

# 水下聲波辨析生物訊號之運用— 多頻率分析法簡介

賴繼昌、黃星瀚、楊清閔、吳龍靜

水產試驗所沿海資源研究中心

## 前言

以評估水下生物量為目的之聲學探測調查，儘管可以選擇以單一頻率及單一波束的魚探機進行測量，但該方法較適用於種類單純且不會出現體型大小不一的物種組成之海域，不過在中低緯度的溫暖海域通常不易出現這種情形，所以用來評估台灣周邊海域水下生物量時便略顯不足，應選擇多頻率，乃至多波束的魚探機來進行聲學探測調查。

相較於單頻率及單波束探測方法，在多頻率或多波束魚探系統的支持下，可以獲得更多且更完整的水下資訊。透過這些資訊，除可優先汰除非生物訊號等雜訊外，根據發波器統一各個頻率高低不一魚探機的發波時間，可建構同時間點內具有源自高低頻率魚探機的聲學資料。有此多元的資料後，進一步藉由聲學特性，高頻率魚探機便能探測到體型較小之魚體，反之，低頻率則較難達成。常見之魚探機頻率分別有低頻率的 18、38 及 70 kHz，高頻率的 120、200 及 420 kHz，由於頻率的的不同，探測範圍限制亦隨之改變，從高頻率至低頻率，最適探測水深範圍變化由 100 至 7,000 m。進行資料分析時，除了所蒐集之聲學資料外，尚須配合中層或底

層拖網所漁撈之生物資料，進行驗證、篩選或配對分析聲學資料所代表之意義。

## 聲學資料後處理

多頻率聲學資料包含不同頻率探測所獲得之回訊資料，資料中夾帶有體積反射強度 (volume backscattering strength, SV)、單體標物反射強度 (target strength, TS) 等資訊。透過訊號點篩選，以高頻率魚探機探測之訊號點為基礎，經過摒除低頻率魚探機探測之訊號點之後，剩餘之訊號點即代表體型較小之魚體、蝦類或浮游生物等。進一步透過這些訊號點的 TS 強度大小，可判斷訊號為魚類、蝦類或浮游生物。先前摒除之訊號點即為體型較大之魚體資訊，搭配拖網之生物資料辨別訊號所代表之魚種，而後將各魚種 SV 值及 TS 值做統計運算，可求得海域所含之生物資源量及大小不同之魚體分布狀況。

## NOAA/NEFSC 對於聲學資料後處理之方法

同一組資料可能因為經過不同的處理方法分析，所得之結果亦不盡相同，依不同觀

點，出現截然相反的結果亦有可能。筆者於2012年9月赴美國波士頓拜訪美國國家海洋漁業局 (National Marine Fisheries Service, NOAA) 轄下的東北漁業科學中心 (Northeast Fisheries Science Center, NEFSC)，向 Dr. Jech 學習聲學後處理相關技術。Dr. Jech 鑽研北美東岸之大西洋鯡魚多年，擅長辨析複雜之多頻率聲學資料。由於其主要目標為大西洋鯡魚，然而收錄之聲學資料並非僅有鯡魚之回訊，尚須經過一系列回訊分類後方能獲得目標資訊。Dr. Jech 的分析方法有許多值得借鏡之處，未來可運用於本所水試二號試驗船配備之多頻率魚探機系統收錄資料之分析。

Dr. Jech 所使用的後處理方式，初始步驟與一般方法無異，皆須先透過標準金屬球進行魚探機之校正，不同的魚探機頻率需搭配不同大小及材質之標準金屬球，完成校正之魚探機方能與他人研究所使用的魚探機同列於統一標準。下一步驟則是濾除不必要之非生物雜訊，該些雜訊可能是海水表面的擾動或水中微小氣泡，也可能是貼近海底處無法辨識的物體。為了摒除海水表面擾動產生之雜訊，需要設定一深度大於海平面之界限，此深度亦須考慮魚探機的頻率高低及實驗時之海況優劣，當頻率低或海況不佳時，則必須設定一較大之深度，並以此為篩選資料之上界限。水中微小氣泡則可以透過最小閾值 (minimum threshold) 濾除，最小閾值之作用在於能將資料中所有低於此值之回訊全部予以汰除，且不納入分析。針對來自貼近海底處無法辨識物體之回訊，濾除方法類似於摒除海水表面擾動產生之雜訊，同樣為設定一固定深度之界限，不過此界限的深度必須以

海底線為基準面，一般將深度設定為 $-0.5 - -2$  m，意即此界限深度較海底線小 $0.5 - 2$  m，且與海底線完全平行，此為篩選資料之下界限。另外，若有其他已知非生物訊號，可使用手動圈選排除的方式，將該訊號移除 (圖1)。依據設定之上界限與下界限，排除所有不在此範圍內的所有資料。完成此二步驟後方能進行後續的細部分析。

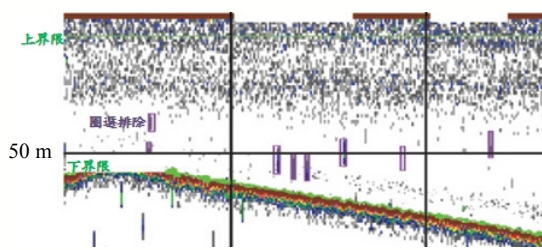


圖1 圖中綠線表示上、下界限位置，紫色矩形圖形為手動圈選排除區域 (Jech, 2010)

## 一、頻率分類法

Dr. Jech 發展一種能清楚由頻率間之差異來分類聲學資料的方法，在相同的探測位置，依據各個頻率收錄訊號的有無來劃分，再將此種交集或聯集繪製成圖 (圖2)，可有效提升辨識回訊的效率及統計分析計算海域內蘊藏之生物量。透過長時間探查辨析各種生物時間序列之分布變動，可構築整個海洋生態系統的監測，以掌握環境變動帶來的影響。此方法可望未來運用於台灣周邊海域的生物量調查，經規劃長時間及有系統的航跡測線，建構聲學資料庫，觀測底拖網漁業活動是否影響生物分布變動，以及台灣沿岸海流伴隨季節改變所影響之層面。

## 二、Kirchhoff-ray mode model

為能辨析經多頻率分析法劃分之大小不同體型的訊號來自何種魚種，進而計算魚群

# 知識櫥窗

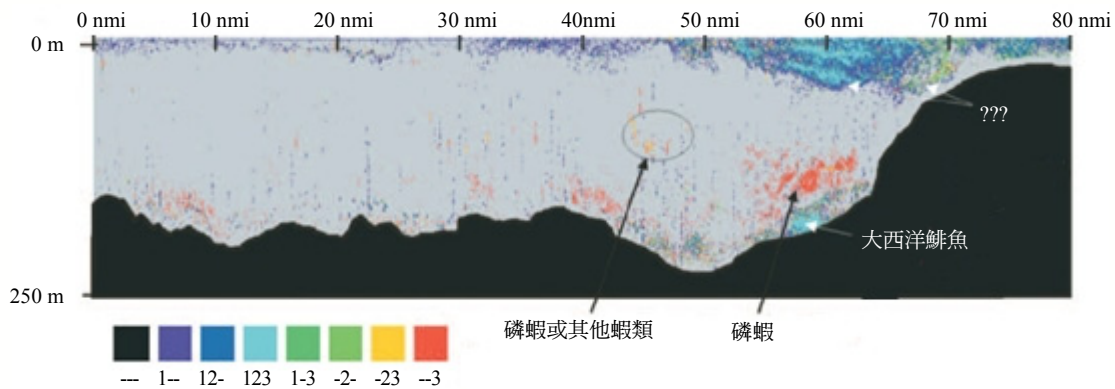


圖 2 圖例中 1、2 及 3 分別表示魚探機 18、38 及 120 kHz 頻率收錄之回訊 (Jech and Michaels, 2006)

豐度，需結合聲波資料中的 SV 值與 TS 值，其中 SV 值代表水下海水分層單位體積反射強度值，而 TS 值則是用來判斷水下單位體積內生物大小及種類的主要依據。每一種魚種的 TS 值會隨著體長、生理構造及行為等而不同，若不能掌握各魚種 TS 值的表現差異，則難以判別 TS 訊號來自何種魚種，甚至可能造成生物資源量的錯誤評估。

魚體 TS 值表現，一般需要透過水槽實驗獲得，魚探機架設於水槽中，測量目標魚種將由小到大的體長範圍，可獲得一組伴隨體長大小而變化的 TS 資訊，透過此組數據建構體長與 TS 關係迴歸方程式，供海上調查時，推算水下生物大小之用。KRM model 則可以透過模式的演算，直接投影模擬物體樣貌推算體積，藉由聲學公式推估出與水槽實驗相近之結果，僅需要帶入海上調查之環境數據及魚體資訊即可運行，如魚探機頻率、海水溫度、海水鹽度、魚體密度、泳鰾密度、魚體大小及魚體俯仰角等。圖 3 即為 9 尾體長為 22.2–27.1 cm 之大西洋鯪魚，使用 KRM model 的預測結果。由於台灣周邊海域生物多樣性極高，TS 資料庫建構不易，若

KRM model 運用得當，將有助於提升 TS 資料庫之豐富性與強化多頻率分析法之分析結果。

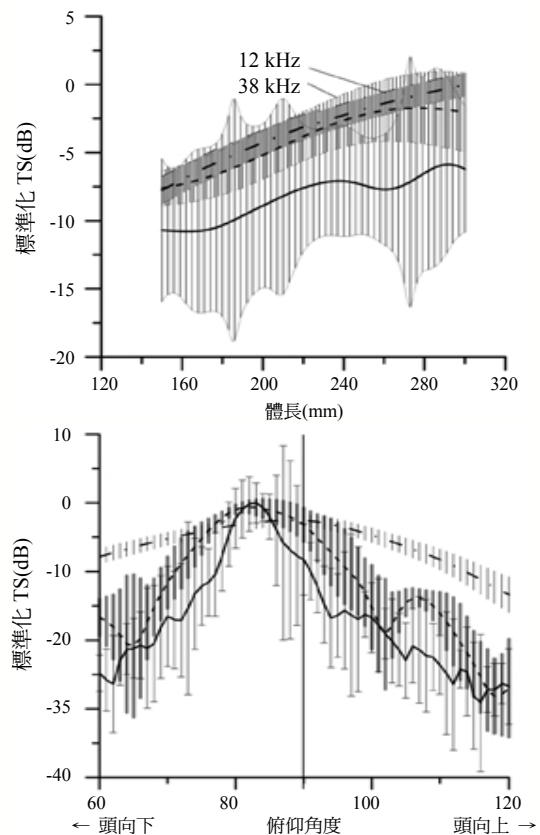


圖 3 上圖為由 KRM model 預測大西洋鯪魚之 TS，下圖為加入魚體俯仰角變化因子之預測 TS 結果 (Jech, 2010)