

쌍끌이 기선저인망의 유수저항 특성 및 모형 실험시의 축척비 영향

김 대 진*
전남대학교 수산과학과

Flow resistance of bottom pair trawl nets and scale effect in their model experiments

Dae-Jin KIM

Department of Fisheries Science, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

The purpose of this study is to identify the flow resistance of the bottom pair trawl nets. The bottom pair trawl nets being used in fishing vessel (100G/T, 550ps) was selected as a full-scale net, and 1/10, 1/25 and 1/50 of the model nets were made. Converted into the full-scale net by Tauti's modeling rule and Kim's modeling rule, when resistance coefficient k of each net was calculated by substituting into above equation for flow resistance R and wall area of nets S values of each net v . Because resistant coefficient k decreases exponentially according as flow velocity v increases to make $k = cv^{-m}$, c and m values of each net were compared. As a result, as the model was smaller, c and m values was smaller in the two rule into standard of 1/10 model value, decrease degree of 1/25 model was almost same in the two rule, decrease degree of 1/50 model was very big in Tauti's modeling rule. Therefore, in the result of experiment, because average of c and m values for similarly 1/10 and 1/25 model were given $c=4.9$ (kgfs²/m⁴) and $m=0.45$, R (kgf) of bottom pair trawl net could show $R = 4.9Sv^{1.55}$ using these values. As in the order of cod-end, wing and bag part for 1/25 and 1/50 model net were removed in turn, measured flow resistance of each, converted into the full-scale, total resistance of the net and the resistance of each part net were calculated. The resistance ratio of each part for total net was not same in 1/25 and 1/50 model each other, but average of two nets was perfectly same area ratio of each part as the wing, bag and cod-end part was 43%, 45% and 12%. However, the resistance of each part divided area of the part, calculated the resistance of per unit area, wing and bag part were not big difference each other, while the resistance of cod-end part was very large.

Keywords: Flow resistance, Model net, Model rule, Resistance coefficient, Scale effect

서론

쌍끌이 기선저인망은 저층 트롤에 비해 선박 수와 조업 인력이 많이 소요되어 경제성이 떨어진다는 것이

단점이나, 전개판이 없고 예망속도도 더 낮아서 그물의 규모를 더 크게 할 수 있기 때문에 어획량을 더 높일 수 있다는 장점을 가진다. 쌍끌이 기선저인망 어구

*Corresponding author: djkim@jnu.ac.kr, Tel: 82-61-659-7120, Fax: 82-61-659-7129

의 규모는 어선의 예망마력과 어구의 예망저항과의 관계로부터 구해지고 그 예망저항은 그물의 유수저항에 따라 크게 좌우된다. 따라서 그물의 유수저항은 쌍끌이 기선저인망의 규모를 결정짓는 가장 중요한 요소가 되는데, 쌍끌이 기선저인망에 대한 연구는 모형실험을 통한 유속에 따른 어구저항과 전개 성능 조사 및 그들을 이용한 실물어구의 그물 입구 형상과 예망 깊이에 관한 조사가 있다 (Kwon, 1995; Lee et al., 1995; Jang and Lee, 1996; Kim and Kim, 2000). 또한 어구의 기본성능을 파악하고자 수조 실험을 통한 모형어구의 유속 변화에 따른 망폭, 망고 등에 관한 연구가 보고되고 있다 (Cho et al., 1995).

한편, 어구의 역학적 성능 시험은 규모가 큰 실물어구보다도 규모가 작고 실험 장치 및 방법도 간단한 모형어구를 사용하여 많이 조사되어 왔는데, 모형어구를 사용하는 법칙은 Tauti (1934)에 의해 최초로 제시되었고, 그 후 Tauti (1934)의 수칙이 보강되거나 새로운 수칙이 제시되었다 (Dickson, 1959; Kawakami, 1964; Fridman, 1973; Kim, 1997). 그러나 이러한 모형수칙을 이용한 연구는 주로 저층 트롤에서 이루어졌고, 모형그물을 사용하여 유속의 변화에 따른 그물 전체의 유수저항과 망고 등을 조사하는 형태였기 때문에 그물 부만의 유수저항이 어떻게 달라지는지를 알지 못하였을 뿐만 아니라 그물 어구의 저항이 어느 부위의 그물 부 값에 의해 좌우되는지도 제대로 파악되지 못한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 쌍끌이 기선저인망을 대상으로 그물부만의 유수저항을 구체적으로 파악하기 위하여 100G/T, 550ps 어선에서 사용하고 있는 쌍끌이 기선저인망을 실물그물로 정하고, 그것에 대한 1/10, 1/25 및 1/50 모형그물을 제작하여 그물부 전체의 저항과 망고 및 그물부를 구성하는 날개부, 자루부 및 끝 자루부의 유수저항을 각각 측정하여 서로 비교하였다. 이 경우 모형의 제작 및 실험은 Tauti (1934)의 모형수칙을 사용하여 수행하되, Kim (1997)의 모형수칙도 함께 사용하여 검토하였다.

재료 및 방법

본 연구는 100G/T, 550ps 어선에서 사용하고 있는 쌍끌이 기선저인망 그물 (Fig. 1)을 실물 그물로 정하

고 모형실험에 가장 많이 이용되는 Tauti (1934)의 모형수칙을 사용하여 그에 대한 1/10, 1/25 및 1/50 모형그물을 제작하여 실험하였다. 단, 실물그물의 자루부는 규격이 서로 다른 6장의 그물감으로 나누어져 있으므로 모형그물을 같은 수의 그물감으로 제작할 경우 제작 자체가 어려울 뿐만 아니라 조금만 잘못 제작하여도 축척비 영향 (Scale effect)을 일으키는 원인이 될 수 있다. 이를 고려해 실물그물 자루부의 d/l (d : 그물실의 지름, l : 밧의 길이)의 평균치와 같은 값을 가지는 한 장의 그물감으로 대신하는 것으로 하여 실물그물을 Fig. 2의 (a)와 같이 변경한 다음, 그에 대한 모형그물을 제작하여 실험하였다. 따라서 실물그물의 자루부의 d/l 평균치 및 나머지 부위의 d/l 값은 Table 1과 같으므로, 시중에서 생산·판매되고 있는 그물감들을 수집하여 이들 값에 근접하는 그물감 (Table 2)으로 모형그물을 제작하였다.

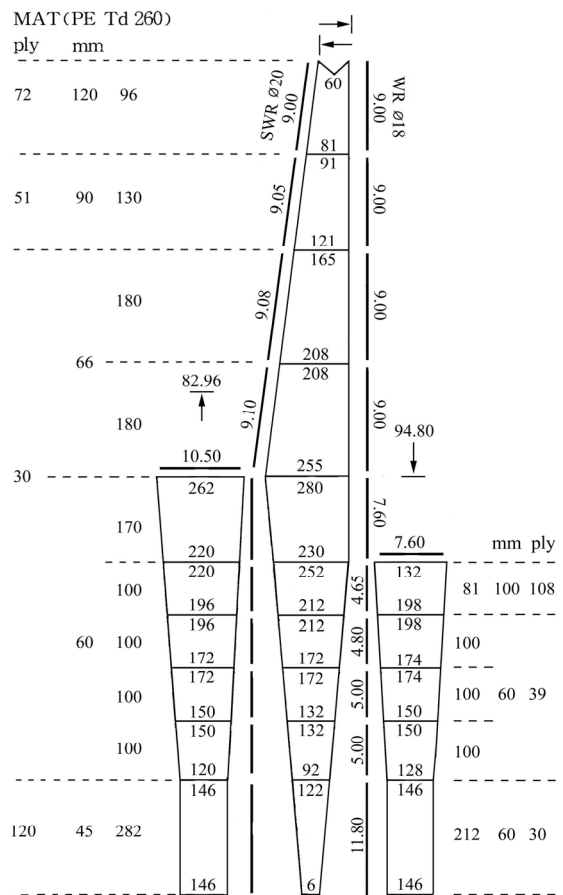


Fig. 1. General design of bottom pair trawl using in fishing vessel (100G/T, 550ps).

또한 Tauti (1934)의 모형법칙을 이용하여 실물그물과 모형그물간의 유속비 v_2/v_1 , 저항비 R_2/R_1 , 뜬의 부력 또는 침강력의 비는 Table 2와 같이 정하였고, 실험에 사용한 모형그물의 설계도는 Fig. 2의 (b, c, d)와 같다.

한편, Tauti (1934)의 모형수칙과 Kim (1997)의 수칙에 대해서도 서로 비교하였는데, 두 수칙은 기본 이론부터 다르기는 하지만 가장 큰 차이점은 실물과 모형 어구간의 그물실 지름과 그물코 크기의 비, 유속비 및 저항비가 서로 차이가 있다는 점이다. Tauti (1934)의 수칙에서는 유속비, 저항비, 뜬의 부력 및 침강력의 비를 $d_1/l_1 = d_2/l_2$, $v_2/v_1 = \sqrt{d_2(\rho_2 - 1)/d_1(\rho_1 - 1)}$, $R_2/R_1 = F_2/F_1 = (L_2/L_1)^2(v_2/v_1)^2$ 으로 표시하지만 Kim (1997)의 수칙에서는 이들의 비가 $d_2/d_1 = \sqrt{l_2/l_1}$, $v_1 = v_2$, $R_2/R_1 = (L_2/L_1)^2$ 으로 표시된다.

한편, 각 모형그물의 실험은 축척비가 1/10 모형그물의 경우 Fig. 2의 (b)와 같이 그물의 완성 길이가 7m나 되어 수조에서 실험하기가 곤란하므로, 해상에서 그물 저항을 측정하기에 적당하다고 판단된 Fig. 3의 경남 고성군 자란만 해역에서 실험하였고, 축척비가 1/25 및 1/50인 모형그물에 대한 저항 측정은 국립

수산과학원의 수직 순환형 회류수조 (L: 25.1m×W: 4.5m×H: 8.3m)에서 실시하였다. 먼저, 해상실험의 경우는 그물을 선박 현측에 바로 고정하여 실험할 경우 선박에서 생기는 반류가 그물에 영향을 끼칠 수 있기 때문에, Fig. 4의 (a)와 같이 선박 현측에 스티로폼 부이를 부착한 뗏목 형태의 직육면체 프레임 (L: 5m×W: 3m×H: 1.5m)을 부착하고 그 측면에 수평으로 그물 폭 2.6m로 고정할 수 있는 연결용 철봉을 부착한 틀을 제작하여 유속에 따른 모형그물의 저항을 측정하였다. 이 경우 유속과 모형그물의 저항은 프레임 상단에 부착된 전자식 장력계 (IE-300, CASTON)와 유속계 (ACM100-D, Alec Electronics, Japan)로 측정하였고, 유속에 따른 모형그물 저항 값은 유속 범위 0.4-1.4 m/s에서 각 유속마다 10초 동안의 평균치를 채택하였다. 다음, 수조실험의 경우 실험 장치 및 계측 시스템은 Fig. 4의 (b)와 같고, 실험시 유속과 저항은 프로펠러식 유속계 (VOT-4000-20, Kenek, Japan)와 로드셀 (10kg, JHM)로 측정하였으며, 유속은 0.4-1.2m/s의 범위에서 0.2m/s 간격으로 5단계로 증가시키면서 각 유속마다 10초 동안 1,000개씩 측정되도록 하였다. 이때 측정된 값은 증폭기 (Procom DCA-DS 300)를 통해 PC에 입력하여 그 평균치를 사용하였다.

Table 1. Specifications of full-scale net used in the experiment

	Part	Materials	d (mm)	2l (mm)	d/l	B (kgf)	W (kgf)
Full-scale	Wing	PE Td 260 90ply	1.93	90	0.043		
	Bag	PE Td 260 75ply	1.48	60	0.049	550	687.5
	Cod-end	PE Td 260 150ply	2.97	45	0.132		

※ B: Buoyancy, W: Weight

Table 2. Specifications of model nets used in the experiment

Scale	Part	Materials	d (mm)	2l (mm)	d/l	v_2/v_1		R_2/R_1		B (kgf)	W (kgf)
						T	K	T	K		
1/10 (PE)	Wing	Td 260 15ply	1.05	51.0	0.041						
	Bag	Td 260 12ply	0.94	38.0	0.049	0.78	1	6.08×10^{-3}	100	5.50	6.88
	Cod-end	Td 260 30ply	1.48	23.3	0.127						
1/25 (Nylon)	Wing	Td 210 15ply	0.74	34.0	0.044						
	Bag	Td 210 6ply	0.48	18.9	0.051	0.57	1	5.2×10^{-4}	625	0.88	1.10
	Cod-end	Td 210 15ply	0.76	11.7	0.130						
1/50 (Nylon)	Wing	Td 210 15ply	0.74	34.0	0.044						
	Bag	Td 210 6ply	0.48	18.9	0.051	0.57	1	1.3×10^{-4}	2500	0.22	0.28
	Cod-end	Td 210 15ply	0.76	11.7	0.130						

※ T: Tauti's rule, K: Kim's rule, B: Buoyancy, W: Weight

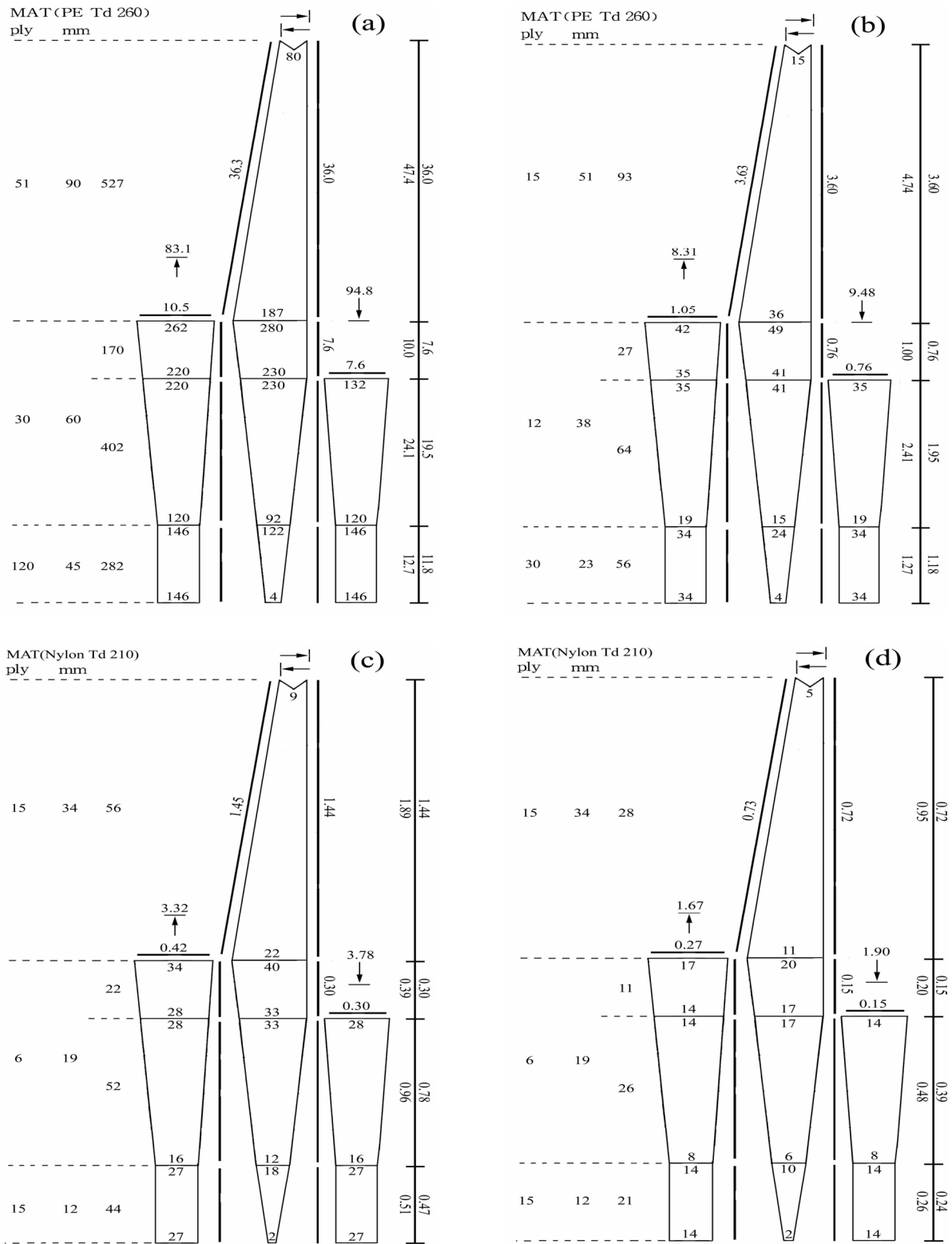


Fig. 2. General design of the bottom pair trawl of which bag part was rearranged by using the mean value of d/l (d : diameter of netting twines, $2l$: mesh size).

(a): Full-scale, (b): 1/10 model net, (c): 1/25 model net, (d): 1/50 model net.

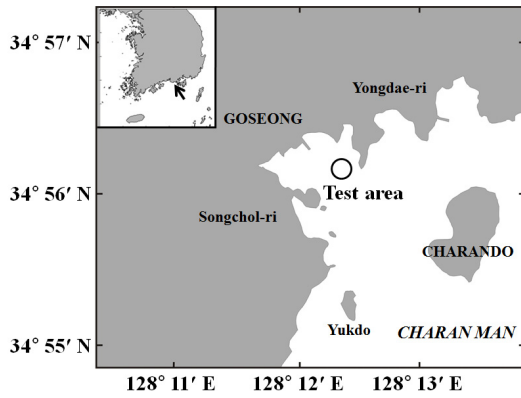


Fig. 3. Experimental area of the 1/10 model net.

이상과 같은 해상 및 수조실험에 있어 각 그물의 망폭, 즉 날개그물 앞끝의 간격은 실제 조업선에서 사용되고 있는 값 (Kim, 1999)을 적용하여 뜰줄 길이의 50% 정도가 되도록 고정하였고, 각 그물에 대한 유속별 망고와 저항은 Fig. 5에서와 같이 그물 전체에 대한 것을 먼저 측정하고 다음, 끝자루부, 날개부 및 자루부의 순서로 각 부위의 그물감을 차례로 제거해 가면서 저항을 측정하였다.

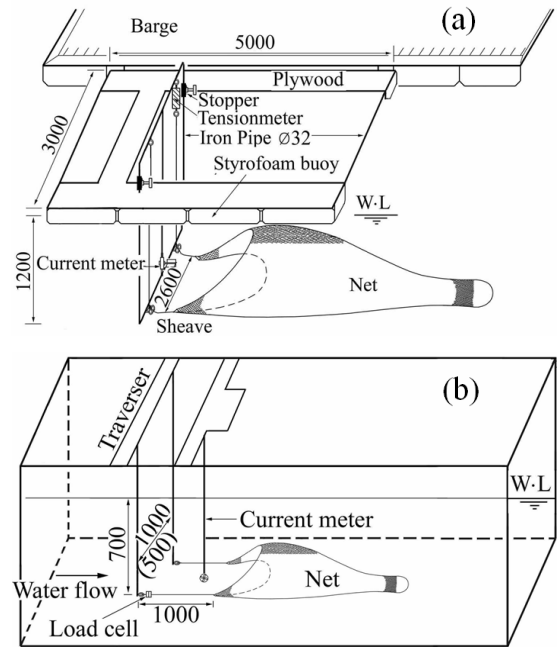


Fig. 4. Specifications of equipment and measuring system used in the model experiments.

(a): 1/10 model, (b): 1/25, 1/50 model.

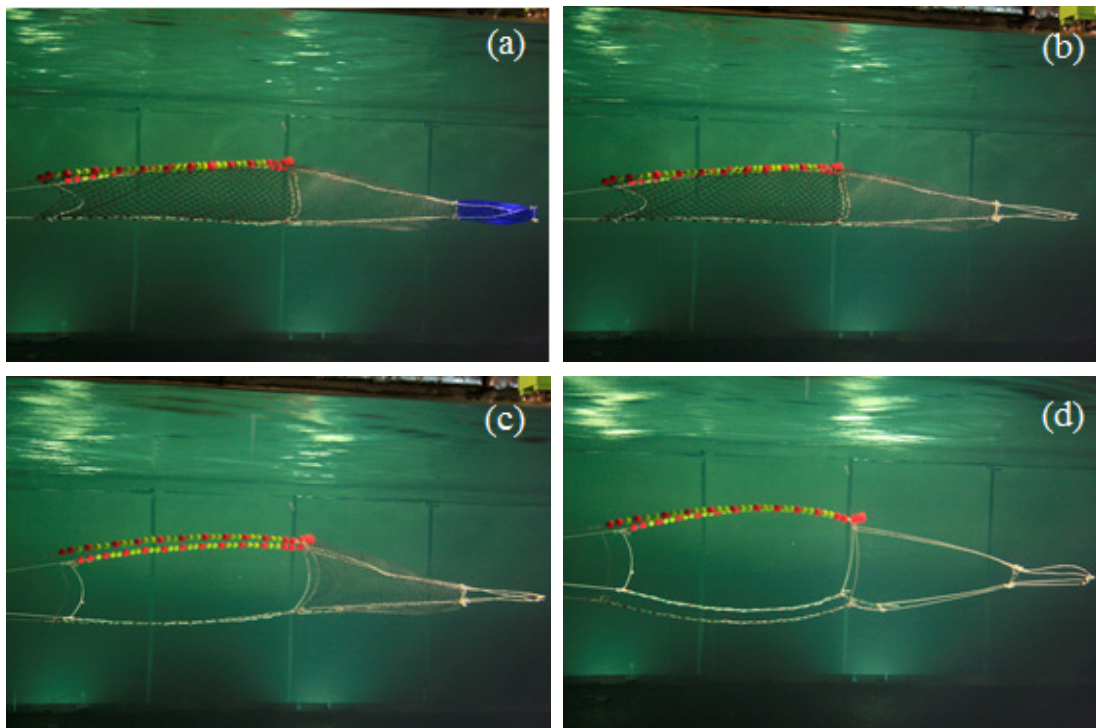


Fig. 5. Measuring system of flow resistance R to each part in the model nets.

(a): All netting, (b): Removed cod-end netting, (c): Removed wing netting, (d): Frame.

결과 및 고찰

쌍끌이 기선저인망에 대해 Fig. 2의 (a)를 실물그물로 간주하고 1/10, 1/25 및 1/50 모형그물을 제작하여 각각에 대해 유속 v (m/s)에 따른 유수저항 R (kgf)을 측정하였다. 그 결과를 Tauti (1934)의 모형수칙에 의해 실물로 환산하면, 이들 사이의 관계는 $R = av^b$ 의 형태로 표시되어 Fig. 6의 (a)와 같고, Kim (1997)의 모형수칙에 의해 실물로 환산하여 R 과 v 와의 관계를 표시한 결과는 Fig. 6의 (b)와 같으며, 상수 a 와 지수 b 의 값을 구한 결과는 Table 3과 같다.

한편, 그물 어구의 유수저항 R 은 그물의 종류와 구조, 구성 재료 및 형상 등에 관계없이 저항계수를 k , 그물의 벽면적을 S , 유속을 v 라 할 때 $R = kSv^2$ 으로 표시된다. 여기서 S 와 v 는 그물의 특성과는 상관없는 값들이므로, 그물의 저항 특성은 k 에 의해 표시되는 것이 보통이다 (Kim, 1999).

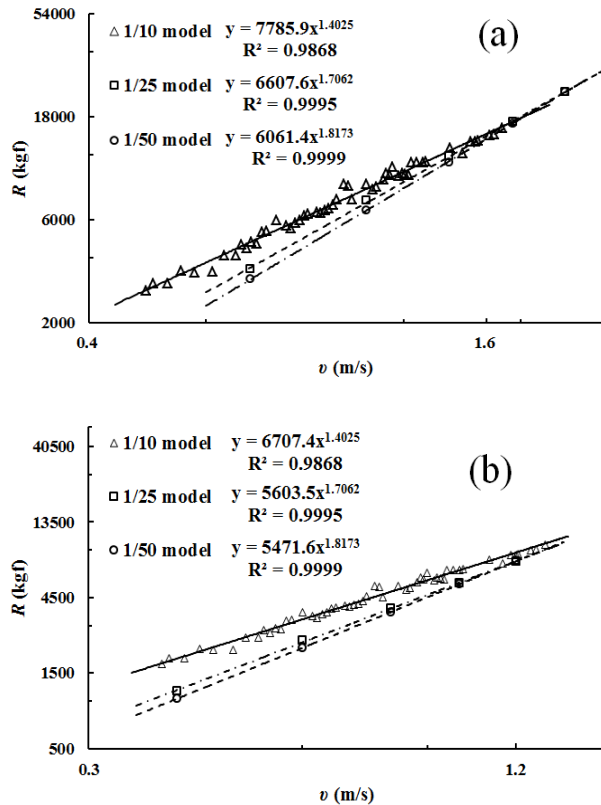


Fig. 6. Variation of flow resistance R with the flow velocity v of the model nets converted into the full-scale net.

(a): Tauti's modeling rule, (b): Kim's modeling rule.

Table 3. Values of a and b in $R = av^b$ of the model nets

Scale	Tauti's rule		Kim's rule	
	a	b	a	b
1/10 model	7,786	1.40	6,707	1.40
1/25 model	6,608	1.71	5,604	1.71
1/50 model	6,061	1.82	5,472	1.82

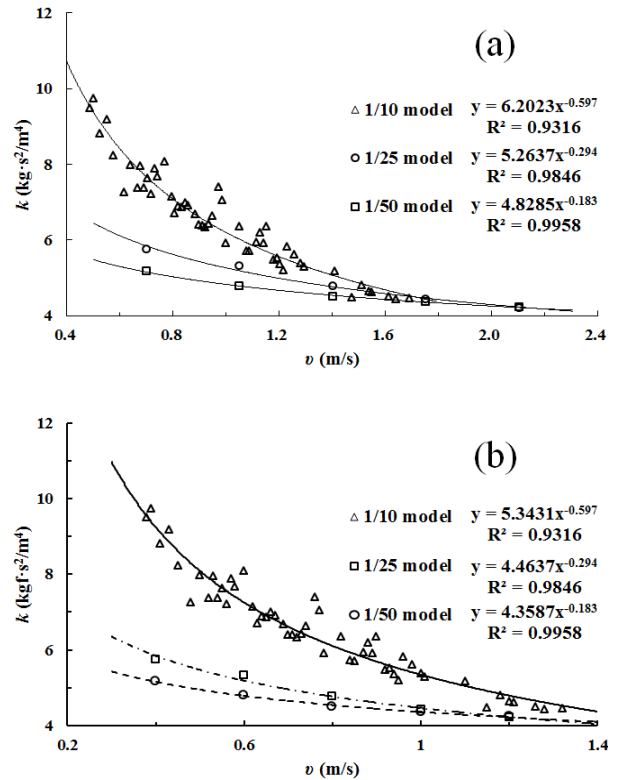


Fig. 7. Relation between resistance coefficient k and flow velocity v converted into the full-scale net.

(a): Tauti's modeling rule, (b): Kim's modeling rule.

Table 4. Values of c and m in $k = cv^{-m}$ of the model nets

Scale	Tauti's rule		Kim's rule	
	c	m	c	m
1/10 model	6.20	0.60	5.34	0.60
1/25 model	5.26	0.29	4.46	0.29
1/50 model	4.83	0.18	4.36	0.18

따라서 각 모형그물의 v (m/s)별 R (kgf) 값과 Fig. 2의 (b, c, d)로부터 각각 계산한 $12.55m^2$, $2.01m^2$ 및 $0.50m^2$ 을 $R = kSv^2$ 에 대입하여 각 그물별로 저항계

수 k (kgfs^2/m^4)를 구하고 v (m/s)와의 관계를 표시하면, Fig. 7에서 보는 바와 같이 k 는 v 가 증가함에 따라 지수함수적으로 감소하여 $k = cv^{-m}$ 의 형태로 주어지며 c 와 m 의 값은 Table 4와 같다.

이상의 결과들로부터 보면, 상수 a 와 지수 b 의 값 및 상수 c 와 지수 m 의 값은 두 수칙에서 상당히 달라지는데, 더욱 합리적인 것이라고 볼 수 있는 Table 4의 결과를 보면, c 와 m 의 값은 두 수칙에서 모형이 작아질수록 작아지는 경향을 나타내고 있다. 즉, 1/10 모형의 값을 기준으로 할 때 1/25 모형에서의 감소 정도는 두 수칙에서 거의 같으나, 1/50 모형에서의 감소 정도는 Tauti (1934)의 수칙에서 더 크게 나타났다. 그러나 모형의 그물실 지름은 Kim (1997)의 수칙보다 Tauti (1934)의 수칙에서 더 작게 정해지나, 두 수칙 모두 그물감의 면적비는 축척비의 제곱과 같게 하므로 그물감의 각 변의 그물코수가 Tauti (1934)의 수칙에서 더 많아져서, 그물실의 지름과 밧의 길이로 인한 저항의 차이는 없다고 볼 수 있다. 그러나 유속의 비를 비교해 보면 Kim (1997)의 수칙에서는 $v_1 = v_2$ 인데 비해 Tauti (1934)의 수칙에서는 $v_1 = \sqrt{d_1/d_2} \cdot v_2$ 이고, 저항의 비는 Kim (1997)의 수칙에서는 $R_1 = (L_1/L_2)^2 R_2$ 인데 비해 Tauti (1934)의 수칙에서는 $R_1 = (L_1/L_2)^2 (d_1/d_2) R_2$ 이다. 이로 인해 어떤 모형실험 결과를 실물로 환산하면 Tauti (1934)의 수칙에서는 유속이 Kim (1997)의 수칙에서보다 $\sqrt{d_1/d_2}$ 만큼 더 커지는 데 비해 저항은 d_1/d_2 만큼 더 커지기 때문에, 실물로 환산한 모형의 저항은 Kim (1997)의 수칙보다 Tauti(1934)의 수칙에서 더 크게 나타난다. 따라서 그물어구에 대한 모형실험시 축척비를 지나치게 크게 할 경우 모형그물 제작 기술의 한계와 적합한 그물감 재료를 구하는 어려움 및 속도, 힘, 무게 등의 인자에 따른 축척비 영향을 피할 수 없기 때문에 가능한 축척비를 크게하여 모형실험을 실시하는 것이 오차를 줄이기 위한 합리적인 방안이라고 판단된다. 그러나 각 모형그물의 경우, 1/10 모형과 1/25 모형 사이에는 c 와 m 의 값의 차이가 비교적 작는데 비해 1/50 모형에서는 그 차이가 크므로, 그물어구의 모형실험시 축척비는 Kawakami (1964)가 제시한 1/20 정도 이상으로 하는 것이 좋다고 볼 수 있으며, 1/10 모형과

1/25 모형에 대한 c 와 m 의 평균치를 구해 보면 각각 4.9 (kgfs^2/m^4) 및 0.45로 주어지므로, 쌍끌이 기선저인망의 유수저항 R (kgf)은 $R = 4.9Sv^{1.55}$ 으로 표시해도 좋다고 볼 수 있다.

또한, 모형그물들의 저항계수 k 가 유속 v 가 증가함에 따라 지수함수적으로 감소하는 원인은 k 에 대한 레이놀즈수의 영향과 v 의 증가에 따른 망고 감소의 영향 때문이라고 볼 수 있다. 그러나 그물 어구의 대부분은 레이놀즈수의 값이 매우 커서 임계 레이놀즈수 100을 크게 초과하기 때문에 (Kim, 1999), v 의 증가에 따른 k 의 감소는 v 가 증가함에 따라 망고가 감소하기 때문이라고 볼 수 있다. 즉, 수조에서 실험한 1/25 모형과 1/50 모형에 대해 유속의 증가에 따른 망고 변화를 측정된 결과를 실물로 환산하여 나타낸 Fig. 8에서와 같이, 망고 h 는 두 모형에서 거의 유사하게 유속 v 가 증가함에 따라 지수함수적으로 감소하여 $h = fv^{-n}$ 으로 표시되고, 여기서 상수 f 와 지수 n 은 Table 5와 같다. 따라서 v 의 증가에 따른 f 의 감소 정도를 나타내는 n 의 값과 $v=1\text{m/s}$ 일 때의 h 값을 나타내는 f 의 값은 거의 차이가 없기 때문에, 두 그물의 망고 감소 형태는 거의 같다고 볼 수 있다.

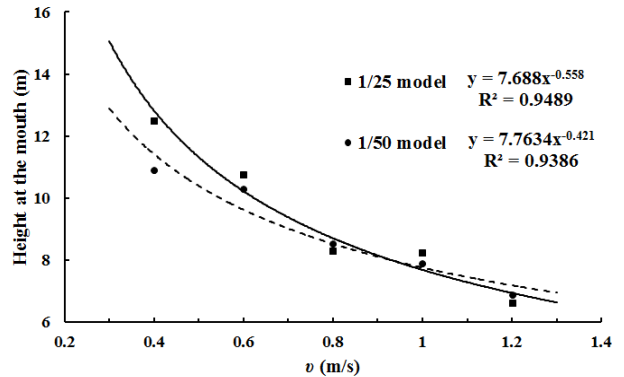


Fig. 8. Variation of height at the mouth of the model net according to the flow velocity v .

Table 5. Values of f and n in $h = fv^{-n}$ of the model nets

Scale	f	n
1/25 model	7.69	0.56
1/50 model	7.76	0.42

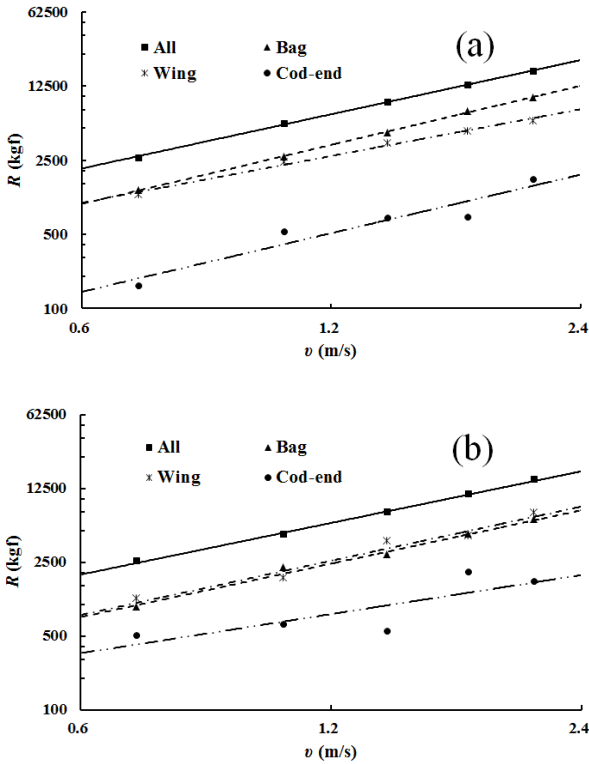


Fig. 9. Variation of flow resistance R in the model netting.
(a): 1/25 model, (b): 1/50 model.

Table 6. Values of flow resistance R and S of the model nets per unit area (Values in parenthesis indicate the rate, %, to total)

Scale	Part	R (kgf)	S (m ²)	R/S
1/25 model	Wing	2,097 (42)	544 (43)	3.9 (36)
	Bag	2,487 (50)	569 (45)	4.4 (41)
	Cod-end	367 (8)	148 (12)	2.5 (23)
1/50 model	Wing	1,894 (44)	544 (43)	3.5 (32)
	Bag	1,784 (41)	569 (45)	3.1 (28)
	Cod-end	644 (15)	148 (12)	4.4 (40)

한편, 1/25 및 1/50 모형그물을 대상으로 끝자루부, 날개부 및 자루부의 순서로 각 부위의 그물감을 차례로 제거해 가면서 저항을 측정하고, 각각을 실물로 환산하여 그물 전체 및 각 부위별 저항을 함께 표시한 결과는 Fig. 9와 같다. 이것에서 보면, 유속의 증가에 따른 그물 전체 및 각 부위별 저항의 증가 형태는 두 그물에서 거의 같고, 각 부위별로 보면 날개부의 증가 정도가 완만할 뿐 다른 부위의 증가 정도는 서로 거의 같다. 또한 유속이 1m/s일 때 그물 전체의 저항에 대

한 각 부위별 저항을 구해 보면 (Table 6), 그물 전체에 대한 각 부위별 저항의 비는 1/25 모형과 1/50 모형에서 서로 일치하지는 않으나 두 그물의 평균치를 구해 보면, 날개부는 43% (1,996kgf), 자루부는 45% (2,136kgf), 끝자루부는 12% (506kgf)로서 각 부위의 면적의 비와 완전히 일치한다.

따라서 쌍끌이 기선저인망 각 부위별 저항은 그물감이 차지하는 면적에 비례한다고 볼 수 있는데, 이것만으로는 그물의 어느 부위에서 저항이 가장 크게 발생하는지 알 수 없기 때문에 각 부위별 저항을 그 부위의 그물 벽 면적으로 나누어 그물의 단위면적당의 저항을 비교하는 것이 타당할 것이다. 그 결과 그물의 단위면적당 평균치의 저항 값은 Table 6에서와 같이 날개부와 자루부 및 끝자루부가 각각 34% (3.70kgf)와 34% (3.75kgf) 및 32% (3.45kgf)로서 세 부위의 값이 거의 같게 나타났다. 따라서 그물 전체에 대한 면적의 비가 가장 작은 끝자루부가 날개부와 자루부에 비해 저항을 가장 크게 발생하는 부위라는 것을 알 수 있는데, 이와 같은 결과는 끝자루 부위에서 물이 그물코를 쉽게 투과하지 못하고 정체되기 때문으로 판단된다. 따라서 쌍끌이 기선저인망의 우수저항을 줄이기 위해서는 끝자루 부위의 구조와 그물감 재료, 구성 방법 등을 개선하는 것이 가장 중요하다고 볼 수 있다.

결론

본 연구는 쌍끌이 기선저인망에 대한 그물부만의 우수저항을 구체적으로 파악하고자 100G/T, 550ps 어선에서 사용하고 있는 실물그물에 대해 Tauti (1934)의 모형법칙을 적용하여 1/10, 1/25 및 1/50 모형그물을 제작 및 실험을 수행하였고, Kim (1997)의 모형수칙도 함께 검토하였다. 실험에서 얻어진 각 그물의 유속 v 에 따른 우수저항 R 과 S 값을 대입하여 각 그물의 저항계수 k 를 구해 본 결과, k 는 v 가 증가함에 따라 지수함수적으로 감소하여 $k = cv^{-m}$ 의 형태로 주어졌다. 각 그물별로 c 와 m 의 값은 두 수칙에서 모형이 작아질수록 작아지는 경향인데, 1/10 모형의 값을 기준으로 하면 1/25 모형에서의 감소 정도는 두 수칙에서 거의 차이가 없고, 1/50 모형에서의 감소 정도는 Tauti (1934)의 모형 수칙에서 더 크게 나타났다. 1/10 모형과 1/25 모형그물에 대한 c 와 m 의 평균치 값을

구해 보면 각각 $c=4.9$ (kgfs^2/m^4) 및 $m=0.45$ 로 주어져서 쌍끌이 기선저인망의 유수저항 R (kgf)은 $R = 4.9Sv^{1.55}$ 으로 표시되었다. 1/25 모형과 1/50 모형에 대해 망고 h 를 측정해 본 결과, h 역시도 v 가 증가함에 따라 지수함수적으로 감소하여 $h = fv^{-n}$ 의 형태로 주어졌고, 각 그물별로 보면 d 및 n 의 값은 두 그물에서 거의 차이가 없게 나타났다. 또한 1/25 및 1/50 모형그물을 실험물로 환산한 결과, 그물 전체에 대한 각 부위별 저항의 비는 서로 일치하지는 않으나 두 그물의 평균치가 날개부 43%, 자루부 45% 및 끝자루부 12%로서 각 부위의 면적의 비와 완전히 일치하였다. 그러나 각 부위의 저항을 그 부위의 면적으로 나누어 구한 단위 면적당의 저항은 두 그물에서 날개부와 자루부 및 끝자루부의 평균치가 각각 34% (3.70kgf)와 34% (3.75kgf) 및 32% (3.45kgf)로서 세 부위의 값이 거의 같게 나타나서 그물 전체에 대한 면적의 비가 가장 작은 끝자루 부위가 다른 부위에 비해 저항을 가장 크게 발생하는 부위라는 것을 알 수 있었다.

References

Cho SK, Lee JH and Jang CS. 1995. The model experiment on the pair midwater trawl. Bull Kor Soc Fish Tech 31(3), 228-239 (in Korean).
 Dickson W. 1959. The use of model nets as a method of developing trawling gear. Modern fishing gear of world 1, Fishing News, London, 166-174.
 Fridman AL. 1973. Theory and design of commercial fishing

gear (Translated from Russian). Israel programs for scientific translations, Jerusalem, 122-191.
 Jang CS and Lee BG. 1996. A study on the pair midwater trawling IV-mouth performance and working depth of the full scale net. Bull Kor Soc Fish Tech 32(1), 7-15 (in Korean).
 Kawakami T. 1964. The theory of designing and testing nets in model. Modern fishing gear of the world- II, 471-481 (in Japanese).
 Kim DA. 1997. Flow resistance and modeling rule of fishing nets III-Establishment of modeling rule and its theoretical examination. J Kor Fish Soc 30(5), 691-699 (in Korean).
 Kim DA. 1999. Fishing gear design studies. Pyeong-hwa publishing Co, Junnam, KOR, 140-182.
 Kim JM and Kim JK. 2000. Model test on the opening efficiency of the midwater pair trawl net. Bull Kor Soc Fish Tech 36(2), 73-88 (in Korean).
 Kwon BG. 1995. Model test on the high performance of the midwater pair trawl net. Bull Kor Soc Fish Tech 31(4), 340-349 (in Korean).
 Lee BG, Kim KY, Lee DJ and Jang CS. 1995. A study on the pair midwater trawling I-mouth performance of the model net. Bull Kor Soc Fish Tech 31(1), 29-44 (in Korean).
 Tauti M. 1934. A relation between experiments on model and full scale of net. Bull Jap Soc Sci Fish 3(4), 171-177. (DOI: <http://doi.org/10.2331/suisan.3.171>)

2015. 5. 04 Received

2015. 5. 26 Revised

2015. 5. 26 Accepted