

底曳網의 漁具形狀에 關한 基礎的研究—Ⅱ

單純化模型에 의한 4쪽짜리 자루그물의 斷面形狀에 關해서

李 珠 熙*

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

On the Section Shape of the Simplified Model of the Bag Net in Four-Point Suspension

Ju-Hee LEE*

As a primary step in studying the relationship between the arrangement of netting and the section shape of the bag net in the four-seam trawling net, a series of experiments were performed with the simplified model of the bag net made of vinyl film. This model was 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 area distribution of each panel in the bag net was arranged by the portion of the length of the side panel, q to that of the lower or upper panel, p at the border of bag mouth. In the experiments, the section shape of the bag mouth photographed and the tensions on both pairs of suspending threads were measured with two loadcells in circularly flowing water.

From the results that the section shape of the bag mouth in circularly flowing water is controlled by the area distribution of panels in the bag net, the author estimated an experimental equation. $h/w = k_1 e^{k_2(q/p)} + C$, where h is the central height of the bag mouth, and w is the lateral width of that.

緒 言

曳網中の底曳網漁具에 있어서는 網口의 斷面積이 漁獲性能을 左右하는 重要한 要因이 되며¹⁻⁴⁾, 一般적으로 網口斷面의 擴大가 漁獲의 增加를 가져오는 것으로 判斷되고 있다⁵⁾. 그 때문에 底曳網漁具에서는, 오래전부터, 局部的으로 뜬의 浮力으로서 網口斷面을 鉛直方向으로 擴大시키는 한편, 漁具構成에 있어서도, 2쪽짜리그물, 4쪽짜리그물, 6쪽짜리그물 등이 導入되어, 力學的인 見地에서의 改良이 行하여져 왔다⁶⁾. 그러나 뜬에 의한 浮力の 增大는 曳網速度가 增加함에 따라서 뜬의 抗力도 크게 作用하게 되어, 浮力の 增大가 반드시 網口斷面의 擴大

에 直結된다고 볼 수는 없고⁷⁾, 漁具構成의 差異로 인한 網口形狀에 關해서는 충분한 研究, 檢討가 이루어지지 못한 채, 使用中인 漁具 相互間의 比較研究에 머물러있는 現狀에 있다^{4,5,8,9)}.

本 研究에서는 漁具構成의 方法과 網口의 斷面形狀과의 關係를 究明하고자, 底曳網의 構造上 가장 基本이 되는 자루그물에 注目하여, 單純化시킨 자루그물의 模型으로서 圓錐形의 자루그물을 想定하고 實驗과 解析을 行하였다.

前報¹⁰⁾에서는 이미 2쪽짜리 자루그물에 있어서는 斷面形狀이 理論的으로는 曲率半徑이 같은 2개의 圓弧로서 近似시킬 수 있음을 밝히고 實驗的인 檢討도 加한 바 있다. 여기서는 前報¹⁰⁾에 이어서, 4쪽짜리

* 統營水産專門大學: Tong-Yeong Fisheries Junior College

자루그물에 대하여 構成網地 각쪽의 面積을 變化시켜 자루그물의 構成方法에 따른 網口形狀의 變化를 實驗의으로 分析, 檢討하였다.

材料 및 方法

材料 4쪽짜리 자루그물에서는 윗판과 옆판, 그리고 옆판과 밑판 사이에 힘줄(man rope)이 들어가고 이 힘줄은 網地에 一定한 縮結을 주며, 曳網中 網糸에 걸리는 張力을 一定方向으로 誘導하는 役割을 한다. 本實驗에서는 流水中에 있어서의 網地의 縮結과 網糸에 걸리는 張力으로 인한 網目的 變形이 주는 影響을 排除하기 위하여 前報¹⁰⁾에서와 마찬가지로 자루그물을 單純化시켜 두께 0.15mm의 비닐막으로서 構成된 圓錐形의 模型을 만들고, 힘줄에 의하여 區分되는 윗판, 밑판 그리고 옆판 각쪽의 面積을 자루입구에 連結하는 4개의 지지줄 間隔으로서 調節하였다. 實驗에 使用한 單純化模型은 網口の 둘레를 56cm로 일정하게 하고 자루의 길이가 서로 다른 3種類로서, Table 1에 각각의 規格을 나타낸다.

Table 1. Conic bags used for the experiments

No	Thickness of vinyl-film (mm)	½ circumference at bag mouth(s) (cm)	½ vertical angle at vertex (φ) (degree)
1	0.15	28.0	17.7
2	0.15	28.0	23.0
3	0.15	28.0	14.3

Unit : Percentage (%)

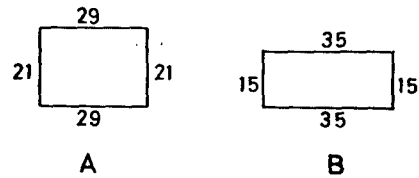


Fig. 1. Two examples of the sectional proportion of the bag net mouth of the four-seamed trawling net.

A: In the case of catching for fish swarming off the bottom.

B: In the case of catching for bottom fish.

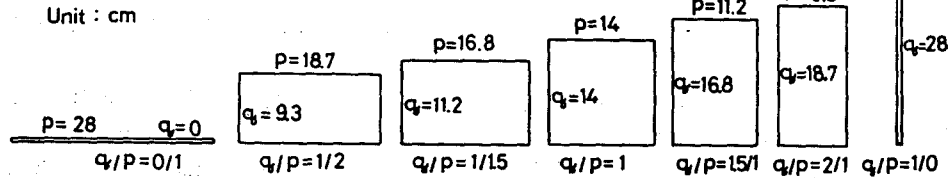


Fig. 2. Illustration of sectional plans of bag nets used in experiment.

方法 Fig. 1에 底曳網의 設計時 일반적으로 利用되는 자루그물의 網地配置 1例를, 網口斷面의 橫式圖로서 對象魚種의 類型別로 나타내었다. 이와같은 網地配置의 方法을 單純化 시키고, 자루그물의 網地配置에 따라서 일어나는 曳網中의 網口斷面의 形狀變化를 具體的으로 把握하기 위하여 模型의 자루그물에는 낚개그물 대신 4개의 지지줄을 자루입구에 연결하여 지지시키고, 자루입구에서의 윗판 및 옆판의 가로폭 p와, 兩 옆판의 세로높이 q를 자루입구에서의 지지점 間隔으로서 調節하여, q/p의 比가 0/1, 1/2, 1/1.5, 1/1, 1.5/1, 2/1, 1/0가 되도록 網地配置를 7種類로 變化시켰다. Fig. 2에 지지줄의 지지점 間隔 q/p를 變化시키므로써 얻어지는 자루입구의 斷面을 橫式的으로 나타낸다.

模型을 4개의 지지줄로서, 지지시켜 流水中에 設

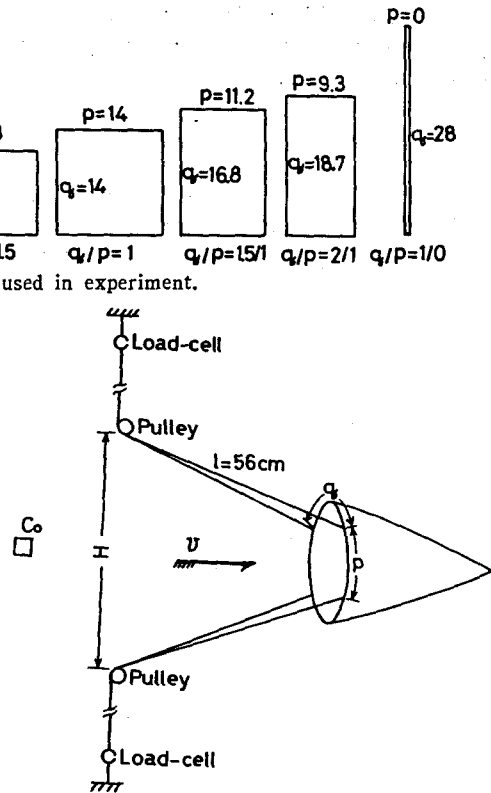


Fig. 3. Setting condition of simplified model in circularly flowing water.

置한 狀態는 Fig.3과 같고, 이 그림에서 나타낸 바와 같이 지지줄의 길이 l 는 55cm로 하였으며 兩脚 各 2개의 지지줄끝을 묶어서 그 先端間隔 H 를 30cm, 50cm, 70cm로 變化시켜 가면서 流速(0.2m/sec~0.7 m/sec)別로 流水中の 網口斷面의 寫眞撮影과 抵抗을 測定하였다. 實驗은 北海道大學 大型回流水槽에서 行하였다.

結 果

前報¹⁾에서 이미 2쪽짜리 자루그물의 單純化 模型을 利用하여 流水中の 網口斷面은 지지줄으로 區分되는 2개의 圓弧로서 近似시킬 수 있고, 이들 形狀이 流速에는 直接 關係하지않음을 理論的으로 解析하고 있어 여기서도 지지점으로 區分되는 翼판과 尾판, 그리고 兩 翼판의 網口斷面이 曲率半徑이 서로

Table 2. Measured details and results on the simplified models of bag net, in the case of $\varphi=14.3^\circ$, $H/l=0.89$

q/p	Current velocity (v) (m/s)	Width of bag mouth (w) (mm)	Height of bag mouth (h) (mm)	Projectite area of bag mouth (S) (cm ²)	Total tension of both suspension threads (T) (gw)	w/\bar{w}	h/\bar{h}	s/\bar{s}
0/1	0.236	160	170	214.2	133	0.97	0.99	0.96
	0.342	163	174	217.4	213	0.99	1.01	0.97
	0.448	165	174	229.1	434	1.01	1.01	1.03
	0.554	168	172	227.4	730	1.02	1.00	1.02
	0.660	164	172	229.2	977	1.00	1.00	1.03
1/2	0.236	170	168	220.3	141	1.00	1.00	0.99
	0.342	167	169	224.8	258	0.98	1.01	1.01
	0.448	170	168	222.9	457	1.00	1.00	1.00
	0.554	166	166	220.6	696	0.98	0.99	0.99
	0.660	175	166	224.6	1021	1.03	0.99	1.01
1/1.5	0.236	180	166	227.3	136	0.99	1.00	0.99
	0.342	187	164	232.8	254	1.03	0.99	1.02
	0.448	180	166	321.4	446	0.99	1.00	1.01
	0.554	179	167	226.7	713	0.99	1.00	0.99
	0.660	179	166	227.8	1036	0.99	1.00	0.99
1/1	0.236	185	160	228.2	117	1.01	0.97	1.01
	0.342	181	163	215.9	260	0.99	0.99	0.99
	0.448	184	166	229.4	468	1.00	1.01	1.01
	0.554	187	163	227.3	672	1.02	0.99	1.00
	0.660	180	172	233.2	933	0.98	1.04	1.03
1.5/1	0.236	182	164	232.0	127	0.98	1.02	1.00
	0.342	190	158	234.0	241	1.03	0.98	1.01
	0.448	185	161	232.0	407	1.00	1.00	1.00
	0.554	184	160	229.8	619	0.99	1.00	0.99
	0.660	185	161	227.4	847	1.00	1.00	0.98
2/1	0.236	184	151	222.1	124	1.01	0.99	1.02
	0.442	182	152	220.7	225	1.00	1.00	1.01
	0.448	180	152	215.0	395	0.99	1.00	0.99
	0.554	181	154	217.1	646	0.99	1.01	1.00
	0.660	183	152	215.6	867	1.01	1.00	0.99
1/0	0.236	190	132	224.6	120	1.01	0.98	1.00
	0.342	186	135	225.3	268	0.99	1.00	1.00
	0.448	190	133	221.8	318	1.01	0.99	0.99
	0.554	185	139	226.8	623	0.98	1.03	1.01
	0.660	191	135	225.5	893	1.01	1.00	1.00

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

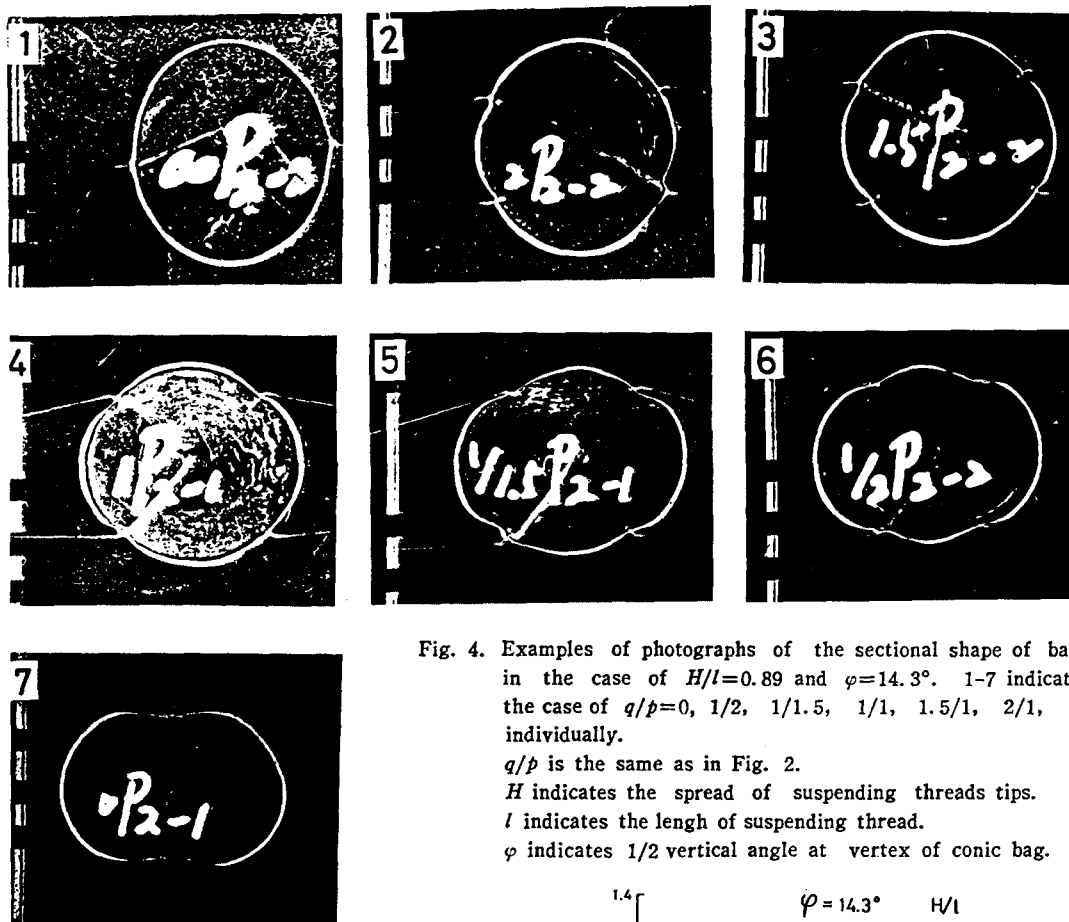


Fig. 4. Examples of photographs of the sectional shape of bag, in the case of $H/l=0.89$ and $\varphi=14.3^\circ$. 1-7 indicates the case of $q/p=0, 1/2, 1/1.5, 1/1, 1.5/1, 2/1, \infty$, individually.

q/p is the same as in Fig. 2.

h indicates the spread of suspending threads tips.

l indicates the length of suspending thread.

φ indicates $1/2$ vertical angle at vertex of conic bag.

다른 圓弧로서 近似되며, 이들 形狀도 流速에는 直接 關係하지 않는 것으로 判斷하였다. 그러나 實驗中의 網口斷面은 물의 흐름이 자루 壁面에서 遮斷되므로 인해서 網口の 가장자리에 흔들림이 일어나고 測定된 形狀에 약간의 變形도 있었다. Fig. 4에 流水中에서 寫眞撮影한 網口斷面の 例를, 그리고 Table 2 에는 實驗에서 얻은 測定値와 이들 測定値가 流速變化에 따라서 생기는 偏差를 網地配置의 種類別로 平均値에 대한 比로서 나타내어 表示한 例를 보인다. 이 表에서 보면, 流水中の 網口形狀은 幅과 높이 그리고 斷面積이 流速變化에 따라서 약간의 差가 있지만, 이것은 위에서 언급한 理由에 의한 것이고 本質的으로 是 形狀 그 자체가 流速과는 關係없이 一定하다고 判斷된다. 그때문에 자루그물 각 쪽의 配置面積에 따른 網口形狀을 比較함에 있어서, 各 配置別로 測定値의 平均値를 代表値로 삼아서 比較分析하였다.

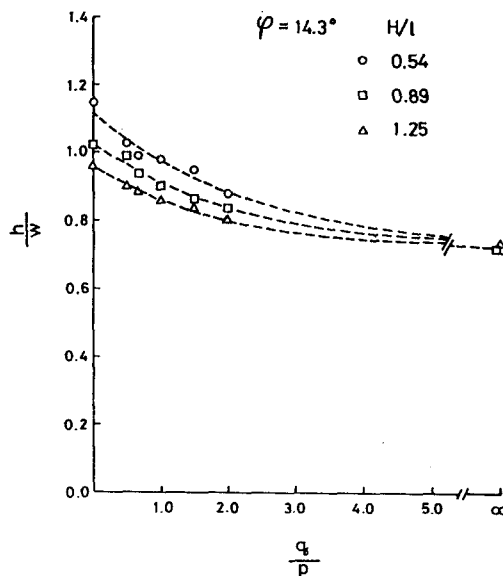


Fig. 5. Relationship between q/p and h/w in the case of $\varphi=14.3^\circ$. Broken lines show the regression curves of measurements. $\varphi, H,$ and l are the same as in Fig. 4.

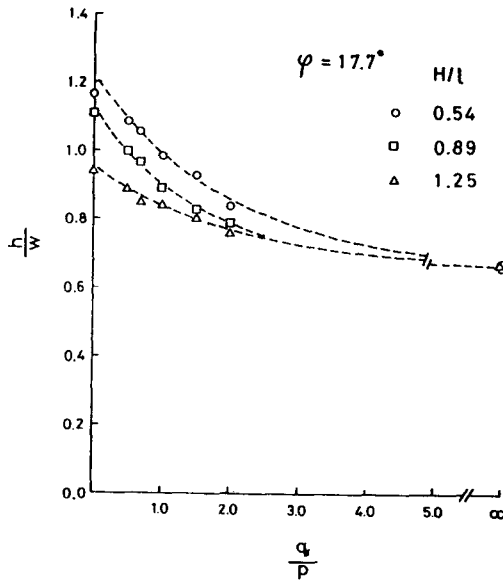


Fig. 6. Relationship between g/p and h/w in the case of $\varphi=17.7$. Broken lines show the regression curves of measurements. φ , H and l are the same as in Fig. 4.

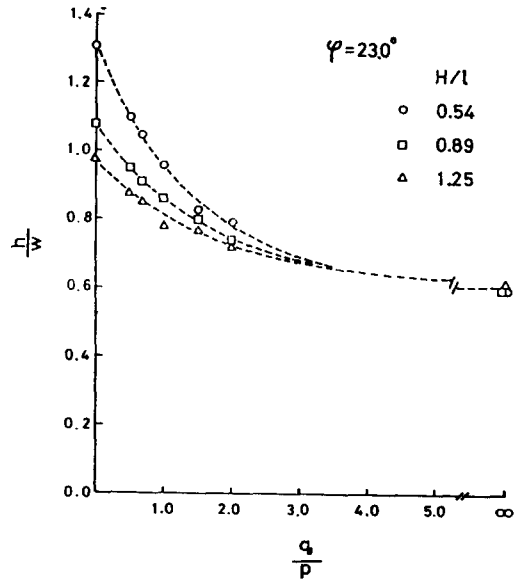


Fig. 7. Relationship between g/p and h/w in the case of $\varphi=23.0$. Broken lines show the regression curves of measurements. φ , H and l are the same as in Fig. 4.

Fig. 5, Fig. 6과 Fig. 7에 입구의 크기는 같고 자루 길이가 서로 다른 3가지 模型의 測定値로부터, 지지줄 先端間隔別로 網地配置에 따른 網口形狀의 變化를 나타내었다. 이를 그림에서, 橫軸에는 자루그물의 製作時 가로폭 p 와 세로높이 q 와의 비 q/p 를 취하고, 縱軸에는 流水中の 網口斷面에서의 幅 w 와 높이 h 와의 비 h/w 를 취하여, q/p 와 h/w 의 關係를 나타내었다. 이들 그림에서 보면, 流水中の 網口斷面은 q/p 값이 작을수록 網高가 높아지고 q/p 값이 增加함에 따라서 h/w 값은 반대로 작아져서 網口가 낮아지고 있다. 또한 q/p 가 같은 경우에는 지지줄 先端間隔이 클수록 網高가 낮아지며, 이 先端間隔의 差로 인한 網高의 差異는 q/p 가 增加함에 따라서 점차 작아져서, $q/p=\infty$ 에서는 h/w 값이 거의 一定值로 收斂하고 있다. 즉 流水中の 網口形狀은 $q/p=0$ 에서 h/w 가 最大이고, q/p 가 增加함에 따라서 h/w 는 指數函數의 形式으로 減少하는 傾向을 보이며, $q/p=\infty$ 에서 最小이 된다. 이 $q/p=\infty$ 에서의 h/w 의 最小值를 C 로 表示하여 q/p 와 h/w 의 關係를 實驗式으로서

$$\frac{h}{w} = k_1 e^{k_2 (q/p)} + C \quad (1)$$

로 나타내고, 最小自乘法으로부터 k_1 , k_2 를 推定하여 각 模型別, 지지줄 先端間隔別로 回歸曲線을 點線으로 表示하여 Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7에 함께 나타내었다.

Table 3. Values of K_1 , K_2 and C in the regression equation* which shows the relationship between q/p and h/w

φ°	H/l	k_1	k_2	C
14.3	0.54	0.40	0.44	0.72
	0.89	0.31	0.48	
	1.25	0.24	0.55	
17.7	0.54	0.55	0.53	0.67
	0.89	0.45	0.67	
	1.25	0.28	0.54	
23.0	0.54	0.70	0.71	0.61
	0.89	0.47	0.62	
	1.25	0.36	0.59	

$$* \frac{h}{w} = ke^{K \left(\frac{q}{p} \right)} + C$$

다. 또한 k_1 , k_2 , C 의 各 係數를 整理하여 Table 3에 나타내었다.

考 察

流水中の 網口形狀을 q/p 와 h/w 와의 關係로서 (1)의 實驗式으로 나타내었을 때의 各 回歸曲線에서 k_1 , k_2 값이 갖는 意味를 다음과 같이 받아들일 수가 있다. 즉 係數 k_1 의 大小는 構成條件이 같은 자루그물

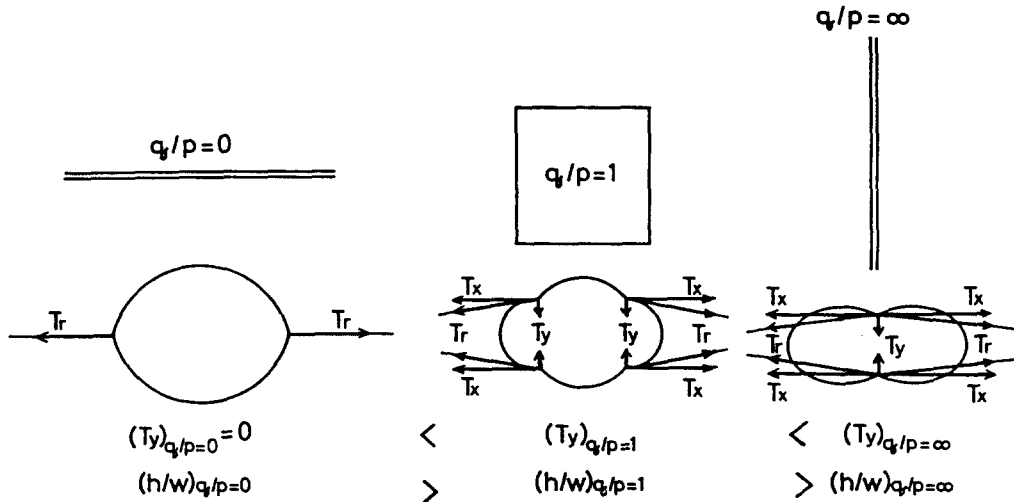


Fig. 8. Illustrations which show the relationship between the acting condition of tension on the suspending thread and the sectional shape of the bag net.

Tr: Tension on the suspending thread.

Tx, Ty: X or Y component of Tension.

에서 지지줄의先端間隔의 차로 인한 h/w 의 變化程度를 相對的으로 나타내고, 係數 k_2 는 回歸曲線의 기울기 程度를 나타내어서 q/p 의 增減으로 인한 h/w 의 變化程度를 相對的으로 나타내는 것으로 判斷된다. Table 3에서 보면, k_1 는 φ 가 14.3° 에서 $0.24 \sim 0.40$, φ 가 $17.7^\circ, 23.0^\circ$ 에서 자기 $0.28 \sim 0.55, 0.36 \sim 0.70$ 으로 φ 가 작을수록 k_1 는 값의 크기도 變動幅도 작다. 이것은 자루그물이 길수록 지지줄先端間隔의 차로 인한 h/w 의 變化가 작다는 것을 말해주며, k_2 도 φ 가 작을수록 값이 작아서 자루가 길어지면 q/p 의 增加에 따른 h/w 의 變化程度가 작음을 말해준다. 이 實驗에서의 지지줄은 底曳網에서의 날개그물의 役割을 簡素化시킨 것으로서 위의 結果로부터 判斷해볼 때 자루그물이 길어질수록 자루를 構成하는 各 쪽의 配置面積, 操業時 날개끝의 展開距離 등이 달라짐으로써 網口形狀에 주는 影響은 작아지는 것으로 보아진다.

위의 係數들중에서 C는, 같은 자루그물에서 지지줄의先端間隔에는 關係없이 一定한 값이나, 자루의 길이, 즉 φ 값에 따라서는 달라지는 값임은 이미 指摘한 대로이다. 그런데 이들 C의 값, 0.72, 0.67, 0.61은 자기 φ 에 따라서 $(1 - \tan \varphi)$ 로부터 얻어지는 計算值 0.75, 0.68, 0.58에 매우 類似한 값을 보여 주고 있다. 이것은 φ 와 C사이에도 一定關係로서 나

타낼 수 있음을 示唆해주는 것이기는 하나, 이 點에 대해서는 지지줄의 길이 l 도 變化시켜 가면서 檢討해볼 必要가 있을 것으로 본다.

이들 實驗結果에서 볼때, 漁具設計에서 一般的으로 생각하는 것처럼, 자루그물의 網地配置가 兩 翼판의 폭이 클수록 曳網中の 網高가 높아 질 것이라는 觀念에 커다란 誤謬가 있는 것으로 判斷된다. 過去の 底曳網에서 처럼 날개끝에 갯대를 달아서 曳網中の 날개 높이를 強制的으로 維持시킨 경우에 있어서는 曳網中の 網口形狀도 漁具製作時의 網地配置가 가까운 것으로 나타났을 것으로 생각되나, 現在의 트로울 그물에서와 같이 날개끝을 네트 펜넨트로 構成시키는 경우에는, 曳網中の 網口形狀이 漁具製作時의 網地配置와 類似하게 나타난다고는 볼 수가 없다. 이것을 說明하기 위하여 Fig. 8에 單純化 模型의 $q/p=0, 1, \infty$ 의 3경우에 대하여 流水中の 網口形狀과 지지줄에 걸리는 張力의 役割을 橫式的으로 나타내었다.

이상에서는 底曳網의 날개그물을 簡素化시켜 지지줄로 置換시켜 實驗을 하고 그 結果를 가지고서 論하고 있어 網地配置의 差異로 인한 網口形狀의 變化가 多少 強調되어 나타났을 可能性은 있다. 그리고 實際의 그물에서는, 자루입구의 配置 폭 q 라는 것이 그 部位에 連結되는 날개그물의 幅이 되는 것으로서

만약 이 實驗의 結果가 보여주는 대로 網高를 높이기 위하여 자루옆판의 높이를 極端的으로 줄인다면 당연히 날개그물의 폭도 작아져서 날개그물이 갖고 있는 漁獲效果에 커다란 損失을 주게 될 것이다. 이런 點을 考慮하여 날개그물의 폭을 줄이는 것은 避하고, 자루그물에서의 힘줄을 延長해서 날개그물에 별도의 힘줄을 配置해주는 것이 바람직 할 것이다. 最近의 大型 트로울에서 날개그물에 힘줄을 配置하여 네트펜트의 數가 늘어난 結果로서 網高가 높아진 것은, 基本的으로 이와같은 理由에 의한 것으로 보아도 좋을 것이다.

要 約

底曳網漁具에서 漁具製作時的 網地配置와 그 結果 曳網中에 얻어지는 網口形狀의과 關係를 究明하기 위한 試圖로서 4쪽짜리 자루그물을 單純化시켜서 두께 0.15mm의 비닐막으로 圓錐形의 자루그물 模型을 만들어 實驗, 分析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, 網入口에서의 지지점 間隔을 調節하여 자루그물 각쪽의 配置面積比를 윗판 및 밑판의 가로폭 p 와 양옆판의 세로높이 q 사이의 比 q/p 로서 나타내고, 이 q/p 를 變化시키므로서 얻어지는 流水中의 網口形狀을 網高 h 와 網幅 w 의 比 h/w 로서 나타내어 q/p 와 h/w 의 關係를 檢討하였다. 그 結果

1) 流水中의 網口形狀은 q/p 가 작을수록 網高가 높아지고 q/p 값이 增加하면 h/w 값은 反對로 작아져서 이들 q/p 와 h/w 사이에는

$$\frac{h}{w} = k_1 e^{k_2(q/p)} + C \quad (k_1, k_2, C \text{는 係數})$$

의 關係가 成立함을 實驗式으로서 나타내었다.

2) 자루그물은 길이가 길어질수록 자루그물을 構成하는 各 쪽의 配置面積, 操業時的 날개끝의 展開 距離로 인해서 網口形狀에 미치는 影響이 작아지는 것으로 判斷되었다.

文 獻

- 1) 宮崎千博(1957): 小型機船底曳網の研究. 三重大水産紀要 2, 98-200.
- 2) 葉室親正(1959): トロール網漁業과 二艘曳機船底曳網漁業의 網成りによる 漁獲性能의 考察. 日本水誌 25, 103-110.
- 3) 肥後伸夫(1966): 機船底曳網의 漁具와 漁獲性能에 關する 研究-I. 베어링海漁場における 機船底曳網의 比較について. 日本水誌 32, 130-136.
- 4) 李珠熙·神田猷二·佐藤 修(1983): 錠子沖合底曳網漁業における 漁具와 漁獲性能との 關係. 日本水誌 49, 859-866.
- 5) 肥後伸夫(1971): 底曳網의 漁獲性能에 關する 基礎的 研究. 鹿兒島大水産紀要 20, 1-127.
- 6) 李秉鎭(1977): 現代트로울漁法. 78-93. 太和出版社, 釜山.
- 7) Phillips, J. (1959): The mouth of the trawl. Mod. Fish. Gear of the World I, 200-204.
- 8) 葉室親正(1959): 漁具測定論. 350p. 槇書店, 東京.
- 9) 肥後伸夫·德永喜郎·田中健悟(1973): 底曳網의 研究-II. 切りかえ網의 効果について. 鹿兒島大水産紀要, 22, 147-155.
- 10) 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 斷面形狀について. 北大水産彙報 34(4), 323-333.