

中層트롤의 깊이바꿈과 掃海深度의 安定性

張 志 元*

DEPTH CONTROL AND SWEEPING DEPTH STABILITY
OF THE MIDWATER TRAWL

Jeewon CHANG*

Abstract

For regulating the depth of midwater trawl nets towed at the optimum constant speed, the changes in the shape of warps caused by adding a weight on an arbitrary point of the warp of catenary shape is studied. The shape of a warp may be approximated by a catenary. The resultant inferences under this assumption were experimented. Accordingly feasibilities for the application of the result of this study to the midwater trawl nets were also discussed.

A series of experiments for basic midwater trawl gear models in water tank and a couple of experiments of a commercial scale gears at sea which involve the properly designed depth control devices having a variable attitude horizontal wing were carried out.

The results are summarized as follows:

1. According to the dimension analysis the depth y of a midwater trawl net is introduced by

$$y = kLf \left(\frac{W_r}{R_r}, \frac{W_o}{R_o}, \frac{W_n}{R_n} \right)$$

where k is a constant, L the warp length, f the function, and W_r , W_o and W_n the apparent weights of warp, otter board and the net, respectively, and R_r , R_o and R_n the hydrodynamic resistance of warp, otter board and the net, respectively.

2. When a boat is towing a body of apparent weight W_n and its drag D_n by means of a warp whose length L and apparent weight W_r per unit length, the depth y of the body is given by the following equation, provided that the shape of a warp is a catenary and drag of the warp is neglected in comparison with the drag of the body :

$$y = \frac{1}{W_r} \left\{ \sqrt{D_n^2 + (W_n + W_r L)^2} - \sqrt{D_n^2 + W_n^2} \right\}$$

3. The changes Δy of the depth of the midwater trawl net caused by changing the warp length or adding a weight ΔW_n to the net, are given by the following equations:

$$\Delta y \approx \frac{W_n + W_r L}{\sqrt{D_n^2 + (W_n + W_r L)^2}} \Delta L$$

$$\Delta y \approx \frac{1}{W_r} \left\{ \frac{W_n + W_r L}{\sqrt{D_n^2 + (W_n + W_r L)^2}} - \frac{W_n}{\sqrt{D_n^2 + W_n^2}} \right\} \Delta W_n$$

*釜山水産大學, Pusan Fisheries College

4. A change Δy of the depth of the midwater trawl net by adding a weight W_s to an arbitrary point of the warp takes an equation of the form

$$\Delta y = \frac{1}{W_r} \left\{ (T_{ur}' - T_{ur}) - T_u' - T_u \right\}$$

where $T_{ur}' = \sqrt{T_u'^2 + (W_s + W_r L)^2} + T_u' (W_s + W_r L) \sin \theta_u'$

$$T_{ur} = \sqrt{T_u^2 + (W_r L)^2} + T_u W_r L \sin \theta_u$$

$$T_u' = \sqrt{T_u^2 + W_s^2} + T_u W_s \sin \theta_u$$

and T_u represents the tension at the point on the warp, θ_u the angle between the direction of T_u and horizontal axis, T_u' the tension at that point when a weight W_s adds to the point where T_u is acted on.

5. If otter boards were constructed lighter and adequate weights were added at their bottom to stabilize them, even they were the same shapes as those of bottom trawls, they were definitely applicable to the midwater trawl gears as the result of the experiments.

6. As the results of water tank tests the relationship between net height of H cm and velocity of v m/sec, and that between hydrodynamic resistance of R kg and the velocity of a model net as shown in figure 6 are respectively given by

$$H = 8 + \frac{10}{0.4 + v}$$

$$R = 3 + 9v^2$$

7. It was found that the cross-wing type depth control devices were more stable in operation than that of the H -wing type as the results of the experiments at sea.

8. The hydrodynamic resistance of the net gear in midwater trawling is so large, and regarded as nearly the drag, that sweeping depth of the net gear was very stable in spite of types of the depth control devices.

9. An area of the horizontal wing of the H -wing type depth control device was 1.2×2.4 m². A midwater trawl net of 2 ton hydrodynamic resistance was connected to the devices and towed with the velocity of 2.3 kts. Under these conditions the depth change of about 20 m of the trawl net was obtained by controlling an angle of attack of 30°.

緒 論

曳網은 水中에서 漁具를 끌어당기는 漁法을 着想한데서 부터 淵源한다고 생각된다. 그 例로서 그물漁具를 漁船으로 한 바다에 運搬하여 投網하고 마닷가로 또는 海上의 任意據點으로 출을 利用하여 끌어 당기는 地曳網과 手操網을 들 수 있다(農商務省, 1910). 그물을 끄는 掃海거리를 더 연장시킬 目的으로 漁具를 漁船에 매달고 風力이나 動力으로 漁具를 曳行하는 수단을 利用한 것이 帆船트롤(打瀬網)과 機船트롤의 始初라고 생각한다. 18세기의 구라파의 Tartana網, Gangui網, Chalut網(李壬道, 1951)과 李朝의 揮罷網(水産史編纂委員會, 1968)등이 이에 屬한다.

1865年 불란지에서 汽船트롤(Steam trawl)을 처음으로 만든 것이 現代式 機船트롤의 始發이었다. 그러나 1892年 Header와 Scott에 의해서 전개판(otter board)이 發明될때 까지는 一隻式트롤은 桁網(beam trawl)이었고 (Garner, 1958), 그물어귀에 막대를 장치하지 않는 그물은 二隻式트롤이었다(李壬道, 1951). 그 뒤 전개판의 索具의 連結方法이 여러가지로 改良變更되었는데 Vigneron Dahl式(1920)과 日本의 整調式(1929)을 들 수 있다. 後

中層트롤의 깊이바꿈과 掃海深度의 安定性

前者는 展開板의 構造에 있어서 前者와 거의 差異는 없었다. 이와 같은 트롤들은 바닥에 棲息하는 水族을 對象으로 하는 底曳網이었다. 中層에 群游하는 水族을 漁獲하기 위하여 1948年 Larsen은 두隻의 漁船으로 그물을 中層에 維持하면서 曳引하였다(Parrish, 1957). 1954년에는 Larsson(1957)이 한隻의 漁船으로 전개판을 使用하여 中層트롤을 試驗하였다. 이로써 과거 底面을 掃海하는 二次元的인 漁業이 中層을 掃海하는 三次元的인 漁業으로 發展하였다. 외끌이의 경우 전개판은 從來의 平板型外에 Süberkrüb(1957)型의 灣曲板式 hydrofoil型 및 비행기날개 斷面形의 hydrofoil型 등이 생겼고, 이들은 전개효율을 相當히 향상시켰으며 抗力을 多少 減少시킬수 있었다.

Larsen의 쌍끌이식 Atom trawl은 청어를 대상으로 하는 中層트롤이었으며 Larsson의 외끌이식 Phantom trawl 및 Barraclough (1957)의 British Columbian trawl도 亦是 청어를 대상으로 하는 中層트롤이었다. 아이스랜드에는 대구를 대상으로 하는 Breidfjord trawl이란 외끌이 中層트롤이 있었으며(Larsson, 1957), 발틱해에서는 Sterner Persson trawl (Larsson, 1957)이란 청어를 대상으로 하는 외끌이 및 쌍끌이 中層트롤이 있었다. 또 Akyüz(1957)의 Danish Vinge trawl은 黑海에서 멸치를 대상으로 하는 試驗用 中層트롤이었다. Schärfe (1963), v. Brandt(1970) 및 McNeely(1963) 등의 보고에 의하면 中層트롤의 規模는 대단히 크고 大型化되어가고 있으며, Okonski(1963)는 저층과 중층 양층의 萬能型 中層트롤을 보고한 바 있다. 그러나 쌍끌이식 中層트롤(Steinberg, 1963; 1970)이 小型 및 中型漁船으로서 展開板없이 船速에 의하여 깊이 바꿈을 쉽게 할수 있다는 장점 때문에 여전히 盛行되고 있다. 中層트롤은 魚群이 四方으로 도피하는 可能性이 있기 때문에 같은 장비로서는 三面으로 도피 可能한 底曳網보다 漁獲率은 낮다. 裝備의 科學化로 이 短點을 보상하기 위하여 여러가지 測器를 開發하였다. 垂直 및 水平魚群探知器(Feher, 1957)에 이어 漁網의 깊이를 나타내는 net sonde 및 net recorder(Horn, 1970) 등이 그것이다. McNeely(1957)의 有線式 遠隔指示深度計와 Hamuro 및 Ishii(1963)의 無線式 遠隔指示深度計 등은 初期段階의 漁網深度計였다. 中層트롤에 있어서는 이와같은 漁業用 測器(Savrasov, 1970)를 利用하여 그물의 깊이를 精確하게 測定하고, 끌줄의 길이 또는 船速을 調節하여 그물의 깊이를 魚群의 깊이와 一致시키는 등의 漁撈作戰(Steinberg, 1970)이 必要하다. 따라서 漁具의 操作에도 機動性이 要求되는 것이다. 기다란 끌줄에 의해서 끌리는 Crewe (1970)의 漁具軌跡研究는 漁撈作戰에 매우 有用한 資料가 될 것으로 생각하며, 또 水中에서 움직이는 漁具의 試驗에 있어서도 計測은 필수적인 것으로 생각된다(de Boer, 1957; Carrother, 1967; Lusz, 1970).

Smith(1970)는 水平날개에 의한 깊이바꿈은 큰 날개를 필요로 하기 때문에, Magnus効果(Schlichting, 1968)를 利用한 끌판을 붙인 回轉圓筒을 써서 깊이바꿈을 行하였으며, 이것을 그물어귀 展開에도 利用하였다.

끌줄의 形狀 및 이에 作用하는 張力分布에 관한 Pode(Kawakami, 1957)의 理論은 그물의 깊이 計算에 널리 利用되고 있으며, Friedman(1967)의 式도 이와 같은 點에서 有益한 것이라고 생각된다. 그러나 현수목선은 水中의 끌줄에 매우 近似하여 이 目的에 잘 利用된다(Dickson, 1967).

지금, 曳引速度를 v , 끌줄의 길이를 L , 그물漁具의 깊이를 y , 그리고 單位 길이의 끌줄, 전개판 및 그물漁具의 水中무게를 W_r , W_o , W_n , 이들의 流水抵抗을 R_r , R_o , R_n 라 하면 次元解析法에 의하여

$$y = kL f \left(\frac{W_r}{R_r}, \frac{W_o}{R_o}, \frac{W_n}{R_n} \right) \quad (1)$$

을 얻을 수 있다. 但, f 는 함수를 나타내며, k 는 常數이다.

式(1)에서 보는 바와 같이 水中抵抗體의 무게는 깊이를 增加시키는 要素이며 抵抗은 깊이를 減少시키는 要素이다. 實際 漁具가 構成되면, W_r , W_o 및 W_n 은 水中무게로서 거의 一定하며, R_r 은 끌의 形狀에 따라 그 값이 變動한다. 따라서 깊이 y 는 流水抵抗의 함수이고 流水抵抗은 速度 v 의 자승의 함수이므로, 깊이는 결국 速度의 함수라고 할 수 있다.

그런데 速度調節로서 中層트롤漁具의 깊이를 바꾸면 漁獲率이 變化되므로 速度調節에 의한 깊이바꿈은 좋은 방법이라고 할 수 없다. 適正漁獲效果(Friedman, 1970)를 얻는 상에는 任意速度가 아니며 魚種에 의해서 定해진 適切한 速度에 따라 漁船의 出力을 最大로 利用하는 경우이다(Hamuro, 1963). 速度를 一定하게 하여 漁具의 깊이를 바꾸는 것을 原則으로 한다면, 式(1)에서 첫째 끌줄의 길이 L 을 變化시켜 깊이를 바꾸는 방법을 생각할 수 있다. 둘째는 水中鉛直合力을 變化시키는 방법인데 W_r , W_o , W_n 中 任意의 要素를 變化시키는 방법과 別個의 錘 W_s 를 附加하는 방법의 두가지를 생각할 수 있다. 셋째는 첫째와 둘째의 것을 併用하는 방법이다.

張 志 元

漁具의 水中鉛直力의 變化는 錘를 附加 또는 除去하는 경우가 될 것이므로 전개판에 붙인 水平날개에 依한 揚力 및 附加 錘에 의한 鉛直力을 變化시키는 方法과 이 外에 끌줄의 長이를 變化시키는 方法을 여기서는 주로 다루고자 한다.

著者は 1967年 이와 같은 方法을 使用하여 船速을 變化시키지 않고, 水平 날개 迎角의 變化로서 어구의 深度를 調節시킬 수 있는 깊이바꿈틀을 고안하여 釜山水產大學 實習船으로서 中層트롤漁具의 깊이바꿈틀을 試驗하였다(張, 1968; 1972). 이 깊이바꿈틀은 漁具의 長이를 바꾸기 위한 水平날개와 그 전개를 위한 鉛直날개를 十字型으로 붙인 것이다. 1971년에는 鉛直 날개의 配置를 변경하고 漁具를 揚網하지 않고 迎角을 變化시킬 수 있도록 깊이바꿈틀 안에 電動機를 장치하고 船上에서 調節하였다. 海上實驗에서는 主로 이 裝置를 利用한 그물의 깊이바꿈틀을 다루었으며, 다음에 이 理論的인 根據와 實驗結果에 關하여 論하고자 한다.

理論 및 方法

1. 깊이바꿈 理論

水中에 있어서의 끌줄의 모양을 纈수곡선이라고 보면 一定한 速度에 있어서의 끌줄의 狀態는 Fig. 1과 같다. 그물漁具의 水中의 무게를 W_n , 抗力을 D_n , 이 두 合力을 R_n , 끌줄의 單位長이 當 水中 무게를 W_r , 끌줄끝에 그물이 매달려 있다고 보고 이 點을 原點으로 할 때, 이 點으로 부터 任意의 一點까지의 끌줄의 長이를 L , 微小 要素를 dL , 이 點에 있어서의 張力을 T , 張力이 水平方向과 이루는 角을 θ 라고 하면, 깊이 y 는 다음과 같이 하여 誘導 된다. 但 任意點과 그물어구와의 y 좌표의 差를 깊이로 한다.

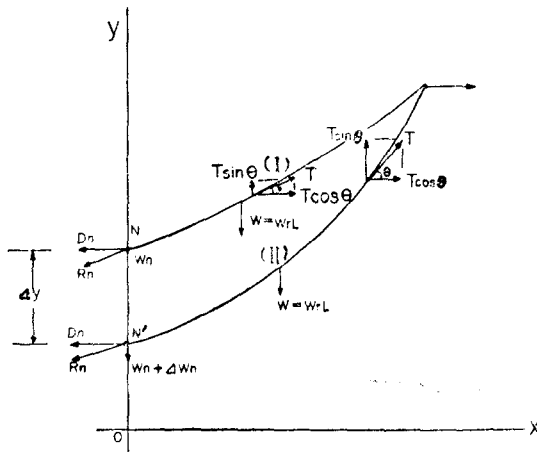


Fig. 1. A catenary shape of the warp

따라서 깊이 y 는 式(7)을 積分하여 얻는다(張, 1969).

$$y = \frac{1}{W_r} \left\{ \sqrt{D_n^2 + (W_n + W_r L)^2} - \sqrt{D_n^2 + W_n^2} \right\} \quad (8)$$

$W_n = 0$ 이면 깊이 y (鈴木, 1959)는

$$y = \sqrt{\left(\frac{D_n}{W_r}\right)^2 + L^2} - \frac{W_n}{W_r} \quad (9)$$

지금 W_n 에 錘 ΔW_n 을 附加하여 水中重量에 變動을 주었다고 하면 깊이의 變化 Δy 는 줄의 長이를 一定하게 할 때 Fig. 1(II)에서

Fig. 1(I)에서 끌줄의 모양을 纈수곡선으로 보고 힘의 비값을 생각하면

$$T \sin \theta = W_n + W_r L \quad (2)$$

$$T \cos \theta = D_n \quad (3)$$

$$\therefore \tan \theta = \frac{W_n + W_r L}{D_n} \quad (4)$$

이다.

$$\tan \theta = \frac{dy}{dx} \text{ 이고, } dL = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx \text{ 이므로}$$

$$dL = \sqrt{1 + \left(\frac{W_n + W_r L}{D_n}\right)^2} dx \quad (5)$$

이 고, $L=0$ 일 때 $x=0$ 이라고 하면

$$L = \frac{D_n}{W_r} \left\{ \sinh\left(\frac{W_r}{D_n} x + \sinh^{-1} \frac{W_n}{D_n}\right) - \frac{W_n}{D_n} \right\} \quad (6)$$

이것을 (4)式에 代入하면

$$\frac{dy}{dx} = \sinh\left(\frac{W_r}{D_n} x + \sinh^{-1} \frac{W_n}{D_n}\right) \quad (7)$$

$$\Delta y \approx \frac{1}{W_r} \left(\frac{W_n + W_r L}{\sqrt{D_n^2 + (W_n + W_r L)^2}} - \frac{W_n}{\sqrt{D_n^2 + W_n^2}} \right) \Delta W_n \quad (10)$$

이요, 또 줄의 길이를 變化시켰다고 하면, 길이의 變化 Δy 는 水中重量을 一定하게 할때

$$\Delta y \approx \frac{W_n + W_r}{\sqrt{D_n^2 + (W_n + W_r L)^2}} \Delta L \quad (11)$$

이다.

끝줄의 中間에 錘를 附加했을 때를 생각하면 Fig. 2(II)에 보이는 바와 같이 張力과 附加한 錘의 무게 사이에 力學的인 平衡이 成立하여야 한다. Fig. 2(I)에서 點 P의 오른쪽과 왼쪽으로 作用하는 張力을 各各 T_u, T_d 라고 하고, 이들이 x 軸과 이루는 角을 θ_u 및 θ_d 라고 하면 x 軸(水平)方向과 y 軸(鉛直)方向으로 張力을 直角成分으로 分解할 때, 현수곡선 Fig. 2(I)에 있어서의 힘의 平衡條件은 다음과 같다.

$$\left. \begin{aligned} T_u \sin \theta_u &= T_d \sin \theta_d \\ T_u \cos \theta_u &= T_d \cos \theta_d \\ T_u &= T_d, \quad \theta_u = \theta_d \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Fig. 2(II)의 P' 點은 무게 W_s 를 附加한 경우이다.

즉 무게 W_s 를 $T_d \sin \theta_d$ 에 첨가한 경우이며 P' 點의 오른쪽으로 作用하는 張力을 T_u' , x 軸과 이루는 角度를 θ_u' 라고 하면, 왼쪽으로 作用하는 張力 T_u 는 一定하다고 볼 때, 왼쪽의 어구에 作用하는 힘의 條件에 變動이 없으므로 $W_s + T_d \sin \theta_d > T_u' \sin \theta_u'$ 가 成立하는 동안 끝줄은 沈下를 계속하고, $W_s + T_d \sin \theta_d = T_u' \sin \theta_u'$ 로 되어, 즉 鉛直成分이 平衡이 되어 沈下를 멈춘다. 이때 P' 點으로부터 그물까지의 현수곡선은 그물 쪽의 力學的 樣相이 變하지 않는 限 모양이 바뀌어지지 않는다고 생각되므로 $T_u' > T_u$ 가 되며 다음의 式이 成立한다.

$$\left. \begin{aligned} T_u' &= \sqrt{T_u^2 + W_s^2 + 2T_u W_s \sin \theta_u} \\ \tan \theta_u' &= \frac{W_s + T_d \sin \theta_u}{T_u \cos \theta_u} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

여기서 點 P 및 點 P' 를 原点으로 잡으면 현수곡선의 관계식에서 무게 W_s 를 附加해서 생기는 길이의 變化 Δy 는 다음과 같이 표시된다.

$$\Delta y = \frac{1}{W_r} \left\{ (T_{ur}' - T_{ur}) - (T_u' - T_u) \right\} \quad (14)$$

$$\text{단, } T_{ur}' = \sqrt{T_u^2 + (W_s + W_r L)^2 + 2T_u(W_s + W_r L) \sin \theta_u}$$

$$T_{ur} = \sqrt{T_u^2 + (W_r L)^2 + 2T_u W_r L \sin \theta_u} \quad \text{이다.}$$

錘를 附加하는 代身, 水平으로 장치한 날개의 迎角을 바꿔서 正負의 揚力(田中, 1960)을 얻으면 이 鉛直의 正負의 揚力이 앞 理論의 錘와 같이 作用하므로 끝줄의 形狀을 變化시켜 그물漁具의 길이를 바꿀 수 있다. Fig. 3에 圖示한 바와 같이 길이 바꿈틀을 끌고 있는 끝줄의 曳行點에 있어서의 張力과 水流가 이루는 角度를 β , 曳行點에 걸리는 끝줄의 張力을 F , 길이바꿈틀의 水中무게 및 그물의 抗力을 W_0 및 D_n , 그揚力을 $L(\alpha)$ 라고 하면 L 은 α 의 함수이고 다음 式이 成立한다.

$$\left. \begin{aligned} \pm L(\alpha) + F \sin \beta &= W_0 \\ F \cos \beta &= D_n \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

단, 正符號(+)는 揚力이 上方으로 作用할 때이고 負符號(-)는 下方으로 作用할 때이다.

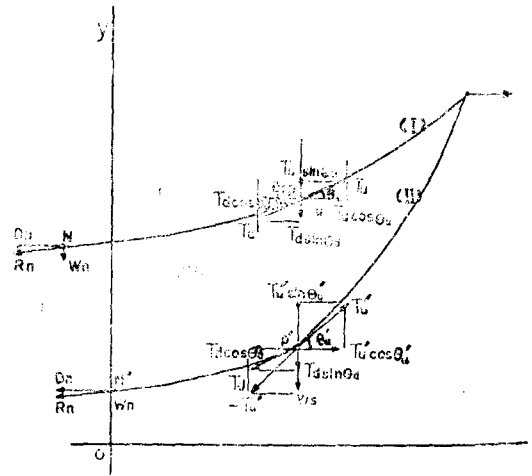


Fig. 2. A change of the catenary shape by adding a weight on the warp.

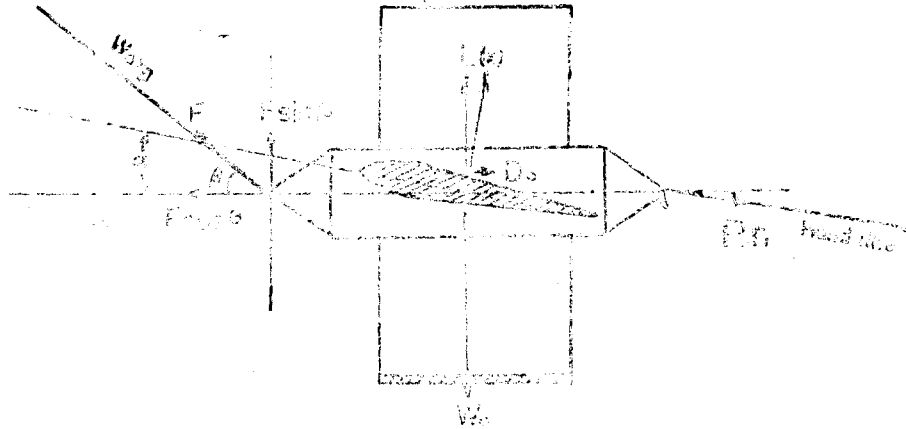


Fig. 3. A depth control device with a variable attitude horizontal wing.

그런데 莫大한 그물漁具의 流水抵抗때문에 작은 揚力으로는 깊이바꿈이 쉽게 되지 않는다. 따라서 이에 相當한 揚力을 내기 위해서는 큰 날개가 必要한 것이다. 揚力은 $L(\alpha) = \frac{1}{2} C_L \rho A_0 v^2$ 에 의해서 결정된다. 但 C_L 은 揚力係數, ρ 는 물의 밀도, A_0 는 水平날개의 面積, v 는 速度이다.

2. 掃海深度의 安定性

끌을 뒤에 매달려 끌려가는 그물漁具는 그 流水抵抗이 매우 크다. 流水抵抗이라고 하지만 사실상 抵抗力이 그 全部이며 水中重量은 抵抗力에 比하면 대단히 작다. 따라서 이와같이 큰 張力을 받고 있는 줄을 어떤 外力에 의해서 偏位시킨다는 것은 용이한 일이 아니다. 비록 外力에 의해서 上下로 偏位되는 일이 있다고 하더라도 莫大한 크기의 水流抵抗이 偏位速度에 比例해서 作用할 것이므로 流水抵抗이 그 偏位를 감쇠시킬 것이다. 그리고 偏位된 後에는 그물漁具의 合力 R_n 이 手綱끝의 張力 T_n 方向과 直線上에 있지 않으므로 流水抵抗 R_n 과 그 手綱에 作用하는 張力 T_n 의 合力이 直線上에 올 때까지 原狀으로 다시 恢復시킨다(Fig. 4).

그리고 이 그물漁具의 外力에 의한 偏位는 매우 微少할 것이며 偏位가 일어난다고 하더라도 原狀復歸의 過程은 거의 非週期性 減衰과정으로 생각된다. 따라서 掃海深度는 매우 安定된 狀態가 지속된다.

또 깊이바꿈틀에 의해서 끌줄의 모양이 變化했을 때는 그물의 깊이 變化는 매우 徐徐히 進行될 것이며 큰 抵抗力때문에 即刻의인 응답은 어리울 것이다. 船速에 變化를 주는 경우는 그물의 深度變化에 큰 效果가 있을 것이나, 이것은 그물形狀에 變化를 이룰 것이므로, 速度變化에 의한 깊이바꿈은, 魚群에 接近하기 전에 深度를 바꾸고, 接近했을 때는 漁具의 狀態를 變更시키지 않도록 時間的인 여유를 가지고 行하여야 한다. 그러나 適正漁獲 速度가 문제가 되므로 速度變化는 피하는 것이 바람직하다.

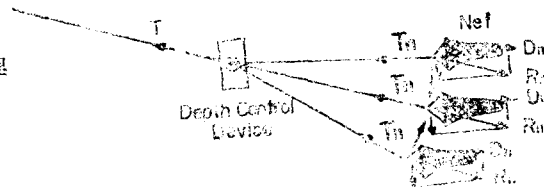
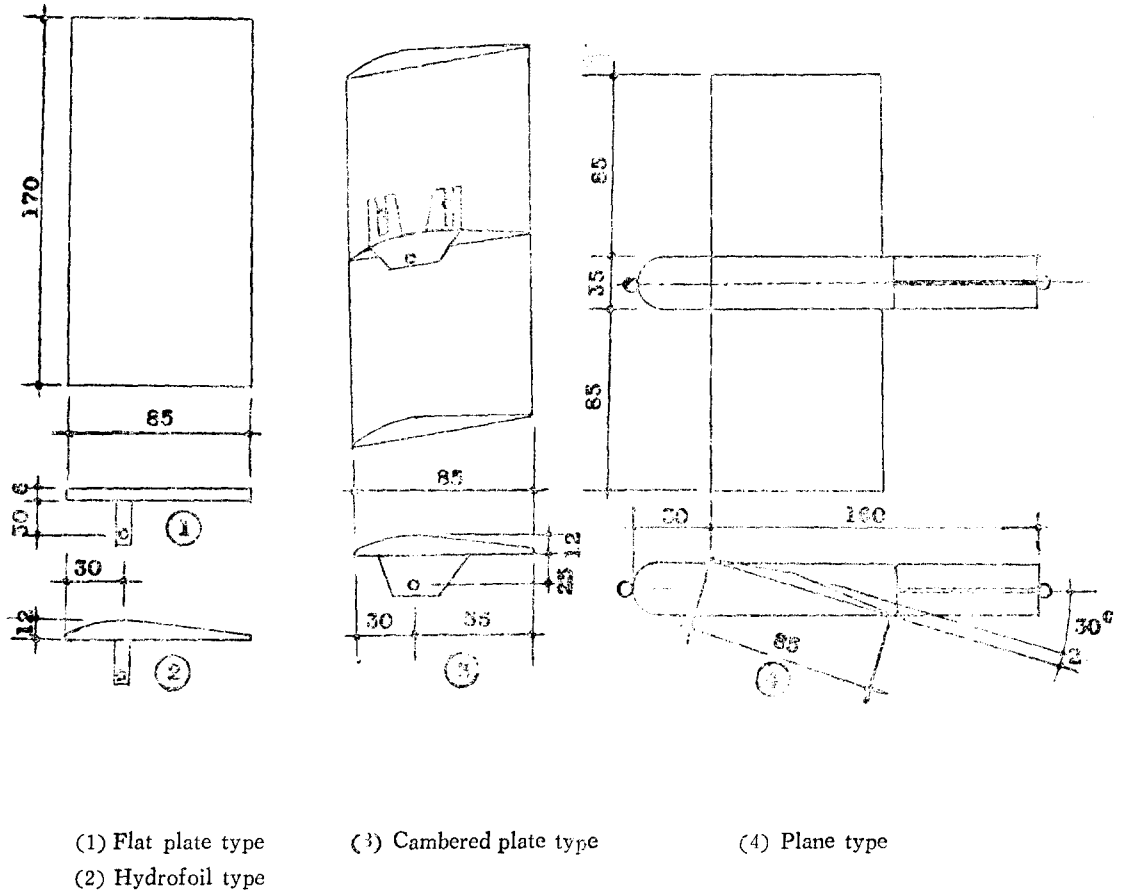


Fig. 4. Sweeping depth stability of a midwater trawl.

3. 試料 및 方法

展開板은 우선 從來의 底層式 平板型(高山, 小山, 1959), hydrofoil型, 灣曲型(Süberkrüb, 1957), 그리고 胴体에 hydrofoil型 날개를 붙인 展開板의 네가지 형태의 模型(田内, 1934; Kawakami, 1963)을 만들어 試驗하였다. 그 치수는 Fig. 5와 같다. 回流水槽內的 實驗에서는 合板으로 圓錐台型의 模擬水中抵抗體를 그물 代身



(1) Flat plate type
(2) Hydrofoil type

(3) Cambered plate type

(4) Plane type

Fig. 5. Otter board models

에 使用하여 模型展開板뒤의 手綱에 매달아 實驗하였다. 이것은 全重量을 가볍게 한 底層用의 전개판이 中層에 使用될 수 있는지의 여부를 調査하기 위해서였다. 中層트론 그물도 그 性能을 調査하기 위해서 流具設計集(FAO, 1965)에 의거해서 Fig. 6과 같은 規模의 模型을 만들어 回流水槽에서 實驗하였다. 回流水槽가 1.3kts 以上の 流速을 낼 수 없었기때문에 그 以上の 流速範圍는 電動式 line hauler를 장치하여 曳引式으로 하여 實驗하였다. 流水抵抗을 測定할 때는 모형그물에 길이 90cm의 綿糸pendant를 달아 길이 80cm의 鋼線(3mmφ)에 묶고 이것을 曳引車에 매달아 曳引하면서 容수철지울을 使用하여 測定하였고, 총저항에서 鋼線 및 綿糸의 저항을 減한 것을 그물저항 測定値로 하였다. 時間은 曳引驅雅 兩端에 마이크로 스위치를 장치하고 曳行車의 通過로서

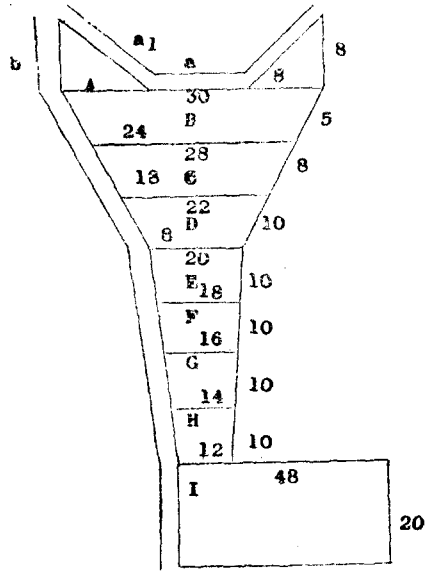


Fig. 6. Drawing of the model net.

스윙치를開放시키는 測時장치에 의해서 交流周波數를 沃度加里澱粉紙에 記錄시켜 1/120초의 精度로 측정하였다 (科學實驗編集部編, 1962). 速度의 變化에 따라 網形의 形狀을 관찰하고 그 網어귀의 變化를 대자(mm單位)로 測定하였다. 流速을 높임에 따라 그물어귀가 축소되므로 이것을 開口시키기 위해서 錘를 밑줄쪽에 달았다.

第一次 海上實驗은 鴻양호(103 ton, 250 hp)로 1967年 12月15~19日, 釜山 邑도의 南端 80m水深의 海上에서 실시하였다. 이에 使用한 漁具는 Fig. 7과 같은 깊이바꿈틀과 Fig. 8과 같은 小型 申曆프롬그물 및 底層用프롬그물이었다. 깊이바꿈틀의 構造는 깊이바꿈을 위한 水平날개와 전개를 위한 鉛直날개를 十字型으로 胴體에 장치한것이 며 날개의 형태는 그 斷面이 圓弧로서 만 곡도는 10%이다.

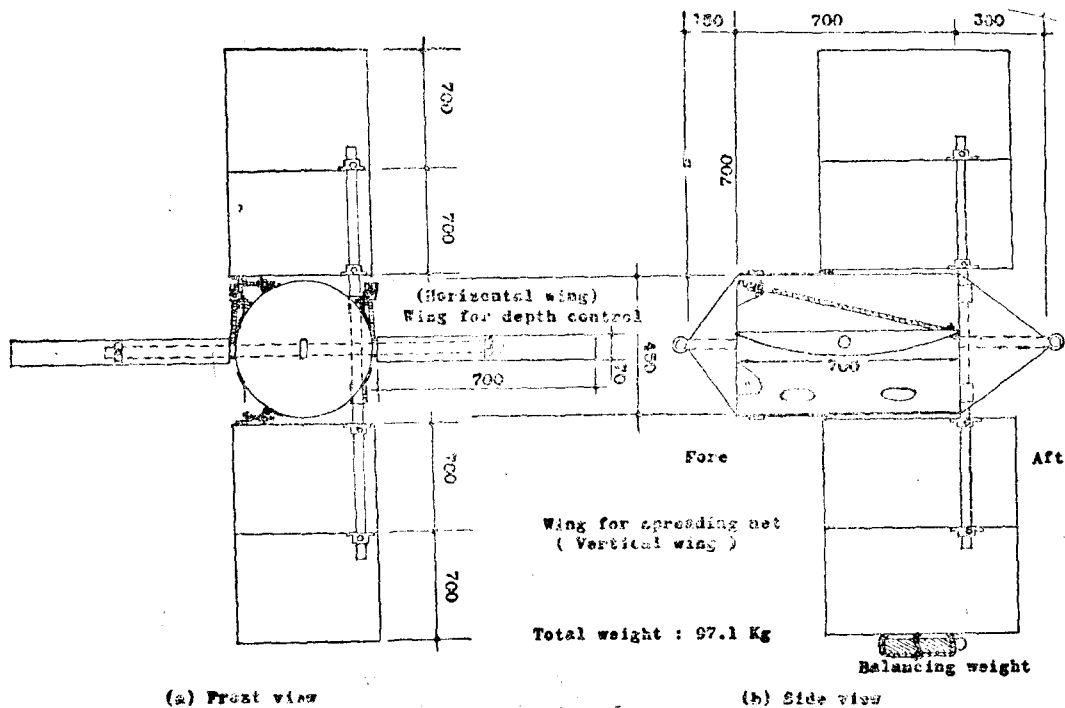
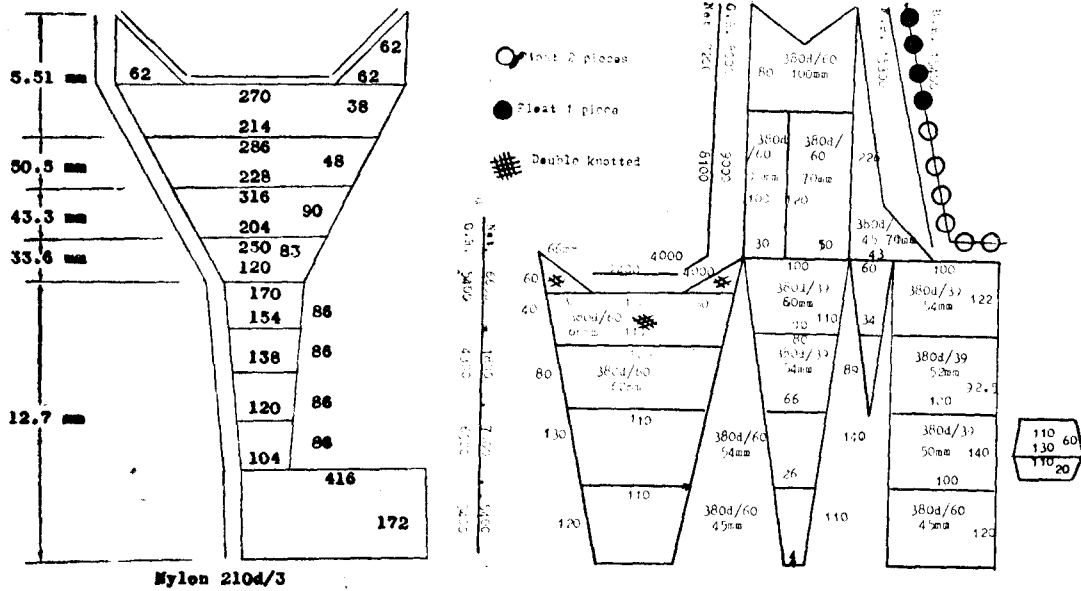


Fig. 7. Cross-wing type depth control device

中層트롤의 길이바꿈과 掃海深度의 安定性



(a) Midwater trawl net

(b) Bottom trawl net

Fig. 8. Drawing of the trawl net used in the first experiment at sea.

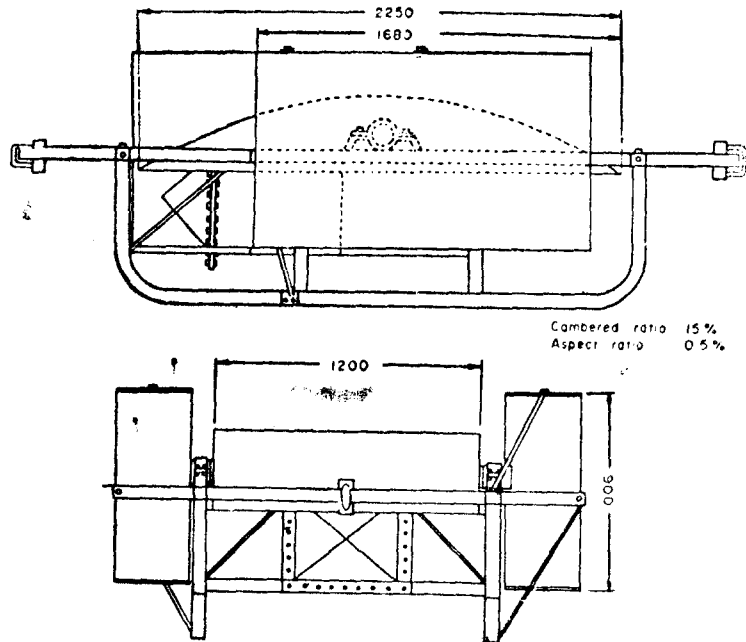


Fig. 9. H- wing type depth control device.

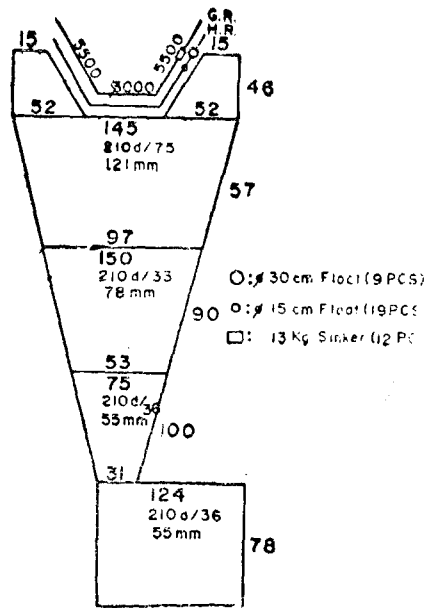


Fig. 10. Drawing of the midwater trawl net used in the second experiment at sea.

第二次 海上試驗은 實習船 白鯨號(380 ton, 850 hp)를 사용하여 1971年 南海의 세존도와 갈도사이 및 거제도와 홍도사이에서 實施하였다. 이때 使用한 깊이바꿈틀 및 中層트물漁具는 Fig.9 및 Fig.10과 같다.

깊이바꿈틀의 날개 형태는 그 斷面이 圓弧狀이며 反곡도는 15%이다. 그리고 十字날개型 깊이바꿈틀의 날개配置가 너무 부피를 크게 차지하므로 이것을 可能な 限 줄이기 위하여 二次 實驗에서는 前날개를 水平날개 兩쪽에 나란히 오도록 H型으로 장치하였다. 理論上 速度 2.4 kts에서 使用한 그물어구의 계산유수저항이 約 3.6 ton이며, 曳行點에 있어서의 끌줄의 迎角을 5°, 길이를 200 m, 計算揚力이 水平날개의 迎角을 30°로 할때 360 kg이며 깊이바꿈틀理論의 (14)式에 의하면 깊이의 變化 Δy 는 約 40m가 된다.

第一次 實驗에 있어서는 投網할때마다 날개의 迎角을 0° 및 20°로 바꾸어서 그물漁具의 깊이 變化를 관찰하였다. 第二次 實驗에서는 迎角을 變化시키기 위한 電動機를 설치하였다. 그 驅動을 위한 回路圖는 Fig. 11과 같다.

電源은 100 V交流이며 이것을 整流하여 直流로 바꾸고 이것으로 1/4HP의 電動機를 驅動하였다. 실제 操業에 있어서는 날개의 迎角을 0°, 10°, 20°, 30°의 4단계로 바꾸고 이 各各에 對하여 끌줄의 길이는 100m, 150m, 200m의 세 가지 경우로 하였으며 船速도 바꾸어서 2~2.6 kts(170~200 r. p. m.) 사이를 4단계로 나누어서 試驗하였다. 깊이바꿈틀의 安定을 위하여 54 kg의 추를 깊이바꿈틀 밑에 매달았고 어귀천개를 위해서 그물의 발출쪽의 手綱에는 26 kg의 추를 달았다.

實驗中 使用한 측기는 Yanagi G & I의 記錄範圍 0~1 ton(精度 0.1 ton)의 水中自記張力計 및 기록범위 0~16m(精度 0.1m)의 水中自記網高計(葉室, 1959)와 Furuno製의 FNZ6B型 直讀式網深計(30~240 m), Toho Dentan CM-1B型 直讀式流速計(0~3 m/sec) 및 0~5 ton用 荷重計, 展開角度器(0~90°), 傾斜角度器(0~180°) 등이다. 機關의 每分回轉數 測定에는 船上的 回轉計를 利用하였다.

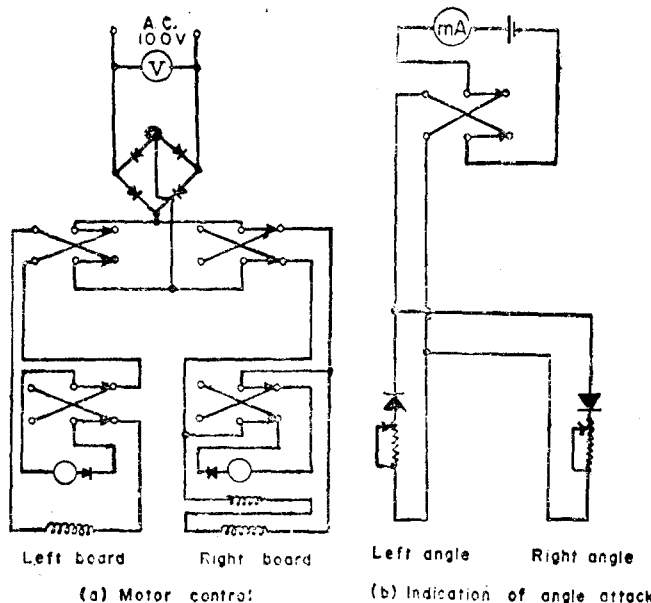
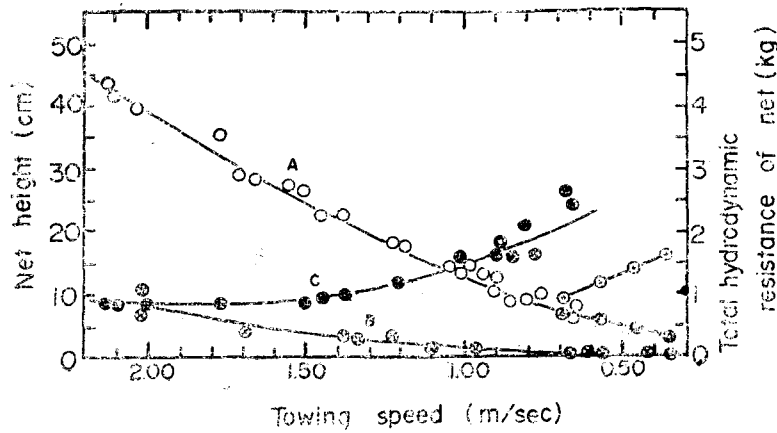


Fig. 11. Circuit diagrams for driving motors to change the angles of attack of the horizontal wings.

結 果

1. 模型實驗結果

模型展開板(Fig. 5)과 模型그물(Fig. 6)의 回流水槽에 依한 實驗結果는 Fig. 12 및 Table 1 과 같다. 流速 0.5m/sec 以下에서는 回流式으로 하고 그 以上에서는 曳引式으로 하여 實驗하였다.



A: Hydrodynamic resistance of the beam
 B: Hydrodynamic resistance of model net
 C: Mouth height of model net

Fig. 12. Speed dependency of the hydrodynamic resistance of the model net and its mouth height.

Table 1. Speed Dependency of the Hydrodynamic Force of the Otter Board Models with Dummy Net and their Spreads

Otter board	Weight		Velocity of current (m/s)	Dummy Net I		Dummy Net II		Dummy Net III	
	in air (gm)	in water (gm)		Total hydrodynamic resistance (kg)	Spread (cm)	Total hydrodynamic resistance (kg)	Spread (cm)	Total hydrodynamic resistance (kg)	Spread (cm)
Flat plate type	115.0 (67.9)	16.0 (64.5)	0.36	0.57	55	0.85	31	1.50	19
			0.46	0.8	54	1.55	30	2.10	20
			0.57	1.40	57	2.25	34	2.90	22
Hydrofoil type	186.0 (67.9)	50.0 (64.5)	0.36	0.60	48	0.90	35	1.50	24
			0.46	0.90	53	1.70	33	2.10	26
			0.57	1.40	58	2.30	31	2.90	26
Cambreed plate type	84.0 (67.9)	69.0 (64.5)	0.36	0.62	55	0.95	39	1.50	26
			0.46	1.11	71	1.70	45	2.10	26
			0.57	1.60	65	2.45	42	2.90	26
Plane type	271.8 (41.5)	103.9 (37.1)	0.36	0.51	47	0.81	35	1.50	20
			0.47	0.90	50	1.40	37	2.00	25
			0.57	1.40	57	2.20	38	3.00	25
Without otter board			0.36	0.35		0.70		1.40	
			0.47	0.70		1.25		2.10	
			0.57	1.05		1.90		3.00	

NB: The values in the brackets represent the attached weights on the lower side of the boards

2. 海上實驗 結果

第一次 海上實驗에서 얻은 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Results of the First Experiments of Midwater Trawl Performances at Sea

Net	Angle of attack of the horizontal wing	Towing speed	Warp length	Divergence of warps	Declination of warps	Length of hand rope	Main engine r. p. m.	Net depth	Net height	Warp tension	Angle of attack of the vertical wing
Net(a)	0	2.6kts	80m	13°	14°	30m	200	15m	6m	—	38
Net(b)	0	1.9	100	7	25	50	190	39	Scale out	—	38
	0	—	100	7.5	24	50	220	—	—	—	38
	20	1.9	100	6.2	31	50	190	—	—	—	38

Table 2에서 Net(b)는 Fig. 8(b)의 機船底曳網用 그물이며 이것을 中層에서 전개시킬 수 있는지의 여부를 알아보기 위해서 試驗한 결과이다.

第二次 海上試驗에서는 波浪이나 航跡의 屈曲 및 船舶의 動搖(偏搖)때문에 同一 主機回轉數에 對해서 도 船速에 變化가 심하였다. 그 결과는 Fig. 13와 같으며 迎角과 끌줄의 長이가 同一할때도 그물어구의 水深은 多少의 偏差가 있다. Fig. 14는 끌줄바꿈물 水平날개의 迎角에 따라 定해지는 그물어구의 長이와 이에따라 달라

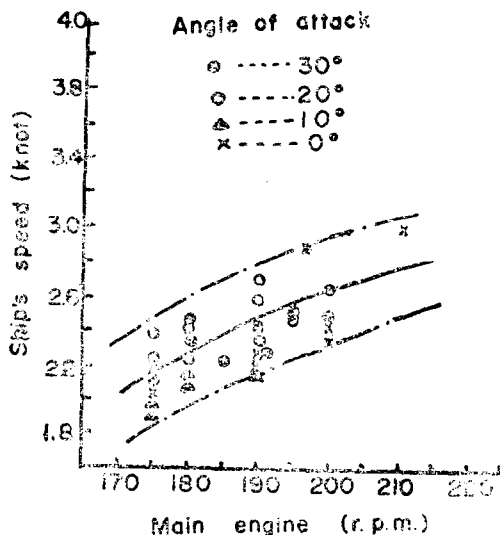


Fig. 13. Conversions of ship's engine r. p. m. to its speed.

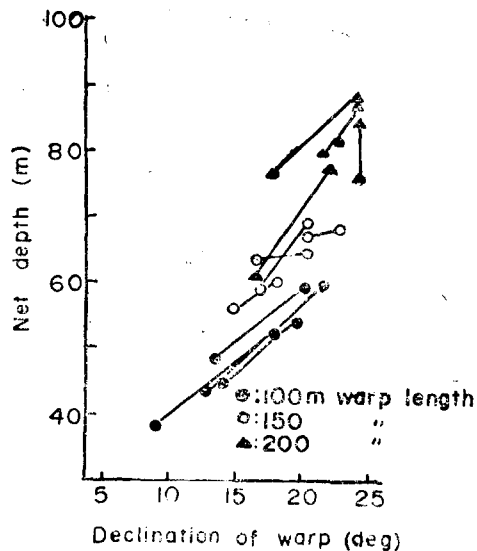


Fig. 14. Changes of net depth by changing warp declination.

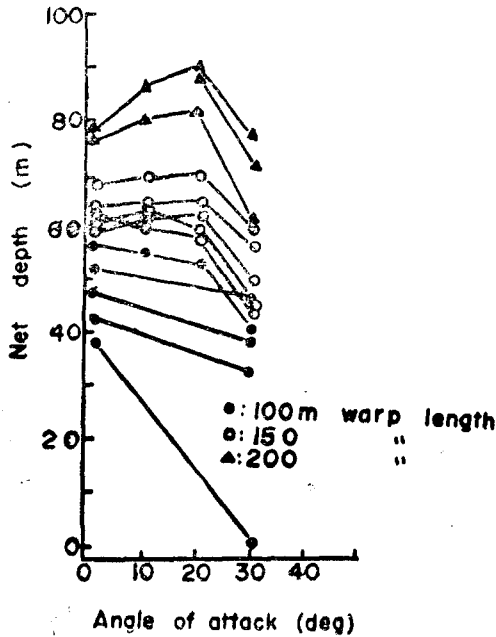


Fig. 15. Changes of net depth by changing angle of attack of horizontal wing.

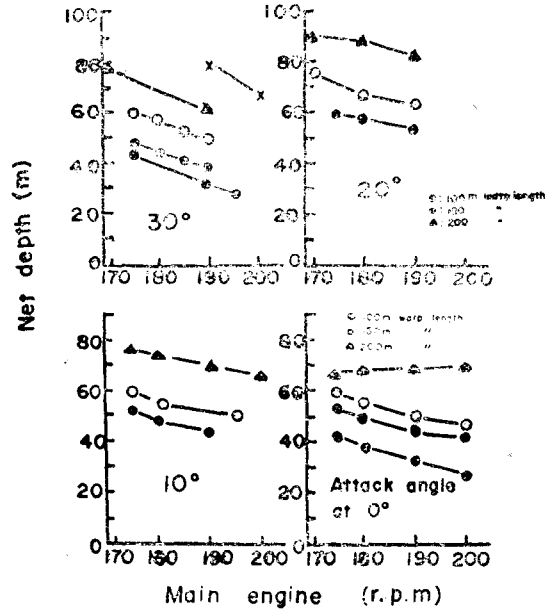


Fig. 16. Changes of net depth by changing ship's speed.

지는 끌줄의 伏角을 나타내고 있다. 여기서도 迎角 20°~30°에서 그물어구의 길이는 變化가 크고, 伏角에 있어서는 7°정도의 變化가 있으나, 迎角 0°~20° 사이에서는 伏角에 2° 정도의 變化 밖에 없다.

Fig. 15는 길이바꿈틀 날개의 迎角이 0°, 10°, 20°, 30°일때, 이 각각에 對한 끌줄의 길이를 100 m, 150 m, 200 m 로한 그물漁具의 길이를 나타내고 있다. 길이바꿈틀 날개의 迎角이 20°~30° 範圍일 때는 漁具의 길이를 크게 變化시키고 있으나 0°~20° 사이에서는 큰 變化가 없다.

Fig. 16은 끌줄 100 m, 150 m, 200 m 일 때 曳引速度에 對한 그물어구의 길이를 迎角 0°, 10°, 20°, 30°에 對하여 나타내고 있다. 끌줄 길이의 增加에 따라 어구의 길이는 增加한다. 길이바꿈틀 날개의 迎角 0°~20°에서는 끌줄이 100~150 m일 때 그물어구의 길이에 5~8 m 정도의 變化가 있으며, 150~200 m 일때 길이에 8~15 m의 變化가 있다. 그러나 迎角 20°~30°에 있어서는 끌줄이 50 m 길어짐에 따라 길이에 15 m 씩 變化가 있다.

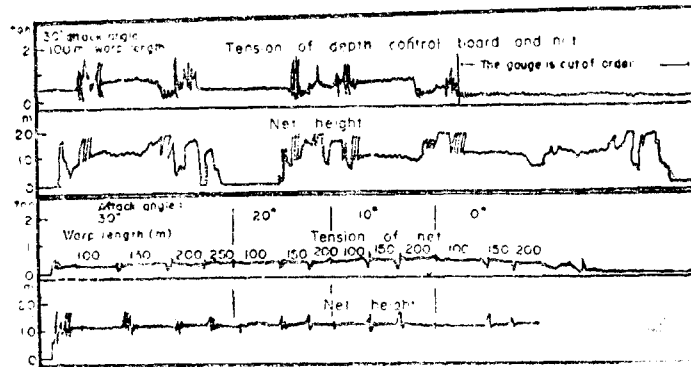


Fig. 17. Records of the tension ($\frac{1}{4}$ drag) and the mouth height of the net.

Fig. 17은 그물의 流水抵抗 즉 그물의 抗力에 對한 그물의 어귀높이(網高)를 나타내고 있으며 이것은 네 개의 코백줄 中 그하나에 장치한 水中張力計의 指示値이므로 그물 全体에 作用하는 抗力은 그림에 나타낸 값의 4배가

되며 約 2 ton이 된다. 깊이바꿈틀의 공기중의 重量은 約 500 kg 이고 抗力은 約 50 kg 이다. 그리고 그물어귀의 最大높이는 約 13m이다. 그물漁具의 抗力과 網高는 曳引速度 2~2.6 kts(r. p. m. 170~200) 사이에서는 끝줄의 길이에 관계 없이 뚜렷한 變化가 없다.

考 察

模型展開板의 크기는 水中模型抵抗體의 크기와 서로 알맞는 것이어야 한다. 그물을 제대로 展開시키려면 이에 알맞는 展開板이 필요한 것이다. Fig. 18에 圖示한 바와 같이 曳引中의 漁具의 力學的 平衡狀態를 생각한다. 끝줄의 展開角의 半을 θ_1 , 展開板의 曳行點에 있어서의 끝줄에 걸리는 張力을 T_r , 展開板의 流水抵抗을 F_s , 手綱

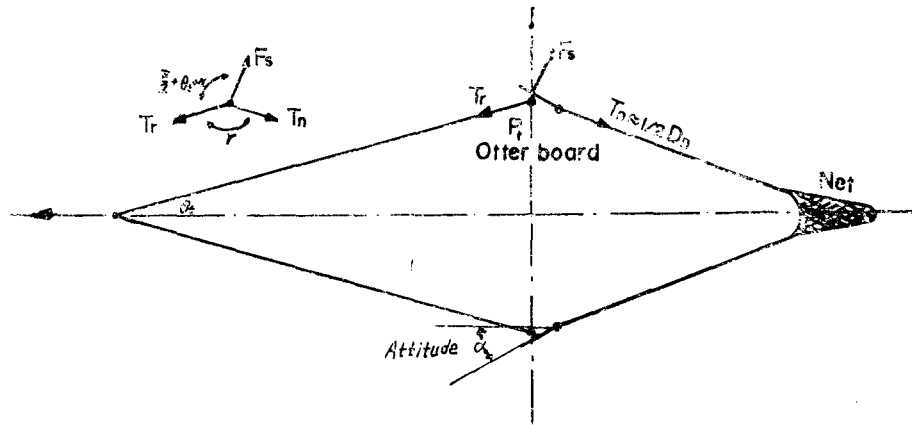


Fig. 18. State of equilibrium of the rigging system.

에 걸리는 張力을 T_h , 전개판의 迎角을 α 라고 하면, F_s 와 T_r 가 이루는 角度는 $\frac{\pi}{2} + \theta_1 + \alpha$ 이고, $T_h \approx \frac{1}{2} D_n$ 로 볼 수 있다. 여기서 D_n 은 그물의 抗力이다. 끝줄의 모양이 直線狀이라고 假定한다면 다음 관계가 成立한다.

$$\frac{T_h}{\sin(\frac{\pi}{2} + \theta_1 + \alpha)} = \frac{F_s}{\sin r} \quad (16)$$

但 r 는 T_r 와 T_h 가 이루는 角度이다. 따라서 끝줄의 길이와 手綱의 길이가 주어지면 展開板의 展開距離가 주어진다. 模型實驗에서 展開板의 下方에 錘를 달지않으니 展開板에 鉛直上向力이 생기고, 展開板이 기울어지면 揚力이 隨伴하여, 끝줄의 船上의 固定點과 그물끝과를 잇는 直線을 軸으로 하여 끝줄과 手綱이 回轉하고 兩 展開板은 위에서 合쳐졌다. 이것은 展開板이 不安定한 것을 意味하므로 下方에 錘를 달 結果, 正常的인 展開板 形成되었다. 이것으로 미루어보아 上部에는 浮力을 부여하고 下部에는 錘를 달아 復元力을 주면 展開板의 姿勢가 매우 安定된다는 것을 알 수 있다. 이때 展開板의 重心은 반드시 曳行點보다 下部에 있어야 한다. 즉 展開板이 기울어진다고 하더라도 曳行點과 手綱을 잇는 直線을 軸으로 하여 重力과 浮力에 依한 力으로 신속하게 原狀恢復하도록 構成하여야 한다. 中層트롤의 展開板은 海底에 沈下되지않는 것이 바람직하므로 上部 浮力과 下部 重力을 적당히 주어 水中重量을 고려하여 沈下되지 않도록 가볍게 하여야 한다. 이렇게 해서 展開板의 安定度를 높이면 底曳網의 展開板도 中層트롤에 使用可能함을 알 수 있다.

中層트롤의 깊이바꿈과 掃海深度의 安定性

模型그물의 水槽實驗에서 보는바와 같이 網口의 높이는 流速의 增加에 따라 縮小된다. 流速과 網口높이와의 關係는 雙曲線狀이 된다. 또 流水抵抗은 流速과 더불어 增加하고 있으며 兩者사이의 關係는 對稱狀이 된다. Fig. 10에서 網口높이 Hcm 와 曳引速度 $v m/sec$ 사이의 抵抗 $R kg$ 와 曳引速度 $v m/sec$ 사이에는 다음과 같은 關係가 成立 한다.

$$H = \frac{10}{v + 0.4} + 8 \quad (17)$$

$$R = 9v^2 + 3$$

第一次 海上實驗에서는 水平날개의 迎角을 0° 및 20° 의 두 가지 경우로 限하여 實驗하였다. 그리고 底曳網그물을 試驗한 結果, 水平날개의 迎角이 0° 및 20° 에서 끝줄의 伏角이 各各 24° 및 31° 가 되었다. 이것은 그물漁具의 깊이變動을 뜻한다. 그리고 十字날개型 깊이바꿈틀의 下鉛直날개 밑에 錘를 달아 復元力을 增加시켰더니 投網時의 漁具展開狀態는 매우 安定되었다. 胴體前後의 끝줄과 手綱의 連結部에 꼬임풀이(swivel)를 달아, 깊이바꿈틀을 任意로 投擲하여도 展開는 대단히 安定된 狀態로 恢復되어 作業에 아주 便利하였다.

第二次 海上實驗에 있어서는 第一次海上實驗時의, 여러가지 결점을 補完하기 위해 많은 計測器를 정비하여 이에 臨하였다. 그물深度는 Furuno FNZ6B 型 網深計로서 測定하였다. 船速을 一定하게 維持하는 동안 그물의 깊이變動은 볼 수 없었다. 深度調節 水平날개의 迎角은 $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ 로 바꾸었고, 이 各各에 對하여 끝줄의 깊이는 100 m, 150 m, 200 m로 曳引하면서 變化시켰다. 이에따라 深度計 示度가 徐徐히 움직였으며 급격한 深度變動은 볼 수 없었다. 이것은 그물의 流水抵抗이 다른 어느 部分보다 크므로 그 變動이 緩慢하여 安定性이 크다는 것을 意味하는 것이다.

그런데 理論上 船速의 變化에 依해서 그물漁具의 深度에 상당한 差異가 있으리라고 豫想한 바와는 다르게 Fig. 16에서 보는 바와 같이, $2 \sim 2.6 kts$ 사이에서는 深度變化가 $10 \sim 15m$ 였으며, 그 關係曲線은 모두 기울기가 緩慢하다. 그러나 이와같은 船速範圍에서도 깊이바꿈틀의 迎角이 30° 의 경우는 그 深度의 變化가 커졌다. 船速約 $3 kts$, 迎角 30° 에서 그물漁具는 水面에 浮上하였다. 이와같은 事實을 고려했때 깊이바꿈틀의 性能은 아주 우수하다고 생각된다. 또 表面에 浮上한 漁具를 曳引할 때에도 船速이 一定한 경우는 그물漁具의 不安定한 昇降運動은 볼 수 없었다.

水上(1969)가 測定한 揚力係數는 迎角이 $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ 인 때 각각 0.15, 0.5, 1.0, 1.38이다. 따라서 이 값으로 計算한 揚力은 各 迎角에 있어서 40 kg, 130 kg, 260 kg, 360 kg이며, 船速이 $2.4 kts$ 일때 迎角 30° 및 그물漁具의 깊이 39 m에서 끝줄의 曳行點에 있어서의 끝줄과 水平方向이 이루는 角度를 約 5° 로 보면 그 正弦은 0.08이다. 따라서 이 點의 張力鉛直分力은 $\frac{1}{2} \times 2 \times 0.08 = 0.08 ton$ 이다. 크기 $1.2 \times 2.4 m^2$ 인 水平날개의 揚力은 迎角 30° 의 경우 360 kg이고 鉛直上向力은 $80 + 360 = 440 kg$ 가 되나, 깊이바꿈틀의 水中 무게가 460 kg이므로 $460 - 440 = 20 kg$ 의 水中 重量이 깊이바꿈틀에 作用하는 셈이 된다. 그러나 迎角 $20^\circ, 10^\circ, 0^\circ$ 의 경우는 120 kg, 250 kg, 340 kg이 된다. 그런데 20° 以下에서 效果가 적은 것은 水平날개를 걸고있는 構造物이 亂流를 일으켜 흐름에 방해를 주기 때문이라고 생각된다.

Süberkrüb의 hydrofoil型 展開板은 迎角 15° 근처에서 揚力係數가 最大이나 本 實驗에서 使用한 灣曲된 모양이 圓弧型인 展開板은 迎角 30° 근처에서 揚力係數가 最大이다 (Schärfe, 1957).

第二次 實驗에 使用한 깊이바꿈틀은 $0^\circ \sim 30^\circ$ 범위에서 約 20m의 깊이밖에 變化시킬 수 없으므로 더욱 큰 深度에 變化를 얻으려면 이보다 큰 깊이바꿈틀이 必要함을 알 수 있다. 그러므로 이와같은 크기의 展開板에 境界層調節에 依한 回轉圓筒, 回轉벨트, 吸入틀과 같은 高性能揚力장치를 結合시키면 더욱 效果의인 結果를 얻을 것이다. 또 한가지 方法은 使錘의 使用이다. Fig. 19와 같은 roller block를 끝줄에 따라 움직이게 하고, 이에 커다란 錘를 달고 가느다란 wire줄로 船 위에서 適當한 위치까지 보내거나 당겨올릴 수 있게하여 끝줄의 形狀을 變化시켜 그물漁具의 깊이를 바꾸게 할 수 있다. 以上 고찰한 結果를 綜合하면 中層트롤의 掃海深度는 莫大한 그물漁具의 流水抵抗 때문에 그 安定性이 매우 좋다. 그런데 水平날개의 迎角變化에 必要한 깊이바꿈틀의 水平날개의 부피는 外觀上 너무 크게 보인다. 著者が 實驗한 깊이바꿈틀이 迎角 $20^\circ \sim 30^\circ$ 에서 船速平均 $2.3 kts$ 일때 約 20m의 深度變化를 얻을 수 있었으므로 迎角을 $\pm(20^\circ \sim 30^\circ)$ 로 變化시킨다면 約 40m의 深度變化를 얻을 수 있다. 따라

서 實用上 支障이 없다고 생각된다. 더구나 適正 漁獲速度가 3~4 kts로 되는 경우는 迎角의 變化에 依한 揚力의 變化도 클 것이므로 깊이의 變化도 커질 것이다. Smith(1970)는 부피가 큰 날개장치를 피하기 위하여 流水속에서 回轉圓筒을 回轉시켜 Magnus 효과에 의해서 큰 揚力을 얻는 부피가 작은 高揚力 장치를 使用하였다. 이것은 비행기나 船舶에 있어서 과거 많이 연구된 것이며, 回轉圓筒 外에 回轉belt 및 吸入틀등을 利用한 方法도 연구되었다(Schlichting, 1968). 이것을 著者が 고안한 水平 날개와 結合시키면 더욱 큰 힘을 얻을 수 있으며 깊이바꿈의 機動性을 더욱 향상 시킬 수 있다.

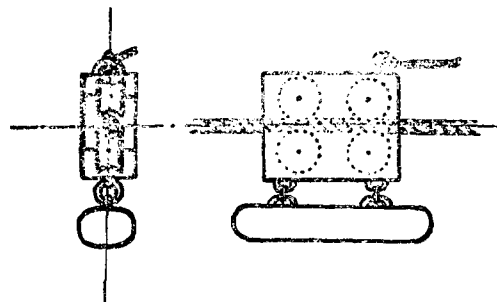


Fig. 19. Depth control messenger

要 約

중층트를 漁具의 掃海深度를 一定한 適正漁獲速度에서 機動性있게 變化시키기 위하여 기초적인 模型漁具의 水槽實驗과 特別히 고안한 깊이바꿈틀을 利用한 二次에 걸친 海上試驗을 通하여 연구한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 中層트틀의 그물어구의 깊이 y 는 끌줄의 길이 L 과 單位 길이의 끌줄, 깊이바꿈틀 및 그물의 各 水中重量 W_r, W_o, W_n 과 各 抗力 R_r, R_o, R_n 사이의 關係는 次元解析法에 의하면 다음과 같다.

$$y = kLf \left(\frac{W_r}{R_r}, \frac{W_o}{R_o}, \frac{W_n}{R_n} \right)$$

但, k 는 常数이고 f 는 함수이다.

2. 單位 길이當의 水中重量 W_r , 길이 L 인 끌줄 끝에 抗力 D_n , 水中重量 W_n 인 水中抵抗체를 매달고 끌줄의 다른 한 끝을 水面에서 曳引할 때, 끌줄의 形狀을 纈수곡선이라고 보면, 水中抵抗체의 깊이 y 는 다음과 같다

$$y = \frac{1}{W_r} \left\{ \sqrt{D_n^2 + (W_n + W_r L)^2} - \sqrt{D_n^2 + W_n^2} \right\}$$

3. 中層트틀의 그물漁具깊이의 變化 Δy 는 曳綱의 길이 L 을 바꾸거나 錘 ΔW_n 를 附加하면 다음과 같다.

$$\Delta y \approx \frac{W_n + W_r L}{\sqrt{D_n^2 + (W_n + W_r L)^2}} \Delta L$$

$$\Delta y \approx \frac{1}{W_r} \left\{ \frac{W_n + W_r L}{\sqrt{D_n^2 + (W_n + W_r L)^2}} - \frac{W_n}{\sqrt{D_n^2 + W_n^2}} \right\} \Delta W_n$$

但, D_n 은 그물어구의 抗力이다.

4. 끌줄 上의 中間點에 錘 W_s 를 附加할 때 中層트틀 그물어구의 깊이바꿈 Δy 는

$$\Delta y = \frac{1}{W_r} \left\{ (T_{ur}' - T_{ur}) - (T_u' - T_u) \right\} \text{ 이다.}$$

$$\text{但 } T_{ur}' = \sqrt{T_u^2 + (W_s + W_r L)^2} + 2T_u(W_s + W_r L) \sin \theta_u$$

$$T_{ur} = \sqrt{T_u^2 + (W_r L)^2} + 2T_u W_r L \sin \theta_u$$

$$T_u' = \sqrt{T_u^2 + W_s^2} + 2T_u \sin \theta_u$$

T_u 는 錘를 附加하지 않았을 때 끌줄 上의 中間點에 있어서의 曳引漁船 쪽을 향하는 張力이고, θ_u 는 張力 T_u 와 水平方向과 이루는 角度이다.

中層트롤의 깊이바꿈과 掃海深度의 安定性

5. 어떠한 形態의 底曳網用 展開板도 性能에 있어서 차이는 있으나 全重量을 가볍게 하고 底邊에 무게를 달아 安定시키면 中層曳網用으로 使用할 수 있다는 것이 模型 實驗결과 밝혀졌다.
6. 模型 그물(Fig. 6)의 水槽實驗에서는 曳網速度 v m/sec, 網高 H cm 및 水流抵抗 R kg 사이에는 다음과 같은 簡單한 關係式이 成立한다.

$$H = 8 + \frac{10}{0.4 + v}$$

$$R = 3 + 9v^2$$

7. 特別히 高안한 十字날개型 깊이바꿈틀과 H 날개型 깊이바꿈틀을 比較한 結果 前者가 後者보다 安定性이 우월하였다.
8. 그물漁具의 流水抵抗이 매우 크며 또 거의가 抗力으로 볼 수 있으므로 깊이바꿈틀의 종류에 관계없이 그물 어구의 掃海深度는 대단히 安定된 상태를 유지하였다.
9. H 날개型 깊이바꿈틀의 水平날개 면적을 $1.2 \times 2.4m^2$ 로 하였을 때 流水抵抗 2 ton의 그물 어구를 2.3kts로 曳引하면서 迎角을 $0^\circ \sim 30^\circ$ 로 變化시킨 結果, 끝줄의 길이에 관계없이 約 20m의 깊이바꿈을 얻을 수 있었다.

文 献

- Akyüz, E. F. (1957): On the use of midwater trawls for anchovy in the black sea. MFGW (I), Fishing News Ltd., 353—358.
- Barraclough, W. E. and W. H. Needler (1957): The development of a new herring trawl for use in midwater or in the bottom. MFGW (I), Fishing News Ltd., 351—356.
- 張志元(1968): 中層트롤의 연구, 釜山水產大學研究報告, 8(1), 1—10.
 ——(1969): 中層트롤의 깊이바꿈. 한국어업기술학회, 제5권, 2—6.
 ——(1972): 만능트롤의 연구. 釜山水產大學研究報告, 12(1). 17—23.
- Carrothers, P. S. G. (1967): Instrumentation for the engineering study of otter trawls. Spec. ed, UNDP FAO TA 277-11, 151—194.
- Grewe, P. R. (1963): Some of the general engineering principles of trawl gear design. MFGW(II), Fishing News Ltd., 165—185.
 ——(1970): Results of some basic calculation of vessel and gear tracks and fish interceptions in aimed trawling. FAO FII FF/70/87, 1—19.
- Dale, P. and S. Moller (1963): The development of a midwater trawl. MFGW (II), Fishing News Ltd., 482—488.
- Dickson, W. (1967): Trawl gear geometry and resistance. Spec. ed, UNDP FAO TA 277-11, 71—76.
- de Boer, P. A. (1957): Trawl gear measurements operated by underwater instruments. MFGW (I), Fishing News Ltd., 225—233.
- FAO (1965): Catalogue of fishing gear designs. FAO, UN No. 123—123B.
- Feher, K. (1957): Horizontal echo ranging. MFGW (I), Fishing News Ltd., 512—516.
- Friedman (1967): Geometry and resistance of trawls. Spec. ed., UNDP FAO TA 277—11. 15—71.
 ——(1970): Method of achieving optimum trawling operation. FAO FII FF/70/76, 1—10.
- Garner, J. (1958): Modern deep sea trawling gear. Fishing News Ltd., 13.
- 韓國水產史編纂委員會 (1968): 韓國水產史. 水產廳, 152—168.
- 葉宥親正 (1959): 漁具測定論. 樞書店, 16—31.
- Hamuro, C. (1963): Towing power, towing speed and size of bull trawl. MFGW (II), Fishing News Ltd., 199—203.

張 志 元

- and K. Ishii (1963): Underwater telemeter for midwater trawls and purse seines. MFGW (II), Fishing News Ltd., 471—481.
- Horn, W. (1970): New types of multi-net sonde equipment. FAO FII FF/70/50, 1—10.
- 科學實驗編集部編 (1962): 物理實驗. 共立出版株式會社, 8—262.
- Kawakami, T. (1963): The theory of designing and testing fishing nets in model. MFGW (II), Fishing News Ltd., 471—481.
- (1957): Development of mechanical studies of fishing gear. MFGW (I), Fishing News Ltd., 175—184.
- Larsson, K.H. (1957): Scandinavian experience with midwater trawling. MFGW (I), Fishing News Ltd., 344—347.
- 李王道 (1951): 馬魯漁業論(附, 機船底曳網業要錄). 檀民出版社, 1—148.
- Lusz, L.D. (1970): Instrumentation for fishing gear experiments. FAO FII FF/70/21, 1—9.
- McNeely, R.I. (1957): Practiccal depth telemeter for midwater trawls. MFGW (I), Fishing News Ltd., 363—368.
- (1963): Development of the cobb pelagic trawl. MFGW (II), Fishing News Ltd., 240—247.
- 水上洋一 (1969): 平版型, 灣曲型 オツターボト-の 特性に 關する 研究. 東京水產大學, 1—111.
(Table & figure 1—72).
- 農商務省水產局 (1910): 日本水產捕採誌. 株式會社 水產社, 57—196.
- Okonski, S. (1963): Universal one boat midwater and bottom trawl. MFGW (II), Fishing News Ltd., 235—239.
- Parrish, B.B. (1957): Midwater trawls and their operation. MFGW (I), Fishing News Ltd., 333—343.
- Savrasov, V.I. (1970): Instrument controlled midwater trawling tactics in the Atlantic and adjacent seas. FAO FII FF/70/72, 1—7.
- SchärfeJ, (1957): Experiments to decrease the towing resistance of trawl gear. MFGW (I), Fishing News Ltd., 245—247.
- (1963): One boat midwater trawling from Germany. MFGW (II), Fishing News Ltd., 221—228.
- Schlichting, H. (1968): Boundary layer theory. McGraw Hill Book Co., 362—390.
- Smith, K.E. (1970): Rotor device for controlling of towed fishing trawls. FAO FII FF/70/70, 1—3.
- Steinberg, R. (1963): Tow boat midwater trawling for herring with bigger boat. MFGW (II), Fishing News Ltd., 235—239.
- (1970): Tow boat bottom and midwater trawling. FAO FII FF/70/44, 1—5.
- Süberkrüb, F. (1957): Otter boards for pelagic trawling. MFGW (I), Fishing News Ltd., 359—360.
- 鈴木至 (1959): 船海力學, 天然社, 112—153.
- 島山重嶺・小山武夫 (1959): オツターボルトに 最大有効迎角を 與える プットの 角度について, トロールに 關する 研究(II). 東海區研究所, 研究報告, 第24號, 37—45.
- 田中幸正 (1960): 航空工學概論. 地人書館, 26—40.
- 田中森三部 (1934): 水產物理學. 朝倉書店, 34—50.
- v. Brandt, A. (1970): One-boat midwater trawling. FAO FII FF/70/57, 1—13.
- N. B.: MFGW=Modern fishing gear of the world.