

# 새바다호에서 사용하는 트로울그물의 流體抵抗에 관하여

金 鎮 乾

釜山水產大學 漁業學科

## Hydrodynamic Resistance of Some Trawl Nets Being Used by M/S Saebada

Jin-Kun KIM

Department of Fishing Technology, National Fisheries University of Pusan  
Namgu, Pusan, 608 Korea

The author carried out an experiment to determine the resistance of trawl net aboard M/S Saebada, training ship of National Fisheries University of Pusan, 2,275 G/T and 3,600ps.

Total tension loaded on warp were measured by the recording tension meter. Resistance of the net is estimated by subtracting the resistance of otter boards and warps from the total tension.

Coefficient  $k$  and exponent  $n$  of the formula on the trawl net deduced by Koyama,  $R_N = k \frac{d}{T} abv^n$  were calculated from the resistance of the net obtained.

The results obtained are can be summarized as follows:

1. Six seamed net with two net pendant  
 $k=11, n=1.8$
2. Eight seamed net with three net pendant  
 $k=11, n=1.8$
3. Ten seamed net with three net pendant  
 $k=9, n=1.9$
4. Ten seamed net with four net pendant  
 $k=9, n=1.9$

### 緒 論

底層 트로울 그물은 對象 魚種의 游泳層에 따라 網口의 높이를 조절하기 위하여 그물 폭수를 다르게 구성하고 있다. 즉 大西洋 아프리카 北西沿岸 漁場에서 문어·서대·오징어類를 對象으로 할 때는 6~8 폭짜리를 사용하고, 北太平洋 漁場에서 명태를 對象으로 할 때는 주로 10~12폭짜리 그물을 사용하고 있

는데, 트로울그물의 流體抵抗의 推算은 트로울그물 設計上의 가장 중요한 문제의 하나이다.

小山(1967, 1974)는 총톤수 100~3,000톤급의 船尾式 트로울船 7隻에서 사용한 그물, 2폭짜리 1통, 4폭짜리 3통, 6폭짜리 8통에 대하여 끝줄에 걸리는 張力을 측정하고, 그것으로 부터 그물의 抗抵式을 近似的으로 구하여 보고한 바 있다.

著者는 부산수산대학 실습선 새바다호(총톤수

2, 275t)에서 사용중인 4종의 트로운그물, 즉 6쪽짜리 그물에 2가닥의 그물목줄을 쓰는 型(A型), 8쪽짜리 그물에 3가닥의 그물목줄을 쓰는 型(B型), 10쪽짜리 그물에 3가닥의 그물목줄을 쓰는 型(C型), 10쪽짜리 그물에 4가닥의 그물목줄을 쓰는 型(D型)을 曳網할 때, 끌줄에 걸리는 張力을 측정하여 漁具의 全抵抗을 구하고, 그것으로부터 展開板과 끌줄의 抵抗을 제외한 나머지를 그물의 抵抗으로 보고 각각의 그물의 抵抗과 그물設計上の 要素 및 曳網速度와의 관계를 검토하였는데, 그 結果가 小山의 結果와 다소 다르기 때문에 여기에 보고한다.

方 法

실험에 사용한 그물의 개요는 Table 1 및 Fig. 1과 같다.

曳網실험은 東支那海 일원에서 실시했는데, 끌줄의 실질길이(水面下の 길이)가 水深 70m전후인 곳에서는 230m, 水深 90m전후인 곳에서는 320m되게 하였고, 底質은 砂泥質, 風速은 2~4m/sec, 流速은 0.1~0.2m/sec의 범위였다.

曳網速度는 프로펠러 發電式 流速計(knot meter, T. S. K, TS-104)와 船速計(doppler speed log, SPERRY SRD-301)로 측정함과 동시에 流木이 30m의 간격을 통과하는데 요하는 시간으로서도 측정하였다.

끌줄에 걸리는 張力은 20톤짜리 記錄式 張力計(TMI BLH, SS 505-515)를 한 끝은 트로운 원치에, 다른 끝은 曳網中인 끌줄에 연결하여 측정하

였다.

끌줄의 展開角과 傾斜角은 小山(1974)와 같은 방법으로 측정하였으며, 網口의 높이는 네트네코더의 트랜스미터를 천장망 뜰줄 중앙부에 장치하고 측정하였다.

漁具의 全抵抗  $R_G$ 는 끌줄에 걸리는 張力을  $T$ , 끌줄의 傾斜角을  $\alpha^\circ$ 라고 할 때

$$R_G = T \cos \alpha^\circ$$

라 보고 계산하였다.

2개의 展開板의 抵抗  $D_o$ 는

$$D_o = 2 \times \frac{1}{2} C_o S \rho v^2$$

에 따르데, 面積  $S = 2.4 \times 3.9 (m^2)$ , 海水의 密度  $\rho = 105 kg \cdot sec^2 / m^4$ , 抵抗係數  $C_o$ 는 李(1977)에 따라 0.3이라 보고 계산하였다.

양쪽 끌줄의 抗力  $D_r$ 은 끌줄의 직경을  $d'(m)$ , 끌줄의 길이를  $l'(m)$ 라 할 때

$$D_r = 2 \times \frac{1}{2} C_r d' l' \rho v^2$$

에 따르고, 직경은  $28 \times 10^{-3} (m)$ , 抗力係數  $C_r$ 의 값은 Diel(1928)의 실험치를 적용하데, 끌줄의 進行角度가 대략  $20^\circ$ 로 일정하다고 보고  $C_r = 0.1$ 로 하여 계산하였다.

또 그물의 設計上の 要素는 小山(1967)의 방법에서와 같이  $a$ 는 그물의 자루 앞끝을 주름없이 펼친 둘레,  $b$ 는 날개 앞끝부터 끝자루 뒤끝까지를 주름없이 펼친 길이,  $d/l$ 는 날개 앞끝부터 자루 뒤끝까지의 옆판의 그물코 한개의 발의 길이  $l$ 과 그물실의 직경  $d$ 와의 比의 平均이라고 보았다.

Table 1. Outline of the trawl nets used in the experiment

Ttype of net	Number of longitudinal seaming line	Number of net pendant	$\frac{d}{l}$	$a(m)$	$b(m)$	$\frac{d}{l} ab$	Buoyancy of floats (kg)	Weight of ground rope (kg)
A	6	2	0.042	84.9	89.5	319	711	890
B	8	3	0.039	89.4	87.5	305	752	753
C	10	3	0.041	110.4	98.3	445	612	695
D	10	4	0.028	143.4	90.7	364	921	615

$\frac{d}{l}$  : where  $d$  denote the mean of the diameter of netting twines,  $l$  denote that of the length of mesh legs. Both of them are determined at the every piece of nettings constructing side panel of wing and bag net except cod head and cod end.

$a$  : stretched circumference of the bag net at the entrance, without hanging of netting.

$b$  : stretched length of whole net from wing tip to cod end, without hanging of netting.

세바다호에서 사용하는 트롤넛그물의 流體抵抗에 關하여

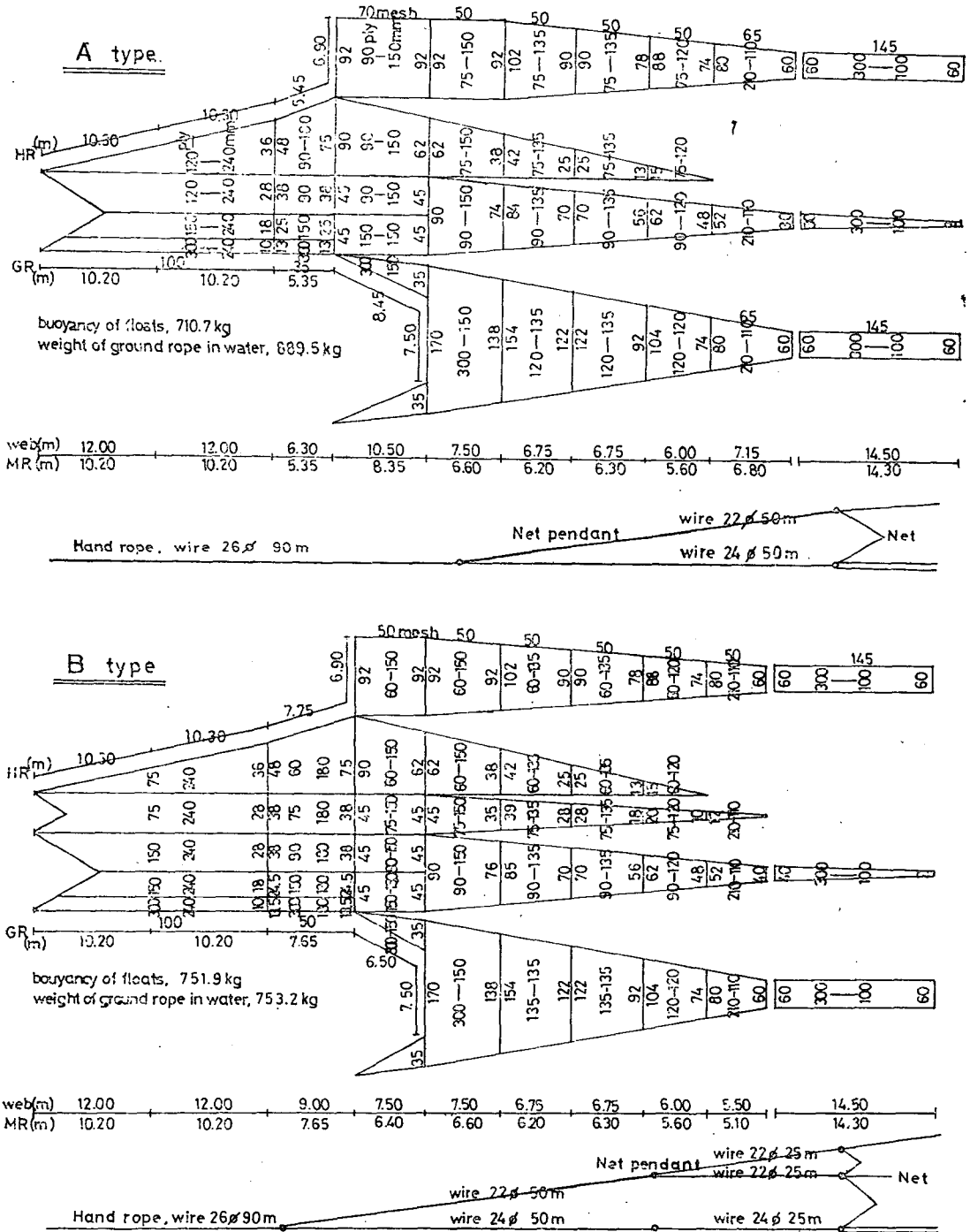


Fig. 1-1. Developed diagram of the trawl net used in the experiment.



새바다호에서 사용하는 트로울그물의 流體抵抗에 관하여

Table 2. Results of field measurement on the trawl net used in the experiment

Type of net	Towing speed $v(m/sec)$	Height of net mouth (m)	Opening angle of warps ( $\theta^\circ$ )	Inclination of warp ( $\alpha^\circ$ )	Total tension of warps $T(t)$	Resistance of net calculated $R_N(t)$
A	1.8	6.7	13	20	11.0	9.0
	1.8	6.5	13	20	11.2	9.2
	1.8	6.5	13	20	11.7	9.7
	1.8	6.3	13	20	11.9	9.9
	1.9	6.3	13	20	12.0	9.9
	1.9	6.2	14	20	12.4	10.3
	1.9	6.1	14	20	12.8	10.6
	1.9	6.0	13	20	13.1	10.9
	2.0	6.1	14	21	13.7	11.2
	2.0	6.0	14	21	13.9	11.4
	2.0	6.1	13	21	14.0	11.5
	2.0	5.9	14	21	14.0	11.5
	2.0	5.9	14	21	14.0	11.5
	2.1	5.9	14	21	15.0	12.3
	2.1	5.8	14	21	15.2	12.5
2.2	5.7	13	21	16.1	13.2	
B	1.8	7.5	14	20	11.0	9.0
	1.8	7.3	13	20	11.8	9.8
	1.8	7.4	13	20	11.8	9.8
	1.8	7.2	14	20	12.4	10.4
	1.9	7.3	13	20	12.2	10.1
	1.9	7.2	13	20	12.7	10.5
	1.9	7.2	14	20	13.1	10.9
	1.9	7.1	14	20	12.8	10.6
	1.9	7.0	14	20	13.4	11.2
	1.9	6.8	13	20	13.6	11.4
	2.0	7.0	14	21	13.2	10.7
	2.0	6.9	15	21	14.1	11.6
	2.0	7.0	14	21	14.2	11.7
	2.0	6.9	14	21	14.3	11.8
	2.0	6.7	14	21	14.6	12.0
	2.1	6.8	15	21	15.0	12.3
	2.1	6.7	14	21	15.2	12.5
	2.1	6.6	14	21	15.2	12.5
	2.1	6.5	14	21	15.7	13.0
	2.2	6.6	14	21	16.0	13.0
2.2	6.5	14	21	16.4	13.4	
2.2	6.5	14	21	17.0	14.0	
2.2	6.4	15	21	17.3	14.3	
C	1.5	9.4	14	20	10.6	9.1
	1.5	9.1	14	20	10.8	9.3
	1.5	9.0	14	20	10.2	8.7
	1.6	9.1	14	20	10.4	8.8
	1.6	9.0	14	20	11.0	9.3
	1.6	8.9	14	20	11.2	9.5
	1.6	8.9	14	20	11.2	9.5
	1.6	8.7	14	20	12.0	10.3
	1.8	8.5	14	20	13.0	11.0
	1.8	8.4	15	20	13.4	11.4
	1.8	8.4	14	20	12.0	10.1
	1.8	8.4	14	20	12.4	10.5
	1.8	8.2	14	20	13.6	11.6
	1.8	8.3	14	20	13.6	11.6
	1.9	8.1	14	21	15.3	12.9
	1.9	8.0	15	21	15.4	13.0
	2.0	7.8	14	21	14.8	12.3
	2.0	7.7	14	21	15.2	12.7
	2.0	7.7	14	21	16.4	13.8
	2.0	7.6	15	21	16.4	13.8
2.1	7.5	15	21	17.0	14.3	
2.1	7.5	15	21	18.0	15.2	
2.2	7.4	15	21	18.6	15.7	

金 嶺 乾

Type of net	Towing speed $v(m/sec)$	Height of net mouth (m)	Opening angle of warps ( $\theta^\circ$ )	Inclination of warps ( $\alpha^\circ$ )	Total tension of warps $T(t)$	Resistance of net calculated $R_N(t)$
D	1.5	12.2	13	20	10.5	9.0
	1.7	11.5	13	20	11.4	9.5
	1.7	11.3	13	20	11.7	9.8
	1.8	11.1	13	20	12.2	10.2
	1.8	11.0	13	20	12.4	10.4
	1.8	11.0	13	20	12.7	10.6
	1.8	10.8	14	20	12.7	10.6
	1.9	10.8	14	20	12.9	10.7
	1.9	10.5	14	20	13.0	10.8
	1.9	10.5	14	20	13.2	11.0
	1.9	10.3	14	21	13.5	11.2
	2.0	10.3	14	21	14.1	11.6
	2.0	10.3	14	21	14.6	12.0
	2.0	10.2	14	21	15.2	12.6
	2.1	9.9	15	21	15.2	12.5
	2.1	9.8	14	21	15.5	12.8

Type of net A, B, C, D correspond with that in Table 1.

Table 3. Drag of otter boards and warps estimated

Otter boards			Warps				Total
Size	Drag coeff.	Drag (kg)	Diameter (m)	length (m)	Drag coeff.	Drag (kg)	Drag (kg)
2.4×3.9(m <sup>2</sup> )	0.3	295v <sup>2</sup>	28×10 <sup>-3</sup>	230	0.1	68v <sup>2</sup>	363v <sup>2</sup>
				320	0.1	94v <sup>2</sup>	389v <sup>2</sup>

結果 및 考察

Fig.1과 같은 그물을 여러가지 速度로 끌어 끌줄에 걸리는 張力에서 漁具의 全抵抗( $R_G$ )을 구한 것은 Table 2의 왼편과 같고, 展開板의 抵抗과 끌줄의 抵抗을 추산한 것은 Table 3과 같으며, 漁具의 全抵抗에서 展開板 및 끌줄의 抵抗을 뺀 나머지 즉, 그물의 抵抗( $R_N$ )은 Table 2의 오른편과 같다. 또 이것에서 曳網速度와 그물의 抵抗과의 關係를 對數方眼紙에 나타내면 Fig.2와 같다.

이 Fig.2에서 얻어지는 대표직선에서 그물 設計上의 要素  $\frac{d}{l}ab$ , 曳網速度  $v$ , 그물의 抵抗  $R_N$  사이의 關係를 小山의 抵抗의 式

$$R_N = k \frac{d}{l} cbv^n$$

에 대입시켜보면 A, B型的의 경우는  $k$ 의 값은 대략 11,  $n$ 의 값은 1.7~1.8이며 速度의 變化에 따라 거의 均一하게 변한다. 그러나 C, D型的의 경우는 曳網速度가 1.8m/sec 이상으로 비교적 빠른 범위에서는  $k$ 의 값은 8~9,  $n$ 의 값은 1.8~1.9의 범위에 있지만, 曳網速度가 1.8m/sec 이하로 느려지면  $k$ 의 값은 12~16으로 커지는 반면  $n$ 의 값은 1.0~1.3으로 작아진다. 이것은 Fig.2에서 보는 바와 같이  $v=1.8$

m/sec 정도를 경계로 하여 그물 抵抗의 變化 모양이 달라지는데 기인한다. 이와 같은 現象은 曳網速度가

Table 4. Calculated value of  $k$  and  $n$  of Koyama's formula, from the resistance determined in the experiment.

Type of net	$v(m/sec)$	$k$	$n$
A	1.8~2.2	11	1.8
B	1.8~2.2	11	1.8
C	1.5~1.8	12	1.3
	1.8~2.2	9	1.9
D	1.5~1.8	16	1.0
	1.8~2.1	9	1.9

\* Type of net A, B, C, D correspond with that in Table 1.

빠를 때는 발줄의 接地抵抗이 작기 때문에 그물의 抵抗은 대부분 流體抵抗이지만 曳網速度가 느려지면 발줄의 接地抵抗이 附加되기 때문이라 생각된다. 이와 같은 現象은 曳網速度가 1.8m/sec 정도 되면 발줄에 많은 털이 묻혀오며, 1.5m/sec 정도 되면 그물이 털을 뜨는 現象에서도 확인할 수가 있다.

이 實驗 結果와 小山의 實驗 結果를 비교하면  $k$ 의 값은 小山은 어느 경우나 대략 8이라 볼 수 있다고 보고 했으나 本 實驗의 結果는 그것과 상당히 다르

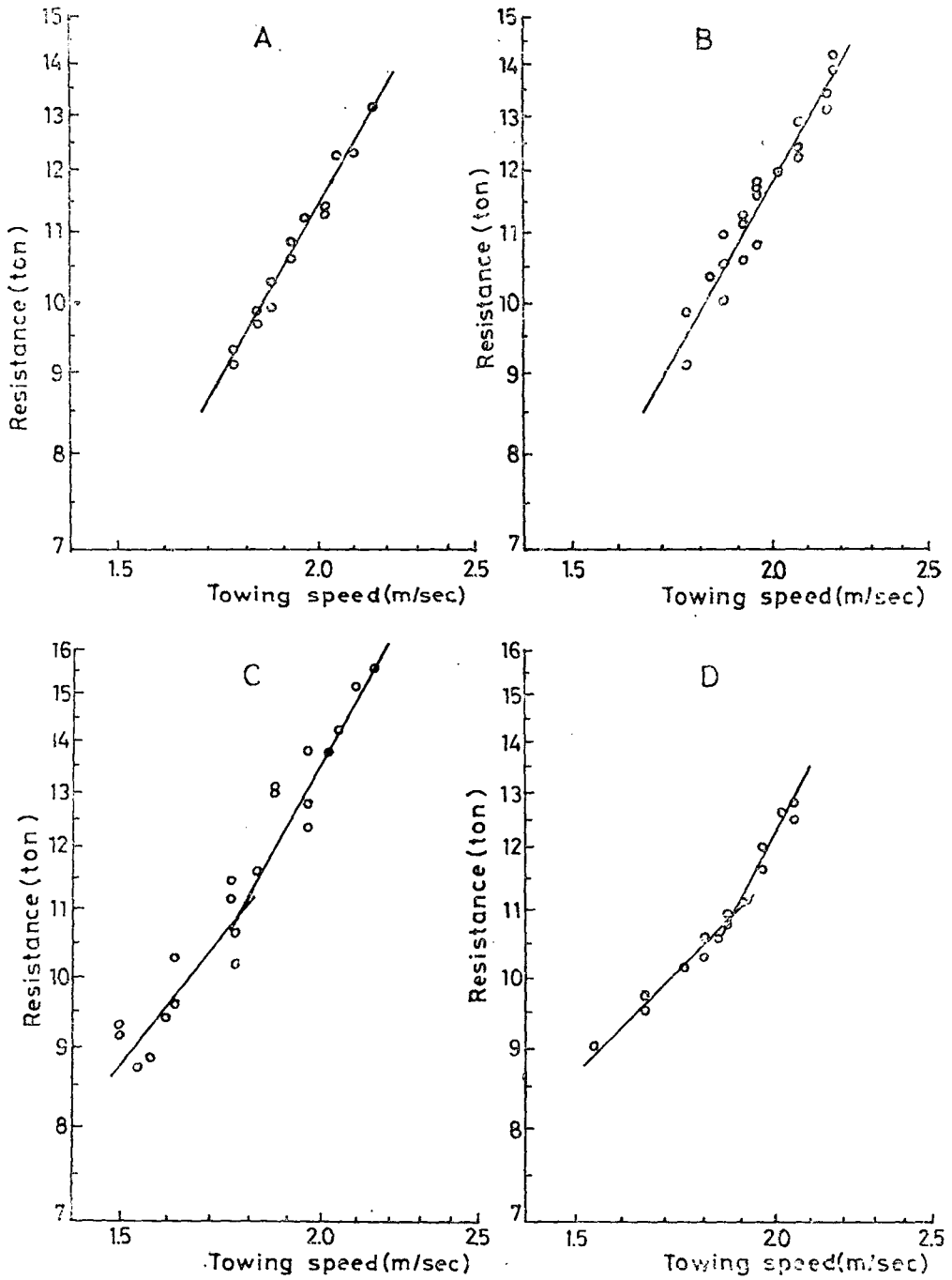


Fig. 2. Relationship between towing speed and resistance of trawl net used in the experiment. A, B, C, D correspond with that in Table 1.

고, 대체로 그것보다 다소 큰 값을 나타낸다.

또  $n$ 의 값으로서는 小山은 대략 2라고 보고하였으나 本實驗의 結果에서는 曳網速度가 1.8m/sec 이상인 경우만 치더라도 1.7~1.9의 범위에 있어 2보다는 다소 작으며, 野村(1951, 1953), 本田(1958), 小池(1953), 高山·小山(1959) 등이 1.5~1.8이라 한 것과 가깝다.

이상의 實驗結果로부터 트로울 그물의 流體抵抗은 小山가 제시한 바와 같이 일률적으로

$$R_N = 8 \frac{d}{l} abv^2$$

라고 보기는 상당히 곤란한 면이 있으나 그런 차이가 왜 생기는지에 대하여는 규명하기 어려우며, 앞으로 더 많은 研究의 여지가 남아 있다고 보아진다.

### 要 約

漁具의 全抵抗에서 展開板과 끌줄의 抗力을 빼 나머지 트로울 그물의 流體抵抗이라 보고, 그물의 流體抵抗과 設計上의 要素 및 曳網速度와의 關係를

$$R_N = k \frac{d}{l} abv^n$$

라고 표현할 때, 새바다호에서 사용하고 있는 각종 그물에 대한  $k$ 와  $n$ 의 값을 구한 결과는 다음과 같다.

1. 6쪽짜리 그물에 2가닥의 그물목줄을 쓰는 型(A型)과 8쪽짜리 그물에 3가닥의 그물목줄을 쓰는 型(B型)은 曳網速度가 1.8m/sec 이상일 때  $k$ 는 11,  $n$ 는 1.8이었다.

2. 10쪽짜리 그물에 3가닥의 그물목줄을 쓰는 型(C型)은 曳網速度가 1.8m/sec 이하일 때는  $k$ 는 12,

$n$ 는 1.3이며, 曳網速度가 1.8m/sec 이상일 때  $k$ 는 9,  $n$ 는 1.9이었다.

3. 10쪽짜리 그물에 4가닥의 그물목줄을 쓰는 型(D型)은 曳網速度가 1.8m/sec 이하일 때는  $k$ 는 16,  $n$ 는 1.0이고, 曳網速度가 1.8m/sec 이상일 때는  $k$ 는 9,  $n$ 는 1.9이었다.

### 文 獻

- 川上太左英, 1964. 曳網의 力學, 日水學誌, 30(10), 858~871.
- 小山武夫, 1962. 設計圖面より底曳網의 流水抵抗을 求める 近似式について, 東海水研報, 34, 75-81.
- , 1967. 트로울網의 抵抗について, 日水學誌, 33(2), 74-80.
- , 1974. 船尾 트로울 についての 實驗的 考察, 東海水研報, 77, 171-247.
- Diel, 1923. Engineering Aerodynamics. New York.
- 李秉鎬, 1977. 現代 트로울 漁法, 太和出版社.
- 野村正恒, 1951. 底曳網의 網成りと 抵抗, 日水誌, 16(8).
- , 安井達夫, 1953. 底曳網의 模型 實驗, 日水誌, 18(2).
- 本田勝司, 1958. 트로울網 模型 實驗, 日水誌, 23(10).
- 小池篤, 1953. 底曳網 模型 實驗, 日水誌, 19(1).
- 高山重嶺·小山武夫·武富一, 1959. 트로울에 關する 研究—Ⅱ, 東水研報告, 24.