

拖網漁具物理特性研究

李 燦 然

一、緒 言

爲了提高拖網漁具（單拖）之漁獲性能，對於捕獲底棲魚類必需引進適應快速曳網及展開度較大之網具。對於捕撈離底魚族，除需要在快速曳網時仍可保持適正網形外，更需網口較高之網具。

目則本所除對離底或中層拖網漁具尙在繼續研究以圖改進外，對於底拖網漁具作業中其各項物理特性，如曳網速度，袖網展開間隔與網口高度之關係；漁具設計上之浮子浮揚力，浮子網與沉子網長度比，張力比等之關係；網具構造上之網具材料及其所受流體抵抗等，經試驗後得初步之結論。茲根據試驗結果，將該網具各種特性，推算如下：

二、試驗船隻、試驗期間與海區

- 【1】試驗船：海慶試驗船，137.8 GT，380 HP。 【2】試驗期間：55年6月28日~7月8日。
 【3】試驗海區：臺灣北部海區 219 漁區。 底質：泥沙。 水深：82 公尺~110 公尺。

三、理論公式之分析

【1】曳網速度與網具所受流體抵抗：假若構成網具之網線直徑（粗度）爲D，目大2L，網地大小λ，而網地與流水方向所成角度一定之際，該網地所受之流體抵抗與 $(\frac{D}{L})^2 v^2$ 成比例，即：

$$R \propto \left(\frac{D}{L}\right)^2 v^2 \dots \dots \dots Dr, Tauti, M.$$

註：R：抵抗力 (kg) v：曳網速度 (m/sec) ，

又據 Dr, Tauti, M, 經許多實驗結果： $R = K \left(\frac{D}{L}\right)^2 v^2$ 而 K=12.5

【2】曳網速度與網口高度：曳網中網口高度因曳網速度、浮子之浮揚力，兩袖網之展開距離等之不同而異。若浮子網之總浮力於 400~650 公斤內，其網口高度約爲：

二片網：h (公尺) = 0.111 a - 2.67 v 四片網；h (尺) = 0.135 a - 2.67 v

註：h：網口高度

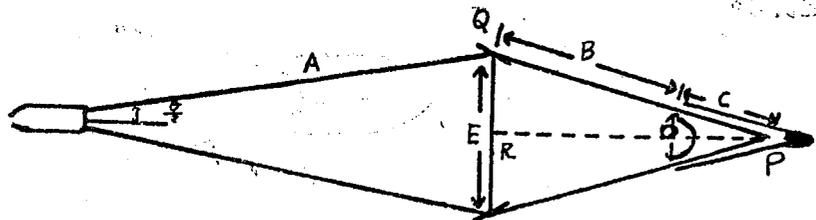
a：胴網前端網地

最大寬度

四片網之計算式

亦適用 6 片或 8

片網。



第一圖：袖網展開間隔之每定方法

如第一圖所示：網板展開距離 E 爲 $E = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\theta}{2}$

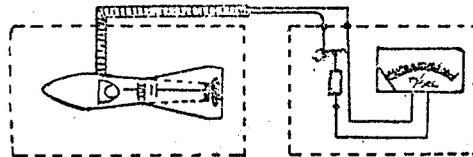
在直角三角形 PQR 內，因 D//E, 所以 $\frac{C}{B+C} = \frac{\frac{D}{2}}{\frac{E}{2}}$ $\frac{D}{2} = \frac{E}{2} \cdot \frac{C}{B+C}$

$$D = E \cdot \frac{C}{B+C} = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\theta}{2} \cdot \frac{C}{B+C}$$

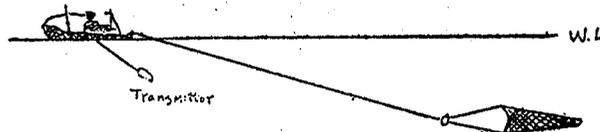
【4】網板所受抵抗與其展開力：網板所受流體抵抗及其展開力，由 Dr, Duchemin Dr, Shärfe 之實驗式：網板所受之流體抵抗： $R' = \frac{C_D}{2} \rho sv^2$ C_D 為抵抗係數，因網板之形狀及 Reynolds 數之不同而異，橫式網板為 0.6，立式網板為 0.3。網板之展開力為： $L = \frac{C_L}{2} \rho sv^2$ C_L 為展開係數，橫式網板為 0.77，立式網板為 0.79。

四、試驗器材與測定方法

【1】曳網速度：曳網速度以對水之速度而言，本試驗以 CM-IA 型電氣流速計實施測定，其使用範圍自 0.1m/sec~8m/sec，分為高低速兩段。使用中，該 Transmitter 需置於水面下三公尺，保持其穩定及其正確性。其原理及試驗方法如第二圖：



電氣流速計之原理



第二圖

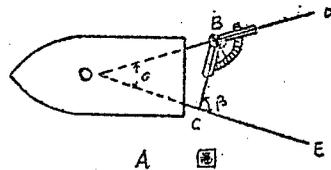
CM-IA 電氣流速計之原理及試驗方法

【2】曳網展開角度及伏角：如第三圖 A，曳網之延長線相交於 O 點，角 BOC 令為 θ ，則曳網之展開角度 θ 可由：

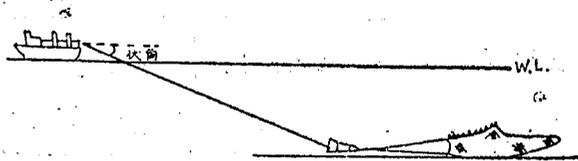
$$\alpha = \theta + (180^\circ - \beta) \quad (1) \quad \beta = \theta + (180^\circ - \alpha) \quad (2)$$

$$(1) + (2) \quad \alpha + \beta = 2\theta + 360^\circ - \alpha - \beta \quad \therefore \therefore \theta = \alpha + \beta - 180^\circ$$

因此使用量角器，測定 α, β 角，將其減去 180° 即為 θ 角。並由同一量角器如第三圖 B，測定曳網之伏角。



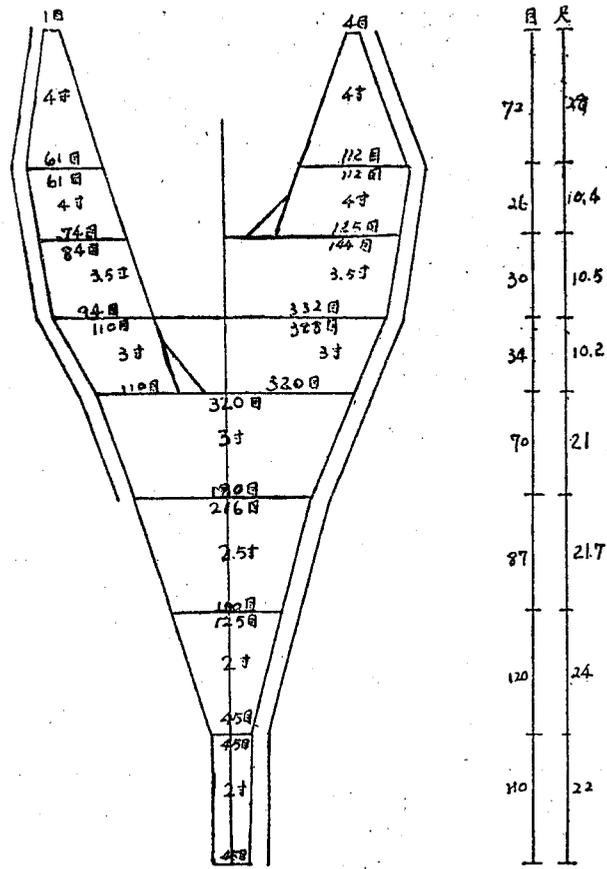
A 圖



B 圖

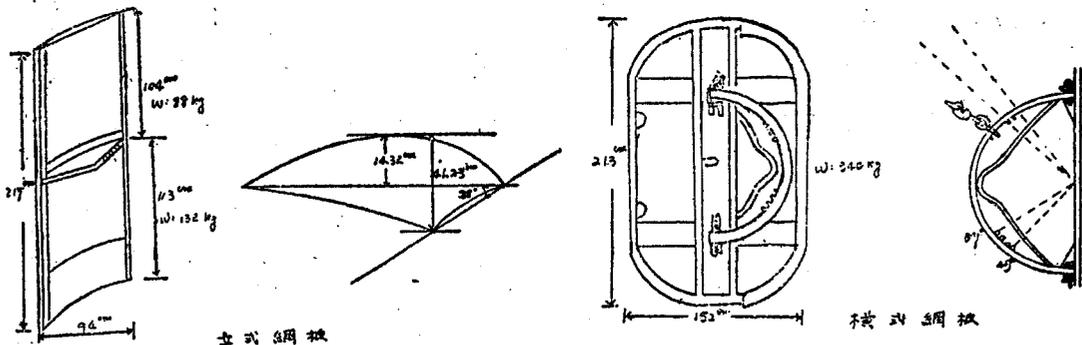
第三圖

曳網展開角度及伏角之測定方法



第四圖 試驗網具構造圖

H.R: 86尺
 G.R: 122尺
 目大: 2寸~4寸
 真徑: 2.17mm



第五圖 試驗網板之構造圖

五、試驗結果

【1】曳網速度與網具所受流體抵抗：網具所受流體抵抗因曳網速度之不同而異，本試驗之曳網速度經 CM-IA 型電氣流速計測定結果為 1.3m/sec~2.4m/sec，而 λ (浮子網長度) 40 公尺，由 Dr. Tauti, M. 之 $R=12.5\left(\frac{D}{L}\right)^2v^2$ 計算式列 1 表如下：

【2】曳網速度與網口高度：由測定之曳網速度與本報告第三節之理論實驗式：

$$h(\text{公尺})=0.111 a-2.67 v$$

計算後列於第 2 表：

第 1 表 單拖網具所受流體抵抗計算值

曳網速度 (m/sec)	曳網速度 (knot)	網具抵抗值 (m)
1.3	2.6	733
1.4	2.8	850
1.5	3.0	976
1.6	3.2	1111
1.7	3.4	1254
1.8	3.6	1406
1.9	3.8	1566
2.0	4.0	1736
2.1	4.2	1913
2.2	4.4	2100
2.3	4.6	2295
2.4	4.8	2499

第 2 表 網口高度計算值

曳網速度 (m/sec)	曳網速度 (knot)	網高計算值 (kg)
1.3	2.6	2.8
1.4	2.8	2.5
1.5	3.0	2.3
1.6	3.2	2.1
1.7	3.4	1.8
1.8	3.6	1.5
1.9	3.8	1.3
2.0	4.0	1.0

【3】曳網展開角度及袖網展開間隔：由第 3 圖之測定方法，求得曳網伏角為 $17^\circ\sim 18^\circ$ ，曳網展開角度為 6° ，因之得知曳網之水平距離如第 1 圖所示 A 為：

$$A=300\cdot\cos 18^\circ\sim 325\cdot\cos 17^\circ=300\cdot 0.951\sim 325\cdot 0.956$$

$$=286(\text{公尺})\sim 315(\text{公尺}) \quad \text{或} \quad A=945(\text{尺})\sim 1040(\text{尺})$$

$$\text{因此} \quad D=\frac{2A\cdot C\cdot \sin \frac{\theta}{2}}{B+C}=\frac{2\cdot 286\cdot 144\cdot \sin 3^\circ}{150+144}\sim \frac{2\cdot 1040\cdot 144\cdot \sin 3^\circ}{150+144}$$

$$=47.5(\text{尺})\sim 67.5(\text{尺}) \quad \text{或} \quad =14.3(\text{公尺})\sim 20.1(\text{公尺})$$

【4】網板抵抗及其展開力：橫式網板之抵抗 $R_1=\frac{0.6}{2}\cdot 105\cdot 3.24\cdot (v)^2$

$$\text{展開力} \quad L_1=\frac{0.77}{2}\cdot 105\cdot 3.24\cdot (v)^2$$

其因曳網速度之不同列於第 3 表，

$$\text{又立式網板之抵抗及展開力：} \quad R_2=\frac{0.3}{2}\cdot 105\cdot 2.75 (v)^2 \quad L_2=\frac{0.79}{2}\cdot 105\cdot 2.75 (v)^2$$

其計算值列於第 4 表：

第 3 表 橫式網板所受流體抵抗及展開力之計算值

曳網速度 (m/sec)	曳網速度 (knot)	抵抗 (kg)	展開力 (kg)
1.3	2.6	172	221
1.4	2.8	200	256
1.5	3.0	229	294
1.6	3.2	269	335
1.7	3.4	294	378
1.8	3.6	330	424
1.9	3.8	368	472
2.0	4.0	408	524
2.1	4.2	450	577
2.2	4.4	493	634
2.3	4.6	539	692
2.4	4.8	587	754

第 4 表 立式網板所受流體抵抗及展開力之計算值

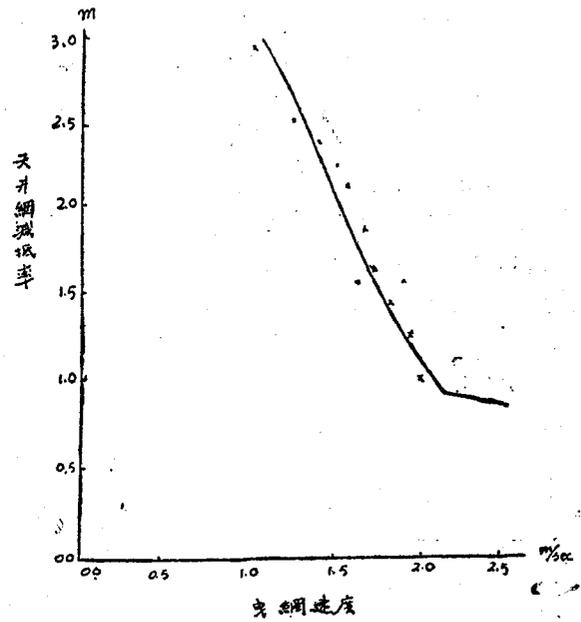
曳網速度 (m/sec)	曳網速度 (knot)	抵抗 (kg)	展開力 (kg)
1.3	2.6	73	192
1.4	2.8	84	223
1.5	3.0	97	256
1.6	3.2	110	291
1.7	3.4	125	329
1.8	3.6	140	369
1.9	3.8	156	411
2.0	4.0	173	456
2.1	4.2	190	502
2.2	4.4	209	551
2.3	4.6	229	603
2.4	4.8	249	689

六、檢 討

【1】曳網速度與網口高度之關係：單拖網網口高度，當曳網速度於0m/sec~1m/sec（即2浬）之範圍內，因速度之增加，其網口高度急激減低，惟當曳速到達1m/sec~1.1m/sec以上之際，其網口減低率逐漸減少，並依一定之程度遞減。在一般作業中其網口高度為2公尺~2.5公尺之間，今將曳網速度與網口減低率之關係繪於第六圖：

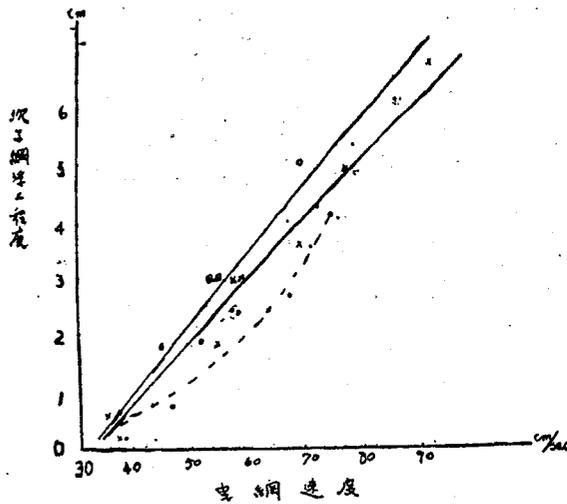
【2】袖網展開間隔與網口高度之關係：單拖網具因兩袖網展開間隔之不同，其網口高度之變化甚大，通常在袖網展開間隔廣之網口高度低於袖網展開間隔狹之網具。在網具開始浮上之際，兩袖展開間隔廣之曳網速度小於袖網展開間隔狹之網具（惟需在同一大小之網具之條件）。

【3】浮子網與沉子網長度比、張力比與網具形態之關係：浮子網與沉子網所受張力比大者，其網口高度低，若其張力比小者，則網口高。浮子網長於沉子網之際其網具所受之張力比小，浮力大，網口向上仰而提高，但網具之展開情形不佳。若經適當調整浮、沉子之配備，雖於等長之浮、沉子網，亦能提高網口。又浮、沉子網長度之不同亦影響網具浮離海底，搔擦海底，曳網負荷之增減，泥土入網等。另外沉子網浮離底之程度，在沉子網長於浮子網長於浮子網之際最為顯著，同長其次，沉子網短於浮子網最小，如第七圖：



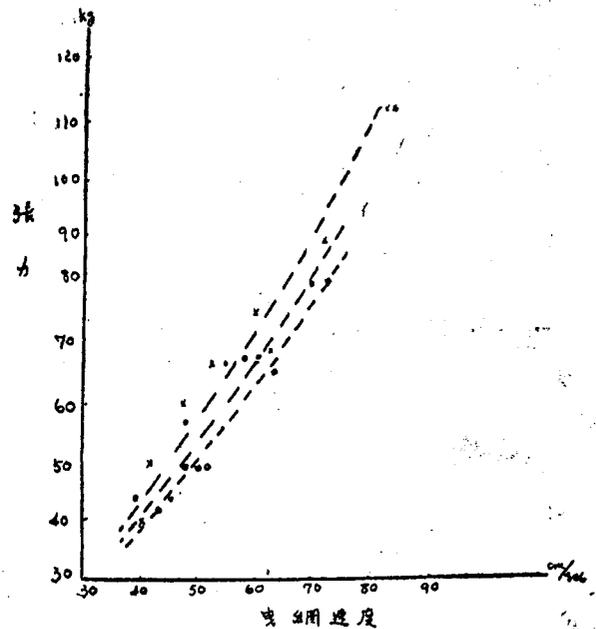
第六圖

曳網速度與天井網減低率之關係



第七圖 曳網速度與沉子網浮上程度之關係

- 浮子網長度 > 沉子網長度
- 浮子網長度 = 沉子網長度
- ▲— 浮子網長度 < 沉子網長度



第八圖 曳網速度與曳網所受張力關係

- 浮子網長度 > 沉子網長度
- 浮子網長度 = 沉子網長度
- ▲— 浮子網長度 < 沉子網長度

曳網所受張力如第八圖所示；浮、沉子網等長時最大，浮、沉子網之自受張力依短者較長者大，若同長，則其受力相等。

【4】立式網板與橫式網板之比較：

- (1) 立式網板所受之流體抵抗較橫式網板小。
- (2) 立式網板之展開力大於橫式網板之展開力。
- (3) 立式網板之穩定性不亞於橫式網板。
- (4) 立式網板之浮、沉比橫式網板容易，而便於底、中層拉網之操作。

【5】本試驗所使用之橫式網板如第五圖所示，面積大而重量小，而立式網板亦因面積及重量均小於力學上之條件，據 Mr. Koyama 之推算式，網板之面積應為： $S=kp^n$

註：k：係數，為 0.095 p：漁船馬力數 n：指數，為 0.56

依海慶試驗船 380 H, P. 則使用之網板面積約為：

$$S=0.095 \cdot 300^{0.56} \quad \log S=\log 0.095+0.56 \log 380 \quad \therefore S=2.635(\text{m}^2)$$

網板重量： $w=k's'$ k'：係數約為 180 $\therefore w=180 \cdot 2.635=474.3(\text{kg})$

引 用 文 獻

1. TAUTI, M. The force acting on the plane net in motion through the water. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 3 (1) 1—4 1934.
2. HAMURO, C. Development of an improved otter trawl gear. Modern fishing gear of the world II 1964.
3. SUBERKTUB, F. Otter Boards for pelagic trawling. Modern fishing gear of the world I 1959.
4. SHAREE, J. Experiments to decrease the towing resistance of trawl gear. Modern fishing gear of the world I 1959.
5. KOYAMA, T. Hydraulic resistance of trawl nets estimated by approximate equations. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. Sept. 1962.
6. KOYAMA, T. A measuring device and a formula to obtain the opening breath of wing net Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. July, 1961.
7. KOYAMA, T. On the results of field trial with various big sized otter trawls. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. July, 1960.
8. P.A. de BOER. Trawl gear measurements obtained by under water instruments. Modern fishing gear of the world I, 1959.