

博士學位論文

트롤漁具用 해파리 分離裝置 開發에
關한 基礎的 研究



濟州大學校 大學院

漁業學科

金 仁 鈺

2005年 12月

트롤漁具用 해파리 分離裝置 開發에 關한 基礎的 研究

指導教授 徐 斗 玉

金 仁 鈺

이 論文을 水産學 博士學位 論文으로 提出함

2005年 12月

金仁鈺의 水産學 博士學位 論文을 認准함



審査委員長 安 長 榮

委 員 辛 亨 鎰

委 員 鄭 龍 晋

委 員 金 碩 鍾

委 員 徐 斗 玉

濟州大學校 大學院

2005年 12月

A Basic Study on the Development of Jellyfish Separator System for a Trawl Net

In-Ok Kim

(Supervised by professor Du-Ok Seo)



A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement
for the degree of Doctor of Fisheries Science
2005. 12.

This thesis has been examined and approved.

Department of Fishery
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

List of Figures	iv
List of Tables	ix
List of Photos	x
Summary	xi

I. 서 론

1

1. 연구배경	1
2. 해파리의 일반적 특성	4
1) 어업에 피해를 주는 해파리	4
2) 옛 문헌상의 해파리	8
3. 해파리 분리장치	9
4. 연구목적	11
1) 수조실험	13
2) 해상시험	15
3) 해파리 구제장치	16

II. 해파리 분리장치의 수조실험

17

1. 장치 및 방법	17
1) 수조	17
2) 해파리 분리장치 설계	19
(1) 실물 GS형	20
(2) 모형 GS형	23
(3) 모형 GST형	25
(4) 모형 GSF형의 덮개 재질	27
3) 유속에 따른 분리장치의 형상변화	28

2. 결과	31
1) 실물 GS형	31
2) 모형 GS형	36
3) 모형 GST형	41
4) 모형 GSF형의 덮개 재질	42
5) 분리 배출과정	44
Ⅲ. 해파리 분리장치의 해상시험	47
1. 장치 및 방법	47
1) 해파리 분리장치 설계	47
(1) S형	49
(2) GS형	51
(3) SF형	53
(4) GSF형	55
(5) GST형	57
(6) GSgF형	59
2) 해파리 분리장치의 시험방법	62
3) 해파리 분리장치의 성능분석	71
2. 결과	72
1) 포획물의 종류와 비율	72
(1) 어류	72
(2) 해파리	81
2) 분리망의 경사각 변화에 따른 해파리 배출률	84
(1) S형 분리장치 분리망의 경사각 변화	84
(가) 해파리 배출률 및 어획손실률	84
(나) 주 어획종의 체장조성	90

(2) GS형 분리장치 분리망의 경사각 변화	92
(가) 해파리 배출률 및 어획손실률	92
(나) 주 어획종의 체장조성	98
3) 분리망 경사각 20°에서 분리장치 형태별 배출률	104
(1) 어획중량에 의한 어획손실률 산정 비교	104
(2) 어획 개체수에 의한 어획손실률 산정 비교	106
(3) 해파리 분리장치 형태별 어획특성	107
(가) SF형	107
(나) GSF형	111
(다) GST형	115
(라) GSgF형	119
4) 해파리 분리장치의 성능	126
IV. 해파리 구제장치	127
1. 장치 및 방법	127
2. 결과	130
V. 고찰	135
1. 해파리 분리장치의 구조	137
2. 해파리 분리장치의 어획특성	143
3. 어획손실을 줄이기 위한 장치	145
VI. 요약	147
VII. 참고문헌	153
감사의 글	157

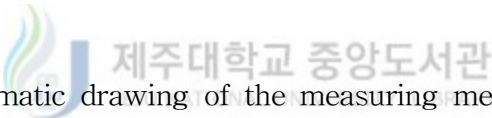
List of Figures

- Fig. II-1. Schematic drawing of the CWC. 18
- ① impeller ② AC motor ③ guide vane
 - ④ under observation panel ⑤ side observation panel
 - ⑥ honeycomb
- Fig. II-2. Schematic shape and technical drawing of the prototype GS type jellyfish separator system used in the CWC experiment. 22
- Fig. II-3. Schematic shape and technical drawing of the model GS type jellyfish separator system used in the CWC experiment. 24
- Fig. II-4. Schematic shape and technical drawing of the model GST type jellyfish separator system used in the CWC experiment. 26
- Fig. II-5. Schematic diagram of the flaps attached on the outlet of jellyfish separator system in the CWC experiment. 27
- Fig. II-6. Positions of the measured points of the (a) prototype(upper) and (b) model(lower) jellyfish separator system used in the CWC experiment. 29
- Note : H_1 means the height of the end part of guiding net above the lower lacing rope and H_2 means the height of jellyfish separator system in central part.
- Fig. II-7. The shape variations of the prototype guiding net(filled circle) and separator net(open square) by the various water flow velocity in the CWC experiment. 32
- Fig. II-8. The slope variations of the prototype (a) guiding net(upper) and (b) separator net(lower) by the various water flow velocity in the CWC experiment. 33

Fig. II-9. Variations of the height of the prototype jellyfish separator system and tunnel under the guiding net and the rate of H_1/H_2 according to the various water flow velocity in the CWC experiment.	35
Fig. II-10. The shape variations of the model guiding net(filled circle) and separator net(open square) by the various water flow velocity in the CWC experiment.	37
Fig. II-11. The slope variations of the model (a) guiding net(upper) and (b) separator net(lower) by the various water flow velocity in the CWC experiment.	38
Fig. II-12. Height variation of the model jellyfish separator system and tunnel under the guiding net and the rate of H_1/H_2 according to the various water flow velocity in the CWC experiment.	40
Fig. III-1. Schematic shape and technical drawing of the S type jellyfish separator system.	50
Fig. III-2. Schematic shape and technical drawing of the GS type jellyfish separator system.	52
Fig. III-3. Schematic shape and technical drawing of the SF type jellyfish separator system.	54
Fig. III-4. Schematic shape and technical drawing of the GSF type jellyfish separator system.	56
Fig. III-5. Schematic shape and technical drawing of the GST type jellyfish separator system.	58
Fig. III-6. Schematic shape and technical drawing of the GSgF type jellyfish separator system.	60

Fig. III-7. Photo and schematic shape of the flap attached on the outlet of jellyfish separator system.	61
Fig. III-8. The location of the jellyfish separator system in the trawl net.	62
Fig. III-9. Net plan of trial trawl net for the jellyfish separator system. ·	63
Fig. III-10. The location of the experimental fishing ground.	64
Fig. III-11. General design of a trial trawl with jellyfish separator system and collecting cover-net mounted on the outlet. The jellyfish separator system was mounted at the front of the cod-end.	65
Fig. III-12. Distribution rates of CPUE(fish and jellyfish in weight) in July and September from (a) 2004 to (b) 2005.	73
Fig. III-13. Relationship between loss ratio of fish(in weight, L_f) and exclusion ratio of jellyfish(in weight, R_j) in the jellyfish separator system.	80
Fig. III-14. Relationship between bell diameter(D, cm) and wet weight(W, kg) of <i>Nemopilema nomurai</i>	81
Fig. III-15. Variations of jellyfish catch(kg) and surface temperature($^{\circ}$ C) during the experiment.	82
Fig. III-16. Exclusion ratio of jellyfish(weight) by the gradient of separator net in July 2004.	86
Fig. III-17. Loss ratio(weight) of fish by the gradient of separator net in July 2004.	86
Fig. III-18. Loss ratio(number) of fish by the gradient of separator net in July 2004.	86

Fig. III-19. Size distributions of yellow goosefish, <i>Lophius litulon</i> , retained in the cod-end and the cover-net by the gradient of separator net in July 2004.	91
Fig. III-20. Exclusion ratio of jellyfish(weight) by the gradient of separator net in September 2004.	94
Fig. III-21. Loss ratio of fish(weight) by the gradient of separator net in September 2004.	94
Fig. III-22. Loss ratio of fish(number) by the gradient of separator net in September 2004.	94
Fig. III-23. Size distributions of butterflyfish(<i>Psenopsis anomala</i> , left) and Korean pomfret(<i>Pampus echinogaster</i> , right) retained in the cod-end and the cover-net by the gradient of separator net in september 2004.	99
Fig. III-24. Size distributions of hairtail(<i>Trichiurus lepturus</i> , left) and common hairfin anchovy(<i>Setipinna taty</i> , right) retained in the cod-end and the cover-net by the gradient of separator net in September 2004.	101
Fig. III-25. Size distributions of white croaker(<i>Argyrosomus argentatus</i> , left) and blue crab(<i>Portunus trituberculatus</i> , right) retained in the cod-end and the cover-net by the gradient of separator net in September 2004.	102
Fig. III-26. Loss ratio(weight) of fish by the type of jellyfish separator system in 2005.	105
Fig. III-27. Loss ratio(number) of fish by the type of jellyfish separator system in 2005.	107

Fig. III-28. Size distributions of main species retained in the cod-end and the cover-net of SF type jellyfish separator system in 2005. ·	110
Fig. III-29. Size distributions of main species retained in the cod-end and the cover-net of GSF type jellyfish separator system in 2005.	114
Fig. III-30. Size distributions of main species retained in the cod-end and the cover-net of GST type jellyfish separator system in 2005.	118
Fig. III-31. Size distributions of main species retained in the cod-end and the cover-net of GSgF type jellyfish separator system in 2005.	121
	
Fig. IV-1. Schematic drawing of the measuring method for the cutting force of jellyfish.	127
Fig. IV-2. Schematic drawing of the cutting device of jellyfish.	128
Fig. IV-3. Distributions of the cutting force of jellyfish.	130
Fig. V-1. Schematic behavior pattern of fish and jellyfish in the jellyfish separator system	141

List of Tables

Table II-1. Principal characteristics of the circulating water channel(CWC)	17
Table III-1. Outline of experimental hauls by a trial trawl net with the various types of jellyfish separator system	67
Table III-2. Summary of catch analysis for jellyfish separator system performance from 2004 to 2005	74
Table III-3. Exclusion ratio of jellyfish(weight, kg) by the gradient of separator net in July 2004	84
Table III-4. Summary of catch analysis for the S type jellyfish separator system by the gradient of separator net in July 2004	88
Table III-5. Exclusion ratio of jellyfish(weight, kg) by the gradient of separator net in September 2004	93
Table III-6. Summary of catch analysis for the GS type jellyfish separator system by the gradient of separator net in September 2004	94
Table III-7. Summary of catch analysis for the types of jellyfish separator system in 2005	122
Table IV-1. Outline of experimental hauls by a trial trawl net with the various types of jellyfish separator system composing of cutting device	129

List of Photos

Photo I -1. Main species of jellyfish which caused damage to fishery. ...	6
Photo II -1. The view of the CWC.	18
Photo II -2. The view of digitizer installed on the side panel of the CWC.	28
Photo II -3. The flap shape on discharging process through the outlet using the jellyfish model made of sponge. (Left) before discharging (Right) on discharging	43
Photo II -4. The view of the separating process experiment using the various size sponge models for the prototype jellyfish separator system in the CWC.	45
Photo II -5. The outlet shape of the prototype jellyfish separator system in the experiment of separating process.	45
Photo III-1. The jellyfish view caught in (a) the cod-end and (b) the cover-net.	83
Photo IV-1. The view of the jellyfish cutting device attached on trawl net.	131
Photo IV-2. The view of jellyfish caught in the cover-net.	131
Photo IV-3. The view of jellyfish caught in the cod-end.	132
Photo IV-4. The view of jellyfish sampled in front of jellyfish cutting device.	132
Photo IV-5. Cut umbrella of jellyfish by the jellyfish cutting device. ...	133

Summary

The purpose of this study is to reduce damage by the increase of jellyfish in the sea area of Korea in summer. Six types of a jellyfish separator system in trawl fishery were designed and manufactured, the underwater shape of which were observed in the circulating water channel(CWC). And a test on the sea was also carried out.

The GS and GST types of the separator system were tested in the CWC. The shape changes of a guiding net and a separator net were investigated at the flow speed of $V=0.4, 0.6, 0.8, 1.0$ and 1.2m/s . And spherical sponges with the diameter of 40, 50, 100, 200 and 280mm were used for analyzing separation and discharge of jellyfish and fishes in the separator system.

To optimize an flap material of outlet, the shape changes of the several materials were observed by applying to the outlet flap several materials such as strand, webbing and canvas, just when the spherical sponge was discharged from the outlet.

The test on the sea was performed on a bottom trawler, Tamgu 3(369ton) in July and September of both 2004 and 2005. The S, GS, SF, GSF and GST types of the separator system were used and were compared with GSgF type.

To investigate the discharge rates of jellyfish in the varying tilt angle of the separator net, the S type was tested at the tilt angle of $10^\circ, 15^\circ$ and 20° and the GS type was tested at the tilt angle of $20^\circ, 30^\circ$ and 40° .

To optimize a structure of the separator system, the discharge rates of jellyfish in the S and GS types were analysed.

To reduce the catch loss, the loss rates of the catch were investigated in the SF and GSF types with the outlet flap and in the GST type with the fish guiding tunnel. And the rates were compared with the GSgF type.

The cutting device was attached to the outlet of the S and GS types in order to remove jellyfish discharged through the outlet.

The outcome of this study are summarized as follows:

1. Test in the Circulating Water Channel

1) Two kinds of the jellyfish separator system were designed. The GS type was comprised of guiding net, separator net and outlet and the GST type was of guiding net, separator net, fish guiding tunnel and outlet.

2) Given the prototype GS type jellyfish separator system consisting of guiding net, separator net and outlet, the guiding net appeared to be convex curved type in the flow. As the flow speed got larger, the curvature of the guiding net got smaller and tended to come closer to the baiting. Also the highest point of the lower part of the guiding net was lifted up to about 71% of the side panel at the flow speed of 1.2m/s. The sinking force at the lower part of the guiding net was needed to reduce the lift. And in the installation process the right and left side of the guiding net completely attached to the side panel without any space from the belly was needed to improve the function of guiding net.

3) The guiding net of the scaled-down GS type model of the improved prototype jellyfish separator system has fallen down with the increase of the flow speed. The highest point of the lower part of the guiding net at the flow speed of 1.2m/s, which corresponded to 39% of the height of the side panel showed the 32% improvement.

4) The separator net of the prototype and scaled-down GS models showed the convex curved type downwards and as the flow speed got larger, the shape changes were not large and kept stable.

5) In scaled-down model of the GST type test, the guiding net was lifted even with the lead insert rope at the lower part of the guiding net. However, when a weight of 1kgf was put on the middle of the lower part of the guiding net and 2 weights of 0.5kgf were put on the 1/4 position and the 3/4 position of the length of the lower part of the guiding net, the fish guiding tunnel was naturally spreaded following the vertical spread of the guiding net.

6) For the fish guiding tunnel of the scaled-down model of the GST type had a space of 0.34m between the lower part of the guiding net and the lower part of the separator net, there was severe curve in the space. Therefore enlarging the space between the guiding net and the separator net may be of help for the natural spread of the fish guiding tunnel.

7) For the moving path of the jellyfish model, in case that the jellyfish was larger than the mesh size of the guiding net, it was guided toward the lower part of the separator net and moved to the cod-end due to the selectivity of the separator net or discharged through the outlet. In case that the jellyfish model was smaller than the mesh size of the guiding net, some jellyfish which passed through the upper part of the guiding net were discharged through the outlet and most of the jellyfish which passed through the lower part of the guiding net moved to the cod-end passing through the separator net.

8) The scattering motion of the strand flap on the outlet may more threaten fishes than webbing flap and canvas flap, which eventually will more prevent fishes' escape than the other flaps.

2. Test on the sea

1) Five types of the jellyfish separator system were designed: S, GS, SF, GSF and GST type, and GSgF type was also tested for the verification of the other separator systems.

2) The number of the caught species during the fieldwork were 104; 88 fishes, 8 crustacea, 7 mollusca and 1 echinodermata. The mainly caught species were butterflyfish *Psenopsis anomala*, white croaker *Nibea argentatus*, hair-tail *Trichiurus lepturus* and Korean pomfret *Pampus echinogaster*.



3) The catch of fish in July 2004 was 224.5kg and the catch per unit effort(CPUE) of 15kg accounted for 23.9% of the total catch including jellyfish. The catch of fish in September 2004 was 1,685kg and the CPUE of 93.6kg accounted for 12.7% of the total catch including jellyfish. The catch of fish in July 2005 was 1,002.7kg and the CPUE of 52.8kg accounted for 31.0% of the total catch including jellyfish. The catch of fish in September 2005 was 1,095kg and the CPUE of 60.8kg accounted for 16.2% of the total catch including jellyfish.

4) The loss rates of the catch in July 2004 were 94% for horse mackerel *Trachurus japonicus*, 91% for butterflyfish *Psenopsis anomala*, 89% for redlip croaker *Pseudosciaena manchurica*, 85% for Korean pomfret *Pampus*

echinogaster, 74% for hair-tail *Trichiurus lepturus*, 33% for cinnamon flounder *Pseudorhombus cinnamoneus* and flounder *Limanda herzensteini*, 26% for five spots flounder *Pseudorhombus pentophthalmus* and 13% for shrimp spp. The loss rates of the catch in September 2004 were 73% for croaker *Johnius belengerii*, 71% for hair-tail *Trichiurus lepturus*, 67% for butterfish *Psenopsis anomala*, 58% for common hairfin anchovy *Setipinna taty* and horse mackerel *Trachurus japonicus*, 56% for white croaker *Nibea argentatus*, 48% for Korean pomfret *Pampus echinogaster*, 17% for blue crab *Portunus trituberculatus*, 16% for mantis crab *Squilla oratoria* and 27% for shrimp spp. The loss rates of the catch in July 2005 were 88% for targetfish *Zeus japonicus*, 57% for Korean pomfret *Pampus echinogaster*, 49% for silver pomfret *Pampus argenteus*, 47% for hail-tail *Trichiurus lepturus*, 42% for butterfish *Psenopsis anomala*, 36% for redlip croaker *Pseudosciaena manchurica*, 28% for white croaker *Nibea argentatus*, 15% for blackthroat seaperch *Doderleinia berycoides* and 3% for verticalstriped cardinalfish *Apogon lineatus*. The loss rates of the catch in September 2005 were 83% for targetfish *Zeus japonicus*, 67% for horse mackerel *Trachurus japonicus*, 48% for Korean pomfret *Pampus echinogaster*, 46% for butterfish *Psenopsis anomala*, 41% for hail-tail *Trichiurus lepturus* and 22% for white croaker *Nibea argentatus*.

5) During the fieldwork, two species of jellyfish were appeared ; *Nemopilema nomurai* and *Cyanea nozakii*. The correlation between bell diameter(D, cm) and wet weight(W, kg) of the mainly appeared *Nemopilema nomurai* was $W = 0.5248 e^{0.0427D}$.

6) The correlation between loss ratio of fish(L_f) and exclusion ratio of jellyfish(R_j) was $L_f = 0.5102R_j + 0.1331$, which means the increase of L_f is in proportion to that of R_j .

7) It was revealed in the comparative study on the optimum tilt angle of separator net: 1) for S type the discharge rates of jellyfish at the tilt angle, 10° , 15° and 20° were 61%, 45% and 48% on average, respectively, and the loss rates of fish in weight were 45%, 55% and 50% on average, respectively, and the loss rates of fish in number were 53%, 56% and 59% on average, respectively, 2) for GS type the discharge rates of jellyfish at the tilt angle, 20° , 30° and 40° were 95%, 83% and 86% on average, respectively, and the loss rates of fish in weight were 58%, 60% and 67% on average, respectively, and the loss rates of fish in number were 60%, 57% and 67% on average, respectively.

According to above result, the optimum tilt angle of separator net was inferred 20° that the discharge rate of jellyfish was higher than the other tilt angle of separator net. But the more study was demanded for the countermeasure to reduce loss of fish.

8) Two countermeasure to reduce loss of fish catch were applied; installing the flap on the outlet and the fish guiding tunnel located between the guiding net and the separator net.

9) The loss rates of fish in weight were about average 43% for GSF type, 30% for GST type, 28% for GSgF type and 49% for SF type. The loss rates of fish in number were about average 37% for GSF type, 32% for GST type, 28% for GSgF type and 36% for SF type.

10) With respect to the catch loss rate of GST type showed the similar performance to GSgF type, which confirms the higher utilization of GST type.

11) With the discharge rate of jellyfish and the catch loss rate considered GST type and GSF type are believed to be optimum in the trawl fisheries.

3. Jellyfish cutting device

1) The cutting device, which was including wire ropes with the diameter of $\text{Ø}1.0\text{mm}$ on the fixed frame, was attached to the outlet in order to cut off jellyfish discharged through the outlet. The spatial interval of each wire rope was 0.2m.

2) The jellyfish with bell diameter of 13~83cm(wet weight 0.9~14kg) was selected for the jellyfish cutting test on ship. The cutting needed 0.8~7.0kgf and the average force was 3.3kgf.

3) Installing the jellyfish cutting device in the vertical direction rather than in the horizontal direction may give birth to more effective results. The separator system which embodies the vertical direction should be considered.

I. 서 론

1. 연구 배경

트롤어업은 여러 가지 어업 중 가장 적극적인 어법을 사용하는 어업으로 현재까지 여러 연구자들에 의해 많이 연구되어 그 어구와 어법이 가장 발달한 어업이다. 이 어업에 대한 연구는 초창기에는 어획성능을 높일 수 있는 어구 개량 및 개발 연구가 많이 수행되었으나, 어류 자원이 감소함에 따라 치어를 보호하여 어획 후 폐기되는 비율을 줄일 수 있는 자원관리형 어업으로의 전환 연구가 진행되고 있다(Main and Sangster, 1985; Broadhurst and Kennelly, 1996a; Engås 등, 1998; Broadhurst, 2000). 자원관리형 어구에 관한 연구는 어린고기인 미성어 어획을 줄이기 위한 미성어 탈출장치에 관한 연구가 초창기에 주로 수행되었으나(Larsen, 1992; 정, 1998), 현재는 그 연구범위를 넓혀나가 목표종만 어획하고 비목표종은 자루그물에서 배출되는 어구 개발로 연구가 진행되고 있으며, 특히 새우트롤어업에서 많은 연구가 수행되었다(Kendall, 1990; Matsuoka and Kan, 1991; Mounsey 등, 1995; 梶川 등, 1998, 1999; 松下 등, 1999; Graham, 2003).

비목표종 혼획방지 장치의 대표적인 것은 새우트롤어업에서 거북을 보호하여 탈출시키기 위한 장치인 TED(Turtle Excluder Device 또는 Trawl Efficiency Device)로 미국에서는 새우트롤어업에서 이 TED 사용을 강제 규정하고 있다(Kendall, 1990).

그리고 유해생물의 혼획을 방지하기 위한 분리장치에 대한 연구로는 새우 빙트롤에서의 불가사리 분리효율에 대한 연구(東海 등, 1997)가 있다.

이와 같이 트롤어업을 대상으로 한 연구는 많이 수행되었으나 현재 우리나라 주변해역에서 어업에 피해를 주고 있는 해파리를 분리 배출하여 어업피해를 줄일 수 있는 어구개발은 거의 없는 실정이다. 노르웨이에서는 어업인들이 새우트롤어업에서 해파리 혼획을 줄이기 위해 Nordmøre grid라는 장치를 개발하여 사용한 적이 있으며(Graham, 2003), 일본에서는 최근에 예망어구에서의 해파리 혼획방지장치를 제작하여 시험한 적이 있을 뿐이다(松下 등 2005).

해파리는 우리나라 주변해역에 매년 출현하였지만 그 출현량이 어업에 직접적으로 피해를 입힐 정도는 아니었으나, 2000년부터 해파리의 개체수가 증가하면서 어업에 피해를 입히기 시작하였고, 최근 몇 년간에는 해파리 개체수가 급증하여 특히 2003년에는 대량 출현하여 조업에 직접적인 피해를 주어 출어를 포기해야 하는 상황도 발생하였다(安과 辛, 2004; 康, 2004). 이러한 해파리 피해에 대처하기 위하여 안강망 업계에서는 자체적으로 개발한 해파리 배출망을 합법적으로 사용할 수 있도록 요구하여 정부에서는 수산자원보호령을 개정(2003. 8. 27)하여 제도적 장치를 마련하였다. 그리고 쌍끌이 기선저인망업계에서도 해파리 배출망을 사용하여 시험을 시도한 바는 있으나, 어획손실이 60%이상이 되어 이를 줄일 수 있는 방안을 마련하지 못해 현재는 답보상태에 있는 실정이다. 트롤어업을 비롯한 다른 어업에서는 해파리 피해를 줄일 수 있는 방안을 마련하지 못하여 해파리가 많이 분포하는 해역을 피하여 조업을 하거나 그 피해를 감수해야만 하는 실정이다.

이렇게 어업에 피해를 주는 해파리는 소형해파리인 보름달물해파리(*Aurelia aurita*) 뿐만 아니라 대형 해파리인 노무라입깃해파리(*Nemopilema nomurai*)와 유령해파리(*Cyanea nozakii*)가 주종을 이루고 있다. 주로 연안해역에서는 보름달물해파리로 인한 피해가 큰 편이고, 외해해역에서는 노무라입깃해파리로 인한 피해가 큰 편이지만, 해파리 개체수가 급증하는 여름철에는 노무라입깃해파리가 연안해역까지 접근하여 정치망(낙망, 삼각망) 등 연안해역에 설치되어있는 어구에 어업피해를 입히고 있다.

대형종인 노무라입깃해파리(*Nemopilema nomurai*)는 우리나라 주변해역에 5월경에 출현하기 시작하여 수온이 높은 여름철 시기인 7~9월에 개체수가 급증하여 어업에 큰 피해를 입히고 있으며, 그 이후 점점 개체수가 감소하여 수온이 내려가는 겨울철인 12~1월경에는 소멸되고 있다.

해파리에 의한 어업피해는 우리나라뿐만 아니라 주변국인 일본과 중국에서도 같은 양상으로 나타나고 있다(飯, 2004; 程, 2004). 각 나라에서는 해파리로 인한 피해에 적극적으로 대처하기 위하여 한·중·일 공동 협력방안을 모색 중이다(水産総合研究センター, 2004). 해파리로 인해 피해를 입는 어업은 안강망, 트롤 및 저인망, 정치망, 선망, 자망어업 등이며, 주로 자루그물 형태의 어구를 사용하는 어업에서 많은 피해를 입고 있다.

해파리로 인한 어업피해 유형으로는 첫째, 대량의 해파리가 자루그물로 유입되어 중량 및 수력 저항에 의하여 그물이 파손되거나 유실 또는 그물을 양망할 수 없는 경우이고, 둘째, 자루그물로 유입된 해파리가 그물코를 메워서 자루그물내의 흐름을 막아 어류의 입망을 저해하여 어획량이 감소하는 경우이고, 셋째, 어류와 혼획된 해파리를 분리하는 작업을 추가적으로 해야 하므로 작업시간이 길어지게 되어 선원들의 피로가 가중되는 경우이며, 넷째, 해파리와 함께 어획된 어류가 해파리의 점액 등에 의해 손상되어 선도 및 상품성이 하락되는 경우, 다섯째, 어획물 분리작업 중 해파리 독에 의한 노출된 피부손상 등 작업자의 건강피해, 여섯째, 해파리 중량에 의한 양망과정에서의 작업선 전복 위험성 등을 들 수 있다(이, 2003).

이렇게 해파리로 인한 피해는 여러 가지 형태로 나타나고 있지만 이를 해소하기 위한 연구는 아직까지 드문 실정이다. 이 연구에서는 트롤어구를 대상으로 해파리가 발생하는 시기에도 안정적이고 지속적으로 조업을 할 수 있도록 조업 중에 어류와 해파리를 분리하여 해파리만 배출시킬 수 있는 해파리 분리장치를 설계 제작하여 수조 모형실험 및 해상시험을 수행하였다.



2. 해파리의 일반적 특성

1) 어업에 피해를 주는 해파리

일반적으로 우리나라 주변해역에서 어업에 피해를 입히는 해파리류는 노무라입깃해파리(*Nemopilema nomurai*), 유령해파리(*Cyanea nozakii*) 및 보름달물해파리(*Aurelia aurita*)로 크게 나눌 수 있고, 그 분류와 특성은 아래와 같다(Photo I-1).

노무라입깃해파리는 분류학상

자포동물문 Phylum Cnidaria

해파리강 Class Scyphozoa

근구해파리목 Order Rhizostomeae

근구해파리과 Family Rhizostomatidae

노무라입깃해파리 *Nemopilema nomurai* Kishinouye

로 분류된다.

노무라입깃해파리는 우리나라 동·서·남해 전 해역에서 발견되며, 5월경에 어린 개체들이 나타나기 시작하여 초겨울까지 꾸준히 발견된다. 우리나라 연근해에서 발견되는 해파리 중 가장 대형 종으로 몸통이 늘어났을 경우 직경이 거의 1m에 달하며 촉수를 포함한 전체길이가 5m 이상인 개체도 있다(국립수산과학원, 2004a). 또한 한 개체의 최대무게(습중량)가 200kg에 달하기도 한다(Namikawa and Soyama, 2000). 촉수(tentacle)의 자포(刺胞)에 독성이 있어 피부 접촉시에는 피부발진이 발생한다. 근래에 들어 개체수가 급격히 증가하여 어업에 큰 피해를 입히고 있는 종이다.

유령해파리는 분류학상

자포동물문 Phylum Cnidaria

해파리강 Class Scyphozoa

기구해파리목 Order Semaestomeae

유령해파리과 Family Cyaneidae

유령해파리 *Cyanea nozakii* Kishinouye

로 분류된다.

유령해파리는 우리나라 제주도 연안 및 남해, 동해남부의 따뜻한 해역에서 발견되며, 여름철(6~8월) 고수온기에 많이 나타난다. 주로 표층에서 수심 5m사이에서 볼 수 있다. 우산의 직경은 약 50cm에 이르며, 대형종에 속한다. 촉수는 비교적 짧은 편이어서 우산 직경의 2배 정도에 불과하다. 몸체의 색깔은 흰 편이며, 우산의 중앙 내부에는 가로-세로상의 근육이 매우 발달되어 있다. 대형종에 속하지만 대량발생하지는 않는다(국립수산과학원, 2004a).

보름달물해파리는 분류학상

자포동물문 Phylum Cnidaria

해파리강 Class Scyphozoa

기구해파리목 Order Semaestomeae

느릅나무해파리과 Family Ulmaridae

보름달물해파리 *Aurelia aurita* Linné

로 분류된다.

보름달물해파리는 우리나라 연안에 출현하는 해파리류 중 가장 흔히 발견되는 종이다. 야간에는 수심 10m정도에서도 이들의 집단이 발견되지만 주간에는 표층에서부터 수심 2m이내에서 주로 발견된다. 4월말부터 출현하기 시작하여 같은 해 11~12월까지 지속적으로 보이거나 여름철(7~8월)의 고수온기에 대량으로 발견된다. 우산의 직경은 15cm내외이며, 촉수는 2~3cm정도로 다른 해파리류에 비해 짧은 편이다(국립수산과학원, 2004a). 이 종은 대량발생하고 집단으로 서식하는 경향이 강하므로 어업에 피해를 입힌다. 또한 원전 취수구 등에 대량으로 유입되어 발전소 가동을 중지시킨 사례도 있다.



Nemopilema nomurai



Cyanea nozakii



Aurelia aurita

Photo I -1. Main species of jellyfish which caused damage to fishery.

이러한 해파리류는 암수가 구별되어 있는 자웅이체이며, 일생 동안 여러 형태의 단계를 거쳐 해파리(메두사)가 된다. 해파리의 형태 변화는 단계별로 크게 알(Egg), 플라눌라(Planula), 폴립(Polyp), 스트로빌라(Strobila), 에피라(Ephyra), 메두사(Medusa)로 구분할 수 있다. 여기서 플라눌라는 해파리 알과 정자가 수정되어 수일이 지나 이동성을 가진 유생을 말하며, 이 플라눌라 유생이 부착 기질에 부착해서 변태를 하는 단계를 폴립이라고 한다. 폴립의 단계에서는 여러 개의 촉수를 이용해서 동물플랑크톤을 잡아먹으며 성장을 한다. 스트로빌라는 폴립의 변태 형태이며, 폴립이 상하로 길어진 형태를 하고 있고, 십 수개의 코스모스 꽃잎 모양의 판들이 차곡차곡 포개어져 있다. 스트로빌라의 꽃잎 모양의 판들이 각각 한 장씩 떨어져 나가면 에피라가 되며, 다시 변태를 거쳐 해파리의 형태가 된다(국립수산과학원, 2004a).

해파리류는 일정한 방향성이나 목적지 없이 모든 방향으로 움직일 수 있지만 주변의 해류나 바람 등을 거슬러 움직일 수 없기 때문에 일반적으로 플랑크톤의 특성을 나타낸다. 이들의 움직임은 궁극적으로 몸통에 넓게 퍼져있는 신경세포의 자극에 의한 몸통의 이완과 수축에 의해서 이루어진다. 이러한 해파리류의 운동은 안점(Rhopalium)이라 불리는 신경조직의 조절작용에 의하여 이루어진다(국립수산과학원, 2004a).

2) 옛 문헌상의 해파리

해파리의 명칭을 옛 문헌에서 찾아보면, “본초강목(本草綱目)”에는 해타(海鮩), 수모(水母), 저포어(樗蒲魚), 석경(石鏡)이라 소개하고 있으며, “재물보(才物譜)”에는 해타(海鮩), “자산어보(茲山魚譜)”에는 해타(海鮩), 해팔어(海八魚), “물명고(物名攷)”에는 히파리, 수모(水母), “전어지(佃漁志)”에는 수모(水母)를 ”물알“이라는 한글이름으로 소개하고 있다(丁, 2002; 이, 2003).

그리고 정약전의 “자선어보”에는 해파리를 익혀 먹거나 회를 만들어 먹기도 하였다고 소개하고 있어 옛날부터 우리 선조들은 해파리를 식용한 것으로 보인다(丁, 2002).

해파리와 공생관계에 있는 해양생물은 자산어보에 소개된 새우외에 물렁뚱, 셋뚱 등을 들 수 있으며, 해파리를 포식하는 생물로는 자산어보에 소개된 돔 외에 병어, 개복치, 쥐치, 바다거북 등을 들 수 있다(이, 2003; 국립수산과학원, 2004a).

해파리는 약리작용도 있어 해파리가 주약으로 된 설강탕은 고혈압 환자에게 좋다고 알려져 있으며, 한의학에서는 해파리를 해철(海蜃)이라 부르면서 예로부터 강장해독약으로 사용해 왔다. 해파리는 이밖에도 변비가 있는 사람이나 기침이나 가래가 심한 사람들에게 효과가 있다고 한다(이, 2003).

3. 해파리 분리장치

해파리 분리장치는 분리장치내에서 해파리를 어류와 분리하여 배출시키는 성능이 우수해야 하며, 또한 해파리 분리배출시 어획손실을 줄일 수 있는 구조를 갖추어야 한다.

수산자원보호령(대통령령 제18095호, 2003. 8. 27) 제6조 제①항 8호에는 근해안강망어구에 해파리 배출망을 7월 1일부터 12월 31일까지 사용할 수 있도록 법제화 되어 있다. 그 구성은 해파리 유도망(그물코 크기 200mm이상)과 자루그물 연장망(그물코 크기 20mm이상 35mm이하)으로 되어 있으며, 자루그물 연장망의 길이는 25m 이하로 제한되어 있다. 그리고 해파리 배출구(개구부)의 둘레는 3m이상으로 규정하고 있다.

근해안강망에서 사용하는 해파리 배출망은 유도망의 형태가 깔때기 형태로 되어 있어 모든 어획물은 이 깔때기를 통하여야 하므로, 이 깔때기 형태의 유도망의 그물코크기보다 작은 개체는 끝자루로 들어가서 어획되고, 큰 개체는 배출구를 통하여 자루그물 밖으로 배출되어진다. 현재 이 유도망으로 사용되어지는 그물감의 그물코 크기는 약 400~430mm정도이다. 그러나 이러한 형태의 배출망은 해파리 양이 적을 경우에는 분리배출성능이 우수한 것으로 평가되고 있으나 해파리 양이 많을 경우에는 그 성능이 떨어지는 것으로 평가되고 있다.

국내 트롤업계에서는 개발된 해파리 배출망이 없어 사용하지 않고 있으며, 해파리가 많이 출현하는 어장을 피하거나 그 피해를 감수하면서 조업하고 있다. 그러나 다른 나라의 경우에는 비목표종을 분리하기 위한 분리망을 고품체인 철제로 제작하여 많은 시험 연구를 수행하고 있다.

국내 쌍끌이 기선저인망업계에서는 자체적으로 해파리 피해를 줄이기 위해 배출망을 제작하여 시험 조업하였으나 어획손실이 높고, 어류가 자루그물에 많이 낚히는 현상이 발생하여 해파리 배출망을 사용하지 않고 있다.

이러한 업계의 어려운 점을 해결하고 해파리로 인한 어업피해를 줄이기 위하여 해파리 분리장치를 트롤어구의 끝자루 앞에 추가로 부착할 수 있도록 설계 제작하여 수조실험 및 해상성능시험을 수행하였다.

해파리 분리장치는 유도망(Guiding net), 분리망(Separator net), 배출구 덮개

(Flap), 어류유도통로(Fish guiding Tunnel), 철제 분리 그리드(Separator grid), 해파리절단장치(Cutting device)의 영문 대표문자를 사용하여 모델명을 아래와 같이 간략하게 나타내었다.

- S형 : 분리망으로만 구성된 분리장치
- GS형 : 유도망과 분리망으로 구성된 분리장치
- SF형 : 분리망과 배출구 덮개로 구성된 분리장치
- GSF형 : 유도망, 분리망 및 배출구 덮개로 구성된 분리장치
- GST형 : 유도망, 분리망 및 어류유도통로로 구성된 분리장치
- GSgF형 : 유도망, 철제 분리 그리드 및 배출구 덮개로 구성된 분리장치
- SC형 : S형 분리장치의 배출구에 해파리 절단장치가 설치된 분리장치
- GSC형 : GS형 분리장치의 배출구에 해파리 절단장치가 설치된 분리장치

해파리 분리장치 개발시험은 2004년도 연구에서는 해파리 분리배출성능이 우수한 분리장치 구조를 도출하고자 하였다. 이때, 해파리와 어류를 분리하는 기능을 갖는 분리망의 적정 설치 경사각을 구명하기 위하여 5가지 경사각(10°, 15°, 20°, 30°, 40°)에 대해서 해파리 분리배출성능 시험을 하였다. 분리망 경사각 10°, 15°, 20° 시험은 분리망으로만 구성된 해파리 분리장치(S형)에서 하였으며, 분리망 경사각 20°, 30°, 40° 시험은 유도망과 분리망으로 구성된 해파리 분리장치(GS형)에서 하였다. 또한 분리망의 그물코 크기에 따른 해파리 분리배출성능을 파악하기 위하여 S형 분리장치에서는 말의 길이가 320mm되는 사각망지를, GS형 분리장치에서는 200mm되는 사각망지를 분리망으로 사용하여 시험하였다. 그리고 유도망의 효용성을 파악하기 위하여 유도망이 없는 분리장치(S형)와 유도망이 있는 분리장치(GS형)의 성능을 비교하였다.

2005년도 연구에서는 2004년에 도출된 해파리 분리장치의 구조를 기초로 하여 2004년에 수행한 시험에서 나타난 문제점을 보완하여 분리장치를 개선하기 위한 시험을 수행하였다. 즉, 어획손실을 줄이기 위하여 배출구에 덮개를 사용하는 방안과 유도망과 분리망 사이에 어류유도통로가 있는 분리장치(GST형)를 새롭게 설계하여 시험하였다. 또한 배출구에 사용할 덮개의 적정 재질을 선정하기 위하여 재질별로 해파리 모형이 배출될 때의 덮개 형상을 수조실험을 통하여 분석하였다. 그리고 다른 나라에서 많이 연구된 형태인 비목표종 분리장치(GSgF형)와도 성능 비교를 하였다.

4. 연구 목적

우리나라에서 해파리를 상업적으로 이용했을 때에는 조류를 이용한 어법인 안강망을 사용하여 포획하였고(국립수산진흥원, 1967), 일부 저인망에서도 해파리를 포획한 것으로 알려져 있다.

최근 우리나라 연근해에 해파리의 대량 출현 원인은 여러 가지로 생각해 볼 수 있으나, 주 원인은 자연생태계의 먹이사슬 파괴 및 해양환경의 변화에 따른 것으로 추정할 수 있다. 즉, 해파리의 천적생물로 잘 알려진 쥐치류와 같은 어류가 남획으로 인하여 자원이 감소됨에 따라 해파리를 잡아먹는 포식자의 양이 줄어들어 해파리가 증가했다고 추정할 수 있다. 그리고 우리나라의 연안 해역은 표층수온이 상승하여(정 등, 2003) 온대해역에서 아열대해역으로 전환하는 단계에 있어 예전에 우리나라 주변해역에서 찾아볼 수 없었던 해파리가 난류의 이동을 따라 그 분포해역이 확장되어 우리나라 주변해역까지 분포 출현하는 것으로 추정할 수 있다.

해파리의 대량 출현에 대한 원인 추정에서 알 수 있듯이 인위적 요인과 자연적 요인이 복합적으로 작용하므로 인위적으로 문제를 해결하기 위해서는 많은 시간이 소요될 것으로 판단된다.

그러므로 해파리 대량 출현 원인을 근본적으로 해결하기 전에 해파리로 인한 어업피해를 줄일 수 있는 방안 마련이 시급한 실정이다.

따라서 이 연구의 목적은 트롤어업에서 해파리로 인한 어업피해를 최소화 시킬 수 있고 사용 및 취급이 편리한 해파리 분리장치를 개발하는데 있다. 이를 위해 유연체인 그물감을 사용한 해파리 분리장치 설계 및 제작 기술을 개발하였고, 해파리 배출률이 높은 해파리 분리장치 구조를 도출하였다. 또한 유도망과 분리망의 기능 향상을 위한 수조실험을 수행하였으며, 어획손실을 줄일 수 있는 방안 등에 대한 시험을 실시하였다.

수조실험에서는 실물과 모형 해파리 분리장치를 사용하여 유도망과 분리망의 유속변화에 따른 형상 변화 실험으로 그물감으로 제작한 유도망과 분리망의 안정성 및 기능 향상 개소를 파악하고자 한다. 또한 모형 개체를 이용하여 분리장치내의 분리 배출과정 실험으로 어류와 해파리의 분리 배출 메커니즘을 파악하고자 한다. 그리고 배출구에 사용할 덮개의 재질별로 해파리 모형이 배출될 때의 형상 실험으로

어획손실을 최소화 할 수 있는 덮개 재질을 선정하고자 한다.

해상시험에서는 분리망의 경사각에 따른 해파리 배출률을 조사하여 적절한 분리망 부착 경사각을 도출하고자 하며, 유도망의 유무에 따른 해파리 배출률을 조사하여 적절한 해파리 배출장치의 구조를 도출하고자 한다. 또한 어획손실을 최소화하기 위하여 배출구에 덮개를 부착하는 방법과 유도망과 분리망 사이에 어류유도통로를 설치한 분리장치를 설계하여 어획손실을 최소화할 수 있는 방법을 도출하고자 한다.

그리고, 해파리 분리장치에서 배출되는 해파리로 인한 재 피해를 방지하고 해파리를 구제하기 위하여 해파리 절단장치를 설계 제작하여 해파리 구제 가능성을 구명하고자 한다.



1) 수조실험

트롤어구는 그물실을 사용하여 제작하므로 어구 전체가 유연체라 할 수 있으며, 이러한 유연체는 유체 흐름 속에서 여러 가지의 힘에 의해 그 형상이 끊임없이 변화한다. 이러한 형상변화의 파악은 그 어구의 문제점을 구명하여 개량하고 발전시키는 데 매우 중요하다.

그러나 어구의 형상을 전체적으로 파악하기 위한 현장 시험은 다양한 제약조건으로 인해 아주 어려운 일이다. 수조실험은 실물어구의 형상변화를 파악하기 위한 방법 중의 하나로 실물어구에 상사(similitude)조건, 즉 기하학적 상사, 운동학적 상사 그리고 역학적 상사를 적용하여 닳은꼴의 축소 모형을 만들어 실험한다.

모형제작에 있어 모형어구의 크기는 실물어구의 크기와 수조의 깊이, 폭, 길이 등에 의해서 결정이 되는 데, 실물어구 대비 1/20~1/30 보다 더 축소시킬 경우에는 치수효과(scale effect)가 커지기 때문에 피하고 있다(張과 徐, 1982)

이 수조실험에서는 해파리 분리장치의 정성적 해석을 위하여 실물크기 해파리 분리장치와 크기만 40% 축소한 모형 해파리 분리장치를 사용하였으므로 유속비는 고려하지 않았다. 모형 해파리 분리장치는 기하학적 상사만 고려하고 그물감 재료와 그물코 크기는 실물 분리장치와 동일하게 제작한 모형으로, 모형어구를 상사조건으로 제작하였을 때의 치수효과를 줄이려고 하였다.

수조실험에는 GS형과 GST형 해파리 분리장치를 사용하였으며, GS형은 실물과 모형을, GST형은 모형만을 제작하여 실험하였다.

수조실험에 사용한 해파리 분리장치의 크기는 해파리 분리장치가 트롤어구의 끝자루 앞에 추가로 부착되므로(Fig. III-8) 자루그물 끝단의 그물코 수와 끝자루의 그물코 수, 유도망과 분리망의 부착 경사각, 유도망과 분리망 사이의 간격에 의해 결정된다.

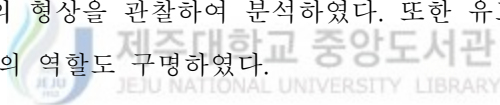
그러므로, 수조실험에 사용한 실물 GS형 해파리 분리장치는 입구의 크기를 트롤어구의 자루그물 끝단과 끝자루의 그물코 수(Fig. III-9)와 동일하게 76코(B)×46코(H)로 하였다. 아울러 유도망의 등판과의 부착 경사각은 30°, 분리망의 밑판과의 부착 경사각은 40°, 유도망과 분리망 사이의 간격은 5코(0.28m)가 되게 제작하여 총 길이는 3.17m이다.

모형 GS형 해파리 분리장치는 실물 GS형 해파리 분리장치에서 분리망의 밑판과의 부착 경사각을 20°로 하였을 때 실물크기의 60%가 되는 규모로 제작하여 총 길이는 2.59m이다.

모형 GST형 해파리 분리장치는 모형 GS형과 그 구조는 동일하나 유도망과 분리망 사이에 어류유도통로를 설치하고, 유도망과 분리망 사이 간격을 6코(0.34m)로 하여 총 길이는 2.97m이다.

유도망과 분리망의 유속 변화에 따른 형상변화는 실물 GS형과 모형 GS형을 대상으로 실험하였으며, 해파리 분리장치의 형상변화는 실물 GS형, 모형 GS형 및 GST형을 대상으로 실험하였다. 분리장치 내에서 일어나는 분리 배출과정은 구형 스펀지로 제작된 5종의 모형 개체(직경 40, 50, 100, 200, 280mm)를 이용하여 관찰 분석하였다.

또한 배출구로 빠져나가는 어류 손실을 최소화하기 위한 방법으로 배출구에 부착될 덮개의 재질을 선정하기 위하여 3종의 재질(그물실, 그물감, 캔버스)별로 해파리 모형이 배출될 때의 형상을 관찰하여 분석하였다. 또한 유도망과 분리망 사이에 설치된 어류유도통로의 역할도 구명하였다.



2) 해상시험

트롤어업에서 비목표종 분리장치에 대한 국외 연구결과를 살펴보면, 분리망의 대부분을 철제로 제작한 고품체 분리 그리드를 사용하고 있다. 분리망이 고품체로 제작되어있기 때문에 비목표종 분리효율은 우수하지만 실제적으로 사용 및 취급, 관리가 불편하여 어업현장에서는 어업인들이 사용을 기피하고 있다(Coreil, 1985).

이 연구에서는 철제로 된 분리 그리드의 단점을 보완하고, 어업인들의 사용 및 취급, 관리가 편리하도록 해파리 분리장치를 구성하는 재료를 유연체인 그물감으로 제작하여 사용 가능성을 구명하고자 한다.

해상시험에는 S형, GS형, SF형, GSF형, GST형 5종과 비교 분리장치로써 GSgF형 1종을 사용하였다.

해파리 분리장치의 크기는 해파리 분리장치가 트롤어구의 끝자루 앞에 추가로 부착되므로(Fig. III-8) 자루그물 끝단의 그물코 수와 끝자루의 그물코 수, 유도망과 분리망의 부착 경사각, 유도망과 분리망 사이의 간격에 의해 결정된다.

그러므로, 해상시험에 사용한 해파리 분리장치는 입구의 크기를 트롤어구의 자루그물 끝단과 끝자루의 그물코 수(Fig. III-9)와 동일하게 76코(B)×46코(H)로 하였다. 아울러 유도망의 등판과의 부착 경사각은 30°, 분리망의 밑판과의 부착 경사각은 20°로 하여, 총 길이는 SF형, GSF형, GSgF형은 5.14m이고, GST형은 5.85m이다.

해상시험에서는 분리망의 경사각에 따른 해파리 배출률 및 어획손실률, 해파리 분리장치의 구조에 따른 해파리 배출률 및 어획손실률 그리고 어획종별 어획손실률 및 주요어획종의 체장조성, 분리장치의 배출구에 덮개를 사용했을 경우와 어류유도 통로를 설치했을 경우의 어획손실 저감관계, 유연체인 그물감으로 제작된 해파리 분리장치와 고품체인 철제 분리 그리드가 부착된 분리장치와의 어획손실관계 등에 대한 시험을 수행하였다.

3) 해파리 구제장치

해파리로 인한 어업피해를 줄이기 위하여 조업과정에서 해파리를 자루그물 밖으로 분리 배출할 수 있는 장치에 대한 방안을 모색해 보았다. 이렇게 해파리를 구제하지 않고 자루그물 밖으로 배출할 경우 일시적으로는 어업피해를 줄일 수 있지만 근본적으로는 해파리 피해를 격감시킬 수는 없다. 그렇다고 해파리를 구제할 수 있는 방안을 마련하여 일시적으로 해파리를 구제할 경우 그 다음에 나타나는 생태계의 변화에 대해서는 예측할 수 없는 실정이다.

해파리가 대량 발생하는 원인 중의 하나로 해파리 천적으로 알려진 쥐치의 남획에 의한 쥐치 어획량의 급감도 하나의 원인으로 제시되고 있다. 그리고 호주에서는 호주 해변에 갑자기 독성을 가진 해파리가 엄청난 수로 증가한 원인을 이 해파리의 천적인 바다거북의 개체수가 급속도로 줄어들어 따른 것으로 연구되어진 바도 있다(이, 2003). 이러한 생태계 변화에 따라 해파리가 대량으로 발생하는 것으로 볼 때, 현재의 해파리를 일시적으로 구제할 경우에 나타날 수 있는 또 다른 생태계 변화에 대해서는 예측할 수 없으므로 이에 대한 연구가 우선 이루어진 후, 해파리 구제에 대한 연구가 추진되어야 할 것이다.

그렇지만 이 연구에서는 해파리 구제로 인한 생태계 변화 연구가 이루어지기 전에 해파리 구제방안을 마련하기 위한 기초 시험으로써 트롤어구에서 조업 중에 해파리를 절단할 수 있는 장치를 해파리 배출구에 설치하여 해파리 구제가 가능한 지 조사하였으며, 해파리 절단에 필요한 힘을 파악하기 위하여 트롤조업 시 포획된 해파리를 대상으로 조사하여 해파리 구제장치 개발을 위한 기초 자료로 사용할 수 있도록 하였다.

이 시험에는 S형과 GS형에 해파리 절단장치를 부착한 SC형과 GSC형 해파리 분리장치를 사용하였으며, 해파리 절단장치 형태는 배출구의 형태와 동일하게 사다리꼴로 하였고, 절단용 와이어는 0.2m간격으로 부착하였다.

II. 해파리 분리장치의 수조실험

1. 장치 및 방법

1) 수조

실험은 국립수산과학원에 설비된 수직순환형 회류수조(circulating water channel, CWC)에서 실시하였다. 수조의 기본적인 사양은 Table II-1에 나타내었다. 수조 본체의 크기는 25.1(L)×4.5(B)×8.3(H)m이고, 물 수용량은 약 280톤이다. 수조의 관측창 크기는 8.0(L)×2.8(B)×1.4(D)m이며, 실험 가능한 최대 유속은 3.0m/s이다. 수조에는 기포 제거장치, 표면류 가속장치, 제파판 등이 설치되어 있다.

또한, 회류수조에서 실험대상물을 관찰할 수 있는 관측창은 옆면뿐만 아니라 밑면도 투명한 창으로 되어 있어 실험 관찰 및 계측이 편리하도록 되어 있다.

회류수조의 개략적인 구성과 외형을 Fig. II-1과 Photo II-1에 나타내었다.

Table II-1. Principal characteristics of the circulating water channel(CWC)

Items	Specifications
Dimensions (m)	25.1(L)×4.5(B)×8.3(H)
Test section (m)	8.0(L)×2.8(B)×1.4(D)
Water capacity (ton)	280
Maximum speed (m/s)	3.0
Impeller & motor	2 impellers(4 blades), AC 90kW×2

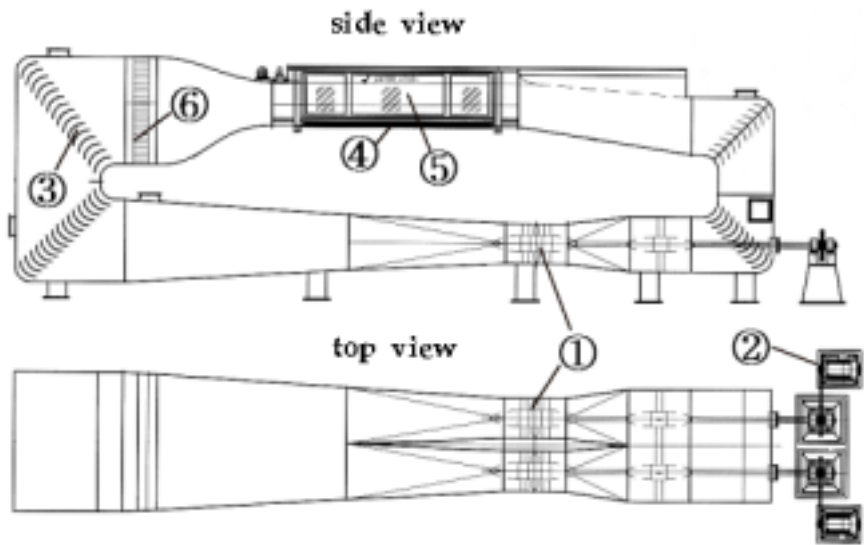
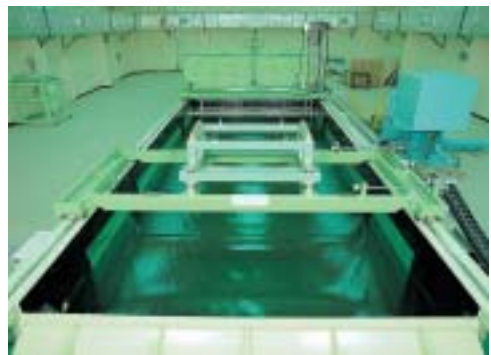


Fig. II-1. Schematic drawing of the CWC.

- ① impeller ② AC motor ③ guide vane ④ under observation panel
- ⑤ side observation panel ⑥ honeycomb



(a) side view



(b) upper view

Photo II-1. The view of the CWC.

2) 해파리 분리장치 설계

해파리 분리장치는 유도망(Guiding net), 분리망(Separator net), 어류유도통로(Fish guiding tunnel), 배출구(Outlet)로 구성되게 설계하였다. 수조실험에 사용된 해파리 분리장치는 형태상으로 GS형과 GST형 2종으로, GS형은 유도망, 분리망과 배출구로 구성된 분리장치이고, GST형은 유도망, 분리망, 어류유도통로와 배출구로 구성된 분리장치이다.

GS형에서는 실물크기 분리장치와 모형 분리장치를 설계하였으며(Fig. II-2~3), GST형에서는 모형 분리장치만 설계하였다(Fig. II-4). 분리장치의 크기는 실물 GS형(Fig. II-2)이 3.17(L)×1.78(B)×1.0(H)m이고, 모형 GS형(Fig. II-3)이 2.59(L)×1.0(B)×0.51(H)m, 모형 GST형(Fig. II-4)이 2.97(L)×1.0(B)×0.51(H)m이다.

모형 분리장치는 상사법칙에 의해 모형으로 축소 시 발생하는 치수효과(scale effect)와 모형 제작 시 상사법칙과 일치하는 재료를 구하기 어려운 점 등을 고려하여 기하학적 상사만을 고려하여 크기만 축소하였다. 모형 분리장치의 크기는 국립수산과학원 회류수조에서 관측 및 실험이 가능한 최대 크기가 되도록 실물크기의 60% 규모로 제작하였으며, 분리장치를 구성하는 재료의 재질과 그물코 크기는 실물 분리장치와 동일하게 사용하였다. 그러므로 모형 분리장치는 실제적으로 소형선박에서 사용할 수가 있으므로 수조실험에서 나타난 결과를 바로 현장에 적용하여도 신뢰도는 높을 것으로 여겨진다.

유도망의 설치 경사각은 실물 및 모형 분리장치에서 모두 30°로 하였으나, 분리망의 설치 경사각은 실물 GS형에서는 40°, 모형 GS형 및 GST형에서는 20°로 하였다.

여기서 유도망은 자루그물 등판에서 밀판 쪽으로 후방으로 경사지게 하여 자루그물 입구를 통해서 들어오는 어획물을 유도망 후방에 위치한 분리망의 하부로 유도할 수 있도록 설계하였다. 이것은 어획물이 분리망과 접촉할 수 있는 기회를 많이 부여하여 분리망의 선택작용을 높여 어류의 손실을 방지하고자 한 것이며, 또한 유영력이 약한 해파리가 흐름에 따라 밀려들어와 분리망과 직접 맞닿아 끝자루로 바로 유입되거나 분리망을 막을 경우 분리망의 선택작용이 감소되는 것을 방지하고자 한 것이다.

분리망은 자루그물 밀판에서 등판 쪽으로 후방으로 경사지게 하였으며, 분리망의

상부 끝단에는 배출구를 설치하여 분리망의 선택작용에 의해 분리망을 통과하지 못한 개체들이 배출구를 통하여 자루그물 밖으로 배출되도록 설계하였다.

또한, 어류 손실을 줄이기 위하여 유도망과 분리망 사이에 어류유도통로를 만들어 유도망 그물코를 통과한 어류는 끝자루로 곧바로 유도되도록 GST형 장치를 설계하였다.

(1) 실물 GS형

실물 GS형은 유도망, 분리망, 배출구로 구성된 해파리 분리장치이다(Fig. II-2).

유도망은 사각망목 그물감을 사용하였으며, 한 발의 길이는 100mm가 되게 하였다. 사각망목 그물감 제작은 PE Ø6mm 망은 로프로 만들어진 그물코 크기 200mm인 마름모꼴 망목 그물감을 사각망목 형태로 만들어 사용하였다. 유도망 부착방법은 분리장치의 등판과 양 옆판에 그물실로 항을 쳐서 부착하였으나, 옆판에 부착시 유도망의 하부 끝단이 밑판과 약 0.3m 떨어지는 지점까지만 부착하여 유도망 하부와 밑판사이에 공간이 크게 생기도록 하였다. 그러므로 자루그물로 유입되는 어획물과 해파리는 유도망에 의해서 밑판 쪽으로 유도된 후 유도망 하부와 밑판과의 사이 공간을 통하여 분리망 쪽으로 유도되어진다.

그리고 유도망은 분리망의 앞쪽에 위치하며, 등판에서 밑판 쪽으로 후방으로 약 30° 경사지게 하였으며, 크기는 1.78m(18마디, B)×1.55m(16마디, L)이다. 그리고 유도망의 가장자리에는 Danline Ø16mm 로프를 사용하여 그물실로 항을 쳐서 보강하였다.

분리망은 유도망과 같이 사각망목 그물감을 사용하여 제작하였으며, 한 발의 길이는 유도망보다 크게 하여 200mm로 하였다. 사각망목 그물감 제작은 PE Ø6mm 망은 로프로 만들어진 그물코 크기 400mm인 마름모꼴 망목 그물감을 사각망목 형태로 만들어 사용하였다.

분리망은 유도망의 후방 즉 끝자루 앞에 위치하며, 밑판에서 등판쪽으로 후방으로 약 40° 경사지게 하였다. 분리망 부착방법은 분리장치의 등판과 양 옆판 그리고 밑판과 그물실로 항을 쳐서 부착하였으며, 분리망의 크기는 1.78m(9마디, B)×1.8m(9마디, L)이다.

배출구는 분리망이 등판과 만나는 위치에 높이가 0.3m되는 사다리꼴 형태로 설계하여 배치하였으며, 배출구의 가장자리에는 PP Ø14mm 로프로 보강하였다.

해파리 분리장치의 본체인 등판, 밑판, 양 옆판은 PE Ø3mm 뿔은 그물실로 된 그물코 크기 60mm인 그물감을 사용하여 제작하였다.

해파리 분리장치의 양 끝단에는 Nylon Ø8mm 뿔은 로프로 고리를 추가로 만들어 넣어 분리장치를 트롤어구에 설치하고 떼어낼 시 지퍼(Zipper)식으로 연결·분리할 수 있도록 하여 탈·부착이 용이하도록 하였다.



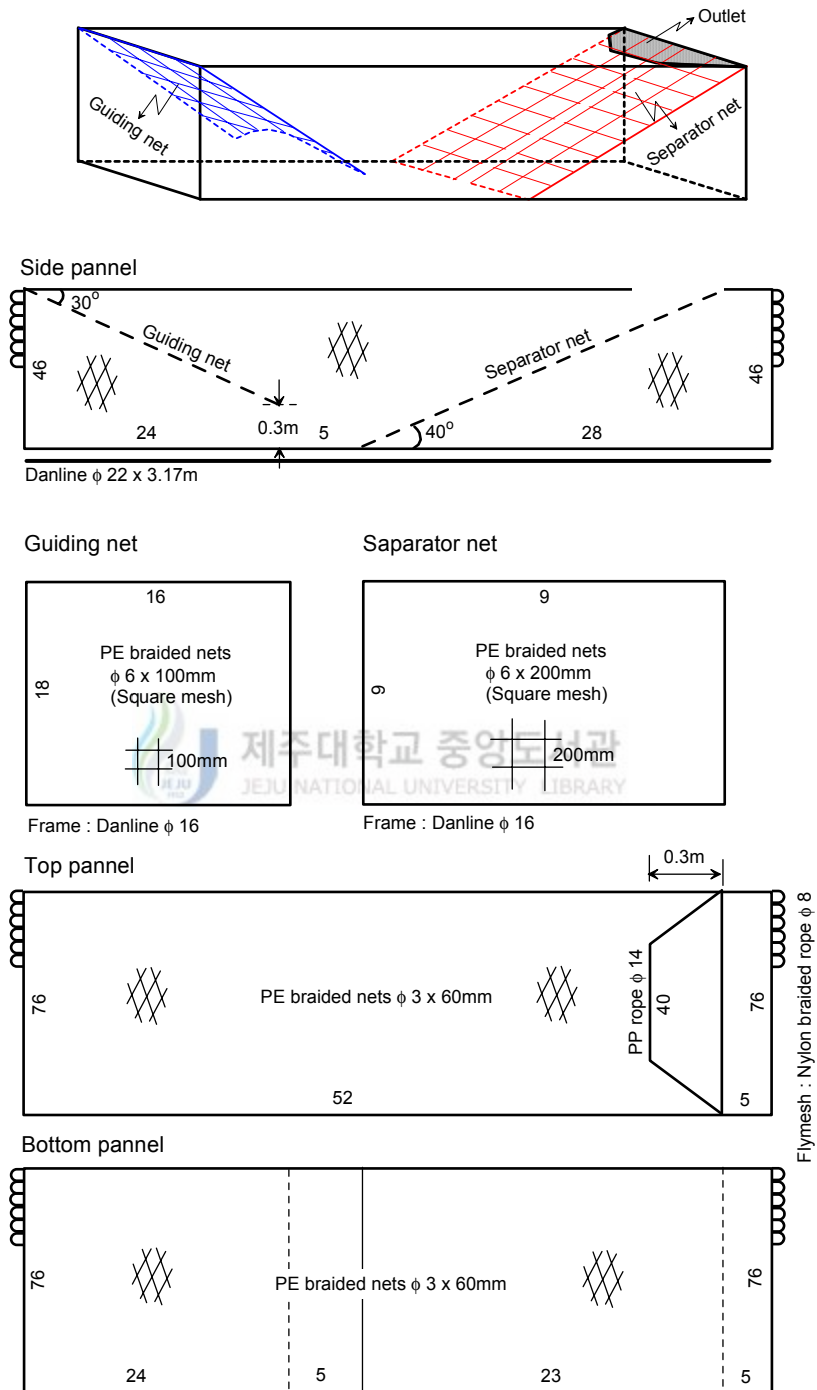


Fig. II-2. Schematic shape and technical drawing of the prototype GS type jellyfish separator system used in the CWC experiment.

(2) 모형 GS형

모형 GS형은 유도망, 분리망, 배출구로 구성된 해파리 분리장치이다(Fig. II-3). 실물 GS형의 기하학적 상사만을 고려하여 실물 GS형의 60% 크기로 설계하였다.

유도망의 그물코 크기와 재료는 실물 GS형과 동일하게 설계하였으나, 실물 GS형의 수조실험에서 나타난 개선점을 보완하여 설계하였다. 즉, 유도망을 양 옆판에 부착하는 방법에 있어 실물 GS형에서는 등판에서 밑판과 0.3m 떨어진 지점까지만 부착하였으나 모형 GS형에서는 밑판까지 부착하였다. 그러나 유도망의 하부는 밑판과 부착하지 않고 떨어지게 하여 그 사이에 공간이 생기도록 하였고, 자루그물로 들어오는 어획물이 이 공간을 통하여 분리망으로 유도되도록 하였다.

그리고 유도망은 분리망의 앞쪽에 위치하며, 분리장치 등판에서 밑판 쪽으로 약 30° 경사지게 하였으며, 크기는 1.0m(10마디, B)×1.0m(10마디, L)이다. 유도망의 가장자리는 Nylon Ø8mm 로프를 사용하여 그물실로 항을 쳐서 보강하였다. 특히 하부에는 무게를 주어 유도망의 형상을 유지할 수 있도록 Ø10mm 연심로프(수중중량 100g/m)를 추가 부착하였다.

분리망의 그물코 크기와 재료도 실물 GS형과 동일하게 설계하였다. 분리망은 유도망의 후방 즉 끝자루 앞에 위치하며, 밑판에서 등판 쪽으로 후방으로 약 20° 경사지게 하였다. 분리망 부착방법은 실물 GS형의 분리망 부착방법과 동일하며, 분리망의 크기는 1.0m(5마디, B)×1.5m(7.5마디, L)이다.

배출구는 분리망이 등판과 만나는 부분에 높이가 0.18m되는 사다리꼴 형태로 설계하여 배치하였으며, 배출구의 가장자리는 PP Ø8mm 로프로 보강하였다.

이 모형 GS형의 제작방법 및 자루그물에 부착하기 위한 방법은 실물 GS형과 동일하게 하였다.

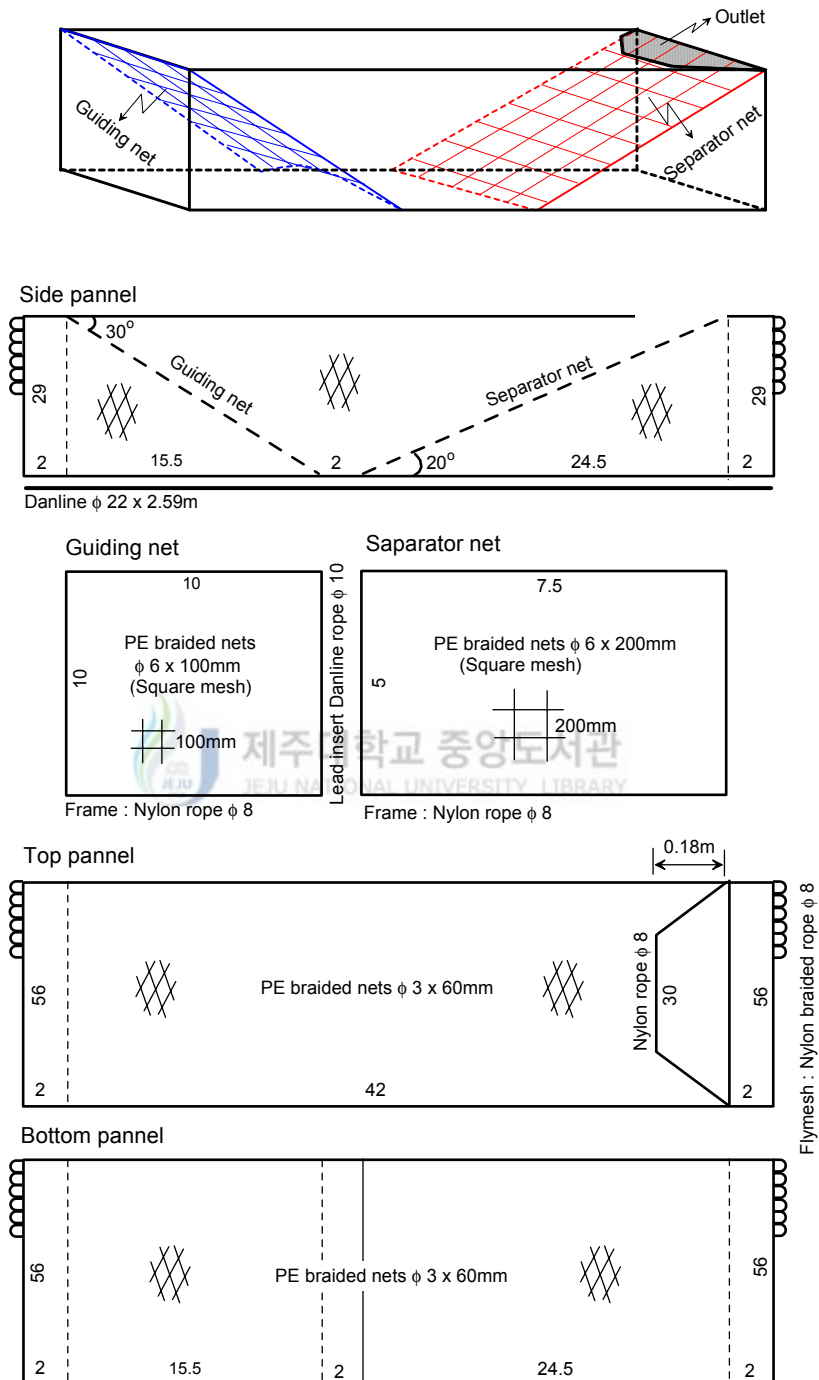


Fig. II-3. Schematic shape and technical drawing of the model GS type jellyfish separator system used in the CWC experiment.

(3) 모형 GST형

모형 GST형은 유도망, 분리망, 어류유도통로, 배출구로 구성된 해파리 분리장치이다(Fig. II-4).

모형 GST형이 모형 GS형과 설계상 차이점은 유도망과 분리망 사이에 어류유도통로가 설치되어 있다는 점이다. 모형 GS형에서는 유도망을 통과한 어류가 배출구로 빠져나가 어획손실을 초래할 가능성이 많으나, 모형 GST형에서는 유도망을 통과한 어류는 모두 어류유도통로를 통하여 끝자루로 들어가도록 하여 어획손실을 줄일 수 있도록 설계되었다.

어류유도통로는 앞부분이 유도망과 연결되어 있고, 뒷부분은 분리망의 양 옆 측면과 연결되도록 설계되었다. 그리고 유도망에서 분리망 쪽으로는 「 < 」 모양으로 분기되어 양 옆판을 따라 어류유도통로가 형성되어 있다.

어류유도과정은 유도망의 그물코 크기보다 작아 유도망을 통과한 어류는 어류유도통로로 들어가게 되고 이 통로를 따라 끝자루 쪽으로 유도되어 분리망과 양 옆판 사이의 공간을 통하여 끝자루로 들어가게 되어있다. 그러므로 모형 GST형은 모형 GS형에 어류유도통로가 설치된 형태이므로 모형 GS형에서의 분리배출 원리는 유지될 것으로 여겨진다.

어류유도통로의 재질은 분리장치의 등판, 밑판, 양 옆판의 재질과 동일한 PE Ø3mm 망은 그물실로 된 그물코 크기 60mm인 그물감을 사용하였다.

유도망은 한 발의 길이를 200mm로 설계한 것을 제외하고는 재질 및 제작방법, 부착방법 모두 모형 GS형과 동일하게 하였다.

분리망의 규격 및 재질, 제작방법은 모형 GS형과 동일하게 하였다. 그렇지만 부착방법에 있어서는 분리망의 상·하부는 분리장치의 등판과 밑판에 그물실로 향을 쳐서 부착하였지만 양 옆은 옆판과 부착하지 않고 어류유도통로의 후방 끝과 연결 부착하여 어류유도통로의 끝자루 입구가 되도록 하였다.

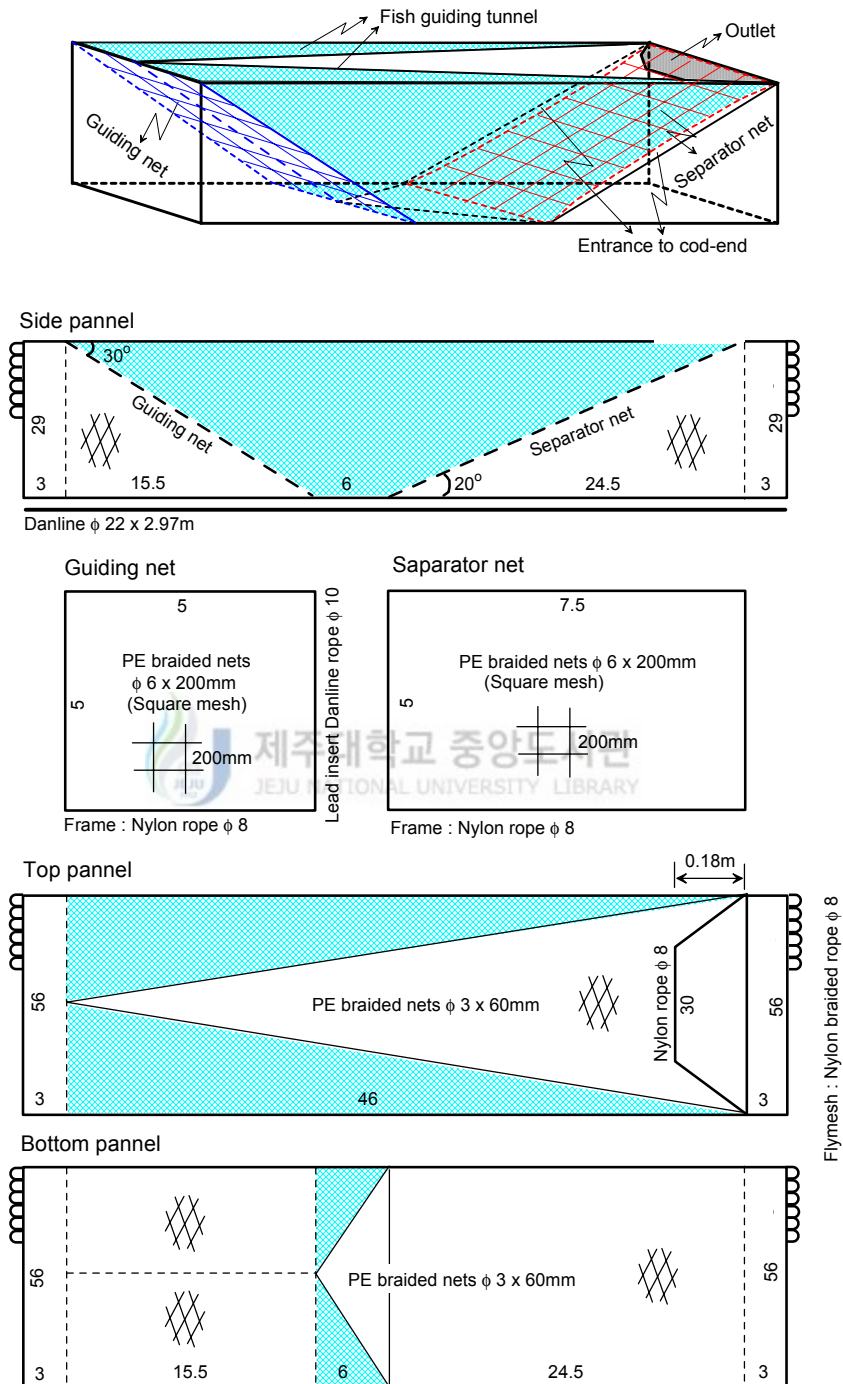


Fig. II-4. Schematic shape and technical drawing of the model GST type jellyfish separator system used in the CWC experiment.

(4) 모형 GSF형의 덮개 재질

해파리 배출구로 빠져나가는 어류 손실을 방지하기 위하여 배출구에 덮개를 부착하는 방법을 사용하였다. 덮개로 사용하기에 적절한 재질을 선정하기 위하여 그물실로 제작된 덮개, 그물감으로 제작된 덮개, 캔버스로 제작된 덮개 등 3종의 재질(Fig. II-5)에 대하여 수조실험을 하였다.

수조실험에 사용된 해파리 분리장치는 모형 GS형으로 배출구에 재질을 달리하는 3종의 덮개를 순차적으로 부착하여 해파리 모형이 배출구로 배출될 때의 덮개 형상을 관찰하였다. 실험 유속은 0.8m/s로 일정하게 하였으며, 해파리 모형으로는 Ø280mm인 구형 스펀지를 사용하였다.

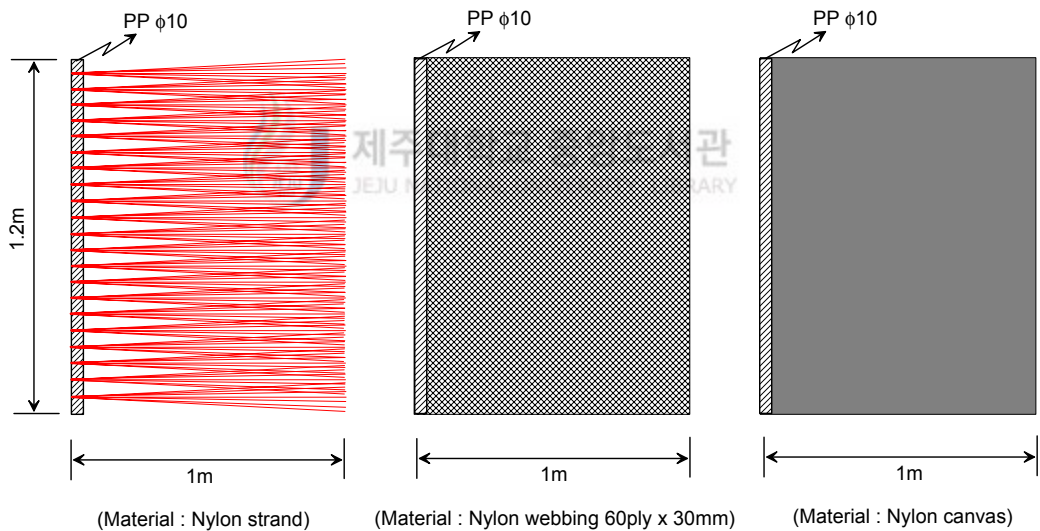


Fig. II-5. Schematic diagram of the flaps attached on the outlet of jellyfish separator system in the CWC experiment.

3) 유속에 따른 분리장치의 형상변화

해파리 분리장치가 트롤어구에 설치되어 현장에서 사용 시에는 그 형상이 일정하게 유지된다는 점을 착안하여, 해파리 분리장치의 앞부분에 분리장치의 입구 크기와 같은 사각형 틀(실물 GS형 : 아연파이프 $\text{Ø}27\text{mm} \times 1.8\text{m(B)} \times 1.1\text{m(H)}$, 모형 GS형 및 모형 GST형 : 알루미늄 파이프 $\text{Ø}10\text{mm} \times 1\text{m(B)} \times 0.51\text{m(H)}$)을 부착하여 실험하였다. 이 사각형 틀의 네 모서리에는 PP $\text{Ø}6\text{mm}$ 로프로 고정줄을 연결하고 이 줄을 어구의 부설 위치를 상하로 조절할 수 있는 장치인 Traverse (DHTN-3000, 동현씨스텍)에 연결하여 해파리 분리장치가 수조의 중간 수심에 위치하도록 조정하였다.

유속에 따른 해파리 분리장치 형상 변화 관측은 수조의 측면에 고정 부착되어 상하 좌우 이동이 가능한 Digitizer(DHSM-A, 동현씨스텍)를 이용하여 유도망과 분리망에 설정된 관측점의 x-좌표값과 y-좌표값을 계측하였다(Photo II-2). 이때 사용된 실험 유속은 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2m/s의 5단계 유속을 사용하였다. 관측점은 실물 GS형에서는 유도망과 분리망 상에 그 형상을 대표할 수 있는 관측점을 각각 7개소 설정하였으며, 모형 GS형에서는 분리장치 입구에서 수평방향으로 0.3m 간격으로 나누어 힘줄 상부, 힘줄 하부, 유도망 형상부분, 유도망 끝점, 분리망 형상부분 등 유도망과 분리망 상에 각각 12개소의 관측점을 설정하였다(Fig. II-6).

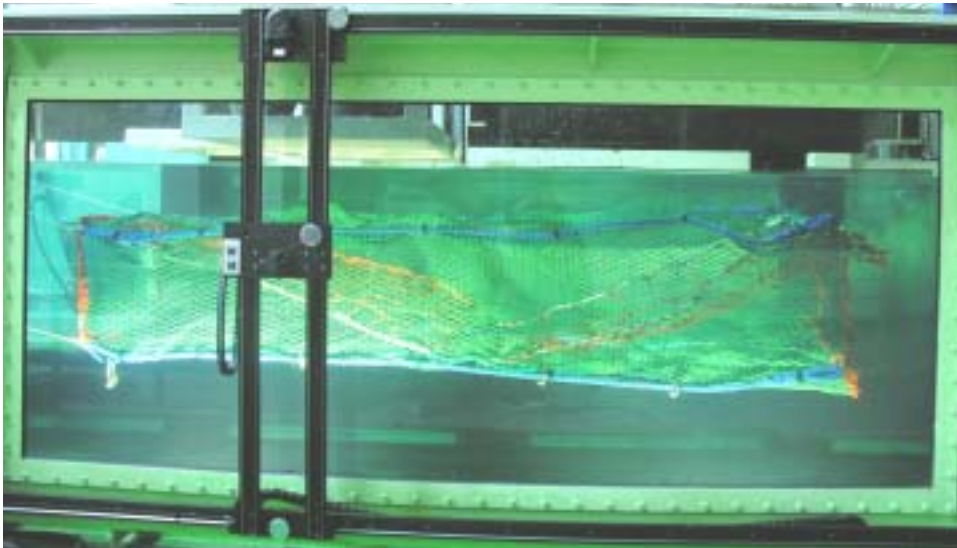
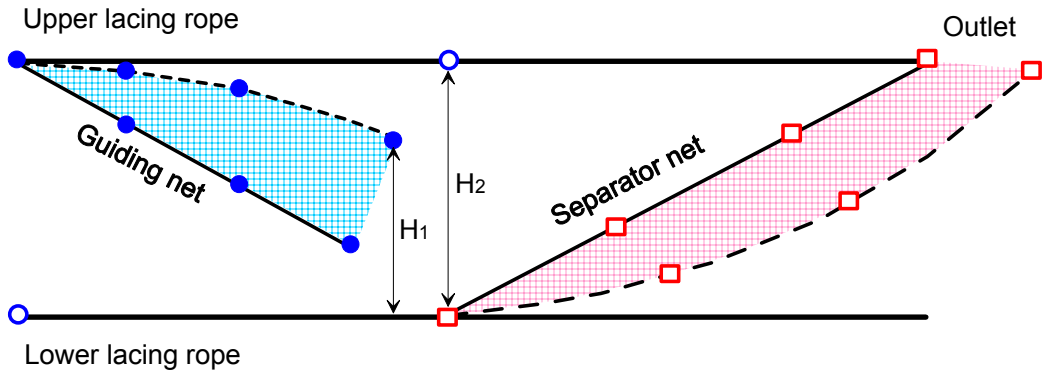
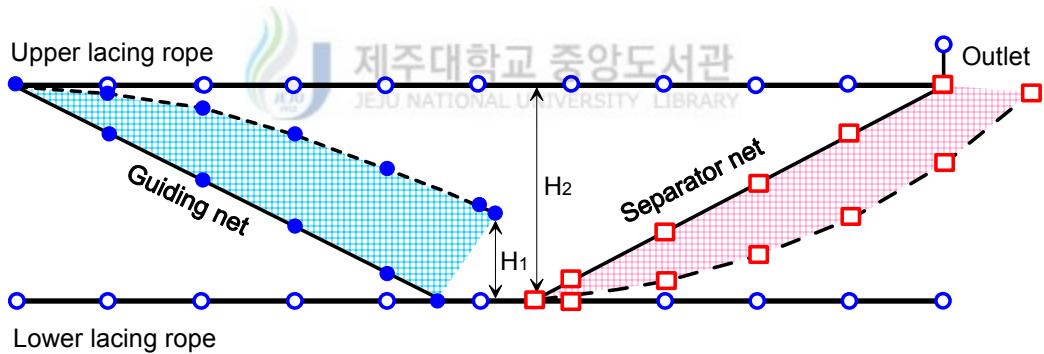


Photo II-2. The view of digitizer installed on the side panel of the CWC.



(a) Prototype separator system



(b) Model separator system

Fig. II-6. Positions of the measured points of the (a) prototype(upper) and (b) model(lower) jellyfish separator system used in the CWC experiment.

Note : H_1 means the height of the end part of guiding net above the lower lacing rope and H_2 means the height of jellyfish separator system in central part.

해파리 분리장치 내에서 분리 배출되는 과정을 관찰하기 위하여 실물 GS형(Fig. II-2)에서 모형 개체를 이용하여 실험하였다. 모형 개체는 스펀지를 구형으로 만들어 이용하였으며, 그 종류는 직경이 40mm, 50mm, 100mm, 200mm, 280mm로 5종이다. 이때 사용한 스펀지의 재질은 Polyurethan Foam이며, 비중은 0.0202, 경도는 $13\pm 3(\text{kg}/314\text{cm}^2)$ 되는 것을 사용하였다. 또한, 분리장치 내에서 해파리와 어류는 떠 있는 상태에서 분리 배출되어진다고 가정하여 모형 개체인 구형 스펀지도 수중에서 중성부력을 가질 수 있도록 스펀지 속에는 모형 개체의 크기에 따라 적정량의 추를 삽입하였다. 실험시 사용한 유속은 0.8m/s이며, 해파리 분리장치 입구 쪽에서 임의로 모형 개체를 넣어 흐름에 따라 모형 개체가 움직이는 과정을 회류수조의 측면과 상부에서 캠코더로 녹화 촬영한 후 재생하면서 분석하였다.



2. 결과

1) 실물 GS형

Fig. II-7은 실물 GS형에 있어서 유속의 변화에 따른 유도망과 분리망의 형상 변화를 나타낸 것이다. Fig. II-7에서 유도망과 분리망 부분만의 값을 추출하여 그 변화 양상을 Fig. II-8에 보였다. Fig. II-9에는 실물 GS형의 유속에 따른 유도망 하부 끝단의 최상점의 높이(Fig. II-6 (a)의 H_1)와 해파리 분리장치의 중심부에 있어서의 높이(Fig. II-6 (a)의 H_2) 및 해파리 분리장치의 중심부 높이에 대한 유도망 하부 끝단의 최상점 높이의 비율(H_1/H_2) 변화를 나타내었다.

실물 GS형 실험에서 유도망 형상은 가장 낮은 실험 유속 0.4m/s에서 곡선의 만곡도가 다른 실험 유속에서보다 크게 나타나는 것으로 보아 이 실험 유속에서의 유도망 형상은 유수저항보다는 유도망 제작 재료 자체의 부력 영향을 더 받는 것으로 보인다. 이때의 유도망의 상부 시작위치와 하부 끝단의 최상부 측정점간의 수직높이는 358mm였다. 이러한 유도망의 상부 시작위치와 하부 끝단의 최상부 측정점간의 수직높이는 유속이 증가함에 따라 최대 실험 유속 1.2m/s에서 288mm로 유속 0.4m/s일 때보다 70mm 정도 등판 쪽으로 유도망이 올라가는 현상을 보였다(Fig. II-8. (a)). 이와 같은 현상은 유도망 상부 시작점과 유도망 하부 끝단의 최상점의 측정값 사이의 기울기를 경사각으로 환산했을 때, 유속이 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2m/s로 증가함에 따라 경사각은 각각 12.2°, 11.6°, 11.6°, 10.0°, 9.4°로 점점 감소하는 경향을 보이고 있는 점으로도 확인 할 수 있으며, 최저유속과 최대유속시의 경사각의 변화량은 2.8°였다.

또한 유도망 하부 끝단의 최상부 높이 즉, 유도망 하부 통로의 높이(Fig. II-6 (a)의 H_1)는 유속이 증가함에 따라 점점 낮아지는 경향을 보여 유속이 0.4m/s일 때 709mm에서 1.2m/s일 때 622mm로 87mm 낮아졌다(Fig. II-9).

분리장치의 높이(Fig. II-6 (a)의 H_2)도 유속이 증가함에 따라 점점 낮아지는 경향을 보여 유속이 0.4m/s일 때 1,172mm에서 1.2m/s일 때 872mm로 301mm 낮아졌다(Fig. II-9).

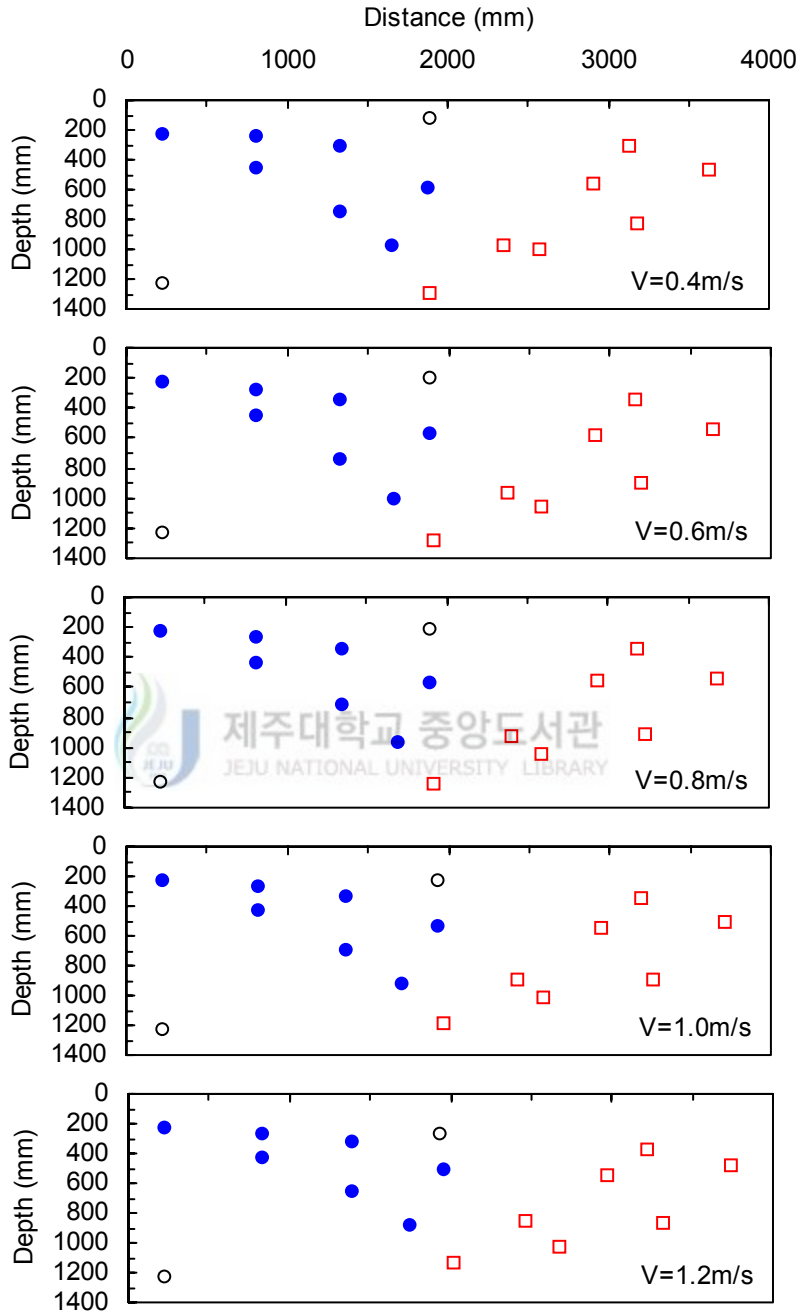
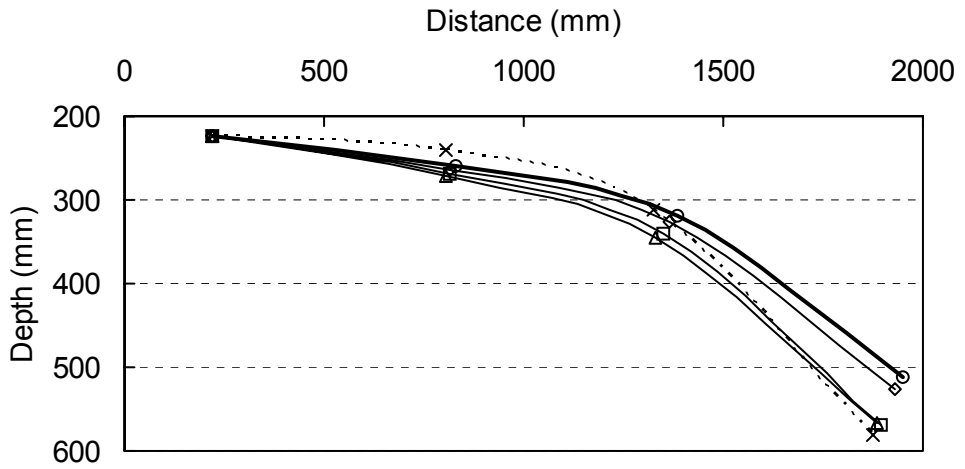
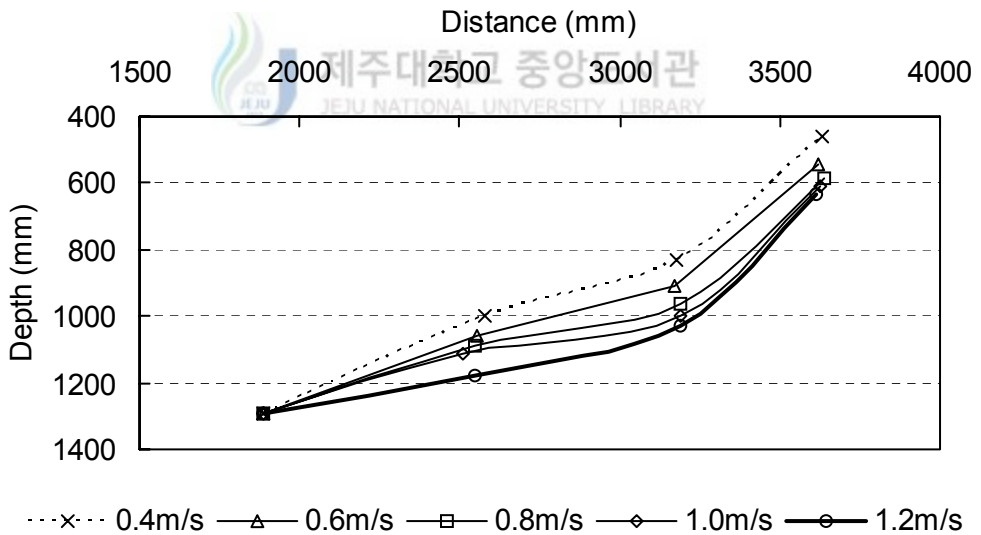


Fig. II-7. The shape variations of the prototype guiding net(filled circle) and separator net(open square) by the various water flow velocity in the CWC experiment.



(a) Guiding net



(b) Separator net

Fig. II-8. The slope variations of the prototype (a) guiding net(upper) and (b) separator net(lower) by the various water flow velocity in the CWC experiment.

유도망의 형상은 유속이 증가함에 따라 등판 쪽으로 붙는 현상이 나타나므로(Fig. II-8. (a)) 유도망 하부 끝단의 높이는 유속이 증가함에 따라 오히려 높아져야 할 것으로 예상하였으나 그 반대로 낮아지는 현상을 보이고 있다(Fig. II-9). 이것은 유도망 하단부가 유속의 증가함에 따라 등판 쪽으로 붙는 변화량(70mm)이 분리장치 높이의 감소량(301mm)보다 작기 때문인 것으로 사료되며, 또한 분리장치내에서 유속이 증가함에 따라 분리장치의 전체 부피가 줄어들어 따른 현상으로 판단된다.

그렇지만, 유도망 하부 끝단의 최상점 높이가 분리장치 높이 대비 차지하는 비율 (H_1/H_2)은 유속이 증가함에 따라 점점 커져서 유속이 0.4m/s일때 60.5%에서 유속 1.2m/s에서 약 71.3%까지 되어 유속이 증가함에 따라 유도망 끝단 하부의 공간이 차지하는 비율은 점점 커지는 경향을 나타내었다(Fig. II-9).

이렇게 유도망의 하부 끝단이 뜨는 현상이 있어 밀판과의 사이에 공간이 발생하여 해파리 및 어획물이 이 공간을 통과하여 분리망으로 유도될 수 있으나, 이 공간이 분리장치 높이의 60.5~71.3%까지 차지하게 되어 어획물을 분리망의 하부로 유도하는 유도망의 기능은 28.7~39.5% 정도로 낮아질 것으로 보여진다. 이것은 유도망을 옆판에 부착하는 데 있어 밀판에서 300mm를 띄운 지점까지 부착하였기 때문인 것으로 사료되므로 현장 사용 시에는 밀판까지 부착하는 방안을 고려할 필요가 있었다.

분리망의 경우(Fig. II-8. (b))에는 유속이 낮은 0.4m/s에서는 유도망의 상부와 하부 측정점간 수직높이는 830mm로 아래로 볼록한 만곡형을 유지하고 있으며, 이러한 형상 변화는 유속이 높아짐에 따른 변화는 작았으며, 수직높이에만 변화를 보여 유속 1.2m/s에서는 655mm로 0.4m/s에 비해 175mm 낮아졌다. 분리망의 유속에 따른 변화를 살펴보기 위하여 분리망의 상부와 하부 양 끝점의 측정값 사이의 기울기를 경사각으로 환산하여 보았다. 유속이 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2m/s로 증가함에 따라 경사각은 각각 25.4°, 23.3°, 21.9°, 21.3°, 20.7°로 점점 감소하는 경향을 보이면서 완만한 경사가 유지되고 있고, 유속 변화에 따른 경사각 변화는 4.7°로 작게 나타났다.

이와 같이 흐름 속에서 유도망과 분리망의 형상변화가 크지 않은 것은 유도망과 분리망의 그물코가 크기 때문에 흐름 속에서 유수의 저항을 크게 받지 않은 결과라고 생각되며, 분리망에 유연체인 그물감을 사용하여도 안정적으로 분리망 역할을 할 수 있을 것으로 여겨진다.

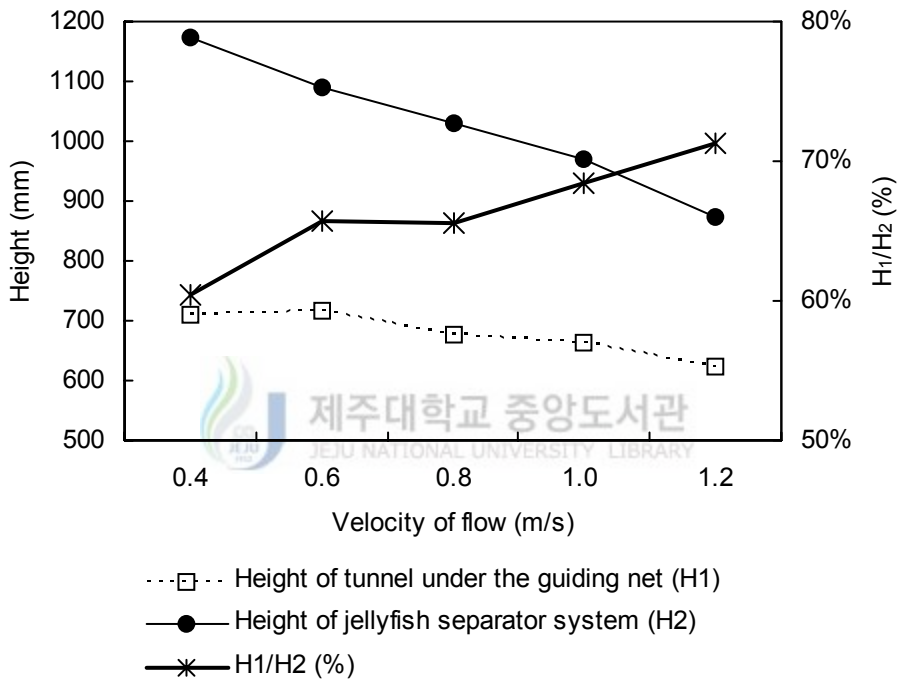


Fig. II-9. Variations of the height of the prototype jellyfish separator system and tunnel under the guiding net and the rate of H_1/H_2 according to the various water flow velocity in the CWC experiment.

2) 모형 GS형

모형 GS형에서는 유도망을 앞서 실물 GS형 수조실험에서 나타난 개선점을 보완하여 밀판까지 부착하였으며, 유도망 하부 끝단의 보강줄은 $\varnothing 10\text{mm}$ 연심로프를 사용하였다. Fig. II-10은 모형 GS형에 있어서 유속의 변화에 따른 유도망과 분리망의 형상 변화를 나타낸 것이다. 이 자료 중 유도망과 분리망 부분만의 값을 추출하여 그 변화 양상을 나타낸 것이 Fig. II-11이다. Fig. II-12는 모형 GS형의 유속에 따른 유도망 하부 끝단의 최상점의 높이(Fig. II-6 (b)의 H_1)와 해파리 분리장치의 중심부에 있어서의 높이(Fig. II-6 (b)의 H_2) 및 해파리 분리장치의 중심부 높이에 대한 유도망 하부 끝단의 최상점 높이의 비율(H_1/H_2) 변화를 나타낸 것이다.

모형 GS형 실험에서 유도망 형상은 가장 낮은 실험 유속 0.4m/s 에서 분리장치의 입구 상단보다 위에 위치하여 이 유속에서의 유도망 형상은 유수저항보다는 유도망 제작 재료 자체의 부력 영향을 더 받는 것으로 보인다. 이때의 유도망의 상부와 하부 측정점간의 수직높이는 181mm 였다. 이러한 유도망의 상부 시작위치와 하부 끝단의 최상부 측정점간의 수직높이는 유속이 증가함에 따라 증가하여 최대 실험 유속 1.2m/s 에서 271mm 로 유속 0.4m/s 일 때보다 90mm 정도 밀판쪽으로 유도망이 내려오는 현상을 보였다(Fig. II-11. (a)). 이와 같은 현상은 유도망 양 끝단의 측정값 사이의 기울기를 경사각으로 환산했을 때, 유속이 $0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2\text{m/s}$ 로 증가함에 따라 경사각은 각각 $8.8^\circ, 10.1^\circ, 10.8^\circ, 11.1^\circ, 11.5^\circ$ 로 점점 증가하는 경향을 보이고 있는 점으로도 확인할 수 있으며, 이때의 경사각의 변화량은 2.7° 였다.

모형 GS형에서 유도망의 유속에 따른 변화 양상은 실물 GS형의 유도망 변화와는 반대 경향을 보이지만 경사각의 변화량은 실물 GS형에서 2.8° , 모형 GS형에서 2.7° 로 거의 유사한 경향을 나타내었다. 유속의 변화에 따른 유도망의 형상이 실물 GS형과 모형 GS형에서 반대 경향을 보이는 것은 유도망의 하부 보강줄을 실물 GS형에서는 부력을 갖는 PP계열 로프(Danline $\varnothing 16\text{mm}$)를, 모형 GS형에서는 침강력을 갖는 연심로프($\varnothing 10\text{mm}$, 100g/m)를 사용했기 때문에 실물 GS형에서는 부력이, 모형 GS형에서는 침강력이 작용했기 때문인 것으로 판단된다.

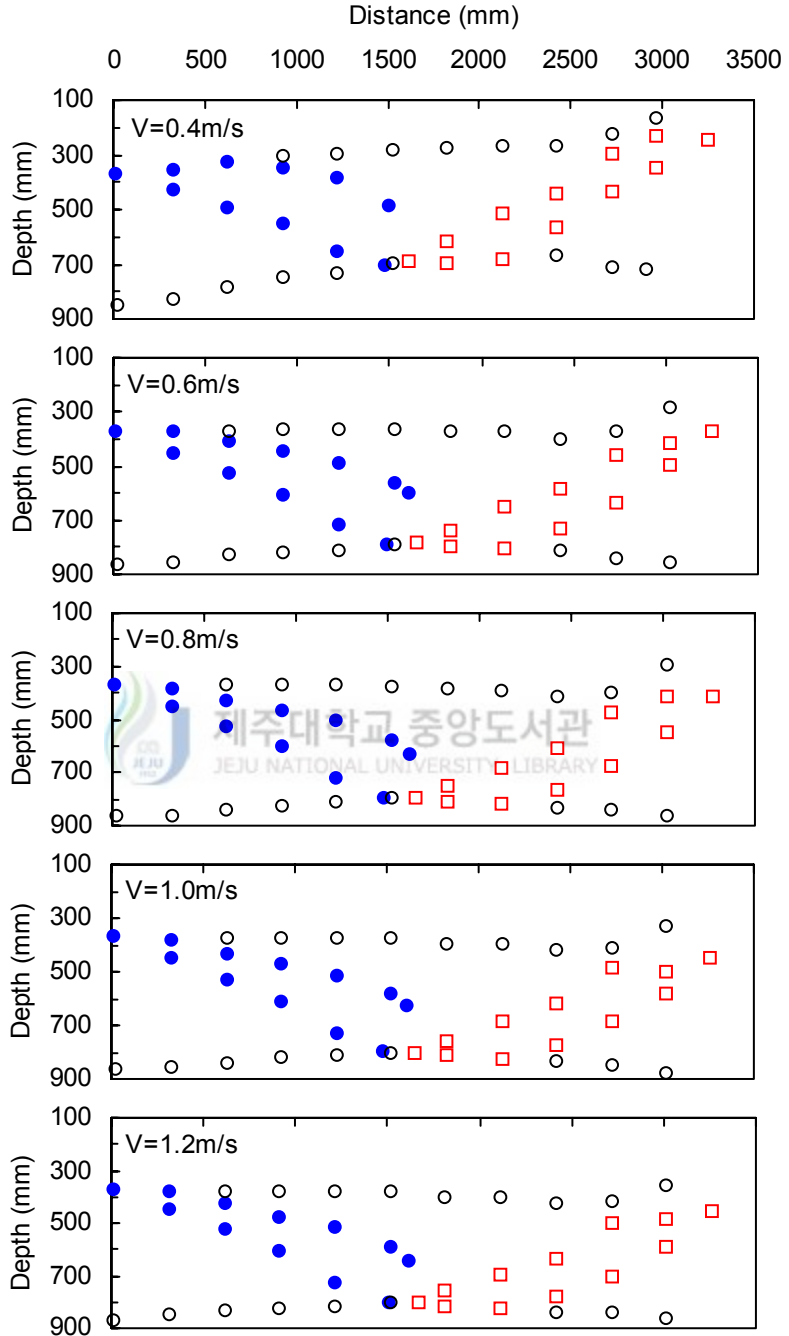
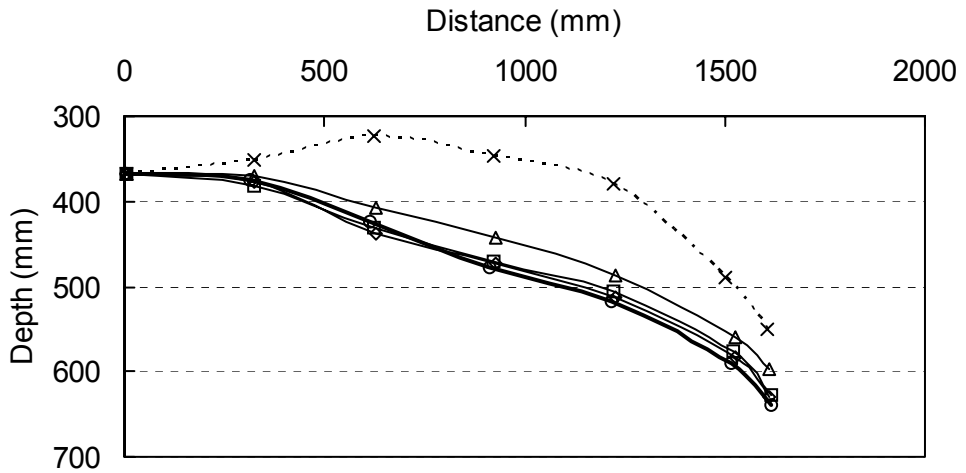
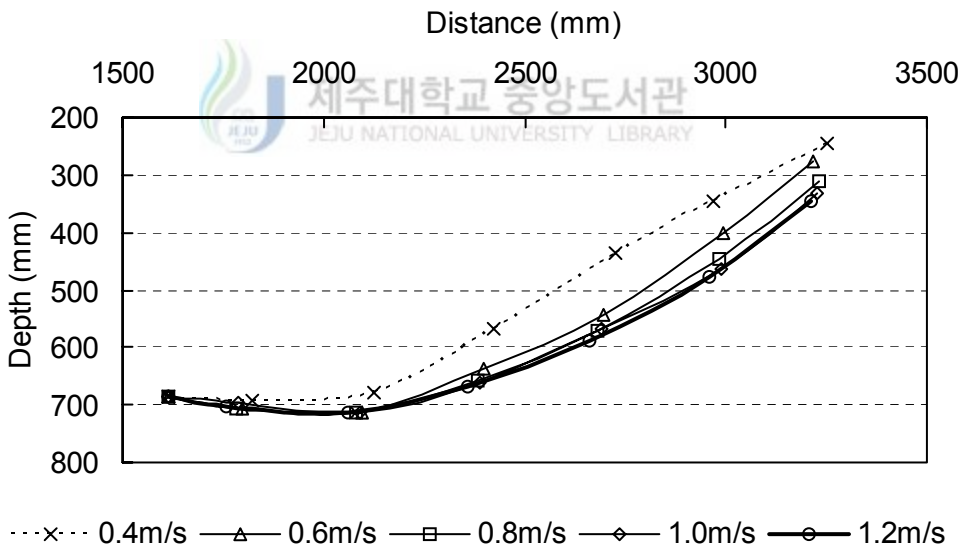


Fig. II-10. The shape variations of the model guiding net(filled circle) and separator net(open square) by the various water flow velocity in the CWC experiment.



(a) Guiding net



(b) Separator net

Fig. II-11. The slope variations of the model (a) guiding net(upper) and (b) separator net(lower) by the various water flow velocity in the CWC experiment.

또한 유도망 하부 끝단의 최상부의 높이 즉, 유도망 하부 통로의 높이(Fig. II-6 (b)의 H_1)는 유속이 증가함에 따라 점점 낮아지는 경향을 보여 유속이 0.4m/s일 때 208mm에서 1.2m/s일 때 165mm로 43mm 낮아졌다. 그러나 분리장치의 높이는 유속의 변화에도 불구하고 평균 높이 423mm로 거의 일정하였고, 그 변동폭은 ± 8 mm로 안정적인 어구형태를 유지하였다(Fig. II-12).

그리고, 유도망 하부 끝단의 최상점 높이가 분리장치 높이 대비 차지하는 비율 (H_1/H_2)은 유속이 증가함에 따라 점점 작아져서 유속이 0.4~0.8m/s까지는 50.1%에서 40.1%까지 급격히 작아지는 경향을 보이다가 그 이상의 유속에서는 40%내외의 비율로 일정하게 유지되면서 유속 1.2m/s에서는 39.1%까지 되어 유속이 증가함에 따라 유도망 끝단 하부의 공간이 차지하는 비율은 점점 낮아지는 경향을 나타내었다(Fig. II-12).

모형 GS형에서 유도망 하부 통로가 분리장치 높이 대비 차지하는 비율(H_1/H_2)은 앞서 실험한 실물 GS형에서의 71.3%보다 32.2% 낮아진 것으로, 이것은 유도망을 밑판까지 부착한 점과 유도망 하부 끝단의 보강줄을 연심로프로 사용한 결과라 사료된다. 이렇게 유도망 하부 끝단이 뜨는 높이는 어획물이 분리망으로 유도될 때 분리망의 하부로 유도될 수 있는 높이가 되어야 한다고 생각한다. 그 이유는 분리망의 하부로 유도된 어획물은 분리망의 경사를 따라 위로 흘러가면서 분리망의 선택작용에 의해 비목표종을 분리 배출할 수 있는 확률을 높일 수 있기 때문이다. 그러므로 유도망의 설치방법은 실물 GS형에서 설치한 방법보다는 모형 GS형에서 설치한 방법이 더 효과적이라 판단된다.

분리망의 경우(Fig. II-11. (b))에는 유속이 낮은 0.4m/s에서는 분리망의 상부와 하부 측정점간의 수직높이는 441mm로 아래로 볼록한 만곡형을 유지하고 있다. 이러한 형상은 유속이 커짐에 따라 형상에는 큰 변화가 없고 수직높이에만 변화를 보여 유속 1.2m/s에서는 342mm가 되어 0.4m/s에서보다 99mm정도 낮아졌다. 분리망이 경사지는 양 끝점간 측정값의 기울기를 경사각으로 환산했을 때 유속이 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2m/s로 증가함에 따라 경사각은 각각 21.0°, 21.6°, 19.3°, 18.5°, 17.8°로 점점 감소하는 경향을 보이고 있고, 경사각의 변화는 3.8°로 나타났다. 이 경사각의 변화량 3.8°는 실물 GS형에서의 4.7°와 0.9°의 작은 차이를 보이고 있다.

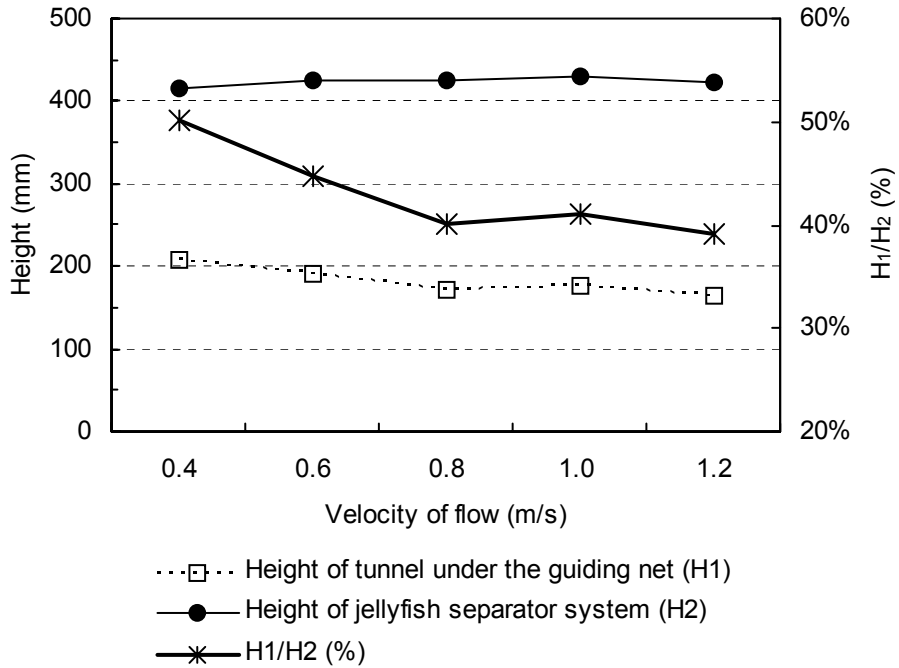


Fig. II-12. Height variation of the model jellyfish separator system and tunnel under the guiding net and the rate of H_1/H_2 according to the various water flow velocity in the CWC experiment.

이와 같이 흐름 속에서 유도망과 분리망의 형상변화가 크지 않은 것은 유도망 (200mm 망목)과 분리망(400mm 망목)의 그물코가 크기 때문에 흐름 속에서 유수 저항을 크게 받지 않은 결과라고 생각하며, 실물 GS형의 실험 결과에서와 같이 분리망에 유연체인 그물감을 사용하여도 안정적으로 분리망 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

3) 모형 GST형

모형 GST형은 모형 GS형의 유도망과 분리망 사이에 어류유도통로를 추가로 설치한 형태로, 이 모형 GST형도 모형 GS형과 같이 흐름의 변화에 따라 분리장치 형상의 변화가 크지 않았다.

이 모형 GST형의 특징은 어류 손실을 방지하기 위하여 유도망과 분리망 사이에 어류유도통로를 설치한 점이다. 현장조업 시에 유도망을 통과한 어류는 이 통로를 따라 분리망과 분리장치 옆판사이에 있는 공간을 통하여 끝자루로 들어가게 되어있다. 이 어류유도통로는 어류를 유도망에서 끝자루까지 유도하는 역할을 하기 때문에 전개도 자연스럽게 이루어져야 큰 효과를 발휘할 수 있다.

그렇지만 수조실험에서 유도망의 형상은 유도망의 하부에 Ø10mm 연심로프로 보강하였지만 유도망은 어류유도통로와 같이 위로 뜨는 경향이 모형 GS형에서 보다 크게 나타났다. 이로 인해 어류유도통로가 위로 접혀지는 현상이 발생하여 유도망 및 어류유도통로의 전개가 원활하지 않았다. 이럴 경우에는 어류가 유도망을 통과하는 데 방해가 될 뿐만 아니라 통과한 어류도 끝자루까지 유도되기가 어렵고 중간에서 멎쳐져서 어류유도통로 기능이 약화될 우려가 많다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 유도망의 하부에 2kg의 추를 중앙부를 중심으로 중앙에는 1kg을, 중앙부의 양쪽 1/2되는 지점에는 0.5kg씩을 부착하여 실험한 결과 유도망의 전개가 상하로 일정하게 전개되었고 이에 따라 어류유도통로도 자연스럽게 전개되었다.

그렇지만 유도망의 하부와 분리망의 하부의 사이 간격이 약 0.34m정도여서 어류유도통로가 이 부분에서 굴곡이 심하게 나타나 유도망과 분리망 사이 간격을 넓혀 원활하게 어류유도통로가 전개되도록 할 필요가 있다.

4) 모형 GSF형의 덮개 재질

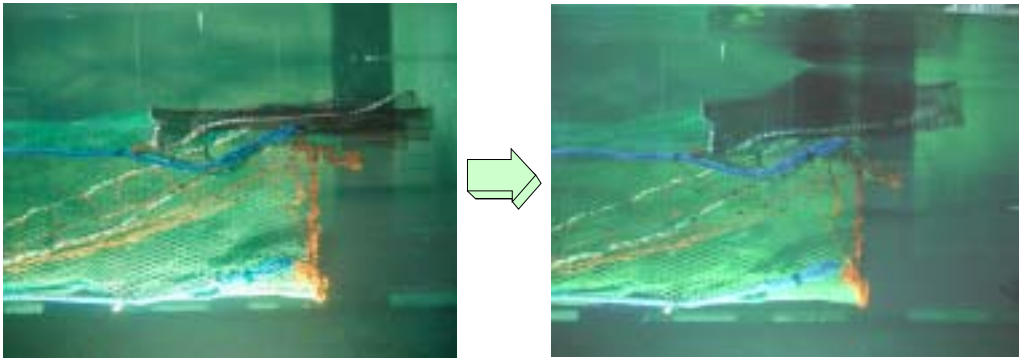
배출구 덮개를 제작하는 데 사용된 그물실, 그물감, 캔버스 등 덮개 재질 3종은 흐름 속에서 배출구를 수평으로 덮으면서 막고 있어 모두 안정적인 덮개 역할을 하는 것이 관찰되었다(Photo II-3).

그러나 해파리 모형으로 사용한 Ø280mm 구형 스펀지가 배출구로 배출될 때에는 그물감을 사용한 덮개와 캔버스를 사용한 덮개는 배출되는 개체와 같이 개체의 주변부분도 열려지는 현상을 보여 해파리 배출시 어류도 그 열려진 공간으로 탈출할 가능성이 높아 보였다.

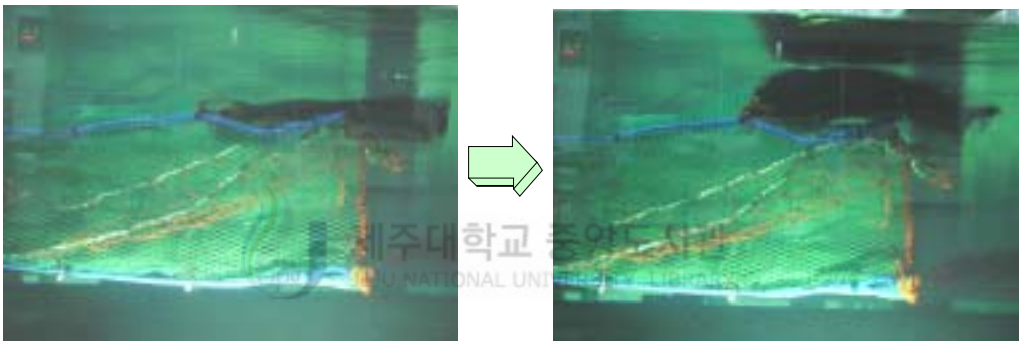
그렇지만 그물실을 사용한 덮개는 배출되는 부분만 열리고 다른 부분은 계속적으로 덮개 역할을 하므로 어류 탈출 방지에 다른 덮개보다 우수한 효과를 보일 것으로 판단된다.

덮개는 배출구를 덮는 역할뿐만 아니라 어류에 위협을 가해 배출구로의 탈출을 막을 수 있어야 하므로, 그물감과 캔버스와 같은 단순한 덮개는 여러 개의 그물실로 제작된 덮개보다 너풀거림이 작아 어류에게 위협을 주는 강도가 약할 것으로 판단된다.

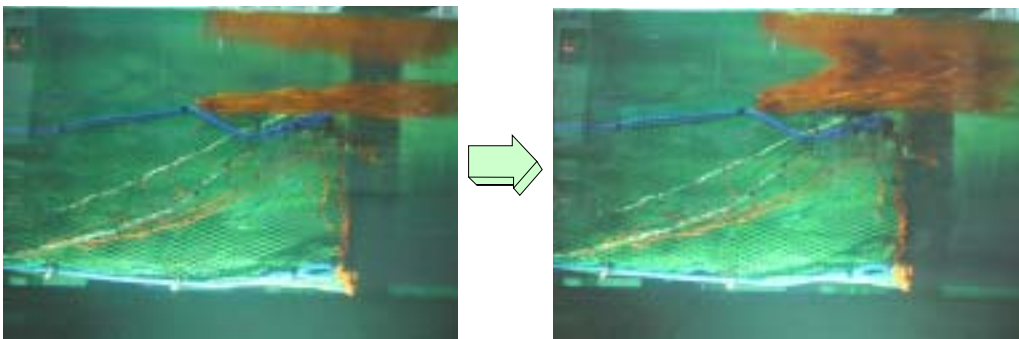
따라서 어획손실을 방지하기 위한 해파리 배출구 덮개의 재질은 그물실이 가장 적당하다고 판단된다.



(a) Nylon webbing flap



(b) Nylon canvas flap



(c) Nylon strand flap

Photo II-3. The flap shape on discharging process through the outlet using the jellyfish model made of sponge.

(Left) before discharging (Right) on discharging

5) 분리 배출과정

모형 개체 즉, 중성부력을 갖도록 제작한 구형 스펀지를 이용하여 해파리 분리장치내의 분리 배출과정을 관찰하였다(Photo II-4). 모형 개체는 크기에 따라 5종을 사용하였는데, 유도망의 그물코(한 발의 길이 100mm)보다 큰 Ø200mm와 Ø280mm 모형인 경우에는 유도망의 만곡부에서 일시적으로 머무는 경우도 있었지만 유도망을 따라 아래쪽으로 유도되어 분리망의 하부로 유도된 후 분리망의 그물코 크기보다 큰 Ø280mm 모형은 분리망의 그물코를 따라 위로 흘러 배출구를 통하여 자루 그물 밖으로 배출되었고, 분리망의 그물코와 같은 Ø200mm 모형은 분리망을 따라 위로 흘러 배출되는 경우와 분리망의 그물코에 끼였다가 끝자루로 들어가는 경우가 있었다. 이와 같은 분리 배출 유형은 해파리 및 대형 어류가 이런 과정을 거쳐 어획되거나 자루그물 밖으로 분리 배출될 것으로 판단된다.

모형 개체가 유도망의 그물코(한 발의 길이 100mm)보다 작은 Ø40mm와 Ø50mm 모형인 경우에는 유도망을 통과하여 바로 분리망에 도달하여 분리망을 통하여 끝자루로 유입되는 경우와 배출구를 통하여 배출되는 경우도 있었다. 배출구로 배출되는 경우는 유도망의 상부 그물코를 통과한 경우가 많았고, 유도망의 중간 그물코를 통과한 경우에는 분리망의 중간부에서 분리망의 그물코를 통하여 바로 끝자루로 들어가는 경우가 많았으나 분리망의 그물코 마디에 부딪혔을 경우에는 그물코 마디를 따라 위로 흘러 배출구로 배출되는 경우도 있었다.

그리고 모형 개체가 침강력을 갖고 있을 경우에는 유도망과 만나지 않고 유도망의 하부 공간을 거쳐 분리망의 그물코를 통하여 곧바로 끝자루로 들어갔다. 이와 같은 유형은 저서성 어류가 이런 과정을 거쳐 어획될 것으로 판단된다.

해파리 배출구의 형상은 설계상으로는 사다리꼴로 설계하였으나 수조실험시 관찰한 결과 흐름에 의해 큰 원형 형태로 유지되고 있어 해파리를 배출하는 데에는 충분한 공간이라 판단된다(Photo II-5).

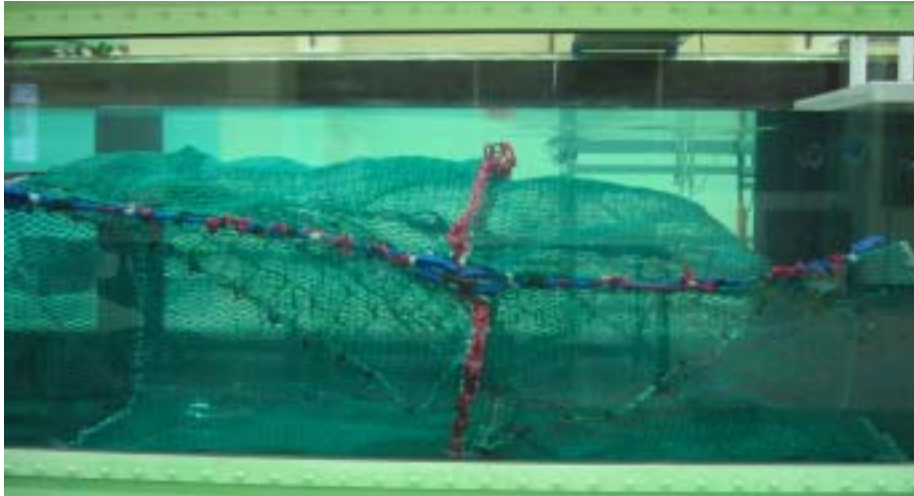


Photo II-4. The view of the separating process experiment using the various size sponge models for the prototype jellyfish separator system in the CWC.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

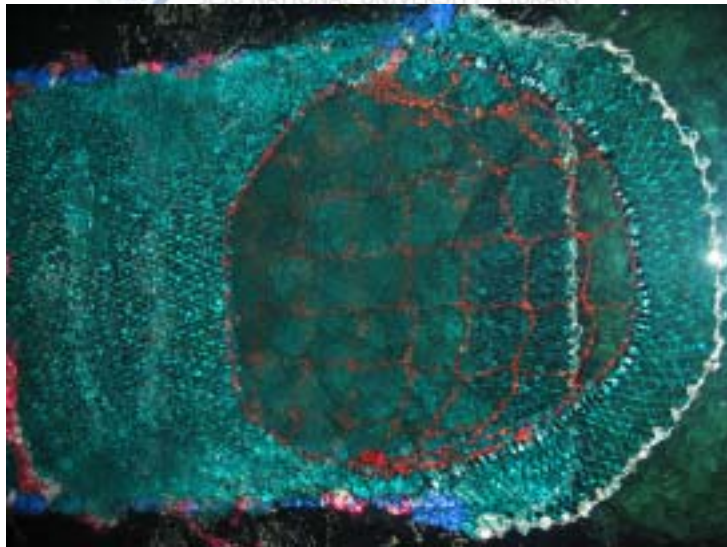


Photo II-5. The outlet shape of the prototype jellyfish separator system in the experiment of separating process .

Ⅲ. 해파리 분리장치의 해상시험

1. 장치 및 방법

1) 해파리 분리장치 설계

해파리 분리장치는 우선적으로 해파리 배출률을 높일 수 있는 구조가 되도록 설계되어야 하며, 해파리 배출률이 좋은 구조가 도출된 후에는 어획 손실을 줄일 수 있는 구조로 설계되어야 한다.

이 연구는 이러한 설계 우선순위에 따라 진행되었으며, 또한 수조 실험 시 나타난 수정 보완사항을 현장시험용 분리장치 설계에 반영하여 해파리 분리장치 5종(S형, GS형, SF형, GSF형, GST형)을 설계·제작하였고(Fig. Ⅲ-1~5), 비교어구 1종(GSgF형)을 제작하였다(Fig. Ⅲ-6).

해파리 분리장치는 끝자루 앞에 탈·부착이 가능하도록 제작되었으며(Fig. Ⅲ-8), 유도망(Guiding net), 분리망(Separator net), 어류유도통로(Fish guiding tunnel), 배출구(Outlet), 배출구 덮개(Flap)로 구성되어 있다. 유도망은 자루그물로 들어오는 어획물을 분리망의 하부로 유도하는 역할을 하며 분리망의 앞에 위치한다. 분리망은 비목표종인 해파리를 어획물과 분리하여 배출시키는 역할을 하며 끝자루 앞에 위치한다. 배출구는 비목표종인 해파리를 자루그물 밖으로 배출하는 출구 역할을 하며 분리망의 상부 끝단인 등판에 위치한다.

해파리가 배출구로 배출될 때 함께 빠져나가거나 자력으로 빠져나가는 어획물의 손실을 줄이기 위하여 배출구에 덮개를 부착한 형태뿐만 아니라 유도망과 분리망 사이에 어류유도통로를 설치하여 유도망의 그물코를 통과한 어획물을 모두 끝자루로 유도하여 어획 손실을 줄일 수 있는 형태도 설계하였다.

해파리 분리장치의 본체 그물은 분리장치가 부착되는 트롤어구의 자루그물의 그물코 크기(60mm)와 동일하게 하였고, 연결부의 그물코 수는 자루그물과 끝자루의 연결부 그물코 수와 같게 하였다.

해파리 분리장치의 크기는 해파리 분리장치가 트롤어구의 끝자루 앞에 추가로 삽입 부착되므로(Fig. Ⅲ-8) 자루그물 끝단의 그물코 수와 끝자루의 그물코 수, 유도

망과 분리망의 부착 경사각, 유도망과 분리망 사이의 간격에 의해 결정된다.

그러므로, 해상시험에 사용한 해파리 분리장치는 입구의 크기를 트롤어구의 자루 그물 끝단과 끝자루의 그물코 수(Fig. III-9)와 동일하게 76코(B)×46코(H)로 하였고, 유도망의 등판과의 부착 경사각은 30°, 분리망의 밑판과의 부착 경사각은 20°로 하여, 총 길이는 SF형, GSF형, GSgF형은 5.14m로 설계하였고, GST형은 5.85m로 설계하였다.

또한, 그물감으로 제작된 분리망의 경사각에 따른 해파리 배출률을 조사하기 위하여, S형에서는 분리망의 경사각이 10°, 15°, 20°되는 3종, GS형에서는 분리망의 경사각이 20°, 30°, 40°되는 3종을 설계하였다.

유도망과 분리망은 분리장치 본체 그물의 성형률을 약 95%로 하여, 그 성형률에 따라 치수를 정하여 설계 제작하였다.



(1) S형

S형 분리장치의 모식도와 설계도를 Fig. III-1에 나타내었다.

이 분리장치는 분리망과 배출구로만 구성되어 있으며, 분리망은 PE Ø2.5mm 땅은 그물실 640mm망목 그물감을 사각망목으로 변형시켜 밧의 길이가 320mm되게 설계하였다. 그리고 분리망의 밑판과의 경사각이 10°, 15°, 20°가 되도록 S형을 3점 제작하여 분리망 경사각에 따른 해파리 배출률을 조사하였다. 부착방법은 분리망의 하부는 분리장치의 밑판에, 상부는 등판에, 양 측면은 옆판에 그물실로 향을 쳐서 밑판에서 등판으로 자루그물의 뒤쪽으로 경사지게 부착하여 경사각이 유지되도록 하였다.

배출구는 분리망의 상부 끝단이 분리장치 등판과 만나는 곳에 자루그물의 앞쪽으로 높이 1m의 사다리꼴 개구부를 만들었다. 그리고 배출구의 가장자리는 PP Ø14mm 로프를 사용하여 보강하였다.

분리장치 본체그물은 PE Ø2.5mm 땅은 그물실을 이중으로 하여 60mm망목 그물감을 사용하여 제작하였고, 분리장치 본체 그물의 양쪽 끝단에는 Nylon Ø8.0mm 땅은 로프로 지퍼형식의 고리를 만들어 트롤어구와의 탈·부착이 원활하도록 하였다.

S형 분리장치를 사용하여 2004년 7월8일부터 15일까지 분리망 경사각도별(10°, 15°, 20°)로 각각 5회씩 총 15회의 시험 조업을 실시하였다.

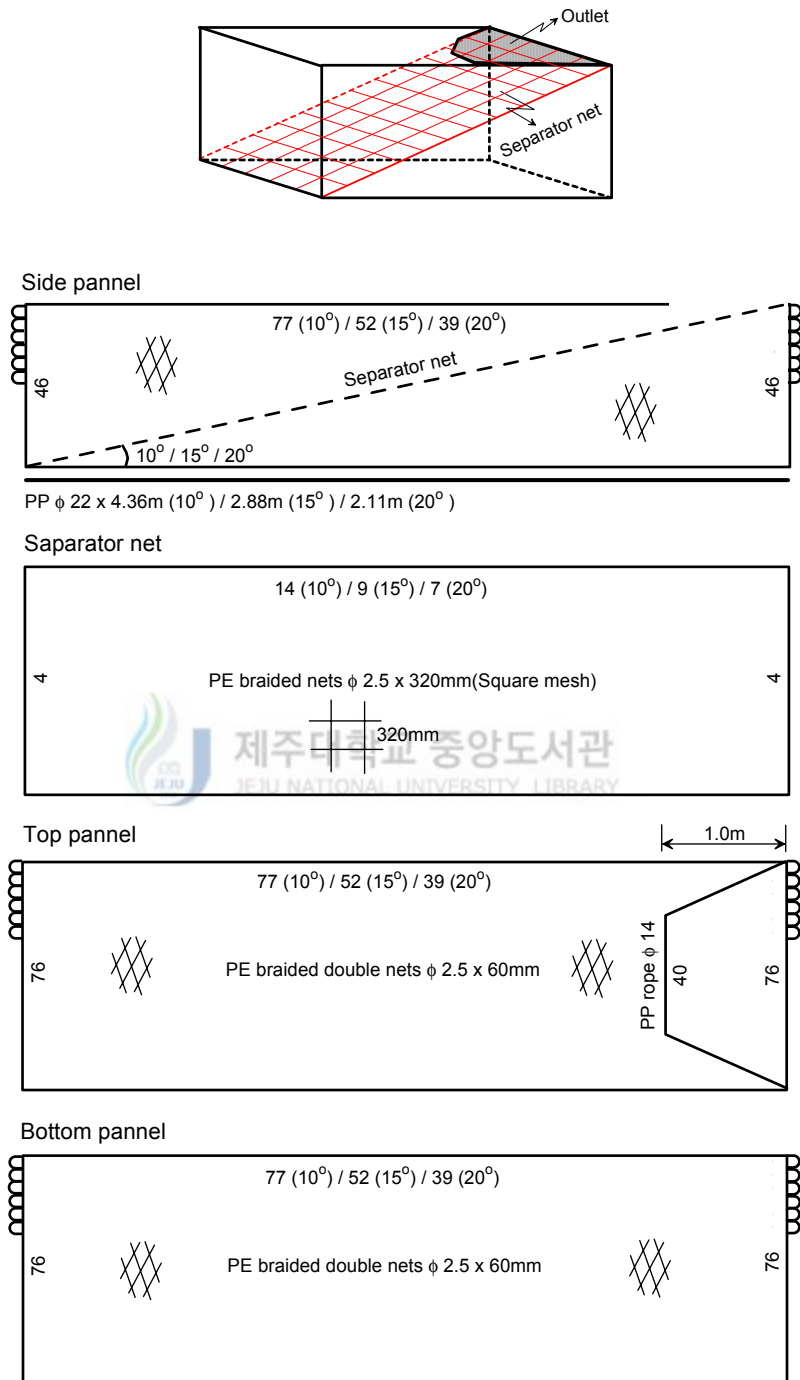


Fig. III-1. Schematic shape and technical drawing of the S type jellyfish separator system.

(2) GS형

GS형 분리장치의 모식도 및 설계도를 Fig. III-2에 나타내었으며, 구성은 유도망, 분리망 및 배출구로 되어있다.

유도망은 PE Ø6.0mm 망은 그물실 200mm망목 그물감을 사각망목으로 변형시켜 발의 길이가 100mm되게 설계하였다. 그리고 분리장치 등판과의 경사각은 30°가 되도록 하였으며, 유도망의 상부는 분리장치 등판에, 양쪽 측면은 옆판에 그물실로 항을 쳐서 등판에서 밑판 쪽으로 자루그물 뒤쪽을 향하여 경사지게 부착하였으나, 유도망의 하부는 분리장치 밑판과는 부착하지 않고 Ø10mm 연심로프를 덧대어 수중에서 하중을 받도록 하였다.

분리망은 PE Ø6.0mm 망은 그물실 400mm망목 그물감을 사각망목으로 변형시켜 발의 길이가 200mm되게 설계하였다. 그리고 분리망의 밑판과의 경사각이 20°, 30°, 40°가 되도록 GS형을 3점 제작하여 분리망 경사각에 따른 해파리 배출률을 조사하였다. 기타 부착방법 등은 S형의 부착방법과 같게 하였다.

배출구는 분리망의 상부 끝단이 분리장치 등판과 만나는 곳에 자루그물의 입구 쪽으로 높이 0.3m되는 사다리꼴 개구부를 만들었다. 그리고 배출구의 가장자리는 PP Ø14mm 로프로 보강하였다.

분리장치 본체 그물은 PE Ø3.0mm 망은 그물실 60mm망목 그물감을 사용하여 제작하였고, 트롤어구와의 연결 방법 등은 S형과 같게 하였다.

이 GS형을 사용하여 2004년 9월14일부터 22일까지 분리망 경사각도별(20°, 30°, 40°)로 각각 6회씩 총 18회의 시험 조업을 실시하였다.

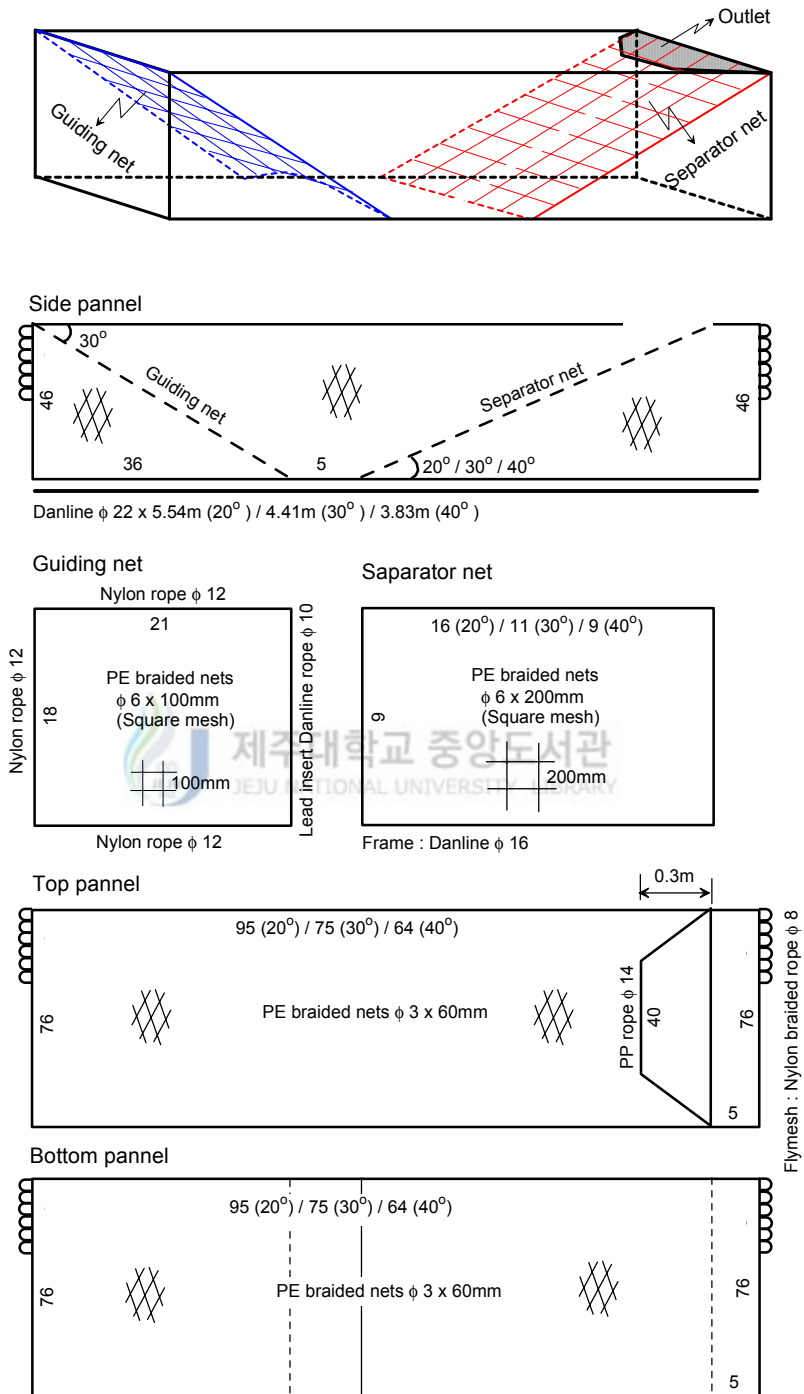


Fig. III-2. Schematic shape and technical drawing of the GS type jellyfish separator system.

(3) SF형

SF형 분리장치의 모식도 및 설계도를 Fig. III-3에 나타내었다. 이 분리장치는 Fig. III-1의 S형 분리장치의 배출구에 덮개를 설치한 형태이며, 구성은 분리망, 배출구 및 배출구 덮개로 되어있다.

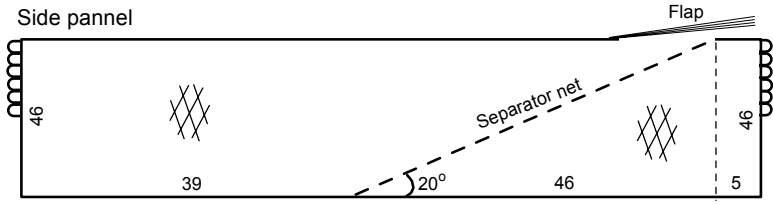
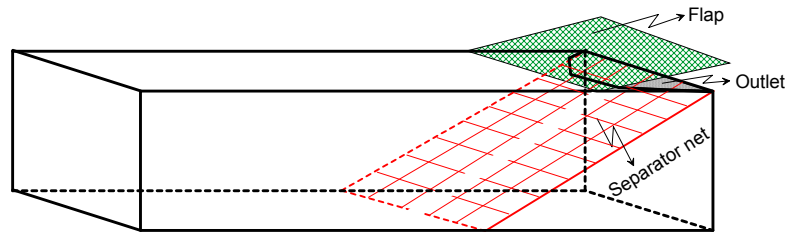
분리망은 PE Ø6.0mm 땀은 그물실 400mm망목 그물감을 사각망목으로 변형시켜 발의 길이가 200mm되게 설계하였다. 그리고 밑판과의 경사각은 20°가 되도록 제작하였으며, 부착방법은 S형의 부착방법과 동일하다.

배출구는 분리망의 상부 끝단이 등판과의 만나는 곳에 자루그물 입구 쪽으로 높이 0.3m의 사다리꼴 개구부를 만들었다. 그리고 배출구의 가장자리는 PP Ø8.0mm 로프를 사용하여 보강하였다.

배출구에는 어류가 배출구를 통하여 빠져나가는 것을 감소시킬 목적으로 PE 그물실을 사용하여 제작한 덮개(1.4(B)×1m(L), Fig. III-7)를 부착하였다.

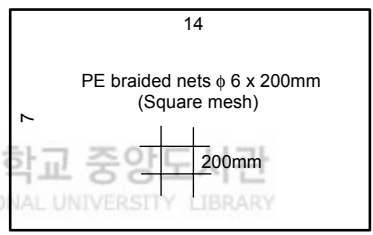
분리장치 본체 그물은 GS형과 같은 크기로 하였으며, 사용 재료 및 그물코 수도 GS형 분리장치와 동일하게 제작하였다. 또한 트롤어구와의 연결 방법도 GS형과 같게 하였다.

이 SF형을 사용하여 2005년 7월 14일에 3회, 2005년 9월 21일부터 22일까지 6회, 총 9회의 시험 조업을 실시하였다.

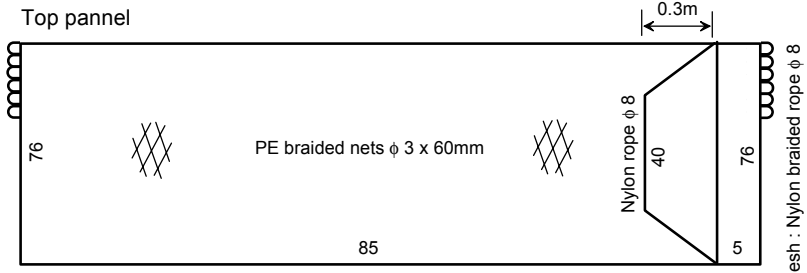


Danline $\phi 22 \times 5.14\text{m}$

Saparator net



Frame : Nylon rope $\phi 8$



Bottom pannel

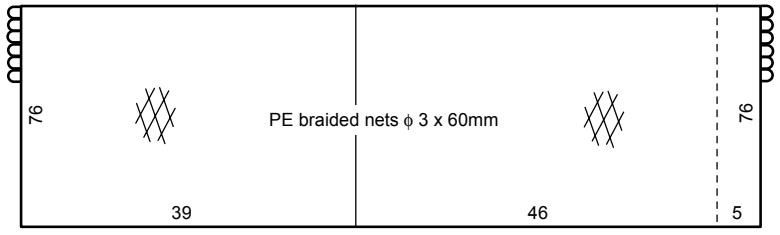


Fig. III-3. Schematic shape and technical drawing of the SF type jellyfish separator system.

(4) GSF형

GSF형 분리장치의 모식도 및 설계도를 Fig. III-4에 나타내었으며, 유도망, 분리망, 배출구 및 배출구 덮개로 구성되어 있다.

유도망은 PE Ø6.0mm 망은 그물실로 된 200mm망목 그물감을 사각망목으로 변형시켜 발의 길이가 100mm되게 설계하였다. 그리고 분리장치 등판과의 경사각은 30°가 되도록 하였으며, 부착방법은 유도망의 상부는 분리장치 등판에, 양쪽 측면은 옆판에 그물실로 향을 쳐서 등판에서 밑판 쪽으로 자루그물 뒤쪽을 향하여 경사지게 부착하였으나, 유도망의 하부는 밑판과는 부착하지 않았다.

분리망은 PE Ø6.0mm 망은 그물실 400mm망목 그물감을 사각망목으로 변형시켜 발의 길이가 200mm되게 설계하였다. 그리고 밑판과의 경사각은 20°가 되도록 제작하였으며, 부착방법은 S형과 동일하다.

배출구는 분리망의 상부 끝단이 등판과의 만나는 곳에서 전방으로 높이 0.3m의 사다리꼴 개구부를 만들었다. 그리고 배출구의 가장자리는 PP Ø8.0mm 로프를 사용하여 보강하였다.

배출구에는 어류가 배출구를 통하여 빠져나가는 것을 감소시킬 목적으로 PE 그물실을 사용하여 제작한 덮개(1.4(B)×1m(L), Fig. III-7)를 부착하였다.

분리장치 본체 그물은 GS형과 같이 제작하였으며, 트롤어구와의 연결 방법 및 그물코 수도 GS형과 동일하다.

이 GSF형을 사용하여 2005년 7월 7일부터 9일까지 7회, 2005년 9월 28일부터 10월 1일까지 3회, 총 10회의 시험 조업을 실시하였다.

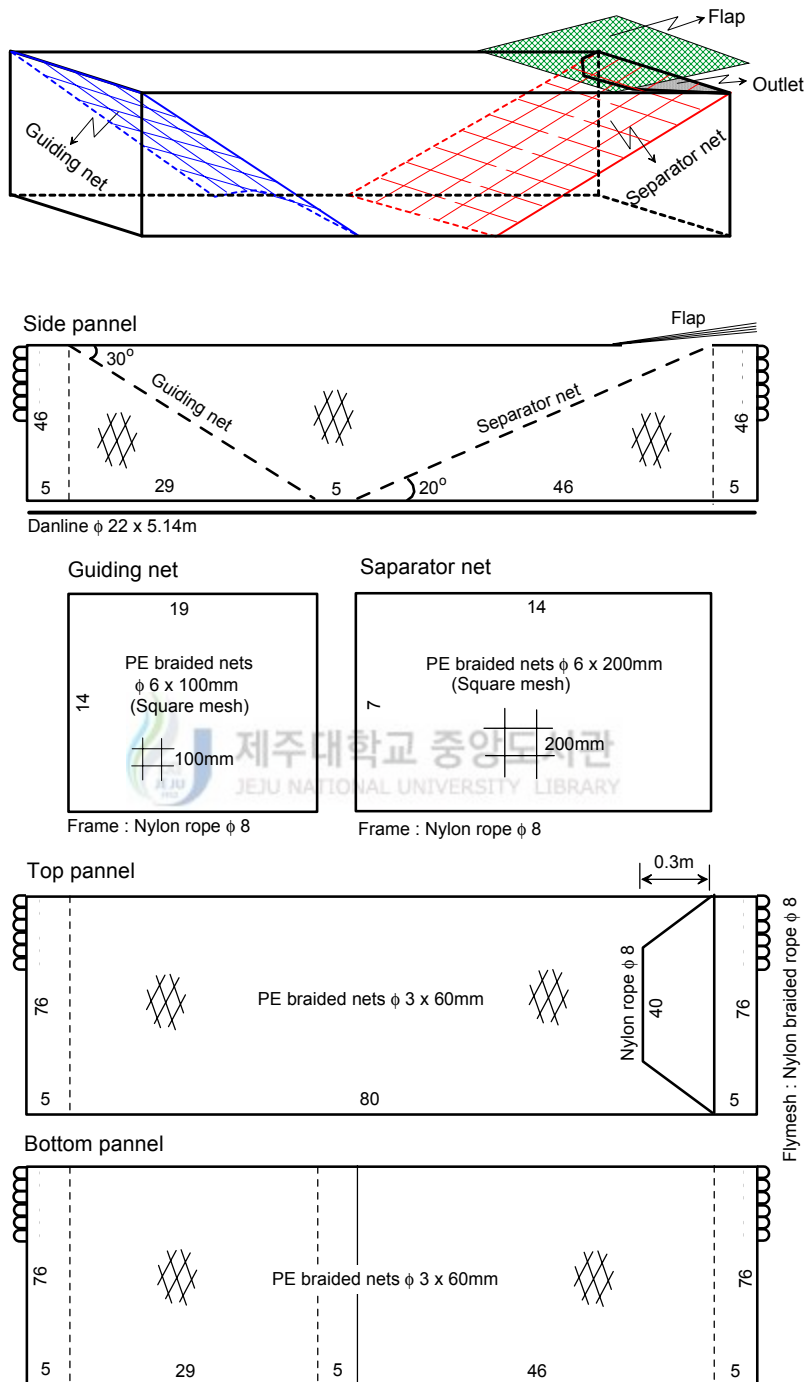


Fig. III-4. Schematic shape and technical drawing of the GSF type jellyfish separator system.

(5) GST형

GST형 분리장치의 모식도 및 설계를 Fig. III-5에 나타내었으며, 유도망, 분리망, 배출구 및 어류유도통로로 구성되어있다.

유도망은 PE Ø6.0mm 뿔은 그물실 400mm망목 그물감을 사각망목으로 변형시켜 밧의 길이가 200mm되게 설계하였다. 그리고 분리장치 등판과의 경사각은 30°가 되도록 하였으며, 부착방법은 GS형과 같게 하였다. 그러나 유도망의 상하 전개를 원활하게 하기 위하여 유도망 하부에 납추를 중앙부에는 무겁게, 측면으로 이동할수록 가볍게 하여 총 3kg을 부착하였다.

분리망의 제작 그물감 및 부착경사각은 GSF형과 같게 하였다. 그러나 부착방법에 있어서는 상부는 분리장치 등판과, 하부는 밑판과 부착되나 양쪽 측면은 옆판과 연결하지 않고 어류유도통로의 끝자루쪽 양쪽 측면과 연결하여 옆판과 분리망의 양쪽 가장자리 사이에는 공간이 생기도록 하여 유도망을 통과한 어류가 끝자루로 들어가는 입구가 되도록 하였다.

어류유도통로는 Nylon 210d/96ply 60mm망목의 그물감을 사용하여 제작하였다. 유도망과는 양쪽 측면과 하부 그리고 수직 중심선상에서 부착되고, 이렇게 유도망과 부착된 어류유도통로는 끝자루의 전방 측, 분리망의 양쪽 가장자리를 향하여 「<」 모양으로 양쪽으로 나뉘어져 있고, 분리망의 양쪽 측면과 각각 연결되게 하여 어류유도통로로 유도된 어류는 분리장치 옆판과 분리망의 양쪽 가장자리 사이의 공간을 통하여 끝자루로 들어가도록 설계되었다.

배출구 및 분리장치 본체 그물 그리고 그물코 수는 GS형과 동일하게 제작하였으며, 트롤어구와의 연결 방법도 GS형과 같게 하였다.

이 GST형에서는 배출구를 통하여 빠져나가는 어류의 손실을 줄이기 위한 배출구 덮개를 사용하지 않았다.

이 GST형을 사용하여 2005년 7월 10일부터 13일까지 6회, 2005년 9월 25일부터 26일까지 6회, 총 12회의 시험 조업을 실시하였다.

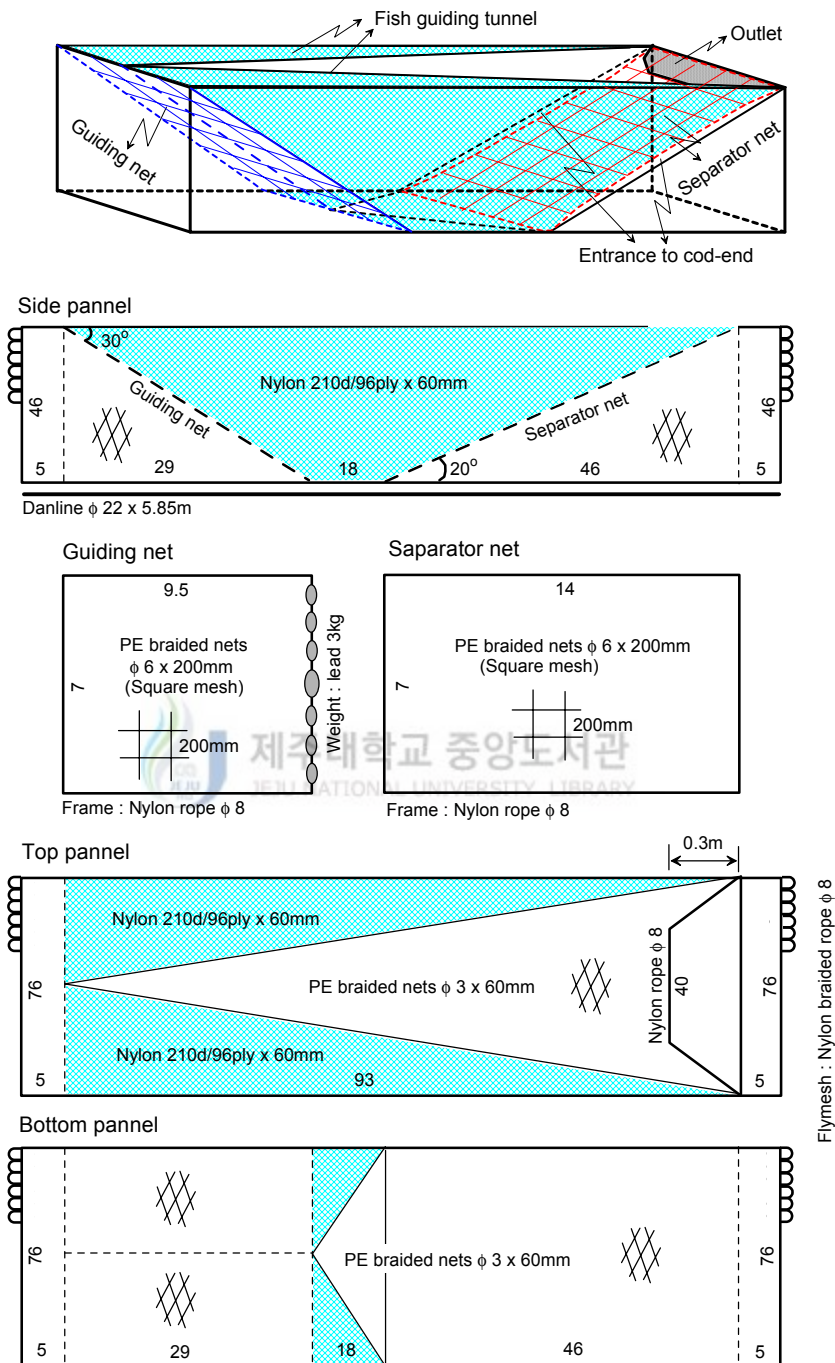


Fig. III-5. Schematic shape and technical drawing of the GST type jellyfish separator system.

(6) GSgF형

GSgF형 분리장치의 모식도 및 설계도를 Fig. III-6에 나타내었으며, 유도망, 철제 분리 그리드, 배출구 및 배출구 덮개로 구성되어있다.

유도망의 사용재료, 제작방법, 부착방법 및 부착 경사각은 GSF형과 동일하다.

분리망은 $\varnothing 9.0\text{mm}$ 스테인리스 봉을 사용하여 그리드 간격이 190mm, 길이 456mm되는 철제 그리드를 사용하였다. 철제 분리 그리드의 밑판과의 부착 경사각은 일반 시험 분리망의 경사각과 동일하게 20° 로 하였다. 철제 그리드의 수중 중량은 약 14kg이며, 수중에서 철제 분리 그리드의 안정성 유지를 위하여 철제 분리 그리드 좌우 양쪽 상부에 $\varnothing 200\text{mm}$ 의 PVC 중공형(center hole type) 뚝(부력 2.5kg/개)을 각각 5개씩 총 10개를 부착하였다. 철제 분리 그리드의 분리장치내 부착은 분리장치의 등판과 밑판 그리고 양 옆판과 그물실로 향을 쳐서 부착하였으며, 철제 분리 그리드 하부가 밑판과 닿는 부분에는 해저와의 마찰에 의한 마모를 줄이기 위하여 PE $\varnothing 10\text{mm}$ 로프로 여러 번 향을 쳐서 보강하였다.

배출구는 분리 그리드의 상부 끝단의 분리장치 등판과 만나는 곳에 전방으로 높이 0.3m의 사다리꼴 개구부를 만들었다. 그리고 배출구의 가장자리는 PP $\varnothing 8.0\text{mm}$ 로프를 사용하여 보강하였다.

배출구에는 배출구를 통하여 빠져나가는 어류의 손실을 줄이기 위한 그물실로 제작된 배출구 덮개(1.4(B) \times 1m(L), Fig. III-7)를 부착하였다.

분리장치 본체 그물 및 그물코 수는 GS형과 동일하게 하였으며, 트롤어구와의 연결 방법도 GS형과 같게 하였다.

이 GSgF형을 사용하여 2005년 7월 12일에 3회, 2005년 9월 27일에 3회, 총 6회의 시험 조업을 실시하였다.

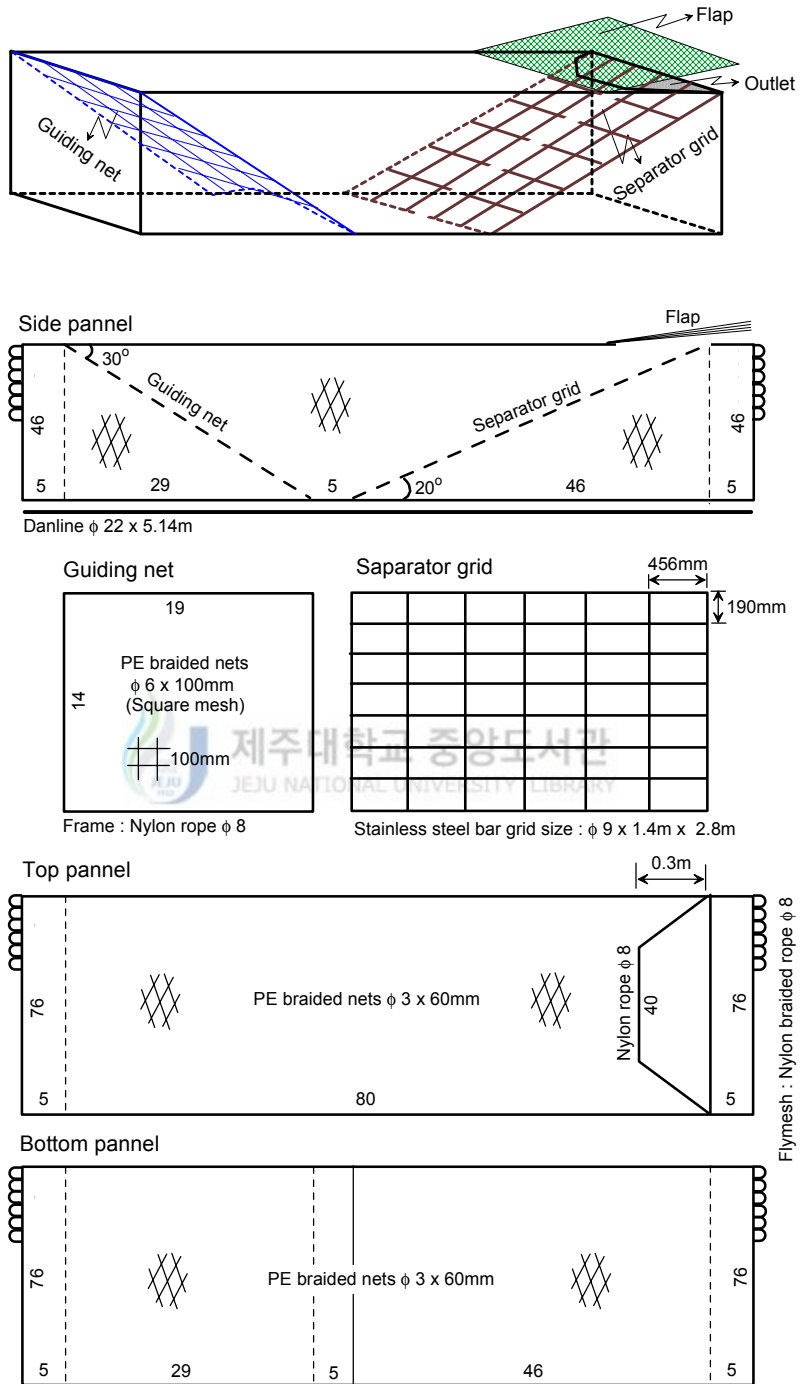
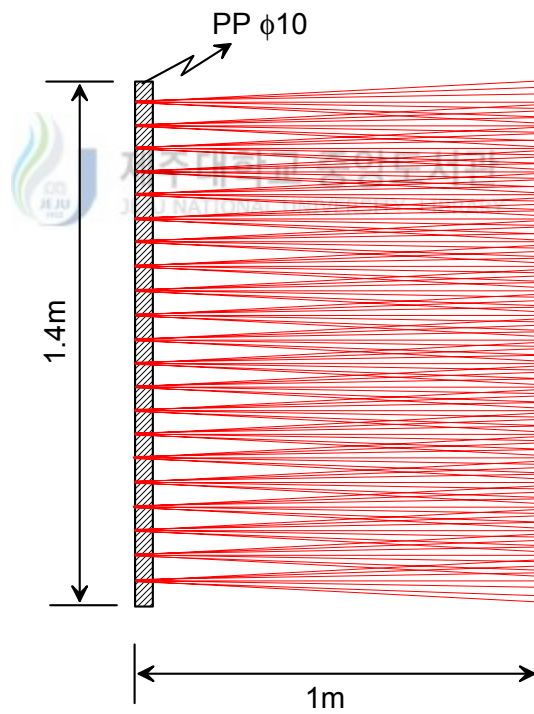


Fig. III-6. Schematic shape and technical drawing of the GSgF type jellyfish separator system.



(Material : Nylon strand)

Fig. III-7. Photo and schematic shape of the flap attached on the outlet of jellyfish separator system.

2) 해파리 분리장치의 시험방법

해파리 분리장치의 형태별 성능 파악을 위하여 기존의 트롤어구에 분리장치를 추가로 삽입 부착하여 해상시험을 수행하였다.

분리장치는 트롤어구의 자루그물에 끝자루가 부착되는 부분에 추가로 삽입 부착하여 시험을 하였으며, 시험이 종료된 분리장치는 트롤어구에서 떼어내고 새로운 분리장치를 삽입 부착하는 방식으로 시험 조사를 하였다(Fig. III-8).

시험에 사용된 트롤어구는 시험선으로 사용한 국립수산과학원 시험조사선인 탐구 3호(369톤, 1,600HP, 저층트롤선)에 적재된 트롤어구를 사용하였으며, 날개그물 길이는 16.0m, 자루그물 길이는 20.4m, 끝자루 길이는 6.72m로 어구의 총길이는 43.12m였다. 시험트롤어구 설계도는 Fig. III-9에 나타내었다.



Fig. III-8. The location of the jellyfish separator system in the trawl net.

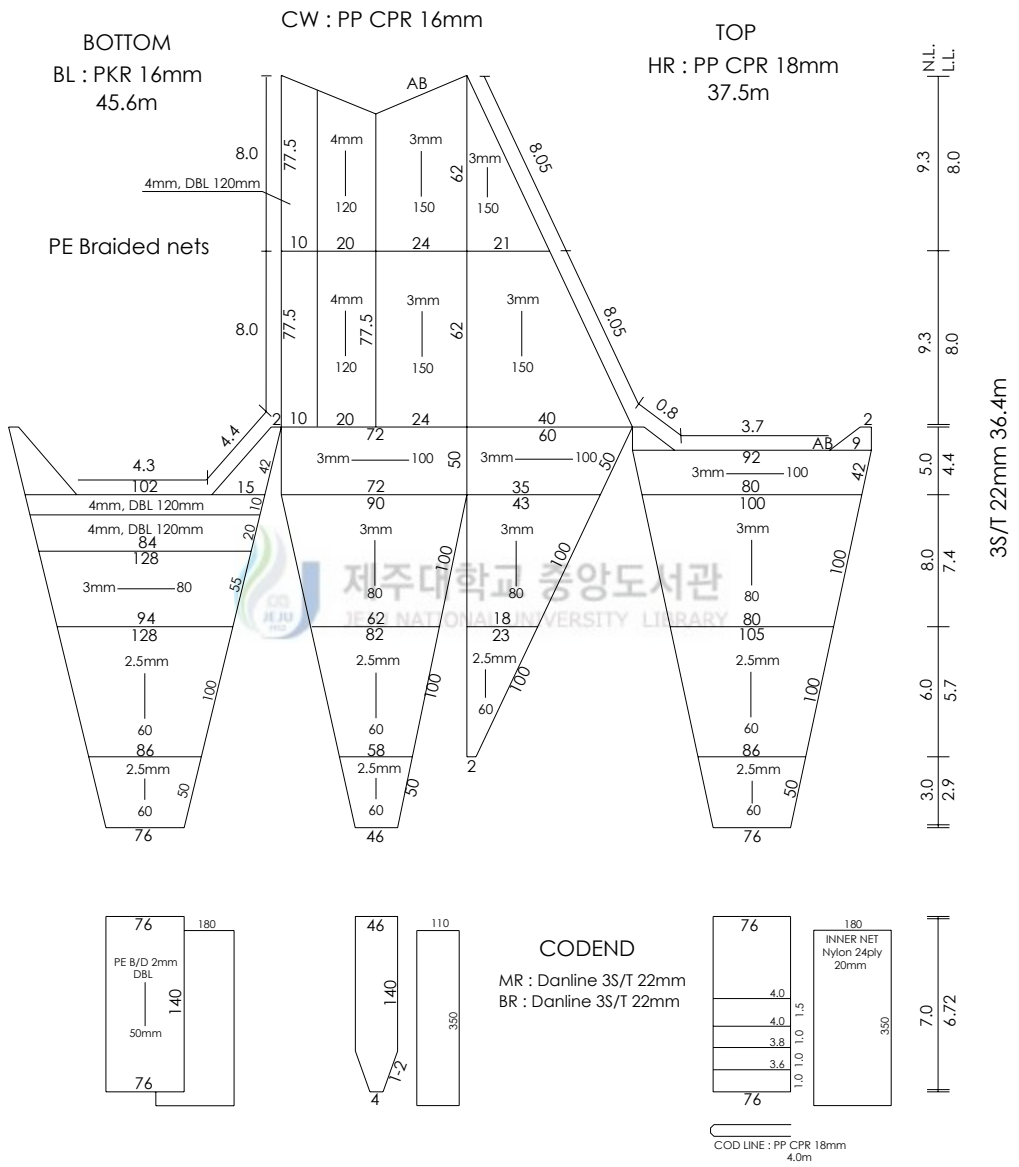


Fig. III-9. Net plan of trial trawl net for the jellyfish separator system.

시험조업은 남해안의 욱지도와 돌산도 사이 해역, 진도와 제주도 한림사이해역, 제주도 남방해역에서 실시하였으며, 조업수심은 19~120m였다(Fig. III-10). 시험조사는 2004년 7월과 9월, 2005년 7월과 9월로 총 4항차에 걸쳐 수행하였으며, 조사회수는 2004년 7월에 15회, 9월에 18회, 2005년 7월에 19회, 9월에 18회로 총 70회를 조사하였다. 시험조사내용은 Table III-1과 같다. 또한 해파리 분리장치 형태별 시험회수는 S형이 15회, GS형 18회, SF형 9회, GSF형 10회, GSgF형 6회, GST형 12회 조사하였다.

해상시험조사시에는 투망 및 양망 조업위치, 투망 시작시간 및 완료시간, 양망 시작시간 및 완료시간, 조업수심, 표층수온 및 기온을 조사하였다(Table III-1). 예망시간은 투망 완료시간부터 양망 시작시간까지로 하여 30분 예망을 기준으로 하였으며, 예인속도는 3.5노트를 기준으로 하였다.

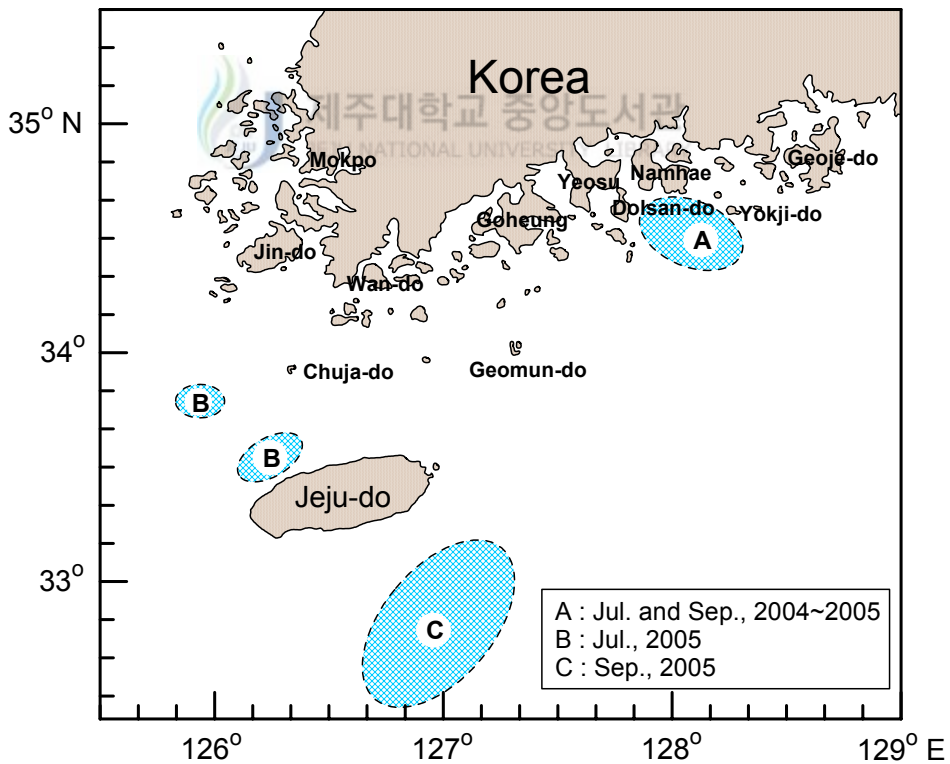


Fig. III-10. The location of the experimental fishing ground.

표층수온 측정은 시험선의 선저에 부착된 수온 센서에서 측정된 수온이 지시기 (Temperature Indicator, TI-20, FURUNO)에 디지털로 표시되는 값을 읽었으며, 2004년 7월에는 21.1~24.3℃, 2004년 9월에는 23.8~25.2℃, 2005년 7월에는 21.0~25.6℃, 2005년 9월에는 23.4~27.9℃ 범위였다. 기온 측정은 시험선의 조타실 바깥쪽에 설치된 봉상온도계의 값을 읽었으며, 2004년 9월에는 20.0~27.5℃, 2005년 7월에는 24.0~28.0℃, 2005년 9월에는 22.5~30.0℃ 범위였다.

해상시험에서는 배출구로 배출되는 해파리와 어류의 양을 조사하기 위하여 배출구에는 덮그물(Cover-net)을 부착하여 시험하였다(Fig. III-11). 덮그물은 끝자루의 제작 재질과 그물코 크기를 같게 하여 PE Ø3.0mm 땀은 그물실 60mm망목 그물감을 사용하여 제작하였으며, 배출구 입구를 덮그물이 덮어 해파리 배출 및 어류 탈출을 방해하는 현상을 방지하기 위하여 덮그물 입구측 상부의 양쪽 측면에 Ø200mm 땀을 각각 5개씩 총 10개를 부착하여 조업시 배출구의 공간이 확보되도록 하였다.

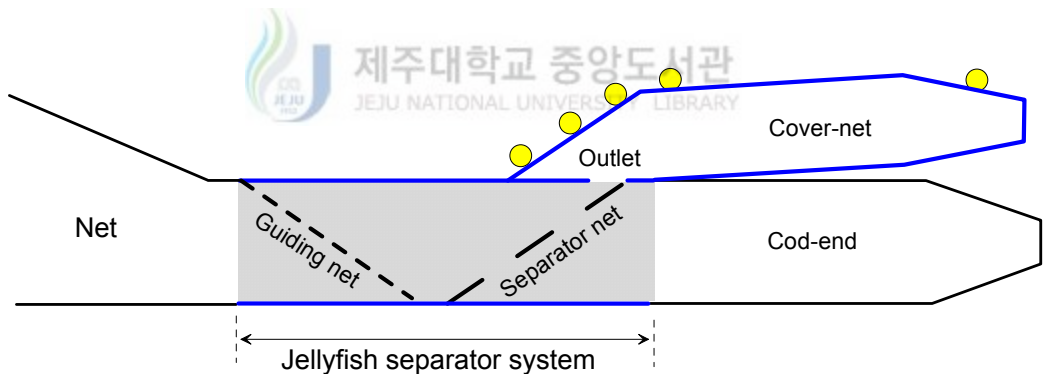


Fig. III-11. General design of a trial trawl with jellyfish separator system and collecting cover-net mounted on the outlet. The jellyfish separator system was mounted at the front of the cod-end.

어획물 조사는 끝자루(Cod-end)와 덮그물(Cover-net)의 어획물을 분리하여 조사하였다. 이 각각의 어획물은 다시 해파리와 해파리를 제외한 어획물로 분류하여 각각 총 중량을 0.1kg 단위로 측정하였다. 해파리는 대표 우산(갯)의 직경을 1.0cm 단위로 측정하였고, 습중량을 0.1kg 단위로 측정하였다. 해파리를 제외한 어류 등의 어획물은 체장(전장, 가랑이 체장, 항문장, 동장 또는 최대두흉갑폭)을 측정하였는데, 측정미수는 그 개체수가 100개체 이하일 경우에는 전량을 측정하였으며, 100개체를 넘을 경우에는 100개체까지만 측정하고 그 이상은 개체수만 헤아렸다. 어류 등의 체장조사는 모눈종이가 부착된 어체 측정판을 이용하여 0.1cm까지 측정하였다.

또한, 그물감으로 제작된 분리망의 경사각에 따른 해파리 배출률을 조사하기 위하여 2차에 걸쳐 시험조업을 실시하였다. 이때 시험한 경사각은 10°, 15°, 20°, 30°, 40° 이었고, 1차 시험(2004년 7월)에서는 S형 분리장치에서 10°, 15°, 20° 경사각에 대하여 각 5회씩 총 15회, 2차 시험(2004년 9월)에서는 GS형 분리장치에서 20°, 30°, 40° 경사각에 대하여 각 6회씩 총 18회 시험을 하였다.



Table III-1. Outline of experimental hauls by a trial trawl net with the various types of jellyfish separator system

No.	Date	Type of jellyfish separator system	Starting trawling position	Towing time (min.)	Towing speed (knot)	Depth (m)	Surface Temp. (°C)	Air Temp. (°C)
1	Jul. 8, 2004	S(10°)	34°31.379'N, 128°12.751'E	30	3.3	45	21.3	-
2	Jul. 8, 2004	S(10°)	34°32.244'N, 128°13.279'E	30	3.3	45	21.1	-
3	Jul. 8, 2004	S(10°)	34°33.435'N, 128°15.409'E	30	3.2	48	21.2	-
4	Jul. 9, 2004	S(10°)	34°34.158'N, 128°14.946'E	30	3.4	48	21.4	-
5	Jul. 9, 2004	S(10°)	34°32.662'N, 128°13.161'E	60	3.4	45	21.8	-
6	Jul. 10, 2004	S(15°)	34°34.293'N, 128°15.758'E	30	3.4	46	22.2	-
7	Jul. 10, 2004	S(15°)	34°32.500'N, 128°07.643'E	30	3.3	36	23.4	-
8	Jul. 10, 2004	S(15°)	34°33.195'N, 128°04.728'E	60	3.4	33	23.3	-
9	Jul. 13, 2004	S(15°)	34°34.893'N, 128°01.380'E	30	3.4	30	22.9	-
10	Jul. 13, 2004	S(15°)	34°33.682'N, 128°02.972'E	30	3.4	31	22.9	-
11	Jul. 15, 2004	S(20°)	34°29.981'N, 128°07.346'E	30	3.3	40	23.7	-
12	Jul. 15, 2004	S(20°)	34°27.093'N, 128°08.563'E	30	3.4	46	23.5	-
13	Jul. 15, 2004	S(20°)	34°26.555'N, 128°11.483'E	30	3.3	50	23.3	-
14	Jul. 15, 2004	S(20°)	34°29.387'N, 128°13.030'E	30	3.3	46	24.1	-
15	Jul. 15, 2004	S(20°)	34°31.985'N, 128°14.249'E	35	3.3	48	24.3	-
16	Sep. 14, 2004	GS(20°)	34°32.335'N, 128°14.965'E	30	3.5	47	25.0	26.5
17	Sep. 14, 2004	GS(20°)	34°31.675'N, 128°10.414'E	10	3.5	43	24.8	25.5
18	Sep. 14, 2004	GS(20°)	34°34.747'N, 128°01.951'E	30	3.5	30	25.2	24.5
19	Sep. 16, 2004	GS(20°)	34°38.812'N, 127°54.175'E	30	3.5	21	24.5	25.5
20	Sep. 16, 2004	GS(20°)	34°35.431'N, 127°55.838'E	30	3.5	23	24.5	25.3

Note : S(α°) denotes the jellyfish separator system composing of separator net with α° slope.

Note : GS(α°) denotes the jellyfish separator system composing of guiding net and separator net with α° slope.

Table III-1. Continued

No.	Date	Type of jellyfish separator system	Starting trawling position	Towing time (min.)	Towing speed (knot)	Depth (m)	Surface Temp. (°C)	Air Temp. (°C)
21	Sep. 16, 2004	GS(20°)	34°34.979'N, 128°05.908'E	30	3.5	34	24.7	27.5
22	Sep. 17, 2004	GS(30°)	34°39.057'N, 127°53.790'E	30	3.5	20	24.6	25.0
23	Sep. 17, 2004	GS(30°)	34°36.472'N, 127°54.693'E	30	3.5	22	24.8	25.0
24	Sep. 17, 2004	GS(30°)	34°34.143'N, 127°58.892'E	30	3.5	24	24.8	25.5
25	Sep. 18, 2004	GS(30°)	34°38.915'N, 127°53.870'E	30	3.5	19	24.7	23.5
26	Sep. 18, 2004	GS(30°)	34°36.864'N, 127°54.176'E	30	3.5	20	24.7	25.0
27	Sep. 18, 2004	GS(30°)	34°35.735'N, 127°54.701'E	30	3.5	22	24.8	24.0
28	Sep. 20, 2004	GS(40°)	34°39.110'N, 127°53.663'E	30	3.5	19	24.4	23.0
29	Sep. 20, 2004	GS(40°)	34°36.100'N, 127°54.155'E	30	3.5	20	24.4	23.5
30	Sep. 20, 2004	GS(40°)	34°34.260'N, 127°54.673'E	30	3.5	23	24.6	23.0
31	Sep. 22, 2004	GS(40°)	34°38.426'N, 127°54.208'E	20	3.5	19	23.9	20.0
32	Sep. 22, 2004	GS(40°)	34°35.542'N, 127°54.512'E	30	3.5	20	23.8	23.0
33	Sep. 22, 2004	GS(40°)	34°33.227'N, 127°55.142'E	30	3.5	24	23.9	23.5
34	Jul. 7, 2005	GS(20°)F	34°31.830'N, 128°12.908'E	30	3.3	45	21.2	24.0
35	Jul. 7, 2005	GS(20°)F	34°32.993'N, 127°59.745'E	50	3.3	28	21.9	24.0
36	Jul. 7, 2005	GS(20°)F	34°37.560'N, 127°54.302'E	30	3.3	22	22.2	25.0
37	Jul. 7, 2005	GS(20°)F	34°34.654'N, 128°12.564'E	40	3.3	43	21.5	24.0
38	Jul. 8, 2005	GS(20°)F	33°48.018'N, 125°53.893'E	30	3.3	63	25.6	25.0
39	Jul. 9, 2005	GS(20°)F	33°29.369'N, 126°11.689'E	30	3.5	75	24.7	26.0
40	Jul. 9, 2005	GS(20°)F	33°31.527'N, 126°10.633'E	30	3.3	94	24.6	25.5

Note : GS(α°)F denotes the jellyfish separator system composing of guiding net, separator net with α° slope and flap.

Table III-1. Continued

No.	Date	Type of jellyfish separator system	Starting trawling position	Towing time (min.)	Towing speed (knot)	Depth (m)	Surface Temp. (°C)	Air Temp. (°C)
41	Jul. 10, 2005	GS(20°)T	33°35.448'N, 126°20.994'E	30	3.4	115	24.9	28.0
42	Jul. 10, 2005	GS(20°)T	33°33.294'N, 126°22.024'E	30	3.4	120	24.8	26.0
43	Jul. 10, 2005	GS(20°)T	33°36.855'N, 126°19.252'E	30	3.4	115	24.0	25.0
44	Jul. 13, 2005	GS(20°)T	33°28.947'N, 126°10.541'E	40	3.4	69	22.9	25.0
45	Jul. 13, 2005	GS(20°)T	33°46.099'N, 125°57.000'E	30	3.5	75	24.3	26.0
46	Jul. 13, 2005	GS(20°)T	33°47.563'N, 125°56.564'E	50	3.5	70	24.3	26.0
47	Jul. 12, 2005	GSg(20°)F	33°30.600'N, 126°07.840'E	30	3.4	85	23.7	26.5
48	Jul. 12, 2005	GSg(20°)F	33°46.200'N, 125°56.996'E	35	3.4	74	24.1	26.5
49	Jul. 12, 2005	GSg(20°)F	33°47.836'N, 125°56.563'E	45	3.4	74	24.1	28.0
50	Jul. 14, 2005	S(20°)F	34°32.285'N, 128°12.353'E	30	3.5	45	21.0	25.0
51	Jul. 14, 2005	S(20°)F	34°33.070'N, 128°12.119'E	20	3.4	45	21.4	25.0
52	Jul. 14, 2005	S(20°)F	34°33.078'N, 128°09.085'E	30	3.5	43	21.7	24.0
53	Sep. 21, 2005	S(20°)F	32°25.437'N, 126°48.570'E	30	3.4	112	27.3	30.0
54	Sep. 21, 2005	S(20°)F	32°34.649'N, 126°52.095'E	30	3.3	111	27.7	29.5
55	Sep. 21, 2005	S(20°)F	32°45.326'N, 127°01.638'E	30	3.5	111	27.9	27.5
56	Sep. 22, 2005	S(20°)F	33°02.689'N, 126°51.631'E	30	3.2	102	26.5	29.0
57	Sep. 22, 2005	S(20°)F	33°12.370'N, 127°11.620'E	30	3.3	115	27.5	25.5
58	Sep. 22, 2005	S(20°)F	33°25.892'N, 127°35.674'E	30	3.2	107	27.7	25.0

Note : GS(α°)T denotes the jellyfish separator system composing of guiding net, separator net with α° slope and fish guiding tunnel.

GSg(α°)F denotes the jellyfish separator system composing of guiding net, separator grid with α° slope and flap.

S(α°)F denotes the jellyfish separator system composing of separator net with α° slope and flap.

Table III-1. Continued

No.	Date	Type of jellyfish separator system	Starting trawling position	Towing time (min.)	Towing speed (knot)	Depth (m)	Surface Temp. (°C)	Air Temp. (°C)
59	Sep. 25, 2005	GS(20°)T	34°37.026'N, 127°54.121'E	30	3.3	19	24.2	23.0
60	Sep. 25, 2005	GS(20°)T	34°38.466'N, 127°53.912'E	30	3.3	19	24.3	24.5
61	Sep. 25, 2005	GS(20°)T	34°34.746'N, 127°54.252'E	30	3.4	21	24.2	23.5
62	Sep. 26, 2005	GS(20°)T	34°32.983'N, 127°53.698'E	30	3.3	22	24.0	23.5
63	Sep. 26, 2005	GS(20°)T	34°34.205'N, 127°53.731'E	30	3.4	20	23.8	25.5
64	Sep. 26, 2005	GS(20°)T	34°31.735'N, 127°53.625'E	30	3.4	25	24.1	23.5
65	Sep. 27, 2005	GSg(20°)F	34°31.996'N, 127°53.709'E	30	3.4	24	23.8	22.5
66	Sep. 27, 2005	GSg(20°)F	34°33.619'N, 127°53.709'E	30	3.3	20	23.8	24.5
67	Sep. 27, 2005	GSg(20°)F	34°32.422'N, 127°53.699'E	30	3.3	23	23.7	23.0
68	Sep. 28, 2005	GS(20°)F	34°36.276'N, 127°54.183'E	30	3.3	19	23.9	23.5
69	Sep. 28, 2005	GS(20°)F	34°37.606'N, 127°53.857'E	30	3.3	19	23.9	25.0
70	Oct. 01, 2005	GS(20°)F	34°36.826'N, 127°53.812'E	30	3.3	20	23.5	25.5

3) 해파리 분리장치의 성능 분석

해파리 분리장치의 성능을 판별하는 기준은 우선 해파리가 조업과정에서 자루그물 밖으로 배출이 잘 되어야 하며, 다음으로 어획물이 배출구로 빠져나가는 양을 줄여 어획손실을 최소화하여야 이상적인 해파리 분리장치라 할 수 있다.

이와 같은 해파리 분리장치의 성능을 분석하기 위하여 먼저 해파리 배출률을 산출하였다. 즉, 해파리 배출구로 배출되어 덮그물에서 포획된 해파리 양을 COV_j 라 하고, 끝자루에서 포획된 해파리 양을 COD_j 라 할 경우 해파리 분리장치에 의한 해파리 배출률 R_j 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$R_j = \frac{COV_j}{(COV_j + COD_j)} \quad (1)$$

또한, 해파리 분리장치 성능 분석의 다른 요소로서 배출구로 빠져나가는 어류의 양인 어획손실률을 산출하였다. 즉, 배출구를 통하여 자루그물 밖으로 빠져나가는 어류의 양(또는 미수)을 COV_f 라 하고, 끝자루에서 어획되는 어류의 양(또는 개체수)을 COD_f 라 할 경우 해파리 분리장치에 의한 어획손실률 L_f 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$L_f = \frac{COV_f}{(COV_f + COD_f)} \quad (2)$$

어획손실률 계산은 어류, 연체류, 갑각류로 구분하여 산출하였으며, 2005년도에는 갑각류 어획량(개체수)이 조사해역에 따라 많은 변동이 있고, 갑각류중 갯가재, 소형게류와 새우류는 저서성 및 매몰성 종이므로 해파리 분리장치의 성능을 규명하는데 제2종 오류를 범할 가능성이 있으므로 계산에서 제외하였다.

식 (1)과 (2)로부터 해파리 분리장치 성능평가에 있어서 해파리 배출률 R_j 는 높을수록 성능이 우수하다고 할 수 있고, 어획손실률 L_f 는 낮을수록 성능이 우수하다고 할 수 있다.

2. 결과

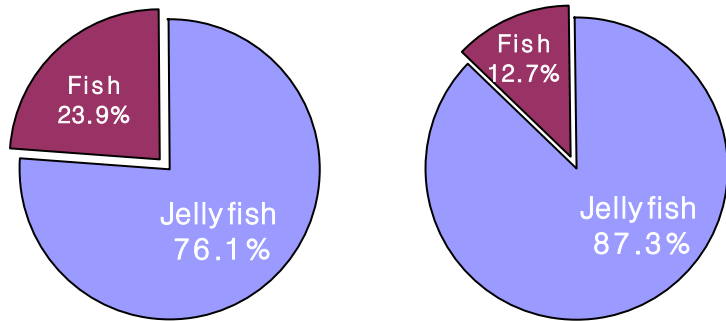
1) 포획물의 종류와 비율

(1) 어류

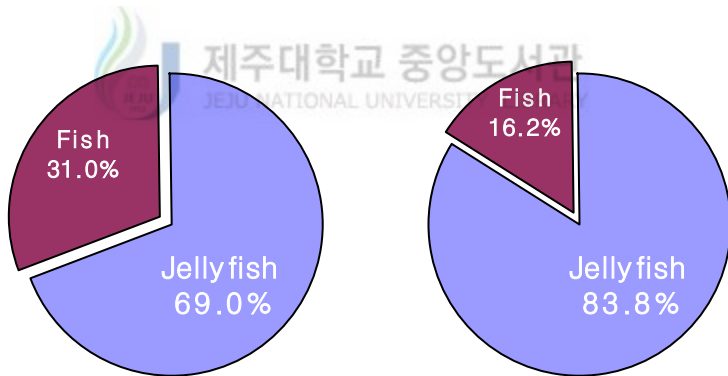
조사기간 중 총 어획량과 양망당 어획량을 살펴보면, 2004년 7월에는 총 15회 시험조업에서 224.5kg과 15.0kg이었고, 9월에는 총 18회 시험조업에서 1,685kg과 93.6kg이었다. 2005년 7월에는 총 19회 시험조업에서 1,002.7kg과 52.8kg이었고, 9월에는 총 18회 시험조업에서 1,095kg과 60.8kg이었다(Fig. III-12).

대체적으로 9월이 7월보다 양망당 어획량은 많게 나타났으나 해파리를 포함하는 총 어획물 중 어류가 차지하는 비율은 7월이 9월보다 높았다. 또한 어류의 비율이 13~31%로 해파리의 비율 69~87%보다 낮게 나타나, 이 시기에는 어류보다 해파리가 총 어획물의 2/3이상 점유함을 알 수 있다.

조사기간 중에 어획된 어종은 총 104종으로 어류 88종, 갑각류 8종, 연체류 7종, 극피동물 1종으로 주 어획종은 셋돔, 보구치, 갈치, 덕대 등이었다(Table III-2). 조사 시기별로 살펴보면, 2004년 7월에는 총 40종이 어획되었으며, 주 어획종은 황아귀, 갈치이었고, 9월에는 총 42종이 어획되었으며, 주 어획종은 셋돔, 갈치, 덕대이었다. 2005년 7월에는 총 65종이 어획되었으며, 주 어획종은 덕대, 눈볼대, 달고기이었고, 특히 제주도 한림 연안에서 조업시에는 새우류와 갯가재가 다른 해역보다 많이 어획되었다. 2005년 9월에는 총 71종이 어획되었으며, 주 어획종은 보구치, 셋돔, 갈치 등이었다(Table III-2).



(a) 2004



(b) 2005

(July)

(September)

Fig. III-12. Distribution rates of CPUE(fish and jellyfish in weight) in July and September from (a) 2004 to (b) 2005.

Table III-2. Summary of catch analysis for jellyfish separator system performance from 2004 to 2005

No.	Korean name	Scientific name	Number of individuals									
			July, 2004		September, 2004		July, 2005		September, 2005			
			Cover -net	Exclusion ratio	Cover -net	Exclusion ratio	Cover -net	Exclusion ratio	Cover -net	Exclusion ratio		
1	두툽상어	<i>Scylliorhinus torazame</i>			4	41	0.09	6	0			
2	홍어	<i>Raja kenoeji</i>		1	0	2	19	0.10	2	1	0.67	
3	잔가오리	<i>Narke japonica</i>								1	0	
4	전어	<i>Konosirus punctatus</i>					1		19	23	0.45	
5	준치	<i>Ilisha elongata</i>		2								
6	반지	<i>Setipinna taty</i>		301	222	0.58			307	589	0.34	
7	청멸	<i>Thrissa kammalensis</i>							5	2	0.71	
8	멸치	<i>Engraulis japonica</i>				2	3	0.40				
9	매롱이	<i>Saurida undosquamis</i>	5		1	1	1	0.50		4	0	
10	히메치	<i>Hime japonica</i>						0		12	0	
11	갯장어	<i>Muraenesox cinereus</i>		1	3	0.25			1	15	0.06	
12	붕장어	<i>Astroconger myriaster</i>			1	10		0.09				
13	솔비늘치	<i>Coelorthynchus multispinulosus</i>				1	6	0.14				
14	대주둥치	<i>Macrorhamphosus sagifue</i>								150	0	
15	실고기	<i>Syngnathus schlegelii</i>								8	0	
16	산갈치	<i>Regalecus russellii</i>	1	1	0.50							
17	칠감둥어	<i>Monocentris japonicus</i>					1	1		1	0	
18	달고기	<i>Zeus japonicus</i>	2	2	0.50		477	66	0.88	159	32	0.83
19	민달고기	<i>Zenopsis nebulosa</i>	8	2	0.80		7	25	0.22	1	1	
20	애꼬치	<i>Sphyraena japonica</i>	1	2	0.33		6	5	0.55	7	10	0.41
21	꼬치고기	<i>Sphyraena pinguis</i>				12	2	0.86		13	0	



Table III-2. Continued

No.	Korean name	Scientific name	Number of individuals																	
			July, 2004			September, 2004			July, 2005			September, 2005								
			Cover -net	end	ratio	Cover -net	end	ratio	Cover -net	end	ratio	Cover -net	end	ratio						
22	농어	<i>Lateolabrax japonicus</i>				1						1								
23	다금바리	<i>Niphon spinosus</i>							1	2	0.33	2	6	0.25						
24	눈볼태	<i>Döderleinia berycooides</i>	12	1	0.92	2	0	0	185	1,032	0.15	21	93	0.18						
25	독돔	<i>Banjos banjos</i>										4		0						
26	빨돔	<i>Priacanthus boops</i>										1	2	0.33						
27	홍치	<i>Priacanthus macracanthus</i>										1	2	0.33						
28	열통가리돔	<i>Apogon lineatus</i>	15			1	9	0.10	15	466	0.03	7	4	0.64						
29	불기우럭	<i>Malakichthys wakiyae</i>							16	46	0.26									
30	청보리멸	<i>Sillago japonica</i>	2																	
31	옥돔	<i>Branchiostegus japonicus japonicus</i>										10		0.03						
32	보구치	<i>Nibeia argentatus</i>	5	4		64	0.56		49	125	0.28	969	3,456	0.22						
33	민태	<i>Johnius belengerii</i>				47	0.73		1	6	0.14									
34	참조기	<i>Pseudosciaena manchurica</i>	47	6		7	0.88		36	64	0.36									
35	황돔	<i>Taius tumifrons</i>										48	509	0.09						
36	참돔	<i>Chrysophrys major</i>				1	0		1	1	0	1	1	0.50						
37	노랑촉수	<i>Upeneus bensasi</i>										1	1	0.50						
38	황줄돔	<i>Histiogaster typus</i>										1		0						
39	잠줄홍갈치	<i>Acanthocephala krusenstermii</i>																		
40	갈진갱이	<i>Caranx equula</i>				3	2	0.60	1	1	0	9		0						
41	진갱이	<i>Trachurus japonicus</i>	29	2	0.94	46	0.58		1	16	0.06	376	183	0.67						
42	젯방어	<i>Seriola purpurascens</i>				1	0													
43	주둥치	<i>Leiognathus nuchalis</i>	2	1	0.67				1		0	4	3	0.57						

Table III-2. Continued

No.	Korean name	Scientific name	Number of individuals													
			July, 2004			September, 2004			July, 2005			September, 2005				
			Cover -net	Exclusion ratio	Cod- end	Cover -net	Exclusion ratio	Cod- end	Cover -net	Exclusion ratio	Cod- end	Cover -net	Exclusion ratio	Cod- end		
44	쌍둥가리	<i>Neopercis sexfasciatus</i>	1		1			12				0		1		0
45	열쌍둥가리	<i>Neopercis multifasciatus</i>												1		0.10
46	얼룩통구멍	<i>Uranoscopus japonicus</i>	7	0.25	4	3	0.57	3	66	0.04	0			14		0
47	베도라치	<i>Enedrias nebulosus</i>						1	1	0.50						
48	등가사치	<i>Zoarces gillii</i>						1	1							
49	그물메기	<i>Neobythites sivicola</i>						4	78	0.05	0			3	1	0
50	붉은메기	<i>Hoplobrotula armata</i>						1	6	0						0.75
51	날뚫양태	<i>Callionymus beniteguri</i>						1		1						
52	통치	<i>Rexea solandri</i>														
53	갈치	<i>Trichiurus lepturus</i>	101	0.74	1,384	574	0.71	30	34	0.47	0			624	915	0.41
54	고등어	<i>Scomber japonicus</i>			1	1	0.50									
55	삼치	<i>Scomberomorus niphonius</i>			49	11	0.82							6	8	0.43
56	병어	<i>Pampus argenteus</i>	12	0.63				29	30	0.49				6	12	0.33
57	덕대	<i>Pampus echinogaster</i>	50	0.85	622	680	0.48	693	531	0.57				197	214	0.48
58	셋돔	<i>Psenopsis anomala</i>	41	0.91	11,717	5,685	0.67	69	96	0.42				940	1,082	0.46
59	조피볼락	<i>Sebastes schlegelii</i>						1		1						
60	볼볼락	<i>Sebastes thompsoni</i>						1	2	0.33						
61	솜뱅이	<i>Sebastes marmoratus</i>							4	0						
62	홍감펭	<i>Helicolenus hilgendorfi</i>							3	0				1		1
63	점감펭	<i>Scorpaena neglecta f. neglecta</i>													8	0
64	살살치	<i>Scorpaena izensis</i>												1	1	0.50
65	플미역치	<i>Erisiphex pottii</i>						2	14	0.13						

Table III-2. Continued

No.	Korean name	Scientific name	Number of individuals													
			July, 2004			September, 2004			July, 2005			September, 2005				
			Cover -net	Exclusion ratio	Cod- end	Cover -net	Exclusion ratio	Cod- end	Cover -net	Exclusion ratio	Cod- end	Cover -net	Exclusion ratio	Cod- end		
66	성대	<i>Chelidonichthys kumu</i>			10	77	0.11	16	69	0.19			2	1	0.67	
67	꼬마달재	<i>Lepidotrigla guinthei</i>	15	23												
68	달강어	<i>Lepidotrigla microptera</i>														
69	양태	<i>Platycephalus indicus</i>	1	3												
70	삼세기	<i>Hemitripterus villosus</i>			1	2	0.14		7	0			1	2	0	
71	꼼치	<i>Liparis tanakai</i>														
72	넙치	<i>Paralichthys olivaceus</i>														
73	별넙치	<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	7	14												
74	점넙치	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	7	20												
75	물가자미	<i>Eopsetta grigorjewi</i>														
76	도다리	<i>Pleuronichthys cornutus</i>			1	6	0.15		2	0						
77	문치가자미	<i>Limanda yokohamae</i>			1	9	0.16		3	0						
78	참가자미	<i>Limanda herzensteini</i>			1	7	0.18		6	0.25						
79	노랑각시서대	<i>Zebrias fasciatus</i>	7	14												
80	개서대	<i>Cynoglossus robustus</i>	1	1												
81	말쥐치	<i>Navodon modestus</i>			1	1	0.50		1	0						
82	복섬	<i>Fugu niphobles</i>	1	1												
83	자주복	<i>Takifugu rubripes</i>														
84	은밀복	<i>Lagocephalus wheeleri</i>														
85	흑밀복	<i>Lagocephalus gloveri</i>			1	1	0.51		3	0.73						
86	황아귀	<i>Lophius litulon</i>	122	118					46	101	0.31			7	7	0.50

주요 어획종의 시기별 어획손실률을 살펴보기 위해 시험기간중에 끝자루와 덮그물에서 어획된 개체의 미수에 따른 어종별 어획손실률을 Table III-2에 나타내었다.

2004년도에는 S형과 GS형 분리장치를 사용하여 해파리 배출률을 높일 수 있는 구조를 도출하기 위한 시험을 수행하였으며, 2005년도에는 2004년도에 도출된 구조를 바탕으로 어획손실을 줄일 수 있는 방안을 마련하고자 하였다.

2004년 7월 S형 분리장치를 사용한 조사결과 활동성이 강한 어류는 배출구를 통해 빠져나가 덮그물에서 어획되는 비율이 높아서 어획손실률은 전갱이 94%, 셋돔 91%, 참조기 89%, 덕대 85% 그리고 갈치 74%를 보였다. 그렇지만 저서성 어류 및 유영력이 약한 어류는 끝자루에서 많이 어획되어 어획손실률은 별넙치 및 참가자미 33%, 점넙치 26%, 얼룩통구멍 25%로 나타났으며, 물가자미인 경우에는 배출구로 빠져나간 개체는 없었다. 갑각류의 경우에는 어획손실률이 새우류가 13%, 소형게류가 2%로 저서성 어류보다 어획손실률이 적게 나타났는데 이들은 저서성 어류보다 유영력이 떨어져서 생기는 현상으로 보인다. 하지만 저서성 어류인 황아귀의 경우에는 어획손실률이 51%로 다른 저서성 어류보다 높게 나타났는데, 이는 분리망의 그물코 크기에 따른 선택작용에 의한 결과로 보여진다.

2004년 9월 GS형 분리장치를 사용한 조사결과 어류의 어획손실률은 민태 73%, 갈치 71%, 셋돔 67%, 반지 및 전갱이 58%, 보구치 56% 그리고 덕대 48%로 2004년 7월 조사 때보다 20%이상 낮게 나타났다. 이것은 S형 분리장치에 유도망을 추가 설치한 형태의 분리장치(GS형)를 사용한 결과로 추정되며, 추가 설치한 유도망이 자루그물로 유입되는 어획물을 분리망의 하부로 유도하여 분리망에서 어류와 해파리가 분리될 수 있는 기회가 많았기 때문이라 판단된다. 갑각류의 경우에는 꽃게가 17%, 갯가재가 16%, 새우류가 27%의 어획손실률을 보여 어류보다 낮은 어획손실률을 나타내었다.

2005년 7월에는 어획손실률을 줄이기 위한 방안으로 해파리 배출구에 덮개를 사용한 SF, GSF, GSgF형 분리장치와 GST형 분리장치를 사용하였는데, 조사결과 달고기만 88%의 높은 어획손실률을 보인 반면, 다른 어종은 대체적으로 낮은 어획손실률을 보였다. 즉, 덕대 57%, 병어 49%, 갈치 47%, 셋돔 42%, 참조기 36%, 보구치 28%로 2004년 9월 조사 때보다 어획손실률이 15%이상 낮게 나타났다. 그리고 소형 어류인 눈볼대와 열동가리돔은 각각 15%와 3%의 어획손실률을 보여 소형어류는

해파리 배출구로 빠져나가지 못하고 주로 끝자루에서 어획되었다. 이는 2004년 조사 시에 어류의 손실률이 많아 어류가 배출구를 통하여 빠져나가는 것을 줄이기 위한 방안으로 배출구에 설치한 덮개의 역할과 유도망을 통과한 어류는 모두 끝자루에서 어획되도록 새롭게 설계된 해파리 분리장치(GST형)에 기인했다고 사료된다. 또한 저서성 어류인 넙치류와 가자미류는 13~18%의 어획손실률을 보였고, 갑각류(갯가재, 게류, 새우류)는 1~2%의 어획손실률을 보여 거의 해파리 배출구로 빠져나가지 못하는 것으로 나타났다.

2005년 9월 조사에서도 7월 조사에 사용된 해파리 분리장치를 사용하였는데, 7월 조사 때와 같은 경향을 보여 달고기만 83%의 높은 어획손실률을 보인 반면, 다른 어종은 대체적으로 낮은 어획손실률을 보였다. 즉, 전갱이가 67%이고, 덕대 48%, 셋돔 46%, 갈치 41%이었고, 최대 어획미수를 보인 보구치는 22%의 어획손실률을 보였다. 갑각류 중 까다시꽃게의 경우에는 8%의 어획손실률을 보였으며, 다른 갑각류의 경우에도 12%이하의 어획손실률을 보였다.

어류와 해파리는 혼획이 되므로 이들 간에 상관관계를 살펴보면, 해파리 배출률(R_j)과 어획손실률(L_f)과의 상관관계(Fig. III-13)는 아래와 같은 관계식으로 나타났다.

$$L_f = 0.5102R_j + 0.1331 \quad (R=0.7027) \quad (3)$$

식 (3)을 통해 해파리가 많이 어획되는 시기에는 해파리와 함께 배출구를 통해 빠져나가는 어류의 양도 증가해 어획손실률도 높아질 것이라는 것을 알 수 있다.

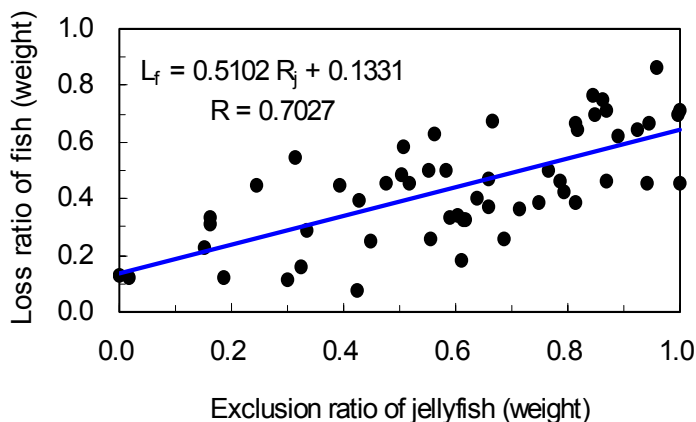


Fig. III-13. Relationship between loss ratio of fish(in weight, L_f) and exclusion ratio of jellyfish(in weight, R_j) in the jellyfish separator system.

(2) 해파리

우리나라 주변해역에서 어업에 피해를 입히는 해파리는 다수종이 있으나 시험 조사기간 중에 포획된 해파리는 총 2종으로 노무라입깃해파리(*Nemopilema nomurai*)와 유령해파리(*Cyanea nozakii*)였다. 유령해파리는 2004년 7월 조사에서만 출현하였으며, 노무라입깃해파리는 2004년 9월, 2005년 7월, 9월에 출현하였다.

7월에 출현한 유령해파리의 우산직경은 27~70cm, 습중량은 1.5~13.5kg이었고, 노무라입깃해파리의 우산직경은 14~64cm, 습중량은 0.3~7.5kg이었다. 9월에 출현한 노무라입깃해파리의 우산직경은 7월보다 대체적으로 큰 편으로 71~97cm이었고, 습중량은 12~30kg이었다.

포획된 노무라입깃해파리의 우산직경과 습중량과의 관계를 Fig. III-14에 나타내었다. 우산직경(D, cm)에 대한 습중량(W, kg)의 관계는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$W = 0.5248 e^{0.0427D} \quad (R=0.8593) \quad (4)$$

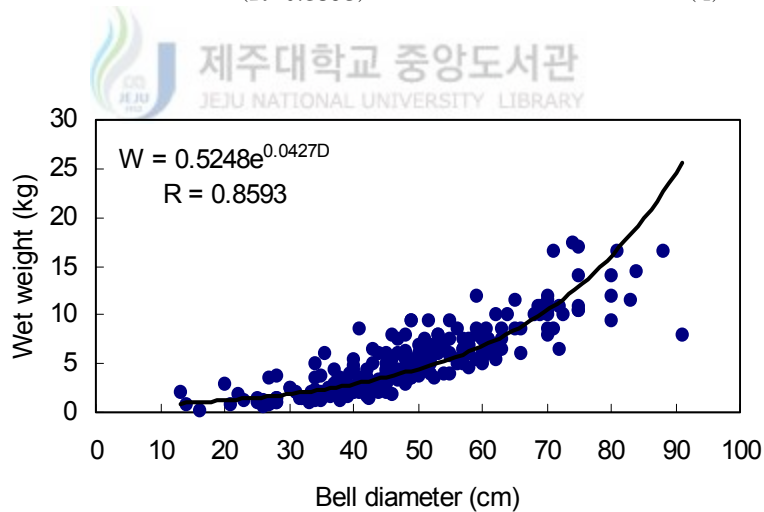


Fig. III-14. Relationship between bell diameter(D, cm) and wet weight(W, kg) of *Nemopilema nomurai*.

Fig. III-15는 조사기간 동안에 양망시마다 조사된 해파리 포획량과 표층수온의 변화를 나타낸 것이다. 해파리가 50kg이상 포획될 때의 표층수온은 2004년 7월에는 23.3~24.3℃, 2004년 9월에는 23.8~25.2℃, 2005년 7월에는 24.1~25.6℃, 2005년 9월에는 23.5~24.3℃였다. 그러므로 조사기간 중에 해파리는 표층수온 23.3~25.6℃ 범위에서 주로 포획이 되었으며, 이 표층수온보다 낮거나 높을 경우에는 해파리 포획량이 적거나 전혀 없었다.

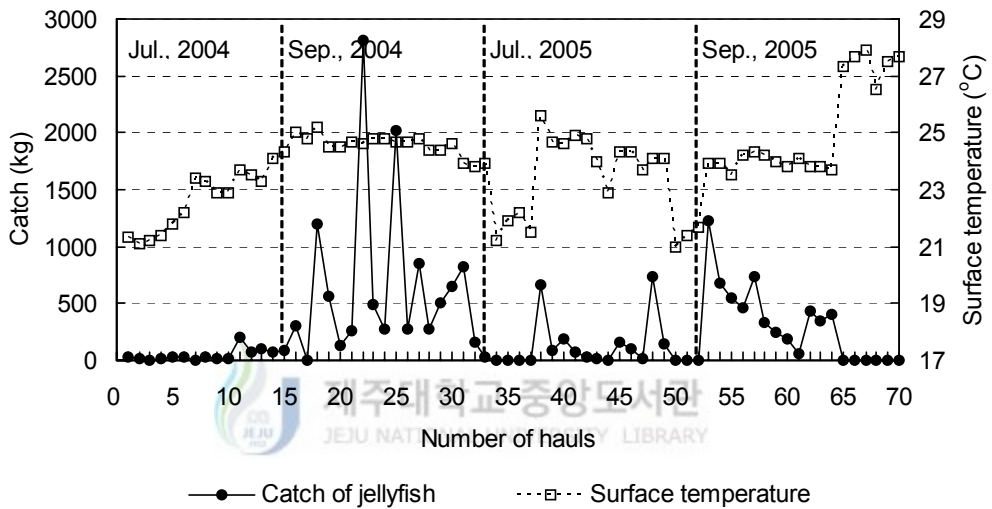


Fig. III-15. Variations of jellyfish catch(kg) and surface temperature(°C) during the experiment.

해파리 포획량은 2004년 7월에는 714.6kg으로 양망당 포획량은 47.6kg(어류를 포함한 총어획량의 76.1% 점유)이었고, 9월에는 11,594.8kg으로 양망당 포획량은 644.2kg(총어획량의 87.3% 점유)이었다. 2005년 7월에는 2230.3kg으로 양망당 포획량은 117.4kg(총어획량의 69.0% 점유)이었고, 9월에는 5,661.2kg으로 양망당 포획량은 314.5kg(총어획량의 83.8% 점유)이었다(Fig. III-12).

이와 같이 조업시 해파리 혼획률이 7월에는 69%이상, 9월에는 84%이상을 차지하고 있어 해파리가 발생하는 시기에는 해파리로 인한 조업피해가 클 것으로 예상된다. 실제적으로 해당 업종 어업인을 대상으로 해파리로 인한 어획량 감소율을 면담 조사결과 안강망에서는 약 30~90%, 저인망에서는 약 30~50%로 조사되었다. 안강

망이 저인망보다 어획량 감소율이 큰 것은 안강망어업은 어구를 부설하면 조업과정 중에 이동 할 수가 없고, 저인망은 해파리가 군집되어 있는 해역을 피하여 조업을 할 수 있기 때문이라 여겨진다.

끝자루와 덮그물에서 포획된 해파리 모양은 끝자루에서 포획된 해파리는 분리망을 통과해야 포획이 되므로 분리망 그물코 크기 정도로 조각난 해파리가 많았으며 (Photo III-1(a)), 덮그물에서 포획된 해파리는 몸체에 손상이 없는 개체가 많았다 (Photo III-1(b)).



(a) Cod-end



(b) Cover-net

Photo III-1. The jellyfish view caught in (a) the cod-end and (b) the cover-net.

2) 분리망의 경사각 변화에 따른 해파리 배출률

자루그물에서 해파리를 분리 배출하기 위하여 설치되는 분리망은 끝자루의 앞쪽에 위치하며, 자루그물 밑판에서 등판쪽으로 자루그물 뒤쪽을 향하여 경사지게 되어 있다. 이 경사각은 해파리의 배출률과 깊은 관계가 있으므로 적정 경사각을 찾아내는 것이 중요하다.

(1) S형 분리장치 분리망의 경사각 변화

(가) 해파리 배출률 및 어획손실률

S형의 분리망 경사각 10°, 15°, 20° 시험에서 해파리 배출률은 경사각 10°에서 평균 61%, 15°에서 평균 45%, 20°에서 평균 48%로 경사각이 낮을수록 해파리 배출률은 증가 경향을 보이고 있으나, S형의 전체적인 해파리 배출률은 평균 49%로 낮게 나타났다(Table III-3 및 Fig. III-16).

Table III-3. Exclusion ratio of jellyfish(weight, kg) by the gradient of separator net in July 2004

Gradient of separator net	No. of haul	Weight of jellyfish(kg)		Exclusion ratio
		Cod-end	Cover-net	
10°	1	4.5	19.5	0.81
	2	12.4	4.0	0.24
	3	1.5	5.5	0.79
	4	0	8.3	1.00
	5	13.5	12.3	0.48
	Subtotal		31.9	49.6
15°	1	10.5	13.5	0.56
	2	4.0	3.0	0.43
	3	16.5	7.5	0.31
	4	11.5	0	0.00
	5	4.1	13.5	0.77
	Subtotal		46.6	37.5
20°	1	83.0	125.5	0.60
	2	38.0	39.0	0.51
	3	49.0	52.5	0.52
	4	62.0	12.0	0.16
	5	53.5	34.5	0.39
	Subtotal		285.5	263.5
Total		364.0	350.6	0.49

또한, 분리망의 경사각에 따른 어획손실률은 어획중량 대비로는 경사각 10°에서는 평균 45%, 15°에서는 평균 55%, 20°에서는 평균 50%로 나타났으며(Fig. III-17), 어획미수 대비로는 경사각 10°에서는 평균 53%, 15°에서는 평균 56%, 20°에서는 평균 59%로 나타나(Fig. III-18) 경사각이 가장 낮은 10°에서 중량 대비 45%, 미수 대비 53%의 어획손실률을 보여 경사각 15°와 20°보다 비교적 낮은 어획손실률을 보였다.

분리망의 경사각도별 주요 어획종의 어획손실률을 살펴보면(Table III-4), 경사각 10°에서는 활동성이 강한 전갱이가 95%, 덕대 81%이고, 저서성 어종인 별납치 35%, 참가자미 27%로 나타났으며, 최다 어획종인 황아귀는 49%의 어획손실률을 보였다.

경사각 15°에서 어획손실률은 덕대 84%, 갈전갱이 67%였으며, 점납치 26%, 황아귀는 54%의 어획손실률을 보였다.

경사각 20°에서 어획손실률은 셋돔 100%, 참조기 97%, 갈치 95%였으며, 황아귀는 51%의 어획손실률을 나타냈으며, 물가자미 및 소형계류는 배출된 개체가 없었다.

분리망 경사각 10°, 15°, 20° 시험에서 사용한 해파리 분리장치는 Fig. III-1에 제시된 바와 같이 분리망과 배출구로만 구성(S형)되어 있고, 배출구는 그 높이가 1m가 되어 배출물이 높게 나타날 것으로 예상되었으나 해파리 배출물은 비교적 낮아 45~61%대였고, 어획손실률은 비교적 높아 중량 대비 45~55%, 미수 대비 53~59%로 나타났다. 이러한 현상은 분리망으로 사용한 그물감의 그물코 크기가 640mm로 7월에 출현하는 해파리의 개체크기에 비해 큰 그물코를 사용한 결과라 생각된다. 즉, 분리망은 분리망 그물코 크기보다 큰 개체는 배출구로 유도하여 배출시키고, 분리망 그물코 크기보다 작은 개체는 분리망을 통과하여 끝자루로 들어가도록 해야 한다. 7월 조사시의 해파리는 성장단계에 있는 해파리로 그 크기가 분리망의 그물코 크기보다 작은 개체가 많아 해파리 배출률이 비교적 낮게 나타난 것으로 생각된다. 그러므로 해파리 분리망의 그물코 크기는 해파리 출현시기의 개체크기에 따라 조정하여 사용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

저서성 어류를 제외한 주요 어류의 어획손실률은 67%이상 높게 나타났는데, 이는 어류가 분리망과 접촉할 기회가 많지 않게 설계된 분리장치의 구조에 기인한 것이

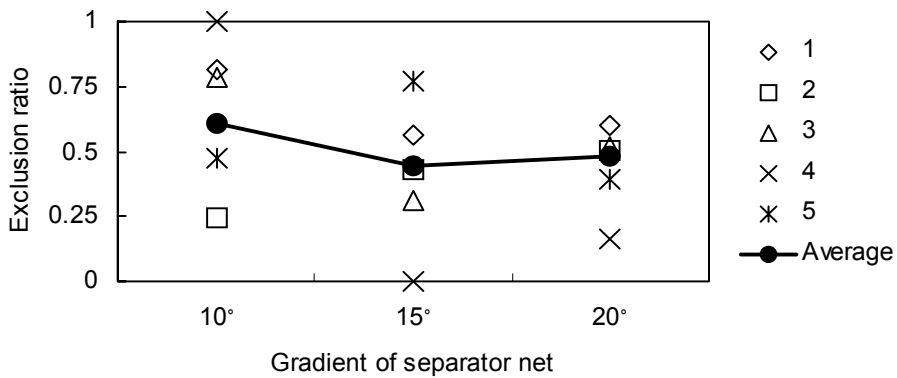


Fig. III-16. Exclusion ratio of jellyfish(weight) by the gradient of separator net in July 2004.

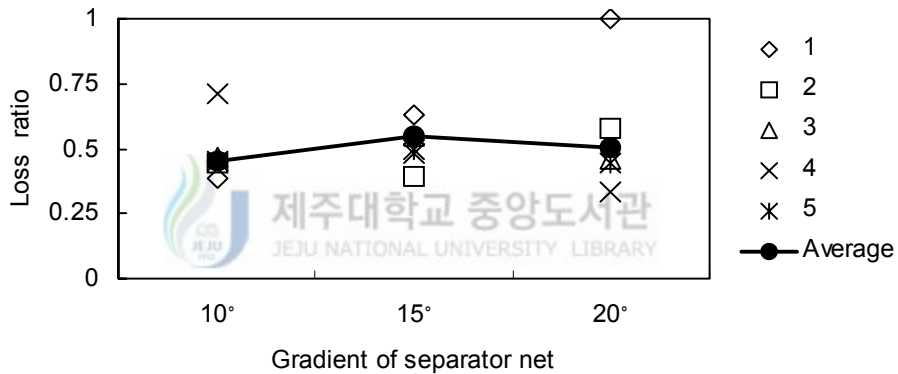


Fig. III-17. Loss ratio(weight) of fish by the gradient of separator net in July 2004.

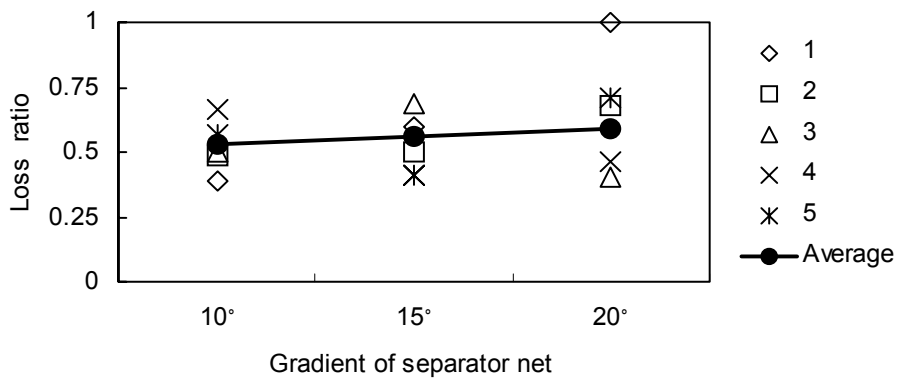


Fig. III-18. Loss ratio(number) of fish by the gradient of separator net in July 2004.

라 여겨진다. 즉, 해파리 분리장치 내에서 어류는 등판과 밑판사이 공간을 통과하여 분리망과 접하게 되는 데 분리망의 아래 부분과 접할 경우에는 어획될 확률이 높으며, 중간부분과 접할 경우에는 아래 부분과 접하는 경우보다 어획될 확률이 낮고, 윗부분과 접할 경우에는 배출구로 바로 배출될 확률이 높다. 이와 같은 현상은 조사 결과에서도 잘 반영되어 있다(Table III-4). 즉, 활동성이 높은 어류는 배출구를 통하여 배출되어 어획손실률이 높게 나타나고 있으며, 저서성 어종은 어획손실률이 낮게 나타나고 있다. 그렇지만 저서성 어종인 황아귀는 약 50%내외의 어획손실률을 보이고 있는 데, 이는 다른 어종에 비해 일반적으로 개체의 크기가 커서 분리망의 그물코에 의한 선택작용이 다른 어종보다 많이 작용한 결과라 판단된다.



Table III-4. Summary of catch analysis for the S type jellyfish separator system by the gradient of separator net in July 2004

No.	Korean name	Scientific name	Number of individuals							
			10°		15°		20°			
			Cover -net	Exclusion ratio	Cover -net	Exclusion ratio	Cover -net	Exclusion ratio		
1	매룡이	<i>Saurida undosquamis</i>			2		1	3		1
2	갯장어	<i>Muraenesox cinereus</i>				1	0			
3	산갈치	<i>Regalecus russellii</i>	1	0				1		1
4	달고기	<i>Zeus japonicus</i>	1	0.50		1	0	1		1
5	민달고기	<i>Zenopsis nebulosa</i>	4	0.80		1	0	4		1
6	애꼬치	<i>Sphyræna japonica</i>	2	0				1		1
7	눈볼대	<i>Döderleinia berycooides</i>	8	1		4	0.80			
8	열동가리돔	<i>Apogon lineatus</i>			15		1			
9	청보리멸	<i>Sillago japonica</i>	1	1		1	1			
10	보구치	<i>Nibea argentatus</i>	2	0		5	0.71			
11	참조기	<i>Pseudosciaena manchurica</i>	6	1		12	0.71	29	1	0.97
12	갈전갱이	<i>Caranx equula</i>			61		0.67			
13	전갱이	<i>Trachurus japonicus</i>	20	0.95		2	0.67	7		1
14	주둥치	<i>Leiognathus nuchalis</i>	2	1		1	0			
15	쌍동가리	<i>Neopercis sexfasciatus</i>			1		1			
16	얼룩통구멍	<i>Uranoscopus japonicus</i>	5	0.29		2	0.18			
17	갈치	<i>Trichiurus lepturus</i>	5	0.56				35	2	0.95
18	병어	<i>Pampus argenteus</i>			12		0.63			
19	덕대	<i>Pampus echinogaster</i>	13	0.81		32	0.84	5		1
20	셋돔	<i>Psenopsis anomala</i>	2	0.50		7	0.78	32		1

Table III-4. Continued

No.	Korean name	Scientific name	Number of individuals											
			10°				15°				20°			
			Cover -net	Cod- end	Exclusion ratio	Cover -net	Cod- end	Exclusion ratio	Cover -net	Cod- end	Exclusion ratio	Cover -net	Cod- end	Exclusion ratio
21	달강어	<i>Lepidotrigla microptera</i>	5	9	0.36	10	13	0.43	1	1	0			
22	양태	<i>Platycephalus indicus</i>	1	1	0	1	2	0.33						
23	별넙치	<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	7	13	0.35			0						
24	점넙치	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>				7	20	0.26						
25	물가자미	<i>Eopsetta grigorjewi</i>										23		0
26	도다리	<i>Pleuronichthys cornutus</i>					3	0						
27	참가자미	<i>Limanda herzensteini</i>	4	11	0.27	3	3	0.50						
28	노랑각시서대	<i>Zebrias fasciatus</i>				1	1	0.50						
29	복섬	<i>Fugu niphobles</i>				1		1						
30	황아귀	<i>Lophius litulon</i>	38	40	0.49	21	18	0.54	63	60	0.51			
31	살오징어	<i>Todarodes pacificus</i>				6	1	0.86	2	1	0.67			
32	창오징어	<i>Loligo (Photololigo) edulis</i>	11	2	0.85									
33	한치오징어	<i>Loligo (Photololigo) chinensis</i>	1		1									
34	फल뽕기	<i>Loligo beka</i>				2		1						
35	문어	<i>Paroctopus dofleini</i>					1	0		1	0			
36	꽃게	<i>Portunus trituberculatus</i>					1	0						
37	털게	<i>Erimacrus isenbecki</i>					1	0						
38	게류	Crab	1	14	0.07		4	0		40	0			
39	갯가재	<i>Squilla oratoria</i>				7	4	0.64						
40	새우류	Shrimp	2	3	0.40	3	30	0.09						
41	해삼	Sea cucumber					1	0						
Total			136	122	0.53	218	171	0.56	183	129	0.59			

(나) 주 어획종의 체장조성

Fig. III-19는 주 어획종인 황아귀의 분리망 경사각도에 따른 체장분포를 나타낸 것이다.

황아귀의 어획체장(전장)범위는 5.5~48.5cm(평균 27.4cm)로 체장 26cm를 전후하여 2개의 그룹을 형성하고 있다. 이 체장을 기준으로 할 때, 작은 개체그룹과 큰 개체그룹은 끝자루와 덮그물에서 분리망의 경사각에 상관없이 거의 유사한 형태로 분포하고 있다.

특히, 덮그물에서 어획된 황아귀에 있어, 체장 26cm를 기준으로 그 이상되는 큰 개체의 분포비율을 살펴보면, 경사각 10°에서는 약 55%, 경사각 15°에서는 약 62%, 경사각 20°에서는 약 70%가 되어 경사각이 커질수록 큰 개체가 배출구를 통하여 빠져나가는 비율이 높아지는 경향을 보이고 있다. 이와 같은 현상은 분리망의 경사각이 커질수록 분리망 길이가 짧아져서 그 만큼 분리망에 의한 선택작용 기회도 작아지게 된다. 그러므로 황아귀와 같은 저서성 어종인 경우에는 분리망의 길이에 따른 선택작용 영향을 많이 받으므로 경사각이 커질수록 분리망에 의한 선택작용 기회가 줄어들어 큰 개체들이 배출구로 빠져나가 덮그물에서 어획되는 비율이 높아진 것으로 판단된다.

또한, 경사각 20°에서는 덮그물에 작은 개체가 많이 어획된 경향을 볼 수 있다. 해파리 포획량을 분리망 경사각도별로 살펴보면, 10°에서는 81.5kg, 15°에서는 84.1kg, 20°에서는 549kg이 포획되어, 경사각 20°에서는 다른 경사각에서 보다 해파리 포획량이 약 6배 이상 되고 있다. 이런 현상으로 보아 경사각 20°에서 황아귀의 작은 개체가 덮그물에서 많이 포획된 것은 저서성 어종인 황아귀의 작은 개체가 자력으로 자루그물을 빠져 나갔다가 보다는 해파리가 배출될 때 함께 배출된 개체로 보여진다(Fig. III-13).

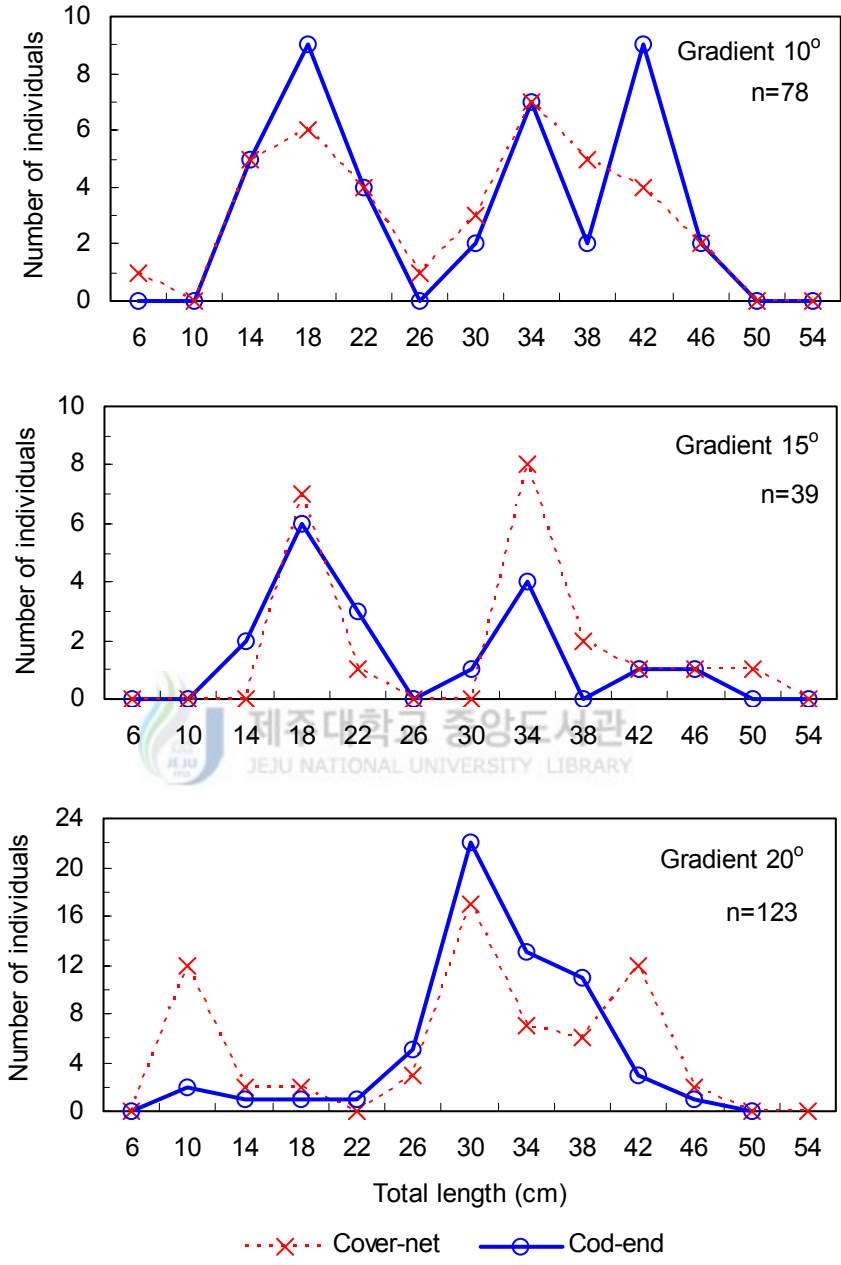


Fig. III-19. Size distributions of yellow gosefish, *Lophius litulon*, retained in the cod-end and the cover-net by the gradient of separator net in July 2004.

(2) GS형 분리장치 분리망의 경사각 변화

(가) 해파리 배출률 및 어획손실률

GS형의 분리망 경사각 20°, 30°, 40° 시험에서는 S형의 분리망 경사각 시험에서 나타난 문제점을 수정 보완하여 시험하였다. 즉, 자루그물로 유입되는 어획물이 분리망과 접촉할 확률을 높이기 위하여 어획물을 분리망의 아래 부분으로 유도하는 유도망을 분리망 앞쪽에 설치한 것이다. 그리고 분리망의 그물코 크기가 커서 분리망에서의 해파리 분리 변별력이 떨어진 것을 보완하기 위하여 분리망에 사용하는 그물감의 그물코 크기를 640mm에서 400mm로 줄여서 사용하였다. 또한 어획손실률을 줄이기 위한 방안으로 해파리 배출구의 높이를 1m에서 0.3m로 줄여서 사용하였다.

분리망 경사각 20°, 30°, 40° 시험에서 해파리 배출률은 경사각 20°에서 평균 95%로 거의 모든 해파리가 배출되는 경향을 보였으며, 경사각 30°에서는 평균 83%, 경사각 40°에서는 평균 86%로, GS형의 전체적인 해파리 배출률은 평균 86%로 높게 나타났다(Table III-5, Fig. III-20). 이것은 S형보다 해파리 배출률이 약 37% 높으므로, 분리망으로만 구성된 S형 분리장치보다 유도망이 설치된 GS형 분리장치가 해파리 분리장치로써 적합함을 알 수 있다. 또한, 분리망의 경사각은 해파리 배출률이 95%로 가장 높게 나타난 20°가 적정하다고 생각된다. 그렇지만, 경사각 20°에서 어획손실률은 어획 중량 대비 평균 58%, 어획 미수 대비 평균 60%로 높아 어획손실을 줄일 수 있는 방안 마련이 필요하다. 다른 경사각에서의 어획손실률은 어획 중량 대비로는 경사각 30°에서 평균 60%, 40°에서 평균 67%로 나타났으며(Fig. III-21), 어획 미수 대비로는 경사각 30°에서 평균 57%, 40°에서 평균 67%로 나타났다(Fig. III-22).

Table III-5. Exclusion ratio of jellyfish(weight, kg) by the gradient of separator net in September 2004

Gradient of separator net	No. of haul	Weight of jellyfish(kg)		Exclusion ratio
		Cod-end	Cover-net	
20°	1	-	305	1.00
	2	-	-	-
	3	71	1,122	0.94
	4	32	534	0.94
	5	20	108	0.84
	6	1	261	1.00
	Subtotal		124	2,330
30°	1	364	2,444	0.87
	2	75	416	0.85
	3	11	260	0.96
	4	416	1,604	0.79
	5	114	159	0.58
	6	156	700	0.82
	Subtotal		1,136	5,583
40°	1	90	180	0.67
	2	70	436	0.86
	3	50	595	0.92
	4	90	728	0.89
	5	30	130	0.81
	6	3	20	0.87
	Subtotal		333	2,089
Total		1,593	10,002	0.86

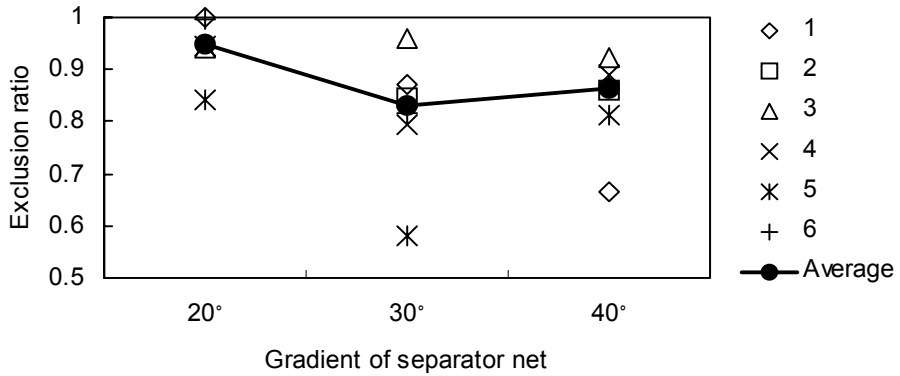


Fig. III-20. Exclusion ratio of jellyfish(weight) by the gradient of separator net in September 2004.

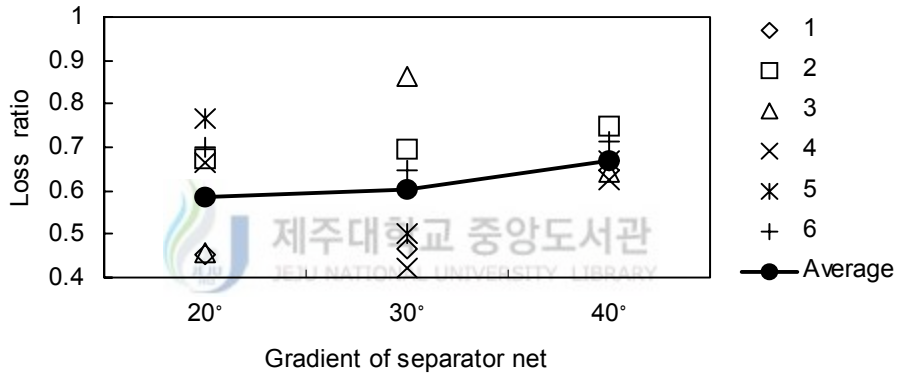


Fig. III-21. Loss ratio of fish(weight) by the gradient of separator net in September 2004.

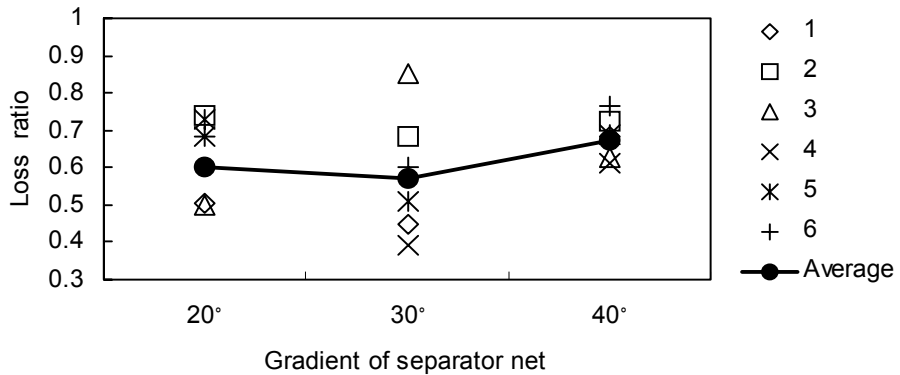


Fig. III-22. Loss ratio of fish(number) by the gradient of separator net in September 2004.

주요 어획종의 분리망 경사각도별 어획손실률을 살펴보면, 경사각 20°에서 덕대가 67%, 셋돔이 62%, 갈치가 59%, 보구치 70%, 전갱이 54%로 활동성이 큰 어류는 배출구로 통해서 50~70% 빠져나가는 것으로 조사되었다. 그렇지만 계류중 활동성이 큰 것으로 알려진 꽃게의 경우에는 어획손실률이 30%로 어류보다 낮게 나타났다 (Table III-6).

경사각 30°에서 셋돔은 64%의 어획손실률을 보였으며, 갈치 60%, 반지 42%, 덕대 32%의 어획손실률을 보였다. 꽃게의 경우에는 14%의 어획손실률을 보여 경사각 20°에서 보다 16%의 어획 증가 효과가 있었다.

경사각 40°에서는 셋돔이 69%의 어획손실률을 보였으며, 갈치 72%, 덕대 52%, 반지 66%, 보구치 48%의 어획손실률을 보였다. 꽃게의 경우에는 16%로 경사각 30°의 어획손실률과 유사하였으나 경사각 20°보다 14%의 어획 증가 효과가 있었다.

GS형의 분리망 경사각 시험에서는 셋돔이 주 어획종이었으며, 경사각에 따른 어획손실률은 경사각에 따라 큰 차이가 없이 60% 내외로 이를 줄일 수 있는 방안을 강구할 필요가 있다.



Table III-6. Continued

No.	Korean name	Scientific name	Number of individuals											
			20°				30°				40°			
			Cover -net	Cod- end	Exclusion ratio	Cover -net	Cod- end	Exclusion ratio	Cover -net	Cod- end	Exclusion ratio	Cover -net	Cod- end	Exclusion ratio
22	덕대	<i>Pampus echinogaster</i>	150	74	0.67	135	292	0.32	337	314	0.52			
23	셋돔	<i>Psenopsis anomala</i>	886	546	0.62	2,098	1,200	0.64	8,733	3,939	0.69			
24	양태	<i>Platycephalus indicus</i>				1	0	1						
25	별넙치	<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	0	3	0									
26	물가자미	<i>Eopsetta grigorjewi</i>	0	1	0									
27	도다리	<i>Pleuronichthys cornutus</i>	1	0	1									
28	문치가자미	<i>Limanda yokohamae</i>	0	1	0				1	0	1			
29	개서대	<i>Cynoglossus robustus</i>	1	9	0.10									
30	말쥐치	<i>Navodon modestus</i>							0	1	0			
31	복섬	<i>Fugu niphobles</i>							0	1	0			
32	은밀복	<i>Lagocephalus wheeleri</i>							0	1	0			
33	감오징어	<i>Sepia esculenta</i>	6	1	0.86	5	6	0.45	12	10	0.55			
34	꽃뚜기	<i>Loligo beka</i>				1	0	1						
35	낙지	<i>Octopus minor</i>	0	1	0									
36	문어	<i>Paroctopus dofleini</i>				0	1	0	0	1	0			
37	꽃게	<i>Portunus trituberculatus</i>	12	28	0.30	19	114	0.14	27	138	0.16			
38	민꽃게	<i>Charybdis japonica</i>				0	1	0						
39	게류	Crab	0	7	0	1	1	0.50						
40	대하	<i>Penaeus orientalis</i>	0	1	0									
41	갯가재	<i>Squilla oratoria</i>	0	7	0	1	30	0.03	11	25	0.31			
42	세우류	Shrimp	1	14	0.07	27	64	0.30	31	81	0.28			
Total			1,176	789	0.60	2,452	1,841	0.57	10,817	5,235	0.67			

(나) 주 어획종의 체장조성

주요 어획종의 끝자루와 덮그물에서의 체장분포를 분리망의 경사각에 따라 Fig. III-23~25에 나타내었다.

셋돔의 체장분포(Fig. III-23)는 가랑이 체장 9.7~19.6cm(평균 13.8cm)로 주로 체장이 12~17cm되는 1~2년생의 셋돔이 많이 어획되었다. 그리고 체장이 13cm 이상, 즉 1년생 이상 되는 셋돔은 덮그물에서가 끝자루에서 보다 큰 개체들이 많이 분포하는 경향을 보이고 있다. 이와 같은 현상은 셋돔이 생태적으로 해파리류를 먹이로 하고 있어 해파리 아래에 많이 모여 있기 때문에 해파리가 배출구로 배출될 때 함께 배출된 것으로 보여 진다. 그리고 끝자루와 덮그물에서 어획되는 개체의 체장분포는 거의 유사한 변화 경향을 보이고 있지만 분리망 경사각 20°에서는 덮그물에서의 체장분포가 끝자루에서의 체장분포보다 위에 위치하여 덮그물로 빠져나가는 개체가 많으나, 경사각이 커질수록 덮그물에서 어획되는 개체의 분포는 점점 낮아져서 경사각 40°에서는 끝자루의 체장 분포와 거의 유사한 분포를 하고 있다.

덕대는 가랑이체장 8.3~28.2cm(평균 13.8cm)의 체장분포(Fig. III-23)를 보이며, 주로 체장이 10~18cm되는 1년생 정도가 많이 어획되었다. 그리고 분리망 경사각 20°에서는 체장이 14cm이상, 경사각 30° 및 40°에서는 체장이 15cm 이상 되는 덕대는 배출구를 빠져나가는 개체수가 많아서 덮그물에서 큰 개체들이 많이 어획되는 경향을 보이며, 그 이하 체장에서는 끝자루에서 어획되는 개체수가 많게 나타나고 있다. 또한 분리망 경사각에 따른 끝자루와 덮그물에서의 체장분포 변화는 경사각 20°에서는 덮그물에서의 체장분포가 끝자루의 체장분포보다 위에 위치하지만 경사각이 커짐에 따라 체장 15cm이하 개체는 끝자루에서의 체장분포가 덮그물에서의 체장분포 위에 위치하여 경사각이 커질수록 끝자루에서 어획되는 비율이 높게 나타나고 있다. 체장 15cm이상 개체는 여전히 덮그물에서의 어획 비율이 높으나 경사각이 커짐에 따라 그 비율은 70%(20°), 63%(30°), 57%(40°)로 낮아지는 경향을 보인다. 그러므로 경사각 변화에 따른 체장분포는 셋돔의 경우와 같이 경사각이 커질수록 끝자루에서 어획되는 경향이 커짐을 알 수 있다.

갈치의 체장범위(Fig. III-24)는 항문장 8.3~28.5cm(평균 17.3cm)를 보이며, 주로 항문장이 12~24cm 되는 1~2년생의 갈치가 많이 어획되었다. 분리망 경사각 20°에서 항문장 14cm미만의 작은 개체는 그 개체의 67%가 끝자루에 분포하나 14cm이상

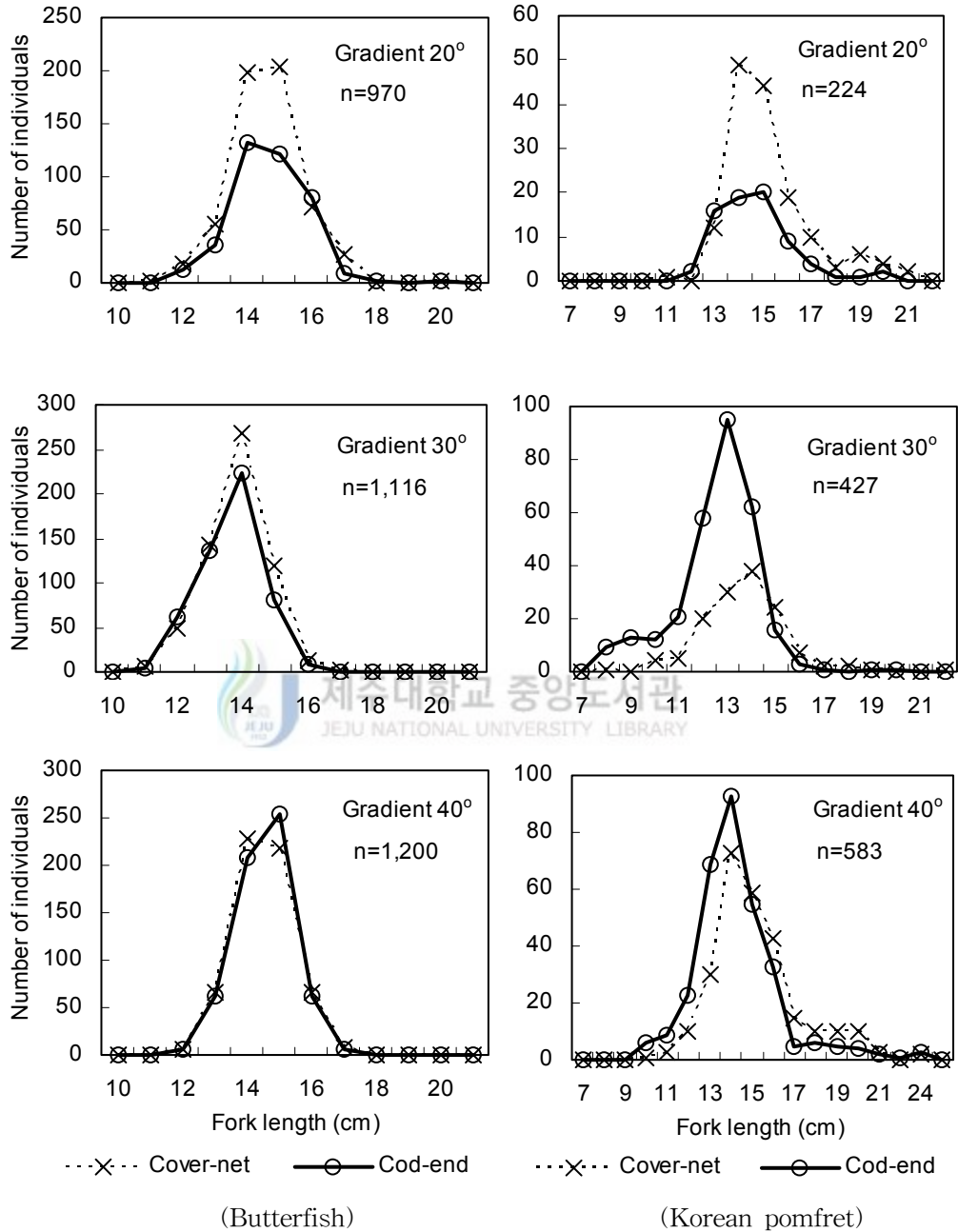


Fig. III-23. Size distributions of butterfish(*Psenopsis anomala*, left) and Korean pomfret(*Pampus echinogaster*, right) retained in the cod-end and the cover-net by the gradient of separator net in september 2004.

의 큰 개체는 그 개체의 73%가 덮그물에 분포하는 경향을 나타내고 있다. 경사각 30°와 40°에서 끝자루와 덮그물에서의 체장 분포경향은 덮그물의 체장분포가 끝자루의 분포보다 위에 위치하지만 그 변화 경향은 유사하게 나타나고 있다. 그러므로 같 치의 경우에는 경사각에 관계없이 덮그물에서의 분포경향이 높게 나타나 경사각에 따른 영향을 많이 받지 않는 것으로 생각된다.

반지는 가랑이 체장 7.1~16.5cm(평균 13.0cm)의 체장범위(Fig. III-24)를 보이며, 가랑이 체장이 11~16cm되는 반지가 주로 어획되었다. 분리망 경사각이 20° 및 30° 일 경우에는 끝자루에서가 덮그물에서 보다 모든 체장계급에 대하여 많은 개체 분포를 보이고 있으나, 경사각이 40°일 경우에는 덮그물에서 전 체장계급에 대하여 많은 개체수 분포를 보이고 있다. 그러므로 소형개체인 반지는 분리망 경사각이 커질 수록 배출구를 통해 빠져나가는 경향을 보여 주고 있다. 가랑이 체장 12~16cm의 반지 중 분리망 경사각도별 덮그물에서의 분포비율은 33%(20°), 42%(30°), 63%(40°)였다.

보구치의 체장범위(Fig. III-25)는 10.2~33.7cm(평균 21.4cm)로 주로 어획된 체장 범위는 20~28cm로 2~3년생의 보구치가 많았다. 끝자루와 덮그물에서의 체장분포 경향은 유사하게 나타나고 있으며, 분리망 경사각 20°에서는 덮그물에서의 체장분포가 끝자루보다 높게 나타나고 있으나 경사각 40°에서는 끝자루에서의 체장분포가 덮그물보다 높게 나타나고 있다. 그러므로 보구치의 경우에도 셋돔, 덕대와 같이 분리망의 경사각이 커질수록 끝자루에서 어획되는 개체가 많아진다고 할 수 있다.

꽃게는 최대두흉갑폭이 6.7~19.1cm(평균 11.7cm)의 범위(Fig. III-25)를 보이며, 끝자루에서의 체장분포는 모든 체장계급에서 분리망 경사각에 상관없이 덮그물보다 높게 분포하고 있다. 그러나 덮그물에서의 체장분포는 경사각이 커질수록 끝자루보다 상대적으로 낮아지는 경향을 나타내고 있다. 꽃게의 경우에는 해파리 배출구로 배출되는 개체수가 적어 경사각 40°에서의 어획손실률은 약 16%로 나타났다.

이상의 결과에서 유영력이 강한 셋돔, 덕대, 보구치 등은 분리망의 경사각이 커질수록 덮그물에서의 체장분포가 낮게 나타나고 끝자루에서의 체장분포가 높게 나타났다. 이것은 분리망의 경사각이 커질수록 분리망 그물코의 수직공간이 커지게 되어 어류가 분리망과 접했을 때 끝자루로 들어가기 쉽기 때문에 일어나는 현상이라 여겨진다. 소형개체인 반지의 경우에는 분리망 경사각이 커질수록 오히려 덮그물에

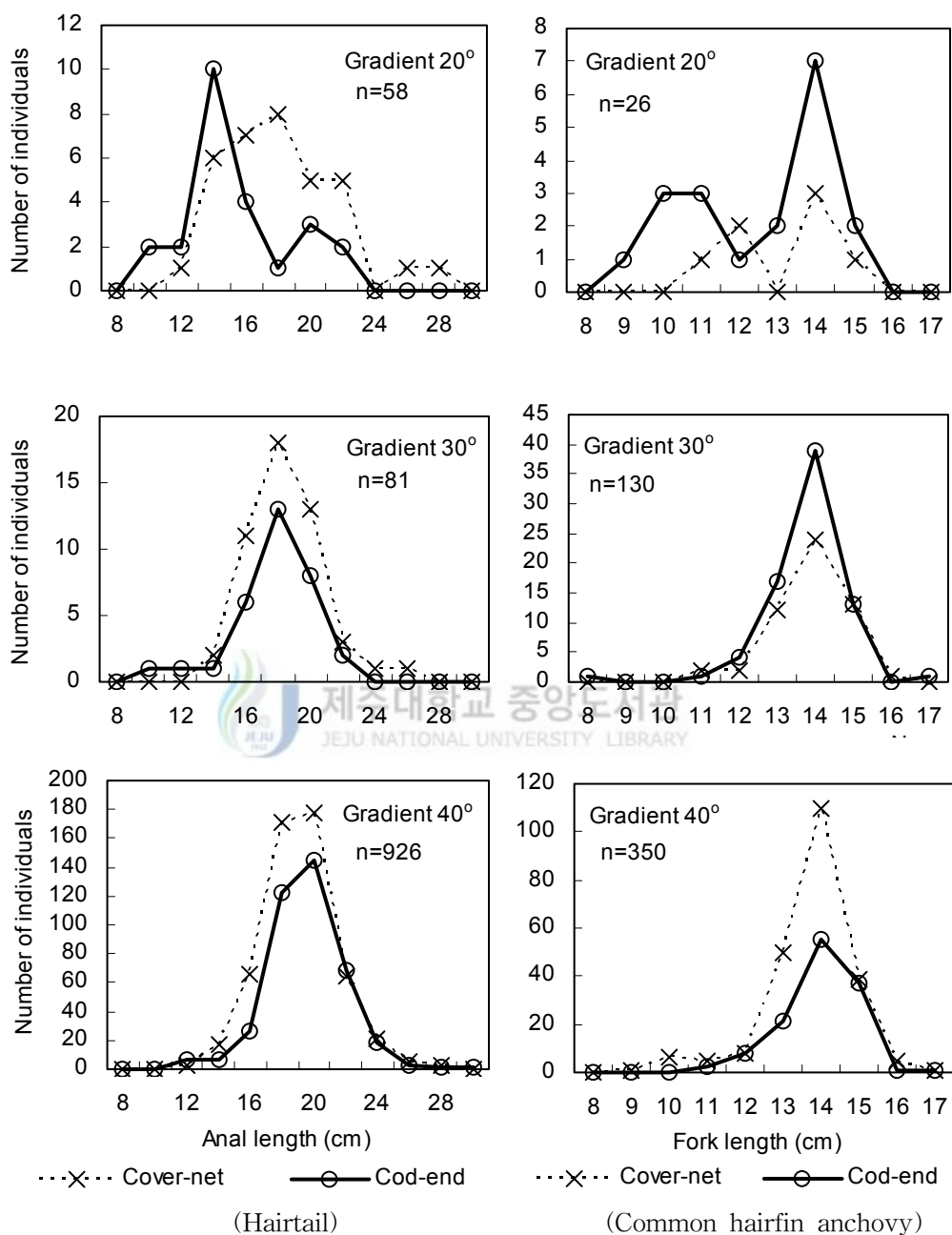


Fig. III-24. Size distributions of hairtail(*Trichiurus lepturus*, left) and common hairfin anchovy(*Setipinna taty*, right) retained in the cod-end and the cover-net by the gradient of separator net in September 2004.

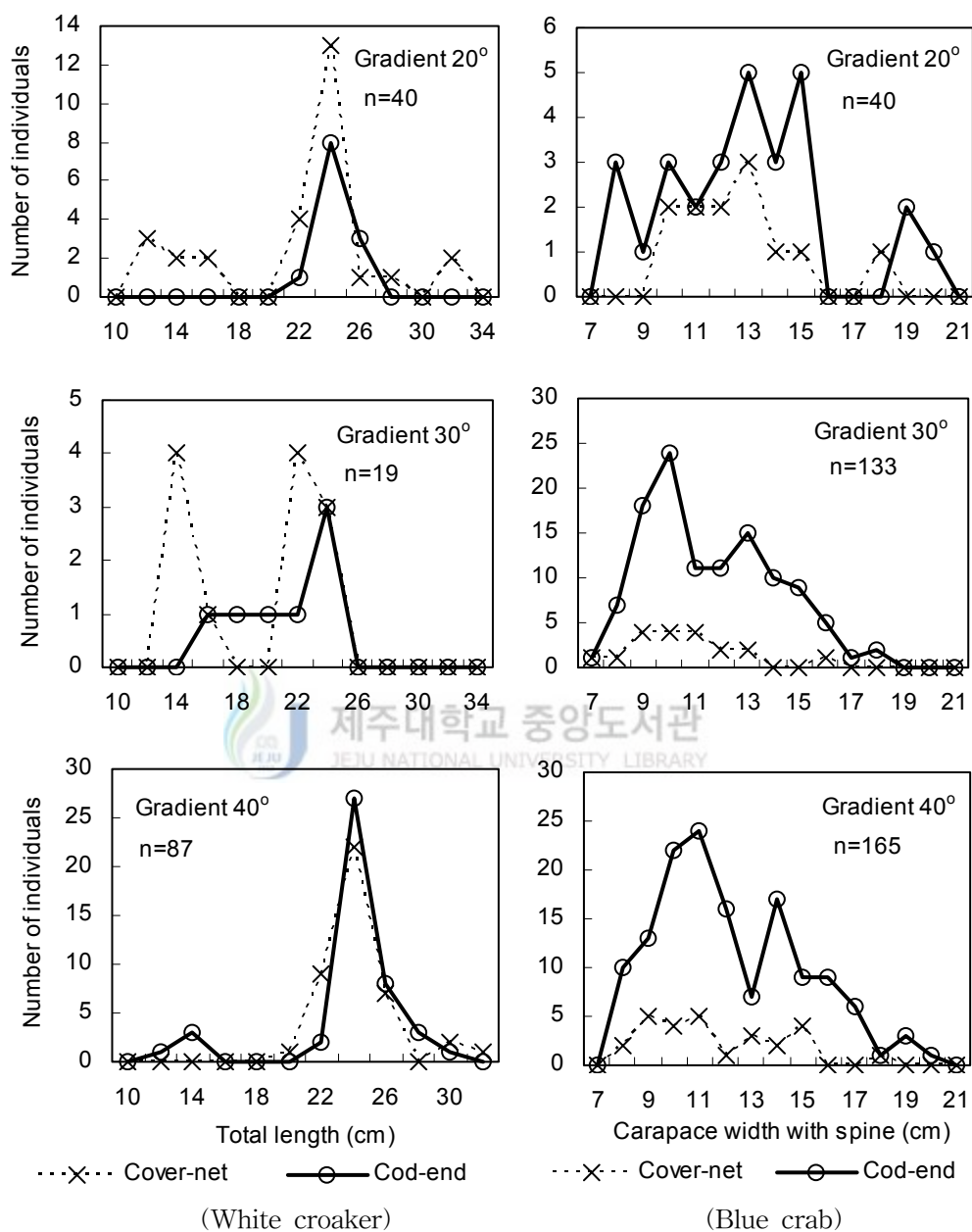


Fig. III-25. Size distributions of white croaker(*Argyrosomus argentatus*, left) and blue crab(*Portunus trituberculatus*, right) retained in the cod-end and the cover-net by the gradient of separator net in September 2004.

서의 체장분포가 끝자루보다 높게 나타나 셋돔, 덕대, 보구치의 경향과는 반대로 나타났다. 갈치의 경우에는 분리망 경사각이 체장분포에 많은 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 갑각류중 유영능력이 뛰어난 꽃게의 경우에는 끝자루에서 어획되는 개체가 덮그물에서 어획되는 개체보다 체장 및 개체수에서 높게 나타났다.

유도망과 분리망으로 구성된 해파리 분리장치(GS형)는 분리망의 경사각도에 따라 해파리 배출률은 최대 95%까지 좋은 결과를 나타냈지만, 어획손실률이 60%정도에 달하여 이를 줄일 수 있는 방안을 마련해야 할 필요가 있었다.



3) 분리망 경사각 20°에서의 분리장치 형태별 배출률

앞서의 시험에서 해파리 배출률을 기준으로 분리망의 경사각이 20°일 때가 해파리 배출률이 가장 높게 나타났으며, 그 때의 분리장치 형태는 유도망과 분리망으로 구성된 GS형이었다. 그렇지만 분리망의 경사각이 20°이고 형태가 GS형인 분리장치는 해파리 배출률은 좋았으나 어류의 배출량(손실률)도 60%내외를 차지하여 어획손실을 줄일 수 있도록 하는 방안이 필요하였다. 그래서 해파리 분리장치의 형태는 GS형을 유지하면서 어획 손실을 줄일 수 있는 분리장치를 개량 설계하여 시험하였다.

2005년 7월과 9월 시험에서는 어획손실을 줄일 수 있는 해파리 분리장치를 도출하기 위하여 배출구에 덮개를 부착한 SF형과 GSF형(Fig. III-3~4), 어류유도 통로는 있지만 배출구에 덮개를 부착하지 않은 GST형(Fig. III-5), 그리고 비교어구로서 배출구에 덮개가 부착된 GSgF형 분리장치를 사용하였다(Fig. III-6).

(1) 어획중량에 의한 어획손실률 산정 비교

Fig. III-26은 4가지 형태의 해파리 분리장치에서 어획된 어획물의 중량을 기준으로 하여 산정한 어획손실률을 나타낸 것이다. 2005년 7월 및 9월 조사에서는 새우류, 갯가재, 게류 등 갑각류가 많이 어획되었는데(Table III-7), 이는 시험조사 해역에 따른 결과(Fig. III-10)라 보이며, 특정 해파리 배출장치 형태에서 이들 종이 많이 어획되어 어획손실률 상호비교에 영향을 미쳐서 제2종 오류를 발생시킬 것으로 판단되므로 갑각류는 어획손실률 산정에서는 제외시켜 계산하였다.

SF형에서는 평균 어획손실률(중량 대비)이 49%로 조사되어 같은 형태의 덮개가 없을 때(50%, Fig. III-17)와 거의 같은 어획손실률을 보이고 있다. 그러나 GSF형은 평균 어획손실률(중량 대비)이 43%로 조사되어 같은 형태의 덮개가 없을 때(58%, Fig. III-21) 보다 약 15% 감소하였다.

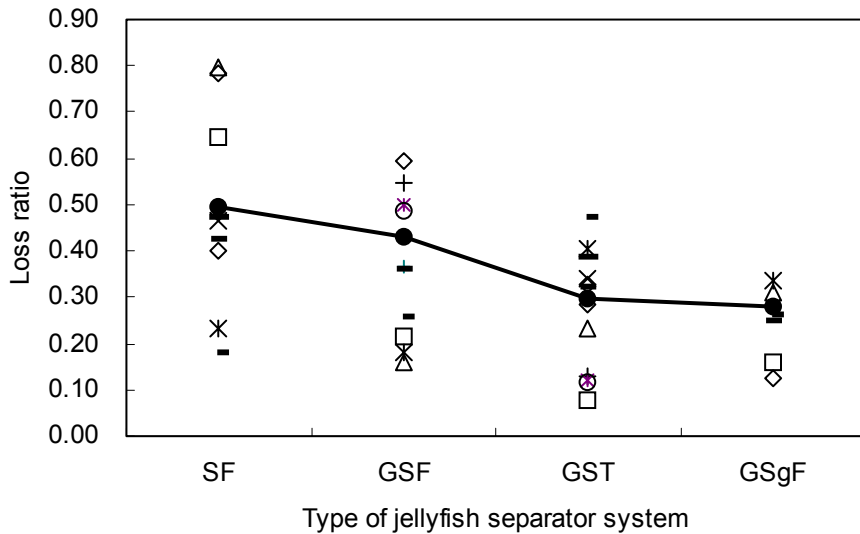


Fig. III-26. Loss ratio(weight) of fish by the types of jellyfish separator system in 2005.

GST형은 평균 어획손실률(중량 대비)이 30%로 비교어구인 GSgF형의 평균어획손실률 28%와 유사한 결과를 보이고 있다. 이 형태의 분리장치에는 덮개를 사용하지 않았는데, 어획손실률이 중량 대비 30%로 낮게 나타난 것은 어류유도통로가 제 역할을 하는 것으로 판단되며, 해파리 배출구에 덮개를 설치할 경우에는 어획손실률은 더 낮아질 것으로 예상된다.

기존의 비목표종 분리장치에 대한 연구에서는 분리기구로써 고형체인 철제 그리드를 사용해 왔다. 고형체인 철제 분리 그리드를 사용한 연구에서는 그 분리성능도 우수하게 나타났으나 실제적으로 현장 사용에 있어서는 강제 규정이 없을 경우에는 취급 및 사용에 있어 불편한 점이 많으므로 사용을 기피하여 왔다. 그래서 사용 및 취급의 편리성을 추구하기 위해 유연체인 그물감을 사용한 해파리 분리장치와 고형체인 분리기구와의 분리성능을 비교할 필요가 있으며, 이를 위해 분리망 부분만을 철제로 제작된 그리드로 대체한 해파리 분리장치가 GSgF형이다. 이 GSgF형 분리장치에서는 28%의 어획손실률(중량 대비)을 보여 어획물 분리성능은 우수하게 나타났다.

해파리 분리장치 구성물 중 유도망의 효용 및 기능을 파악하기 위하여 유도망을 제거하고 분리망과 해파리 배출구 덮개로 구성된 SF형도 시험하였다. 이 형태의 분리장치는 49%의 어획손실률을 보여 시험한 해파리 분리장치 형태 중 가장 어획물 분리 성능이 낮은 형태로 조사되었다. 이 결과는 유도망의 필요성을 보여주었으며, 유도망이 자루그물로 들어오는 어획물을 분리망의 하부로 유도함으로써 어획물이 분리망에서 분리될 수 있는 확률을 높여주고 있다고 생각된다.

이상의 해파리 분리장치 형태에서 비교어구인 GSgF형을 제외하고, GST형이 가장 낮은 어획손실률(30%)을 보이고 있으며, 분리망이 고품체 그리드로 된 GSgF형의 어획손실률(28%)과 거의 비슷하여 해파리 분리장치로써 사용 가능성을 확인할 수 있었다.

(2) 어획 개체수에 의한 어획손실률 산정 비교

Fig. III-27은 4가지 형태의 해파리 분리장치에서 어획된 개체수를 기준으로 하여 산정한 어획손실률을 나타낸 것이다. 개체수 대비 어획손실률을 계산하는 데 있어 새우류, 갯가재, 게류 등 갑각류는 상기의 어획 중량 대비 어획손실률 계산에서와 같이 개체수에 의한 제2종 오류 발생 가능성이 크므로 어획손실률 산정에서는 제외시켜 계산하였다.

GSF형은 평균 어획손실률(개체수 대비)이 37%로 조사되어 같은 형태의 덮개가 없을 때(60%, Fig. III-22)보다 약 23% 감소하였다.

GST형은 평균 32%(개체수 대비)의 어획손실률을 보여 다른 형태의 분리장치보다 낮은 어획손실률을 보였다. 이 형태의 분리장치에는 덮개를 사용하지 않았는데, 어획손실률이 낮게 나타난 것은 어류유도통로가 제 역할을 한 것으로 보이며, 해파리 배출구에 덮개를 설치할 경우에는 어획손실률은 더 낮아질 것으로 여겨진다.

비교어구인 GSgF형은 평균 28%의 어획손실률(개체수 대비)을 보여 어획물 분리 성능이 우수하게 나타났다.

이상의 해파리 분리장치 형태에서 GSgF형을 제외하고 GST형이 가장 낮은 어획손실률(32%)을 보였으며, 분리망이 고품체 그리드로 된 GSgF형(28%)과 큰 차이를 보이지 않았다.

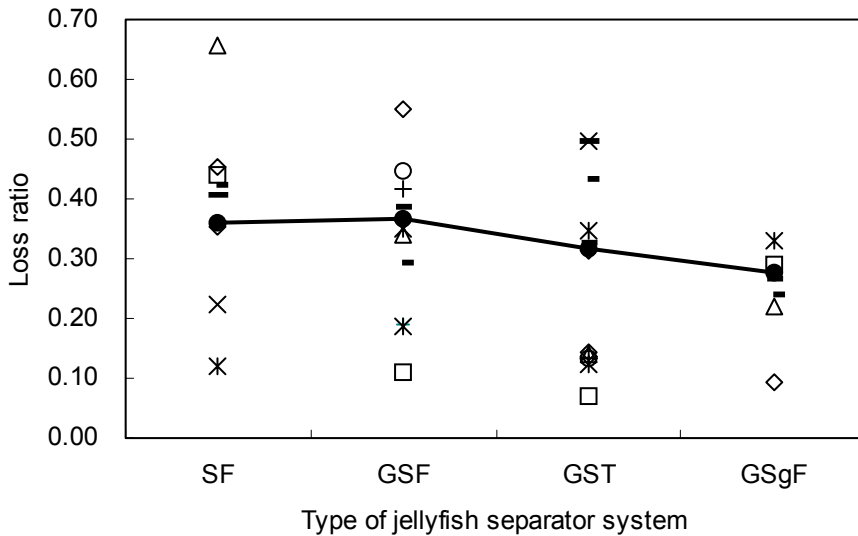


Fig. III-27. Loss ratio(number) of fish by the type of jellyfish separator system in 2005.

어획 중량 대비와 개체수 대비에 의한 어획손실률을 살펴 본 결과 GST형 분리장치가 기존의 철제 분리그리드를 사용한 GSgF형 분리장치와 유사한 어획손실률을 보여 해파리 분리장치로서 사용 가능성을 확인할 수 있었다.

(3) 해파리 분리장치 형태별 어획특성

(가) SF형

SF형 분리장치에 어획된 어획물의 종수 및 개체수는 덮그물에서 40종 1,496개체, 끝자루에서 54종 5,294개체가 어획되어 전체적으로는 총 64종 6,790개체가 어획되었다(Table III-7). 이중 유용한 어류는 2,378개체로 전체 개체수의 35.0%를 차지하고 있고, 갑각류는 3,311개체로 48.8%, 연체류가 941개체로 13.8%, 비상업성 어류가 160개체로 2.4%를 차지하고 있다.

유용어류 중 주 어획종은 황돔이었으며 어획손실률은 9%로 낮게 나타났다. 기타 어종으로 달고기 90%, 셋돔 61%, 눈볼대 17%의 어획손실률을 보였다. 유용어류 전

체에 대한 어획손실률은 41%였다.

연체류의 경우에는 총 어획손실률이 28%, 갑각류의 경우에는 7%이었다.

이 형태의 분리장치에서 어획된 총 어획종에 대한 어획손실률은 36%(Fig. III-27)로 나타났다.

주요 어획종에 대한 끝자루와 덮그물에서의 체장조성분포를 Fig. III-28에 나타내었다.

황돔은 가장 많은 개체수가 잡힌 주 어획종으로 총 557개체가 어획되었으며, 끝자루에서 509개체, 덮그물에서 48개체가 어획되었다. 어획된 체장(가랑이 체장)범위는 6.5~19.5cm(평균 13.5cm)범위였으며, 주로 어획된 체장은 12~17cm 체장범위의 개체였다. 끝자루와 덮그물에서의 체장분포 형태는 모든 체장범위에서 유사한 분포형태를 보이지만 끝자루에서의 개체수 분포가 덮그물보다 높게 나타나고 있어 배출구를 통해서 빠져나가는 개체수는 적게 나타났다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 6.5~19.5cm(평균 13.4cm)이고 체장 13cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 11.5~19cm(평균 13.7cm)이고 체장 13~14cm에서 최빈값을 보였다.

달고기의 어획 체장(전장)범위는 10~39.4cm(평균 27.4cm)범위였으며, 주로 어획된 체장은 15~36cm 체장범위의 개체였다. 끝자루와 덮그물에서의 체장분포 형태는 유사한 변화 경향을 보이지만 체장 24cm를 기준으로 이하의 작은 개체에서 보다는 이상의 큰 개체들이 배출구를 통하여 많이 빠져 나가는 것을 알 수 있다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 10~35cm(평균 26cm)이고 체장 30~33cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 10.2~39.4cm(평균 27.6cm)이고 끝자루에서와 같이 체장 30~33cm에서 최빈값을 보였다.

셋돔의 어획체장(가랑이체장)범위는 13.7~20.8cm(평균 16.7cm)범위였으며, 주로 체장 15~19cm의 개체가 많이 어획되었다. 체장분포는 모든 체장범위에서 덮그물의 개체수 분포가 끝자루의 개체수 분포보다 높게 나타나고 있다. 자루그물 종류별로 체장조성은 끝자루에서는 체장범위가 14~20.4cm(평균 16.5cm)이고 체장 17cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 13.7~20.8cm(평균 16.8cm)이고 끝자루에서와 같이 체장 17cm에서 최빈값을 보였다.

눈볼대의 어획체장(전장)범위는 6.9~29.8cm(평균 11.9cm)범위였으며, 주로 어획된

체장은 체장 16cm를 기준으로 두 그룹으로 나누어지며, 체장 16cm이상의 체장범위에서는 끝자루와 덮그물에서 어획된 개체수가 거의 동일하게 분포하고 있으나, 체장 16cm 미만의 체장범위에서는 끝자루에서의 개체수가 월등히 많은 것으로 보아 어획손실은 작다고 볼 수 있다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 6.9~29.8cm(평균 11.4cm)이고 체장 12cm와 20cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 7.2~27.1cm(평균 14.4cm)이고 체장 10cm와 20cm에서 최빈값을 보였다.

덕대는 어획체장이 13.7~19.3cm(평균 15.8cm)범위였으며, 주로 체장 15~18cm의 개체가 많이 어획되었다. 체장분포 형태는 끝자루와 덮그물에서 유사한 형태를 보이나 덮그물에서가 체장 15~17cm범위에서 개체수가 많게 분포하고 있어 이 체장범위에서의 덕대는 배출구를 통하여 많이 빠져나간 것을 알 수 있다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 13.8~19.3cm(평균 15.9cm)이고 체장 16cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 13.7~19cm(평균 15.7cm)이고 끝자루에서와 같이 체장 10cm에서 최빈값을 보였다.

전갱이는 어획된 개체의 체장이 8.5~16cm(평균 13.5cm)범위였으며, 주로 13~16cm 체장범위의 개체가 많이 어획되었다. 체장분포를 보면, 모든 체장범위에서 끝자루의 개체수 분포가 덮그물의 개체수 분포보다 높게 나타나고 있다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 8.5~16cm(평균 13.4cm)이고 체장 13cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 12.3~16cm(평균 13.8cm)이고 체장 14~15cm에서 최빈값을 보였다.

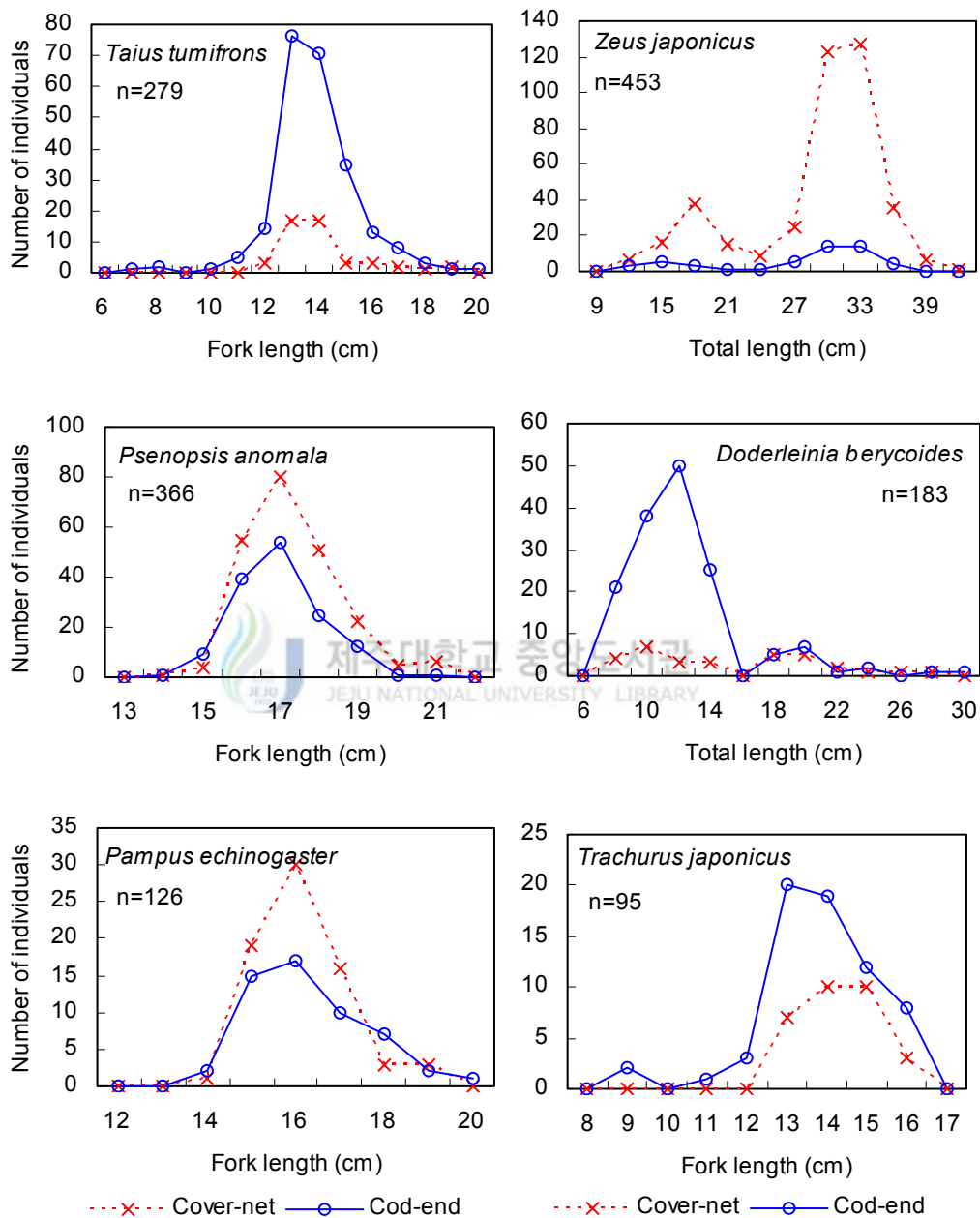


Fig. III-28. Size distributions of main species retained in the cod-end and the cover-net of SF type jellyfish separator system in 2005.

(나) GSF형

GSF형 분리장치에 어획된 어획물의 종수 및 개체수는 덮그물에서 39종 1,430개체, 끝자루에서 45종 4,138개체가 어획되어 전체적으로는 총 50종 5,568개체가 어획되었다(Table III-7). 이중 유용한 어류는 3,670개체로 전체 개체수의 65.9%를 차지하고 있고, 갑각류는 1,762개체로 31.6%, 연체류가 133개체로 2.4%, 비상업성 어류가 3개체로 0.1%를 차지하고 있다.

유용어류 중 주 어획종은 덕대였으며 덮그물로 빠져나가는 어획손실률은 55%로 높게 나타났다. 그렇지만 열동가리돔 및 보구치, 눈불대는 어획손실률이 각각 2%, 27%, 26%로 낮게 나타났다. 그러나 달고기의 경우에는 어획손실률이 83%로 다른 어류 중 가장 높은 어획손실률을 보여 배출구가 많은 양이 빠져나가는 것으로 조사되었다. 유용어류에 대한 총 어획손실률은 37%였다.

연체류의 경우에는 주 어획종이 살오징어로 23%의 어획손실률을 보였으며 연체류의 총 어획손실률은 16%였다.

갑각류의 경우에는 주 어획종이 새우류와 갯가재로 어획손실률은 2%였다. 갑각류와 같은 저서성 종은 해파리 분리장치의 배출구가 등판에 설치되어 있어 배출구를 통하여 빠져나가는 양이 적었다고 생각된다. 갑각류의 총 어획손실률은 2%였다.

이 GSF형 분리장치의 갑각류를 제외한 어획종에 대한 개체수 대비 어획손실률은 37%(Fig. III-27)로 덮개가 없는 GS형(60%, Fig. III-22)보다 23%의 어획손실률을 줄일 수 있었다.

주요 어획종에 대한 끝자루와 덮그물에서의 체장조성분포를 Fig. III-29에 나타내었다.

덕대는 가장 많은 개체수가 잡힌 주 어획종으로 끝자루에서 510개체, 덮그물에서 620개체가 어획되어 총 1,130개체가 어획되었다. 어획된 체장(가랑이 체장)은 8.0~34.6cm(평균 15.2cm)범위였으며, 주로 체장이 10~20cm인 덕대가 어획되었다. 자루그물 종류별 체장조성은 끝자루에서는 체장범위가 8~34.6cm(평균 14.9cm)이고 16cm에서 최빈값을 보이면서 10~20cm의 개체가 많이 분포하고 있다. 덮그물에서는 체장범위가 11~21.4cm(평균 15.5cm)이고 끝자루에서와 같이 체장 16cm에서 최빈값을 보이면서 14~20cm의 개체가 많이 분포하고 있다. 끝자루와 덮그물에서의

체장분포 차이는 체장 16cm에서 끝자루보다 덮그물에서 개체수가 많게 나타난 것을 제외하고 모든 체장범위에서 거의 유사한 분포형태를 보였다.

보구치의 경우에는 총 1,018개체가 어획되어 이중 273개체가 덮그물로 빠져 나갔다. 어획된 개체의 체장은 13.6~37cm(평균 20.7cm)범위였으며, 주로 17~25cm 체장 범위의 개체가 어획되었다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 13.6~34.2cm(평균 20.6cm)이고 21cm에서 최빈값을 보이면서 17~25cm의 개체가 많이 분포하고 있다. 덮그물에서는 체장범위가 14.2~37cm(평균 20.7cm)이고 끝자루에서와 같이 체장 21cm에서 최빈값을 보이면서 19~25cm의 개체가 많이 분포하고 있다. 끝자루와 덮그물에서의 체장분포 형태는 유사하게 나타나고 있다. 그렇지만 끝자루에서가 덮그물 보다 모든 체장범위에서 많은 개체수를 보이고 있고 특히 체장 17~23cm범위에서는 끝자루에서의 개체수가 월등히 많음을 볼 수 있다.

열동가리돔은 어획체장이 8.2~11.1cm(평균 9.5cm)범위였으며, 주로 체장이 8.5~11cm 범위를 갖는 소형개체가 많이 어획되었다. 총 415개체가 어획되었으며, 그 중 8개체만 덮그물쪽으로 빠져나가고, 나머지 407개체는 끝자루에서 어획되어 어획손실률이 2%로 낮게 나타났다.

반지의 어획체장범위는 11~17.5cm(평균 13.6cm)로 주로 12~15cm의 개체가 어획되었다. 총 223개체가 어획되어 86개체가 배출구로 빠져나가 덮그물에서 어획되었다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 11~17.5cm(평균 13.6cm)이고 14cm에서 최빈값을 보이면서 12~15cm의 개체가 많이 분포하고 있다. 덮그물에서는 체장범위가 11~16cm(평균 13.5cm)이고 끝자루에서와 같이 체장 14cm에서 최빈값을 보이면서 12~15cm의 개체가 많이 분포하고 있다. 끝자루와 덮그물에서의 체장분포 형태는 유사하게 나타나고 있으나, 모든 체장범위에서 끝자루에서가 덮그물에서 보다 많은 개체가 분포하여 어획손실률이 낮게 나타났다.

셋돔의 어획체장범위는 9.3~21.6cm(평균 15.0cm)로 주로 11~20cm의 개체가 어획되었다. 체장분포형태는 체장 15cm를 경계로 두 그룹으로 나누어지며, 15cm 미만의 체장에서는 끝자루와 덮그물에서의 체장분포 형태가 유사하나 15cm 이상의 체장에서는 덮그물에서가 끝자루 보다 많은 개체를 보여주고 있어, 체장 15cm 미만의 셋돔은 배출구로 빠져나가는 개체수와 끝자루에 남는 개체수가 유사하나 체장

15cm 이상의 셋돔은 배출구로 빠져나가는 개체수가 많음을 알 수 있다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 9.5~21.6cm(평균 14.4cm)이고 12cm와 17cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 9.3~21.3cm(평균 15.6cm)이고 체장 13cm와 19cm에서 최빈값을 보였다.

달고기의 경우에는 다른 어종과 달리 해파리 배출구로 빠져나간 개체수가 많아 덮그물에서의 개체수 분포가 높게 나타나고 있다. 총 153개체가 어획되어 127개체가 배출구를 통하여 빠져나가 어획손실률이 높게 나타났다. 어획 체장범위는 9.2~36.6cm(평균 28.8cm)로 주로 27~36cm 체장범위의 개체가 많이 어획되었다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 21~33.9cm(평균 28.4cm)이고 30cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 9.2~36.6cm(평균 28.9cm)이고 체장 30cm에서 끝자루와 같이 최빈값을 보였다.



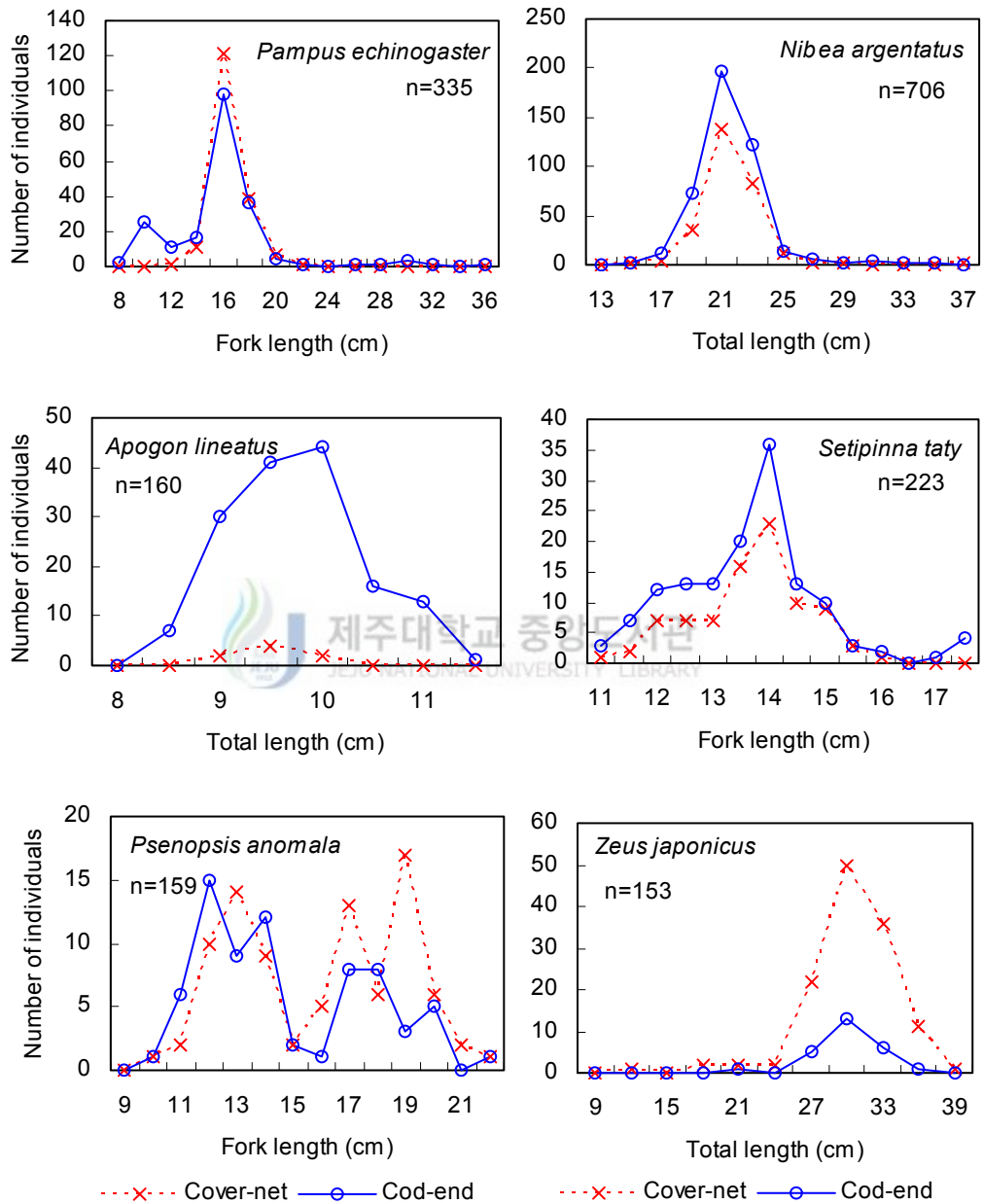


Fig. III-29. Size distributions of main species retained in the cod-end and the cover-net of GSF type jellyfish separator system in 2005.

(다) GST형

GST형 분리장치에 어획된 어획물의 종수 및 개체수는 덮그물에서 37종 1,389개체, 끝자루에서 57종 5,612개체가 어획되어 전체적으로는 총 59종 7,001개체가 어획되었다(Table III-7). 이중 유용한 어류는 3,991개체로 전체 개체수의 57.0%를 차지하고 있고, 갑각류는 2,757개체로 39.4%를 차지하고 있다. 기타 연체류가 233개체로 3.3%, 비상업성 어류가 20개체로 0.3%를 차지하고 있다.

유용어류 중 주 어획종은 보구치였으며 덮그물로 빠져나가는 어획손실률은 37%로 나타났다. 기타 다수 어획종인 눈볼대, 셋돔, 반지, 갈치의 어획손실률은 각각 14%, 32%, 31%, 32%로 비교적 낮았고, 전갱이 75%, 덕대 48%로 높게 나타났으며, 유용어류 전체를 대상으로 했을 경우에도 총 어획손실률은 33%로 나타났다.

연체류의 경우에는 주 어획종이 살오징어로 7%의 어획손실률을 보였으며 연체류의 총 어획손실률은 8%로 낮게 나타났다.

갑각류의 경우에는 주 어획종이 새우류로 어획손실률은 1%였다. 이는 갑각류는 저서성 종이기 때문에 배출구가 자루그물의 등판에 설치되어 있어 배출구를 통하여 빠져나가기가 어려워 어획손실률이 적은 것으로 보이며, 이는 새우류뿐만 아니라 어획된 갑각류 전체를 대상으로 했을 때에도 총 어획손실률이 1%로 조사되었다.

이 GST형 분리장치의 갑각류를 제외한 어획종에 대한 총 어획손실률은 32% (Fig. III-27)로 나타나 어류유도통로가 제 역할을 하고 있다고 판단되며, 배출구에 덮개를 설치하여 사용한다면 더욱 낮은 어획손실을 기대할 수 있을 것이다.

주요 어획종에 대한 끝자루와 덮그물에서의 체장조성분포를 Fig. III-30에 나타내었다.

보구치는 가장 많은 개체수가 잡힌 주 어획종으로 끝자루에서 772개체, 덮그물에서 457개체가 어획되어 총 1,229개체가 어획되었다. 어획된 체장(전장)은 13.4~28cm(평균 21.2cm)범위였으며, 주로 어획된 체장은 19~25cm였다. 체장분포 형태는 끝자루와 덮그물에서 유사한 형태를 보이고 있으나 모든 체장범위에서 끝자루에서가 덮그물에서보다 많은 개체수를 나타내고 있다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 13.4~28cm(평균 21.1cm)이고 21cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 13.7~28cm(평균 21.3cm)이고 체장 23cm

에서 최빈값을 보였다.

눈볼대(전장)는 끝자루에서 531개체, 덮그물에서 87개체가 어획되어 총 618개체가 어획되었다. 어획된 체장(전장)범위는 6.8~30.9cm(평균 14.0cm)범위였으며, 주로 어획된 체장은 체장 14cm를 기준으로 두 그룹으로 나누어지며, 끝자루와 덮그물에서 어획된 개체들은 체장 14cm 미만의 체장범위에서는 체장 10cm에서, 체장 14cm 이상의 체장범위에서는 체장 16cm에서 최빈값을 나타낸다. 또한 이 두 그룹에서의 체장분포는 끝자루에서가 덮그물보다 모든 체장계급에서 높게 나타나 눈볼대의 경우에는 배출구로 빠져나가는 개체수가 작게 나타났다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 7.3~30.9cm(평균 13.9cm)이고 체장 10cm와 16cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 6.8~24cm(평균 14.1cm)이고 체장 10cm와 16cm에서 최빈값을 보였다.

셋돔은 어획체장(가랑이 체장)이 10~21.8cm(평균 14.5cm)범위였으며, 주로 체장 11~18cm의 개체가 어획되었다. 체장분포를 보면 모든 체장범위에서 끝자루에서가 덮그물에서보다 높게 나타나 배출구로 빠져나가는 개체수는 작게 나타났다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 10~21.8cm(평균 14.5cm)이고 체장 15cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 10.8~19.7cm(평균 14.6cm)이고 끝자루에서와 같이 체장 15cm에서 최빈값을 보였다.

전갱이는 어획된 개체의 체장(가랑이 체장)이 6.2~24.5cm(평균 11.8cm)범위였으며, 주로 10~16cm 체장범위의 개체가 어획되었다. 체장분포를 보면 모든 체장범위에서 덮그물에서가 끝자루에서 보다 높게 나타나 배출구로 빠져나가는 개체가 많음을 나타내고 있다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 6.2~24.5cm(평균 12.5cm)이고 체장 14cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 8~20.2cm(평균 11.5cm)이고 체장 12cm에서 최빈값을 보였다.

반지의 어획체장(가랑이 체장)범위는 10.6~17.8cm(평균 13.3cm)이고, 모든 체장범위에서 끝자루에서가 덮그물에서 보다 높게 나타나 배출구로 빠져나가는 개체가 작게 나타났다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 10.6~17.8cm(평균 13.2cm)이고 체장 13cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 11~16.5cm(평균 13.3cm)이고 체장 14cm에서 최빈값을 보였다.

갈치의 어획 체장(항문장)범위는 9.5~26cm(평균 19.1cm)이고, 주로 체장 17~

24cm의 개체가 어획되었다. 체장 분포는 끝자루에서가 모든 체장범위에서 뿔그물에서 보다 높게 나타나고 있다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 10.5~26cm(평균 19.4cm)이고 체장 20cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 뿔그물에서는 체장범위가 9.5~24cm(평균 18.5cm)이고 끝자루에서와 같이 체장 20cm에서 최빈값을 보였다.



(라) GSgF형

GSgF형 분리장치에 어획된 어획물의 종수 및 개체수는 덮그물에서 25종 741개체, 끝자루에서 42종 2,066개체가 어획되어 전체적으로는 총 46종 2,807개체가 어획되었다(Table III-7). 이중 유용한 어류는 2,597개체로 전체 개체수의 92.5%를 차지하고 있고, 갑각류는 132개체로 4.7%를 차지하고 있다. 기타 연체류가 71개체로 2.6%, 비상업성 어류가 7개체로 0.2%를 차지하고 있다.

유용어류 중 주 어획종은 보구치였으며 덮그물로 빠져나가는 어획손실률은 16%로 낮게 나타났다. 기타 어류의 어획손실률은 갈치가 41%, 셋돔 39%, 눈볼대가 12%로 나타났다. 유용어류 전체에 대한 어획손실률은 27%였다.

연체류의 경우에는 주 어획종이 살오징어로 37%의 어획손실률을 보였으며 연체류 전체적으로는 34%의 어획손실률을 보였다.

갑각류의 경우에는 새우류 어획손실률은 17%였고, 갑각류의 총 어획손실률은 4%였다.

이 형태의 분리장치에서 어획된 총 어획종에 대한 어획손실률은 28%(Fig. III-27)로 낮게 나타났다.

주요 어획종에 대한 끝자루와 덮그물에서의 체장조성분포를 Fig. III-31에 나타내었다.

보구치는 가장 많은 개체수가 잡힌 주 어획종으로 끝자루에서 708개체, 덮그물에서 130개체가 어획되어 총 838개체가 어획되었다. 어획된 체장(전장)범위는 18.5~29cm(평균 22.2cm)범위였으며, 주로 체장 20~25cm인 개체가 많이 어획되었다. 체장분포를 살펴보면, 모든 체장범위에서 끝자루의 개체수 분포가 덮그물의 개체수 분포보다 높게 나타나 어획손실률은 낮게 나타났다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 18.5~25.5cm(평균 22cm)이고 체장 22cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 19.8~29cm(평균 22.6cm)이고 체장 23cm에서 최빈값을 보였다.

갈치의 어획 체장(항문장)범위는 12~26cm(평균 19.1cm)이고, 주로 체장 16~22cm의 개체가 어획되었다. 체장 분포는 끝자루와 덮그물에서 거의 유사한 분포를 보이고 있어, 모든 체장범위에서 거의 동일한 비율로 자루그물을 빠져나가고 있다.

자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 12~24.7cm(평균 18.9cm)이고 체장 18cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 13~26cm(평균 19.4cm)이고 끝자루에서와 같이 체장 18cm에서 최빈값을 보였다.

셋돔의 어획체장(가랑이체장)범위는 10.1~25.2cm(평균 14.9cm)범위였으며, 주로 체장 14~17cm의 개체가 많이 어획되었다. 체장분포를 보면 모든 체장범위에서 끝자루의 개체수 분포가 덮그물의 개체수 분포보다 높게 나타나고 있다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 10.1~25.2cm(평균 14.9cm)이고 체장 15cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 10.5~22cm(평균 15cm)이고 끝자루에서와 같이 체장 15cm에서 최빈값을 보였다.

눈볼대의 어획체장(전장)범위는 6.6~29.8cm(평균 13.5cm)범위였으며, 주로 어획된 체장은 체장 14cm를 기준으로 두 그룹으로 나누어지고 있다. 이 두 그룹에서의 체장분포는 끝자루에서의 개체수 분포가 덮그물에서의 개체수 분포보다 높게 나타나 배출구로 빠져나가는 개체수가 작으므로 어획손실률이 낮게 나타났다. 자루그물 종류별로 체장조성을 살펴보면, 끝자루에서는 체장범위가 6.6~29.8cm(평균 13.2cm)이고 체장 10cm와 16cm에서 최빈값을 보이고 있으며, 덮그물에서는 체장범위가 8.3~23.8cm(평균 15.1cm)이고 체장 10cm와 18cm에서 최빈값을 보였다.

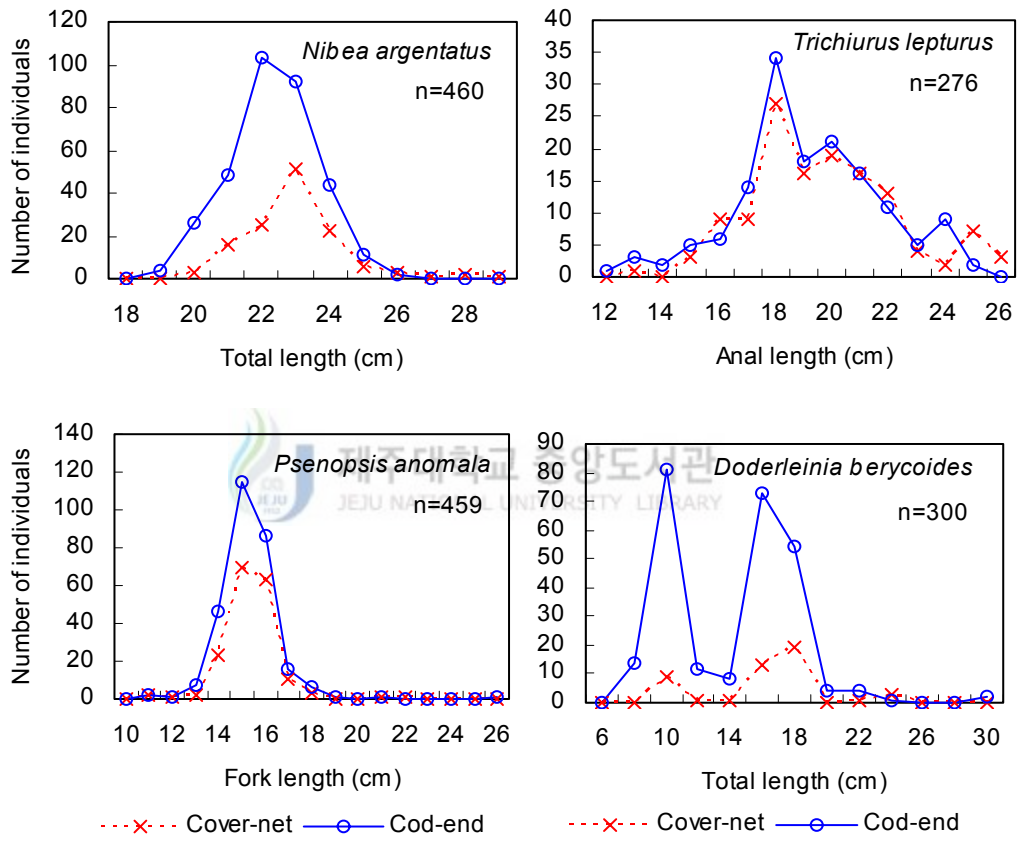


Fig. III-31. Size distributions of main species retained in the cod-end and the cover-net of GSgF type jellyfish separator system in 2005.

Table III-7. Summary of catch analysis for the types of jellyfish separator system in 2005

No.	Korean name	Scientific name	Number of individuals													
			SF type				GSF type				GST type				GSgF type	
			Cover -net	Exclusion end	ratio		Cover -net	Exclusion end	ratio		Cover -net	Exclusion end	ratio		Cover -net	Exclusion end
1	두툽상어	<i>Scyliorhinus torazame</i>	1	6	0.14	1	4	0.20	1	26	0.04	1	11	0.08		
2	홍어	<i>Raja kenogei</i>	1	2	0.33	2	1	0.67		13	0		4	0		
3	전기가오리	<i>Narke japonica</i>		1	0											
4	전어	<i>Konosirus punctatus</i>				1	1	0.50	8	9	0.47	8	10	0.44		
5	반지	<i>Setipinna taty</i>				86	137	0.39	102	228	0.31					
6	청멸	<i>Thrissa kammalensis</i>							2	2	0.50					
7	멸치	<i>Engraulis japonica</i>	2	3	0.40											
8	매통이	<i>Saurida undosquamis</i>	1							2	0		2	0		
9	히메치	<i>Hime japonica</i>		12	0											
10	갯장어	<i>Muraenesox cinereus</i>		2	0				1	4	0.20		3	0		
11	붕장어	<i>Astroconger myriaster</i>							1	8	0.11		1	0		
12	달고기	<i>Zeus japonicus</i>	484	52	0.90	127	26	0.83	3	3	0.50	1	1	0.50		
13	민달고기	<i>Zenopsis nebulosa</i>	1			2	2	0.50	3	23	0.12	2		1		
14	에꼬치	<i>Sphyræna japonica</i>	1	8	0.11	6	9	0.40		3	0		1	0		
15	다금바리	<i>Nippon spinosus</i>	2	6	0.25				1	1	0.50		1	0		
16	눈볼데	<i>Döderleinia berycoides</i>	32	151	0.17	40	111	0.26	87	531	0.14	47	332	0.12		
17	두둑	<i>Banjios banjios</i>		1	0											
18	빨돔	<i>Priacanthus boops</i>	3													
19	홍치	<i>Priacanthus macracanthus</i>														
20	열동가리돔	<i>Apogon lineatus</i>	7	57	0.11	8	407	0.02	6	2	0.75					
21	활기우럭	<i>Malakichthys wakiyae</i>							16	46	0.26					
22	속돔	<i>Branchistegus japonicus japonicus</i>	2	60	0.03		5	0	5	5	0					
23	보구치	<i>Nibea argentatus</i>	1	1	0.50	273	745	0.27	457	772	0.37	130	708	0.16		
24	민테	<i>Johnius belengerii</i>				1	6	0.14								
25	참조기	<i>Pseudosciaena manchurica</i>	1			1	1	1	11	58	0.16	23	6	0.79		

Table III-7. Continued

No.	Korean name	Scientific name	Number of individuals											
			SF type			GSF type			GST type			GSgF type		
			Cover -net	Exclusion ratio	Cod- end	Cover -net	Exclusion ratio	Cod- end	Cover -net	Exclusion ratio	Cod- end	Cover -net	Exclusion ratio	Cod- end
26	황돔	<i>Taius tumifrons</i>	48	0.09	509	0	0	0	0	0	0	1	0	
27	참돔	<i>Chrysophrys major</i>												
28	노랑촉수	<i>Upeneus bensasi</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
29	황줄돔	<i>Histiogaster typus</i>	1	0	7	0	0	0	0	0	0	3	0	
30	갈전갱이	<i>Caranx equula</i>												
31	전갱이	<i>Trachurus japonicus</i>	30	0.29	74	1	0.10	264	86	0.75	9	18	0.33	
32	쌍동가리	<i>Neopercis sexfasciatus</i>	9	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	
33	열쌍동가리	<i>Neopercis multifasciatus</i>	1	0.10	9	0	0	0	0	0	0	0	0	
34	얼룩통구멍	<i>Uranoscopus japonicus</i>	28	0	30	0	0.09	6	0	0	2	0	0	
35	베도라치	<i>Enedrias nebulosus</i>				1	0							
36	등가시치	<i>Zoarces gillii</i>				1	0.50							
37	그물메기	<i>Neobythites sivicola</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
38	붉은메기	<i>Hoplobrotula armata</i>	3	0.75	1	0	0.11	1	50	0.02	4	0	0	
39	날뿔양태	<i>Callionymus beniteguri</i>	6	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	
40	붕치	<i>Rexea solandri</i>												
41	갈치	<i>Trichiurus lepturus</i>	3	0.27	8	29	0.50	72	155	0.32	267	387	0.41	
42	고등어	<i>Scomber japonicus</i>	1	1	1	1	0	3	3	0.50	1	0	0	
43	삼치	<i>Scomberomorus niphonius</i>	5	0.42	7	24	0.53	2	2	0.50	25	28	0.47	
44	병어	<i>Pampus argenteus</i>	72	0.57	54	620	0.55	84	92	0.48	25	28	0.47	
45	덕대	<i>Pampus echinogaster</i>	224	0.61	142	88	0.55	187	401	0.32	184	282	0.39	
46	셋돔	<i>Psenopsis anomala</i>												
47	조피불락	<i>Sebastes schlegeli</i>						1	1	0.50	1	1	0	
48	불불락	<i>Sebastes thompsoni</i>				3	0							
49	삼뿔이	<i>Sebastes marmoratus</i>												
50	홍감팽	<i>Helicolenus hilgendorffi</i>	1	1	1	1	0	3	3	0	0	0	0	

4) 해파리 분리장치의 성능

해파리 분리장치의 구조는 해파리 배출률이 평균 86%를 나타낸 GS형이 적정하고, 이때 분리망의 부착경사각은 해파리 배출률이 가장 높게 나타난(95%) 20°를 선정하였다. 그렇지만 GS형에서는 해파리 배출률은 높으나 어획손실이 크게 나타나 이를 해소할 수 있는 방안이 필요하였다.

그래서 여기에서는 해파리 배출률이 높은 GS형 구조를 기본 구조로 하여 어획손실을 줄일 수 있는 형태로 제작된 해파리 분리장치의 형태별 성능을 어획손실률로써 산정해 보았다. 어획물 중량 대비 어획손실률을 종합해 보면, 비교어구인 GSgF형이 평균 28%로 가장 낮은 어획손실률을 보였으며, 다음으로 GST형이 평균 30%, GSF형이 평균 43% 그리고 SF형이 평균 49%로 가장 높게 나타났다.

어획물 개체수 대비 어획손실률은 비교어구인 GSgF형이 평균 28%로 가장 낮은 어획손실률을 보였으며, 다음으로 GST형이 평균 32%, GSF형이 평균 37% 그리고 SF형이 평균 36%로 나타났다.

어획물 중량 및 개체수 대비 어획손실률을 종합해 볼때, 분리망이 철제 그리드로 되어있는 비교어구인 GSgF형이 평균 28%로 여러 형태의 해파리 분리장치 중 가장 낮게 나타났다. 그렇지만 철제 분리 그리드인 경우에는 어업인들이 현장에서 사용하기를 기피하는 실정이고, 유연체로 제작된 GST형의 어획손실률은 평균 30~32%로 GSgF형과 큰 차이가 없기 때문에 GST형은 해파리 분리장치로써 적절한 형태라 생각한다. 그리고 GSF형은 어획손실률이 평균 37~43%로 다소 높게 나타났지만 그 구조가 간단한 잇점을 가지고 있다.

해파리 분리장치 형태별 시험에서 어획물의 중량(Fig. III-26)과 개체수(Fig. III-27)에 따른 어획손실률 결과에 따라 해파리 분리장치로써 가장 적절한 형태는 GSgF형, GST형, GSF형으로 나타났으나, GSgF형은 분리망이 철제 그리드로 되어 있어 현장에서 어업인들이 관리 및 취급하기가 불편하여 사용하기를 기피한다는 점을 고려할 때 GST형 및 GSF형이 적절한 해파리 분리장치 형태라 할 수 있다.

IV. 해파리 구제장치

1. 장치 및 방법

트롤용 해파리 분리장치 사용시 해파리를 동시에 구제할 수 있는 방법으로 해파리를 절단하는 방법을 고려하였다. 먼저 해파리 절단에 요구되는 힘을 조사하기 위해서 선상에서 2005년 9월 시험조사시에 포획된 노무라입깃해파리를 대상으로 해파리 우산과 몸통의 절단에 필요한 절단력을 측정하였다. 이때 사용된 절단용 실은 $\phi 1.0\text{mm}$ 와이어 로프를 사용하였으며, 절단력의 측정에는 10kg용량의 용수철 저울을 사용하였다.

절단력의 측정은 해파리 우산부 및 몸통부를 원형으로 만든 절단용 와이어에 끼우고 용수철저울을 와이어에 걸어서 당겨 해파리가 완전히 절단될 때까지의 용수철저울에 표시되는 최대 힘을 해파리 절단에 필요한 절단력으로 하였다(Fig. IV-1).

시험에 사용한 해파리 시료는 우산 직경이 13~83cm, 습중량 0.9~14kg되는 해파리 105개체였다.

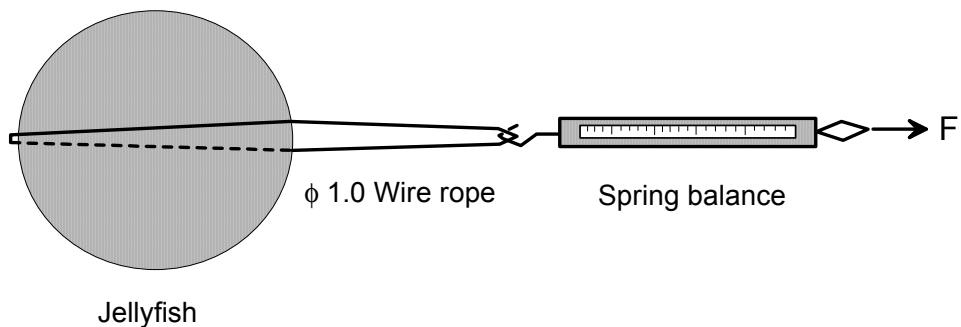


Fig. IV-1. Schematic drawing of the measuring method for the cutting force of jellyfish.

해상기초시험에서의 해파리 구제는 배출구로 배출되는 해파리를 대상으로 배출구로 배출될 시 절단하는 방법을 고려하였다. 그래서 해파리 절단장치는 해파리 배출구와 같은 모양으로 사다리꼴로 제작하였다. 외형 틀은 Ø20mm 아연파이프로 하였으며, 그 중앙에도 외형 틀 재료와 같은 재료로 지지대를 달아 외부의 힘에 의한 변형을 방지하고자 하였다.

해파리를 절단하기 위한 실로는 Ø1.0mm 와이어 로프를 사용하였으며, 절단용 와이어 로프의 설치간격은 절단장치의 틀에 0.2m간격으로 하였다(Fig. IV-2).

해파리 절단장치는 해파리 분리장치의 등판에 있는 해파리 배출구에 부착하였으며, 해파리가 배출구로 배출될 때 절단이 되도록 하였다.

이 시험은 S형 분리장치에 해파리 절단장치를 설치한 SC형 분리장치에서 3회, GS형 분리장치에 해파리 절단장치를 설치한 GSC형 분리장치에서 4회, 총 7회 시험 조사를 하였다(Table IV-1).

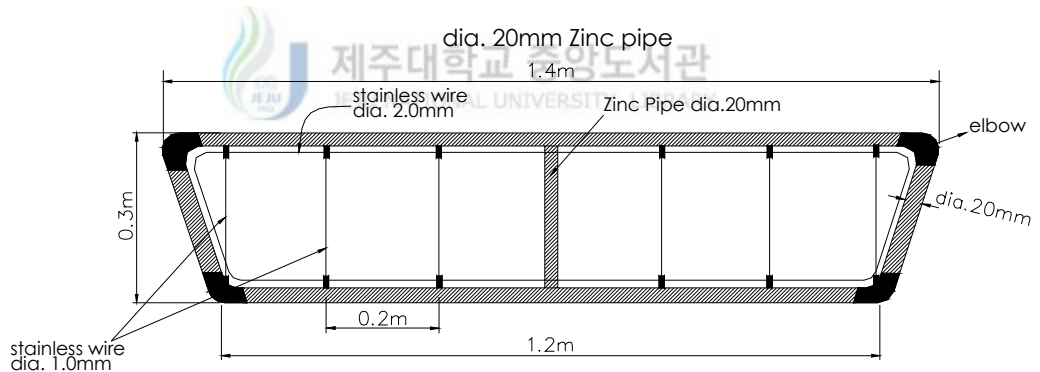


Fig. IV-2. Schematic drawing of the cutting device of jellyfish.

Table IV-1. Outline of experimental hauls by a trial trawl net with the various types of jellyfish separator system composing of cutting device

No.	Date	Type of jellyfish separator system	Starting trawling position	Towing time (min.)	Towing speed (knot)	Depth (m)	Surface Temp. (°C)	Air Temp. (°C)
1	Sep. 24, 2005	S(20°)C	34°32.771'N, 127°54.822'E	30	3.3	23	23.8	25.5
2	Sep. 24, 2005	S(20°)C	34°34.799'N, 127°54.503'E	30	3.3	22	24.2	25.5
3	Sep. 24, 2005	S(20°)C	34°33.534'N, 128°12.722'E	30	3.3	44	24.2	28.0
4	Sep. 28, 2005	GS(20°)C	34°34.613'N, 127°54.415'E	30	3.3	20	23.9	24.5
5	Sep. 30, 2005	GS(20°)C	34°35.965'N, 127°53.973'E	30	3.3	20	23.4	24.0
6	Sep. 30, 2005	GS(20°)C	34°38.533'N, 127°53.843'E	30	3.3	19	23.5	25.5
7	Sep. 30, 2005	GS(20°)C	34°36.512'N, 127°53.888'E	30	3.3	19	23.6	25.0

Note : S(α°)C denotes the jellyfish separator system composing of separator net with α° slope and cutting device.

GS(α°)C denotes the jellyfish separator system composing of guiding net, separator net with α° slope and cutting device.

2. 결과

Fig. IV-3은 선상에서 수행한 해파리 절단시험에서 조사된 해파리 절단력 크기별 개체수의 분포를 나타낸 것이다. 해파리 절단에 필요한 힘은 0.8~7.0kg·f로 평균 3.3kg·f이 필요하였다.

해파리 절단에 필요한 힘은 해파리 크기에도 좌우되겠지만 그 상관관계는 낮았으며, 초기에 절단이 될 경우에는 큰 힘이 필요하지 않았지만 초기에 절단이 안 될 경우에는 큰 힘을 필요로 하였다.

그러므로 어구에 해파리 절단장치를 부착 사용하였을 경우 해파리가 절단장치에 닿아 바로 절단이 안 될 경우에는 절단장치 부분에 해파리가 쌓여 오히려 해파리 배출에 장애가 될 우려가 있다고 판단된다.

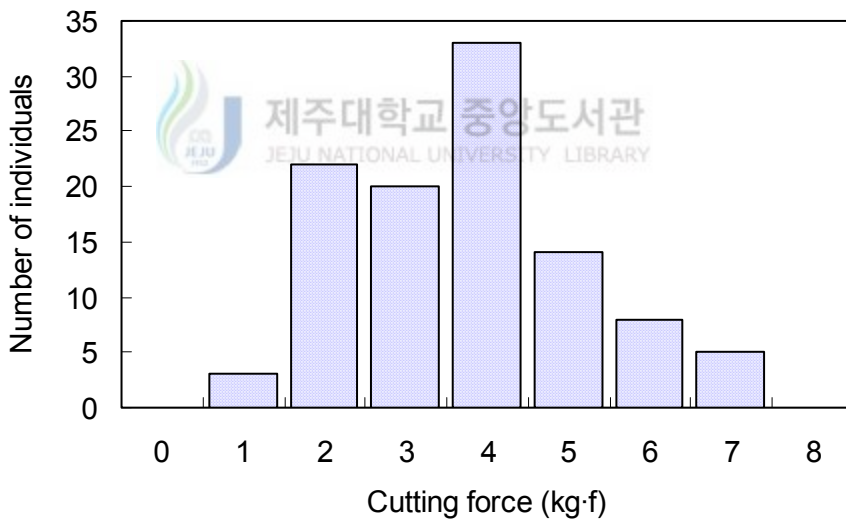


Fig. IV-3. Distributions of the cutting force of jellyfish.

해파리 절단장치 해상기초시험은 SC형과 GSC형 분리장치로 시험하였다.

Photo IV-1은 해파리 분리장치에 해파리 절단장치를 부착한 광경이다.

Photo IV-2은 해파리 절단장치가 부착된 해파리 분리장치에서 배출되어 덮그물에서 포획된 해파리이고, Photo IV-3은 해파리 분리망을 통과하여 끝자루에서 포획된 해파리이다. 해파리 절단장치를 통과한 해파리는 절단 와이어에 의해 우산이 잘린 형태를 보이거나, 분리망을 통과한 해파리는 조각 난 형태를 보인다.



Photo IV-1. The view of the jellyfish cutting device attached on trawl net.

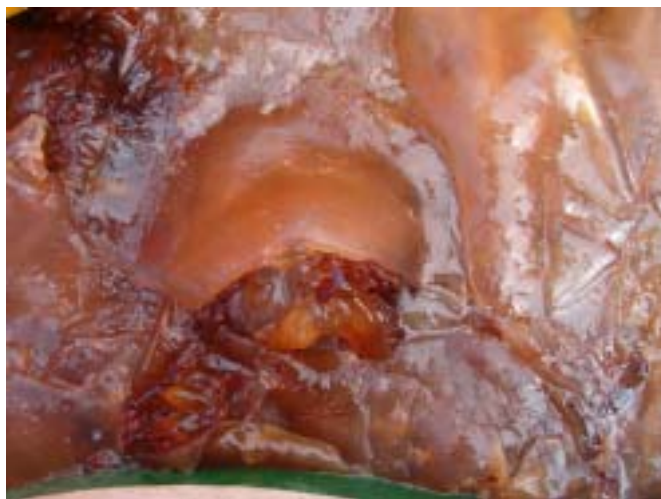


Photo IV-2. The view of jellyfish caught in the cover-net.



Photo IV-3. The view of jellyfish caught in the cod-end.



Photo IV-4. The view of jellyfish sampled in front of jellyfish cutting device.

조사과정에서 절단장치에 해파리가 1~3개체가 걸려 있는 것을 관찰할 수 있었는데(Photo IV-4), 이것은 해파리 절단장치를 해파리 배출구가 있는 등판에 부착하여 흐름에 수평이 되도록 하였고, 해파리가 흐름에 의해 수직방향으로 받는 힘이 수평 방향으로 받는 힘보다 작기 때문에 해파리 절단에 필요한 초기 힘 즉, 수직방향의 힘이 작게 작용한 결과라 여겨진다. 그렇지만 양망과정에서 해파리 분리망에 걸려 있는 해파리는 관찰할 수 없었으므로 해파리 절단장치도 흐름과 수직이 되도록 설

치하는 방안을 고려하면 이와 같은 현상은 해소될 것이라 판단된다. 또한, 해파리 절단장치를 통과한 해파리는 절단장치에 의해 절단이 되어 있어 해파리 구제장치로써 사용 가능성을 확인할 수 있었다(Photo IV-5).

그리고 절단장치를 부착하였을 때에는 절단장치를 부착하지 않았을 때보다 덜그물로 배출되는 해파리 양이 적게 나타났다. S형 분리장치에 해파리 절단장치를 부착하였을 경우에는 해파리 배출률이 28.4%로 낮게 나타났으며, GS형 분리장치에 해파리 절단장치를 부착하였을 경우에는 해파리 배출률이 22.1%로 해파리 배출효과가 낮았다. 이와 같은 현상은 해파리 배출구 형상이 절단장치를 부착하지 않았을 경우에는 수조실험에서 관찰된 바와 같이 원형에 가깝게 배출구가 크게 열리지만(Photo II-5), 절단장치를 부착하였을 때에는 배출구가 일정하게 고정되므로 해파리 배출구가 상대적으로 적어지게 되어 일어나는 현상이라 판단된다.



Photo IV-5. Cut umbrella of jellyfish by the jellyfish cutting device.

V. 고 찰

트롤어업은 다른 어업에 비해 가장 적극적인 어업이고, 전 세계의 어업국에서 많이 사용하는 어법으로, 그 어구와 어법이 가장 발달한 어업이다.

이러한 트롤어업은 수산자원이 풍부한 시절에는 어획성능 증대를 목적으로 어구 개량 및 개발을 하여 왔으나, 어획강도가 높은 어구 사용 및 해양환경 변화로 수산자원이 감소함에 따라 치어를 보호하고 자원을 지속적으로 유지하기 위한 자원관리형 어업으로 전환되어 왔다.

트롤어업에서 자원관리형 어구는 치어를 자루그물에서 분리하여 배출하기 위한 장치에 대해 연구가 많이 추진되었고, 더 나아가 비목표종을 조업과정에서 분리할 수 있는 장치에 대한 연구도 많이 수행되었다. 그러나 비목표종 대상을 치어 등의 소형개체에서 상어, 가오리, 거북 등 큰 개체의 유용성 생물을 주 대상으로 하였다.

이러한 혼획저감장치(BRD, By-catch Reduction Device)는 트롤어구에 물리적인 장치를 설치하여 목표종과 비목표종의 선택성을 높이는 것이다. 혼획저감장치는 일반적으로 고품체로 된 분리판넬이 끝자루 앞쪽에 설치되어 분리판넬의 개구부 크기보다 큰 개체들은 배출되도록 설계되어진다(Broadhurst, 2002).

이와 같은 혼획저감장치 중 수중 생물 가운데 큰 개체인 거북의 혼획을 저감시키기 위한 대표적인 장치가 TED(Turtle Excluder Device 또는 Trawl Efficiency Device)이다(Kendall, 1990; Andrew 등, 1993; Robins-Troeger, 1994; Mounsey 등, 1995; Robins-Troeger 등, 1995). 이 TED는 1978년 미국 NMFS(National Marine Fisheries Service)에서 처음 고안되어(Robins-Troeger, 1994), 처음에는 해파리와 같은 여러 가지 비목표종을 분리하기 위하여 설계되었으나(Kendall, 1990; Andrew 등, 1993; Isaksen 등, 1992; Oravetz and Seidel, 1984) 새우트롤어업에서 혼획종, 특히 거북의 혼획을 줄이기 위해 사용된 장치이다. 그러나 비목표 어류의 혼획도 줄일 수 있고 혼획저감효과도 뛰어나 일반 트롤에서도 사용함에 따라 비목표종의 혼획을 줄이기 위한 장치로 불리우고 있다. 이러한 TED는 일반적으로 비목표종의 분리율을 높이기 위해 철제 그리드를 사용하고 있으므로 무거운 무게 때문에 어업인들이 사용 및 취급에 불편이 많아 재질 개선에도 연구가 수행되었다. Coreil(1985)은 무거

운 철회로 되어 있었던 것을 알루미늄으로 대체하여 무게를 줄여 사용의 편리성을 도모하기도 했다. 여러 연구자들의 연구에 의해 TED의 혼획저감효과가 증명됨에 따라 미국의 새우트롤어업에서는 TED의 강제적 사용을 규정하고 있다(Kendall, 1990).

이러한 혼획저감장치로써 많이 알려진 것이 Nordmøre-grid이고, 여러 나라에서 새우트롤어업에 사용되어지고 있다(Isaksen 등, 1992; Hickey 등, 1993; Broadhurst and Kennelly, 1996b; Pettovello, 1999).

그렇지만 지구 온난화 등 해양환경의 변화에 따라 해파리 등이 대량 발생하면서 이를 분리하기 위한 장치로 TED를 사용하고 있다.

Kendall(1990)은 새우트롤어업에서 그물감을 사용한 TED 시험에서 78%의 해파리 분리효과를 보고한 있다.

이러한 연구는 고품체인 재료를 사용한 것이 대부분이어서 조업 현장에서 사용하기에는 어업인들의 불편이 많이 초래되고 있고, 실제적으로 이에 대한 보고도 있다(Coreil, 1985)

그리고 대부분의 연구가 새우트롤어업에서의 분리기술에 관한 것이므로, 이 연구에서 목표하고 있는 일반 어류를 대상으로 하는 분리장치에 직접 적용하기는 어려운 실정이다. 그러므로 현재까지의 연구내용을 참조하여 비목표종 분리장치의 문제점을 개선하고 어업인들이 사용하기에 편리한 분리장치를 개발하기 위한 연구를 수행하여 그 결과에 대한 고찰을 하고자 한다.

1. 해파리 분리장치의 구조

우리나라 주변 해역에서 출현하는 해파리는 시기에 따라 그 개체의 크기는 다르겠지만 일반적으로 어획되는 어류보다 크다고 볼 수 있다. 그러므로 이 연구에서는 트롤어업에서 혼획저감장치로 연구되어진 TED의 내용을 검토하여 해파리 분리장치의 구조 개선을 하였다.

먼저, 비 목표종을 분리하는 TED의 그리드 부분을 철제인 고행체 그리드에서 그물실을 사용한 사각망지로 대체하여 무게를 줄여 사용 및 취급의 편리성을 도모하였다.

TED는 일반적으로 그리드 부분이 철제로 제작되어 있어 무거운 하중 및 고행체로 인하여 실제적으로 어업인들이 사용을 기피하였다(Coreil 1985). 이에 대해 Coreil(1985)는 새우트롤선에서 그리드의 철제 재질을 알루미늄으로 대체하여 무게를 줄일 수 있었고, Angel과 Lilleng(2001)은 저층트롤에서 기준체장 이하의 어류를 분리하기 위한 그리드의 재질을 플라스틱과 고무로 하여 연구한 바 있다. 또한 Mounsey 등(1995)과 Robins-Troeger 등(1995)은 호주 새우트롤어업에서 그리드의 bar를 고행체가 아닌 유연체 즉 와이어 로프 등으로 만들어 기존 어구와의 시험 연구에서 새우의 어획에는 큰 차이가 없음을 밝힌 바 있다. 그리고 Robins-Troeger (1994), Kendall(1990), Andrew 등(1993)은 새우트롤어업에서 그리드를 그물감으로 제작한 Morison soft TED 시험결과 거북의 효과적인 혼획저감을 밝힌 바 있다.

이와 같이 혼획저감장치의 개발에 있어서는 어업인들이 취급 및 사용에 편리하도록 해야 하므로 고행체 보다는 유연체로 제작 개발하는 것이 필요하며, 이 연구에서 개발된 그물감으로 제작한 분리장치는 재질 개선에 따른 무게 감소와 분리 효과도 뛰어나므로 현장 적용도 가능할 것으로 판단된다.

그리고 비 목표종을 직접적으로 분리하는 그리드의 설치 각도도 고려해야 한다. Isaksen 등(1992)은 새우트롤어업에서 그리드 경사각이 35°보다 작을 때에는 새우류가 그리드의 bar를 따라 상부쪽으로 올라가서 배출구를 통해서 빠져나가 어획손실이 발생할 수 있고, 그리드 경사각이 50°보다 클 경우에는 조업 초기에는 새우 손실이 적으나 때때로 가오리나 가자미류가 그리드의 bar를 막아 새우 어획이 줄어들었다고 했다. 그래서 그리드 경사각을 45°로 권장하고 있다. 松下 등(2005)은 그리드 경

사각이 작을 경우에는 어획해야 할 개체가 자루그물 밖으로 빠져나가기 쉽고, 클 경우에는 배출시켜야 할 개체가 그리드에 걸려 그리드 부분에서 모이는 현상이 일어난다는 것을 보였다.松下 등(2005)은 예인어구에서 해파리를 분리하기 위한 분리 그리드의 경사각을 53°로 하여 시험한 바 있다. Mitchell 등(1995)은 TED 제작시 그리드의 경사각을 30~55°로 추천하고 있다. Lossius(1997)는 새우트롤의 북쪽분홍새우를 대상으로 한 선택성 시험에서 분리 그리드 경사각은 37°에서 가장 좋은 선택성이 나타난다고 연구한 바 있다.

어획물을 분리하기 위한 그리드(분리망)도 어류에게는 하나의 장애물이다. 어류가 장애물을 인식하는 것은 주로 시각에 의하며, 그 반응 거리는 1m 이내이고, 장애물을 만나면 일반적으로 해저로 향해 도피행동을 보인다(이, 1977). 그러므로 설치 각도가 클 경우에는 유연력이 큰 어류는 예망 방향으로 유영을 하다가 피로해져 결국에는 흐름에 휩쓸려 분리망을 통과하여 어획되어지게 된다. 이때 분리망의 공간이 클수록 어류의 통과가 쉬우므로 분리망의 경사각이 클수록 분리망의 수직공간이 커져서 유리하다고 여겨진다. 이와 같은 현상은 실제 해상시험에서도 나타나 유연력이 큰 새돔, 덕대, 보구치의 경우 경사각이 20°, 30°, 40°로 커질수록 끝자루에서의 체장 분포가 덮그물에서의 체장분포보다 높게 나타났다(Fig. III-23, Fig. III-25). 또한, 설치 각도가 작을 경우에는 분리망의 수직 공간은 작아지게 되어 분리망은 어류를 등판에 설치된 배출구로 안내해 주는 역할이 더 우세할 것으로 판단된다. 이와 같은 현상은 실제 해상시험결과에서 유연력이 떨어지는 해파리는 경사각이 작을수록 배출률이 높게 나타났다(Table III-3, Table III-5, Fig. III-16, Fig. III-20).

기존의 연구들은 고행체 그리드를 사용하였기 때문에 그리드의 경사각도 37~53°까지 사용하고 있으며, 30~55°까지 추천하고 있다. 고행체 그리드를 사용했을 경우에는 흐름속에서 그리드 bar의 굴곡은 없고 그리드 설치 경사각만 약간의 변화를 보인다. Isaksen 등(1992)은 수중촬영결과 유속 0.7일 경우에 3~5°정도 경사각이 작아진다고 밝혀 그리드 경사각을 45°를 권장하면서 부착은 흐름 속에서의 경사각 줄어듦을 감안하여 48°로 하여 시험한 바 있다.

그렇지만 그리드(분리망)를 그물감으로 사용할 경우에는 그 설치 경사각을 기존의 고행체 그리드 설치 경사각을 적용하는 것은 그리드(분리망)의 사용 재료 차이로 인하여 고려해야 할 사항이다. 이 연구에서는 분리망의 경사각에 따른 해파리 배출률

및 어획손실률을 시험한 결과 분리망의 경사각이 작을수록 해파리 배출률은 높아지는 경향을 보인 반면, 어획손실률은 낮아지는 경향을 보였고(Fig. III-16~18, Fig. III-20~22), 경사각 20°에서 해파리 배출률이 가장 높게 나타나 분리망의 설치 경사각도를 20°로 결정하여 해파리 분리장치 개발에 적용하였다.

분리망의 그물코 크기는 분리 대상종의 크기에 따라 결정하는 것이 분리율을 높이는 관건이 된다. 이 연구의 분리 대상종인 해파리의 경우에는 주로 여름철에 어업에 큰 피해를 입히고 있다. 해파리 분리망으로 640mm망목과 400mm망목을 사용한 결과 640mm망목을 사용했을 경우 해파리 배출률은 평균 49%로 낮게 나타났으나, 400mm망목을 사용했을 경우에는 해파리 배출률이 평균 86%로 높게 나타났다(Table III-3, Table III-5). 근해안강망어업에서는 해파리 어업피해를 줄이기 위하여 해파리 배출망을 사용하고 있으며 그 사용실태를 조사한 결과 해파리 배출망의 그물코 크기는 400~430mm였다. 근해안강망의 어획어종은 근해트롤과 유사하므로 트롤어업에서 해파리 분리망으로써 400mm 망목을 사용한 것은 적절하다고 여겨진다.

다음으로, 해파리 분리망의 선택작용을 높이기 위하여 분리망의 앞쪽에 유도망을 설치하였다. 이 유도망은 자루그물로 들어오는 어획물중 자루그물의 윗부분을 통과하는 어획물이 분리망과 접촉하지 않고 바로 배출구로 빠져나가는 것을 방지하고, 모든 어획물을 분리망과 접촉할 수 있도록 분리망 하부로 유도하고, 분리망에서 해파리와 어획물의 분리가 효율적으로 될 수 있도록 하기 위하여 부착 경사각도와 부착방법이 고려되어야 한다. 松下 등(2005)은 유도망 부착에 있어 경사각을 30°로 하여 자루그물의 등판에서 밑판 쪽으로 연직높이의 1/2되는 지점까지 부착하였으나 예망중에 유도망의 하단부가 흐름에 날려 이 위치보다 높을 것으로 예상하였다. 유도망의 날림에 대해서는 이 연구에서 수조실험을 수행하여 흐름 속에서 유도망의 하부가 많이 날리는 것을 증명하였다. 이러한 날림 현상은 유도망의 기능을 저해할 가능성이 많으므로 유도망의 부착은 이 연구에서와 같이 경사각을 주어 자루그물의 등판에서 밑판까지 부착하여도 날림으로 인한 공간이 확보되어 유도망의 기능을 유지할 수 있다고 생각된다.

또한 유도망에 의해 분리망으로 유도되는 어획물은 분리망에 의한 분리효율을 높이기 위해서 분리망의 하부로 유도되어야 한다(Isaksen 등, 1992; Mounsey 등, 1995; Oravetz and Seidel, 1984). 이렇게 분리망의 하부로 유도된 어획물은 분리망

의 경사면을 따라 위쪽으로 올라가면서 분리망의 그물코 크기에 따른 선택작용 발생 기회가 많이 주어져 분리효율이 높아지게 된다. 그러므로 유도망은 자루그물 등 판에서 밑판까지 부착하는 것이 타당하다고 여겨져서 해파리 분리장치 개발에 적용하였다.

유도망과 분리망의 설치 거리도 분리망의 선택작용을 높이기 위해서는 중요하다. 이에 대해서 Lossius(1997)는 분리망과 가깝게 설치하여야 한다고 했고, Isaksen 등(1995)은 분리망과의 거리를 50cm로 권장하고 있다. 金 등(2005)과 Kim 등(2005)은 어획선택이 일어나기 위해서는 대상물과 어구가 접촉할 수 있는 기회 확률이 높아야 한다고 했으므로 이 연구에서도 분리망에서의 어획 선택효과를 높일 수 있도록 유도망과 분리망간의 거리를 약 0.3m로 짧게 하여 유도망의 하부를 통과한 어획물이 분리망의 하부에서 바로 접촉할 수 있도록 하였다.

유도망의 설치 경사각은 작을 경우에는 분리장치의 길이가 길어지게 되고, 클 경우에는 유도망이 오히려 장벽역할을 할 우려가 있으므로 설치 경사각은 기존의 연구결과를 참조하여 30°로 하였으며, 松下 등(2005)도 예인어구에서 대형해파리의 혼획을 방지하기 위한 장치에 유도망의 경사각을 30°로 하여 설치 사용한 사례도 있다.

유도망이 없는 분리망으로만 구성된 해파리 분리장치도 고려해 보았다. Isaksen 등(1992)은 새우트롤어업에서 유도통로(유도망)없이 시험조업한 결과 어류의 분리는 좋았으나 새우 손실률은 40%로 높았다는 연구가 있다. 해파리가 혼획되는 상황에서 해파리는 자체 유영력이 거의 없으므로 흐름에 의해 상층부로 뜬다고 가정했을 경우, 해파리 분리장치의 해파리 배출구는 자루그물의 등판에 있으므로 해파리 배출률을 높이기 위해서는 어획물을 자루그물의 밑판 쪽으로 유도하는 유도망 설치가 오히려 해파리 배출에 방해가 된다고 할 수 있다. 그러나 실제 해상시험에서 유도망은 없고 분리망으로만 구성된 분리장치(S형) 시험 결과는 해파리 배출물에 있어 큰 차이를 보여 S형 분리장치에서는 평균 49%이고, GS형 분리장치에서는 평균 86%로 오히려 GS형 분리장치가 해파리 배출률이 우수하였다(Table III-3, Table III-5). 따라서 유도망 설치해 해파리 배출률을 높이기 위해서도 필요하다고 생각하여 해파리 분리장치 개발에 있어 그 기본 구조로서 유도망과 분리망이 있는 형태인 GS형을 선택하였다.

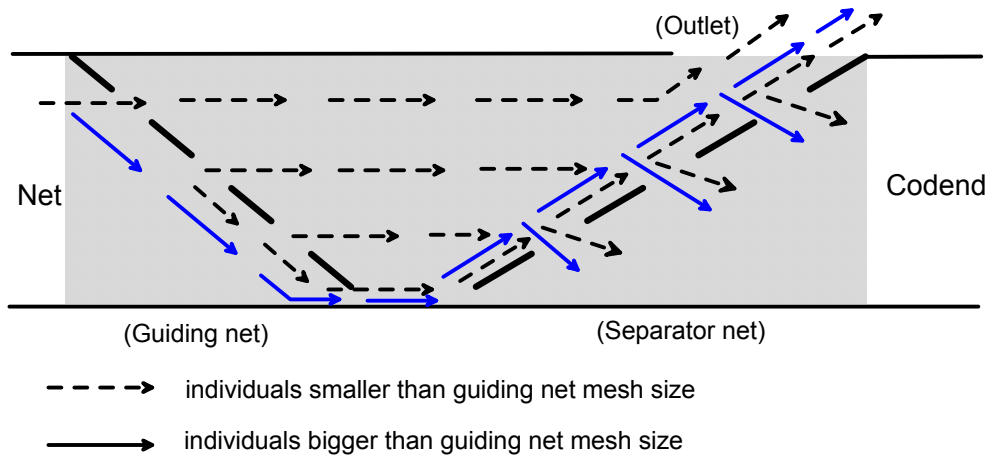


Fig. V-1. Schematic behavior pattern of fish and jellyfish in the jellyfish separator system.

이와 같이 해파리 분리장치의 일반적 구조(GS형)를 도출한 후 분리장치내에서의 어획물 분리배출과정을 살펴보기 위하여 수조실험을 수행하고, 두 가지 경우의 분리배출 유형에 대해 분석하였다(Fig. V-1).

첫 번째 경우는 유도망의 그물코 크기보다 작은 개체의 행동 유형이다. 유도망의 그물코 크기보다 작은 개체인 경우에는 유도망을 만났을 경우 유도망을 통과하는 경우와 유도망에 의해 유도되어 유도망의 하부를 통하여 분리망의 하부로 가게 되는 경우이다. 유도망을 통과할 경우는 자루그물의 상층부를 통과했다면 배출구로 바로 빠져나갈 확률이 크며, 유도망에 의해 유도되다가 유도망을 통과할 경우에는 분리망과 만나 분리망에서 다시 선택작용이 일어나 끝자루로 들어가거나 다른 개체들과 함께 배출구를 통하여 빠져나갈 수 있다. 이 경우는 유도망의 그물코 크기보다 작은 어류나 해파리가 이런 유형으로 분리 배출될 것으로 생각된다.

두 번째 경우는 유도망의 그물코 크기보다 큰 개체의 행동 유형이다. 유도망의 그물코 크기보다 클 경우에는 유도망을 만났을 경우 유도망을 따라 자루그물의 하부로 유도되어 분리망의 하부로 가게 된다. 분리망의 하부에서 상부로 이동되는 과정에서 분리망의 그물코 크기에 따른 선택작용이 일어나 분리망의 그물코 크기보다 작은 개체는 끝자루로 들어갈 확률이 높으며, 큰 개체는 분리망을 따라 배

출구로 유도되어 자루그물을 빠져나가게 된다. 이 경우는 유도망의 그물코 크기보다 큰 어류나 해파리가 이런 유형으로 분리 배출될 것으로 생각된다.

이와 같이 분리장치내에서의 분리배출 유형은 개체의 크기에 따라 다르므로 어획 손실률을 줄이기 위해서는 배출구로 빠져나가는 어류의 양을 줄일 수 있어야 하며, 또한 유도망을 통과한 어류는 모두 어획되도록 하는 방안이 필요하다.

이 연구에서 제시한 배출구로 빠져나가는 어획손실을 줄이기 위한 방안인 배출구 덮개 사용 및 유도망을 통과한 어류를 어획하기 위한 어류유도통로 설치는 타당한 방안이라 생각되며, 실제 현장시험에서도 그 효과를 증명할 수 있었다.



2. 해파리 분리장치의 어획특성

여러 형태의 해파리 분리장치에서 어획된 망(끝자루 및 덩그물)에 따른 어획특성을 분석해 보면, 유영력이 강한 큰 개체의 어류는 배출구로 빠져나가는 경향이 많았으며, 저서성 종인 경우에는 끝자루에서 어획되는 비율이 많았으나 배출구를 통하여 빠져나가는 경우도 있었다. 그리고 개체가 작은 어류의 경우에도 배출구를 통하여 빠져나가는 경우도 있었는데, 이와 같은 현상은 해파리와 같이 혼획되어 어획되는 과정에서 해파리와 함께 배출구로 빠져나간 것으로 보여진다. 저서성 종인 경우에도 자루그물의 하층으로 유도된 해파리와 함께 배출구로 빠져나간 것으로 보여진다(Fig. III-13). 그렇지만 저서성 종인 경우에는 다른 어린 어류보다 배출구로 빠져나가는 비율이 적게 나타났다.

Isaksen 등(1992)은 새우트롤어업의 분리 그리드에서 어류행동을 수중카메라로 촬영하여 분석하였다. 새우류의 경우에는 대부분 그리드를 통과하여 끝자루로 들어가나 일부는 점프하여 배출구로 빠져나갔고, 일부는 bar를 따라 위로 향하다가 그리드를 통과하여 끝자루로 들어갔으며, 어린고기인 경우에는 대부분 그리드를 통과하여 끝자루로 들어가나 일부는 bar에 의해 상부로 유도된 후 배출구로 빠져나갔고, 큰 어류의 경우에는 bar 앞에서 유영하다가 배출구를 통하여 빠져나가는 것을 관찰하였다. 가자미류는 그리드 상에 머물다가 배출구로 미끄러지면서 위로 올라가게 되어 배출구로 빠져나가는 것을 관찰하였다.

Isaksen 등(1992)이 관찰한 수중 어류 행동은 사용한 그리드의 bar 간격이 19mm로 이 연구에서 사용한 분리망의 간격 193mm보다 좁고 알루미늄으로 된 고품체이므로 그리드상에서 흐름으로 인해 어류가 배출구 쪽으로 미끌려서 빠져나갈 수 있으나, 그물감으로 된 이 연구의 분리망은 유연체이므로 고품체에서 관찰할 수 있는 현상과 차이가 있을 것으로 생각된다. 즉, 어린고기인 경우 배출구로 빠져나가는 것은 분리망의 영향이라기보다는 혼획되는 해파리 영향이 큰 것으로 예상되며, 또한 저서성 종이 배출구를 통하여 빠져나가는 것도 분리망의 영향보다는 해파리 영향이 큰 것으로 예상된다(Fig. III-13).

황아귀의 경우에는 시험기간 중 어획된 종들 중에서 큰 개체에 속하며, 저서성 어류이지만 자루그물을 빠져나가는 비율이 다른 저서성 종 보다 크게 나타난 것은 분

리망의 그물코 크기에 의한 선택작용에 기인한 현상이라 해석된다. 松下 등(2005)은 저서성 종인 아귀를 어획하기 위하여 분리 그리드의 하부를 상부와 달리 bar 간격을 크게 하여 그리드 상·하부의 bar 간격을 다르게 사용하여 연구한 바 있다.

셋돔의 경우에는 해파리가 많이 어획되는 시기에 많이 어획되었고, 자루그물을 빠져나가는 비율도 다른 어류보다 높게 나타난 것은 유연력이 월등해서라기 보다는 어릴 때 해파리류를 먹이로 하며 표층성 해파리 아래에 서식하는 성질(국립수산과학원, 2004b)이 있어서 해파리가 배출될 때 함께 배출된 것으로 사료된다.

해파리 분리배출률에 있어서는 최대 평균 약 95%로 松下 등(2005)이 철제그리드를 사용한 결과인 89%보다 높게 나타났으며, Kendall(1990)의 새우트롤어업에서 78%의 해파리 분리효과 보다도 높게 나타나 철제 그리드 분리율보다 분리효율이 높아 그물감을 사용한 분리망 사용 가능성을 제시할 수 있었다.



3. 어획손실을 줄이기 위한 장치

조업과정 중에 비목표종을 분리배출하기 위한 장치이지만 비목표종을 분리 배출하는 과정에서 어획물도 같이 배출되어 어획손실이 크게 발생한다면 적절한 분리장치라 할 수 없다. 그래서 비목표종의 배출률은 높이고 어획물의 손실은 낮추기 위한 분리장치의 구조 설계가 필요하다.

우선 배출구에서 빠져나가는 어류의 손실을 줄이기 위하여 배출구 덮개를 사용하였다. 덮개를 사용함으로써 어류가 배출구로 빠져나갈 시 위협을 주어 도피행동을 취하게 하여 끝자루로 유도하기 위함이다. 덮개의 재질은 여러 가지로 할 수 있지만, 그물감, 그물실 그리고 캔버스를 사용한 덮개 중 수조실험을 통하여 그물실을 사용한 덮개를 현장시험에 사용하였다. 흐름에 따른 덮개 재질별 역할은 어떤 재질을 사용하든지 사용하는 데 문제는 없었다. 덮개가 흐름 속에서 어류에 위협을 주는 데 있어서는 그물실로 된 덮개가 여러 개의 낚시들의 움직임으로 인해 위협 강도가 클 것으로 예상되었고, 해파리가 배출구를 통하여 배출될 시 그물실 덮개는 배출되는 구간만 덮개가 열리고 다른 구간은 덮혀있는 상태가 되어 어류에게 지속적인 위협을 줄 수 있었다. 그러나, 그물감 및 캔버스 덮개는 해파리가 배출될 시 다른 구간도 같이 열리는 현상이 관찰되어 해파리가 배출될 시에는 덮개로써의 기능이 떨어짐을 알 수 있었다. Engaas 등(2001)은 새우트롤에서 새우크기와 같은 어류를 분리하기 위하여 배출구에 와류순환장치를 설치하여 연구한 바 있으며, 松下 등(2005)은 유영력이 뛰어난 어류의 탈출을 방지하기 위하여 배출구에 개폐망을 설치하여 시험한 바 있으며, Mounsey 등(1995)은 배출구에 투명한 PVC 판을 이용한 덮개를 만들어 시험한 바 있다.

이 연구에서는 배출구에 덮개를 설치하는 장치 외에 유도망과 분리망 사이에 어류유도통로를 만들어 어획손실률을 줄이고자 하였다. 어류유도통로는 유도망에 연결되어 있어 유도망을 통과한 어류는 곧바로 끝자루로 유도되게 되어 있어 어류의 손실률을 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 실제 현장시험 결과 어류의 손실률은 비교어구인 철제 분리 그리드 장치를 사용한 것과 시험 성적이 유사하여 어획손실 저감장치로써 사용 가능성을 확인할 수 있었다.

VI. 요약

여름철 우리나라 주변해역에 대량 출현하는 해파리에 의한 어업피해를 줄이기 위하여 트롤어구용 해파리 분리장치 6종을 설계 제작하고, 수조실험과 해상시험을 실시하였다.

수조실험은 수직순환형 회류수조를 이용하여 GS형 및 GST형 분리장치의 수중 형상을 관찰하였으며, 유속($V=0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2\text{m/s}$)에 따른 유도망과 분리망의 형상 변화를 조사하였다. 또한 직경이 40, 50, 100, 200, 280mm인 구형 스펀지를 사용하여 분리장치 내에서 해파리와 어류의 분리 배출 과정을 분석하였다. 그리고 배출구 덮개 재질 선정은 해파리 모형으로 사용한 $\varnothing 280\text{mm}$ 인 구형 스펀지를 이용하여 배출구로 배출될 때의 덮개 재질별(그물실, 그물감, 캔버스) 형상을 비교 분석하였다.

해상시험은 남해안에서 저층트롤선인 탐구3호(369톤)를 이용하여 2004년과 2005년의 7월과 9월에 실시하였다. 이때 사용한 분리장치 형태는 S형, GS형, SF형, GSF형, GST형의 5종이며, 비교 분리장치로써 GSgF형을 사용하였다. 분리망의 경사각 변화에 따른 해파리 배출률을 조사하기 위하여, S형 분리장치에서는 $10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$ 경사각에 대해서, GS형 분리장치에서는 $20^\circ, 30^\circ, 40^\circ$ 경사각에 대해서 시험하였다. 또한, 해파리 분리장치 적정 구조를 파악하기 위하여 S형과 GS형 분리장치에서의 해파리 배출률을 비교 분석하였다. 그리고 어획손실을 줄이기 위한 방안인 배출구에 덮개를 사용한 SF형 및 GSF형 분리장치, 유도망과 분리망사이에 어류유도통로를 설치한 GST형 분리장치에 대해 어획손실률을 조사하여 비교 분리장치인 GSgF형과 비교 분석하였다. 그리고 배출구로 배출되는 해파리를 절단하여 구제할 수 있도록 해파리 절단장치를 S형과 GS형 분리장치의 배출구에 부착하여 성능을 파악하기 위한 기초시험도 실시하였다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 수조실험

1) 고안된 트롤용 해파리 분리장치는 2종으로, 유도망, 분리망, 배출구로 구성된 GS형 분리장치와 유도망, 분리망, 어류유도통로, 배출구로 구성된 GST형 분리장치이다.

2) 실물 GS형 분리장치에서 유도망은 흐름 속에서 위로 블록한 곡선형을 보였으며, 유속이 증가함에 따라 그 만곡도는 작아지면서 등판 쪽으로 붙는 현상과 유도망 하부의 최고점은 유속 1.2m/s에서 옆판 높이의 약 71%정도까지 뜨는 현상을 관찰하였다. 이런 현상을 해소하기 위해서는 유도망 하부에 침강력이 필요하며, 유도망을 옆판에 부착시 밑판에서 일정거리를 띄워서 부착하는 것보다 밑판까지 부착하는 것이 유도망의 기능을 높일 수 있었다.

3) 실물 GS형 분리장치 수조실험에서 나타난 개선점을 보완한 모형 GS형 분리장치에서의 유도망은 유속이 증가함에 따라 아래로 가라앉는 현상을 보였으며, 유도망 하부의 최고점은 유속 1.2m/s에서 옆판 높이의 약 39%정도가 되어 약 32%의 개선 효과가 있었다.

4) 분리망은 실물 GS형 및 모형 GS형 분리장치 수조실험에서 모두 아래로 블록한 곡선형을 보였으며, 유속 증가에 따른 형상 변화 경향은 크지 않아 안정성을 유지하였다.

5) 모형 GST형 분리장치는 유도망의 하부를 연심로프로 보강하였지만 흐름 속에서 뜨는 현상이 발생하였다. 그 보완책으로써 유도망의 하부 중앙에는 1kg중의 추를, 중앙부의 양쪽 1/2되는 지점에는 0.5kg중의 추를 매달아 실험한 결과 유도망이 상하로 일정하게 전개되었고, 이에 따라 어류유도통로도 자연스럽게 형성되었다.

6) 모형 GST형 분리장치의 어류유도통로는 유도망 하부와 분리망 하부와의 간격이 0.34m정도여서 이 부분에서 굴곡이 심하므로 유도망과 분리망 사이의 간격을 넓혀 어류유도통로가 자연스럽게 전개되도록 함이 필요하다.

7) 해파리 분리장치내에서 분리배출과정은 모형 개체가 유도망의 그물코 크기보다 클 경우에는 유도망을 따라 분리망의 하부로 유도되어 분리망의 선택작용에 의해 끝자루로 흘러 들어가거나 배출구를 통하여 배출이 되었다. 유도망의 그물코 크기보다 작을 경우에는 유도망의 상부를 통과한 것은 배출구로 배출되는 경우가 많았고, 유도망의 하부를 통과한 것은 분리망의 선택작용에 의해 거의 분리망을 통과하여 끝자루로 흘러 들어갔다. 침강력이 있는 모형 개체는 유도망 하부를 곧바로 통과하여 분리망의 하부 그물코를 통하여 끝자루로 흘러 들어갔다.

8) 배출구 덮개 실험에서 그물실 덮개는 다른 덮개에 비하여 흐름 속에서 필러거림이 심하여 어류에 위협을 강하게 줄 수 있다고 여겨지며, 또한 해파리 모형이 배출될 때에도 해파리 모형이 배출되는 부분만 열리고 다른 부분은 계속 덮개 역할을 하므로 어류 탈출을 방지하기 위한 덮개 재질 중 가장 적합하다고 판단되었다.

2. 해상시험

1) 해파리 분리장치로 고안된 형태는 5종으로, S형, GS형, SF형, GSF형, GST형이며, 비교 분리장치로써 GSgF형을 사용하였다.

2) 조사기간 중에 어획된 어획종은 총 104종으로 어류 88종, 갑각류 8종, 연체류 7종, 극피동물 1종이었고, 주 어획종은 셋돔, 보구치, 갈치, 덕대 등이었다.

3) 조사기간 중 어획량은 2004년 7월에는 224.5kg이고 양망당 어획량은 15.0kg으로 총어획물(해파리 포함)의 23.9%를 차지하였고, 9월에는 1,685kg이 어획되어 양망당 어획량은 93.6kg으로 총어획물(해파리 포함)의 12.7%를 차지하였다. 2005년 7월에는 1,002.7kg이 어획되어 양망당 어획량은 52.8kg으로 총어획물(해파리 포함)의 31.0%를 차지하였고, 9월에는 1,095kg이 어획되어 양망당 어획량은 60.8kg으로 총어획물(해파리 포함)의 16.2%를 차지하였다.

4) 주요어종의 어획손실률은 2004년 7월에는 전갱이 94%, 셋돔 91%, 참조기 89%, 덕대 85%, 갈치 74%, 별넙치 및 참가자미 33%, 점넙치 26%, 새우류 13%였고, 9월에는 민태 73%, 갈치 71%, 셋돔 67%, 반지 및 전갱이 58%, 보구치 56%, 덕

대 48%, 꽃게 17%, 갯가재 16%, 새우류 27%였다. 2005년 7월에는 달고기 88%, 덕대 57%, 병어 49%, 갈치 47%, 셋돔 42%, 참조기 36%, 보구치 28%, 눈볼대 15%, 열동가리돔 3%였고, 9월에는 달고기 83%, 전갱이 67%, 덕대 48%, 셋돔 46%, 갈치 41%, 보구치 22%였다.

5) 조사기간 중에 출현한 해파리는 2종으로 노무라입깃해파리(*Nemopilema nomurai*)와 유령해파리(*Cyanea nozakii*)였다. 주 출현종인 노무라입깃해파리의 우산 직경 $D(\text{cm})$ 와 습중량 $W(\text{kg})$ 와의 상관관계식은 $W = 0.5248e^{0.0427D}$ 로 나타났다.

6) 해파리 배출률(R_j)과 어획손실률(L_f)과의 상관관계식은 $L_f = 0.5102R_j + 0.1331$ 로 나타났으며, 해파리 배출률이 높아지면 어획손실률도 높아지는 경향을 보인다.

7) 분리망의 경사각별 조사에서, S형 분리장치에서 조사된 10°, 15°, 20° 경사각에서 해파리 배출률은 각각 평균 61%, 45%, 48%였으며, 어획손실률은 중량 대비로 각각 평균 45%, 55%, 50%였고, 미수 대비로는 각각 평균 53%, 56%, 59%였다. 그리고 GS형 분리장치에서 조사된 20°, 30°, 40° 경사각에서 해파리 배출률은 각각 평균 95%, 83%, 86%였으며, 어획손실률은 중량 대비로 각각 평균 58%, 60%, 67%였고, 미수 대비로는 각각 평균 60%, 57%, 67%였다. 그러므로 해파리 분리망의 경사각은 해파리 배출률이 가장 높은 20°가 적정하다고 판단되며, 분리장치 구조도 해파리 배출률이 높은 GS형이 적정하다고 생각된다. 그렇지만 이 GS형 분리장치에서 어획손실을 줄일 수 있는 방안을 강구할 필요가 있다.

8) 해파리 분리장치에서 어획손실을 줄이기 위한 방안으로 배출구에 덮개를 사용하는 방안과 유도망과 분리망 사이에 어류유도통로를 설치하는 방안을 제시하고 적용하였다.

9) 어획손실을 줄이기 위해 고안된 해파리 분리장치의 형태별 어획손실률은 중량 대비로는 GSF형 분리장치가 평균 43%로 덮개가 없을 때보다 약 15% 감소하였다. GST형 분리장치에서는 평균 30%였고, 철타 분리 그리드가 부착된 GSgF형 분리장치에서는 평균 28%였다. 그리고 SF형 분리장치에서는 평균 49%였다. 미수 대비로는 GSF형 분리장치가 평균 37%로 덮개가 없을 때보다 약 23% 감소하였다. GST형

분리장치에서는 평균 32%였고, 철제 분리 그리드가 부착된 GSgF형 분리장치에서는 평균 28%였다. 그리고 SF형 분리장치에서는 평균 36%였다.

10) GST형 분리장치는 철제 분리 그리드가 부착된 GSgF형 분리장치와 어획손실률이 유사하여 해파리 분리장치로써 사용 가능성이 확인되었다.

11) 해파리 배출률과 어획손실률을 감안할 때 트롤어구에서 가장 적정한 해파리 분리장치는 GST형과 GSF형이라 판단된다.

3. 해파리 구제장치

1) 해파리 절단장치는 해파리가 배출과정에 절단되도록 고정된 틀에 $\varnothing 1.0\text{mm}$ 와이어로프를 0.2m 간격으로 설치 제작하여 배출구에 부착하였다.

2) 선상에서 수행한 해파리 절단시험에서는 우산 직경이 13~83cm(습중량 0.9~14kg)되는 해파리에 대해서 시험하였으며, 해파리 절단에 필요한 힘은 0.8~7.0kg·f로 평균 3.3kg·f이 필요하였다.

3) 해파리 절단장치의 설치에 흐름에 대해서 수평방향보다는 수직방향으로 설치하는 것이 절단 효과가 더 클 것으로 판단되며, 그에 따라 수직방향으로 부착하여 사용할 수 있는 분리장치 고안이 필요하였다.

VII. 참 고 문 헌

- Andrew N.L., S.J. Kennelly and M.K. Broadhurst. 1993. An application of the Morrison soft TED to the offshore prawn fishery in New South Wales, Australia. *Fisheries Research*, 16, pp. 101~111.
- Angel, S. and D. Lilleng, 2001. New type of size selective system made of plastic and rubber: The "Flexigrid". *Technical Regulations and By-Catch Criteria in the Barents Sea Fisheries*. pp. 108~113.
- Broadhurst M.K. and S.J. Kennelly. 1996a. Effects of the circumference of cod-ends and a new design of square-mesh panel in reducing unwanted by-catch in the New South Wales oceanic prawn-trawl fishery, Australia. *Fisheries Research*, 27(4), pp. 203~214.
- Broadhurst M.K. and S.J. Kennelly. 1996b. Rigid and flexible separator-panels in trawls that reduce the by-catch of small fish in the Clarence River prawn-trawl fishery. *Australia Mar. Freshw. Res.* 47, pp. 991~998.
- Broadhurst M.K.. 2000. Modifications to reduce by-catch in prawn trawls: a review and framework for development. *Rev. Fish Biol. Fish*, 10(1), pp. 27~60.
- Broadhurst M.K. M.I. Kangas, C. Damiano, S.A. Bickford and S.J. Kennelly. 2002. Using composite square-mesh panels and the Nordmøre-grid to reduce bycatch in the Shark Bay prawn-trawl fishery, Western Australia. *Fisheries Research* 58, pp. 349~365.
- Coreil, P.D., 1985. Trawling Efficiency Device acceptance and use by Louisiana commercial shrimpers. *Int. Symp. on Kemp's Ridley Sea Turtle Biology, Conservation and Management, Galveston, TX (USA), 1~4 Oct 1985*.
- Engaas, A., K. Gamst, N. Graham. 2001. Inclined water flow and its applications for reduced bycatch in shrimp trawls. *Technical Regulations and By-Catch Criteria in the Barents Sea Fisheries*. pp. 40~43.

- Engås A., T. Jorgensen and C. W. West. 1998. A species-selective trawl for demersal gadoid fisheries. ICES J. Mar. Sci. 55, pp. 835~845.
- Graham N.. 2003. By-catch reduction in the brown shrimp, *Crangon crangon*, fisheries using a rigid separation Nordmøre grid(grate). Fisheries Research, 59, pp. 393~407.
- Hickey W.M., G. Brothers and D.L. Boulos, 1993. By-catch reduction in the northern shrimp fishery. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No 1964, 41pp.
- Isaksen B., J.W. Vademarsen, R.B. Larsen and L. Karlsen. 1992. Reduction of fish by-catch in shrimp trawl using a rigid separator grid in the aft belly. Fisheries Research, 13, pp. 335~352.
- Kendall D. 1990. Shrimp retention characteristics of the Morrison Soft TED: a selective webbing exclusion panel inserted in a shrimp trawl net. Fisheries Research, 9, pp. 13~21.
- Kim I.O., T. Mituhasi, T.H. Jo, C.D. Park and T. Tokai. 2005. Effect of tooth spacing on the contact selection and available selection of a dredge for the equilateral Venus clam *Gomphina melanaegis*. Fisheries Science, 71, pp. 713~720.
- Larsen R.B. 1992. A short history on the development of the Sort-X system for size selectivity of fish. The Canadian Mobile Gear Selectivity Workshop, 1~9.
- Lossius, L.L., 1997. Size Selection of Northern Shrimp(*Pandalus borealis*) by Metal Sorting Grids in the Shrimp Trawls. Cand. Scient. theis in Fisheries biology, University of Bergen, 82pp.
- Main J. and G. I. Sangster. 1985. Trawling experiments with a two-level net to minimize the undersized gadoid by-catch in a Nephrops fishery. Fisheries Research, 3, pp. 131~145.
- Matsuoka T. and Ting T. Kan. 1991. Passive Exclusion of Finfish by Trawl Efficiency Device(TED) in Prawn Trawling in Gulf of Papua, papua New Guinea. Nippon Suisan Gakkaishi, 57(7), pp. 1321~1329.

- Mitchell J.F., J.W. Watson, D.G. Foster and R.E. Caylor. 1995. The Turtle Excluder Device(TED): A Guide to Better Performance. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-366, NMFS Mississippi Laboratory, Pascagoula: 32 pp.
- Mounsey Richard P., Graham A. Baulch and Rik C. Buckworth. 1995. Development of a trawl efficiency device(TED) for Australian prawn fisheries. I. The AusTED design. Fisheries Research, 22, pp. 99~105.
- Namikawa, H. and I. Soyama. 2000. Jellyfishes in Japanese Waters. TBS Britanica Co., Tokyo, 119 pp.
- Oravetz C. and W. Seidel. 1984. Shrimpers can reduce by catch levels with trawling device. NATL. FISHERMAN, 64(11), pp. 46~47.
- Pettovello A.D., 1999. By-catch in the Patagonian red shrimp(*Pleoticus muelleri*) fishery. Mar. Freshw. Res. 50, pp. 123~127.
- Robins-Troeger J.B.. 1994. Evaluation of the Morrison soft turtle excluder device: Prawn and bycatch variation in Moreton Bay, Queensland. Fisheries Research, 19, pp. 205~217.
- Robins-Troeger J.B., R.C. Buckworth and M.C.L. Dredge. 1995. Development of a trawl efficiency device(TED) for Australian prawn fisheries. II. Field evaluations of the AusTED. Fisheries Research, 22, pp. 107~117.
- 松下吉樹, 野島幸治, 井上喜洋. 1999. 小型底曳網漁業における漁獲物分離装置の開発. 日本水産學會誌, 65(1), pp. 11~18.
- 松下吉樹・本多直人・河村智志. 2005. 曳網漁具に装着する大型クラゲ混獲防除装置 JET (Jellyfish Excluder for Towed fishging gear)の試作と操業實驗. 日本水産學會誌, 71(6), pp. 965~967.
- 東海 正, 大本茂之, 藤森康澄, 兼廣春之, 松田 皎. 1997. 東京灣シャコ小型底曳網 における魚種分離効率. 日本水産學會誌, 63(5), pp. 715~721.
- 梶川和武, 藤石昭生, 井上 悟, 永松公明, 濱野 明. 1998. 分離漁獲装置付き2階式小型底曳網 の分離効果. 日本水産學會誌, 64(2), pp. 189~196.

- 梶川和武, 藤石昭生, 永松公明, 東海 正, 松田 皎. 1999. 混獲防御装置(SURF-BRD)付トロールの魚種分離とサイズ分離. 日本水産學會誌, 65(2), pp. 278~287.
- 水産總合研究センター. 2004. 大型クラゲに関する國際ワークショップ講演要旨集. 53 pp.
- 飯泉仁. 2004. 日本における大型クラゲの大量出現とその影響. 大型クラゲに関する國際ワークショップ講演要旨集. pp. 1~8.
- 程家驊. 2004. 東・黃海における大型クラゲの狀況(要旨). 大型クラゲに関する國際ワークショップ講演要旨集. pp. 46~50.
- 국립수산진흥원. 1967. 韓國漁具圖鑑(2號). 亞成出版社, 서울, pp. 94~96.
- 국립수산과학원. 2004a. 한국연안의 해파리. 도서출판 한글, 부산, 55 pp.
- 국립수산과학원. 2004b. 한국연근해 유용어류도감 도서출판 한글, 부산, 333 pp.
- 康英實. 2004.クラゲの異常増殖の原因及び研究計劃. 大型クラゲに関する國際ワークショップ講演要旨集. pp. 13~20.
- 金仁鈺, 曹台鉉, 朴倉斗, 東海 正. 2005. 코타마가이에對する桁網袋網의網目選擇性. 日本水産學會誌, 71(1), pp. 54~59.
- 安熙瑿, 辛鍾根. 2004. 클라게에 의한 漁業被害의 現狀及 對策. 大型클라게에 關する 國際 워크숍 講演要旨集. pp. 9~12.
- 李秉鎭. 1977. 現代 트로울 漁法. 太和出版社, 부산, pp. 38~57.
- 이태원. 2003. 현산어보를 찾아서 2. 청어람미디어, 서울, pp. 354~367.
- 張志元, 徐斗玉. 1982. 漁具工學. 新韓出版社, pp. 119~142.
- 丁若鎔. 2002. 滋山魚譜(鄭文基 譯). (주)지식산업사, 서울, pp. 99~100.
- 정의철, 박해훈, 양용수, 안희춘, 박창두. 1998. 트롤망의 소형어류 탈출장치 개발. 1997년도 국립수산진흥원 사업보고서, pp. 147~165.
- 정희동, 황재동, 정규귀, 허 승, 성기탁, 고우진, 양준용, 김상우. 2003. 한반도 근해 수온 및 염분의 장기변화 추이. 해양환경안전학회지, 9(2), pp. 59~64.

감사의 글

참으로 오랜 시간이었다고 생각합니다. 그 동안 마음고생도 많았지만 뜻하는 바가 있었기에 행복하였습니다. 주위의 여러분들의 도움과 격려가 없었다면 이 논문은 완성하지 못했을 것입니다. 도움을 주신 많은 분들을 되돌아 생각하며 지면으로나마 감사의 마음을 전하고자 합니다.

먼저, 부족함이 많은 저에게 질타와 격려의 말로써 이 논문을 완성할 수 있도록 끝까지 힘써 주신 서두옥 교수님께 머리 숙여 감사드립니다. 그리고 학문의 길로 접어들 수 있도록 하여 주신 노홍길 교수님, 본 논문을 정성껏 다듬어 주시고 많은 조언과 격려를 하여 주신 안장영 교수님, 신형일 교수님, 정용진 교수님, 김석종 교수님께도 깊은 감사를 드립니다. 또한, 항상 깊은 마음으로 걱정과 격려를 하여 주신 안영화 교수님과 최찬문 교수님, 그리고 제주대학교의 윤양호 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

이 논문이 완성될 수 있도록 여러 가지 배려와 격려를 하여 주신 백철인 본부장님, 신종근 팀장님, 안희춘 연구관님과 같은 팀원으로서 이 연구에 대하여 많은 조언과 협조를 하여 주신 박창두 연구관님, 논문 작성 시간을 할애해 주기 위해 저의 업무를 많이 처리하여 주신 양용수 연구관님, 수조실험에 많은 도움을 주신 차봉진 박사님, 최인욱 선생님, 조성룡 선생님, 이상무 연구원, 해상시험 조사를 위해 힘써 주신 이경훈 박사님, 배봉성 박사님, 배재현 박사님, 신정욱 연구원, 윤지현 연구원, 원고를 꼼꼼히 읽어 교정해 주신 정성재 박사님, 심적 부담을 줄일 수 있도록 노력해 준 손병규 박사님, 한주철 박사님, 시험자료 입력과 정리를 도와 준 김우진 연구원께 감사를 드립니다. 그리고 해상시험조사 지도 자료를 제공해 준 동료였던 박정훈님께에도 감사드리며, 지금은 높은 곳에서 기뻐해 주고 있을 것이라 생각합니다.

해상시험 시 어려운 상황에서도 시험 조사를 무사히 마칠 수 있도록 힘써 주신 국립수산과학원 시험조사선 탐구 3호 박춘덕 선장님과 손정근 기관장님, 그리고 이주도, 최강우, 이금신, 이용운, 진명길, 장기현, 김갑중, 허문곤, 김시영, 김성규, 이영수, 김정열, 고양남, 박삼수, 조명도, 서경은, 권구성, 박경근, 이병철 승무원님들의 협조가 없었더라면 이와 같은 좋은 결실은 없었을 것이라 생각하며 감사를 드립니다.

논문심사기간 중에 여러 가지로 협조를 하여 주신 김병기 조교선생님, 김병엽 동문에게도 감사를 드리며, 고향을 찾을 때마다 항상 반가운 마음으로 맞아주고 논문작성에 힘이 되어 준 김상현 박사님과 김영기 친우에게도 감사를 드립니다.

항상 자식이 잘 되기만을 바라시고 사랑으로 헌신하시고 믿음으로 지켜봐 주신 아버님, 어머님 그리고 장인 장모님에게 깊은 감사를 드리며, 항상 관심을 가지고 지켜봐 주신 형님과 형수님, 누님과 매형, 동생과 매제, 제수 그리고 처남, 처제, 동서들께도 고마움을 전합니다.

특히, 넉넉하지 못한 상황에서도 내색하지 않고 늘 곁에서 정성어린 내조를 해 준 사랑스러운 아내 진은희님과 건강하고 올바르게 키 주고 있는 사랑스러운 아들 정탁이와 경탁이와도 이 기쁨을 나누고자 합니다.

끝으로, 오늘의 결실을 이루기 위해 노력을 다해 왔지만 항상 부족함을 느끼지 않을 수 없습니다. 이 순간부터 학문을 새롭게 시작한다는 겸손의 마음자세와 항상 배운다는 겸허의 마음자세를 가지고 더욱 노력할 것을 다짐하며, 여기에 일일이 열거하지 못한 분들에게도 고개 숙여 감사의 말씀을 올립니다.