

聆聽海洋生物多樣性的一葉扁舟： 以獨木舟進行水下聲景的 研究經驗

文・圖 | 莊子毅、林子皓 中央研究院生物多樣性研究中心



在礁岩棲地到處都是槍蝦的聲音，但卻鮮少能看到本尊露臉。



在海床上設置水下錄音機進行長時間連續錄音，剛好在錄音機旁發現一隻定居的裸胸鯨，不知道是否有機會聽到牠的聲音呢？

「春眠不覺曉，處處聞啼鳥。夜來風雨聲，花落知多少」

孟浩然的《春曉》是家家戶戶耳熟能詳的五言絕句，道出春季清晨聽見鳥兒齊唱，夜晚聽見颳風下雨的情境。為什麼僅僅二十個字，卻能夠傳達出濃濃的春意？其實是因為描述了各種聲音的文字，喚醒了聽覺刺激，連結到人們對於環境的記憶。這些聲音感官對生活在陸地上的我們並不陌生，但是水下的聲音又是如何？

海洋中其實存在著各式各樣的聲音，浮潛時映入眼簾盡是美麗的珊瑚礁景色，但仔細聆聽便會注意到此起彼落的「劈哩啪啦」。這些聲音來自於

掘穴而居的槍蝦，牠們具有左右不同大小的螯足，掠食的時候，大的螯足會快速閉合產生高能量的聲波震昏獵物。雀鯛也是知名的樂手，牠們有強烈的領域性，驅趕入侵者時會快速擺動身軀，透過魚鰾震動發出「兜兜兜」的聲音。此外，鸚哥魚刮食岩礁、珊瑚礁上附生藻類的時候，也會發出「喀喀喀」的聲音，這些豐富的海底動物聲音，創造出珊瑚礁生態系獨特的聲景面貌。

我們在中央研究院生物多樣性研究中心的工作，專注在研究分析水下聲景的動態變化，經常要在各地潛水放置水下錄音機，紀錄各種海洋生物在溝通、求偶、禦敵、覓食等行為發出的水下聲音。我們也會搭乘船隻出海，運用GPS全球定位

系統和錄音浮標進行大範圍的海域調查，以了解各種海洋生態系與棲地的聲景特性。為了確保水下錄音的品質，目前仍必須在關閉引擎及聲納時進行錄音，導致聲景調查的空間覆蓋度與資料收集有很大的限制。

利用獨木舟進行水下聲景調查

2023年春天，我們開始嘗試以獨木舟進行調查，希望藉此補足船隻調查在空間解析度的不足。一開始做了許多嘗試，不斷改良錄音機的拖曳方式，以確保獨木舟調查人員不容易耗盡體力。但在降低拖曳的阻力時，也必須思考如何將錄音機保持在固定水深位置，以抑制波浪造成的振動與噪音。經過數次嘗試後，改用浮水塑膠繩連結數個梭狀小型浮球，並以釣魚用鉛塊作為配重，達到省力拖曳且有效穩定錄音機姿態的目的。雖然仍不時錄到划槳造成的水花聲響，但這些聲音大多較為低頻，能夠輕鬆地透過訊號濾波器去除。因此，後續進行聲景分析時，便能有效

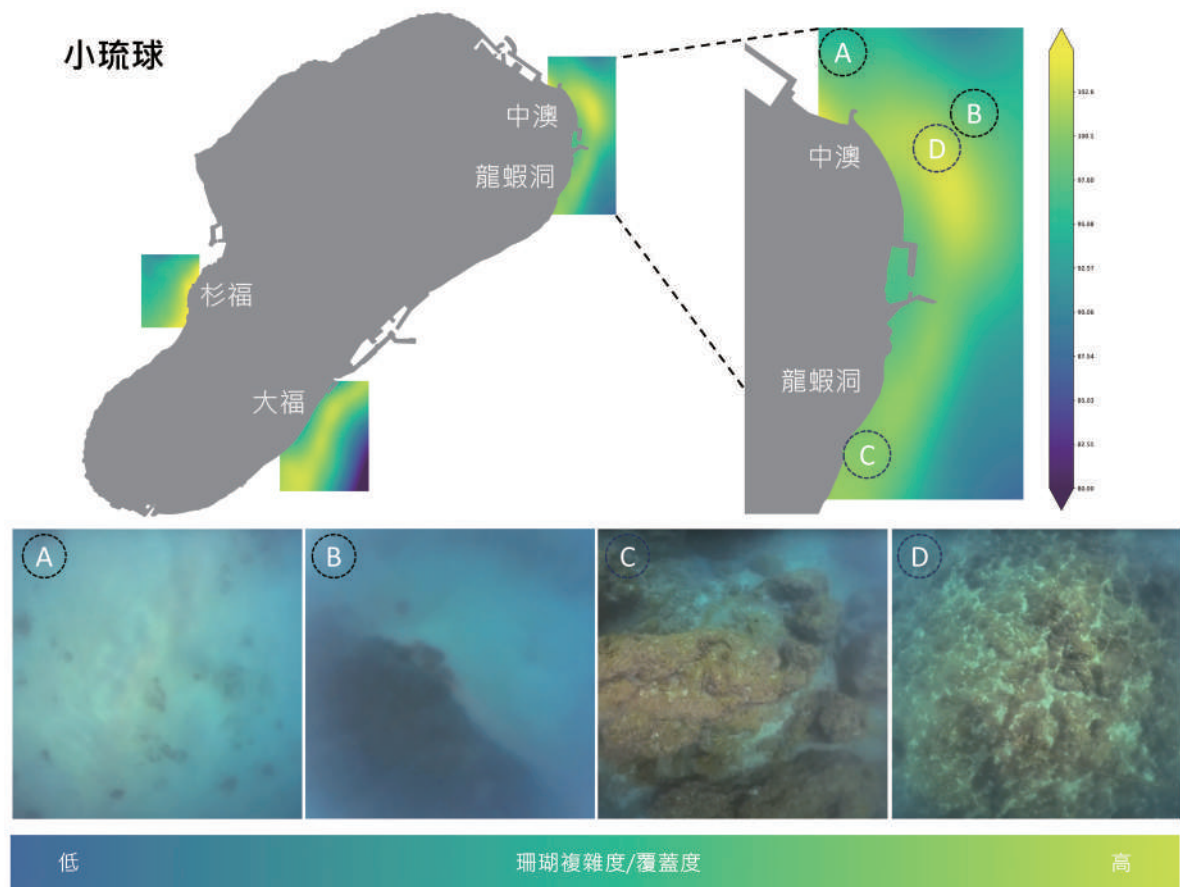
擷取位於高頻率範圍的槍蝦聲音，利用其聲音強度和出現頻度作為指標，調查水下聲景的空間變化趨勢。

台灣西南方小琉球

小琉球是位於台灣西南方的一座珊瑚礁島嶼，由於位處北回歸線以南，終年水溫20度以上，提供珊瑚合適的生長條件，因此有豐富的海洋生態。即使在東北季風期間，小琉球海域仍受到台灣本島屏障，風浪相對平穩。這樣得天獨厚的條件，使其一年四季都非常適合從事水域活動，也成為了我們主要的研究海域。一年下來，在中澳沙灘、龍蝦洞、大福漁港及杉福漁港等海域進行了多次獨木舟調查。不管在哪個區域，調查結果都顯示槍蝦聲音的強度在近岸淺水地區較強，並隨著水深增加而減弱。這和我們在浮潛時聆聽到的水下聲景變化相似，反映了槍蝦主要分布在淺水礁岩棲地的生態狀況。



利用獨木舟拖曳水下錄音機調查海洋聲景。



槍蝦聲音強度與珊瑚礁棲地之間的關係，在覆蓋度與複雜度越高的地點，越有機會聽到吵雜的槍蝦聲音。

調查結果發現，近岸淺水海域的槍蝦聲音在杉福漁港最為強勁，但是在中澳沙灘和龍蝦洞海域卻明顯較弱，這意味著除了水深之外，還有其它的棲地因子會影響聲景的空間變化。為了瞭解這個問題背後的機制，在調查路線上隨機選取樣點，利用360度全景錄影機收集海床地貌的資料。經過比對之後，才發現槍蝦聲音較強的海域通常有較高的珊瑚礁覆蓋度且棲地結構也相對複雜，但槍蝦聲音較微弱的海域，則以大面積的砂質海床或是複雜度較低的棲地為主。這些結果顯示水下聲景的監測結果可以反映健康珊瑚礁的分布，作為一種在水面遙測海洋生態的新興工具。

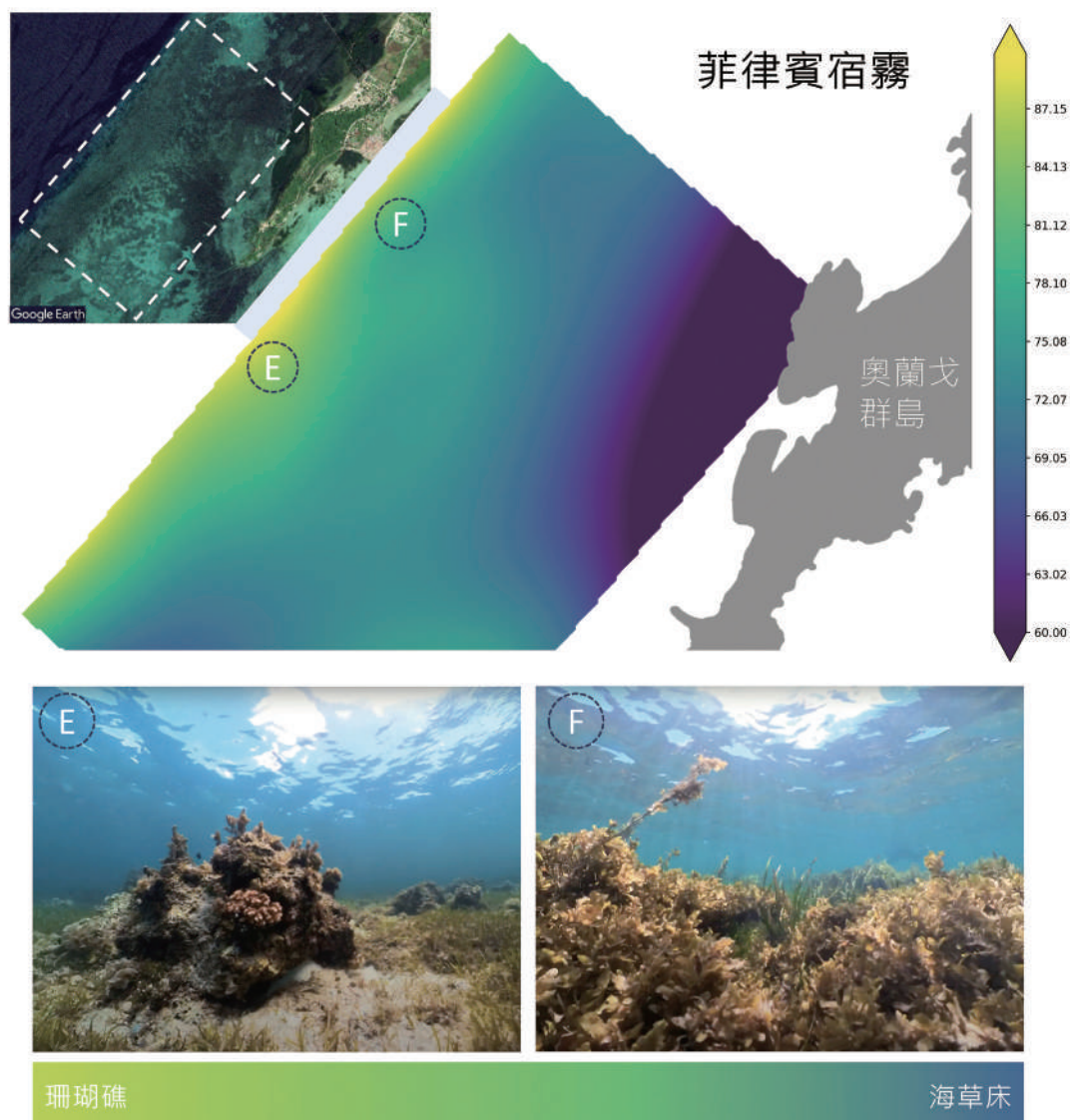
菲律賓奧蘭戈群島野生動物保護區

2023年秋天前往菲律賓，在宿霧國際機場東

側的奧蘭戈群島野生動物保護區測試獨木舟調查在其他海洋生態系的可行性。宿霧海域有台灣本島少見的海草床棲地，主要分布在水深極淺的砂質海床上，由於當地禁止動力船隻進入，獨木舟就成了最佳的調查平台。調查發現海草床的聲景相當寂靜，雖然偶爾聽見光合作用產生的細微氣泡聲響，但大



奧蘭戈群島野生動物保護區，位於宿霧國際機場東方，保護區管理站內就有獨木舟可供研究人員使用。



奧蘭戈群島海域的聲景空間變化，槍蝦聲音在東側的海草床海域非常微弱，只有在西側的礁盤邊緣有很高的強度。

多只有微風掀起浪花的聲音。隨著水深增加，海草床被零星出現的珊瑚取代，才逐漸聽見槍蝦聲音，並在高珊瑚覆蓋度的礁盤邊緣轉變成槍蝦和魚類頻繁發聲的聲景樣貌。這和小琉球的珊瑚群礁聲景模式截然不同，證實聲景的樣貌，就像是地形景觀一般，與底棲生物相和棲地類型有著緊密的關係。

噪音污染可能影響海洋生物的行為與生理

過去搭乘動力船隻或水肺潛水進行調查時，大多被船隻引擎和水肺產生的噪音影響，很少會注意聲音的變化。但是坐在獨木舟上吹拂著海風，一

邊聆聽著水下聲音，才慢慢領略到自然聲景的豐富、多樣化面貌，實實在在地反映了各地海域的生物多樣性。然而就像海洋生態目前面臨許多人為威脅，聲景的自然面貌也逐漸被日益增加的人為噪音改變。港口擴建、海底電纜鋪設、以及離岸風電等工程都會產生高強度、長時間的噪音。好比住家旁邊進行施工作業，長時間持續的噪音會大幅降低居住品質，讓人不想待在家中。近年研究成果也指出，噪音會影響海洋哺乳動物與魚類的行為與生理反應，也會干擾珊瑚、牡蠣、魚類、甲殼類的幼生透過聲音尋找棲地的趨音性行為，顯示人為



在中央研究院生物多樣性研究中心的大專生暑期實習期間，研究團隊帶領學生體驗獨木舟聲景調查，感受水下聲景的多元面貌。/ 朱磊 攝

活動產生的水下噪音是一個看不見的污染，可能會對海洋生態永續造成廣泛的影響。

為了深入了解人為活動對台灣周遭海域生態的影響，我們目前正在積極培訓學生、研擬水下聲景的公民科學。尤其獨木舟和立式划槳在近年已成為人們假日休閒的遊憩活動之一，未來透過學術團體、在地社群，甚至是企業界的橫向合作，將獨木舟和立式划槳變成一種水下聲景的調查平台，便能擴大現有的調查範圍，提高資料收集的速度。水下錄音的成果分析，除了能夠作為教育推廣的資料之外，也能協助研究人員和保育主管機關了解海洋生態變遷，即早發現生態功能的衰退現象，並且規劃未來的保育措施。



噪音汙染可能會影響許多海洋生物的行為與生理，例如棲息在台灣西部海域的白海豚族群，離岸風場開發產生的水下噪音經常是環境影響評估的重要討論議題。

台灣雖然是海洋國家，但絕大多數的民眾，甚至是研究人員都鮮少聆聽過海面下各式各樣的動物聲音。透過聆聽海洋，聽見生物多樣性，或許能夠建立社會大眾對海洋的聽覺記憶，才能在未來增添一份保育力量，共同守護健康海洋的交響樂曲。■