



下聲學的方式調查研究海洋生態系統亦相繼有相關報告發表，但應用時，若能預先建置魚種聲學反射特性資料，日後執行複雜的海洋空間調查時，方能較輕易、精確的定位目標魚種的分布。本研究欲透過水槽型實驗解析大眼鯛之聲學反射特性，藉由改變魚體相對魚探機不同角度所測得之單體標物反射強度 (target strength, TS)，記錄魚體在現場海洋空間中的角度變化，透過魚探機量測時所呈現之 TS 值，並找出屬於大眼鯛特有的聲學反射特性。

## 材料與方法

### 一、大眼鯛樣本

本中心於 2012 年 3 月間，在梓官地區以底拖網漁法捕獲大眼鯛活體 100 尾以上，並蒙本所東港生技研究中心協助，以活魚運輸方式運送至該中心蓄養數日，使其適應水槽環境，恢復正常生理運作模式，以供本實驗活體大眼鯛樣本來源。所捕獲之活體大眼鯛體長範圍在 17–27 cm 間，缺少常態可捕獲之最大及最小體長樣本，為補足常見體長範圍需求，乃於試驗當天由東港漁港當日捕獲

之漁獲挑選最大及最小體長的大眼鯛，作為本實驗非活體大眼鯛樣本 (表 1)。

### 二、麻痺昏迷活體大眼鯛樣本

進行聲學反射特性實驗前，須使活體大眼鯛樣本進入麻痺、昏迷狀態以利控制。過程中，從蓄養池中先以目視挑選各種體長之大眼鯛 (圖 2a)，而後以方形手抄網將選定之大眼鯛從蓄養池中撈起，並且利用皮尺初步測量其尾叉長 (圖 2b)，再將大眼鯛置入裝有海水及酒精之 5% 混合溶液中 (圖 2c)，等待其進入昏迷狀態。考量樣本體型大小的差異性及其後續實驗過程之個體活存率，整個麻痺昏迷過程所使用的時間約為 3–5 分鐘。

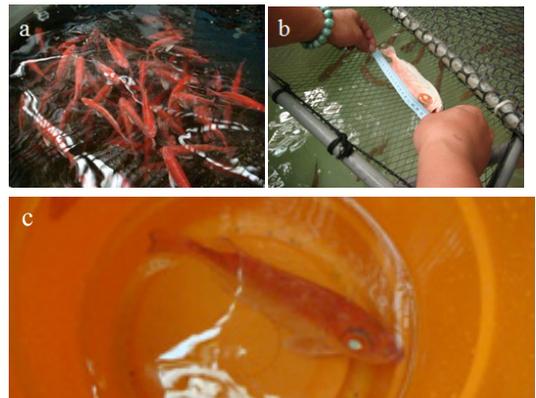


圖 2 a：蓄養池中大眼鯛活動狀況；b：研究人員快速簡易量測大眼鯛之尾叉長；c：大眼鯛靜置於海水混合酒精溶液等候進入麻痺狀態

表 1 水槽實驗使用之大眼鯛樣本魚體資訊 (實驗後透過游標尺及電子秤測量)

大眼鯛樣本	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
魚體尾叉長 (cm)	16.6	19.6	26.5	21.5	23.2	29.1	15.7
魚體高度 (cm)	5.3	5.6	10.1	6.1	7.1	8.9	4.6
魚體寬度 (cm)	2.1	2.4	5.1	2.8	2.9	3.4	1.7
魚體重量 (g)	86.7	122.9	357.7	148.5	193.7	410.4	58.8
樣本類別	活體	活體	活體	活體	活體	非活體	非活體

### 三、聲學儀器及樣本控制設備

本實驗地點位於本所東港生技研究中心，使用的圓形水槽規格為直徑 8 m、深 2 m。注滿海水前，先將 Simrad EY60 魚探機之 200 kHz 音鼓探頭設置於水槽一側，使音鼓高於水槽底部約 1 m，且調整音鼓發波方向朝向後續放置大眼鯛樣本位置 (圖 3a)，設置完成後開始注入海水至深 1.9 m，而後於相對音鼓位置另一側水槽壁上裝設魚體樣本控制器具。透過這組控制器具將受到麻痺昏迷的活體大眼鯛樣本懸吊於水槽中，並可調整魚體與水面之懸吊距離，與魚探機音鼓的相對距離 (圖 3b)，並且藉由圓盤狀的角度調整器精確調整魚體相對於魚探機的俯仰角度 (圖 3c)，魚探機音鼓及魚體樣本控制器具相對位置如圖 3d 所示。實驗前，Simrad EY60 魚探機之 200 kHz 音鼓已於水槽環境中使用直徑 32 mm 標準金屬銅球完成儀器探測強度

精確性及感度校正，實驗中，將 Simrad EY60 發波機 (transmitter) 連結筆記型電腦，掛載 Simrad ER60 軟體收錄大眼鯛回訊資料，儀器所用設定參數詳如表 2。

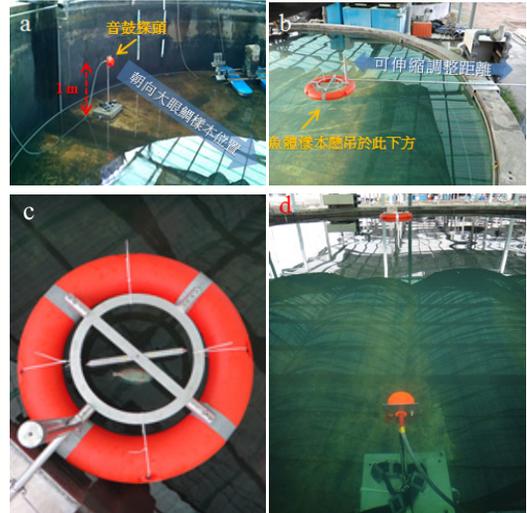


圖 3 a：魚探機音鼓架設方式及發波方向；b：魚體樣本控制器具架設方式；c：大眼鯛懸綁於魚體樣本控制器下方情形；d：魚探機音鼓及魚體樣本控制器具相對位置

表 2 魚探機各項參數設定

參數	中文名稱	參數英文名稱	單位	數值
吸收係數		Absorption Coefficient	dB/m	0.081583
EY60 單位面積強度校準		EY60 Sa correction	dB	-0.24
EY60 音鼓補償強度		EY60 Transducer Gain	dB	23.66
音鼓頻率		Frequency	kHz	200
3 分貝波束縱向面角度		Major Axis 3dB beam angle	degree	6.5
波束縱向面補正		Major Axis Angle Offset	degree	-0.03
波束縱向面感度		Major Axis Angle Sensitivity		23
3 分貝波束橫向面角度		Minor Axis 3dB Beam Angle	degree	6.67
波束橫向面補正		Minor Axis Angle Offset	degree	0.02
波束橫向面感度		Minor Axis Angle Sensitivity		23
聲速		Sound Speed	m/s	1543.12
發波功率		Transmitted Power	W	1000
發波脈波長度		Transmitted Pulse Length	ms	0.064, 0.256 0.512, 1.024
雙邊波束強度		Two Way Beam Angle	dB re 1sr	-20.7
發波間隔		Ping Interval	s	1

## 結果與討論

### 一、大眼鯛 TS 特性

本研究利用 4 種脈波長度 (0.064 ms、0.256 ms、0.512 ms 及 1.024 ms) 量測 7 尾大眼鯛樣本魚體俯仰角變化，以 10 度為一單位，觀察由仰角 30 度至俯角-30 度的 TS 變化特性，並將每個角度測得之所有 TS 取平均。結果發現，No.6 樣本於魚體俯仰角 0 度由 0.064 ms 脈波長度所測得之 TS 值最大且達 -32.19 dB，No.1 樣本於魚體俯仰角 30 度由 0.512 ms 脈波長度所測得之 TS 值最小呈 -59.21 dB 表現，兩個極值間相差 27.02 dB。產生此差值原因主要來自 2 尾大眼鯛樣本體長的差距以及魚體俯仰角的不同，No.6 與 No.1 兩樣本間尾叉長 (fork length, FL) 相差 12.46 cm，兩極值發生的魚體俯仰角角度亦相差 30 度，此兩項因素促使兩樣本反射聲波的魚體單位面積極為不同進而獲得此結果。

7 尾樣本個別的 TS 最大值主要落於俯仰角 10—20 度間，其中樣本 No.2、No.6、No.7 由 4 種脈波長度所獲得之結果一致，皆於俯仰角 0 度測得 TS 最大值，樣本 No.5 及 No.3 之 TS 最大值分別落於俯仰角-10 度及-20 度。樣本 No.1 及 No.4 之 TS 最大值於 4 種脈波長度測得結果並無一致，脈波長度 0.256 ms 及 0.512 ms 中兩樣本分別落於俯仰角-10 度及 10 度，脈波長度 0.064 ms 及 1.024 ms 中兩樣本則分別落於俯仰角-20 度及 0 度。最小值的部分，僅樣本 No.5 由 4 種脈波長度測得之結果一致，落於俯仰角 10 度，餘下 6 尾樣本由 4 種脈波長度測得之結果並不全然相同，但 7 尾樣本中除了樣本 No.5，多數結

果落於俯仰角 20—30 度及-20—-30 度兩種區間。顯然，大眼鯛 TS 隨著魚體俯仰角強度變化表現特性，魚體角度呈近乎水平狀態游動時能有較強烈的 TS 表現，當魚體向較淺及較深的深度層游動或因攝食行為而致使魚體角度呈現仰角或俯角時，魚體 TS 則會下降。以本研究獲得的結果而論，大眼鯛尾叉長範圍 15.7—29.1 cm，魚體 TS 隨著魚體俯仰角 30—-30 度間改變的強度變化幅度為 5.29—16.51 dB，魚體長度愈長則 TS 強度變化幅度愈大。

### 二、大眼鯛 TS 與魚體尾叉長關係式

有鑑於魚體俯仰角多數時刻皆處於水平狀態且 TS 於此時有較大強度表現，本研究擷取 7 尾大眼鯛樣本於魚體俯仰角水平狀態由 4 種脈波長度所測得之 TS 繪製成圖 4，並以此建立大眼鯛於 15.7—29.1 cm 尾叉長範圍中的 TS-FL 關係式，結果如下：

$$TS = 20\log(FL) - 65.38 \dots\dots\dots(0.064 \text{ ms}, n = 961, r^2 = 0.19, p < 0.01, t \text{ 檢定})$$

$$TS = 20 \log (FL) - 66.42 \dots\dots\dots(0.256 \text{ ms}, n = 964, r^2 = 0.18, p < 0.01, t \text{ 檢定})$$

$$TS = 20 \log (FL) - 68.69 \dots\dots\dots(0.512 \text{ ms}, n = 749, r^2 = 0.20, p < 0.01, t \text{ 檢定})$$

$$TS = 20 \log (FL) - 67.23 \dots\dots\dots(1.024 \text{ ms}, n = 762, r^2 = 0.24, p < 0.01, t \text{ 檢定})$$

透過上列 4 式顯示，4 種脈波長度測得大眼鯛 TS 皆隨魚體 FL 增長有成長之趨勢，以  $r^2$  比較 4 式推判由脈波長度 1.024 ms 測量結果所建構的 TS-FL 關係式，最適合用於大眼鯛實際測得之 TS 值換算為 FL，不過另外 3 種脈波長度所建構的 TS-FL 關係式，仍可用於大眼鯛之 TS-FL 轉換，無須設限僅能以

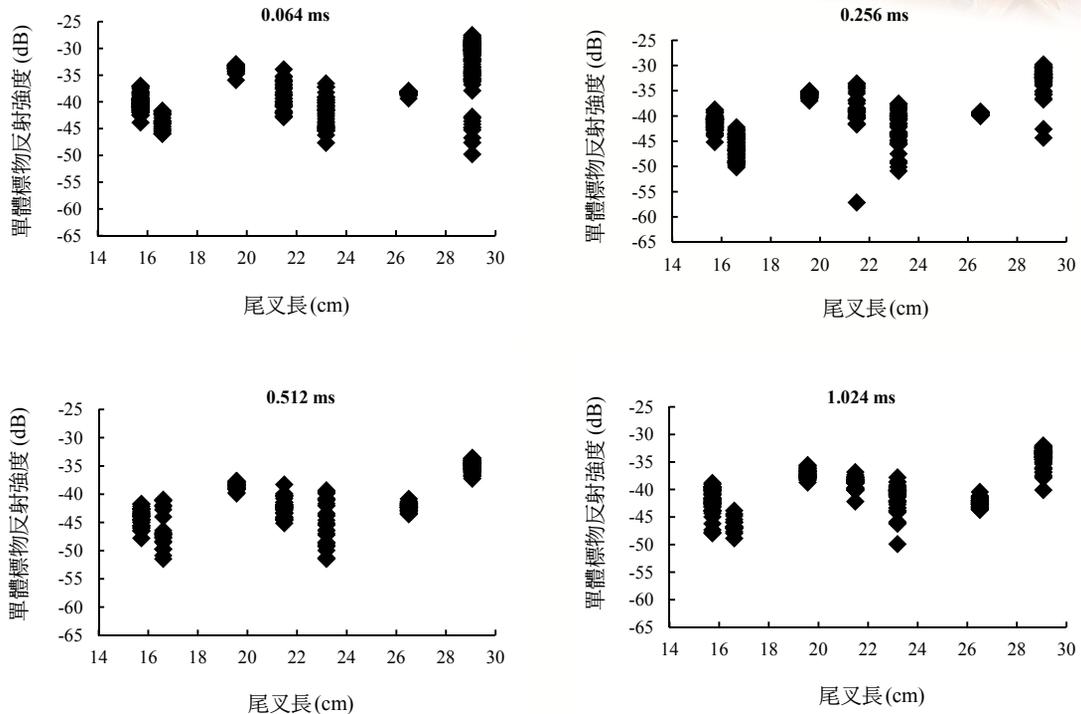


圖 4 大眼鯛樣本於魚體俯仰角 0 度狀態下由 4 種脈波長度測得之單體標物反射強度

1.024 ms 此種脈波長度進行大眼鯛的探查，可依照海域的深度、其他生物族群的體型大小，選擇最適合該海域的脈波長度。

## 結語

大眼鯛在台灣屬於經濟價值相當高的底棲性魚種，根據各季節別漁獲量多寡，每公斤單價介於 350 至 700 元之間。由本中心蒐集彙整之西南海域底拖網長期漁獲調查資料顯示，在過去 10 年，該魚種漁獲量呈現明顯下滑現象，漁獲體長也較過去明顯小型化。自 1999 年起至 2006 年間，年平均漁獲體長較過去降低約 2—4 cm，然而在近 3 年，西南海域又開始漁獲大量大眼鯛，平均漁獲體

長也回復過去之大小，顯示其在海域中已發揮海洋生物具自然回復能力的特性，如此明顯的變動趨勢，除了值得詳加探討其可能因子之外，對資源之監控與評估工作更應即刻進行。

西南海域為底拖網漁業重要漁場，大眼鯛為本漁場之重要標的漁獲物，因此，其魚群之遷移行為與資源量之變動，對於探討西南海域生態系統結構是否發生改變，自然是一項不可遺漏的重要參數。本研究希望藉由測得的大眼鯛聲學反射特性為基礎，未來可結合大範圍的水下聲學探測技術，進行大眼鯛在漁場中的遷移行為與資源量追蹤，以解析魚群豐度及時空分布的變化，為資源永續策略之擬定提供重要的參考依據。