

不同體型刺鯧單體標物反射強度之研究

賴繼昌^{1,2}、黃星翰¹、楊清閔¹、吳龍靜¹、呂學榮²

¹水產試驗所沿海資源研究中心、²國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學系

前言

底拖網漁業的高漁獲效率與高混獲率，常被指摘為嚴重破壞漁場環境及資源的漁法之一，因此如何制定適當的管理措施，為近年來全球關切的重要課題。結合聲學探魚技術與拖網作業，來評估底棲性漁業資源，於國外已行之有年 (Lawson and Rose, 1999; Korsbrette et al., 2001)，然而此項技術鮮少用於低緯度地區，主要由於低緯度地區底拖網漁業的漁獲物生物多樣性高，魚探機所收錄之數據分析不易，無法於後處理有效區分魚種回訊，達到評估魚群豐度之目的。隨著聲學探魚技術的發展及軟硬體設備性能之強化，可望藉由蒐集底棲性魚種單體反射特性，藉由比較其間的差異，解決因生物多樣性高導致之聲探資料後處理困難的瓶頸，評估各魚種之魚群豐度。

刺鯧 (*Psenopsis anomala*) 體型短而高，兩側扁平近似橢圓狀，日間喜於沙質底棲息，夜間則會至表層攝食浮游性生物及甲殼類動物，屬高經濟價值魚種，台灣周邊海域皆可捕獲，每年 10 月至隔年 3 月為其盛漁期，以中小型底拖網捕獲量為最大宗，係底拖網漁業中相當重要之對象魚種。由近 13 年來刺鯧產量統計 (圖 1)，發現漁獲量有下

滑之趨勢；鐘 (2007) 亦指出，刺鯧漁獲體長範圍之最大值亦有下降之趨勢，且 CPUE 亦明顯降低，顯示該魚種的資源量已較過去減少。因此確有必要對其魚群豐度加以了解，盡快進行評估以作為管理之決策依據。但目前在聲學領域的評估技術上並無刺鯧之 target strength (TS) 與體長間的相關資訊作為基礎。本研究擬用不同體型之刺鯧於水槽中進行各種實驗，建構其 TS 與體長之關係，並探討魚體俯仰角變動對其 TS 的影響。另外，由於音鼓所發送之脈波波長不同，探知水下生物體的解析度有差異，因而使用三種不同之脈波波長進行計測比較。

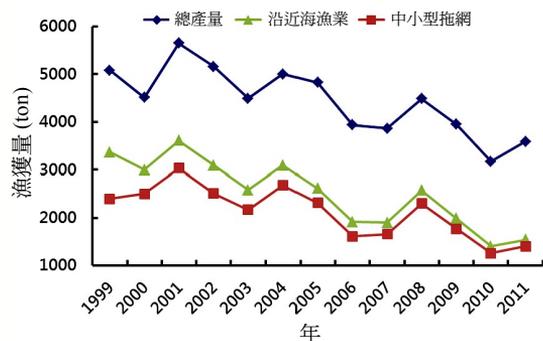


圖 1 台灣近 13 年刺鯧漁獲量統計 (資料來源：漁業年報)

材料與方法

本研究使用 SIMRAD EY60 可攜式科學

科技研究

魚探機，功率為 1,000 瓦，搭載頻率為 200 千赫茲之分割波束音鼓，半波束角為 7 度，魚探機規格詳如表 1。魚探機系統運作過程中，通過網路傳輸連結筆記型電腦，配以 SIMRAD ER60 軟體即時收錄回聲資訊，並加以儲存以供後處理重現及資料分析，後處理採用之軟體為 Myriax Echoview。實驗前以 minilog 及鹽度計量測水槽海水之溫度及鹽度，以此作為魚探機之環境參數，後續參照 SIMRAD 標準校正程序完成校正。

表 1 本研究魚探機規格

參數	數	值
發波間隔(秒)		0.07
聲速(m/s)		1528.67
吸收係數(分貝/公尺)		0.074
音鼓補償強度(分貝)		25.5
發波功率(瓦)		1000
雙邊波束強度(分貝 單位球面度)		-20.7
3 分貝波束橫向面角度(度)		6.78
3 分貝波束縱向面角度(度)		7.31

5 尾刺鯧樣本來自東港小型底拖網漁船之當日漁獲，尾叉長 114–194 mm，取得後立即冷藏保存，實驗前再以溫水退冰，恢復魚體的自然軟硬程度，避免因冷凍後魚體僵硬，導致實驗誤差。

實驗設計如圖 2，於本所東港生技研究中心之圓形水槽進行，水槽直徑與深度分別為 8 m 及 2.5 m，材質為水泥，牆壁厚度為 0.3 m，蓄水體積約為 100 公秉，注入海水前設置音鼓固定架(音鼓設置高度距離水槽底部 0.8 m)、魚體角度控制器(直徑 0.5 m 之圓盤，以 10° 為單位分成 36 等分)及 2 組控制

器支撐架(高度距離水槽底部 2 m，彼此以 2 m 之橫桿連結，魚體角度控制器安裝於橫桿中間位置)，音鼓與魚體角度控制器之相對位置為一直線，音鼓探測方向指向魚體角度控制器下方 1.2 m 位置。設置完成後，注入海水，待水位高度到達 2 m 時停止注水，注水時間約為 8 小時，水體為自東港港口抽取之海水，鹽度及溫度分別為 33 psu 及 25°C，注水完畢後靜置 1 小時，以使水中可能干擾聲音回訊之物質沉降至水槽底部。利用細針將 2 條直徑 0.5 mm 尼龍纖維材質之釣線穿過刺鯧魚體前端(距離魚鰓及脊椎各約 1 cm 處)及後端(魚體脊椎末端處)，利用繩結固定魚體，釣線首端結附魚體角度控制器，末端結附沉錘，同時懸掛於魚體角度控制器並調整 2 線相對長度，使魚體於水中能保持平躺姿勢且高度距離水槽底部 0.8 m，在魚探回訊中所顯示的訊號盡量呈現於四個象限之中心點，設置完成時，轉動魚體角度控制器，將魚體吻部對準音鼓，並以此角度定為 0°，而當魚體背部及尾部對準音鼓時，則角度分別為 90° 及 180°。

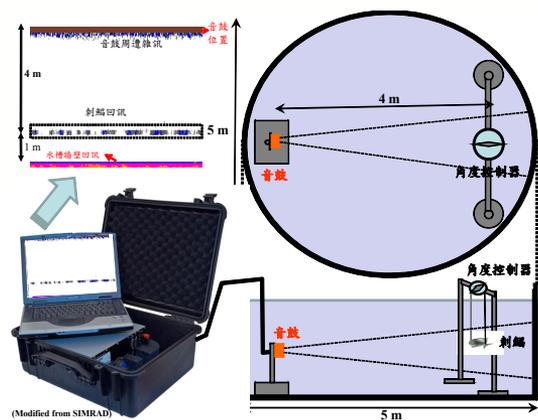


圖 2 本研究實驗設計圖

將 5 尾樣本分別使用 0.064 ms、0.256 ms 及 1.024 ms 脈波長度收錄 TS 資訊，透過魚體角度控制器轉動刺鯧樣本，由 0°–180°，以 10° 為單位，3 種脈波長度於每單位記錄 1–1.5 分鐘，即可獲得 285 組 raw 資料，每組資料約含有 200 pings。將資料導入 Echoview 做處理分析，擷取並平均各組資料內距離音鼓 4 m 處之 TS 值，觀測魚體俯仰角變動與 TS 間之關係性。另由 3 種脈波長度中分別篩選角度範圍 60°–120° 之平均 TS，建構刺鯧於不同脈波長度之 TS-FL (Fork length) 關係式：

$$TS \text{ (dB)} = a \times \log(FL) \text{ (mm)} + b$$

結果

刺鯧 5 種不同尾叉長階級 (114、141、163、177、194 mm)，在 3 種脈波長度 (0.064、0.256、1.024 ms) 之 TS-Log (FL) 關係如圖 3，各項參數如表 2 所示。使用不同脈波長度探測之情況下，5 種不同體型刺鯧在各不同入射角度之最大至最小反射強度平均 TS 值範圍分別為 -46.66–-66.70 dB (0.064 ms)、-46.47–-63.10 dB (0.256 ms) 及 -43.08–-60.90 dB (1.024 ms)，不同脈波長度探測之反射強度值均有隨體長增加而上升之趨勢，由表 2 中 r^2 及 p 值檢定結果可知，刺鯧在本研究所設計的水槽環境中，以 0.256 ms 探測結果最適合用於描述其體長—反射強度關係。由圖 3 可知，刺鯧在尾叉長 114 及 141 mm 階級中，脈波長度增加亦造成同尾叉長的 TS 增加，然而，此種現象卻隨著刺鯧尾叉長的增加逐漸消失；在尾叉長 177 及 194 mm 階

級中，發現 3 種脈波長度所測得之 TS 已趨近於相同。

表 2 不同脈波長探測 TS-Log (FL) 關係各項參數

脈波長度	a	b	r^2	p 值
0.064	26.77	-114.51	0.61	0.12
0.256	22.68	-103.78	0.91	0.01
1.024	9.98	-74.99	0.22	0.42

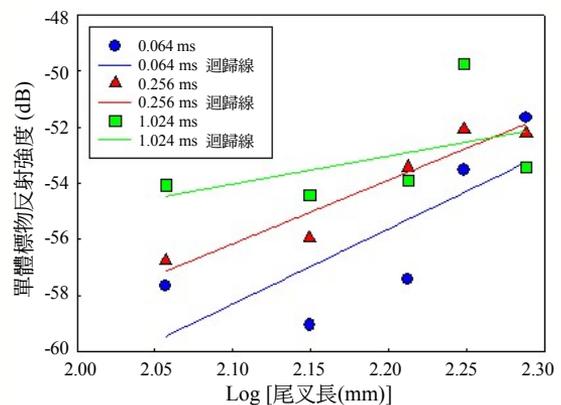


圖 3 各不同脈波長度之 TS-Log (FL) 關係圖

本研究將刺鯧頭部對準聲源，朝尾部方向依序旋轉，至尾部對準聲源，共計旋轉 180 度，其中前 60 度之 TS 以 H (head) 表示，中間 60 度以 B (body) 表示，後段 60 度以 T (tail) 表示，各不同脈波針對不同魚體長及與聲源之角度所呈現之反射強度如圖 4。0.064 ms 脈波長度之探測結果顯示，各體長之 TS 於 H 段與 B 段並無明顯差異，T 段則明顯降低 (圖 4a)。0.256 及 1.024 ms 脈波長度之探測結果 (圖 4b、4c) 顯示，各體長之 TS 由 H 段至 T 段呈現逐漸下降的趨勢。魚體俯仰角對 TS 之影響則發現 3 種脈波長度中，使用 0.064 ms 脈波長度時，TS 變化較劇烈，而 0.256 及 1.024 ms 之 TS 變動則較平緩。

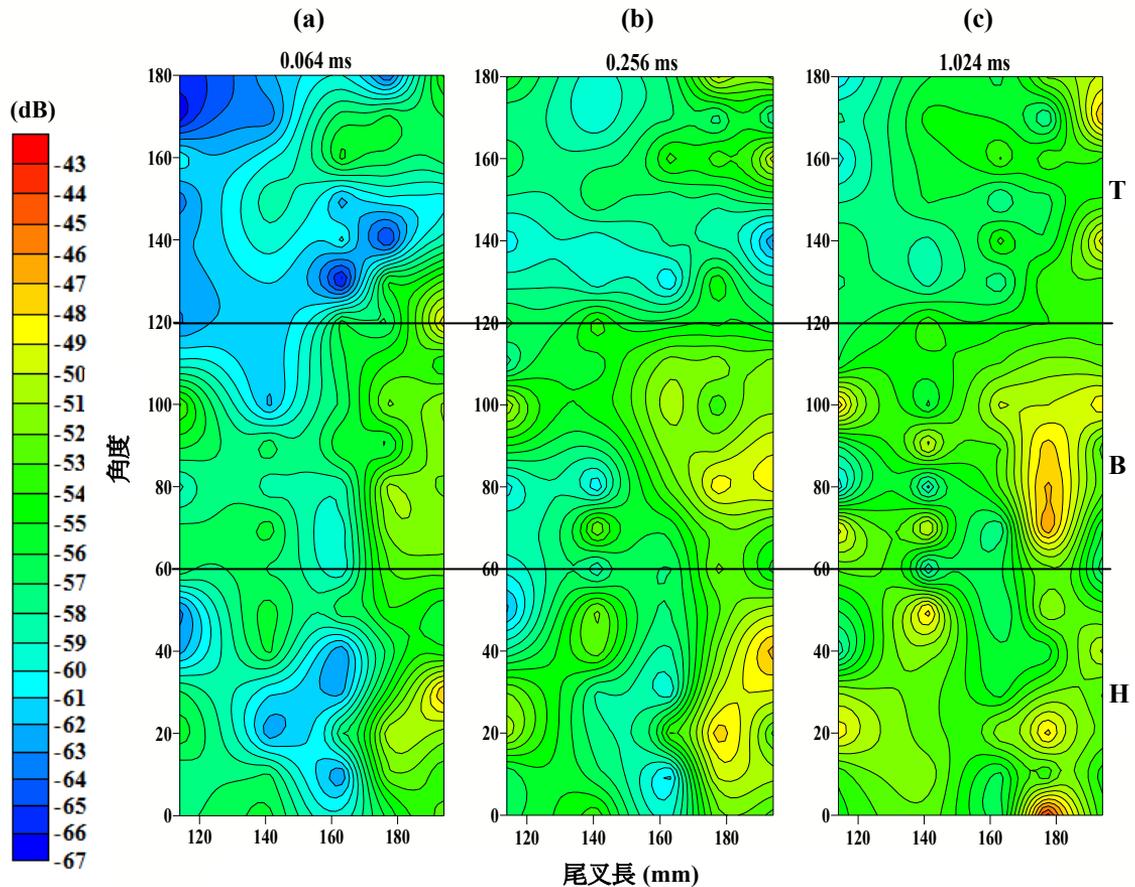


圖 4 不同脈波針對不同魚體長及與聲源角度所呈現之反射強度

結論

本研究根據 3 種不同脈波強度針對刺鯧頭部 (H)、身體 (B) 及尾部 (T) 對準聲源之探測結果，得知頭部之反射強度接近或略高於身體部位，而尾部反射強度則明顯低於頭部與身體部位。向井等 (1993) 針對該魚種以 25 kHz 及 100 kHz 高低 2 種頻率進行水槽試驗亦得到頭部與身體部位反射強度相近，且明顯高於尾部逾 10 dB 之結果，此為本魚種在聲學反射強度上所呈現的特性。影響魚

體標物強度之因子，魚體外部因子為體型大小、面對聲源之魚體形態，魚體內則主要為耳石、骨骼及泳鰾。由刺鯧之體型及外部形態與 X 光照圖觀之 (圖 5)，本魚種身體扁平、頭型較鈍、經解剖並無發現明顯泳鰾構造且尾部較為扁薄，因此不難理解其所呈現之各部位反射強度特性，該魚種無明顯泳鰾構造，故反射強度亦可能低於同樣棲息深度與體長範圍類似的其他魚種，此特性後續可針對其他魚種進行研究比較，作為在聲學技術上分離刺鯧與其他魚種的重要特性。

根據前人研究，刺鯧有夜間上浮攝食浮游生物之習性，而本中心調查結果，在澎湖地區亦有利用此種特性之漁法，於傍晚時分將刺網敷設於表中層，俟刺鯧夜間上浮時捕捉，於隔日清晨收網。西南海域刺鯧底拖網漁場約在水下 100 m 以深，於白天作業，因此可知刺鯧日周深淺洄游之範圍應可超過 100 m，本研究刺鯧上升與下潛在聲學反射特性上明顯的差異，推論刺鯧於夜間上浮或於固定水層游動時，其單體反射強度並無明顯變動，但在急劇下沉時，其單體反射強度則

明顯降低，更能說明日後在以聲學進行刺鯧資源評估時，應根據此魚種特性在不同探測時間選用不同的參數進行評估，使求得之資源評估量更接近實際情況。

感謝

特別感謝本所東港生技研究中心陳紫嫻主任及李彥宏博士出借試驗用水槽，使本研究得以在適合之空間進行試驗。



圖 5 刺鯧之內外部形態。上：外部形態；下：X 光照圖 (圖摘自臺灣魚類資料庫)