

旋網漁法の漁獲過程에 있어서 짐줄의 張力- I \*  
- 網形別 짐줄의 張力에 관한 模型實驗 -

朴正埴 · 菊川 浩行\*\* · 金碩鍾  
濟州大學校 海洋科學大學, \*\* 鹿兒島大學 水産學部  
(1998년 10월 17일 접수)

**A Study on the Tension of a Purseline in the Process  
of Catch of the Purse Seine Fishing Methods- I  
- Model Experiment on the Tension of a Purseline by Net Shapes -**

**Jeong-Sik PARK, Hiroyuki KIKUKAWA\*\* and Suk-Jong KIM**

College of Ocean Sciences, Cheju National University,  
\*\*Faculty of Fisheries, Kagoshima University

(Received October 17, 1998)

**Abstract**

The north-west sea area of Cheju Island is where originate two layer current in the summer season. The case of the fishing operations in this sea area is almost impossible for normal expansion of the net gear for shooting net, and is happened to be frequent occasions for rise of tension suddenly in purseline by changes of the net shapes in the operation. Therefore, the safety of the operations is often obstructed by the above mentioned.

In connection with the above, model experiments on the purse seine in the circulating water tank was carried out in comparison and analysis on the changes of tension in the purseline by deformation of purse seine in the sea area of two layer current. The results obtained are as follows ;

In the case of the required time for pursing of 20 minutes in the no current set, the increasing curve for tension of purseline can be expressed as:

$$Y=0.0004x^3+0.0098x^2+0.3000x (r=0.9989)$$

where Y is tension(metric tons) of a purseline, x is required time(minutes) for pursing. And, the maximum value of tension in this time was an increase of 31.3 percent at 15 minutes, and was a decrease of 30.3 percent at 30 minutes than that of 20 minutes.

When the bottom margin of net is held on the position in velocity of 0.5 knot at three-eighths of net in the bottom current to the net height, the maximum tension of the required time for pursing of 30 minutes in tight set and loose set were decrease of 29.5 percent and 28.7 percent respectively than that of 20 minutes.

The work load during the required time for pursing of 20 minutes were calculated  $5.79 \times 10^6$

\* 이 논문은 "1997년도 제주대학교 국외파견연구지원계획에 의하여 연구" 되었음

$kgf \cdot m$  in no current set,  $7.89 \times 10^6 kgf \cdot m$  in tight set and  $5.15 \times 10^6 kgf \cdot m$  in loose set, therefore it was an increase of 22.3 percent in tight set, and was a decrease of 11.1 percent in loose set than that of the no current set. Where tight set and loose set is a range of the bottom current with velocity of 0.5 knot at three-eighths of net to the net height.

## 緒 論

한국 대형선망어업은 대마도 주변해역으로 부터 제주도 에 이르는 해역과 제주도 남쪽 해역에 걸쳐 연중 어장이 형성되고 있다. 이 중에서 제주도 주변해역은 선망어업의 중심 해역으로서 매우 중요한 어장인데, 이 해역은 하계에 고등어, 전갱이 어장이 형성되고 있으며 선망어장의 다섯 구역 중 하나로서 1983~87년(5년간) 선망어선의 연간 평균 조업회수의 비율이 44.1%에 이르는 중요한 어장이다(박, 1989). 그런데, 이 중 제주도 북서 해역은 하계에 대마난류계 수괴와 황해 냉수괴의 저층수에 의해 이중조가 발생하는 해역으로서(Tsujita, 1957. Kondo, 1985), 상층과 중층에 강한 약층이 발달하여 선망 조업시 투망된 망어구의 정상적인 전개가 불가능하며, 또한 망형을 크게 변형시켜 어구의 성능이 저하되는 경우가 있다. 그리고 때로는 저층류에 의해 망어구가 파손, 유실 등의 피해를 일으키며, 썩줄에 갑작스런 하중이 작용하여 장력이 급상승하는 경우가 있어 조업 중 망선의 급경사 또는 선체 중심의 상승 등 안전을 크게 저해하는 때가 있으므로(Tsujita and Kondo, 1957), 이런 현상에 대한 기초자료로서 조업 중 망형에 따른 썩줄의 장력 변화에 관한 해석이 요구되고 있는 실정이다.

선망어법에 있어서 썩줄의 장력에 관한 보고로서, Iitaka(1955)는 정어리 건착망의 모형실험에서 썩줄을 체결할 때, 장력 및 망형에 의한 환식현상의 원인을 구명하고, Shimozaki et al(1988)는 수중의 어구에 대해 역학적 방정식으로 대응 실물망에 대한 계산치를 구하여 썩줄의 안전성에 관하여 언급하였는데, 저층류 해역에 있어서 망형 변화에 의한 썩줄의 장력에 관한 연구는 아직 보고된 바 없는 실정이다.

이 연구에서는 이러한 문제들에 대응하기 위해서 모형망을 사용한 수조실험에 의해 정수시와 이중조 해역에 있어서 조업 중 망형 변화에 따른 썩줄의 장력변화를 비교해석하고, 이를 실제 조업에서 이용하는 방안을 검토하였으므로 이에 보고하는 바이다.

## 材料 및 方法

모형실험에 사용한 선망의 모형망은 제주도 주변해역에서 총톤수 130톤급의 망선이 사용하고 있는 고등어선망을 Tauti(1934)의 모형망 비교법칙에 의해 제작한 박(1986)의 모형망(뜸줄 길이 240.8cm, 납줄 길이 271.4cm)을 사용하였다. 모형망 조작에는 투망장치와 체결장치를 사용했으며, 썩줄의 장력은 장력 계측장치에 의거 썩줄이 그물층의 로울러와 드럼사이에서 등각이 되도록 장치한 폴리에 로오드셀(UT,  $\pm 1 kgf$ )을 부착하고, 이를 장력기록계(X-Y Recorder, D-73B)에 연결하여 자동 기록되도록 했다

실험은 東京水産大學의 회류수조를 사용했는데, 이 수조(200L  $\times$  120B  $\times$  85Dcm)의 관측부에 투명 아크릴제의 저층류 발생장치(박 등, 1986)를 설치하여 회류수조의 측정부의 상부측 물의 흐름을 정지시키는 방법으로 저층류를 발생 시켰다. 그리고 이 장치의 저면하 15cm부분의 유속을  $V' / V = 5.15 \times 10^{-1}$ 에 의거 실제 어장에서 0.5노트(모형망에 의한 유속 13.2 cm/sec)에 상당하도록 조정하여 망어구의 아랫부분에 저층류를 받도록 했으며, 저층류의 유속은 프로펠러형 유속계(SV 101型)로 측정하면서 일정하게 유지되도록 하였다(박 등, 1986). 모형망은 정수시와 저층류가 있는 경우에 대하여 실험을 실시했는데, 저층류는 투망 후 선망권을 형성했을 때 양망단의 갭(Gap)에서 선

Table 1. The conditions of the model experiments on the tension in a purseline of the model purse seine

Net* Direction	Ratio** of Net Height	Net shooting				Waiting		Pursing			
		Time		Speed		Time		Time		Speed	
		MV*** (sec)	AV*** (min)	MV (cm/sec)	AV (m/min)	MV (sec)	AV (min)	MV (sec)	AV (min)	MV (cm/sec)	AV (m/min)
NS	-	1.5	5.0	159.1	192.6	5.8	20.0	4.4	15.0	61.7	72.4
								5.8	20.0	46.8	54.3
								8.7	30.0	31.2	36.2
TS	2/8	1.5	5.0	159.1	192.6	5.8	20.0	5.8	20.0	46.8	54.3
								8.7	30.0	31.2	36.2
								"	"	"	"
"	3/8	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	4/8	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
L/S	2/8	1.5	5.0	159.1	192.6	5.8	20.0	5.8	20.0	46.8	54.3
								8.7	30.0	31.2	36.2
								"	"	"	"
"	3/8	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	4/8	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"

\* NS : No current set, TS : Tight set, LS : Loose set.

\*\* The ratio of net in the bottom current to the net height.

\*\*\* MV : Model value, AV : Actual value.

망권 내로 저층류가 향하는 때가 순조시(Tight set)의 경우이고, 이와 반대로 저층류가 향하는 때가 역조시(Loose set)의 경우이다. 저층류는 모형망의 아래부분에 있어서 전개 깊이의 2/8, 3/8 및 4/8되는 부분에 저층류를 받도록 설정하여 체결속도를 변수로 하여 실시했는데, 이에 대한 시간 간격을 나타낸 실험조건은 Table 1과 같다.

罅줄의 체결은 실제 조업에서 1회 20분이 소요되므로 이를 기준으로 해서 이보다 빠른 때와 늦은 경우에 대해 실시하여 罅줄의 장력을 측정했으며, 이들의 변화를 정수시에 비교해서 해석하였다. 한편, 罅줄의 장력에 대한 일량은, Table 1의 실험조건에 의거 체결의 경과시간에 따른 罅줄 장력의 기록곡선에 의한 면적을 면적계(Planix-7, Tamaya)로 구하여 罅줄의 체결 개시부터 종료시까지의 일량을 계산하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 靜水時 罅줄의 張力

정수시에 있어서 罅줄의 장력은 체결속도와 조업중 망형에 따른 변동이 예상되는데, 정수시의

실험조건은 투망 5분, 대기시간 20분으로 고정하고, 체결소요 시간은 15분, 20분 및 30분의 세 가지를 설정하여 체결속도를 각각 72.4 m/min, 54.3 m/min 및 36.2 m/min가 되도록 하였다. 대기시간을 20분으로 한 것은 모형망의 하단부가 충분히 침강하여 저층류에 의한 망의 변형과 장력의 변화를 측정하기 위해서였다. 체결소요시간 20분인 경우, 망의 길이의 중앙부에 있어서 그물의 아랫자락 부분이 도달한 수심은 약 150 m이고, 체결소요시간 15분의 경우 138 m, 그리고 30분의 경우 160 m 가량 망의 하단부가 침강하게 된다. 체결소요시간 15분(A), 20분(B) 및 30분(C)에 대한 罅줄 장력의 변화 커브를 Fig.1 에 나타냈다.

각 커브선에 대한 다항 근사곡선의 방정식은 다음과 같이 표시할 수 있다. 단, Y는 罅줄의 張力(톤)이고, x는 체결에 요하는 경과시간(분)이며 x값의 설정 범위에서 다음 식이 성립한다.

$$A : Y = -0.0054x^3 + 0.1596x^2 - 0.0030x \quad (r=0.9974) \quad (1)$$

$$B : Y = 0.0004x^3 + 0.0098x^2 + 0.3000x \quad (r=0.9989) \quad (2)$$

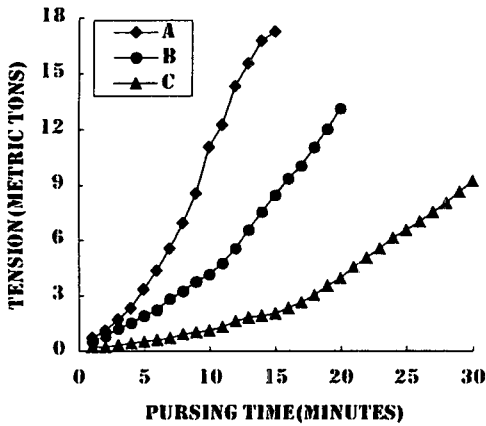


Fig. 1. Changes of the tension in a purseline of the model purse seine on pursuing time at the no current set in the standing water (exchanged into full scale).

\*Pursing time A : 15 minutes, B : 20 minutes, C : 30 minutes.

$$C : Y = 0.0001x^3 + 0.0044x^2 + 0.0534x \quad (r = 0.9985) \quad (3)$$

Fig. 1의 각 곡선에 의하면, 체결소요시간에 따라 장력의 최대치가 크게 변화한 것을 알 수 있는데, 특히 A 곡선은 B, C 곡선에 비하여 곡선의 경사도가 매우 큰 것을 알 수 있다. 장력의 최대치는 A 곡선 17.2톤, B 곡선 13.1톤, 그리고 C곡선 9.2톤인데, 이는 일반적인 조업조건인 B곡선에 비교하면 A 곡선은 31.3% 높고, C곡선은 30.3% 낮은데, 체결속도에 따라 장력의 최대치는 크게 변화된 것을 알 수 있다. 이에 관한 田内(1963)의 보고에 의하면 쥘줄의 장력(F)과 체결시간(t)과의 사이에는  $F \propto 1/t$ 의 관계가 있는데, 상기 (1), (2), (3)식의 최대 장력치는 위의 관계와 일치하는 것으로 나타났다.

체결개시 초기의 장력은 망지, 발들과 발줄, 그리고 쥘줄 등의 수중중량 일부가 장력으로 작용한 것인데, 일반적인 조업조건으로 체결소요시간 20분의 경우, 최초의 5분간은 이에 해당하는 것으로 실험에서 확인 되었으며, 체결 개시 후 5분 때 장력은 최대치의 14.5%이고, 10분 때 32.8%, 15분 때 64.1%였다. 그리고 체결소요시간 15분의 경우, 5분 경과시 장력은 최대치의 18.0% 그리고 10분

때 70.9%를 나타냈다. 또한, 체결소요시간 30분의 경우는, 10분 때 장력은 최대치의 13.0%, 20분 때 48.9%를 나타냈다.

모형망의 실험치로 부터 실물망의 쥘줄에 대한 장력치를 환산하였는데, 이는 실제현장에서 사용되고 있는 쥘줄 원치에 작용하는 하중치에 비하면 정수시 체결소요시간 20분의 경우, 실제 장력치의 13% 가량 증가된 값을 보이는데, 이는 망의 하단부가 도달한 수심이 실제 조업시 보다 약간 깊었기 때문인 것으로 추정되며, 같은 영역의 실험치에 대한 증감 비율에는 큰 차이가 없을 것으로 사료된다. 실제 조업에 있어서 체결의 초기와 중간기에는 장력의 증가가 완만하므로 체결속도를 빠르게 하는데, 상기의 경우도 중간기 까지는 장력 최대치의 40% 미만으로 나타났으며, 쥘줄의 3/4을 체결했을 때 체결소요시간 15분의 경우는 최대 장력의 75.5%, 20분의 경우는 64.1%, 그리고 30분의 경우는 57.1%를 나타내었으므로, 상기의 방법에 따라 조업하는 것이 능률적이며, 조업의 안전을 저해하지 않을 것으로 판단된다.

## 2. 底層流 作用時 쥘줄의 張力

저층류 작용시 쥘줄의 장력은 체결속도, 조업 중 망형과 조류의 유속, 그리고 풍속 등의 요인에 의한 변동이 예상된다. 특히 이 중에서 망형은 조업중 저층류를 받는 망의 방향에 따라서 순조시와 역조시에 망어구의 형상이 크게 변화한다. 저층류의 유속은 0.5 노트이고, 순조시 그물 깊이의 아래쪽 3/8 부분이 저층류 영역에 들어있을 때, 체결소요시간 20분(A)과 30분(B)의 경우에 대한 체결 장력의 변화 커브를 Fig. 2에 나타냈다.

순조시의 경우, 저층류의 영역에 들어간 그물의 아랫자락 부분은 쥘줄의 체결이 시작됨에 따라 발줄은 유향으로 긴 타원형을 이루며, 이로 인하여 쥘줄의 장력은 정수시에 비하여 크게 증가하게 된다.

Fig.2에 나타낸 체결 장력의 변화 커브 선에 대한 다항 근사곡선의 방정식은 다음과 같이 표시할 수 있다. 단, Y는 쥘줄의 장력(톤)이고, x는 체결에 요하는 경과시간(분)이며 x값의 설정 범위에서 다음 식은 성립한다.

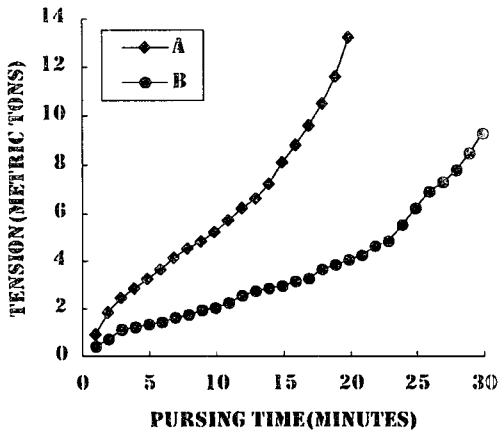


Fig. 2. Changes of the tension in a purseline of the model purse seine on pursuing time at the tight set. In case that the model net is held on the position in three-eighths of net in the bottom current to the net height (exchanged into full scale).

\* Pursuing time A : 20 minutes, B : 30 minutes.

$$A : Y = 0.0026x^3 - 0.0640x^2 + 0.9115x \quad (r = 0.9995) \quad (4)$$

$$B : Y = 0.0006x^3 - 0.0192x^2 + 0.3435x \quad (r = 0.9973) \quad (5)$$

Fig. 2에 의하면 A 곡선에 있어서, 장력은 경과 시간 5분인 때 3.2톤, 10분인 때 5.2톤, 15분인 때 8.1톤, 그리고 장력의 최대치를 보이는 20분인 때 13.2톤을 나타냈다. 한편 B 곡선에 있어서 장력은 경과시간 5분인 때 1.3톤, 10분인 때 2.0톤, 20분인 때 4.0톤, 그리고 장력의 최대치를 보이는 체결 완료시의 장력은 9.3톤이었다. A곡선과 B곡선에 있어서 같은 비율에 해당하는 길이의 罟줄을 권양하는데 따른 장력을 비교하여 보면, 罟줄의 길이 25%를 체결한 때 A곡선은 3.2톤, B곡선은 1.7톤, 50% 때 A곡선은 5.2톤 B곡선은 2.9톤, 75% 때 A곡선은 8.1톤 B곡선은 4.7톤 그리고 장력의 최대치를 보이는 100% 때 A곡선은 13.2톤, B곡선은 9.3톤으로 A가 B보다 41.9% 높은 값을 보였다.

역조시의 경우, 저층류의 영역에 들어간 망어구의 아랫자락 부분은 저층류의 유향으로 밀리면서 罟줄의 체결이 시작됨에 따라 발줄은 유향과 직교되는 방향으로 긴 타원형이된 후 중앙 부분이 약

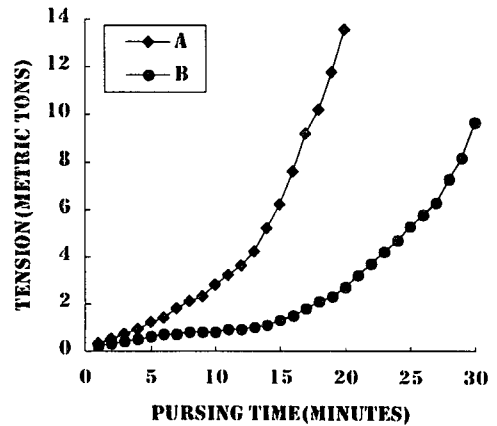


Fig. 3. Changes of the tension in a purseline of the model purse seine on pursuing time at the loose set. In case that the model net is held on the position in three-eighths of net in the bottom current to the net height (exchanged into full scale).

\* Pursuing Time A : 20 minutes, B : 30 minutes.

간 함입된 형상으로 변형된다. 이러한 망어구의 변형은 순조시 보다 역조시에 더욱 심하며, 체결에 의한 망단 부분의 이동 방향은 순조시의 경우와는 반대로 되어 유향과 동일한 방향으로 망단부가 이동되므로 일시적으로는 체결 장력을 경감하는 역할을 하게된다.

역조시 저층류에 의한 망형 변화는 한층 더 심한데, 박 등(1986)에 의하면, 역조시 체결 완료 직후 선망권의 면적은 정수시의 50-61%로 축소되었으며, 선망권의 장경에 대한 단경의 비가 40-48%로 감소되었다. 그리고 망내 용적의 지표로서 선망권으로 형성된 원통형 망의 중심중단 면적은 정수시 보다 22.7% 감소되므로 이에 따라 망형은 망내 용적이 매우 위축된 형상으로 변화가 큰 것을 예상할 수 있다.

역조시 그물 깊이의 아래쪽 3/8 부분이 저층류 영역에 있을 때 체결소요시간 20분(A)과 30분(B)의 경우에 대한 체결장력의 변화 커브를 Fig. 3에 나타냈다.

Fig.3에 나타낸 체결장력의 변화 커브 선에 대한 다항 근사곡선의 방정식은 다음과 같이 표시할 수 있다. 단, Y는 罟줄의 장력(톤)이고, x는 체결에 요하는 경과시간(분)이며 x값의 설정범위에서 다

음 식은 성립한다.

$$A : Y = 0.0023x^3 - 0.0285x^2 + 0.3203x \quad (r=0.9991) \quad (6)$$

$$B : Y = 0.0006x^3 - 0.0142x^2 + 0.1620x \quad (r=0.9987) \quad (7)$$

Fig. 3.에 의하면, A곡선에 있어서 장력은 경과 시간 5분 인 때 1.2톤, 10분 인 때 2.8톤, 15분 인 때 6.2톤, 그리고 장력의 최대치를 보이는 20분 때 장력은 13.6톤을 나타냈다. 한편, B곡선에 있어서 장력은 경과시간 5분 인 때 0.6톤, 10분 인 때 0.8톤, 20분 인 때 2.7톤, 그리고 장력의 최대치를 보이는 30분 인 때 장력은 9.7톤을 보였다. A곡선과 B곡선에 있어서 같은 비율에 해당하는 길이의 짐줄을 권양하는데 따른 장력을 비교하여 보면, 짐줄의 길이 25%를 체결한 때 A곡선은 1.2톤 B곡선은 0.8톤, 50% 때 A곡선은 2.8톤 B곡선은 1.3톤, 75% 때 A곡선은 6.2톤 B곡선은 4.0톤, 그리고 최대치를 보이는 100% 때 A곡선은 13.6톤 B곡선은 9.7톤으로 A가 B보다 40.2% 높은 값을 보였다.

순조시와 역조시 그물 깊이의 아래쪽 2/8(A), 3/8(B) 및 4/8(C) 부분이 저층류영역에 있을 때 체결소요시간 20분(a)과 30분(b)에 대한 체결 장력의 변화 커브를 Fig. 4에 나타냈다.

Fig. 4(a)는 순조시에 있어서 짐줄의 체결 초기

부터 저층류에 의해 현저한 장력의 증대가 나타나는데, 체결소요시간 20분 중 약 14분 경과시까지는 저층류를 받는 면적이 큰 C커브의 장력이 A커브의 장력 보다 매분당 평균 0.96톤, 그리고 B커브의 장력 보다 매분당 평균 0.55톤 큰 값을 나타낸다. 그러나 15분 이후 세 장력의 커브는 교차 되어 최대치를 보이는 20분 직전까지는 반대로 장력이 변하며, 장력의 최대치는 A곡선 13.2톤, B곡선 13.2톤 그리고 C곡선 13.4톤으로 최대치는 정수시에 비해 약간 상승한 값을 나타냈다.

Fig.4(b)에 의하면 역조시에 있어서 체결소요시간 20분 중 초기 10분간의 장력커브의 증가가 매우 완만하다. 이는 망의 하단부가 저층류에 의해 이동하는 방향과 동일한 방향으로 짐줄이 인장되므로 인하여 체결 장력이 경감된 때문이고, 그후 저층류 영역을 벗어나면서 15분 이후 장력이 급히 상승하는 장력 변화 커브를 나타냈으며, 세 곡선이 거의 같은 간격으로 증가하나 장력의 최대치는 A곡선 13.4톤, B곡선 13.6톤, 그리고 C곡선 13.8톤의 장력치를 나타내었다.

### 3. 底層流 海域에서 짐줄 張力의 變化 樣相

저층류 해역에서 조업 중 짐줄의 장력 변화의 특징을 알아보기 위해서, 정수시(NS)와 순조시(TS) 및 역조시(LS)의 체결장력의 변화 커브를

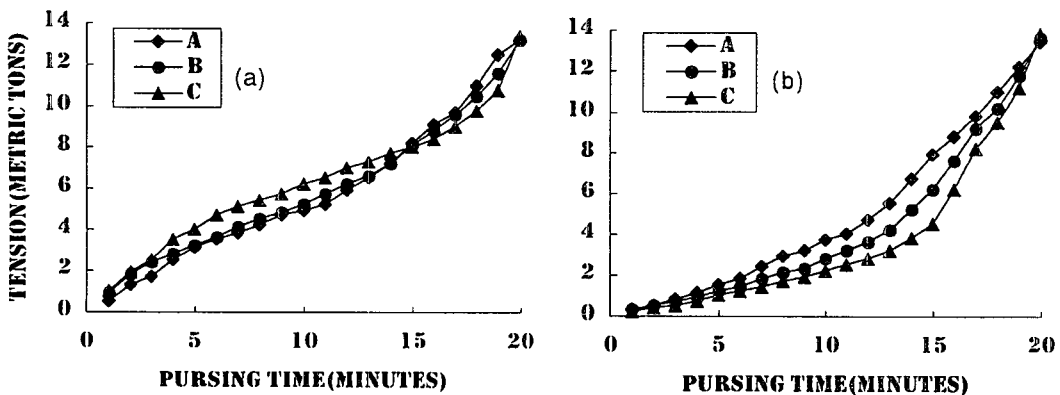


Fig. 4. Changes of the tension in a purseline of the model purse seine on pursuing time during 20 minutes in the tight set(a) and loose set(b)(exchanged into full scale). In case that the model net is held on the position in two-eighths (A), three-eighths (B) and four- eighths(C) of net in the bottom current to the net height.

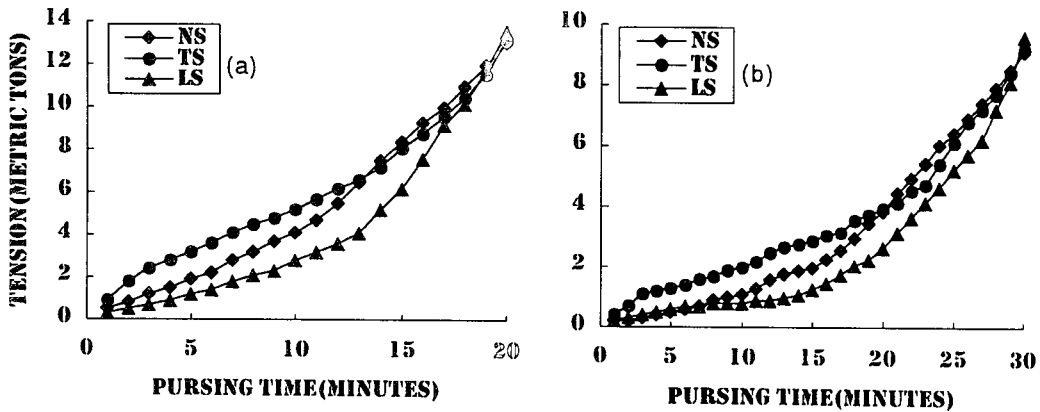


Fig. 5. Changes of the tension in a purseline of the model purse seine on pursuing time during 20 minutes (a) and 30 minutes (b) at the no current set (NS), tight set (TS) and loose set (LS)(exchanged into full scale). In case that the model net is held on the position in three-eighths of net to the net height in the tight set and loose set.

Fig. 5에 나타냈다. 이때 순조시와 역조시는 그물 깊이의 아래쪽 3/8부분이 저층류 영역에 있을 때이고, 체결 소요시간은 20분(a)과 30분(b)의 경우이다.

Fig. 5(a)에 의하면, 정수시의 NS곡선은 경과시간 13분까지는 TS곡선 보다 낮은 장력치를 나타내다가 그 후 순조시의 TS곡선과 교차된 후부터 세 곡선 중 가장 큰 장력을 나타내었다. 한편 역조시의 LS곡선은 초기부터 가장 낮은 장력치로서 매우 완만한 증가를 나타내다가 13분 후부터 장력치가 급상승하는 변화를 나타내었으며, 장력의 최대치는 NS곡선 13.1톤, TS곡선 13.2톤, 그리고 LS곡선 13.6톤의 장력치를 나타내었다.

Fig. 5(b)에 의하면, NS곡선은 경과시간 20분에 TS곡선과 교차된 이후 TS곡선 보다 큰 값을 나타내고, TS곡선은 초기에 망어구의 하단부에 있어서 저층류의 저항이 증대함에 따라 NS곡선보다 장력이 증대하는 변화를 나타내었으나 후기에는 NS곡선 보다 약간 낮은 변화를 나타내었다. 한편, LS곡선은 초기부터 완만한 장력치의 변화를 나타내다가 경과시간 15분부터 급속한 증가 경향을 나타내었다. 이는 저층류에 의한 망형의 불규칙한 변화가 생겨서 장력이 증가한 것으로 판단된다. 각 곡선에 대한 장력의 최대치는 NS곡선 9.2톤, TS곡선 9.3톤 그리고 LS곡선 9.7톤의 장력치를 나타내었다.

이러한 현상은 저층류 영역에 있어서 망어구의 동태와 직접 관련된다고 판단된다. 즉, 정수시에 있어서 체결전 망형은 거의 원통형에 가까운 형상으로 체결이 시작됨에 따라 망의 하단부분에 변형을 나타내는데, 저층류가 작용하는 영역에서는 정수시와는 전연 다른 망형으로 변화했다. 박(1991)에 의하면 순조시는 투망 후 망의 하단부가 침강하면서 저층류 영역에 들어간 발줄이 유향으로 긴 타원형이 되면서 저층류의 저항을 받게 되는데, 긴 타원형의 단경은 장경의 20% 이하로 되며 이로 인하여 罟줄의 장력은 증가한다. 한편, 역조시는 투망후 망의 하단부가 침강하면서 저층류영역에 들어가면 발줄은 유향과 직교되는 방향으로 긴 타원형이 된후 중앙부분이 약간 함입하는 형상으로 변형하게 되는데, 이때는 罟줄의 인장하는 방향과 일치 되어 罟줄의 장력은 일시적으로 경감되나, 이때 망형은 순조시 보다 불규칙한 변형이 더욱 심하며, 이에 따라 망내 용적이 크게 위축되어 감소하게 되고, 또한, 시간의 경과와 함께 체결 장력은 증가하게 된다.

Fig.6은 순조시와 역조시에 있어서 罟줄의 장력을 정수시에 대한 비율로 나타낸것인데, 그물 깊이의 아래쪽 3/8부분이 저층류 영역에 있을 때이고, 체결소요시간은 20분(a)과 30분(b)의 경우이다.

Fig. 6(a)에 의하면, 정수시에 대한 순조시 장력의 비 TS/NS 곡선은 초기 경과시간 6분까지는

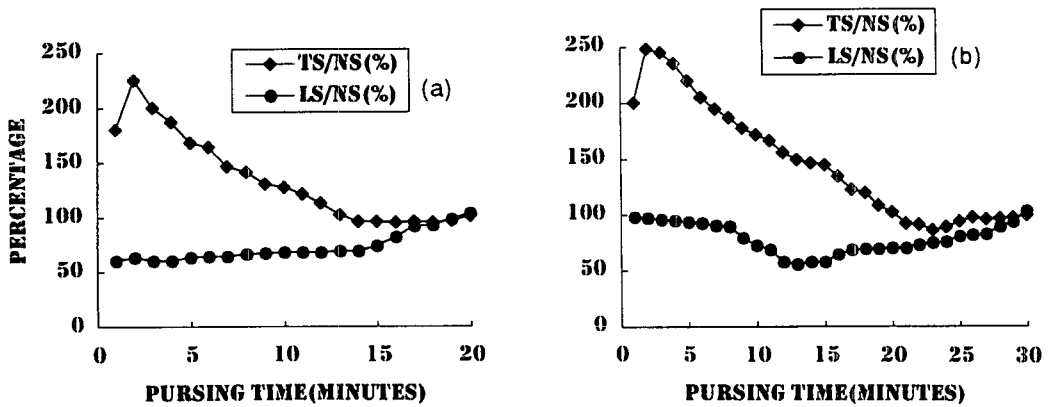


Fig. 6. Changes in the ratio of tension during 20 minutes(a) and 30 minutes (b) of pursuing time in tight set(TS) and loose set(LS) to the no current set(NS) of the model purse seine.

150% 이상이나 차츰 감소하여 14분 이후 100% 이하로 감소하다가 최 후에는 거의 100%에 가깝다. 그리고 정수시에 대한 역조시 장력의 비 LS/NS 곡선은 초기부터 14분까지는 NS 치의 70% 이하인데, 이후는 차츰 증가하여 최대치를 보이는 20분에는 104%를 나타낸다. 체결하는 초기에 있어서 장력의 증대하는 경향은 TS/NS곡선은 100% 이상으로 높고, LS/NS곡선은 100% 미만으로 두 곡선의 차이가 많아서 TS와 LS곡선의 특징을 구분 할 수 있는데, 17분 이후는 NS에 대한 TS와 LS의 비가 거의 90% 이상이므로 구분상 특징이 없다.

Fig. 6(b)는, Fig.6(a)의 변화 양상과 비슷하나, 초기 6분 이내는 TS/NS의 값이 약간 높아서 200% 이상이고, LS/NS 값도 초기 10분 이내는 Fig.6(a) 보다 높은 경향이다. 그리고 경과시간 11-20분 사이에서 TS/NS는 100~170%, LS/NS는 56~71% 범위이고, 20분 이후부터 TS/NS는 95% 전후이며, LS/NS는 71~95% 범위인데, 장력의 최대치를 보이는 30분에 있어서 TS/NS는 101%, LS/NS는 105% 였다.

정수시와 저층류가 작용하는 경우, 조업 중 쥘의 장력에 대한 일량을 경과시간에 따른 체결장력의 기록 곡선에 의한 면적으로부터 구하여 Table 2에 나타내었다.

정수시 체결소요시간 15분 때 일량은  $8.41 \times 10^6 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ , 20분 때  $5.79 \times 10^6 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ , 그리고 30분 때  $3.13 \times 10^6 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ 였고, 일반적인 조업조건인

Table 2. The calculated value of work load from the tension recording curve in a purselike of the model purse seine

Net* Direction	Ratio** of Net Height	Model Value		Actual Value	
		Pursing Time(sec)	W L*** (gf · cm)	Pursing Time(min)	W L*** (kgf · m)
NS	-	4.4	$3.47 \times 10^3$	15	$8.41 \times 10^6$
"	-	5.8	$2.41 \times 10^3$	20	$5.79 \times 10^6$
"	-	8.7	$1.31 \times 10^3$	30	$3.13 \times 10^6$
TS	2/8	5.8	$2.51 \times 10^3$	20	$6.01 \times 10^6$
"	3/8	5.8	$2.95 \times 10^3$	20	$7.08 \times 10^6$
"	4/8	5.8	$3.22 \times 10^3$	20	$7.72 \times 10^6$
"	2/8	8.7	$1.61 \times 10^3$	30	$3.86 \times 10^6$
"	3/8	8.7	$1.74 \times 10^3$	30	$4.16 \times 10^6$
"	4/8	8.7	$1.81 \times 10^3$	30	$4.34 \times 10^6$
LS	2/8	5.8	$2.42 \times 10^3$	20	$5.80 \times 10^6$
"	3/8	5.8	$2.15 \times 10^3$	20	$5.15 \times 10^6$
"	4/8	5.8	$1.77 \times 10^3$	20	$4.25 \times 10^6$
"	2/8	8.7	$1.45 \times 10^3$	30	$3.47 \times 10^6$
"	3/8	8.7	$1.16 \times 10^3$	30	$2.79 \times 10^6$
"	4/8	8.7	$0.90 \times 10^3$	30	$2.14 \times 10^6$

\* NS : No current set, TS : Tight set, LS : Loose set.

\*\* The ratio of net in the bottom current to the net height.

\*\*\* W. L. : Work load.

체결소요시간 20분인 경우에 비해 15분인 때는 45.3% 일량이 증가했으며, 30분인 때는 45.9% 일량이 감소했다. 저층류 해역에서 순조시 체결소요시간 20분의 경우, 그물의 하단부 2/8 부분이 저층류의 영역에 있을 때 일량은  $6.01 \times 10^6 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ , 3/8 때  $7.08 \times 10^6 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ , 그리고 4/8 때  $7.72 \times 10^6 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ 였으며, 4/8 때는 2/8 때 보다 28.5%,



3/8 때 보다 9.0% 일량이 증가했다. 그리고, 저층류 해역에서 역조시 체결소요시간 20분의 경우, 그물의 하단부 2/8 부분이 저층류의 영역에 있을 때 일량은  $5.80 \times 10^6 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ , 3/8 때  $5.15 \times 10^6 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ , 그리고 4/8 때  $4.25 \times 10^6 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ 였으며, 4/8 때는 2/8 때 보다 36.5%, 3/8 때는 21.2% 일량이 감소되었다.

일반적인 조업 조건인 체결소요시간 20분에 있어서 정수시와 저층류 해역에서 망의 하단 3/8 부분에 저층류가 있는 경우, 정수시에 비해 순조시는 22.3% 많고, 역조시는 12.4% 적은 일량이 소요된다고 판단되나, 최후 단계에 있어서는 저층류 해역에서 순조시와 역조시의 경우가 정수시에 비해 높은 장력치를 보이는데, 이는 조업 중 저층류에 의한 망어구의 형상이 변화 되어 우수저항이 증가한 때문으로 판단된다.

### 要 約

제주도 주변 해역은 한국 선망 어장의 다섯 구역 중의 하나로서, 연간 조업회수의 비율이 44.1%에 이르는 중요한 어장으로 대형선망 어선의 조업빈도가 매우 높은 해역이다. 그런데, 이 중 제주도 북서 해역은 하계에 대마난류계 수괴와 황해 냉수괴의 저층수에 의해 이중조가 발생하는 해역이다. 이 해역에서 조업시 투망된 망어구의 정상적인 전개가 불가능하며, 또한 망형의 변화로 인한 쥘줄의 장력이 급상승하는 경우가 있어 조업의 안전을 저해하므로, 이에 관한 모형망을 사용한 수조 실험으로 정수시와 이중조 해역에 있어서 조업중 망형 변화에 따른 쥘줄의 장력 변화를 비교해석하여 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 정수시 체결소요시간 20분 일 때 장력의 증가곡선은 다음 식으로 표시할 수 있다. 단, Y는 쥘줄의 장력(톤)이고, x는 체결 소요시간(분)이다.

$$Y=0.0004x^3+0.0098x^2+0.3000x(r=0.9989)$$

2. 정수시 체결소요시간 20분일 때의 장력에 비해 15분일 때 장력의 최대치는 31.3% 증가했고, 30분일 때 장력의 최대치는 30.3% 감소되었다.

3. 그물 깊이의 아래쪽 3/8 부분이 유속 0.5 노트

의 저층류 영역에 있을 경우, 체결 소요시간 20분일 때 순조시와 역조시 장력의 최대치에 비해 30분일 때 장력의 최대치는, 각각 29.5%, 28.7% 감소되었다.

4. 쥘줄의 체결 소요시간 20분 동안의 일량은 정수시  $5.79 \times 10^6 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ , 순조시  $7.08 \times 10^6 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ , 그리고 역조시  $5.15 \times 10^6 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ 로서 정수시에 비해 순조시일 때 22.3% 증가했고, 역조시일 때 11.1% 감소했다. 단, 순조시와, 역조시는 그물의 아래 쪽 3/8 부분이 유속 0.5 노트의 저층류 영역인 경우이다.

### 謝 辭

이 연구를 수행함에 있어서, 실험자료의 해석방법에 관하여 시종 유익한 조언을 해주신 鹿兒島大學 水産學部 前 教授 今井 健彦 박사에게 깊이 감사를 드리며, 日本國에서 연구 기간 중 시종 협력과 연구에 편의를 제공해 주신 鹿兒島大學 水産學部 教授 不破 茂 박사, 同學部 助手 石崎 宗周 氏, 同學部 技官 丸儀 雅孝 氏에게 감사 드립니다.

### 參考文獻

1. Iitaka, Y. (1955) : Model experiments on the sardine purse seine operating in Huganada(3), Nippon Suisan Kakkaiishi 21(7), 459~462.
2. Kondo M.(1985) : Oceanographic investigations of fishing grounds in the East China Sea and the Yellow Sea -1. Characteristics of the mean temperature and salinity distributions measured at 50m and near the bottom, Bull.Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 62, 19~66.
3. Park, J. S.(1986) : Studies on the mackerel purse seine operating in the sea area of Cheju Island(1). Model experiment on the changes of net shape in stagnant water, Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 22(2), 7~16.
4. \_\_\_\_\_, T. Aoyama and M. Suzuki(1986) : Studies on the mackerel purse seine operating in the sea area of Cheju Island(2). Model experiment on the deformation of net in two

- layer current, *ibid.* 22(4), 32~40.
5. \_\_\_\_\_(1989) : Study on the mackerel purse seine operating in the sea area of Cheju Island(3). Fishing ability of purse seiner by classes of boat size, *ibid.*, 25(2), 61~69.
  6. \_\_\_\_\_(1991) : Study on the mackerel purse seine operating in the sea area of Cheju Island(4). The characteristics of catch and ability in purse seine, *ibid.*, 27(4), 247~254.
  7. \_\_\_\_\_ and S. J. Kim(1997) : A study on the behaviour of fish school in the process of catch of the purse seine fishing method, *ibid.*, 33(3), 173~183
  8. Shimozaki Y., Y. Osawa, H. Niwa and K.Honda(1988) : On the tension on a purseline in purse seining, *Bull. Nat. Res. Inst. Fish. Eng.*, 9, 303~310.
  9. Tauti, M.(1934) : A relation between experiments on model and on full scale of fishing net, *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 3(4), 171~177.
  10. 田内森三郎(1963) : 演習漁業物理學, 厚生閣, 71-74.
  11. Tsujita T.(1957) : The fisheries oceanography of the East China Sea and the Tsushima Strait. 1. The oceanographic structure and the ecological character of the fishing grounds, *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab. No. 13*, 1~47.
  12. \_\_\_\_\_ and M.Kondo(1957) : Some contributions to the ecology of the mackerels and the oceanography of the fishing grounds in the East China Sea, *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab. No. 14*, 7~47.