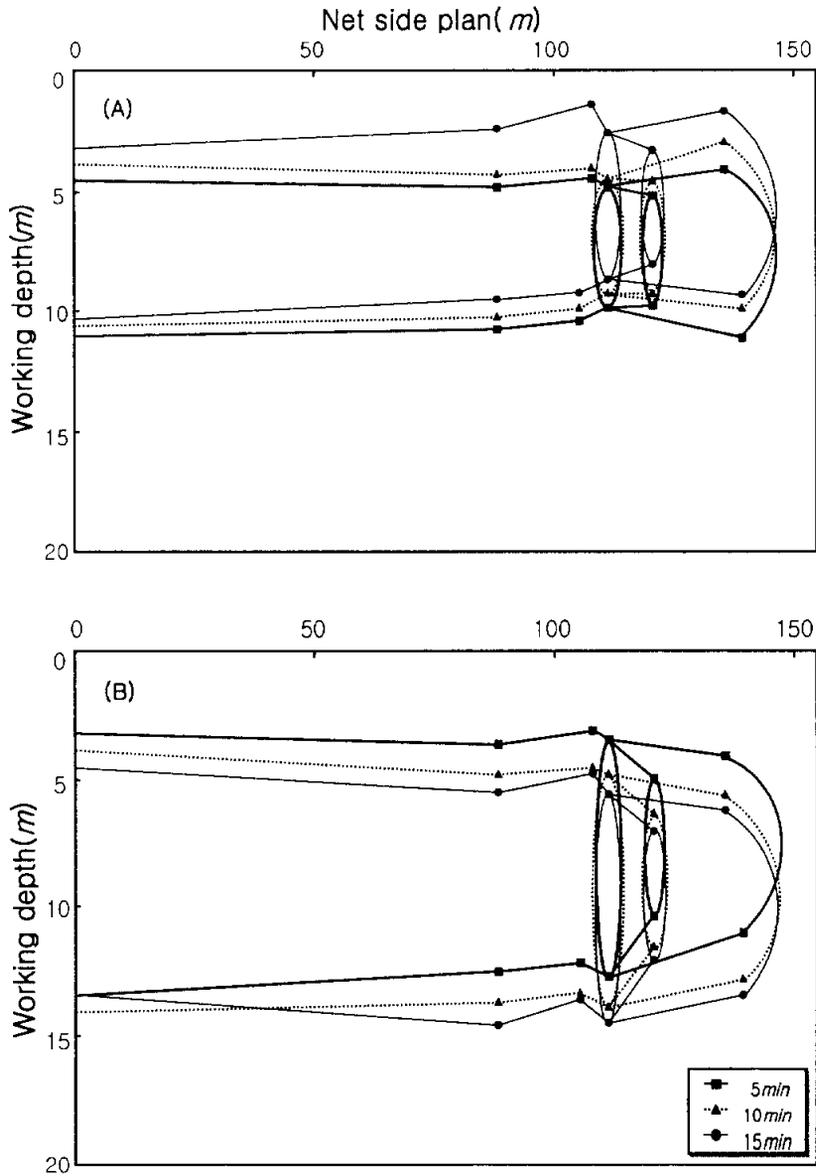


Fig. 2-6. Working depth of the half size prototype net A and B as function of the elapsed time from cast.

시간경과에 따라 점차 줄어들어 안정되고 있음을 확인할 수 있었다. 전체적인 어구 형상이 안정된 전개를 나타내고 있으며, 특히 앞창과 자루입구에서의 망고가 시험어구 A에 비해 개선되어 어군 입망에 유리하고 각 부분의 수직전개가 양호하였다.

## 2) 예망과정

### (1) 양선간격의 변화에 따른 형상

예망속도를  $0.9k/t$ 로 일정하게 하고, 양선간격을 100, 200, 300m로 변화시키면서 측정한 시험어구 A와 B의 형상 변화는 Fig. 2-7과 같다.

시험어구 A의 형상은 끝부분인 자루 부분으로 갈수록 들리는 경향을 보였는데, 뜰쪽 쪽보다는 발줄 쪽의 현상이 더욱 뚜렷하였다.

양선간격 100m에서 뜰쪽 쪽은 앞부분인 오비기 앞끝부터 뒷부분인 자루 뒤끝까지 계속하여 완만하게 들렸으며, 들리는 정도는 뒷부분으로 갈수록 약간씩 커졌고, 발줄 쪽은 오비기 부분에서는 완만하게 가라앉다가 수비 앞끝부터 자루그물 뒤끝까지는 급격하게 들렸고, 오비기에서 자루에 이르기까지 모든 부분에서의 수직전개는 가장 양호하였다.

양선간격 200m에서 뜰쪽 쪽은 100m에서와 같은 경향을 보였고, 발줄 쪽도 뜰쪽 쪽과 같이 들리는 경향을 보였는데, 들리는 정도는 수비와 문턱 부분에서 가장 뚜렷하였고, 자루, 오비기 순으로 완만하였으며, 모든 부분에서의 수직전개는 100m인 경우보다는 불량하였으나 300m인 경우보다는 다소 양호하였다.

양선간격 300m에서 뜰쪽 쪽은 오비기, 수비와 자루 부분에서는 뒤쪽으로 갈수록 들리는 반면에 앞창부분에서는 오히려 가라앉았고, 발줄 쪽은 100m와 200m에서와 같이 뒤쪽으로 갈수록 들렸으며, 들리는 정도는 문턱부분에서 가장 뚜렷하였고, 오비기, 수비, 자루 부분의 순으로 완만하였으며, 모든 부분에서의 수직전개는 가장 불량하였다.

시험어구 B의 형상은 시험어구 A와는 다르게 앞부분에서 끝부분에 이르기까지 거의 일정하였으며, 양선간격의 증가에 따른 변화폭도 시험어구 A보다 작았다.

양선간격 100m에서 뜰쪽 쪽은 오비기 부분에서는 완만하게 가라앉다가 수비와 앞창 부분에서는 다소 급격하게 들리다가 자루 부분에서는 다시 가라앉은 반면에, 발줄 쪽은 오비기와 수비 부분에서는 완만하게 가라앉는 경향을 보이다가 문턱부터 자루 뒤끝까지는 급격하게 들렸으며, 오비기에서 자루에 이르기까지 모든 부분에서의 수직전개는 가장 양호하였다.

양선간격 200m에서 뜰쪽 쪽은 100m에서와 같은 경향을 보였고, 발줄 쪽은 오비기 부분에서는 완만하게 들리다가 수비와 문턱 부분에서는 완만하게 가라앉다가 자루 부분에서는 다시 들렸으며, 모든 부분에서의 수직전개는 100m에서 보다는 불량하였으나 300m인 경우보다는 다소 양호하였다.

양선간격 300m에서 뜰쪽 쪽은 100m, 200m에서와 같은 경향을 보였고, 발줄 쪽은 오비기 부분에서는 다소 완만하게 들리다가 수비 부분에서는 다소 급격하게 가라앉다가 문턱과 자루 부분에서는 아주 완만하게 가라앉았으며, 모든 부분에서의 수직전개는 가장 불량하였다.

이같이 양선간격의 변화에 따른 어구의 형상이 시험어구 A는 B보다 자루뒤끝으로 갈수록 들리는 현상이 심하고 망고변화도 크므로 조업방법 개선 시에 활용 가능한 쪽은 시험어구 B라고 판단된다.

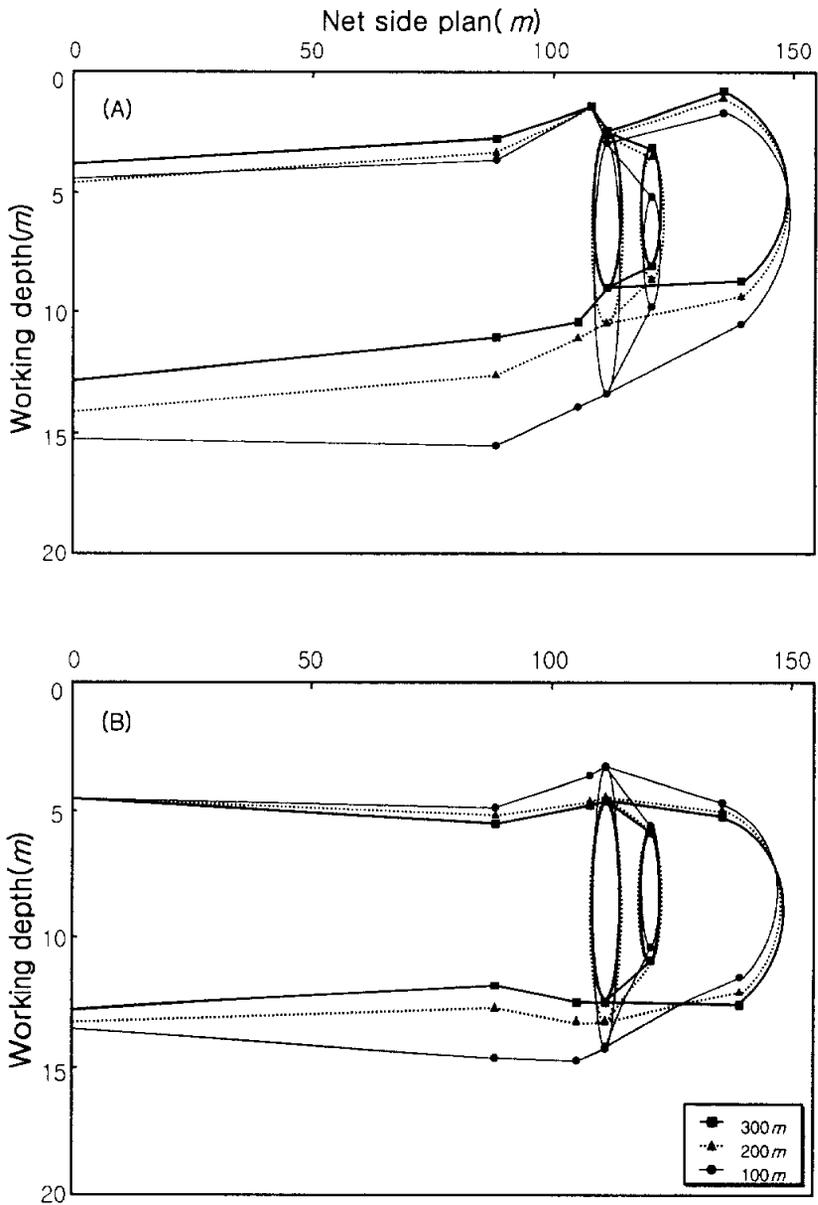


Fig. 2-7. Working depth of the half size prototype net A and B as function of the distance between boats.

## (2) 예망속도의 변화에 따른 형상

양선간격을 200m로 일정하게 유지하고, 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k/t로 변화시키면서 측정한 시험어구 A와 B의 형상 변화는 Fig. 2-8과 같다.

시험어구 A의 형상은 끝부분인 자루 부분으로 갈수록 들렸는데, 이 현상은 뜬줄 쪽보다는 발줄 쪽에서 다소 뚜렷하였으며, 예망속도가 증가할수록 변화폭은 작았다.

예망속도 0.6k/t에서 뜬줄 쪽은 앞부분인 오비기와 수비 부분에서는 완만하게 들리다가 앞창 부분에서 급격히 가라앉고, 자루 부분에서 다시 들렸으며, 발줄 쪽은 모든 부분에서 뒤로 갈수록 들리는데, 들리는 정도는 수비와 문턱 부분이 가장 뚜렷하였으며, 오비기에서 자루에 이르기까지 모든 부분에서의 수직전개는 가장 양호하였다.

예망속도 0.9k/t에서 뜬줄 및 발줄 쪽은 0.6k/t에서와 같은 경향을 보였으며, 모든 부분에서의 수직전개는 0.6k/t인 경우보다는 불량하였으나 1.2k/t인 경우보다는 다소 양호하였다.

예망속도 1.2k/t에서 뜬줄 및 발줄 쪽은 0.6k/t 및 0.9k/t에서와 같은 경향을 보였으며, 모든 부분에서의 수직전개는 가장 불량하였다.

시험어구 B의 형상은 시험어구 A와는 다르게 앞부분에서 끝부분에 이르기까지 거의 일정하였으며, 예망속도의 증가에 따른 변화폭은 시험어구 A보다 다소 뚜렷하였다.

예망속도 0.6k/t에서 뜬줄 쪽은 오비기 부분에서는 완만하게 가라앉다가 수비와 앞창 부분에서 다소 급격하게 들리다가 자루 부분에서 다시 가라앉는 반면에 발줄 쪽은 모든 부분에서 완만하게 들렸는데, 들리는 정도는 뒷부분으로 갈수록 뚜렷하였으며, 오비기에서 자루에 이르기까지 모든 부분에서의 수직전개는 가장 양호하였다.

예망속도 0.9k/t에서 뜬줄 및 발줄 쪽은 0.6k/t일 경우에서와 같은 경향을 보였으

며, 모든 부분에서의 수직전개는 0.6k't인 경우보다는 불량하였으나, 1.2k't인 경우보다는 다소 양호하였다.

예망속도 1.2k't에서 뜸줄 쪽은 0.6k't 및 0.9k't에서와 같은 경향을 보였고, 발줄 쪽은 오비기 부분에서는 다소 완만하게 들리다가 수비와 문턱 부분에서 가라앉았고, 자루 부분에서 다시 완만하게 들렸으며, 모든 부분에서의 수직전개는 가장 불량하였다.

이와 같이, 예망속도의 변화에 따른 어구의 형상도 양선간격의 변화에서와 같이 시험어구 A가 B보다 자루그물 뒤끝의 들리는 현상이 심하여 어군의 입망에 불리하므로 조업방법 개선 시에 활용가능한 쪽은 시험어구 B라고 생각된다.

시험어구 A에서 자루그물의 뒤끝이 들리는 현상은 입망된 멸치군의 도피가 더욱 용이하게 하여 어획량의 감소를 가져오게 되어 어획량 증대를 위해 자루그물의 규모를 증대시킨 것이 오히려 역효과를 초래하고 있으며, 시험어구 A와 B에서 전체적으로 자루그물이 너무 비대하고 입구에 비해 뒤끝으로 갈수록 넓게 제작됨으로 인해 어구 저항의 증대, 예망속력의 감소, 양망 작업 시 많은 인력 소요, 양망 기계화 지연, 어군 도피 가능성 증대의 결과로 나타나고 있다.

그러므로 자루그물의 개선방안으로는 양망의 기계화와 피시펌프의 활용개선이 가능하도록 트롤의 끝자루에서와 같이 뒤끝으로 갈수록 좁고 길게 제작하여 저항을 줄이고 입망된 어군이 빠져나가는 것을 방지할 수 있도록 깔때기를 이중으로 부착하는 것이 필요하다고 생각된다.

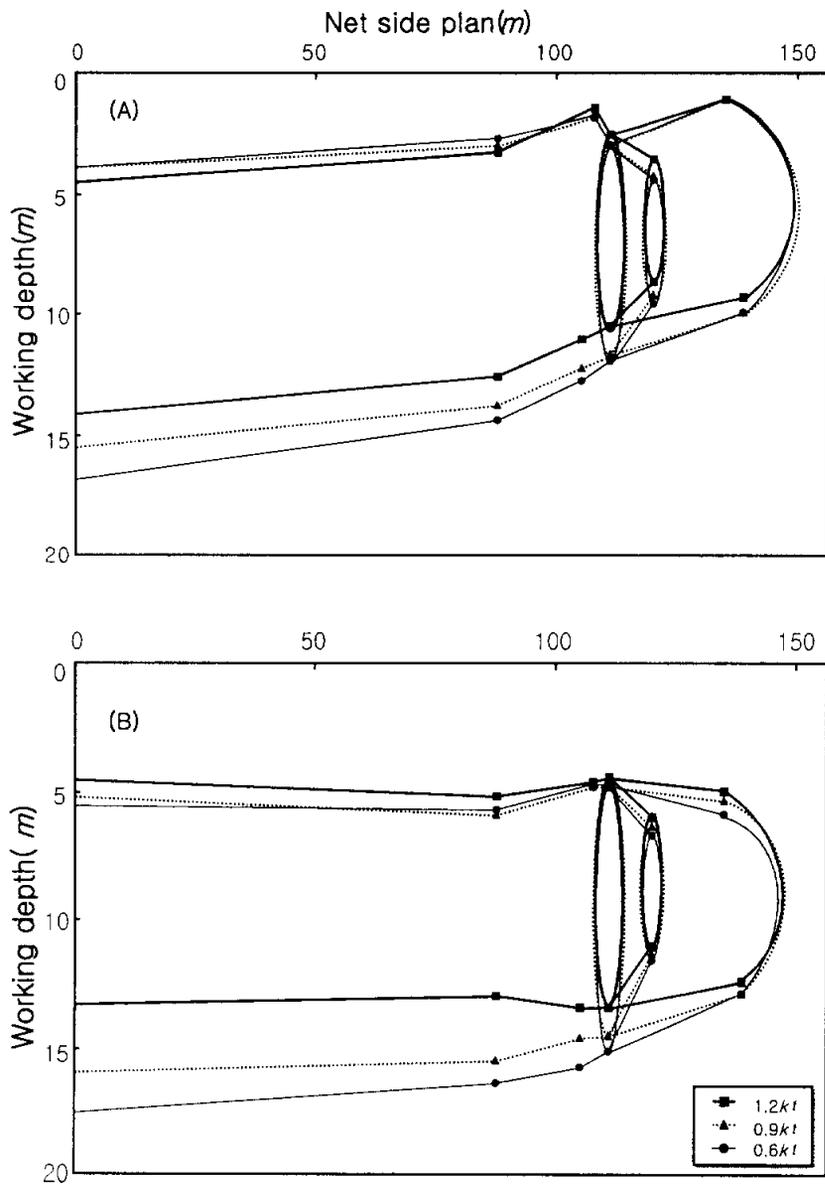


Fig. 2-8. Working depth of the half size prototype net A and B as function of the towing speed.

### 3) 양망 직전 과정

예망속도를 1.2k/t로 일정하게 하고, 양선간격을 서서히 좁혀서 양선이 접현하였을 때와 네트드럼에 의한 양망직전에서의 시험어구 A와 B의 어구 형상 변화는 Fig. 2-9와 같다.

시험어구 A의 오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구, 깔때기와 자루그물 뒤끝의 망고는 각각 11.2~11.8, 12.1~12.6, 11.9~12.1, 10.6~11.1, 4.9~5.3, 8.1~9.5m이었고, 각 부분의 실제 전개율은 각각 37~39, 22~23, 29~30, 82~85, 91~98, 54~63%로 나타나서, 전개성능은 깔때기, 자루그물 입구, 자루그물 뒤끝, 오비기, 앞창, 수비의 순으로 낮아졌다.

시험어구 A의 형상 변화는 양선의 접현시에 오비기에서 수비까지 수직전개가 양호하나 자루뒤끝이 급격히 들렸으며, 양망직전에는 어구에 미치는 장력의 영향으로 오비기의 예망수층이 회복되고 있으며 자루그물이 가라앉고 있음을 볼 수 있다.

시험어구 B의 오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구, 깔때기와 자루그물 뒤끝의 망고는 각각 9.6~13.1, 11.7~13.5, 13.0~13.8, 12.4~12.8, 4.5~4.8, 6.9~7.6m이었고, 각 부분의 실제 전개율은 각각 32~44, 21~24, 32~34, 95~98, 83~89, 46~51%로 나타나서, 전개성능은 자루그물 입구, 깔때기, 자루그물 뒤끝, 오비기, 앞창, 수비의 순으로 낮아졌다.

시험어구 B의 형상 변화는 양선의 접현 시에 앞창 및 문턱과 자루그물이 매우 안정된 수직전개를 이루고 있어 오비기와 수비의 형상 변화폭이 크지 않으며, 양망직전에는 오비기에서 수비에 이르는 수직전개가 다소 커짐을 볼 수 있으나, 전체적으로 시험어구 A에 비해 안정된 수직전개를 나타내고 있다.

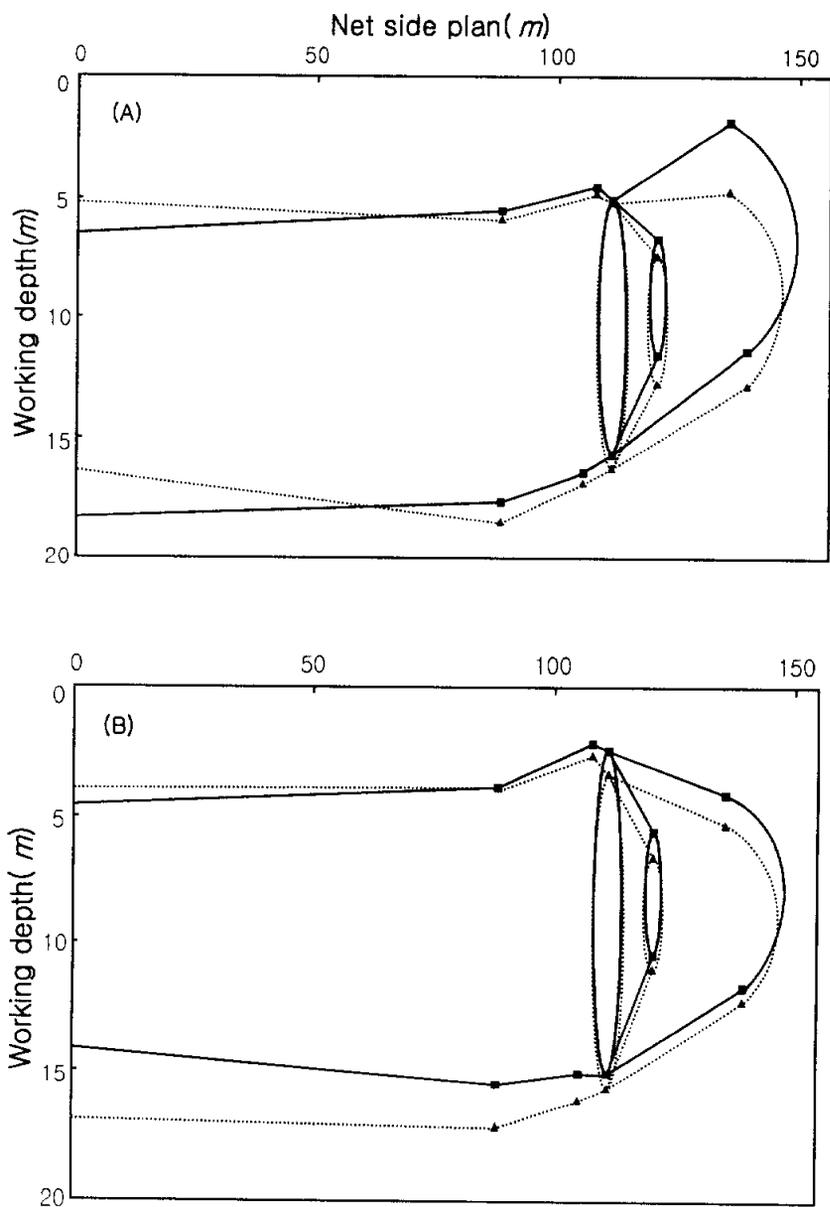


Fig. 2-9. Working depth of the half size prototype net A and B after decreased distance between boats(—) and just before net hauling(- · -).

#### 4) 양망 초기

네트드럼으로 오비기를 100m 정도 양망한 상태의 시험어구 A와 B의 형상 변화는 Fig. 2-10과 같다.

시험어구 A는 오기의 앞부분은 매우 낮은 수직전개를 나타내고 오비기에서 수비에 이르도록 거의 직선적으로 가라앉고 있으며, 자루그물의 형상은 양망 직전에 비해 양호하였다.

시험어구 B는 오비기에서 수비에 이르는 망고가 양호하고, 형상의 변화폭이 시험어구 A 보다 적고 안정된 수직전개를 보였다.

시험어구 A에 비해 시험어구 B의 조업과정 중 어구형상이 안정되게 나타났으며, 기존의 조업형태인 조업 중 어탐선이 자루입구에 머무르는 방식보다는 적정량의 뜸과 발돋을 부착하면 조업 중 어구의 안정성을 이룰 수 있고 입망 효율도 개선될 것으로 판단된다.

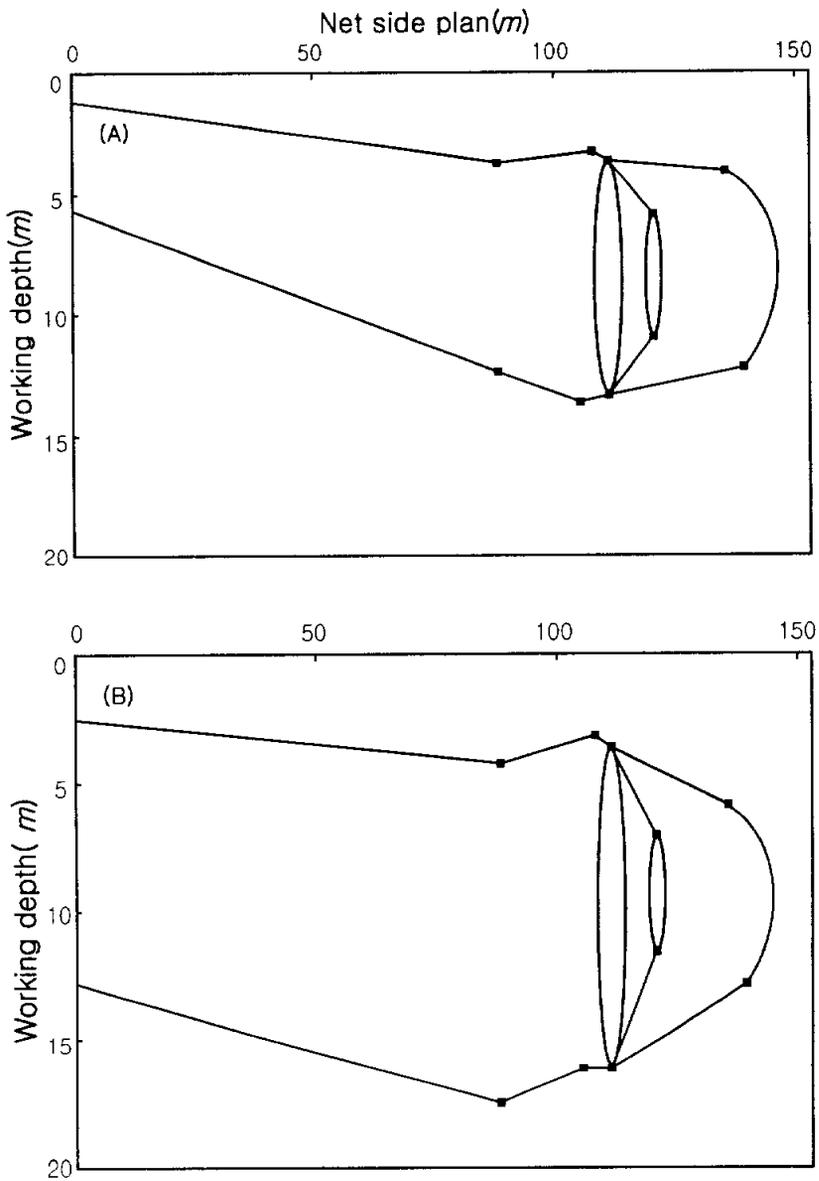


Fig. 2-10. Working depth of the half size prototype net A and B after started net hauling.

### 3. 어구저항

양선간격을 200m로 일정하게 하고, 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k't로 변화시키면서 측정한 시험어구 A와 B의 유체저항은 Fig. 2-11과 같다.

시험어구 A와 B의 어구의 유체저항은 각각 2.6, 2.9, 3.5ton과 2.5, 3.2, 4.2ton으로 예망속도의 변화에 따라 완만하게 증가하였다.

시험어구 B는 시험어구 A에 비해 조업과정중의 망고 및 전개성능이 향상되어 어구의 저항이 다소 증가하였으며, 예망속도가 빠를수록 크게 나타났다.

축소형 실물어구는 어구의 깊이 및 길이방향의 콧수가 적고, 자루그물의 입구가 80골(40m)에 불과하기 때문에 어구의 저항이 작게 나타났다.

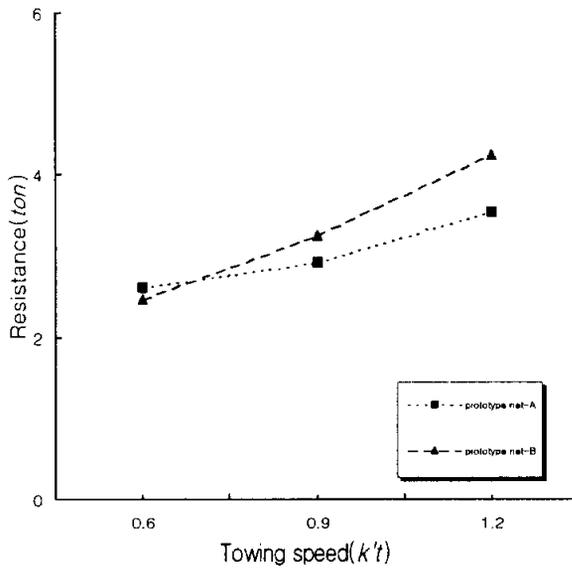


Fig. 2-11. Resistance of the half size prototype net A and B as function of the towing speed.

### Ⅲ. 어구에 대한 멸치의 도피행동

#### 3.1 서론

멸치는 연안성, 난해성, 표·중층성 어족으로 4~10월에 걸쳐 우리나라 전 해역에 산란한다. 특히, 권현망 어업의 대상이 되는 크기는 1~10cm 정도의 치·자어이며, 주 어장은 한국 남해안을 중심으로 한 해역이다(An *et al.*, 1997).

멸치의 유영능력에 관해서는 Hunter(1972), Webb and Corolla 등(1981)이 조사한 바 있으며, 어군탐지기에 의한 멸치의 군집밀도(Lee *et al.*, 1995)와 대망목에 의한 멸치의 구집행동(Kawamura and Tabata, 1990 ; Lee *et al.*, 1996) 등이 보고된 바 있다.

본 장에서는 기선권현망의 예망 중 수중조도와 예망유속에 따른 자루그물 내의 멸치의 반응 및 도피 행동 등을 조사함으로써 예망 중 어구의 이상적인 수중형상을 도출하여 개량형 어구의 설계 지침을 마련하고자 하였으며, 아울러 조업시스템의 자동화를 위한 축소형 개량어구의 유용성을 판단 할 수 있는 기본 자료를 확보하고자 하였다.

### 3.2 재료 및 방법

본 장의 조사는 거제 동부연안의 실리도에서 칠천도, 가조도를 거쳐 통영연안의 비진도, 사랑도 연안의 멸치어장을 중심으로 1999년 5월 29일부터 6월 30일까지 총 63회의 시험조업 중에 실시되었다(Jang *et al.*, 2000).

해수의 수중조도를 계측한 9개 관측점의 위치 및 계측일시는 Table 3-1과 같다.

Table 3-1. Location and depth of the observation points for underwater light and relative water flow in the anchovy fisheries

Station NO.	Date & hour	Position	Depth(m)
1	May 29th, 07:45	34°44'56"N, 128°27'47"E	32
2	May 29th, 11:33	34°48'00"N, 128°17'40"E	18
3	May 29th, 13:28	34°47'92"N, 128°12'85"E	23
4	May 29th, 15:10	34°49'46"N, 128°12'05"E	15
5	May 29th, 17:25	34°51'51"N, 128°10'28"E	19
6	June 13th, 12:56	35°05'30"N, 128°37'86"E	10
7	June 13th, 16:07	35°00'79"N, 128°34'38"E	20
8	June 13th, 19:17	34°58'34"N, 128°35'70"E	24
9	June 14th, 09:15	34°56'15"N, 128°35'02"E	22

본 시험조업에 사용한 권현망선단은 거제도 신광수산 소속의 어탐선과 망선 17, 19신광호로서, 그 제원은 Table 2-1과 같다.

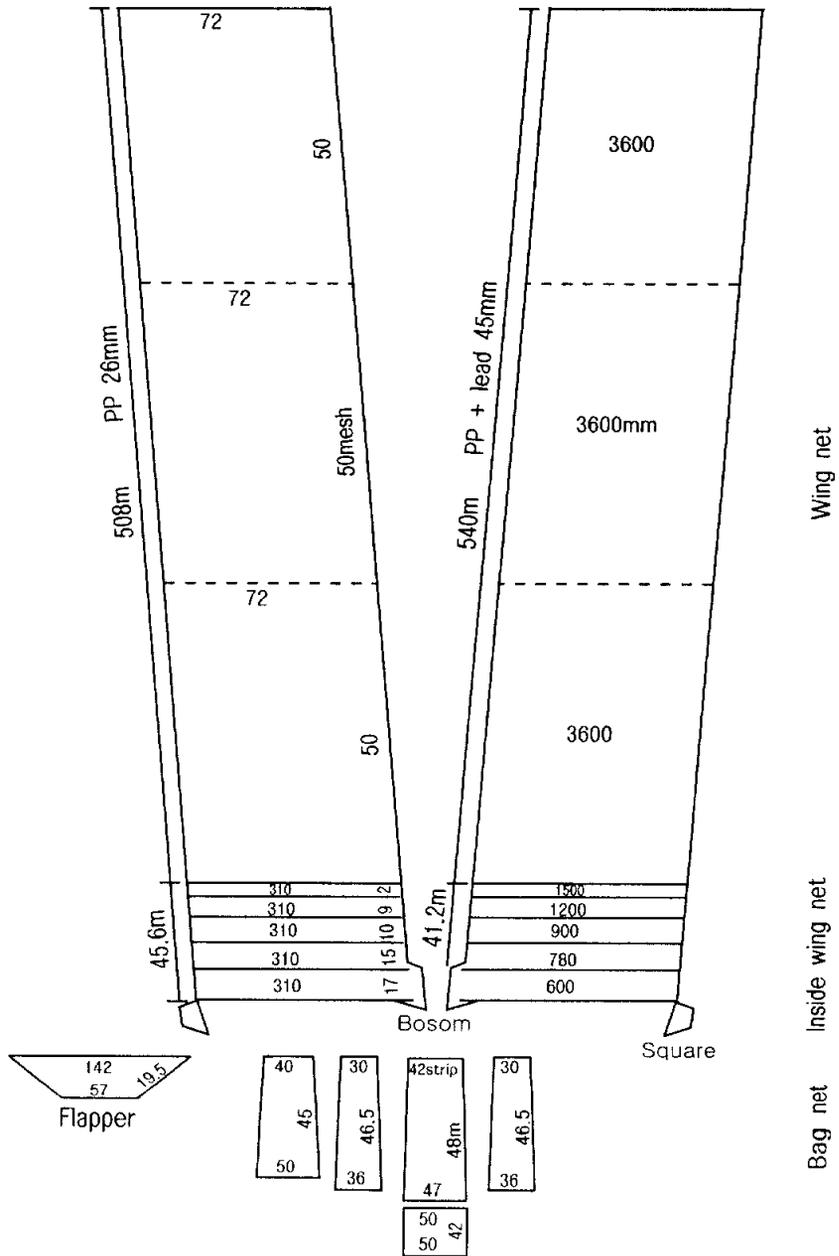


Fig. 3-1. Developed drawing of the traditional net.

본 조사에서 사용한 어구는 Fig. 2-1의 축소형 실물어구와 Fig. 3-1의 현용어구이다.

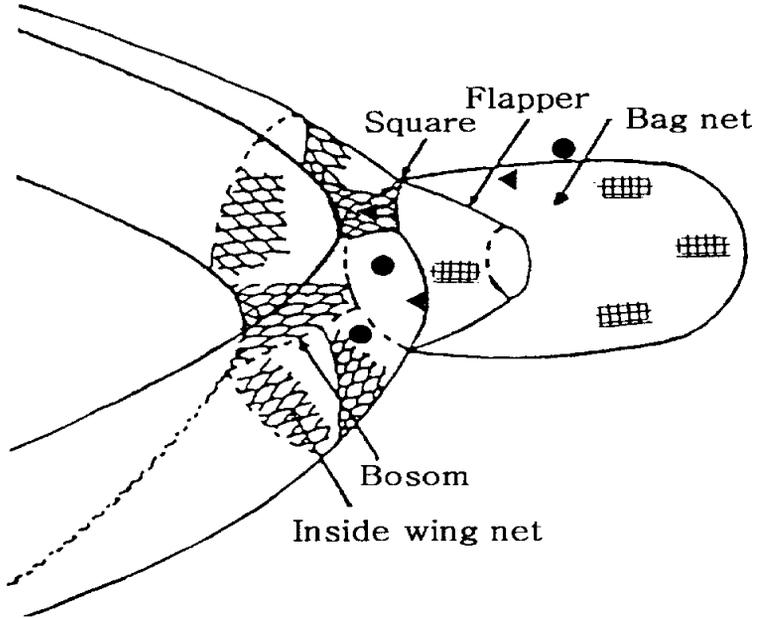


Fig. 3-2. Measuring points in the anchovy boat seine for water velocity meter(●) and video camera(▲).

기선권현망 조업어장에서 수중박기를 측정하는데 사용한 수중조도계(Topcon, IM-5)의 센서를 스텐 프레임의 상방으로 고정시키고 수면 직하부터 5m간격으로 해저까지 내리고 올리면서 2번 반복 측정하였다.

권현망 자루입구의 유속은 휴대용 유속계(Marsh-McBirney, 201D)의 센서를 어탐선의 선수에서 수심 3m정도로 현수시켜 계속 측정하였고, 권현망 측면 유속은 유속계(Alec Electronics, ACM100-D)의 센서를 다이버가 Fig. 3-2에서 표

시한 것과 같이 수비 중간, 수비와 자루그물 연결부분, 자루그물 측면외측 등 3부분에 각각 이동하면서 측정하였다.

축소형 실물어구 내의 멸치 대망행동관찰은 Fig. 3-2에서 표시한 것과 같이 수비와 자루그물 연결부분, 자루그물 앞, 깔때기 부분에서 수중비디오 카메라를 고정시키고 6인치 휴대용 모니터와 VTR(LG, LV-R33)을 사용하여 녹화하였다. 수중 비디오카메라는 구형 카메라(Kowa Corp, 화각: 수평 72°, 수직 50°)이며, 어탐선 선수에서 깔때기 앞부분 앞창으로 비디오카메라를 수직방향으로 드리워서 하방으로 촬영하였다. 수밀·제작한 소형 원기둥 모양의 CCD 비디오카메라(화각: 수평 40°, 수직 33°)를 오비기의 끝부분, 자루와의 연결부에 예망방향으로 망지에 평행하게 스쿠버다이버가 고정시켰다. 원통형 카메라(Deep Power & Light, Multi-Seacam 1050, 화각: 수평 77°, 수직 59°)는 스쿠버다이버가 들고 이동하면서 수비부분과 자루부분의 멸치를 관찰, 촬영하였다.

멸치의 행동은 촬영한 영상을 VTR(Samsung, SV-300WD)을 통하여 일시정지 상태에서 1분당 모니터(Samwoo, DM-210G) 화면상에 지나가는 멸치의 개체수를 계측하여 분석하였다.

### 3.3 결과 및 고찰

본 시험조업에서 어획된 멸치 중 매 조업당 무작위로 추출된 40미의 평균체장은 4~7cm 범위였으며, 평균체장 BL(cm)에 따른 평균체중 W(g)의 관계는 Fig. 3-3과 같고 관계식은 다음과 같다.

$$W=0.01657 BL^{2.367} \quad (n : 45, r : 0.964)$$

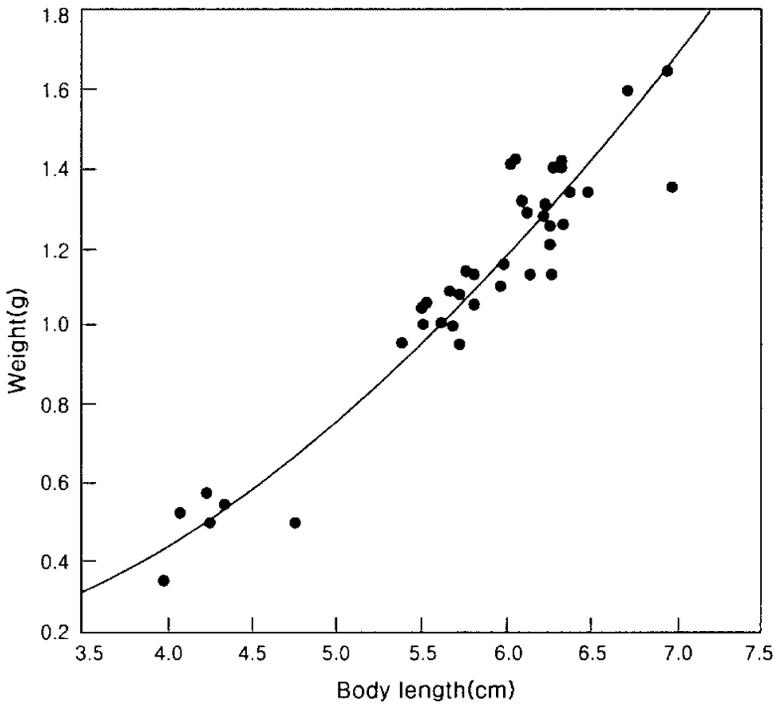


Fig. 3-3. The relationship between body length and weight of anchovy, *Engraulis japonicus* caught during the experimental operation.

우리나라 남해안 멸치 어장의 9개 관측점에서 조사기간 중에 계측된 수중조도  $L(\text{lux})$ 와 수심  $d(m)$ 의 관계는 다음과 같이 지수 곡선식으로 나타낼 수 있다.

$$L = L_0 \exp^{-cd}$$

이때  $L_0$ 는 수심  $d=0m$  일 때의 수면조도이고,  $c$ 는 수직 광흡수계수를 나타낸 것으로 각 관측점에서 최소자승법에 의한 계산결과는 Table 3-2와 같다.

Table 3-2. The vertical attenuation coefficient  $c$  in the equation  $L = L_0 \exp^{-cd}$  for underwater light

Position No.	$L_0$	$c$	Number of data	Correlation coefficient
1	4812.80	0.267	7	0.998
2	2406.24	0.240	5	0.751
3	101989.14	0.343	6	0.994
4	8024.94	0.490	5	0.984
5	6904.17	0.372	6	0.938
6	45308.92	1.034	4	0.938
7	11197.53	0.576	7	0.969
8	7520.32	0.368	7	0.993
9	14006.06	0.363	6	0.952

※ where  $L$  is luminance(lux),  $L_0$  luminance intercept and  $d$  depth(m)

광흡수계수는 관측점 2에서 0.24로 가장 작아서 투명도가 높은 반면, 관측점 6에서는 1.00이상으로 관측점 2에 비하여 4배 정도나 크게 나타나서 투명도가 낮았다. 본 관측지점이 진해만 주변해역인 거제 연안과 통영연안으로 국한되기는 하였으나, 20년 전에 거제도 동부에서 측정한 양(1980)의 평균 광흡수계수 0.21보다 대부분 높게 나타나서 그 혼탁의 정도가 심해졌음을 알 수 있다.

미국 연안산 멸치류(*Engralius mordax*)의 시각역치(Hunter and Nicholl, 1985)는 개체 유영일 때  $10^4 lux$ , 군 형성 시  $6 \times 10^3 lux$  정도인 것에서 주로 주간에 조업하는 권현망어업에서 어장수심이 50m 이상에서도 어군을 이를 정도의 수중조도는 충분한 것으로 보인다. 그러나 본 조사해역의 광흡수계수는 0.2~1.0 정도로 멸치어장의 투명도 범위가 매우 커서 주로 적색과 백색 망지로 구성되는 권현망 어구의 시인도(Kim and Wardle, 1998) 또한 어장에 따라 차이가 클 것으로 예상된다.

기선권현망어구에 유속계를 사용하여 예망시간에 따른 자루입구 중앙부에서 예망 상대유속을 측정한 결과, 현용어구를 가지고 3회 시험 조업한 경우는 Fig. 3-4와 같고, 축소형 실물어구를 가지고 2회 시험 조업한 경우는 Fig. 3-5와 같다. 자루입구 상대유속의 시간별 변화는 당해 어장의 조류와 멸치어군의 크기나 이동 상태에 따라 망선 간격과 엔진회전수를 조정하는 권현망 어법상의 특성으로 인하여 그 변화가 불규칙하게 나타나는 것으로 보인다.

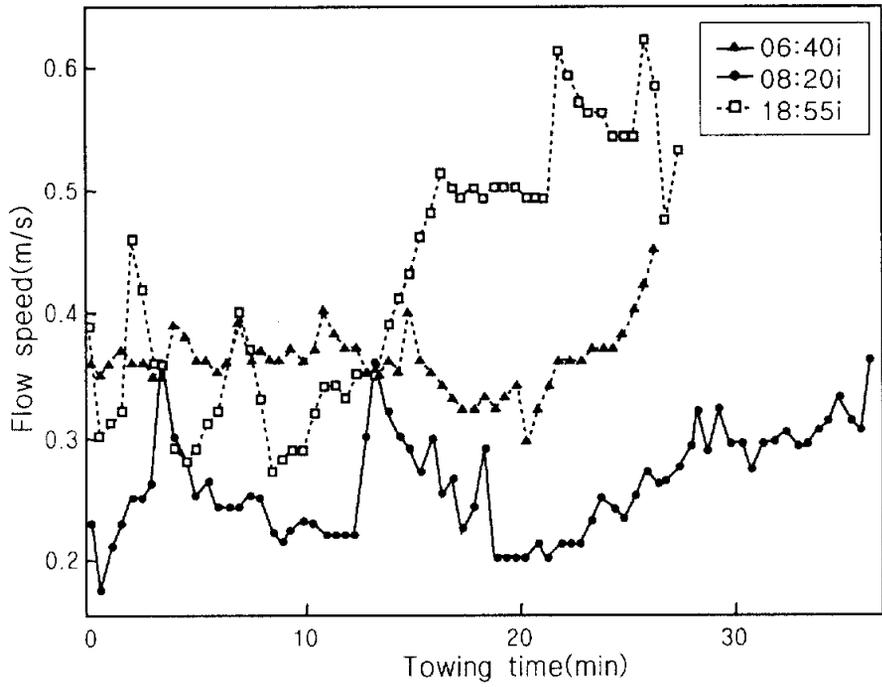


Fig. 3-4. Flow speed in the mouth of traditional net anchovy boat seine on June 14, 1999.

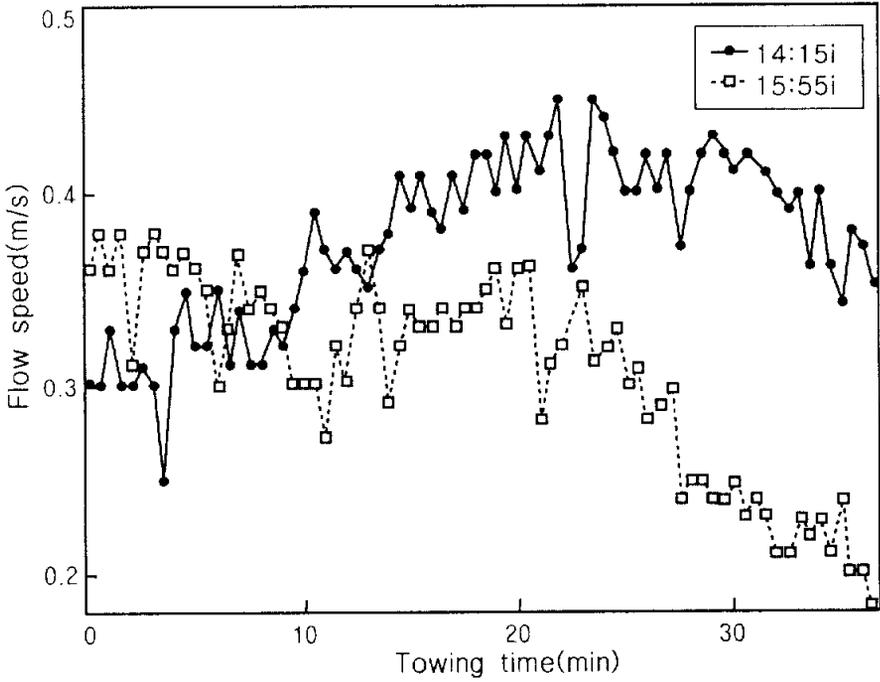


Fig. 3-5. Flow speed in the mouth of half size prototype net anchovy boat seine on June 25, 1999.

다음에는 현용어구와 축소형 실물어구의 수비 중간, 수비와 자루그물 연결 부분, 자루부분의 평균유속을 Fig. 3-4와 Fig. 3-5에서 나타난 망 입구의 평균 유속과 비교하여 Table 3-3에 나타내었다.

Table 3-3. Relative flow speed at the middle wing, wing end and cod end in relation to flow of mouth net

Net type	Item	Mouth (A)	Middle wing(B <sub>1</sub> )	Wing end(B <sub>2</sub> )	Codend (B <sub>3</sub> )	Ratio (B <sub>n</sub> /A)
Traditional	Flow(m/s)	0.36	0.35	-	-	0.97
	S.D	0.02	0.02	-	-	
	No. of data	12	12	-	-	
Half size prototype	Flow(m/s)	0.41	0.41	-	-	1.00
	S.D	0.01	0.03	-	-	
	No. of data	11	11	-	-	
Traditional	Flow(m/s)	0.26	-	0.38	-	1.46
	S.D	0.04	-	0.03	-	
	No. of data	20	-	20	-	
Half size prototype	Flow(m/s)	0.39	-	0.57	-	1.46
	S.D	0.02	-	0.03	-	
	No. of data	21	-	21	-	
Traditional	Flow(m/s)	0.37	-	-	0.25	0.68
	S.D	0.01	-	-	0.03	
	No. of data	12	-	-	12	
Half size prototype	Flow(m/s)	0.38	-	-	0.25	0.66
	S.D	0.01	-	-	0.04	
	No. of data	12	-	-	12	

축소형 실물어구에 대한 멸치의 반응행동은 수비와 자루연결부분 및 앞창 수직방향으로 수중카메라를 이용하여 촬영하고 시간경과에 따라 모니터에 나타나는 1분당 멸치 도피 수를 계수하였다. 그 결과, Fig. 3-6에서와 같이 수비 뒤쪽 끝 자루연결부분에서 그물 밖으로 빠져나가는 비디오카메라 화각(수평 40°, 수직 33°)내에서 관찰된 1분간 멸치의 평균 도피 수는 455미로 나타났다. 또한 Fig. 3-7에서와 같이 자루그물 안에서 깔때기를 통과하여 앞창부분으로 예망방향과 같이 유영하는 비디오카메라 화각(수평 72°, 수직 50°)내의 1분간 멸치의 평균 도피 수는 308미로 나타났다.

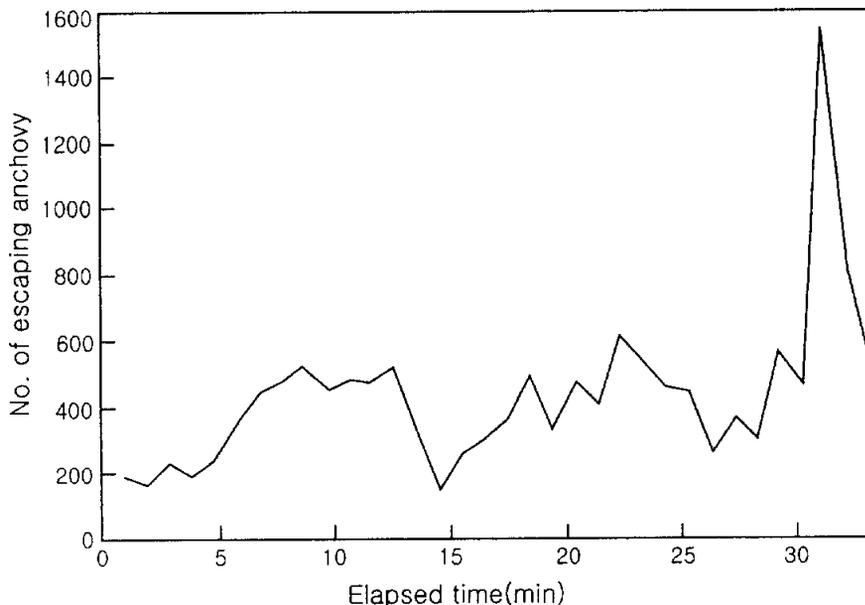


Fig. 3-6. The number of escaping anchovy with the elapsed time from the inside wing end within the visual range of video camera (horizontal 40°, vertical 33°).

Fig. 3-6에서 멸치 도피 수는 거의 변화가 없다가 33분 경과 후 약간의 도피 수가 늘었으며, Fig. 3-7에서 경과 시간에 따른 도피 수는 균일하지 않고 변화 폭이 크며 15분대에 있어서 그 도피수가 최대치로 나타났다. 이는 멸치의 유영능력과 그물 예망속도에 따른 변화라기보다는 전체 멸치 어군 크기와 관찰한 어구의 특정부위에 조우하는 멸치의 개체 수에 기인하는 것으로 보인다. 플랑크톤네트를 사용한 경우 전장 7mm 이하인 멸치 치자어의 어획률 (Nakamura, 1989)은 멸치 전장에 반비례하고, 예망속도에 비례하는 것으로 조사되었다. 그러나 파치망을 사용한 Kawamura and Tabata(1990)와 대만의 기선권현망을 가지고 어군탐지기로 조사한 Lee 등(1996)의 보고에 의하면 전장

35mm 이하인 멸치 치어의 경우에는 전장이 클수록 구집효과가 크다고 하였다.

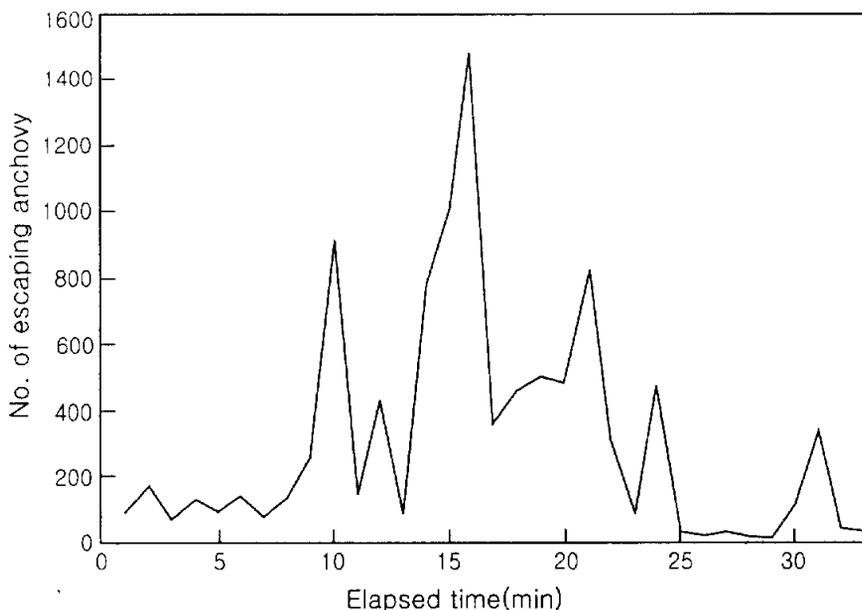


Fig. 3-7. The number of escaping anchovy by swimming forward through flapper from bag net within the visual range of video camera (horizontal 72°, vertical 50°).

멸치는 전장이 클수록 시각능력과 유영능력이 증가함에 따라 그물의 시인거리가 증가하여 구집되는 비율이 커지는 것으로 보인다. 또한 기존 조사 방법인 어군탐지기의 분해능에 비추어 볼 때 멸치 개체를 탐지하기는 거의 불가능했을 것이나, 본 조사에서는 수중비디오 카메라를 그물에 고정시키고 멸치개체의 도피 반응을 직접 관찰, 확인하였다. 멸치의 유영속도를 Lee(1975)와 Kim and Wardle(1997)을 참고로 추산하면 전장 4~7cm의 지속적 최대 유영속도는 전장의 10배/초 정도로 어구 주변의 상대 유속(Kim, 1997)보다는 훨씬 크므로 권현망의 예망 방향을 거슬러 자루그물에서 갈때기를 지나 수비쪽으로

도피하는 것이 가능한 것으로 유추할 수 있다. 이때 자루그물에서부터 멸치군이 열을 지어서 앞으로 유영하는 것이 어군탐지기에서도 확인되었다.

또한 수비에서 멸치가 그물코를 그대로 통과하는 경우에는 멸치의 최대유영속도가 상대유속보다도 더 크고, 멸치의 시각능력(Kim, 1998)으로 보아 그물을 충분히 시인할 수 있을 정도로 그물의 시각적대비가 큰데도, 멸치 개체들이 그대로 통과하는 현상들은 멸치의 적극적인 도피행동에 기인한 것으로 판단된다.

## IV. 축소형 개량어구의 전개성능

### 4.1 서 론

기선권현망의 자루그물은 입망된 어군의 탈출방지 및 유영 공간 확보, 대량 어획을 위해 그 크기를 지속적으로 증대시켜 왔으나, 최근 10여년간 생산량은 담보 내지는 감소하였기 때문에, 어구규모의 증대에 따른 관리비·인건비 등의 경비의 증가, 어구의 파손에 따른 조업손실, 예망속도의 감소, 조업자동화 지연, 양망 소요 시간 증대, 선박 안전사고의 위험성으로 인하여 효율적인 조업 및 어업의 경제성 향상에 장애요인이 되고 있다.

또, 자루그물 내에 입망되었던 멸치 군이 예망방향을 거슬러서 자루그물 내를 되돌아서 띠 모양의 형태로 탈출하는 것이 확인되었기 때문에 어구 개량과 함께 어획효율 증대를 위해서는 자루그물의 구조개선 및 개량을 통한 멸치군의 도피 방지, 양망기계화 방안 강구 그리고 자루그물 뒤끝에서 피시 펌프를 이용하여 어획물을 퍼 올리므로써 어획물의 선도를 증진시키는 등의 노력이 필요하다.

축소형 실물어구에서 파악된 오비기와 수비의 어구형상에서 오비기 및 수비의 효율적인 전개와 자루그물의 합리적인 개선이 이루어져야만 기선권현망 어업이 어업경쟁력을 가질 수 있기 때문에, 어구 각부의 문제점들을 개량하면서도 실물어구 규모보다 축소된 개량된 어구의 제작이 필요하다.

본 장에서는 자루그물을 제외한 나머지의 어구 구성은 같으면서 자루그물을 A, B 2가지로 달리한 축소형 개량어구를 설계, 제작하였다.

해상실험에서는 기본형의 날개부분에다 자루그물만을 A, B로 교대로 결합시켜

예망속도와 양선간격에 따른 어구 성능을 실험 분석하였다.

여기서는 자루그물 A형을 결합한 어구를 축소형 개량어구 A형, 자루그물 B형을 결합한 어구를 축소형 개량어구 B형이라 하였다.

## 4.2 재료 및 방법

### 1. 시험어구

축소형 개량어구(Fig. 4-1)는 전 장에서의 어구의 전개성능과 멸치군의 대망행동을 고려하여 조업의 자동화가 가능한 크기로 제작하였다.

축소형 개량어구의 오비기 길이는 축소형 실물어구(Fig. 2-1)에 비해 5코가 많은 80코로 하였고, 오비기 앞부분의 수직전개가 양호하도록 하기 위하여 그물목줄(C.P.R  $\phi 18$ )을 3가닥(50, 52, 56m) 사용하였으며, 양 오비기 앞끝에 각 34kg의 Chain을 부착하여 침강력을 증가하였다.

오비기의 폭은 축소형 실물어구의 수직전개가 매우 작았기 때문에 축소형 실물어구보다 50% 크게 하여 60코로 하였으며, 코 크기와 그물실의 굵기는 현용어구와 같은 3,600mm와 4.6mm를 사용하였고, 수비에는 좌, 우 각각 20kg, 문턱 중앙에 25kg의 Chain을 부착하였다.

뜸줄과 발줄은 Fig. 4-1과 같이 제작하였는데, 앞창에는 스티로폼 뜸(550×950mm)을 부착하였고, 발줄의 침강력은 오비기 1,090kg(납중량 478kg), 수비 205kg(납중량 115kg)으로 전체 침강력을 1,295kg으로 하였다.

수비의 길이는 축소형 실물어구의 경우 수비가 너무 짧아서 오비기에서 구 집된 멸치군을 자루그물로 유도하는데 문제가 있었으므로, 현용어구와 거의 같도록 하여 코 크기 1,800, 900, 600, 300mm의 4단계로 하였으며, 폭은 오비기의 폭과 같이 축소형 실물어구보다 50% 정도 크게 하였다.

나발은 현용어구의 수비 끝부분의 코크기가 300mm에서 자루그물의 코크기가 3.8mm(140경)로 급격히 감소함에 따른 포켓형상의 형성과 이로 인한 어군 유도의 비효율성을 해소하기 위하여, 그물감은 PE 60mm 무결절망지를 사용하

고, 길이는 100코, 폭은 밑판과 등판 앞부분은 600코, 뒷부분은 400코, 옆판 앞부분은 400코, 뒷부분은 266코로 하였다.

앞창과 문턱은 수비와 연결하여 자루그물의 안정을 도모하도록 뜰줄과 발줄 쪽은 40코(1개는 20코임), 자루그물 쪽은 80코(1개는 40코임)로 하였고, 길이는 20코로 하였으며, 그물실의 재료는 PA이며, 코 크기와 굵기는 각각 300mm, 6mm이다.

자루그물 A는 Fig. 4-2와 같이 자루입구와 뒷부분의 크기가 같도록 폭이 60m(120골), 길이는 48m(32장대)로 하였는데, 이때 등판과 밑판은 36골, 옆판은 24골, 뒷판은 36×24골로 구성되며, 매 골마다 직경 8mm인 PA힘줄을 붙여 파망 위험을 줄였다. 깔때기는 앞부분의 폭은 자루그물과 같이 120골을 하고, 뒷부분은 48골로 하였으며, 길이는 18m(12장대)로 하였다.

자루그물 B는 Fig. 4-3과 같이 길이를 68m로 길게 하였으며, 폭은 앞부분이 60m(120골)이고, 뒷부분이 29m(58골)로 5단계로 좁아지도록 구성하였다. 깔때기는 자루 앞부분과 중간부분에 2개를 부착하였으며, 앞부분은 폭이 24m(48골), 길이가 18m(12장대), 뒷부분은 폭이 20m(40골), 길이가 8m이다.

## 2. 실험방법

해상실험은 축소형 개량어구를 사용하여 2000년 6월 12일부터 6월 30일까지 거제도 해역(Fig. 2-2)에서 신광수산 소속 조업선 17, 19신광호(Table 2-1)를 이용하여 실시하였으며, 17신광호를 주선으로 하고 19신광호를 종선으로 하여 축소형 개량어구(Fig. 4-1)에 자루그물 A와 B를 교대로 결합시켜 실험하였다.

어구의 망고는 자기식수운수심계를 이용하여 Fig. 2-3과 같이 오비기, 수비, 앞창 및 문턱, 자루그물 입구, 깔때기, 자루그물 뒤끝의 상, 하단에 각각 부착하여 계측하였으며, 부착위치는 어구전체 길이에 오비기 앞끝을 기준으로 해서 축소형 개량어구 A형은 오비기 138m, 수비 276m, 앞창 313m, 자루그물 입구 319m, 깔때기 337m, 자루뒤끝 367m에, 축소형 개량어구 B형은 오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구, 깔때기는 동일한 위치에, 자루뒤끝은 387m이다.

어구의 형상은 양선간격을 100, 300, 500m로, 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k't로 변화시키면서 측정하였는데 이 때에 양선간격은 선간거리계, 레이다, GPS와 노트북 컴퓨터로 구성된 계측기로, 예망속도는 유속계로 측정하였다.

자루입구 부분의 어군 입망 상황과 망고는 어군탐지기(Furuno, FCV-667)로 계측하였고, 어구의 수중형상을 계측하기 위하여 수중다이버에 의하여 수중 촬영 및 관찰하도록 하여 수비 그물코와 자루그물 입구의 형상, 자루그물 내에 입망된 멸치군의 도피행동을 관찰하였다.

또한, 망선의 예망마력과 어구의 적정크기, 어구의 유체저항을 알아보기 위하여 오비기 앞부분과 끌줄 사이에 장력계(CAS, SS-10T)를 달고 양선간격과 예망속도를 각각 3단계로 조정하면서 측정하였다.

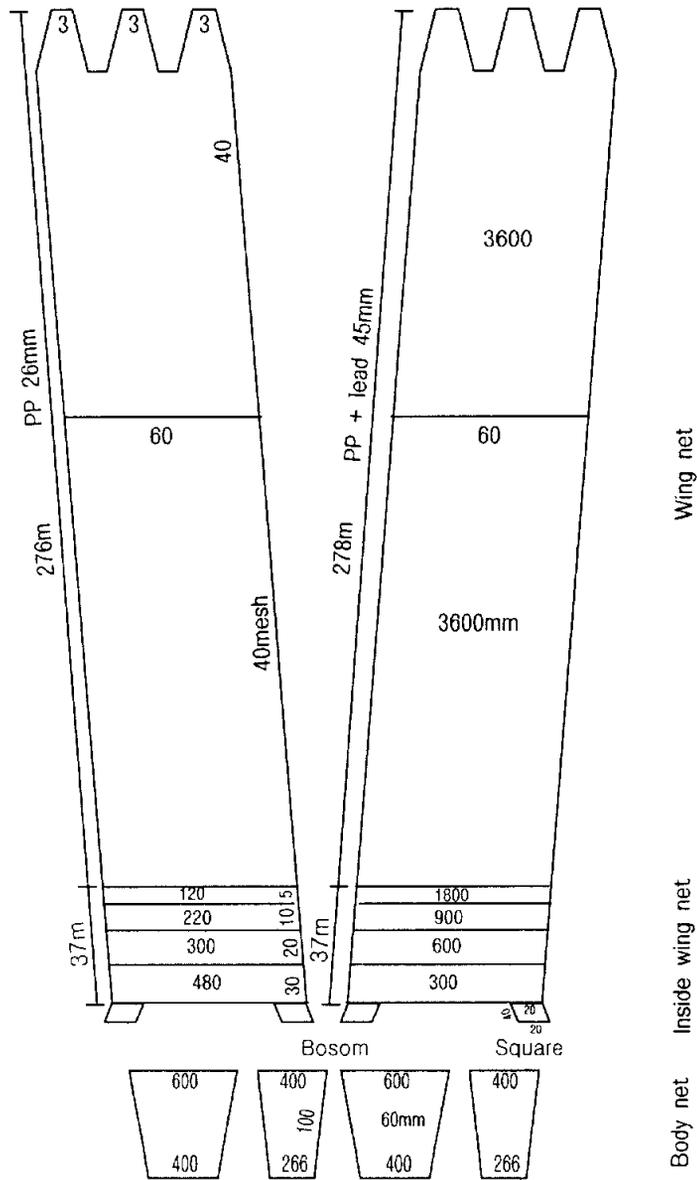


Fig. 4-1. Developed drawing of the half size modified net.

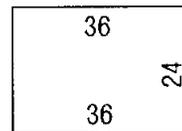
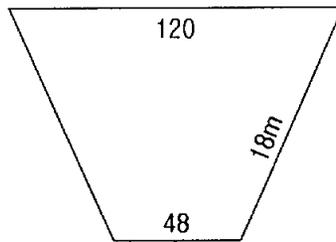
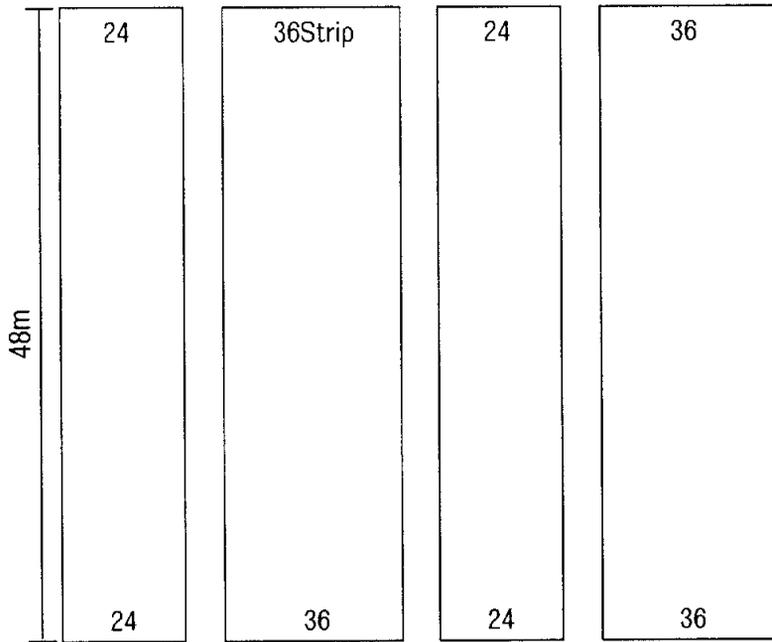


Fig. 4-2. Developed drawing of the cod end A.

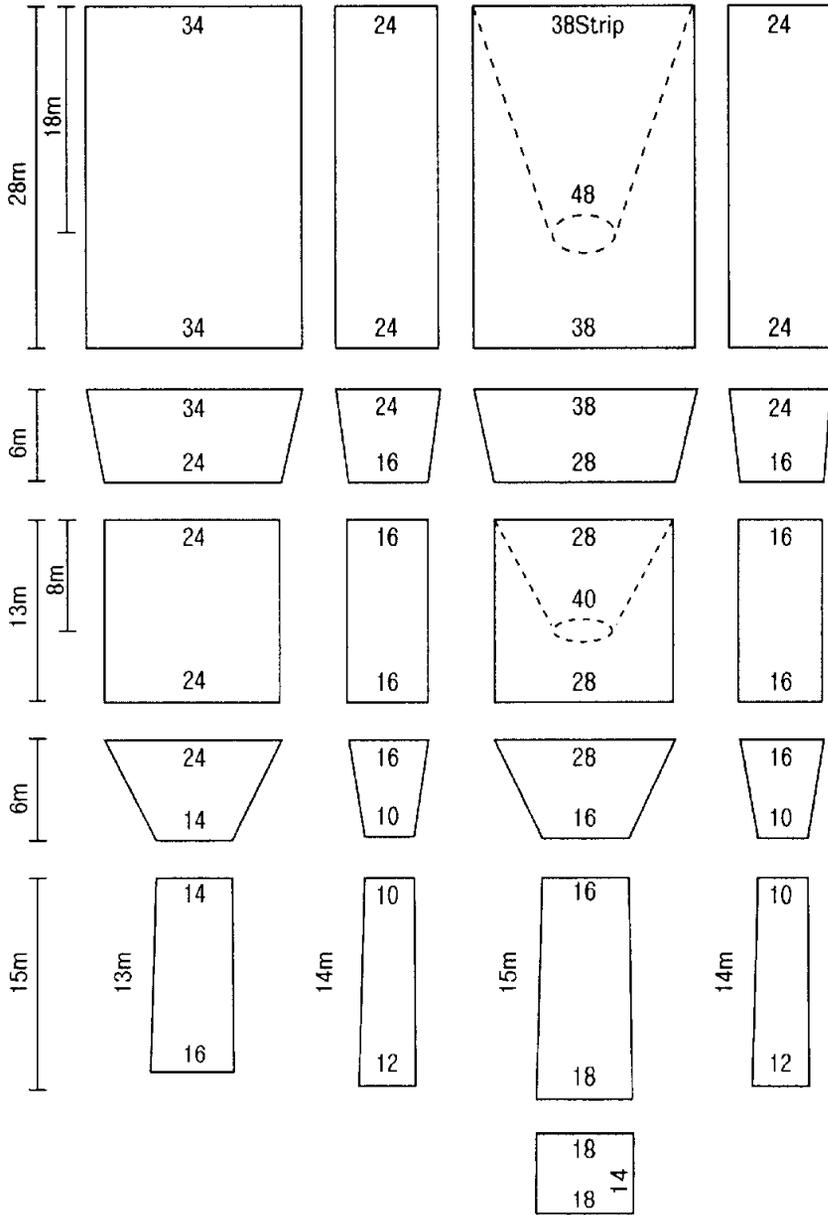


Fig. 4-3. Developed drawing of the cod end B.

## 4.3 결과 및 고찰

### 1. 축소형 개량어구 A형의 전개성능

#### 1) 망 고

##### (1) 양선간격의 변화에 따른 망고

Fig. 4-1의 시험어구와 자루그물 A를 결합한 축소형 개량어구 A형에 대하여 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k/t로 일정하게 하고, 양선간격을 100, 300, 500m로 변화시키면서 측정한 어구 각 부분의 망고는 Fig. 4-4와 같다.

예망속도 0.6k/t에서 양선간격의 변화에 따른 각 부분의 망고는 양선간격이 넓어질수록 낮아지는 경향을 보였고, 낮아지는 정도는 오비기, 수비, 자루그물 입구는 다소 뚜렷하였으나 앞창은 약간 높아졌다가 낮아졌으며, 깔때기와 자루그물 뒤끝은 거의 일정하였으며, 망고가 높은 곳부터 순서대로 나열하면 수비, 오비기, 앞창, 자루그물 입구, 자루그물 뒤끝, 깔때기의 순이었다.

예망속도 0.9k/t에서 각 부분의 망고는 0.6k/t에서와 같이 양선간격이 넓어질수록 낮아지는 경향을 보였고, 낮아지는 정도는 오비기, 수비, 자루그물 입구는 다소 뚜렷한 경향을 보였으나 앞창은 약간 높아졌다가 낮아졌으며, 깔때기와 자루그물 뒤끝은 거의 일정하였다.

예망속도 1.2k/t에서 각 부분의 망고는 0.6, 0.9k/t에서와 같이 양선간격이 넓어질수록 낮아졌고, 낮아지는 정도는 오비기, 수비, 자루그물 입구는 다소 뚜렷하였으나 앞창, 깔때기와 자루그물 뒤끝은 약간 높아졌다가 낮아졌다.

축소형 개량어구 A형을 양선간격 100, 300, 500m, 예망속도 0.6, 0.9, 1.2k/t로 변화시켰을 때의 오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구, 깔때기, 자루그물 뒤끝의 망고는 각각 9.5~17.3, 11.7~18.0, 11.7~14.4, 9.0~13.6, 8.0~8.8, 9.3~10.4m였고, 어구 설계도상의 망고는 각각 59.0, 68.0, 45.0, 19.0, 7.6, 19.0m이므로 이를 고려한 각

부분의 실제 전개율은 각각 16~29, 17~27, 26~32, 47~71, 105~116, 49~54%로 나타나서, 전개성능은 깔때기, 자루그물 입구, 자루그물 뒤끝, 앞창, 오비기, 수비의 순으로 낮아졌다.

## (2) 예망속도의 변화에 따른 망고

축소형 개량어구 A형에 대하여 양선간격을 100, 300, 500m로 일정하게 하고, 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k/t로 변화시키면서 측정한 어구 각 부분의 망고는 Fig. 4-5와 같다.

양선간격 100m에서 예망속도의 변화에 따른 각 부분의 망고는 예망속도가 빨라질수록 완만하게 낮아졌고, 낮아지는 정도는 각 부분에 따른 차이는 거의 없었으며, 망고가 높은 곳부터 순서대로 나열하면 양선간격의 변화에 따른 것과 같이 수비, 오비기, 앞창, 자루그물 앞끝, 자루그물 뒤끝, 깔때기의 순이었다.

양선간격 300m에서 예망속도의 변화에 따른 각 부분의 망고는 예망속도가 빨라질수록 낮아졌고, 낮아지는 정도는 오비기와 수비에서는 다소 뚜렷한 경향을 보였으나 앞창, 자루그물 입구, 깔때기와 자루그물 뒤끝에서는 거의 완만하게 낮아졌다.

양선간격 500m에서 예망속도의 변화에 따른 각 부분의 망고는 예망속도가 빨라질수록 낮아졌고, 그 정도는 100m와 300m의 경우보다는 작았으며, 오비기와 자루그물 앞끝에서는 다소 뚜렷하였으나 수비, 앞창, 깔때기와 자루그물 뒤끝에서는 거의 완만하게 낮아졌다.

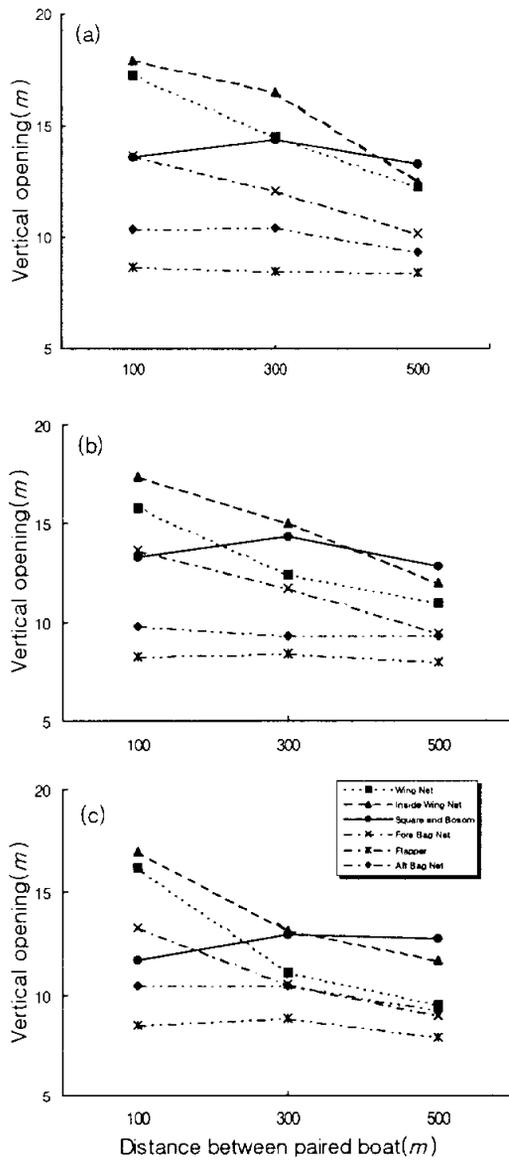


Fig. 4.4. Vertical opening of the half size modified net A as function of the distance between boats. (a)  $0.6k't$  of towing speed, (b)  $0.9k't$ , (c)  $1.2k't$ .

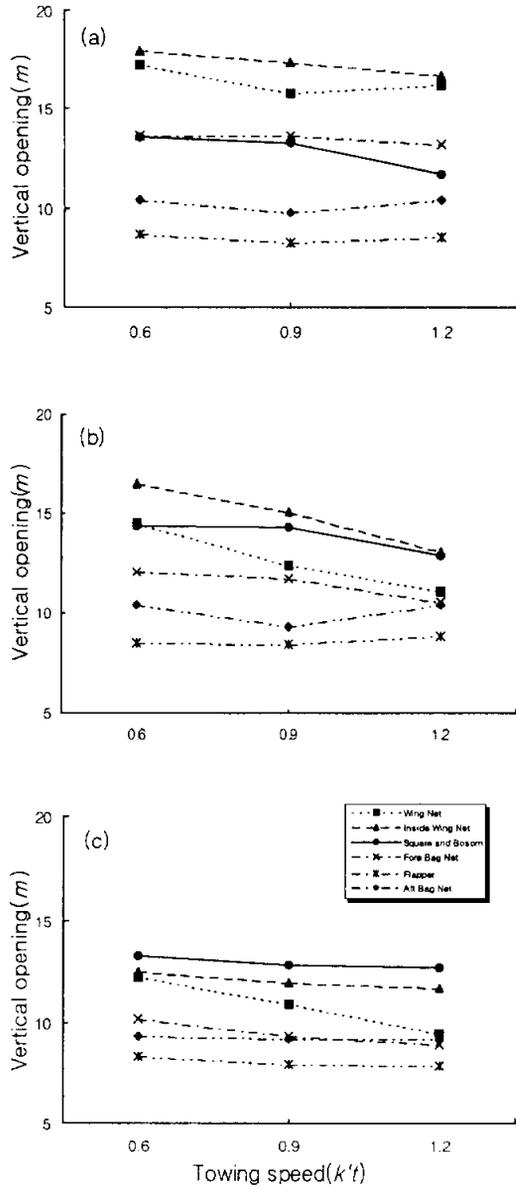


Fig. 4-5. Vertical opening of the half size modified net A as function of the towing speed. (a) 100m of distance between boats, (b) 300m, (c) 500m.

## 2) 어구형상

### (1) 양선간격의 변화에 따른 형상

축소형 개량어구 A형에 대하여 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k't로 일정하게 하고, 양선간격을 100, 300, 500m로 변화시키면서 측정한 어구 형상은 Fig. 4-6과 같다.

예망속도 0.6k't에서 양선간격의 변화에 따른 어구 형상은 양선간격이 넓어질수록 어구가 들렸고, 뜰 쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 다소 컸으며, 양선간격 100m에서 오비기에서 수비 앞끝까지는 완만하게 가라앉고 있으며, 수비에서 문턱까지는 들렸다. 300m와 500m에서는 매우 안정된 예망수층을 이루고 있으며, 자루그물은 양선간격의 변화에 따라 예망수층이 뚜렷하게 구분되고 있다.

예망속도 0.9k't에서 어구 형상은 양선간격이 넓어질수록 어구가 들렸고, 이러한 경향은 0.6k't에서와 같이 뜰 쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 다소 컸으나 어구의 깊이는 0.6k't일 때보다는 다소 들렸다. 양선간격 100m에서는 자루그물의 뒤끝이 들렸으나, 전체적으로 오비기에서 수비까지 완만하게 가라앉고 있다.

예망속도 1.2k't에서 어구 형상은 양선간격이 넓어질수록 어구가 들렸고, 이러한 경향은 0.6, 0.9k't에서와 같이 뜰 쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 다소 컸으며, 예망수층이 가장 낮게 형성되었고, 양선간격의 변화에 따른 형상의 변화폭이 가장 적게 나타났다. 양선간격 100m에서는 수비에서 앞창까지 급격히 들리고 있으며, 양선간격 300m와 500m에서는 오비기에서 자루그물에 이르기까지의 예망수층이 가장 안정되어 있다.

### (2) 예망속도의 변화에 따른 형상

축소형 개량어구 A형에 대하여 양선간격을 100, 300, 500m로 일정하게 하고,

예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k't로 변화시키면서 측정한 어구 형상은 Fig. 4-7과 같다.

양선간격 100m에서 어구 형상은 예망속도가 빠를수록 어구가 들렸고, 뜬줄 쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 다소 컸으나 양선간격의 변화에 따른 것보다는 작았으며, 오비기에서 수비에 이르기까지는 완만하게 가라앉다가 수비에서 앞창에 이르기까지는 들리고 있으며, 예망속도 1.2k't일 때 가장 급격하게 들리는 경향을 나타내었다. 예망속도의 변화에 따른 예망수층의 변화폭은 일정하였다.

양선간격 300m에서 어구 형상은 예망속도가 빠를수록 어구가 들렸고, 양선간격이 100m일 때와 같이 뜬줄 쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 다소 컸으나, 어구의 깊이는 100m일 때보다는 다소 들렸다. 어구의 예망수층이 낮게 형성되었으며 오비기에서 앞창에 이르기까지 어구의 형상이 안정되어 있으나 예망속도 0.9k't에서는 자루그물의 뒤끝이 들렸다.

양선간격 500m에서 어구 형상은 예망속도가 빠를수록 어구가 들렸고, 양선간격이 100m와 300m일 때와 같이 뜬줄 쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 다소 컸으나 어구의 예망수층이 가장 낮게 형성되었으며, 오비기에서 자루그물 뒤끝에 이르는 형상이 가장 안정되게 나타났다. 어구의 깊이는 100m와 300m일 때보다 전체적으로 낮게 형성되었다.

축소형 개량어구 A형의 어구 형상은 축소형 실물어구보다 오비기의 수직방향 전개가 향상되었으며, 오비기에서 수비에 이르기까지의 예망수층이 매우 안정되게 형성되어 예망수층의 변화폭이 크지 않고, 나발그물이 포켓형상을 크게 개선시켜 그물코의 날림 현상 감소와 수비에서 자루그물까지의 형상이 매우 완만하게 나타났다.

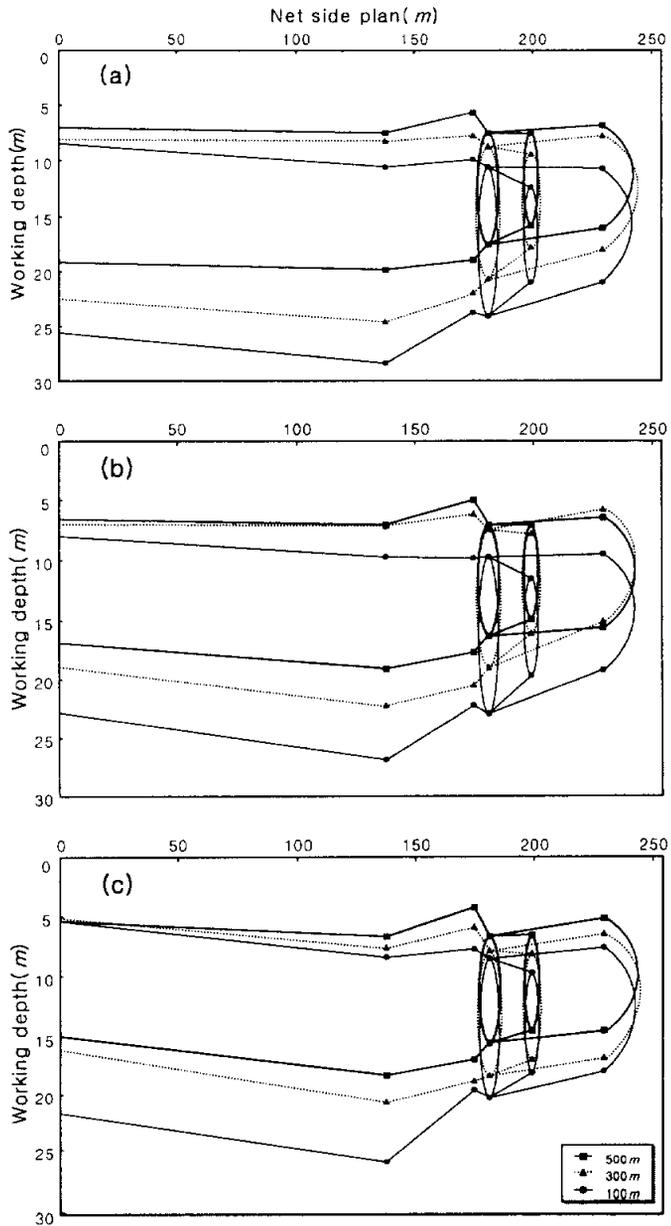


Fig. 4-6. Working depth of the half size modified net A as function of the distance between boats. (a) 0.6k't of towing speed, (b) 0.9k't, (c) 1.2k't.

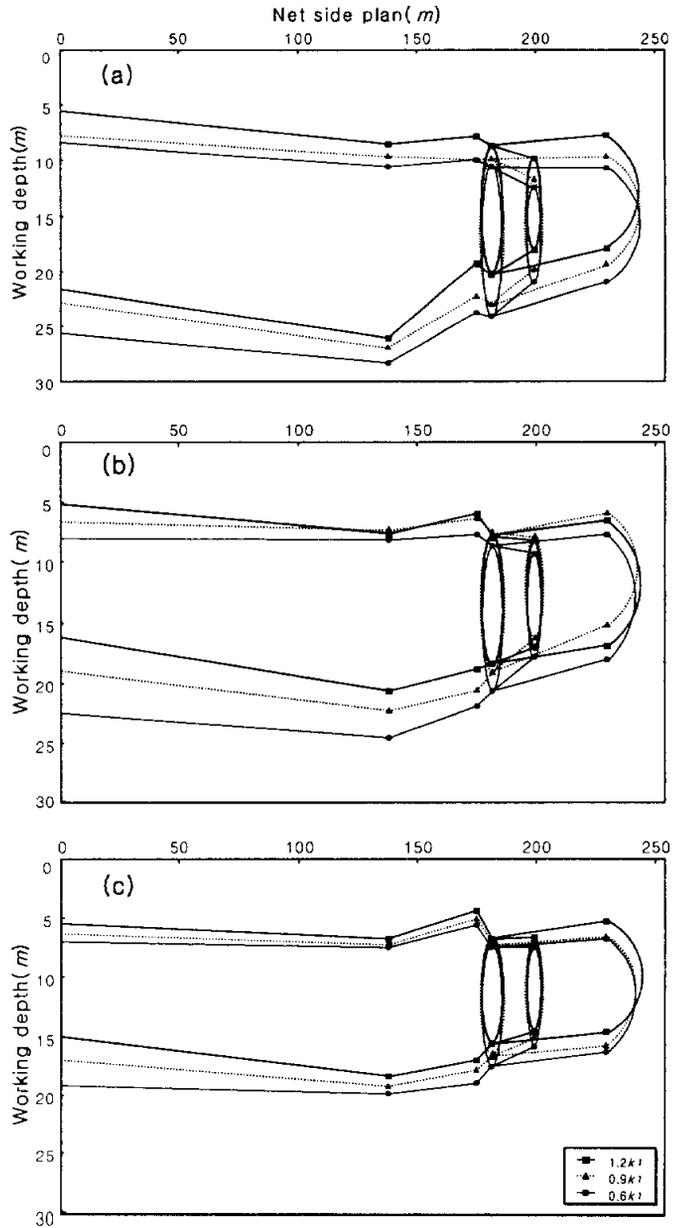


Fig. 4-7. Working depth of the half size modified net A as function of the towing speed. (a) 100m of distance between boats, (b) 300m, (c) 500m.

현용어구의 자루그물 형태로 제작된 자루그물 A형은 양선간격이 좁혀지거나 예망속도가 느릴 경우에 자루그물 뒤끝이 들리는 형상으로 나타났으며, 재래식 자루그물의 어획성능이 파치망식보다 우수하다는 보고(李 등, 1979b)와는 다르게, 자루그물 A형은 수중 카메라와 잠수부의 수중관찰에서 많은 량의 어군도피가 확인되었다.

따라서, 자루그물의 구조를 트롤의 끝자루와 같이 뒤끝으로 갈수록 좁아지는 대신 길이는 길어지도록 제작하고 깔때기를 이중으로 부착시킨다면 이를 개선할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 축소형 개량어구 B형의 전개성능

### 1) 망 고

#### (1) 양선간격의 변화에 따른 망고

Fig. 4-1의 개량형 시험어구와 자루그물 B를 결합한 축소형 개량어구 B형에 대하여 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k't로 일정하게 하고, 양선간격을 100, 300, 500m로 변화시키면서 측정한 어구 각 부분의 망고는 Fig. 4-8과 같다.

예망속도 0.6k't에서 양선간격의 변화에 따른 각 부분의 망고는 양선간격이 넓어질수록 낮아졌고, 낮아지는 정도는 자루그물 A형보다 다소 뚜렷하였으며, 각 부분별로는 오비기와 수비는 양선간격의 증가에 따라 뚜렷하게 낮아졌고, 앞창과 자루그물 입구는 오비기와 수비보다 다소 완만하게 낮아졌으며, 깔때기와 자루그물 뒤끝은 약간 증가하였다가 감소하였고, 망고는 수비가 가장 높고, 오비기, 앞창, 자루그물 입구, 깔때기, 자루그물 뒤끝의 순으로 낮아졌다.

예망속도 0.9k't에서 각 부분의 망고는 양선간격이 넓어질수록 낮아졌고, 각 부분별로는 수비는 양선간격의 증가에 따라 뚜렷하게 낮아졌고, 앞창, 자루그물 입구와 깔때기는 수비보다 다소 완만하게 낮아졌으며, 자루그물 뒤끝은 약간 증가하였다가 감소하였고, 오비기는 증가하였다가 급격히 감소하였으며, 망고는 예망속도가 0.6k't에서와 거의 같았다.

예망속도 1.2k't에서 각 부분의 망고는 양선간격이 넓어질수록 다소 완만하게 낮아졌고, 낮아지는 정도는 0.6, 0.9k't일 때보다는 다소 완만하였으며, 망고는 예망속도 0.6, 0.9k't에서와 거의 같았다.

축소형 개량어구 B형을 양선간격 100, 300, 500m, 예망속도 0.6, 0.9, 1.2k't로 변화시켰을 때의 오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구, 깔때기, 자루그물 뒤끝의 망고는 각각 12.1~21.8, 13.3~22.7, 12.0~15.0, 10.9~14.8, 7.8~8.6, 5.8~8.0m 이었고,

각 부분의 실제 전개율은 각각 21~37, 20~33, 26~33, 57~77, 103~113, 63~87%로 나타나서, 전개성능은 깔때기가 가장 높고, 자루그물 뒤끝, 자루그물 입구, 앞창, 오비기, 수비의 순으로 낮아졌다.

축소형 개량어구 B형의 전개성능은 A형에 비하여 오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구 및 뒤끝에서 높게 나타나서 그물코의 움살과 포켓형상이 크게 개선되었고, 어군의 구집 및 자루그물로의 유도가 원활하였다.

## (2) 예망속도의 변화에 따른 망고

축소형 개량어구 B형에 대하여 양선간격을 100, 300, 500m로 일정하게 하고, 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k/t로 변화시키면서 측정한 어구 각 부분의 망고는 Fig. 4-9와 같다.

양선간격 100m에서 예망속도의 변화에 따른 어구 각 부분의 망고는 예망속도가 빨라질수록 완만하게 낮아졌고, 망고는 양선간격의 변화에 따른 것과 같이 수비가 가장 높고, 오비기, 자루그물 입구, 앞창, 자루그물 뒤끝, 깔때기의 순으로 낮아졌다.

양선간격 300m에서 어구 각 부분의 망고는 예망속도가 빨라질수록 낮아졌고, 낮아지는 정도는 양선간격 100m보다는 다소 완만하게 낮아졌으며, 각 부분별로는 오비기와 수비에서는 다소 뚜렷한 경향을 보였으나, 앞창, 자루그물 앞끝, 깔때기와 자루그물 뒤끝에서는 거의 완만하게 낮아졌다.

양선간격 500m에서 어구 각 부분의 망고는 예망속도가 빨라질수록 완만하게 낮아지는 경향을 보였고, 그 정도는 100m와 300m의 경우보다는 작았다.

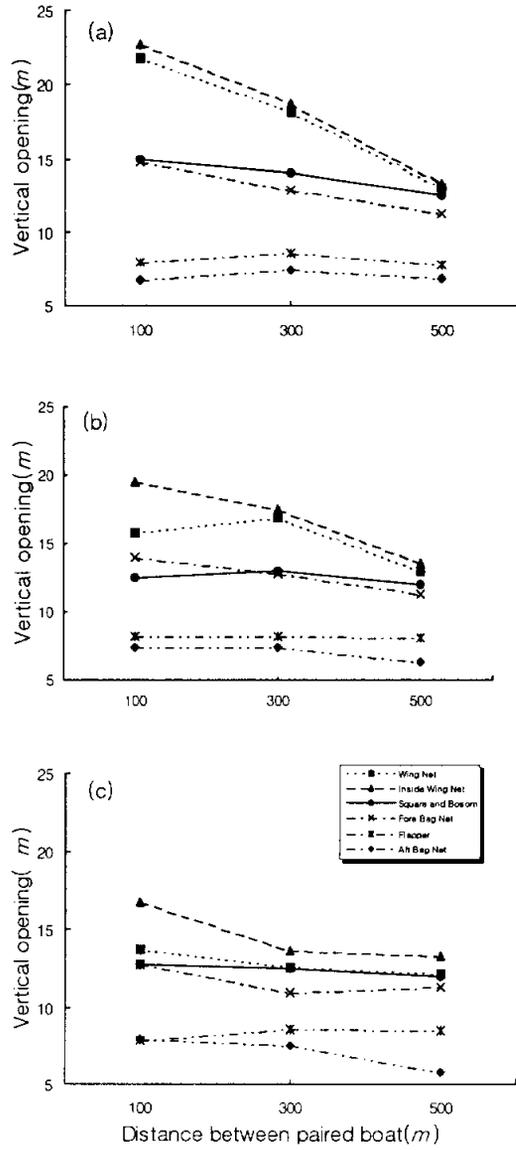


Fig. 4-8. Vertical opening of the half size modified net B as function of the distance between boats. (a)  $0.6k't$  of towing speed, (b)  $0.9k't$ , (c)  $1.2k't$ .

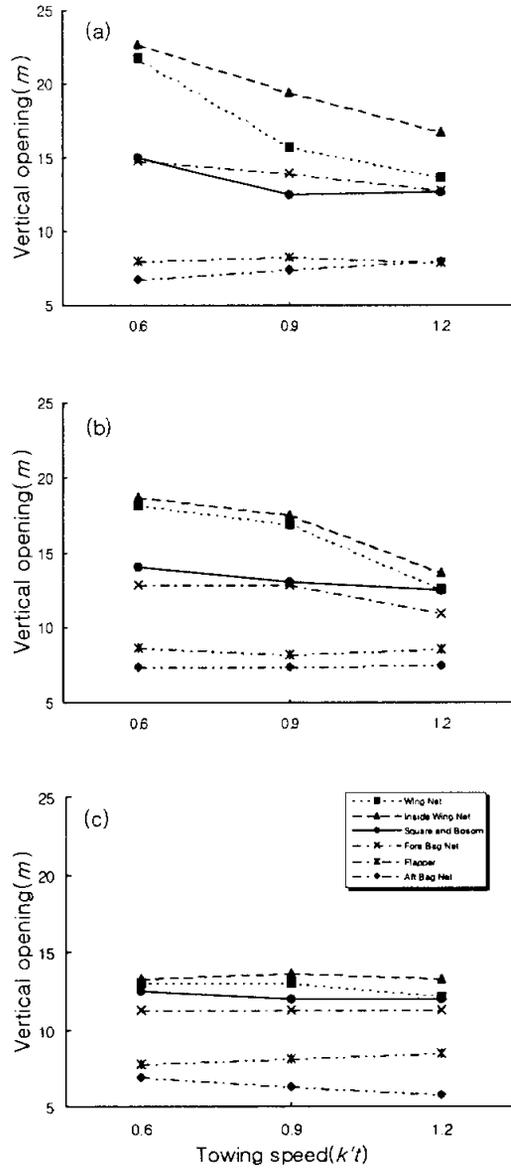


Fig. 4-9. Vertical opening of the half size modified net B as function of the towing speed. (a) 100m of distance between boats, (b) 300m, (c) 500m.

## 2) 어구형상

### (1) 양선간격의 변화에 따른 형상

축소형 개량어구 B형에 대하여 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k't로 일정하게 하고, 양선간격을 100, 300, 500m로 변화시키면서 측정한 어구의 형상은 Fig. 4-10과 같다.

예망속도 0.6k't에서 양선간격의 변화에 따른 어구 형상은 양선간격이 넓어질수록 어구의 예망수층이 뚜렷하게 구분되었고, 뜰쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 매우 크게 나타났다. 양선간격 100m일 때는 수비에서 앞창까지는 급격히 들리고 있으며, 300m와 500m일 때는 예망수층이 안정되었다.

예망속도 0.9k't에서의 어구 형상은 양선간격이 넓어질수록 어구가 들렸고, 이러한 경향은 0.6k't에서와 같이 뜰쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 다소 컸으며, 어구의 깊이는 0.6k't일 때보다는 다소 들렸다. 양선간격 100m일 때 오비기에서 수비까지는 완만하게 가라앉다가 수비에서 앞창까지는 들렸는데, 발줄 쪽은 급격히 들렸고 앞창에서 자루 끝부분까지는 다소 가라앉았다.

예망속도 1.2k't에서의 어구 형상은 양선간격이 넓어질수록 어구가 들렸고, 이러한 경향은 0.6, 0.9k't에서와 같이 뜰쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 다소 컸으며, 예망수층이 가장 낮게 형성되고 안정되었으며, 어구의 깊이는 0.6, 0.9k't일 때보다는 더 들렸다.

### (2) 예망속도의 변화에 따른 형상

축소형 개량어구 B형에 대하여 양선간격을 100, 300, 500m로 일정하게 하고, 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k't로 변화시키면서 측정한 어구 형상은 Fig. 4-11과 같다.

양선간격 100m에서 예망속도의 변화에 따른 어구 형상은 예망속도가 빠를수록 어구가 들렸고, 뜰쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 다소 컸으나 양선간격의 변

화에 따른 것보다는 다소 작았으며, 오비기에서 수비까지는 완만하게 가라앉다가 수비에서 앞창까지는 들렸는데, 발줄 쪽은 급격히 들렸고, 그 뒤부터 자루 끝부분에 이르기까지는 다소 가라앉았다.

양선간격 300m에서의 어구 형상은 예망속도가 빠를수록 어구가 들렸고, 뜬줄 쪽보다는 발줄 쪽의 변화 폭이 다소 컸으나, 양선간격의 변화에 따른 것보다는 다소 작았으며, 오비기에서 수비까지 예망수층이 안정되었으며, 어구의 깊이는 0.6k't일 때보다 더 들렸다.

양선간격 500m에서의 어구 형상은 예망속도의 변화에 따라 어구가 들리는 정도의 차이는 거의 없었으며, 양선간격의 변화에 따른 것과 0.6, 0.9k't일 때에 보다는 매우 작았으며 오비기에서 수비까지는 예망수층이 안정되고, 수비에서 앞창까지도 균일한 예망수층을 형성하며, 자루그물도 매우 안정된 형상으로 어군의 입망에 매우 적합하게 되어 있고, 어구의 깊이는 0.6, 0.9k't일 때보다는 더 들렸다.

축소형 개량어구 B형의 어구 형상은 양선간격의 변화에 따른 망고의 변화폭이 축소형 개량어구 A형에 비해 안정되고 오비기에서 자루뒤끝까지의 형상이 어군의 입망에 원활하도록 매우 완만하게 형성되었으며, 이중갈대기 부착으로 인해 입망 된 어군의 도피가 거의 이루어지지 않았으나, 입망 된 어군에 위협요소를 감소시키기 위해서는 자루뒤끝의 크기를 현재보다 크게 할 필요가 있다.

수비의 포켓형상은 나발그물 부착으로 대폭 개선되었음을 확인하였으나, 길이 방향의 크기가 다소 짧다고 판단되었으며, 완전한 포켓형상의 개선을 위해서는 60mm 나발그물에, 120mm 정도의 코 크기로 길이 방향으로 5~8m 정도의 크기로 제작, 부착할 필요가 있다고 판단되었다.

그물목줄을 PP, C.P.R로 각각 사용하여 보았는데, 장시간 사용하였을 때 꼬임으로 인해 파단 위험성 증가와 그물코의 말림 현상이 부분적으로 발생하였다.

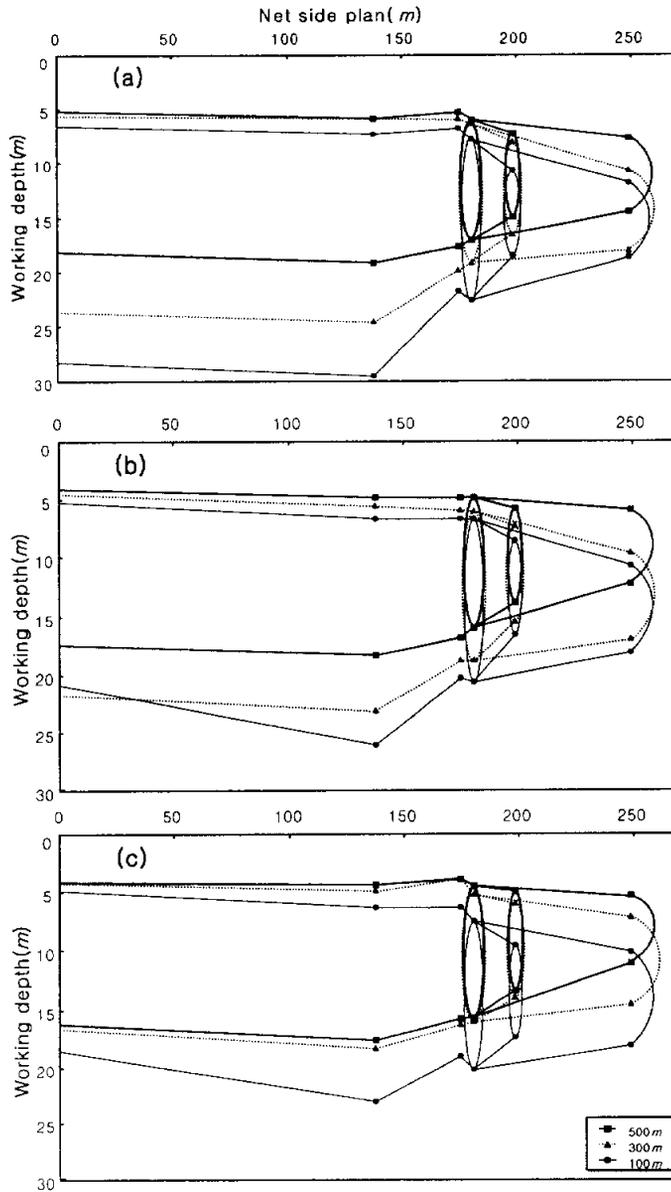


Fig. 4-10. Working depth of the half size modified net B as function of the distance between boats. (a) 0.6k't of towing speed, (b) 0.9k't, (c) 1.2k't.

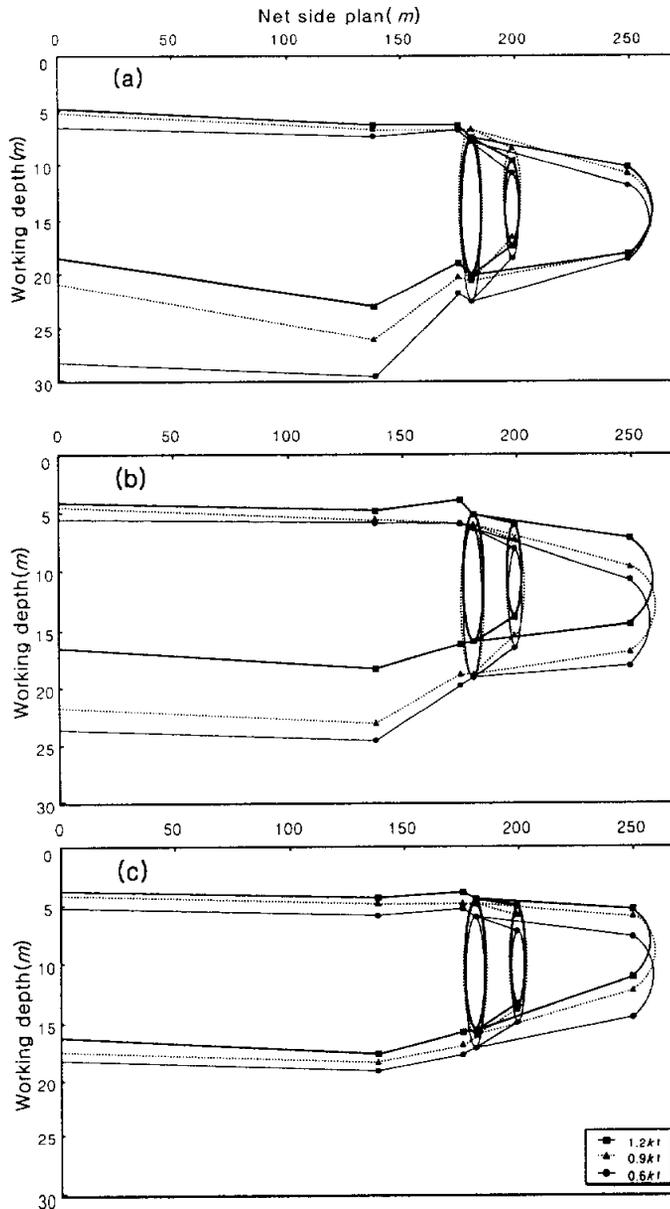


Fig. 4-11. Working depth of the half size modified net B as function of the towing speed. (a) 100m of distance between boats, (b) 300m, (c) 500m.

축소형 개량어구 B형은 어구 각 부의 망고와 형상의 전개성능이 매우 안정되었으므로, 이 결과를 토대로 생력화를 이룰 수 있는 어구의 설계를 위한 접근이 필요하다고 판단되었다.

### 3. 어구저항

축소형 개량어구 A형과 B형에 대하여 양선간격을 100, 300, 500m로, 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k't로 변화시키면서 측정한 유체저항은 Fig. 4-12와 같다.

축소형 개량어구 A형의 유체저항은 예망속도가 증가할수록 직선적으로 증가하였으며, 양선간격이 100m일 경우에는 3.6, 5.2, 7.7ton, 300m일 경우에는 3.5, 6.0, 7.9ton, 500m일 경우에는 3.8, 5.8, 8.4ton으로 나타나 예망속도가 빠를수록 증가폭이 크게 나타났다.

축소형 개량어구 B형의 유체저항은 예망속도가 증가할수록 직선적으로 증가하였으며, 양선간격 100m에서는 3.6, 5.6, 7.5ton, 300m에서는 3.5, 5.7, 7.7ton, 500m에서는 3.8, 5.8, 7.9ton으로 나타나 예망속도가 빠를수록 증가폭이 크게 나타났다.

축소형 개량어구 A형과 B형의 유체저항은 양선간격의 변화에 따른 저항의 변화폭은 크지 않았으나, 예망속도의 변화에 따른 저항의 변화폭은 직선적으로 크게 증가하고 있다.

축소형 개량어구는 축소형 실물어구(Fig 2-1)에 비해 어구의 전체 규모가 커졌기 때문에 유체저항이 큰 폭으로 증가하였으나, 현재의 망선보다 적은 마력으로도 원활한 예망이 가능한 것으로 판단된다.

기선권현망어구의 예망 중 유체저항은 자루그물의 크기에 따라 대부분 좌우되기 때문에 오비기, 수비에 비해 자루그물의 크기를 조금만 크게 해도 저항은 상당히 증가하게 되는데(李 등, 1970), 축소형 개량어구에서 자루그물 B형은 자루그물 뒤끝이 58골로 자루그물 A형의 120골에 비해 1/2로 축소, 제작되어 자루의 저항은 대부분이 뒷판의 저항이라 볼 수 있다(李 등, 1970)는 보고에 따라 유체저항이 대폭 감소될 것으로 추정하였으나, 실제 해상실험에서 예망속도 조절에 사

용된 엔진 회전수는 자루그물 A형에 비해 다소 감소하였으나, 끌줄에 걸리는 장력의 차는 크지 않았다. 이는 자루그물 B형이 자루그물 A형에 비해 자루그물 뒤 끝의 골수는 대폭 감소하였으나, 길이방향으로는 20m 정도 더 길어졌기 때문인 것으로 판단된다.

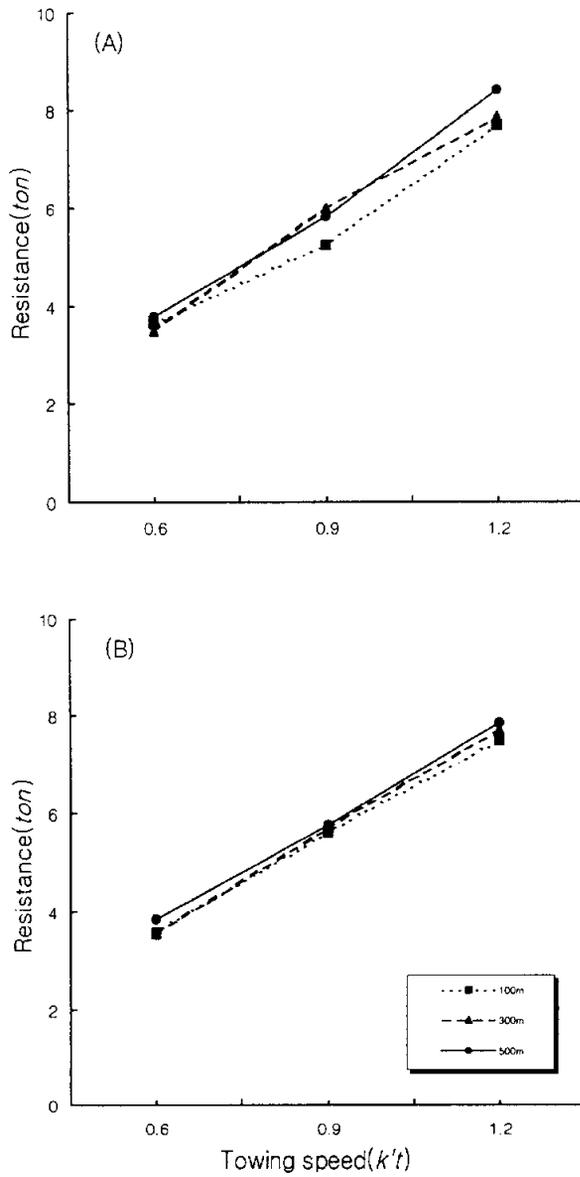


Fig. 4-12. Resistance of the half size modified net A and B as function of the towing speed.

## V. 생력형 어구의 전개성능

### 5.1 서 론

기선권현망어업의 생력화는 자루그물의 양방법 개선이 선결되어야 하기 때문에, 그동안 현측 롤러, 불 롤러(金 등, 1995)를 도입하여 조업 인원의 감축 효과는 다소 있었으나, 조업자동화에는 이르지 못하고 있다.

축소형 개량어구의 실험을 통하여 어구 각부의 전개성능 개선, 나발그물의 부착에 따른 수비의 형상 개선, 자루그물의 구조 개량에 따른 어군 도피 방지 등이 확인되었으나, 그물목줄, 수비의 그물코 크기 조정 및 저항 감소 대책, 나발그물 및 자루그물에 대한 보완이 요구되어, 축소형 개량어구의 실험결과를 토대로 하여, 이들 문제점을 보완한 생력형 어구에 대한 연구가 필요하다.

본 장에서는 그동안 연구과정에서 성능이 우수하였던 축소형 개량어구 B형을 보완한 생력형 어구를 제작하여 해상실험을 실시하고, 어구의 성능분석과 함께 3척식 자동화 조업시스템의 도입과 어로장비의 적정배치를 통한 현장 실용화를 전제로 실험·분석하여 생력형 어구 및 조업시스템의 개발 방향을 제시하였다.

## 5.2 재료 및 방법

### 1. 시험어구

생력형 어구는 Fig. 5-1과 같이 앞장에서의 연구를 통하여 성능이 가장 우수한 축소형 개량어구 B형을 기본으로 하여 자루그물의 양망기계화와 3척식 조업시스템 개선이 가능하도록 설계하였다.

생력형 어구는 오비기의 앞 끝에 수직방향 전개성능의 개선과 꼬임 방지를 위해 길이 50, 55m인 두 가닥의 그물목줄(PP Double braided  $\phi 28$ )을 사용하였고, 길이, 깊이방향의 콧수는 각각 80, 60코, 코 크기와 그물실의 굵기는 축소형 개량어구와 같게 하였다.

나발그물은 Fig. 5-1과 같이 수비와 자루그물의 중간에 그물코 크기가 앞쪽 120mm, 뒤쪽 60mm의 망지로서 2단계로 제작하여 부착하였다.

자루그물은 Fig. 5-2와 같이 대부분 축소형 개량어구 B형의 자루그물과 같은 구조로 하였으며, 다만 어획물을 최종적으로 거두어들이는 뒷부분을 길이는 2m 정도 더 길게 하고, 뒷판의 골수를 9골 더 크게 하였다.

오비기 앞끝의 아래쪽 그물목줄에는 각각 20kg의 Chain을 부착하여 오비기의 앞끝이 신속히 가라앉아 어구의 형상이 안정되도록 하였으며, 수비와 문턱의 수직전개를 위하여 수비 좌, 우에 각각 10kg, 문턱 중앙에 20kg의 Chain을 부착하였다.

앞창에는 스티로폴(670×1152mm) 폼을 부착하였으며, 발줄의 침강력은 전 장의 축소형 개량어구와 동일하게 전체 침강력을 1,295kg으로 하였다.

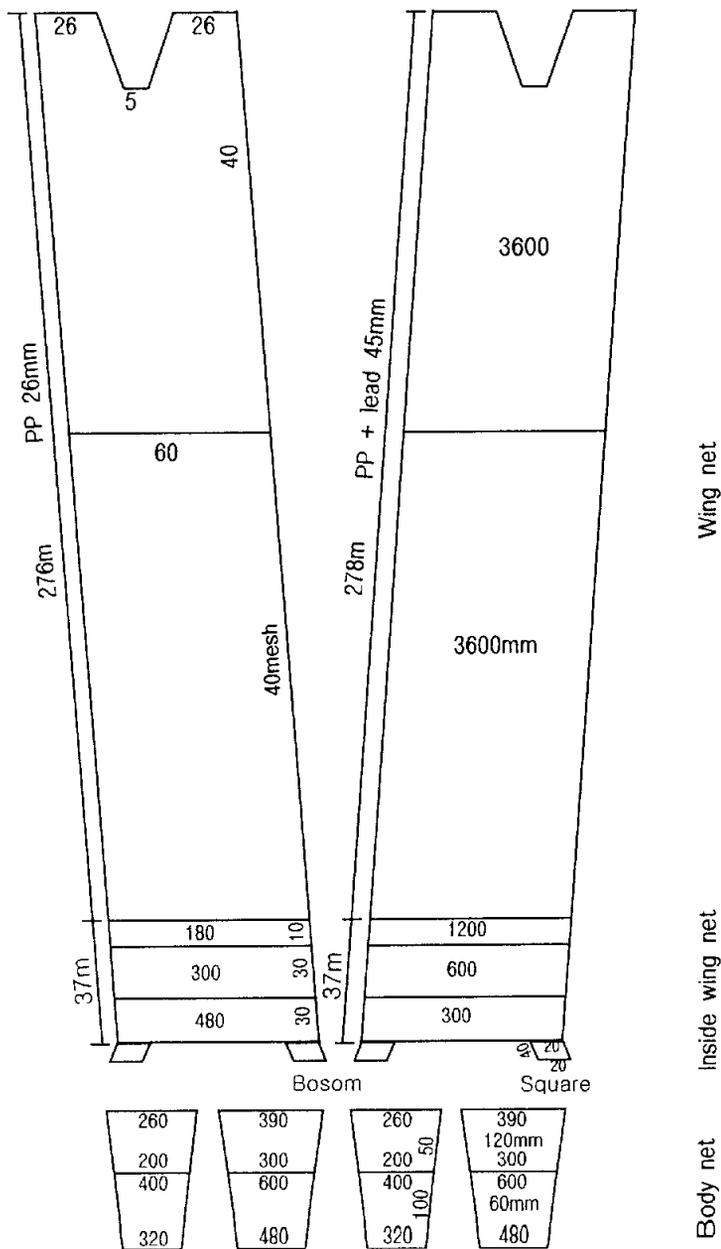


Fig. 5-1. Developed drawing of the labor saving improved net.

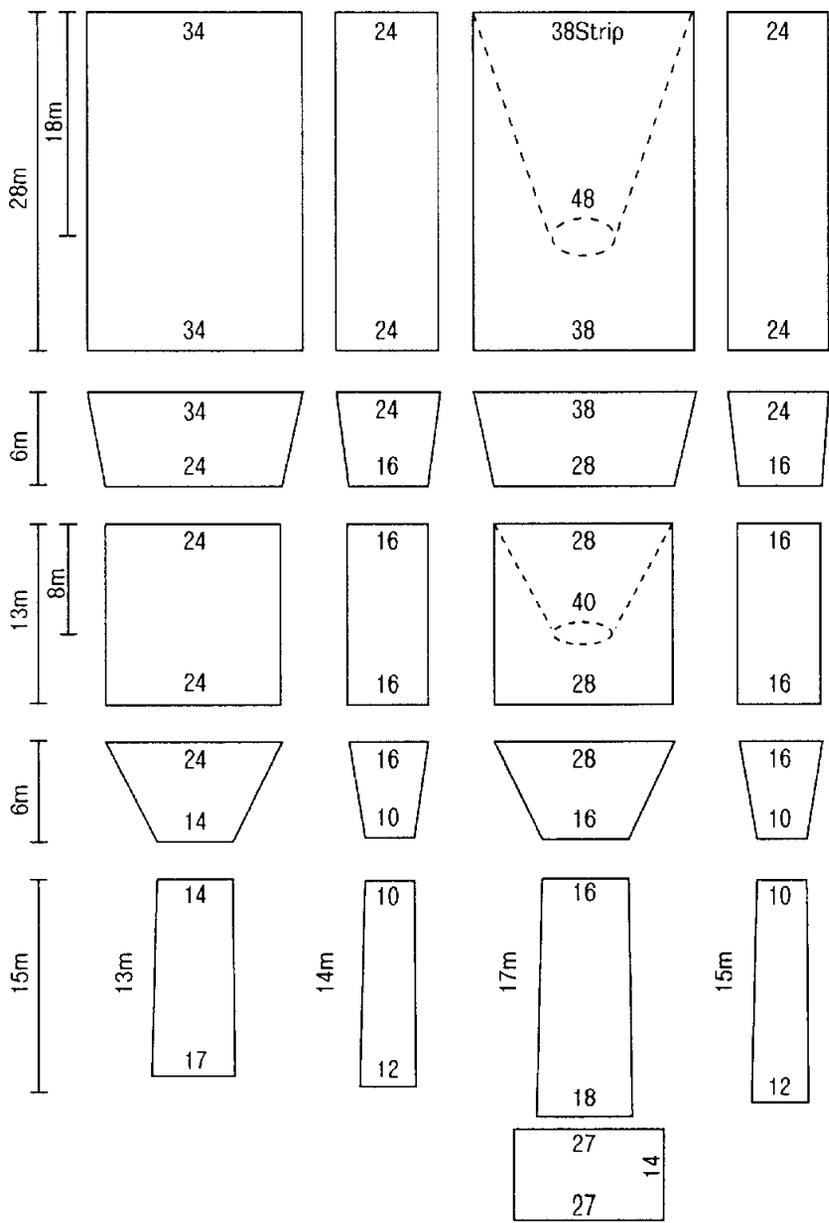


Fig. 5-2. Developed drawing of the labor saving improved cod end.

## 2. 실험방법

생력형 어구의 해상실험은 2001년 6월 1일부터 6월 30일까지 1개월 동안 거제도 해역(Fig. 2-2)에서 명천수산 소속 조업선 7, 8명천호(Table 5-1)를 이용하여 실시하였으며, 7명천호를 주선으로 하고 8명천호를 종선으로 하였다.

망고는 자기식수온수심계를 오비기 앞끝, 오비기, 수비, 앞창 및 문턱, 자루그물 입구, 깔때기, 자루그물 뒤끝의 상, 하단에 각각 부착하여 측정하였으며, 부착위치는 어구전체 길이에 그물복줄 앞끝을 기준으로 해서 오비기 앞끝 52m, 오비기 190m, 수비 329m, 앞창 366m, 자루그물 입구 376m, 깔때기 394m, 자루뒤끝 446m이다.

어구형상은 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k't의 3단계로, 양선간격은 현장조업선들이 가장 많이 실용화하고 있는 100, 300, 400m의 3단계로 하여 측정하였으며, 양선간격은 선간거리계, 레이다, DGPS, 노트북 컴퓨터로 구성된 계측기로, 예망속도는 유속계로 측정하였다.

자루입구의 입망 상황, 멸치군의 도피행동, 장력계의 측정 및 분석방법은 전장에서 실험방법과 동일하게 하였다.

3척식 조업시스템 개선방향으로는 다층망을 사용하는 쌍끌이 기선저인망의 조업시스템을 적용하여 시험조업 한 결과, 오비기, 수비의 어구 길이가 길기 때문에 조업의 효율성이 크게 저하하였기 때문에, 현재의 조업시스템에서 자루그물의 양망을 기계화시키는데 초점을 맞춘 망선 2척, 가공선 1척이 조업하는 3척식 조업시스템 방식으로 해상실험을 실시하였다.

3척식 조업시스템 구축을 위한 해상실험은 네트드럼의 크기, 자동자숙가마, 피시펌프의 적정 배치와 활용, 파워블록(Young jin, 7.5ton)을 부착한 크레인(Young jin, 10ton) 설치에 따른 자루그물 양망 등 어로장비 적정배치 등에 대하여 실시하

었다.

생력형 어구의 현장실용화 실험은 현재의 조업시스템을 적용한 망선 2척, 가공선 1척에 의한 3척식 조업시스템과 현용어구를 이용한 현장조업선의 선단에 의한 조업시스템의 비교 실험을 실시하여 투·양망 소요 시간, 조업소요 인원을 분석하였다.

Table 5-1. Principal particulars of the M.S MYEONG CHUN 7 and 8

Item	Fishing vessel	
	No. 7	No. 8
L.O.A.( <i>m</i> )	17.7	17.7
Molded Breadth( <i>m</i> )	3.9	3.9
Draft( <i>m</i> )	1.8	1.8
G/T.( <i>ton</i> )	20.0	20.0
Main Engine		
Horse power( <i>ps</i> )	328	328
RPM	1,500	1,500

## 5. 3 결과 및 고찰

### 1. 망고

생력형 어구 대하여 양선간격 100, 300, 400m로 일정하게 하고, 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k/t로 변화시키면서 측정한 어구 각 부분의 망고변화는 Fig. 5-3과 같다.

양선간격 100m에서 예망속도의 변화에 따른 각 부분의 망고는 예망속도가 빨라질수록 일정하게 낮아졌고, 오비기에서는 다소 뚜렷하게 낮아졌으나 다른 부분에서는 완만하게 낮아졌으며, 망고는 수비에서 가장 높고, 오비기, 앞창, 자루그물 입구, 자루그물 뒤끝, 깔때기, 오비기 앞끝의 순으로 낮아졌다.

양선간격 300m에서 각 부분의 망고는 예망속도가 빨라질수록 일정하게 낮아졌고, 그 정도는 양선간격 100m일 때보다 다소 완만하였으며, 오비기와 수비에서는 다소 뚜렷하게 낮아졌으나 다른 부분에서는 완만하게 낮아졌으며, 망고는 수비에서 가장 높고, 오비기, 앞창, 자루그물 입구, 자루그물 뒤끝, 오비기 앞끝, 깔때기의 순으로 낮아졌다.

양선간격 400m에서 각 부분의 망고는 예망속도가 빨라질수록 일정하게 낮아졌고, 그 정도는 양선간격 100, 300m일 때보다는 다소 완만하였으며, 오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구에서는 다소나마 뚜렷하게 낮아졌으나 나머지 부분에서는 매우 완만하게 낮아졌다.

양선간격 100, 300, 400m, 예망속도 0.6, 0.9, 1.2k/t로 변화시켰을 때의 생력형 어구 각 부분의 망고 변화폭은 오비기 앞끝, 오비기, 수비, 앞창, 자루그물 입구, 깔때기, 자루그물 뒤끝에서 각각 5.0~7.8, 14.4~21.1, 16.2~21.2, 14.0~17.3, 11.7~13.9, 5.4~6.9, 8.2~9.8m이었고, 어구 설계도상의 망고는 각각 10.0, 59.0, 68.0,

45.0, 19.0, 7.6, 9.4m이므로 이를 고려한 각 부분의 실제 전개율은 각각 50~78, 25~36, 24~31, 31~38, 61~73, 71~91, 87~104%로 나타나서, 전개성능은 자루그물 뒤끝에서 가장 높고, 깔때기, 자루그물 입구, 오비기 앞끝, 앞창, 오비기, 수비의 순으로 낮아졌다.

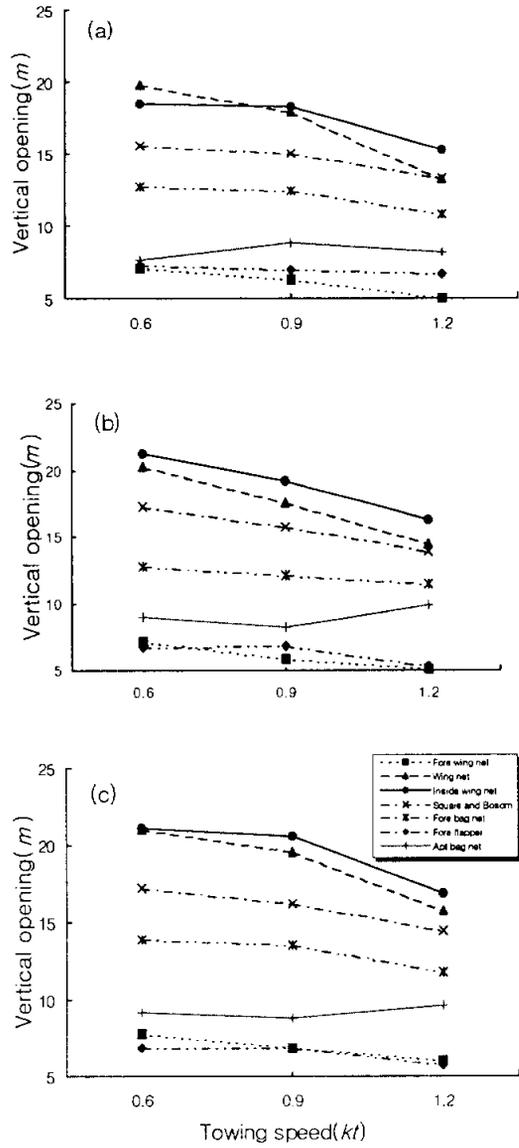


Fig. 5-3. Vertical opening of the labor saving improved net as function of the towing speed. (a) 100m of distance between boats, (b) 300m, (c) 400m.

## 2. 어구형상

생력형 어구에 대하여 양선간격을 100, 300, 400m로 일정하게 하고, 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k't로 변화시키면서 측정한 어구 형상은 Fig. 5-4와 같다.

양선간격 100m에서 예망속도의 변화에 따른 어구 형상은 예망속도가 빠를수록 어구가 들렸고, 뜰줄 쪽보다는 밧줄 쪽의 변화 폭이 다소 크며, 부착한 그물목줄의 영향으로 오비기 앞끝 50m에서 망고가 약 7m 정도까지 전개되었으며, 신속하게 가라앉아 오비기에서 수비로 연결되는 수직전개를 크게 개선시켰으며, 오비기 앞쪽은 다소 급격히 가라앉고 있으나, 오비기 중간부터는 정상 망고를 형성하여 어군의 구집이 가능하고, 수비에서의 수직전개도 생력형 어구보다 2배정도 크게 사용하고 있는 현장조업선 현용어구의 망고와 동일한 망고를 형성하고 있으며, 예망수층이 안정되어 있다.

수비와 나발그물이 다소 급격히 들리고 있으나, 그물코 크기가 120, 60mm로 매우 작기 때문에 어군의 아래쪽 도피가능성은 극히 낮았으며, 포켓형상이 대폭적으로 개선되어 어군의 자루그물로의 유도가 매우 원활하였다.

자루그물은 어구 규모의 축소로 인해 저항은 감소하고 예망속도는 증가하였으며, 이중갈때기 부착으로 입망된 어군의 도피가 현저하게 줄어들었고, 예망수층이 안정되었다. 그리고, 0.6, 0.9k't에 비해 1.2k't일 때 어구 형상이 들리는 경향을 보였다.

양선간격 300m에서의 어구 형상은 양선간격 100m일 때와 같이 예망속도가 빠를수록 어구가 들렸고, 밧줄 쪽의 변화 폭이 다소 컸으나, 양선간격의 변화에 따른 형상의 변화폭이 크지 않고 안정되었으며, 0.6, 0.9k't일 때의 형상은 유사하나

1.2k<sup>t</sup>일 때는 들리는 경향을 보였으며, 오비기, 수비, 자루그물의 형상은 100m일 때보다 안정되었다.

양선간격 400m에서는 어구형상이 양선간격 100, 300m일 때와 같이 예망속도가 빠를수록 어구가 들렸고, 발줄 쪽의 변화폭이 다소 크나 뜰 쪽은 오비기 앞끝에서 자루그물 뒤끝에 이르기까지 완만하게 가라앉았으며, 오비기 앞끝의 수직 전개성능 향상으로 수비에서 자루그물 뒤끝까지의 형상이 예망속도가 빠를수록 안정되어 어군의 유도가 매우 원활하였으며, 어구의 예망수층이 100, 300m일 때 보다는 다소 들렸다.

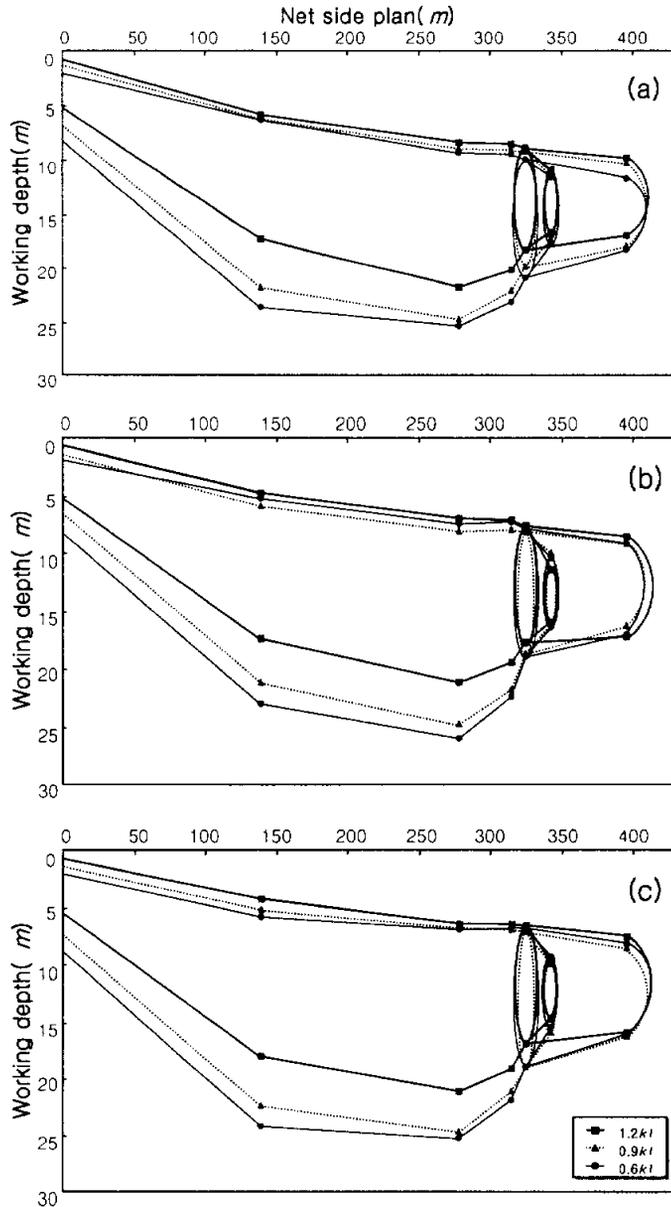


Fig. 5-4. Working depth of the labor saving improved net as function of the towing speed. (a) 100m of distance between boats, (b) 300m, (c) 400m.

### 3. 어구저항

생력형 어구에 대하여 양선간격을 100, 300, 400m로, 예망속도를 0.6, 0.9, 1.2k't로 변화시키면서 측정한 어구의 유체저항은 Fig. 5-5와 같다.

생력형 어구의 유체저항은 예망속도가 증가할수록 기하급수적으로 증가하는 것으로 나타났다. 양선간격 100m에서는 2.7, 3.8, 5.4ton으로 예망속도가 빠를수록 거의 일차함수적으로 커졌다. 양선간격 300m에서는 3.1, 4.2, 7.0ton으로 예망속도가 빠를수록 증가폭이 컸으며, 예망속도가 빠른 1.2k't에서는 증가폭이 더욱 커져서 이차함수적인 경향이 뚜렷하였다.

양선간격 400m에서는 3.2, 4.7, 9.6ton으로 예망속도가 빠를수록 증가폭이 컸으며, 예망속도가 느린 0.6k't에서는 양선간격 300m에서와 거의 같았는데, 빠른 1.2k't의 경우에는 양선간격이 100, 300m일 경우보다 큰 폭으로 커져서 이차함수적으로 증가하는 경향이 더욱 뚜렷하게 나타났는데, 이것은 어구의 수중전개가 이상적으로 이루어져서 저항은 예망속도의 제곱에 비례하는 저항식에 근접한 값을 보인 것으로 생각된다.

생력형 어구는 Fig 4-1의 축소형 개량어구에 비해 나발그물의 부착, 자루그물 크기 증대로 인해 어구의 저항이 커질 것으로 추정하였으나 실제 해상실험에서 측정된 어구저항은 축소형 개량어구보다도 오히려 작게 나타났다. 이는 수비의 제작 단계를 줄이고, 기계식 편망에 의한 무결절망지로 제작하여 어구저항을 감소시켰기 때문인 것으로 판단된다.

생력형 어구의 유체저항은 현용 망선의 예망마력보다 적은 마력으로도 어구의 예망이 가능할 정도로 현용어구에 비하여 작게 나타났으며, 이는 안 등(1997)의

보고와 일치하고 있다.

따라서 생력형 어구의 어구저항의 결과에서 볼 때, 지금까지 중시되어온 망선의 예망마력 증대에 중점을 두기보다는 생력형 어구를 채택하여 조업 중 멀치군의 분포수층의 변화에 따라 어구의 예망수층 조절이 가능하게 하고, 현재의 조업 시스템을 대폭 개선하여 생력화 방안 구축을 위한 연구가 필요하다고 사료된다.

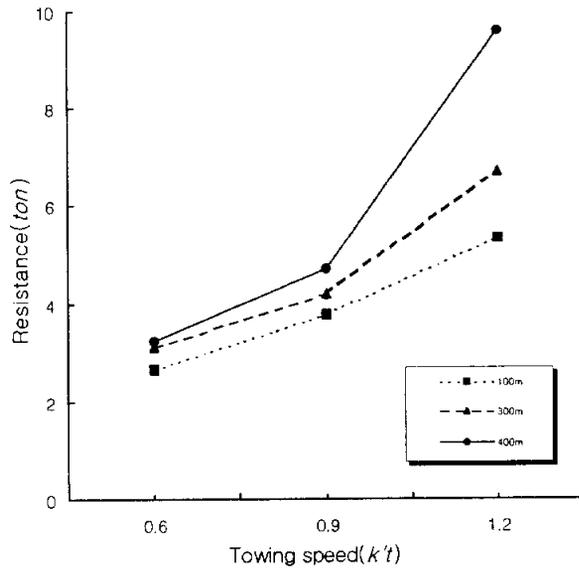


Fig. 5-5. Resistance of the labor saving improved net as function of the towing speed.

## 4. 조업시스템 개선 실험

### 1) 3척식 조업시스템

생력형 어구를 가지고 분석한 3척식 조업시스템에서 오비기와 수비의 투·양망은 어군을 탐색하여 어군이 발견되면 그물을 반씩 싣고 다니다가 자루그물에 달린 스티로폴 뜰을 먼저 투입한 후 자루그물의 끝부분을 투입하면 자루그물의 유체저항에 의하여 나머지 자루그물이 투입된다. 수비와 오비기는 네트드럼을 역회전시켜 차례로 투입하면서 양선간격을 넓혀간다. 투망이 완료되면 양 망선은 400m 정도의 간격을 유지하면서 0.6~1.2k/t의 속력으로 40~80분 정도 예망 후 어로장의 양망 지시에 따라 양망 준비를 한다. 양망 지시를 받은 후에 양 망선이 양선간격을 좁히어 접현하여 오비기와 수비가 일직선 되도록 예망한 후 네트드럼을 회전시켜 오비기와 수비를 감아들인다. 자루입구 부분이 선미에 걸쳐지면 크레인의 상단에 있는 파워블록에 자루그물을 넣고 Photo 5-1, 5-2와 같이 감아들이면서 자루에 붙어 올라오는 멸치를 털어 멸치 군이 자루그물 뒤끝에 모이게 되면 피시펌프의 후드가 들어갈 수 있도록 자루그물 연결부분을 개방하여 피시펌프(직경 5 Inch)후드를 넣고 Photo 5-3과 같이 이송하면 어획물이 가공선의 고기칸에 쏟아지게 된다. 고기칸의 멸치는 Photo 5-4와 같이 밀어내기식 자숙가마에 넣고 1분 30초~2분 자숙하는 조업과정으로 실험하였다.

### 2) 자루그물의 양망기계화

자루그물의 양망기계화 실험은 피시펌프와 네트드럼, 피시펌프와 크레인을 각각 달리 사용한 방식으로 실험하였으며, 첫째 양망법은 네트드럼으로 직접 감아들이기 위하여 자루그물 등판의 중앙에 자크를 부착하여 양망 중 자루그물 앞부분이 올라오면 자크를 개방하고 피시펌프의 후드를 넣어 자루그물

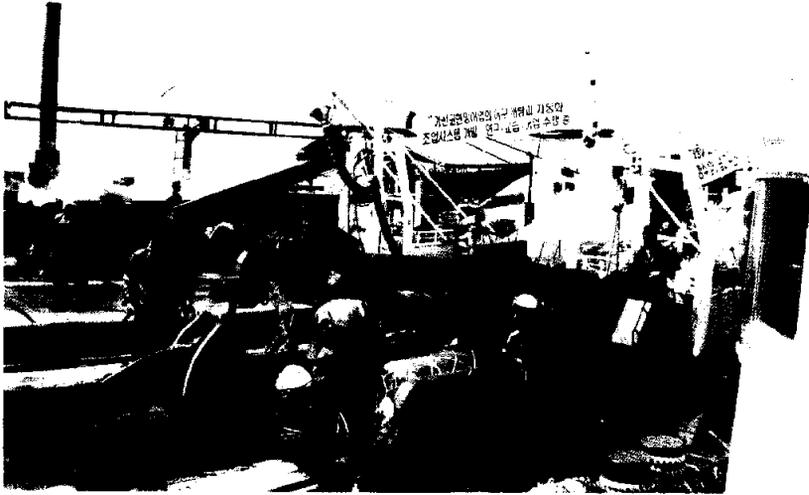


Photo 5-1. Photograph of power block in the deck of fishing boat.

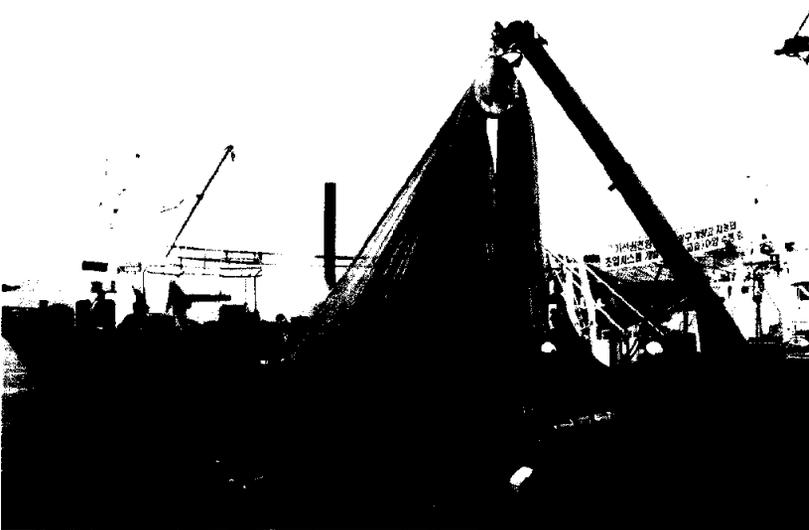


Photo 5-2. Photograph of hauling operation bag net by power block.

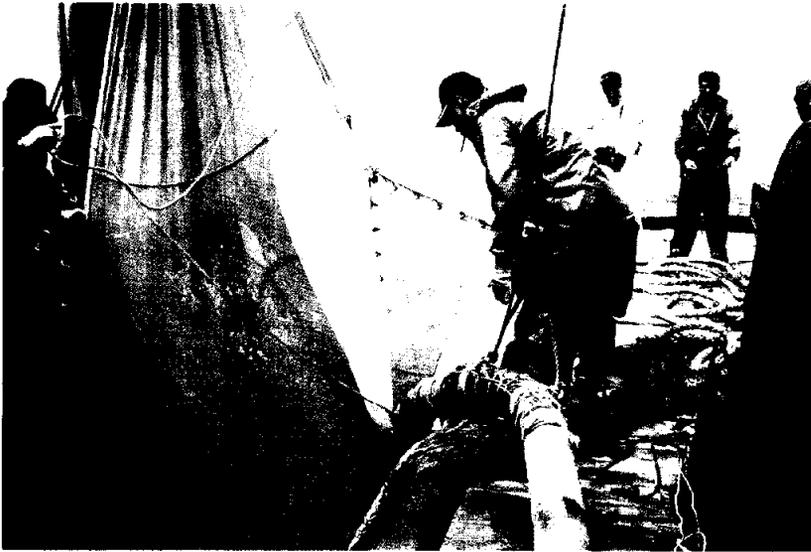


Photo 5-3. Photograph of pumping anchovy school in cod end by the fish pump.



Photo 5-4. Photograph of anchovy cooking system of pushing type.

안의 어획물과 물을 동시에 가공선으로 이송하면서 이송속도에 맞추어 서서히 자루그물을 네트드럼으로 감아 올린다.

두 번째 양망법은 자루그물 뒷부분 상단에 자크를 부착하고 부착위치에 뜸을 달아 투망한 후, 양망 시에 크레인으로 자루그물을 양망하면서 자루그물이 일정부분 올라오면 뜸을 당겨 자크를 개방하고 피시펌프 후드를 넣어 어획물이 일부 밀집되면 이송하면서 자루그물은 크레인으로 계속 감아 올린다.

후자의 양망법은 현재의 조업시스템을 유지하는 2척의 망선에서 투·양망하고 가공선에서 피시펌프로 어획물을 이송하는 경우에 가장 실용화 가능성이 큰 것으로 분석되었다.

### 3) 조업자동화를 위한 어로장비 특성

3척식 조업시스템 개선을 위해 네트드럼, 자동자숙가마, 피시펌프와 파워블록을 부착한 크레인 양망법 등 어로장비의 특성분석을 위한 해상실험의 결과, 첫째, 네트드럼의 크기 및 배치에 있어 망선 2척, 1척의 가공선으로 이루어진 3척식 조업시스템은 투·양망을 기존의 방식과 같게 하고, 자루그물의 양망만을 기계화한 것이므로 네트드럼의 크기 및 배치에 있어 현재의 네트드럼으로도 가능하나, 1척의 망선 네트드럼으로 어구 전체를 감을 수 있는 자동화 조업시스템을 채택할 경우의 네트드럼 크기를 구하면, 생력형 어구의 길이가 300m, 그물을 몽쳤을 때의 직경이 20cm, 네트드럼의 폭이 2m 정도이므로 아래와 같이 네트드럼의 직경은 2.9m 정도는 되어야만 한다.

$$L = (\Psi\pi \ell / 4d_r^2)(D_f^2 - d_o^2)$$

$$300 = 35.6(D_f^2 - 0.3^2)$$

$$D_f = 2.92m$$

여기서, 2.9m는 너무 높으므로 네트드럼의 폭을 가능한 최대인 3m 정도로 넓

한다면 높이를 2.3m 정도로만 하여도 되므로 현재의 것보다 높이를 50cm 정도 높이면 되고, 오비기와 수비를 무결절망지를 사용할 경우에는 다소 작아도 될 것이다.

둘째, 가공설비 시스템과 배치에 있어 가공설비는 멸치를 삶는 자숙가마로, 어획된 멸치 자숙은 멸치를 담은 발이 가마를 자동으로 통과하여 오른쪽으로 빠져 나가도록 하는 시스템인데, 체인에 의하여 멸치 발을 이동시키는 체인식 자숙가마 시스템은 현재의 조업시스템에 의한 실험에서, 밀어내기식 자숙시스템(Photo 5-4)은 뒤에 오는 멸치 발이 앞의 발을 밀어서 이동시키는 자숙가마인데 3척식 조업시스템에서 실험하였다.

체인식과 밀어내기식 자숙시스템에 의한 자숙작업 소요 인원은 Table 5-2와 같이 나타났으며, 3척식 조업시스템은 현재의 조업시스템에 비해 절반 정도로 조업인원이 줄어들었으며, 자숙 시 발생하는 멸치의 분산율도 큰 폭으로 감소하였다.

셋째, 피시펌프의 배치와 활용개선에 있어 피시펌프는 자루그물의 어획물과 가공선 고기칸과 가깝게 위치하여 작업에 편리성이 도모되어야 하나, 현재의 조업시스템에서 피시펌프는 망선에 장치되어 있으며, 가공선으로 어획물을 이송하기 위해서는 호스의 연결부분에서 수밀이 이루어지도록 가공선의 피시펌프 호스와 연결작업이 매 조업시 마다 계속적으로 이루어져야만 한다. 피시펌프 호스 연결 작업에 작업소요 인원 및 인력의 소모와 더불어 피시펌프 호스의 길이가 길어져서 어획물 이송의 효율도 저감되고 있다.

3척식 조업시스템에서는 피시펌프를 가공선의 선수부 현측에 설치하여 자루그물에서 고기칸으로 바로 이송할 수 있도록 개선하여 작업소요 인원 및 인력의 절감과 어획물 이송 효율 증대, 양망 소요시간 단축, 어획물의 선도 향상이 가능하였다.

넷째, 자루그물의 양망기계화를 위해 기존의 볼롤러에 의한 양망법을 채택하지 않고, 파워블록을 부착한 크레인을 Photo 5-1, 5-2와 같이 망선의 네트드럼 후방 1~2m에 설치하고 양망시에 활용하여 조업시스템 개선의 가능성을 분석하였다.

크레인 사용에 의한 자루그물 양망법은 수비 그물이 망선에 걸쳐지면 크레인 끝에 부착되어 있는 파워블록 안에 수비 그물전체를 넣고 크레인의 데릭을 해상 상태에 따라 적정 높이로 세워서 수비뒤끝, 문턱, 앞창, 자루그물 순으로 양망을 하게 되고, 선원들은 자루그물을 당겨 올리는 작업이 필요 없이 곧바로 투망을 위한 그물정리 작업을 한다. 크레인 사용에 의한 자루그물 양망시스템 채택으로 Table 5-2와 같이 작업소요 인원의 대폭적인 감소, 양망 소요시간 단축, 어획물의 선도 향상이 가능하였다.

## 5. 작업효율성 분석

현용어구를 사용한 현재의 조업시스템과 생력형 어구를 사용한 3척식 조업시스템의 해상실험 결과에서 투·양망 소요시간을 비교하면 Table 5-2와 같다. 투망소요 시간은 현용어구의 조업시스템에서 짧게 나타났으나, 양망소요 시간은 투망과는 반대로 생력형 어구에서 짧게 나타났으며, 현용어구보다 10분 이상 단축되었다.

어로작업 소요인원은 Table 5-3과 같이 현용어구 조업시스템에서는 총 조업소요 인원이 45명, 생력형 어구에서는 22명으로 나타났으며, 파워블록을 부착한 크레인의 사용으로 어로작업 소요인원이 현용어구에 의한 조업시스템에 비해 절반 이하로 대폭 줄어들었다.

따라서, 인건비는 연간 약 1억5천만~2억원 정도의 절감이 예상되며, 연료비를 포함한 선박유지관리비는 연간 약 1억5천만~2억원의 절감이 예상되어 총 절감효과는 약 3~4억원 정도로 분석되어 기선권현망업계의 경제성 향상에 크게 기여할 것으로 예상된다.

Table 5-2. Comparison of the casting and hauling time as function of the fishing system

Fishing system	Traditional System	Labor saving system
Casting time(minute)	5( $\pm$ 2)	6( $\pm$ 2)
Hauling time(minute)	40( $\pm$ 10)	30( $\pm$ 5)
Total	45( $\pm$ 12)	36( $\pm$ 7)

Table 5-3. Comparison of the fishermen as function of the fishing system

Fishing system	Traditional system	Labor saving system
Fish detecting boat	3	2
Catcher boat	8( $\pm$ 1) $\times$ 2 = 16	3 + 4 = 7
Anchovy cooking boat	10( $\pm$ 2)	5( $\pm$ 1)
Fish transporting boat	4( $\pm$ 1)	.
Headquarter of anchovy boat seine	12( $\pm$ 3)	8( $\pm$ 2)
Total	45( $\pm$ 7)	22( $\pm$ 3)

## VI. 종합고찰

기선권현망어업은 우리나라 연안에서 어획되는 어종 중 연간 평균어획량이 두 번째로 많은 멸치를 어획 대상으로 하여 매년 일정량의 어획고를 유지하는 안정되고 지속가능한 어업이나 여러 척의 선단조업에 따른 조업인원 과다 소요로 어업경영의 악화가 거듭되고 있다(기선권현망수산업협동조합, 1992).

그러나 기선권현망어업에 종사하는 선주와 어로장의 어업경영에 대한 인식은 축소형 개량어구의 개발과 조업시스템 개선에 따른 경쟁력 확보 방안의 강구보다는 어구 규모 증대를 통한 어획량 증대에 치중하고 있는 실정이다.

이와 같은 현실에서 기선권현망어업에서 절실히 요구되는 어획성능이 향상된 축소형 어구개발과 조업시스템 개선을 위해서 축소형 실물어구와 현용어구를 사용하여 현장조업선에 의한 해상실험을 실시하여 어구 성능의 문제점과 조업시스템 개선의 가능성을 조사하였다.

축소형 실물어구와 현용어구는 오비기, 수비의 실제 전개율이 어구설계도상의 망고에 각각 28~36, 12~19%와 12~21, 22~30%에 불과한 매우 낮은 망고를 나타내고 있으며, 오비기 앞쪽 끝 그물 살이 다발 모양으로 함께 묶여 있어 그물살의 낭비와 저항의 증가를 초래하고(李 등, 1970), 정상적으로 전개가 되지 못함으로 인해 뜬줄과 발줄 후면으로 여분의 그물감이 쳐져서 움살이 심하게 형성되어 포켓형상과 수비 및, 자루그물 입구에서의 어구형상이 불안정하였다.

어군탐지기, 수중카메라, 수중다이버에 의한 수비에서의 도피행동에 대한 관찰, 분석에서도 수비그물에 멸치 군이 접근하였을 때 수비에서 자루그물까지 어군의 유도가 원활하게 이루어지지 않고, 수비그물을 그대로 통과하여 도피행동을 하는 것이 확

인되었다.

따라서 기선권현망 어구에서 어획에 가장 크게 영향을 미치는 포켓형상을 개선하기 위해서는 오비기 앞 끝에 그물목줄을 부착하고, 수비 구성 단계를 줄이고, 깊이방향 콧수를 단계별로 일정하게 줄이어 여분의 그물 살을 없애며, 나발그물을 수비와 자루그물 사이에 부착하면 개선이 가능할 것으로 판단되었다.

현용어구에서 수비 부분에서 앞창까지 급격히 들리는 것은 어탐선이 뜰줄을 잡고 있는 조업방식에 의한 영향으로 나타났으며, 축소형 실물어구 실험결과와 비교하여 볼 때 양선간격의 증가에 따른 변화경향은 같았으나, 자루 부분에서 축소형 실물어구가 뒤로 갈수록 들리는 경향을 보인 반면에 현용어구의 경우에는 완만하게 가라앉는 경향을 보였다.

자루그물은 140경의 여자망지로 현용어구에서는 160~140폴로 제작되어 자루그물의 크기에 따라 어구 저항, 어구 규모, 선박 마력이 결정되고 있으며, 현용 자루그물은 뒤끝이 너무 넓기 때문에 입망 된 멸치군이 자유롭게 유영방향을 선회하여 깔때기를 통하여 빠져나오게 된다. 따라서 이를 해결하기 위한 자루그물의 개선방안으로 양망의 기계화와 피시펌프의 활용개선이 가능하도록 트롤의 끝자루에서와 같이 뒤끝으로 갈수록 좁고 길게 제작하면 저항을 줄일 수 있어 어구 규모를 축소할 수 있고, 입망 된 멸치군의 어구에 대한 위협 감소와 더불어 유영방향의 자유로운 선회가 불가하여 멸치의 도피행동을 방지할 수 있다. 또한, 어구의 예망 속도가 느리기 때문에 완전한 어군 도피 방지를 위해서는 자루그물 내에 깔때기를 이중으로 부착하는 것이 타당하다고 판단되었다.

기선권현망어업의 수중조도 변화와 예망유속에 따른 멸치의 반응행동과 도피행동은 멸치의 어구에 대한 시인도가 어장에 따라 차이가 크고, 현용어구와 축소형 실물어구의 자루그물 입구부분의 상대유속을 기준으로 할 때, 수비와 자루연결부분의 유속비는 평균 1.46, 자루부분의 유속비는 평균 0.67로 나타났

다. 멸치의 대망행동은 수비 및 자루연결부분에서 1분당 멸치의 평균 도피수가 455미, 입망된 자루안에서 예망방향을 거슬러서 탈출하는 1분당 멸치의 평균 도피수가 308미로 나타나 어구 전체적으로는 상당수의 멸치들이 능동적인 도피행동을 나타내었으며, 이러한 도피행동은 수중다이버에 의한 수중관찰에서도 확인되었다

기선권현망 어구의 형상을 컴퓨터 시뮬레이션(김 등, 2000)한 결과에서 양선간격 200m, 예망속도 1.2k/t일 때 어구형상 겨냥도와 예망속도 변화에 따른 수비와 자루부분의 어구형상 평면도에서는 수비부분의 움살 등으로 수비 언저리가 지나치게 불룩하게 되어 수비의 뒷부분이 수비와 자루의 연결부분보다도 더 뒤쪽으로 처지는 포켓현상이 뚜렷하게 재현되어 멸치 군이 자루그물 안으로 유도되는 과정에서 상당한 장애가 되는 것으로 보고하고 있어 축소형 실물어구의 실험결과와 일치하고 있다. 예망속도의 변화에 따른 망구전면에서의 어구형상 시뮬레이션에서도 자루입구 부근과 수비에서의 실제 전개율이 예망속도가 빠를수록 낮게 나타나 수비의 그물코와 자루입구의 그물살이 조밀하게 형성되었음을 보고하고 있으며, 이 시뮬레이션 결과를 축소형 개량어구 제작, 설계에 기초 자료로 반영하였다.

현용어구에 비해 어구 규모는 대폭 축소되면서도 어획성능 향상 및 조업시스템이 개선된 생력형 어구의 형상은 오비기 앞끝의 전개가 신속하게 이루어지면서 수비와 자루그물을 연결하는 나발그물이 수비의 포켓형상을 크게 개선시켜 어군의 도피행동이 현저하게 감소하였으며, 자루그물의 축소 및 이중갈때기 부착에 따른 어구 저항 감소로 예망속도가 증대되고 입망된 어군의 탈출율이 현저하게 감소되어 현용어구에 비해 어구규모가 대폭 축소되었음에도 어획량은 약 30% 정도의 증가를 나타내었다.

생력형 어구에 의한 망선 2척, 가공선 1척의 3척식 조업시스템 실험은 오비기와 수비의 투·양망은 현재의 방식대로 하고, 자루그물의 양망만을 기계화하는

방식이므로 현장조업선들의 채택이 매우 용이하여 현장실용화가 가능하였다.

자루그물의 양망은 파워블록을 부착한 크레인 사용으로 양망 소요시간을 현재보다 10분 이상 단축할 수 있었으며, 어로작업 소요 인원수도 20~25명으로 현재 조업시스템의 절반으로 줄어들었다.

멸치를 자숙하는 자동자숙가마시스템을 체인식에서 밀어내기식 시스템으로 전환한 결과 자숙에 소요되는 시간의 단축과 자숙 시 발생하는 멸치의 분산율이 대폭 감소하였고, 자숙에 소요되는 인원수도 5명 정도 줄었으며, 3척식 조업시스템은 자루그물의 양망을 자루그물 뒷부분 상단에 자크를 부착하고 크레인으로 기계화함으로써 조업인원의 대폭적인 절감, 선원수급 용이, 노령 선원의 작업도 가능하였다.

생력형 어구로서 조업자동화를 위한 어로장비의 배치에 관한 실험에서 네트드럼의 적정 크기는 직경 2.9m 정도가 적당하였으며, 피시펌프는 자루그물의 어획물과 가공선 고기 칸과 가깝게 위치하여 작업에 편리성이 도모되어야 하므로, 가공선의 선수부 현측에 설치하여 자루그물에서 고기 칸으로 바로 이송할 수 있도록 개선하였다. 또한, 자루그물 양망을 위해서는 파워블록을 부착한 크레인 사용이 적극 권장되며, 크레인의 설치장소로는 망선의 네트드럼 후방 1~2m 정도의 현측이 적당하였다.

기선권현망어구에 대한 이전의 연구에서는 **李 등(1970)**이 뜸, 발돌이 부착된 재래식 어구를 1/10크기의 모형어구를 제작하여 어구 각부의 형상을 파악한 바가 있고, 파치망의 연구에서는 어구 각 부의 전개성능을 분석하여, 79형 개량식 어구를 설계하여 업계에 보급하고자 하였다(**李 등, 1978 ; 李 등, 1979a**).

그러나 이들 연구는 현용어구와는 제작 및 구조가 다른 재래식 어구를 대상으로 하였고, 파치망식은 수 차례의 도입 및 시험조업에도 불구하고 제반 조업여건의 차이로 채택되지 않았으며, 79형 개량식 어구는 제작의 복잡성 때문

에 현장에서 사용되지 않고 있다.

또한, 거대한 자루그물의 생력화를 위해서 **李 등(1979 c)**이 자루그물 양망과정의 생력화 시험을 행하여 억압로울러와 데릭 붐을 채택한 양망법을 제시하였고, **金 등(1995)**은 기존의 현측롤러에 의한 자루그물 양망법을 불 롤러 방식으로 전환하여 양망 소요인원 및 시간 단축의 효과를 거두었다. 그러나, 이들 연구는 거대한 자루그물으로써 실험하였으며, 본 연구에서는 자루그물에 입망된 멸치군이 자루그물 내를 되돌아서 띠 모양의 형태로 탈출하는 것이 확인되었다.

따라서 본 연구에서는 현용 기선권현망 어구의 규모를 1/2로 줄인 축소형 개량어구의 조업 가능성에 대하여 해상실험을 통하여 검토하였으며, 자루그물의 구조도 트롤에서처럼 뒤끝으로 갈수록 좁아지는 대신 길이는 길게 하고, 깔때기를 이중으로 부착하여 입망된 멸치군의 탈출을 방지할 수 있도록 하였다.

개량된 자루그물을 사용하여 크레인 형 파워블록으로 양망 실험을 한 결과 작업소요 인원의 대폭적인 감소와 양망 소요 시간단축 및 조업자동화에 도달할 수 있는 방안이 제시될 수 있었다.

그러나 향후 기선권현망 어구에 대한 연구가 지속되어야 할 분야는 해파리의 과다 혼획 방지와 예망 중 자루그물의 분리 및 결합이 가능하도록 자루그물 교체시스템 개발에 관한 연구도 필요하다.

또, 중층트롤의 조업방식인 예망 중 끌줄을 감아들이거나 풀어주어 어군의 분포 수층에 따른 어구의 예망수층 조절이 가능하도록 양망기 구조 변경과 끌줄에 의한 조업방식 채택이 필요하고, 앞창에 네트 레코더를 부착하여 어군의 입망 상황을 파악하여, 예망 중 어구의 수심조절을 할 수 있는 적극적인 조업시스템 구축이 필요하다.

그러나 이들 연구에 앞서 근본적으로 기선권현망어업의 선주와 어업인들의 생력화를 위한 인식의 전환이 우선적으로 요구되는데, 5~6척의 선단조업, 어장막의 막대한 시설 투자에 따른 어획량 증대 위주의 현행 조업시스템에 쉽게 적용이 가능한 생력형 어구의 채택에 따른 조업시스템 개선이 필요하다.

가공선의 조업설비에 있어서는 가공설비 구조를 개선하여 멸치의 대량 어획 시 자숙하지 못하고 버려지는 것을 방지하도록 고기칸에 냉수 또는 빙장 처리 후 자숙하는 방안이 필요하고, 고기 칸을 3단계로 분리하여 피시뎀프로 이송 시 어체 체장별로 자동으로 분류되어 적재되게 하고, 채반으로 멸치를 담은 과정의 자동화시스템도 구축하여 최종적으로 조업인원 2~3명으로도 자숙이 가능한 자동자숙시스템 구축에 대한 연구가 필요하다고 사료된다. 또, 가공선의 태양열 이용, 초고속건조시스템 구축 및 어장막의 제품처리시스템을 개선하여 고품질의 제품이 생산될 수 있도록 하여야 한다.

향후 기선권현망어업의 생력화를 위해서는 본 연구에서 제시된 어구개량과 조업시스템 개선의 토대 위에 어업 전반에 걸친 문제점을 분석하여 장기적인 관점에서 어업의 생존과 발전을 위한 광범위하고 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

## VII. 요약

기선권현망 어구 규모의 대폭적인 축소를 통한 어구개량과 조업시스템 개선을 목적으로, 축소형 실물어구, 축소형 개량어구, 생력형 어구를 제작하여 현장조업선에 의한 해상실험을 실시하여 어구의 형상과 어군의 대망행동을 관찰한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 기선권현망어업의 현용어구를 1/2로 축소한 축소형 실물어구의 각 부분의 망고는 양선간격과 예망속도가 증가함에 따라 낮아졌다. 예망속도에 따른 망고는 예망속도가 증가할수록 감소하였으며, 오비기와 수비에서는 전개율이 30% 정도로 매우 작기 때문에 포켓형상이 뚜렷하였다. 시험어구 A의 어구형상은 양선간격과 예망속도가 증가에 따라 뒷 부분이 들리는 반면에 시험어구 B는 안정되게 나타났다.

2. 수심에 따른 수중조도의 변화와 조업시간의 경과에 따른 예망 상대유속을 측정하고, 권현망어구에 대한 체장 4~7cm 정도 되는 멸치군의 도피반응행동을 관찰하여 분석한 결과, 수심에 대한 수중조도의 변화를 나타낸 자연대수곡선식에서 광흡수계수(c)는 주로 0.24~1.03의 범위로 나타나, 멸치의 어구에 대한 시인도의 차이가 어장에 따라 클 것으로 사료된다. 현용어구와 축소형 실물어구의 자루그물 입구부분의 상대유속을 기준으로 할 때, 수비와 자루그물 연결부분의 유속비는 평균 1.46, 자루부분의 유속비는 평균 0.67로 나타나서, 어구의 부위에 따른 상대유속 변화가 멸치의 유영운동과 도피운동에 영향을 주는 것으로 추정된다.

3. 축소된 실물어구에 대한 멸치의 대망행동을 관찰한 결과, 수비와 자루그

물 연결부분에서 빠져나가는 1분당 멸치 도피 수는 평균 455마였으며, 자루그물 안에서 예망방향으로 유영하여 깔때기를 빠져나가는 1분당 멸치 도피 수는 평균 308마로 나타나서, 멸치군의 어구에 대한 도피행동은 상당히 능동적인 것으로 추정되었다.

4. 축소형 개량어구의 실제 전개율은 오비기에서 20% 정도로 가장 작았고, 뒤쪽으로 갈수록 커지며, 자루그물에서는 110% 정도로 가장 컸으며, B형이 A형에 비하여 5~10%정도 크게 나타났다. 자루그물 입구와 뒤끝의 망고 변화폭은 A형이 9.0~13.6, 9.3~10.4m이고, B형이 10.9~14.8, 5.8~8.0m로 나타나서 B형이 A형에 비하여 자루그물 입구는 1~2m 크고, 뒤끝은 2~3m 작았다.

5. 축소형 개량어구는 오비기의 수직방향 전개능력이 개선되어 수비에 이르기까지의 예망수층이 완만하게 형성되었으며, 예망수층의 변화폭이 기존어구에 비해 적게 나타났다. 나발그물이 포켓형상을 개선시켜 그물코의 날림현상 감소와 수비에서 자루그물까지의 어구형상이 완만하게 이루어졌으며, 예망속도가 느린 경우에도 어구의 형상이 안정되었다.

6. 축소형 개량어구 B형은 자루그물의 변화폭이 적었고, 이중깔때기의 부착으로 인해 입망된 어군의 도피율이 감소하였다.

7. 생력형 어구의 전개율은 축소형 개량어구와 거의 같았으며, 자루그물 입구나 뒤끝의 망고 변화폭이 11.7~13.9, 8.2~9.8m로 나타나서, 축소형 개량어구 B형에 비하여 각각 1m, 2m정도 크게 나타났다.

8. 생력형 어구는 그물목줄 부착으로 오비기 앞끝의 전개가 신속하게 이루어지고 오비기, 수비의 수직전개 및 예망수층이 안정되었으며, 개량된 나발그물 부착으로 축소형 개량어구보다 포켓형상을 대폭 개선시켜 어군의 유도가 매우 원활하였다. 또한,

양선간격 및 예망속도 변화에 따른 어구 형상이 매우 안정되었으며, 망고의 변화 폭이 크지 않아 어구의 전개성능이 향상되었다.

9. 자루그물의 개량으로 어구저항 감소, 예망속도 증대 및 입망된 어군의 도피가 현저히 감소하여 어획량이 현용어구보다 증가하였으며, 조업시스템의 개선이 가능하였다.

10. 생력형 어구를 사용한 조업시스템 개선을 위한 해상실험의 결과, 망선 2척, 가공선 1척의 3척식 조업시스템의 현장실용화가 가능하였으며, 파워블록을 부착한 크레인 활용, 밀어내기식 자숙시스템의 도입으로 양망의 생력화 및 자숙 시 멸치 분산율이 대폭 감소되었다.

11. 3척식 조업시스템의 현장실용화 실험 결과, 투망 및 양망 소요시간, 작업인원이 현용어구 조업시스템의 3~5분, 30~50분, 28~38명에 비하여 각각 4~6분, 20~35분, 13~15명으로 크게 감소되었다.

## 감사의 글

본 연구를 수행함에 있어 시종일관 지도하여 주시고 부족함이 많은 저를 학문의 길로 인도하여 주시어 한결같은 사랑과 격려를 아끼지 않으신 이주희 지도교수님 은혜에 깊은 감사를 드립니다.

바쁘신 중에도 세심한 지적과 조언으로 이 논문을 심사해 주신 부경대학교 이춘우 교수님, 강일권 교수님, 권병국 박사님, 김형석 교수님께 진심으로 감사 드립니다.

계측장치를 제작하여 주신 부경대학교 신현옥 교수님, 학위 과정을 무사히 마치고 본 논문을 완성할 수 있도록 많은 가르침과 관심을 쏟아 주신 김진건 교수님, 신형일 교수님, 이대재 교수님, 홍철훈 교수님, 장창익 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

학위 과정과 연구의 모든 과정에 연구 여건을 마련하여 주시고 세심한 지도와 배려를 베풀어 주신 경상대학교 장충식 교수님 은혜에 깊은 감사 드립니다.

연구과정에 많은 도움과 학문적인 가르침을 주신 김용해 교수님, 많은 격려와 도움을 주신 김광홍 교수님, 염말구 교수님, 박병수 교수님, 많은 조언과 배려를 베풀어 주신 정연수 교수님, 이명규 교수님께 진심으로 감사 드립니다.

항상 옆에서 자료정리와 밤늦은 시간까지 모든 수고를 아끼지 않았던 참으로 고마운 김보연 군, 부경대학교 조영복 선생에게 깊은 감사를 전하며, 경상대학교 조용형 선생, 유선복 군, 조영식 군 등 해상실험에 참여한 모든 학생들에게 고마운 마음을 전합니다.

연구 과정에 많은 조언과 도움을 주셨던 공자문 어로장님, 기선권현망수협

장희래 과장님, 해상실험에 많은 도움을 주신 신광수산 서명관 사장님, 명천 수산 문승식 사장님과 선원 여러분께도 깊은 감사를 드립니다.

오늘에 이르기까지 마음으로 성원해주신 모든 분들에게 감사를 드립니다.

정성으로 길러주시고 연구의 과정 중 격려와 기도 해 주신 어머님과 장모님, 형제들의 성원에 깊은 감사를 드립니다.

끝으로 그간 많은 어려움 속에서도 정성으로 뒷바라지 해주 사랑하느 아내 박명숙과 두 아들 찬양, 찬송, 막내 딸 주은이와 함께 이 작은 기쁨을 나누고 싶습니다.

## 참고 문헌

- Hunter, J.R. (1972) : Swimming and feeding behavior of larval anchovy, *Engraulis mordax*, Fish. Bull., 70, 821~838.
- Yang, Y-R. (1980) : Optical properties of sea water in the fishing ground of anchovy, J. Korean Fish. Soc., 13(3), 95~101.
- Webb, P.W. and Corolla, R.T. (1981) : Burst swimming performance of northern anchovy, *Engraulis mordax*, Larvae. Fish. Bull., 79(1), 143~150.
- Hunter, J.R. and Nicholl, R. (1985) : Visual threshold for schooling in northern anchovy *Engraulis mordax*, Fish. Bull., 83, 235~242.
- Nakamura, M. (1989) : An estimation of capture probability on anchovy larvae *Engraulis japonicus* with a 60cm-BONGO net, Nippon Suisan Gakkaishi, 55(11), 1893~1898.
- Kawamura, G. and Tabata, K. (1990) : Driving anchovy larvae by large mesh wings of pair midwater trawl, Bull. Japanese Soc. Sci. Fish., 56(7), 1099~1103.
- Kleuberg, A. (1990) : A review of Kinematic and static GPS Surveying procedures, In : Proceeding of the Second International Symposium on Precise positioning with the Global positioning system, Ottas, Canada, September, 3-7, 1102~1113.
- Janes HW, Langley RB, New by SP (1991) : Analysis of tropospheric delay prediction models : Comparision with ray-tracing and implications for GPS relative positionong, Bulletin Godesique, 65, 151~161.

- Wardle, C.S. (1993) : Fish behaviour and fishing gear. In: T. J. Pitcher(Ed).  
Behaviour of teleost fishes, (2nd Edition) Chapman & Hall., 609~644.
- Teunissen, P.J.G(1994) : A new method for fast carrier phase ambiguity  
estimation. Proceeding of IEEE position, Location and Navigation  
Symposium, Las Vegas. Nevada, 552~573
- Lee, M.A., Lee, K.T. and Wang, J.P. (1995) : Acoustic estimation of biomass  
and dispelling of larval anchovy herded by large-mesh wings of  
trawl net, J. Fish. Soc. Taiwan, 22(1), 15~22.
- Lee, K-T., Lee, M-A and Wang, J-P. (1996) : Behavioural responses of larval  
anchovy schools herded within large-mesh wings of trawl net, Fisheries  
Research, 28, 57~69.
- Kim, Y-H. (1997) : Modelling relative water flow and its sensitivity of in a  
towed fishing gear, Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 33(3), 226~233.
- Kim, Y-H and Wardle, C.S. (1997) : Modelling of swimming ability limits  
for marine fish, J. Korean Fish. Soc., 30(6), 929~935.
- Kim, Y-H. (1998) : Modelling on contrast threshold and minimum  
resolvable angle of fish vision, Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 34(1),  
43~51.
- Kim, Y-H and Wardle, C.S. (1998) : Modelling the visual stimulus of towed  
fishing gear, Fisheries Research, 34, 165~177.
- 井上實 (1985) : 漁具と魚の行動, 恒星社厚生閣, 53~54.
- 金田禎之 (1995) : 日本の漁業と漁法,成山堂書店, 34~40.
- 辛鍾根・今井健彦・不破 茂・石崎宗周 (1998) : 有囊まきの漁具特性に関する模型  
実験, 日本水産學會論文集, 64(5), 759~767.

- 徐永台 (1969) : 機船權現網漁業에 對한 研究, 統營水專 論文集, 5, 1~24.
- 李秉錡·梁龍林·徐永台·孫富一 (1970) : 機船權現網漁業의 研究-I, 漁具의 流體抵抗과 網形形成, 1970년도 機船權現網水協 研究結果報告, 3~48.
- 李秉錡·徐永台·韓熙錫 (1978) : 機船權現網의 研究-II, 과치網의 流體抵抗과 그물꼴에 關하여, 漁業技術研究, 第14卷 第2號, 63~68.
- 李秉錡·徐永台·廉末九·韓熙錫 (1979a) : 機船權現網의 研究-III, 79型 改良式 漁具의 實地試驗, 漁業技術, 第15卷 第2號, 83~94.
- 李秉錡·徐永台·韓熙錫 (1979b) : 機船權現網漁具의 改良 및 省力化에 試驗, 1979년 機船權現網水協研究報告書, 7~37.
- 李秉錡·韓熙錫·尹且安·金光弘 (1979c) : 機船權現網의 研究-IV, 자루그물揚 網過程의 省力化 試驗, 漁業技術 第15卷 第2號, 95~100.
- 李秉錡·徐永台·李周陸 (1980) : 機船權現網의 研究-V. 漁業技術, 16(1), 17~21.
- 李秉錡·孫泰俊·盧甲喆 (1980) : 機船權現網의 研究-VI. 漁業技術, 16(1), 23~26.
- 韓熙錫·秋海大·李炳文·全成鐸·金明男·尹且安 (1981) : 機船權現網의 漁具 漁法 改良 研究, 水辰研究報告, 27, 127~135.
- 張志元·徐斗玉 (1982) : 漁具工學, 新韓出版社, 25~30.
- 金鎮瑛 (1983) : 韓國南海 및 西海 沿岸海域에서의 멸치卵 稚魚의 分布, 韓水誌, 16(4), 401~409.
- 孫泰俊·金鎮乾 (1983) : 멸치 刺網 漁獲量의 分布와 海況, 韓水誌, 16(4), 341~348.
- 孫泰俊·李秉錡·張鎬榮 (1984) : 멸치 刺網 漁獲量의 季節變動 및 漁場形成, 韓水誌, 17(2), 92~100.
- 金鎮瑛·金容文 (1986) : 멸치의 初期成長에 關한 研究, 水振研究報告, 37, 151~

156.

- 張忠植 (1987) : 一般海面漁業의 漁船勢力과 漁獲量 分布, 統水論文集, 22, 7~13.
- 金鎮瑛·崔映玟 (1988) : 멸치(*Engraulis japonica*) 卵·稚魚의 鉛直分布, 韓水誌, 21(3), 139~144.
- 孫泰俊 (1988) : 濟州道 近海 멸치 焚寄抄網의 集魚效果에 關한 研究, 韓水誌, 21(3), 184~192.
- 李秉錡·金珉奭 (1988) : 韓國 近海에 있어서의 中層 트로울의 研究 -V, 展開板에 大型 뜰을 달았을 때의 展開性能, 漁業技術, 24(2,3), 78~82.
- 崔映玟·金鎮瑛(1988) : 韓國 南海岸産 멸치, *Engraulis japonica*(Houttuyn)의 再 生産力, 水振研究報告, 41, 27~32.
- 國立水産振興院 (1989) : 現代韓國漁具圖鑑.
- 朴正植 (1989) : 漁具 漁法의 開發方向, 漁業技術, 25(4), 224~235.
- 李秉錡·朴承源·金鎮乾 (1989) : 沿近海漁業概論, 太和出版社, 161~180.
- 金福起·李三碩 (1990) : 權現網漁業의 漁場環境, 水産研究, 3, 5~17.
- 機船權現網水産業協同組合 (1990) : 멸치權現網水協發展史, 240~292.
- 金容文 (1990) : 機船權現網漁業 對象資源의 動向, 水産研究, 3, 19~24.
- 오광수 (1990) : 멸치 처리가공의 현황과 개선방안, 水産研究 第4號, 33~42.
- 張忠植 (1990) : 權現網漁業의 現況과 漁具·漁法의 展望, 水産研究, 第4號, 25~31.
- 車聖植 (1990) : 전남 연안해역 멸치(*Engraulis japonica*)의 연령과 초기 성장, 韓水誌, 23(5), 385~393.
- 朴鍾和·李珠熙 (1991) : 멸치 기선권현망의 漁場形成과 漁況變動에 關하여, 漁業

- 技術, 27(4), 238~246.
- 崔瑛玟·金柱一 (1991) : 한국남해안 멸치의 卵·仔魚 밀도와 가입, 水振研究報告, 45, 101~107.
- 機船權現網水産業協同組合 (1992) : 權現網 漁業對象 멸치의 生態 및 資源特性, 7~115.
- 金鎮瑛·姜龍柱 (1992) : 한국 남해 멸치의 産卵 生態, 韓水誌, 25(5), 331~340.
- 張忠植 (1992) : 權現網漁業의 漁況과 資源의 適正利用에 關하여, 統水論文集, 28, 9~20.
- 金鎮瑛·金柱一·崔光皞 (1994) : 봄철의 韓國 南海 멸치와 정어리 卵 分布 및 減少率의 比較, 韓水誌, 27(3), 299~305.
- 金大安 (1995) : 그물漁具의 流水抵抗과 模型守則 -流水抵抗의 解析 및 平面 그물감의 資料에 의한 檢討-, 韓水誌, 28(2), 183~193.
- 金大安 (1995) : 그물漁具의 流水抵抗과 模型守則 - 자루形 그물의 流水抵抗 - 韓水誌, 28(2), 194~201.
- 金在午·李炳文·吳熙國 (1995) : 機船權現網 揚網 省力化 研究, 水振研究報告, 49, 167~173.
- 張忠植 (1996) : 權現網漁業의 現況과 改善方向에 關하여, 慶尙大學校水産大學 海洋産業研究所報, 第1卷, 17~19.
- 張忠植 (1996) : 쌍끌이 中層트롤의 展開性能과 操業特性에 關한 研究, 부경대학교 대학원 수산학박사 학위 논문.
- 金大安·高冠瑞 (1997) : 漁具學, 敎文出版社, 241~243.
- 안영수·장충식·이주희 (1997) : 권현망어구의 전개성능, 韓國漁業技術學會誌, 33(2), 118~132.

- 이인원·김동수(1998) : 가막만 멸치 들망 어장의 해역별 특성, 韓國漁業技術學會誌, 34권, 1호, 67~73.
- 장충식 (1998) : 새로운 수산환경하의 권현망어선의 개발방향, 선단조업어선 기술개발에 관한 세미나, 21~29.
- 한국중소조선기술연구소(1998) : 선단조업어선 기술개발에 관한 세미나, 2~29.
- 金大安 (1999) : 漁具總論, 平和印刷出版公社, 209~213.
- 김광홍 (2000) : GPS船間距離計測 시스템의 構成과 그 應用에 관한 研究, 부경대학교 대학원 수산학박사 학위 논문.
- 김용해·장충식(2000) : 컴퓨터시뮬레이션에 의한 3차원 수중형상, 2000년 춘계 수산 관련학회 공동학술대회 발표요지집, 47~48.
- 해양수산부 (2000) : 선단조업어선의 생인력화에 관한 연구, 1~125.
- 경상대학교 해양산업연구소 (2001) : 개량식 기선권현망 어구의 성능 조사보고서, 6~67.
- 해양수산부 (2001) : 해상에서 멸치 가공을 위한 태양열 온수 개발, 1~103.