

旋網의 沈降 抵抗 解析^{*}

- 2. 網地材料와 沈子量이 다른 模型網의 경우 -

김 석 종[†]

제주대학교

An Analysis on the Sinking Resistance of Purse Seine^{*}

- 2. In the Case of the Model Purse Seine with Different Netting Material and Sinkers -

Suk-Jong Kim[†]

College of Ocean Sciences, Cheju National University

Abstract

This study deals with an analysis on the sinking resistance for the model purse seine, in the case of different netting material and sinkers. The experiment was carried out using nine simplified model seines of knotless nettings. Dimension of model seines 420cm for corkline and 85cm for seine depth, three groups of models rigged 25, 45 and 60g with the same weighted sinkers in water were used. These were named PP-25, PA-25, PES-25, PP-45, PA-45, PES-45, PP-60, PA-60 and PES-60 seine. The densitie(ρ) of netting materials were $0.91g/cm^3$, $1.14g/cm^3$ and $1.38g/cm^3$.

Experiments carried out in the observation channel in a flume tank under still water conditions. Sinking motion was recorded by the one set of TV-camera for VTR, and reading coordinate carried out by the video digitization system.

Differential equations were derived from the conservation of momenta of the model purse seines and used to determine the sinking speeds of the depths of leadline and the other portions of the seines.

An analysis carried out by simultaneous differential equations for numerical method by sub-routine Runge-Kutta-Gill.

The results obtained were as follows :

1. Average sinking speed of leadline for the model seines rigged 60g with the same weighted sinkers in water was fastest for 12.2cm/sec of PES seine, followed by 11.4cm/sec of PA and 10.7cm/sec of PP seines.
2. The coefficient of resistance for netting of seine was estimated to be

$$K_D = 0.09 \left(\frac{\rho}{\rho_w} \right)^4.$$

^{*} 이 논문은 2003년도 제주대학교 학술연구비에 의해 연구되었음

[†] Corresponding author : ksukjong@cheju.ac.kr

3. The coefficient of resistance for netting bundle of seine was estimated to be

$$C_R = 0.91 \left(\frac{\rho}{\rho_w} \right).$$

4. In all seines, the calculated depths of leadline closely agreed with the measured ones, each 25g, 45g, 60g of weighted sinkers were put into formulas meas.=1.04cal., meas.=0.99cal. and meas.=0.98 cal.

Key words : Analysis on the sinking resistance(침강저항 해석), Model seine with the different netting material and sinkers(망지재료와 침자량이 다른 모형망), purse seine fishery(선망어업)

서 론

우리나라의 선망어업은 제주도 주변해역을 중심으로 소흑산도, 대마도 동북방해역과 동중국해에서 고등어, 전갱이, 정어리 등 부어류를 주 어획대상으로 연중 조업이 이루어지며 연근해 어업 중에 그 규모가 가장 큰 중요한 어업이다. 그리고 이 어업은 다른 어업에 비하여 그물어구가 대형이고 조업방법이 복잡하며 신속한 어구의 조작이 필요한데, 조업은 발견한 어군의 전방으로 신속하게 투망을 시작하여 어군을 수평적으로 포위함과 동시에 수직적으로 차단하여 어획하는 방법으로 이루어진다. 여기에 사용되는 선망은 다른 운용 어구에 비하여 그물어구의 형상은 단순하나 망지의 분량은 대단히 많다. 따라서, 망지재료에 따른 그물어구의 수중운동 특성의 차이를 해석하는 것은 그물 어구 설계에 있어서 매우 중요하다. 특히 그물 아랫자락의 침강속도는 망지의 유체저항과 수중중량에 관련되므로, 이 관계를 해명하는 것은 어구의 성능향상에 매우 중요한 과제이다(Konagaya, 1971).

선망 어업에 관해서는 어구의 성능향상 및 그물어구 설계와 조업방법등을 개선하기 위한 것으로서 주로 litaka(1954, 1955, 1956, 1958), Kawakami(1964), Konagaya(1970, 1971), Nomura *et al.*(1987), Park *et al.*(1986, 1989, 1991, 1997, 1999), Kim *et al.*(1992, 1995, 1998, 1999, 2003)등의 연구보고가 있다. 이 연구들 중에서 Konagaya(1971)는 그물코와 밀도가 다른 망지로 구성된 선망 모형을 이용한 실험을 실시하고, 그물아랫자락의 침강력이 같을 때는 밀도가 큰 망지로 구성된 선망일수록 침강이 빠르고 망지의 총 중량이 일정할 때는 그물 아랫자락에 침강력을 집중배치 하는 것이 효과적이라고 보고하였고, Kim *et*

al.(1992, 1995, 1998)은 망지재료가 다른 선망의 침강운동의 차이를 구명한 연구에서 해수보다 작은 밀도의 망지로 구성된 선망의 침강속도가 빠르다는 결과를 보고했다. 이와 같이 선망의 조업과정에서 수직적 차단 능력을 결정하는 침강에는 망지재료의 종류, 그물 아랫자락의 침강력과 그물어구의 형상 등의 항목이 크게 영향을 끼친다고 할 수 있다.

이 연구는 이러한 문제를 해석하기 위한 일련의 기초연구로서, 재료가 다른 3종류의 망지를 사용하고 침자량이 동일한 9종류의 선망의 단순모형을 제작하여 수조실험을 실시하고 실험식을 이용하여 실험결과를 검증함과 동시에 망지와 그물다발의 저항계수 등의 결정이 가능하였으므로, 그 결과를 보고하고자 한다. .

재료 및 방법

실험에 사용한 선망 모형은, 그물실의 직경이 같고 밀도가 다른 매듭 없는 망지를 사용하여 제작하였다. Table 1에 나타낸 것과 같이, 폴리프로피렌 系 170 데니어 4합사, 폴리아미드系 210데니어 4합사 및 폴리에스터系 250데니어 4합사(그물실의 직경 0.45mm, 발의 길이 10.5mm)의 매듭 없는 망지에서 길이 방향으로 283코, 폭 방향으로 58코의 망지를 재단하였다. 완성된 뜸줄 및 발줄의 길이는 420cm, 그물의 폭은 86cm이고, 주름률은 모두 0.293으로 그물코의 면적이 최대가 되도록 만들었다. 이 3종류의 모형그물에 침자량을 25g, 45g 및 60g(수중중량)으로 3단계로 바꾸고 9종류의 모형 선망을 제작하여, 침자의 무게가 25g일때 PP-25, PA-25 및 PES-25그물, 45g일때 PP-45, PA-45 및 PES- 45그물이라고 하고, 60g일때 PP-60, PA-60 및 PES-60그물이라고 이름을

붙였으며(Table 2), 이 그물들의 뜰줄에 中空型 뜰 170개를 매달아 총부력이 150g이 되도록 했다 (Table 3).

실험장치의 배치를 Fig. 1에 나타냈다. 실험에 사용한 장치는 투망시스템, 촬영시스템 및 화상처리시스템의 세 종류이다.

투망시스템은 이 장치를 움직이게 하는 제어장치의 신호에 따라 투망 장치가 정확하게 작동한다. 이 투망시스템은 선회 반경 10~90cm, 원운동 각도 0°~350°로 조정이 가능하도록 했다. 그리고, 촬영시스템은 비디오 카메라, 비디오 타이머 및 VTR로 구성되고, 화상처리시스템은 VTR, 화상처리보드 및 Computer로 구성되어 있다.

회류수조의 관측부 수로위에 설치한 투망장치의 선회대 끝에 붙어 있는 그물 장치대에 그물을 쌓고, 선회반경 70cm, 시점각도 10°, 종점각도 345°, 투망속도 50cm/sec의 실험조건으로 선회대를 회전시켜 그물 씌지부분부터 차례대로 정지수면에 투망했는데, 실험에 사용한 장치는 Kim and Park (1998)의 연구에서 보고한 내용과 같다.

선망의 침강상태를 녹화하기 위해서 수로의 관측부 전면에 비디오 카메라를 설치하였다. 각 그물을 10회씩 투망하고 투망시작부터 그물이 충분히 전개하여 침강할 때까지 촬영 녹화하였다. 녹화한 화상으로부터 경과시간 0.5초 간격으로 그물 아랫자락 부분 측정점의 좌표를 읽고, 그것들의 평균값을 실험값으로 하였다.

이 실험은 Kagoshima대학 수산학부 회류수조(관측수로 L600×B200×D100cm)에서 실시하였으며, 해석은 Kim and Park(1998)의 연구와 같은 기기를 이용하여 실시했다.

Table 1. Specification of knotless netting for the model seines

Material	Twine size	Diameter (mm)	Mesh size (mm)	Mesh number			Hanging -in
				corkline	leadline	depth	
Polypropylene	170d/4	0.45	21.0	283	283	58	0.293
Polyamide	210d/4	0.45	21.0	283	283	58	0.293
Polyester	250d/4	0.45	21.0	283	283	58	0.293

Table 2. Specification of the weighted model seines

Seine type	Netting density (g/cm ³)	Weight in water		
		netting (g)	leadline (g)	seine (g)
PP seine	0.91	-5.8	65.8	60
PA seine	1.14	9.4	50.6	60
PES seine	1.38	24.2	35.8	60

Table 3. Specification of riggings for the model seines

Items	Material	Diameter (mm)	Shape	Length (cm)	Weight in water per piece (g)	Number (pieces)
Corkline	PE	1.07	twisted	420		2
Leadline	PVA	0.93	twisted	420		2
Breastline	PVA	0.93	twisted	90		4
Sinker	lead	2.70×4.0	ellipsoidal		0.18	
Float	plastic	13.10	spherical		(total buoyancy 150 g)	170

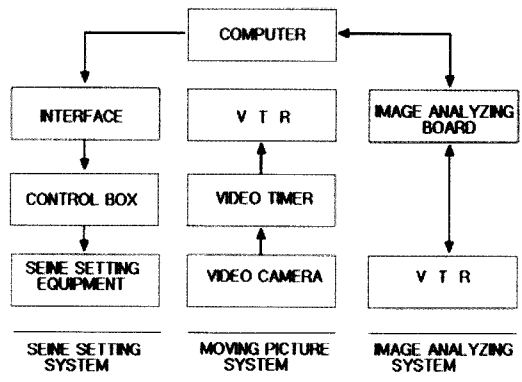


Fig. 1. Block diagram of the equipment for the purse seine setting system, the moving picture system and the image analyzing system.

결과 및 고찰

각 그물에 대해 그물 아랫자락의 도달수심을 경과시간 0.5초 간격으로 측정하고, 그 결과를 프롯트하여 Fig. 2에 나타냈다. 경과시간에 따른 그물 아랫자락의 침강상태는 완만하게 직선적으로 변화하는 형상을 보이고 있는데, 도달수심은 어느 경우에도 PES그물이 가장 깊게 나타났으며 PA 및 PP그물 순으로 얕게 나타났다. 그리고, 이 그물들의 침강속도는 초기에 급속히 증가하는 형상을 나타내다가 시간이 경과하면서 점차적으로 느려지는 경향이었는데, 침자량 60g일 때의 평균 침강속도는 PES그물 12.2cm/sec, PA그물 11.4cm/sec이고, PP그물 10.7cm/sec였다(Fig. 3).

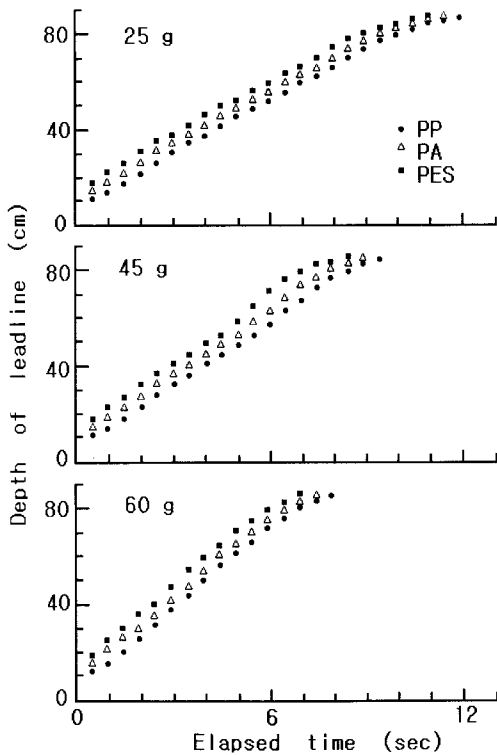


Fig. 2. Relationship between elapsed time(sec) and depth of leadline(cm) for the model seines rigged 25, 45 and 60g with the same weighted sinkers in water.

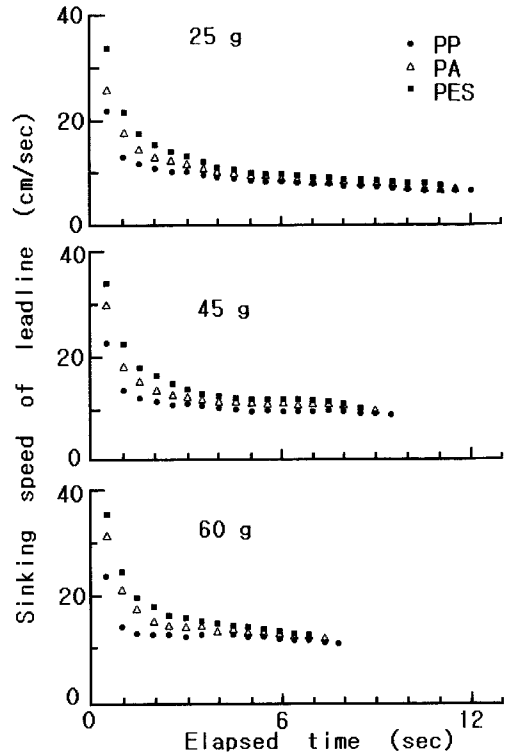


Fig. 3. Relationship between elapsed time (sec) and sinking speed of leadline (cm/sec) for the model seines rigged 25, 45 and 60g with the same weighted sinkers in water.

Fig. 4에 그물의 침강상태를 도식적으로 나타냈다. 해수보다 작은 밀도의 망지로 구성된 PP그물은 그물 다발이 항상 수면부근에 있고 그물 아랫자락에 작용하는 중력에 의하여 전개되어 그물의 벽을 만들어 가면서 침강한다(Fig. 4-a). 해수보다 큰 밀도의 망지로 구성된 PES그물은 뜰줄과 발줄 사이, 즉 그물 폭 거의 중간부분에 그물다발이 만들어지고 이 그물다발을 중심으로 그물이 전개되어 상하 양쪽에서 그물의 벽을 만들어 가면서 침강해 간다(Fig. 4-b).

여기서, 이와 같은 선망의 침강운동 상태를 나타낸 이론식(Kim *et al.*, 1998) 이용하여 이 실험의 결과를 해석하였는데, 이 때에 망지의 밀도를 ρ , 해수의 밀도를 ρ_w 라고 했다.

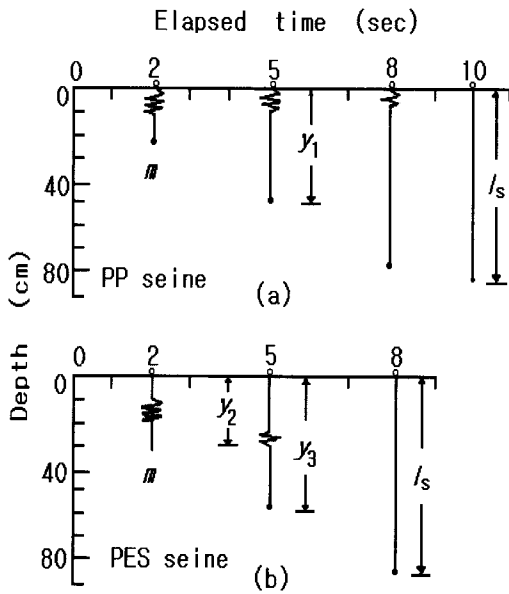


Fig. 4. Schematic drawing of the sinking characteristics of the model seines rigged 45g with the same weighted sinkers in water.

(a) Polypropylene netting used (PP seine).

(b) Polyester netting used (PES seine).

m : Mass of sinker

y_1, y_3 : Depth from corkline to leadline

y_2 : Depth from corkline to netting bundle

l_s : Seine depth

1. $\rho < \rho_w$ 의 경우

이때의 전체 운동량은, (1)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_1 = (m + \rho \sigma y_1) \frac{dy_1}{dt} \quad (1)$$

한편, 운동방정식은 (2)식과 같이 된다.

$$\frac{dP_1}{dt} = (m - V_L \rho_w)g + (\rho - \rho_w)\sigma g y_1 - D \left(\frac{dy_1}{dt} \right)^2 - K y_1 \left(\frac{dy_1}{dt} \right) \quad (2)$$

그리고, 발들의 저항계수 D 의 계산에는 근사식 (3)식을, 망지의 저항계수 K 의 계산에는 근사식 (4)식을 이용하였다.

$$D = \left(\frac{C_D}{2} \right) \rho_w S_L \quad (3)$$

$$K = K_D \left(\frac{\rho}{\rho_w} \right)^q \mu \left(\frac{A}{S_o} \right) \quad (4)$$

계산결과, (4)식의 K_D 값을 0.09, $\frac{\rho}{\rho_w}$ 의 지수 q 를 4로 하면 계산치는, 실험에서 구한 그물 아랫자락의 도달수심과 거의 일치하였다.

2. $\rho > \rho_w$ 의 경우

이때, 그물다발의 운동량은, (5)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_2 = \rho \alpha (l_s - y_3) \frac{dy_2}{dt} \quad (5)$$

한편, 그물다발에서 밑 부분에 위치한 그물의 벽 운동량은, (6)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_3 = \{ m + \rho \alpha (y_3 - y_2) \} \frac{dy_3}{dt} \quad (6)$$

따라서, 그물다발의 운동방정식은 (7)식과 같이 되며, 그물다발에서 밑 부분의 운동방정식은 (8)식과 같이 된다.

$$\frac{dP_2}{dt} = (\rho - \rho_w)(l_s - y_3)\sigma g - R(l_s - y_3) \left(\frac{dy_2}{dt} \right)^2 \quad (7)$$

$$\frac{dP_3}{dt} = (m - V_L \rho_w)g + (\rho - \rho_w)\sigma g (y_3 - y_2) - D \left(\frac{dy_3}{dt} \right)^2 - K (y_3 - y_2) \frac{dy_3}{dt} \quad (8)$$

그리고, 그물다발의 저항계수 R 에는, 근사식 (9)식을 이용하여 계산했다.

$$R = \left\{ \frac{C_R}{2} \left(\frac{\rho}{\rho_w} \right)^p \rho_w l \right\} \quad (9)$$

계산결과, (9)식의 C_R 의 값을 0.91, $\frac{\rho}{\rho_w}$ 의 지수 p 를 1로 하였을 때, 계산과 실험은 거의 일치하였다.

실험조건은, 해수의 밀도 ρ_w : $1.0g/cm^3$, 그물의 전개폭 l_s : $86cm$, 중력가속도 g : $980cm/sec^2$, 그물실의 직경 d : $0.045cm$, 발의 길이 l : $1.05cm$, 망지의 길이 방향의 그물 콧수 i : 283코, 망지 폭 방향의 그물 콧수 j : 58코, 점성계수 μ : $13.48g/cm \cdot sec$ 로 하였다. 그리고, 계산에 이용한 망지와 침자에 대한 매개변수를 Table 4에 나타냈다.

실험식을 구성하는 과정에서 설정한 가정과 부여

한 근사치의 타당성을 검토하기 위해 각 그물에 있어서 경과시간 0.5초 간격으로 그물 아랫자락의 도달수심에 대해서 실험치(meas.)와 계산치(cal.)를 비교하였다. 그 결과, 양자는 일치성이 매우 양호하여, 침자량 25g인 그물에서는 meas.=1.04cal., 45g에서는 meas.=0.99cal.였으며, 60g에서는 meas.=0.98cal.였다.

Table 4. Parameters in the differential equation for the model seines

Item	Sinkers (g)	Parameters		
		PP seine	PA seine	PES seine
ρ (g/cm^3)	25,45,60	0.91	1.14	1.38
σ (cm^2)	25,45,60	1.47×10^{-2}	1.50×10^{-2}	1.54×10^{-2}
V_L (cm^3)	25	5.76×10^{-3}	5.76×10^{-3}	5.76×10^{-3}
	45	10.36×10^{-3}	10.36×10^{-3}	10.36×10^{-3}
	60	13.82×10^{-3}	13.82×10^{-3}	13.82×10^{-3}
W_L (g)	25	5.95×10^{-2}	5.95×10^{-2}	5.95×10^{-2}
	45	10.71×10^{-2}	10.71×10^{-2}	10.71×10^{-2}
	60	14.29×10^{-2}	14.29×10^{-2}	14.29×10^{-2}
S_L (cm^2)	25	3.54×10^{-2}	3.54×10^{-2}	3.54×10^{-2}
	45	6.33×10^{-2}	6.33×10^{-2}	6.33×10^{-2}
	60	8.44×10^{-2}	8.44×10^{-2}	8.44×10^{-2}

선망의 침강에 관한 연구는 그 수가 그다지 많지 않으나 이론적 해석에 관한 것으로는 Konagaya (1971)가 수행하여 선망 침강운동 특성을 밝혔다. 여기서는 $\rho > \rho_w$ 즉 밀도가 1.14의 망지로 구성된 어구에 대한 그물 아랫자락의 침강을 해석하였는데, 선망에 있어서 선망권의 전주위가 동시에 침강한다고 보고, 그물 아랫자락에 붙어 있는 침자와 줍고리, 줍줄 등의 무게에 의해서, 수면에 접혀서 떠 있던 그물다발로부터 그물이 전개되면서 가라앉는다고 가정하여 침강운동을 정리 해석하였다.

이 연구에서는 망지의 밀도가 0.91부터 1.38까지, 즉 $\rho < \rho_w$ 및 $\rho > \rho_w$ 의 범위에서 실험을 실시하여, 그물 아랫자락 및 그물다발의 침강특성을 구명함과 동시에 정도가 있는 이론식을 이용하여 해석하고 망지와 그물다발의 저항계수 등을 결정할 수 있었다.

요 약

선망의 침강 저항 특성을 해명하기 위한 기초 연구로서, 망지의 재료가 다르고 침자량이 동일한 선망 모형의 침강특성을 해석하였다. 실험에 사용한 선망은, 그물실의 직경 및 발의 길이가 같은 폴리프로피렌系 (밀도 $0.91g/cm^3$), 폴리아미드系 (밀도 $1.14g/cm^3$) 및 폴리에스터系 (밀도 $1.38g/cm^3$)의 매듭 없는 망지를 사용하여, 뜰줄의 길이 420cm, 그물의 폭 86cm가 되도록 제작하였다. 이 그물들의 발줄에 침자를 25g, 45g, 60g의 3단계로 바꾸어 9종류의 모형그물을 만들고, 각각 PP-25, PA-25, PES-25, PP-45, PA-45, PES-45, PP-60, PA-60 및 PES-60그물이라고 이름을 붙였다.

회류수조의 수로 위에 투망장치를 설치해서 정지상태의 수중에 투망하고, 관측부 전면에 설치한 비디오 카메라를 이용하여 촬영 녹화하였다. 그리고, 그물에 표시한 측정점의 좌표를 화상해석장치로 읽고 실험치를 구하였다.

여기서, 선망의 수직방향의 침강운동을 나타낸 이론식을 이용하여 수치해석을 행하였는데, 그 결과는 다음과 같다.

1. 침자량이 60g일 때, 아랫자락의 평균 침강속도는 PES그물 12.2 cm/sec로 가장 빠르고, PA그물 11.4 cm/sec, PP그물 10.7 cm/sec 순으로 늦게 나타났다.
2. 망지의 저항계수 K_D 는, 계산결과 $K_D = 0.09 \left(\frac{\rho}{\rho_w} \right)^4$ 의 관계식으로 나타낼 수 있었다.
3. 그물다발의 저항계수 C_R 은, 계산결과 $C_R = 0.91 \left(\frac{\rho}{\rho_w} \right)$ 의 관계식으로 나타낼 수 있었다.
4. 선망 투망후 경과시간에 따른 그물 아랫자락의 도달수심에 대한 실험치와 계산치의 관계는 상관성이 매우 높아, 침자량이 25g일 때 meas.=1.04 cal., 45g일 때 meas.=0.99 cal.였으며, 60g일 때 meas.=0.98 cal.의 관계를 나타냈다.

참고 문헌

- Iitaka Y. (1954) : Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada-1, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 20(7), 571-575.
- Iitaka Y. (1955) : Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada-2, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 21(1), 6-11.
- Iitaka Y. (1955) : Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada-3, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 21(7), 459-462.
- Iitaka Y. (1956) : Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada-4, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 22(7), 389-392.
- Iitaka Y. (1958) : Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyganada-5, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 23(9), 511-513.
- Iitaka Y. (1958) : Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada-6, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 24(6&7), 407-410.
- Kawakami T. (1964) : The theory of desiging and testing fishing nets in model, Modern fishing gear of the world-II. Fishing News Books. London, 471-481.
- Kim S. J., Imai T. and H. Kikukawa (1992) : An analysis on the sinking characteristics of weighted netting, Nippon suisan gakkaiishi, 58(6), 1037-1042.
- Kim S. J., Imai T. and J. S. Park (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.
- Kim S. J. and J. S. Park (1995) : Characteristics on the motion of purse seine-2, An analysis on the sinking characteristics of model purse seine by different netting material. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 31(4), 372-378.
- Kim S. J. and J. S. Park (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.
- Kim S. J. (1999) : 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. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 35(2), 93-101.
- Kim S. J., Choi C. M. and Y. J. Chung(2003) : Studies on the improvement of the productivity of the purse seine fishery, The characteristics on the motion of purse seine in the experimental operation of one boat system. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 39(2), 99-111.
- 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.
- Konagaya T. (1971) : Studies on the design of the purse seine. Jour. Fac. Fish. Pre. Univ. Mie, 8(3), 209-296.
- Nomura M., Mori K., Tawara Y. and K. Kumura (1987) : Study on behaviour of purse seine-4, Large scale model experiment of horse mackerel purse seine. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 49, 63-80.
- Park J. S. (1986) : A study on the fishing ability of the mackerel purse seine operating and the fishing condition in the sea area of Cheju Island. Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 22(3), 42-46.
- 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), 7-15.
- Park J. S., Aoyama T. 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. Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 22(4), 32-40.
- Park J. S. (1989) : Studies on the mackerel purse seine operating in the sea area of Cheju Island-3, Fishing ability of purse seiner by classes of boat size. Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 25(2), 61-69.
- Park J. S. (1991) : Studies on the mackerel purse seine operating in the sea area of Cheju Island-4, The characteristics of catch and ability in purse seine. Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 27(4), 247-254.
- Park J. S., Kim S. J. and S. K. Kim (1997) : A study on the behaviour of fish schools in the process of catch of the purse seine fishing method, Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 33(3), 173-182.
- Park J. S., Kikukawa H. and S. J. Kim (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.
-
- 2003년 10월 30일 접수
2003년 12월 3일 수리