

제주도 주변해역 선망의 어획성능 향상에 관한 연구* — 줍줄 체결 중 선망의 용적과 줍줄의 장력 변화 —

김 석 종
제주대학교
(1999년 3월 10일 접수)

Studies on the Improvement of the Fishing Efficiency of Purse Seine in the Sea Area of Cheju Island — The Changes of Seine Volume and Tension in the Purseline During Pursing —

Suk-Jong KIM

Cheju National University
(Received March 10, 1999)

Abstract

A simple experimental method was used in an attempt to realize the elevation of the fishing ability of purse seine in the sea area of Cheju Island, the changes of seine volume and tension in the purseline during pursing.

Experiments carried out on the six types simplified reduced model seines which were made of knotless nettings. The nettings were woven in different leg length 4.3, 5.0, 5.5, 6.0, 6.6 and 7.7mm of polyester 28 tex two threads two-ply twine, and each of the seines were named I, II, III, IV, V and VI seine. Dimension of seine models were 450cm for corkline and 85cm for seine depth, each seines rigged up 160g of float for a floatline and 50g (underwater weight) of lead for a leadline. These model purse seines were made of the scale of 1/200 of its full scale, a 120 ton in the near sea of Cheju Island. Designing and testing for the model purse seines were based on the Tauti's law.

Experiments were measured in the observation channel of a flume tank at the static conditions set up shooting and pursing equipments. Motion of purse seine during purseline was recorded by the two sets video camera for VTR which were placed in top and front of the model seine. The reading coordinate of seine volume carried out by the video digitization system, disk data for the purseline tension.

An analysis were performed on the changes seine volume and tension in the purseline during pursing. The results obtained were as follows :

1. The seine volume during pursing was largest for VI seine with smallest d/l followed by V,

* 이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

Ⅳ, Ⅲ, Ⅱ and Ⅰ seines, and tension in the purseline was small.

2. Seine volume during pursing can be expressed by the following equation ;

$$CVt = 1 - \text{EXP} [\{2.79 (d/l) + 0.35\} t - 33.37 (d/l) + 0.57]$$

Where CVt is volume ratio, d is twine diameter, l is leg length and t is pursing time (sec).

3. Tension in the purseline during pursing can be expressed by the following equation;

$$T = 1 - \text{EXP} \{0.57t + 13.36 (d/l) + 2.97\}$$

Where T is tension (kg) in the purseline during pursing.

서 론

우리 나라의 대형선망어업은 제주도 주변해역, 소호산도 및 대마도 동북방 해역 등과 동중국해에서 고등어, 정어리, 전갱이 등을 주 어획 대상으로 연중 조업이 이루어지며 연근해 어업 중에서 그 규모가 가장 큰 업종이다. 대형 선망조업에 사용하는 망선은 60~130톤 급으로 그물어구의 크기는 망선의 선급에 따라 다른데 어로장의 경험에 의해서 그 크기가 결정되고 있는 것이 일반적이다.

최근 연근해 어업에 대한 환경 변화가 심화되면서 수산자원의 고갈, 어업인력 부족 및 조업경비 절감 등의 문제로 어로작업의 성력화가 시급히 요구되고 있는 가운데 우리 나라 선망어업에서도 어획성능 향상에 기여할 과학적인 그물어구의 설계가 필요시 되고 있다.

대형 선망어업의 그물어구는 다른 운용 어구에 비해서 어구의 형상은 단순하나 크기가 대형이고 그물감의 사용량이 매우 많기 때문에 그물코의 크기 차이에 의해서 유체저항의 크기가 달라지며 그로 인하여 발생하는 그물형의 변화 및 줍줄의 장력변화는 어획성능을 저하시키는 것은 물론이고 어군을 포위한 그물의 용적이 위축될 뿐만 아니라 파망 등의 조업 장애 요인도 발생하게 된다.

선망어법에 있어서 줍줄 체결 중 그물형의 변화 및 줍줄의 장력에 관한 보고로서는 Inoue (1954), Iitaka (1954, 1955, 1956), Kondo *et al.* (1960), Ishii *et al.* (1961), Konagaya (1970), Liu *et al.* (1984), Shimozaki *et al.* (1988) 및 Park (1986a, 1986b, 1999) 등이 있다.

이와 같이 다수의 연구가 보고되어 있으나 줍줄 체결 중의 변화 형상을 이론적으로 해석한 것은

그 수가 많지 않으며, d/l 이 다른 그물감으로 제작한 그물어구를 이용하여 해석한 것은 Konagaya (1970)의 연구보고 뿐인 실정이다.

본 연구에서는 이러한 문제와 관련해서 그물실의 직경과 그물 코의 발 길이와의 비율이 다른 선망의 모형그물을 사용하여 줍줄 체결 중 선망의 용적과 장력 변화를 측정 해석하고 체계적으로 실험식을 구하였으므로, 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 모형어구

실험에는 대형 선망의 망선 120톤(총톤수)급이 사용하고 있는 선망어구를 기준 스케일로 하고 그 축척비를 1/200로 정하여 제작한 선망 모형을 이용했다. 실험에 사용한 모형어구의 기준이 되는 실물어구의 스케일은 뜰줄의 길이가 910 m 그물의 폭이 170 m이고 그물실의 직경은 0.78 mm, 그물코의 발길이는 15.15 mm이다. 그물실의 직경 (d : 0.45 mm)과 그물 코의 발 길이 (l : 4.5~7.7 mm)의 비율 (d/l : 0.105~0.058)이 다르고 그이의 재료, 그물실의 굵기 등이 모두 같은 6종류의 무결절 그물감 (PES 28 tex×2×2)을 사용해서 선망의 모형 I, II, III, IV, V 및 VI형 그물을 만들었는데, 뜰줄의 길이는 450 cm, 그물의 폭은 85 cm였다. 그리고 뜰 160 g과 발돌 50 g을 부착해서 그물을 완성했다.

실험에서 측정한 그물의 위치는 Fig. 1에 나타내었으며 녹화한 화상에서 그물 각 부분의 운동상태를 측정하기 위해서 그물의 길이와 폭을 각각 8등분하고 위치를 표시하였다. 각각의 위치는 뜰줄의 씹지 부분의 옆줄에서 수평 방향으로 A, B, C,

Table 1. Specifications of model purse seines

Seine type	Netting material	Type of knots	Construction of netting yarns	Meshes			Hanging (%)
				upper part	lower part	side part	
I	Polyester	knotless	28 tex×2×2	740	740	140	29.3
II	Polyester	knotless	28 tex×2×2	637	637	120	29.3
III	Polyester	knotless	28 tex×2×2	579	579	109	29.3
IV	Polyester	knotless	28 tex×2×2	530	530	100	29.3
V	Polyester	knotless	28 tex×2×2	482	482 </td <td>91</td> <td>29.3</td>	91	29.3
VI	Polyester	knotless	28 tex×2×2	413	413	78	29.3

Table 2. Specifications of *d*, *l*, *d/l* and weights of the model purse seines

Seine type	<i>d</i> (mm)	<i>l</i> (mm)	<i>d/l</i>	Netting density (g/cm ³)	Weight in water		
					netting(g)	leadline(g)	total(g)
I	0.45	4.3	0.105	1.38	102.5	50	152.5
II	0.45	5.0	0.090	1.38	93.6	50	143.6
III	0.45	5.5	0.082	1.38	85.4	50	135.4
IV	0.45	6.0	0.075	1.38	81.2	50	131.2
V	0.45	6.6	0.068	1.38	77.1	50	127.1
VI	0.45	7.7	0.058	1.38	69.0	50	119.0

d : Diameter of twine, *l* : Length of leg
d/l : Ratio of twine diameter and leg length

Table 3. Specifications of riggings of the model purse seines

Item	Material	Diameter(mm)	Shape	Length(cm)	Weight in water per piece(g)	Number(pieces)
Floatline	PE	1.07	twisted	450		2
Leadline	PVA	0.93	twisted	450		2
Breastline	PVA	0.93	twisted	85		4
Sinker	Lead	2.70×4.0	ellipsoidal		0.182	275
Float	plastic	13.10	spherical	(total buoyancy 160g)		180

PE : Polyethylene, PVA : Polyvinyl alcohol

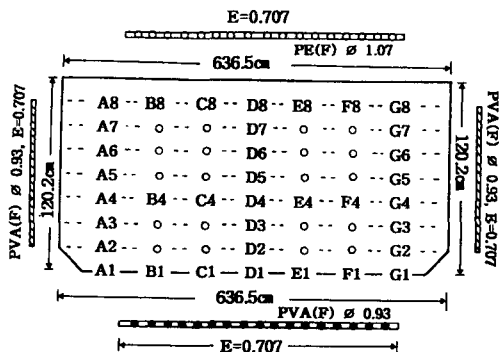


Fig. 1. Construction of the model purse seine. Measuring points showed from A1 to G8 of intersection point.

D, E, F 및 G선이라고 했으며 그물 아랫자락으로부터 위쪽 방향으로 각각 1부터 8까지의 번호를 부여하고 전자와 후자의 각선에 교점을 측정점으로 정했다.

2. 실험장치 및 방법

이 실험은 鹿兒島大學 수산학부 회류수조 (관측수로 600L×200B×100D cm)에서 실시했는데, 실험장치의 배치는 Fig. 2에 나타낸 것과 같다. 실험에 사용한 장치는 투망시스템, 쥐줄 체결시스템, 촬영시스템 및 화상처리시스템으로 구성하였으며, 투망시스템, 촬영시스템 및 화상처리 시스템에 대한 설치, 제어 작동방법 및 실험방법은 Kim *et al.* (1995, 1998)의 연구에서 보고한 내용

과 동일하다.

짐줄 체결은 투망된 그물이 완전히 침강하여 충분히 펼쳐진 후에 그물 아랫자락 운동이 잠시 멈춘 듯한 상태에서 시작하여 그물 아랫자락이 수면에 떠오를 때까지 행했는데, 이때 Tauti (1934)의 모형그물 비교법칙에 의해서 계산된 짐줄 체결속도 40 cm/sec, 체결시간 11.8 sec 조건에서 실험을

반복했으며, 짐줄 체결 시작부터 종료까지 그물의 망형 변화를 기록하기 위해서 상방에 설치한 비디오 카메라에서 수면까지의 거리는 427 cm, 전방의 카메라로부터는 200 cm였다. 그리고, 짐줄 체결장치에 부착된 로드셀 끝단에 활차를 설치하고 이 활차에 그물 양단의 짐줄을 통과시켜 체결하면서 장력을 측정했는데, 측정된 값은 컴퓨터에 입력되도록 연결했다. 또한 화상처리 작업에서 필요한 화상의 축소비를 구하기 위해서 캘리브레이션 보드를 실험장소와 동일한 장소에 설치하고 측정 좌표의 원점을 정하였는데 각각의 원점과 측정점까지의 거리는 Fig. 3에 나타난 것과 같다.

시간 경과에 의한 그물의 용적변화를 측정하기 위해서 녹화한 비디오 테이프를 재생하고 0.5초 간격으로 정지화상의 측정점의 X, Y 및 Z축 좌표를 읽었다.

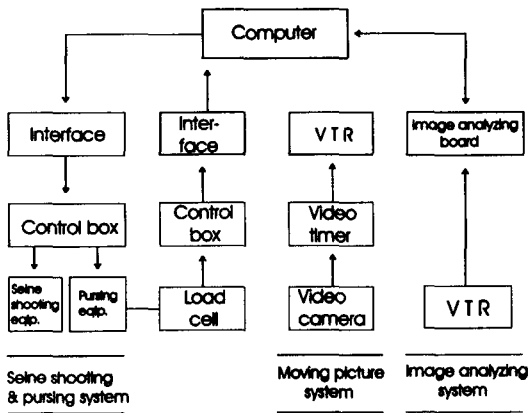


Fig. 2. Block diagram of the experimental equipment.

결과 및 고찰

시간 경과에 의한 그물형상 변화의 모양 중 하나의 예를 Fig. 4에 나타냈다. 그물내부의 체적은 시간이 경과함에 따라서 작아지는데 이러한 결과

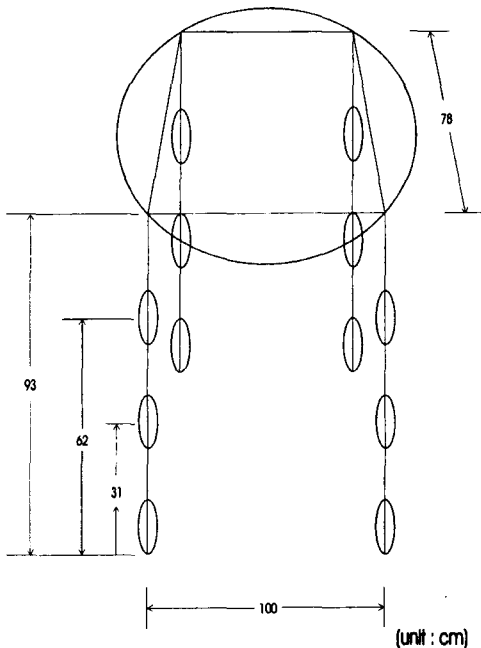


Fig. 3. Schematic drawing shows the calibration board used to conversion measured values.

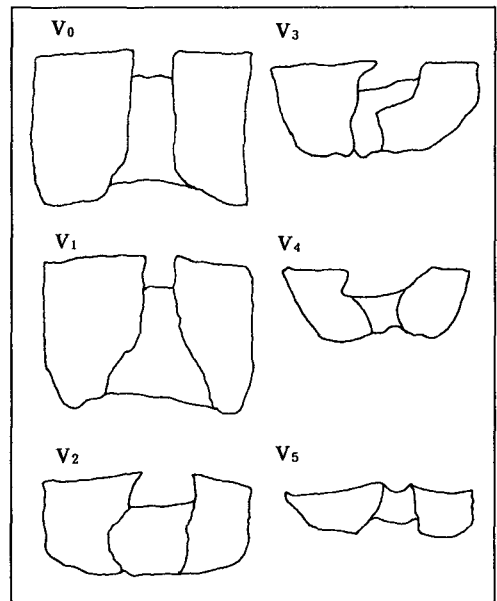


Fig. 4. Examples of changes in the seine volume for the elapsed time.

에 의해 체적을 변수로 하여 그물내부의 체적변화 즉 그물의 형상변화를 나타냈으며, 여기서는 편의상 이 체적변화를 용적변화로 정의하여 해석하기로 했다.

Fig. 5에 나타낸 것과 같이 그물의 형상을 원뿔꼴이라고 가정을 하고 그것을 평면으로 자른 각층의 원뿔대의 용적 (내부면적 × 높이)을 계산한 다음 원뿔꼴의 용적의 합을 구했는데 아래의 식으로 나타낼 수 있다.

$$V_i = 1/2 \{S_{i+1} + S_i\}(H_i - H_{i+1}) \quad (i=0, 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

$$V = \sum_{i=0}^n V_i \quad (2)$$

여기서 V_i 는 i 번째의 원뿔대의 용적 (cm^3)이다.

각 그물에 대해서 (2)식을 이용하여 선망 내부의 용적을 구하고 경과시간에 의한 용적변화를 Fig. 6에 나타냈다. 0.5초 간격의 각 그물의 용적은 줍

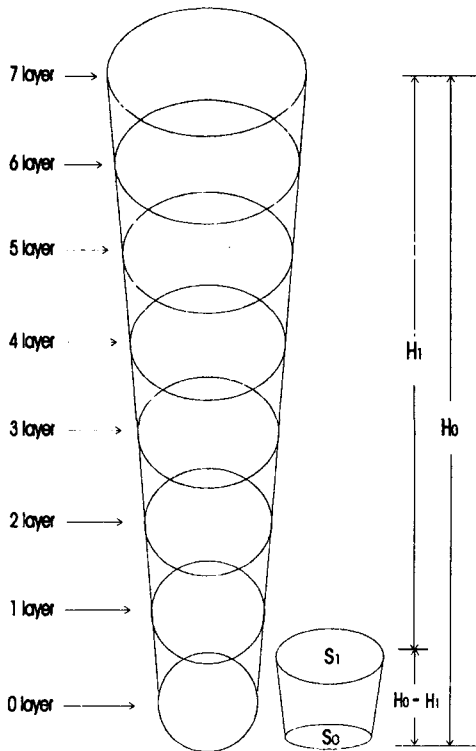


Fig. 5. Schematic drawing shows the measured method of seine volume. H : High (cm), S : Area (cm^2)

줄 채결 전 수중에 완만하게 드리워진 줍줄 여분에 대한 길이가 채결 시작 시간에 미묘하게 작용하였기 때문에 각 그물의 특성을 명확히 밝힐 수 없었는데, 이러한 문제를 해결하기 위해서 채결 시작 직전의 용적을 기준으로 한 그물내부의 용적변화를 (3)식과 같이 용적비율로 바꿔 놓고 계산했으며, 그 결과를 Fig. 7에 나타냈다.

$$CV_t = V_t/V \quad (3)$$

여기서, CV_t 는 용적비율, V_t 는 경과시간 t 에 있어서의 용적 (cm^3), V 는채결 시작 직전의 용적 (cm^3)이다.

그 변화율을 나타내는 실험식을 구하기 위해서 용적감소율 (RV_t)을 변수로 하고 (4)식으로 나타

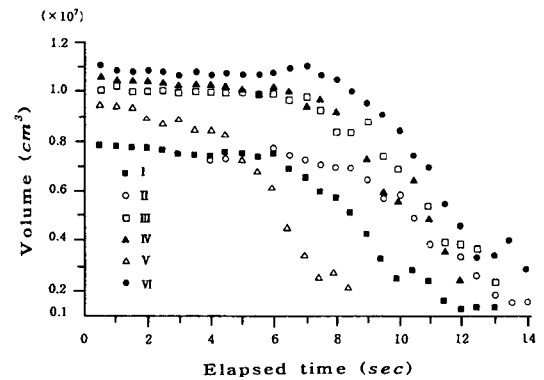


Fig. 6. Relationship between elapsed time (sec) and seine volume (cm^3) during pursing for the model purse seines.

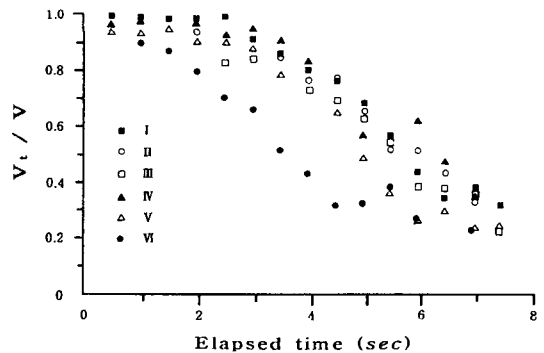


Fig. 7. Relationship between elapsed time (sec) and V_t/V for the model purse seines.
 V_t : Volume (cm^3) for the pursing time,
 V : Volume (cm^3) just before set up pursing

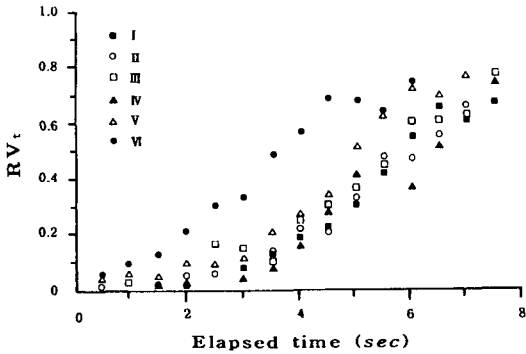


Fig. 8. Relationship between elapsed time (sec) and RV_t for the model purse seines.
 RV_t : Reduction ratio of volume

냈는데 계산한 결과는 Fig. 8과 같으며, 이와 같은 방법에 의해 근사식 (5)식을 얻었다.

$$RV_t = (V - V_t) / V \tag{4}$$

$$RV_t = \text{EXP}(\alpha t + \beta) \tag{5}$$

여기서 $\alpha = 2.79 (d/l) + 0.35$, $\beta = -33.37(d/l) + 0.57$ 인데, α , β 와 d/l 과의 관계에서 최소자승법에 의해 구하였다.

위와 같이 용적감소율과 t , d/l 과의 관계를 실험식 (5)식으로 나타낼 수 있었으나, 그물형의 변화를 표현하는데 필요로 하는 것은 용적비율에 대한 t 와 d/l 과의 함수이기 때문에, 이것의 결정을 용이

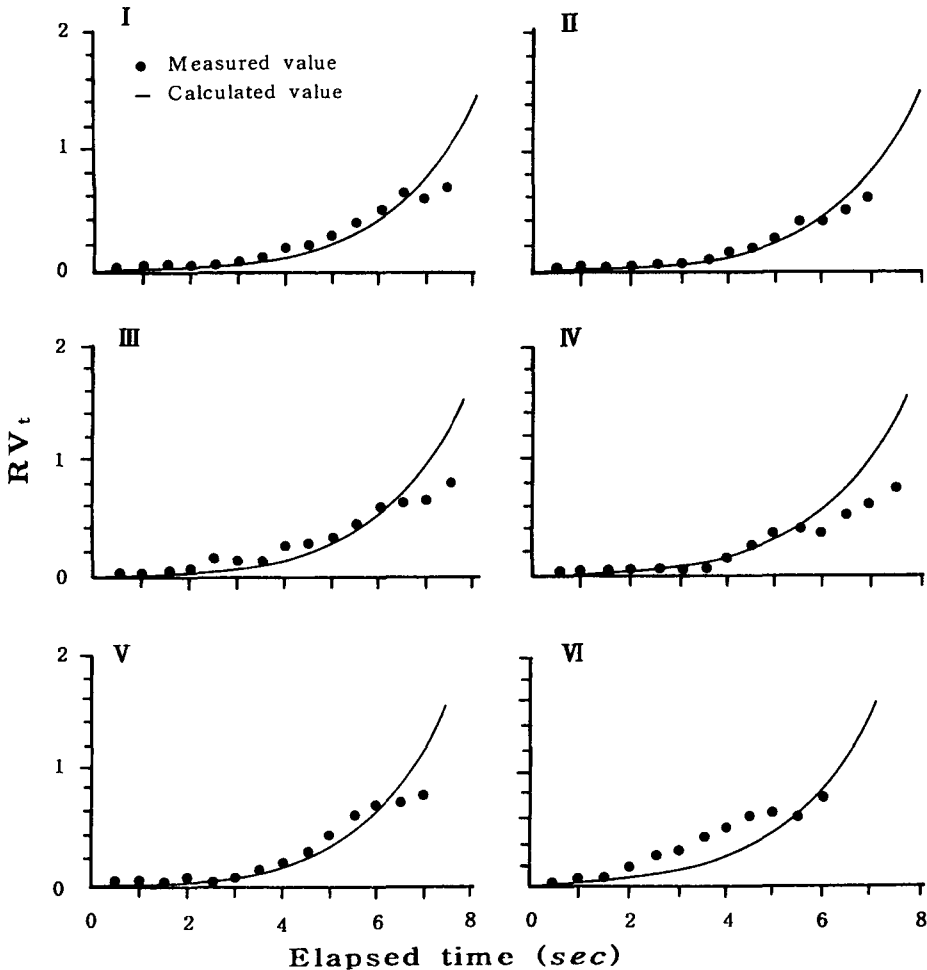


Fig. 9. Relationship between elapsed time (sec) and RV_t . These compared the measured with the calculated values for the model purse seines.

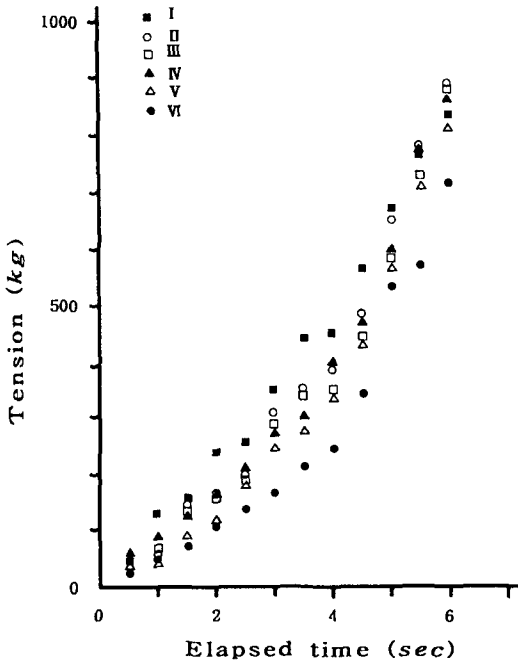


Fig. 10. Relationship between elapsed time (sec) and tension (kg) in the purseline.

하게 하기 위해서 위의 (4)식을 변형하면 (6)식과 같이 나타낼 수 있는데, 이 (6)식을 (5)식에 대입하면 (7)식과 같이 나타낼 수 있었다.

$$1 - RV_t = 1 - \{(V - V_t)/V\} = (V_t/V) = CV_t \quad (6)$$

$$CV_t = 1 - [\{2.79(d/l) + 0.35\} t - \{33.37(d/l) - 0.57\}] \quad (7)$$

각 그룹에 있어서 (7)식의 t 와 d/l 에 각각의 값을 대입해서 구한 계산한 값과 실험한 값과의 관계를 Fig. 9에 나타냈는데, 그래프에 나타낸 실선은 (7)식으로 계산한 값이며, 실험값과 계산값은 거의 일치하였다.

용적변화를 촬영 녹화하면서 동시에 제어시스템에 연결된 쥐줄 체결장치의 로오드셀을 이용하여 쥐줄의 장력 변화를 측정했는데 그 결과는 Fig. 10과 같다.

쥐줄의 장력 $T(kg)$ 은 시간 $t(sec)$ 의 경과함에 따라 증가하는 상태이므로, 아래와 같은 실험식으로 나타낼 수 있다.

$$T = EXP(\gamma t + \delta) \quad (8)$$

여기서, $\gamma = 0.57$, $\delta = 13.36(d/l) + 2.97$ 이다.

위의 (8)식을 이용하여 계산한 결과 계수 γ , δ 와 d/l 과의 관계에서 γ 의 값이 d/l 의 값에 의존하고 있음이 구명되었기 때문에 γ 에 대해서는 I ~ VI 그룹의 평균값을 구하여 해석하였으며, δ 에 대해서는 최소자승법에 의해 구한 실험식을 이용했다.

각 그룹에 있어서 (8)식의 t 와 d/l 에 각각의 값을 대입해서 계산한 값과 실험한 값과의 관계를 Fig. 11에 나타냈다. 그래프에 나타낸 실선은 (8)식으로 계산한 값이며, 실험값과 계산값은 모든 그룹에서 거의 일치함을 보였다.

실험 결과에서 보면 d/l 가 작은 그룹감으로 만들어진 선망일수록 용적의 변화는 크고, 쥐줄의 장력은 작은 경향을 보였는데, 실제 현장의 선망조업에서는 그물실의 항장력 및 대상어종의 체폭 등의 항목을 감안하여 가능한 한 d/l 가 작은 그룹감으로 제작한 선망을 사용하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 즉 d/l 가 작으면 용적변화가 크게 나타나고 그물의 형상변화가 빠르며 그물 아랫자락의 개구부가 빨리 닫혀지므로 인하여 어획효율을 높일 수 있기 때문이다. 그리고, 장력변화가 작으면 동시에 파워 불력에 걸리는 하중도 작아져서 안전조업이 가능하다고 볼 수 있다.

본 논문에서는 정수중의 회유수조에서 실험을 수행하여 현장의 복잡한 환경 여건과는 다른 부분이 많은 바 이후 유속 등 변화 요인 등을 부여한 검증실험이 추가되어야 하는 과제를 포함하고 있다.

사 사

이 연구를 수행함에 있어서 실험과 해석방법에 관하여 시종 유익한 조언을 해주신 鹿兒島大學 水産學部 今井 健彦 前 교수, 不破 茂 교수, 石崎 宗周 강사에게 깊이 감사드립니다.

요 약

실험에는 제주도 주변해역에서 망선 120톤(총톤수)급이 사용하고 있는 고등어 선망을 기준 스케일로 하고 그 축척비를 1/200로 정하여 제작한 선망 모형을 이용했다. 그물실의 직경 (d : 0.45

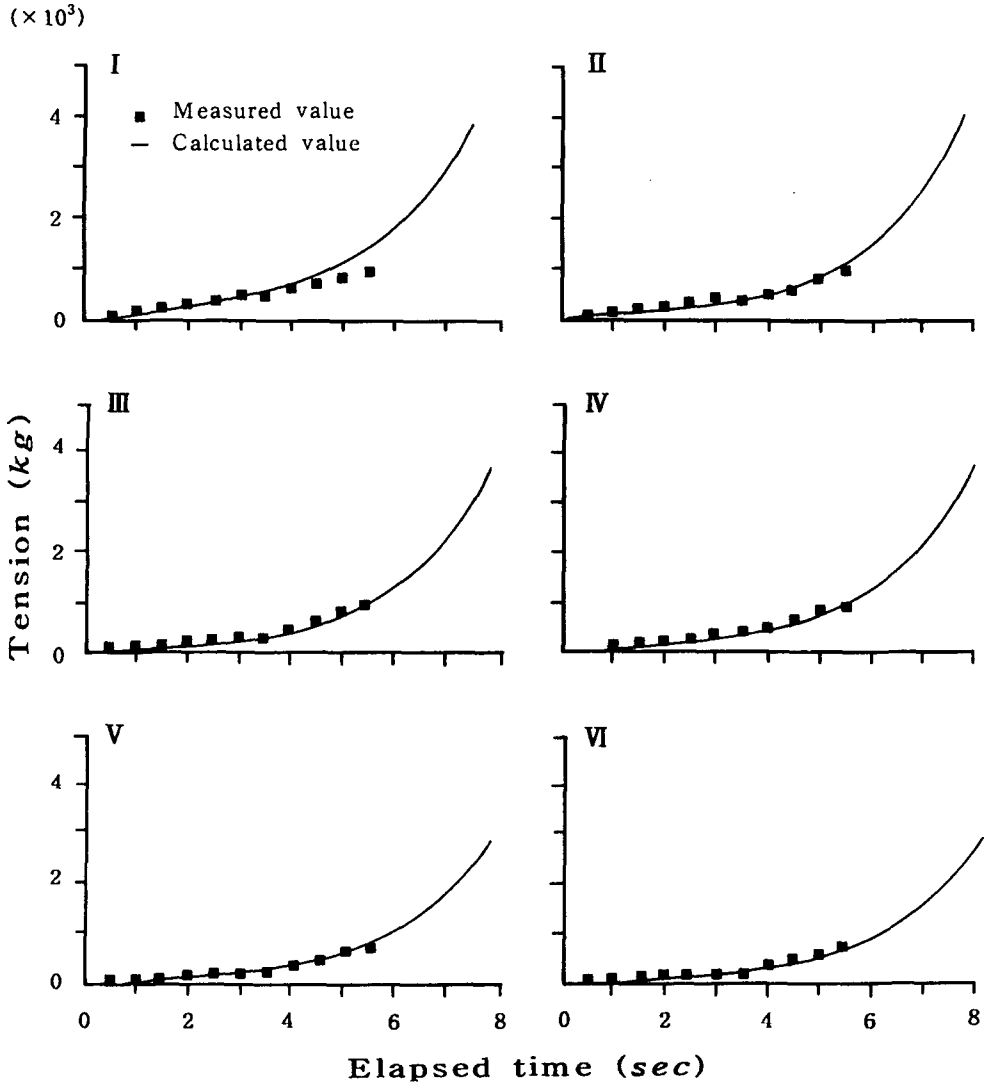


Fig. 11. Relationship between elapsed time (sec) and tension (kg) in the purseline. These compared the measured with the calculated values for the model purse seines.

mm)과 그물 코의 발 길이 (l : 4.5~7.7 mm)의 비율 (d/l : 0.105~0.058)이 다르고, 그 이외재료, 그물실의 굵기 등이 모두 같은 6종류의 무결질 그물감 (PES 28 tex \times 2 \times 2)을 사용해서 선망의 모형 I, II, III, IV, V 및 VI형 그물을 만들었는데 뜬줄의 길이는 450 cm, 그물의 폭은 85 cm였다. 그리고 뜬 160 g과 발돌 50 g을 부착해서 그물을 완성했다.

회류 수조의 수로 상에 투망 장치 및 뜬줄 체결

장치를 설치해서 정지 상태의 수중에 선망 그물을 투망한 후 뜬줄을 체결하면서 상방과 전방에 설치한 비디오 카메라를 사용하여 그물의 운동상태를 촬영 녹화했다. 그리고, 용적변화에 대해서는 재생화면에서 그물에 표시한 측정점의 좌표를 해상해석 장치로 읽고 실험값을 구했으며, 장력변화에 대해서는 뜬줄 체결장치에 부착된 로오드셀로 측정하고 저장된 자료를 사용하여 해석했는데, 그 결과는 다음과 같다.

1. 쥐줄채결중 선망의 용적은 d/l 가 가장 작은 VI형 그물이 가장 작게 나타났으며 V, IV, III, II 및 I형 순으로 작은 경향을 보였으며, 쥐줄의 장력은 작게 나타났다.
2. 쥐줄 채결시의 그물내부의 용적변화에 대해서는 다음의 실험식으로 나타낼 수 있었다.

$$CV_t = 1 - \text{EXP} \{ 2.79(d/l) + 0.35 \} t - \{ 33.37(d/l) + 0.57 \}$$
3. 쥐줄 채결시의 쥐줄의 장력변화에 대해서는 다음의 실험식으로 나타낼 수 있었다.

$$T = \text{EXP} \{ 0.57t + 13.36(d/l) + 2.97 \}$$

참고문헌

1. Iitaka, Y. (1954) : Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada -1, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 20(7), 571~575.
2. Iitaka, Y. (1955) : Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada -3, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 21(7), 459~462.
3. Iitaka, Y. (1956) : Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada -4, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 22(7), 389~392.
4. Inoue, M. (1954) : Model experiments on a Sardine ring net, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 19(9), 942~946.
5. Ishiii, K. and Konagaya, T.(1961) : On the form and the tension of purse line of a purse seine, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 27(9), 846~849.
6. Kim, S. J., Imai T. and Park J. S.(1995) : Characteristics on the motion of purse seine-1, The sinking behaviour of model purse seine by different netting material, Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 31(4), 362~371.
7. Kim, S. J. and Park, J. S.(1998) : An analysis of sinking resistance for purse seine, In the case of the model seine with different d/l , Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 34(3), 274~282.
8. Konagaya, T. (1970) : Studies on the design of the purse seine- II , Effect of the mesh and the specific gravity of webbing, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 37(1), 8~12.
9. Kondo, Y. and Hamada, E.(1960) : Study on Purse seine by measuring- I , On shape of sardine purse seine operating in Bungo channel, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 26(3), 264~266.
10. Liu, D. C., Sato, O., Nashimoto, K. and Yamamoto, K.(1984) : Configuration of lead line of purse seine during pursing, Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 35(4), 234~242.
11. Park, J. S. (1986a) : A study on the fishing ability and conditions of the mackerel purse seine fishery in the waters around Cheju Island, Korea, Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 22(3), 42~46.
12. Park, J. S. (1986b) : Studies on the mackerel purse seine operating in the sea area of Cheju Island-1, Model experiment on the changes of net shape in stag-net water, Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 22(2), 7~15.
13. Park, J. S, Kikukawa, H. and Kim, S. J (1999) : A Study on the tension of a purseline in the process of catch of the purse seine fishing method- I , Model experiment on the tension of a purseline by net shapes, Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 35(1), 1~10.
14. Shimozaki, Y., Osawa, Y., Niwa, H. and . Honda, K (1988) : On the tension on a purse line in purse seining, Bull. Nat. Res. Fish. Eng., 9, 303~310.
15. 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.