



海洋委員會海洋保育署
OCEAN CONSERVATION ADMINISTRATION,
OCEAN AFFAIRS COUNCIL

「112-113年度水下噪音監測調查計畫」案 成果報告書

執行單位 | 淡江大學學校財團法人淡江大學
中華民國 113 年 12 月

Ocean
Affairs
Council

《海洋委員會海洋保育署》

「112-113 年度
水下噪音監測調查計畫」
成果報告書

案號： 112-C-70

委託單位： 海洋委員會海洋保育署

執行單位： 淡江大學學校財團法人淡江大學

主持人： 劉金源 淡江大學電機工程學系講座教授兼海洋及水下
科技研究中心主任

協同主持人： 黃千芬 國立臺灣大學海洋研究所教授兼所長
許榮均 國立臺灣海洋大學系統工程暨造船學系特聘教授

Shashidhar Siddagangaiah 國立臺灣海洋大學系統工程暨
造船學系博士後研究員/助理教授

協力廠商： 永益資訊有限公司

副研究員： 張詩敏

中華民國 113 年 12 月

摘要

本案於 2023 年 10 月 20 日啟動，至 2024 年 12 月 20 日為止。主要工作項目包括辦理港口及臺灣白海豚 (*Sousa chinensis taiwanensis*) 棲地等海域之水下噪音調查、協助強化管理提供資訊及建議（含提出 1 版水下噪音指引建議草案及召開 1 場交流工作坊）、調查紀錄提送（含各季調查資料分析結果），及本案調查及會議之影像紀錄。

水下噪音調查部分，團隊共佈置 8 處監測點（苗栗、臺中、彰化、臺南各 2 處），每處收集資料至少 7 天，分 4 季進行調查，並於 2024 年 9 月執行完畢。本案施作時間涵蓋四季，資料分析方面使用 PAMGuide 軟體分析水下錄音，並採用短時距傅立葉轉換進行時頻分析，後經由排列熵方法偵測目標訊號，輔以視覺及聽覺標註，在信號強度較背景噪音高出 10 dB 時納入統計。

本次於收錄音檔成功分析出潮汐、船舶等自然及人為背景聲音，及臺灣優勢發聲魚類石首魚科 (*Sciaenidae*) 的合唱。鯨豚聲音方面，則錄製到瓶鼻海豚 (*Tursiops truncatus*)、鼠海豚 (*Phocoenidae*)、疑似為瑞氏海豚 (*Grampus griseus*) 的鯨豚聲音活動，以及部分臺灣白海豚之時空分布特徵與聲學行為模式；但本案屬短期調查，難以確認是否屬偶發性事件，因此建議委託單位透過延長監測時間、增加點位和調整調查時段，獲得更為全面之水下噪音探測資料。

《水下噪音指引》於 2023 年底由團隊擬定新版草案，經委託單位審視修正後批准並對外公佈；「水下噪音指引交流工作坊」則於 2024 年 6 月 3 日在臺中集思新烏日會議中心舉辦，活動共計 76 人與會（含實體會議 37 人；線上會議 39 人）。活動結束後，團隊旋即著手整理與會者針對現行公佈之《水下噪音指引》草案修正意見並召開工作會議，於本報告提出修正下一版《水下噪音指引》草案之相關建議。

本案如期如質完成，並取得相應成果。本團隊後續仍將持續運用本次所蒐集的資料，若有獲得新的結果，將提供給委託單位，以利作為持續性研究與調查之基石，評估離岸風場對臺灣白海豚及其他海洋生物之潛在影響，減低水下噪音對海洋環境及生物的負面干擾，為平衡綠能發展和生態保護提供重要參考。

Abstract

This project, conducted from October 2023 to December 2024, focused on underwater noise surveys in ports and habitats of the Taiwanese white dolphin (*Sousa chinensis taiwanensis*). The scope included developing underwater noise guidelines, organizing an exchange workshop, and providing quarterly survey analysis results with comprehensive documentation through imagery and meeting records.

Eight monitoring points were established across four coastal areas (Miaoli, Taichung, Changhua, and Tainan, with two points each), with each location monitored for at least seven days per season. Data analysis utilized PAMGuide software with Short-Time Fourier Transform for time-frequency analysis, supplemented by Permutation Entropy method for target signal detection. The methodology incorporated both visual and audio annotation, with signals exceeding background noise by 10 dB included in the analysis.

The recordings successfully captured various underwater acoustic activities, including natural and anthropogenic background sounds such as tides and vessel noise, along with prominent biological sounds, particularly choruses from *Sciaenidae*. Cetacean acoustic activities detected included vocalizations from bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), finless porpoises (*Phocoenidae*), suspected Risso's dolphins (*Grampus griseus*), and spatiotemporal distribution patterns and acoustic behavioral patterns of Taiwanese white dolphins. However, due to the project's short duration, these observations' regularity could not be confirmed, suggesting the need for extended monitoring periods and additional monitoring locations for more comprehensive data collection.

The team drafted Underwater Noise Guidelines in late 2023, which were subsequently reviewed, revised, and published by the commissioning unit. A related workshop was held at GIS Conference Center in Taichung in June 2024, attracting 76 participants (37 in-person and 39 online). Following the workshop, participant feedback was systematically compiled and incorporated into recommendations for the next version of the guidelines through dedicated working meetings.

The project successfully achieved its objectives, generating valuable acoustic data that will support ongoing research and analysis. Regular communication with the commissioning unit will be maintained to exchange latest findings. These results aim to inform future noise restriction regulations for marine development activities, particularly regarding the potential impacts of offshore wind farms on Taiwanese white dolphins and other marine organisms. The findings contribute significantly to the broader goal of balancing green energy development with ecological protection, providing crucial reference data for sustainable marine resource management.

目 錄

| | |
|----------------------------------|------|
| 第一章 緒論及執行規劃與進度..... | 1-1 |
| 1.1 計畫緣起與目標..... | 1-1 |
| 1.2 計畫工作項目 | 1-2 |
| 1.3 工作執行規劃與進度彙整..... | 1-3 |
| 第二章 調查過程及紀錄..... | 2-1 |
| 2.1 調查使用儀器及船隻 | 2-1 |
| 2.2 第 1 季調查方法及紀錄..... | 2-3 |
| 2.3 第 2 季調查方法及紀錄..... | 2-6 |
| 2.4 第 3 季調查方法及紀錄..... | 2-13 |
| 2.5 第 4 季調查方法及紀錄..... | 2-17 |
| 2.6 第 1 至 4 季佈放與回收方式說明..... | 2-21 |
| 第三章 聲學資料分析成果 | 3-1 |
| 3.1 聲學數據處理與各類聲音檢測方式 | 3-1 |
| 3.2 第 1 季資料分析結果 | 3-6 |
| 3.3 第 2 季資料分析結果 | 3-10 |
| 3.4 第 3 季資料分析結果 | 3-18 |
| 3.5 第 4 季資料分析結果 | 3-23 |
| 3.6 第 1 至 4 季資料分析比較與結論..... | 3-30 |
| 第四章 水下噪音指引交流工作坊..... | 4-1 |
| 4.1 活動概述..... | 4-1 |
| 4.2 活動內容與紀錄..... | 4-1 |
| 4.3 《水下噪音指引》滾動式修正意見與回覆 | 4-13 |
| 第五章 總結 | 5-1 |
| 5.1 本案總結 | 5-1 |
| 5.2 後續調查建議 | 5-2 |
| 參考文獻 | 參-1 |
| 附件 | 附一-1 |
| 附件一：期中審查委員意見辦理情形彙整 | 附一-1 |
| 附件二：期末審查委員意見辦理情形 | 附二-1 |
| 附件三：工作會議紀錄 | 附三-1 |
| 附件四：水下噪音指引交流工作坊執行工作計畫書..... | 附四-1 |
| 附件五：《水下噪音指引》2023 年 12 月公告版 | 附五-1 |
| 附件六：本案綠色採購證明文件 | 附六-1 |

圖 目 錄

| | |
|--|------|
| 圖 1-1 8 處佈放點位放大分佈圖 | 1-4 |
| 圖 1-2 水下噪音指引交流工作坊活動紀錄..... | 1-6 |
| 圖 2-1 第 1 季量測系統示意圖 | 2-3 |
| 圖 2-2 第 1 季儀器佈放與回收紀錄..... | 2-5 |
| 圖 2-3 第 2 季量測系統示意圖 | 2-6 |
| 圖 2-4 第 2 季補充調查量測系統示意圖 | 2-7 |
| 圖 2-5 第 2 季儀器佈放與回收紀錄..... | 2-10 |
| 圖 2-6 第 3 季量測系統示意圖 | 2-13 |
| 圖 2-7 第 3 季儀器佈放與回收紀錄..... | 2-16 |
| 圖 2-8 第 4 季量測系統示意圖 | 2-17 |
| 圖 2-9 第 4 季儀器佈放與回收紀錄..... | 2-20 |
| 圖 3-1 8 種臺灣白海豚發聲類型之功率譜密度圖 | 3-2 |
| 圖 3-2 哨叫聲及喀答聲偵測流程及 H 值與哨叫聲示意圖 | 3-2 |
| 圖 3-3 侏儒抹香鯨聲紋 | 3-3 |
| 圖 3-4 鼠海豚聲紋 | 3-3 |
| 圖 3-5 瓶鼻海豚聲紋 | 3-4 |
| 圖 3-6 弗氏海豚聲紋 | 3-4 |
| 圖 3-7 瑞氏海豚聲紋 | 3-5 |
| 圖 3-8 監測期間(a) VS 和(b) G1 地點的長期時頻譜圖；(c)為頻率範圍 10 – 10000 Hz 的監測期間，VS 和 G1 的功率譜級；(d)為監測地點 VS 和 G1 的低頻聲壓級的變化；(e)為頻率範圍 10 – 10000 Hz 的監測期間，VS 和 G1 的 1/3 倍頻帶聲壓級 | 3-7 |
| 圖 3-9 (a)VS 站和(b) G1 站的海豚哨叫聲時序熱圖；(c)為 VS 及 G1 兩站哨叫聲的總累計次數比較 | 3-8 |
| 圖 3-10 (a) 長期時頻譜圖；(b) 呈現 300 – 2000 Hz 頻帶內魚類合唱的頻譜特徵；(c) 顯示其功率譜密度分析結果；(d) VS 站和(e) G1 站的時序圖以黑白色階展示監測期間魚類合唱的時間分佈 | 3-9 |
| 圖 3-11 (a) VS 和 G1 船隻通行數量；(b) VS 和 G1 之船隻通行總數 | 3-10 |
| 圖 3-12 監測期間六個監測地點的時間-頻率特徵 | 3-11 |
| 圖 3-13 六處監測地點魚類合唱（類型 1 和類型 2）的時間分佈 | 3-12 |
| 圖 3-14 (a, b) 魚類合唱類型 1 的分析結果；(c, d) 類型 2 的結果；(e) 比較三個地區六個監測站在整個監測期間累計偵測到兩種類型魚類合唱的總時數..... | 3-13 |
| 圖 3-15 六個監測站臺灣白海豚哨叫聲的時間分佈 | 3-14 |
| 圖 3-16 六個監測站於監測期間檢測到的哨音 (a) 總數與 (b) 小時數 | 3-15 |
| 圖 3-17 三個地區六個監測站低頻 (10 – 250 Hz) 聲壓級的變化 | 3-15 |

| | | |
|--------|---|------|
| 圖 3-18 | 三個地區六個監測站檢測到的船舶經過數量 | 3-16 |
| 圖 3-19 | 頻率範圍 (5 – 48 kHz) 內的鯨類聲紋..... | 3-16 |
| 圖 3-20 | 六個監測站偵測到瓶鼻海豚與鼠海豚的時間分佈情形 | 3-17 |
| 圖 3-21 | 三地六個監測站鯨類 (a) 發聲總數及 (b) 發聲小時數 | 3-17 |
| 圖 3-22 | 監測期間四個監測地點的長期時頻譜圖 | 3-19 |
| 圖 3-23 | 監測期間四個監測地點的噪音頻譜 | 3-20 |
| 圖 3-24 | 監測期間四個監測地點在 10 – 250 Hz 頻率範圍內聲壓級的變化..... | 3-20 |
| 圖 3-25 | 監測期間四個監測點的 1/3 倍頻帶譜 | 3-21 |
| 圖 3-26 | 監測期間四個監測點的聲壓級變化 | 3-22 |
| 圖 3-27 | 四個監測站在監測期間偵測到的魚群合唱時間分佈 | 3-22 |
| 圖 3-28 | 四個監測站在監測期間的臺灣白海豚哨叫聲時間分佈 | 3-23 |
| 圖 3-29 | 監測期間四點位時間-頻率特徵 | 3-24 |
| 圖 3-30 | 監測期間四點位功率頻譜級 | 3-25 |
| 圖 3-31 | 監測期間四點位 10 – 250 Hz 頻率範圍內聲壓級的變化 | 3-25 |
| 圖 3-32 | 監測期間四點位 1/3 倍頻程頻譜 | 3-26 |
| 圖 3-33 | 在 20 – 8000 Hz 頻率範圍內，監測期間四點位 1/3 倍頻帶 SPL 變化..... | 3-27 |
| 圖 3-34 | (a – d) 四個監測站在監測期間偵測到的魚類合唱時間分佈；(e) 兩個不同區域中四個監測站偵測到魚群合唱的累計小時數 | 3-28 |
| 圖 3-35 | (a – d) 四個監測站在監測期間偵測到的臺灣白海豚哨叫聲時間分佈；(e) 兩個不同區域中四個監測站記錄到的哨叫聲總次數 | 3-29 |
| 圖 3-36 | 石首魚科魚類聲紋..... | 3-33 |
| 圖 3-37 | 2014-2018 年臺灣白海豚各區目擊率 | 3-37 |
| 圖 3-38 | 2020 年臺灣白海豚各區目擊分布 | 3-37 |
| 圖 3-39 | 2021 年臺灣白海豚各區目擊分布 | 3-38 |
| 圖 4-1 | 水下噪音指引交流工作坊大合照 | 4-13 |

表目錄

| | |
|----------------------------------|------|
| 表 1-1 測站 WGS84 經緯度坐標位置 | 1-4 |
| 表 1-2 調查工作執行總表..... | 1-5 |
| 表 2-1 水下聲學記錄器規格表 | 2-1 |
| 表 2-2 施作船隻資訊..... | 2-1 |
| 表 2-3 船隻施作紀錄 | 2-2 |
| 表 2-4 第 1 季調查紀錄 | 2-4 |
| 表 2-5 第 2 季苗栗調查紀錄..... | 2-8 |
| 表 2-6 第 2 季臺中、彰化調查紀錄..... | 2-9 |
| 表 2-7 第 2 季彰化補充調查紀錄 | 2-11 |
| 表 2-8 第 2 季苗栗補充調查紀錄 | 2-12 |
| 表 2-9 第 3 季臺南調查紀錄..... | 2-14 |
| 表 2-10 第 3 季彰化調查紀錄 | 2-15 |
| 表 2-11 第 4 季臺中調查紀錄..... | 2-18 |
| 表 2-12 第 4 季苗栗調查紀錄 | 2-19 |
| 表 2-13 每季調查方式及原因一覽表 | 2-22 |
| 表 3-1 第 1 至 4 季調查施作及環境資訊 | 3-30 |
| 表 3-2 四季生物聲學行為綜整 | 3-32 |
| 表 3-3 臺灣白海豚出沒時間紀錄 | 3-35 |
| 表 4-1 實體會議參與名單..... | 4-3 |
| 表 4-2 線上會議參與名單..... | 4-5 |
| 表 4-3 參與者報到與開幕式 | 4-7 |
| 表 4-4 第 1 場說明會 | 4-8 |
| 表 4-5 第 2 場說明會 | 4-9 |
| 表 4-6 第 3 場說明會 | 4-10 |
| 表 4-7 二場座談會..... | 4-11 |
| 表 4-8 現場及線上提問與回應 | 4-14 |
| 表 4-9 其他書面意見 | 4-20 |
| 表 4-10 《水下噪音指引》環境保護層面修正意見表 | 4-28 |
| 表 4-11 《水下噪音指引》測量技術層面修正意見表 | 4-28 |
| 表 4-12 《水下噪音指引》法規層面修正意見表 | 4-29 |
| 表 4-13 《水下噪音指引》相關參考文獻 | 4-30 |

第一章 緒論及執行規劃與進度

1.1 計畫緣起與目標

臺灣海峽擁有全球前 20 個理想風能場地中的 16 個，以風速高達每秒約 12 公尺的特點而聞名，有潛力成為全球最佳的風力發電場所之一（世界前 50 大風速排名）。最近的幾十年，離岸風電場已經全球性地成為一種可行的海洋可再生能源，可滿足不斷增加的全球能源需求並限制二氧化碳排放量。我國政府已啟動大規模的離岸風能基礎設施項目，旨在 2025 年前發電容量達 5.7 GW。

為實現政府設定的電力目標，離岸風電場的數量預計在臺灣海峽內大幅增加，但其開發及後續營運產生的水下噪音將對海洋生物與生態造成影響與威脅。此外，各項海洋產業開發也都會產生人為的水下噪音（如航運船舶噪音、港區與海事工程，甚至於學術研究的爆炸聲等）都應進行監測管理，以期在開發海域資源的同時也能兼顧保護海洋的生物與生態。

近幾十年來，聲景生態學（soundscape ecology）已逐步從陸域延伸到水域，並受到水圈科學家的重視。這是一門結合心理學、行為學、人文學及生態學的跨域科學，藉由分析聲景在空間與時間的變化，瞭解人為或自然因素對聲景所造成的影响，進而藉由監測進行生態保護。透過對海洋生物的調查，除能瞭解海洋生物資源的分布、現況、變遷趨勢外，亦可瞭解天然災害與人為干擾對海域生態的影響程度。

為瞭解及掌握國內沿岸及近海岸人為水下噪音對於海洋生物的影響，以保護海洋生態，並期減低海洋生物受到噪音污染的影響。本計畫目標主要針對港區及臺灣白海豚棲地海域等環境進行水下噪音監測調查，分析鯨豚水下聲學之資料，並透過文獻整理各國對人為水下噪音之管理標準或準則，提供後續滾動修正「水下噪音指引」之參考，以做為未來進行各類海域水下開發或利用行為時對噪音限制規範之重要依據，望能藉此減低水下噪音對海洋環境及生物的負面影響。

1.2 計畫工作項目

本計畫的工作項目包括：

一、辦理港口及臺灣白海豚棲地等海域之水下噪音調查

- (一) 以底錠式被動聲學監測系統（Passive Acoustic Monitoring system; PAM）於港嘴及臺灣白海豚重要棲地範圍，各進行每半年調查至少1次（本計畫期間至少調查2次），監測點位包括：苗栗龍鳳、臺中港、彰化漁港及臺南安平4處各2個點位，總共8處，每處收集資料至少7天。若因天候或不可抗力因素導致監測失敗，需於該季期程內再重新執行完畢。
- (二) 資料分析包含：鯨豚水下聲學分析，例如：聲音種類識別、聲音頻譜分析或反應行為等；水下聲學資料分析，包括：頻譜圖、全頻帶每小時平均窄頻頻譜強度圖、標註各測站於監測過程中所有船舶行經訊號、海面降雨訊號、海洋生物訊號、不同海況風浪訊號、特殊海洋事件訊號等。

二、協助強化管理提供資訊及建議

- (一) 協助蒐集國內外有關人為水下噪音相關文獻、調查報告、科學研究成果等資料（例如歐盟、美國等國家相關策略），並提供強化管理指引相關建議，並提出一版水下噪音指引建議草案。
- (二) 針對水下噪音指引議題，邀集專家學者、民間團體及相關利害關係人，召開至少1場交流工作坊，應包含專家出席費、交通費及籌備工作坊相關庶務費等。

三、調查紀錄提送

- (一) 每季執行一次水下噪音監測調查，並於每季調查後30日內提交調查報告送請機關審視。
- (二) 提交之報告須含各測點、各項目之統計分析資料、結果與結論等內容，必要時檢測數據。

第一章 緒論及執行進度

(三) 前述調查報告提交期日如遇休假日、國定假日時，順延至假日結束次日內繳交。

四、辦理計畫相關調查或會議時進行拍攝紀錄

照片解析度至少 800 萬像素以上，必要時採錄影紀錄或提供說明。

1.3 工作執行規劃與進度彙整

一、水下噪音調查

團隊總共佈置 8 處監測點（苗栗、臺中、彰化、臺南各 2 處），每處收集資料至少 7 天（168 小時）。監測點位範圍參見圖 1-1（淡藍色區域為臺灣白海豚重要棲息環境；其餘色框為風機或風場範圍），現場狀況不宜佈放（如已有人工魚礁、漁網或其他團隊佈放等）處已立即微調點位。坐標位置見表 1-1。

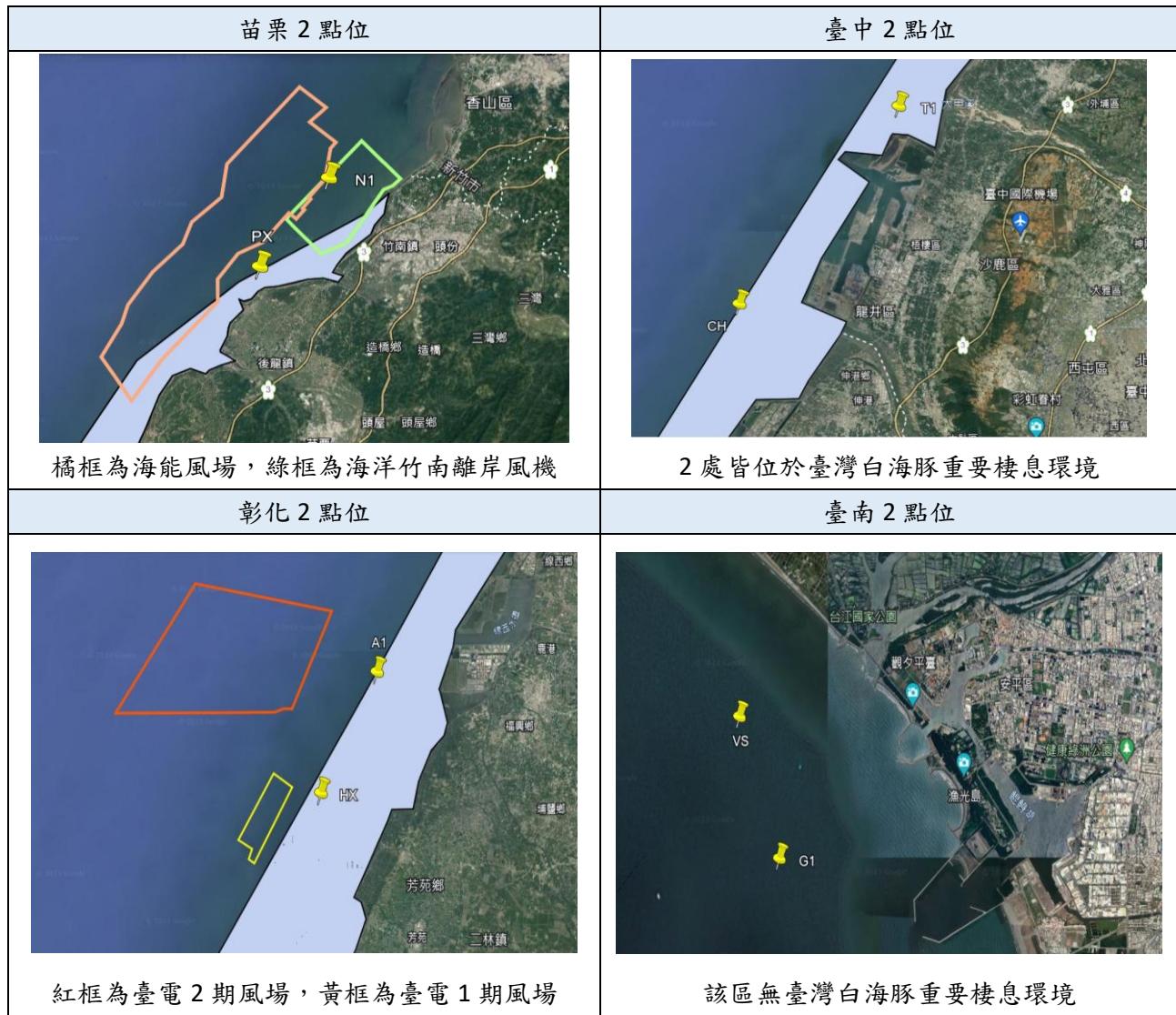


圖 1-1：8 處佈放點位放大分佈圖，臺灣白海豚重要棲息環境以藍底標示。

表 1-1：測站 WGS84 經緯度坐標位置

| 地點 | 代碼 | 水深（公尺） | 緯度（度-分） | 經度（度-分） | 點位調整原因 |
|----|----------|--------|--------------|---------------|--|
| 苗栗 | N1 (已調整) | 20 | 24° 44.168' | 120° 49.441' | 原 N1 位於珊瑚礁上方；原 PX 已有其他團隊進行佈放錄，故沿原訂座標向海岸周邊微調。 |
| | PX (已調整) | 14 | 24° 40.431' | 120° 47.101' | |
| 臺中 | T1 | 20.2 | 24° 19.950' | 120° 31.163' | 無調整 |
| | CH | 21.1 | 24° 13.000' | 120° 25.000' | |
| 彰化 | A1 (已調整) | 15.1 | 24° 03.8876' | 120° 19.0817' | 原 A1 正下方有魚礁，故微調。 |
| | HX | 10 | 24° 0.082' | 120° 16.648' | |
| 臺南 | G1 | 14.5 | 22° 58.268' | 120° 7.425' | 原 VS 正下方有漁網經過，故微調。 |
| | VS (已調整) | 13 | 22° 59.129' | 120° 7.100' | |

第一章 緒論及執行進度

依本案執行工作計畫書，第 1 季調查安排於 2023 年 11 月；第 2 季為 2024 年 2~4 月；第 3 季為 2024 年 5~7 月；第 4 季為 2024 年 8~10 月。上述調查皆如實如期完成，工作執行進度見表 1-2，詳細調查紀錄如第二章。

表 1-2：調查工作執行總表

| 第 1 季調查（共 2 點位，蒐集可用連續資料 336 筆） | | |
|---------------------------------|-------|----------------|
| 作業日期 | 作業點位 | 蒐集資料量（每小時 1 筆） |
| 2023/11/8-2023/11/15 | 臺南 G1 | 168 筆 |
| 2023/11/8-2023/11/15 | 臺南 VS | 168 筆 |
| 第 2 季調查（共 6 點位，蒐集可用連續資料 1298 筆） | | |
| 2024/3/24-2024/4/1 | 臺中 T1 | 194 筆 |
| 2024/3/24-2024/4/1 | 臺中 CH | 196 筆 |
| 2024/4/19-2024/4/27 | 彰化 A1 | 190 筆 |
| 2024/4/19-2024/4/28 | 彰化 HX | 216 筆 |
| 2024/4/19-2024/4/30 | 苗栗 N1 | 251 筆 |
| 2024/4/19-2024/4/30 | 苗栗 PX | 251 筆 |
| 第 3 季調查（共 4 點位，蒐集可用連續資料 813 筆） | | |
| 2024/6/20-2024/6/28 | 臺南 G1 | 192 筆 |
| 2024/6/20-2024/6/28 | 臺南 VS | 191 筆 |
| 2024/6/20-2024/6/29 | 彰化 A1 | 215 筆 |
| 2024/6/20-2024/6/29 | 彰化 HX | 215 筆 |
| 第 4 季調查（共 4 點位，蒐集可用連續資料 862 筆） | | |
| 2024/8/29、30-2024/9/6 | 臺中 T1 | 178 筆 |
| 2024/8/29、30-2024/9/6 | 臺中 CH | 187 筆 |
| 2024/8/29、30-2024/9/9 | 苗栗 N1 | 248 筆 |
| 2024/8/29、30-2024/9/9 | 苗栗 PX | 249 筆 |

二、《水下噪音指引》交流工作坊與新版草案研擬

本案另一重要工作項目為研擬水下噪音指引及籌備與辦理交流工作坊。團隊自本案啟動起即與委託單位密切研商、擬定新版《水下噪音指引》草案，並逐條檢修其中專有名詞、公式等內容。2023年11月12日，團隊擬定新版草案供委託單位審視並進行持續滾動式修正；修正後草案後奉委託單位主委批准，於12月26日對外公佈。

水下噪音指引交流工作坊則於2024年2月起提交執行工作計畫書供委託單位審視，並逐步確認、修訂活動日期、地點、邀請名單及議程內容等項目。該計畫書於2024年4月奉委託單位簽核通過，活動則於同年6月3日在臺中集思新烏日會議中心順利舉辦，共計76人與會（含實體會議37人；線上會議39人），相關成果詳見第四章。

水下噪音指引交流工作坊結束後，團隊旋即著手彙整與會者針對現行公佈之《水下噪音指引》草案修正意見並提出相關建議，詳見報告第四章。



圖 1-2：水下噪音指引交流工作坊活動紀錄。

第二章 調查過程及紀錄

2.1 調查使用儀器及船隻

本案使用之儀器規格如表 2-1，施作船隻及紀錄如表 2-2、2-3 所示。

表 2-1：水下聲學記錄器規格表

|  | |
|--|---|
| SoundTrap 600 | |
| 頻率響應 | 20 Hz 到 150 kHz (響應偏差不超過±3 dB) |
| 動態範圍 | 96 dB |
| 系統自發噪音 | 37 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ @ 2 kHz |
| 解析度 | 支援 16-bit 解析度之波形記錄 |
| 指向性 | 無 |
| 取樣頻率 | 最高可設定至 384 kHz |
| 麥克風靈敏度 | -176.0 dBV re μPa |

表 2-2：施作船隻資訊

| 使用船隻照片 | 符合之船舶安全檢查 |
|--|---|
|     |   <ul style="list-style-type: none">1. 沃旭能源 (Ørsted)2. 哥本哈根基金 (CIP)3. 國際海事承包商協會 (IMCA) 的小型工作船船舶檢驗 (MISW)4. 財團法人驗船中心 (CR)5. 中華海事檢定社 |

表 2-3：船隻施作紀錄

| 調查季度 | 日期 | 區域 | 作業內容 | 使用船隻 |
|---------------|--------------|-------|------|---------------|
| 第 1 季 | 2023/11/8 | 臺南 | 儀器佈放 | 吉滿福 228 號 |
| | 2023/11/15 | 臺南 | 儀器回收 | 吉滿福 228 號 |
| 第 2 季 | 2024/3/15 | 苗栗 | 儀器佈放 | 世通 168 |
| | 2024/3/22 | 苗栗 | 儀器回收 | 世通 168 |
| | 2024/3/24 | 臺中 | 儀器佈放 | 永益號 |
| | 2024/4/1 | 臺中 | 儀器回收 | 永益號 |
| 第 2 季 補充調查 | 2024/4/19 | 苗栗、彰化 | 儀器佈放 | 永益號 |
| | 2024/4/27 | 彰化 | 儀器回收 | 水菓 1 號 |
| | 2024/4/28 | 彰化 | 儀器回收 | 水菓 1 號 |
| | 2024/4/30 | 苗栗 | 儀器回收 | 世通 168 號 |
| 第 3 季 | 2024/6/20 | 彰化、臺南 | 儀器佈放 | 永益號、吉滿福 228 號 |
| | 2024/6/28 | 臺南 | 儀器回收 | 吉滿福 228 號 |
| | 2024/6/29 | 彰化 | 儀器回收 | 永益號 |
| 第 4 季 | 2024/8/29-30 | 苗栗、臺中 | 儀器佈放 | 永益 5 號 |
| | 2024/9/6 | 臺中 | 儀器回收 | 鰲新 21 號 |
| | 2024/9/9 | 苗栗 | 儀器回收 | 世通 168 號 |

2.2 第 1 季調查方法及記錄

2.2.1 第 1 季調查方法

本季使用浮標式量測系統，該系統包括水下聲學記錄器、浮標、警示燈、浮球、AIS 發訊器、底碇、海錨、減噪繩等組件。量測系統如圖 2-1 所示。

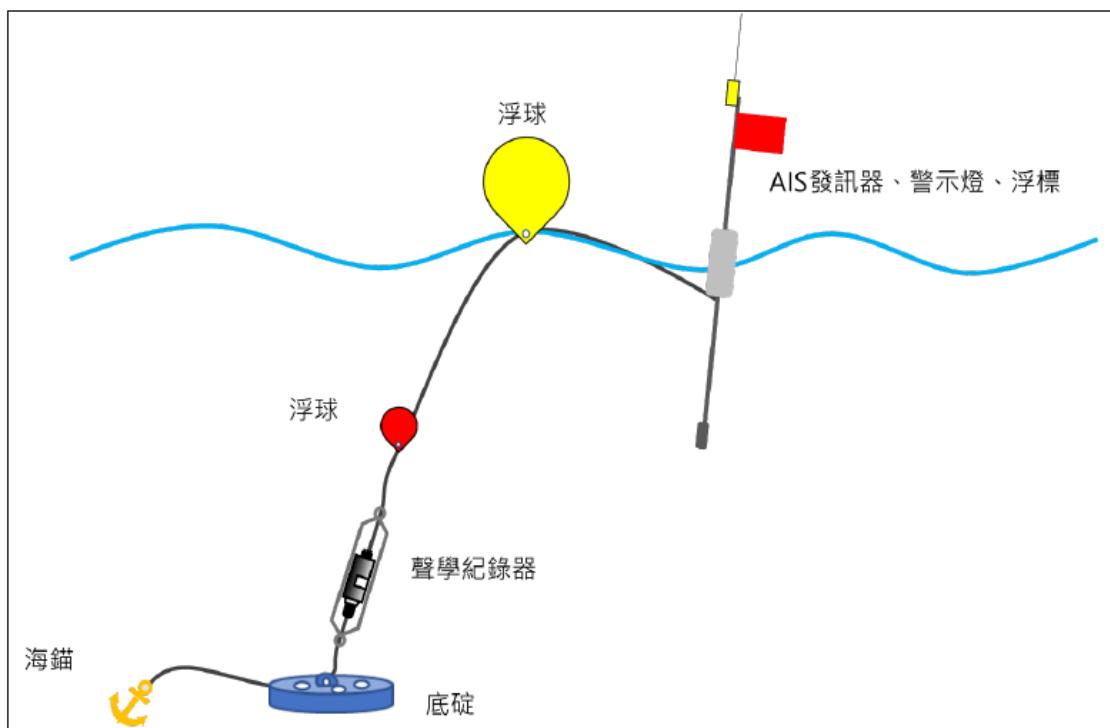


圖 2-1：第 1 季量測系統示意圖。

團隊抵達預定測量點位後，於該位置連接整組浮標式量測系統，完成佈放前準備作業。船舶於此後抵達預定測量點位，將水面浮球與浮標（含 AIS 發訊器及警示燈）投入水中，待確認量測點位後，再於預定位置依序投入海錨、底碇及聲學紀錄器，最後確保設備定位後進行拍照。

測量任務完成後即依據 AIS 訊號位置前往回收點。抵達回收點時，先將浮標與水面浮球拉上船舶，隨後透過船上起錨設備回收聲學紀錄器、底碇與海錨。回收的儀器需經過仔細處理，刮除附著於表面的附著生物後進行徹底清洗。

2.2.2 調查記錄與資料回收狀況

本次調查於臺南安平港 2 點位進行佈放（點位代碼：VS、G1），檔案錄製時間為 2023 年 11 月 8 號下午 2 點至 2023 年 11 月 15 號下午 2 點；水下聲學記錄器取樣頻率設定為 96 kS/sec。G1 點位距離蚵棚養殖區約 600 公尺，周遭有漁民網具標示旗，已於確認無纏繞風險後進行佈放；原定 VS 點位正下方則有漁民網具經過，為避免干擾將調查位置往南調整約 500 公尺，距離蚵棚養殖區約 50 公尺。詳細紀錄與坐標位置如下表。

表 2-4：第 1 季調查紀錄

| 施作照片 | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---|----------|----|-----------|------------|------------|-------------|------------------------------|--|--|--|--|
| 執行項目 與日期 | 出海 時間 | 入港 時間 | 天氣 | 船速 (節) | 浪高 (公尺) | 水深 (公尺) | 作業點位 | | | | | |
| 佈放作業 2023/11/8 | 12:30 | 14:00 | 晴 | 6 | 0.4 | 14.5 | G1 | 22° 58.268'北 120° 7.425'東 | | | | |
| | | | | | | 13 | VS (已調整) | 22° 59.129'北 120° 7.100'東 | | | | |
| | 14:27 | 15:58 | 晴 | 6 | 0.3 | 14.5 | G1 | 22° 58.268'北 120° 7.425'東 | | | | |
| | | | | | | 13 | VS (已調整) | 22° 59.129'北 120° 7.100'東 | | | | |
| 施作人員 | 何政憲、潘昀展 | | | | | | | | | | | |
| 備註 | 原定 VS 點位 (22° 59.385'北, 120° 7.015'東；水深 12.5 公尺) 因正下方有漁網經過，故往南調整約 500 公尺。 | | | | | | | | | | | |

第二章 調查過程及紀錄

設備回收後首先進行初步清潔工作，並現場連接至電腦，檢視資料錄製情況。設備設定為每小時產生 1 個檔案，並連續錄製 7 天，合計錄製 168 筆 WAV 聲音檔案。本次所有點位均完整錄製有效音檔，數量及品質皆無缺漏，成功完成本次佈放任務。



圖 2-2：第 1 季儀器佈放與回收紀錄。

2.3 第 2 季調查方法及記錄

2.3.1 第 2 季調查方法

本案使用含聲學釋放器的水下浮標錨碇式量測系統，如圖 2-3 所示。

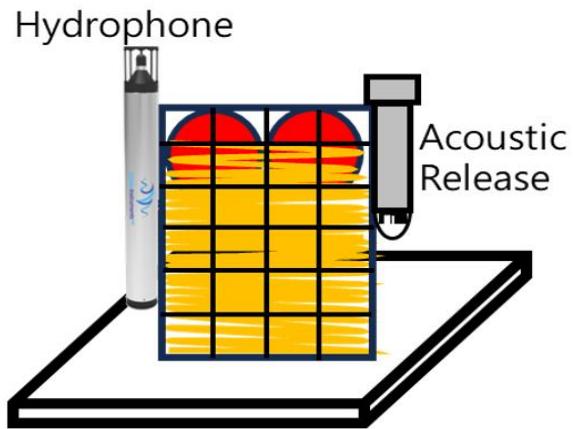
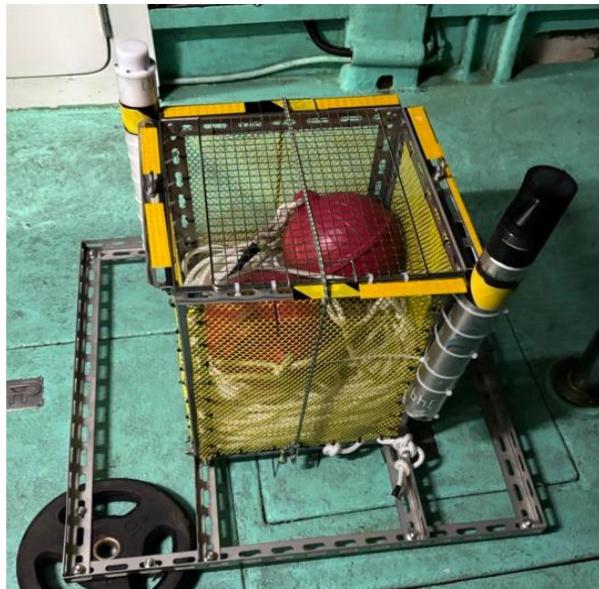


圖 2-3：第 2 季量測系統示意圖。

有別於 2023 年底的浮標式量測系統，本次調查避免使用水面浮標，以防遭人毀損或因天氣因素斷纜而損失水下設備。此外更加掛水下聲學釋放系統。佈放時將整套設備放下海中，設備於海床上進行量測，待要回收設備時，由上部控制設備連接水下音鼓，側掛於船舷，與水下聲學釋放器進行通訊，待通訊建立後執行釋放程序，釋放箱中的浮球就會帶著繩索浮出水面，調查人員即可藉由浮出水面的浮球回收整套設備。

補充調查部分，則使用 2 種底碇式量測器統，第 1 種為錨碇鋼鐵架式，將麥克風固定於底部框架上，麥克風高度距離海床大約 90 公分的（用於苗栗 N1、彰化 A1 點位）；第 2 種為水面浮標錨碇式，將麥克風固定於繩索上，距離海床大約 2.5 公尺（用於苗栗 PX、彰化 HX 點位）。為降低潮汐影響，該系統於佈放時盡量讓水聽器離開海床，量測系統如圖 2-4 所示。

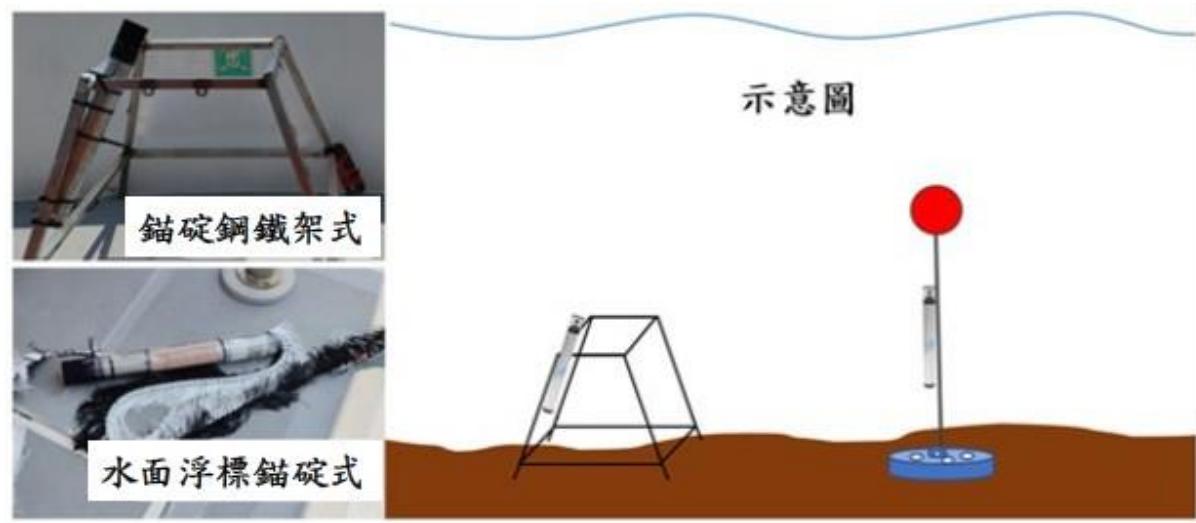


圖 2-4：第 2 季補充調查量測系統示意圖。

補充調查排除聲學釋放系統，以降低聲學釋放設備對錄音系統的干擾（繩索包、浮球造成的水流聲），佈放時將設備垂掛入海中，待設備抵達海床時釋放垂掛的繩索，隨即完成佈放。

回收設備時，透過 GPS 定位確認船隻位置，並且將定位浮球投入水中，潛水人員根據定位浮球位置，於海床以同心圓方式向外搜尋設備，如發現設備，再利用浮力袋減輕設備重量，並帶往水面交由船上人員協助回收。

2.3.2 調查記錄與資料回收狀況

本季調查於 3 月 15 日佈放苗栗 2 點位；3 月 24 日佈放臺中、彰化各 2 點位，總計 4 點位。

苗栗原定 N1 點位正好位於珊瑚礁上方；PX 點位則已有其他團隊進行儀器佈放錄，因此本團隊沿原訂座標向海岸周邊微調 N1、PX 之佈放地點。

3 月 24 日由於船隻螺旋槳纏到廢棄繩索而停止運作，因此僅完成臺中佈放，未能完成彰化 2 點位佈放。詳細調查紀錄如表 2-5、2-6。

此後團隊安排補充調查，以求確實完成本案任務。

第二章 調查過程及紀錄

表 2-5：第 2 季苗栗調查紀錄

| 施作照片 | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|----------|----|-----------|----------------|----------------|-------------------------------|--|--|--|--|--|
| 執行項目 與日期 | 出海 時間 | 入港 時間 | 天氣 | 船速 (節) | 浪高 (公 尺) | 水深 (公 尺) | 作業點位 | | | | | |
| | | | | | | | N1 (已調整) | | | | | |
| 佈放作業 2024/3/15 | 3:40 | 12:30 | 晴 | 6 | 0.9 | 20 | N1 (已調整) | | | | | |
| | | | | | | | 24° 44.168'北 120° 49.441'東 | | | | | |
| 回收作業 2024/3/22 | 11:26 | 19:25 | 晴 | 6 | 0.4 | 14 | PX (已調整) | | | | | |
| | | | | | | | 24° 40.431'北 120° 47.101'東 | | | | | |
| 補充說明 | 1. N1 位於珊瑚礁上方；PX 已有其他團隊進行儀器佈放，因此 微調坐標 。 2. 後續檢視資料發現異常狀況，因而 安排補充調查 。 | | | | | | | | | | | |
| 施作人員 | 何政憲、蔡侑霖、劉庭維 | | | | | | | | | | | |

第二章 調查過程及紀錄

表 2-6：第 2 季臺中、彰化調查紀錄

| 施作照片 | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|----------|----|-----------|------------|------------|------|--|--|--|--|
| 執行項目 與日期 | 出海 時間 | 入港 時間 | 天氣 | 船速 (節) | 浪高 (公尺) | 水深 (公尺) | 作業點位 | | | | |
| 佈放作業 2024/3/24 | 07:24 | 11:45 | 晴 | 8 | 0.3 | 20.2 | T1 | | | | |
| | | | | | | 21.1 | CH | | | | |
| 回收作業 2024/4/1 | 12:50 | 16:14 | 晴 | 8 | 0.3 | 20.2 | T1 | | | | |
| | | | | | | 21.1 | CH | | | | |
| 補充說明 | 彰化 2 點位 (A1、HX) 因船隻螺旋槳纏到廢棄繩索而停止運作，未能佈放， 因而安排補充調查。 | | | | | | | | | | |
| 施作人員 | 何政憲、趙正隆、趙昱麟、Ahmad Safei Sahrul | | | | | | | | | | |

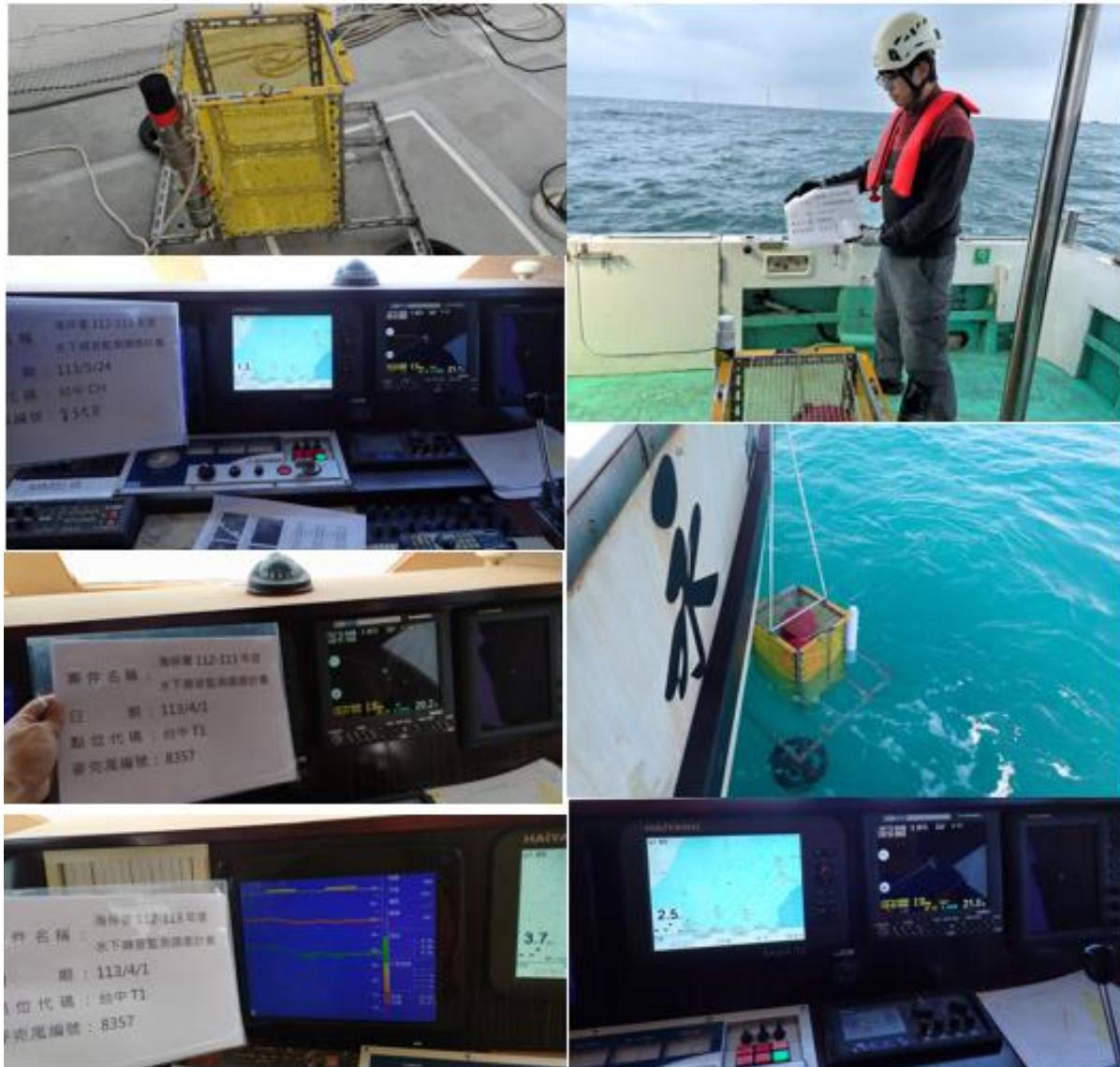


圖 2-5：第 2 季儀器佈放與回收紀錄。

本次調查水下聲學記錄器取樣頻率設定為 96 kS/sec，於每處點位連續錄製 7 天，蒐集共 168 筆 WAV 聲音檔案，然而苗栗點位儀器回收後，發現 PX 點位的麥克風錄製情況異常，3 月 17 日後即無資料，錄製的頻率也非當初設定的每 1 小時錄 1 小時；N1 點位則隨機遺失 15 小時數據。除此之外，彰化點位由於船隻螺旋槳遭廢棄魚網纏繞，為避免損害船舶螺旋槳與引擎，經船長判斷，放棄執行彰化 2 點位設備佈放，緩速回港清除漁網。

後續檢視資料發現 PX 麥克風的異常狀況，疑似由麥克風原廠的 HF Click detector 造成，目前測試發現，如開啟此功能會造成無法正常錄音；N1 點位隨機遺失數據，則是特定記憶卡槽功能異常，目前已經避開該卡槽使用。

2.3.3 第2季補充調查紀錄

本次調查未能回收完整資料，因此於4月19日至彰化、苗栗各2點位（總計4點位）進行補充調查。彰化儀器於4月27、28日回收；苗栗2點位則於4月30日回收，詳細調查紀錄如表2-7、2-8。

表2-7：第2季彰化補充調查紀錄

| 施作照片 | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|----------|---------|-----------|------------|------------|---------------------------------|--|--|--|--|--|
| 執行項目 與日期 | 出海 時間 | 入港 時間 | 天氣 | 船速 (節) | 浪高 (公尺) | 水深 (公尺) | 作業點位 | | | | | |
| 佈放作業 2024/4/19 | 10:40 | 21:10 | 晴 | 9 | 0.7 | 15.1 | A1 (已調整) | | | | | |
| | | | | | | | 24° 03.8876'北 120° 19.0817'東 | | | | | |
| | | | | | 10 | HX | 24° 00.0738'北 120° 16.6587'東 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 回收作業 2024/4/27 | 10:30 | 13:30 | 晴 | 6 | 0.8 | 17.5 | A1 (已調整) | | | | | |
| | | | | | | | 24° 03.8876'北 120° 19.0817'東 | | | | | |
| 回收作業 2024/4/28 | 11:10 | 15:10 | 雨 轉晴 | 6 | 1.0 | 13.5 | HX | | | | | |
| | | | | | | | 24° 00.0738'北 120° 16.6587'東 | | | | | |
| 補充說明 | A1因點位正下方有魚礁，所以稍作調整。 佈放時為乾潮時段，回收時為滿潮時段，所以水深有所差異。 | | | | | | | | | | | |
| 施作人員 | 何政憲、趙正隆、趙昱麟、Ahmad Safei Sahrul | | | | | | | | | | | |

第二章 調查過程及紀錄

表 2-8：第 2 季苗栗補充調查紀錄。

| 施作照片 | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------------------|----------|----|-----------|------------|------------|--|--|--|--|--|
| 執行項目 與日期 | 出海 時間 | 入港 時間 | 天氣 | 船速 (節) | 浪高 (公尺) | 水深 (公尺) | 作業點位 | | | | |
| 佈放作業 2024/4/19 | 10:40 | 21:10 | 晴 | 9 | 0.8 | 22.4 | N1 (已調整) 24° 44.202'北 120° 49.513'東 | | | | |
| | | | | | | 15.1 | PX (已調整) 24° 40.402'北 120° 47.124'東 | | | | |
| | 5:51 | 12:39 | 晴 | 7 | 0.3 | 21.6 | N1 (已調整) 24° 44.202'北 120° 49.513'東 | | | | |
| | | | | | | 13.9 | PX (已調整) 24° 40.402'北 120° 47.124'東 | | | | |
| 補充說明 | N1 位於珊瑚礁上方；PX 已有其他團隊進行儀器佈放，因此微調坐標。 | | | | | | | | | | |
| 施作人員 | 何政憲、趙正隆、趙昱麟、Ahmad Safei Sahrul | | | | | | | | | | |

本次於 4 月 27、28、30 日，順利回收所有水下聲學記錄器，檢視後確認無缺漏，順利完成補充調查。補充調查之彰化 A1 點位共錄製 4 月 19 日 13:00 至 4 月 27 日 11:00 共 190 小時之聲學資料；HX 點位共錄製 4 月 19 日 13:00 至 4 月 28 日 13:00 共 216 小時聲學資料。苗栗 N1 點位錄製 4 月 19 日 20:00 至 4 月 30 日 06:00 共 250 小時資料；PX 點位錄製 4 月 19 日 18:00 至 4 月 30 日 05:00 共 251 小時資料，完成本季佈放任務。

2.4 第 3 季調查方法及記錄

2.4.1 第 3 季調查方法

本次使用含聲學釋放器的水下浮標錨碇式量測系統，如圖 2-6 所示。

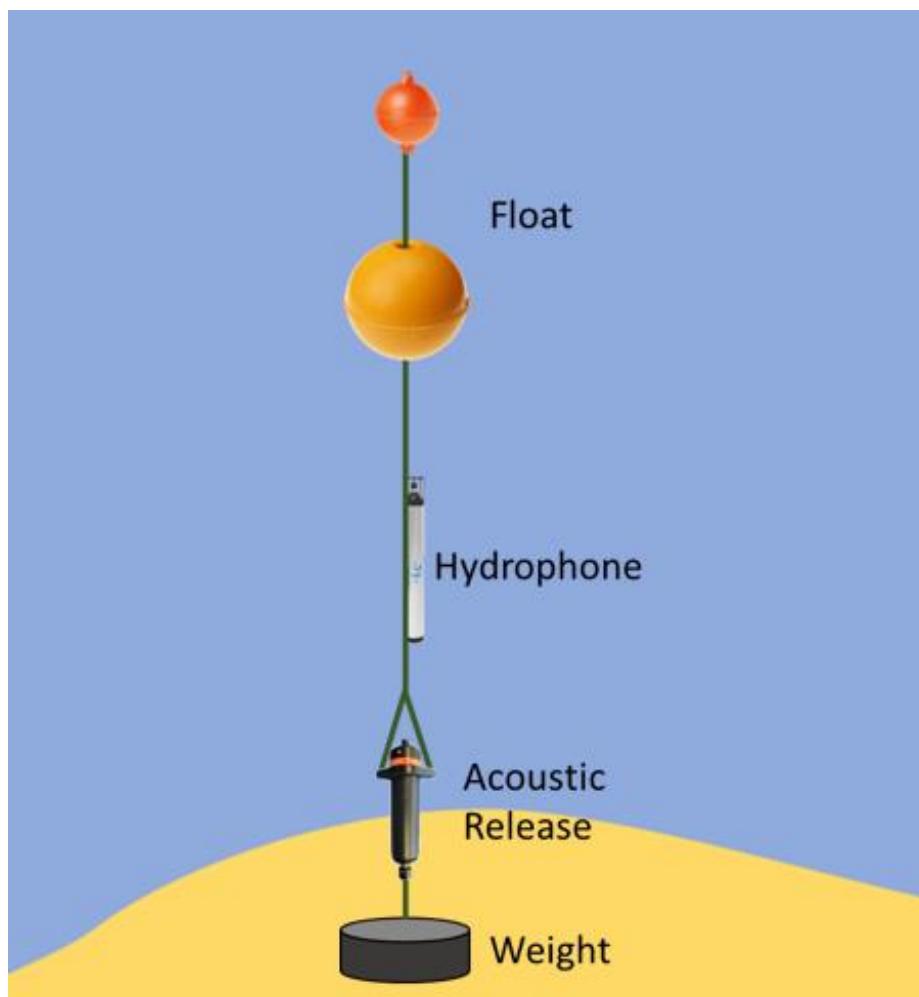


圖 2-6：第 3 季量測系統示意圖。

有別於 2023 年底的浮標式量測系統，本次調查避免使用水面浮標，以防遭人毀損或因天氣因素斷纜而損失水下設備。此外更加掛水下聲學釋放系統。佈放時將整套設備放下海中，設備於海床上 2.8 公尺處進行量測，待要回收設備時，由上部控制設備連接水下音鼓，側掛於船舷，與水下聲學釋放器進行通訊，待通訊建立後執行釋放程序，聲學釋放器將會斷開與底碇系統的連結，並藉由浮球將量測設備帶到水面，調查人員即可藉由浮出水面的浮球回收量測設備。

2.4.2 調查記錄與資料回收狀況

本季調查臺南、彰化各 2 點位，共 4 點位，於 6 月 20 日佈放臺南、彰化；並於 6 月 28 日回收臺南儀器、6 月 29 日回收彰化儀器。詳細調查紀錄如表 2-9、表 2-10。

表 2-9：第 3 季臺南調查紀錄

| 施作照片 | | | | | | | | |
|-------------------|-------------|----------|----|-----------|------------|------------|------|--------------------------------|
| 執行項目 與日期 | 出海 時間 | 入港 時間 | 天氣 | 船速 (節) | 浪高 (公尺) | 水深 (公尺) | 作業點位 | |
| 佈放作業 2024/6/20 | 10:22 | 11:30 | 晴 | 15 | 0.5 | 12.1 | VS | 22° 59.398' 北 120°07.005' 東 |
| | | | | | | 12.5 | | 22° 58.276' 北 120°07.423' 東 |
| | 10:26 | 11:55 | 晴 | 10 | 0.9 | 12.1 | VS | 22° 59.398' 北 120°07.005' 東 |
| | | | | | | 12.5 | | 22° 58.276' 北 120°07.423' 東 |
| 施作人員 | 何政憲、鄭永隆、劉庭維 | | | | | | | |

表 2-10：第 3 季彰化調查紀錄

| 施作照片 | | | | | | | |
|-------------------|-----------------|----------|----|-----------|------------|------------|------|
| 執行項目 與日期 | 出海 時間 | 入港 時間 | 天氣 | 船速 (節) | 浪高 (公尺) | 水深 (公尺) | 作業點位 |
| 佈放作業 2024/6/20 | 05:54 | 12:25 | 晴 | 10 | 0.5 | 15.0 | A1 |
| | | | | | | 12.8 | HX |
| | 06:00 | 10:35 | 晴 | 10 | 0.8 | 15.0 | A1 |
| | | | | | | 12.8 | HX |
| 施作人員 | 呂承翰、王冠文、劉庭維、何政憲 | | | | | | |

本次於 6 月 28、29 日，順利回收所有水下聲學記錄器。調查水下聲學記錄器取樣頻率設定為 96 ks/sec，於每處點位連續錄製至少 7 天，蒐集共 168 筆 WAV 聲音檔案。臺南 VS 點位錄製 6 月 20 日 12:00 至 6 月 28 日 11:00 共 191 小時資料；G1 點位錄製 6 月 20 日 11:00 至 6 月 28 日 11:00 共 192 小時資料。彰化 A1 點位共錄製 6 月 20 日 08:00 至 6 月 29 日 07:00 共 215 小時之聲學資料；HX 點位共錄製 6 月 20 日 09:00 至 6 月 29 日 08:00 共 215 小時聲學資料。檢視後確認無缺漏，順利完成補充調查。

第二章 調查過程及紀錄

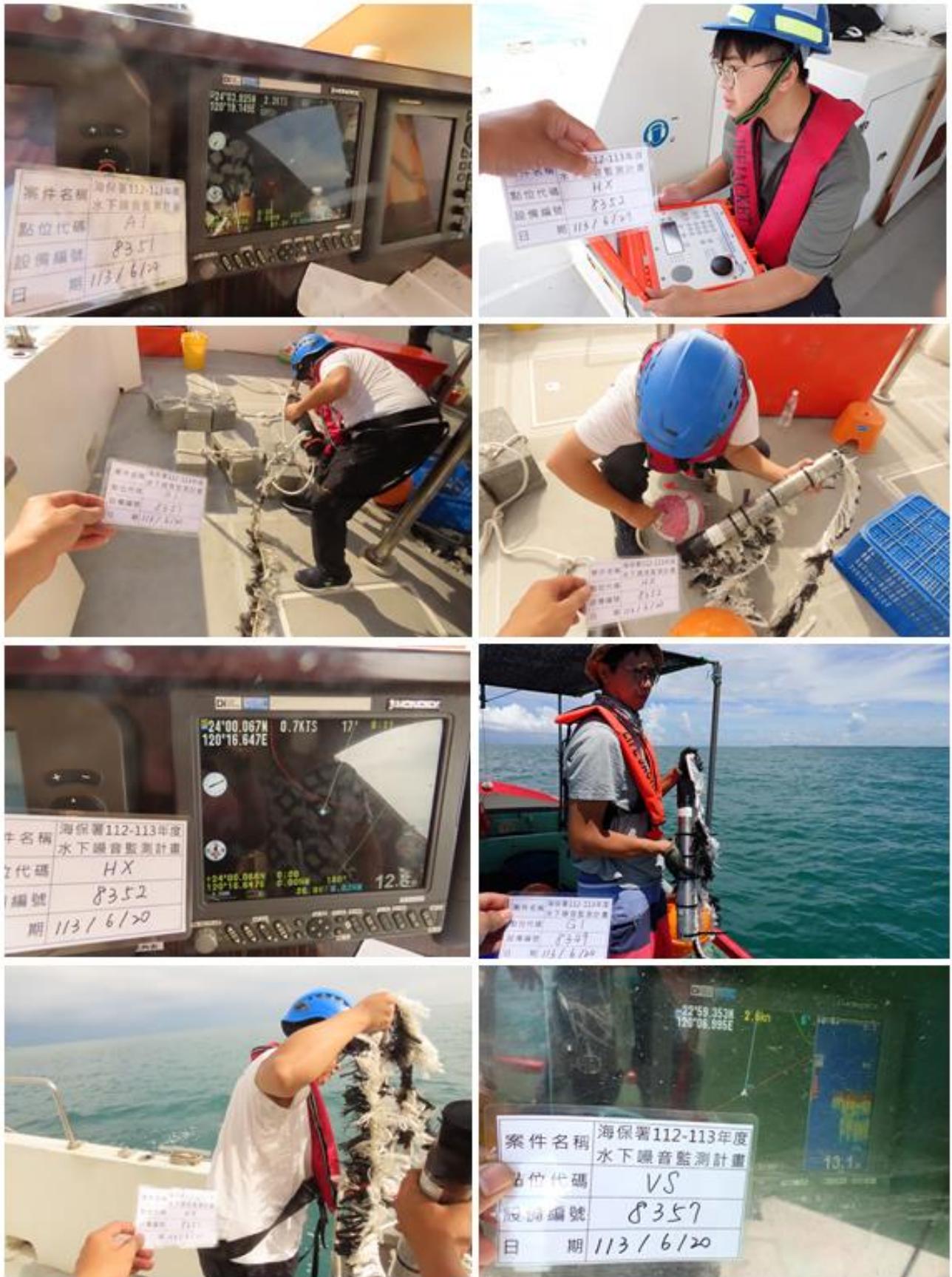


圖 2-7：第 3 季儀器佈放與回收紀錄。

2.5 第 4 季調查方法及記錄

2.5.1 第 4 季調查方法

本次使用含聲學釋放器的水下浮標錨碇式量測系統，如圖 2-8 所示。



圖 2-8：第 4 季量測系統示意圖。

本次調查使用聲音釋放器搭配 ST600 與整流繩，加上底部配重，麥克風約離海床 2.5 公尺。佈放時將整套設備放下海中，待要回收設備時，由上部控制設備連接水下音鼓，側掛於船舷，與水下聲學釋放器進行通訊，待通訊建立後執行釋放程序，聲學釋放器將會斷開與底碇系統的連結，並藉由浮球將量測設備帶到水面，調查人員即可藉由浮出水面的浮球回收量測設備。

2.5.2 調查記錄與資料回收狀況

本季調查臺中、苗栗各 2 點位，共 4 點位，於 8 月 29 至 30 日佈放臺中、苗栗；並於 9 月 6 日回收臺中儀器、9 月 9 日回收苗栗儀器。詳細調查紀錄如表 2-11、表 2-12。

第二章 調查過程及紀錄

表 2-11：第 4 季臺中調查紀錄

| 施作照片 | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|----|-----------|------------|------------|---------------|---------------|
| 執行項目 與日期 | 出海 時間 | 入港 時間 | 天氣 | 船速 (節) | 浪高 (公尺) | 水深 (公尺) | 作業點位 | |
| 佈放作業 2024/8/29 至 2024/8/30 | 17:37 | 02:20 | 晴 | 9-10 | 18.4 | T1 | 24° 19.950'北 | 120° 31.153'東 |
| | | | | | | | 24° 12.998'北 | 120° 24.989'東 |
| | | | | | | CH | 120° 49.441'東 | |
| | | | | | | | 24° 19.935'北 | 120° 31.157'東 |
| | | | | | | | 24° 13.014'北 | 120° 24.987'東 |
| 回收作業 2024/9/6 | 05:00 | 15:02 | 晴 | 8-10 | 0.7 | 17.4 | T1 | |
| 施作人員 | 何政憲、潘昀展、劉庭維 | | | | | | | |

第二章 調查過程及紀錄

表 2-12：第 4 季苗栗調查紀錄

| 施作照片 | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|----|-----------|------------|------------|------|
| 執行項目 與日期 | 出海 時間 | 入港 時間 | 天氣 | 船速 (節) | 浪高 (公尺) | 水深 (公尺) | 作業點位 |
| 佈放作業 2024/8/29 至 2024/8/30 | 17:37 | 02:20 | 晴 | 9-10 | 0.5 | 15.0 | PX |
| | | | | | | 19.5 | N1 |
| | 04:09 | 11:24 | 晴 | 6-8 | 0.8 | 15.5 | PX |
| | | | | | | 19.2 | N1 |
| 施作人員 | 潘昀展、劉庭維、鄭永隆 | | | | | | |

本次於 9 月 6、9 日，順利回收所有水下聲學記錄器。調查水下聲學記錄器取樣頻率設定為 96 kS/sec，於每處點位連續錄製至少 7 天，每處蒐集至少 168 小時 WAV 聲音檔案。

臺中 T1 點位錄製 8 月 29 日 19:00 至 9 月 6 日 04:00 共 178 小時資料；CH 點位錄製 8 月 29 日 19:00 至 8 月 29 日 13:00 共 187 小時資料。苗栗 PX 點位共錄製 8 月 29 日 23:00 至 9 月 9 日 07:00 共 249 小時之聲學資料；N1 點位共錄製 8 月 29 日 23:00 至 9 月 9 日 06:00 共 248 小時聲學資料。檢視後確認無缺漏，順利完成本季調查。

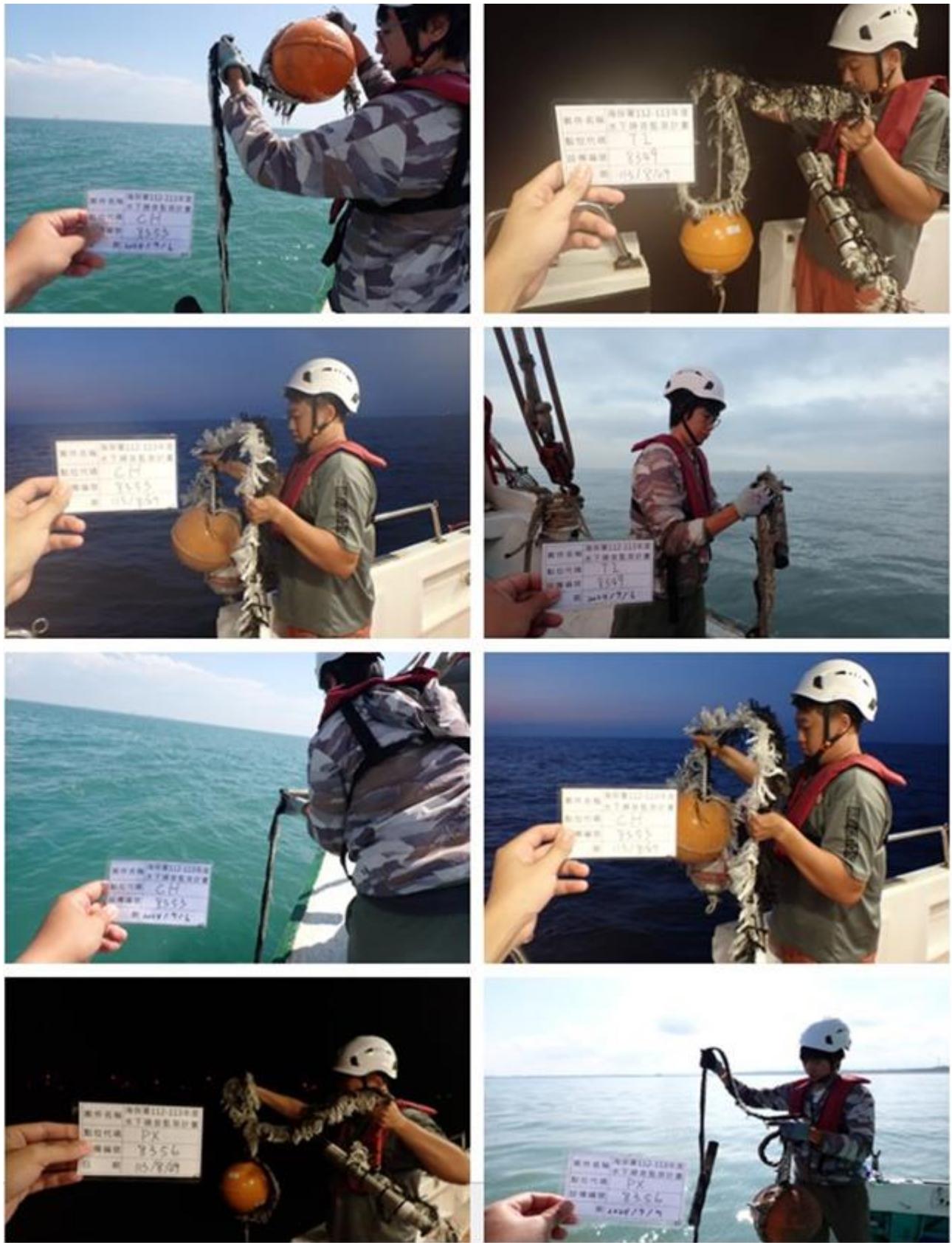


圖 2-9：第 4 季儀器佈放與回收紀錄。

2.6 第 1 至 4 季佈放與回收方式說明

團隊為配合地方環境特色並持續精進調查資料品質，曾使用以下 3 種不同佈放方式：

1. 水面浮標錨碇式：一種相對簡單且經濟的水聽器佈放方式。自記式水聽器通過纜繩連接到水面浮標上，水面浮標再通過錨碇纜繩與海底錨碇相連，以限制水平移動。水面浮標的存在提供了視覺定位並搭配 AIS 發報器可以遠端監控浮標位置，便於儀器的回收。儘管這種佈放方式的部署和回收過程相對簡單，成本也較低，但水面浮標會受到波浪和水流的影響，導致水聽器產生垂直移動和噪音，可能對數據品質產生一定的影響。
2. 水下浮標錨碇式（搭配水下聲音釋放器）：為提供更穩定的平臺。自記式水聽器被部署在一個位於水面下一定深度的水下浮標。水下浮標通過錨碇纜繩與海底錨碇相連，以限制水平移動。與水面浮標錨碇式相比，水下浮標提供了更穩定的平臺，減少了波浪和水流的影響。然而，水下浮標的部署和回收過程需要搭配水下聲音釋放器，需要專門的設備和技術，增加了部署和回收的設備成本。
3. 錨碇鋼鐵架式：3 種佈放方式中提供最佳穩定性和噪音控制的方式。在這種佈放方式中，自記式水聽器固定在一個獨立的鋼鐵架上。鋼鐵架為水聽器提供了堅固的支撐，最大限度地減少了由水流和波浪引起的儀器移動和傾斜。與直接懸掛在錨碇纜繩上相比，固定在鋼鐵架上的水聽器受水流影響更小，產生的噪音和干擾也更低。儘管錨碇鋼鐵架式提供了最佳的性能，但需要潛水人員協助佈放儀器，其部署成本較高，且部署和回收過程相對複雜，需要投入更多的資源和人力。
水面浮標錨碇式簡單經濟，但可能受到波浪和水流的影響。水下浮標錨碇式提供了更穩定的平臺，但部署和回收較為複雜。錨碇鋼鐵架式提供了最佳的穩定性和噪音控制，但成本較高，部署和回收也相對複雜。
3 種佈放方式各有優缺點，適用於不同的研究需求和環境條件，本案 4 季採用之調查方式與原因如表 2-13。

表 2-13：每季調查方式及原因一覽表

| 季 度 | 作業日期 | 點位 | 施作方式 | 採用或更換方式原因 |
|--------|-----------------------|-------|--------------------|---|
| 1 | 2023/11/8-2023/11/15 | 臺南 G1 | 水面浮標錨碇式 | 部署與回收過程相對簡單，視覺與 AIS 定位可隨時監控設備位置，但易遭有心人士竊取或破壞。 |
| | 2023/11/8-2023/11/15 | 臺南 VS | | |
| 2 | 2024/3/24-2024/4/1 | 臺中 T1 | 水下浮標錨碇式 搭配聲音釋放器 | 1. 3 種佈放方式水面上無標的物，不容易遭人竊取或破壞。 |
| | 2024/3/24-2024/4/1 | 臺中 CH | | 2. 水下浮標錨碇式與錨碇鋼鐵架式每次需搭配 4 名潛水員，每天能作業時間不多，人力需求較高。 |
| | 2024/4/19-2024/4/27 | 彰化 A1 | 水下浮標錨碇式 | 3. 西部近岸能見度差，潛水人員的作業風險高。由此，本案後續佈放採用水下浮標錨碇式搭配聲音釋放器。 |
| | 2024/4/19-2024/4/28 | 彰化 HX | 錨碇鋼鐵架式 | |
| | 2024/4/19-2024/4/30 | 苗栗 N1 | 水下浮標錨碇式 | |
| | 2024/4/19-2024/4/30 | 苗栗 PX | 錨碇鋼鐵架式 | |
| 3 | 2024/6/20-2024/6/28 | 臺南 G1 | 水下浮標錨碇式 搭配聲音釋放器 | 水面上無標的物，不容易遭人竊取或破壞，需要搭配水下聲音釋放系統，該設備昂貴，成本較高，但無須潛水人員參與，有效降低回收難度與風險。 |
| | 2024/6/20-2024/6/28 | 臺南 VS | | |
| | 2024/6/20-2024/6/29 | 彰化 A1 | | |
| | 2024/6/20-2024/6/29 | 彰化 HX | | |
| 4 | 2024/8/29、30-2024/9/6 | 臺中 T1 | 水下浮標錨碇式 搭配聲音釋放器 | |
| | 2024/8/29、30-2024/9/6 | 臺中 CH | | |
| | 2024/8/29、30-2024/9/9 | 苗栗 N1 | | |
| | 2024/8/29、30-2024/9/9 | 苗栗 PX | | |

第三章 聲學資料分析成果

3.1 聲學數據處理與各類聲音檢測方式

從調查地點收回水下錄音系統之後，首先使用 SoundTrap Host (Ocean Instruments, 紐西蘭) 軟體將無損壓縮的 SUD 檔案格式，轉換為可以進行後續分析的 WAV 格式。完成資料轉換後，本計畫使用 PAMGuide (Merchant 等，2015 年) 進行長時間錄音資料進行視覺化分析。為進行時頻分析，本研究採用短時距傅立葉轉換 (Short-Time Fourier Transform; STFT) 技術，針對 10 – 6000 Hz 頻帶進行功率譜密度 (Power Spectral Density; PSD) 估計。在頻譜分析參數設定上，使用 1 秒長的 Hanning 視窗函數以降低頻譜洩漏效應，並採用 50% 重疊率以提升時間解析度。每個頻譜均經過 30 秒的時間平均處理，以獲得更穩定且具代表性的功率譜密度估計結果。

臺灣白海豚聲音識別方式主要依照其發聲特徵進行分析：根據過往研究，海豚發聲的被動聲學監測檢測範圍通常在 2 公里左右 (Howe, Marian, and Marc O. Lammers, 2021 年)；團隊分析人員亦已對臺灣白海豚之哨叫聲和喀答聲進行時頻和聲學特徵分析 (參見圖 3-1)，並識別其主要產生之 7 種哨叫聲及 1 種喀答聲類型。其頻譜分析結果顯示 (a – g) 哨叫聲的頻率分布於 3 – 10 kHz 區間。為確保信號辨識的可靠度，僅在信號強度較背景噪音高出 10 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ 時納入統計。此外，經頻譜分析 (圖 3-1h) 可見白海豚的喀答聲主要能量分布於 10 – 45 kHz 的頻帶。

哨叫聲及喀答聲的識別採用排列熵 (Permutation Entropy; PE) 方法於時間序列中進行目標訊號偵測，並輔以視覺及聽覺標註。完整的偵測流程涵蓋四個主要步驟 (參見圖 3-2)：訊號濾波處理、 H 值 (排列熵值) 計算、計算結果去趨勢化處理，以及哨聲篩選。在去趨勢後的 H 值時間序列中，系統透過預設閾值線進行訊號判別。當 H 值 (以紅點標示) 低於閾值線，且其對應訊號段 (灰色區塊) 的信噪比大於 0 dB 時，即判定為有效目標訊號。從頻譜圖的分析結果可見，在 433.5 至 434 秒區間明確呈現一段哨叫聲訊號特徵。

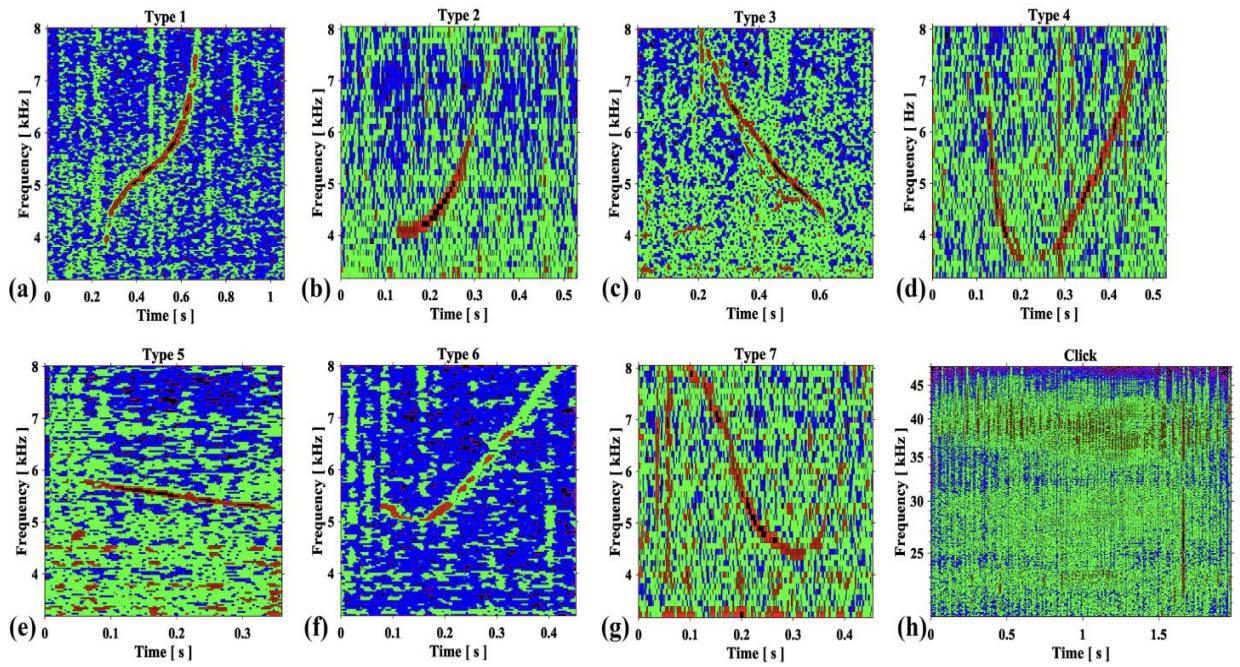


圖 3-1：8 種臺灣白海豚發聲類型之功率譜密度圖（Siddagangaiah 等，2022 年）

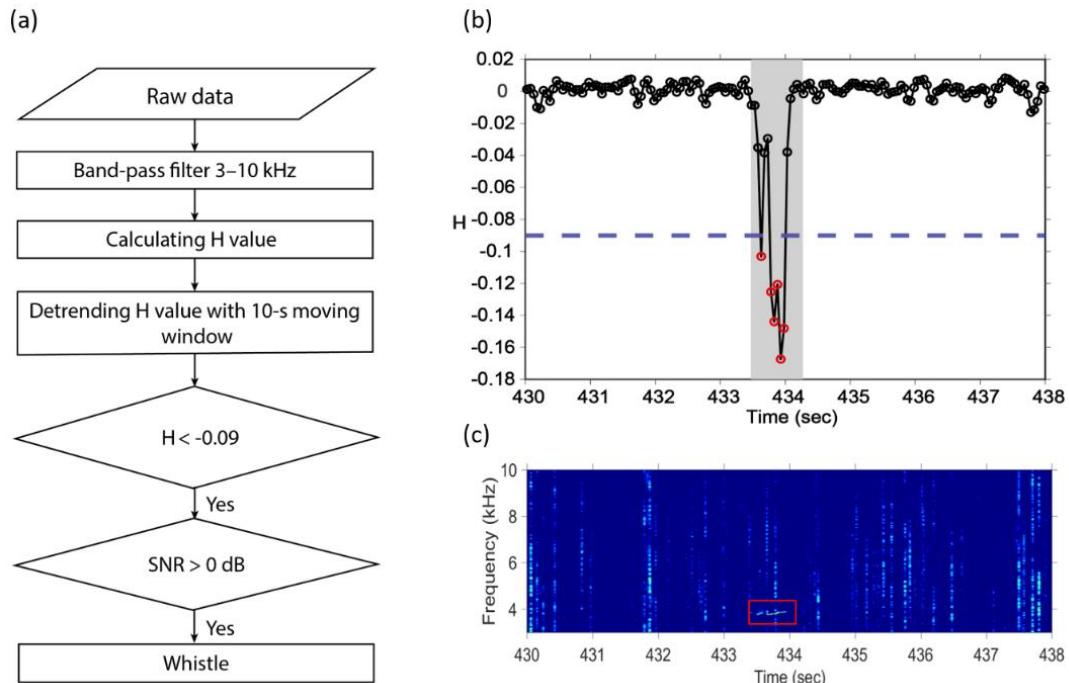


圖 3-2：哨叫聲及喀答聲偵測流程及 H 值與哨叫聲示意圖。(a) 流程圖。分析過程包括訊號濾波、 H 值計算、計算結果去趨勢、哨聲篩選。(b) 去趨勢之 H 值對應時間示意圖。藍線為閾值線，低於閾值線之 H 值（紅色圓點）對應訊號段（灰色區塊）之信噪比若大於 0 dB 會被視為目標訊號出現。(c) 對應之時頻譜圖，在 433.5 至 434 秒處有一哨叫聲（紅色框線內）。

在臺灣周邊海域經常年的觀察，有 32 種鯨豚在臺灣附近海域經過，東海岸有 24 種，西海岸有 8 種，這 8 種是侏儒抹香鯨、露脊鼠海豚、瓶鼻海豚、糙齒海豚、熱帶斑海豚、小虎鯨、弗氏海豚、瑞氏海豚。其中本案收錄到鼠海豚、瓶鼻海豚及疑似瑞氏海豚的聲音，詳見 3.3.5 節。

鯨豚聲紋確認部份，主要根據美國海洋暨大氣總署提供之線上鯨豚聲紋資料庫（National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA]，2024），以下舉侏儒抹香鯨、鼠海豚、瓶鼻海豚、弗氏海豚、瑞氏海豚聲紋為例進行說明。

圖 3-3 為侏儒抹香鯨的聲紋，上圖為時域圖，下圖為時頻圖，其特性為單獨很短暫的喀答聲，頻率分布在 2-12kHz 之間。

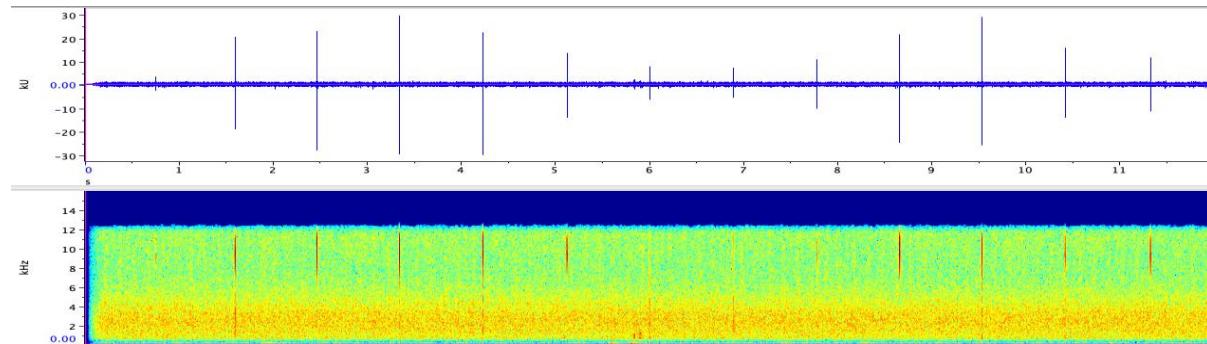


圖 3-3：侏儒抹香鯨聲紋。上圖為時域圖，下圖為時頻圖。

鼠海豚科間之聲紋相似，另外要特別說明鼠海豚只有喀答聲，沒有哨叫聲。如圖 3-4，特性為單獨很短暫的喀答聲，頻率分布在 4 – 22 kHz 之間。

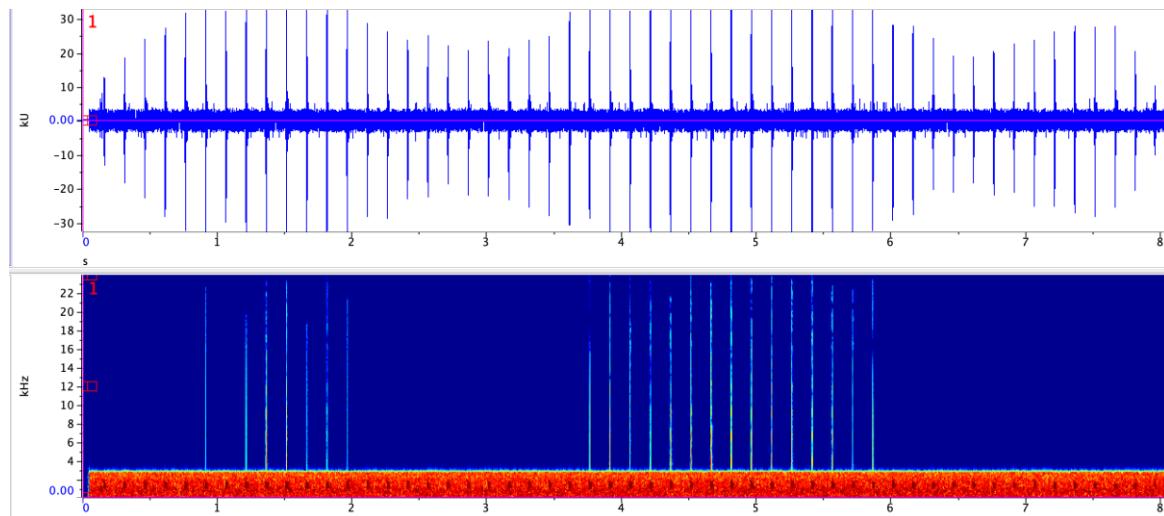


圖 3-4：鼠海豚聲紋。上圖為時域圖，下圖為時頻圖。

圖 3-5 為瓶鼻海豚的聲紋，此圖為其之哨叫聲，頻率分布在 4 – 22 kHz 之間。

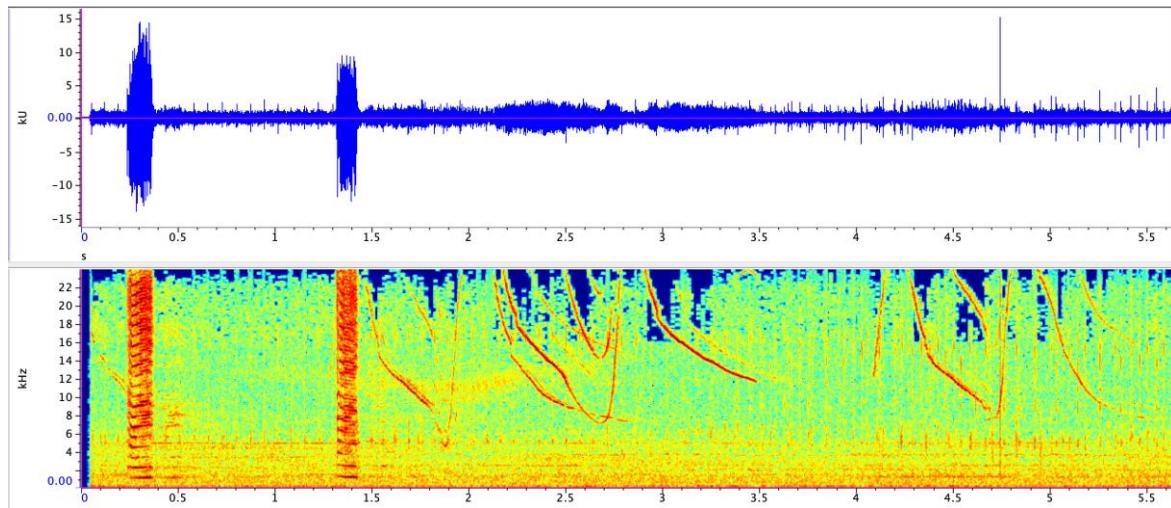


圖 3-5：瓶鼻海豚聲紋。上圖為時域圖，下圖為時頻圖。

圖 3-6 為弗氏海豚的聲紋，此圖為其之哨叫聲，頻率分布在 8 – 24 kHz 之間，其中還有喀答聲，其頻率範圍也在 8 – 24 kHz 之間。

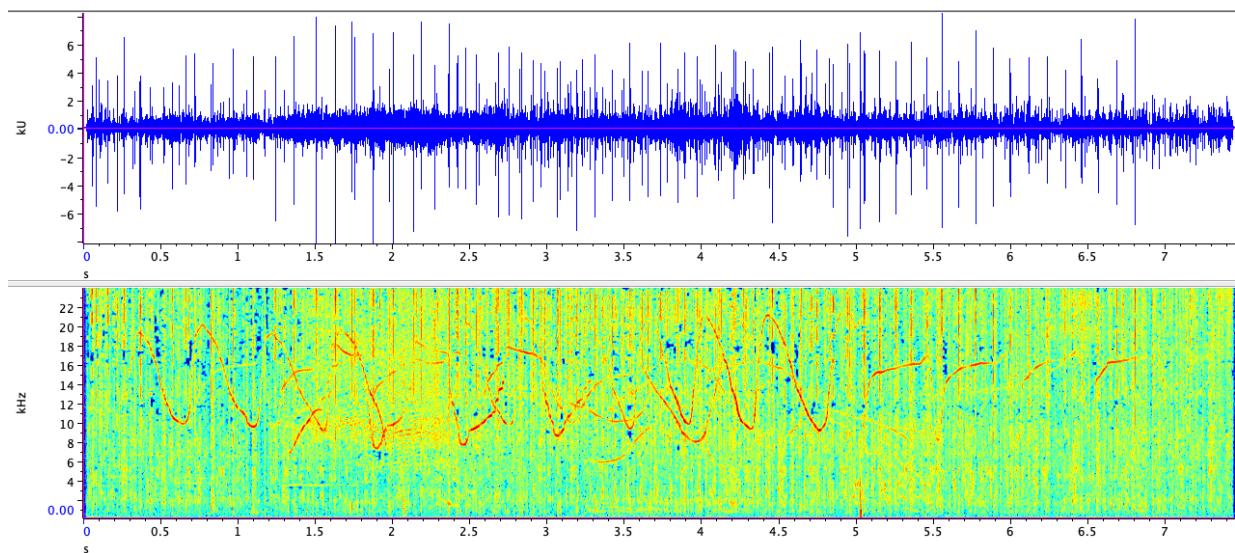


圖 3-6：弗氏海豚聲紋。上圖為時域圖，下圖為時頻圖。

圖 3-7 為瑞氏海豚的聲紋，其中主要是低頻且延時較長的類似喀答聲頻率分布的聲音，其頻率範圍也在 2 – 18 kHz 之間，這聲音檔還看到 4 聲哨叫聲的聲紋，頻率分布在 4 – 16 kHz 之間。

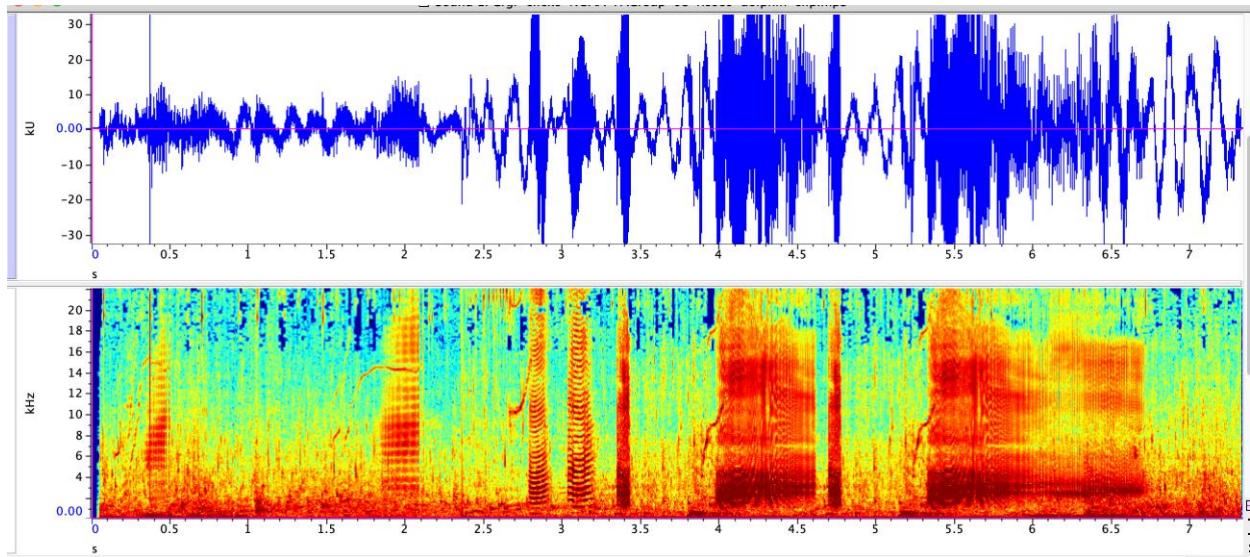


圖 3-7：瑞氏海豚聲紋。上圖為時域圖，下圖為時頻圖。

由上述幾個聲音檔可以發現這幾種鯨豚，每個都有其特殊的聲紋，臺灣白海豚的哨叫聲在這幾個鯨豚類中，屬於頻率較低的範圍，至於喀答聲的頻率範圍這幾種鯨豚大致一致。

魚類合唱聲與船隻經過在 300 – 3500 Hz 頻率範圍內會產生重疊，因此無法使用自動化算法進行分析。然而，我們可以在這個頻率範圍內計算長期時頻譜圖並進行觀察。透過設定 30 秒的時間平均和 1 Hz 的頻率分辨率，計算長期時頻譜值（Long-Term Spectral Averages; LTSA）。將所有 30 秒聲音片段組合並轉換為對數尺度後，即可產生一張完整的**長期時頻譜圖**，其橫軸表示時間、縱軸表示頻率、色階表示功率譜密度。透過這種視覺化方式，我們可以手動標註出白天的魚類合唱聲。

船隻經過則是透過使用長期時頻譜圖進行手動檢測，設定時間平均為 2 秒，頻率分辨率為 1 Hz。分析人員掃描在 200 – 10000 Hz 頻率範圍中船隻經過所產生的諧波成分，並使用每小時聲學.wav 資料所計算的高分辨率頻譜圖進行分析。檢測到的船隻經過會根據一天中的時間分為 4 組，且只有

當頻譜圖上的諧波強度高於環境噪音 $10 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ 時，才會計入船隻的數量。

3.2 第 1 季資料分析結果

3.2.1 聲景的時間頻率特徵

本次於 112 年 11 月 8 號至 11 月 15 號調查臺南 VS、G1 點位，總計 2 點位。在 VS 和 G1 得出的時間-頻率特性顯示較低頻率 $60 - 250 \text{ Hz}$ 的噪音頻譜級顯著受到安平港周圍船隻交通的影響，如圖 3-8a、b。此外，長期時頻譜圖顯示 2 個監測地點的聲景相似，這可以從同一時間段內相似噪聲源的出現中觀察到。例如，可以在 VS 和 G1 兩個地點觀察到突出的噪聲源（標籤 N1，N2，N3）。

頻率範圍 $300 - 2500 \text{ Hz}$ 內的噪音頻譜級主要受到魚群合唱的影響，此以標籤 F 標示。 $10 - 10000 \text{ Hz}$ 頻率範圍內的噪音頻譜級顯示監測站 VS 高於 G1，如圖 3-8c。在 VS， $60 - 250 \text{ Hz}$ 低頻範圍內的聲壓級比 G1 高約 $4 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}$ （中位數），如圖 3-8d。在 $10 - 1000 \text{ Hz}$ 頻率範圍內評估的 $1/3$ 倍頻帶聲壓級顯示，監測地點 VS 的聲壓級在低頻時較高，而在 500 Hz 以上，兩個監測地點的聲壓級並無顯著差異。

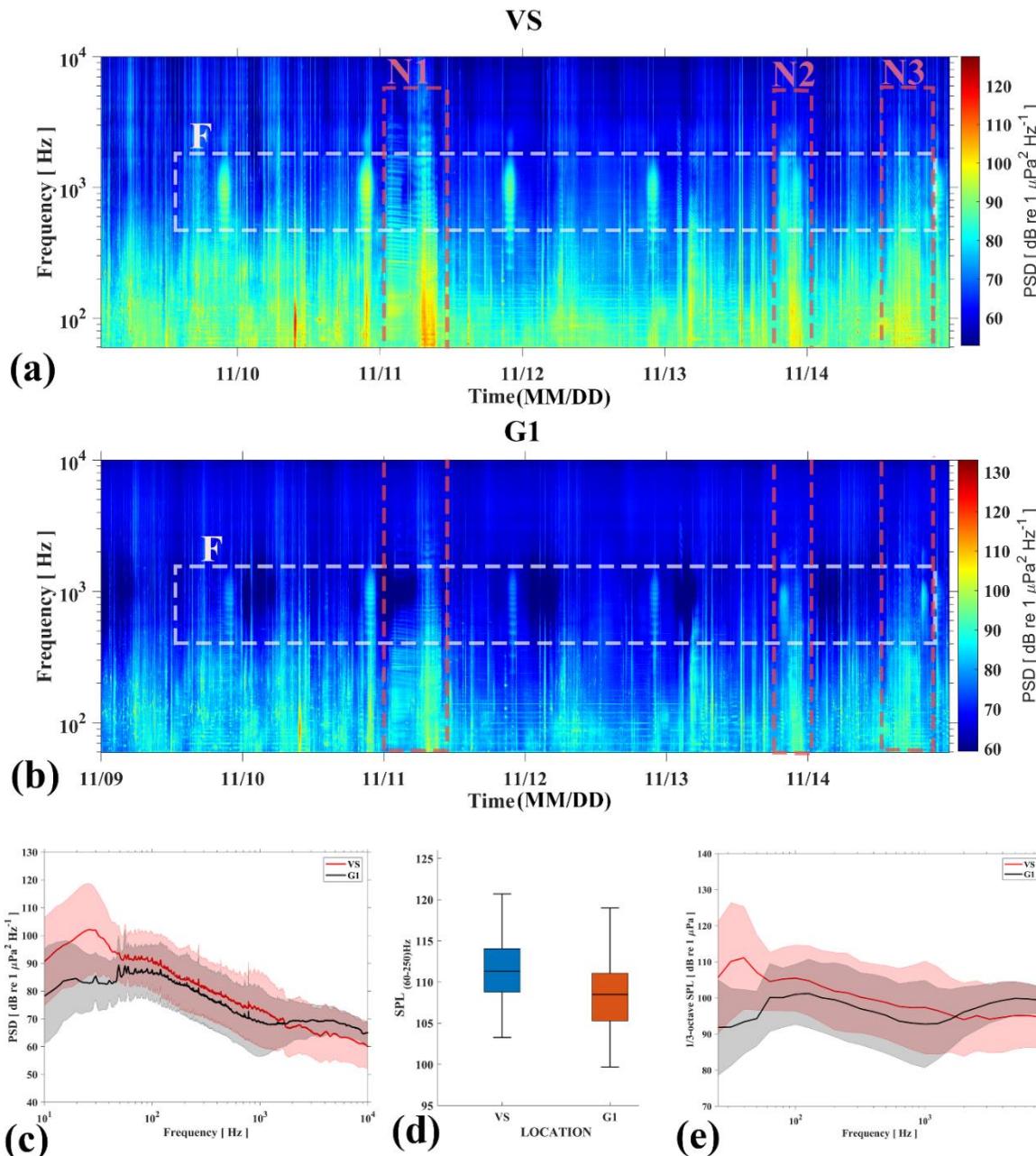


圖 3-8：監測期間(a) VS 和(b) G1 地點的長期時頻譜圖。色階代表功率譜密度 (PSD)，單位為 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ；標籤 F 代表在頻帶 300–2000 Hz 中的魚類合唱活動，標籤 N1、N2 和 N3 顯示來自船隻通行和其他人為聲源的噪聲在頻帶 20–3000 Hz 中的分佈；(c)為頻率範圍 10 – 10000 Hz 的監測期間，VS 和 G1 的功率譜級。紅色和黑色的深線代表平均 PSD，陰影區域代表標準誤差；(d)為監測地點 VS 和 G1 的低頻 (60–250 Hz) 聲壓級 (SPL，單位為 dB re 1 μPa) 的變化；帶有中心紅色標記的箱形圖代表中位數，箱子的頂部和底部邊緣代表第 25 和第 75 百分位數。極端端點的黑色標記是最大和最小值；(e)為頻率範圍 10 – 10000 Hz 的監測期間，VS 和 G1 的 1/3 倍頻帶聲壓級；紅色和黑色的深線代表平均 SPL，陰影區域代表標準誤差。

3.2.2 臺灣白海豚哨叫聲的時間模式

研究結果顯示兩個監測站均檢測到海豚的聲音活動，其中VS站的海豚活動明顯較為活躍。特別是在VS站，海豚的聲音活動呈現規律的模式，主要集中在18:00至22:00時段，如圖3-9a。相較之下，G1站並未觀察到如此明顯的時間規律性，如圖3-9b。進一步分析監測期間的聲學數據，VS站共記錄到95次哨叫聲，而G1站僅有20次，數據顯示G1站的海豚聲學活動頻率顯著低於VS站，如圖3-9c。

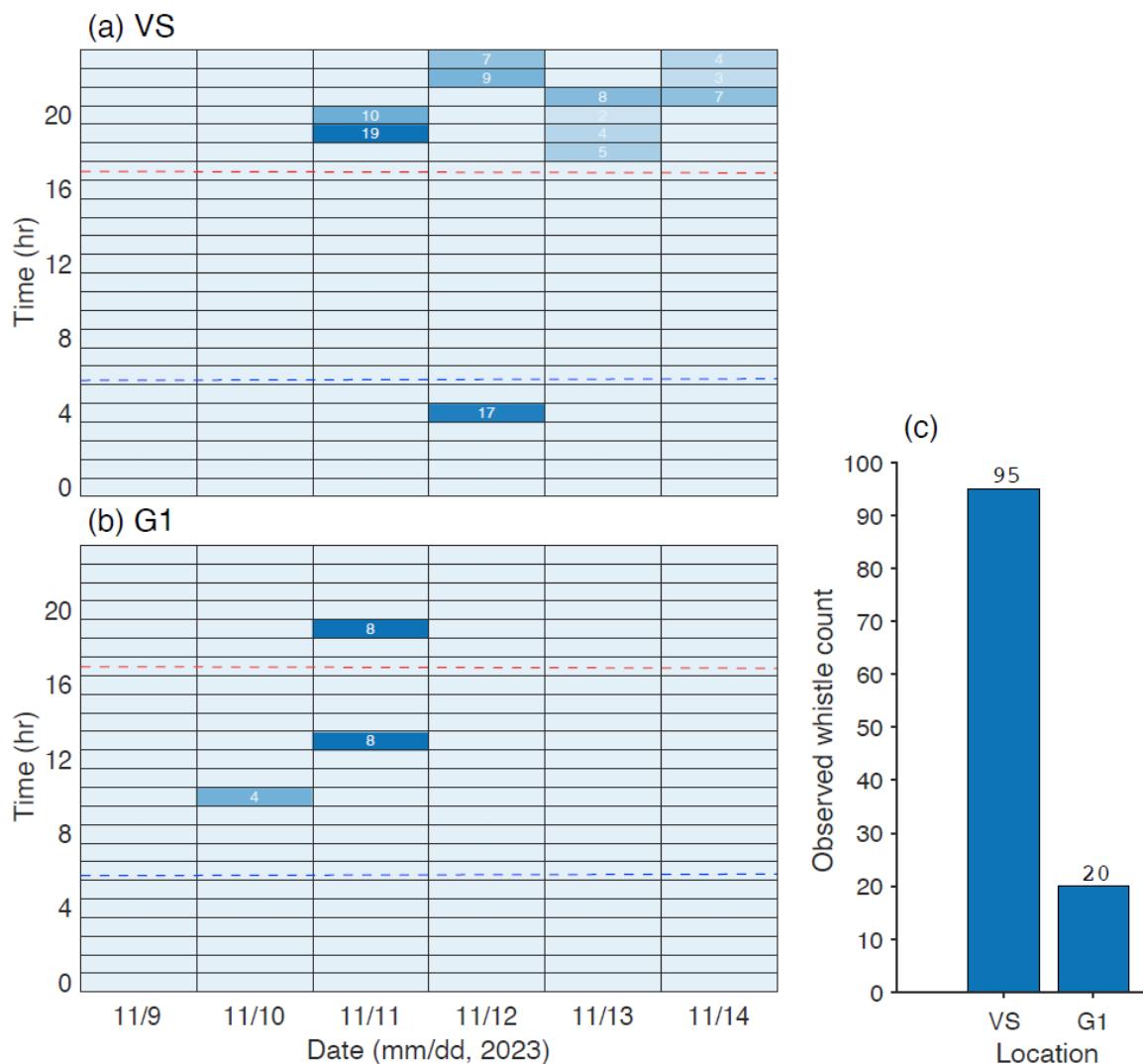


圖 3-9：(a) VS 站和(b) G1 站的海豚哨叫聲時序熱圖。色階方格呈現監測期間（縱軸）每日（橫軸）、每小時的哨叫聲偵測次數，並於各方格中標註實際偵測值；藍虛線和紅虛線分別表示日出及日落時間。(c) VS 及 G1 兩站哨叫聲的總累計次數比較。

3.2.3 魚群合唱模式

VS 和 G1 大約於 20:00 到 22:00 時段，皆檢測到一致的魚群合唱活動，如圖 3-10a、d、e。魚群合唱發生於大約 300 – 2000 Hz 的頻率範圍，如標籤 F，圖 3-10b、c，然而同一頻率帶內發生了幾個高強度的噪聲源（標籤 Y1，Y2，Y3），阻礙了使用自動化演算法檢測魚群合唱。

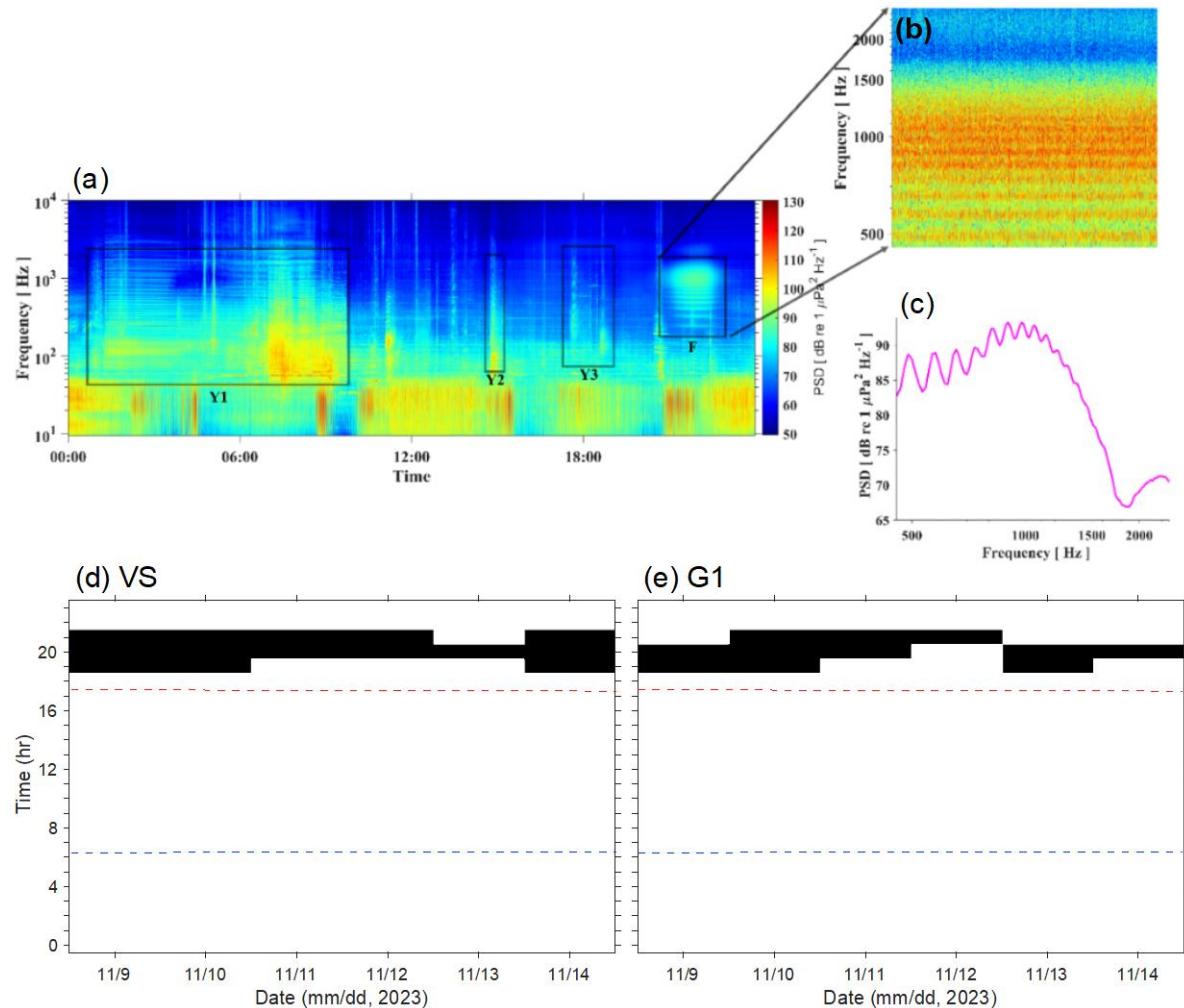


圖 3-10：(a) 長期時頻譜圖；標籤 F 標示魚類合唱特徵，標籤 Y1，Y2，Y3 為與魚類合唱相同的頻率範圍內出現的其他高強度噪聲源。(b) 呈現 300 – 2000 Hz 頻帶內魚類合唱的頻譜特徵，(c) 顯示其功率譜密度分析結果。(d) VS 站和(e) G1 站的時序圖以黑白色階展示監測期間魚類合唱的時間分佈，其中白色表示無魚類合唱，黑色表示有魚類合唱活動。藍、紅虛線各別表示日出及日落時間。

3.2.4 監測地點的船隻交通

船隻交通顯著影響了2個監測地點的聲景。圖3-11a顯示了一天中不同時間發生的船隻通行情況。由該圖可知船隻交通發生的時間段並無顯著差

異；然而由圖3-11b可知VS處的船隻交通總數比G1處（大約106）稍高（大約129）。

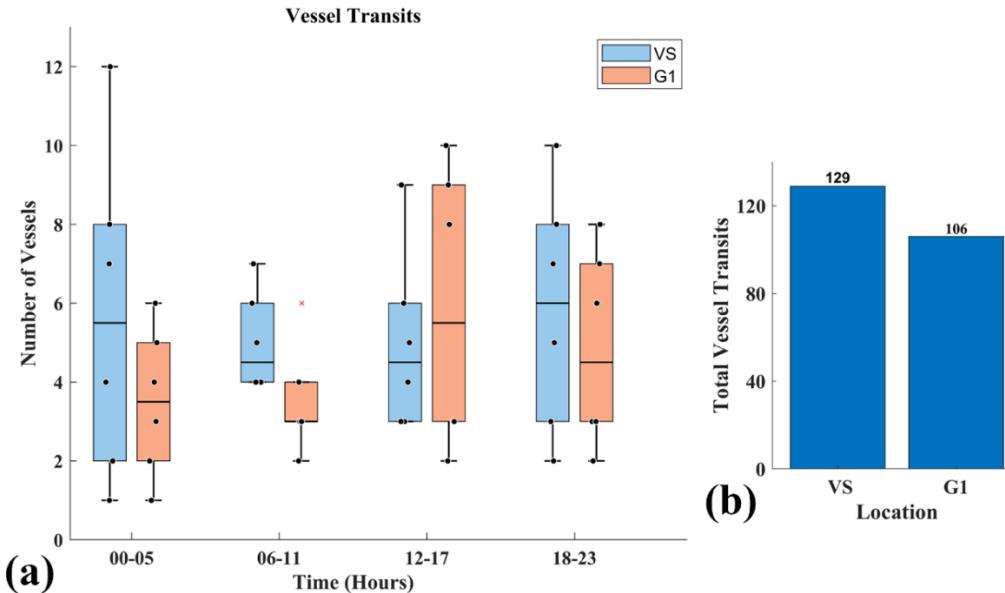


圖 3-11：(a) VS 和 G1 船隻通行數量；(b) VS 和 G1 之船隻通行總數。

3.3 第 2 季資料分析結果

3.3.1 聲景的時間頻率特徵

本季調查於 113 年 3 月 24 日至 4 月 1 日調查臺中 T1、CH 點位；4 月 19 日到 4 月 28 日調查彰化 A1、HX 點位；4 月 19 日到 4 月 30 日調查苗栗 N1、PX 點位，總計六個點位。

分析六個監測點的時頻特徵顯示，10 – 250 Hz 的低頻範圍受潮汐流和人為活動的顯著影響。根據 Martin 等人(2018)的研究，潮汐流產生的流體噪聲是低頻（小於 200 Hz）聲學環境的主要影響因素，在半日潮週期中呈現明顯的時序變化：退潮期間噪音頻譜級較高，漲潮時則相對較低。這種週期性的變化不僅造成功率譜密度的高度變異，也影響長期聲景的評估準確度。在 300 – 2500 Hz 頻率範圍內，聲壓大小主要受到魚類合唱的影響（圖 3-12 標籤 F）。這種合唱聲均來自具有發聲能力的石首魚科 (*Sciaenidae*) 魚類。

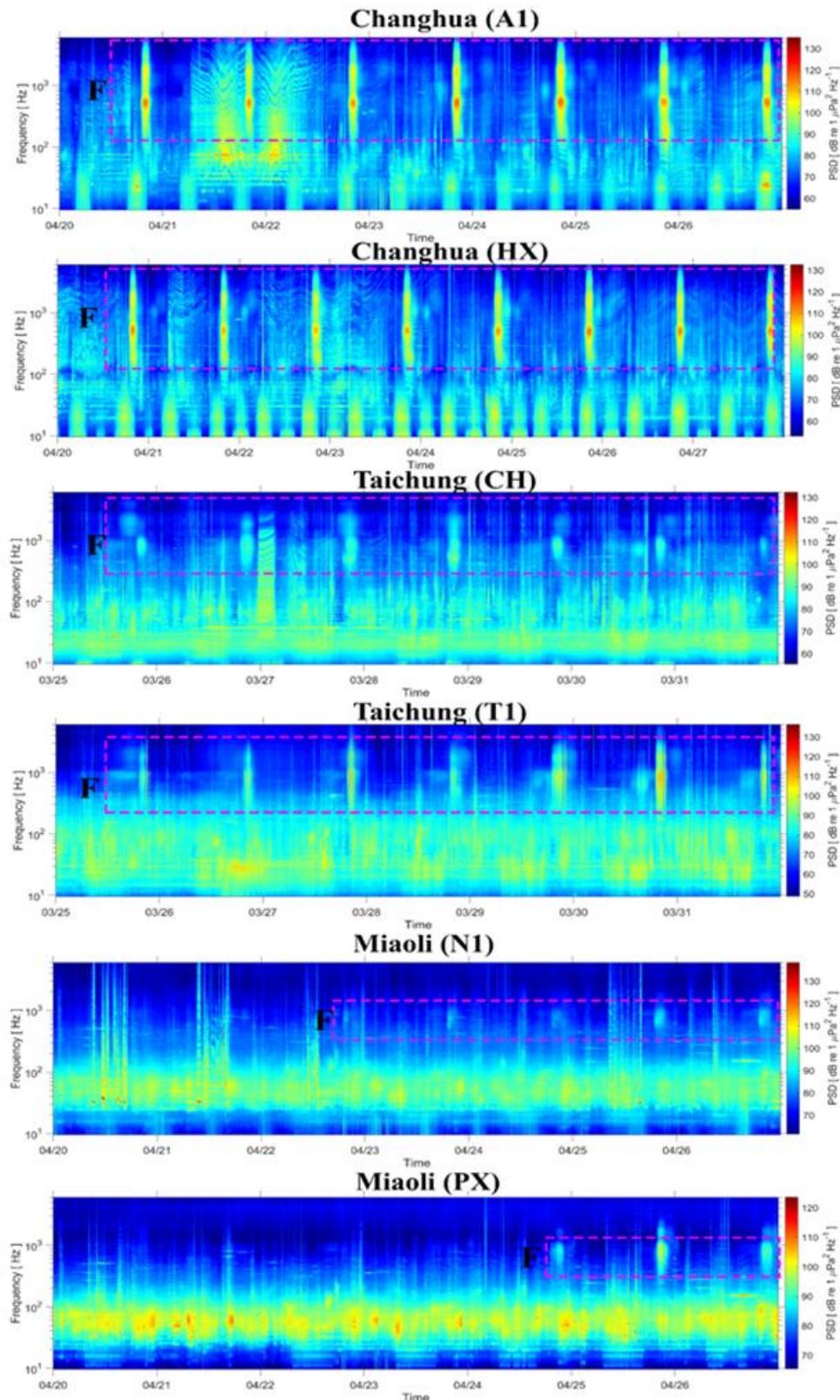


圖 3-12：監測期間六個監測地點的時間-頻率特徵。色階表示功率譜密度（PSD），單位為 $\text{dB re } 1 \mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ；標籤 F 表示白天在頻率帶 $300 - 2000 \text{ Hz}$ 內的合唱活動。

3.3.2 魚類合唱模式

魚類合唱大約為 20:00 至 22:00，HX 以及 PX 則延伸到大約 23:00 至 03:00（見圖 3-13）。與其他監測地點相比，苗栗地區檢測到的合唱模式並不一致。在大約 2 至 4 天的時間裡，N1 和 PX 未檢測到合唱活動。在苗栗地區，2 種合唱類型的持續時間和強度都有所降低（見圖 3-14），檢測到的合唱時數也少於彰化和臺中（見圖 3-14）。

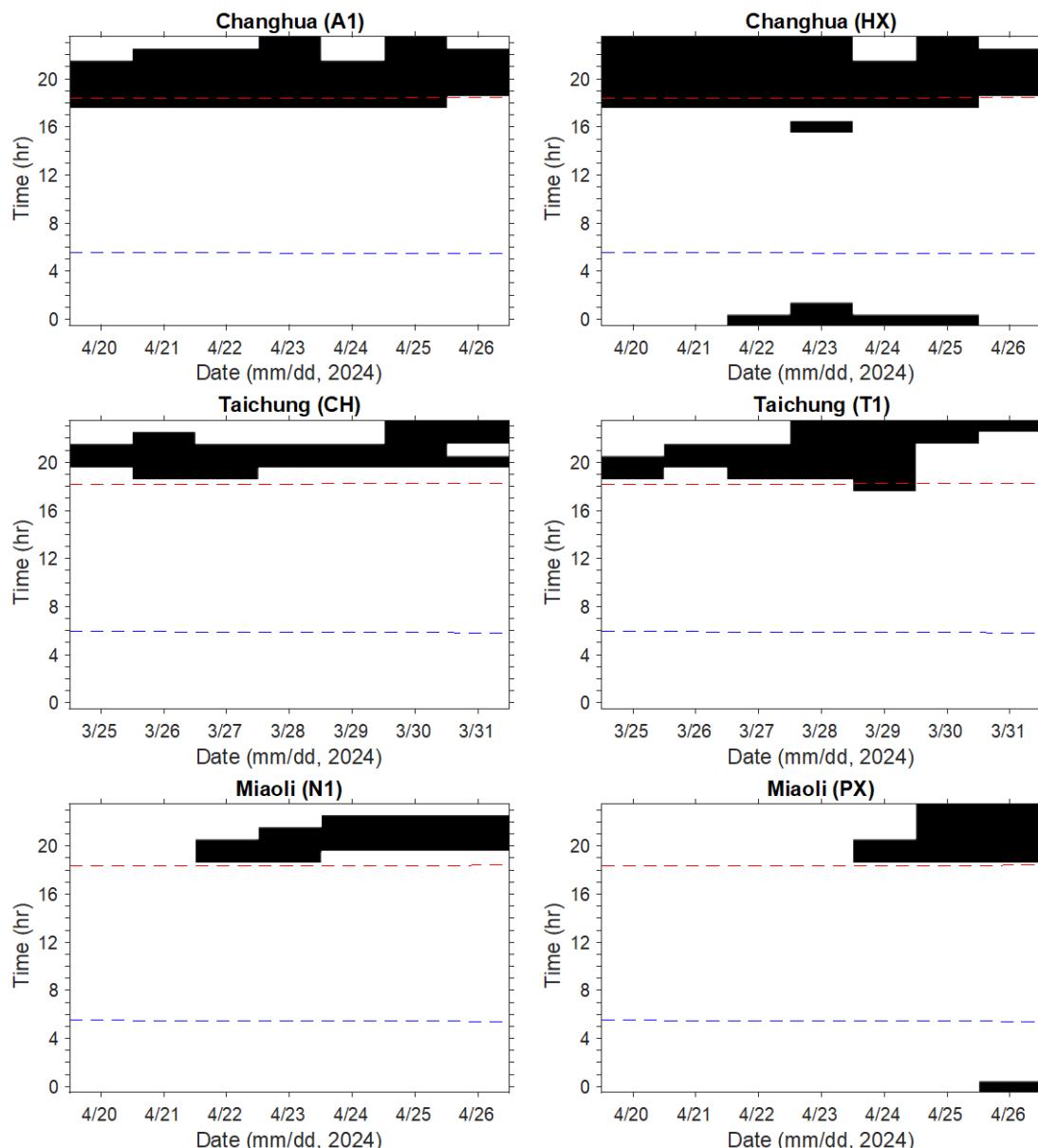


圖 3-13：六處監測地點魚類合唱（類型 1 和類型 2）的時間分佈。黑色表示有魚類合唱活動，白色表示無魚類合唱。藍、紅虛線各別表示日出及日落時間。

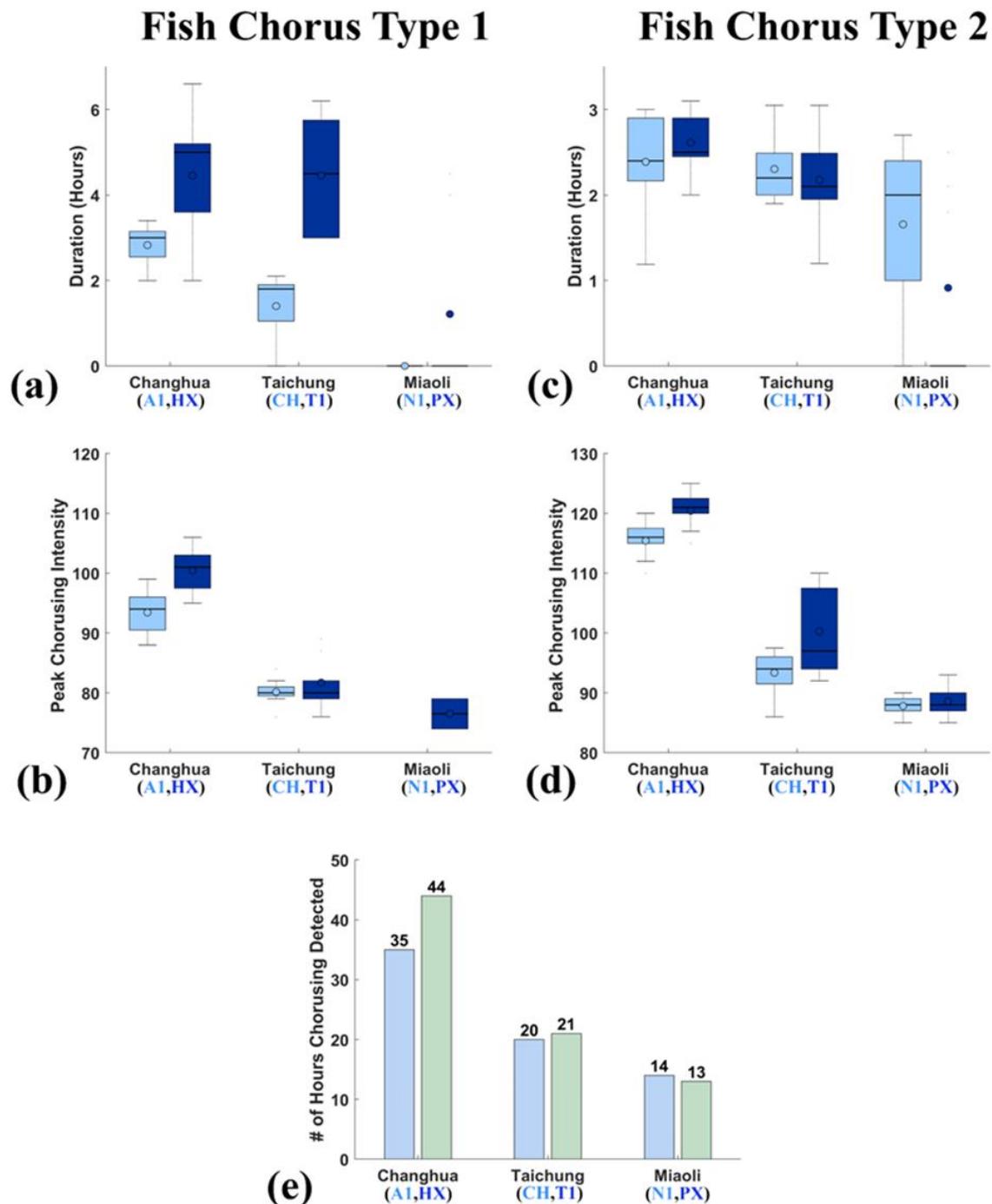


圖 3-14：左側 (a, b) 呈現魚類合唱類型 1 的分析結果，右側 (c, d) 為類型 2 的結果。上排 (a, c) 顯示 3 個地區 6 個監測站中合唱持續時間（單位：小時）的分布情形，下排 (b, d) 則呈現合唱強度（單位： $\text{dB re } 1 \mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ）的分布。(e) 比較三個地區六個監測站在整個監測期間累計偵測到兩種類型魚類合唱的總時數。

3.3.3 臺灣白海豚聲音的時間分佈

在彰化（A1、HX）和臺中（CH、T1）的 4 個地點檢測到了臺灣白海豚的聲音，然而在苗栗（N1 和 PX）並未檢測到任何聲學活動（見圖 3-15）；與彰化相比，臺中檢測到的哨叫聲總數和時數更高（見圖 3-16）。

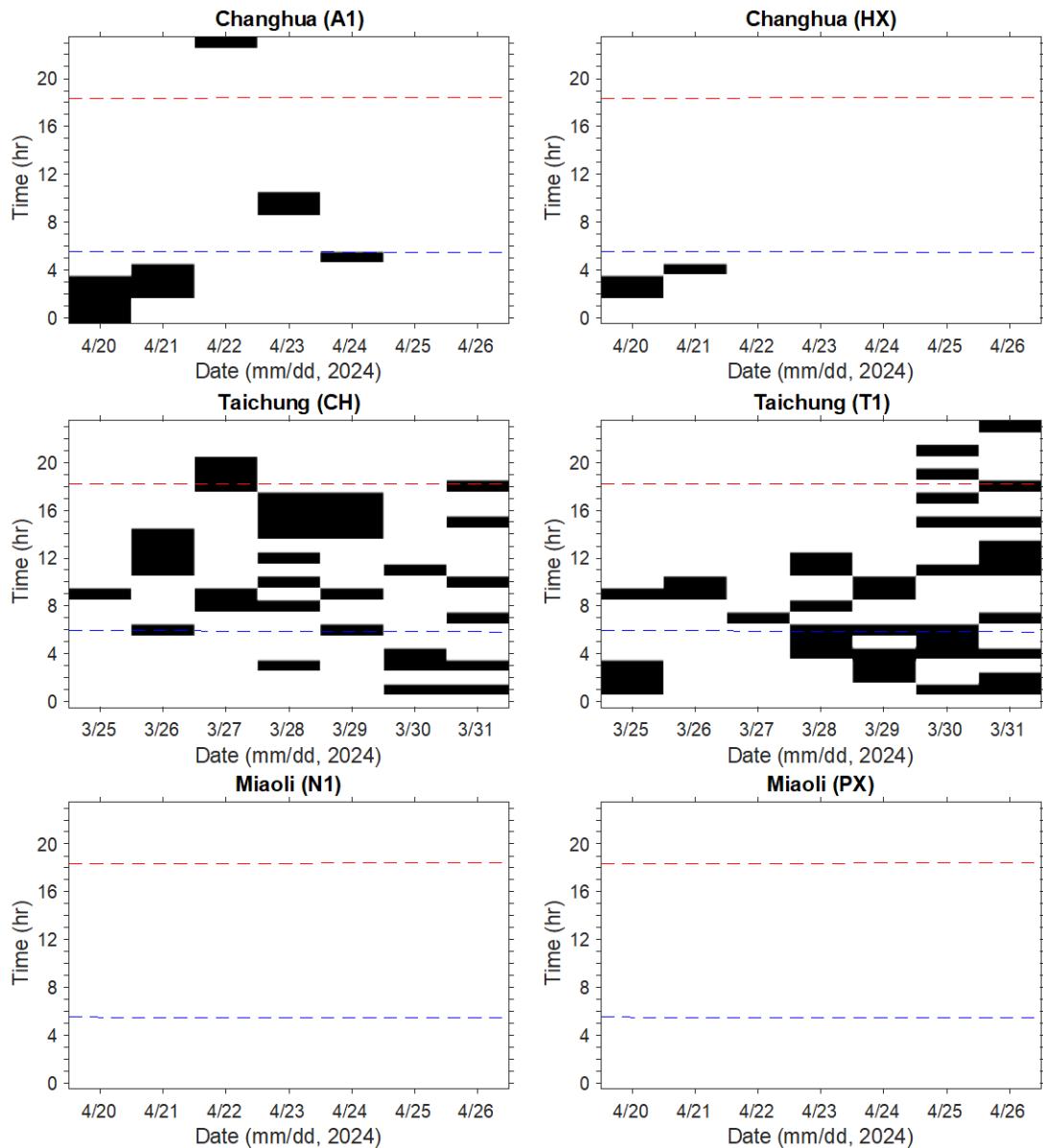


圖 3-15：六個監測站臺灣白海豚哨叫聲的時間分佈。黑色表示哨叫聲存在，白色表示哨叫聲不存在。藍、紅虛線各別表示日出及日落時間。

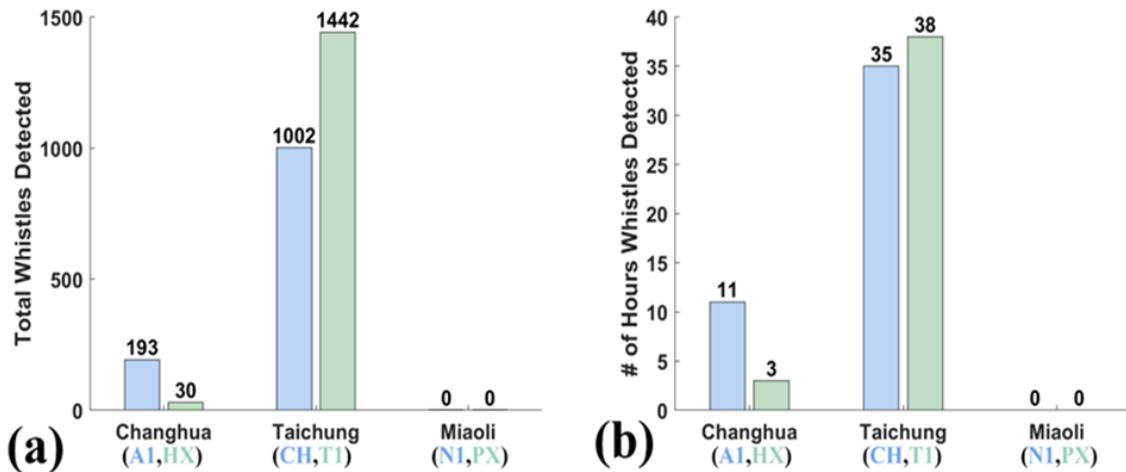


圖 3-16：六個監測站於監測期間檢測到的哨音 (a) 總數與 (b) 小時數。

3.3.4 監測地點的低頻噪音頻譜級和船舶交通

在 10 – 250 Hz 的頻率範圍內，臺中和彰化的聲壓大小（中位數）比基準 1 μPa 高出約 5 和 10 分貝（圖 3-17），而在苗栗檢測到的船舶比彰化和臺中更多（見圖 3-18）。

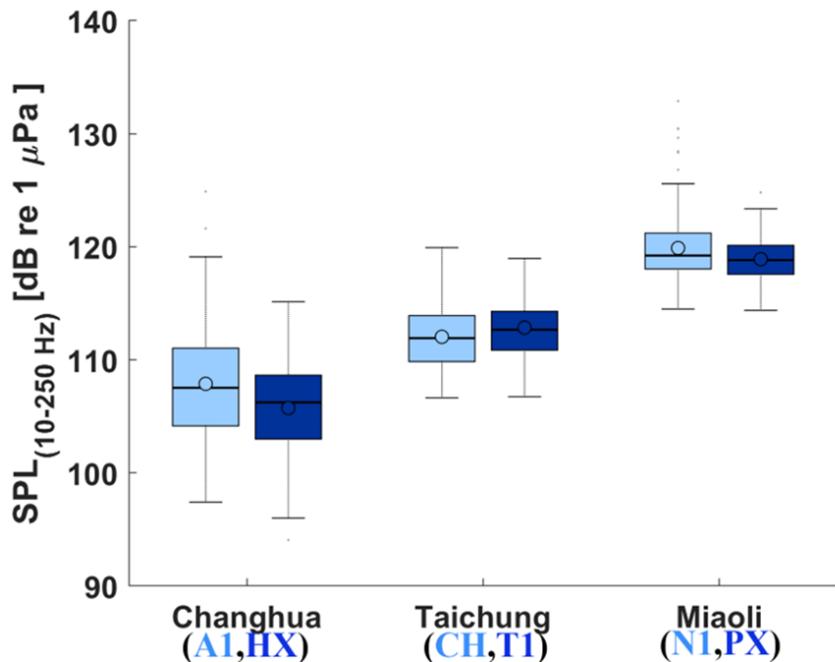


圖 3-17：三個地區六個監測站低頻（10 – 250 Hz）聲壓級（以 dB re 1 μPa 為單位）的變化。箱形圖的中心紅色標記代表中位數，方框的頂部和底部邊緣分別代表第 25 和第 75 百分位數。黑色標記表示數據的最大值和最小值。

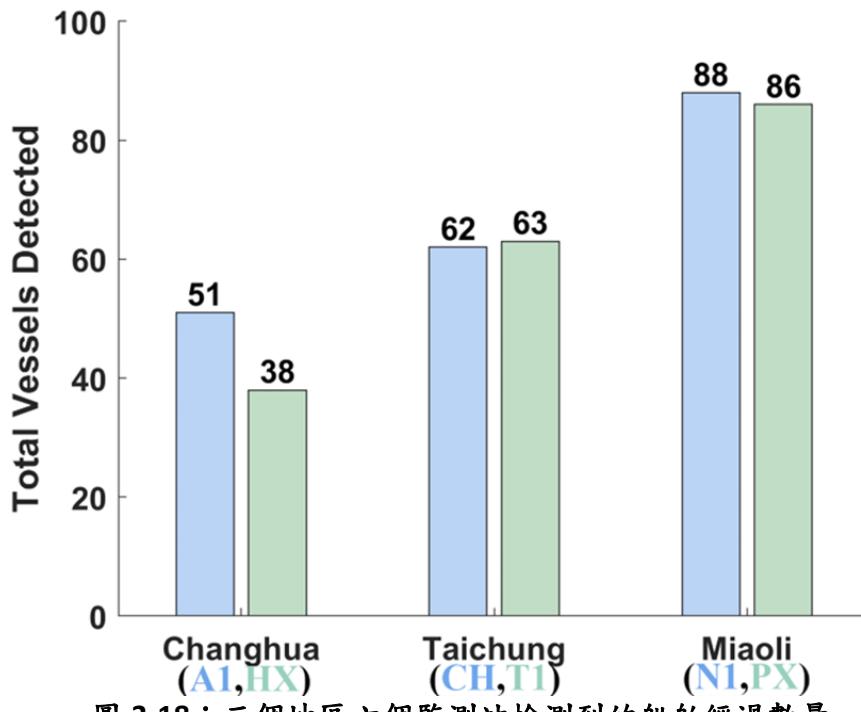


圖 3-18：三個地區六個監測站檢測到的船舶經過數量。

3.3.5 檢測到之其他鯨類聲音

在 5–48 kHz 範圍內檢測到鯨類聲音，由聲紋特徵，可知圖 3-19b 應為瓶鼻海豚，c、d 為鼠海豚；a 則未測出足以判斷種類的特徵，但其聲紋比較像瑞氏海豚。這些聲音在 HX 外的監測站點皆被發現（見圖 3-20）。彰化（A1）檢測到的哨叫聲總數和時數比其他站點更高（見圖 3-21）。

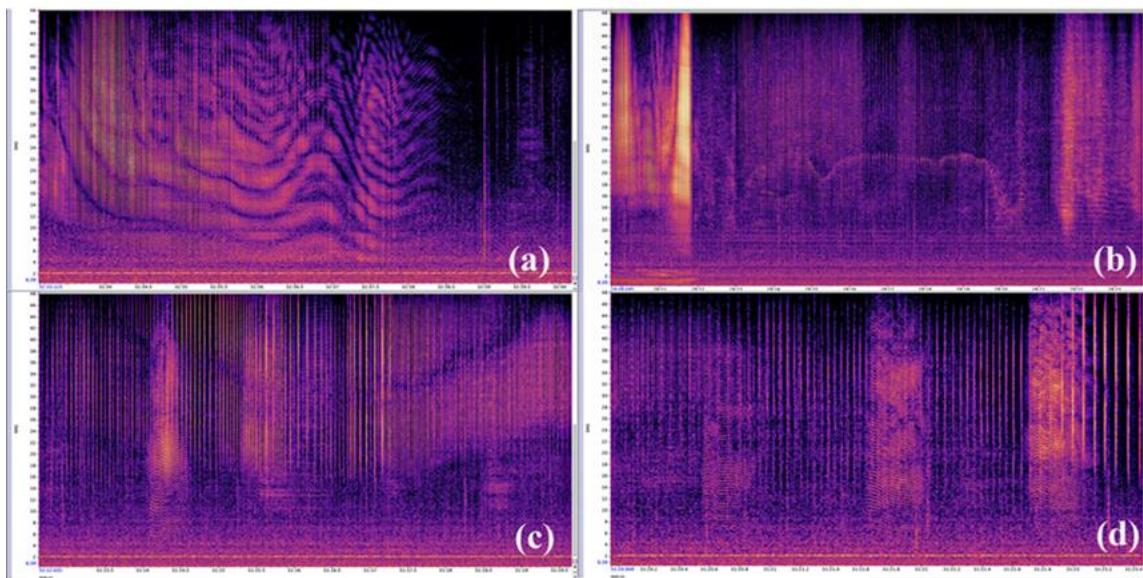


圖 3-19：頻率範圍（5 – 48 kHz）內的鯨類聲紋。（a – d）顯示不同樣本中鯨類聲音的頻譜特徵。

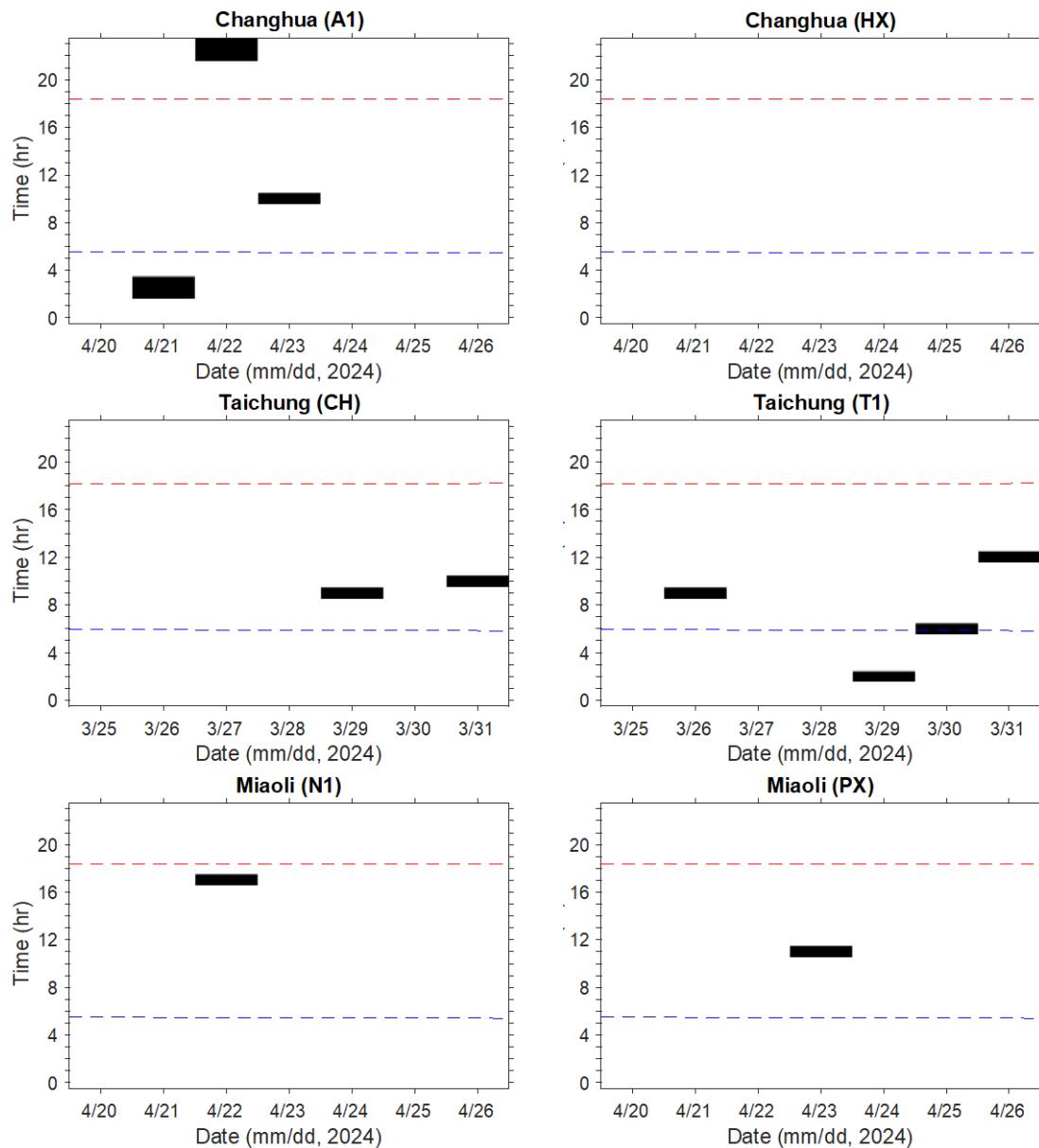


圖 3-20：六個監測站偵測到瓶鼻海豚與鼠海豚的時間分佈情形。黑白色階表示發聲活動的存在與否，其中黑色區塊代表有偵測到發聲活動，白色區塊則表示無發聲活動。藍、紅虛線各別表示日出及日落時間。

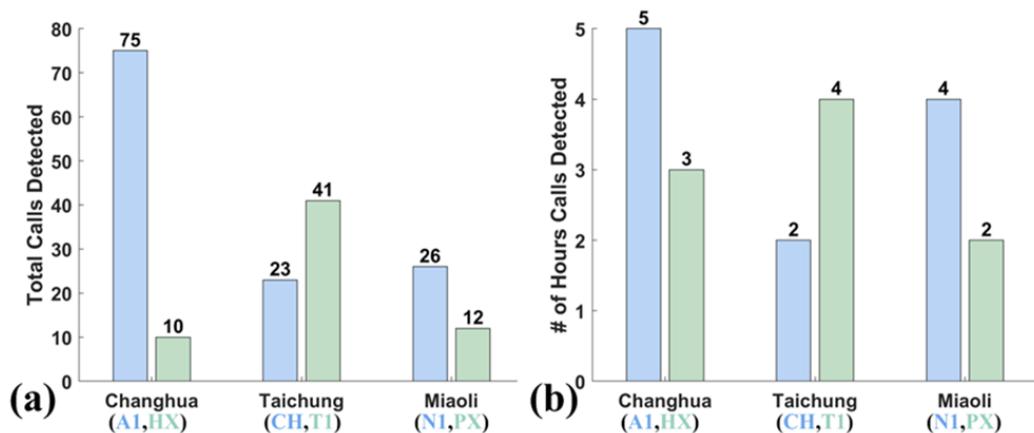


圖 3-21：三地六個監測站鯨類 (a) 發聲總數及 (b) 發聲小時數。

3.4 第 3 季資料分析結果

3.4.1 聲景的時間頻率特徵

本季調查自 113 年 6 月 20 日至 28 日於臺南 G1、VS 點位，以及 6 月 20 日至 29 日於彰化 A1、HX 點位進行監測，共計四處監測站。時頻分析結果顯示，在 10–100 Hz 的低頻範圍內，聲壓大小受潮汐影響顯著（標籤 TN，見圖 3-22 和 3-23）。而在 300 – 2500 Hz 頻帶，聲壓大小主要受魚群合唱的影響（標籤 F）。合唱聲源自具有發聲能力的石首魚科 (*Sciaenidae*) 魚類 (Siddagangaiah 等，2021, 2022)。

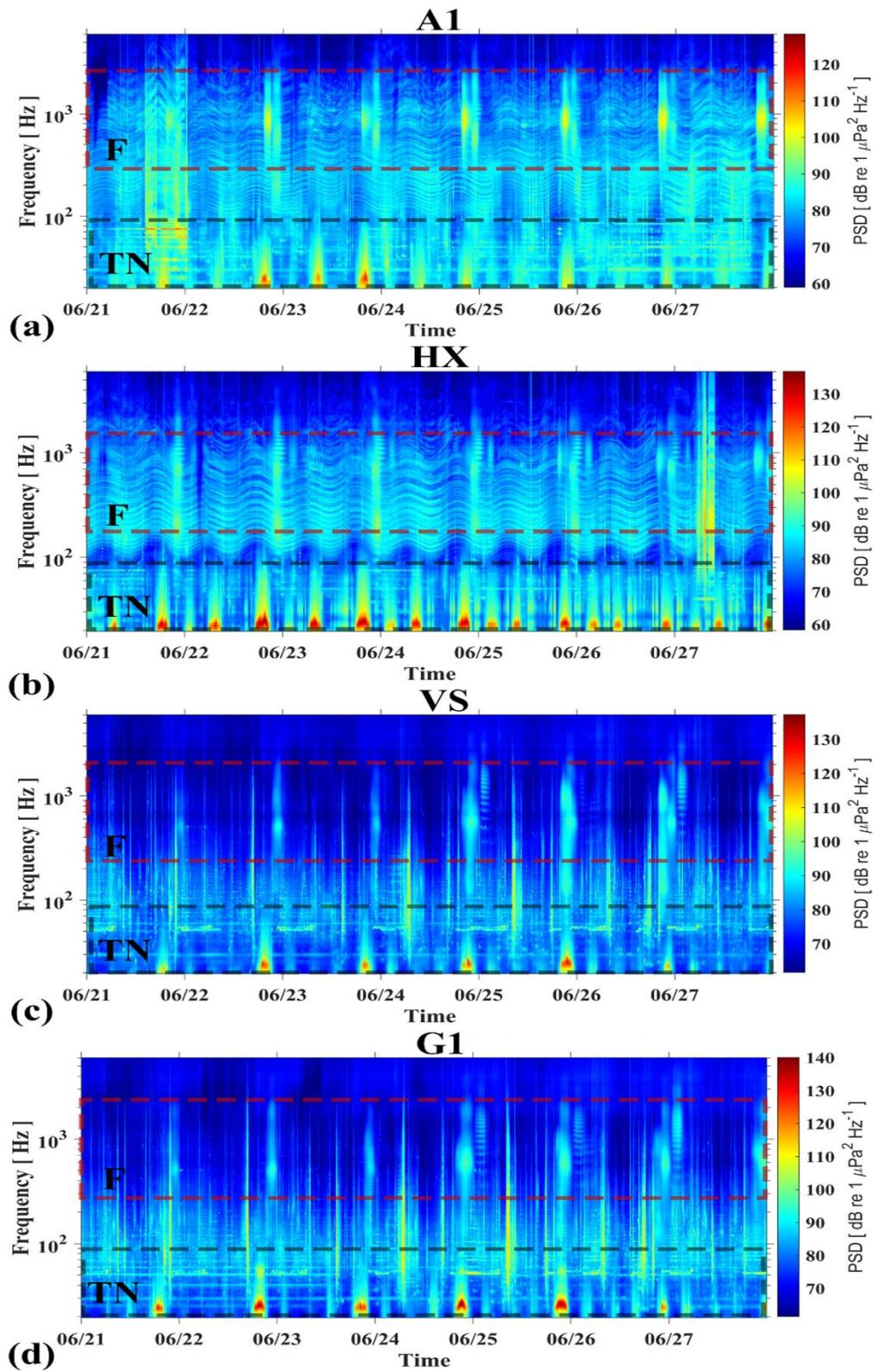


圖 3-22：監測期間四個監測地點的長期時頻譜圖。色階表示功率譜密度（PSD），單位為 $\text{dB re } 1 \mu\text{Pa}^2 \text{Hz}^{-1}$ ；標籤 F 表示在 $300 - 2000 \text{ Hz}$ 頻段內的白天魚群的合唱行為；標籤 TN 表示在 $10 - 100 \text{ Hz}$ 頻段內的周期性潮汐噪音（參見 Martin 等，2018）。

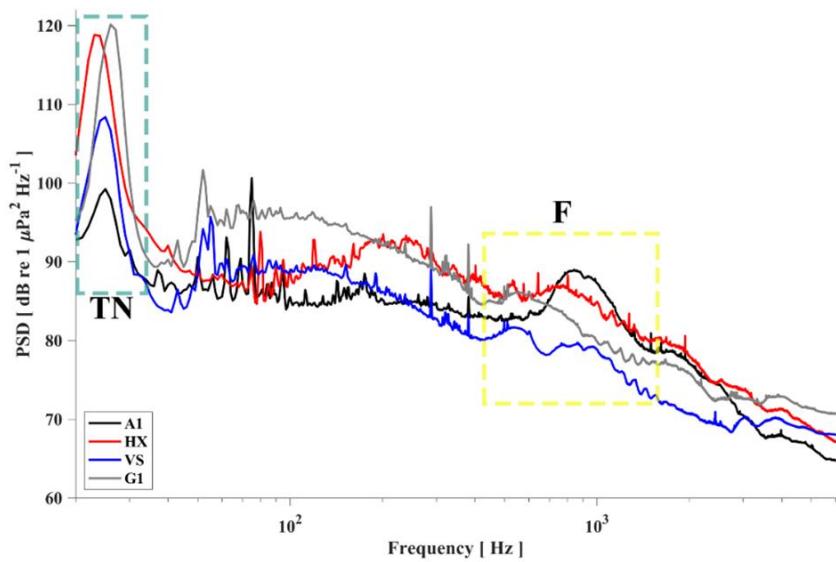


圖 3-23：監測期間四個監測地點的噪音頻譜。線條代表功率譜密度（PSD），單位為 dB re $1 \mu\text{Pa}^2 \text{Hz}^{-1}$ 。標籤 F 表示在 300 – 2000 Hz 頻段內的白天合唱行為；標籤 TN 表示在 10 – 30 Hz 頻段內的潮汐噪音峰值（參見 Martin 等，2018）。

3.4.2 監測地點的聲壓級比較

所有監測站點 10 – 250 Hz 頻率範圍內的聲壓級變化約在 108 – 112 dB re $1 \mu\text{Pa}$ （中位數），且監測位置間沒有顯著差異（見圖 3-24）。

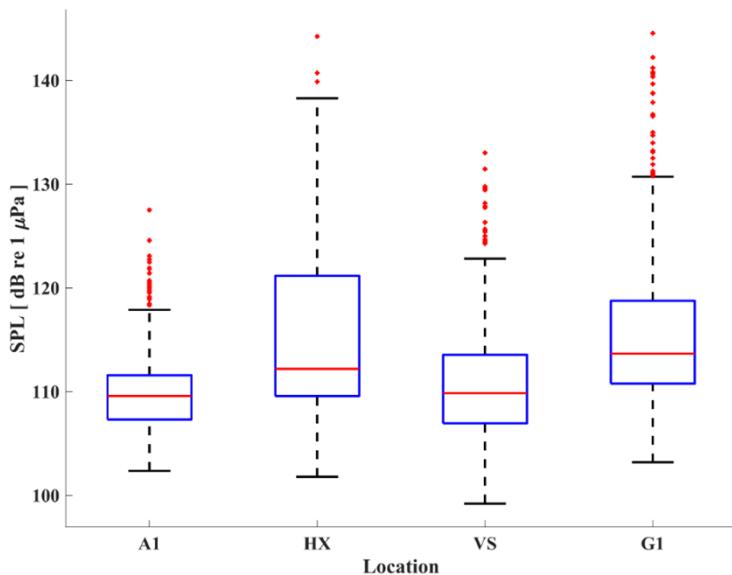


圖 3-24：監測期間四個監測地點在 10 – 250 Hz 頻率範圍內聲壓級（單位為 dB re $1 \mu\text{Pa}$ ）的變化；箱線圖的中心黑色標記代表中位數，方框的上下緣代表第 25 和第 75 百分位數。在箱線圖的極端端點的黑色標記表示最大值和最小值。

分析 $1/3$ 倍頻帶的聲壓結果顯示， $40 - 50\text{ Hz}$ 頻帶的聲壓大小增加主要來自潮汐噪音的影響（見圖 3-25 和 3-26，標籤 TN），而 $800 - 1600\text{ Hz}$ 頻段觀察到的聲壓峰值則源自魚類的發聲活動（見圖 3-25 和 3-26，標籤 F）。

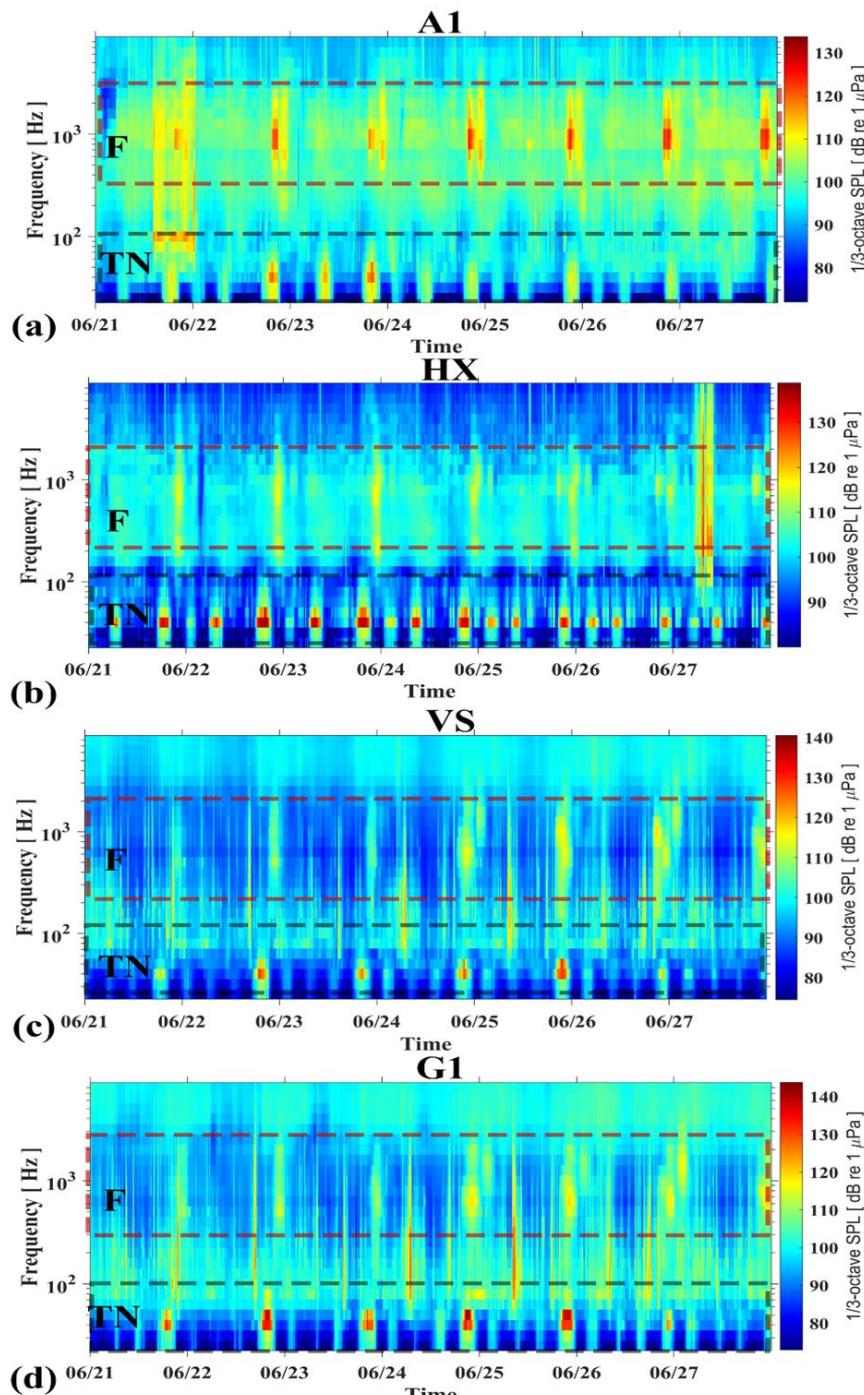


圖 3-25：監測期間四個監測點的 $1/3$ 倍頻帶譜。色階表示聲壓級，單位為 $\text{dB re } 1 \mu\text{Pa}$ ；標籤 F 表示在 $300 - 2000\text{ Hz}$ 頻段內的白天魚群的合唱行為；標籤 TN 表示在 $10 - 100\text{ Hz}$ 頻段內的潮汐噪音（參見 Martin 等，2018）。

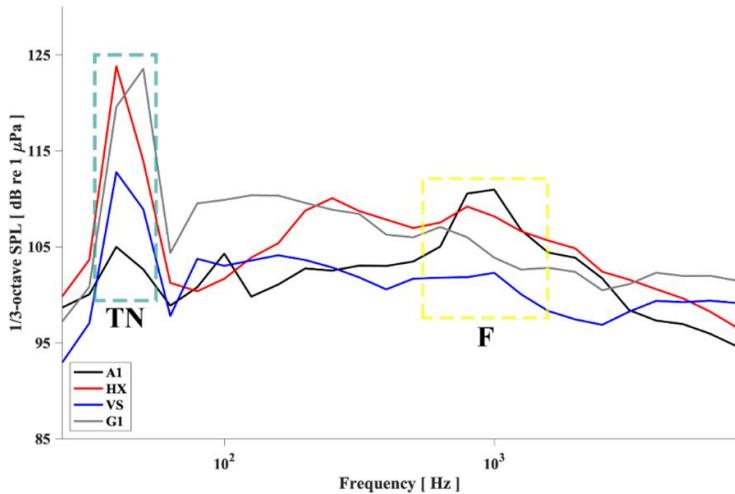


圖 3-26：監測期間四個監測點的聲壓級變化，頻率範圍從 20 Hz 到 10 kHz。標籤 F 表示在 300 – 2000 Hz 頻段內的魚群的合唱行為；標籤 TN 表示因周期性潮汐噪音引起的聲壓大小升高（參見 Martin 等，2018）。

3.4.3 魚群的合唱行為的模式

大約 18:00 到 23:00，在 4 個監測位置均檢測到魚類合唱行為（見圖 3-27），且並未觀察到合唱的顯著差異。

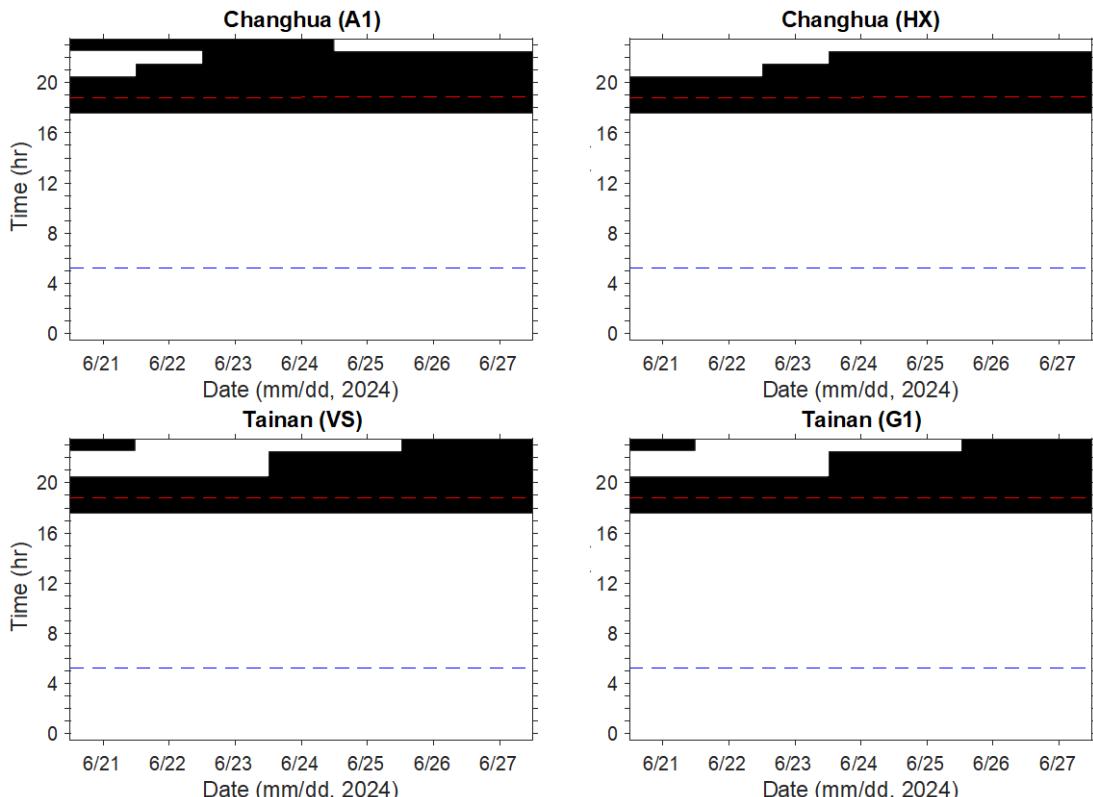


圖 3-27：四個監測站在監測期間偵測到的魚群合唱時間分佈，黑白色階表示合唱活動的存在與否，其中黑色區塊代表有偵測到合唱活動，白色區塊則表示無合唱活動。藍、紅虛線各別表示日出及日落時間。

3.4.4 臺灣白海豚聲音的時間分佈

在四個監測點，監測期間未檢測到臺灣白海豚的聲學活動（見圖 3-28）。

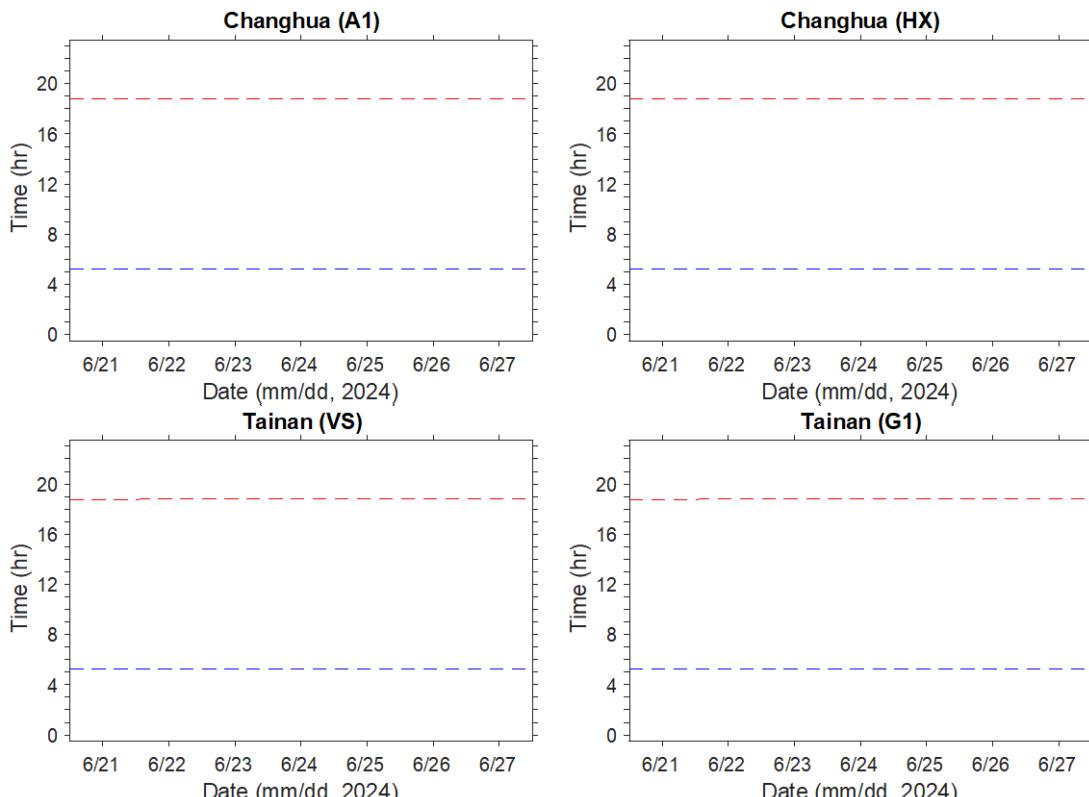


圖 3-28：四個監測站在監測期間的臺灣白海豚哨叫聲時間分佈，黑白色階表示哨叫聲的存在與否，其中黑色區塊代表有偵測到哨叫聲，白色區塊則表示無哨叫聲。本次未監測到臺灣白海豚活動。藍、紅虛線各別表示日出及日落時間。

3.5 第 4 季資料分析結果

3.5.1 聲景的時間頻率特徵

本季調查自 113 年 8 月 29 日至 9 月 6 日於臺中 T1、CH 點位，以及 8 月 29 日至 9 月 9 日於苗栗 N1、PX 點位進行監測，共計四處監測站。

時頻分析結果顯示，在 10 – 250 Hz 的低頻範圍內，聲壓大小主要受人為聲音影響（標籤 CN，見圖 3-29 和 3-30），其中 10 – 100 Hz 頻段尤其受潮汐變化的顯著影響。而在 300 – 2500 Hz 頻帶，聲壓大小則主要受魚群合唱的影響（標籤 F），這種合唱聲源自具有發聲能力的石首魚科 (*Sciaenidae*) 魚類。

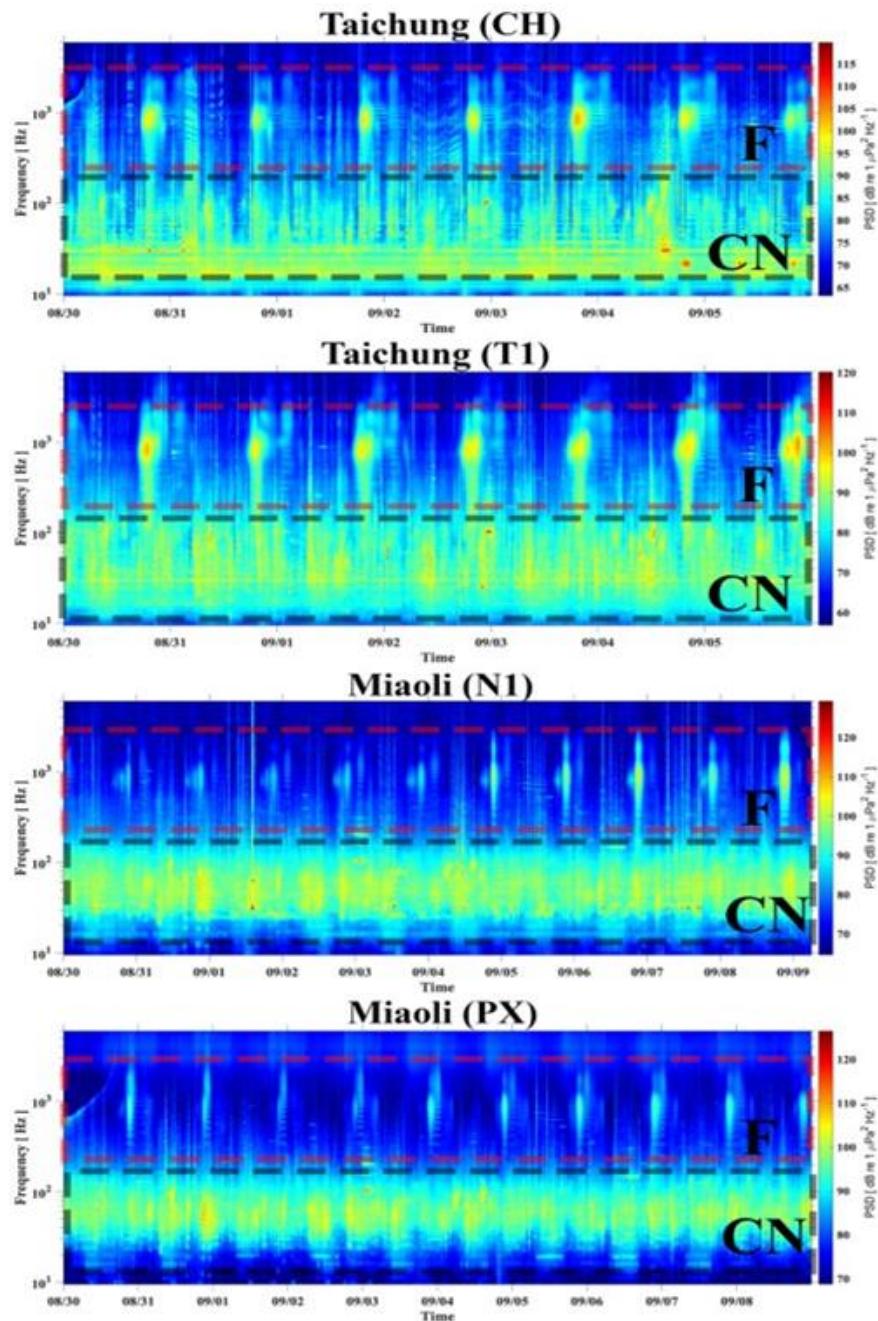


圖 3-29：監測期間四點位時間-頻率特徵。色階表示 PSD，以 $\text{dB re } 1 \mu\text{Pa}^2 \text{Hz}^{-1}$ 為單位；標籤 F 表示 300–2000 Hz 頻帶中的合唱活動；標籤 CN 表示 10–250 Hz 頻帶中的噪音。

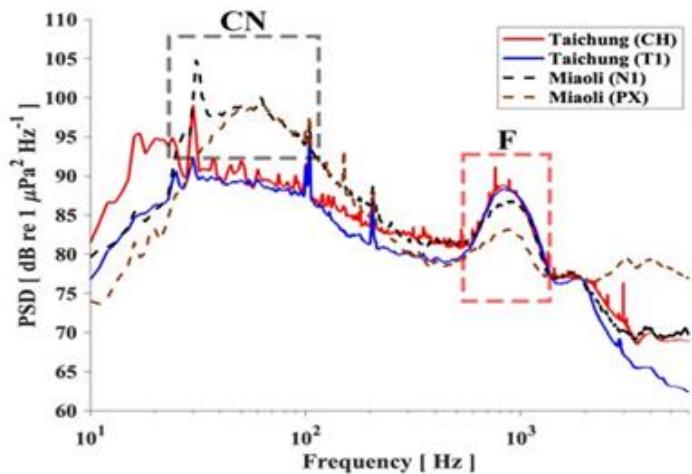


圖 3-30：監測期間四點位功率頻譜級。PSD 以 $\text{dB re } 1 \mu\text{Pa}^2 \text{Hz}^{-1}$ 為單位。標籤 F 表示 $300 - 2000 \text{ Hz}$ 頻帶中的合唱活動；標籤 CN 表示 $10 - 250 \text{ Hz}$ 頻帶中的噪音。

3.5.2 監測地點的聲壓大小比較

臺中和苗栗的聲壓級在 $10 - 250 \text{ Hz}$ 的頻率範圍內，變化約為 $110 - 112 \text{ dB re } 1\mu\text{Pa}$ （中位數）和約 $118 \text{ dB re } 1\mu\text{Pa}$ （見圖 3-31）。此外， $1/3$ 倍頻帶的聲壓級顯示，苗栗在 $20 - 100 \text{ Hz}$ 頻帶的聲壓大小高於臺中，主要是因運行中的離岸風電場所造成的（見圖 3-32 和圖 3-33，標籤 CN）。在 $800 - 1600 \text{ Hz}$ 頻帶內，觀察到峰值聲壓級是由魚類聲音活動引起的（見圖 3-32 和圖 3-33，標籤 F）。

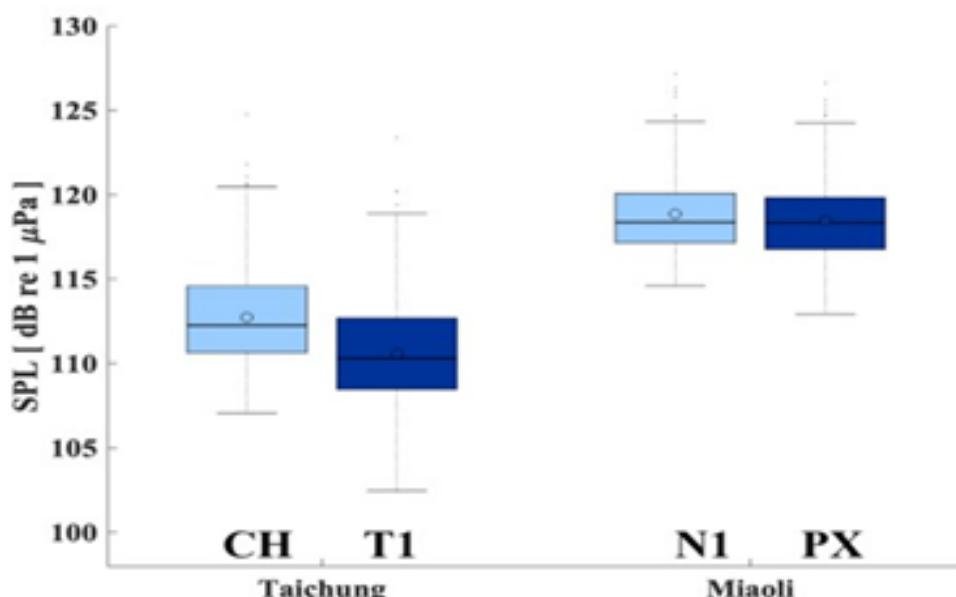


圖 3-31：監測期間四點位 $10 - 250 \text{ Hz}$ 頻率範圍內聲壓級（單位為 $\text{dB re } 1 \mu\text{Pa}$ ）的變化。方形中央的黑色標記表示中位數，方形的上下邊緣分別表示第 25 和第 75 百分位數。極端端點的黑色標記為最大值和最小值。

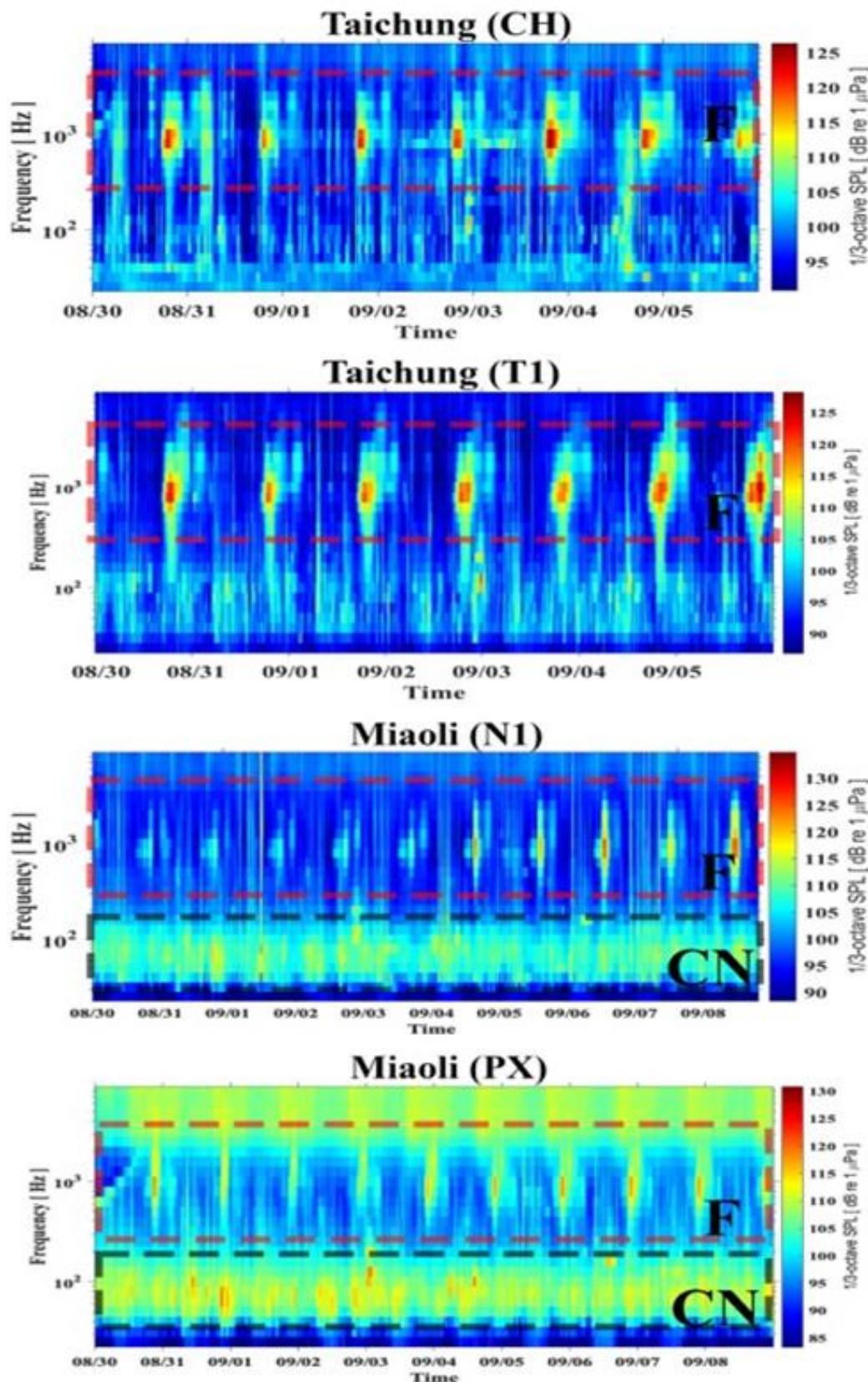


圖 3-32：監測期間四點位 1/3 倍頻程頻譜。色階為 SPL，單位為 dB re 1 μ Pa；紅框 F 區為 300 – 2000 Hz 頻帶中的合唱活動。黑框 CN 區表示 10 – 100 Hz 頻帶中的噪音。

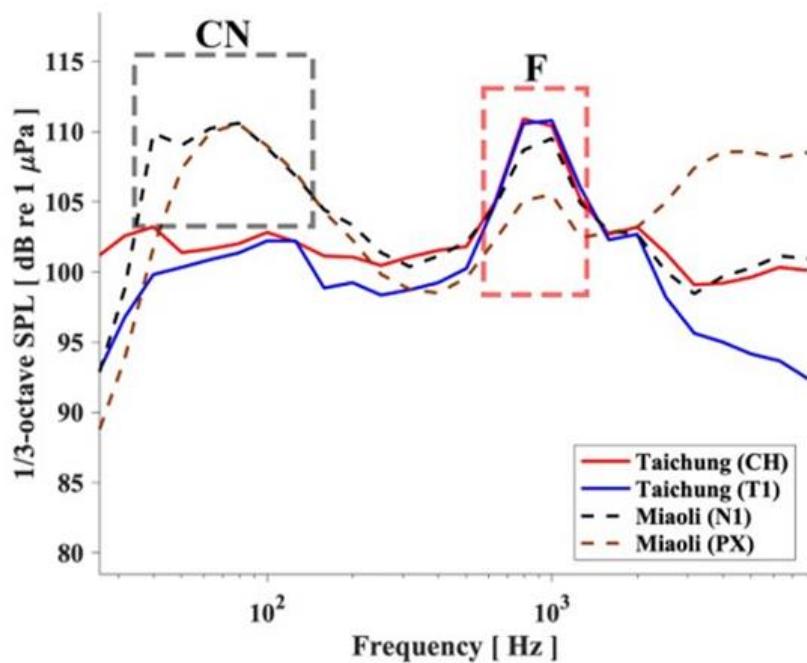


圖 3-33：在 20 – 8000 Hz 頻率範圍內，監測期間四點位 1/3 倍頻帶 SPL 變化。標籤 F 表示 300 – 2000 Hz 頻帶中的合唱活動；標籤 CN 表示由噪音引起的聲壓大小升高。

3.5.3 魚群的合唱行為的模式

在四個監測地點，監測到魚類合唱的活動時間為約在晚上 6:00 至隔天清晨 04:00（見圖 3-34 a – d）。在臺中觀察到的魚類合唱活動顯著高於苗栗（見圖 3-34e）。

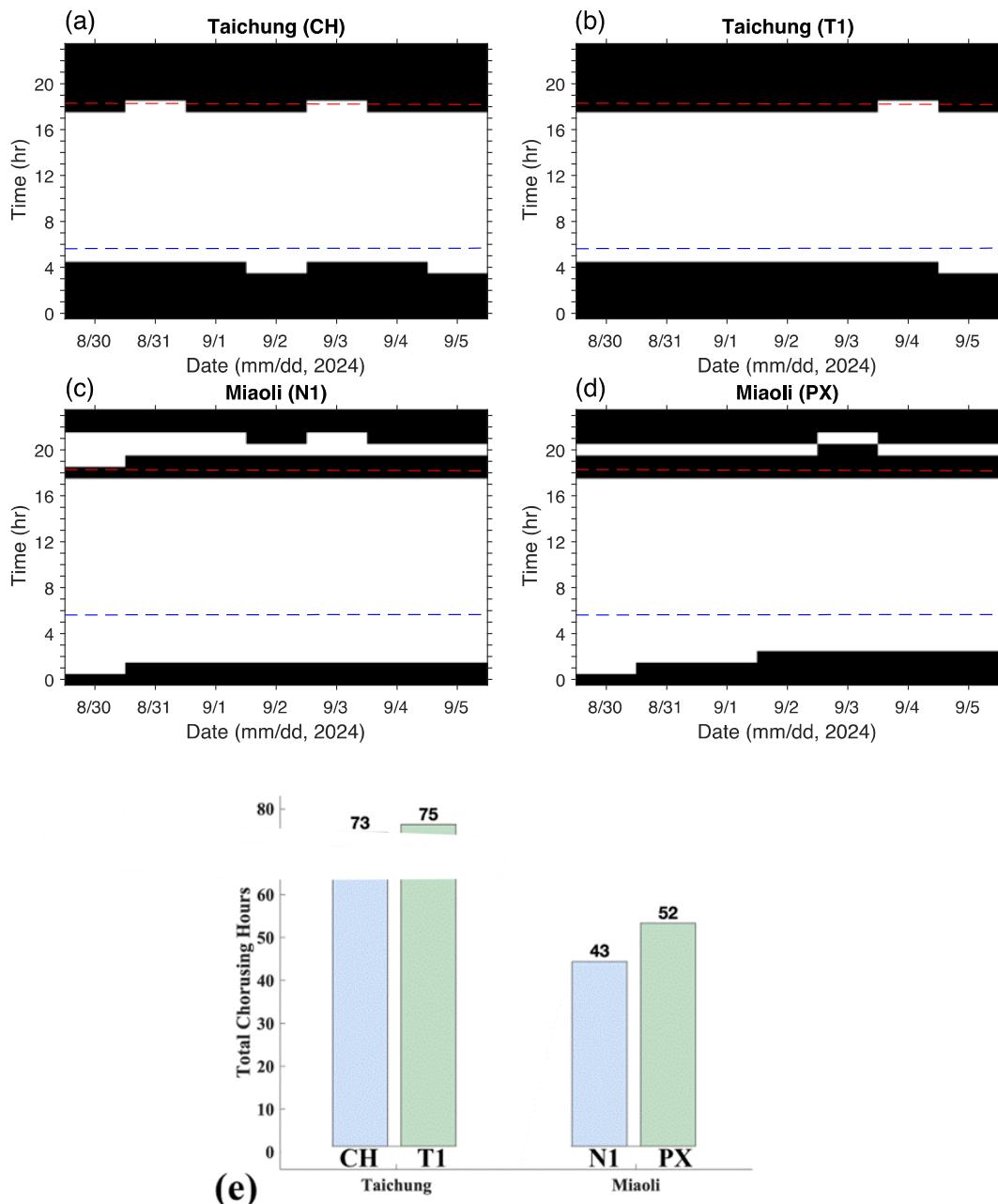


圖 3-34：(a – d) 四個監測站在監測期間偵測到的魚類合唱時間分佈，其中黑色表示有偵測到合唱活動，白色表示無合唱活動。藍、紅虛線各別表示日出及日落時間。(e) 兩個不同區域中四個監測站偵測到魚群合唱的累計小時數。

3.5.4 臺灣白海豚聲音的時間分佈

在一週的監測期間，臺灣白海豚聲學活動僅在臺中監測站 T1 檢測到，持續 2 小時，總共約有 55 次哨叫聲（見圖 3-35）。

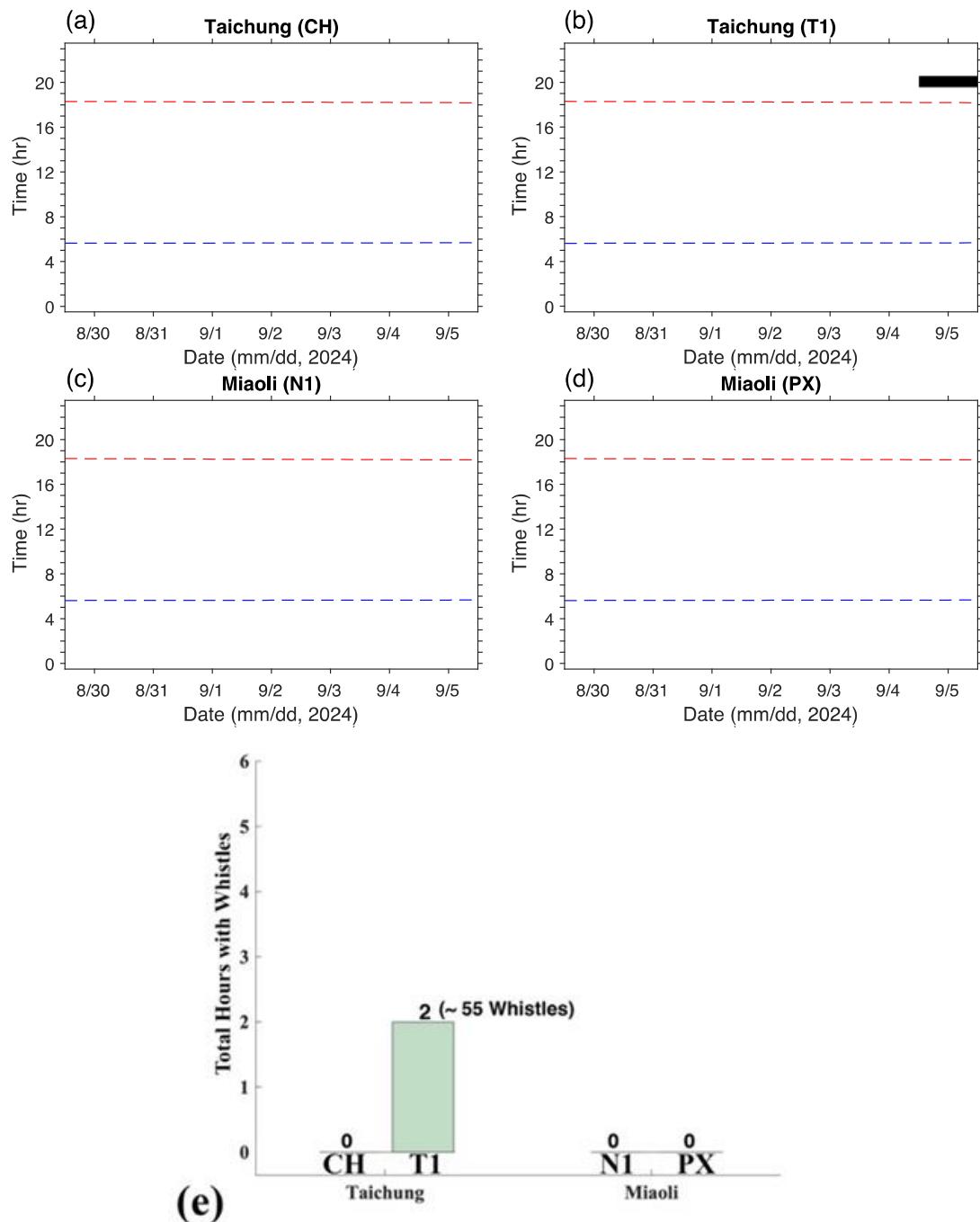


圖 3-35：(a – d) 四個監測站在監測期間偵測到的臺灣白海豚哨叫聲時間分佈，其中黑色表示有哨叫聲活動的時段。藍、紅虛線各別表示日出及日落時間。(e) 兩個不同區域中四個監測站記錄到的哨叫聲總次數。

3.6 第 1 至 4 季資料分析比較與結論

3.6.1 第 1 至 4 季調查資料綜整

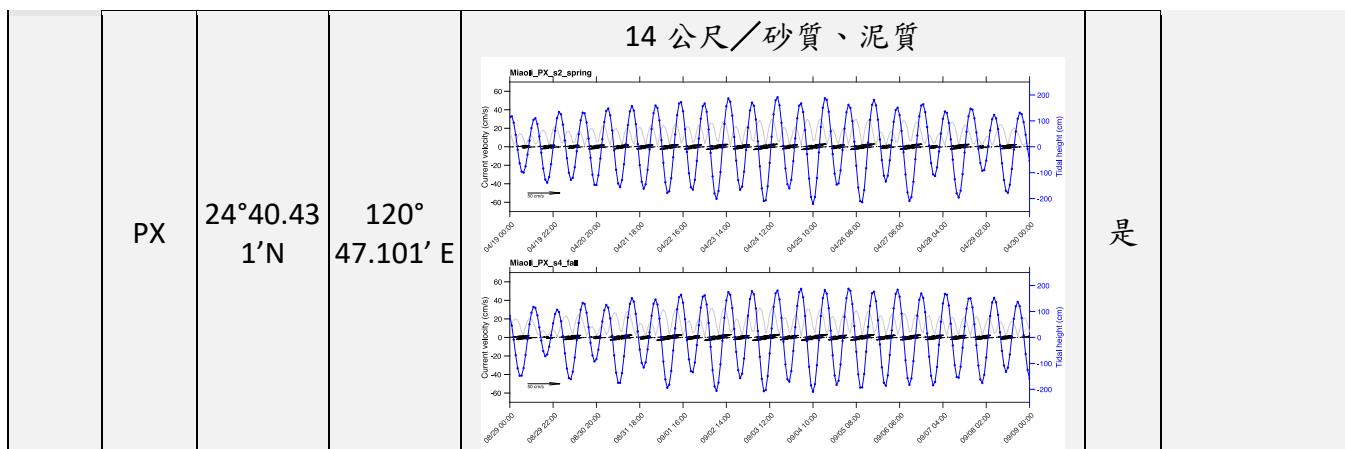
本案於臺灣西部沿海 4 區域（臺南、彰化、臺中、苗栗）進行為期 1 年、每次約 7 日的短期水下聲學監測，施作及環境資訊詳如下表 3-1。

表 3-1：第 1 至 4 季調查施作及環境資訊

| 調查區域 | 點位代碼 | 緯度 (22°度-分) | 經度 (120°度-分) | 水深/ 海床底質 | 臨近風場 | 調查時段 |
|------|------|----------------|-----------------|----------------|------|---|
| 臺南 | G1 | 58.268'N | 7.425'E | 14.5 公尺／砂質 | 否 | 第 1 季—冬 (112/11/8-112/11/15) 第 3 季—夏 (113/6/20-113/6/28) |
| | VS | 22° 59.129'N | 120° 7.100'E | 13 公尺／砂質 | 否 | |
| 彰化 | A1 | 24° 03.8876'N | 120° 19.0817'E | 15.1 公尺／砂質 | 是 | 第 2 季—春 (113/4/19-113/4/28) 第 3 季—夏 (113/6/20-113/6/29) |
| | | | | | | |

第三章聲學資料分析成果

| | | | | |
|----|----|-------------------------------|--|--|
| | HX | 24° 0.082'N 120° 16.648'E | | 是 |
| 臺中 | T1 | 24° 19.950'N 120° 31.163'E | | 否 第2季—春 (113/3/24-113/4/1) 第4季—秋 (113/8/29-113/9/6) |
| | CH | 24° 13.000'N 120° 25.000'E | | 否 |
| 苗栗 | N1 | 24° 44.168'N 120° 49.441'E | | 是 第2季—春 (113/4/19-113/4/30) 第4季—秋 (113/8/29-113/9/9) |



本次調查可呈現出上述區域之生物聲景特徵，及短暫捕捉臺灣白海豚出沒之時間、季節與生物行為，本次監測出之四季生物聲學行為如表 3-2。

表 3-2：四季生物聲學行為綜整

| 季節 | 區域 | 臺灣白海豚及其他鯨豚 | 魚群合唱 |
|----|---------------|---|---|
| 冬 | 臺南 (G1、VS) | ➤ 臺灣白海豚活動： VS：11/10-11/14，多在 18:00-22:00。 G1：11/9-11/12，9:00-21:00。 | G1、VS 於 20:00-22:00 檢測到一致的魚群合唱活動。 |
| 春 | 苗栗 (N1、PX) | ➤ 未檢測到臺灣白海豚。 ➤ 2 點位皆檢測到瓶鼻海豚、鼠海豚，及可能為瑞氏海豚的鯨豚活動。 | 大約 2-4 天 N1、PX 皆無合唱活動；其餘時間 N1 於 20:00-22:00 檢測到石首魚科魚類合唱；PX 延伸到大約 23:00-03:00。 |
| | 彰化 (A1、HX) | ➤ 檢測到臺灣白海豚活動： A1：4/20-4/25，多在 00:00-11:00。 HX：4/20-4/21，00:00-5:00。 ➤ A1 檢測到瓶鼻海豚、鼠海豚，及可能為瑞氏海豚的鯨豚活動，且活動量較其他點位大；但 HX 未檢測到上述鯨類活動。 | 4 點位皆於 20:00-22:00 檢測到石首魚科魚類合唱；HX 則延伸到約 23:00-03:00。 |
| 夏 | 臺中 (T1、CH) | ➤ 2 點位於監測全期、全時段皆有臺灣白海豚活動。 ➤ 2 點位皆檢測到瓶鼻海豚、鼠海豚，及可能為瑞氏海豚的鯨豚活動。 | |
| | 彰化 (A1、HX) | 未檢測到臺灣白海豚及其他鯨豚活動。 | 4 點位皆於 18:00-23:00 檢測到石首魚科魚類合唱。 |
| | 臺南 (G1、VS) | | |

| | | | |
|---|---------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 秋 | 苗栗 (N1、PX) | 未檢測到臺灣白海豚及其他鯨豚活動。 | 4 點位皆於 18:00-4:00 檢測到石首魚科魚類合唱。 |
| | 臺中 (T1、CH) | 僅於 T1 活動，時間為 9/4 晚間約 19:00-21:00 | |

3.6.2 魚群合唱模式及其他鯨類

根據本研究團隊進行的系統性水下聲學調查，我們在臺灣西部沿海海域生態系統中發現數個值得關注的聲景特徵及生物互動模式。在魚類聲學特徵方面，本研究於所有監測點位皆持續記錄到石首魚科魚類的合唱行為，其時域圖及時頻圖如圖 3-36 所示。

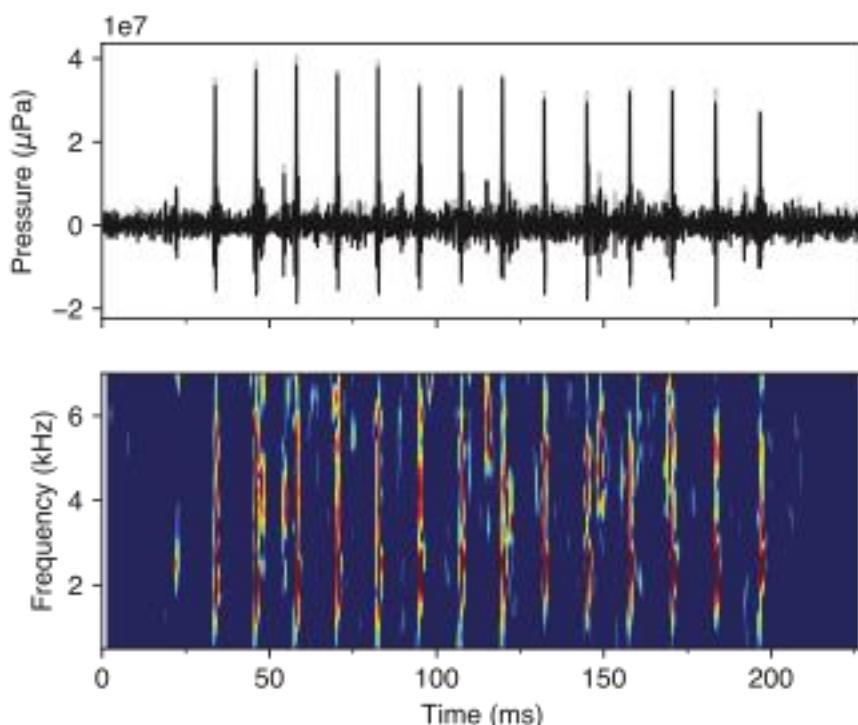


圖 3-36：石首魚科魚類聲紋。上圖為時域圖，下圖為時頻圖。

透過詳細分析，我們發現臺灣沿海石首魚發出的聲音具有明確可量化的聲學特性，包括脈衝數、叫聲持續時間、脈衝間隔與峰值頻率等參數。一個典型的叫聲通常由十數個脈衝組成，持續時間約為百毫秒，脈衝間隔維持在十數毫秒的範圍內，峰值頻率主要分布在數千赫茲的頻段。

在進行聲音分類時，儘管這些聲學特徵使研究者能初步區分不同類型的叫聲，但考量到水下聲音傳播條件的變異性及不確定性，加上個體間行為與生理差異所產生的變化，這些分類仍需謹慎處理。進一步的研究觀察

顯示，石首魚的發聲活動在夜間明顯較為活躍，特別是在 18:00 至 22:00 之間，期間可測得高達 132 dB re 1 μPa 的聲壓級。這種時間性的變化模式可能與潮汐週期及水溫變化息息相關。

這些觀察結果與先前研究相互呼應。依據 Mok 等（2011 年）的研究，石首魚科為臺灣西部海域的優勢發聲魚類。更重要的是，這類魚類已被證實是臺灣白海豚的重要食物來源之一（Barros 等，2004 年；Parra and Jedensjo，2014 年）。因此，本研究發現具有重要的生態意義：臺灣白海豚能在所有調查點位取得全年性的穩定食物資源，這對其族群的永續存續極為關鍵。

除了石首魚的聲學特徵外，另一項重要發現是在春季期間，我們於苗栗、臺中和彰化海域偵測到瓶鼻海豚及鼠海豚的聲音。這些聲音在 HX 外的所有監測站點均有記錄（見圖 3-20），其中彰化（A1）站點記錄到的哨叫聲總數和時數均高於其他站點（見圖 3-21）。此發現與海洋保育署 111 年臺灣白海豚監測計畫的調查結果相互印證。該計畫共記錄 16 筆有效的鯨豚目擊紀錄，包含 14 筆臺灣白海豚紀錄（含一次重複目擊）、1 筆露脊鼠海豚，以及 1 筆疑似瓶鼻海豚的未確認紀錄。考量臺灣海域鯨豚物種的多樣性，雖然無法完全確定聲音的來源種類，但這些聲學資料不僅為後續研究奠定重要基礎，同時也凸顯臺灣西部海域在支持海洋生物多樣性方面的生態價值。

綜合上述研究發現，我們不僅拓展了對臺灣西部海域生態系統的認知，更為未來的海洋生態研究和保育工作提供了重要的科學依據。特別是未來在了解石首魚與臺灣白海豚的食物網關係，以及監測其他鯨豚物種的分布模式方面，這些發現都具有深遠的意義。

3.6.3 臺灣白海豚活動及船隻、風場影響

臺灣白海豚族群動態與行為生態一直是海洋生態學研究的重點課題，據海洋保育署「111 年度臺灣西部沿海臺灣白海豚族群及水下活動監測與分析計畫」的海上觀測結果，臺灣白海豚的活動範圍橫跨臺灣西部沿海，從北部的桃園延伸至南部的臺南，呈現出廣泛的地理分佈特徵。

特別值得注意的是，在臺中至雲林的沿海水域，已經顯示出了相當穩定且頻繁的活動模式，該區域全年均有臺灣白海豚的出沒紀錄，尤其在夏季（6、7、8 月）期間，活動頻率達到最高峰（見表 3-3）。

表 3-3：臺灣白海豚出沒時間紀錄（據 111 年臺灣白海豚監測計畫之調查結果繪製）

| 海域範圍 | 臺灣白海豚出現月份 | 季節 |
|-------|----------------|---------|
| 苗栗至臺中 | 7、8、9 | 夏、秋 |
| 臺中至雲林 | 3、4、5、6、8、9、11 | 春、夏、秋、冬 |
| 雲林至臺南 | 4、6 | 春、夏 |

各季節的監測成果呈現不同特徵。春季於臺中、彰化沿岸記錄到穩定的聲學訊號；秋季則以臺中水域為主。相較之下，夏季在彰化、臺南一帶的訊號較為稀疏，這種差異背後的成因值得深入探討。

先前研究（林子浩等，2013 年；周蓮香與陳琪芳，2015 年）指出，船隻活動對臺灣白海豚的影響表現在多個層面，包括降低其聲音通訊效率、影響回聲定位能力、干擾群體活動模式，甚至可能造成直接的物理傷害。不過，本次觀測呈現出一個有趣的生態權衡現象：雖然臺灣白海豚會本能迴避船隻活動，但由於漁業作業區往往也是食物資源豐富的區域，這促使臺灣白海豚必須在安全需求與覓食需求之間做出權衡。這種複雜的行為模式在我們的觀測數據中得到印證：安平港周邊的 VS 測點雖有較高的船隻聲壓，卻仍捕捉到較多生態訊號。同樣地，春季時在船隻頻繁的臺中海域也

觀察到明顯活動。這些紀錄顯示，船隻活動雖會影響其行為，但可能不是決定棲地選擇的唯一因素。

離岸風場對海洋生態系統的影響主要來自兩個階段：施工期包括施工船舶的頻繁活動和打樁作業產生的高強度噪音；營運期則包括持續性的運轉噪音和海域聲景的長期改變。這些影響已得到國內外研究的證實（如林子浩等，2013 年；Siddagangaiah 等，2021 年）。值得注意的是，離岸風場的設置可能對海洋生態系統產生多面向的影響。根據近年環境資訊中心報導，風場基座可能成為人工魚礁，帶來聚魚效果（黃鈺婷，2019 年）。總而言之，風場對魚類與環境生態造成的影響，仍需後續長期觀察尚能確認。

海保署 111 年的調查在 5–8 月及 8–9 月期間，於苗栗（風場、中港溪口、通霄外海三處）和雲林（海洋氣象樁、新虎尾溪口兩處）進行為期 14–20 日的水下聲學監測，結果顯示僅苗栗風場區域未檢測到臺灣白海豚活動。本研究春秋兩季在苗栗鄰近風場的監測點獲得類似結果。這些初步發現需要更長期的追蹤研究來釐清其中關聯。

另外關於臺灣白海豚的活動範圍變遷趨勢：本次調查在冬季於臺南安平港附近捕捉到相關訊號。海洋委員會 2020 年將臺灣白海豚重要棲息地南界劃定於嘉義，但海保署資料顯示自 2016 年起臺南外海便持續有目擊紀錄。推測由於臺灣白海豚於臺南出現頻率不高，早先未被納入重要棲地範圍，但基本上從未中斷（見圖 3-37、3-38、3-39）。2021 至 2022 年間的觀測發現南部海域的蹤跡漸增，促使將調查區擴及雲林至臺南。過往觀察到的最南端活動範圍在將軍漁港附近，此次在更南端的安平港外海的新發現，突顯其活動範圍可能正在改變。本次觀測時間僅 7 日，但已錄製到臺灣白海豚於臺南安平的活動。依照現有資料，尚需更多數據佐證其南移是否成為固定趨勢，此部分研究實為將來可持續重點關注的議題。

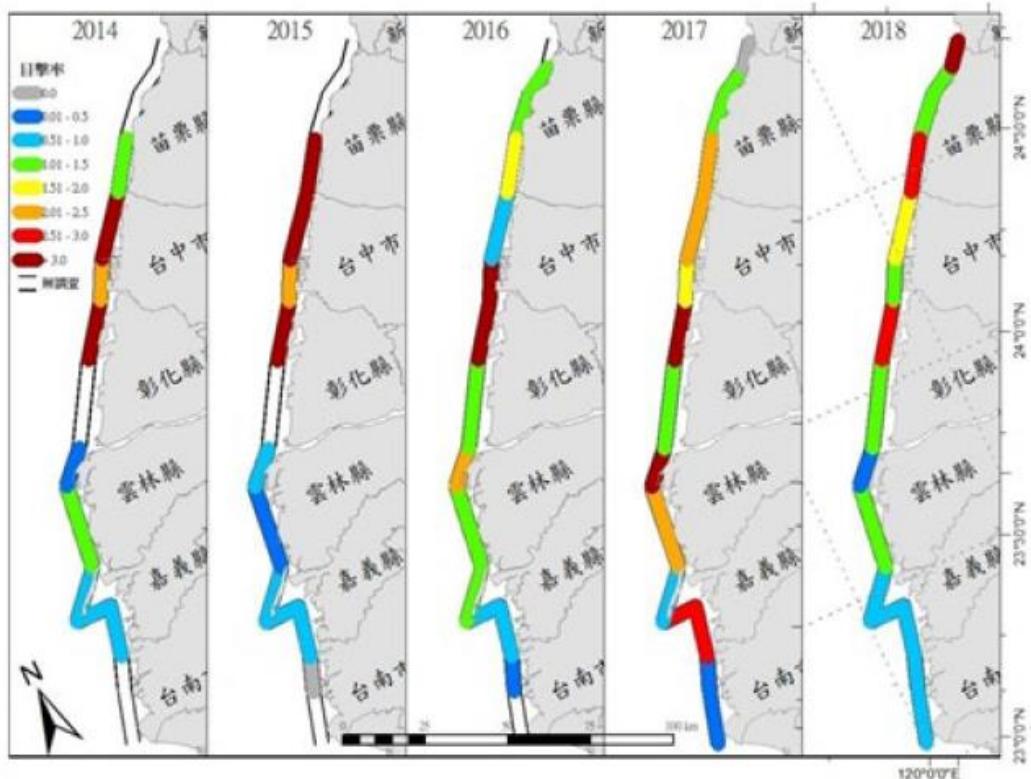


圖 3-37：2014-2018 年臺灣白海豚各區目擊率（海保署 111 年臺灣白海豚監測計畫）

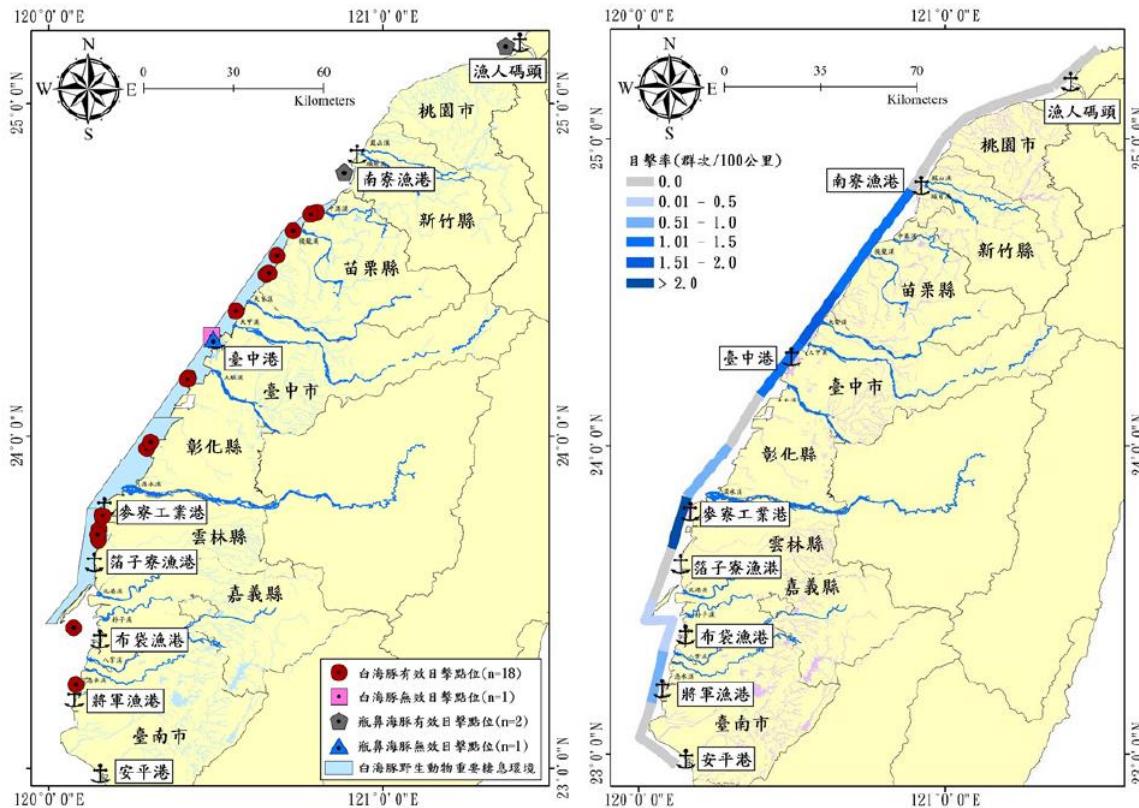


圖 3-38：2020 年臺灣白海豚各區目擊分布（海保署 111 年臺灣白海豚監測計畫）

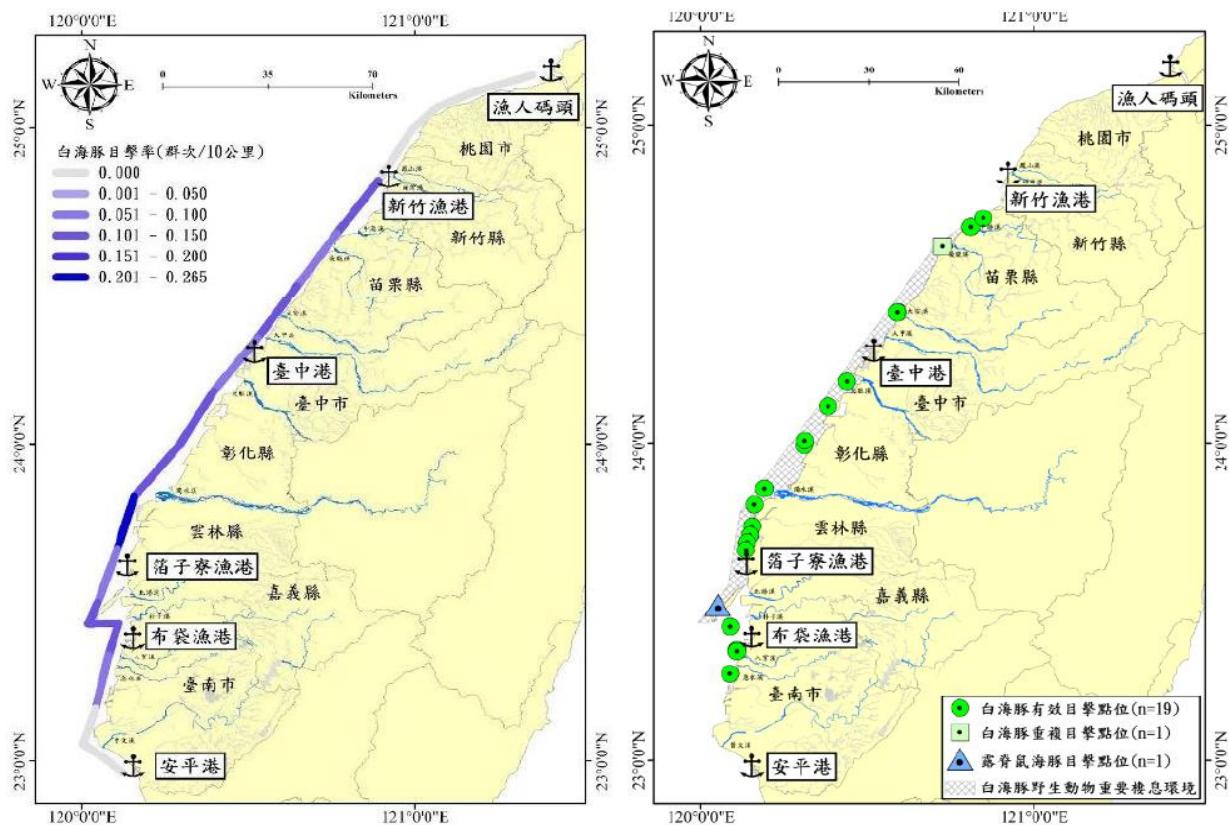


圖 3-39：2021 年臺灣白海豚各區目擊分布（海保署 111 年臺灣白海豚監測計畫）

上述研究內容發現不僅豐富了我們對臺灣白海豚的科學認知，也為未來的保育工作提供了重要的決策依據。我們建議未來的研究應著重於延長監測時間以建立更完整的行為資料庫，深入研究環境因子與行為模式的關聯性，持續追蹤族群南移趨勢及其成因，並加強跨領域合作以整合多元研究方法，由此將能更完整掌握這個珍貴物種的生態特性，為保育工作提供更紮實的決策基礎。

第四章 水下噪音指引交流工作坊

4.1 活動概述

鑑於各類海域工程開發產生的人為水下噪音對於海洋生物（特別是臺灣周遭海域常見的瀕危鯨豚）所造成的負面影響，訂定水下噪音指引乃是刻不容緩的工作。委託單位（海洋委員會海洋保育署）已針對水下噪音指引進行初步研擬，修訂而成「水下噪音指引草案」第二版。

2023年10月起，團隊與委託單位密切合作，以環境保護署環境檢驗所2019年公告之《水下噪音測量方法》為基礎，逐條檢修第二版草案條文，並於同年12月26日獲批准，由委託單位對外公佈現行《水下噪音指引》草案。其內容適用於我國海域從事海事工程、離岸風場等開發行為之水下噪音測量，並提供鯨豚及海龜聽力閾值，以掌握水下噪音變化趨勢及影響。

為確認現行《水下噪音指引》實施狀況，本案於2024年6月3日承辦「水下噪音指引交流工作坊」，邀集產、官、學界相關人士共同參與，廣納各方意見，做為下一版滾動式調整現行《水下噪音指引》之基礎。

4.2 活動內容與紀錄

4.2.1 舉辦方式

本工作坊分為上午、下午兩部分：上午安排3場說明會，對現行《水下噪音指引》進行深入解析；下午則為2場座談會，與參與者共同討論現行《水下噪音指引草案》之具體修正建議。詳細內容如下：

1. 活動日期：2024年6月3日（週一），09：00～15：40
2. 活動地點：集思臺中新烏日會議中心史蒂文生廳。
3. 舉辦方式：實體會議為主，並開放線上連結供民眾參與。
4. 活動餐飲：提供午膳（葷、素便當）及1次茶敘（餐盒及桶裝咖啡、紅茶）。
5. 活動紀錄：安排專門人員進行現場錄、攝影作業。

4.2.2 活動議程

| 時間 | 活動內容 | 人員 |
|-------------|---|---|
| 09:00-09:45 | 報到 | |
| 09:45-10:00 | 開幕式 | 長官致詞、合影 |
| 10:00-10:35 | 第一場 《水下噪音指引》 法規面說明 | 主持人：吳龍靜（海保署副署長） 【5分鐘】 引言人：劉金源【5分鐘】 主講人：許榮均【20分鐘】 Q&A【5分鐘】 |
| 10:35-11:10 | 第二場 《水下噪音指引》 技術面說明 | 主持人：吳龍靜（海保署副署長） 【5分鐘】 引言人：劉金源【5分鐘】 主講人：黃千芬【20分鐘】 Q&A【5分鐘】 |
| 11:10-11:25 | 休息時間 | |
| 11:25-12:00 | 第三場 《環境影響評估與 海洋保育》 | 主持人：吳龍靜（海保署副署長） 【5分鐘】 引言人：劉金源【5分鐘】 主講人：簡連貴【20分鐘】 Q&A【5分鐘】 |
| 12:00-13:00 | 午膳 | |
| 13:00-14:00 | 第一場座談 相關議題： ● 指引適用性與實踐性 ● 測量方法與技術挑戰 ● 生態影響評估 ● 改善方向建議與未來展望 | 主持人： 羅進明（海保署海 生組組長） 【5分鐘】 引言人： |
| 14:00-14:30 | 茶敘、交流 | |
| 14:30-15:30 | 第二場座談 相關議題： ● 法條精確性與實施可行性評估 ● 技術標準及適宜性 ● 監督與執行機制 ● 國際標準與臺灣特性探討 | 劉金源【5分鐘】 |
| 15:30-15:40 | 總結、合影 | 主持人：海保署長官、劉金源 |
| 15:40 | 賦 歸 | |

4.2.3 參與人員

本次水下噪音指引交流工作坊共計76人與會（含實體會議37人；線上會議39人），參與者包含水下聲學、技術，及海洋生態、環境影響評估等領域相關之專家學者、涉及海域開發利用之民間團體代表人及利害關係人、水域、海域開發商及關心《水下噪音指引》草案之民眾等。另為促進朝野雙方意見交流，本次亦邀集委託單位長官擔任嘉賓，共同討論《水下噪音指引》修訂事宜。實體會議參與名單如表4-1；線上會議名單如表4-2。

表 4-1：實體會議參與名單

| 序號 | 姓名 | 單位 |
|----|-----|-----------------------|
| 1 | 吳龍靜 | 海洋保育署副署長 |
| 2 | 羅進明 | 海洋保育署組長 |
| 3 | 柯慶麟 | 海洋保育署科長 |
| 4 | 郭庭瑜 | 海洋保育署技正 |
| 5 | 劉金源 | 淡江大學特聘講座教授 |
| 6 | 簡連貴 | 國立臺灣海洋大學河海工程學系教授 |
| 7 | 許榮均 | 國立臺灣海洋大學系統工程暨造船學系特聘教授 |
| 8 | 黃千芬 | 國立臺灣大學海洋研究所教授兼所長 |
| 9 | 嚴宏洋 | 國立海洋生物博物館特聘講座教授 |
| 10 | 莫顯喬 | 國立中山大學教授 |
| 11 | 楊瑋誠 | 國立臺灣大學獸醫學系教授 |
| 12 | 彭明 | 洋聲股份有限公司 |
| 13 | 翁賢 | 洋聲股份有限公司 |
| 14 | 蔡汎 | 洋聲股份有限公司 |
| 15 | 黃緯 | 科理歐永續能源股份有限公司 |
| 16 | 陳君 | 光宇工程顧問股份有限公司 |
| 17 | 盧辰 | 哥本哈根風能開發股份有限公司 |
| 18 | 黃軒 | 天豐新能源股份有限公司 |
| 19 | 林齊 | 天豐新能源股份有限公司 |
| 20 | 彭瑛 | 海鼎二風力發電股份有限公司 |
| 21 | 錢心 | 沃旭能源股份有限公司 |
| 22 | 陳任 | 沃旭能源股份有限公司 |
| 23 | 鍾珈 | 海龍離岸風電 |

第四章 水下噪音指引交流工作坊

| | | | |
|----|---|---|------------------|
| 24 | 賴 | 昌 | 弘益生態有限公司 |
| 25 | 何 | 憲 | 永益資訊有限公司 |
| 26 | 蔡 | 霖 | 永益資訊有限公司 |
| 27 | 黃 | 鈞 | 科進栢誠工程顧問股份有限公司 |
| 28 | 邱 | 維 | 科進栢誠工程顧問股份有限公司 |
| 29 | 馬 | 筠 | 風睿能源公司 |
| 30 | 胡 | 寰 | 風睿能源公司 |
| 31 | 郭 | 雯 | 社團法人臺灣蠻野心足生態協會 |
| 32 | 胡 | 鈞 | 國立臺灣大學工程科學及海洋工程系 |
| 33 | 曾 | 漪 | 國立臺灣大學 |
| 34 | 王 | 英 | 臺中榮民總醫院 |
| 35 | 張 | 傑 | 島嶼留影電影有限公司 |
| 36 | 施 | 英 | 彰化縣環境保護聯盟 |
| 37 | 吳 | 君 | 彰化縣環境保護聯盟 |

活動簽到表

| 序號 | 單位名稱 | 職稱 | 姓名 | 簽名 | 序號 | 單位名稱 | 職稱 | 姓名 | 簽名 | 註記 |
|----|-------------------------|----------------|-----|-----|----|-------------------|--------------|----|----|----|
| 1 | 海洋委員會 | 副主任委員 | 郭文 | | 1 | 岸際股份有限公司 | 總經理 | 彭明 | 彭明 | |
| 2 | 海洋保育署 | 副署長 | 吳靜 | 吳靜 | 2 | 岸際股份有限公司 | 生產工程師 | 翁貴 | 翁貴 | |
| 3 | 海洋保育署 | 組長 | 羅明 | 羅明 | 3 | 岸際股份有限公司 | 工程師 | 蔡汎 | 蔡汎 | |
| 4 | 海洋保育署 | 科長 | 柯曉暉 | 柯曉暉 | 4 | 科理歐永續能源股份有限公司 | 總理 | 黃培 | 黃培 | |
| 5 | 海洋保育署 | 技正 | 郭瑜 | 郭瑜 | 5 | 科理歐永續能源股份有限公司 | 開發經理 | 張福 | 張福 | |
| 6 | 淡江大學 海洋及水下科技研究中心 | 特聘講座教授 兼任主任 | 劉源 | 劉源 | 6 | 光宇工程顧問有限公司 | 協理 | 陳君 | 陳君 | |
| 7 | 國立臺灣海洋大學系統 工程系造船學系 | 特聘教授 | 許均 | 許均 | 7 | 哥本哈根風能開發股份有限公司 | 許可經理 | 盧辰 | 盧辰 | |
| 8 | 國立臺灣海洋大學河海 工程系近海防災中心 | 教授兼任主任 | 鄭貴 | 鄭貴 | 8 | 天豐新能源 股份有限公司 | 許可及環境經理 | 黃軒 | 黃軒 | |
| 9 | 國立臺灣大學海洋研究所 | 教授兼所長 | 黃答 | 黃答 | 9 | 天豐新能源 股份有限公司 | 開發部總監 | 林青 | 林青 | |
| 10 | 國立海洋生物博物館 | 特聘講座教授 | 羅洋 | 羅洋 | 10 | 光鼎二風力發電 股份有限公司 | 許可經理 | 彭穎 | 彭穎 | 素 |
| 11 | 國立臺灣海洋大學 | 教授 | 邵達 | | 11 | 沃旭能源 股份有限公司 | 環境副理 | 鍾心 | 鍾心 | |
| 12 | 國立臺灣大學獸醫學系 | 教授 | 楊誠 | 楊誠 | 12 | 沃旭能源 股份有限公司 | 專業許可 資源經理 | 吳偉 | 吳偉 | |
| 13 | 國立中山大學 教授 | | | | 13 | 沃旭能源 股份有限公司 | 專業申請經理 | 陳任 | 陳任 | 任 |
| 14 | 彰化縣環境保護聯盟 海事帶 | 海事帶 | 施長 | 施長 | 14 | 海龍離岸風電 | 環境管理經理 | 魏腳 | 魏腳 | |
| 15 | | | | | 15 | 弘益生態有限公司 | 總經理 | 顏昌 | 顏昌 | |
| | | | | | 16 | 永益資訊有限公司 | 副理 | 何嘉 | 何嘉 | |
| | | | | | 17 | 永益資訊有限公司 | 品管員 | 蔡家 | 蔡家 | |

表 4-2：線上會議參與名單

| 序號 | 姓名 | 首次登入時間 | 離開時間 | 會議參與持續時間 |
|----|---------------|-------------|-------------|-----------------|
| 1 | 李 妤 | 1:02:55 PM | 03:16:29 PM | 02 小時 13 分 34 秒 |
| 2 | 郭 雯 | 10:04:40 AM | 10:25:56 AM | 21 分 16 秒 |
| 3 | 陳 琛 | 8:58:23 AM | 11:28:10 AM | 02 小時 29 分 47 秒 |
| 4 | 施 平 | 9:57:05 AM | 03:14:08 PM | 05 小時 17 分 03 秒 |
| 5 | 張 茱 | 9:12:15 AM | 12:05:40 PM | 02 小時 53 分 25 秒 |
| 6 | 張 昀 | 9:38:09 AM | 02:26:58 PM | 04 小時 48 分 49 秒 |
| 7 | 莊 琦 | 9:23:29 AM | 03:16:29 PM | 05 小時 20 分 28 秒 |
| 8 | 陳 宏 | 10:40:06 AM | 02:14:06 PM | 03 小時 34 分 00 秒 |
| 9 | 曾 璸 | 10:07:26 AM | 03:16:29 PM | 05 小時 09 分 03 秒 |
| 10 | 程 生 | 9:04:48 AM | 03:16:29 PM | 04 小時 20 分 33 秒 |
| 11 | 黃 怡 | 9:59:45 AM | 03:15:47 PM | 05 小時 14 分 55 秒 |
| 12 | 董 瀞 | 9:10:42 AM | 03:16:29 PM | 05 小時 07 分 38 秒 |
| 13 | 碩 █ | 9:29:50 AM | 03:15:37 PM | 05 小時 47 分 25 秒 |
| 14 | 潘 原 | 9:22:14 AM | 11:13:17 AM | 01 小時 51 分 03 秒 |
| 15 | 蔡 衡 | 9:54:35 AM | 03:08:12 PM | 05 小時 13 分 37 秒 |
| 16 | 霖 | 10:02:22 AM | 03:03:29 PM | 05 小時 01 分 07 秒 |
| 17 | 謝 宇 | 11:32:59 AM | 12:02:30 PM | 29 分 31 秒 |
| 18 | 陳 安 | 8:46:17 AM | 03:16:29 PM | 06 小時 30 分 12 秒 |
| 19 | 石 寧 | 8:46:17 AM | 03:16:29 PM | 06 小時 30 分 12 秒 |
| 20 | 馬 箕 | 10:14:23 AM | 10:15:11 AM | 00 分 48 秒 |
| 21 | 張 敏 | 8:26:53 AM | 3:16:29 PM | 6 小時 49 分鐘 36 秒 |
| 22 | 陳 威 | 8:34:14 AM | 3:13:36 PM | 6 小時 2 秒 |
| 23 | 呂 曜 | 8:35:58 AM | 10:12:25 AM | 1 小時 36 分鐘 27 秒 |
| 24 | 陳 翡 | 10:05:29 AM | 3:16:29 PM | 4 小時 6 分鐘 18 秒 |
| 25 | Amy █ | 9:58:09 AM | 11:50:22 AM | 01 小時 52 分 13 秒 |
| 26 | Cheng, █-Chin | 10:44:37 AM | 02:07:38 PM | 03 小時 23 分 01 秒 |
| 27 | Chou █-Lu | 8:52:56 AM | 01:37:05 PM | 04 小時 44 分 09 秒 |
| 28 | Chu-█ Hsu | 10:34:51 AM | 03:13:18 PM | 04 小時 38 分 27 秒 |

第四章 水下噪音指引交流工作坊

| | | | | |
|-----------|-----------------------|-------------|-------------|-----------------|
| 29 | Elsa [REDACTED] | 9:12:00 AM | 09:34:27 AM | 22 分 27 秒 |
| 30 | Chen-[REDACTED] Wu | 9:36:51 AM | 12:13:37 PM | 02 小時 36 分 46 秒 |
| 31 | Jacqueline [REDACTED] | 12:57:51 PM | 02:58:39 PM | 02 小時 00 分 48 秒 |
| 32 | Lin, [REDACTED]-Chun | 9:29:11 AM | 02:14:29 PM | 04 小時 45 分 18 秒 |
| 33 | ling | 9:35:41 AM | 03:16:00 PM | 05 小時 40 分 19 秒 |
| 34 | NING | 8:57:52 AM | 09:16:19 AM | 14 分 19 秒 |
| 35 | Ray [REDACTED] Lee | 12:51:04 PM | 03:13:16 PM | 02 小時 22 分 12 秒 |
| 36 | Robin | 9:45:47 AM | 03:16:29 PM | 05 小時 30 分 42 秒 |
| 37 | ting | 9:49:06 AM | 03:16:28 PM | 05 小時 27 分 22 秒 |
| 38 | Tsao, [REDACTED] | 9:04:38 AM | 10:09:42 AM | 01 小時 05 分 04 秒 |
| 39 | Wang, [REDACTED] | 8:58:55 AM | 03:16:00 PM | 06 小時 17 分 05 秒 |

4.2.4 活動歷程記錄

本工作坊上午安排3場說明會分別就《水下噪音指引》之法規、技術與環境影響評估層面進行說明，協助參與者理解指引內容；下午2場座談會則廣邀參與者共同討論現行《水下噪音指引草案》。活動歷程紀錄如表4-3～表4-7。

表 4-3：參與者報到與開幕式



表 4-4：第 1 場說明會

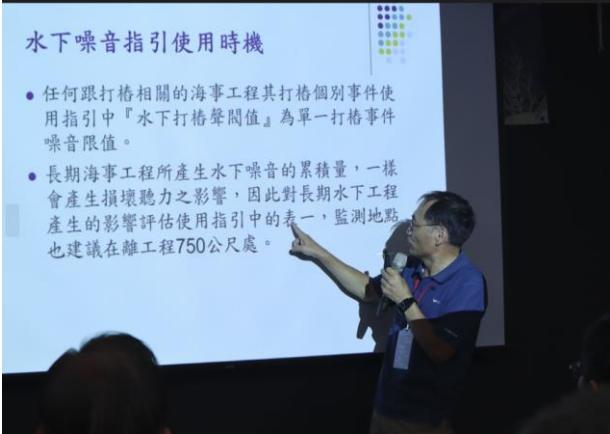
| 法規面相關議題（許榮均教授主講） | |
|---|--|
| <p>介紹環境部《水下噪音測量方法》與新版《水下噪音指引》之異同，及使用狀況及修改之處，並衍伸說明《水下噪音指引》建議之使用時機。另外亦將舉實際打樁及船舶噪音案例，說明使用本指引之計算方法。</p> | |
| 活動紀錄 | |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

表 4-5：第 2 場說明會

| 技術面相關議題（黃千芬教授主講） | |
|--|--|
| 深入探討《水下噪音指引》中之噪音量測方法實施細節，如水聽器的規格、佈放方法與回收程序，以確保法規實用性及測量結果準確性。此外，亦介紹如何處理、分析水下噪音數據。最後則以案例分析，具體展示如何有效運用上述技術。 | |
| 活動紀錄 | |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

第四章 水下噪音指引交流工作坊

表 4-6：第 3 場說明會

| 環境影響評估與海洋保育（簡連貴教授主講） | |
|---|--|
| 說明《水下噪音指引》如何結合現有環境影響評估經驗，權衡水下噪音規範標準，並確保《水下噪音指引》能有效實施並達到預期效果。 | |
| 活動紀錄 | |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

表 4-7：二場座談會

《水下噪音指引》實施成效、挑戰評估及具體修正建議（羅進明組長主持）

二場座談會聚焦於指引當前實施狀況、面臨的挑戰，及對海洋生物保護成效的評估，藉此探討指引的適用性與技術挑戰，並從多方面收集法規修訂建議。

活動紀錄



第四章 水下噪音指引交流工作坊



本次「水下噪音指引交流工作坊」透過匯集產、官、學界專家和相關人士之討論與合作，已有效收集草案修改相關建議，並提高公眾對水下噪音及海洋生物之關注，促進社會各界對環境保護之共識之效。



圖 4-1：水下噪音指引交流工作坊大合照。

4.3 《水下噪音指引》滾動式修正意見與回覆

4.3.1 工作坊相關討論與回覆

水下噪音指引交流工作坊邀集各方與會人士，針對《水下噪音指引》草案進行熱烈討論，本次相關問題及回應紀錄如表4-8、4-9所列。

表 4-8：現場及線上提問與回應

| 序號 | 問題與回覆 |
|----|--|
| 1 | <p style="text-align: center;">楊瑋誠教授意見</p> <p>「打樁噪音對海豚健康影響」的研究結果顯示，低頻及打樁噪音會造成社交性海豚在進行合作及捕魚的時需要消耗更多能量，進而影響海豚新成代謝及發聲行為，海豚的整體狀況會下降。《水下噪音指引》是否會將「受到影響的物種」相關議題納入討論？</p> |
| | <p style="text-align: center;">羅進明組長回應</p> <p>由於臺灣國內在對鯨豚研究這方面的資料有限，法規多半參考美國閾值相關的法規制定。期許國內未來有更多實證與研究，制定出臺灣專屬的閾值方面相關規範。</p> |
| | <p style="text-align: center;">楊瑋誠教授意見</p> <p>「打樁噪音對海豚健康影響」的研究是在室內環境做實驗，整體環境跟野外環境有所差異，是否能直接將實驗結果套用在野外？</p> <p style="text-align: center;">許榮均特聘教授回應</p> <p>從其他實驗的數據結果來看，因聲音本身的頻率沒有改變，室內環境的實驗成果也可以套用在戶外。</p> |
| 3 | <p style="text-align: center;">洋聲股份有限公司工程師意見</p> <p>在工程面跟生態面對於聽覺損傷的參數表以及在儀器的適應面上，標準皆有不同，故希望工程師在計算噪音上能先有一個量化的標準。</p> <p style="text-align: center;">許榮均特聘教授回應</p> <p>針對計算的頻寬範圍基本上在 20-20kHz，若是長期的話至少要調至 192kHz 以符合法規規範。</p> |

| | |
|---|--|
| | 黃千芬教授回應 |
| 3 | 贊同許教授的意見，按法規要量測鯨豚的聲音及發聲頻段的噪音去計算加權的數值，能達到量測標準的設備儀器也只有少數。 |
| | 洋聲股份有限公司工程師意見 |
| 4 | 在《水下噪音指引》聽覺閾值表 1 中有標示脈衝性噪音及非脈衝噪音的規範標準。詢問該如何計算周遭各種噪音的工程數值，是否有相似的例子可做參考？ |
| | 許榮均特聘教授回應 |
| 4 | 以「水下噪音聲音加權(針對鯨豚類及海龜)」、簡報中的「Definition of 1/3 octave band」、「Addition of decibels」圖示為例，再將各種聲音頻率套入能量公式中，即能得出正確數值。 |
| | 洋聲股份有限公司彭■明總經理意見 |
| 5 | <p>提出一些在計算噪音的執行面上會碰到的問題，期望在法規制定上能有更明確的規範，以利現實面的執行。提出的問題如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 上午的說明會許榮均教授有為較長時間的水下噪音訂出 4 個閾值，在執行方面是否該將 4 個閾值都列出來？ 2. 風場地區的噪音不只打樁噪音、船舶的噪音也是其中影響較大的一部份，在計算噪音方面是也該將船隻列入計算標準、亦或先暫留議題等環評的時候，開發商有提出再做進一步處理？ 3. 《水下噪音指引》附表 1 部分，海豚的發聲範圍，87-145kHz，並無顯示 200kHz，後續是否要做刪減動作？ |
| | 劉金源特聘講座教授回應 |
| 5 | 現場來賓也有對於《水下噪音指引》提出意見，嚴宏洋教授建議增加《水下噪音管制指引》，且針對聽覺閾值的部分，應增加聽覺損傷閾值，這是避不可少的。至於管制噪音的部分，不應限於打樁，也會有其他大型噪音，這部分我們之後研修時都會納入思考。 |

| | |
|---|--|
| | <p style="text-align: center;">許榮均特聘教授回應</p> <p>5 以「Equal Energy Hypothesis」圖表為例，船舶及打樁噪音確實該分開計算，加權部分要分成脈衝及非脈衝進行計算，假如一天打樁 6 小時，那這 6 小時要以脈衝數值計算；其他時間就是以非脈衝來計算，數值不要超過規範即可。</p> |
| | <p style="text-align: center;">彰化縣環境保護聯盟人士意見</p> <p>風場需考慮全生命周期管理，包括運營期間的噪音問題，應將魚群納入監測範圍，特別關注彰化魚類繁殖場所，噪音影響可能影響其生存。此外，也應考慮環境背景音計算，設置多個測量點，以準確反映噪音情況、擴展噪音指引以涵蓋更多海洋生物和環境因素。</p> |
| | <p style="text-align: center;">劉金源特聘講座教授回應</p> <p>水下噪音指引只是開始，無法一步到位，需逐步修訂。主要關注開發行為對物種的影響，難以管控自然噪音。考慮到季節性影響，需進一步研究減少對魚類等生物的影響，平衡開發與保育。</p> |
| 6 | <p style="text-align: center;">黃千芬教授回應</p> <p>要澄清觀測系統自發噪音非環境聲音，而是影響生物質的因素。需降低系統自發噪音，而非管制環境聲音。</p> |
| | <p style="text-align: center;">羅進明組長回應</p> <p>目前指引尚未達環評水準，若實踐證明對生物有危害的閾值存在，將納入指引。初版參考國外海豚研究，未來可能擴展至魚類、海龜等，需更具公信力的研究支持。海保署 6 年計畫將進行水下聲學和生態熱點的噪音量測，且當前版本雖無強制手段，但業者應配合調查。未來修正指引可能納入技術規範，待法制健全後，將有更多法律工具推動保護措施。</p> |
| | <p style="text-align: center;">許榮均特聘教授回應</p> <p>針對水下噪音對生物之衝擊，以「zones of noise influence」圖表為例進行回應說明。</p> |

| | |
|---|--|
| | 臺灣蠻野心足生態協會人士意見 |
| | <p>噪音對鯨豚影響需從保育角度討論，臺灣白海豚數量稀少且移動緩慢，無法迅速遠離噪音，僅靠聽力閾值保護明顯不足。應研究噪音對生態指標的影響，任何影響都應受到管制。另外，是否計入石首魚鳴唱尚待討論，若打樁時魚群合唱，魚聲數據是否排除則也需進一步研究。</p> |
| 7 | 許榮均特聘教授回應 |
| | <p>以石首魚為例，確實需要區分，若打樁跟合唱有重疊時間，確實要切開計算。</p> |
| | 黃千芬教授回應 |
| | <p>石首魚鳴叫特殊，且多發生於夜晚，因此可以獨立計算。如果能證明對環境造成影響，這樣的獨立計算將是最為合適的。</p> |
| | 科進柏誠顧問公司王■怡工程師意見 |
| 8 | <p>目前離岸風電要點檢核表 200 kHz 和水下噪音指引 192 kHz 要求的監測頻段有差異，想請教原因。</p> |
| | 許榮均特聘教授回應 |
| | <p>草案為配合市面儀器規格而修改頻段，以符合實際測量需求。</p> |
| | 楊瑋誠教授意見 |
| 9 | <p>針對《水下噪音指引》名詞解釋、測量方法、水下打樁閾值，這些部分應獨立做成小組討論。至於人為水下噪音參考聲閾值，除了 PTS、TTS 外，是否要新增遮蓋跟行為的部分？例如表 1「鯨豚及海龜之聽覺閾值表」中，並沒有標示各種鬚鯨的資訊，看起來像是只有 1、2 種鬚鯨資料就想套用到整個鬚鯨科，因此指引上的資訊還有待補充。</p> |
| | 羅進明組長回應 |
| | <p>我們對於這次指引也有做取捨，原預設納入所有環境噪音，但目前的資訊無法完整掌握，因此後續我們聚焦在海事工程噪音，而目前討論下來，這部分確實可以再討論。未來舉辦工作坊時也能把這些議題挑出來討論，以利聚焦、建立共識。</p> |

| | |
|----|---|
| | 臺灣蠻野心足生態協會施平兼職研究專員意見 |
| 10 | <p>海保署指引應保護海洋生態，但閾值 160 dB 是否足以達到保護目的？應從行政法三原則檢視。目前閾值僅避免 PTS 和 TTS，而《野保法》要求禁止騷擾，未涉及指引中的騷擾行為，必須考慮更嚴格的管控以回應立法者的要求。</p> <p style="text-align: center;">羅進明組長回應</p> |
| | <p>需考慮擴大保護區內生物的保護程度，預估噪音影響範圍達 1500 米或 3 公里。《水下噪音指引》應與一般區域區分，特別是在臺灣白海豚重棲區。《野保法》對保護區內規範嚴格，但修法可能增加對輕微騷擾行為的行政處罰，提高法規靈活性，更好地保護動物。</p> |
| 11 | <p style="text-align: center;">與會者意見</p> <p>環評針對離岸風場水下噪音量測方法設 3 量測點，要求各點 24 小時數據符合閾值。需區分脈衝和非脈衝噪音，例如近岸保護區內某些魚類鳴叫可能超過打樁噪音，我們需探討是否能區分自然和人為噪音，以及是否可不計入自然音（生物音）或排除數據。</p> <p style="text-align: center;">許榮均特聘教授回應</p> <p>要更完整修訂指引，不應混淆。或許下一版可加入每次打樁的全程監測值，以 95% 準則，我們會再仔細思考和編寫。</p> |
| 12 | <p style="text-align: center;">與會者意見</p> <p>目前相關單位禁止使用聲學驅離裝置，能否有條件開放？</p> <p style="text-align: center;">郭庭瑜技正回應</p> <p>指引上寫使用裝置時要留意對非目標物種的傷害，有保留的使用，較彈性規範，但還是要搭配環評參考。</p> <p style="text-align: center;">羅進明組長回應</p> <p>未來研修時都會納入思考。</p> |

| | |
|----|--|
| 13 | <p style="text-align: center;">與會者意見</p> <p>指引的文字應詳細說明，如生物的聲音可分離、打樁及非打樁期間噪音應分開計算，但目前指引上沒有詳細說明，在法律上來說，文字沒有寫，我們就無法施作，造成執行上會有所困難。此外，施工範圍中的人為水下噪音有包含船舶及生物音嗎？若要分開，是否在執行面會難以區分。</p> |
| | <p style="text-align: center;">許榮均特聘教授回應</p> <p>針對其他聲音是否要區分，確實要區分，以釐清權責，只計算跟自身有關的噪音。</p> |
| 14 | <p style="text-align: center;">與會者意見</p> <p>人為水下噪音參考聲閾值原本用意應該是要在哪裡量測呢？</p> |
| | <p style="text-align: center;">郭庭瑜技正回應</p> <p>我們適用於離岸風場等開發行為，聚焦於鯨豚與海龜，而提出該版本。</p> |

表 4-9：其他書面意見

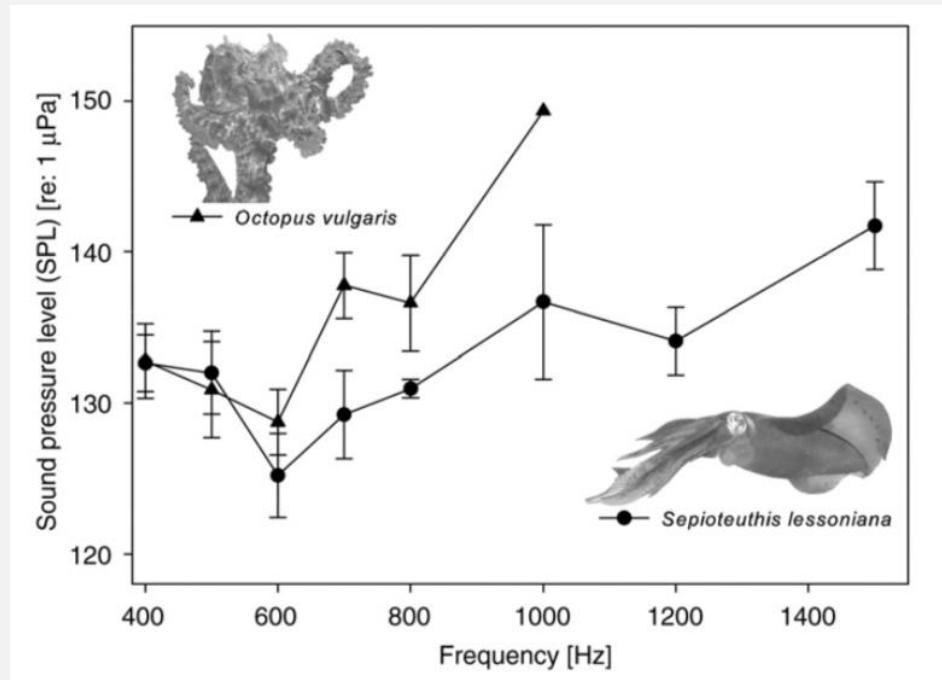
| 序號 | 問題與回覆 |
|----|---|
| | 天豐新能源股份有限公司林■齊開發總監意見 |
| 1 | <p>1. 《水下噪音指引》有加入主要保護對象不同聽力頻段方面的加權討論，這點非常有意義，建議再增添主要海域的噪音源，如：打樁、船舶、聲納等項目及其音頻，有利於了解更全面的狀況。</p> <p>2. 基於離岸風電水下基礎打樁所產生的噪音頻率主要小於 500 Hz，以及中、高頻海豚（臺灣海峽主要的保護對象）其聽覺的敏感區間等因素考量，評估能否借鑑西方國家作法，檢討非加權 SEL05、160Db 的閾值作法。</p> |
| 2 | 莫顯蓄榮譽教授意見 <p>1. 《水下噪音指引》宜改為《水下噪音管制指引》。</p> <p>2. 海域開發與利用：本指引宜加強減噪、噪音管制（含對海洋資源保護區）。</p> <p>3. 季節性及晝夜性：宜列出噪音不宜出現時間，如生殖期，黃昏至午夜。</p> <p>4. 注意鯨豚食物鏈的重要性：宜把重點由鯨豚延伸為鯨豚生態鏈。</p> <p>5. 《水下噪音指引》附表 1 灰鯨科：捲聲與哨叫聲應對調《水下噪音指引》表 1 聽覺閾值其意思是指動物在特定頻率之剛可聽到的音壓，並非指聽覺會受傷的音壓。</p> |
| 3 | 楊瑋誠教授意見 <p>1. 提及其他研究過瓶鼻海豚的學者指出其在 800~500Hz 在某個音量以上或超出那個範圍海豚也聽得到。「打樁噪音對海豚健康影響」的實驗是在不會對海豚造成 PTS 或 TTS 的門檻範圍進行實驗，實驗得出瓶鼻海豚會因噪音而產生行為上改變、可能進而影響到海豚的免疫系統。也有提到在實驗過後，受試的海豚也會回去交由訓練師訓練，確保海豚能正常維持生活機能。</p> <p>2. 針對海豚是否會受打樁噪音影響可參考「鯨豚聽力曲線」圖表，透過套疊就能得知是否有所影響。至於聲音在保護區邊</p> |

| | <p>界的數值應是多少現在還沒有結論。此外，聲音在保護區中心的音量又應該亦有待解決。</p> <p>3. 目前的指引雖無法一步到位，但或許可先關心臺灣白海豚、鼠海豚棲地內的音量。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--|---|--|---|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 4 | <p style="text-align: center;">嚴宏洋特聘講座教授意見</p> <p>本次工作坊上午場有三大主題：水下噪音指引法規面說明、水下噪音指引技術面說明、環境影響評估與海洋保育。下午場的兩場座談各自有四大議題要討論。鑑於討論時間總共只有兩小時，很難會有深入而具體的討論內容。因而本人就自己從事研究水生動物類聽覺神經生理三十多年的經驗，先行提出書面意見，以供主辦單位後續作業上的參考。</p> <p>A. 水生動物的聽覺生理反應</p> <p>想知道水下噪音會如何影響水生動物的行為和生理之前，我們應該先知道每種動物的聽覺靈敏曲線 (audiogram)。這曲線一般呈 V 字型 (如下圖，絲鰭毛足鬥魚，<i>Trichogaster trichopterus</i>)。X 軸顯示的是音頻 (frequency, Hz) 的範圍；而 Y 軸顯示的是音壓 (sound pressure, Db) 的高低。而絲鰭毛足鬥魚在 800Hz 時的音壓值最低約是 75.9 dB。因而對此種魚而言，其最佳的聽覺頻率 (best hearing frequency) 是 800 Hz (Yan, H. Y. 1998)。</p> <table border="1"> <caption>Data extracted from Figure 4-21: Audiogram of Trichogaster trichopterus</caption> <thead> <tr> <th>Frequency (Hz)</th> <th>Sound pressure level (dB re 1μPa) - with air</th> <th>Sound pressure level (dB re 1μPa) - without air</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>400</td> <td>~89</td> <td>~115</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>~79</td> <td>~111</td> </tr> <tr> <td>750</td> <td>~75</td> <td>~108</td> </tr> <tr> <td>1500</td> <td>~85</td> <td>~110</td> </tr> <tr> <td>2500</td> <td>~102</td> <td>~122</td> </tr> <tr> <td>4000</td> <td>~125</td> <td>~145</td> </tr> </tbody> </table> | Frequency (Hz) | Sound pressure level (dB re 1μPa) - with air | Sound pressure level (dB re 1μPa) - without air | 400 | ~89 | ~115 | 500 | ~79 | ~111 | 750 | ~75 | ~108 | 1500 | ~85 | ~110 | 2500 | ~102 | ~122 | 4000 | ~125 | ~145 |
| Frequency (Hz) | Sound pressure level (dB re 1μPa) - with air | Sound pressure level (dB re 1μPa) - without air | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 400 | ~89 | ~115 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 500 | ~79 | ~111 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 750 | ~75 | ~108 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1500 | ~85 | ~110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2500 | ~102 | ~122 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4000 | ~125 | ~145 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

水下噪音是否會影響水生動物，就要看噪音的頻率和音壓是否涵蓋了某一特定動物的聽覺靈敏曲線的範圍。以前述的絲鰭毛足鬥魚為例，若是噪音的音頻高於 4000 以上，或是音壓低於 75 dB（以 800 Hz 為例），那噪音就不會被絲鰭毛足鬥魚聽到，因而不會產生負面的生理影響。

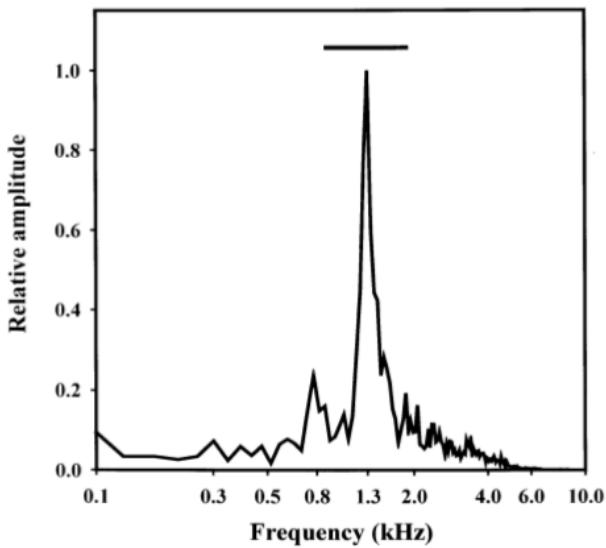
B. 不是每一種水生動物的聽覺靈敏曲線都一樣

我們實驗室對軟體動物的花枝 (*Sepioteuthis lessonian*) 和章魚 (*Octopus vulgaris*)，測定牠們的聽覺靈敏曲線。結果發現：章魚的聽覺頻率範圍約在 400Hz~1000Hz，而最靈敏的音頻是 600Hz，音壓約為 128dB。但是，花枝的聽覺頻率範圍約在 400Hz~1500Hz，而最靈敏的音頻也是 600Hz。但是音壓約為 125dB（如下圖，Hu et al. 2009）。

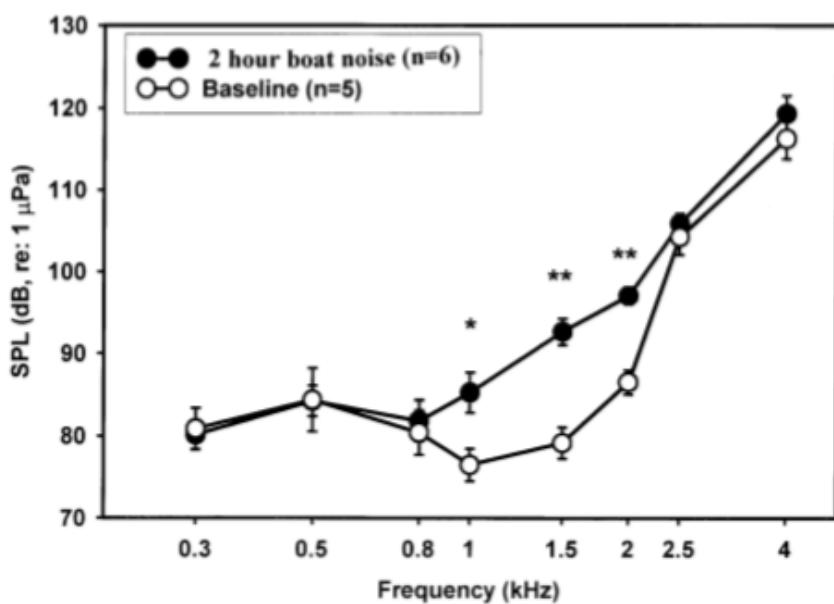


C. 船外機水下噪音對魚類聽力的影響

我的實驗室曾在美國肯塔基州的一個水庫內，實測一部 55 馬力的 Johnson 牌船外機，所產生的水下噪音。結果發現：這部船外機的音頻範圍約在 100Hz~6000Hz（如下圖）。而噪音的最大音壓在 1300Hz。整體而言：噪音最高音壓在 800Hz~2000Hz 範圍內（如下圖框內上方直線）。

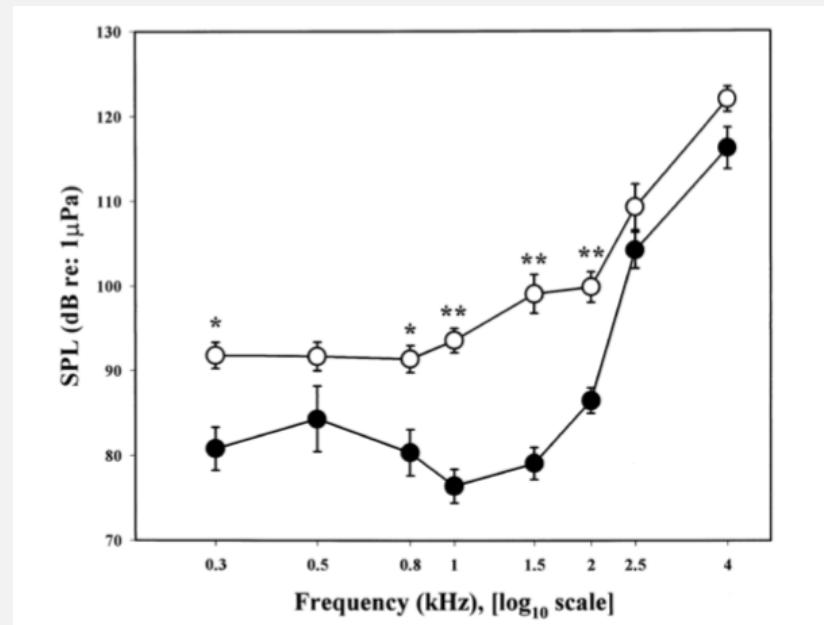


我們先用聽覺腦幹反應（auditory brainstem response, ABR）方法（Kenyon et al. 1998），量取肥頭鯽（*Pimephales promelas*）的聽覺靈敏曲線（如下圖空心曲線，基線值）。然後我們將這船外機的噪音，在水族箱內回播給肥頭鯽聽兩小時（最大音壓 142 dB；re 1 μ Pa），再重新測定牠們的聽覺靈敏曲線如下圖實心曲線）。結果發現：肥頭鯽在 1000Hz、1500Hz、2000Hz 的聽覺閾值（hearing threshold），與基線值相比，有顯著的提高。這是典型的因曝露在水下噪音後所導致的「暫時性聽覺閾值變動（temporary threshold shift, TTS）」的實例（Scholik & Yan, 2002a）。



D. 水下噪音對魚類聽覺能力的影響

我的實驗室曾將肥頭鯽分別曝露於白噪音（音頻範圍：300Hz-4000Hz；音壓 142 dB；re 1 μ Pa；白噪音是一種在各頻段上的功率都相同的聲音）1、2、4、8、24 小時，然後測試牠們聽覺閾值的變化。結果發現：只要 1 小時的曝露，各個測試的波長相關閾值，都有顯著的升高。而曝露於 24 小時白噪音的聽覺閾值，變化在 300Hz, 800Hz、1000Hz、1500Hz、2000Hz（如下圖空心曲線）與控制組（如下圖實心曲線）相比，有顯著的升高（Scholik and Yan, 2001）。

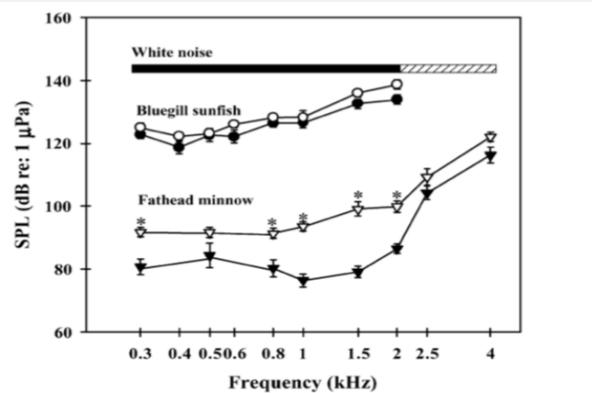


E. 不是每一種水生動物 對水下噪音的反應都一樣

以魚類而言，牠們的聽覺能力可以分為兩大類群：(1) 聽覺特化型 (hearing specialist)。如：鯉科魚類（如：上述的肥頭鯽）和鯈魚。因為有韋氏小骨（脊椎骨前三節特化而形成針狀構），連接內耳和氣鰓，可以將聲音透過魚體壓縮鰓內的氣體，所產生的共振波，傳達到內耳。因而這些聽覺特化型的魚類，能聽到的音頻可高達 5000Hz，而音壓可低到 80dB。(2) 聽覺普通型 (hearing generalist)。如：吳郭魚、鯛魚等。牠們沒特化的傳達共振波的解剖構造，因而能聽到的音頻不會高於 2000Hz，而音壓都要在 120dB 以上，才能聽到水下聲音。

我的實驗室曾以聽覺普通型的藍鰐魚 (*Lepomis macrochirus*) 為材料，重覆上述的對肥頭鯽的白噪音曝露實驗（但白噪音的音頻為 300Hz~2000Hz；音壓仍是 142 dB；re 1 μ Pa）。實驗結果顯示：白噪音對藍鰐魚的聽覺閾值，完全沒任何的負面影響（如下圖上方兩條圓

形曲線。黑實心控制組數據，空心圓白噪音曝露組)。換句話說：聽覺能力天生不靈敏的種類的魚，相對的也對環境中的噪音較不敏感 (Scholik & Yan, 2002b)。



F. 撰寫中的「水下噪音指引法規」所可能遇到的法庭上的挑戰

隸屬於美國商業部的國家海洋及大氣總署的國家海洋漁業局公佈的《2024 年的有關海洋哺乳類免於人為噪音對聽覺影響第三版的修正草案》(2024 Update to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 3 .0)Underwater and In - Air Criteria for Onset of Auditory Injury and Temporary Threshold Shifts) 清楚的定義了（脈沖波和非脈沖波）五大類水下噪音及空中兩大類噪音，對海洋哺乳類動物聽覺能力會造成傷害的音壓值（如下表）。

| AUD INJ Onset Criteria ^a (Received Level) PLEASE SEE TABLE NOTES TO FULLY UNDERSTAND SYMBOL MEANING | | |
|---|--|---|
| Hearing Group | Impulsive | Non-impulsive |
| UNDERWATER | | |
| Low-Frequency (LF) Cetaceans | <i>Cell 1</i> $L_{D,0\text{-pk,flat}}$: 222 dB $L_{E,p,LF,24h}$: 183 dB | <i>Cell 2</i> $L_{E,p,LF,24h}$: 197 dB |
| High-Frequency (HF) Cetaceans | <i>Cell 3</i> $L_{D,0\text{-pk,flat}}$: 230 dB $L_{E,p,HF,24h}$: 193 dB | <i>Cell 4</i> $L_{E,p,HF,24h}$: 201 dB |
| Very High-Frequency (VHF) Cetaceans | <i>Cell 5</i> $L_{D,0\text{-pk,flat}}$: 202 dB $L_{E,p,VHF,24h}$: 159 dB | <i>Cell 6</i> $L_{E,p,VHF,24h}$: 181 dB |
| Phocid Pinnipeds (PW) | <i>Cell 7</i> $L_{D,0\text{-pk,flat}}$: 223 dB $L_{E,p,PW,24h}$: 183 dB | <i>Cell 8</i> $L_{E,p,PW,24h}$: 195 dB |
| Otariid Pinnipeds (OW) | <i>Cell 9</i> $L_{D,0\text{-pk,flat}}$: 230 dB $L_{E,p,OW,24h}$: 185 dB | <i>Cell 10</i> $L_{E,p,OW,24h}$: 199 dB |
| IN-AIR | | |
| Phocid Pinnipeds (PA) | <i>Cell 11</i> $L_{D,0\text{-pk,flat}}$: 162 dB $L_{E,p,PA,24h}$: 140 dB | <i>Cell 12</i> $L_{E,p,PA,24h}$: 154 dB |
| Otariid Pinnipeds (OA) | <i>Cell 13</i> $L_{D,0\text{-pk,flat}}$: 177 dB $L_{E,p,OA,24h}$: 163 dB | <i>Cell 14</i> $L_{E,p,OA,24h}$: 177 dB |

但是臺灣對棲息於臺灣水域的海洋哺乳類動物、魚類、無脊椎動物的聽覺靈敏曲線，可說是僅限於我的實驗室，所量測出來的 11 種魚類(如下圖, Wu et al. 2009)和前述的兩種軟體動物(Hu et al. 2009)。

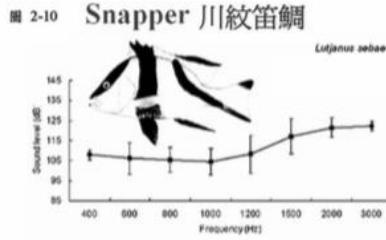
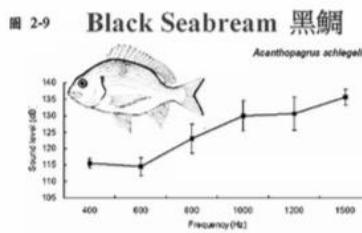
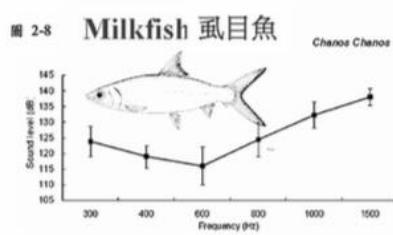
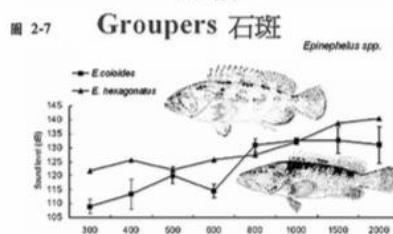
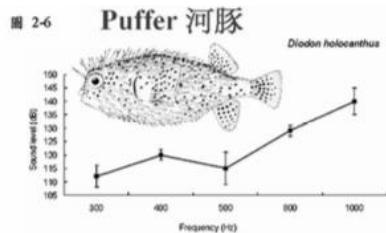
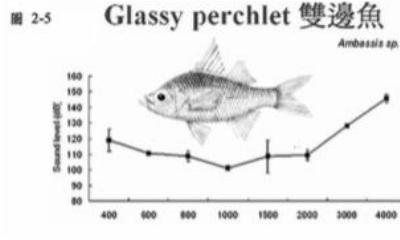
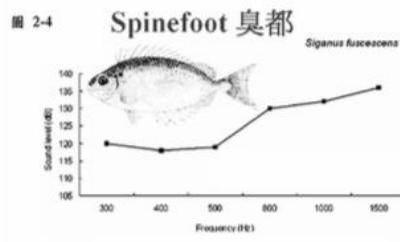
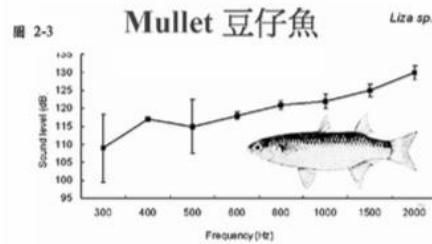
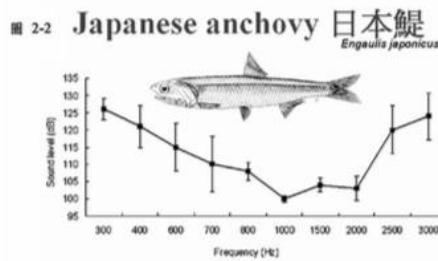
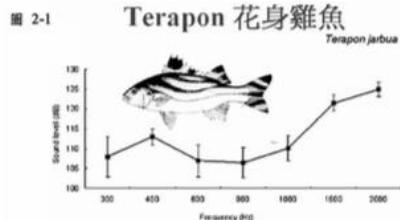


圖 2 11 種標的魚種的聽覺靈敏曲線(石斑魚共有兩種)

因而《水下噪音指引法規》所列舉的噪音音壓數字，很可能是抄錄自歐盟國家及美國的數字。除非是同一種類的動物，可以勉強適用外，而非相同種類的適用性就會有疑問。日後若是業者，因音壓值違反指引法規的數值，而被海保署開罰時，業者可能在法庭上挑戰指引法規的音壓值，沒對特定海洋動物物種有針對性時。很可能這份指引

法規在法庭上是會站不住腳的。因而《水下噪音指引法規》在制定時，應該將我這項疑慮列入考慮。

參考文獻

1. Hu, M.Y., Yan, H.Y., Chung, W.S., Shiao, J.C., and Hwang, P.P. (2009). Acoustically evoked potentials in two cephalopods inferred using the auditory brainstem response (ABR) approach. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A 153: 278–283.
2. Kenyon, T.N., Ladich, F., and Yan, H.Y. (1998). A comparative study of hearing ability in fishes: the auditory brainstem response approach. Journal of Comparative Physiology A 182: 307-318.
3. Scholik A., and Yan, H. Y. (2001). Effects of underwater noise on auditory sensitivity of a cyprinid fish. Hearing Research 152: 17-24.
5. Scholik A., and Yan, H. Y. (2002a). Effects of boat engine noise on the auditory sensitivity of the fathead minnow, *Pimephales promelas*. Environmental Biology of Fishes 63: 203-209.
6. Scholik A., and Yan, H. Y. (2002b). The effects of noise on the auditory sensitivity of the blurgill sunfish, *Lepomis macrochirus*. Comparative Biochemistry and Physiology Part A 133: 43-52.
7. Wu, Y.H., Yu, H.Y., Shao, I.T., Lee, Z.C., Lin, S.Y., Yan, H.Y., Hsu, C.H., Lee, C.P., Jian, H.H. (2009). The method using underwater sound in reducing fish entrainment and impingement at the cooling water inlets of nuclear power plants in northern Taiwan. TaiPower Engineering Monthly 733: 108-117.
8. Yan, H. Y. (1998). Auditory role of the suprabranchial chamber in gourami fish. Journal of Comparative Physiology A 183: 325-333.

4.3.2 新版《水下噪音指引》修正建議

本次噪音指引交流工作坊蒐集來自各界之《水下噪音指引》修正意見，其中較多人關注之議題與意見，可分類為環境保護、測量技術及法規層面三層面。相關內容及團隊提出之新版《水下噪音指引》滾動式修正相關建

議，詳見表4-10～4-12。此外，本案蒐集並參考之人為水下噪音相關文獻見表4-13。

表 4-10：《水下噪音指引》環境保護層面修正意見表

| 環境保護層面 | | |
|--------|--|---|
| 序號 | 意見 | 相關回應或法規修訂 |
| 1 | 「打樁噪音對海豚健康影響」的研究結果顯示，低頻及打樁噪音會影響海豚新成代謝及發聲行為。《水下噪音指引》應考慮討論「受到影響的物種」相關議題。 | 此議題範圍較大，建議委託單位研提相關議題進行專家討論，有共識後研提相關調查研究計畫，進一步對此議題深入研究。 |
| 2 | 風場需考慮全生命周期管理，包括運營期間的噪音問題，應將魚群納入監測範圍。此外，也應考慮環境背景音計算，設置多個測量點，以準確反映噪音情況、擴展噪音指引以涵蓋更多海洋生物和環境因素。 | 建議委託單位針對此議題進行下列行政作為： 1. 對已完成之風場規劃長期的營運水下噪音監測。 2. 魚群監測需開始考慮使用影像技術。 3. 監測點需規劃同步量測，並增加點位，以了解哺乳類在西海岸之即時迴游特性。 |
| 3 | 指引無法一步到位，建議先關心臺灣白海豚、鼠海豚。此外宜把重點由鯨豚延伸為鯨豚生態鏈，並列出噪音不宜出現時間（如生殖期）。 | 本指引為初版，以後將採滾動式修改，以因應對水中哺乳類其習性之進一步了解。至於生殖期之噪音規範，可以在往後版本考慮。 |

表 4-11：《水下噪音指引》測量技術層面修正意見表

| 測量技術層面 | | |
|--------|---|---|
| 序號 | 意見 | 相關回應或法規修訂 |
| 1 | 工程面跟生態面對於聽覺損傷的參數表以及在儀器的適應面上，標準皆有不同，故希望在計算噪音上能先有一個量化的標準。 | 量化的標準如現行指引表 1：「鯨豚及海龜之聽覺閾值表」所示，其依據之文獻來自美國大氣海洋局。 |
| 2 | 基於離岸風電水下基礎打樁所產生的噪音頻主要小於 500 Hz，以及中、高頻海豚（臺灣海峽主要的保護對象）聽覺的敏感區間等因素，評估能否借鑑西方國家作法，檢討非加權 SEL ₀₅ 、160dB 的閾值作法。 | 是的，本指引針對打樁噪音是使用非加權之 SEL ₀₅ 、160dB 之規範。 |

表 4-12：《水下噪音指引》法規層面修正意見表

| 法規層面 | | |
|------|--|---|
| 序號 | 意見 | 相關回應或法規修訂 |
| 1 | 本指引宜加強減噪、噪音管制（含對海洋資源保護區）相關條約，並更名為《水下噪音管制指引》。 | 與委託單位討論可行後，可於下版指引中修改。 |
| 2 | 環評針對離岸風場水下噪音量測方法設 3 量測點，要求各點 24 小時數據符合閾值需區分脈衝和非脈衝噪音，需探討是否能區分自然和人為噪音，以及明文規定是否可不計入自然音（生物音）或排除數據。 | 建議委託單位於環評會議中，對離岸風電開發案確實落實本指引之要求。另外自然音為自然界產生的聲音，無法排除於量測資料中，因此不建議排除自然音。 |
| 3 | 臺灣對臺灣水域海洋哺乳類動物、魚類、無脊椎動物的聽覺靈敏曲線可說僅限於嚴宏洋實驗室量測出來的 11 種魚類和花枝、章魚。同種類動物可勉強適用，非相同種類的適用性存疑。日後若業者因音壓值違反指引法規的數值而被海保署開罰，業者可能在法庭上挑戰法規音壓值未針對特定海洋動物物種進行規範。修訂下版《水下噪音指引》時，應該將此項疑慮列入考慮。 | 本指引現階段，只有哺乳類及海龜適用，其他物種尚未列入，因此針對沒有列入指引之物種不會有法律問題。 |

表 4-13：《水下噪音指引》相關參考文獻

| 編號 | 年代 | 來源國 | 作者 | 詳細資訊 |
|----|------|-----|---|--|
| 1 | 2018 | 比利時 | Rumes, B., & Debosschere, J. | Modelling the impact of pile driving on porpoise populations in the Belgian part of the North Sea. MEMOIRS, 117. |
| 2 | 2018 | 美國 | National Marine Fisheries Service (NMFS) | 2018 Revisions to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0): Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. U.S. |
| 3 | 2017 | 美國 | DoN (Department of the Navy) | Technical Report: Criteria and Thresholds for U.S. Navy Acoustic and Explosive Effects Analysis (Phase III). San Diego, California: SSC Pacific. |
| 4 | 2016 | 英國 | Verfuss, U. K., Sparling, C. E., Arnot, C., Judd, A., & Coyle, M. | Review of offshore wind farm impact monitoring and mitigation with regard to marine mammals. The Effects of Noise on Aquatic Life II, 1175-1182. |
| 5 | 2013 | 德國 | Koschinski, S., & Lüdemann, K. | Development of noise mitigation measures in offshore wind farm construction. Commissioned by the Federal Agency for Nature Conservation, 1-102. |
| 6 | 2011 | 丹麥 | Brandt, M. J., Diederichs, A., Betke, K., & Nehls, G. | Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. Marine Ecology Progress Series, 421, 205-216. |
| 7 | 2002 | 加拿大 | Morton, A. B., & Symonds, H. K. | Displacement of <i>Orcinus orca</i> (L.) by high amplitude sound in British Columbia, Canada. ICES Journal of Marine Science, 59(1), 71-80. |
| 8 | 2002 | 加拿大 | Johnston, D. W. | The effect of acoustic harassment devices on harbour porpoises (<i>Phocoena phocoena</i>) in the Bay of Fundy, Canada. Biological Conservation, 108(1), 113-118. |

第五章 總結

5.1 本案總結

本案於 2023 年 10 月 20 日啟動，期程至 2024 年 12 月 20 日。主要工作項目包括水下噪音調查、研擬《水下噪音指引》與籌辦交流工作坊。

水下噪音調查部分依本案契約以底錠式被動聲學監測系統於苗栗、臺中、彰化、臺南港嘴及臺灣白海豚重要棲地範圍佈置 8 監測點，每處收集資料至少 7 天，每半年進行 1 次調查(計畫期間至少調查 2 次)，團隊於 2024 年 9 月完成全部調查。《水下噪音指引》及交流工作坊部分，團隊已於 2023 年底擬定新版草案，並於委託單位審視修正後批准並對外公佈。為確認草案實施狀況，團隊於 2024 年 6 月 3 日在臺中集思新烏日會議中心舉辦「水下噪音指引交流工作坊」，邀集產、官、學界相關人士共同參與，廣納各方意見，做為下一版滾動式調整現行《水下噪音指引》之基礎。活動共計 76 人與會（含實體會議 37 人；線上會議 39 人）。

工作坊結束後，團隊旋即著手整理與會者針對現行公佈之《水下噪音指引》草案修正意見，並於嚴密檢視後召開工作會議，討論後於本報告提出修正下一版《水下噪音指引》草案之相關建議。

資料分析方面，各測點呈現不同生態特徵：臺中沿岸 (T1、CH 點位) 春季觀測期間捕捉到較穩定的聲學訊號，同時也記錄到其他海洋生物活動。彰化測區 (A1、HX 點位) 春季有相似發現，但夏季訊號相對較少，推測可能與季節性環境變化有關。所有監測點均記錄到石首魚科的合唱行為，這些魚類呈現規律的季節性活動模式：春、冬季約於 20:00 開始活動，夏、秋季則提前至 18:00。臺南測區 (G1、VS 點位) 的冬季調查中，在安平港附近觀察到臺灣白海豚活動。苗栗測區 (N1、PX 點位) 則在春季期間記錄到其他鯨豚類的聲學訊號。

本團隊後續仍將持續運用本次所蒐集的資料，若有獲得新的結果，將提供給委託單位，以利作為持續性研究與調查之基石。

5.2 後續調查建議

本案屬短期調查，難以確認本次所紀錄到之生物聲學活動是否屬偶發性事件，亦無足夠資料進行更詳細的生態分析。因此建議委託單位透過延長監測時間、增加點位和調整調查時段，獲得更為全面之水下噪音探測資料。由此，以下調查建議事項供委託單位參考：

- 一、建議延續 112-113 年調查，規劃 2 年期計畫，進行長期監測。
- 二、為增長時序觀察，調查可錯開 112-113 調查時段（11 月、4 月、6 月、9 月），建議為 3 月、7 月、10 月、1 月。監測時間宜加長為 16 天，以包含較完整潮汐周期。
- 三、調查地點建議如下：(1) 苗栗為離岸風場重點開發區域，臺南則為目前所知之臺灣白海豚行動南界，因此建議於相同點位進行佈放（2 處各 2 點，共 4 點位），以重點監測生物是否有閃避或更動行動範疇等特殊行為發生；(2) 臺中、彰化測得資訊較無生物特殊行為，建議擇不同點位佈放（2 處各 2 點，共 4 點位）；(3) 為深入觀察離岸風場對生物之影響，建議於雲林新增 2 點位進行監測。

上述建議望透過延長監測時間、增加點位和調整調查時段，獲得更為全面之水下噪音探測資料，深入了解其對海洋生態的影響，評估離岸風場對臺灣白海豚及其他海洋生物之潛在影響，為平衡綠能發展和生態保護提供重要參考。

參考文獻

1. 林子皓、林思瑩、余欣怡、周蓮香，離岸風場開發噪音對沿岸鯨豚類動物之衝擊，「風電月刊」，vol.九月，pp.10 10–18，2013。
2. 周蓮香、陳琪芳，中華白海豚族群生態與棲地環境噪音監測，「103 年度行政院農業委員會林務局委託研究計畫」，103103-林發-07.2-保-21，2015。
3. 張嘉茂、林佳宏、黃彥婷，成果報告書，「111 年臺灣西部沿海白海豚族群及水下活動監測與分析計畫」，海洋委員會海洋保署，112。
4. 黃鈺婷，風機的水下世界 從風場開始思考海洋 學者：需長期監測與永續管理「環境資訊中心」，2019 年 11 月 18 日。
5. 水下噪音測量方法，環署授檢字第 1080001171 號公告 NIEA P210.21B. 108.
6. Wang, J. Y., Hung, S. K. and Yang, S.C. (2004). Records of Indo-Pacific humpback dolphins, *Sousa chinensis* (Osbeck, 1765), from the waters of western Taiwan. *Aquatic Mammals* 30: 189-196.
7. Barros, Nélio & Jefferson, Thomas & Parsons, E.C.M.. (2004). Feeding Habits of Indo-Pacific Humpback Dolphins (*Sousa chinensis*) Stranded in Hong Kong. *Aquatic Mammals*. 30. 179-188. 10.1578
8. Weilgart, L. S. "The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management," *Canadian Journal of Zoology* , vol. 85 , pp. 1091 1116 , 2007
9. Parra, G. J., & Jedensjo, M. (2014). Stomach contents of Australian snubfin (*Orcaella heinsohni*) and Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousachinensis*). *Marine Mammal Science*, 30 (3) , 1184-1198.
10. Martin, B., Hillis, C., Miksis-Olds, J., Ainslie, M., Warren, J., and Heaney, K., *Atlantic Deepwater Ecosystem Observatory Network (ADEON) Hardware Specification*. Document 01412 Prime Contract No. M16PC00003, JASCO Applied Sciences for ADEON, 2018.
11. Siddagangaiah, S., et al., *Impact of pile-driving and offshore windfarm operational noise on fish chorusing*. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2021.
12. Siddagangaiah, Shashidhar, et al. "Silent winters and rock-and-roll summers: The long-term effects of changing oceans on marine fish vocalization." *Ecological Indicators* 125 (2021): 107456.
13. Siddagangaiah, S., *Assessing the influence of long-term offshore wind farm*

參考文獻

- noise on seasonal fish vocalization.*
14. Siddagangaiah, Shashidhar (corres aut), et al. "Impact of vessel transit on vocalizations of the Taiwanese humpback dolphin." *Diversity* 14.6 (2022): 426.
 15. Siddagangaiah, Shashidhar, et al. "Impact of pile-driving and offshore windfarm operational noise on fish chorusing." *Remote Sensing in Ecology and Conservation* 8.1 (2022)
 16. Buljan, A., *Taiwan to Become Second Largest APAC Offshore Wind Market*, in *offshore WIND*. 2020.
 17. Yang, F., J. Dian, and Z. Liu, *Can Taiwan's "2025 Non-Nuclear Homeland" policy achieve the expected carbon emission reduction goals?* Journal of Cleaner Production, 2022. 380: p. 134995.
 18. Hu, W.-C., et al., *Impact of vessel transit on vocalizations of the Taiwanese humpback dolphin*. Diversity, 2022. 14(6): p. 426.
 19. Qiao, L., *From 0 to 15GW by 2030: Four Reasons Why Taiwan is the Offshore Wind Market in Asia*, in *Global Wind Energy Council* 2020: Brussels, Belgium.
 20. Jack Butler, J.A.S., Mark J. Butler IV, *Underwater soundscapes in near-shore tropical habitats and the effects of environmental degradation and habitat restoration*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2016. 479: p. 89–96.
 21. Tait, R.I., *The evening chorus: a biological noise investigation*. 1962: Naval Research Laboratory, HMNZ Dockyard, Auckland.
 22. Cato, D.H., *Ambient sea noise in waters near Australia*. J. Acoust. Soc. Am., 1976. 60 (2): p. 320–328.
 23. Cato, D.H., *Marine biological choruses observed in tropical waters near Australia*. J. Acoust. Soc. Am, 1978. 64 (3): p. 736–743.
 24. McWilliam, J.N., Hawkins, A.D., *A comparison of inshore marine soundscapes*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 2013. 446: p. 166–176.
 25. Radford, C., Stanley, J., Tindle, C., Montgomery, J.C., Jeffs, A.G., *Localised coastal habitats have distinct underwater sound signatures*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 2010. 401: p. 21–29. R.
 26. Hin-Kiu Mok, S.-Y.L.a.K.-E.T., *Underwater Ambient Biological Noise in the Waters on the West Coast of Taiwan*. Kuroshio Science, 2011. 5-1: p. 51-57.
 27. Ainslie, M.A., Miksis-Olds, J.L., Martin, B., Heaney, K., de Jong, C.A.F., von Benda-Beckmann, A.M., and Lyons, A.P, *Underwater Soundscape and*

參考文獻

- Modeling Metadata Standard. Version 1.0. Technical report by JASCO Applied Sciences for ADEON Prime Contract No. M16PC00003. 2018: ADEON.*
28. Martin B, C.A.H., J. Miksis-Olds, M.A. Ainslie, J. Warren, and K.D. Heaney, *Hardware Specification. Document 01412, Version 2.3. Technical report by JASCO Applied Sciences for ADEON*. 2018.
29. Warren, J.D., Ainslie, M.A., Miksis-Olds, J.L., Martin, B., and Heaney, K.D., *Calibration and Deployment Good Practice Guide. Version 1.0. Technical report by Stony Brook University for ADEON Prime Contract No. M16PC00003*. 2018: ADEON.
30. Robinson, S.P., Lepper, P. A. and Hazelwood, R.A., *Good Practice Guide for Underwater Noise NPL Good Practice Guide*, 2014. 133.
31. Hydrographie), B.B.f.S.u., Standard Investigation of the Impacts of Offshore Wind Turbines on the Marine Environment (StUK4). BSH-Nr. 7003 for the German Federal Maritime and Hydrographic Agency. 2013.
32. Farina, A., Soundscape ecology: principles, patterns, methods and applications. 2013: Springer.
33. Farina, A., Ecoacoustics: A Quantitative Approach to Investigate the Ecological Role of Environmental Sounds. Mathematics, 2019. 7(1): p. 21.
34. DoN (Department of the Navy). (2017). *Technical Report: Criteria and Thresholds for U.S. Navy Acoustic and Explosive Effects Analysis (Phase III)*. San Diego, California: SSC Pacific.
35. National Marine Fisheries Service (NMFS). (2018). *2018 Revisions to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0): Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts*. U.S. Department of Commerce. NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-59, p.167.
36. Koschinski, S., & Lüdemann, K. (2013). *Development of noise mitigation measures in offshore wind farm construction*. Commissioned by the Federal Agency for Nature Conservation, 1-102.
37. Verfuss, U. K., Sparling, C. E., Arnot, C., Judd, A., & Coyle, M. (2016). *Review of offshore wind farm impact monitoring and mitigation with regard to marine mammals*. The Effects of Noise on Aquatic Life II, 1175-1182.
38. Rumes, B., & Debosschere, J. (2018). *Modelling the impact of pile driving on porpoise populations in the Belgian part of the North Sea*. MEMOIRS, 117.
39. Johnston, D. W. (2002). *The effect of acoustic harassment devices on*

參考文獻

- harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Bay of Fundy, Canada.* Biological Conservation, 108(1), 113-118.
40. Morton, A. B., & Symonds, H. K. (2002). *Displacement of *Orcinus orca* (L.) by high amplitude sound in British Columbia, Canada.* ICES Journal of Marine Science, 59(1), 71-80.
41. Brandt, M. J., Diederichs, A., Betke, K., & Nehls, G. (2011). *Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea.* Marine Ecology Progress Series, 421, 205-216.
42. Whittaker, Kerry, and Chelsey N. Young. "Status Review Report of the Taiwanese Humpback Dolphin *Sousa chinensis taiwanensis*." (2018).
43. Howe, Marian, and Marc O. Lammers. "Investigating the diel occurrence of Odontocetes around the Maui Nui Region using passive acoustic techniques1." *Pacific Science* 75.1 (2021): 147-161.
44. Shih, Yi-Che, et al. "The development of ocean governance for marine environment protection: Current legal system in Taiwan." *Frontiers in Marine Science* 10 (2023): 1106813.
45. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2024). *Sounds In the Ocean: Mammals.* Retrieved from <https://www.fisheries.noaa.gov/national/science-data/sounds-ocean-mammals>

附 件 一

「112-113 年度
水下噪音監測調查計畫」

期中審查委員意見
辦理情形彙整

「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」第一次期中報告審查

委員意見辦理情形

| 序號 | 委員意見 | 回覆 | 頁碼 |
|--------------|---|---|----|
| 莫委員顯蕃 | | | |
| 1-1 | <p>由於研究目的與步驟中列出七個項目，建議報告書中針對這七項均提出相關結果。例如，如何建立長期生物族群發聲行為的基線及相關結果。</p> | <p>感謝委員提供的專業建議，本報告已呈現之聲源包括來自魚類、蝦類和鯨豚的生物聲音(特別是白海豚)，以及來自船舶的人為聲音；然而本案第一次佈放為在安平港進行為期七天的監測。至於潮汐、月相和擊打等聲源對聲音位準的影響，則需額外的監測時間數據。</p> <p>另外本研究主要集中於被動聲學監測，近年海洋生態系統監測技術的進步使得能夠基於長期聲景監測估算物種出現的情況。以被動聲學監測取得的長期發聲表現將使我們高效地進行視覺調查。例如官方估計的臺灣白海豚數量(75 隻)是基於夏季進行的目視調查 (Whittaker, Kerry, and Chelsey N. Young. 2018)。其他季節則因地理和氣候的限制而未能進行目視調查。被動聲學監測可於此狀況下補充目視調查，並提供更多臺灣白海豚聲音之相關資訊，從而實現有效的目視調查。</p> <p>參考文獻：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Whittaker, Kerry, and Chelsey N. Young. "Status Review Report of the Taiwanese Humpback Dolphin <i>Sousa chinensis taiwanensis</i>." (2018). 2. Siddagangaiah, Shashidhar (corres aut), et al. "Impact of vessel transit on vocalizations of the Taiwanese humpback dolphin." Diversity 14.6 (2022): 426. | 19 |

| | | | |
|-----|---|---|--------------|
| 1-2 | <p>評估非生物因素對於生物發聲行為的影響，宜選定重點因素（如風暴對魚類、槍蝦或海豚發聲活動之影響）。</p> | <p>委員對非生物因素的重要性提出了關鍵問題，特別是風暴對生物聲學活動的影響。在 VS 和 G1 的監測期間，我們確認沒有顯著的降雨和任何極端事件（如洪水或颱風）。</p> <p>本案研究人員於先前研究已證明 VS 和 G1 觀察到的魚群鳴唱與彰化地區相似，而彰化地區的鳴唱物種在颱風期間保持寂靜(Siddagangaiah, Shashidhar, et al.2021)。此外，一些研究提出假設：即風暴期間與之後的河口淡水沖刷下充足的食物資源，故而令臺灣白海豚的聲學活動增加(Whittaker, Kerry, and Chelsey N. Young. 2018)。團隊尚未發表之研究成果亦可作為此假設之一項佐證，然而白海豚在颱風期間的聲學活動尚未解明，因此仍需藉由未來之長期監測進行進一步研究。</p> <p>參考文獻：</p> <ol style="list-style-type: none"> Whittaker, Kerry, and Chelsey N. Young. "Status Review Report of the Taiwanese Humpback Dolphin <i>Sousa chinensis taiwanensis</i>." (2018).Siddagangaiah, Shashidhar, et al. "Silent winters and rock-and-roll summers: The long-term effects of changing oceans on marine fish vocalization." Ecological Indicators 125 (2021): 107456. | 19； 23；29 |
| 1-3 | <p>因西海岸不只有一個海豚分布，建議提供其他出現在該海域海豚聲音（例如瓶鼻海豚、露脊鼠海豚等）之特徵資料，作為鑑定所得海豚聲音物種來源之用。</p> | <p>感謝評委指出監測區域存在其他鯨豚聲音，然而本計畫主要聚焦於臺灣沿海之瀕危白海豚。團隊已於過往的研究對白海豚聲音進行分析，得知其主要發出之七種口哨類型，並對其口哨和點擊聲進行時頻和聲學特徵分析 (Siddagangaiah, Shashidhar (Coress auth), et al.2022)。本次作業即依此特徵，分析並判斷出本次佈放所錄到的白海豚聲音。</p> <p>此外，由於臺灣較缺乏有關鯨豚聲音特性的研究，這嚴重影響了對發</p> | 21～22 |

| | | | |
|-----|--|---|-------|
| | | <p>出聲音的物種進行準確識別。然而，長期的聲學監測將有助於識別鯨豚的日日夜和季節性聲學存在，從而促進高效而有效的目視調查。</p> <p>參考文獻： Siddagangaiah, Shashidhar (corres aut), et al. "Impact of vessel transit on vocalizations of the Taiwanese humpback dolphin." Diversity 14.6 (2022): 426.</p> | |
| 1-4 | 由於海豚之哨叫聲有個體分別之特質，建議就出現位置建立哨叫聲型態之資料庫，作為個體時空分佈之訊息，有助了解群體結構之參考。 | <p>如問題 1-3 之回應所述，團隊分析人員已對臺灣白海豚之口哨和點擊聲進行時頻和聲學特徵分析，並識別其主要產生之七種口哨聲類型 (Siddagangaiah, Shashidhar (Coress auth), et al.2022)。此外，為捕捉鯨豚的時空聲學事件，我們需要在哺乳動物的棲息地的各位置進行長期監測，此為本案之主要目標。我們預期通過收集足夠的數據量來實現此目標。</p> <p>臺灣白海豚具強烈的群體凝聚力，委員之建議對於理解其社交行為和社交期間的聲學特性至關重要；然僅靠被動聲學監測將有所限制，此點可通過與視覺和現場調查結合來解決。</p> <p>參考文獻： Siddagangaiah, Shashidhar (corres aut), et al. "Impact of vessel transit on vocalizations of the Taiwanese humpback dolphin." Diversity 14.6 (2022): 426.</p> | 21～22 |
| 1-5 | 建議提供魚類詳細之時間頻譜圖，可注意黃昏時可能出現個體聲音的資料，有助了解夜間合唱魚種之種別。 | <p>感謝委員建議，團隊已計算出魚群鳴唱的譜和其功率譜密度(如報告圖 4-6 所示)。在 VS 觀察到的魚群合唱類型與團隊在彰化和苗栗的多個已發表研究中發現的 Type 1 合唱相似，而此類型被視為主要的魚群合唱類型之一。</p> <p>在團隊分析人員之前的研究中，個別呼叫的聲學特性被詳細描述為 Type 1 鳴唱 (Siddagangaiah, Shashidhar, et al. 2022)，其主要來自</p> | 26～27 |

| | | | |
|-----|---|---|-------|
| | | <p>具發聲特性的石首魚科 (Sciaenidae) 魚類。正如上述研究所強調，我們在臺灣海峽進行研究的文獻中，尚無法匹配到目前已知之具聲學特徵之特定魚種聲音。</p> <p>參考文獻：</p> <p>Siddagangaiah, Shashidhar, et al. "Impact of pile-driving and offshore windfarm operational noise on fish chorusing." <i>Remote Sensing in Ecology and Conservation</i> 8.1 (2022)</p> | |
| 1-6 | 分析人為噪音（如船隻）與魚群及海豚哨叫聲及主動聲納聲音之分佈時間是否有重疊，以了解兩者的關係。 | <p>感謝委員建議，團隊認識評估人為噪音影響的重要性，因此已評估了在監測位置發生的船舶過境（見圖 4-8），並觀察到 VS 點位船隻交通和噪音等級較高，但海豚活動多。</p> <p>此外，我們已經展示了在 VS 的魚類的增加的聲學活動（在魚群鳴唱的持續時間和強度方面）。儘管在這個監測位置船舶過境較多，但海豚的聲學活動有明顯的增加，這在報告的第 4.4~4.5 節有清楚的解釋。然而，要進一步研究人為噪音對聲音行為的任何影響，需要進行更長時間的監測。</p> | 23~29 |
| 1-7 | 第 20 頁，指出「由於其與船隻過境在 300-3500 Hz 頻率範圍內存在重疊」但第 21 頁「顯示較低頻率 60-250 Hz 的聲音級顯著受到安平港周圍船隻交通影響」這兩句話似乎有些出入。船隻聲音低於 300 Hz 並無重疊情況。 | <p>基於船舶引擎的不同，主頻和諧波頻率會產生變化。在提出這一觀點時，我們的意圖是表明船舶過境的主頻主要在低頻（60-250 Hz）範圍內。因此，在圖 4-4 中，我們進行了低頻（60-250 Hz）聲音位準的比較。然而，在監測區域內，有不同類型的船舶，諧波頻率可達到 3500 Hz；可以在報告的圖 4-4 中的頻譜圖中觀察到來自船舶過境的諧波。</p> <p>在一般的聲景研究中，評估低頻聲音位準是一種常見的做法。在圖 4-4a 中，我們提到了魚群鳴唱和船舶噪音的諧波在 300-3500 Hz 頻率範圍內的重疊。顯示這些重疊聲音的原因是為了傳達由於這個問題，我們沒有使用自動的魚群鳴唱檢測；相反，我們選擇手動標註魚群鳴唱的持續時間。這在報告的第 4.4 節中清楚說明。</p> | 23~24 |

| 邵委員奕達 | | | |
|-------|--|--|--------------|
| 2-1 | 調查結果顯示 N1、N2、N3 是船舶噪音，執行團隊有無辦法做 VS 及 G1 兩邊時間的比較，是否在船舶活動密度較高的時候，魚類的合唱密度較低，還是說兩邊並無關連性。因為本計畫目的為「人為噪音對生物活動的影響」建議期中報告應增加篇幅說明。 | <p>謝謝委員建議，團隊已經比較 VS 和 G1 的船舶過境發生次數(圖 4-8)。觀察到在 VS 的船舶過境比在 G1 更多，導致 VS 的聲音水平高於 G1 (圖 4-4 d)。</p> <p>為了了解船舶噪音對魚類發聲活動的潛在影響，必須了解魚類長期的發聲現象及其與海水溫度、潮汐、月相和風暴等非生物因素的相關性。因此，長期監測對於理解外部刺激(包括人為噪音)的任何影響至關重要。只有具有足夠數據來理解在監測站點魚類和鯨豚的發聲現象，我們才能評估噪音的影響。</p> | 19；28 |
| 2-2 | 關於 VS、G1 兩點之船舶噪音出現的時間點和活動強度是不一樣的，在之後橫向比較中，請比較不同樣點它離漁港、或離漁船作業樣區的直線距離關係，若非在航道上，或距離作業樣區比較遠的時候，我們可以預測它跟漁船活動的頻率大概會比其他樣點低。 | <p>正如報告書 4.4 節與圖 4-4 所提到的，團隊已注意到 VS 和 G1 的聲景相似，因為它們的距離約為 1.7 公里。我們觀察到在船舶過境時間上沒有顯著差異(圖 4-4)。距離漁港約為 2 公里，船舶過境的詳細數據請參見圖 4-8 和第 4.4 節。</p> <p>在 VS 和 G1 聽到的船舶過境頻率相似；然而，高頻 (500-3500 Hz) 諧波的聲音水平在 VS 更高 (圖 4-4 c、e)。</p> | 23～ 24；28 |
| 2-3 | 有關鯨豚的哨叫聲主要來自白海豚，如果以棲息地來說當然沒有問題，但提出的資料裡面其實佐證強度沒有這麼強，例如第 23 頁圖 4-3 有目擊資料，這是所有的海豚還是只有白海豚，這可能是比較好的佐證資料。 | <p>這個擔憂也被另一位評委提出(評論 1-3 和評論 1-4)，團隊已在報告中補充相關論述(4.3 節)。本計畫主要聚焦於臺灣白海豚，基於團隊之前對白海豚所發表之論文(Siddagangaiah, Shashidhar (Coress auth), et al.2022)，已研究分析過白海豚嘯叫行為。此外，臺灣需要進行更多的研究，以探討鯨豚的聲學發聲特徵，因為這個可能會嚴重影響對發聲物種的準確識別。</p> <p>長期的聲學監測將有助於識別鯨豚的日日夜和季節性聲學存在，從而有助於高效且有效地進行視覺調查。</p> | 21～22 |

| | | | |
|-----|---|--|----------------|
| | | <p>在本次報告中，我們評估與團隊先前研究中之白海豚聲學特徵相匹配的發聲行為，作為判斷臺灣白海豚聲音的依據。（Siddagangaiah, Shashidhar (Coress auth), et al.2022）。</p> <p>參考文獻：</p> <p>Siddagangaiah, Shashidhar (corres aut), et al. "Impact of vessel transit on vocalizations of the Taiwanese humpback dolphin." <i>Diversity</i> 14.6 (2022): 426.</p> | |
| 2-4 | <p>談到鯨豚族群以目前錄音方式，以大範圍定性調查的困難度都很高，以本計畫應該要做族群的定量，可以說他是聲音的大小、頻率的高低，但是聲音可以在水裡傳很遠，到底可以錄製多遠的距離，請團隊說明是否有在樣區裡面？</p> | <p>團隊先前對白海豚進行了詳細的聲學分析，並對白海豚的發聲類型進行了全面的特徵化，結果顯示白海豚主要產生七種哨聲類型。此外，我們對哨聲和點擊聲的時間頻率和聲學特徵進行了詳細的分析（Siddagangaiah, Shashidhar (Coress auth), et al.2022）。</p> <p>根據過往研究，海豚發聲的被動聲學監測檢測範圍通常在 2 公里左右（Howe, Marian, and Marc O. Lammers. 2021）。然而，在如 VS 和 G1 的噪音環境中，檢測範圍可能會減小。</p> <p>參考文獻：</p> <p>Howe, Marian, and Marc O. Lammers. "Investigating the diel occurrence of Odontocetes around the Maui Nui Region using passive acoustic techniques1." <i>Pacific Science</i> 75.1 (2021): 147-161.</p> | 19 : 21 ~22 |
| 2-5 | <p>魚不能分類群，其他的鯨豚種類也沒有分類，顯示在報告書中兩個樣區有類比槍蝦的聲音，一個樣區有另一個沒有，未來可多做比較不同類群之間的關聯，對本計畫比較有幫助。</p> | <p>這一擔憂也被另一位委員提出（評論 1-3）。在 VS 和 G1 的監測地點，我們僅檢測到一種魚群的聲音，並且我們無法從聲學記錄中識別其他魚類的呼叫。這種魚群的鳴唱類型</p> | 26~27 |

| | | | |
|--------------|--|---|-------|
| | | <p>在圖 4-6 a 中有所示，其詳細的聲學特性在附錄圖 1 和附錄表 1 中呈現（請參見評論 1-5）。</p> <p>此外，在臺灣，缺乏有關鯨豚聲學發聲特性的研究 (Shih, Yi-Che 等, 2023)，這可能嚴重影響對發聲物種的準確識別。然而，長期的聲學監測將有助於識別鯨豚的白天和季節性聲學存在，從而有助於以高效且有效的方式進行視覺調查。</p> <p>參考文獻：</p> <p>Shih, Yi-Che, et al. "The development of ocean governance for marine environment protection: Current legal system in Taiwan." <i>Frontiers in Marine Science</i> 10 (2023): 1106813.</p> | |
| 羅委員進明 | | | |
| 3-1 | 從目前已執行水下聲學監測佈放的兩個點位 VS、G1，皆錄製到白海豚的聲音，令人振奮，想請問其蚵棚位置應相當近，因資訊相對有限且以量測時間及季節時段，如要結合生物的覓食習性及活動範圍加以分析，目前的量測佈放時點，尚可以有哪些建議，或是已足夠。 | <p>是的，牡蠣養殖場距離監測地點約 600 米。為了得出任何確定的結論並實施特定物種的保護政策，長期調查是必不可少的。臺灣作為一個發達國家，迫切需要持續進行海洋監測調查，制定有影響力的海洋政策，這與紐西蘭、澳大利亞、日本和歐洲的實踐相似 (Shih, Yi-Che, et al., 2023)。</p> <p>參考文獻：</p> <p>Shih, Yi-Che, et al. "The development of ocean governance for marine environment protection: Current legal system in Taiwan." <i>Frontiers in Marine Science</i> 10 (2023): 1106813.</p> | 29~30 |
| 3-2 | 蒐集國內外文獻、調查報告資料等之進度如何，歐盟等相關海洋生物之技術規範，初步那些值得國內借鏡或參考。 | 本案自 2023 年 10 月 20 日啟動，團隊即與委託單位密切研商、擬定新版水下噪音指引草案，並蒐集之各國水下噪音指引擬定相關文獻，文獻資訊見表 2-2。 | 14 |
| 3-3 | 為滾修水下噪音指引之內容，辦理交流工作坊聽取各界意見至關重要，請問目前的規畫邀請參加對象為何？人數預計多少？議題設定及資訊引導等，請儘早提供 | 「水下噪音指引交流工作坊」於 2024 年 2 月起提交執行工作計畫書，並逐步確認、修訂細項及議程內容。該計畫書於同年 4 月奉委託單位簽核通過，6 月 3 日於臺中集思新烏日 | |

附件一 期中審查委員意見辦理情形彙整

| | | | |
|-----------------------|--|---|-------|
| | 本署確認後執行。 | 會議中心順利舉辦，相關成果呈現於第二次期中報告。 | |
| 3-4 | 根據報告內容提到監測地點的船隻交通，第 25-27 頁目前成果顯示，VS 點位船隻交通和噪音等級較 G1 點位高，但海豚活動多，有必要增加測站並延長監測時間，除了聲音的監測是否有其他環境因子，是鯨豚量多的原因？團隊的看法如何或建議為何？ | <p>感謝評委理解並正確解釋報告中呈現的結果。在修訂後的報告中，我們已補充有關儘管船隻活動增加，VS 位置魚類聚集亦較多的相關結果。</p> <p>為瞭解白海豚在聲學存在方面與魚類聚集的關係，團隊建議委託單位提供更多資源進行更長時間的監測，並研究船隻噪音是否對白海豚聲學行為產生影響。</p> | 28~29 |
| 張委員楊祺（依書面意見記錄） | | | |
| 4-1 | 請補充說明監測計畫是如何規劃四個海域的監測時程、測站代碼、以及選址的理由。 | 本次監測海域由委託單位指定，時程則為團隊配合委託單位需求協商後訂定。監測代碼與位置為團隊分析人員選擇指定海域之與其先前曾監測區域之交集，以便進行新、舊資料分析比對。 | |
| 4-2 | 環境資源部前身不是環境保育署。 | 感謝委員提醒，已更正內文。 | 11 |
| 4-3 | 聲學辨識由一位經過培訓的技術人員進行，該人員是經過何種培訓，使其具備該能力與資格？ | 執行聲學識別的技術人員由 Shashidhar 博士進行培訓，並且在 2017-2022 年於苗栗地區進行的長期監測調查中，有識別白海豚鳴叫的經驗。Shashidhar 博士亦在使用其資料前進行檢證以確保正確性。該技術人員已與團段成員共同發表論文 (Siddagangaiah, Shashidhar (Coress auth), 等人, 2022 年)，並尚有一篇關於苗栗長期監測調查中白海豚鳴叫的研究尚未發表。在附圖 2 中，已於發表稿件對參與手動注釋白海豚鳴叫的技術人員致謝。 | 21 |
| 4-4 | 請加強說明圖 4-3 (a)(b) 的意義，圖形不是那麼直觀，因為座標軸兩者皆為時間尺度，而呈現的資料為口哨聲的次數，圖形又有內插。 | 圖（修改版標號圖 4-5）中我們闡明了每個監測日的哨聲計數(x 軸)在特定小時(y 軸)的情況，實際的哨聲計數以黑色等高線(z 軸)呈現。值得注意的是，我們並未使用插值。此外，VS 和 G1 檢測到的哨聲的確切數量在圖 4-5c 中呈現。 | 25 |
| 4-5 | 是否可以從口哨聲的次數推估白海豚在該海域活動的族群數量？依據圖 1-2 的「族群監測」階 | 評審已經提出一個重要的擔憂，呼應了另一位評審在評論 1.1、1.3 和 1.4 中提出的類似觀點。我們在報告 | 19 |

附件一 期中審查委員意見辦理情形彙整

| | | | |
|-----|----------------------------------|---|----|
| | <p>段，似乎可以達成該目標。</p> | <p>中已經詳細闡明了被動聲學監測的重要性並承認其局限性。</p> <p>本研究主要集中在被動聲學監測，利用海洋生態系統監測技術的最新進展，通過長期的聲景監測來估算物種的出現。長期的聲學監測使我們能夠進行高效且有效的視覺調查。例如臺灣白海豚的官方統計數量（75隻）估算是基於 2018 年夏季進行的視覺調查（Whittaker, Kerry, and Chelsey N. Young., 2018）。由於地理和天氣限制，其他季節無法進行視覺調查。在這種情況下，被動聲學監測作為一種有價值的補充，提供了有關白海豚聲音存在的額外見解，並促進了與視覺調查的有效整合。</p> <p>參考文獻：</p> <p>Whittaker, Kerry, and Chelsey N. Young. "Status Review Report of the Taiwanese Humpback Dolphin <i>Sousa chinensis taiwanensis</i>." (2018).</p> | |
| 4-6 | <p>是否有 AIS 的資料可以驗證船隻經過測點的數量？</p> | <p>由於鄰近安平港，我們推斷 AIS 船舶導航數據是可以獲取的。然而，在本報告中，我們已經評估了監測期間監測位置的船隻過境頻率。有關詳細信息請參閱圖 4-8 和第 4.4 節。</p> | 28 |

附件一 期中審查委員意見辦理情形彙整

**「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」第二次期中報告審查
委員意見辦理情形**

| 序號 | 委員意見 | 回覆 | 頁碼 |
|--------------|---|---|---------------|
| 莫委員顯喬 | | | |
| 1-1 | P.10-11 回收作業年份 2023 年應為誤植，請更改為 2024 年。 | 感謝委員意見，已進行修正。 | 10 、 11 |
| 1-2 | P.5 表 1-2「第 1 季調查重點摘要」是指臺南 (G1&VS) 宜註明清楚。 | 感謝委員意見，已進行修正。 | 5 |
| 1-3 | P.18 第四行 Taiwanensis 大寫 T 應改為小寫 t。 | 感謝委員意見，已進行修正。 | 18 |
| 1-4 | P.19 「黃昏後時段」可考慮改為「晚上」。 | 感謝委員意見，已進行修正。 | 19 |
| 1-5 | P.20 「本研究獲得的結果與我們正在進行的長期工作結果一致」這段文字建議修改，或增加參考文獻支持論述。 | 感謝委員意見，已對文字論述進行修正。 | 25 |
| 1-6 | 建議補充參考文獻，以支持本案所提偵測到中華白海豚的聲音或相關魚類、鯨豚聲音辨識的依據。 | 感謝委員意見，已於內文補充專門識別白海豚聲音之方式及相關參考文獻。 | 15 、 16 |
| 張委員楊祺 | | | |
| 2-1 | 第 1 季調查顯示臺南外海有許多白海豚活動，建議蒐集附近海域的生態調查計畫資料(如臺江國家公園研究計畫)，及訪談相同海域蚵農的實際觀察，以期了解該海域是否提供白海豚覓食的機會，佐證研究發現。 | 感謝委員建議，因本案資源有限，執行蚵農訪談需另覓相關支援，此部分團隊將再與委託單位聯繫、討論，並盡量整合並補充現有之多元資料及研究成果，豐富本案計畫內容。 | |

| | | | |
|-----|--|---|----|
| 2-2 | 圖 2-2 與對應的說明有差異，文字描述錨碇鋼鐵架是將麥克風固定於「繩索」上，但是圖片顯示為框架上。 | 感謝委員意見，已進行修正。 | 9 |
| 2-3 | 第二季資料顯示苗栗沒有白海豚活動，但是低頻聲音所代表的船隻數量變多。由於資料只是短期的監測結果，建議研究團隊蒐集近 10 年這 3 個海域白海豚調查資料，進行系統性的分析，以期佐證本計畫的研究成果。至於船隻的數量，則可藉由蒐集並篩選 AIS 的資料，來驗證苗栗船隻數量變多的論述。 | 感謝委員建議，團隊將再與委託單位聯繫、討論，盡量整合並補充現有之多元資料及研究成果，豐富本案計畫內容，並呈現於本案期末報告。 | |
| 2-4 | 圖 3-4 圖說有關 c 與 d 的部分有誤。 | 感謝委員意見，已進行修正。 | 20 |
| 2-5 | 建議研究團隊進行水下噪音指引編撰時，要紀錄每個版本調整的重點與修正原因，做為未來再次改版的基礎。 | 感謝委員意見，目案已完成「水下噪音指引交流工作坊」辦理，並蒐集各界針對現行〈水下噪音指引〉草案修改意見。團隊將針對上述意見，再行檢視該草案，並與委託單位進行充分討論後，提出修訂建議。相關成果預計呈現於本案期末報告。 | |

邵委員奕達

| | | | |
|-----|---|--------------------------|---|
| 3-1 | 本次期中報告滿足調查計畫要求，初並步勾勒當前西海岸潛力風場的水下聲景狀態。然而，以下若干意見或許可以增加本報告的完整程度。 | 感謝委員，團隊將持續努力增加報告完整度。 | |
| 3-2 | 測站 N1、PX、A1 與 VS 為調整過後的位點。其調整理由或許在先前的報告有說明，但在這次報告紙本中可能還需要附加解釋其原因。 | 感謝委員意見，已於表 1-1 補充點位調整原因。 | 4 |

附件一 期中審查委員意見辦理情形彙整

| | | | |
|--------------|---|--|----|
| 3-3 | <p>在不同位點，報告中敘述了船隻噪音的強度與發生頻率有差異。是否可以在位點描述中，先標示或說明主要航道或漁船作業熱區位置。</p> | <p>本次報告透過聲學監測，列出每個監測站出現之船隻數量，然而被動聲學監測錄音未能呈現航運與漁船路線之聲學特徵，相關資訊須另覓其他支援。此部分團隊將再與委託單位聯繫、討論，並盡量整合並補充現有之多元資料及研究成果，豐富本案計畫內容。</p> | 23 |
| 3-4 | <p>在發聲生物活動的部分，報告所呈現的多為較長時間軸的分析不同樣點的聲景特性。由於生物的活動有隨機性，所以所收錄的聲音可能多為突發的事件，但是若要說明不同來源的聲音彼此之間是否有影響時，可能更需要縮短分析的時間軸，例如，船舶噪音發生的前幾個小時，船舶噪音發生地當下與船舶噪音消失後數個小時海豚發生的次數或強度，如此或者更能說明海豚活動是否會受船舶交通的影響。除此之外，從聲景的角度看石首魚合唱與海豚活動頻率的關聯性也應該很有趣。</p> | <p>根據現有監測資料，船隻通過期間（含通過前、通過時、通過後），皆未發現任何特殊之海豚發聲變化。上述建議更適合與視覺觀察相輔相成，因而將與委託單位協調，討論未來之相關計畫可以考慮搭配視覺與聲學調查結果，以確認海豚對船隻噪音之聲學反應。</p> | |
| 3-5 | <p>在位點之間的敘述統計（例如圖 3-4、3-7 或 3-11 等）可以嘗試以地點和時間做多變因分析，或者乾脆以 MDS 的方式比較區域或時序間的聲景組成差異。</p> | <p>由於數據監測期僅為 7 天（168 小時），因而難以使用任何多變量統計分析方式取得可靠成果。若需使用相關分析方式，監測時間至少需延長至每個季 2 至 3 個月，此後將與委託單位討論相關可能性。</p> | |
| 羅委員進明 | | | |
| 4-1 | <p>本報告建議有摘要，以整體說明目前之執行進度及重點成果。</p> | <p>感謝委員意見，已進行相關補充。</p> | 1 |

附件一 期中審查委員意見辦理情形彙整

| | | | |
|-----|--|--|----|
| 4-2 | <p>P.25 調查結論提到苗栗風場區域魚類的聲音活動減少，甚至全無白海豚的聲學活動，此結果與本署另一白海豚監測計畫所獲得的資訊接近，團隊建議增加監測點位和時間，或許可就二計畫之調查成果進行對照，有助於未來期末時提出相關監測建議的參考。</p> | <p>感謝委員建議，團隊將再與委託單位聯繫、討論，盡量整合並補充現有之多元資料及研究成果，豐富本案計畫內容，並呈現於本案期末報告。</p> | |
| 4-3 | <p>根據 6 月 3 日舉行之水下噪音指引交流工作坊，與會各界專家及代表之意見，是否可歸納幾點具體可供作為下一版指引之重點方向或意見。</p> | <p>感謝委員意見，已將相關內容補充於表 4-10。</p> | 54 |
| 4-4 | <p>海洋生物包括鯨豚、海龜等之聲閾值在實驗不易的前提下，水下噪音指引在規範相關標準方面，團隊有何建議，如運用圈養動物進行實驗，此可能性如何？抑或國際上參採的做法為何？</p> | <p>感謝委員意見，本案已於今年辦理之「水下噪音指引交流工作坊」蒐集各界針對現行〈水下噪音指引〉草案之修改意見。團隊將針對上述意見，並與委託單位進行充分討論後提出修訂建議。相關成果預計呈現於本案期末報告。</p> | |

附件二

「112-113 年度
水下噪音監測調查計畫」

期末審查委員意見
辦理情形

「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」期末報告審查

委員意見辦理情形

| 序號 | 委員意見 | 回覆 | 修改範圍 |
|--------------|--|--|-------------------|
| 張委員楊祺 | | | |
| 1-1 | 針對第一、二次期中審查個人所提的建議有關船隻數量，執行單位是否有比對該地區該時段 AIS 資料驗證？ | 以聲學資料而言，船舶聲音較易於辨識，與鯨豚聲音差異較大，因此本案未採用 AIS 資料進行驗證，未來執行委託單位計畫將積極採用此資料，精進研究品質，努力達成委託單位要求。 | |
| 1-2 | 在不同的監測區位使用兩種監測系統(底碇與浮標)，是否因為考量環境特性設計不同的聲學設備部署策略？如果是，建議將這些考量因子放入報告以供後續研究參考。 | 感謝委員建議，已新增 2.6 節補充說明每季調查方式、使用原因並提出相關經驗與建議。 | 頁 2-21～ 頁 2-22 |
| 1-3 | 報告在 P 3-1 說明資料處理與聲學辨識方式，但是稍嫌簡略，尤其計畫著重於白海豚之辨識，建議詳細說明鯨豚聲紋之辨識方式，作為分析結果可信度之佐證。 | 感謝委員建議，已於本報告 3.1 節增加在西海岸除白海豚外，有觀察記錄的 8 種鯨豚做說明，並以其中 5 種有搜集到聲紋資料的鯨豚做說明，這些資料可以明顯看出，這些聲紋資料與白海豚有很明顯的不同，白海豚的哨叫聲頻率範圍較低，加上我們跟 peer review 的論文結果比較，確認這些聲音是白海豚的聲音。 | 頁 3-1～ 頁 3-6 |
| 1-4 | 承上，臺灣西部海域有大量的瓶鼻海豚出沒，執行單位如何確認所辨識得的鯨豚哨叫聲一定是白海豚的哨叫聲？報告書呈現聲學訊號分析結果，如果可行是否也能以電子檔方式提供海保署執行單位辨識得到的鯨豚哨叫聲圖資，並在報告中補充辨識的訊號實例。 | 感謝委員意見，在西海岸比較常見鼠海豚，僅有喀答聲，沒有哨叫聲，至於瓶鼻海豚的哨叫聲頻率範圍在 8-22kHz 之間，比白海豚的哨叫聲頻率要高。相關內容補充於本報告 3.1 節。 | 頁 3-1～ 頁 3-6 |

附件二 期末審查委員意見辦理情形

| 序號 | 委員意見 | 回覆 | 修改範圍 |
|-----|---|---|-------------------------|
| 1-5 | 報告中提及魚群合唱聲在300–3500 Hz 範圍內重疊潮汐及船隻噪音，需人工標註以補充自動化算法不足。由於報告中並未說明自動化算法之細節，請問人工標註的過程中是否有進行交叉驗證以提高準確性？是否考慮未來開發更精準的自動化算法？ | 感謝委員意見，本次分析人員使用之計算方式確實有改善空間，為補足此部份，團隊已另行補強分析標註方式與內容，並將採用方法補充於3.1節。此外，第三章中顯示鯨豚與魚類聲學資料圖亦重新撤換為更正確的版本（本報告圖3-9、3-10、3-13、3-15、3-20、3-27、3-28、3-34、3-35）。將來團隊亦會持續精進更精準的自動化算法，精進研究品質。 | 頁3-1 |
| 1-6 | 報告P3-6第3.3.1節-「10-250 Hz 的低頻範圍的聲音位準顯著受到潮汐和人為持續噪音的影響（見圖3-6）」；P3-16中-「1/3倍頻帶中的聲壓級顯示，40-50 Hz 頻帶的聲壓位準上升主要是由潮汐噪音引起的」，由於報告中並未說明任何分析與證據支持本論述，亦無任何潮汐資料可以交叉比對，請執行單位補充該論述之資料與分析討論。 | 感謝委員意見，該方法參照以下文獻作為分析論述理據，已將此文獻補入參考文獻。 Martin, B., Hillis, C., Miksis-Olds, J., Ainslie, M., Warren, J., and Heaney, K., <i>Atlantic Deepwater Ecosystem Observatory Network (ADEON) Hardware Specification</i> . Document 01412 Prime Contract No. M16PC00003, JASCO Applied Sciences for ADEON, 2018. | 參-1 |
| 1-7 | 報告P3-12未確認鯨類發生的時間分布，既然無法確認，但又推測可能為偽虎鯨或印太露脊鼠海豚，這兩類的鯨類發生頻率是否是在5-48kHz可被偵測，建議提出相關文獻佐證。 | 依前面補充的鯨豚聲音特性，團隊由聲紋特徵最新判斷檢測到鯨類聲音為鼠海豚及瓶鼻海豚，另有一種聲紋位足以判斷種類特徵，但其聲紋比較像瑞氏海豚。相關內容補充於3.3.5節，判斷方式可參考3.1節。 | 頁3-1～ 頁3-5； 頁3-16 |
| 1-8 | 報告多次提及2種魚類合唱，確認一種為臺灣叫姑魚，另一種則未確認，但是未確認之魚種為何引用文獻？ | 感謝委員意見，經團隊重新審視，能確認魚群合唱皆為石首魚科，但須更精確的資訊尚能完全確認屬於何種魚類，因此已拿掉相關引用文獻，並將相關說明補充於本報告3.6.2節。 | 頁3-33～ 頁3-34 |

附件二 期末審查委員意見辦理情形

| 莫委員顯蒿 | | | |
|-------|---|---|-------------------|
| 2-1 | 報告中稱西部沿海之海豚為白海豚或臺灣白海豚，建議採相同之名稱”臺灣白海豚”。 | 感謝委員提醒，已全部進行修正，謝謝。 | 第 1、3、4、5 章 |
| 2-2 | 報告中英文摘要海豚的種名要用斜體字，建議列出亞種名稱 <i>Sousa chinensis taiwanensis</i> | 感謝委員提醒，已全部進行修正，謝謝。 | 中、英文摘要 |
| 2-3 | 本報告在水下噪音監測調查之生物聲音部分，以石首魚和海豚為重點，由於這兩類動物有被捕食者（prey）及捕食者（predator）之關係，因此其喀答聲（click）資料之分析極為重要，可惜此項分析未在本調查中受到注意。 | 感謝委員的提示。本次未特別注意到這個問題，因而無法確認掠食者（海豚）與被掠者（石首魚）之間的互動行為。此問題值得後續關注，團隊未來將對此進行更深入的探討。惟本次的觀測顯示臺灣白海豚會因覓食之故，不畏吵雜的噪音環境，如船舶噪音，顯示臺灣白海豚是相當積極的掠食者。但這些行為仍需後續調查尚能確認。 | |
| 2-4 | 報告中指出有兩型魚類的聲音，此兩型聲音之放大時頻譜圖、波型圖等資料未見列出。 | <p>臺灣沿海石首魚叫聲的聲學特性顯示出一定的脈衝數、叫聲持續時間、脈衝間隔與峰值頻率等可量化參數，整體而言，一個典型的叫聲由多個脈衝組成，平均可達十數個脈衝，持續時間約在百毫秒左右，脈衝間隔穩定在十數毫秒的範圍，峰值頻率則多落在數千赫茲的頻段上。</p> <p>雖然這些特徵使研究者得以初步區分出不同類型的叫聲，然而考量環境中水聲傳播條件的多變與不確定性，以及個體間行為與生理差異所帶來的變化，這些分類仍需以更審慎的方式面對。觀察發現石首魚在夜間的發聲活動明顯較為活躍，特別是在 18:00 至 22:00 之間，期間可記錄到高達 132 dB re 1μPa 的聲壓級，這種時間性的變化模式可能與潮汐週期及水溫變化有關。</p> <p>相關內容及圖片已補入 3.6.2 節。</p> | 頁 3-33～ 頁 3-34 |

附件二 期末審查委員意見辦理情形

| | | | |
|------|--|---|-------------|
| 2-5 | 報告中常用”日間魚群合唱”，但資料顯示魚類聲音卻以黃昏及夜間出現為主。 | 感謝委員提醒，已將易混淆名詞進行修正。 | 第3章 |
| 2-6 | 本報告之調查四個作業調查區(處)中沒有一個有四季的資料，至為可惜。建議未來可規劃一季當中有四個調查區都有的資料。 | 感謝委員建議，已向委託單位討論相關建議，做為延續性計畫規劃參考。 | |
| 2-7 | P 3-14 頁臺灣叫姑魚之學名應寫成 <i>Johnius taiwanensis</i> 以斜體字呈現。 | 感謝委員提醒，由於經團隊仔細確認後，認為現階段應更謹慎處理魚類合唱是否確實來自臺灣叫姑魚，因此先取下該魚種，並將相關內容補充於 3.6.2 節。 | 頁 3-33 |
| 2-8 | 宜提出判別白海豚哨叫聲所屬種別的依據。 | 感謝委員意見，已補充相關內容，報告之圖 3-1 為白海豚之 8 種聲音類型，此外另舉臺灣西海岸有觀察記錄的 8 種鯨豚進行比對，並說明這些聲紋資料與白海豚的不同，詳見 3.1 節。 | 頁 3-1～頁 3-5 |
| 2-9 | 缺潮汐及相關地理噪音 (geographical noise) 的資料。 | 感謝委員意見，該方法參照以下文獻作為分析論述理據，已將此文獻補入參考文獻。 Martin, B., Hillis, C., Miksis-Olds, J., Ainslie, M., Warren, J., and Heaney, K., <i>Atlantic Deepwater Ecosystem Observatory Network (ADEON) Hardware Specification</i> . Document 01412 Prime Contract No. M16PC00003, JASCO Applied Sciences for ADEON, 2018. | 參-1 |
| 2-10 | 宜敘述四處調查點的環境資料，如水深、底質及風場附近之站(處)提供與風場之距離關係。 | 感謝委員建議，相關內容已補入表 3-1。 | 頁 3-30 |
| 2-11 | 本文在相關資料之研判時宜考慮到聲音強度和水下收音器與聲源位置有關。此外，魚類合唱持續時間與魚類之生殖期有關。 | 謝謝委員提示。聲音強度實與水下收音器與聲源距離十分相關。但因本研究是利用單點被動式接收聲音，難以判定聲源距離與方位。理想上若能在同一點佈放兩支以上水聽器，則可估算聲源與接收器之間相對位置。另，魚類合唱持續時間與其生殖期間的關係有待後續研究。 | |

附件二 期末審查委員意見辦理情形

| 吳委員龍靜 | | | |
|-------|---|--|---------------------------------------|
| 3-1 | 白海豚的聲音如何確認？苗栗海域白海豚叫聲減少的原因是否有生態面的影響？直接推測是風機噪音造成是否會遭受質疑？ | 感謝委員意見，臺灣白海豚聲音確認方式已補充於 3.1 節：圖 3-1 為白海豚之 8 種聲音類型，此外另舉臺灣西海岸有觀察記錄的 8 種鯨豚進行比對，並說明這些聲紋資料與白海豚的不同。叫聲減少原因部分，由於本次屬短期監測計畫，未能取得詳細科學數據進行細節驗證，已修改風機等部分論述方式，以更審慎的用詞降低受質疑風險。 | 頁 3-1～ 頁 3-5； 頁 3-35～ 頁 3-38 |
| 3-2 | 水下噪音指引未來的修正或滾動檢討事項，請提供相關建議。 | 感謝委員建議，《水下噪音指引》滾動式修正建議詳見表 4-10、4-11、4-12。 | 頁 4-28、 頁 4-29 |
| 羅委員明進 | | | |
| 4-1 | 本計畫如期完成協助水下噪音指引草案的制定及進行港口、白海豚棲地等海域之水下噪音調查，並協助蒐集國外相關文獻，以及辦理工作坊等工作。 | 謝謝委員肯定。 | |
| 4-2 | 請問在水下聲學的調查分析方面，未來如要蒐集其他西海岸常見鯨豚之聲音及進行分析，以目前的聲學圖庫是否足夠？有何建議？ | 8 種西海岸有觀測記錄的鯨豚，本研究已補充所搜集之 5 種的聲紋並補充於第 3 章，剩餘的熱帶斑海豚、糙齒海豚、小虎鯨會持續搜集，但因小虎鯨較少有接觸紀錄，會是搜集較不易的物種。 | 頁 3-1～ 頁 3-5 |
| 4-3 | 在 P3-30 特別提到白海豚聲學所蒐集的結果，顯示有南擴至嘉義、臺南的情形。請問除了測到白海豚聲音分佈，其食餌，例如石首魚科等魚類，是否也有類似合唱的狀態出現？ | 謝謝委員提示。從此次資料收集顯示白海豚有向南遷徙的現象，惟這是短暫的現象或是近年來因離岸風電所導致的趨勢，有待長期的監測與分析才可下定論。至於白海豚(掠食者)與石首魚(被掠者)合唱的關係，本次研究並未特別關注此一問題，有待後續繼續研究。 | |
| 4-4 | P.附一、7 前次委員意見有問到蒐集國內外文獻，調查報告資料供國內借鏡參考的部分，有回應「文獻資訊見表 2-2」，是否有誤，請再檢視補充及修正。 | 謝謝委員提醒，附一為針對本案期中報告之回應，因而其中提及之表 2-2 為第一次期中報告修正版之表 2-2；已將該表補入本次報告(現為表 4-13)供補充參考。 | 頁 4-30 |

附件二 期末審查委員意見辦理情形

| | | | |
|-----|---|--|-------------------|
| 4-5 | <p>本計畫希望借助團隊協助滾動式修正水下噪音指引之內容，有整理於P4-28、4-29提供環境保護面、測量技術面及法規層面之修正意見，請問從團隊辦理座談會工作坊所得到的回饋，認為目前水下噪音指引可優先修改哪幾項條文及內容，以更符合各界之期待？</p> | <p>謝謝委員意見，工作坊對於內容的修改，未提出具體之修正意見，僅對指引名稱是否要加入『管制』二字，可請委託單位斟酌是否先針對此部分進行修改。</p> | |
| 4-6 | <p>本計畫建議未來透過延長監測時間、增加點位和調整調查時段，可否更具體的提出建議所需延長之時間、點位和時段的調整，以供本署業務規劃之參考。</p> | <p>謝謝委員建議，已列出本案後續調查建議，詳見報告書 5.2 節。</p> | 頁 5-2 |
| 4-7 | <p>根據報告內容提及水下噪音調查的施作方式，在第3季以後找到以錨碇鋼鐵架搭配聲音釋放器方式為佳，此再前2季的調查資料所採用的方式不同，資料筆數也不同，是否影響分析的結果，團隊的看法如何？</p> | <p>感謝委員建議，調查方式部分，團隊每次調查後皆會確認錄音質、量，若未達標立即安排補錄，因此即使更換資料蒐集方式，亦能確保錄音品質；筆數異動則是由於氣候可能影響儀器回收時間，致使儀器可能錄音超過 7 日才回收，由此產生每季資料筆數落差。 如上所述，團隊已確保佈放方式不影響資料品質，音檔則達到或多於委託單位要求，且為連續性資料，由此不會影響分析結果。本報告新增 2.6 節，詳述每季調查方式、使用原因並提出相關經驗與建議，供委託單位後續參考。</p> | 頁 2-21～ 頁 2-22 |

邵委員奕達

| | | | |
|-----|--|---|-------|
| 5-1 | 表1-1：請增加位點水深資料。 | 感謝委員建議，已補充表 1-1 水深資訊。 | 頁 1-4 |
| 5-2 | 表1-2：資料單位的”筆”是否為連續資料？若時間軸上有空缺，請加註。 | 本次調查資料連續，已於表 1-2 加註。 | 頁 1-5 |
| 5-3 | 圖3-2：請於圖說中加註F為魚類叫聲（？），若能標示其他來源的聲音，例如船舶 | 謝謝委員建議，船舶聲音具明顯特徵（低頻 10-1000 Hz、持續性強等），在頻譜圖中可從低頻範圍內的持續性淺綠色到黃 | |

附件二 期末審查委員意見辦理情形

| | | | |
|-----|--|--|--|
| | 噪音等，也請一併標示。 | 色水平條帶辨識出來。但低頻區域亦可能同時包含多種聲源且相互重疊，因而難以明確於途中進行標示。 後續若有執行延續性計畫機會，將考慮搭配其他輔助數據（如 AIS 資料）進行辨識標註。 | |
| 5-4 | 圖 3-3、3-4、3-7、3-9 以及後續類似的圖表：Y 軸是否為一天的 0-24 小時？如果是的話，請調整 scale，並以正午 12 時為中間點。同時，請在圖上標示監測期間的日出日落時間（白晝/夜晚）。 | 感謝委員意見，相似圖表 3-3、3-4、3-7、3-9、3-14、3-21、3-22、3-28、3-29 已修改為更準確的畫法，並且標註日出、日落時間線，修改後的圖標號為 3-9、3-10、3-13、3-15、3-20、3-27、3-28、3-34、3-35。 | 頁 3-8、 頁 3-9、 頁 3-12、 頁 3-14、 頁 3-17、 頁 3-22、 頁 3-23、 頁 3-28、 頁 3-29 |
| 5-5 | 圖 3-4、3-21 等：請調整強度尺度，以呈現強度差異。 | 感謝委員意見，相似圖表 3-3、3-4、3-7、3-9、3-14、3-21、3-22、3-28、3-29 已修改為更準確的畫法撤換後圖標號為 3-9、3-10、3-13、3-15、3-20、3-27、3-28、3-34、3-35。 | 頁 3-8、 頁 3-9、 頁 3-12、 頁 3-14、 頁 3-17、 頁 3-22、 頁 3-23、 頁 3-28、 頁 3-29 |
| 5-6 | 圖 3-12、3-15：除了呈現總量之外，能否以時段或者其他方式分組並標準化數據，並呈現各組資料的誤差值？如此才能比較各組差異。 | 謝謝委員建議，該圖之船隻過境數量屬於人工標註，採用人工驗證，因此無誤差值問題。 | |
| 5-7 | 圖 3-21、3-28、3-29 等：Absent 的底色請與前面的圖保持一致（白色）。 | 感謝委員意見，相似圖表 3-3、3-4、3-7、3-9、3-14、3-21、3-22、3-28、3-29 已修改為更準確的畫法撤換後圖標號為 3-9、3-10、3-13、3-15、3-20、3-27、3-28、3-34、3-35。 | 頁 3-8、 頁 3-9、 頁 3-12、 頁 3-14、 頁 3-17、 頁 3-22、 頁 3-23、 頁 3-28、 頁 3-29 |

附件二 期末審查委員意見辦理情形

| | | | 頁 3-29 |
|-----|---|---|--------|
| 5-8 | 圖 3-22:是否完全無紀錄？ | 是的，該圖表現圖標號為圖 3-28，完全無監測到臺灣白海豚活動，已於圖說補充標註。 | 頁 3-23 |
| 5-9 | 關於水下噪音指引固然目前仍在討論與滾動調整的磨合期，但是在公布指引的同時可能需要一併說明現在涵蓋的範圍與可能的侷限性，因為目前已經有部分的環評案片面的引用指引的規範，作出偏頗的陳述。 | 目前修訂之《水下噪音指引》屬草案階段，仍有持續精進之空間，目前主要侷限為本《指引》現階段只有哺乳類及海龜適用，如有足夠研究支持，可往魚類保護方向修改指引，逐步進行補足。此外，該法案主要針對開發案進行規範，因此可能遺漏其他海域活動造成的影響。至於偏頗的陳述部分，委託單位若有相關問題，可與團隊討論，由團隊協助儘速回應，並針對相關問題和委託單位共同討論，持續進行滾動式修正，以逐步完善法案。 | |

附 件 三

工作會議紀錄

**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第一次工作會議 會議紀錄**

壹、時 間：112 年 10 月 24 日（星期二）上午 10 時

貳、地 點：視訊會議【<https://reurl.cc/E1VDK0>】

參、主 席：劉主任金源

紀錄：顏采容

肆、出席單位及人員：（詳如簽到單）

伍、報告事項：（略）

陸、討論議題與結論：

一、佈放位置

- 1.不做雲林箔子寮的監測，改回監測臺南安平的港嘴和白海豚重要棲息地等 2 個點位。
- 2.除了生物聲學外，可以做港嘴和白海豚重要棲息地之船舶速度產生的噪音或其他噪音等比較。
- 3.因應東北季風的情況下，11 月先做臺南安平港 2 個點位的監測。
- 4.8 個監測的點位，會再進行調整，在工作計畫書呈現精確的監測點位，可用圖示標示。

二、佈放方案

- 1.採用方案三的佈放方案：11 月佈放 2 個點位、2~4 月佈放 6 個點位、5~7 月佈放 4 個點位、8~10 月佈放 4 個點位。
- 2.在工作計畫書，需撰寫分批佈放點位的位置、如何佈放、預計佈放點位的時程等。

三、工作坊

- 1.預計明年（113 年）5 月召開水下噪音指引工作坊，活動為 1 天。
- 2.根據水下噪音指引草案第一版，更新或修改新的資料，在明年（113 年）5 月前提出，在工作坊上討論，之後再修第二版。
- 3.工作坊原則上召開一場，若需要加開工作坊，海保署會協助。
- 4.水下噪音指引規定範圍，可先從白海豚做起，逐步擴大海域其他重要物種，最終目標訂定水下噪音管制法。

（散會：上午 10 時 55 分）

**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第一次工作會議 簽到表**

日期時間：民國 112 年 10 月 24 日（星期二）上午 10 點

會議主席：劉主任金源

出席人員：如表列

| 出席記錄 | |
|--------------------|--|
| 委託單位 海洋委員會海洋保育署 | 柯慶麟科長 郭庭瑜技正 |
| 執行單位 淡江大學團隊 | 劉金源計畫主持人 許榮均協同主持人 Shashidhar Siddagangaiah 協同主持人 何政憲協力廠商 黃子嘉專案經理 張詩敏副研究員 顏采容專任助理 |



**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第二次工作會議 會議紀錄**

壹、時 間：112 年 11 月 3 日（星期五）上午 10 時 30 分

貳、地 點：視訊會議【<https://reurl.cc/q03dDR>】

參、主 席：劉主任金源 **紀錄：**張詩敏

肆、出席單位及人員：（詳如簽到單）

伍、報告事項：（略）

陸、討論議題與結論：

一、水下噪音指引草案修改

1. 草案專有名詞與定義及其相關公式仍須修改，須與環境檢驗所公佈之「水下噪音量測方法」指標相互參照配合。
2. 草案仍需逐條審視並修改用詞等細節，並進行格式整理。
3. 草案先由許榮均教授針對訂定的噪音聲曝級定義、數值與環檢所差異進行修改與說明，並於 2023/11/8 前上傳討論群組，此後由劉金源教授接續彙整。

二、相關時程

1. 2023/11/10 早上 10 點，將再舉辦草案修改討論線上會議。
2. 2023/11/13 前須提出新版草案予海保署。
3. 2023/11/21 海保署將召開草案發表相關會議，屆時將使用新版草案作為會議資料公佈。

（散會：上午 11 時 57 分）

**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第二次工作會議 簽到表**

日期時間：民國 112 年 11 月 3 日（星期五）上午 10 點 30 分

會議主席：劉主任金源

出席人員：如表列

| 出席記錄 | |
|--------------------|---|
| 委託單位 海洋委員會海洋保育署 | 柯慶麟科長 郭庭瑜技正 |
| 執行單位 淡江大學團隊 | 劉金源計畫主持人 許榮均協同主持人 黃千芬協同主持人 黃子嘉專案經理 張詩敏副研究員 顏采容專任助理 |



**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第三次工作會議 會議紀錄**

壹、時 間：112 年 11 月 3 日（星期五）上午 10 時 30 分

貳、地 點：視訊會議【<https://reurl.cc/5OZEmM>】

參、主 席：劉主任金源

紀錄：張詩敏

肆、出席單位及人員：（詳如簽到單）

伍、報告事項：（略）

陸、討論議題與結論：

水下噪音指引草案修改

1. 討論許榮均教授新修水下噪音指引草案並討論修改方向。
2. 須再修改聲壓值與聲曝值公式及相關表格。
3. 整併海龜閾值資料，並刪除減噪措施、部份參考文獻
4. 由許榮均教授依上述意見，對草案進行再修改。
5. 由黃千芬教授修改「低頻（LF 虛線）、中頻（MF 實線）和高頻（HF 虛線）鯨豚聽覺加權函數（NOAA, 2018）圖。
6. 由劉金源教授教授與承辦張詩敏對新修之水下噪音草案進行再整併。
7. 預計於 112 年 11 月 6 日彙整出新版本水下噪音指引草案。

（散會：下午 2 時 52 分）

附件三 工作會議紀錄

海洋委員會海洋保育署 「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」 第三次工作會議 簽到表

日期時間：民國 112 年 11 月 6 日（星期一）下午 2 點 00 分

會議主席：劉主任金源

出席人員：如表列

| 出席記錄 | |
|----------------|--|
| 執行單位 淡江大學團隊 | 劉金源計畫主持人 許榮均協同主持人 黃千芬協同主持人 Shashidhar Siddagangaiah 協同主持人 黃子嘉專案經理 張詩敏副研究員 |

六、聲壓值 (Sound pressure level, SPL) $SPL (dB) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)$ (公式要修改) (公式一)

七、聲曝值 (Sound exposure level, SEL) $SEL (dB) = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T p_w^2(t) dt \right)$ 公式錯誤要修改 (公式二)

八、暫時性的聽力衰減 (Temporary threshold shift, TTS)

暫時性聽力衰減是一種短期的、可逆的聽力損傷，由暴露於高音量或有害聲音環境引起，但在一段時間後可以恢復正常。

劉金源
Chen-Fen Huang
許榮均
Shashi
黃千芬
張詩敏

海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第四次工作會議 會議紀錄

壹、時 間：112 年 11 月 10 日（星期五）上午 11 時 00 分

貳、地 點：視訊會議【<https://reurl.cc/QZOqRb>】

參、主 席：劉主任金源 紀錄：張詩敏

肆、出席單位及人員：（詳如簽到單）

伍、報告事項：（略）

陸、討論議題與結論：

水下噪音指引草案修改

1. 委託單位表示希望撤下「水下噪音管理指引（草案）」之「管理」2字，團隊建議保留，但最終決議尊重委託單位意見辦理。
2. 草案第二條用語之「棲息地」可能產生疑慮，須由委託單位再確認是否限定「被保護動物」物種種類。
3. 第三條名詞定義部分逐條細修（修改條文(三)、(四)、(五)、(八)條）。
4. 修改第四條測量方法格式。
5. 修改第六條表 1 內文及刪除表格說明第 1 條，並修改格式。

（散會：下午 12 時 20 分）

**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第四次工作會議 簽到表**

日期時間：民國 112 年 11 月 10 日（星期五）下午 11 點 00 分

會議主席：劉主任金源

出席人員：如表列

| 出席記錄 | |
|----------------|---|
| 執行單位 淡江大學團隊 | 劉金源計畫主持人 許榮均協同主持人 黃千芬協同主持人 張詩敏副研究員 |



**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第五次工作會議 會議紀錄**

壹、時 間：112 年 12 月 22 日（星期五）上午 10 時 00 分

貳、地 點：視訊會議【<https://reurl.cc/97ELnv>】

參、主 席：劉主任金源 **紀錄：**張詩敏

肆、出席單位及人員：（詳如簽到單）

伍、報告事項：（略）

陸、討論議題與結論：

第一次期中報告審查會議回應討論

- 針對本案四位評審委員（張揚祺委員、莫顯蕎委員、邵奕達委員、羅進明委員）提出之審查意見進行討論。
- 由 Shashidhar Siddagangaiah 協同主持人回應聲學分析相關意見；許榮均協同主持人回應文獻蒐集相關意見；劉金源計畫主持人回應調查及噪音指引工作坊規劃相關意見，並進行回應意見整合。
- 意見回覆表由張詩敏副研究員進行統整，並依委託單位指示，將回覆表附於第二次期中報告書附錄。

（散會：上午 10 時 46 分）

**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第五次工作會議 簽到表**

日期時間：民國 112 年 12 月 22 日（星期五）上午 10 點 00 分

會議主席：劉主任金源

出席人員：如表列

| 出席記錄 | |
|---|--|
| 執行單位 淡江大學團隊 | 劉金源計畫主持人 許榮均協同主持人 Shashidhar Siddagangaiah 協同主持人 張詩敏副研究員 何政憲協力廠商 |
| <p>委員意見</p> <p>標軸兩者皆為時間尺度，而呈現的資料為口哨聲的次數，圖形又有內插。</p> <p>Please elaborate on the significance of Figure 4-3 (a) (b). The graphs may not be entirely intuitive as both axes represent time scales, while the presented data is the count of whistle sounds, and interpolation is present.</p> <p>是否可以從口哨聲的次數推估白海豚在該海域活動的族群數量？依據圖 1-2 的「族群監測」階段，似乎可以達成該目標。</p> <p>Can the population quantity of Taiwanese White Dolphin in the</p> | |

**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第六次工作會議 會議紀錄**

壹、時 間：113 年 2 月 22 日（星期四）下午 3 時 30 分

貳、地 點：視訊會議【<https://reurl.cc/krvQo9>】

參、主 席：劉主任金源

紀錄：張詩敏

肆、出列席單位及人員：（詳如簽到單）

伍、報告事項：（略）

陸、討論議題與結論：

一、海保署噪音指引工作坊議程內容及相關事項

1. 噪音指引工作坊訂於 113 年 5 月 13 日（一）上午 10：30～15：30，於海保署第一會議室（高雄市前鎮區成功二路 25 號 5 樓）辦理。
2. 工作坊針對 112 年 12 月公布之水下噪音指引（草案）進行說明、提出修訂意見，並聽取產、官、學界建議，作為後續修訂依據。
3. 上午議程分二場次進行，皆由劉金源教授主持，首場請許榮均教授說明水下噪音指引（草案）與先前版本及相關辦法異同；次場由黃千芬教授針對指引相關之技術層面（如儀器、鯨豚加權等部分）補充說明。
4. 上述場次議題由劉金源教授擬定，並請許榮均教授及黃千芬教授進行備註說明。
5. 下午議程開放公聽，需聯繫海保署邀請相關高層參與進行主持，並於會後彙整各方意見，並提列後續修正水下噪音指引（草案）重點。
6. 工作坊手冊須包含活動緣起、目的（現行法規運用方式、滾動式修正方式等）、參與人員、議程及附錄（現行法規及 IMO 最新公布資訊）。
7. 須盡速擬定噪音指引工作坊計畫書，呈海保署進行審定、簽核。
8. 許榮均教授將再針對加權累積 24 小時聲曝級部分進行文獻搜索，評估準確之監測時機與地點。

二、海保署巡查員教育訓練案

1. 訓練目的為增加海保署巡查員水下佈放能力，課程以線上培訓為主，課程內容為水聽器介紹、水中聲學及訊號處理基本原理，並適時安排於基隆進行佈放教學。
2. 由劉金源教授擬定課程計畫，並與許榮均教授與黃千芬教授擔任主要講師。

（散會：下午 4 時 18 分）

**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第六次工作會議 簽到表**

日期時間：民國 113 年 2 月 22 日（星期四）下午 3 點 30 分

會議主席：劉主任金源

出席人員：如表列

| 出席記錄 | |
|---|--|
| 執行單位 淡江大學團隊 | 劉金源計畫主持人 許榮均協同主持人 黃千芬協同主持人 張詩敏副研究員 |
|  |  |
|  |  |

**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第七次工作會議 會議紀錄**

壹、時 間：113 年 3 月 11 日（星期一）上午 10 時 30 分

貳、地 點：視訊會議【<https://reurl.cc/krvQo9>】

參、主 席：劉主任金源

紀錄：張詩敏

肆、出列席單位及人員：（詳如簽到單）

伍、報告事項：（略）

陸、討論議題與結論：

一、噪音指引工作坊議程內容及相關事項

1. 已擬定初步議程，並針對議程議題進行微調。
2. 黃千芬教授及許榮均教授將於會後修訂議題內容說明，並於今日內提交修改內容。
3. 公聽座談 2 場次各邀請 1 位學者擔任與談人，人選與委託單位確認後再議。

二、巡查員水下路音系統應用增能培育計畫

1. 線上訓練課程預計分為 4 堂，分別於 5/3（五）、5/10（五）、5/17（五）、5/24（五）下午 1:30-3:30 舉辦。
2. 黃千芬教授與許榮均教授將於會後於補充本計畫工作計畫書課程內容，並由劉金源教授進行統整後送交委託單位簽核。

(散會：上午 11 時 17 分)

**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第七次工作會議 簽到表**

日期時間：民國 113 年 3 月 11 日（星期一）上午 10 點 30 分

會議主席：劉主任金源

出席人員：如表列

| 出席記錄 | |
|---|--|
| 執行單位 淡江大學團隊 | 劉金源計畫主持人 許榮均協同主持人 黃千芬協同主持人 張詩敏副研究員 |
|  |  |
|  |  |

**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第八次工作會議 會議紀錄**

壹、時 間：113 年 4 月 9 日（星期二）下午 12 時 15 分

貳、地 點：視訊會議【<https://reurl.cc/D4NKoN>】

參、主 席：劉主任金源 **紀錄：**張詩敏

肆、出列席單位及人員：（詳如簽到單）

伍、報告事項：（略）

陸、討論議題與結論：

水下噪音指引工作坊活動規劃

1. 水下噪音指引工作坊之時間、地點更改為：113 年 6 月 9 日（週一），集思臺中新烏日會議中心（臺中市烏日區高鐵東一路 26 號）。
2. 工作坊調整上午場次主講人發言時間，並新增一位熟悉環評之主講人，預計邀請人選：簡連貴教授。
3. 下午場次預計變更與談人莊慶達教授為嚴宏洋教授。
4. 會後由淡江海下中心修改新版「水下噪音指引交流工作坊執行工作計畫書」，修改內容包含議程及擬邀請之海域、水域開發商名單。
5. 新版計畫書預計於 4 月 16 日（週二）前繳交海保署簽核。

(散會：下午 12 時 37 分)

**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第八次工作會議 簽到表**

日期時間：民國 113 年 4 月 9 日（星期二）下午 12 點 15 分

會議主席：劉主任金源

出席人員：如表列

| 出席記錄 | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----|------|-------------------------------|---------|-------------------------------|---------|-------------------|---------|-------------|---------|---------|---------|
| 委託單位 海洋委員會海洋保育署 | 柯慶麟科長 郭庭瑜技正 | | | | | | | | | | | | |
| 執行單位 淡江大學團隊 | 劉金源計畫主持人 黃千芬協同主持人 張詩敏副研究員 顏采容專案經理 呂硯旻研究助理 | | | | | | | | | | | | |
|  <p>2024年4月9日 上午11:59 - 下午12:36</p> <p>3237</p> <p>5 出席 上午11:59 - 下午12:36 開始與結束時間</p> <p>參與者</p> <table><thead><tr><th>姓名</th><th>首次加入</th></tr></thead><tbody><tr><td>張詩敏 605120@o365.tku.edu.tw</td><td>下午12:07</td></tr><tr><td>呂硯旻 606027@o365.tku.edu.tw</td><td>下午12:02</td></tr><tr><td>CH Chen-Fen Huang</td><td>下午12:12</td></tr><tr><td>海T 海保署 Ting</td><td>下午12:12</td></tr><tr><td>海 保署柯慶麟</td><td>下午12:16</td></tr></tbody></table> | | 姓名 | 首次加入 | 張詩敏 605120@o365.tku.edu.tw | 下午12:07 | 呂硯旻 606027@o365.tku.edu.tw | 下午12:02 | CH Chen-Fen Huang | 下午12:12 | 海T 海保署 Ting | 下午12:12 | 海 保署柯慶麟 | 下午12:16 |
| 姓名 | 首次加入 | | | | | | | | | | | | |
| 張詩敏 605120@o365.tku.edu.tw | 下午12:07 | | | | | | | | | | | | |
| 呂硯旻 606027@o365.tku.edu.tw | 下午12:02 | | | | | | | | | | | | |
| CH Chen-Fen Huang | 下午12:12 | | | | | | | | | | | | |
| 海T 海保署 Ting | 下午12:12 | | | | | | | | | | | | |
| 海 保署柯慶麟 | 下午12:16 | | | | | | | | | | | | |

**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第九次工作會議 會議紀錄**

壹、時 間：113 年 4 月 22 日（星期二）下午 2 時 30 分

貳、地 點：視訊會議【<https://reurl.cc/70yG9b>】

參、主 席：劉主任金源

紀錄：呂碩旻

肆、出列席單位及人員：（詳如簽到單）

伍、報告事項：（略）

陸、討論議題與結論：

水下錄音及資料分析方式檢討

1. 本案曾採用 3 種佈放方式進行調查，分別為聲學釋放（漂浮式）、聲學釋放（底碇式）及底碇式（潛水）。
2. 有團隊資料分析成員反映本季錄音品質具改善空間，可能原因如下：
 - (1) 佈放方式：第 2 季調查苗栗與臺中點位之佈放方式採聲學釋放（底碇式），儀器旁之浮球可能因流體作用造成額外震動，進而令訊號受到干擾。
 - (2) 點位：苗栗點位處於 2 個風場之間，易受到風機噪音干擾，較難用演算法去除。
3. 團隊為改善錄音品質，曾於臺中進行測試性佈放 3 種方式之測試性佈放，黃盛煒助理教授將於會後協助進行錄音檔案之訊號分析比對。
4. 黃千芬教授建議佈放時先確保儀器正常運作，再讓設備底盤盡可能穩固。於此過程應避免使用繩索固定設備，以避免產生低頻噪音干擾，並盡可能將設備置於較高位置，最大程度減少干擾。

(散會：下午 3 時 35 分)

**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第九次工作會議 簽到表**

日期時間：民國 113 年 4 月 22 日（星期一）下午 2 點 30 分

會議主席：劉主任金源

出席人員：如表列

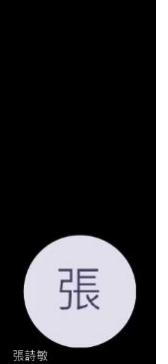
| 出席記錄 | |
|----------------|---|
| | 劉金源計畫主持人 黃千芬協同主持人 許榮均協同主持人 黃盛煒助理教授 何政憲協力廠商 張詩敏副研究員 顏采容專案經理 呂碭旻研究助理 |
| 執行單位 淡江大學團隊 | |
| | |
| | |



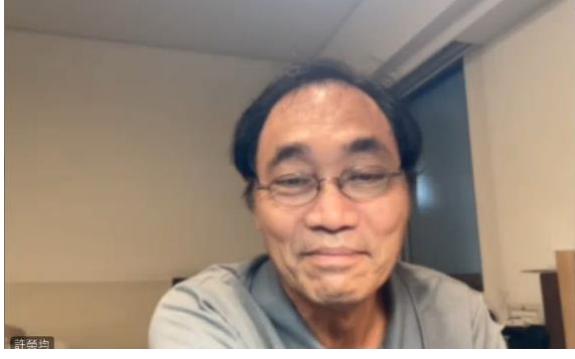
劉金源



Chen-Fen Huang



張詩敏
Sheng-wei Huang (朱賈)



許榮均



黃盛煒



SH
Sheng-wei Huang (朱賈)

**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第十次工作會議 會議紀錄**

壹、時 間：113 年 10 月 23 日（星期三）下午 2 時 00 分

貳、地 點：視訊會議【<https://reurl.cc/Mj53nm>】

參、主 席：劉主任金源

紀錄：張詩敏

肆、出列席單位及人員：（詳如簽到單）

伍、報告事項：（略）

陸、討論議題與結論：

結案報告及引用本案資料進行 UT 2025 論文發表事宜

1. 本案根據「水下噪音指引交流工作坊」所蒐集之相關意見進行詳細討論，並將於期末報告提供委託單位下一版《水下噪音指引》滾動式修正建議。
2. 結案報告將補充第 1~4 季調查之資料分析比對成果。
3. 已獲委託單位回函，允許使用本案資料投稿 UT 2025 國際研討會。
4. 為增進本案學術成果，可建議委託單位將來考量白海豚出沒季節與地點，建立不同之監測點位與調查時程。

(散會：下午 3 時 31 分)

**海洋委員會海洋保育署
「112-113 年度水下噪音監測調查計畫」
第十次工作會議 簽到表**

日期時間：民國 113 年 10 月 23 日（星期三）下午 2 點 00 分

會議主席：劉主任金源

出席人員：如表列

| 出席記錄 | |
|--------|----------|
| 執行單位 | 劉金源計畫主持人 |
| 淡江大學團隊 | 黃千芬協同主持人 |
| | 許榮均協同主持人 |
| | 何政憲協力廠商 |
| | 張詩敏副研究員 |
| | 呂砾旻研究助理 |

The grid contains six video call thumbnails, each with a name label below it:

- Top-left: 廖金源 (Liao Jin-yuan)
- Top-middle: 黃千芬 (Huang Chien-fen)
- Top-right: 許榮均 (Chu Yung-chun)
- Bottom-left: 張詩敏 (Zhang Shih-min)
- Bottom-middle: 何政憲 (Ho Cheng-hsien)
- Bottom-right: 呂砾旻 (Lu Li-ming)

附件四

水下噪音指引交流工作坊
執行工作計畫書

水下噪音指引交流工作坊 執行工作計畫書

一、活動緣起

隨船舶運營、海域工程開發及海底資源探測等活動日漸勃發，人為產生之水下噪音逐漸成為海洋環境及生態保育的重要議題。2000 年，美國海軍潛艇發出的聲納噪音致使巴哈馬海域大群喙鯨擱淺，引起全球關注。此後人為水下噪音導致鯨豚產生行為異常的事故頻發，致使各國紛紛展開水下噪音影響海洋生物之相關研究及法規之制定。

臺灣為難得之鯨豚匯聚之處，海洋委員會海洋保育署（下簡稱海保署）自 2019 年啟動「臺灣鯨豚族群調查計畫」，5 年共累計 78 趟次調查，目擊至少 19 種鯨豚 380 群次；其結果顯示全球 90 多種鯨豚中，即有近三分之一曾出現於我國周遭海域。由此，訂定「水下噪音指引」供海域開發相關業者遵循，以避免對海洋生物（特別是臺灣周遭海域常見的瀕危鯨豚）造成負面影響，乃是刻不容緩的工作。

海保署已針對水下噪音指引進行初步研擬，並於 2023 年 7 月起邀請學者專家召開多次的研商會議、座談會，修訂而成《水下噪音指引》，於同年 12 月 26 日公布最新版本，並承諾依需求進行滾動式修訂。

二、活動目的

最新版《水下噪音指引》乃以環境保護署環境檢驗所 2019 年公告之《水下噪音測量方法》為基礎修訂，內容適用於我國海域從事海事工程、離岸風場等開發行為之水下噪音測量，並提供鯨豚及海龜聽力閾值，以掌握水下噪音變化趨勢及影響。

惟可能受水下噪音影響之海洋生物實未限於鯨豚、海龜 2 類，且嚴謹之法規訂立需經審慎評估、調整，尚能臻於完善，海保署爰此舉辦「水下噪音指引交流工作坊」，邀集產、官、學界相關人士共同參與，望能廣納各方意見，滾動式調整現行《水下噪音指引》，謀求環境保護與經濟開發之平衡。

三、擬邀請對象

「水下噪音指引交流工作坊」擬邀請對象涵蓋專長為水下聲學、技術，及海洋生態、環境影響評估等領域相關之專家學者、政府單位部門、涉及海域开发利用之民間團體代表人及利害關係人，與水域、海域開發商名單（詳見表 1 至表 4）。另為促進朝野雙方意見交流，本次亦擬邀委託單位長官擔任工作坊嘉賓，共同討論《水下噪音指引》修訂事宜。

表 1：擬邀請學者專家名單

| 序號 | 姓名 | 單位職稱 | 專長或領域 |
|----|-----|---------------------------------|---|
| 1 | 邱文彥 | 國立臺灣海洋大學海洋事務與資源管理研究所榮譽講座教授 | 海洋政策、海岸管理、濕地保育、環境保護、都市與區域規劃、水下文化資產保護、亞太經濟合作組織海洋資源保育事務 |
| 2 | 簡連貴 | 國立臺灣海洋大學河海工程學系教授兼河海工程系近海防災中心主任 | 環境風險評估與減災、環境影響評估、海洋國土空間規劃與管理、離岸環境地工技術、海床土壤液化評估、水下文資評估 |
| 3 | 陳琪芳 | 國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系特聘教授 | 水下聲學、聲學傳播模式、海洋工程 |
| 4 | 魏瑞昌 | 國立中山大學海下科技研究所助理教授 | 水下量測、環境噪音、工程聲學 |
| 5 | 楊瑋誠 | 國立臺灣大學獸醫系教授、中華鯨豚協會理事長 | 鯨豚保育醫學、診斷工具開發 |
| 6 | 嚴宏洋 | 國立海洋生物博物館特聘講座教授 | Electrophysiology, Neurobiology, Sensory Biology、老化研究特論 |
| 7 | 林子皓 | 中央研究院生物多樣性研究中心助研究員 | 生態聲學、海洋生態學、群聚生態學、生態資訊 |
| 8 | 邵奕達 | 國立臺灣海洋大學海洋生物研究所副教授 | 魚類生理、環境生理、內分泌 |
| 9 | 莫顯喬 | 前國立中山大學海洋科學學院院長、國立中山大學海洋科學系榮譽教授 | 魚類系統分類、動物行為、動物聲學 |

附件四 水下噪音指引交流工作坊執行工作計畫書

| | | | |
|----------------------------------|-----|--------------------------------------|---|
| 10 | 莊慶達 | 前海洋委員會副主委、國立臺灣海洋大學海洋事務與資源管理研究所榮譽講座教授 | 海洋經濟與休閒產業、海洋政策與空間規劃、農業經濟與社區發展、島嶼永續與生態保育 |
| 【以下為計畫團隊成員，擬擔任說明會引言人及主講人】 | | | |
| 11 | 劉金源 | 淡江大學電機工程學系講座教授兼海洋及水下科技研究中心主任 | 水中聲學、聲納系統、水下探測技術、海洋科技 |
| 12 | 黃千芬 | 國立臺灣大學海洋研究所教授兼所長、美國聲學學會會士 | 水聲海洋學、近岸水聲層析、海洋委員會委員、水下文化資產審議會委員 |
| 13 | 許榮均 | 國立臺灣海洋大學系統工程暨造船學系特聘教授兼振動與噪音工程研究中心主任 | 船舶結構振動與噪音、環境聲學、振動與聲學訊號處理 |

表 2：擬邀請政府單位部門

| 序號 | 單位 |
|----|--------|
| 1 | 環境部 |
| 2 | 交通部 |
| 3 | 經濟部能源署 |
| 4 | 農業部漁業署 |

表 3：擬邀請民間團體及利害關係人名單

| 序號 | 單位/團體 |
|----|--------------------|
| 1 | 財團法人黑潮海洋文教基金會 |
| 2 | 臺灣媽祖魚保育聯盟 |
| 3 | 臺灣蠻野心足生態協會 |
| 4 | 社團法人彰化縣環境保護聯盟 |
| 5 | 中華鯨豚協會 |
| 6 | 中華民國生態專業技術服務商業同業公會 |
| 7 | 臺灣離岸風電產業協會 |
| 8 | 地球公民基金會 |
| 9 | 環境法律人協會 |
| 10 | 漁民權益暨環境永續中心 |
| 11 | 洋聲股份有限公司 |
| 12 | 洄音股份有限公司 |

表 4：擬邀請水域、海域開發業界名單

| 序號 | 單位/團體 |
|----|----------------|
| 1 | 知洋股份有限公司 |
| 2 | 沃旭能源股份有限公司 |
| 3 | 哥本哈根風能開發股份有限公司 |
| 4 | 風睿能源股份有限公司 |
| 5 | 臺亞風能股份有限公司 |
| 6 | 北陸能源股份有限公司 |
| 7 | 道達爾能源股份有限公司 |
| 8 | 達德能源集團 |
| 9 | 海龍離岸風電 |
| 10 | 科理歐永續能源 |

四、活動規劃

1. 主辦單位：海洋委員會海洋保育署
2. 承辦單位：淡江大學海洋及水下科技研究中心
3. 日期：2024年6月3日（週一），09:00~15:40
4. 地點：集思臺中新烏日會議中心史蒂文生廳
(臺中市烏日區高鐵東一路26號4樓)
5. 舉辦方式：實體會議為主，並開放線上連結供民眾參與。
6. 參與人數：80人（因應線上及場地容納人數規劃）。
7. 餐飲規劃：午膳提供與會人員及工作人員葷、素便當；並於下午安排茶敘1次，餐點數量視當日人數調整。
8. 活動紀錄：安排專門人員進行現場錄、攝影作業。



圖 1：擬借用場地交通位置圖

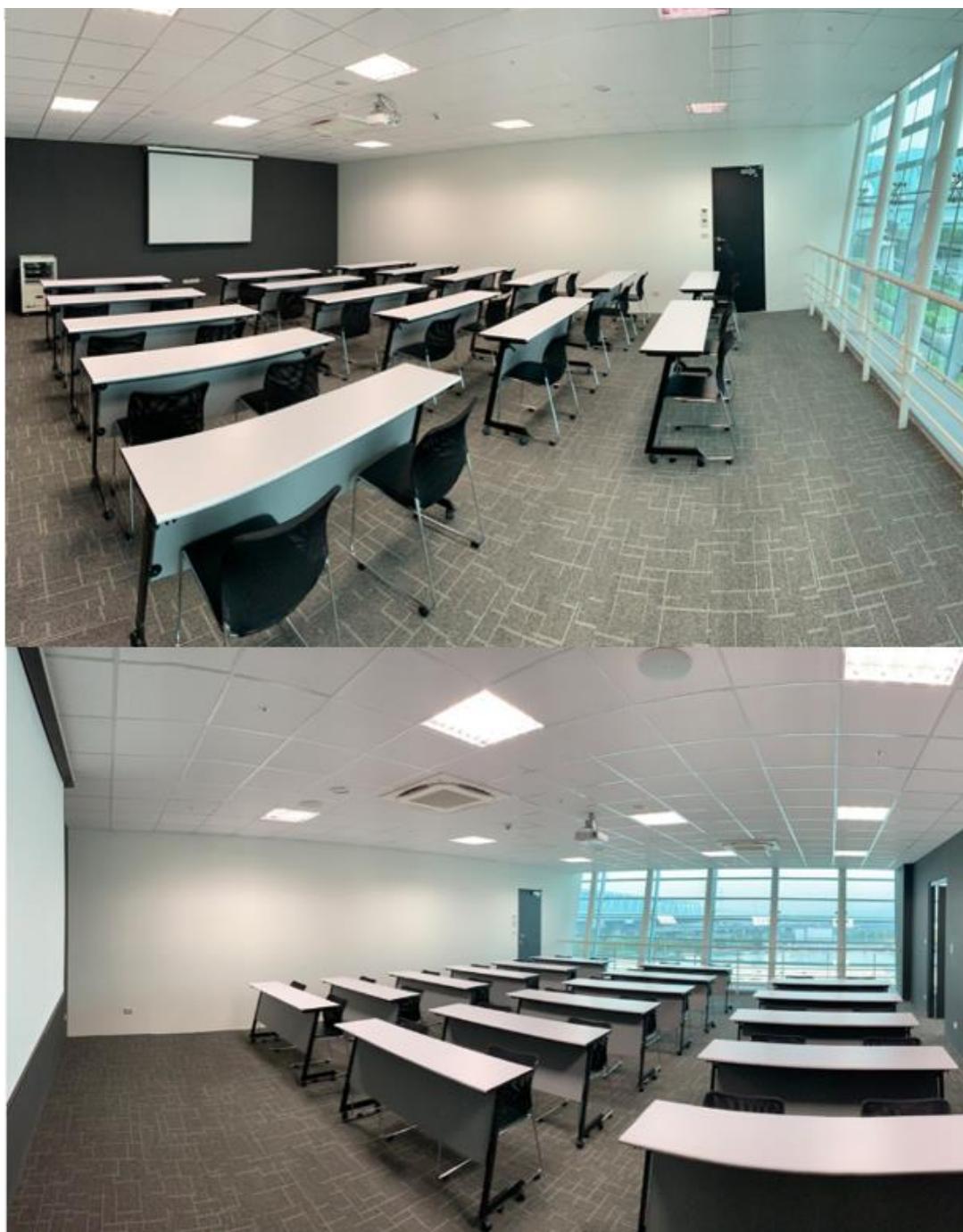


圖 2：擬借用場地

五、議程與內容規劃

本次工作坊將分為上午、下午兩部分：上午安排三場說明會，分別就法規、技術與環境影響評估層面，對現行《水下噪音指引》進行深入解析，讓參與者全面理解指引內容；下午則規劃兩場座談會，邀請參與者積極發問，並共同討論對現行《水下噪音指引草案》之具體修正建議；議程及內容規劃說明如下。

5.1 議程

| 時間 | 活動內容 | 人員 |
|-------------|---|---|
| 09:00-09:45 | 報到 | |
| 09:45-10:00 | 開幕式 | 長官致詞、合影 |
| 10:00-10:35 | 第一場 《水下噪音指引》 法規面說明 | 主持人：吳龍靜（海保署副署長） 【5分鐘】 引言人：劉金源【5分鐘】 主講人：許榮均【20分鐘】 Q&A【5分鐘】 |
| 10:35-11:10 | 第二場 《水下噪音指引》 技術面說明 | 主持人：吳龍靜（海保署副署長） 【5分鐘】 引言人：劉金源【5分鐘】 主講人：黃千芬【20分鐘】 Q&A【5分鐘】 |
| 11:10-11:25 | 休息時間 | |
| 11:25-12:00 | 第三場 《環境影響評估與 海洋保育》 | 主持人：吳龍靜（海保署副署長） 【5分鐘】 引言人：劉金源【5分鐘】 主講人：簡連貴【20分鐘】 Q&A【5分鐘】 |
| 12:00-13:00 | 午膳 | |
| 13:00-14:00 | 第一場座談 相關議題： ● 指引適用性與實踐性 ● 測量方法與技術挑戰 ● 生態影響評估 ● 改善方向建議與未來展望 | 主持人： 羅進明（海保署海 生組組長） 【5分鐘】 引言人： |
| 14:00-14:30 | 茶敘、交流 | |
| 14:30-15:30 | 第二場座談 相關議題： ● 法條精確性與實施可行性評估 ● 技術標準及適宜性 ● 監督與執行機制 ● 國際標準與臺灣特性探討 | 劉金源【5分鐘】 |
| 15:30-15:40 | 總結、合影 | 主持人：海保署長官、劉金源 |
| 15:40 | 賦 歸 | |

5.2 議題內容規劃

(一) 第一場說明會：法規面相關議題（許榮均教授主講）

《水下噪音指引》旨在建立一套標準化之水下噪音評估方法，以利減輕海洋開發產生之水下噪音對水下環境的影響。該指引針對環境部公布之《水下噪音測量方法》實施後產生之問題進行重新檢視，並以此方法為基礎進行本法之訂定，作為水下噪音量測之依據。

本場報告將先介紹環境部《水下噪音測量方法》該方法與新版《水下噪音指引》之異同，及使用狀況及修改之處，並衍伸說明《水下噪音指引》建議之使用時機。另外亦將舉實際打樁及船舶噪音案例，說明使用本指引之計算方法。

(二) 第二場說明會：技術面相關議題（黃千芬教授主講）

《水下噪音指引》草案提供一套減緩海洋開發活動對水中生物影響的方式，其中不僅闡明人為水下噪音、脈衝噪音與非脈衝噪音等關鍵名詞的定義，亦介紹聲壓級、峰值聲壓級、聲曝級、加權聲曝級等重要的參數及其計算方法，從而為海事工程、離岸風場等開發行為的水下噪音測量提供標準化指導。

本場報告將深入探討《水下噪音指引》中之噪音量測方法實施細節，如水聽器的規格、佈放方法與回收程序，以確保法規實用性及測量結果準確性。此外，本次亦將介紹如何處理、分析水下噪音數據。最後則以案例分析，具體展示如何有效運用上述技術，以在海洋開發活動中更好地保護海洋生態環境，實現人類與海洋的和諧共存。

(三) 第三場說明會：環境影響評估與海洋保育（簡連貴教授主講）

環境影響評估旨在藉由科學、客觀、綜合之調查、預測、分析，評定開發行為或政策可能對環境造成的影響。近數十年間的研究，已證實水下噪音可能干擾海洋生物之溝通、定位及獵食行為，甚或導致其聽力受損乃至生命危機。為此，水下噪音管理可謂當代海洋環境保育之重要議題。

《水下噪音指引》意在以不危害海洋生態之前提下，讓眾人進行各式水

域開發活動。該草案不僅涉及環境生態，亦須考量經濟發展與科學技術，極具複雜性。因而如何結合現有環境影響評估經驗，權衡水下噪音規範標準，並確保《水下噪音指引》能有效實施並達到預期效果，即為本次說明會關注之主要議題。

（四）二場座談會（海保署長官主持）

為深入理解《水下噪音指引》實施成效並完善相關法規，工作坊將於下午舉辦二場座談會，旨在匯集來自產、官、學界各方先進之深度見解，更全面地評估現行指引之運用狀況，並探討未來可遵循之修訂方向。

第一場座談會主要討論方向為《水下噪音指引》實施成效與挑戰評估，開場時將引導參與者聚焦於指引當前實施狀況、面臨的挑戰，及對海洋生物保護成效的評估，藉此探討指引的適用性與技術挑戰，並從多方面收集改善建議。相關議題如下：

1. 指引適用性與實踐性
2. 測量方法與技術挑戰
3. 生態影響評估
4. 改善方向建議與未來展望

第二場座談會則以《水下噪音指引》修訂方向與具體建議研討為中心，專注於各界提供之法規修訂建議，其中涵蓋法條的精確性、技術標準的更新、保護措施的適宜性，以及監督與執行機制的強化。相關議題如下：

1. 法條精確性與實施可行性評估
2. 技術標準及適宜性
3. 監督與執行機制
4. 國際標準與臺灣特性探討

六、預期效益

本次「水下噪音指引交流工作坊」旨在透過匯集產、官、學界專家和相關人士之討論與合作，進一步完善草案內容，以實現環境保護和經濟開發之間的平衡發展。

附件四 水下噪音指引交流工作坊執行工作計畫書

通過工作坊的討論和反饋，有助發現現行草案之潛在問題，並提出改進建議，進一步完善其內容，提高實用性和適用性。此外，亦有提高公眾對水下噪音及海洋生物之關注，促進社會各界對環境保護之共識之效。



海洋委員會海洋保育署
OCEAN CONSERVATION ADMINISTRATION,
OCEAN AFFAIRS COUNCIL

水下噪音指引 (草案)

112 年 12 月

Ocean
Council

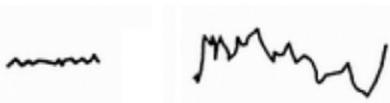
水下噪音指引（草案）

- 一、為減緩海域開發所產生之水下噪音對水中生物所造成影響，特定水下噪音指引（下稱本指引）。
- 二、本指引適用於我國海域從事海事工程、離岸風場等開發行為之水下噪音測量，以掌握水下噪音變化趨勢，預防鯨豚、海龜等海洋生物受到水下噪音影響。

三、名詞定義

- (一) 人為水下噪音 (Anthropogenic underwater noise)：泛指人為活動所產生的各種聲音，並在海洋中傳播，如海事工程的打樁、浚挖、鑽掘，及探測用的海床震測、聲納，以及船舶螺旋槳等交通運輸工具所產生之噪音等，稱為人為水下噪音。
- (二) 脈衝噪音 (Impulsive noise)：具有瞬間、短暫（少於 1 秒）、寬頻帶、高峰值聲壓、快速上升和衰減時間等特徵的水下噪音。
- (三) 非脈衝噪音 (Non-impulsive noise)：不具有快速上升和衰減時間、高峰值聲壓等特徵的水下噪音，可能是連續性或間歇性。
- (四) 連續性聲音 (Continuous sound)：持續性的聲音，並在整個觀察期間的聲壓值始終高於環境背景噪音值。
- (五) 間歇性聲音 (Intermittent sound)：斷斷續續或突發性並有靜音期分隔之聲音，通常具有規則性突發聲音和靜音期的性質。

連續性聲音示意圖



間歇性聲音示意圖



- (六) 聲壓級 (Sound pressure level；以 SPL 或 L_p 表示)：量度聲音強度之物理參數，以分貝 (decibel, dB) 為單位， L_p 定義公式如下：

$$L_p = 20 \log_{10} \left(\frac{p_{\text{rms}}}{p_0} \right), \text{dB re } 1 \mu\text{Pa} \quad (1)$$

其中， p_{rms} 為均方根聲壓， p_0 為參考聲壓，在水中 $p_0 = 1 \mu\text{Pa}$ 。

(七) 峰值聲壓級 (Peak sound pressure level；以 L_{pk} 表示)：為量測過程中最大之聲壓級， L_{pk} 定義公式如下：

$$L_{\text{pk}} = 20 \log_{10} \left(\frac{p_{\text{peak}}}{p_0} \right), \text{dB re } 1 \mu\text{Pa} \quad (2)$$

其中， p_{peak} 是指聲壓絕對值的最大值。

(八) 聲曝級 (Sound exposure level；以 SEL 或 $L_{\text{E,T}}$ 表示)：為事件聲音在持續 T 時間內總能量之 dB 值， $L_{\text{E,T}}$ 定義公式如下：

$$L_{\text{E,T}} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{E_0} \int_0^T p^2(t) dt \right), \text{dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s} \quad (3)$$

其中， $p(t)$ 為聲壓時序，參考聲曝值 $E_0 = T_0 p_0^2$ 為 $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ 。

(九) 加權聲曝級 (Weighted sound exposure level；以 $L_{\text{E,W,T}}$ 表示)：考量海洋生物聽覺對不同頻率之感知，量測的聲音通常以加權函數給予權重後再進行能量加總， $L_{\text{E,W,T}}$ 定義如下：

$$L_{\text{E,W,T}} = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_{n=0}^N \int_0^{f_s/2} W(f) P_n(f) df}{E_0} \right), \text{dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s} \quad (4)$$

其中， $W(f)$ 是聽覺頻率加權函數， $P_n(f)$ 是聲壓時序在第 n 個區段的功率譜， f_s 為取樣頻率。持續時間 T 的聲壓時序等分成 N 個區段，每個區段時長為 t 。本指引所考量之海洋動物聽覺頻域加權函數見公式 (5)。

$$W(f) = C + 10 \log_{10} \left\{ \frac{(f/f_1)^{2a}}{[1 + (f/f_1)^2]^a [1 + (f/f_2)^2]^b} \right\}, \text{dB} \quad (5)$$

(十) 暫時性聽力衰減 (Temporary Threshold Shift, TTS)：暫時性聽力衰減是一種短期的、可逆的聽力損傷，由暴露於高音量或有害聲音環境所引起，但在一段時間後可以恢復正常。

(十一) 永久性聽力衰減 (Permanent Threshold Shift, PTS)：永久性的聽力衰減指暴露於高音量，導致聽力受損且無法完全康復的情況。

四、測量方法

本指引水下噪音測量方法採用環境部公布之水下噪音測量方法 NIEA P210.21B [1]。

五、水下打樁聲閾值

量測頻率範圍至少包含 20 Hz~20 kHz，包含離岸風場打樁及近岸海事工程打樁作業，需全程量測打樁作業之水下噪音，過程中距離打樁中心點或基礎中心點 750 公尺處，每一下打樁所發出之水下未加權聲曝級 (SEL) 95% 監測數據不得逾 160 dB，SEL 計算方法如 NIEA P210.21B (式 2) 或 (式 3) 所示，且打樁峰值聲壓級不得逾 190 dB。若每次打樁產生之混響時間過長，聲音脈衝持續時間大於打樁之間隔時間，導致連續聲音脈衝重疊，這種情況下未加權聲曝級改採用 NIEA P210.21B (式 5) $L_{E(30\text{s})}$ 計算，而上述 95% 監測數據的計算改採此數值。再者若使用振動形式進行打樁，每秒打樁次數約介於 10~20 次之間，則建議計算每秒之均能音量 (相當於一秒鐘的聲曝級) 如 NIEA P210.21B (式 1) 所示，上述 95% 監測數據的計算以此數值為準。

六、人為水下噪音參考聲閾值

量測頻率範圍對鯨豚類至少包含 100 Hz~192 kHz，而海龜類至少包含 20 Hz~1 kHz。臺灣有紀錄鯨豚物種的發聲行為及其頻率範圍如附表 1，針對鯨豚及海龜等保育類生物，人為水下噪音 (除上述打樁行為外) 的 PTS、TTS 參考聲閾值如表 1 所示。以下各類海洋生物之聽覺加權函數由公式 (4) 計算，其相關參數定義於表 2，其函數圖形如圖 1。

表 1 鯨豚及海龜之聽覺閾值表

| 聽力分組 曝露管制閾值 [2, 3] | 非脈衝噪音 | | 脈衝噪音 | | | |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
| | TTS | PTS | TTS | | PTS | |
| | 加權 聲曝級 | 加權 聲曝級 | 加權 聲曝級 | 峰值 聲壓級 | 加權 聲曝級 | 峰值 聲壓級 |
| 低頻(LF)鯨目 (鬚鯨科) | $L_{E,LF,24h}$ 179 dB | $L_{E,LF,24h}$ 199 dB | $L_{E,LF,24h}$ 168 dB | L_{pk} 213 dB | $L_{E,LF,24h}$ 183 dB | L_{pk} 219 dB |
| 中頻(MF)鯨目 (白海豚、海豚科、喙鯨科等) | $L_{E,MF,24h}$ 178 dB | $L_{E,MF,24h}$ 198 dB | $L_{E,MF,24h}$ 170 dB | L_{pk} 224 dB | $L_{E,MF,24h}$ 185 dB | L_{pk} 230 dB |
| 高頻(HF)鯨目 (小抹香鯨科、鼠海豚科等) | $L_{E,HF,24h}$ 153 dB | $L_{E,HF,24h}$ 173 dB | $L_{E,HF,24h}$ 140 dB | L_{pk} 196 dB | $L_{E,HF,24h}$ 155 dB | L_{pk} 202 dB |
| 海龜(TU) | $L_{E,TU,24h}$ 200 dB | $L_{E,TU,24h}$ 220 dB | $L_{E,TU,24h}$ 189 dB | L_{pk} 226 dB | $L_{E,TU,24h}$ 204 dB | L_{pk} 232 dB |

說明：

1. $L_{E,LF/MF/HF/TU,24h}$ 為加權累積 24 小時聲曝級，參考聲曝值為 $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ 。
2. 下標 LF、MF 及 HF 表示採用特定海洋哺乳動物的聽覺頻率加權函數，其中 LF 為低頻、MF 為中頻、HF 為高頻，而 TU 表示海龜加權函數。

表 2 海洋哺乳動物及海龜聽覺頻率加權函數 $W(f)$ 相關參數表

| 參數 物種 | a | b | f_1 (kHz) | f_2 (kHz) | C (dB) |
|----------|-----|-----|-------------|-------------|----------|
| LF | 1 | 2 | 0.20 | 19 | 0.13 |
| MF | 1.6 | 2 | 8.8 | 110 | 1.20 |
| HF | 1.8 | 2 | 12 | 140 | 1.36 |
| TU | 1.4 | 2 | 0.077 | 0.44 | 2.35 |

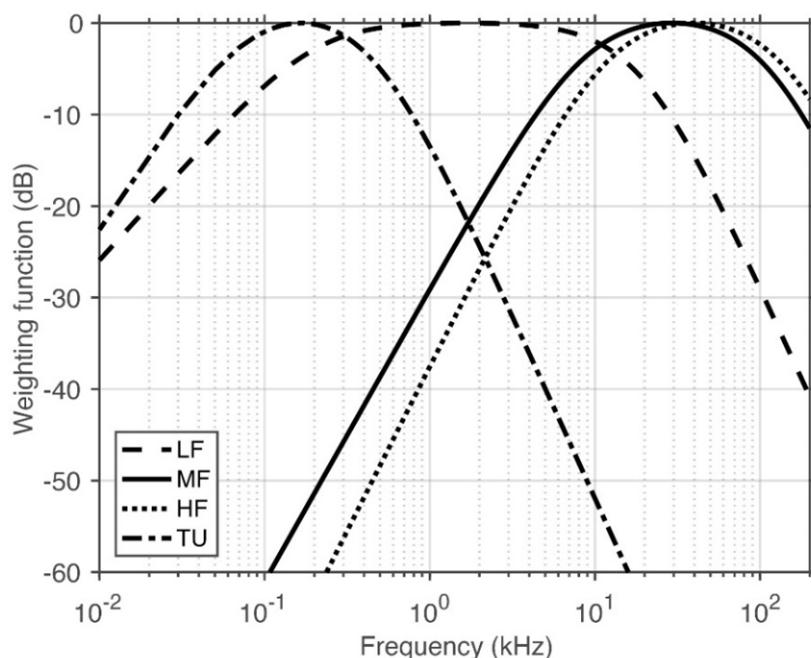


圖 1 海洋哺乳動物及海龜聽覺之加權函數[2, 3]

七、減噪措施參考原則

(一) 減少噪音源的能量

透過撞槌設計與樁體基礎可以減少打樁源頭的噪音，目前多以振動式或液壓式撞槌取代傳統的擊擊式撞槌。

(二) 阻隔噪音能量的傳遞

減噪系統主要利用聲音在不同介質中的傳播特性，讓噪音在接觸不同介質（如氣泡、氣球）時產生反射、散射與吸收效應，進而達到能量衰減之目的，可行方式利用套筒（Casing）、氣泡幕（Bubble curtain）、水聲阻尼器（Hydro sound dampers）等[4]。其中氣泡幕為打樁時最普遍使用的減噪裝置，由於方法簡單與低成本，但海流強勁的海域則不適用。水聲阻尼器的優點為不會隨強勁的海流而降低其減噪的能力。

(三) 防止動物靠近打樁位置

為防止動物靠近打樁位置，常見做法有劃設施工警戒區（Mitigation zone）、設置海洋哺乳動物觀察員（MMO）或被動式聲學監測（Passive Acoustic Monitoring, PAM）、季節性限制打樁活動、實施緩啟動（Soft-start）及聲學驅離裝置（Acoustic Deterrent Devices, ADD）等[5]。

在使用聲學驅離裝置時應留意，須依照不同物種的聽力頻率挑選合適的裝置，否則可能會造成非目標物種的傷害[6, 7]。另外，長時間的使用聲學驅離裝置容易讓鯨豚習慣而使驅趕效果降低，尤其是當環境食物量充足時，動物可能還是會選擇停留在警戒區內[8]。

附表 1 臺灣有紀錄鯨豚物種的發聲行為以及其頻率範圍

| 科別 | 中文俗名 | 學名 | 保育*等級 | 發聲類型 (頻率範圍) | 參考文獻 |
|------|---------|------------------------------------|-------|---|-----------------------------------|
| 鼠海豚科 | 寬脊露脊鼠海豚 | <i>Neophocaena phocaenoides</i> | I | 搭聲 (峰值頻率：87-145 kHz，最高可達 200 kHz) | [9]；[10] |
| | 窄脊露脊鼠海豚 | <i>Neophocaena asiaeorientalis</i> | II | 搭聲 (峰值頻率：123-141 kHz) | [11] |
| 海豚科 | 中華白海豚 | <i>Sousa chinensis</i> | I | 哨叫聲 (3-11 kHz) 搭聲 (20-110 kHz) | [12]；[13]；[14]； [15]；[16]；[17] |
| | 熱帶斑海豚 | <i>Stenella attenuata</i> | II | 哨叫聲 (2-23 kHz) 搭聲 (40-130 kHz) | [18]；[19]；[20] |
| | 條紋海豚 | <i>Stenella coeruleoalba</i> | II | 哨叫聲 (1-31 kHz) | [20]；[21] |
| | 長吻飛旋海豚 | <i>Stenella longirostris</i> | II | 哨叫聲 (9.7-17.9 kHz) 搭聲 (10-130 kHz) | [22]；[23] |
| | 弗氏海豚 | <i>Lagenodelphis hosei</i> | II | 哨叫聲 (6.6-23.5 kHz) | [24] |
| | 糙齒海豚 | <i>Steno bredanensis</i> | II | 哨叫聲 (2.24-13.94 kHz) 搭聲 (10-90 kHz) | [25]；[26] |
| | 印太瓶鼻海豚 | <i>Tursiops aduncus</i> | II | 哨叫聲 (0.3-39 kHz) | [20]；[27]；[28] |
| | 真瓶鼻海豚 | <i>Tursiops truncatus</i> | II | 搭聲 (33-150 kHz) | |
| | 長吻真海豚 | <i>Delphinus capensis</i> | II | 哨叫聲 (3.56-23.51 kHz) 搭聲 (23-160 kHz) | [20]；[29]；[30] |
| | 短吻真海豚 | <i>Delphinus delphis</i> | II | | |
| | 小虎鯨 | <i>Feresa attenuata</i> | II | 哨叫聲 (5-10 kHz) 搭聲 (10-150 kHz) | [20] |
| | 瓜頭鯨 | <i>Peponocephala electra</i> | II | 哨叫聲 (0.89-24.5 kHz) 搭聲 (0.5-40 kHz) | [20] |
| | 虎鯨 | <i>Orcinus orca</i> | II | 哨叫聲 (50-270 Hz) 搭聲 (10-110 kHz) | [20] |
| | 短肢領航鯨 | <i>Globicephala macrorhynchus</i> | II | 哨叫聲 (1-20 kHz) 搭聲 (1-30 kHz) | [20] |
| | 偽虎鯨 | <i>Pseudorca crassidens</i> | II | 哨叫聲 (5-8 kHz) 搭聲 (0.5-40 kHz) | [20] |
| | 瑞氏海豚 | <i>Grampus griseus</i> | II | 哨叫聲 (0.01-22 kHz) 搭聲 (10-140 kHz) | [20]；[31] |

| 科別 | 中文俗名 | 學名 | 保育*等級 | 發聲類型 (頻率範圍) | 參考文獻 |
|-------|--------|-----------------------------------|-------|---|-------------|
| 喙鯨科 | 柏氏中喙鯨 | <i>Mesoplodon densirostris</i> | II | 搭聲 (2-80 kHz) | [32] |
| | 銀杏齒中喙鯨 | <i>Mesoplodon ginkgodens</i> | II | - | 資料缺乏 |
| | 朗氏喙鯨 | <i>Indopacetus pacificus</i> | II | 搭聲 (9-60 kHz) | [32] ; [33] |
| | 柯氏喙鯨 | <i>Ziphius cavirostris</i> | II | 搭聲 (13-64 kHz) | [32] |
| 抹香鯨科 | 抹香鯨 | <i>Physeter macrocephalus</i> | I | 搭聲 (100 Hz-30 kHz) | [34] |
| 灰鯨科 | 灰鯨 | <i>Eschrichtius robustus</i> | I | 搭聲 (45-4520 Hz) 哨叫聲 (12.5-1000 Hz) | [35] |
| 小抹香鯨科 | 小抹香鯨 | <i>Kogia breviceps</i> | II | 搭聲 (60-200 kHz) | [20] |
| | 侏儒抹香鯨 | <i>Kogia sima</i> | II | 搭聲 (100-180 kHz, 峰值頻率：127-129 kHz) | [36] ; [37] |
| 鬚鯨科 | 小鬚鯨 | <i>Balaenoptera acutorostrata</i> | I | 搭聲 (10-800 Hz) | [20] ; [38] |
| | 塞鯨 | <i>Balaenoptera borealis</i> | I | 哨叫聲 (34-83 Hz) | [39] ; [40] |
| | 布氏鯨 | <i>Balaenoptera edeni</i> | I | 哨叫聲 (8-430 Hz) 搭聲 (90-900 Hz) | [20] ; [41] |
| | 藍鯨 | <i>Balaenoptera musculus</i> | I | 哨叫聲 (14-300 Hz) | [20] |
| | 大村鯨 | <i>Balaenoptera omurai</i> | I | 哨叫聲 (15-60 Hz) | [20] |
| | 長鬚鯨 | <i>Balaenoptera physalus</i> | I | 哨叫聲 (15-310 Hz) | [20] |
| | 大翅鯨 | <i>Megaptera novaeangliae</i> | I | 哨叫聲 (20 Hz-24 kHz) 搭聲 (峰值頻率：800-1700 Hz) | [20] ; [43] |

參考文獻

1. 環境部（2019年2月26日）。水下噪音測量方法（NIEA P210.21B.），環署授檢字第1080001171號公告。
2. DoN (Department of the Navy). (2017). Technical Report: Criteria and Thresholds for U.S. Navy Acoustic and Explosive Effects Analysis (Phase III). San Diego, California: SSC Pacific.
3. National Marine Fisheries Service (NMFS). (2018). 2018 Revisions to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0): Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. U.S. Department of Commerce. NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-59, p.167.
4. Koschinski, S., & Lüdemann, K. (2013). Development of noise mitigation measures in offshore wind farm construction. Commissioned by the Federal Agency for Nature Conservation, 1-102.
5. Verfuss, U. K., Sparling, C. E., Arnot, C., Judd, A., & Coyle, M. (2016). Review of offshore wind farm impact monitoring and mitigation with regard to marine mammals. *The Effects of Noise on Aquatic Life II*, 1175-1182.
6. Johnston, D. W. (2002). The effect of acoustic harassment devices on harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Bay of Fundy, Canada. *Biological Conservation*, 108(1), 113-118.
7. Morton, A. B., & Symonds, H. K. (2002). Displacement of *Orcinus orca* (L.) by high amplitude sound in British Columbia, Canada. *ICES Journal of Marine Science*, 59(1), 71-80.
8. Brandt, M. J., Diederichs, A., Betke, K., & Nehls, G. (2011). Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 421, 205-216.
9. Li, S., Wang, K., Wang, D. & Akamatsu, T. (2005). Echolocation signals of the free-ranging Yangtze finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides asiaeorientalis*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 117(5), 3288–3296.
10. Goold, J. C., & Jefferson, T. A. (2002). Acoustic signals from free-ranging finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides*) in the waters around Hong Kong. *Raffles Bulletin of Zoology*, 50, 131-140.
11. Song, Z., Zhang, Y., Wang, X., Wei, C., Wu, F., & Miao, X. (2017). Vocalizations of a wild finless porpoise (*Neophocaena asiaeorientalis sunmeri*) in the western coast of the Taiwan Strait, China. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 11(1), 45-52.

12. 林子皓（2013）。應用被動式聲學監測臺灣西海岸中華白海豚行為生態與棲地利用（博士論文）。國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所，台北市。
13. Dong, L., Caruso, F., Lin, M., Liu, M., Gong, Z., Dong, J., Cang, S., & Li, S. (2019). Whistles emitted by Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in Zhanjiang waters, China. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 145(6), 3289-3298.
14. Sims, P. Q., Vaughn, R., Hung, S. K., & Würsig, B. (2012). Sounds of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in West Hong Kong: A preliminary description. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(1), EL48-EL53.
15. Lin, T. H., Akamatsu, T., & Chou, L. S. (2013). Tidal influences on the habitat use of Indo-Pacific humpback dolphins in an estuary. *Marine Biology*, 160(6), 1353-1363.
16. Fang, L., Li, S., Wang, K., Wang, Z., Shi, W., & Wang, D. (2015). Echolocation signals of free-ranging Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in Sanniang Bay, China. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138(3), 1346-1352.
17. Van Parijs, S. M., & Corkeron, P. J. (2001). Vocalizations and behaviour of Pacific humpback dolphins *Sousa chinensis*. *Ethology*, 107(8), 701-716.
18. Au, W. W., & Herzing, D. L. (2003). Echolocation signals of wild Atlantic spotted dolphin (*Stenella frontalis*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 113(1), 598-604.
19. Silva, T. L., Mooney, T. A., Sayigh, L. S., Tyack, P. L., Baird, R. W., & Oswald, J. N. (2016). Whistle characteristics and daytime dive behavior in pantropical spotted dolphins (*Stenella attenuata*) in Hawai'i measured using digital acoustic recording tags (DTAGs). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(1), 421-429.
20. Erbe, C., Dunlop, R., Jenner, K. C. S., Jenner, M. N., McCauley, R. D., Parnum, I., Parsons, M., Rogers, T., & Salgado-Kent, C. (2017). Review of underwater and in-air sounds emitted by Australian and Antarctic marine mammals. *Acoustics Australia*, 45(2), 179-241.
21. Papale, E., Azzolin, M., Cascao, I., Gannier, A., Lammers, M. O., Martin, V. M., Oswald, J., Perez-Gil, M., Prieto, R., Silva, M. A. & Giacoma, C. (2013). Geographic variability in the acoustic parameters of striped dolphin's (*Stenella coeruleoalba*) whistles. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 133(2), 1126-1134.
22. Lammers, M. O., Au, W. W., & Herzing, D. L. (2003). The broadband social acoustic signaling behavior of spinner and spotted dolphins. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 114(3), 1629-1639.
23. Lammers, M. O., Au, W. W. L., Aubauer, R., & Nachtigall, P. E. (2004). A comparative analysis of the pulsed emissions of free-ranging Hawaiian spinner dolphins (*Stenella longirostris*). *Echolocation in bats and dolphins*, 414-419.

24. Oswald, J. N., Rankin, S., & Barlow, J. (2007). First description of whistles of Pacific Fraser's dolphins *Lagenodelphis hosei*. *Bioacoustics*, 16(2), 99-111.
25. Seabra de Lima, I. M., de Andrade, L. G., Ramos de Carvalho, R., Lailson-Brito, J., & de Freitas Azevedo, A. (2012). Characteristics of whistles from rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) in Rio de Janeiro coast, southeastern Brazil. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(5), 4173-4181.
26. Oswald, J. N., Barlow, J., & Norris, T. F. (2003). Acoustic identification of nine delphinid species in the eastern tropical Pacific Ocean. *Marine Mammal Science*, 19(1), 20-037.
27. Wahlberg, M., Jensen, F. H., Aguilar Soto, N., Beedholm, K., Bejder, L., Oliveira, C., Rasmussen, M., Simon, M., Villadsgaard, A. & Madsen, P. T. (2011). Source parameters of echolocation clicks from wild bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus* and *Tursiops truncatus*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(4), 2263-2274.
28. Tietz, R. M., & Tayler, C. K. (1964). Dolphin talk. *Scientific South Africa*, 1, 385-390.
29. Ansmann, I. C., Goold, J. C., Evans, P. G., Simmonds, M., & Keith, S. G. (2007). Variation in the whistle characteristics of short-beaked common dolphins, *Delphinus delphis*, at two locations around the British Isles. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(1), 19-26.
30. Au, W. W. L. (2004). Echolocation signals of wild dolphins. *Acoustical Physics*, 50(4), 454-462.
31. Soldevilla, M. S., Henderson, E. E., Campbell, G. S., Wiggins, S. M., Hildebrand, J. A., & Roch, M. A. (2008). Classification of Risso's and Pacific white-sided dolphins using spectral properties of echolocation clicks. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 124(1), 609-624.
32. Baumann-Pickering, S., McDonald, M. A., Simonis, A. E., Solsona Berga, A., Merkens, K. P., Oleson, E. M., Roch, M. A., Wiggins, S. M., Rankin, S., Yack, T. M., & Hildebrand, J. A. (2013). Species-specific beaked whale echolocation signals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(3), 2293-2301.
33. Rankin, S., Baumann-Pickering, S., Yack, T., & Barlow, J. (2011). Description of sounds recorded from Longman's beaked whale, *Indopacetus pacificus*. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(5), EL339-EL344.
34. Rhinlander, M. Q., & Dawson, S. M. (2004). Measuring sperm whales from their clicks: Stability of interpulse intervals and validation that they indicate whale length. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 115(4), 1826-1831.

35. Crane, N. L., & K. Lashkari (1996). Sound production of gray whales, *Eschrichtius robustus*, along their migration route: A new approach to signal analysis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 100(3), 1878-1886.
36. Merkens, K., Mann, D., Janik, V. M., Claridge, D., Hill, M., & Oleson, E. (2018). Clicks of dwarf sperm whales (*Kogia sima*). *Marine Mammal Science*, 34(4), 963-978.
37. Malinka, C. E., Tønnesen, P., Dunn, C. A., Claridge, D. E., Gridley, T., Elwen, S. H., & Teglberg Madsen, P. (2021). Echolocation click parameters and biosonar behaviour of the dwarf sperm whale (*Kogia sima*). *Journal of Experimental Biology*, 224(6), jeb240689.
38. Mellinger, D. K., Carson, C. D., & Clark, C. W. (2000). Characteristics of minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) pulse trains recorded near Puerto Rico. *Marine Mammal Science*, 16(4), 739-756.
39. Baumgartner, M. F., Van Parijs, S. M., Wenzel, F. W., Tremblay, C. J., Carter Esch, H., & Warde, A. M. (2008). Low frequency vocalizations attributed to sei whales (*Balaenoptera borealis*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 124(2), 1339-1349.
40. Tremblay, C. J., Van Parijs, S. M., & Cholewiak, D. (2019). 50 to 30-Hz triplet and singlet down sweep vocalizations produced by sei whales (*Balaenoptera borealis*) in the western North Atlantic Ocean. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 145(6), 3351-3358.
41. Edds, P. L., Odell, D. K., & Tershy, B. R. (1993). Vocalizations of a captive juvenile and free-ranging adult-calf pairs of Bryde's whales, *Balaenoptera edeni*. *Marine Mammal Science*, 9(3), 269-284.
42. Figueiredo, L. D., & Simão, S. M. (2014). Bryde's whale (*Balaenoptera edeni*) vocalizations from Southeast Brazil. *Aquatic Mammals*, 40(3), 225.
43. Stimpert, A. K., Wiley, D. N., Au, W. W., Johnson, M. P., & Arsenault, R. (2007). 'Megapclicks': acoustic click trains and buzzes produced during night-time foraging of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Biology Letters*, 3(5), 467-470.

水下噪音測量方法

中華民國 108 年 2 月 26 日環署授檢字第 1080001171 號公告
自中華民國 108 年 6 月 15 日生效
NIEA P210.21B

一、方法概要

本方法係使用符合國際標準組織（International Organization for Standardization, ISO）18406 之水下噪音測量系統及使用符合國際電工協會（International Electrotechnical Commission, IEC）標準 61260-1 規範之倍頻帶（Octave band）濾波器的資料處理系統，進行水下噪音測量。

二、適用範圍

測量方法適用於離岸風力發電設施開發中所產生之水下噪音測量。

三、干擾

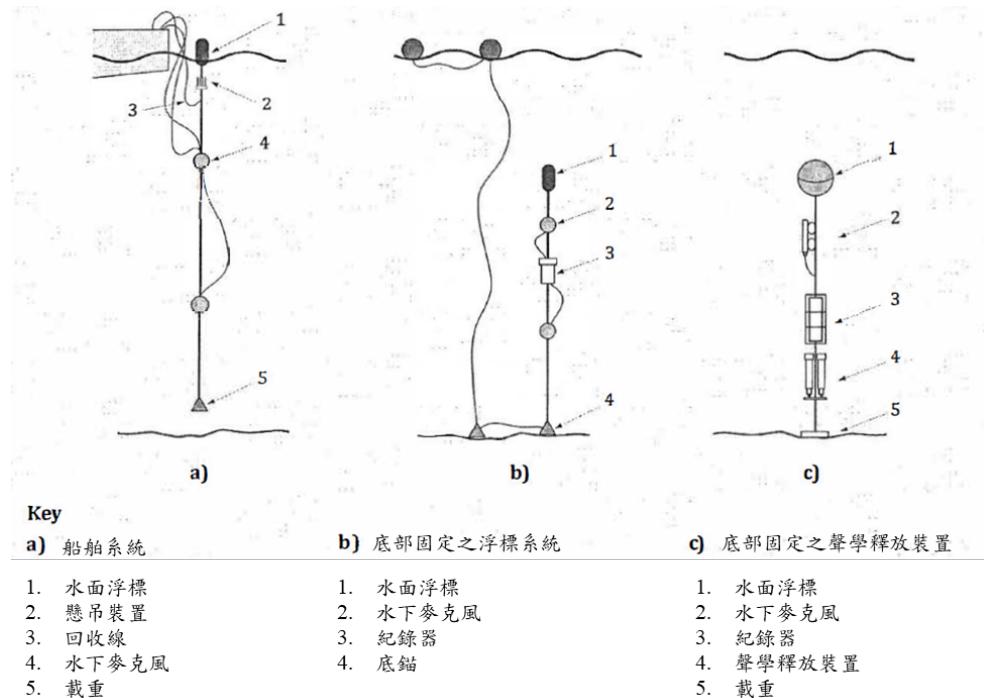
- (一) 水下噪音之測量會受到海流、船舶噪音、電子雜訊或機械噪音等之影響。
- (二) 水下麥克風直接受到海流影響，因渦流作用而產生的聲音（稱為雜音），會影響測量值。
- (三) 測量水下噪音時可能會受到以下機械噪音（Mechanical noise）干擾：
 1. 水面下的碎片或沉積物。
 2. 浮游生物磨擦麥克風之噪音。
 3. 水下麥克風和纜繩相互摩擦。
 4. 任何繫泊系統部件相互碰撞都會有機會產生噪音，水下麥克風都會接收到這些噪音。其中繫泊設備中的金屬部件（例如鍊條）更有機會產生噪音。

四、儀器與設備：

- (一) 整體測量系統：至少須包含水下麥克風、訊號放大器、濾波器、資料儲存設備、訊號延長線及相關連接器等，此系統可以包含各單項，亦可為一整合自錄系統。
- (二) 水下麥克風（Hydrophone）：接收水下聲音之感測設備，內有壓電式材料可將聲波轉換成電子訊號，測量水下噪音時應選擇適當之感應器，其頻率範圍應至少包含 20 Hz 至 20 kHz，其靈敏度（含麥克風前置放大器）在此頻率範圍內其偏差應小於 2

dB 且應具無指向性響應（Omnidirectional response）。在測量打樁之水下噪音時，麥克風之動態範圍需至少 60 dB 以上且可涵蓋測量時最大預估音壓。

- (三) 訊號放大器：放大水下麥克風訊號用，具有可選擇性之增益（Gain）。
- (四) 1/3 八音度頻帶濾波器：須符合 IEC 61260-1，可用於過濾訊號。
- (五) 聲音校正器（Sound calibrator）：校正器原理須為空氣活塞式（air-pistonphone），須符合 IEC 60942 1 型（Class 1）或我國國家標準 CNS 13331 1 級之規定。
- (六) 數位儲存設備：具類比數位轉換器（Analogue to digital converter, ADC）功能並將資料儲存於電腦硬碟或快閃儲存儲器中，其儲存方式應為無損（Lossless），可使用 Windows PCM WAV 格式儲存資料或同級品。
- (七) 水下噪音資料處理系統：測量系統需具備符合 IEC 61260-1 所規範之頻帶濾波器，以原始數據資料進行處理。
- (八) 靜態部署平台：水下噪音測量系統部署方式可為船舶系統、底部固定之浮標系統以及底部固定之聲學釋放（Acoustic release）或其他適當方式/裝置，如下圖：



- (九) 水面浮標 (Surface buoy) (選擇性)：水面上浮標，提供水下測量系統浮力之裝置。
- (十) 懸吊裝置 (選擇性)：連接水下測量設備與浮標之裝置。
- (十一) 壓載體：使水下測量設備往水底沉降之設備。
- (十二) 聲學釋放裝置 (選擇性)：使用聲音釋放方式，使置於水下的紀錄系統浮至水面，以利回收。
- (十三) 防流體噪音罩 (選擇性)：可避免水下麥克風受水流影響產生流體噪音的元件。
- (十四) 風速計：可測量至 0.1 m/s。
- (十五) 測深儀：量測海床至海水表面之深度，其準確度可在±1 m 內。
- (十六) 精準型 GPS：差分型衛星定位 (Differential GPS)，其準確度可在±1 m 內。

五、測量方法

(一) 水下噪音測量系統參數設定及測量指標

1. 動態範圍：需包含待測音源之變化範圍。
2. 時間加權 (Time-weighting)：慢特性 (Slow)
3. 頻率範圍 (Frequency range)：至少 20 Hz 至 20 kHz
4. 測量指標：

(1) 均能音量：

均能音量：指特定時間內所測得音量之能量平均值。20 Hz 至 20 kHz 之均能音量以 L_{eq} (單位為 dB) 表示：

$$L_{eq,T} = 10 * \log \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^2 dt \quad (\text{式 1})$$

T ：測量時間，單位為 s。

P_t ：測量音壓，單位為 Pascals, Pa。

P_0 ：基準音壓為 1 μPa。

(2) 單一敲擊聲曝值 (Single strike sound exposure level, SEL_{ss})

A. 對於衝擊式打樁，可由下式定義單一敲擊聲曝值 L_E 在頻率域 (註 1) 計算公式 (單位為 dB) 如下：

$$L_E = 10 * \log \int_{T_1}^{T_2} \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^2 dt \quad (\text{式 2})$$

T_1 ：脈衝訊號起始時間，單位為 s。

T_2 ：脈衝訊號結束時間。

P_t ：測量音壓，單位為 Pa。

P_0 ：基準音壓為 $1 \mu\text{Pa}$ 。

B. 單一敲擊聲曝值，在時間域計算公式（單位為 dB）：

$$L_E = 10 * \log \left(\frac{E_{100}}{E_{ref}} \right) \quad (\text{式 3})$$

$$E_{100} = \frac{1}{f_s} \sum_{t_0 f_s}^{t_{100} f_s} \left\{ p^2(t_i) \right\} \quad (\text{式 4})$$

E_{ref} ：基準值為 $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ 。

$p(t_i)$ ：音壓的時間域序列。

f_s ：取樣頻率（Sampling rate）。

t_0 ：脈衝訊號起始時間。

t_{100} ：脈衝訊號結束時間。

(3) 因為水下噪音環境較容易迴響，因此聲音脈衝持續時間可能會大於打椿的間隔時間，將導致連續聲音脈衝重疊。在這種情況，聲音脈衝序列平均 SEL_{ss} 值，可以對整個脈衝序列進行積分並除以聲音脈衝數（打椿次數）來獲得，應以每 30 秒計算平均 SEL_{ss} 值以 $L_{E(30s)}$ 表示，如下式（單位為 dB）：

$$L_{E(30s)} = 10 * \log \int_{0s}^{30s} \frac{\left(\frac{P_t}{P_0} \right)^2}{N} dt \quad (\text{式 5})$$

其中 N 為 30 秒內的打椿次數

(4) 最大音壓位準（Peak sound level, L_{peak} ）（單位為 dB）：

$$L_{peak} = 20 * \log \left(\frac{P_{peak}}{P_0} \right) \quad (\text{式 6})$$

其中 P_{peak} 為 30 秒內音壓最大值， $P_{peak} = \max|P_t|$

- (5) 百分率音壓位準（Percentile level）（單位為 dB）：顯示測量噪音期間 $x\%$ 比例時間，其 $L_{eq,T}$ 噪音值大於或等於該位準。
- A. $L_{90,5s}$ = 超過總測量週期 90% 資料的測量值 (L_{90} ，每 5 秒為一單位)
 - B. $L_{50,5s}$ = 超過總測量週期 50% 資料的測量值 (L_{50} ，每 5 秒為一單位)
 - C. $L_{5,5s}$ = 超過總測量週期 5% 資料的測量值 (L_5 ，每 5 秒為一單位)

(二) 測量時機、選點原則及測量指標：施工期間水下噪音之測量地點、時機及測量指標依下列原則辦理，而施工前水下背景噪音測量及營運期間水下噪音測量請參考（註 2）、（註 3）。

1. 施工期間水下噪音測量：

- (1) 在進行打樁工程時，水下噪音的海上測量應至少在一處位置進行之，距離打樁 750 m 的地點，須測量批次打樁程序，打樁地點與測量位置的實際範圍應於測量結果中陳述。
- (2) 施工期間測量所使用之指標為 $L_{E(30s)}$ 並記錄 L_{peak} ，測量時間至少 1 小時，而測量點之背景噪音 (L_{eq} , 單位為 dB) 在打樁前或後進行測量，測量時間至少為 2 分鐘以上。為確認測量無背景噪音干擾， $L_{E(30s)}$ 必須比背景噪音高出 10 dB 以上。

2. 測量深度：水下麥克風需置於當地水深一半至高於海床 2 m 之間測量。

(三) 測量注意事項

- 1. 測量儀器架設：在架設測量儀器與設備時，須排除下列之各項噪音干擾。
 - (1) 流體噪音（Flow noise）：可使用防流體噪音罩俾降低干擾。流體在纜繩或水下麥克風周圍流動時都會產生湍流壓力波動，這些波動會被水下麥克風測量到。
 - (2) 纜索甩動（Cable strum）：纜索可以加裝降低渦流強度的裝置（如機械式整流罩或適當裝置）降低振動。位於

水面下的纜索受到水流產生之渦流的作用而振動時，並產生低頻雜訊。

- (3) 波浪起伏 (Surface heave)：可以使用固定於海床上的量測系統加以解決。如由船上部署儀器，則可以使用彈性懸吊裝置，降低麥克風上下運動幅度，進而降低此干擾；或是使用濾波器過濾波浪起伏所引發之靜水壓變化訊號（此訊號頻率約在 5 Hz 以下）。任何從海面部署的系統，例如該系統附著在浮標或船隻上的系統，都有可能受到波浪或長浪之影響。儘管浮標或船隻會隨著海面的移動，懸浮在水中的水下麥克風可能無法隨著水面運動，使水下麥克風的深度產生變化，從而水下麥克風將收到非常低頻率的靜水壓力波動。
- (4) 船舶噪音 (Vessel noise)：須關閉引擎、發動機等相關機器，船員不要製造噪音，測量系統須由電池供電。
- (5) 波浪拍打 (Wave slap) 船體噪音：將船頭對準波浪行進方向，可降低波浪拍擊聲。
- (6) 電路雜訊 (Electrical noise)：測量系統由船舶進行部署時，須關閉船舶上的發電機以避免電路雜訊干擾，測量儀器直接由電池供電。
2. 水下噪音測量系統動態範圍 (Dynamic range) 設定，應涵蓋待測音源之音量，以避免過載 (Overload) 影響測量準確性。
3. 水下噪音測量設備如外接電源時，需確認供應電源之電壓是否正確；另如測量系統使用電池亦先確認電池容量，避免測量期間斷電或因電池容量不足影響水下噪音之擷取。
4. 水下噪音現場測量：
- (1) 測量過程中，測量設備宜固定且做好各項雜訊抑制，以免測量期間接收到之訊號受影響。
- (2) 測量前後需以整體設備（訊號延長線連接水下麥克風與測量系統）於測量前、後執行外部音壓確認，結果符合七、品質管制（一）後不可再分（拆）離任何設備。
- (3) 測量水下噪音時，需取得或記錄事件發生之時間，以利擷取數據並計算單一事件音量（聲曝值）與最大音量音壓位準。
- (4) 其他：須使用錄音方式配合原始數據之擷取來決定事件音量，須與中原標準時間對時。

5. 現場測量完畢後以聲音校正器進行水下麥克風（整體設備）確認，水下麥克風不可進行任何調整，其校正結果應符合七、品質管制（一）要求並且記錄。

（四）數據處理：須呈現各指標（單一敲擊聲曝值及最大音壓位準等）計算結果（註5），相關紀錄保存備查。

六、 結果處理

測量報告至少須包含下列各項：

（一）一般要求：

1. 測量日期、測量時間。
2. 測量期間之氣象狀態（風速、風向、氣溫、大氣壓力、相對濕度及最近降雨日期）。
3. 測量位置（測量地點及水下麥克風深度、GPS 座標等）與音源相對位置（GPS 座標）及距離。
4. 測量方法、測量設備（含聲音校正器）廠牌、型號、序號、數據顯示時距及其校正紀錄與校正有效期限等。
5. 測量結果：計算水下噪音指標。
6. 測量期間之水下噪音（含確認值）、風速等原始數據（含水下噪音錄音資料）須存檔備查。
7. 其他（特殊音源之特性及其隨時間變化性、可能影響測量結果之因素等）。

（二）基樁尺寸：如可取得相關資訊一併檢附以下資料。

1. 基樁的標識符號和位置。
2. 基樁尺寸。
3. 海床類型（使用 Folk 沉積物分類，並說明其種類）。
4. 基樁位置的水深。
5. 敲擊錘型號和系統（例如：使用緩衝墊的 S-1800 液壓錘）。
6. 每次錘擊能量的歷史紀錄，包括軟（Soft）啟動期間。
7. 任何減輕干擾噪音系統的描述，包括任何可能降低噪音之資訊（例如應用氣泡幕等）。
8. 基礎類型，例如單樁或是三腳架式基座。
9. 樁體材料類型（Type）（如鋼筋、混凝土等）。

10. 海床打樁深（低於海床底部的深度）。
11. 樁體材料特性（Properties）。
12. 打樁位置底層沈積物（Sub-bottom layers）堆積形式。
13. 測量地點海床地質狀況。
14. 測量位置的水深和打樁過程中水深的潮汐變化。
15. 測量期間，測量船的操作條件。

（三）儀器佈設：須記錄以下關於儀器配置的資訊。

1. 測量系統描述（包括截取系統類型、頻帶寬、系統自身噪音、動態範圍、採樣頻率及使用濾波器等）。
2. 懸吊裝置說明/圖示和平台說明（船舶、浮標、底部安裝等）。
3. 水下麥克風深度。
4. 水下麥克風指向性/原廠宣稱靈敏度。
5. 校正內容（可溯源至國家標準實驗室，包括日期和報告）。
6. 實際之測量設備連接配置（示意）圖或照片。

七、品質管制

- （一）至少於測量前、後使用聲音校正器設定至少一個頻率（250 Hz 或其他適合頻率），確認水下麥克風整體測量系統之顯示值與確認值（聲音校正器），其差值之絕對值不得大於 0.7 dB。
- （二）水下麥克風校正期限為 2 年，須送國內外可追溯至國家測量標準實驗室進行校正，其接收靈敏度測試其結果須符合原廠規範。經校正合格之水下麥克風若拆換零（組）件，應重新進行校正並符合規定。
- （三）聲音校正器須送可追溯至國家測量標準的實驗室進行校正，校正期限為 1 年，聲音校正器的校正結果應符合 CNS 13331 所指定之 1 級校正器的要求，即所產生實際音壓位準與對應標稱值（Nominal）差值之絕對值不得大於 0.3 dB（註 6）。
- （四）1/3 八音度頻帶濾波器，需每 2 年送國內外可追溯至國家測量標準的實驗室，進行濾波器測試並符合規定。

八、檢測相關條件註記

略。

九、參考資料

- (一) ISO, Underwater acoustics - Measurement of radiated underwater sound from percussive pile driving. ISO 18406, 2017.
- (二) Investigation of the Impacts of Offshore Wind Turbines on the Marine Environment (StUK4), 2013.
- (三) BSH, Offshore wind farms: Measuring instruction for underwater sound monitoring, 2011.
- (四) IEC, Electroacoustics - Octave-band and fractional-octave-band filters, IEC 61260-1, 2014.
- (五) 行政院環保署環境檢驗所，環境噪音測量方法，中華民國 105 年。
- (六) 行政院環保署環境檢驗所，陸上運輸系統噪音測量方法，中華民國 103 年。

註 1：噪音訊號一般可經由快速傅利葉轉換（Fast fourier transform, FFT）的運作及轉換成頻率領域之頻譜，而此訊號通常是由不同頻率組成（可稱為窄頻分析），或經由 IEC61260-1 所定義帶通濾波器（Bandpass filter），將訊號過濾後得到頻譜圖（有 1/1、1/3、1/n Octave 等），這樣的頻譜圖稱之倍頻帶頻譜（Octave band spectrum），其所組成圖形以頻率為 X 軸，音壓位準經均方根值（Root mean square, RMS）計算為 Y 軸，謂之頻率域。如以時間為 X 軸，音壓位準為 Y 軸，謂之時間域。

註 2：施工前水下背景噪音測量：

- 一、須於以下三處同時進行測量。在離岸設施設置計畫區內至少一處，離計畫區最近的自然保護區一處，以及距打樁點 5000 公尺一處，共至少三處。
- 二、施工前水下背景噪音測量時機，應對應於海況（Sea state）1（無降雨）和風力發電設施為“中度”和“額定容量”的功率輸出範圍相對應之 3 種風級（蒲福標準（Beaufort Scale））進行（註 4），每個風級至少需要測量 3 個小時，使用之量測指標為 $L_{eq,5s}$ 、 $L_{90,5s}$ 、 $L_{50,5s}$ 、 $L_{5,5s}$ 。

註 3：營運期間水下噪音測量：

- 一、測量營運期間各個風力發電設施之水下噪音，須在距聲源約 100 公尺處，並在風力發電場址範圍中心點進行測量，和在距風力發電設施場址範圍外，且距 1000 m 的地方和最近的海洋自然保護區內進行測量（該區距風力發電設施不超過 5 公里）。如附近沒有自然保護區，必須在距風力發電設施 5 公里的地方進行噪音的測量。

二、營運期間量測時機必須對應於風機的“低度”、“中度”和“額定容量”的功率輸出範圍進行測量，每個等級至少需要測量三個小時。水下背景噪音測量使用之指標為 $L_{eq,5s}$ 、 $L_{5,5s}$ 。

註 4：蒲福風級定義如下：

| 蒲福風級 | 風之稱謂 | 一般敘述 | 公尺每秒 m/s | 浪高 (m) | 節 (knots) |
|------|-----------------------|------------------------|-------------|-----------|--------------|
| 0 | 無風 calm | 海面如鏡 Sea like a mirror | 不足 0.3 | 0 | 不足 1 |
| 1 | 軟風 light air | 僅煙能表示風向，但不能轉動風標。 | 0.3-1.5 | 0-0.2 | 1-3 |
| 2 | 輕風 light breeze | 人面感覺有風，樹葉搖動，普通之風標轉動。 | 1.6-3.3 | 0.2-0.5 | 4-7 |
| 3 | 微風 gentle breeze | 樹葉及小枝搖動不息，旌旗飄展。 | 3.4-5.4 | 0.5-1.0 | 8-12 |
| 4 | 和風 moderate breeze | 塵土及碎紙被風吹揚，樹之分枝搖動。 | 5.5-7.9 | 1-2 | 13-16 |
| 5 | 清風 fresh breeze | 有葉之小樹開始搖擺。 | 8.0-10.7 | 2-3 | 17-21 |
| 6 | 強風 strong breeze | 樹之木枝搖動，電線發出呼呼嘯聲，張傘困難。 | 10.8-13.8 | 3-4 | 22-27 |
| 7 | 疾風 near gale | 全樹搖動，逆風行走感困難。 | 13.9-17.1 | 4-5.5 | 28-33 |
| 8 | 大風 gale | 小樹枝被吹折，步行不能前進。 | 17.2-20.7 | 5.5-7.5 | 34-40 |
| 9 | 烈風 strong gale | 建築物有損壞，煙囪被吹倒。 | 20.8-24.4 | 7-10 | 41-47 |
| 10 | 狂風 storm | 樹被風拔起，建築物有相當破壞。 | 24.5-28.4 | 9-12.5 | 48-55 |
| 11 | 暴風 violent storm | 極少見，如出現必有重大災害。 | 28.5-32.6 | 11.5-16 | 56-63 |
| 12 | 颶風 hurricane | - | 32.7-36.9 | ≥ 14 | 64-71 |

註 5：如需要可以進行訊號的窄頻分析（Narrow band frequency analysis），其中頻率解析度（Frequency resolution）應小於 2 Hz 亦記錄相關分析條件（如頻寬、頻窗、解析點數等）。

註 6：依據原廠技術手冊如須使用耦合器（Coupler）搭配聲音校正器進行確認水下麥克風性能，須一起合併送校正俾確認其準確性。

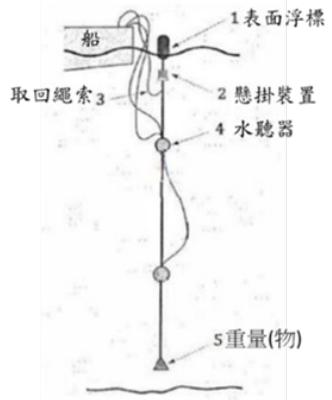
水下噪音測量分析結果（範例）

| | | | |
|--------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------|
| 測點位置 | 基隆望海巷港口 | | |
| 量測日期 | 2018/9/17 11:34 至 2018/9/17 11:37 | | |
| 量測頻率範圍 | 20 Hz 至 20 kHz | | |
| 取樣時間 | 1 s | | |
| 時間加權 | Slow | | |
| 量測單位 | dB (re 1 μ Pa) | 30 秒內打椿次數 | 32 次 |
| 量測時間 | 30 秒平均值 $L_{eq,30s}$ | 單一敲擊聲曝值 $L_{E(30S)}$ | 最大音壓位準 L_{peak} |
| 量測結果 | 149.2 | 149.0 | 152.3 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

水下噪音現場測試記錄表（施工前的背景測量）

水下噪音現場測試記錄表（範例）

| 專案編號 | ----- | 行程代碼 | ----- | 測點編號 | ----- |
|--|--|--|-------|--|-------|
| 量測日期 | 107 年 09 月 17 日 11 時 02 分至 107 年 09 月 17 日 11 時 49 分 | | | | |
| 測點地點 | 基隆望海巷港口 | 海床地質狀況 | 沙地 | 檢測人員 | 陳○○ |
| 氣象條件：即時最大風速 6.0 m/s；風速計高度(船上) 1.2 m；蒲福風級 1 級；最近降雨日期：107 年 9 月 16 日 | | | | | |
| 動特性： <input checked="" type="checkbox"/> S，取樣時距 1 s | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> 聲音校正器: 250Hz 165.9 dB；量測前呈現值 165.9 dB；量測後呈現值 165.9 dB | | | | | |
| ※水下麥克風顯示值與確認值（聲音校正器）差值之絕對值不得大於 0.7dB。 | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> 海況 1(無降雨);相對應蒲福風級 1 級 <input type="checkbox"/> 風機”中等”的功率輸出範圍;相對應蒲福風級 3 級 <input type="checkbox"/> 風機”額定容量”的功率輸出範圍;相 | | | | | |
| 對應蒲福風級 6 級 | | | | | |
| GPS 座標：X：121°48.105 Y：25°08.184；水下麥克風深度：4.5 m；水深：6 m；流速：- m/s；流向：- | | | | | |
| 儀器廠牌 | 型號 | 序號 | | 備註 | |
| 分析儀 01dB | dB4 | <input checked="" type="checkbox"/> 00703101 | | | |
| 水下麥克風 G.R.A.S | 10CT | <input checked="" type="checkbox"/> 2140495 | | 指向性:無指向性(Omni) 宣稱靈敏度: ±2 dB 頻率範圍: 1 Hz 至 170 kHz | |
| 放大器 G.R.A.S | 12CB | <input checked="" type="checkbox"/> 020131-G05 | | | |
| 聲音校正器 B&K | 4229 | <input checked="" type="checkbox"/> 2043477 | | | |
| 風速計 DAVIS | VS7 | <input checked="" type="checkbox"/> 11020 | | | |
| 測量系統描述: 1.採集系統類型:分析儀；2.頻率範圍:10 Hz 至 20 kHz；3.動態範圍:90 dB；4.採樣頻率 51.2 kHz | | | | | |
| 水下麥克風懸吊系統說明: | | | | | |
| 量測部署方法: <input checked="" type="checkbox"/> 船舶系統； <input type="checkbox"/> 底部錨定之水下浮標系統； <input type="checkbox"/> 聲學釋放裝置方式； <input type="checkbox"/> 其他（描述） | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> 船頭對準波浪行進方向； <input checked="" type="checkbox"/> 關閉船舶上的發電機及機器 | | | | | |
| 量測部署示意圖： | | | | | |



水下噪音量測系統



2



其他(特殊音源之特性及其隨時間變化性、可能影響測量結果之因素等): ---

附件五《水下噪音指引》2023年12月公告版

附 件 六

本案綠色採購證明文件

淡江大學
**113 年政府機關勞務/工程採購案
綠色採購金額證明文件**

淡江大學
(統一編號：大專院校)

承攬海洋委員會海洋保育署(A. 47.2-0) - 「112-113年度水下噪音監測調查計畫採購案」之綠色採購金額共計 60,690.0 元，以茲證明。

- 下載日期： 113 年 12 月 11 日
- 招標單位可至「政府綠色採購網路申報系統」查詢申報單位申報成果

序號：Y141AI05TGCL

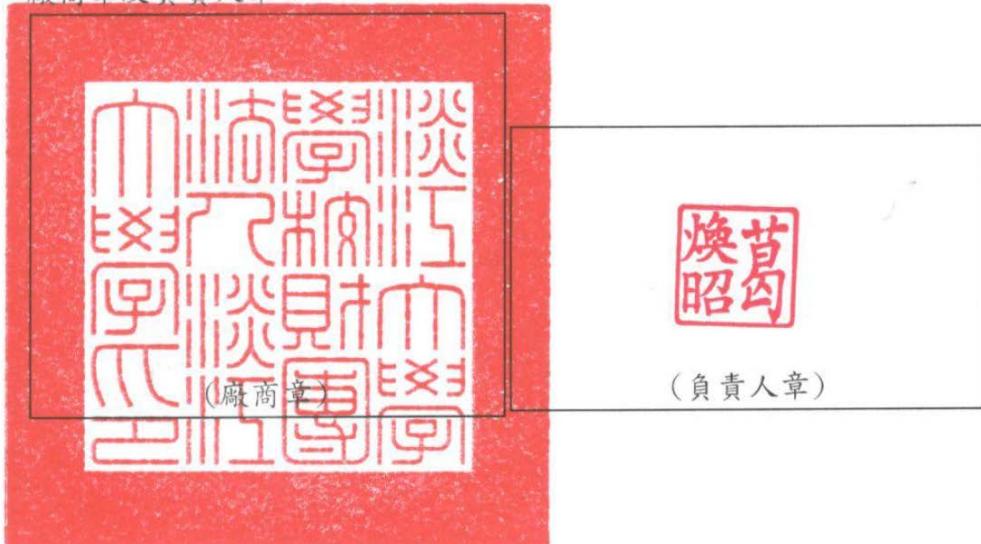
附件六_本案綠色採購證明文件

淡江大學學校財團法人淡江大學已確認以下申報內容無誤，並保證所有申報資料均屬實，如有不實，願負相關法律責任。

申報年度：113年

辦理綠色採購金額共計60,690.0元

廠商章及負責人章：



附件六_本案綠色採購證明文件

民間企業及團體綠色採購金額統計表

◆ 單位名稱： 淡江大學學校財團法人淡江大學
 ◆ 統一編號： 大專院校
 ◆ 負責人： 葛煥昭
 ◆ 聯絡人： 顏采容 ◆ 連絡電話： 02-26215656#3646
 ◆ 地址： 新北市淡水區英專路151號 海下中心
 ◆ 申報年度： 113

| 使用單位 | 綠色產品種類 | | | 產品名稱 | 標章編號 | 數量 | 單位 | 金額 (新台幣) |
|---------------------------|--------|------|------|--|-------|----|----|-------------|
| | 國內外 | 標章類型 | 產品類型 | | | | | |
| 海洋委員會海洋保育署 (A. 47.2-0) | 國內 | 環保標章 | 成品 | COPYMATE RECYCLE COPIER PAPER 70g | 15897 | 70 | 包 | 5,600.00 |
| 海洋委員會海洋保育署 (A. 47.2-0) | 國內 | 環保標章 | 成品 | 原生碳粉匣 | 20247 | 10 | 個 | 13,810.00 |
| 海洋委員會海洋保育署 (A. 47.2-0) | 國內 | 環保標章 | 成品 | 原生碳粉匣 | 20246 | 10 | 個 | 13,810.00 |
| 海洋委員會海洋保育署 (A. 47.2-0) | 國內 | 環保標章 | 成品 | 原生碳粉匣 | 20245 | 10 | 個 | 13,810.00 |
| 海洋委員會海洋保育署 (A. 47.2-0) | 國內 | 環保標章 | 成品 | 原生碳粉匣 | 20244 | 10 | 個 | 13,660.00 |



Ocean Conservation Administration,
Ocean Affairs Council