

底曳網의 漁具形狀에 관한 基礎的 研究—Ⅲ

構成網地의 多孔率과 자루그물의 斷面形狀에 관해서

李 珠 熙*

Fundamental Studies on the Net-Shape of the Drag Net-Ⅲ

The Relationship between the Section Shape and the Porosity of Netting in the Bag Net

Ju-Hee LEE*

As a primary step in studying the effects of the netting porosity on the net-shape in the four-seam trawling net, a series of experiments were performed changing the porosity of each panel, with the simplified model of the bag net made of porous vinyl film and that made of net webbing. These models were suspended horizontally in circularly flowing water, with two pairs of suspending threads to four points of symmetry at the border of the bag mouth in place of both wing nets. And then, the section shape of the bag mouth photographed and the tensions on both pairs of suspending threads were measured with two load cells in circularly flowing water.

From the results, the author estimated an experimental equation from the relationship between the porosity of each panel in the bag net and the section shape of the bag mouth, $h/w = k(1 - P_{r-u}/1 - P_{r-s})^c$, where h is the central height of the bag mouth, w is the lateral width of that, P_{r-u} and P_{r-s} indicate the porosity of the upper panel and that of the side panel individually.

緒 言

漁具의 比較法則¹⁾이 確立된 以來로 網系의 굵기 D 와 網目크기 L 의 比 D/L 가 各種 曳網漁具에 對한 網地의 力學的인 性質을 規定하는 初期條件으로 把握되어 왔다. 그러나 漁具를 構成하므로써 網地에 주어지는 주름이 또한 網目的 展開形狀을 制限하게 되므로 漁具의 部位에 따라서 網系 및 網目이 다르고 주름도 달라지는 曳網漁具에 있어서는 漁具性狀에 關係하는 網地要素를 이들 세가지 條件으로부터 同時에 把握하여야 할 것이다. 지금까지의 많은 研究들이 漁具의 力學的인 性質을 다루면서 網地要素로서는 D/L 만을 主要素로서 다루고 주름은 通例에 따르는 것으로 간주하는 것이 一般的이었으나, 漁具

의 水中形狀이 網地의 浮揚力에도 크게 左右되는 底曳網의 경우 網地에 주어지는 주름을 力學的인 見知에서 보다 積極的으로 다루어 줄 必要가 있다.

網地에 있어서 網系의 굵기 및 網目크기와 주름의 세 條件은 漁具를 構成하므로써 組合되어 結果적으로 網地에 一定한 多孔率을 부여하게 된다. 따라서 이들 세 條件이 組合된 하나의 概念으로서 網地의 多孔率을 網地要素의 初期條件으로 指定한다면 漁具性狀에 關係되는 網地要素를 하나의 概念으로서 把握할 수가 있을 것이다.

底曳網漁具의 漁具形狀에 關한 基礎的인 研究^{2,3)}의 一連으로서 本報에서는 網地의 多孔率과 網口形狀과의 關係를 究明하기 위해 網地의 多孔率 P_r 을 다음의 式

* 釜山水產大學: National Fisheries University of Pusan

$$p_r = \frac{S_a - S_p}{S_a} = 1 - \frac{S_p}{S_a} \quad (1)$$

단, S_a : 網地面積

S_p : S_a 에 있어서의 網地材料에 의한 投影面積

로서 定義하고, 4쪽짜리 자루그물의 각쪽의 多孔率을 여러가지로 變化시켜 가면서 實驗을 行하고, 이들 각쪽의 多孔率과 網口形狀과의 關係 및 그물의 浮揚現象에 關해서 實驗的인 解析을 試圖하였다.

材料 및 方法

1. 單純化模型

前報^{2,3)}에서 이미 論한 바와 같이 流水中에서의 網地는 網目에 變形이 쉽게 일어나 漁具構成時의 多孔率이 一定하게 維持되지 못할 것으로 豫想되어, 本研究에서는 먼저 網目에 變形이 일어나지 않는 網地材料로서 두께 0.15mm의 비닐膜을 使用하고, 이 비닐膜面에 等間隔으로 구멍을 뚫어 이 구멍의 直徑을 變化시키므로서 多孔率 p_r 이 각각 0.12, 0.23, 0.48이 되는 3種의 비닐膜으로서 圓錐形狀의 單純化模型을 製作하였다. 實驗에 使用한 模型의 크기는 網口直徑이 80cm, 자루길이 40cm로 하고, 자루그물 각쪽의 面積은 같으면서 多孔率만이 서로 다르도록 構成하였다. 模型의 種類, 構成網地의 多孔率을 Table 1에 나타낸다.

圓錐形狀의 자루그물 模型을 流水中에 設置하는 方法은 Fig.1과 같다. 이때 模型은 길이 80cm인 4개의 지지줄 l 로서 지지하고 兩側 각 2개의 지지줄끝을

묶어 그 先端間隔 H 를 30cm, 50cm, 70cm, 120cm로 變化시켜 가면서 流速(0.2m/sec~0.9m/sec)別로 網口斷面과 模型의 上方 및 側方攝影을 하고 同時에 抵抗을 測定하였다. 또한 Table 1의 模型 No. 8~12와 같이 자루그물의 윗판과 밑판에서 多孔率이 서로 다른 경우에 대해서는 그물이 浮上하는 程度를 지지줄과 자루그물이 水平面에 대해서 傾斜하는 角度로서 測定하였다. 實驗은 北海道大學 大型回流水槽에서 行하였다.

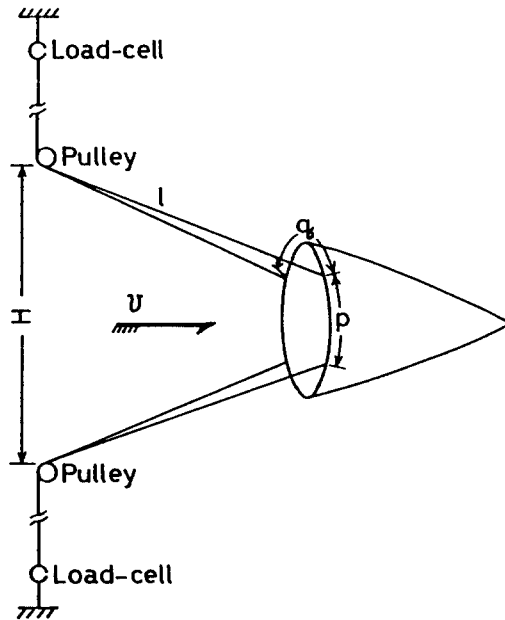


Fig. 1. Setting condition of simplified model in the circularly flowing water.

Table 1. Conic bags used for the experiments

No.	Porosity of each panel			Remark
	Upper panel *(P_{r-u})	Lower panel (P_{r-l})	Both side panels (P_{r-s})	
1	0.23	0.23	0.23	Thickness of vinyl-film: 0.15mm
2	0.48	0.48	0.23	
3	0.23	0.23	0.48	
4	0.12	0.12	0.23	$\frac{1}{2}$ circumference at bag mouth(s): 40cm
5	0.23	0.23	0.12	
6	0.48	0.48	0.12	
7	0.12	0.12	0.48	
8	0.12	0.23	0.23	$\frac{1}{2}$ vertical angle at vertex (φ): 17.7°
9	0.23	0.48	0.23	
10	0.12	0.48	0.23	
11	0.12	0.23	0.48	
12	0.23	0.48	0.12	

* P_{r-u} : Porosity of upper panel P_{r-l} : Porosity of Lower panel P_{r-s} : Porosity of Side panel

Table 2. Net webbing used for the experiments

Material	Twine diameter (D) (mm)	Mesh size (L) (mm)	Hang-in coefficient (Sr) (%)	Porosity of net webbing (Pr)
Nylon 210 D 2-ply twine	0.20	5.02	29	0.08
Nylon 210 D 3-ply twine	0.44	5.04	29	0.18
Nylon 210 D 3-ply twine	0.97	5.02	29	0.43

2. 網地模型

單純化模型의 實驗結果를 實際의 網地材料로서 만든 模型에서 實驗한 結果와 比較하므로써, 漁具設計에 應用할 경우 考慮되어야 할 事項을 檢討하기 위해 圓錐形狀의 網地模型을 製作, 實驗하였다.

網地의 面積이 주름에 의해서 變化하므로 같은 網地에서도 多孔率은 주름에 따라 變한다. 網糸의 斷面積을 D_1 , 結節의 斷面積을 D_n , 網目 한 밭의 길이를 L , 주름율을 S_r 이라고 하면 (1)式의 S_p/S_a 는

$$\frac{S_p}{S_a} = \frac{D_n + 2D_1}{2L^2(1-S_r)\sqrt{2S_r-S_r^2}} \quad (2)$$

이 되고, 따라서 網地의 多孔率 p_r 은

$$p_r = 1 - \frac{D_n + 2D_1}{2L^2(1-S_r)\sqrt{2S_r-S_r^2}} \quad (3)$$

으로 나타낼 수 있다. 網地模型의 多孔率은 網糸, 網目, 結節斷面積등의 各 諸元을 萬能投影機로서 測定하고 주름율을 29%로 固定하여 (3)式에 의해서 求하였다. 網地材料의 多孔率을 Table 2에 나타낸다.

網地模型의 構成은 자루입구에 넓이 9mm 길이 80cm의 綿布를 붙여서 初期 주름율을 29%로 維持시키고, 윗판과 밑판 그리고 양 옆판의 面積은 同一하게

Table 3. Bag net models used for the experiments

No.	Porosity			1/4 circumference of bag net (s) (cm)	Length of bag net (cm)
	P_{r-u} & P_{r-l}	P_{r-s}	$\frac{1-P_{r-u}}{1-P_{r-s}}$		
1	0.18	0.18	1	40	40
2	0.43	0.18	2.39	40	40
3	0.18	0.43	0.42	40	40
4	0.18	0.08	2.25	40	40

P_{r-u} , P_{r-l} , are the Same as in Table 1

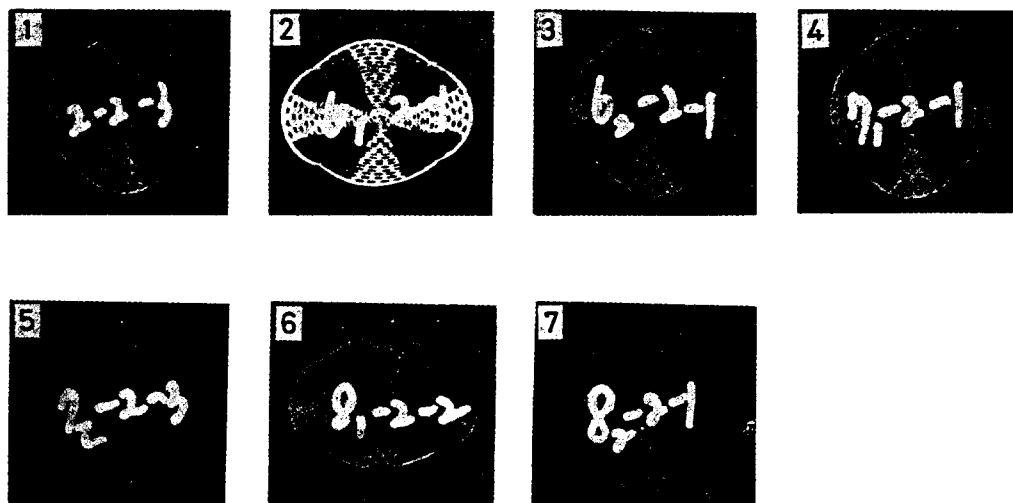


Fig. 2. Examples of photographs of the sectional shape of bag net, in the case of $H/l=0.63$. 1-7 show the model numbers in Table 1.

하였다. 模型의 크기 및 實驗方法은 單純化模型에서와 같으며 實驗에 使用한 模型을 Table 3에 나타내었다.

結果 및 考察

1. 單純化模型

實驗中 網口의 斷面形狀을 寫眞撮影한 一例를 Fig. 2에 나타내었다.

水中에서의 模型의 定位姿勢는 比較的 安定된 것이었고, Fig. 2에서와 같이 자루입구 지지점 간의

網口形狀은 거의 圓弧에 가깝다. 그러나 Table 1의 模型 No. 8~12는 윗판과 밑판에서 多孔率이 서로 다르므로 윗판과 밑판의 掘力에 差가 생겨 그물이 浮上하였다. 따라서 網口形狀과 構成網地의 多孔率과의 關係는 模型 No. 1~7의 測定結果로서 檢討하고 模型 No. 8~12의 測定結果는 그물의 浮上現象의 檢討에 利用하였다.

Table 4는 測定結果의 例로서 模型 No. 1~4의 測定値와 이들 測定値가 流速變化에 따라서 생기는 偏差를 模型別로 平均値에 대한 比로서 表示하여 나타내었다. 이 表에서 보면 前報^{2,3)}에서 論한 바와 같이 單純化模型의 網口形狀도 流速과는 關係없이 거

Table 4. Measured details and results on the simplified models of bag net, in the case of $\varphi=17.7^\circ$, $H/l=0.63$

No.	Current velocity (v)(m/s)	Width of bag mouth (w)(mm)	Height of bag mouth (h)(mm)	Projective area of bag mouth (S)(cm ²)	Total tension of both suspension threads (T) (gw)	w/ \bar{w}	h/ \bar{h}	S/ \bar{S}	P _{r-u} , P _{r-l} and P _{r-s}
1	0.233	170.3	154.4	472.0	112	1.01	0.97	0.99	P _{r-u} &
	0.342	168.8	158.4	467.8	250	1.00	1.00	0.98	P _{r-l} : 0.23
	0.448	167.2	158.8	467.7	433	0.99	1.00	0.98	P _{r-s} : 0.23
	0.554	168.4	160.6	474.3	664	1.00	1.00	1.00	
	0.660	167.5	160.9	479.6	936	0.99	1.01	1.01	
	0.766	171.9	162.5	487.9	1379	1.02	1.01	1.03	
0.872	168.8	157.8	477.6	1715	1.00	1.02	1.00		
2	0.236	182.5	153.1	496.7	84	1.01	1.02	1.02	P _{r-u} &
	0.342	181.9	150.9	485.9	185	1.00	1.00	1.00	P _{r-l} : 0.48
	0.448	181.3	150.3	485.6	342	1.00	1.00	1.00	P _{r-s} : 0.23
	0.554	182.8	150.6	485.4	497	1.01	1.00	1.00	
	0.660	179.7	149.4	486.7	755	0.99	0.99	1.00	
	0.766	181.3	148.8	484.9	1064	1.00	0.99	0.99	
0.872	—	—	—	—	—	—	—		
3	0.236	168.8	165.5	495.1	85	1.02	0.99	1.01	P _{r-u} &
	0.342	165.3	168.9	494.7	198	1.00	1.01	1.01	P _{r-l} : 0.23
	0.448	164.1	167.1	493.9	344	0.99	1.00	1.01	P _{r-s} : 0.48
	0.554	168.0	167.2	486.0	529	1.00	1.00	0.99	
	0.660	165.6	168.4	491.5	756	1.00	1.01	1.00	
	0.776	166.6	165.6	484.7	1015	1.01	0.99	0.99	
0.872	160.9	170.3	483.1	1305	0.97	1.02	0.99		
4	0.236	164.1	160.6	491.3	152	1.00	0.98	1.00	R _{r-u} &
	0.341	165.0	164.1	491.3	319	1.00	1.00	1.00	P _{r-l} : 0.12
	0.448	164.7	165.3	490.6	552	1.00	1.01	1.00	P _{r-s} : 0.23
	0.554	163.8	165.6	489.1	880	0.99	1.01	1.00	
	0.660	163.8	165.3	490.2	1185	0.99	1.01	1.00	
	0.776	163.4	166.6	490.0	1574	0.99	1.01	1.00	
0.872	167.8	163.1	493.2	2006	1.02	0.99	1.00		

\bar{w} , \bar{h} , and \bar{S} show the averages of measurements of width and projective area individually.

P_{r-u}, P_{r-l}, and P_{r-s} show Porosity of each panel, each of them individually that of upper panel, lower panel, and both side panels.

(—) shows not-measured.

의 一定하였다. 따라서, 網口形狀의 比較에서는 流速別로 測定한 값의 平均値를 代表値로 하여 比較分析하였다.

각 쪽의 面積이 同一한 4쪽짜리 자루그물에서 윗판과 밑판, 혹은 양 옆판에서 처럼 서로 마주 보는 쪽의 多孔率이 같은 경우에 있어서, 각 쪽의 網地가 받는 揚力만을 생각하여 이들 揚力이 각 쪽별로 한개의 質點에서 作用하는 것으로 간주하면 網口形狀과 揚力과의 關係를 模式的으로 Fig.3과 같이 나타낼 수 있다.

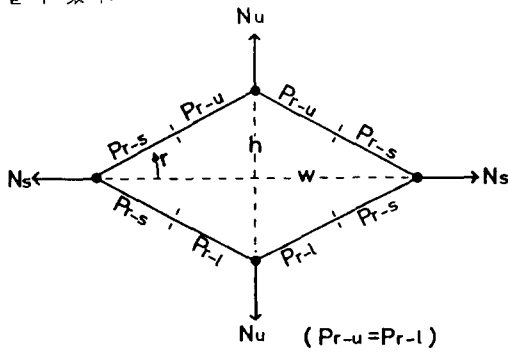


Fig. 3. Illustration which shows the relationship between the dynamic lift of netting panel and the sectional shape of bag net schematically. N_u indicates the dynamic lift of the upper or the lower panel, and N_s , that of the side panel. P_{r-u} , P_{r-l} are the same as in Table 1.

Fig. 3에서

$$\frac{h}{w} = \tan r = \frac{N_u}{N_s} \quad (4)$$

단, w : 網口斷面의 橫幅 h : 網口斷面의 높이

N_s : 옆판의 揚力 N_u : 윗판의 揚力

로 나타낼 수 있고, 이때 각 쪽의 面積을 A 라고 하면 流速 v 에서의 N_u/N_s 는

$$\frac{N_u}{N_s} = \frac{\frac{1}{2} C_{\delta} \rho A (1-p_{r-u}) v^2}{\frac{1}{2} C_{\delta} \rho A (1-p_{r-s}) v^2} = \frac{1-p_{r-u}}{1-p_{r-s}} \quad (5)$$

단, ρ : 물의 密度

C_{δ} : 迎角 δ 에서의 網地揚力係數

가 된다. 式(4), (5)에서 h/w 는

$$\frac{h}{w} = \frac{1-p_{r-u}}{1-p_{r-s}} \quad (6)$$

으로서 간단히 表現된다. 이와 같이 자루그물의 網口形狀은 網地에 作用하는 揚力과의 關係로부터 誘導하면 多孔率의 函數로서 表現이 可能하다. 그러나 Fig.3에서는 網地의 揚力이 한개의 質點에서 作用하는 것으로 置換시켜 表現하였으나 實際에 있어서는

網地에 揚力이 고르게 分布되어 作用하며, 또한 網口 가장자리 的 지지點에서는 지지줄에 作用하는 張力의 影響도 받게 된다. 이 關係를 模式的으로 나타내면 Fig.4와 같다.

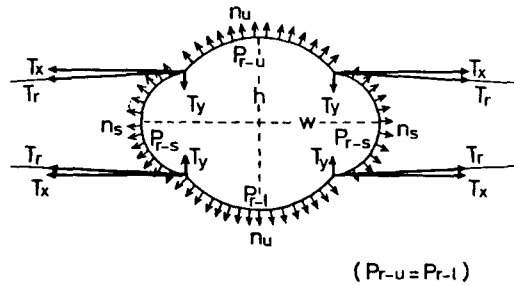


Fig. 4. Illustration which shows the relationship between the dynamic forces and the sectional shape of bag net schematically. n_u indicates the dynamic lift per unit area in the upper or the lower panel, n_s , that in the side panel. T_r indicates tension on the suspending thread. T_x and T_y indicate X and Y component of tension.

이 그림이 나타내듯이 자루그물의 網口形狀은 單純하게 網地에 作用하는 揚力만으로 解析될 수 있는 性質의 것은 아니지만, 자루그물의 構成方法과 水中에서의 設置方法이 同一한 模型 間に 있어서 構成網地의 多孔率의 差異로 인한 網口形狀의 差는 당연히 構成網地의 多孔率과의 關係로서 解析할 必要가 있다. 여기서는 (6)式을 變形하여 h/w 와 $1-p_{r-u}/1-p_{r-s}$ 와의 關係를

$$\frac{h}{w} = K \left(\frac{1-p_{r-u}}{1-p_{r-s}} \right)^{\sigma} \quad (7)$$

로 假定하여 網口形狀을 構成網地의 多孔率과의 關係로서 解析하였다.

模型 No. 1~7의 測定結果로부터 Fig.5의 그래프 上에 橫軸에는 $1-p_{r-u}/1-p_{r-s}$ 를, 縱軸에는 h/w 를 취하여 지지줄 先端間隔別로 이들의 關係를 圖示하였다. 또한 이들 關係의 實驗式으로서 (7)式을 취하여 係數 K 및 σ 를 最小自乘法로 推定하여 지지줄 先端間隔別로 回歸曲線을 點線으로 나타내었으며, 이들 係數値를 Table 5에 나타내었다.

Fig.5에서 網口斷面의 縱橫比 h/w 를 多孔率의 關係로서 나타내었을 때 지지줄 先端間隔을 指示하는 H/l 가 0.38과 1.25인 경우에는 實驗値는 回歸曲線에 잘 一致하고 있으나 H/l 가 0.63 및 0.85인 경우

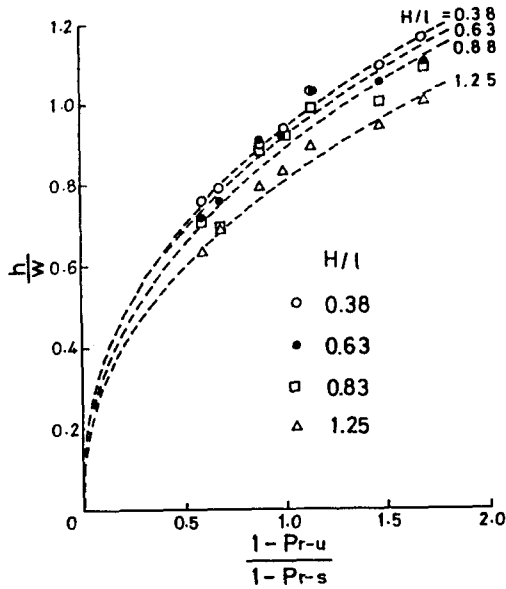


Fig. 5. The relationship between $\frac{1-P_{r-u}}{1-P_{r-s}}$ and h/w for various values of H/l . H and l are the same as in Fig. 1.

는 약간의 分散을 보여 주고 있다. 그러나 力學的으

Table 5. Values of k and σ in the equation* which shows the relationship between $\frac{1-P_{r-u}}{1-P_{r-s}}$ and $\frac{h}{w}$

$\frac{H}{l}$	k	σ
0.38	0.94	0.41
0.63	0.92	0.41
0.88	0.89	0.43
1.25	0.81	0.43

* $\frac{h}{w} = k \left(\frac{1-P_{r-u}}{1-P_{r-s}} \right)^\sigma$

로 여러가지 要因이 복잡하게 作用하는 網口形狀을 構成網地의 多孔率로 解析하여 이러한 程度의 相關을 나타내는 것은 漁具를 設計하는 立場에서 볼 때 대단히 重要한 意味를 갖는 것으로 볼 수 있다.

(7)式에 있어서 $1-P_{r-u}/1-P_{r-s}$ 는 網地材料 投影面積比로서 網口の 斷面形狀은 網地材料의 投影面積比에 左右되어 變化한다 고도 볼 수 있다. Table 5의 係數 σ 는 지지줄 先端間隔에 關係없이 0.41~0.43의 거의 一定值를 나타내고 있어 網口斷面의 縱橫比 h/w 는 $1-P_{r-u}/1-P_{r-s}$ 의 指數函數로서 表現되며, 지지줄 先端間隔에 따라 係數 k 값이 0.94~0.81까지 주로 變化함을 알 수 있다. 이것은 또한 底曳網에 있

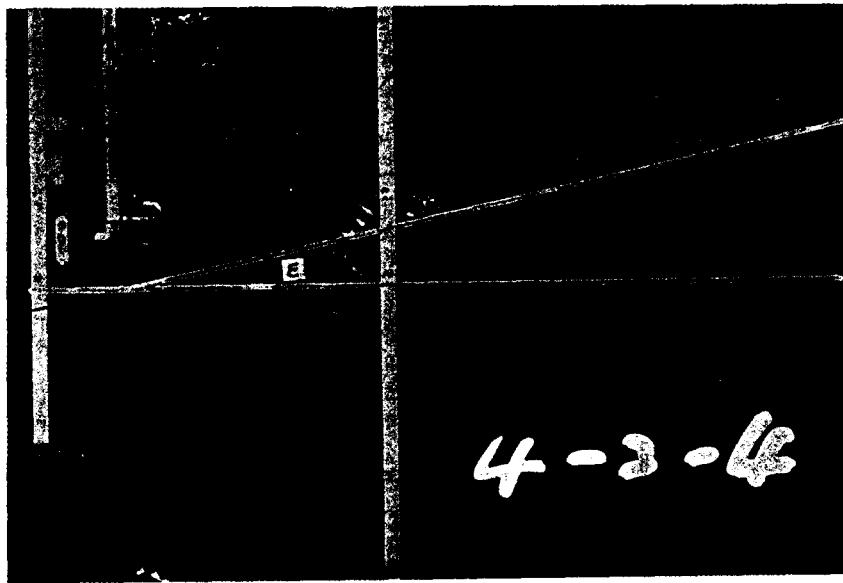


Fig. 6. An example of photograph when the bag net floats inclinarily due to the difference of the porosity of netting in the upper panel and the lower panel of the bag net. ϵ indicates the angle of inclination.

Table 6. Measured results on angles of inclination of bag nets

No	Porosity			H/l			
	P _{r-u}	P _{r-l}	P _{r-s}	0.38	0.63	0.88	1.25
				Angles of inclination (°)			
8	0.12	0.23	0.23	12	13	12	12
9	0.23	0.48	0.23	14	13	13	13
10	0.12	0.48	0.23	17	18	16	16
11	0.12	0.23	0.48	4	5	6	7
12	0.23	0.48	0.12	19	17	16	17

에서 날개 間隔이 넓어짐에 따라서 網高가 낮아지는 現象을 보여주는 것으로 判斷되어 진다.

한편, 模型 No. 8~12에서는 윗판과 밑판의 多孔率이 다르기 때문에 윗판과 밑판에 作用하는 揚力의 不均衡으로 網물이 浮上한다는 것은 이미 언급한 바와 같으나, 이 浮上의 程度는 流水方向에 대하여 자루그물이 浮上하여 기울어지는 角度로서 測定하였다. Fig. 6에 寫眞撮影의 例를, Table 6에 測定值를 각각 나타내었다.

그물의 浮上은 윗판과 밑판에서의 多孔率의 差로서 일어나나 Table 6에서 보면 윗판과 밑판의 多孔率이 각각 같으면서 옆판의 多孔率이 서로 다른 模型 No. 8과 No. 11, 그리고 模型 No. 9와 No. 12에 있어서도 傾斜角度가 크게 다르다. 이것은 浮上程度가 윗판과 밑판에 있어서의 多孔率의 差 뿐만 아니라 옆판의 多孔率에 의해서도 影響을 받는 것을 말해준다.

그러므로, 여기서는 자루그물의 傾斜角度 ϵ 을 윗판과 밑판, 그리고 옆판의 多孔率로 부터 計算한 값 $(1-P_{r-u}/1-P_{r-l})(1-P_{r-s})=M_p$ 와의 關係로서 求해 보았다. Fig. 7은 橫軸에는 M_p 를, 縱軸에는 ϵ 을 취하여 M_p 와 ϵ 의 關係를 지지줄 先端間隔別로 나타낸

그래프들이다. 또한 M_p 와 ϵ 의 關係를 實驗式으로 쓰서

$$\epsilon = K_a \left[\frac{1-P_{r-u}}{1-P_{r-l}} \times (1-P_{r-s}) \right] + K_b \quad (8)$$

로 나타내고, K_a 및 K_b 를 最小自乘法로 구하여 각각의 回歸直線을 나타내었으며, 係數 K_a 및 K_b 는 Table 7에 나타내었다. Fig. 7에서 지지줄의 先端間隔이 넓어질 수록 回歸直線의 기울기는 작아져서 Table 7의 K_a 값이 18.5에서 12.5로 減少하고 있다. 그러나 K_b 는 이와 反對의 傾向을 갖고 있어, M_p 의

Table 7. Values of K_a and K_b in the equation* which shows the relationship between M_p and ϵ

H/l	K_a	K_b
0.38	18.5	-6.1
0.63	15.9	-3.4
0.88	13.1	-1.0
1.25	12.5	-0.6

$$* \epsilon = K_a M_p + K_b = K_a \frac{1-P_{r-u}}{1-P_{r-l}} \times (1-P_{r-s}) + K_b$$

ϵ : angle of inclination of bag net.

$$M_p = \frac{1-P_{r-u}}{1-P_{r-l}} \times (1-P_{r-s})$$

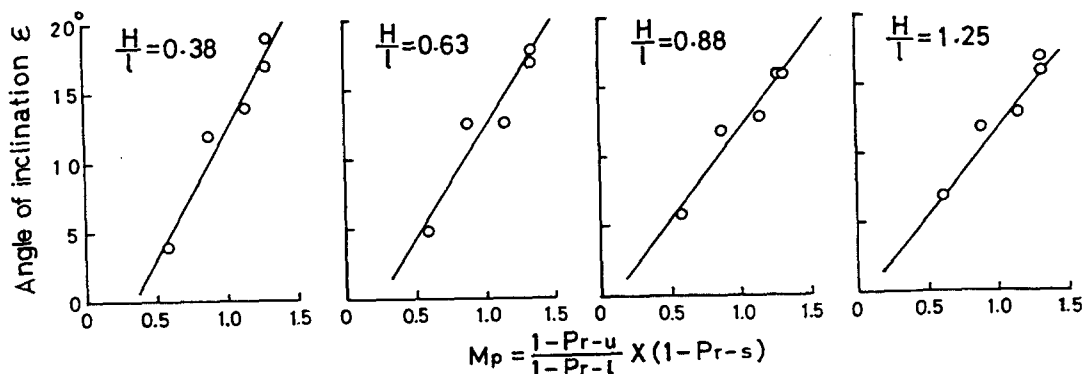


Fig. 7. The relationship of angle of inclination of the bag net, and M_p for various values of H/l , when the bag net floats inclinarily due to the difference of the porosity of netting in the upper panel and the lower panel of the bag net.

李 珠 照

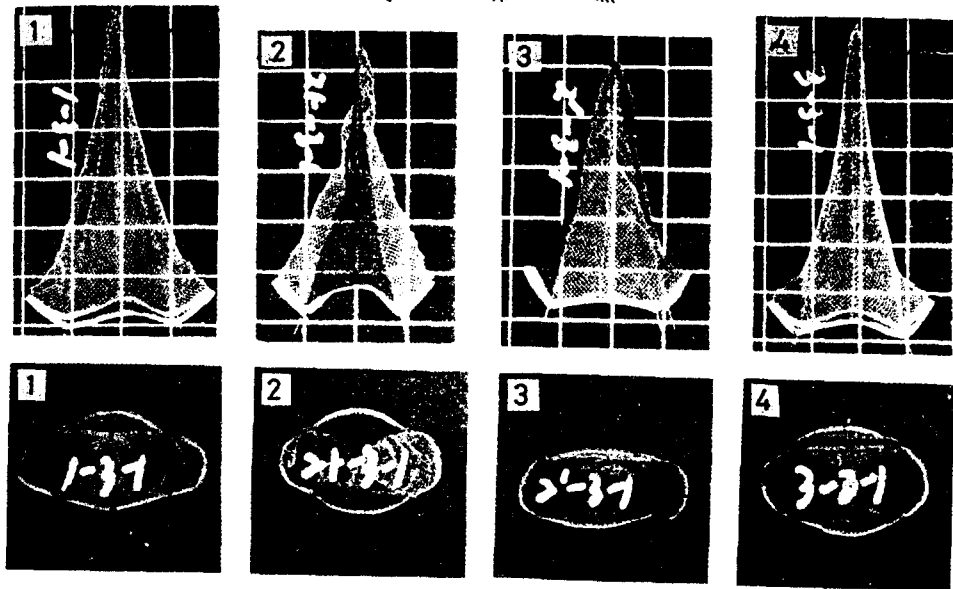


Fig. 8. Examples of photographs of the sectional shape of bag net.

1-4 show the model numbers in Table 3.

A: Photographs in front of bag mouth.

B: Photographs from upside of bag net.

Table 8. Measured details and results on the netting models of bag net in the case of $H/l=0.63$

No	$\frac{1-P_{r-u}}{1-P_{r-s}}$	current velocity (v)(m/s)	with of bag mouth (w)(mm)	Height of bag mouth (h) (mm)	$\frac{h}{w}$	Projective area of bag mouth (S) (cm)	Total tesion of suspension threads (T) (gw)
1	1	0.236	84.8	60.0	0.71	328.9	33.9
		0.342	81.5	43.4	0.53	248.3	68.9
		0.448	75.5	32.7*	0.43*	191.4*	106.7*
		0.554	70.7	30.8*	0.44*	181.8*	152.4*
		0.660	66.6	33.8*	0.51*	185.6*	226.9*
		0.765	62.5	39.4	0.63	203.6	303.9
		0.872	64.3	39.0	0.61	204.7	398.0
2	2.39	0.236	75.6	55.5	0.73	281.5	48.5
		0.342	72.7	52.5	0.72	259.8	94.4
		0.448	71.8	50.4	0.70	253.0	168.7
		0.554	68.7	52.2	0.76	256.1	243.4
		0.660	67.9	49.9	0.73	243.6	343.9
		0.766	68.0	48.2	0.71	234.7	446.8
		0.872	67.2	50.0	0.75	247.3	564.0
3	0.42	0.236	84.4	46.3	0.55	283.8	53.9
		0.342	82.5	45.0	0.55	270.9	111.1
		0.448	77.4	44.2	0.57	252.1	194.2
		0.554	73.2	42.2	0.58	235.4	271.0
		0.660	71.7	39.7	0.55	215.2	386.6
		0.766	70.3	40.2	0.57	216.9	495.7
		0.872	70.2	41.0	0.58	221.0	612.5
4	2.26	0.236	82.2	60.8	0.74	333.6	33.5
		0.342	79.0	59.3	0.75	315.4	65.0
		0.448	74.9	54.7	0.73	294.2	109.8
		0.554	71.5	50.0	0.70	294.2	109.8
		0.660	73.3	48.1	0.68	266.8	226.7
		0.766	70.7	48.1	0.66	265.2	303.9
		0.872	70.0	47.0	0.67	251.6	369.8

* A part of lower panel is curled.

값이 작은 경우에는 지지줄의 先端間隔이 넓어짐으로서 그물의 浮上이 빨리 일어나고, M_p 의 增加로 인한 浮上의 上限은 逆으로 작아지고 있음을 알 수 있다.

2. 網地模型

Fig. 8은 流水中에 있는 網地模型을 網口쪽과 뒷쪽에서 각각 寫眞撮影한 例를 나타낸 것이다. 이들 寫眞에서 볼때, 網地模型은 지지점 간의 網口 가장자리가 流水中에서 뒤로 밀리고 또한 網地部位에 따라서는 움직임을 보이고 있다. 이것은 網地가 單純化模型에서의 비닐膜과 달라 網目에 變形이 잘 일어나는 점, 網口의 지지점 간에서는 4개의 지지줄 만으로는 網地의 抵抗을 지탱하여 지지할 수가 없는 부분이 생기기 때문이라 생각되며, 實驗에서 얻은 測定結果의 例를 Table 8에 나타내었다. Table 8에서 자루그물의 網口斷面은 橫幅 w 와 높이 h 가 流速이 增加함에 따라서 減少하며 模型 No. 1을 除外하면 網口斷面의 縱橫比 h/w 는 流速이 增加하여도 거의 一定한 값으로 나타나 있다. 流速의 增加에 따라 網口斷面의 橫幅 w 와 높이 h 가 서서히 減少하는 現象은 지지점 간의 網入口가 뒤로 밀리고 그 程度가 점차 심해져 가기 때문이며, 이때 이 減少現象이 網口斷面의 縱橫方向에서 同時에 일어나고 있어 結果적으로 h/w 는 一定한 값으로 나타난다고 보아진다. 模型 No. 1에서는 網入口가 뒤로 밀리는 過程에서 밀린 網地의 움직임을 不自然한 움직임이 생긴 탓으로 나머지 模型과는 다른 값을 나타내고 있다.

網地模型의 網口形狀과 構成網地의 多孔率과의 關係를 解析하기 위해서 網口斷面의 縱橫比 h/w 가 前項에서와 마찬가지로 流速에 關係없이 一定한 것으로 간주하고 模型別로 h/w 의 平均値를 代表値로 삼았다. 단지, 流速이 낮은 곳에서의 測定値는 網糸의 剛度로 인한 影響이 크게 작용할 것으로 보아 h/w 의 平均値는 流速 $0.4m/sec$ 以上에서의 測定値로부터 求하였다. Fig. 9에 網口斷面의 縱橫比 h/w 와 $\frac{1-P_{r-u}}{1-P_{r-s}}$ 와의 關係를 圖示하고, 이들 關係의 實驗式으로 (7)式을 취할 경우의 係數 K 와 σ 를 最小自乘法으로 求解 回歸曲線을 함께 나타내었다. 係數 K 와 σ 의 값들을 Table 9에 나타내었다. Fig. 9에서 回歸曲線에 대한 測定値의 分布狀態를 보면 網地模型에서도 (7)式을 實驗式으로 使用하여도 좋을 것으로 判斷된다.

그러나, Fig. 5와 Fig. 9에 나타난 回歸曲線의 패턴은 크게 다르다. 이것에 대한 原因을 다음과 같이

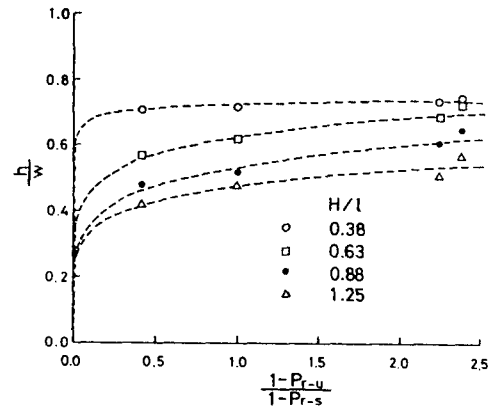


Fig. 9. The relationship between $\frac{1-P_{r-u}}{1-P_{r-s}}$ and h/w for various values of H/l . H and l are the same in Fig. 1.

Table 9. Values of k and σ in the equation* which shows the relationship between $\frac{1-P_{r-u}}{1-P_{r-s}}$ and $\frac{h}{w}$

H/l	k	σ
0.38	0.73	0.03
0.63	0.63	0.13
0.88	0.54	0.17
1.25	0.48	0.15

$$* \frac{h}{w} = k \left(\frac{1-P_{r-u}}{1-P_{r-s}} \right)^\sigma$$

크게 세가지로 나누어 생각해 볼 수 있을 것으로 본다. (1) 網地模型과 單純化模型의 材料가 流體力學의 見地에서 크게 다르다. 즉 비닐膜은 膜面에 대한 抵抗단을 생각하여도 좋으나 網地에서는 網糸와 結節의 굵기에 의해서 抗力의 作用을 받게되고 揚力成分이 비닐膜面에서 처럼 충분히 발휘될 수 없었다는 점. (2) 비닐膜에서의 구멍은 流水中에서 變形을 일으키지 않으나 網地에서의 網目은 쉽게 變形을 일으킨다는 점. (3) 網地模型의 網入口에서는 지지점 간의 網地가 뒤로 밀려 움직임을 만든다는 점이다.

이처럼 網地模型으로서는 網口形狀을 力學적으로 分析하기에 어려운 難點이 內在하고 있으나, 網口形狀을 網糸의 굵기, 網目크기, 그리고 주름의 세條件이 組合된 多孔率로서 解析할 경우, 本質的으로 單純化模型의 實驗結果와 一致하는 것으로 보아도 좋을 것이다. 단지 單純化模型과 網地模型에서 볼 수 있는 係數値의 差異는 上記한 材料의 性質이 갖는 差異에 起因하는 것으로 判斷된다.

要 約

底曳網漁具에 있어서 漁具의 構成方法과 各部位에 配置하는 網地面積이 同一한 條件에서 網地要素인 網糸굵기, 網目크기 및 주름의 세가지 要素가 漁具 形狀에 미치는 影響을 實驗的으로 檢討하기 위해서, 網糸굵기, 網目크기 및 주름은 漁具製作으로 網地에 一定한 多孔率을 부여한다는 點에 注目하고, 網地의 多孔率과 자루그물의 斷面形狀과의 關係를 實驗, 分析하였다. 實驗에서는 두께 0.15mm의 비닐膜으로 만든 圓錐形狀의 單純化模型과 網地材料로서 만든 網地模型의 2가지 模型을 使用하였고, 單純化模型에서는 비닐膜에 等間隔으로 구멍을 뚫고 구멍의 數와 直徑으로서 多孔率을 調節하였다. 이때 자루그물에 連結되는 날개그물 대신 4개의 지지줄을 網入口에 連結하여 流水中에 模型을 지지시키고, 자루그물의 윗판, 밑판 및 양 옆판의 多孔率을 여러가지로 變化시켜 가면서, 網口形狀을 流速別 지지줄 先端間隔別로 測定하였다. 그 結果

(1) 자루그물의 윗판과 밑판의 多孔率이 서로 같은 경우, 流水中의 網口形狀은 윗판 또는 밑판의 多孔率 $p_{r-u}(=p_{r-l})$ 와 옆판의 多孔率 p_{r-s} 에 의해 左右되고, 網口斷面の 橫幅 w 및 높이 h 의 比 h/w 와 이들 網地 多孔率 p_{r-u} , p_{r-s} 사이에는 實驗式으로서

$$\frac{h}{w} = K \left(\frac{1-p_{r-u}}{1-p_{r-s}} \right)^\sigma \quad (\text{단, } K, \sigma \text{는 係數})$$

의 關係가 成立함을 밝혔다.

(2) 윗판과 밑판의 多孔率이, 서로 다른 자루그물에서는 上下方向으로 網地揚力의 不均衡이 생겨 浮揚(혹은 沈降)現象이 일어나나, 자루그물이 浮揚하므로서 傾斜하는 角度 ε 은

$$\varepsilon = K_a \left(\frac{1-p_{r-u}}{1-p_{r-l}} \right) (1-p_{r-s}) + K_b$$

(단, K_a , K_b 는 係數)

의 關係가 成立한다.

(3) 單純化模型과 網地模型에서는 (1)에서 나타난 實驗式의 係數值에 差異가 있으나, 이는 模型材料가 갖는 性質의 差에 起因하는 것으로서 網口形狀과 構成網地의 多孔率 사이의 關係에는 本質的으로 差異가 없는 것으로 思料되었다.

文 獻

- 1) Tauti, M. (1934): A Relation between Experiments on Model and Full Scale of Fishing Net. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 3, 171-177.
- 2) 李珠熙(1983): 底曳網의 形狀에 關する 基礎的 研究-I. 單純化した 袋網模型을 2點で 支えた 時의 斷面 形狀에 關하여. 北大水産彙報 34(4), 323-333.
- 3) 李珠熙(1984): 底曳網의 漁具 形狀에 關한 基礎的 研究-II. 單純化模型에 의한 4족자리 자루그물의 斷面 形狀에 關해서. 漁業技術 20(2), 65-71.