

臺灣東北海域產天竺舵魚及蘭勃舵魚於單層及三層刺網之選擇性與漁獲效能

賴繼昌¹ 謝寬永^{2*}

¹行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心

²國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系

摘要

本研究於 2001 年 6 月及 2002 年之 6、7 月間，在澳底沿岸，使用 7.8 ~ 12.5 cm 等五種不同網目大小之單層刺網，及內網 10.4 cm，外網 30.5 cm 之三層刺網，進行天竺舵魚 (*Kyphosus cinerascens*) 及蘭勃舵魚 (*K. lembus*) 之選擇性實驗。

研究結果得知，以 8.7 cm 目大之單層刺網對兩種目標魚種之選擇性及漁獲效果最佳。單層刺網中，漁獲方式大部分以刺入及嵌入為主，三層刺網則以纏絡為主。由單層及三層刺網之漁獲資料，可證實單層刺網之選擇性較三層刺網明顯。

以 Holt、Kitahara 及修正 Sechin 式等三種方法推估網目選擇性，估計各網目對天竺舵魚及蘭勃舵魚之最適漁獲體長為 22.6 ~ 37.1 cm 間。其中天竺舵魚之選擇係數 (*SF*) 值為 2.90，蘭勃舵魚為 2.97。

在盛漁期，若網目選用得當，單層刺網對目標魚種之漁獲效果及整體漁獲效益較三層刺網佳，但三層刺網對於非目標魚種之漁獲效果則較單層刺網佳，獲利亦較好。故在盛漁期間，應選擇最適切之單層刺網網目 (8.7 cm) 作業，以減少環境及資源的破壞，並兼顧漁獲收益。

關鍵字：單層刺網、三層刺網、選擇性

前言

天竺舵魚 (*Kyphosus cinerascens*) 及蘭勃舵魚 (*K. lembus*) 俗稱白毛，廣布於印度及太平洋熱帶海域，在臺灣主要分佈於全臺周邊及蘭嶼、綠島、澎湖海域；性喜棲息於岩礁、海藻床、潟湖或外礁激浪區等 24 m 以淺地區。食性為草食偏雜食性，以海藻為主，輔以小型無脊椎動物。體長以 25 ~ 30 cm 最常見，最大體長可達 50 cm (台灣魚類資料庫)，但於臺灣東部仍有釣獲近 60 cm 之紀錄。產卵期為春季，冬季肉質較肥美，經濟價值高，全年皆有產，為周邊海域岩礁區重要的經濟魚種之一。

刺網為我國沿近海主要的漁具之一，屬被動

性、高選擇性的漁具。因具高度選擇性，故選擇適當的網目尺寸，可捕獲特定魚種之某一體長範圍，並避免捕獲幼魚，達到保育目的。Acosta and Appeldoorn (1995) 認為不管對魚種或體長範圍，刺網是最具選擇性的漁具。而刺網最適網目之制定則是控制魚群資源量及提高漁獲效率的方法之一 (陳與周, 1980)。

現行刺網之使用層數，主要分單層刺網與多層 (三層或二層) 刺網。就其漁獲機制而言，多層刺網係利用鬆弛的網片纏絡來游之魚體，使其陷入網具中；而單層刺網則藉由魚體穿越單一網目時，造成嵌入或罹刺之效果。因此三層刺網所能漁獲之魚體長範圍便較單層刺網廣泛 (Fabi *et al.*, 2002)，也因而對體型較小之未成熟魚類漁獲的機率較單層刺網高。實際漁場作業時，多層底刺網對沿岸海區珊瑚礁之破壞情形頗為嚴重，因此，澎湖地區及屏東地區已規定離岸特定範圍內禁用

*通訊作者 / 基隆市中正區北寧路 2 號, TEL: (02) 2462-2192 ext. 5024; E-mail: kyhsieh@mail.ntou.edu.tw

多層刺網作業，其他地區亦有建議禁用多層刺網，惟目前並無確切之報告顯示禁用三層刺網後，以單層刺網取代漁獲作業所造成之影響。

有關刺網網目選擇性研究迄今已有相當多的成果，惟我國僅有少數漁具漁法之調查 (何, 1991a, b; 周與蘇, 2002) 以及陳 (1976)、陳與周 (1980)、郭 (1992) 等針對長鰭鮪 (*Thunnus alalunga*)、大目鮪 (*T. obesus*)、巴鯉 (*Euthynnus affinis*)、土托 (*Scomberomorus commerson*)、闊腹鱈 (*S. koreanus*)、黑鯧 (*Parastromateus niger*) 等洄游性魚類進行選擇性研究，對於沿近海或沿岸岩礁區刺網漁業常捕獲之重要經濟性魚種則少有報告 (如劉, 2003)。本研究於東北部海域白毛漁期針對岩礁區活動之魚種進行刺網選擇性及漁獲效果之研究，比較各種不同規格刺網網目之漁獲特性，期可就兼顧環境保育及經濟收益之觀點，了解漁期中，如何在單層刺網與三層刺網間，選擇最適網目規格作業，以作為日後岩礁區刺網漁業管理之參考。

材料與方法

一、資料蒐集

(一) 實驗網具

單層刺網部分，採用 7.8、8.7、10.0、10.8 及 12.5 cm 五種不同規格網目之尼龍單絲網線製成；三層刺網則延用當地漁民傳統作業所使用之規格，內網網目大小為 10.4 cm，外網為 30.5 cm。每一規格之網片隨機選取 30 個網目，量測求其平均目大及平均網線直徑。網目大小量測至 1 cm，線徑至 0.01 mm。以五片不同規格之單層刺網及三片相同規格之三層刺網隨機排列，連結為一組網具進行試驗。

(二) 作業漁場及作業方式

2001 年 6 月及 2002 年 6、7 月間在臺北縣澳底租用當地所屬登記 2 ton、140 hp 之商業性刺網船實地進行 20 航次底刺網漁獲作業，作業位置位於臺北縣澳底沿岸 (Fig. 1)，海域底質為岩礁區；作業人員 2~3 人。

(三) 漁獲物計測方法

每航次作業結束後將每片刺網之漁獲物進行

魚種判別，量測其體長大小、重量，並記錄其罹刺位置、罹刺周徑、頭圍 (Gh)、最大體周長 (Gmax) 等 (Fig. 2)。另詢問各魚種之價格，加以記錄。

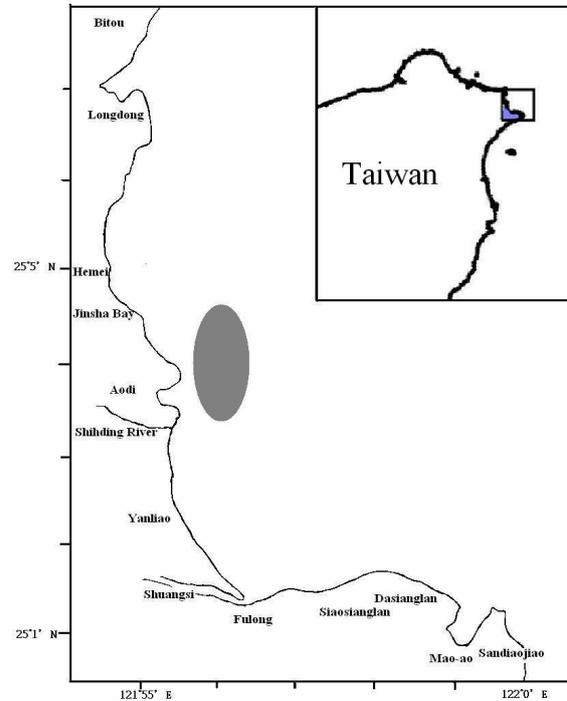


Fig. 1 Sampling areas of *Kyphosus cinerascens* and *K. lembus* by gill nets and trammel nets off northeastern Taiwan (shadow areas).

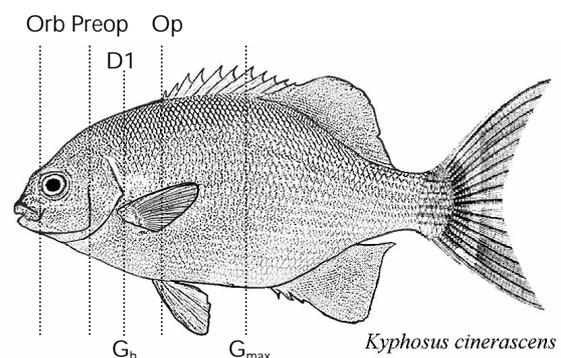


Fig. 2 Body profiles of *Kyphosus cinerascens*. Some positions that fish caught in the net are indicated by broken lines. Orb: orbital; Preop: pre-opercula; Op: opercula; D1: first dorsal fin; G_h : head girth; G_{max} : maximum girth.

二、選擇性判定

Holst *et al.* (1998) 認為漁具選擇性的解析，可以不同魚種之間 (between species selection) 或相

同魚種之內 (within species selection) 兩方面因素考量, 其中, 不同魚種間的選擇性, 與魚類的行為相關, 後者則是年齡、體長或體周大小與網目的相對關係。

網目對同一魚種大小的選擇性 (size selection), 主要取決於魚體刺入時其體型與網目間之幾何關係。在此幾何關係的論述上, 大部分研究以所捕獲之魚體長及網目大小之關係來估計網目選擇性, 但另有主張應該用最直接的被捕獲之魚體周長及網目大小之關係來估計其網目選擇性 (Pet *et al.*, 1995; Santos *et al.*, 1995, 1998; Fabi *et al.*, 2002)。惟其目的都是要尋找一個最適模式以推估網目大小及其所捕獲魚體外型間之選擇性參數。本研究採用下列三種方式來探討, 希望達相互印證之效果。

(一) Holt 方法

Holt (1963) 提出, 二目大相近之網片 m_1 、 m_2 所捕獲目標魚種某體長階級之尾數比 C_1/C_2 之對數值與魚體長階級之中間值 (L) 呈線性關係:

$$\ln(C_1/C_2) = a + bL$$

a 、 b 分別為直線之截距及斜率。

若使用 n 個網片進行實驗, 則會出現 $n-1$ 組 a 和 b , 假設 a_i 、 b_i 為任一網片 m_i 及 m_{i+1} 之 a 、 b 值, 則其標準差 (SD) 可以下式表示:

$$SD = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \left(\sum_{i=1}^{n-1} \frac{-2a_i(m_{i+1} - m_i)}{b_i^2(m_i + m_{i+1})}\right)}$$

網目尺寸 (m) 所捕獲之最適體長 (L_m) 之關係可以下式表示:

$$L_m = (SF) \times m$$

$$SF = \frac{-2a}{b(m_i + m_{i+1})}$$

SF : selection factor 選擇係數

網目尺寸對於所捕獲 L 體長目標物之捕獲率 P 為:

$$P = \exp [-(L-L_m)^2 / (2(SD)^2)]$$

P 值介於 0 ~ 1 之間。

(二) Kitahara (北原) 方法

Kitahara (1971) 將選擇性以相對效率 (Relative efficiency) 表示, Fujimori *et al.* (1996)、

藤森與東海 (1999) 加以應用。

令 $R = L/m, F(R)$ 為滿足 $\ln S(R)$ 之 n 次多項式:

$$\ln S(R) = F(R) / F_{max} = (a_n R^n + a_{n-1} R^{n-1} + a_{n-2} R^{n-2} + \dots + a_0) / F_{max}$$

選擇率 $S(R)$ 經移項後

$$S(R) = \exp(F(R) - F_{max}) = \exp(a_n R^n + a_{n-1} R^{n-1} + a_{n-2} R^{n-2} + \dots + a_0 - F_{max})$$

$$F_{max} = F'(R): F(R)\text{之極大值}$$

(三) 修正 Sechin 式之方法

利用實驗網具所漁獲之最大體周長與頭圍推估選擇率, 以 Reis and Pawson (1992) 修正 Sechin 之方式選取非因纏絡行為 (即嵌入、刺入) 而漁獲之魚體所取得之數據套用下列之公式。

$$S_j = \Phi [(2M - G_{hj}) \theta_h^{-1}] \{1 - [\Phi (2M - G_{maxj})] \theta_{max}^{-1}\}$$

S_j : j 體長魚體相對於網具之選擇率

Φ : 常態分布累計函數

$2M$: 為網目周長, M 為網目緊伸長度

G_{hj} : 頭圍 G_h 於 j 體長分布時之估計值

θ_h : G_h 之標準差

G_{maxj} : 最大體周 G_{max} 於 j 體長分布時之估計值

θ_{max} : G_{max} 之標準差

三種選擇性計算方式對於選擇性之基本假設不盡相同, Holt 方法及 Kitahara 方法乃假設網具所漁獲之魚體長與網目大小間有相互關係, 故選擇曲線之估算將各網目之所有漁獲納入, 而 Sechin 式乃假設選擇性只與魚體刺入網目之體周長有絕對關係, 故計算時需將纏絡上網之數據排除, 才不致影響選擇曲線之精確性。

三、IPUE (Income per unit effort) 之比較

由下式計算各規格刺網之 IPUE, 並加以比較

$$IPUE = \frac{\sum_{i=1}^{n'} \frac{w_{ij} \times m_i}{N_j}}{N_k}$$

n' = 總漁獲種數

w_{ij} = i 魚種於 j 網片之漁獲總重量 (kg)

N_j = 每航次所使用 j 網片之次數

N_k = 實驗之總航次

m_i = i 魚種之產地價格 (元/kg)

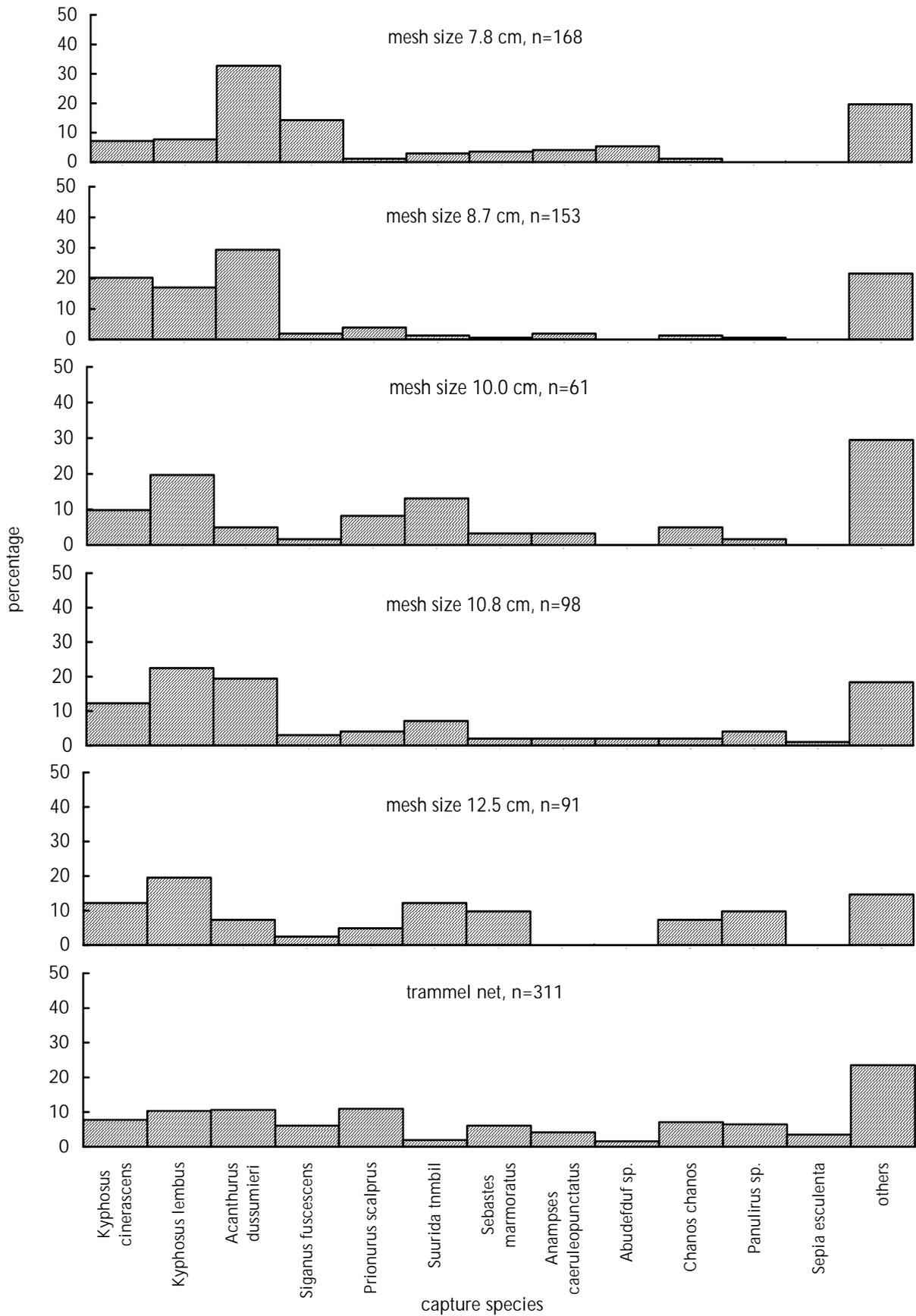


Fig. 3 Percentage of number of caught species by different mesh size.

Table 1 Mean fork length of caught fish by mesh size

Mesh size	7.8 cm	8.7 cm	10.0 cm	10.8 cm	12.5 cm	Trammel net
Range of mean fork length	23 ~ 27	23 ~ 27	27 ~ 31	29 ~ 33	29 ~ 33	25 ~ 31

結 果

一、漁獲組成

本實驗共進行了 20 航次，每航次投放二組網具，網具中如有一片破損，則該組數據予以廢棄，總計成功實驗 37 組，漁獲天竺舵魚 90 尾，蘭勃舵魚 114 尾。漁獲種類以三層刺網之 46 種最多，單層刺網最大網目 (12.5 cm) 之 14 種最少，但該 14 種於三層刺網中皆有捕獲紀錄。每 37 網次總漁獲尾數則以 7.8 cm 目大所捕獲之 168 尾最多，12.5 cm 目大捕獲 41 尾為最少。

各單層網以蘭勃舵魚及天竺舵魚之漁獲效率最佳，其中最小之兩種網目規格 (7.8 cm、8.7 cm) 亦漁獲大量杜氏刺尾鯛 (*Acanthurus dussumieri*)，佔約總漁獲尾數之 30%。而網目 10.0 cm 以上之網具及三層刺網可發現纏絡龍蝦 (*Panulirus* sp.) 及日本扇蝦 (*Ibacus ciliatus*) 等身體部分硬棘較多的甲殼類 (Fig. 3)，漁獲中所有甲殼類及頭足類近七成係由三層刺網所捕獲，可見三層刺網仍有單層刺網所無法取代之捕獲特性。而三層刺網之各魚種漁獲尾數比例差距不大可知，三層刺網對於各魚種之漁獲效率較接近，對魚種的選擇性亦較不敏銳。

各網漁獲重量組成中，單層刺網以蘭勃舵魚、天竺舵魚最多。10.0 cm 以上之網目中，發現開始漁獲大體型之絲鯪 (*Alectis ciliaris*)，且隨著網目之增大，漁獲重量之比例越大。雖就尾數而言，絲鯪並非優勢魚種，但因其體型較大，相對體重較重。但三層刺網當中，各魚種之重量比則較平均 (Fig. 4)。

目標魚種天竺舵魚及蘭勃舵魚在各不同網目之優勢捕獲體長組成示於 Table 1，可發現各網片優勢捕獲體長有隨網目增大而提高之趨勢，三層刺網所漁獲之優勢捕獲體長則為 25 ~ 31 cm，範圍較單層刺網廣泛。

二、選擇性

為了解各規格網目間對魚種的捕獲效果是否有差異，以 spss 統計軟體對不同網目規格所捕獲魚種及其數量進行漁獲效果之 two-way ANOVA 檢定，無論是否加入三層刺網考量，檢定結果皆有顯著差異 (加入三層考量， $F = 9.08$ ， $P < 0.05$ ；不加入三層考量， $F = 3.58$ ， $P < 0.05$)。此外，再對三層刺網與其他單層刺網之漁獲效果進行 Tukey 檢定，三層刺網除與 7.8 cm 目大捕獲效果無明顯差異外，與其他規格單層刺網之間捕獲效果皆有顯著差異 ($P < 0.05$) (Table 2)。

Table 2 Tukey test of number of species and catch between trammel net and gill nets

	Mesh size	Significant
Trammel net	7.8 cm	0.055
	8.7 cm	0.021
	10.0 cm	$P < 0.005$
	10.8 cm	$P < 0.005$
	12.5 cm	$P < 0.005$

(一) 漁獲方式及刺入部位

刺網捕獲魚的模式分類為嵌入 (wedged)、罹刺 (gilled) 以及纏絡 (tangled) 等三種類型 (Hamley, 1975)。不同魚種與網具遭遇時的反應行為，直接影響其被捕獲之類型。單層刺網對天竺舵魚及蘭勃舵魚之漁獲方式如 Table 3 所示，被漁獲比例以罹刺最高，纏絡最低。刺入 (罹刺 + 嵌入) 部位以前鰓蓋至鰓蓋間居多 (Table 4)，兩魚種各項比例相近，此與兩者之體型相似有關。該結果亦充分描述單層刺網對此魚種身體形質之漁具選擇特性。三層刺網多為纏絡上網，罹網部位則不易判定。

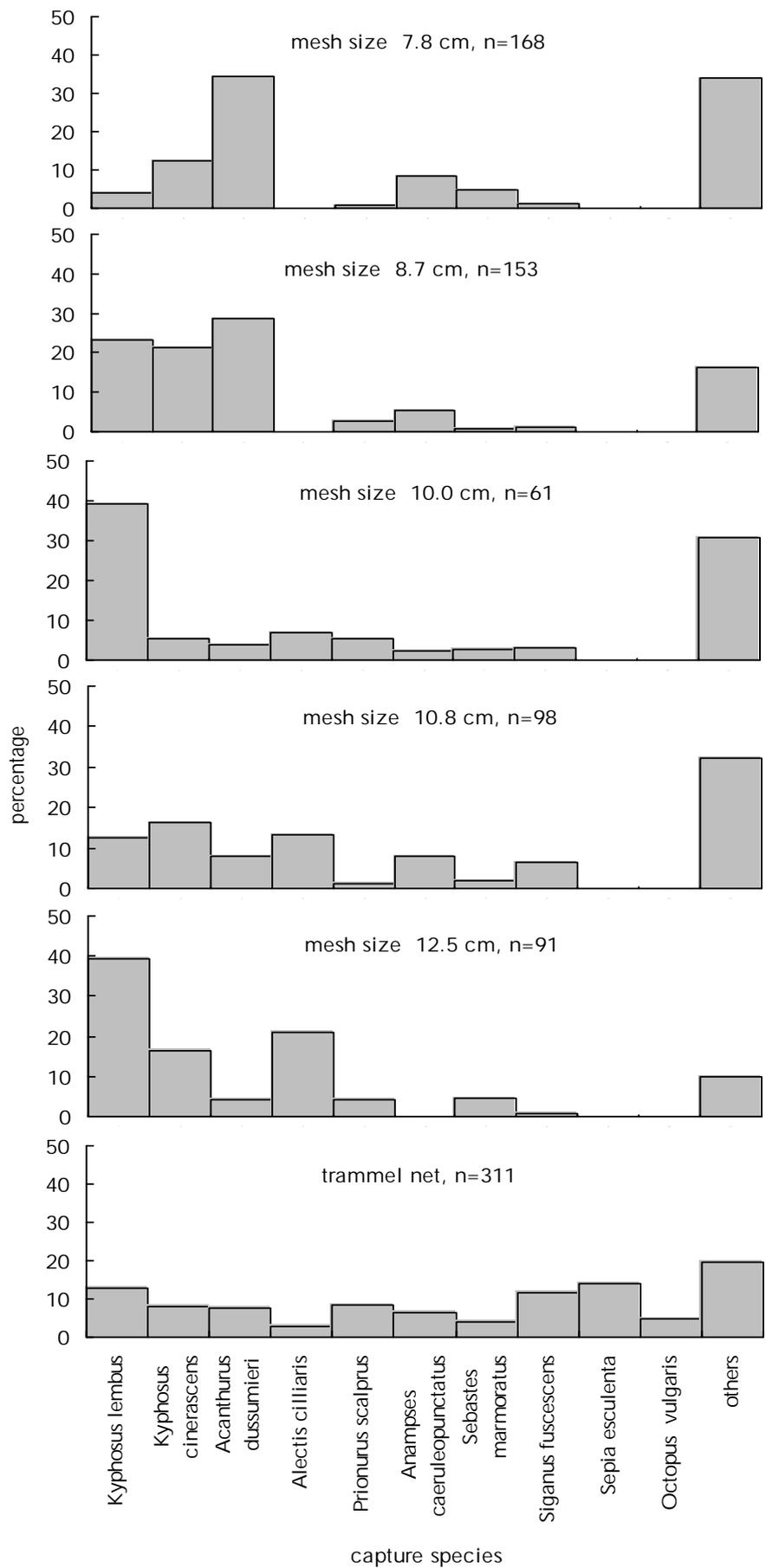


Fig. 4 Percentage of weight of caught species by different mesh size.

Table 3 Percentage of caught way by target species in the gill nets

Species	Caught way (%)		
	Gilled	Tangled	Wedged
<i>Kyphosus cinerascens</i>	51	13	36
<i>Kyphosus lembus</i>	60	12	28

Table 4 Percentage of gilled position by target species in the gill nets

Species	Gilled position (%)		
	Orb-reop	Preop-Op	Op-D1
<i>Kyphosus cinerascens</i>	20	43	37
<i>Kyphosus lembus</i>	20	40	39

(二) 網目大小對魚體長之選擇性

1. Holt 方法

以天竺舵魚及蘭勃舵魚之數據套用 Holt 計算式，所得曲線如 Figs. 5 & 6 所示，各不同目大網片之最適漁獲體長皆有隨目大增大而逐漸增大之趨勢，天竺舵魚及蘭勃舵魚之 SF 值分別為 2.90 及 2.97 (Table 5)。各 SF 值乘以目大即為該目大之最適漁獲體長，各規格目大對天竺舵魚與蘭勃舵魚間之最適漁獲體長相差皆不超過 1 cm。

為判斷天竺舵魚及蘭勃舵魚是否可在選擇性的範疇合併考量，先求出兩魚種之體長 - 尾叉長關係如 Fig. 7 (*Kyphosus cinerascens*: $W = 0.00518 FL^{3.461}$, $n = 90$, $r^2 = 0.929$; *K. lembus*: $W = 0.0103FL^{3.2509}$, $n = 114$, $r^2 = 0.958$)，並利用最大似然法對兩魚種成長方程式檢定，發現其結果並無明顯差異 ($P < 0.0001$)；另在顯著水準 $\alpha = 0.01$ 之條件下，對各不同網目規格所漁獲之天竺舵魚及蘭勃舵魚，以網目別分別進行其平均漁獲體長 t 檢定，得同一網目所漁獲之兩魚種平均體長並無差異。因此兩魚種無論在提高漁獲效率或在漁業管理上皆可一起考量。

2. Kitahara 曲線

以多項式推估 L/M 值與相對效率之關係。

天竺舵魚之理論選擇曲線示於 Fig. 8 ($n = 69$, $r^2 = 0.9435$)，選擇曲線之迴歸式如下：

$$s(R) = \exp [(32.39R^5 - 155.58R^4 + 250.59R^3 -$$

$$162.78R^2 + 39.47R - 1.72) - 2.64]$$

蘭勃舵魚之理論選擇曲線示於 Fig. 9 ($n = 82$, $r^2 = 0.8073$)，選擇曲線之迴歸式如下：

$$s(R) = \exp [(189.73R^5 - 819.55R^4 + 1324.5R^3 - 990.97R^2 + 343.03R - 44.02) - 2.84]$$

兩選擇曲線之頂點 (相對效率為 1 時) 所對應之 L/M 值天竺舵魚為 3.0，蘭勃舵魚為 2.9。表示魚體長與網目規格之比例分別達 3.0 及 2.9 時，實驗網具對於天竺舵魚及蘭勃舵魚之漁獲效果最佳。

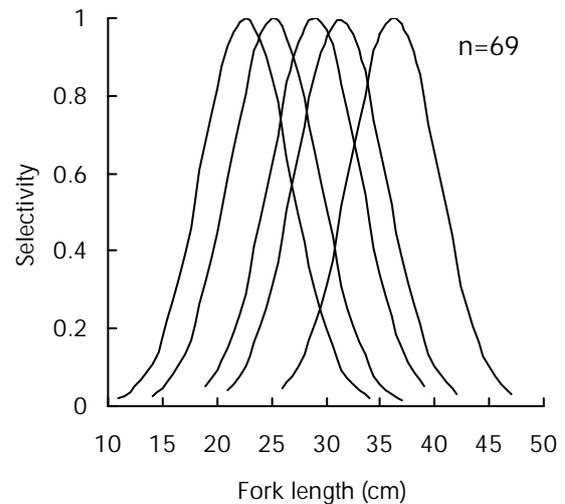


Fig. 5 Estimated gillnet selectivity curves for *Kyphosus cinerascens* computed by Holt method. Curves from left to right are mesh sizes 7.8 cm, 8.7 cm, 10.0 cm, 10.8 cm and 12.5 cm.

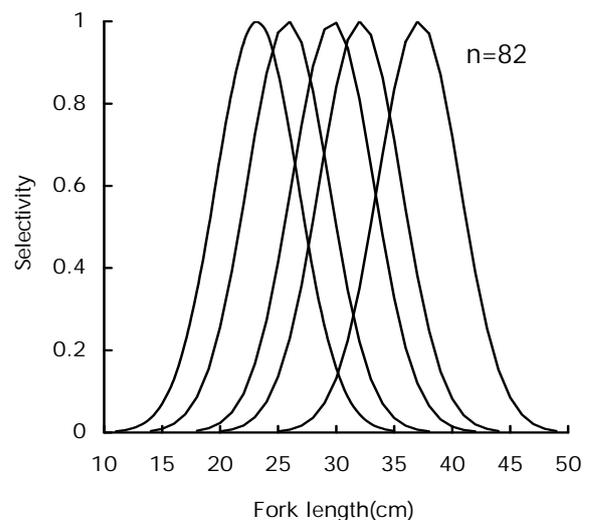


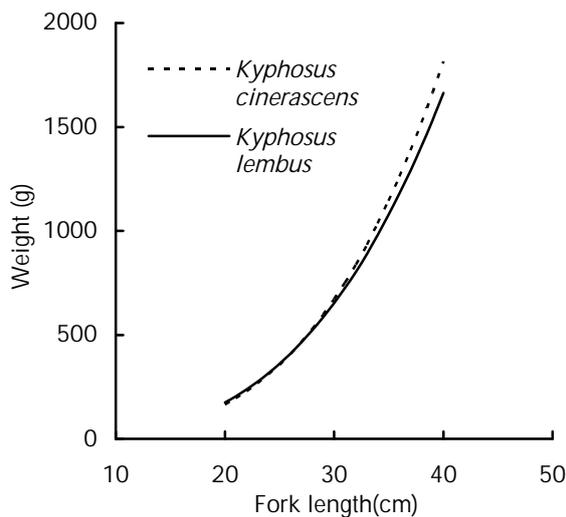
Fig. 6 Estimated gillnet selectivity curves for *Kyphosus lembus* computed by Holt method. Curves from left to right are mesh sizes 7.8 cm, 8.7 cm, 10.0 cm, 10.8 cm and 12.5 cm.

Table 5 The *SF* value and optimum catch length by mesh size estimated by Holt method

Species	<i>SF</i>	$L_{7.8}$	$L_{8.7}$	$L_{10.0}$	$L_{10.8}$	$L_{12.5}$
<i>Kyphosus cinerascens</i>	2.90	22.6	25.2	29.0	31.3	36.3
<i>Kyphosus lembus</i>	2.97	23.2	25.8	29.7	32.1	37.1

SF: selection factor**Table 6** Parameters of the linear-regression equations

Species	Linear regressions	r^2	n
<i>Kyphosus cinerascens</i>	$G_{\max} = 0.2553 + 0.8917TL$	0.8748	90
	$G_h = -0.4501 + 0.7511TL$	0.7079	90
<i>Kyphosus lembus</i>	$G_{\max} = -0.07120 + 0.888TL$	0.9919	113
	$G_h = 0.1588 + 0.723TL$	0.7608	113

 G_{\max} : maximum girth; G_h : head girth; TL: total length**Fig. 7** Relationship between weight and fork length for *Kyphosus cinerascens* and *Kyphosus lembus*.

若以本實驗魚獲之白毛主要體長 (28 cm), 代入 Holt 及 Kitahara 之結果計算得其最適網目皆為 9.33 cm。

3. Sechin 曲線

天竺舵魚及蘭勃舵魚之頭圍與體長之關係、最大體周與體長之關係示於 Table 6。兩者皆呈線性關係增加。

利用以上之關係式套用 Sechin 之模式, 排除實際漁獲中纏絡之數據加以校正, 以漁獲量較多之網目作選擇曲線。8.7 cm 目大對天竺舵魚之選

擇曲線 (Fig. 10) 選擇曲線頂點 (相對效率 = 1) 所對應之選擇體長為 24 cm, 表示以 Sechin 計算式分析 8.7 cm 目大網片對於天竺舵魚之最適漁獲體長為 24 cm。

而 8.7 cm 目大對蘭勃舵魚之選擇曲線, 以實際漁獲數據校正後, 其最適漁獲體長為 25 cm, 10.8 cm 目大對蘭勃舵魚之最適漁獲體長則為 30 cm (Fig. 11)。

三、各規格刺網之單位努力漁產值(IPUE)

考慮各規格刺網之獲利情形, 各單層刺網之魚種別 IPUE 皆以蘭勃舵魚及天竺舵魚最高, 漁獲量居第三位之杜氏刺尾鯛因魚價低, 故 IPUE 並不高。三層刺網部分除了白毛之外, 褐籃子魚 (*Siganus fuscescens*) 亦屬 IPUE 較高之魚種, 惟試驗進行時並非該魚種之盛漁期 (4~6 月), 故漁獲體型稍小。

各網片漁獲之總 IPUE 值以 8.7 cm 目大之網片最高, 7.8 cm 目大之網片最低 (Fig. 12)。對於主要漁獲魚種天竺舵魚及蘭勃舵魚, 同樣以 8.7 cm 目大之網片所得之 IPUE 值最高, 7.8 cm 目大之網片最低。若將兩魚種剔除, 則各不同目大網片之 IPUE 以三層網較佳, 12.5 cm 目大之網片最低。

綜上, 三層刺網對於白毛之漁獲效果並不如其他單層刺網佳, 但以白毛以外之其他漁獲物統計, 三層刺網之 IPUE 則遠高於其他單層網片, 若

Fig. 8 Estimated gill net selectivity curve for *Kyphosus cinerascens* computed by Kitahara method.

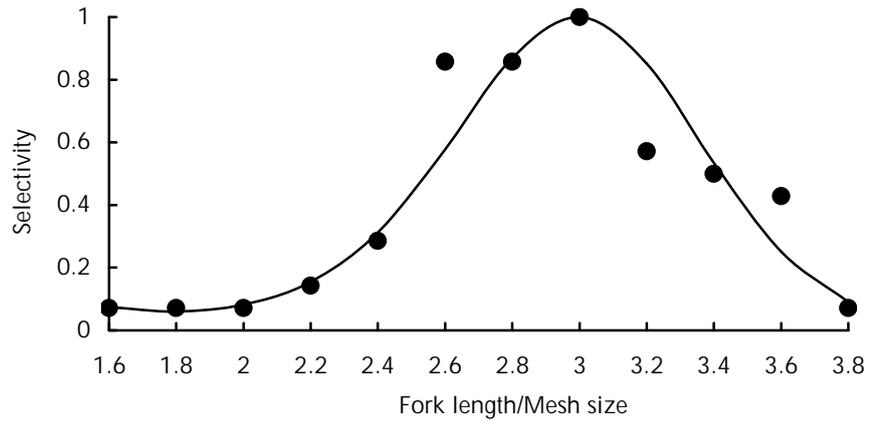


Fig. 9 Estimated gill net selectivity curve for *Kyphosus lembus* computed by Kitahara method.

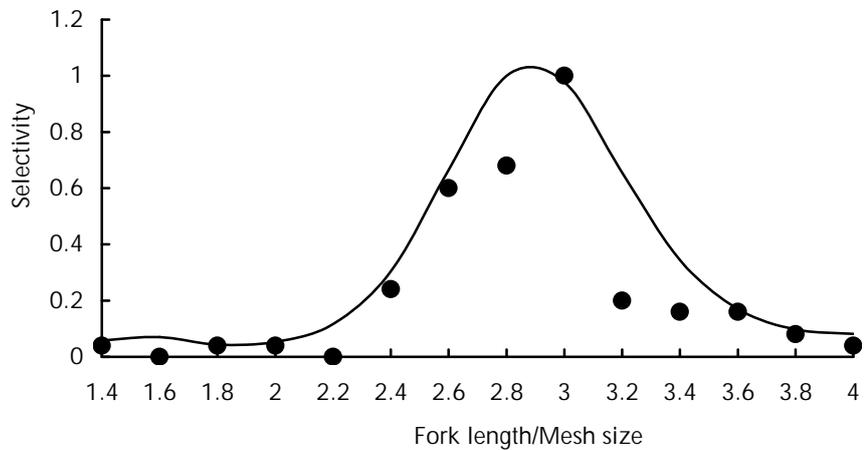
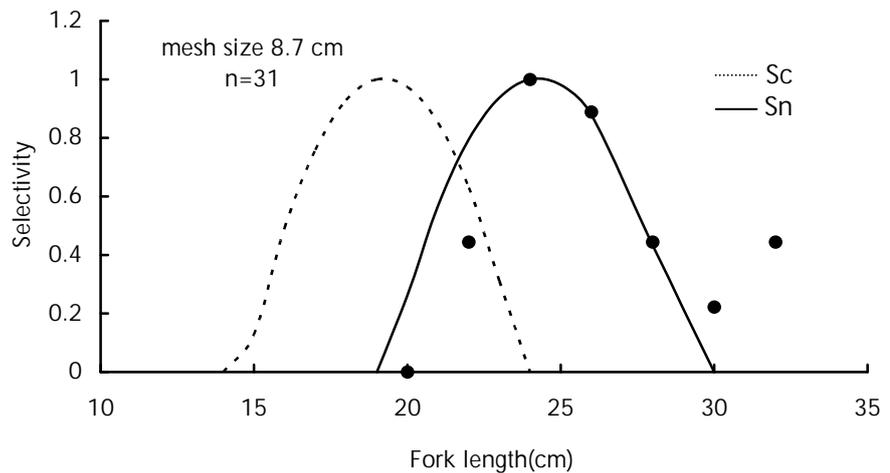


Fig. 10 Length-selectivity distributions of caught *Kyphosus cinerascens* (●), corresponding nominal (Sn) and corrected (Sc) selection curves computed by Sechin method (mesh size 8.7 cm).



將所有漁獲物納入考量，三層刺網之 IPUE 仍低於 8.7 cm 目大之單層網片。故在白毛來游量多時，選擇 8.7 cm 目大單層刺網所得之總經濟效益較三層刺網高，但三層刺網對非主要目標魚種之漁獲能力則遠高於其他單層刺網。

討 論

一、網具對魚種選擇性

以不同網目間對魚種及數量的捕獲效果差異性檢定中，單層刺網僅 7.8 cm 目大與三層刺網無

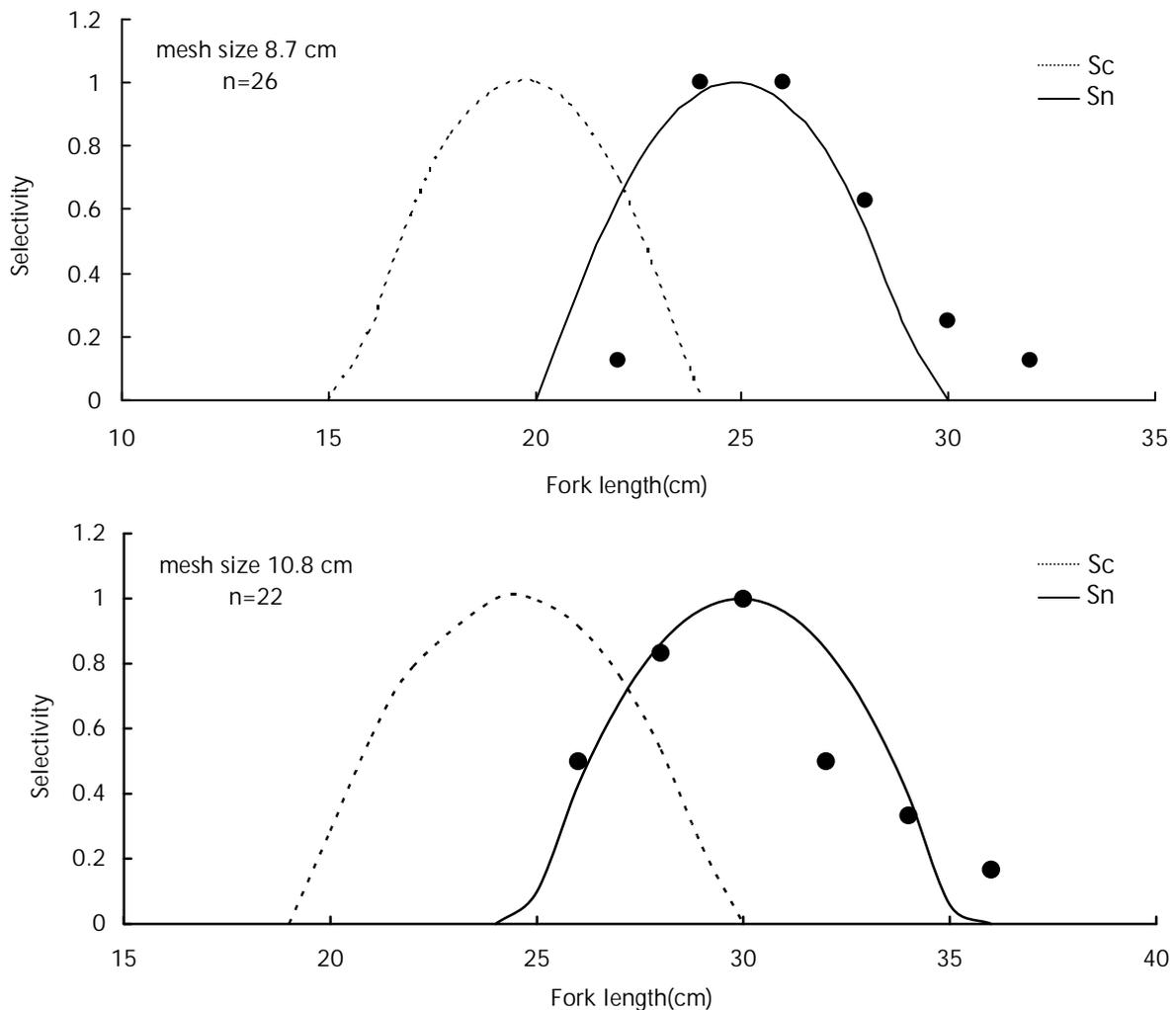


Fig. 11 Length-selectivity distributions of caught *Kyphosus lembus* (●), corresponding nominal (Sn) and corrected (Sc) selection curves computed by Sechin method (mesh size 8.7 cm, 10.8 cm).

明顯差異，雖然三層刺網捕獲之體長範圍廣泛，但因海岸礁岩區魚種仍以小型魚種之種類、數量占優勢，故三層刺網在礁岩區之使用與小網目單層刺網之捕獲效果有相似之特質。

由各網片捕獲魚種尾數比例 (Fig. 3)，可發現 8.7 cm 目大捕獲魚種個體數在種間分配相對較不平均，探討其漁獲魚種分佈情形，白毛及杜氏刺尾鯛占大量比例 (67%)，顯示其在白毛漁期，該目大較能有效率的捕獲目標魚種，並減少非目標魚種之捕獲率。

杜氏刺尾鯛之最大體長為 54 cm (台灣魚類資料庫)，本研究於 7.8 cm、8.7 cm 目大漁獲中佔約三成，漁獲體長範圍為 14 ~ 33 cm，主要漁獲體長分佈於 16 ~ 19 cm 間 (佔 79%)，可見白毛漁期，

該地區之杜氏刺尾鯛仍以小體型居多。此外，於實際收網時發現多齒蛇鯧 (*Saurida tumbil*) 被漁獲之方式多為牙齒及頭部纏絡於網線遭漁獲，此種捕獲型態推測與其身體特徵及與網具遭遇後掙扎逃脫型態相關。

二、選擇曲線探討

刺網之漁獲方式，主要是使魚體刺入網目為機制，不同體型大小之魚體遭遇網具時，小個體可穿過網目，而大個體與網具接觸後則因無法刺入而逃逸，故刺網選擇曲線為一鐘型曲線。當目標魚種體型大小與最適漁獲體長相差 20% 時，被漁獲之機率便大為降低 (Hamley, 1975)，本研究以

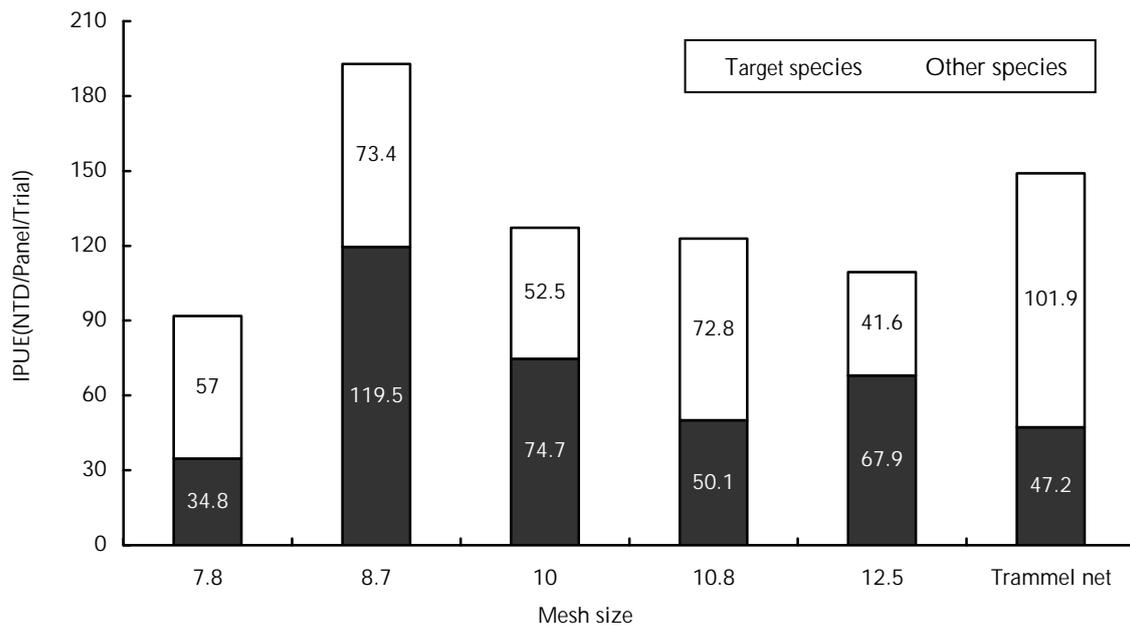


Fig. 12 Income per unit effort (IPUE) by different mesh size.

各網目對應兩目標魚種之最適漁獲體長 (Table 5) 為基準，計算其不足或超過 20% 最適體長之漁獲率，以 10.0 cm 目大最高，其漁獲率為 0.22，其餘網目規格皆為 2 成以下，表示刺網對漁獲體長確有高度之選擇性，其所呈現之鐘型選擇曲線左右兩臂有選擇性敏銳之特性。

刺網網目選擇性之推論大致分為直接法、間接法 2 種，另有重複法、或以體周測量值、漁獲體長估算、死亡率估算等方法 (郭與黃, 1992; 張與孫, 2006)，理論上，採用直接法估算較為合理，但實際作業上並無法對漁場中魚群體長頻度進行直接測定，即使進行水槽試驗，其所模擬之環境也無法完全符合現實漁場實際狀況，對魚群行為之影響是否造成選擇性估計之誤差也不得而知。本研究採用方法皆屬間接法，由於漁場實地作業無法得知海中各個體長之魚群數量，因此皆以漁獲尾數最多之體長階級為基準，換算各體長階級之相對效率以推求選擇曲線，進而判定最適網目。

對於利用間接估計法推估選擇曲線，雖可較直接估計法節省更多時間及人力成本，惟因其對捕獲率的假設為“絕對效率”，故各推估曲線的高度皆一致 (最高漁獲效率為 1)，而事實上，各網目之選擇曲線之高度並不盡相同，故以間接估計法推

估選擇曲線時應儘可能套用 2 種以上之模式，相互印證 (劉與李, 2001a, b)，本研究以 Holt 方法搭配 Kitahara 曲線，以最佳相對漁獲效率所對應之最適魚體長 / 網目大小值皆介於 2.9 ~ 3.0 間。另再以 Sechin 曲線求得之 3 組最適漁獲體長所對應之網目大小比值，分別為 2.8、2.9 及 2.8，與前 2 種方式所推估之結果相近。

三種選擇曲線推求方法中，Holt 式假設兩目大相近之網片 m_1 m_2 所捕獲目標魚種之某體長階級尾數比 ($C1/C2$) 與體長 L 呈線性關係，因此須進行一系列不同網目大小之實驗方可求得選擇曲線。在其應用上，可搭配已知成熟體長或最小法定漁獲體長，用以判斷最適網目以保護未成熟資源 (Petrakis and Stergiou, 1996)。

Kitahara 方法假設刺網的選擇性是魚體長與網目大小之比值 (L/M) 的函數；因此可將不同網目之漁獲數據一起描繪選擇曲線，不會受某一種網目數據不足之影響，為其使用上之優點。

Sechin 式利用頭及身體周長與最大頭、體周之標準差來估計選擇曲線，選擇率與體周形質成直接關係，因此漁獲過程中必須將纏絡上網之數據去除。計算過程必須對網目大小進行修正，原因係魚類與網具遭遇後之衝刺行為，造成網目拉撐，與魚體肌肉之壓縮，在某種程度仍具漁獲效

果。故魚類之掙扎力道越強，對網目及魚體的變形影響越大，修正係數則越高。此外，網片編法（材料物理特性，如：單絲或複線），及不同網線材料受力拉撐均會影響網腳伸長度，改變修正值。本研究之修正值為 20 ~ 23%，較 Reis (1992) 對 *Dicentrarchus labrax* 之 9 ~ 11% 高，是否因白毛身處岩礁激浪區，較底層洄游性或河湖區魚類具有勇往直前個性，及對網目之拉撐力較大，身體壓縮程度較高之影響，仍有待進一步探討。

選擇曲線右半部代表體型較大之個體遭捕獲之機率，受魚體刺入網目效果及纏絡效果影響；左半部則為體型較小之個體遭捕獲之機率，受網具纏絡效果之影響較低，因此，利用 Sechin 式估計選擇曲線若無法完整排除纏絡個體，將使曲線往右半部偏移，使修正係數增大。

三、經濟面考量

根據謝 (2002) 對我國刺網漁業網具使用情形之調查報告指出，除了烏魚之外，對其他洄游性魚類大多使用單層刺網作業，而岩礁性魚類則大多使用三層刺網。雖然單層刺網之規格種類較多，但三層刺網之適用性較廣，可使用之期間亦較長，即使破損仍具相當程度之捕獲效果。故本研究海域漁民用於作業之網具仍以三層刺網為主，一般認為使用三層刺網較單層刺網容易捕獲花枝、龍蝦、日本扇蝦及頭足類等魚類之外的高經濟價值漁獲物，但由於三層刺網較單層刺網不具選擇性，對魚類幾近大小通吃，且對岩礁區之珊瑚破壞情形嚴重，長期使用，對環境及資源是一種直接的傷害。此外，值得注意的是，7.8 cm 目大雖是所有規格中漁獲尾數效果最佳，但因漁獲多屬小體型，相對降低其經濟價值，故 IPUE 最低，因此選擇作業的網目過小，對資源而言亦是另一種浪費。

本研究結果證明，對於白毛漁期，單層刺網若使用得當，其漁獲效果較三層刺網佳。此結果與謝 (2002) 在相同海域以三線雞魚 (*Parapristipoma trilineatum*) 為目標之結論相同。在非盛漁期時，單層刺網之獲利或許較三層刺網稍差，但在沿岸資源因過漁而逐漸減縮的情況下，限制三層刺網使用量並選擇最適切之單層網目大小，以減少未成熟或尚未具經濟價值魚類之

捕撈壓力，避免不必要的環境破壞及資源消耗，長遠看來，對漁業資源之保育及經濟面應更有利。

刺網選擇性的研究目的，並非在追求漁獲效能的提升，而是在維護漁業資源的永續利用 (劉與李, 2001a, b)，因此，捕撈強度的管控及評估極為重要，網目的限制即為控制捕撈強度的因素之一，透過網目選擇性的研究，提供最適網目規格，對捕撈魚種體長進行管控，另外，在探討網目選擇性同時，應配合魚類生殖生物學及資源量的研究來判別最適網目，例如搭配最小成熟體長或最小法定漁獲體長 MLS (minimum landing size) 的制定等方式進行管理，以達到恢復海域漁業資源及維持最大持續生產量的目標，但目前仍欠缺白毛之年齡成長、成熟體長等生態研究，未來應針對此方向繼續努力，使本研究之結果得配合應用於漁業資源之管理與保護。

謝 辭

本研究係在行政院農業委員會漁業署 91 年禁用三層刺網對漁獲之影響研究 (一) 91 農科-2.5.1-漁-F1(21) 項下完成，謹此誌之。另，承學弟黃章陽先生、黃聖智先生、金建邦先生協助資料採集與分析；鍾宜庭小姐、簡佩苓小姐、阮光民先生鼎力相助，使本研究得以順利完成，併此表達由衷謝意。

參考文獻

- 台灣魚類資料庫 (2007) <http://fishdb.sinica.edu.tw/home.php>.
- 李國添 (2002) 台北縣貢寮地區漁業之調查研究. 國立台灣海洋大學編印, 基隆, 臺灣, 374 pp.
- 何權澂 (1991a) 漁具漁法 (上冊). 華香園出版社, 42-46.
- 何權澂 (1991b) 漁具漁法 (中冊). 華香園出版社, 9-46.
- 周耀傑, 蘇偉成 (2002) 臺灣漁具漁法. 行政院農業委員會漁業署編印, 150-181.
- 郭慶老, 黃士宗 (1992) 西北太平洋長鰭鮪流刺網之網目選擇性. 台灣水產學會刊, 19(1): 13-23.
- 陳瑞順, 周耀傑 (1980) 流刺網最適網目選擇性之研究. 中國文化大學海研所海洋彙刊-生物專刊, 26: 117-140.

- 陳中和 (1976) 刺網網目選擇曲線之研究. 台灣省立海洋學院漁業研究所 碩士論文, 42 pp.
- 謝寬永 (2002) 禁用三層刺網對漁獲之影響研究(一). 行政院農委會漁業署九十一年度試驗研究計畫研究報告, 41 pp.
- 劉國強 (2003) 台灣沿海不同網目的單層與三層刺網之魚種選擇性與大小選擇性研究. 國立臺灣大學漁業科學研究所 碩士論文, 87 pp.
- 劉國強, 李英周 (2001a) 刺網漁具選擇性研究之回顧(上). 中國水產, 584: 38-41.
- 劉國強, 李英周 (2001b) 刺網漁具選擇性研究之回顧(下). 中國水產, 585: 34-40.
- 張健, 孫滿昌 (2006) 刺網漁具選擇性研究進展. 中國水產科學, 13(6): 1040-1048.
- 藤森康澄, 東海正 (1999) 石田の方法と北原の方法による MS-Excel をいた刺網の網目選擇性曲線の推定. 水產海洋研究, 63: 14-25.
- Acosta, A. R. and R. S. Appeldoorn (1995) Catching efficiency and selectivity of gillnets and trammel nets in coral reefs from southwestern Puerto Rico. Fish. Res., 22: 175-196.
- Fabi, G., M. Sbrana, F. Biagi, F. Grati, I. Leonori and P. Sartor (2002) Trammel net and gill net selectivity for *Lithognathus mormyrus* (L., 1758), *Diplodus annularis* (L., 1758) and *Mullus barbatus* (L., 1758) in the Adriatic and Ligurian seas. Fish. Res., 54: 375-388.
- Fujimori, Y., T. Tokai, S. Hiyama and K. Matuda (1996) Selectivity and gear efficiency of trammel nets for Kuruma prawn (*Penaeus japonicus*). Fish. Res., 26: 113-124.
- Hamley, J. M. (1975) Review of gillnet selectivity. Fish. Res. Board Can., 32: 1943-1969.
- Holt, R., N. Madsen, T. Moth-Poulsen, P. Fonseca and A. Campos (1998) Manual for Gillnet Selectivity. European Commission., 43 pp.
- Holt, S. J. (1963) A method for determining gear selectivity and its application. INCEF Spec., Publ. 5: 106-115.
- Kitahara, T. (1971) On selectivity curve of gillnet. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 37: 289-296.
- Petrakis, G. and K. I. Stergiou (1996) Gill net selectivity for four species (*Mullus barbatus*, *Pagellus erythrinus*, *Pagellus acarne* and *Spicara flexuosa*) in Greek waters. Fish. Res., 27: 17-27.
- Pet, J. S., C. Pet-Soede and W. L. T. van Densen (1995) Comparison of methods for the estimation of gillnet selectivity to tilapia, cyprinids and other fish species in a Sri LanKan reservoir. Fish. Res., 24: 141-164.
- Reis, E. G., M. G. Pawson (1992) Determination of gill-net selectivity for bass (*Dicentrarchus labrax* L.) using commercial catch data. Fish. Res., 13: 173-187.
- Santos, M. N., C. C. Monteiro, K. Erzini and G. Lasserre (1998) Maturation and gill-net selectivity of two small sea breams (genus *Diplodus*) from the Algarve coast (south Portugal). Fish. Res., 36: 185-194.
- Santos, M. N., C. C. Monteiro and K. Erzini (1995) Aspects of the biology and gillnet selectivity of the axillary seabream (*Pagellus acarne*, Risso) and common pandora (*Pagellus erythrinus*, Linnaeus) from the Algarve (south Portugal). Fish. Res., 23: 223-236.

Catching Efficiency and Selectivity of Gill Nets and Trammel Nets on *Kyphosus cinerascens* and *Kyphosus lembus* from Northeastern Waters off Taiwan

Chi-Chang Lai¹ and Kuan-Yung Hsieh^{2*}

¹Coastal and Offshore Resource Research Center, Fisheries Research Institute

²Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University

ABSTRACT

In this study, five gill nets mesh sizes (7.8, 8.7, 10.0, 10.8 and 12.5 cm) and one trammel net (inner 10.4 cm, outer 30.5 cm) were compared to estimate catching selectivity and efficiency for *Kyphosus cinerascens* and *K. lembus* along the coast of Auo-di from June to July in 2001 and 2002.

Results showed that the 8.7 cm-mesh-size gill net was the most efficient net to catch that two species. In gill nets, mostly caught fishes were gilled or wedged. In the trammel net, fishes however were caught by tangling. This indicated that the trammel net was less selectivity on fish size.

In addition, the selectivity of mesh size was assessed through Holt, Kitahara, and revised Sechin methods. The estimated optimum selection lengths of *K. cinerascens* and *K. lembus* were various from 22.6 to 37.1 cm, depending on mesh sizes. The selection factor for *K. cinerascens* was 2.90, and *K. cinerascens* was 2.97.

The gill nets caught were target species than trammel net, but trammel net had more non-target species than gill nets. In IPUE analysis, the gill net with mesh size 8.7 cm has the highest income. The study suggested that gill net with mesh size 8.7 cm should be considered to use during the fishing season.

Key words: gill net, trammel net, selectivity

*Correspondence: Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan. TEL: (02) 2462- 2192 ext. 5024; E-mail: kyhsieh@mail.ntou.edu.tw