

改良式與傳統式底拖網具之漁具特性比較初報

林俊辰·秦韶生·吳世宏·蘇偉成·李燦然

A Preliminary Comparative Study of the Modified and Traditional Bottom Trawl nets

Jiun-Chern Lin, Shaur-Sheen Chyn, Shih-Houng Wu,
Wei-Cheng Su and Tsann-Jan Lee

This study is aimed at studying the physical characteristics of two bottom trawl nets, one is a modified trawl net, with the largest mesh size in its belly net reaching 600 mm in length and the other is a traditional one, with the largest mesh size of 120 mm in length. Experiments produced the following results:

1 Resistance of fishing gear

Relations between the resistance of fishing gear (R) and the towing speed (V) are as follows:

$$R = 1.861 \times V^{1.129} \quad (\text{for modified net})$$

$$R = 1.532 \times V^{1.349} \quad (\text{for traditional net})$$

At the same towing speed, resistance of the modified net was less than that of the traditional one. As the towing speed picked up, the difference between their resistance decreased.

2 Height of net

Relations between net height (H) and towing speed (V) are as follows:

$$H = 11.208 \times V^{-0.500} \quad (\text{for modified net})$$

$$H = 12.145 \times V^{-0.619} \quad (\text{for traditional net})$$

The larger the towing speed, the smaller the difference between the net heights of the two nets.

3 Spread distance of otter boards and wing nets

Difference between the otter-board spread distances of the two nets were larger when the towing speed was less than 3.5 knots. The same was true of wing nets.

4 Catching efficiency

The CPUE of the modified net registered 515.36 kg/hr. and that of the traditional net 564.72 kg/hr.. The difference was not significant. The body length of *Zenopsis nebulosus*, *Helicolenus avius* and *Bery dacadactylus* caught with the modified net was larger than that of those caught with traditional net.

前 言

自民國 63 年發生能源危機以來，由於油價節節上升，龐大燃料費及其有關漁業用資材已成爲漁業經營成本之主要部分，雖然拖網漁業爲一種可漁獲大量魚群之主動漁法，但也是一種較耗能源之漁業，因此如何節省能源，已成爲漁業上重要的研究課題，其方法除改進船型、主機、漁撈機械及俾葉¹⁾外，如何減少拖網漁具抵抗，降低曳網馬力，節省燃料亦刻不容緩。又本省拖網業者，慣於使用細小網目之漁具，往往將正在成長中之幼魚，也漁獲上網，使我國近海大陸棚之底拖網漁場資源，面臨逐漸減少之趨勢。李等⁽²⁾曾於民國 68 年進行繩索拖網漁具力學研究，將中層拖網處袖網部改爲繩索，試驗結果顯示，其漁具抵抗較一般中層拖網漁具爲小。KOYAMA⁽³⁾於 1981 年 11 月于白令海，將底拖網之部份背網（原目大 120~150 mm）改成 3,000 mm 或 1,000 mm 之大網目，實施防止漁獲 Pollocks 及 Chinook salmon 之試驗，結果幼小魚類的脫逃效果良好，可達到保護該兩種魚類之資源。目前國內，尚缺乏此種擴大網目之研究報告，由於本省拖網之漁獲對象與白令海漁場不同，擴大網目後是否影響作業效果，尚待研究，有鑑於此，本所爲開發可節省能源及保護魚類資源之底拖網具，作者等乃試行設計一種改良式底拖網具，將傳統式小網目（120 mm）之底拖網具身網部加以改良，使其網目擴大爲 600 mm，於民國 72 年 4 月 27 日至 5 月 1 日，利用海功號試驗船進行改良式與傳統式底拖網具之漁具力學比較試驗，以瞭解底拖網具之身網網目擴大後對漁具物理性能之影響，并於同年 5 月 16 日至 8 月 19 日，於海功號試驗船調查金美（Kinmei）海山漁場期間，同時實施該兩種底拖網具之漁獲性能比較試驗，期以瞭解網目擴大後對漁獲之影響，作爲今後底拖網具改進研究之參考。

材料與方法

一、試驗材料：

(一) 船隻：海功號試驗船（711.58 GT, 2,200 BHP）

(二) 漁具：

- 1 底拖網具三頂，其中二頂相同，爲傳統式之網具，即身網之網目爲 90~120 mm（如圖 1），另一頂則爲將傳統式網具之身網部加以修改，改成目大爲 150~600 mm 之改良式網具（如圖 2），即該兩種網具除身網部不同外，其他部份則相同，且於袋網部均結付絲狀之粗繩索加以保護，以防止破損。
- 2 網板：採用相同之雙層立式網板，寬 2,200 mm，深 3,600 mm（如圖 3）。

(三) 儀器：

- 1 曳網張力自動紀錄儀（Automatical tension meter）乙組，其包括 Top roller、指示器及紀錄器等，可同時指示曳網所受之張力、曳網延放之長度及其速度。
- 2 網位測定儀（Net recorder）乙組，包含訊號發射器、訊號接收器及紀錄器等，可紀錄網具在水中之各種深度，如網口高度、網具深度及網具沈降速度。
- 3 超音波潮流計（Doppler color graph）乙部，可同時測定三個水層之流向流速，並可顯示船之曳網速度。
- 4 彩色魚探機（Color fishing finder）乙部：魚群大小及底質種類，可以不同顏色判別。
- 5 彩色聲納（Color scanning sonar）乙部：可判別離底之魚群，以不同顏色判別其濃密度。

二、試驗方法：

(一) 以逢機取樣方式，變化曳網長度及曳網速度，進行漁具力學試驗。

(二) 漁具力學比較試驗，於水深 110 m 左右之彭佳嶼附近水域進行，兩種網具各試驗 25 次。

(三) 先結付網位測定儀之訊號發射器於浮子網中央部，投網後，以曳網張力自動紀錄儀控制曳網延放長度及延放速度，並以超音波潮流計控制及調整曳網速度。

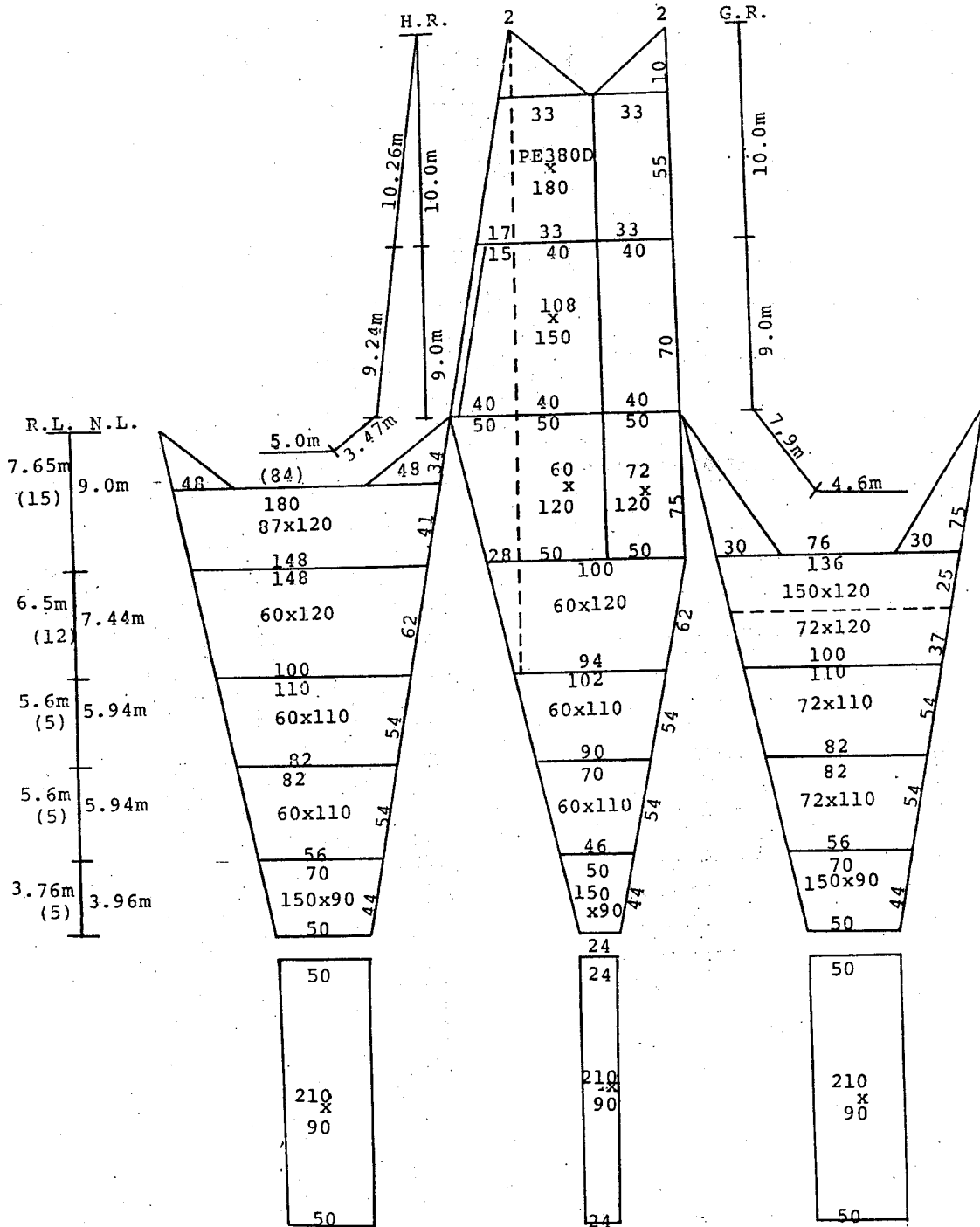


圖1 傳統式拖網具之構造

Fig. 1 Plan of traditional trawl net

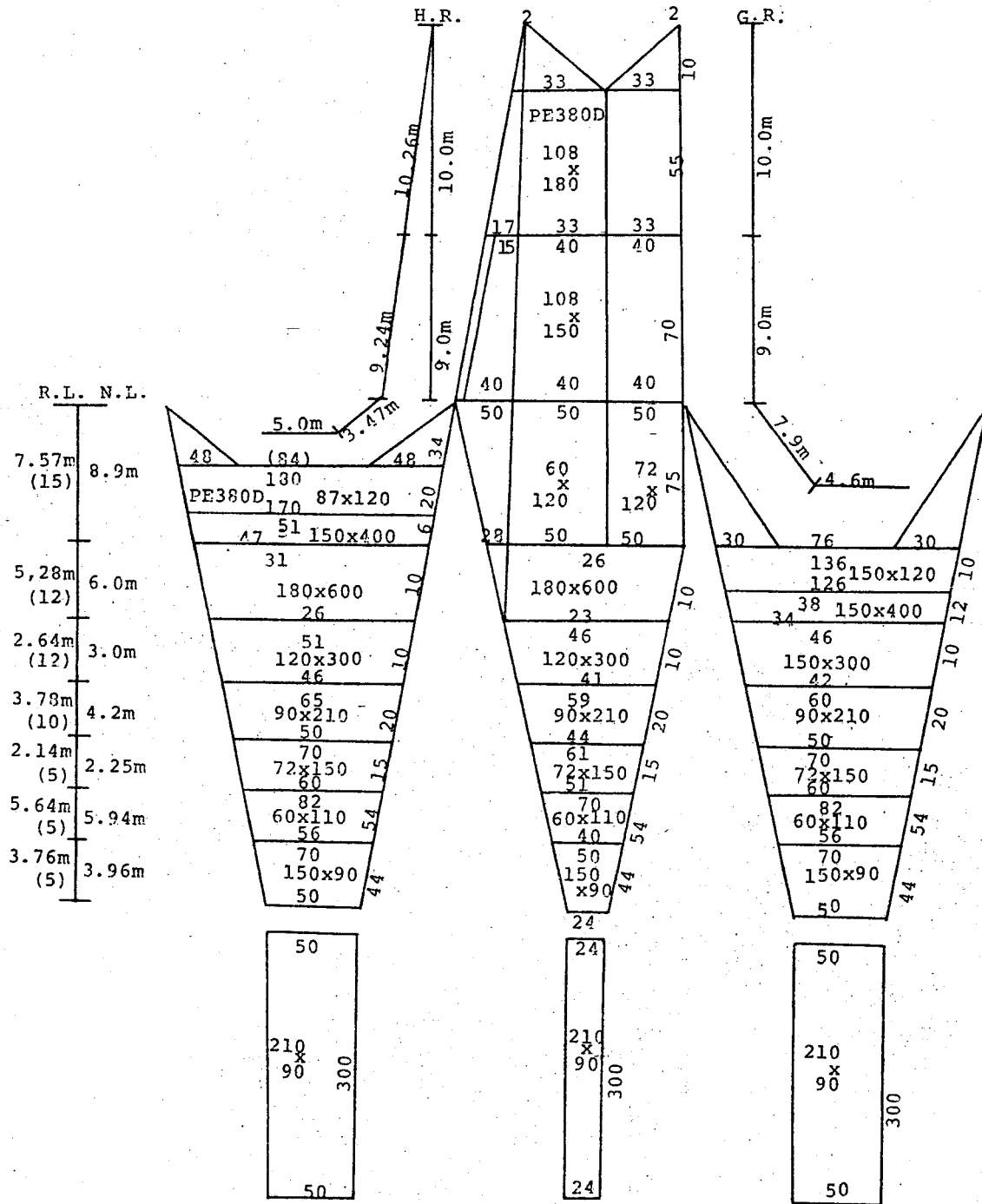


圖 2 改良式拖網具之構造

Fig. 2 Plan of modified trawl net

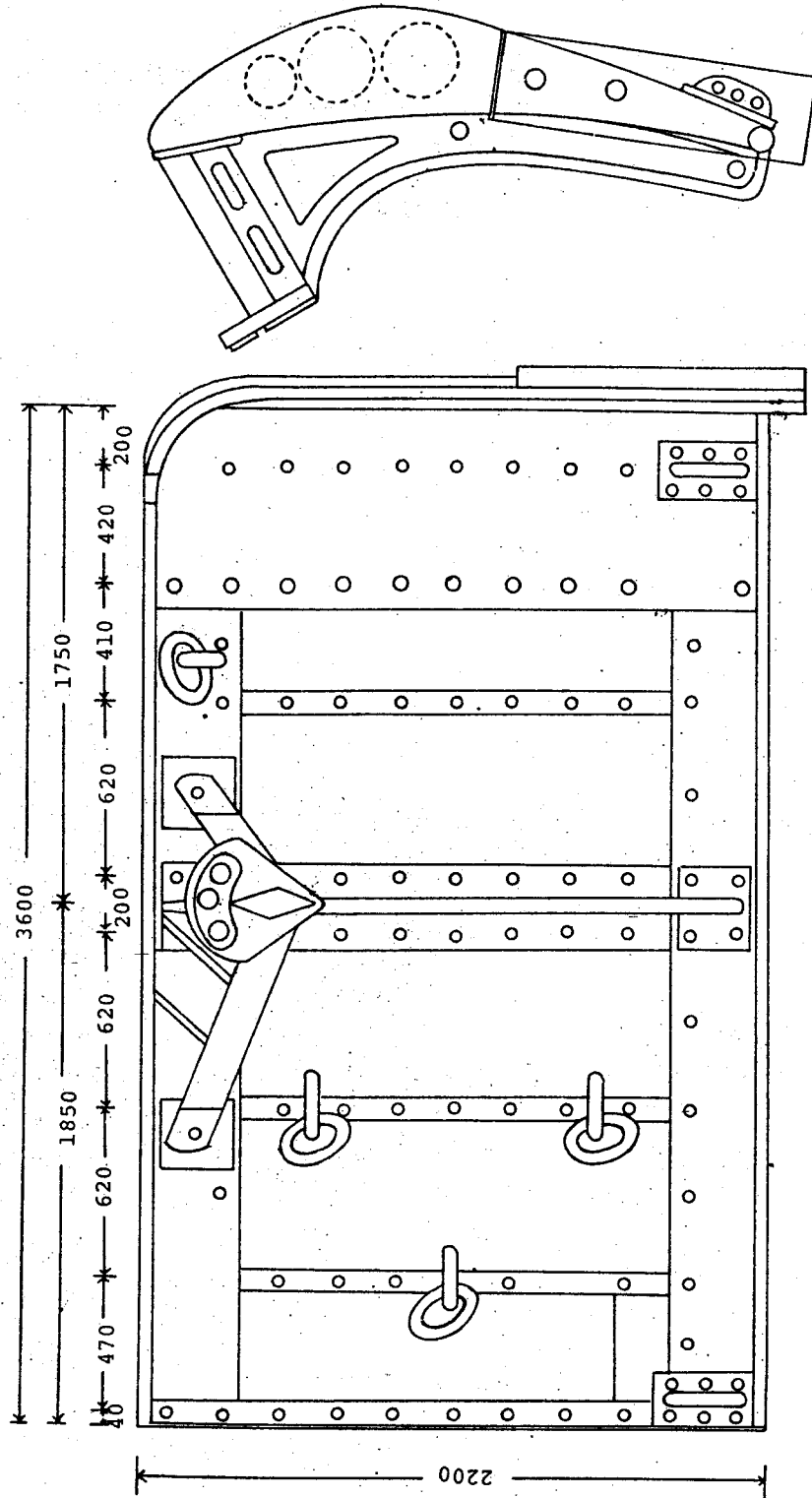


圖 3 本研究所使用之網板

Fig. 3 Otter board used in the experiment

四在各種條件，即不同之曳網速度與曳網長度下，紀錄網口高度與漁具張力，而以傾角器量測曳網之傾角，並以量角板，量測曳網間展角。

(五)將上述各項資料加以整理分析，以比較該兩種網具之漁具抵抗、網口高度、網具展開距離及網板展開距離。

(六)於 $34^{\circ} 45' \sim 35^{\circ} 40' N$ ， $171^{\circ} \sim 172^{\circ} E$ 之金美海山漁場，水深 $300 \sim 400m$ 處，實施傳統式與改良式底拖網具之漁獲性能比較試驗，紀錄曳網時間、各魚種之漁獲量及體長，比較其 CPUE 及漁獲體型之差異，以驗證改良式底拖網具性能是否優於傳統式者。

結果與討論

一漁具抵抗之比較

(一)漁具設計之理論計算：

漁具抵抗計算值 (Rt') 之大小，乃隨曳網速度 (V) 之不同而異，曳網速度愈高， Rt' 則隨之增大⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾； Rt' 包括網板抵抗 (Ro)、曳網抵抗 (Rw)、網具抵抗 (Rn) 及手網抵抗 (Rh)，其中網板抵抗⁽⁸⁾⁽⁹⁾ 為 $Ro = \frac{1}{2} Cd \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$ ⁽⁸⁾⁽⁹⁾， Cd 為網板抵抗係數， ρ 為海水密度， $105 \text{ kg} \cdot \text{sec}^2 / \text{m}^4$ ， S 為網板面積，本試驗採用彎型立式網板，初期迎角為 25° ，與小山所用者 (24°) 相近，故 Cd 採用其測定之平均值 0.65 ；曳網抵抗⁽⁹⁾ $Rw = \frac{1}{2} Cd' \cdot \rho \cdot Dw \cdot lw \cdot V^2$ 式中 Cd' 為曳網抵抗係數，採用 DIEL⁽¹⁰⁾ 之曳網傾角與 Cd' 關係圖以內插法查得， Dw 為曳網直徑， $10mm$ ， lw 為曳網長度；又最重要之網具抵抗⁽¹¹⁾ $Rn = k \cdot a \cdot b \cdot d / l \cdot V^2$ ， k 為網具抵抗係數，通常為 8 ， a 、 b 為未縮結前之最大網寬與網長， d 為網綫直徑， l 為單支網腳長，改良式網具由身網之網目擴大，則 d/l 值變小，但網具規模不變，故在同一曳網速度下，其網具抵抗較傳統式網具者為小，如表 1 及表 2 所示；因 Rh 值微小，若可不計則得 $Rt' = Rn + 2Ro + 2Rw$ ，故計算得知，於同一曳網速度下，改良式拖網之漁具抵抗亦較傳統式拖網為小。

(二)船上之實際測定：

漁具抵抗實測值 (Rt)，係由實測之曳網所受張力 (T) 及其傾角 (θ) 推算而得，即 $Rt = T \cos \theta$ ，由本試驗測得改良式網具之漁具抵抗與曳網速度之關係為 $R = 1.861 \times V^{1.129}$ ($\gamma = 0.804$)，傳統式網具則為 $R = 1.532 \times V^{1.349}$ ($\gamma = 0.943$)，可知在同一曳網速度下，改良式網具之漁具抵抗較傳統式者為小，如圖 4 所示，由該圖顯示，曳網速度在 2.5 knots 以下時，其兩者漁具抵抗之差異甚小，惟自 2.5 knots 以上，則隨曳網速度之增加而差異更大，且兩者之漁具抵抗均隨曳網速度之增加而變大， 2.5 knots 時，兩者各約為 5 tons ； 3 knots 時，改良式網具之漁具抵抗較傳統式網具小 0.4 tons ； 3.5 knots ，小 0.7 tons ； 4 knots 時，小 1 tons ，由此可知，在一般底拖網之曳網速度 $3.5 \sim 4 \text{ knots}$ 下，改良式底拖網之漁具抵抗較傳統式網具少 $0.7 \sim 1 \text{ tons}$ ，可知，改良式網具之漁具抵抗，於相同曳網速度下，實測值小於傳統式網具，故改良式網具於拖網作業，確實可減少漁具抵抗，即可降低曳網馬力，節省主機燃料油，達到擴大網目預期設計之效果。

二網口高度之比較：

網口高度乃於曳網作業中，浮子網至沉子網之水中垂直高度，該高度隨曳網速度之不同而異，如圖 5，當曳網速度增加時，浮子網即往下沉降⁽¹²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾，反之，曳網速度減小，則網口高度增加，然網口高度與曳網長度之關係並不顯著⁽¹⁵⁾⁽¹⁷⁾。

改良式拖網之網口高度與曳網速度之關係，由試驗得知 $H = 11.208 \times V^{-0.569}$ ，而傳統式拖網為 $H = 12.145 \times V^{-0.619}$ ，其間相差甚微，如圖 6，如曳網速度 2.5 knots ，兩者相差 0.146 m ； 3.5 knots ，相差 0.08 m ， 4 knots ，則僅相差 0.053 m ，因此可知，改良式拖網天井網後段之網目雖經擴大，但對其網口高度之展開並無明顯之影響。

表1 傳統式拖網之各項抵抗
Table 1 Various resistances of the traditional net

V (kts)	lw (m)	Rn (tons)	Ro (tons)	θ ($^{\circ}$)	Cd'	Rw (tons)	T (tons)	Rt (tons)	Rt' (tons)
2.2	275	2.40	0.33	30.0	0.21	0.037	4.5	3.90	3.13
2.4	300	2.85	0.39	27.3	0.18	0.041	5.2	4.62	3.71
2.6	220	3.35	0.46	28.0	0.18	0.035	8.0	7.06	4.34
2.9	275	4.17	0.57	25.3	0.16	0.049	7.0	6.33	5.41
3.0	250	4.46	0.61	27.0	0.18	0.053	7.8	6.95	5.79
3.1	300	4.76	0.65	24.3	0.16	0.061	7.6	6.93	6.18
3.4	275	5.73	0.78	26.0	0.16	0.067	8.5	7.64	7.42
3.5	250	6.07	0.83	26.5	0.17	0.068	9.0	8.05	7.87
3.6	220	6.42	0.88	30.2	0.22	0.082	9.2	7.95	8.34
3.7	220	6.78	0.92	24.5	0.16	0.063	9.5	8.64	8.75
3.8	200	7.15	0.98	22.5	0.12	0.045	12.4	11.46	9.20
4.5	250	10.03	1.73	23.7	0.14	0.093	11.6	10.62	12.96

V : towing speed lw : warp length Rn : net resistance Ro : otter-board resistance

θ : warp angle Cd' : coefficient of warp length Rw : warp resistance T : tension of fishing gear

Rt : measured resistance of fishing gear Rt' : calculated resistance of fishing gear

表 2 改良式拖網之各項抵抗
Table 2 Various resistances of the modified net

V (kts)	lw (m)	Rn (tons)	Ro (tons)	θ ($^{\circ}$)	Cd'	Rw (tons)	T (tons)	Rt (tons)	Rt' (tons)
2.0	220	1.58	0.27	33.8	0.27	0.031	4.0	33.32	2.18
2.1	300	1.66	0.30	25.3	0.16	0.028	5.6	5.06	2.32
2.2	275	1.91	0.33	26.3	0.16	0.028	6.0	5.38	2.63
2.3	250	2.09	0.36	27.9	0.18	0.031	6.0	5.30	2.87
2.5	300	2.47	0.42	26.0	0.16	0.039	5.6	5.03	3.39
2.9	200	3.32	0.57	30.3	0.21	0.046	8.0	6.91	4.55
3.0	220	3.56	0.61	30.8	0.22	0.057	6.0	5.15	4.89
3.1	275	3.80	0.65	26.5	0.16	0.055	7.0	6.26	5.21
3.4	300	4.57	0.78	23.7	0.14	0.064	10.0	9.16	6.26
3.9	250	6.01	1.03	29.1	0.20	0.100	10.4	9.09	8.27
4.0	300	6.32	1.08	22.2	0.12	0.076	11.4	10.55	8.63
4.1	220	6.64	1.14	28.8	0.19	0.092	10.0	8.72	9.10

V : towing speed lw : warp length Rn : net resistance Ro : otter-board resistance

θ : warp angle Cd' : coefficient of warp resistance Rw : warp resistance T : tension of fishing gear

Rt : measured resistance of fishing gear Rt' : calculated resistance of fishing gear

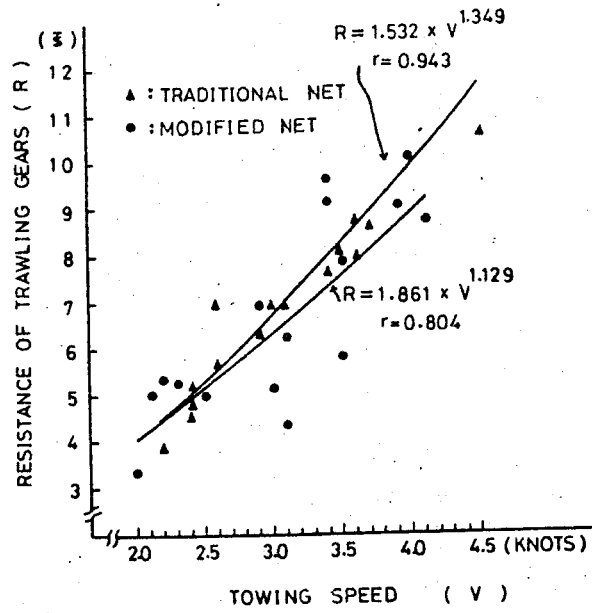


圖 4 兩種拖網之漁具抵抗與曳網速度之關係

Fig. 4 Relations between resistance of trawling gear and towing speed for two trawl nets

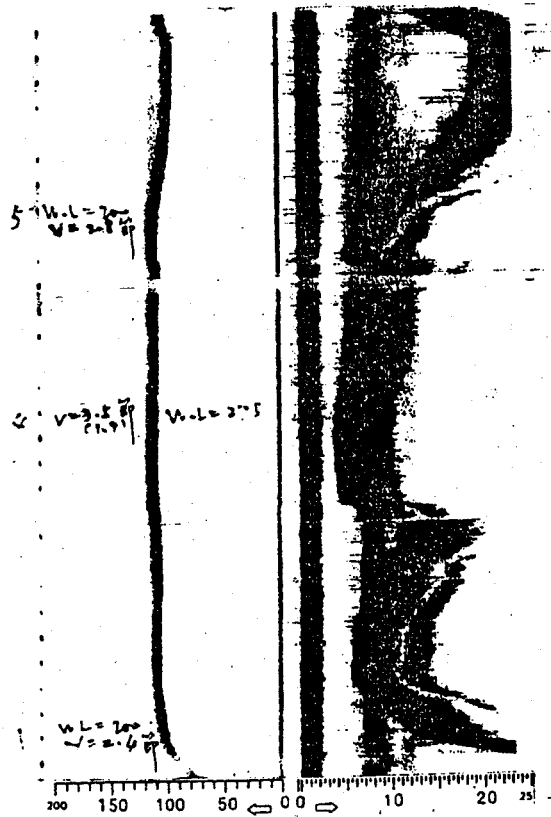


圖 5 在不同曳網速度下之網口高度紀錄

Fig. 5 Record of net height in various towing speed

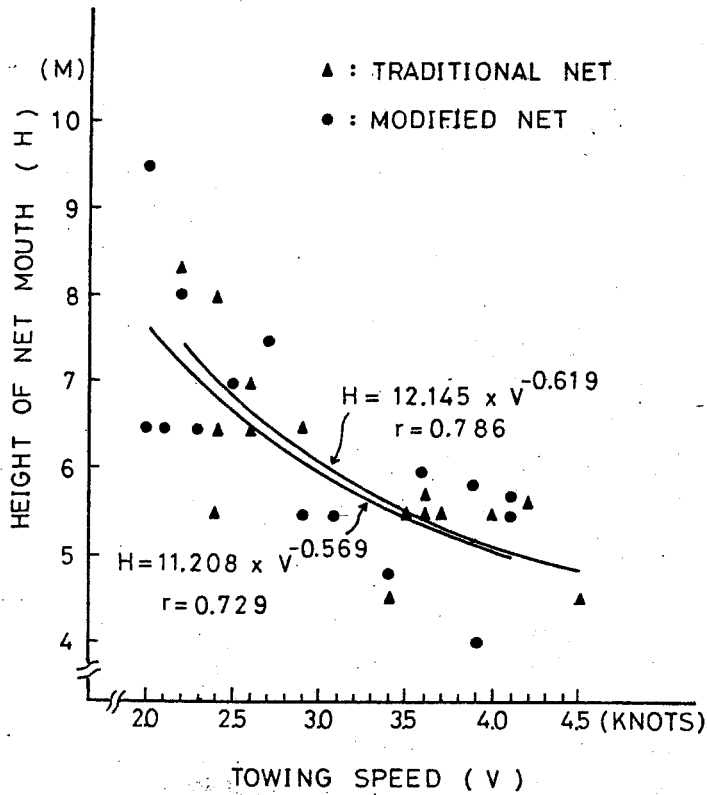


圖 6 兩種拖網之網口高度與曳網速度之關係

Fig. 6 Relations between height of net mouth and towing speed for two trawlnets

三、網板間及袖網間展距之比較：

網口水平展開距離乃隨曳網速度之不同而異，即曳網速度增加時，網口高度減少，相對的，網口之水平展開距離增大，而網口水平展距之變化與網板間之展距成正比例，故曳網速度增加，則袖網間之水平展距亦為之擴大。

曳網速度 3.5 knots 以下時，改良式與傳統式拖網之展距相差較大，惟自 3.5 knots 以上時，兩者漸趨一致，如圖 7 與圖 8。

四、漁獲性能之比較：

經赴西北太平洋金美海山漁場實施漁獲性能試驗，漁獲種類以正金眼鯛 (*Beryx Splendens*)、雨印鯛 (*Zenopsis nebulosus*)、石狗公 (*Helicolenus avius*) 及天竺鯛 (*Epigonus atherinoides*) 為主，傳統式拖網共作業 1673 minutes，漁獲 15,746.15 kg，其 CPUE 為 564.72 kg/hr，改良式拖網共作業 523 minutes，漁獲 4,492.23 Kg，其 CPUE 為 515.36 kg/hr，因此可推知擴大網目之改良式拖網其漁獲效率與傳統式拖網之差異微小，如表 3。

又經抽樣測量漁獲體長，改良式網具所捕獲之雨印鯛之平均體長、最小體長及最大體長均大於傳統式網具，而石狗公及正金眼鯛之平均體長及最小體長亦大於傳統式網具，如表 4，由此可知，改良式底拖網具所捕獲之雨印鯛、石狗公及正金眼鯛之體型較大，而似乎可達到保護幼小魚類及捕撈大型魚類之初步目標。

據 KOYAMA⁽³⁾ 研究報告，使用 3,000mm 之大網目時，60% 之小型明太鱈 pollocks (體長

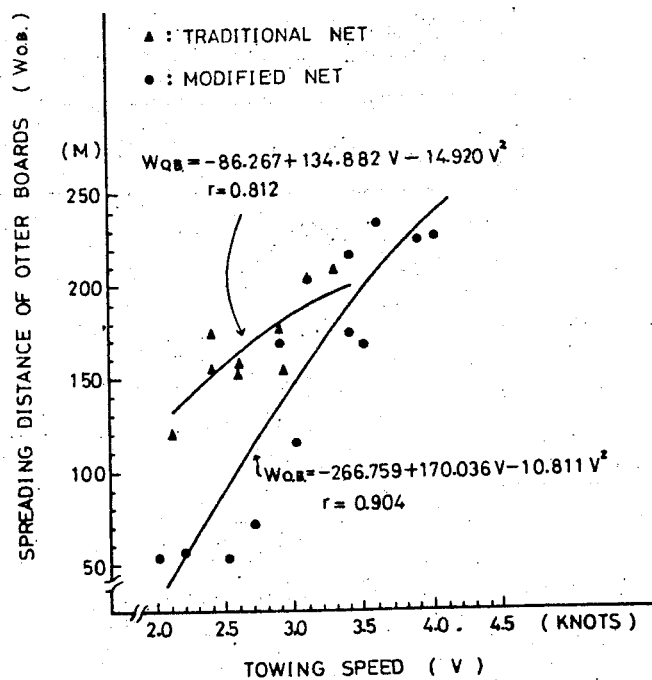


圖 7 兩種拖網之網板展距與曳網速度之關係

Fig. 7 Relations between spreading distance of otter boards and towing speed for two trawlnets

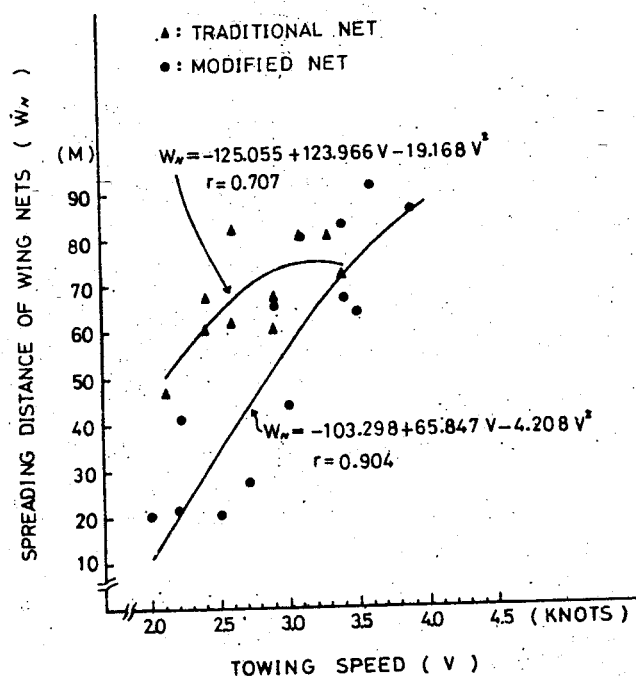


圖 8 兩種拖網之袖網間展距與曳網速度之關係

Fig. 8 Relations between spreading distance of wing nets and towing speed for two trawlnets

表 3 傳統式與修改式拖網之漁獲狀況
Table 3 Catches of traditional net and modified net

Species	Catches (kg)	
	Traditional net	Modified net
<i>Pseudopentaceros richardsoni</i>	170.00	6.20
<i>Beryx splendens</i>	9388.60	3006.48
<i>Zenopsis nebulosus</i>	423.94	328.80
<i>Lotella</i> sp.	619.65	11.89
<i>Seryx dacadactylus</i>	44.99	13.25
<i>Helicolenus avius</i>	1182.20	194.50
<i>Squals blainvillie</i>	254.30	13.30
<i>Epigonus atherinoides</i>	3653.93	917.81
<i>Polymixia japonica</i>	8.54	0
Total catches	15746.15	4492.23
Operating time (minutes)	1673	523
C.P.U.E. (kg/hr.)	564.72	515.36

350~420mm) 逃出網外，體長 460~470mm 之中型明太鱈 pollocks 約有 4% 逃脫，但 500~520mm 之大型明太鱈 pollocks 幾乎全被捕獲；而其使用 1,000mm 之目大時，幾乎所有之小型明太鱈 pollocks 均被捕獲。

由本次試驗之結果及 KOYAMA⁽³⁾ 之試驗顯示；改良式底拖網具之漁具物理特性優於傳統式，且其漁獲狀況亦佳，漁獲體型較大，因此改良式底拖網具網身部份之網目是否可再擴大，為今後繼續試驗之要項。

摘 要

改良式底拖網具，身網最大之目大為 600mm，傳統式者最大為 120mm，為瞭解該兩種網具之漁具特性，乃實施其比較試驗，茲將結果摘述如后：

一、漁具抵抗：

$$\text{改良式網具：} R = 1.861 \times V^{1.129}$$

$$\text{傳統式網具：} R = 1.532 \times V^{1.349}$$

曳網速度愈大，改良式底拖網具之漁具抵抗愈較傳統式為小。

二、網口高度：

$$\text{改良式網具：} H = 11.208 \times V^{-0.569}$$

表 4 自傳統式與改良式拖網之漁獲中逢機取樣測定之體長
 Table 4 Body length of catches from traditional and modified trawlnets by random sampling

Species	Traditional net			Modified net				
	N	M. BL (m m)	Min. BL (m m)	Max. BL (m m)	N	M. BL (m m)	Min. BL (m m)	Max. BL (m m)
<i>Zenopsis nebulosus</i>	240	295	110	665	228	427.5	143	717
<i>Helicolenus avius</i>	1528	211	124	352	432	217	138	324
<i>Beryx dacadactylus</i>	5888	206 -	127	482	815	213	145	307

N : Numbers of measured individuals Min. BL : Minimum of body length

M. BL : Mean of body length Max. BL : Maximum of body length

傳統式網具： $H = 12.145 \times V^{-0.619}$

該兩種網具網口高度之差異甚小，且隨曳網速度之增加，其差異降低。

三網板間及袖網間之水平展距：

曳網速度在 3.5 knots 以下時，改良式與傳統式之網板間與袖網間之水平展距差異較大，在 3.5 knots 以上，則差異變小而漸趨一致。

四漁獲性能：

改良式網具之 CPUE 為 515.36 kg/hr.，傳統式網具為 564.72 kg/hr. 兩者之差異有限，且改良式網具所捕獲之雨印鯛、石狗公及正金眼鯛之體型，均較傳統所捕獲者為大。

參考文獻

- 1 小山武夫 (1982). 日本水產業之現狀及對台灣漁業之建議，中日漁業技術研討會論文發表，台灣省水產試驗所，21 - 36 .
- 2 李燦然、林俊辰、謝日豐、戚桐欣 (1979). 繩索拖網漁具力學研究，台灣省水產試驗所海洋漁業系研究報告，12，26 pp.
- 3 Koyama, T. & T. Kawashima (1983). Result of experiments modified trawl gear for reducing incidental catches of chinook salmon, 水產工學研究所報告 4，88 - 96.
- 4 Takayama, S. & T. Koyama (1959). Increasing the opening of a trawl net by means of a kite, *Modern Fishing Gear of the World* 1, 185 - 195, London.
- 5 Kawakami, T. (1953). Mechanical action of the otter board of the trawl net. *Bull. Jap. Soc. Fish.*, 19(4), 228 - 232.
- 6 小山武夫 (1965). 大型トロールにおける數種のトロール漁具について實驗結果とその結果，東海區水產研究所研究報告，43，13 - 69 .
- 7 林俊辰、王敏昌、李燦然 (1980). 表中層拖網漁具力學研究，台灣省水產試驗所試驗報告，32，67 - 82 .
- 8 小山武夫、工藤孝雄、大場 修 (1981). オッターボードの抵抗および展開力について，水產工學研究所報告，2，95 - 103 .
- 9 小山武夫 (1974). 船尾トロールについての實驗的考察，東海區水產研究所研究報告，77，171 - 247 .
- 10 Diel (1928). *Engineering aerodynamics*, New York.
- 11 小山武夫 (1967). トロールの抵抗について，日本水產學會誌，33(2), 74 - 88 .
- 12 李燦然、魏樹藩、于汝嚴 (1968). 拖網漁具改進試驗，台灣省水產試驗所試驗報告，14, 67 - 106.
- 13 黃正清、陳龍陽、戚桐欣、李宗銘、李燦然 (1973). 大型拖網船主機馬力與漁具規模的研究，台灣省水產學會刊，2(2), 1 - 10 .
- 14 Okonski, S. (1964). Universal one boat midwater and bottom trawl, *Modern Fishing Gear of the World* 2，229 - 234，London.
- 15 和田光太 (1973). 網の性能と效果，“實用トロール漁法”，成山堂書店，東京，167 - 185 .
- 16 de Boer P. A. (1959). Trawl gear measurements obtained by underwater instruments, *Modern Fishing Gear of the World* 1, 225 - 233, London.
- 17 周耀然 (1977). 中層拖網漁業的漁具漁法研究，中國農村復興聯合委員會，漁業專輯，28，18 - 29 .