

實船 試驗에 의한 底層 트롤 漁具에 관한 研究- I
- 漁具의 抵抗에 관하여 -

趙 鳳 坤·趙 誠 鈺

群山大學校

(2000년 10월 19일 접수)

**A study on the bottom trawl gear by the trial of
a stern trawler - I
- On the Resistance of bottom trawl gear -**

Bong-Kon Cho and Sung-Ok Cho

Kunsan National University

(Received October 19, 2000)

Abstract

To analyze the resistance of the bottom trawl which is composed with 6 seams net, the field experiment was carried out on the sea near KoKunSan Is., western sea of Korea.

The resistance was respectively measured in the otter board and the net according to the change of warp length and towing speed.

The results obtained are summarized as follows :

1. Total resistance of the test trawl gear are slightly increased according to the length of warp.
2. The resistance of net is increasing a little according to the length of warp, but it is expressed

$$R_n = 10 \frac{d}{l} \lambda_a \lambda_b v^{1.3} \text{ representatively.}$$

3. The resistance of otter board can be expressed $Rb = 1810v^{0.8}$.
4. Comparing with the value of measuring resistance and Koyama formula resistance by the length of warp respectively, the resistance of test trawl gear is high in the slow towing speed, and the resistance of Koyama formula is high in the fast towing speed, and that the cross-point of the both line between the resistance of the test net and Koyama formula is moved to high according to the increment of warp length.

서 언

트롤어업의 어구·어법에 관한 연구는 많으나 대부분 모형실험에 의한 이론적인 해석이 대부분

이며, 직접적으로 실물 어구의 수중 계측을 통해 어구 성능을 규명하는 연구는 수중 계측의 제약과 현장 접근의 어려움으로 많지 않다.

트롤어구에 관한 연구 중에서 어구의 저항과 성

능에 관한 중요한 것을 보면 本多¹⁾, 高山 등²⁾의 모형 실험을 통한 어구의 예망 중 수중형상과 장력, 小山³⁾, 小山 등⁴⁾의 트롤망의 저항계수에 대해 연구가 있고, 우리나라에서는 金⁵⁾이 모형실험을 통한 그물어구의 유체저항과 예망저항 등에 관한 연구가 있다. 트롤 어구의 전개판에 대한 연구로서는 小山⁶⁾의 트롤어구 전저항과 전개판의 전개력에 관한 연구가 있으며, S berkr b⁷⁾, Patterson et al⁸⁾도 전개판에 대한 연구를 하였다. 우리나라에서는 高⁹⁾등¹⁰⁾이 전개판에 대한 유체 흐름의 패턴, 성능을 분석하여 수치해석 하였으며, 金¹⁰⁾은 새바다호에서 사용하는 트롤 그물의 유체저항, 李 등¹¹⁾은 어구의 유체저항과 전개판의 성능에 대해 연구하였다.

이 연구에서는 실물 어구에 의한 실험을 통해서 예망 중인 어구의 장력을 예망 속도별, 끌줄의 길이별로 측정하고, 이론적인 장력수치와 비교하여 어구의 성능과 규모의 합리성을 분석함으로써 새로운 해양질서 속에서 이루어지는 책임있는 어업의 수행을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험에 사용한 선박 및 어구

실험에 사용한 선박은 군산대학교 실습선 제1 해림호로서 303G/T, 1200HP의 저층 트롤선으로 전장이 39m, 선평이 8m이다.

실험 어구는 뜰줄의 길이가 43.4m이며, 어구의

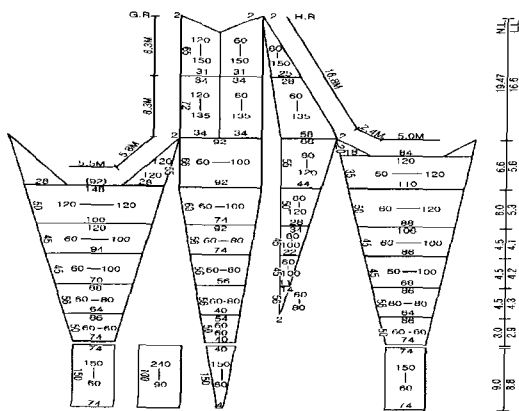


Fig. 1. Developed drawing of the bottom trawl gear used in the experiment.

전개도, 뜰줄과 발줄배치도 Fig. 1, Fig. 2와 같다.

Fig. 1의 어구 전개도에 나타나 있는 그물감의 각부 규격을 그물감의 길이방향과 폭방향으로 정리한 결과는 Table 1과와 같다. Table 1에 의하면 실험 어구의 망구 둘레의 뻗친길이 λ_a 는 59.92m, 길이 방향의 뻗친길이 λ_b 는 57.51m이며, d/l 값은 0.0560이었다.

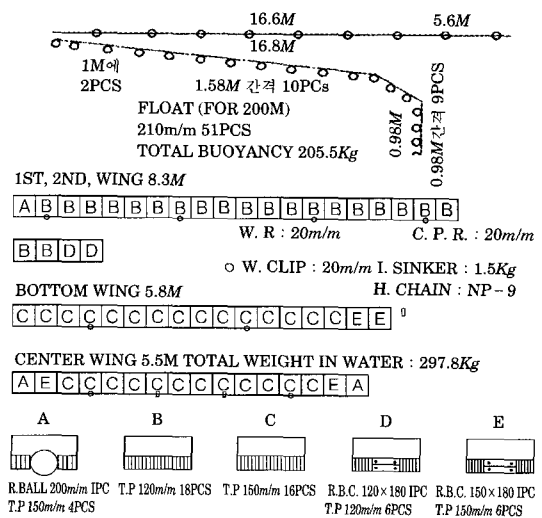


Fig. 2. Arrangement of the head rope and ground rope used in the experiment.

Table 1. Dimension of the trawl net used in the experiment

part	d/l	Length Direction			Breath Direction			
		mesh size (mm)	No. of mesh	λ_b (m)	part	mesh size (mm)	No. of λ_a mesh (m)	
1	0.0441	150	65	9.75	baiting	120	110	13.20
2	0.0490	135	72	9.72	delta	120	44×2	10.56
3	0.0520	100	66	6.60	sidepanel	100	92×2	18.40
4	0.0520	100	60	6.00	belly	120	148	17.76
5	0.0650	80	56	4.48				
6	0.0650	80	56	4.48				
7	0.0650	80	56	4.48				
8		60	50	3.00				
9		60	150	9.00				
Total		0.3921		57.51				59.92
Average		0.0560						

l : length of each mesh bar at side panel

d : diameter of net twine

λ_a : The maximum breadth of trawl net body

λ_b : The maximum length of trawl net without shrinkage

본 실험에 사용된 어구의 전체 길이에 대한 각 부의 길이의 비는 날개 33.8%, 천장망 11.5%, 자루 33.8%, 끝자루 20.9%이었다.

2. 실험해역 및 계측장치의 구성

실험해역은 고군산열도 근해(N 35°05', E 125°54')의 수심 약 55~65m 해역이며, 유향은 225°, 유속은 0.13m/sec이었고, 실험은 1999년 6월 11일~6월 12일(2일간)에 실시하였다.

어구의 수중 저항을 측정하기 위해 사용한 어구 계측장치는 wireless scientific catch control system(Scanmar, RX-400)으로서 각종 sensor를 이용하여 수심, 예망속도, 끌줄의 장력, 전개판의 간격, 망고 등을 동시에 계측하였다. 어구의 수중 예망속력 측정을 위한 Speed sensor (HC-4, TSS36)는 어구의 뜰줄 중앙부에 부착하고, 어구의 측심을 위한 Sounder (HC-4, TS150)는 Speed sensor의 뒷편에 부착하였다. 장력을 측정하기 위해 Tension meter (HC-4 A144, Ch4)를 좌측 끌줄과 전개판의 고삐줄(towing chain) 및 전개판과 상부의 꼬릿줄의 연결점(otter pendent)에 부착하고, 우측 전개판에는 minitransponder (HC-4)를 좌측 전개판에는 distance sensor (HC-4, A144)를 전개판에 각각 부착하였으며, 선미에는 각 sensor로부터의 수중 초음파를 수신하기 위하여 수중청음기(hydrophone)를 설치하여 예인하였다. 그리고, 수중청음기에서 수신된 정보는 receiver (Cabinet, RX-400)와 모니터 (Industrial monitor, NEC-15) 및 PC (Toshiba, 550CDT)에 logging 되도록 하였다.

3. 측정방법

측정방법은 시험 어구를 유향과 같은 방향으로 예인하면서 어구의 예망속도를 1.0~2.0m/sec로 변화시키고, 끌줄의 길이를 수심의 2.5, 3.0, 3.5 및 4.0배로 변화시켜가며 어구의 저항, 전개판의 간격, 망고, 예망속도 등을 측정하였다.

끌줄의 길이를 변화시킨 후에는 어구의 안정을 위해 5분이 경과 한 후부터 1분 간격으로 5회를 측정하였으며, 예망 속도를 변화시킨 후에는 2분이 경과한 후부터 1분 간격으로 5회를 측정하여 평균

값을 취하였다.

4. 예망 중 어선과 어구와의 거리 추정

예망 중인 어선과 어구와의 거리 추정은 李¹²⁾의 방법을 이용하여 트롤선에서 예망 중 현수곡선을 이루는 끌줄에서 장력을 측정하여 이 장력을 평면상에 직선적으로 작용하도록 하여 어선과 전개판까지의 거리를 구하였다.

또한, 전개판의 전개 간격 중앙부에서도 자루그물 뒤끝까지의 거리를 구하였다.

5. 측정된 장력의 환산방법

끌줄과 전개판의 연결점인 towing chain에서 계측된 장력치를 평면상에서 직선으로 장력이 작용하는 것으로 추정하기 위해 2가지 가정을 하였다.

1. 예망 중 양쪽 끌줄에는 동일하게 장력이 작용하고, 양쪽 전개판의 상부 꼬릿줄과 하부 꼬릿줄에 동일하게 장력이 작용한다.
2. 후릿줄의 연장선은 그물의 자루그물 뒤끝 부근에서 만난다

끌줄과 전개판의 연결점인 towing chain에서 측정된 어구의 저항을 이용하여 어선과 어구와의 거리를 추정하여, 끌줄의 길이를 수심과 전개 간격에 대한 길이의 비를 피타고라스의 정리를 이용하여 길이의 비를 구하였다

각부의 길이의 비에 측정된 장력을 대입하여 평면상에서 어선과 전개판의 전개 간격사이에 작용되는 장력을 환산하였다.

또한, 상부 꼬릿줄에서 측정된 끌줄을 포함한 그물어구의 저항은 피타고라스의 정리를 이용하여 상부 꼬릿줄과 하부 꼬릿줄의 중심점에서 작용하도록 계산하여 평면상에서 어선과 전개판의 전개 간격사이에 작용되는 장력을 환산한방법과 동일한 방법으로 장력을 구하였다.

결과 및 고찰

1. 어구의 저항

끌줄과 전개판의 고삐줄과의 연결점에서 측정된 장력을 어선과 어구와의 거리 추정식을 기초로

하여 환산한 어구의 저항을 끌줄의 길이별, 예망 속도별로 정리한 결과는 Table 2와 같다

따라서 Table 2의 환산된 저항값을 SPSS통계 프로그램의 회귀분석법을 이용하여 수치화 하면 수중에서 움직이는 어구의 저항은 $R_{(t-w)} = k_1 v^n$ 으로 표현할 수 있다. 저항계수는 k_1 은 3800이고, v^n 은 $v^{1.1}$ 이었다. 이 값은 끌줄의 장력을 제외한 어구의 저항을 나타내는 계수이다. Fig. 3은 예망속도와 장력과의 관계를 끌줄의 길이별로 나타낸 것이다.

Fig. 3에 의하면, 시험어구의 저항 R_t 는 $v^{1.1}$ 에 비

Table 2. Resistance of bottom trawl gear including otter boards

Length of warp (m)	Towing speed (m/sec)	Depth (m)	warp depth	Measuring resistance of trawl gear (ton)	Calculated Resistance of trawl gear (ton)
120	1.31	58.4	2.1	4.85	4.17
120	1.39	58.4	2.1	5.38	4.64
120	1.85	58.4	2.1	6.77	(5.66)
120	1.90	58.4	2.1	7.07	(5.65)
180	1.23	62.5	2.9	5.05	4.65
180	1.39	62.5	2.9	5.62	(5.18)
180	1.70	62.5	2.9	5.95	5.95
180	1.85	62.5	2.9	7.23	6.66
230	1.18	63.7	3.6	4.83	4.59
230	1.29	63.7	3.6	5.53	5.25
230	1.59	63.7	3.6	6.44	6.12
230	1.88	63.7	3.6	7.30	6.93
260	1.08	63.9	4.1	5.06	(4.86)
260	1.26	63.9	4.1	5.62	(5.40)
260	1.52	63.9	4.1	6.89	6.62
260	1.62	63.9	4.1	7.16	6.88

* Values in the parentheses are not normal measuring value by the sea condition, so they are excluded in the resistance formula.

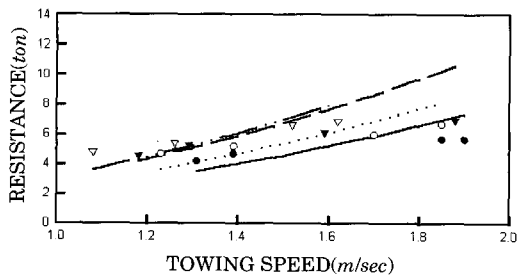


Fig. 3. Relation between towing speed and the resistance of bottom trawl gear including otter boards.

례하여 증가하나 끌줄의 길이가 길어질수록 증가함을 볼 수 있다.

이는 끌줄의 길이가 길어지면 좌우 전개판의 간격이 커지며, 이에 따라 후릿줄이 흐름과 이루는 각도가 커지게 되므로 전개판의 영각이 커져 전개판의 저항이 커지고, 그물어구의 저항도 커지기 때문에 분석된다.

2. 그물의 저항

시험 어구의 전개판과 상부 꼬릿줄과의 연결점에서 측정된 장력과 이를 근거로 환산한 그물의 저항을 끌줄의 길이별, 예망 속도별로 정리한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3에서 그물의 저항은 전개판의 꼬릿줄에서 측정된 그물의 저항과 꼬릿줄의 길이 및 각도, 후릿줄의 길이 및 각도를 근거로 환산하여 구하였으며, 이를 분석하여 도시하면 Fig. 4와 같다.

그물의 저항 $R_n = k_2 v^n$ 으로 표현할 수 있으므로 Table 3의 환산된 저항값을 이용하여 SPSS통계 프로그램의 회귀분석법에 의해 저항계수를 k_2 를 구한 결과 그 값은 1999이었고, 속도는 $v^{1.3}$ 이었다. 이 값은 그물 후릿줄을 포함한 저항계수이다.

Table 3. Resistance of bottom trawl net

Length of warp (m)	Towing speed (m/sec)	Depth (m)	warp depth	Measuring resistance of Net (ton)	Resistance of Net (ton)	Calculated Resistance of net by Koyama (ton)
150	1.29	64.4	2.3	0.71	2.77	2.53
150	1.39	64.4	2.3	0.73	2.84	2.94
150	1.70	64.4	2.3	0.91	(3.55)	4.40
150	1.85	64.4	2.3	1.02	(3.96)	5.21
180	1.34	61.0	3.0	0.75	2.98	2.73
180	1.39	61.0	3.0	0.78	3.02	2.94
180	1.75	61.0	3.0	0.94	(3.68)	4.66
180	1.85	61.0	3.0	1.04*	4.03	5.21
210	1.32	60.3	3.5	0.80	(3.10)	2.65
210	1.41	60.3	3.5	0.87	3.38	3.03
210	1.59	60.3	3.5	0.96	3.75	3.85
210	1.80	60.3	3.5	1.09	4.18	4.93
240	1.29	61.9	3.9	0.82	(3.17)	2.53
240	1.36	61.9	3.9	0.85	3.29	2.82
240	1.70	61.9	3.9	1.08	4.17	4.40
240	1.85	61.9	3.9	1.19	4.56	5.21

* Values in the parentheses are big measuring error, so it is excluded in the resistant formula.

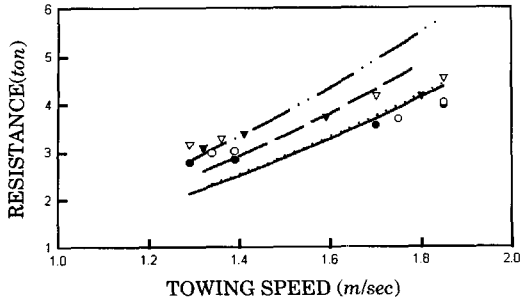


Fig. 4. Relation between towing speed and the resistance of bottom trawl net.

Fig. 4에 의하면 시험어구에서 전개판을 제외한 그물의 저항은 유속 v 의 1.3승에 비례하여 증가하나 끌줄의 길이가 길어질수록 증가함을 볼 수 있다.

이는 끌줄의 길이가 길어지면 그물의 전개폭이 커져 망구가 다소 낮아지더라도 소해면적이 커지기 때문이라고 생각되어진다. 또한, 그물의 저항계수 $k_2=1999$ 를 Table 1에 나타나 있는 그물 각부의 규격을 대표하는 d/l , λ_a , λ_b 의 값을 적용하여 표시하면 그물의 저항

$$R_n = 10 \frac{d}{l} \lambda_a \lambda_b v^{1.3} \quad (1)$$

으로 나타낼 수가 있다.

3. 전개판의 저항

전개판의 저항 R_b 는 끌줄을 제외한 어구의 저항 $R_{(t-w)}$ 과 후릿줄을 포함한 그물의 저항 R_n 의 차로 구할 수가 있다.

$$R_b = R_{(t-w)} - R_n \quad (2)$$

여기서, Table 2와 Table 3 및 Fig. 3과 Fig. 4에 의해서 저항계수 $k_1=3800$, $k_2=1999$ 이므로

$$R_{(t-w)} = 3800 v^{1.1} \quad (3)$$

$$R_n = 1999 v^{1.3} \quad (4)$$

이다.

위의 식(2)에 식 (3), (4)를 대입하여 R_b 를 산출한 결과는 다음과 같다.

$$R_b = 1810 v^{0.8} \quad (5)$$

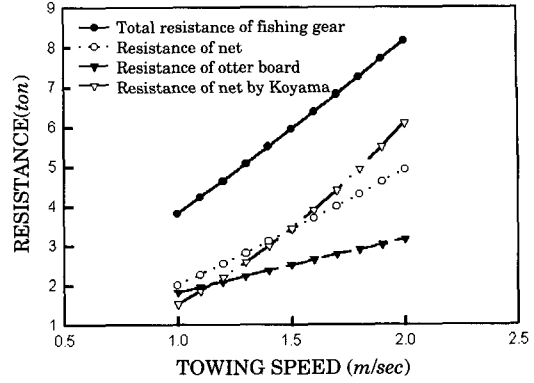


Fig. 5. Relation between the towing speed and the resistance according to the parts of bottom trawl gear.

Fig. 5는 환산된 어구의 저항 $R_{(t-w)}$, 그물의 저항 R_n , 전개판의 저항 R_b 및 Koyama의 저항식에 의한 트롤 그물의 저항 R_k 를 도시한 것이다.

Fig. 5에서 후릿줄을 포함한 그물의 저항과 전개판의 저항이 어구 저항에서 차지하는 비율을 분석해 보면 각각 54%와 46%였다.

일반적으로 그물의 저항 R_n 은 어구 전저항 R_t 의 85%, 전개판의 저항 R_b 는 어구 전저항 R_t 의 10%, 끌줄의 저항은 어구 전저항 R_t 의 5%라고 했는데, 이 실험에서는 전개판의 저항이 매우 크게 나타났다. 이는 실험에 사용된 선박이 실습선이기 때문에 안전을 고려하여 선박의 규모와 마력수에 비해 어구의 규모를 작게 한 것으로 생각되며, 전개판은 수중무게가 900kg이고, 30kg의 shoe가 총 6개 첨가되어 중량이 너무 무겁게 설계되어서 전개판의 수중장력이 크게 작용되었기 때문으로 생각된다.

4. 실측 저항값과 Koyama의 저항식 값과의 비교

Table 3에서 측정된 그물의 저항식을 이용하여 끌줄 길이별로 환산한 그물의 저항을 Koyama의 저항식 $R_n = 8 \frac{d}{l} \lambda_a \lambda_b v^2$ 에 의해 구한 저항과 비교

하여 도시하면 Fig. 6과 같다

Fig. 6에서 그물의 실측저항과 Koyama의 저항식에 의한 값을 비교해 보면, 예망속도가 작으면 그물의 실측저항이 크고, 예망속도가 커지면

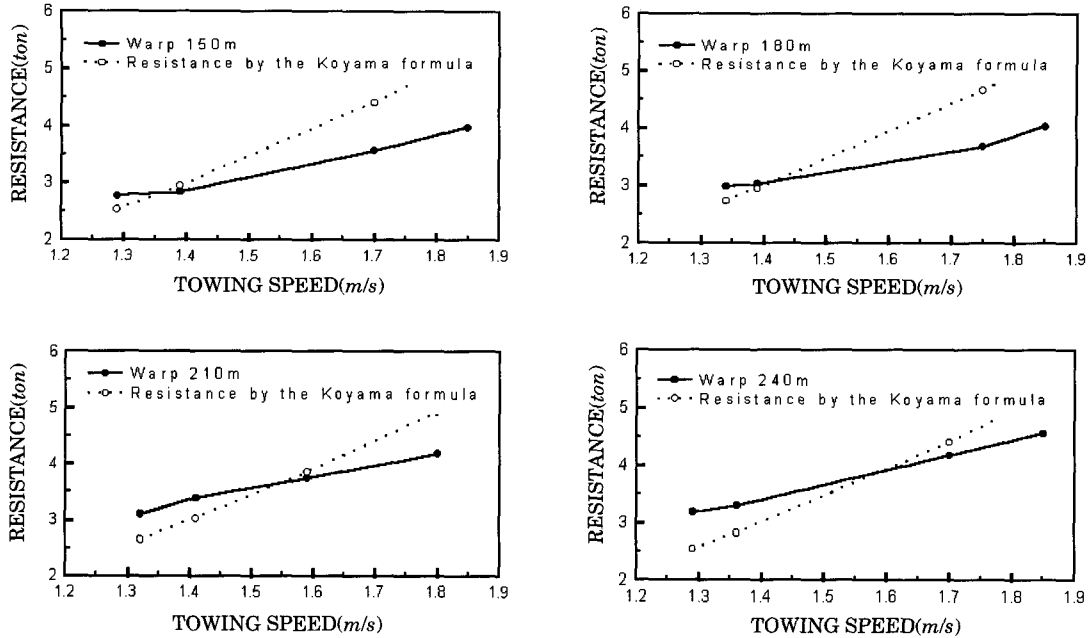


Fig. 6. Relation between the measuring resistance and the resistance of the bottom trawl net by the Koyama formula.

Koyama의 저항식에 의한 저항이 커지는데 그 교점은 끌줄의 길이에 따라 달라 끌줄길이 150m, 180m에서는 예망속도가 약 1.4m/sec에서, 끌줄 210m에서는 약 1.6m/sec, 끌줄 240m에서는 약 1.7 m/sec로 끌줄의 길이가 길수록 예망속도가 큰 곳에서 교점이 이루어지고 있다.

본 실험에서의 그물의 저항은 후릿줄의 장력이 포함된 저항이므로 그물만의 저항을 생각하면 식 (4)의 저항계수 보다는 약간 작은 수치가 예상된다.

요 약

본 연구는 실습선에서 사용 중인 6폭짜리 저층 트롤 어구의 저항을 끌줄의 길이와 예망 속도별로 분석하기 위하여 그물의 저항과 전개판의 저항을 계측하고, 어구의 저항계수를 산정하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 시험 어구의 저항은 끌줄의 길이가 길수록 증가하나, 저항 $R_{(t-w)} = 3800v^2$ 으로 대표할 수 있다.
2. 그물 어구의 저항은 끌줄의 길이에 따라 다소

증가하나, 그물 어구의 저항 $R_n = 10 \frac{d}{l} \lambda_a \lambda_b v^{1.3}$

의 식으로 대표 할 수 있다.

3. 시험 어구의 전개판의 저항 $R_b = 1810v^{0.8}$ 으로 대표 할 수 있다.
4. 끌줄의 길이별로 측정된 저항값과 Koyama의 저항식과 비교하면, 예망속도가 작을 때는 시험 어구의 저항이, 예망속도가 클 때는 Koyama의 저항식에 의한 저항값이 크게 나타났다.

참고문헌

- 1) 本多勝司(1958): 트롤-網模型實驗, Bull. Japan Soc. Sci. Fish., Vol. 23, 608-611.
- 2) 高山重嶺·小山武夫·武富一(1953): 트롤-에 關する 研究-Ⅲ, 大型模型による 網成りの 觀察, 東海 區水産研究所業績 A, Vol. 99, 7-19.
- 3) 小山武夫(1967): 트롤-網의 抵抗에 關하여, Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., Vol. 33(2), 74-80.
- 4) 小山武夫·矢島信一·荒井和則·佐藤秀明(1972): 小型船における 船尾 트롤-의 研究-1.

- 小型トローリング網の抵抗およびあて舵状態における
オッターボードの展開距離, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, Vol. 71, 69-78.
- 5) 金大安(1997): 그물漁具의 流水抵抗과 模型守則,
5. 底層 트롤그물의 曳網抵抗, *J. Korean Fish. Soc.*
Vol. 30(5), 700-707.
- 6) 小山武夫(1974): 船尾トローリングについての實驗的
考察, *Bull. Tokai Reg. Lab. No.77*, 171-247.
- 7) Süberkr, B.F.(1959): Otter Board for pelagic
trawling, *Modern Fishing Gear of the world-II*,
Fishing News Ltd., 359-360.
- 8) Patterson, R.N. and Watts, K.C.(1985): The
OtterBoard as a Low-Aspect-Ratio Wing at high
Angles of attack, *Some Theoretical Aspects,*
Fisheries Research 3, 351-372.
- 9) 高冠瑞·權炳國·盧基德(1992): 展開板에 대한 數
值解析, 5. 渦絲近似法에 의한 特性計算, *Bull.*
Korean Fish. Tech. Soc. Vol. 28(2), 132-143.
- 10) 金鎮乾(1984): 새바다호에서 사용하는 트로울그
물의 流體抵抗에 관하여, *韓國水産學會誌*, Vol.
17(1), 1-8.
- 11) 李秉錡·金鎮乾·崔宗和·張鎬榮(1987): 韓國 近
海에 있어서의 中層 트로울의 研究 - IV. 漁具의 流
體抵抗과 展開板의 性能, *韓國漁業技術學會誌*, Vol.
23(1), 6-10.
- 12) 李秉錡(1989): 現代트로울漁法, 太和出版社.