

103 年度行政院農業委員會林務局補助研究計畫

# 中華白海豚族群生態與棲地環境噪音監測

Population ecology and ambient noise monitoring on  
Chinese white dolphin (*Sousa chinensis*) habitats

計畫編號：103 林發-07.2-保-21

計畫主持人：周蓮香 教授

協同主持人：陳琪芳 教授

執行機關：國立台灣大學生態與演化生物研究所

國立台灣大學海洋技術研究中心

中華民國 104 年 1 月 31 日





# 研究人員名錄

## 國立台灣大學 生態學與演化學研究所

|     |     |
|-----|-----|
| 周蓮香 | 陳亭穎 |
| 黃彥婷 | 吳孟昕 |
| 侯雯  | 詹斐蓮 |
| 吳貞儀 | 李佳紘 |
| 林圻鴻 | 李幸娜 |
| 梁至希 | 李欣樺 |
| 連文菁 | 潘佳修 |
| 王俊傑 | 蔡蕙如 |
| 劉明章 | 林明慶 |
| 陳飛龍 | 利奕達 |
| 林子皓 | 葉南希 |
| 余欣怡 | 李萬筋 |
| 張維倫 | 余信義 |
| 楊志凱 | 鄭傑方 |
| 賴郁卉 |     |

## 國立台灣大學 海洋技術研究中心 陳琪芳

## 國立台灣大學 工程科學暨海洋工程學系 胡惟鈞 林天祥

## 國立中山大學 海下科技暨應用海洋物理研究所 魏瑞昌

# 總 摘 要

生活於在台灣西海岸的白海豚族群很小且面臨嚴重威脅，2008 年被世界自然保育聯盟(IUCN)列為極度瀕危等級的保育類動物，於 2014 年 4 月 21 日農委會預告訂定「中華白海豚野生動物重要棲息環境之類別及範圍」，亟需持續追蹤及監測本族群的長期生態變動趨勢。本計畫內容包括四大項，其結果分述如下：

## 1. 中華白海豚在熱區的長期監測：

本計畫延續在南北兩個熱區海域的海上目視觀測，今年於北熱區再增一條航線，共執行三條航線各 12 趟調查。今年北熱區的標準化目擊率呈現上升，然南熱區則持續有下降趨勢。依據多年來的照片資料，共累計辨識出 76 隻非嬰幼兒個體；然而有 12 隻兩年以上未目擊（其中 2 隻確認死亡）。今年辨識隻數為 58 隻，正在育幼的母親數量有 10 隻。部分個體顯示有嚴重受傷的痕跡和皮膚病灶，顯示台灣西岸中華白海豚族群所承受人為活動壓力不小。為了維繫中華白海豚族群之存續，建議加強白海豚棲息環境內之違法行為取締，劃設有積極管理作為的保護區，並研擬禁漁措施以恢復白海豚棲地內之食餌資源來提升棲地品質。

## 2. 以無人載具空拍監測中華白海豚族群之測試：

今年以機動性較高的四軸飛行器進行空拍監測，完成四次飛行並全程錄影，從影片中可清楚看到在不同飛行高度下之海豚族群、船隻、動物行為，並可從畫面中判斷海豚個體間之相對位置，然解析度尚不足以進行個體辨識(Photo ID)。建議若要取代人力之海上調查，需考慮續航力及穩定性更佳的高階多軸飛行器(6 軸或 8 軸飛行器)。

## 3. 中華白海豚棲地海洋環境噪音監測與分析：

本子計畫之目的是希望藉由水下錄音系統了解棲地環境噪音結構，並且藉由統計方式分析去了解白海豚敏感區域其人為活動噪音或者其他類噪音組成。去年已針對彰濱工業區外堤南側(CH)及外傘頂洲北端(WS)這兩處進行長期且系統化之調查，本年度將延續研究並且擴大研究區域，於苗栗縣通宵火力發電廠外海(TX)以及布袋(BD)近海航道警示燈處佈放水下錄音系統(SM2M)，進行至少各 30 天的環境噪音監測。從資料顯示，TX 與 BD 之生物噪音在約莫 19:00-01:00 期間有非常明顯之週期變化。本年度之海洋環境噪音監測計畫中，TX 測站可發現一持續



60Hz 之低頻噪音，已排除此訊號由錄音系統本身因素所致，推測與通宵火力發電廠有著密切關係。另外，本年度也開始採以自動化偵測事件取代人工辨識方式並建立該區域之主要噪音組成資料庫。最後將 102 年度與 103 年度之成果做比較，發現本年度海洋環境噪音較去年來得高，整體約莫相差 10dB。

#### **4. 舉辦中華白海豚海上調查實習工作坊：**

為了將多年來的經驗和技術傳承，舉辦海上調查實習工作坊，並廣邀各地類似背景的學者和有興趣之民眾參與。活動內容分為兩部分：室內演講與演練於 5 月 24 日順利完成，並於 5 月 25 日至宜蘭烏石港外海進行海上調查的實際操作體驗各有 40、31 人。在工作坊舉辦完之後，使用 Google 表單追蹤學員排班情形，以進行後續海上調查的人力安排。本年度學員的課程滿意度、回流率、和排班率皆超過 70%，建議明年繼續舉辦。

## 誌 謝

首先感謝林務局對本計畫持續支持，還要特別感謝在研究期間管組長立豪、黃科長群策、曹又仁先生在行政上的協助，以及周蓮香及陳琪芳、魏瑞昌的研究團隊成員中許多兼任助理、研究生、志工們不畏海上辛苦，蒐集珍貴的海上調查資料。最後，由衷感謝尖再發七號洪昆仲船長、彰濱壹號楊留煜船長、台福利號林捷成船長、宜蘭烏石港凱鯨號、花蓮海鯨號林國正船長、房兆麟先生大力在海上調查執行上相助。謹此獻上最誠摯的謝忱。

# 目 錄

|     |                       |    |
|-----|-----------------------|----|
| 第壹章 | 研究背景及計畫目標             | 1  |
| 第貳章 | 中華白海豚族群在熱區的長期監測       | 4  |
| 第參章 | 以無人載具空拍監測中華白海豚族群之嘗試報告 | 40 |
| 第肆章 | 中華白海豚棲地海洋環境噪音監測與分析    | 54 |
| 第伍章 | 中華白海豚海上調查實習工作坊        | 78 |
| 附錄一 | 海上調查 SOP 手冊           | 87 |

## 表目錄

### 第貳章

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 表一、各行為類別的定義·····                | 21 |
| 表二、三條航線，共 36 趟航次的總努力量結果·····    | 21 |
| 表三、各航線的中華白海豚海上目視調查結果·····       | 21 |
| 表四、各航線的目擊點位環境因子(平均值±標準偏差)·····  | 22 |
| 表五、各航線固定測站點之環境因子(平均值±標準偏差)····· | 22 |

### 第參章

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 表一、飛行船與多軸飛行器功能比較····· | 46 |
|-----------------------|----|

### 第肆章

|                   |    |
|-------------------|----|
| 表一、佈放點位與時間表·····  | 62 |
| 表二、水下監測系統規格表····· | 63 |

### 第伍章

|                  |    |
|------------------|----|
| 表一、六月份排班時間表····· | 84 |
| 表二、七月份排班時間表····· | 84 |
| 表三、八月份排班時間表····· | 85 |
| 表四、九月份排班時間表····· | 85 |

## 圖目錄

### 第貳章

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 圖一、北區 A 航線，苗栗白沙屯至台中港(24°18'N– 24°34'N)海上調查航線.....                                            | 23 |
| 圖二、北區 B 航線，台中港至彰化鹿港(24°04'N –24°18'N) 海上調查航線.....                                            | 23 |
| 圖三、南區航線外傘頂洲西側沿岸至台南八掌溪口(23°20'N– 23°34'N)海上調查航線.....                                          | 24 |
| 圖四、北區 A 航線：苗栗白沙屯至台中港(24°18'N -24°34'N)之目擊點位。.....                                            | 24 |
| 圖五、北區 B 航線：台中港至彰化鹿港(24°04'N –24°18'N)之目擊點位。.....                                             | 25 |
| 圖六、南區航線：外傘頂洲西側沿岸至台南八掌溪口(23°20'N –23°34'N)之目擊點位。.....                                         | 25 |
| 圖七、北區 A 航線：苗栗白沙屯至台中港(24°18'N-24°34'N)之 25 分鐘以上追蹤軌跡。.....                                     | 26 |
| 圖八、北區 B 航線：台中港至彰化鹿港(24°04'N–24°18'N)之 25 分鐘以上追蹤軌跡。.....                                      | 26 |
| 圖九、南區航線：外傘頂洲西側沿岸至台南八掌溪口(23°20'N–23°34'N)之 25 分鐘以上追蹤軌跡。.....                                  | 27 |
| 圖十、本年度中華白海豚南區和北區群次在各群體大小的累計目擊次數。.....                                                        | 27 |
| 圖十一、中台灣西海岸中華白海豚海上目擊資料的年齡結構。(A)北區(n=48)(B)南區(n=5)。.....                                       | 28 |
| 圖十二、近七年台灣西海岸中華白海豚目擊率趨勢(群次/百公里)年間變化(彙整各年度不同計畫之平行海岸線調查結果)。.....                                | 29 |
| 圖十三、近 7 年台灣西海岸南北區中華白海豚標準化的目擊率(群次/百公里)年間變化。.....                                              | 29 |
| 圖十四、近七年台灣西海岸中華白海豚族群結構年間變化，嬰幼兒個體以每年正在育幼的雌性個體數目代表。老年期編號#23 個體於 2014 年 9 月死亡後，目前老年期個體僅剩一隻。..... | 30 |
| 圖十五、2008-2014 年間，有兩年以上未被目擊和死亡個體之體表傷痕與病灶之照片。(A)編號#30 個體曾被目擊披掛漁具(B)編號#27 個                     |    |

|                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 體曾目擊明顯皮膚病灶(C)編號#107 個體有明顯外傷癒合的痕跡。.....                                                                                                                                                                                        | 31 |
| 圖十六、2008-2014 年間，有兩年以上未被目擊和死亡個體之體表傷痕與病灶之照片(續)。(A)編號#28 個體有疑似癒合後的船擊傷痕 (B)編號#23 今年死亡的老年個體，身上有穿刺傷的舊疤。.....                                                                                                                       | 32 |
| 圖十七、今年持續有明顯體表傷害或皮膚病灶的個體照片。(A)編號#42 有明顯癒合之切割傷和皮膚病灶(B)編號#62 個體未癒合之外傷和皮膚病灶 (C) 編號#72 個體有癒合傷疤和皮膚病灶。.....                                                                                                                          | 33 |
| 圖十八、今年持續有明顯體表傷害或皮膚病灶(橘斑)的個體照片。(A)編號#12 尾幹有明顯繩狀物勒傷和皮膚病灶(B)編號#47 個體有嚴重外傷癒合痕跡(C)編號#6 個體有癒合之穿刺傷和(D)皮膚病灶。.....                                                                                                                     | 34 |
| 圖十九、今年持續有明顯體表傷害或皮膚病灶的個體照片。(A)編號#26 (B)編號#49(C)編號#10(D)編號#83(E)編號#74 個體，身上皆有切面平整之癒合傷痕，可能為螺旋槳之船擊或繩狀物纏繞傷害。.....                                                                                                                  | 35 |
| 圖二十、比較在 57 隻台灣西岸中華白海豚個體，在 2006-2010 年及 2011-2014 年期間的緯度活動範圍示意圖。中空方格代表中位數緯度，柱狀兩端各代表最大和最小值。淺藍色代表北居留者、深藍色代表北遷徙者、紫色代表南遷徙者、黑色代表南居留者。橫軸為個體編號，縱軸為活動範圍緯度。斑馬紋(圖 A 和 B)和灰色(圖 B)柱狀圖代表該時期目擊不足 10 次。.....                                  | 36 |
| 圖二十一、於 2006-2010 及 2011-2014 年間，(A)北區個體(n=17)和(B)南區個體(n=12)於 3 個活動區域改變之比例。.....                                                                                                                                               | 37 |
| 圖二十二、於 2006-2010 及 2011-2014 年間，(A)北區和(B)南區活動區域改變個體之年齡結構。.....                                                                                                                                                                | 37 |
| 圖二十三、(A)2008-2010 和(B)2011-2014 年間育幼與非育幼群次在各個緯度之水深分布。紅色空心圓圈為育幼群次，黑色實心圓圈則為非育幼群次。.....                                                                                                                                          | 38 |
| 圖二十四、台灣西海岸中華白海豚育幼群次與非育幼群次水深分布之年間比較。在 2008-2010 年間，(A)育幼群次與(平均水深 $6.58 \pm SD3.1$ 公尺)(B)非育幼群次(平均水深 $8.07 \pm SD4.94$ 公尺)水深分布有顯著差異(Mann-Whitney U test, $p < 0.05$ )；2011-2014 年期間，水深分布在(C)育幼群次與(平均水深 $7.5 \pm SD 3.6$ 公尺) (D)非 |    |

育幼群次(平均水深  $7.96 \pm SD\ 3.74$  公尺)之間則沒有顯著差異  
(Mann-Whitney U test,  $p = 0.371$ )。……………39

## 第參章

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| 圖一、本次無人飛行載具調查所使用之四軸飛行器及遙控器。……………                         | 47 |
| 圖二、本次無人飛行載具調查所使用之四軸飛行器(下方為 GoPro <sup>®</sup> 攝影機)。…………… | 47 |
| 圖三、四軸飛行器施放方式(綠衣者持遙控器,紫衣者持飛行器)。……………                      | 48 |
| 圖四、湖南衛視工作人員在做飛行前調整,甲板上為八軸飛行器。……………                       | 48 |
| 圖五、八軸飛行器一樣可以手持起飛。……………                                   | 49 |
| 圖六、湖南衛視工作團隊操控飛行器拍攝賞鯨活動影片。……………                           | 49 |
| 圖七、湖南衛視八軸飛行器與熱帶斑海豚族群。……………                               | 50 |
| 圖八、海鯨壹號與熱帶斑海豚族群(紅圈處,有水波紋及水中灰色海豚影子)。……………                 | 50 |
| 圖九、海鯨號(右)與海鯨壹號(左)空拍影像,研究人員搭乘海鯨號。…                        | 51 |
| 圖十、海鯨號與周圍海水顏色差異,即潮界線(紅線處)。……………                          | 51 |
| 圖十一、調查過程中海豚群突然同時開始豚跳動作(箭頭處)。……………                        | 52 |
| 圖十二、海豚群俯拍畫面中可分辨出海豚母子對(箭頭處)。……………                         | 52 |
| 圖十三、四軸飛行器(紅圈處)、海經壹號、與海豚群(箭頭處)。……………                      | 53 |

## 第肆章

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 圖一、苗栗通宵海洋環境噪音測站……………                                                                                                | 64 |
| 圖二、嘉義布袋海洋環境噪音測站……………                                                                                                | 64 |
| 圖三、儀器保護架外觀、錄音系統……………                                                                                                | 65 |
| 圖四、苗栗測站與布袋測站事件分類圖……………                                                                                              | 65 |
| 圖五、TX 測站 8/7 至 9/7 之時頻譜圖……………                                                                                       | 66 |
| 圖六、擷取自 TX 測站 8/21 號夜間 20:00~20:00 片段資料,從此圖中可發現此地的生物噪音由兩大物種組成,分別為 600-900Hz(黑寬處)物種一以及 1.7kHz-1.9kHz(紅寬處)物種二生物噪音…………… | 66 |
| 圖七、TX 點位溫度、深度時序列資料……………                                                                                             | 67 |
| 圖八、TX 測站 8/7 至 9/7 之頻譜圖(1Hz Band)……………                                                                              | 67 |
| 圖九、TX 測站 8/7 至 9/7 之頻譜圖(One-third Octave Band)……………                                                                 | 68 |

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 圖十、BD 測站 9/12 至 10/15 之時頻譜圖(圖中藍色部分為沒有資料部分).....                                                          | 68 |
| 圖十一、BD 測站 9/12 至 10/15 之頻譜圖(1Hz Band).....                                                               | 69 |
| 圖十二、BD 測站 9/12 至 10/15 之頻譜圖(One-third Octave Band).....                                                  | 69 |
| 圖十三、2013 年度以及 2014 年度長時間環境噪音監測頻譜.....                                                                    | 70 |
| 圖十四、TX 測站 8/7 至 9/7 之各時段之頻譜圖.....                                                                        | 70 |
| 圖十五、BD 測站 9/12 至 10/15 之各時段之頻譜圖.....                                                                     | 71 |
| 圖十六、生物噪音頻譜與無事件海洋環境噪音頻譜.....                                                                              | 71 |
| 圖十七、TX 測站生物噪音，上圖為 600Hz-900Hz (紅色線條)物種一，下圖為 1.7kHz-1.9kHz (藍色線條)物種二在時間上有非常明顯之週期變化.....                   | 72 |
| 圖十八、將所蒐集資料以同一時間軸做圖，TX 測站生物噪音 600Hz-900Hz(紅色線條)物種一以及 1.7kHz-1.9kHz (藍色線條)物種二在同一時間上變化，然而牠們鳴叫週期仍然有些差異。..... | 73 |
| 圖十九、BD 測站生物噪音，上圖為 600Hz-900Hz (紅色線條)物種一，下圖為 1.7kHz-1.9kHz (藍色線條)物種二在時間上有非常明顯之週期變化。.....                  | 74 |
| 圖二十、將所蒐集資料以同一時間軸做圖，BD 測站生物噪音 600Hz-900Hz(紅色線條)物種一以及 1.7kHz-1.9kHz (藍色線條)物種二在同一時間上變化，出現時間也較不一致。.....      | 75 |
| 圖二十一、BD 測站自動化事件偵測結果，由上而下依序分別為原始資料、船舶事件、浮標噪音、以及海洋環境噪音。.....                                               | 75 |
| 圖二十二、由圖二十一將各事件分離後之頻譜.....                                                                                | 76 |
| 圖二十三、TX 測站較常出現之船舶噪音之時頻譜圖.....                                                                            | 76 |
| 圖二十四、BD 測站較常出現之船舶噪音之時頻譜圖.....                                                                            | 77 |
| 圖二十五、BD 測站浮標噪音之時頻譜圖.....                                                                                 | 77 |

## 第伍章

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 圖一、白海豚工作坊學員調查表統計表：(A)意見回饋表，(B)學員對工作坊課程安排的滿意度，(C)學員參與海上調查的比例。..... | 86 |
|-------------------------------------------------------------------|----|





# 第壹章、研究背景及計畫目標

周蓮香、黃彥婷

國立台灣大學生態學與演化生物學研究所

## 一、研究背景

「中華白海豚」(*Sousa chinensis*)又名「印太洋駝海豚」(Indo-Pacific humpback dolphin)，一般分布在水深 20 公尺以內 (Ross, et al. 1994)，由於緊鄰陸地邊緣，飽受人類活動衝擊。台灣西部沿海的中華白海豚族群也不例外，在 2008 年 8 月被世界自然保育聯盟(IUCN)列為「極危」(CR; Critically Endangered)等級。為兼顧環境的保育與開發，農委會林務局自 2010 年起，積極投入研究，以了解本族群知分布範圍及族群動態，研擬保護措施，於 2014 年 4 月 21 日預告「中華白海豚野生動物重要棲息環境」類別及範圍，其面積達 763 平方公里，縱跨苗栗中彰雲 4 縣。為了深入追蹤重要棲息環境之現況，也提供未來進一步海洋保護區細部區域劃分與相關管制規範的基礎資料，針對中華白海豚生態活動的長期監測勢在必行，尤其是相關的行為生態、棲地利用與族群動態指標，將是保育主管機關制定相關保育策略的重要參考資料。

自 2006 年農委會委託補助計畫起，周蓮香研究團隊整合 8 年來中華白海豚於台灣西岸之生態研究，顯示其族群主要分布範圍，北起苗栗龍鳳漁港南至台南將軍港沿海，呈一連續且狹長的帶狀分布(周蓮香等人 2013; 2014)。本團隊所紀錄到的中華白海豚族群，主要出現在水深 15 公尺內、離岸 6 公里以內，包含溪口以及沿海範圍等鹽度變動較大的水域；並以水深 7-8 公尺、離岸 3 公里以內的淺海海域，為群體目擊次數最頻繁之主要棲息範圍 (周蓮香等人 2010; 2011; 周蓮香與陳琪芳 2013; 2014; 郭毓璞, 2013)。目擊群體平均離岸距離為 1.4 公里，並呈現南、北較窄，中部較寬的趨勢。台灣中華白海豚族群量很小，Wang et al. (2012)在 2010 年以標記再捕捉法，估計族群量為 74 隻(95%CI=68-80)，同法，本團隊的調查結果，亦從 2008 年 74 隻(95%CI=73-75)族群量，下降至 2012 年的 64 隻(95%CI=63-66)(郭毓璞 2013); 此外，在 2012 至 2013 年用 z 字型穿越線估算結果，台灣地區族群量亦僅約 71 隻(95%CI=37-137)、族群密度為 0.11 (CV=33.6%)(周蓮香與陳琪芳 2014)，可見歷年來有明顯下降趨勢。族群年齡結構老年期稀少(約 5%) (周蓮香與陳琪芳 2014)，顯示此族群非常脆弱，必須密切監測其動態。

本計畫將持續調查中華白海豚在重要熱點區域內之族群生態現況，以深入了解其族群動態與分布密度趨勢等。除了傳統的人工海上目視調查方式外，將再度使用無人飛行載具進行海上觀察測試。另外，有鑑於離岸風機開發動工在即，為了避免未來風機開發所造成環境不可逆，亦持續於白海豚熱區進行水下噪音監測(人為噪音與生物噪音)，以建立白海豚棲地環境的水下聲境基礎資料。

## 二、計畫目標

### (一)全程目標：

1. 長期監測台灣西海岸中華白海豚族群生態活動現況。
2. 建立中華白海豚水下聲學長期監測平台。
3. 提供台灣中華白海豚重要棲息環境之重要監測指標。

### (二)本年度目標：

- (1) 調查臺灣西部兩個中華白海豚高目擊率棲地海域之族群結構、棲地利用模式以及個體辨識資料庫。
- (2) 嘗試利用無人載具進行中華白海豚海上調查
- (3) 舉辦中華白豚野外監測 SOP 工作坊
- (4) 分析中華白海豚棲地的海洋環境噪音趨勢與變動，以及顯著噪音事件與海豚活動之相關性。

## 三、參考文獻

- Ross, G. J., Heinsohn, G. E., & Cockcroft, V. G. (1994). Humpback dolphins *Sousa chinensis* (Osbeck, 1765), *Sousa plumbea* (G. Cuvier, 1829) and *Sousa teuszii* (Kukenthal, 1892). Handbook of marine mammals, 5, 23-42.
- Wang, J.Y., Yang, S.C., Fruet, P.F., Daura-Jorge, F.G., and Secchi, E.R. (2012). Mark-recapture analysis of the critically endangered eastern Taiwan Strait population of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*): implications for conservation. *Bulletin of marine science*, 88(4):885-902.
- 周蓮香 2011。中華白海豚族群生態監測及聲學監測系統規劃。行政院農委會林務局委託研究計畫，103 頁。
- 周蓮香，李政諦，李培芬，高家俊，邵廣昭，莊慶達，陳孟仙，陳琪芳，魏瑞昌，楊瑋誠，蔡惠卿，2010。中華白海豚族群生態、重要棲息環境及保護區方案規劃。行政院農委會林務局委託研究計畫，202 頁。
- 周蓮香，陳孟仙，李政諦 2011。雲林沿海中華白海豚調查計畫。台塑關係企業，139 頁。
- 周蓮香，陳孟仙，林幸助 2013。雲林沿海中華白海豚與河口生態系研究計畫。台塑關係企業，220 頁。
- 周蓮香，2012。中華白海豚族群生態與棲地環境噪音監測。行政院農委會林務局委託研究計畫，103 頁

周蓮香，陳琪芳，2013。中華白海豚族群生態與棲地環境噪音監測。行政院農委會林務局委託研究計畫，103 頁。

周蓮香，陳琪芳，2014。中華白海豚族群生態與棲地環境噪音監測。行政院農委會林務局委託研究計畫，100 頁。

郭毓璞，2013。台灣西海岸中華白海豚族群之時空變異。碩士論文，台灣大學，台北，台灣，102 頁。

## 第貳章、中華白海豚族群在熱區的長期監測

周蓮香、黃彥婷、侯雯

國立台灣大學生態學與演化生物學研究所

### 摘 要

為延續並擴大對台灣西海岸的中華白海豚族群進行長期生態監測，今年設立三條航線：北區 A 航線(苗栗－台中港)，北區 B 航線(台中－彰北)，及南區(外傘頂洲西側－嘉義八掌溪口)。三條航線各進行 12 趟海上目視觀測，調查中華白海豚空間分布、移動模式、棲地利用及族群交流。總航程為 2678.5 公里 (221.5 小時)，其中有效努力量為 2165 公里 (159.3 小時)，共發現 60 群 (有效 53 群) 中華白海豚，白海豚的目擊率為 72% 趟次，標準化的有效目擊率為 2.45 群/100 公里 (3.33 群/10 小時)。三條航線的海豚有效目擊率以北區顯著較高 (北區 A 為 3.02 群次/100 公里，北區 B 為 3.47 群次/100 公里)，然而南區航線的目擊率僅 0.75 群次/100 公里，可見南區的目擊率近年來有顯著下降趨勢。依據海上拍攝的大量白海豚照片來進行個體比對辨識 (Photo Identification)，九年來迄今共累計辨識 76 隻非嬰幼兒個體，今年(2014)辨識隻數為 58 隻，加上 10 隻嬰幼兒期個體，本年度總目擊個體為 68 隻，然而與去年相比減少了 6 隻非嬰幼兒期個體，就整體而言，至目前死亡或多年不見的個體有 12 隻 (2 隻確認死亡)，可見其死亡率可能很高，值得關注。另外還觀察到許多白海豚個體的棲地分布有北移現象，居留型個體減少，遷徙者變多，且活動範圍明顯擴大，可能與環境變異有關。為中華白海豚族群之存續，其棲息範圍內的各種人為活動急需加強管制，並研擬減緩衝擊的措施 (例如：禁漁管理措施以恢復白海豚棲地內之食餌資源)。

## 一、前言

中華白海豚因主要的棲地在近岸、淺水的海域(Karczmarski et al. 2000; Hung and Jefferson, 2004)，深受沿岸各種人為活動的干擾，包含：漁業活動、汙染物(如：重金屬、有機鹵素、戴奧辛等)(Persons, 2004)、食源枯竭、船舶或工程的水下噪音、以及棲地破壞等(Ross et al. 2010)衝擊，許多開發活動可嚴重威脅其未來的族群存續性。2008 年 IUCN 紅皮書將台灣地區的中華白海豚列入 Critically Endangered (CR) 等級，指其野生族群面臨絕滅的機率非常高，僅次於野外絕滅(Extinct in the wild, EW) 和絕滅(Extinct, EX) 兩個絕種等級(Reeves et al. 2008)。行政院農業委員會亦在 2014 年 4 月 21 日，預告「中華白海豚野生動物重要棲息環境之類別及範圍」之訂定，期望藉由管理重要棲息地內的人為衝擊，以提升保育措施的效率。

台灣的族群估計初期不到 100 隻 (Wang et al. 2007)，近年有更多的研究資料後，族群估計甚至不到 80 隻 (Wang et al. 2012，郭毓璞 2013；周蓮香與陳琪芳 2014)。本團隊在 2012 至 2013 年共七季期間，以穿越線模型估算台灣西岸族群量僅為 71 隻，族群密度為 0.11 隻/平方公里(CV=33.6)(周蓮香與陳琪芳，2014)。比起粗估量超過 200 隻的中國湛江東海岸族群(Xu et al. 2012)、印度 Goa 灣的 842 隻(Sutarua and Jefferson 2004)、珠江口約有 2500 隻 (Chen et al. 2012) 的數量，數量少的台灣族群更容易因環境衝擊而衰退。分析歷年台灣地區的中華白海豚的群體分布環境因子的水深、離岸距離，其年間變動不大。主要棲息處集中在水深 15 公尺內、離岸 6 公里以內的沿岸淺水海域，並以水深 7-8 公尺、離岸 3 公里內的河口以及沿岸淺水域，為目擊頻率最高的範圍(周蓮香與陳琪芳 2014)。但在南北緯度分布上，近幾年來不論是在地理分布或社群組成上，則觀察到有棲地利用和族群結構的改變。過去 2008-2010 年期間的資料以活動範圍疊加方法呈現時，發現有兩處白海豚出現密度較高的海域--南熱區：新虎尾溪口 - 外傘頂洲西側，北熱區：大安溪口 - 大肚溪口。透過海豚個體間的分層群聚分析結果(hierarchical cluster analysis) (張維倫 2011)，可將個體分為傾向使用北或南熱區的兩個社群，大致上以彰化南部濁水溪口附近分隔，各區內的個體依其活動範圍可再劃分成居留者、遷徙者兩群 (葉志慧 2011)。比較四個不同社群在兩個熱區的歷年目擊率變化，自 2009 年起，南區呈現下降，北區則有波動上升的狀況；且南北遷徙者皆增加，並有向北移動的趨勢(周蓮香與陳琪芳，2014)。在海豚個體名錄 (photo identification catalogue, photo ID catalog)方面，至 2013 年底已建立 76

隻非嬰幼兒的個體名錄(周蓮香與陳琪芳 2014)中，其中有 10 隻個體最近有 2 年以上未再目擊，因此本族群的個體消失率(死亡率)很高，令人堪慮。

有鑑於此，中華白海豚台灣族群在西海岸持續海岸開發的衝擊下，急需進一步加強監測，期能對瀕危中華白海豚族群的影響提出保育或減緩衝擊策略。故本團隊 103 年度的海上調查擴大，除了延續過去的南北航線(雲林外傘頂和台中至苗栗熱區)調查外，另加長南區航線(台南八掌溪口至雲林外傘地區)，並增加第二條北區航線(彰化至台中地區)的海上目視調查，以追蹤中華白海豚空間分布、移動模式、棲地利用、族群結構，及其歷年間的變化。

## 二、材料與方法

### (一) 海上調查

1. **監測區域：**本年度共執行 36 趟海上調查，分為三個監測區域：

- (1) 北區 A 航線：苗栗白沙屯至台中港 24°18'N-24°34'N (圖 1)，執行海上調查 12 趟。航線長度約 38 公里。
- (2) 北區 B 航線：台中港至彰化鹿港 24°04'N-24°18'N (圖 2)，執行海上調查 12 趟。航線長度約 37.3 公里。
- (3) 南區航線：外傘頂洲西側沿岸 23°26'N-23°34'N，進行海上調查 6 趟；及外傘頂洲西側沿岸至台南八掌溪口 23°20'N-23°34'N，進行海上調查 6 趟(圖 3)，航線長度約 40 公里。

2. **調查方式：**

租用漁船於海上沿固定航線航行，每趟調查依照水深 3-10 m 之範圍，沿岸來回航行。於 6-9 月選擇天氣良好時，執行 36 趟(天次)海上調查。每次進行調查時皆以手持式全球衛星定位系統 GPSmap 60CSx (Garmin Corp., Taiwan) 定位並依照規劃航線進行調查。調查期間在浪級小於 4 級且能見度遠達 500 m 以上時視為有效努力量 (On-effort)，當(1)天氣狀況不佳難以進行有效觀測，(2)不可抗力因素發生(如：船隻引擎故障或趕不及進港港口之潮汐而需加速返港)，或是(3)當進行海豚追蹤時，則視為無效之努力量 (Off-effort)。

每次調查至少有四人參與作業，其中三人各於船首及船隻左右側的高處位置持望遠鏡觀察海面，觀察人員約每 20 分鐘交換一次位置以避免對同一觀察區域產

生心理上的疲乏，每個人輪替完3個不同的觀察位置後（約1小時），會交換到休息位置約20分鐘以保持觀察員的體力。海上調查過程中船速保持在4-9節（海浬/小時），以望遠鏡及肉眼搜尋中華白海豚蹤跡，北緯每經過1分（約1海浬）即利用 YSI Pro1030 (Y.S.I., U.S.A.) 量測水表溫度、鹽度和氫離子濃度 (pH)，2100Q濁度計量測濁度 (HACH, U.S.A.)，以及紀錄當時漁船漁探機顯示之深度。當遇見海豚時，紀錄最初發現海豚的位置、離船距離與角度，並視情形慢慢接近動物，以估算隻數、觀察海豚的行為(表一) (Karczmarski and Cockcroft, 1999; Karczmarski et al. 2000; Keith et al. 2013)。有含母子對海豚之群次，定義為育幼群；其餘則定義為非育幼群。此外，在最初的海豚接觸點量測水表溫度、鹽度、氫離子濃度 (pH)、濁度、水深等環境因子資料，並填寫鯨豚目擊紀錄表。並使用相機或攝影機紀錄海豚影像，以便進行影像資料分析，觀察後嘗試以不干擾海豚行為的方式，跟隨並每3到5分鐘紀錄該群次的白海豚之行為與位置。若所跟蹤的海豚消失於視野且連續10分鐘之等待或尋找無再目擊，則返回穿越線繼續進行下一群之搜尋。調查結束後，依照所觀測的群次隻數，配合照片所拍攝之個體辨識資訊比對，估計該海域所出現的白海豚群體數量。

## (二) 資料分析

### 1. 海豚個體名錄建立、更新與年齡分期

將海上調查所拍攝之照片以身體或背鰭之輪廓、缺刻、疤痕、色斑點等特徵當做個體辨識的依據，建立不同個體的照片辨識名錄，然後分析其群體年齡組成。年齡鑑定與分期主要是依據體表顏色變化與身體大小，參考香港與大陸分成 6 期 (Jefferson and Leatherwood 1997；賈曉平等人 2000；Jefferson 2000)，分別為 Unspotted calf (簡稱 UC，嬰年期，身長為成體 1/3 到 1/2，全身深灰色，沒有斑點，身體側面可能還留有胎褶)、Unspotted juvenile (簡稱 UJ，幼年期，身長為成體 2/3 到 3/4，體色深到淺灰色，沒有斑點)、Mottled (簡稱 MT，少年期，自 spotted juvenile 修改，體色為淺灰色，身體上有白色或灰色斑點)、Speckled (簡稱 SK，青年期，自 spotted subadult 修改，已出現粉紅色體色但面積不到 50%，幾乎滿布白色或灰色斑點)、Spotted adult (簡稱 SA，壯年期，粉紅體色面積大於 50%，斑點較 SK 少)、Unspotted adult (簡稱 UA，老年期，體色以粉紅色或白色為主，可能帶有些許灰色或黑色斑點)。其中，嬰幼期個體體色變化快速，缺乏可持續辨認之標記，故僅估算隻數，不納入辨識資料庫。但在海上調查時，人員難以在海豚短暫出水過程，以肉眼迅速且正確判定個體所對應各階級的歸屬。故自 2013 年起，海上調查紀錄之年齡分期，合併為全黑或灰(嬰幼年)、白斑小於 50%(少年



及青年)、與白班大於 50%(壯年和老年)三個較為顯著的階層。海上調查回來後，再剪輯所有個體照片進行詳細的年齡分級檢驗。

## **2. 族群活動範圍與群體組成變化**

辨識出個體後，將歷年目擊紀錄，分成 2006-2010 年與 2011-2014 年兩段時期，只選用累積目擊次數在各達 10 次以上的海豚個體，以每隻個體被發現時的緯度位置之最大值、最小值，及中位數，繪製出所有個體的分布範圍。過去曾利用群集分析棲地忠誠性建立的 4 個海豚社群：北部居留者、北部遷移者、南部居留者、南部遷移者 (葉志慧 2011)，進行兩段時期比較。每隻海豚個體經辨識與年齡判斷後，進行各群體組成分析。

## **3. 族群空間分布、移動軌跡與環境因子相關分析**

中華白海豚的空間分布、移動模式、棲地利用、族群結構將依照本年度的調查結果進行分析。目擊資料中的經緯度，以地理資訊系統 (geographic information system, GIS) 進行空間分布定位，並挑出總觀察時間超過 25 分鐘以上的群體，以調查船隻追蹤所定位之經緯度，繪製海豚的移動路徑。同時將各航線所接觸海豚位置之環境因子 (水表溫度、鹽度、pH 值、濁度、水深、最近離岸距離、海豚離船距離)，進行統計分析。

# **三、今年度結果**

## **(一) 海上調查**

自 2014 年 6 月 19 日至 9 月 18 日為止，在北區 A(圖 1)、B(圖 2)兩條航線各執行 12 趟；在南區的 12 趟部分，先於外傘頂洲西側執行 6 趟，並於 8 月 5 日起，將航線向南延長至台南八掌溪口執行 6 趟(圖 3)。三個地區共進行 36 趟次的海上調查。航行時數總計 2678.5 公里、221.5 小時，平均每天出航 6.15 小時、航行 74.4 公里。其中，有效的努力時數 (在調查航線上的時數) 為 159.3 小時，總計努力里程共 2165 公里，平均每趟調查有 4.4 努力小時，平均每趟調查努力量 60.1 公里(表二)。

## (二) 中華白海豚海上調查的目擊率

本年度 36 趟調查中有 26 趟曾目擊到白海豚，平均航次目擊率為 72.2%。苗栗－台中海域(北區 A 航線)所有趟次皆有目擊群次(目擊率 100%)，台中－彰化海域(北區 B 航線)83.3%居次；本年度以外傘頂洲海域(南區航線)的趟次目擊率最低，僅有 33.3% (表三)。在 36 趟的海上調查中，共目擊中華白海豚 60 群次，其中 5 群，經海上觀測員和照片確認為重覆目擊，以及於無效努力量(off-effort)中發現的 2 群次，故不列入有效目擊率的計算。經過標準化努力量後，在北區 A 航線群次發現率為 4.38 群次/10 小時與 3.02 群次/100 公里，北區 B 航線群次發現率為 4.74 群次/10 小時與 3.47 群次/100 公里；在南區的群次發現率為 0.93 群次/10 小時與 0.75 群次/100 公里，故本年度每十小時的群次發現率和每百公里的群次發現率，皆在北區最高(表三)。

比較本年度南北熱區調查結果顯示，北區 A(n=26)和北區 B(n=22)兩條航線的目擊次數明顯高於南區 (n=5)。累計育幼群次和累計母子對數，北區 A (育幼群次 n=5，母子對數 n=5)和北區 B(育幼群次 n=16，母子對數 n=25)皆較南區(育幼群次 n=3，母子對數 n=3)高。育幼群次比例，則是南區(60%)高於北區(43%)。進一步以各分區經緯度地界對三條航線目擊點位進行劃分，顯示育幼與非育幼群次在各地區的分布有明顯不同。台中北地區為本年度非育幼群次累計目擊次數最高的區域(n=18)；而育幼群目擊次數最多的區域，則落在彰化北地區(n=12)。進一步比較兩者在緯度上的分布差異，顯示育幼群次的緯度分布，比較非育幼群次的分布更偏南方 (Mann-Whitney U test,  $p < 0.05$ )。

## (三) 中華白海豚分布位置的環境因子

在本年度所有的調查航線中，目擊點為多在沿岸海域，接近點水深平均為  $6.99 \pm \text{SD } 3.0$  公尺，離岸距離平均為  $1.69 \pm \text{SD } 1.7$  公里 (表四)。在離岸距離部分，南區航線目擊點離岸距離是依照外傘頂洲退潮後之潮線(2013 新購)，量測包含外傘頂洲與嘉義兩個區段的離岸距離。總和所有目擊點位，北區目擊點在大安溪以南到梧棲港北堤間(圖 4)，和大肚溪口因受沿岸潮間帶地形影響(圖 5)，分布離岸稍遠。南區目擊點較無明顯集中之區域(圖 6)：外傘頂洲三筆目擊點分布較均勻於沙洲沿岸，平均離岸最近( $0.43 \pm \text{SD } 0.1$  公里)和水深最淺( $6.5 \pm \text{SD } 1.8$  公尺)的區域；嘉義兩個目擊點則離岸較遠( $3.8 \pm \text{SD } 1.2$  公里)，水深資料因漁船配備之魚探機故

障，僅有一筆資料(4.8 公尺)。比較目擊點位和航點(表五)的環境因子，僅有北區 B 航線的水溫有顯著差異(Mann Whiteny Test,  $U=2346$ ,  $p<0.05$ )。

#### (四) 中華白海豚的活動軌跡追蹤和行為觀察

分析中華白海豚超過 25 分鐘的移動路線，可繪出其活動範圍。在 53 個有效群次中，有 31 筆可供繪製追蹤軌跡(圖 7, 8, 和 9)。北區(圖 7 和圖 8)和南區(圖 9)外傘頂洲的海豚群體，近乎沿著水深約 5-10 公尺的海岸線移動，且離岸不超過 3 公里，無明顯的東西向移動；南區(圖 9)嘉義群次則離岸較遠(最遠至 4.7 公里，水深因魚探機故障無法測量)，由沙洲游向嘉義沿岸，無往外海移動的跡象。31 群次中，僅有 2 筆在台中地區的目擊點水深超過 10 公尺。在行為分析部分，北區群次的行為豐富度較南區多樣，可能與北區累計追蹤時間(約 22 小時)遠大於南區(約 2 小時)有關。覓食、游走、社交、休息、其他等五種不同的海豚行為，皆在北區觀測到；而南區僅見覓食行為。

#### (五) 中華白海豚族群的群體結構

在群體資訊方面：53 群次中，平均每群隻數為  $3.78 \pm SD\ 3.08$  隻 (範圍 1–15 隻)，以群體大小 1–5 隻為最常見，佔目擊群次的 79.2%，超過 10 隻的群體則佔 3.8%，且所有大於 10 隻的大群體( $n=3$ )皆在北區(圖 10)。此外，北區平均群體大小( $3.9 \pm 3.12\ SD$ )略大於南區( $3.8 \pm SD\ 3.03$ )，但無顯著差異(Mann-Whitney U test,  $p=0.98$ )。而以海上個體紀錄的年齡結構方面，北區嬰幼年(15%)和青少年(37%)個體比例，略低於南區(嬰幼年 18%，青少年 47%)；老壯年個體比例則相反，北區較高(48%)於南區(35%) (圖 11)。

進一步比較育幼和非育幼群體資訊發現，育幼群平均群體大小( $5.75 \pm SD\ 3.13$ )即使減去群內的母子組成後，其平均群體大小( $3.00 \pm 2.42\ SD$ )，仍然顯著大於非育幼群次( $2.34 \pm 1.95\ SD$ ) (Mann-Whitney U test,  $p<0.05$ )。針對育幼群次年齡結構在不同分區的分析，苗栗南分區的育幼群( $n=6$ )嬰幼年比例相對高(33.3%)，其餘分區皆低於 30%，又以外傘頂洲-嘉義分區的 17.6%為最低。非育幼群部分，苗栗南分區所有非育幼群次的個體皆為老壯年個體，明顯和其他分區有 33.3%到 58.3%不等的青少年個體比例不同。

## 四、歷年研究結果變動趨勢

### (一) 海上調查的目擊率變化

回顧 2008 年後台灣南北區的海調目擊率，各年度間有些波動。其實各年的調查因各計劃的目的不同，調查範圍與方法也有異，中區與北區的調查範圍各年差異較大，可能影響年間變異；只有南區（雲林縣沿海及外傘頂洲）的調查最穩定。整體而言，苗栗南部－彰化北部（北熱區），目擊率雖有波動，但穩定性較南區目擊率高(圖 12)；然而南熱區(雲林南－外傘頂洲)的目擊率多年呈現穩定下降，尤其是最近兩年目擊率陡降，103 年度僅為 0.92 群次/百公里(圖 12)，為歷年最低。其中，南熱區又以外傘頂洲海域下降最為顯著，目擊率從 2008 年的 2.89 群次/百公里，如今降至 0.78 群次/百公里，僅次於 2012 年的 0.70 群次/百公里。

### (二) 中華白海豚族群動態

彙整其他相關計畫結果，核對個體辨識資料庫後，確認今年度所有體辨識數量僅為 58 隻，相較於去年減少 6 隻。比較這兩年目擊個體的變化，排除目擊次數少於 10 次的個體( $n=3$ )，以南社群成員減少最多( $n=3$ )。正在育幼的母親數量為 10 隻，也比起去年減少 1 隻 (圖 13)。再加上 10 隻嬰幼兒個體，本年度總目擊個體為 68 隻。此 68 隻白海豚群體的年齡結構為：嬰幼兒 14.7%，少年期 27.9%，青年期 32.4%，壯年期 20.6%，老年期 4.4%。檢視近七年的可辨識個體之年齡結構，顯示較年輕個體的比例略有上升的趨勢，而今年的老年期比例則持續下降至最低(圖 14)。

檢視歷年照片，九年來迄今共累計辨識出 76 隻非嬰幼兒個體，然而當追蹤個體的出現狀況時發現，超過兩年未見及死亡的白海豚有 12 隻個體，其年齡組成為：老年 3 隻(在 2009 和 2014 年分別有一隻擱淺死亡)、壯年 2 隻、青年 4 隻、少年 3 隻。其中，已兩年未見的個體有：編號#38(少年)和編號#107(老年)；已達三年沒有被目擊個體為：編號#4(青年)、編號#30(壯年)及編號#46(青年)；超過三年未被目擊的個體達 5 隻，其中編號#66(少年，2008 辨認)和編號#107(老年，2009 辨認)迄今都未再有目擊紀錄。比對這 12 隻個體在過往的拍照紀錄，在體表不同部位多有受傷痕跡或皮膚病灶問題(照片)(圖 15)，身上有人為外傷者至少有 5 隻。而今年其他 46 隻個體照片中，亦觀察到身上存有不同程度和類別的

人為傷痕紀錄和皮膚病灶(圖 16, 17, 18, 19) (編號#6、#10、#11、#12、#30、#42、#47、#49、#62、#67、#74、#83、#107)。

於 2006-2014 年間，有 57 隻個體持續被目擊，而比較其 2006 – 2010 年間及 2011 – 2014 年這兩段期間的海豚個體分布變化顯示(圖 20)要點為：居留型個體減少，遷移型的個體增加，且活動範圍明顯擴大(多數向北區移動)。細節說明如下：2006 – 2010 年間北區社群的個體有 21 隻 (居留型:遷移型，14:7 隻)，南區社群的個體有 36 隻 (居留型:遷移型，8:28 隻)；到了 2011 – 2014 年間，北區的個體增加為 32 隻 (居留型:遷移型，8:24 隻)，南區減少為 25 隻 (居留型:遷移型，1:24 隻)。其中有 29 隻個體(>50%)改變了先前所屬的社群：9 隻出現跨區移動，其中 4 隻向南、5 隻向北移動。比較南北兩大社群的個體活動範圍多年變化，發現北區海豚的遷徙個體轉為居留者的比例為 31%(圖 21A)，明顯高於南區的 8%(圖 21B)；而南區的居留者轉為遷徙者有 54%(圖 22B)，只略高於北區的 50%(圖 22A)。進一步比較遷徙個體轉為居留者的個體，在北區以壯年期為主( $n=4$ )(圖 22A)，在南區則皆為青年期( $n=2$ )(圖 22B)。跨區移動的個體，在北區皆為青年或少年期階層(圖 22A)，而南區則以壯年期個體為主(圖 22B)。

### (三) 中華白海豚的棲地環境因子變異

本研究蒐集的環境因子包括：緯度、離岸距離、水深、鹽度、濁度、pH 值。根據多年資料分析，整體的環境因子在歷年間波動，但沒有明顯變異。不過進一步分析發現，育幼群和非育幼群的環境因子有些差異，其中在水深因子有顯著不同(Mann-Whitney U test,  $p < 0.05$ )。整體分布在南北熱區不論育幼群或非育幼群皆多(圖 23A 和 B)，但育幼群偏好水深較淺的棲地(圖 24A 和 C)，且此差異在大肚溪口到彰濱工業區之間(24-24.2)最為明顯 (育幼群次平均水深  $6.03 \pm SE0.39$  公尺，非育幼群次平均水深  $7.57 \pm SE0.34$  公尺) (Mann-Whitney U test,  $p < 0.05$ )。彰化南區(北緯 23.8-24)(23°52'N-24°04'N)相對其他分區，僅有少量目擊群次，且以非育幼群次為主(圖 23A 和 B)，但不排除是調查範圍的差異所致。此外，檢視 2008-2010 與 2011-2014 年間差異，北區育幼群水深分布沒有顯著變化(Mann-Whitney U test,  $p = 0.586$ )，緯度分布則有向台中和彰化北區集中的趨勢(圖 23)，但不排除是北區調查範圍與方法在各年度差異較大所致。而在調查最穩定的南區，育幼群次在淺岸地區的集中分布，則有顯著下降的趨勢(Mann-Whitney U test,  $p < 0.05$ )。故整體而言，育幼群次在 2011-2014 年间的平均分布水深( $7.96 \pm SE0.39$  公尺)增加，

和非育幼群次有接近的趨勢(Mann-Whitney U test,  $p=0.371$ )。

## 五、討論

### (一) 中華白海豚的目擊率變化以及分布範圍

由歷年調查目擊率比較可見，南北熱區的中華白海豚標準化的目擊率有明顯更迭--南熱區目擊率近年來持續下滑，而北熱區則呈現上升的趨勢(除去2013年的下降是因缺彰化北區調查)。此外，育幼群次在北區出現的頻率也有上升的趨勢，今年又以彰化北區累計育幼群次為最高( $n=12$ )。此結果顯示南北熱區的棲地環境應該正在有重要的改變中。由於食源是影響中華白海豚分布的主因之一(Hung and Jefferson 2004)，食源豐富會吸引海豚聚集(Smith et al. 2008)，海豚出現率與活動模式的改變可能與棲地地形變化、棲地破壞、人為活動壓力、食餌減少等相關。遺憾的是，目前在中華白海豚重要棲息環境內的棲地魚類普查與監測工作，除了局部因應工業開發單位的贊助在彰化南部(周蓮香，陳孟仙，2009)與雲林北部(周蓮香等人，2013，2014)有初步報告外，其他海域完全缺乏，建議應儘速展開白海豚棲息環境魚類資源及其他相關環境因子的調查。

本年度發現除了北區的目擊群次上升，育幼群分布亦自過去重要育幼區的南熱區(張維倫 2011)向北移動。在雲林和外傘頂洲西側的海域，育幼群次的目擊頻率下降，且往水深較深的海域移動。而北區的育幼群次則有向台中和彰化地區集中的趨勢，尤其在彰化大肚溪口到彰濱工業區之間(北緯 24-24.2) (24°N-24°12'N) 的淺水海域，育幼群次穩定分布在較淺的水域。一般在育幼期間，雌性個體為保護嬰幼兒，以及需要攝取比一般個體更多的食物以提供哺乳時所需的能量(Huang et al. 2009)，故育幼群次偏好環境穩度、水深較淺(Mann et al. 2000)、雄性較少棲地(Wursig and Wursig 1980)、以及躲避人為干擾如：船隻等(Weir 2008)。本年度觀察到的育幼棲地變化，也可能與南北區棲地環境因子或食餌魚類分布改變有關，以至於南區淺水域的繁殖育幼區域的資源或庇護能力已被削弱，亦需長期監測以釐清。建議未來針對潛在的育幼核心區，包括南區的外傘頂洲西側和北區大肚溪口到彰濱工業區之間(北緯 24-24.2)(24°04'N-24°12'N)的淺水海域，除了要積極減少棲息海域內的人為衝擊，更要採取更謹慎的漁業資源管理，以改善白海豚育幼棲地的品質，增加幼體的存活率和族群成長率。

## (二) 中華白海豚族群動態

### 1. 族群量的年間動態與年齡結構

自 2008 年後，每年有較穩定的出海趟次（皆在 60 次以上），因此每年辨識出的白海豚個體數可以作為族群量的堅實指標。多年來共累積辨識 76 隻不同個體（非嬰幼兒），但從 2008 年最初的 66 隻，整體而言，年間變化趨勢是呈現緩慢下降（雖然偶有微幅上升），尤其是今年度的辨識個體隻數僅 58 隻。此外台灣族群的年齡結構與國外研究比較發現，壯年與老年個體比例持續偏低，其原因可能為 (1) 本年齡期個體多單獨或小群快速游動，致使不易目擊追蹤；(2) 由於地理隔離，造成台灣族群可能與中國沿海其他族群不同，有其特殊皮膚斑點退色變化趨勢 (Wang 等人 2008)，但仍須後續比對實際年齡與體色、生殖情形對應分析；(3) 台灣沿海人為活動壓力及環境品質劣化導致台灣白海豚的個體壽命較短，故老年個體比例偏少。

族群的生殖率是攸關族群永續的關鍵，至目前共累計 24 隻曾育幼的母親角色個體，但自 2010 年來僅增加 2 隻新母豚個體，增加緩慢，宜密切追蹤。另外發現母豚的育幼年齡多以青年為主，甚至有些是少年期個體（雖然目前尚無法明確定斷定體色發育與性成熟的關係）。另外就新生幼體數的年間變化來看，在 2009 年之後每年約增加 3-6 隻，但本年度和 2012 年度皆沒有新生幼體（期間 2013 年有 4 隻）。張維倫 (2011) 分析新生仔豚資料發現，台灣族群的生殖間隔 ( $3.26 \pm SD 1.23$  年) 較其他地區族群長，幼體的存活率亦不高，存活率自出生到半歲時為 83% 的存活率，至 3 歲時下降為 55%，以上皆可能是影響族群成長緩慢的關鍵。值得注意的是，當生存的威脅壓力過大，可能導致族群的平均性成熟年齡與壽命皆下降 (Lockyer 1984, Kasuya 1991)，台灣地區的族群是否正面臨類似的挑戰，需要密切監測和分析。

動物族群的新增成員，一般來自其他地區族群，或是成長後的幼年個體 (Wells and Scott 1990)。本團隊於 2013 年 11 月赴廈門的國家海洋局第三海洋研究所進行白海豚的照片比對，將台灣的 76 隻、金門 27 隻、與廈門的 60 隻白海豚進行比對時，發現金廈之間有 26 隻重複個體 (佔金門族群的 96%)，然台灣族群不論與金門及廈門族群間未發現有重覆個體，顯示台灣西岸族群與其他地區交流的機率極低。如果本族群內部幼體長期存活率無法提升，生殖率又不高的狀況下，任何新增的死亡或失蹤個案體都會對未來台灣中華白海豚族群數量有顯著衝擊。

## 2. 社會結構與南北遷徙

台灣的中華白海豚主要活動模式為南北平行海岸移動，整個族群可以分成 4 個社會群（南或北區，遷徙或居留群），但最近幾年發現遷移型的個體明顯增加，而居留型的個體數則相對減少，而南北兩區的變化趨勢很不同：南區居留者僅剩一隻，且南區個體轉移為遷移型個體比例高於北區。相反的在北區成為新居留者的個體比例較高，但仍須更多資訊以確定北區棲地是否較適合個體生存。此外，比較 2006-2010 年和 2011-2014 年前後期間的變化，發現南北區不論是居留型或遷徙型個體活動的緯度跨距皆明顯增加。其可能與覓食範圍擴大有關。Hastie *et al.* (2004) 研究報告認為海豚活動的核心範圍為其主要覓食食餌資源之棲地，台灣西岸白海豚熱區內食餌資源是否有下降之趨勢，抑或為一般年間變異，需要增加研究中華白海豚的食餌資源與棲地利用頻度的相關變異機制。

### (三) 中華白海豚的存續威脅

多年來的調查結果皆顯示台灣白海豚族群多在近岸狹窄範圍內活動，Forcada (2009) 表示大部分沿岸的鯨豚活動範圍相當狹小，一旦棲地品質因人為破壞而衰退，就可能造成食源匱乏，迫使海豚離開原棲地或擴大覓食範圍，因此面臨其他風險，如誤觸新置的水下網具或增加意外傷害的機會。林明慶（2012）根據台灣的白海豚身上傷疤研究指出，身上曾觀察到漁具傷害(如：漁網披掛)、船擊傷害(如：螺旋槳造成之平行傷痕)、異物外傷(如：異常的線繩勒痕、穿刺傷)等其他疑似人為致傷的個體比例，高達 42%，白海豚身上傷疤比例與個體年齡成正相關性，且青壯年期的個體有傷痕比例劇增，顯示台灣的白海豚族群確實有受到不少人為活動壓力。

根據 Slooten 等人在 2013 年發表的研究指出，被魚網纏繞所導致的傷痕，應與漁業活動頻繁有很大的關係。此外，白海豚棲地活動範圍擴大後，亦可能因不熟悉新置的人為障礙(如：漁網)，造成非年幼個體意外傷害或死亡的機率。有時漁網誤傷的機率還有性別差異，在南非的 Natal Coast，因海岸防鯊網誤捕死亡的個體中以年輕雄性的白海豚居多，除了當地族群性別組成的影響，活動範圍相對較大的分布模式亦可能是增加中網率的因素(Durham, 1994)。

除了立即且可見的外力傷害，其他慢性傷害，如長期的生存壓力和活動於受汙染的環境，也會造成免疫力下降。過去曾發現有些工業排放物，不僅在鯨豚體內累積，也會透過哺乳傳給後代(Borrell *et al.* 1995)。排放至水中的環境賀爾蒙，



則可能會干擾生物體內恆定、生殖、發育或行為，不僅危害內分泌器官，造成內分泌器官出現增生、囊腫、腫瘤等異常組織(Schumache et al. 1993, Martineau et al. 1994)，生殖系統的繁亂，也可能產生雌雄同體(Beland et al. 1993)，和影響長期的生殖成功率。環境條件，如水溫、鹽度、水汙染及對人為影響的敏感度，可能是造成中華白海豚及其他種類海豚的皮膚疾病盛行率的差別 (Wilson et al. 1999; Yang et al. 2013)。長期食用受汙染的魚類，也可能導致免疫力下降(Brouwer et al. 1989)，而皮膚上的病徵(如：橘斑)可能是免疫力下降，皮膚新生速度減弱或泳速下降的指標(Yang et al. 2013)。本年度發現個體體表，仍有皮膚病灶(橘斑)(編號#6、#12、#26、#42)和未癒合之外傷(編號#12)。由於台灣西海岸缺乏長期且完整的水質監測，難以評估沿岸與河川所輸入的汙染，對白海豚個體和其棲地所造成的影響。建議未來進行西海岸白海豚食源調查時，應同時檢驗各種汙染物(如：有機物和重金屬含量)，於生態系中生物累積與生物放大作用，以評估中華白海豚與其食源汙染的關係。

多年監測結果顯示，中華白海豚在西岸的年目擊率持續下降、累計辨識個體數量下降、新母豚數量增加緩慢、年長個體比例低落、活動範圍擴大和南北棲地遷徙等變化皆是中華白海豚目前棲息環境改變的警訊。影響族群大小與變化趨勢，除了棲地品質(Shaffer 1981)外，有效管理海岸與潮間帶快速開發所帶來的環境衝擊，更是關鍵策略。建議未來需確實劃設與執法管理，管理違法行為(底拖網)取締，並研擬於海豚的春夏生殖高峰，規劃可能的禁漁期(區)、限漁期，或捕撈魚種之總量管制、漁具規格和捕撈方法之限制等。或經研究確認棲地生態環境與海豚食餌魚種之生活史後，再配合行放流魚苗等復育白海豚棲地品質的方法。對於工程開發的衝擊和沿海、河川輸入的水質汙染物，也應進行管理。

保育白海豚族群與其棲地品質，可以提升當地環境的生物承載量，增進棲地內與周遭環境內的生物成長、向外遷移時所產生的溢出效應。廈門在2005年於同安灣設立禁漁區後，中華白海豚的目擊率已從2004年的2.1隻/100公里，上升到2009年時的9隻/100公里(Chen et al. 2011)。嚴格取締違法行為、補助和輔導漁民轉業，是對岸成功的關鍵措施，頗值台灣借鏡。

## 六、參考文獻

Barros, N.B., Jefferson, T.A., and Parsons, E.C.M. (2004). Feeding habits of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) stranded in Hong Kong. *Aquatic Mammals*,

30:179-188.

- Borrell, A., Bloch, D., and Desportes, G. (1995). Age trends and reproductive transfer of organochlorine compounds in long-finned pilot whales from the Faroe Islands. *Environmental Pollution* 88:283-292.
- Brouwer, A., Reijnders, P. J. H., Koemana, J. H. (1989). Polychlorinated biphenyl (PCB)-contaminated fish induces vitamin A and thyroid hormone deficiency in the common seal (*Phoca vitulina*). *Aquatic Toxicology*, 15(1): 99-105
- Chen, B.Y., Zheng, D.M., Wang, J.F., Ju, Xu, X.R., Zhou, K.Y., and Yang, G. (2011). Range Patterns of Resident Indo-Pacific Humpback Dolphins (*Sousa chinensis*, Osbeck 1765) in Xiamen, China: Implications for Conservation and Management
- Chen, B.Y., Zheng, D.M., Wang, L., Xu, X.R., and Yang, G. (2012). The northernmost distribution of Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) in the world: evidence from preliminary survey in Ningde, China. *Pakistan Journal of Zoology*, 44 (5): 1209-1214.
- Chen, T., Qiu, Y. S., Jia, X. P., Hung, S.K., and Liu, W. H. (2011). Distribution and group dynamics of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in the western Pearl River Estuary, China. *Mammalian Biology*, 76(1): 93-96.
- Durham, B. (1994). The distribution and abundance of the humpback dolphin (*Sousa chinensis*) along the Natal coast, South Africa (Unpublished master's thesis). University of Natal, South Africa.
- Forcada, J. (2009). Distribution. *Encyclopedia of marine mammals* (Second edition): 316-321. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Hastie, G.D., Wilson, B., Wilson, L.J., Parsons, K.M., and Thompson, P.M. (2004). Functional mechanisms underlying cetacean distribution patterns: hotspots for bottlenose dolphins are linked to foraging. *Marine Biology*, 144: 397-403.
- Hooker, S.K., and Baird, R.W. (2001). Diving and ranging behaviour of odontocetes: a methodological review and critique. *Mammal Review*, 31(1): 81-105.
- Huang, S. L., Chou, L. S., and Ni, I. H. (2009). Comparable length at weaning in cetaceans. *Marine Mammal Science*, 25(4): 875-887.
- Jefferson, T.A. (2000). Population biology of the Indo-Pacific hump-backed dolphin in Hong Kong waters. *The Journal of Wildlife Management*, 64(4): 1-65.
- Jefferson, T.A., and Hung, S. K. (2004). A Review of the Status of the Indo-Pacific Humpback Dolphin (*Sousa chinensis*) in Chinese Waters. *Aquatic Mammals*, 30(1): 149-158
- Jefferson, T.A., and Leatherwood, S. (1997). Distribution and abundance of Indo-Pacific hump-backed dolphins (*Sousa chinensis* Osbeck, 1765) in Hong Kong waters.

- Asian Marine Biology*, 14: 93-110.
- Karczmarski L, Cockcroft VG (1999) Daylight behaviour of humpback dolphins *Sousa chinensis* in Algoa Bay, South Africa. *Z Saugetierkd* 64:19–29
- Karczmarski, L., Cockcroft, V. G., and McLachlan, A. (2000). Habitat use and preferences of Indo-Pacific humpback dolphins *Sousa chinensis* in Algoa Bay, South Africa. *Marine Mammal Science*, 16(1):65-79
- Keith, M., Atkins, S., Johnson, A. E., Karczmarski, L. (2013). Area utilization patterns of humpback dolphins (*Sousa plumbea*) in Richards Bay, KwaZulu-Natal, South Africa. *Journal of Ethology*, 31:261–274
- Mann, J., Connor, R. C., Barre, L. M., and Heithaus, M. R. (2000). Female reproduction success in bottlenose dolphins (*Tursiops* sp.): life history, habitat, provisioning, and group size effects. *Behavior ecology*: 13:583-590.
- Martineau, D., De Guise, S., Fournier, M., Shugart, L., Girard, C., Lagace, A., Beland, P. (1994). Pathology and toxicology of beluga whales from the St. Lawrence Estuary, Quebec, Canada. Past, present and future. *The Science of the Total Environment*, 154: 201-115.
- Parsons, E. C. M. (2004). The potential impacts of pollution on humpback dolphins, with a case study on the Hong Kong population. *Aquatic Mammals*, 30(1):18-37
- Reeves, R.R., Dalebout, M.L., Jefferson, T.A., Karczmarski, L., Laidre, K., O'Corry-Crowe, G., Rojas-Bracho, L., Secchi, E.R., Slooten, E., Smith, B.D., Wang, J.Y., and Zhou, K.Y. (2008). *Sousa chinensis* (eastern Taiwan Strait subpopulation). IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4.
- Ross, P.S., Dungan, S.Z., Hung, S.K., Jefferson, T.A., Macfarquhar, C., Perrin, W.F., Riehl, K.N., Slooten, E., Tsai, J., Wang, J.Y., White, B.N., Würsig, B., Yang, S.Chu., and Reeves, R.R. (2010). Averting the baiji syndrome: conserving habitat for critically endangered dolphins in Eastern Taiwan Strait. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems*, 20: 685-694.
- Shaffer, M.L. (1981). Minimum population sizes for species conservation. *BioScience*, 31(2): 131-134.
- Slooten, E., Wang, J.Y., Dungan, S.Z., Forney, K.A., Hung, S.K., Jefferson, T.A., Riehl, K.N., Rojas-Bracho, L., Ross, P.S., Wee, A., Winkler, R., Yang, S.C., Chen, C.A. (2013). Impacts of fisheries on the Critically Endangered humpback dolphin *Sousa chinensis* population in the eastern Taiwan Strait. *Endangered Species Research*, 22(2): 99-114.
- Smith, J.E., Kolowski, J.M., Graham, K.E., Dawes, S.E., and Holekamp, K.E. (2008). Social and ecological determinants of fission-fusion dynamics in the spotted

- hyaena. *Animal Behaviour*, 76: 619-636.
- Sutaria, D., and Jefferson, T.A. (2004). Records of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*, Osbeck, 1765) along the coasts of India and Sri Lanka: an overview. *Aquatic Mammals*, 30(1): 125-136.
- Walker, A. D., Trites, A. W., Haulena, M. and Weary, D. M. (2012). A review of the effects of different marking and tagging techniques on marine mammals. *Wildlife Research*, 39: 15-30
- Wang, J.Y., Hung, S.K., Yang, S.C., Jefferson, T.A., and Secchi, E.R. (2008). Population differences in the pigmentation of Indo-Pacific humpback dolphins, *Sousa chinensis*, in Chinese waters. *Mammalia*, 72(4): 302-308.
- Wang, J.Y., Yang, S.C., Fruet, P.F., Daura-Jorge, F.G., and Secchi, E.R. (2012). Mark-recapture analysis of the critically endangered eastern Taiwan Strait population of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*): implications for conservation. *Bulletin of marine science*, 88(4):885-902.
- Wang, J.Y., Yang, S.C., Hung, S.K., and Jefferson, T.A. 2007. Distribution, abundance and conservation status of the eastern Taiwan Strait population of Indo-Pacific humpback dolphins, *Sousa chinensis*. *Mammalia*, 71(4): 157-165.
- Weir J. S., Duprey, N. M. T., and Wursig, B. (2008). Dusky dolphin (*Lagenorhynchus obscurus*) subgroup distribution: are shallow watters a refuge for nursery group? *Canadian Journal of Zoology*, 86:1225-1234
- Wells, R.S., and Scott, M.D. (1990). Estimating bottlenose dolphin population parameters from individual identification and capture-release techniques. *Report of the International Whaling Commission, Special Issue*, 12: 407-415.
- Wilson, B., Arnold, H., Bearzi, G., Fortuna, C.M., Gaspar, R., Ingram, S., Liret, C., Pribanic, S., Read, A.J., Ridoux, V., Schneider, K., Urian, K.W., Wells, R.S., Wood, C., Thompson, P.M., and Hammond, P.S. (1999). Epidermal diseases in bottlenose dolphins: impacts of natural and anthropogenic factors. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Science*, 266: 1077-1083.
- Xu, X., Zhang, Z., Ma, L., Li, P., Yang, G., Zhou, K. (2012). Site fidelity and association patterns of Indo-Pacific humpback dolphins off the east coast of Zhanjiang, China. *Acta Theriologica*, 57: 99-109.
- Yang, W.C., Chang, W.L., Kwong, K.H., Yao, Y.T., Chou, L.S. (2013). Prevalence of Epidermal Conditions in Critically Endangered Indo-Pacific Humpback Dolphins (*Sousa chinensis*) from the Waters of Western Taiwan. *Pakistan veterinary journal*, 33(4): 505-509.
- 周蓮香，2008。臺灣週邊海域鯨豚數量評估及生態環境之研究。行政院農委會漁

- 業署委託計劃報告，37 頁。
- 周蓮香，2009。確立瀕臨絕種或亟需保育之海洋生物資源現況及其生物學特性:臺灣西岸海域中華白海豚生態與漁業互動研究。行政院農委會漁業署委託計劃報告，63 頁。
- 周蓮香，李政諦，2009。中華白海豚棲地熱點評估及整體保育方案規劃。行政院農委會林務局委託研究計畫，71 頁。
- 周蓮香，李政諦，李培芬，高家俊，邵廣昭，莊慶達，陳孟仙，陳琪芳，魏瑞昌，楊瑋誠，蔡惠卿，2010。中華白海豚族群生態、重要棲息環境及保護區方案規劃。行政院農委會林務局委託研究計畫，202 頁。
- 周蓮香，陳孟仙，2009。國光大城石化園區中華白海豚生態暨棲地環境底拖生物種類組成及其質與量調查。中興工程顧問股份有限公司委託計劃期末報告，266 頁。
- 周蓮香，陳孟仙，林幸助，2013。雲林沿海中華白海豚與河口生態系研究(一)。台塑關係企業委託研究計畫，230 頁。
- 周蓮香，陳孟仙，林幸助，2014。雲林沿海中華白海豚與河口生態系研究(二)。台塑關係企業委託研究計畫，220 頁。
- 周蓮香，2014。中華白海豚族群生態與棲地環境噪音監測。行政院農委會林務局委託研究計畫，100 頁。
- 林明慶，2012。台灣中華白海豚的傷痕研究。碩士論文，台灣大學，台北，台灣，90 頁。
- 林儀禎，2012。台灣西部海域中華白海豚食餌漁獲量的長期變動。碩士論文，中山大學，高雄，台灣，83 頁。
- 柯孟辰，2011。台灣西部中華白海豚與沿岸漁業的食源潛在競爭。碩士論文，台灣大學，台北，台灣，86 頁。
- 張維倫，2011。台灣的中華白海豚社群結構及生殖參數。碩士論文，台灣大學，台北，台灣，124 頁。
- 葉志慧，2011。中華白海豚在台灣之分布預測與活動模式。碩士論文，台灣大學，台北，台灣，112 頁。
- 賈曉平，陳濤，周金松，郭智，2000。珠江口中華白海豚的初步調查。中國環境科學 20: 80-82。

表一、各行為類別的定義

| 行為類別 | 定義                                                            |
|------|---------------------------------------------------------------|
| 覓食   | 常見有不規則且/或方向多變的深潛、快速(加速)下潛行為，每次下潛間的時間距離不長。在水面或海豚嘴中，有時可觀察到魚的出現。 |
| 游走   | 持續同方向且長距離的下潛，伴有規律的出水換氣行為。                                     |
| 社交   | 下潛間隔時間和距離不規則，伴有個體間明顯的互動。常見有大動作的表現如跳躍、騰空跳起、尾鰭擊浪和浮窺行為。          |
| 休息   | 低活動表現，可觀察到規律性、間隔距離不長的下潛；或可見單方向或相對固定的繞圈模式。                     |
| 其他   | 無法歸類於上述分類者。                                                   |

表二. 三條航線，共 36 趟航次的總努力量成果

|              | 北區 A  | 北區 B  | 南區    | 平均每趟努力量 |
|--------------|-------|-------|-------|---------|
| 調查趟次         | 12    | 12    | 12    |         |
| 各航線航行里程(km)  | 973.4 | 912.2 | 792.9 | 74.4    |
| 各航線航行時數(hr)  | 78.08 | 76.5  | 66.9  | 6.15    |
| 各航線努力里程 (km) | 860.4 | 634.0 | 670.6 | 60.1    |
| 各航線努力時數 (hr) | 59.3  | 46.4  | 53.6  | 4.4     |

表三. 各航線中華白海豚海上目視調查結果(未彙整其他計畫結果)。

|           | 調查地區        |             |             |             |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|           | 北區 A        | 北區 B        | 南區          | 平均目擊率       |
| 趟次目擊率     | 100.0%      | 83.3%       | 33.3%       | 72.2%       |
| 目擊群次      | 28          | 27          | 5           |             |
| 有效群次      | 26          | 22          | 5           |             |
| 群/趟       | 2.17        | 1.83        | 0.42        | 1.47        |
| 隻/群       | 2.69        | 5.32        | 3.80        | 3.78        |
| 群次/10 小時  | 4.38        | 4.74        | 0.93        | 3.33        |
| 群次/100 公里 | <b>3.02</b> | <b>3.47</b> | <b>0.75</b> | <b>2.45</b> |

表四. 各航線的目擊點位環境因子(平均值  $\pm$  標準偏差)。

| 環境因子     | 調查航線               |                    |                   |                 | 總平均       |
|----------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-----------|
|          | 北區 A<br><br>(n=26) | 北區 B<br><br>(n=22) | 南區                |                 |           |
|          |                    |                    | 外傘頂洲<br><br>(n=3) | 嘉義<br><br>(n=2) |           |
| 水溫 (°C)  | 29.7±1.6           | 30.7±1             | 30.8±0.3          | 30.6±2.3        | 30.27±1.4 |
| 鹽度(‰)    | 28.8±7.7           | 31.8±3.9           | 32.7±1.1          | 33.15±0.1       | 30.69±5.8 |
| pH 值     | 8.1±0.1            | 8.1±0.1            | 8.1±0.04          | 8.05±0.1        | 8.08±0.1  |
| 水深 (m)   | 6.7±3.2            | 7.4±3              | 6.5±1.8           | -               | 6.99±3    |
| 濁度 (NTU) | 10.6±15.1          | 6.6±4.5            | -                 | 6.26±5.6        | 8.09±10.1 |
| 離岸距離(km) | 1.3±0.4            | 2.1±0.9            | 0.43±0.1          | 3.8±1.2         | 1.69±1.7  |

表五. 各航線固定測站點之環境因子(平均值  $\pm$  標準偏差)。

| 環境因子     | 調查航線     |          |          |          | 總平均      |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|          | 北區 A     | 北區 B     | 南區       |          |          |
|          |          |          | 外傘頂洲     | 嘉義       |          |
| 水溫 (°C)  | 29.9±1.2 | 30.0±1.2 | 30.9±0.8 | 31.0±0.9 | 30.±1.2  |
| 鹽度(‰)    | 31.3±4.9 | 32.4±2.3 | 32.3±3.6 | 32.3±2.3 | 32.0±3.8 |
| pH 值     | 8.1±0.1  | 8.1±0.1  | 8.1±0.1  | 8.0±0.1  | 8.1±0.1  |
| 水深 (m)   | 8.1±5.1  | 9.6±5.2  | 5.8±2.5  | 6.4±2.8  | 8.0±4.8  |
| 濁度 (NTU) | 8.4±12.2 | 5.5±3.5  | 12.9±8.6 | 8.4±6.5  | 8.3±9.3  |

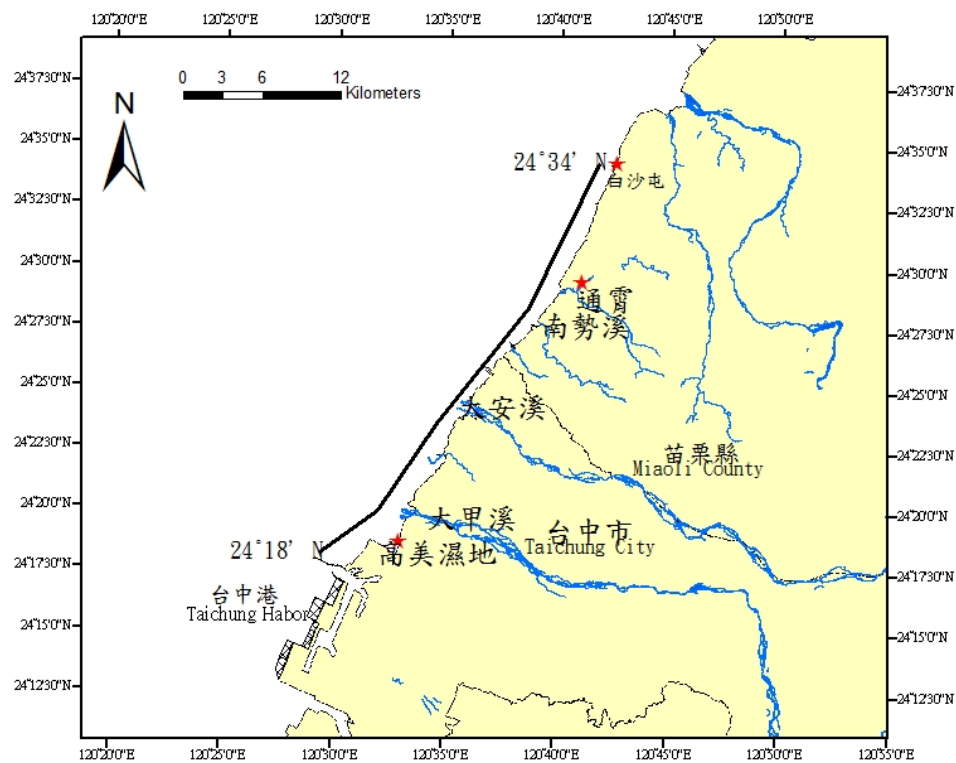


圖 1. 北區 A 航線，苗栗白沙屯至台中港(24°18'N–24°34'N)海上調查航線

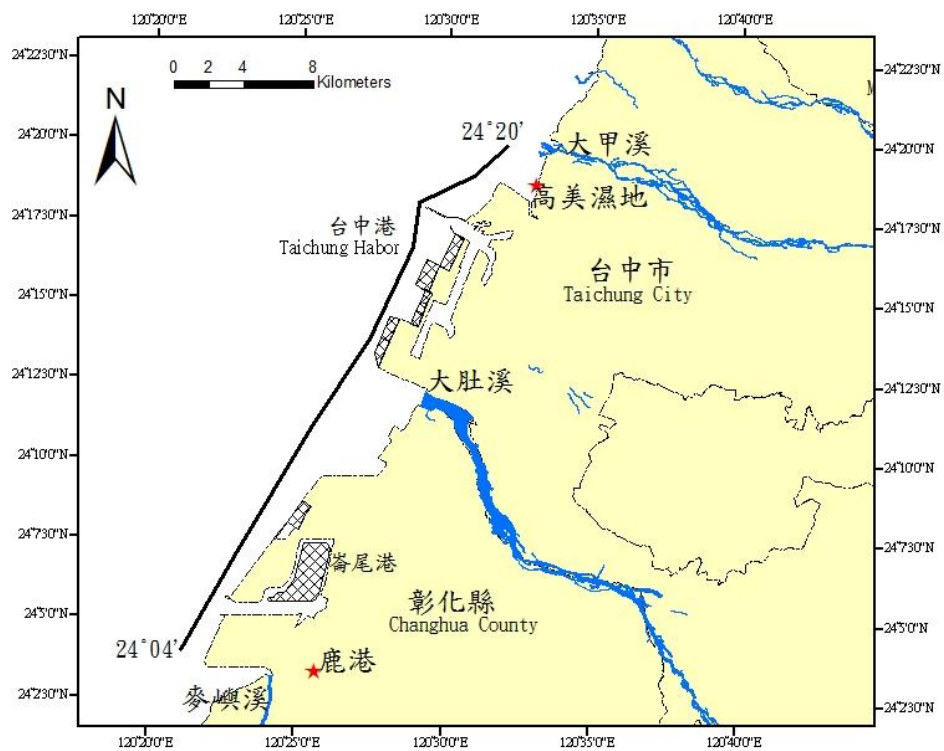


圖 2. 北區 B 航線，台中港至彰化鹿港(24°04'N–24°18'N) 海上調查航線



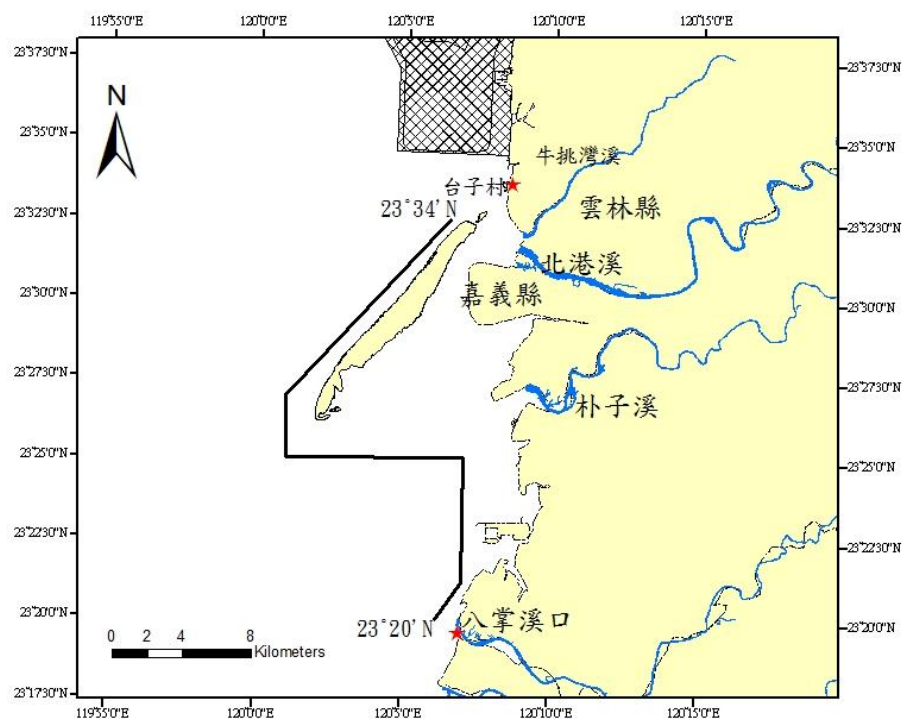


圖 3. 南區航線，外傘頂洲西側沿岸至台南八掌溪口(23°20'N- 23°34'N)海上調查航線

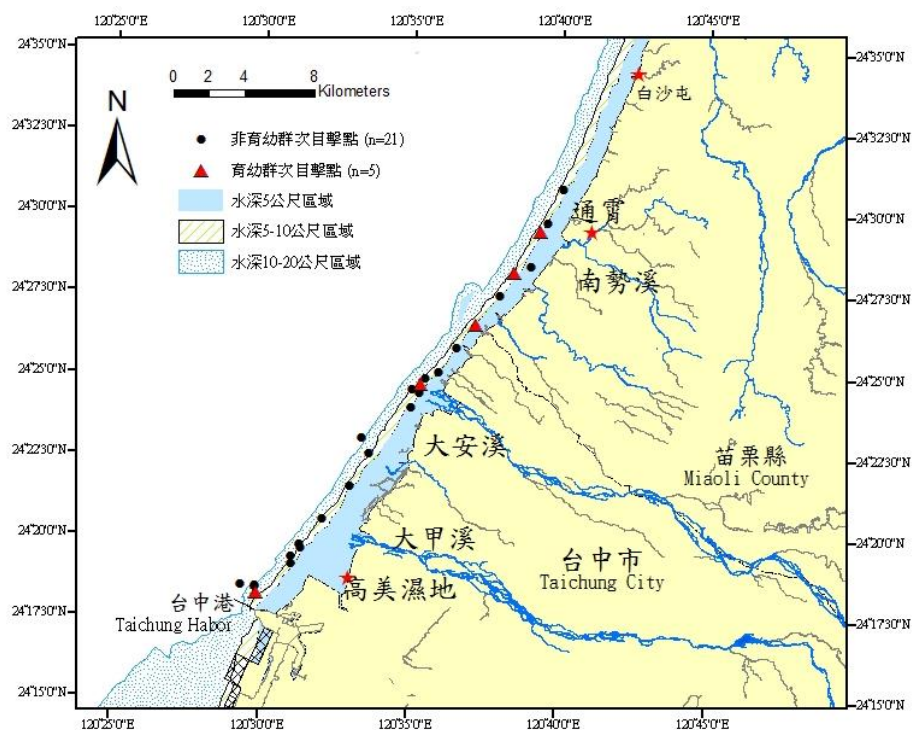


圖 4. 北區 A 航線：苗栗白沙屯至台中港(24°18'N-24°34'N) 之目擊點位。圓點為 21 筆無母子對目擊群次；三角形點為 5 筆母子對目擊群次。

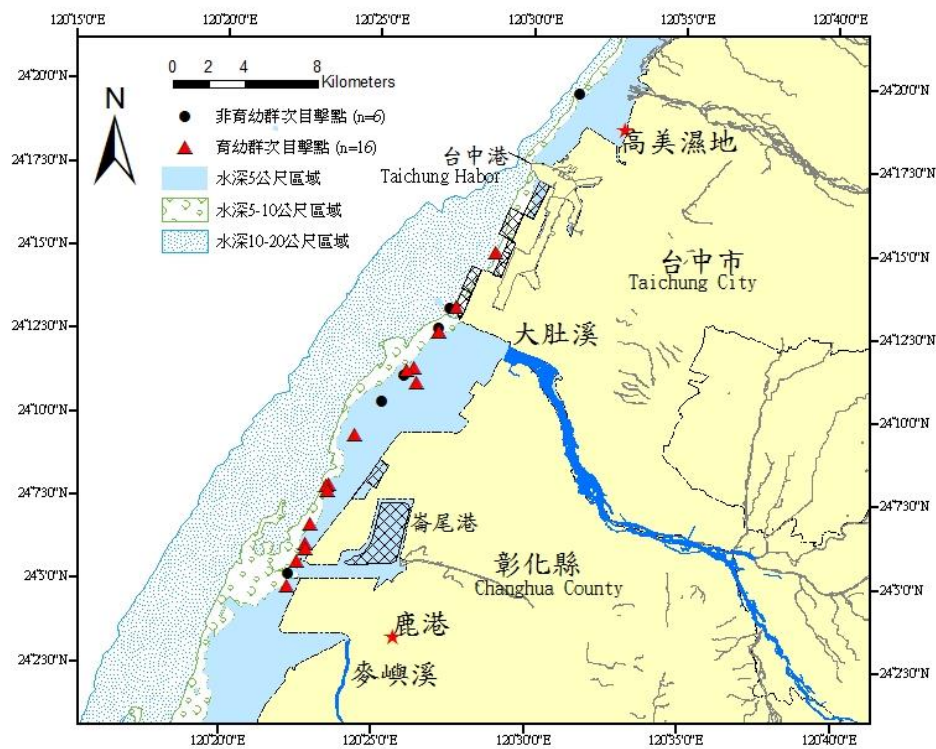


圖 5. 北區 B 航線：台中港至彰化鹿港(24°04'N–24°18'N) 之目擊點位。圓點為 6 筆無母子對目擊群次；三角形點為 16 筆母子對目擊群次。

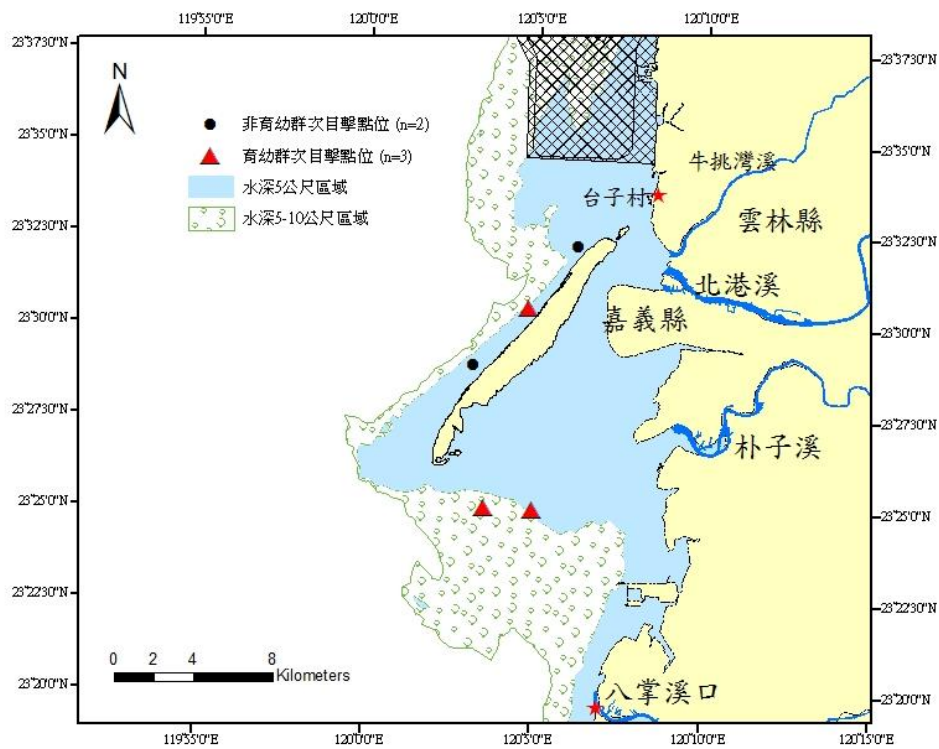


圖 6. 南區航線：外傘頂洲西側沿岸至台南八掌溪口(23°20'N–23°34'N)之目擊點位。

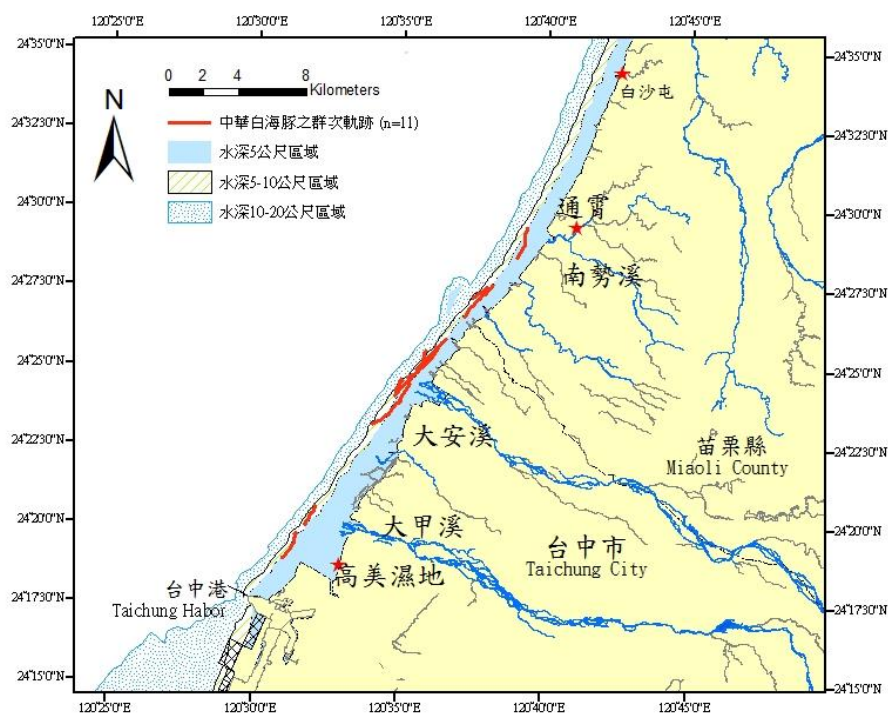


圖 7. 北區 A 航線：苗栗白沙屯至台中港(24°18'N -24°34'N) 之 25 分鐘以上追蹤軌跡。

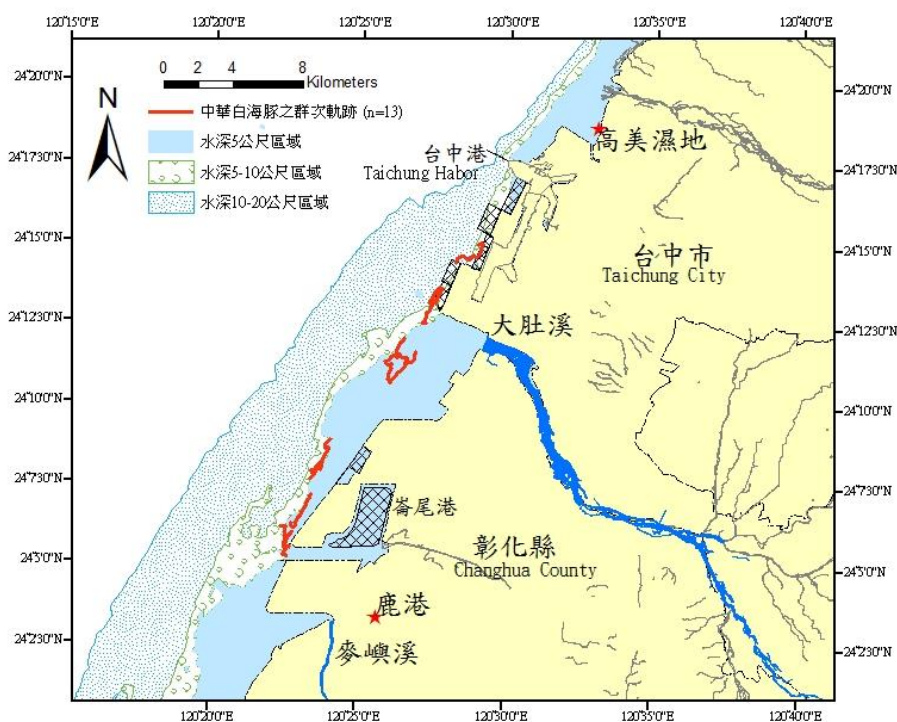


圖 8. 北區 B 航線：台中港至彰化鹿港(24°04'N -24°18'N) 之 25 分鐘以上追蹤軌跡。

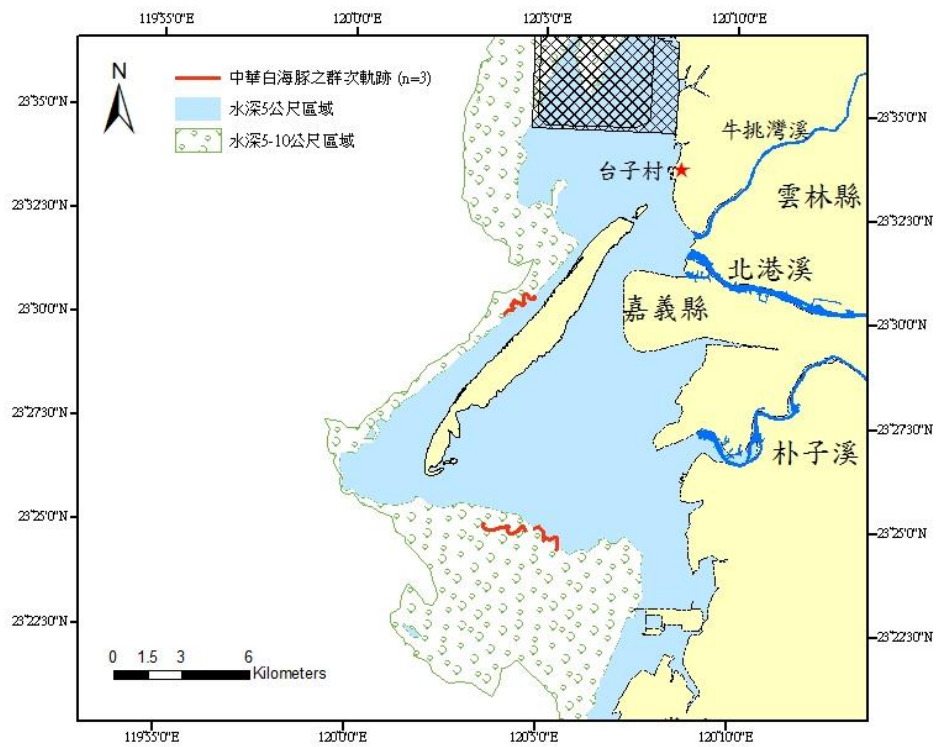


圖 9. 南區航線：外傘頂洲西側沿岸至台南八掌溪口(23°20'N –23°34'N)之 25 分鐘以上追蹤軌跡。

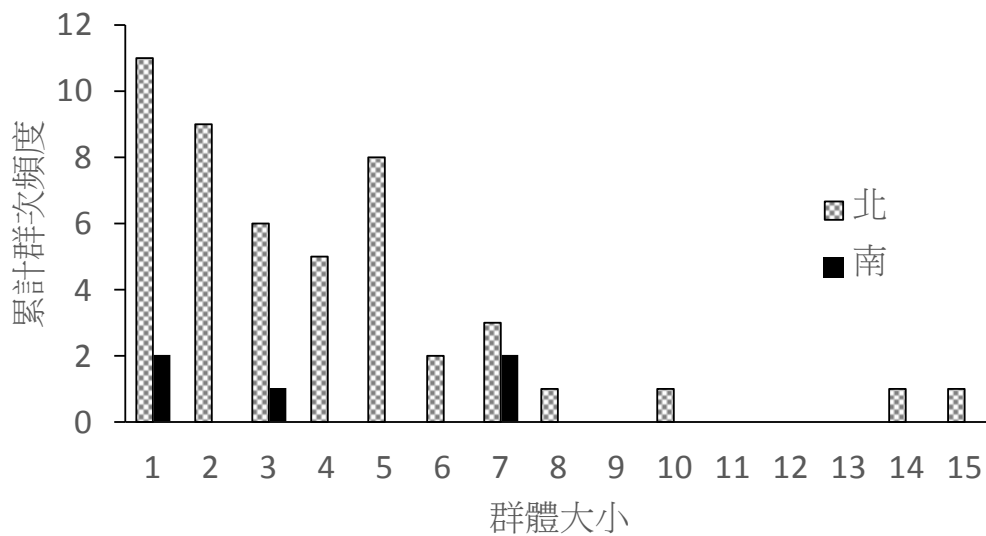


圖 10. 本年度中華白海豚南區和北區群次在各群體大小的累計目擊次數



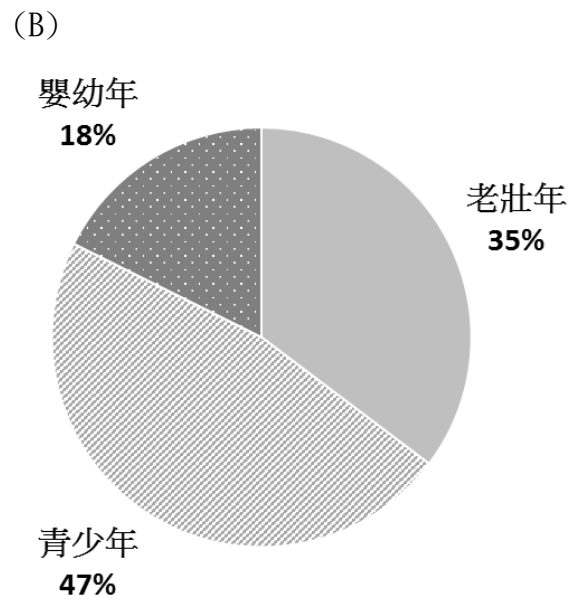
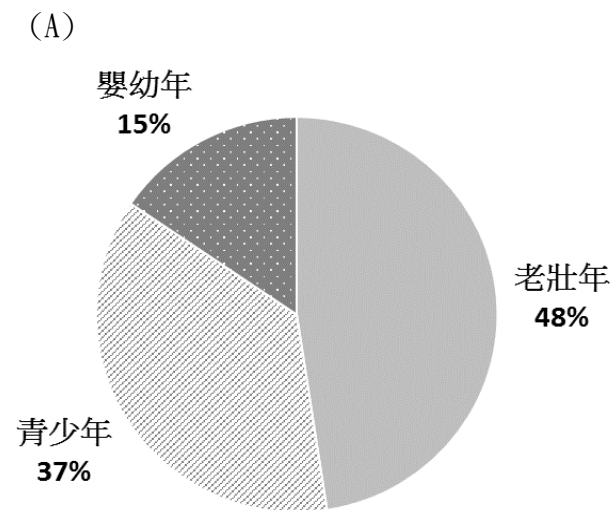


圖 11. 台灣西海岸中華白海豚海上目擊資料的年齡結構。(A)北區(n=48) (B)南區(n=5)

(A)

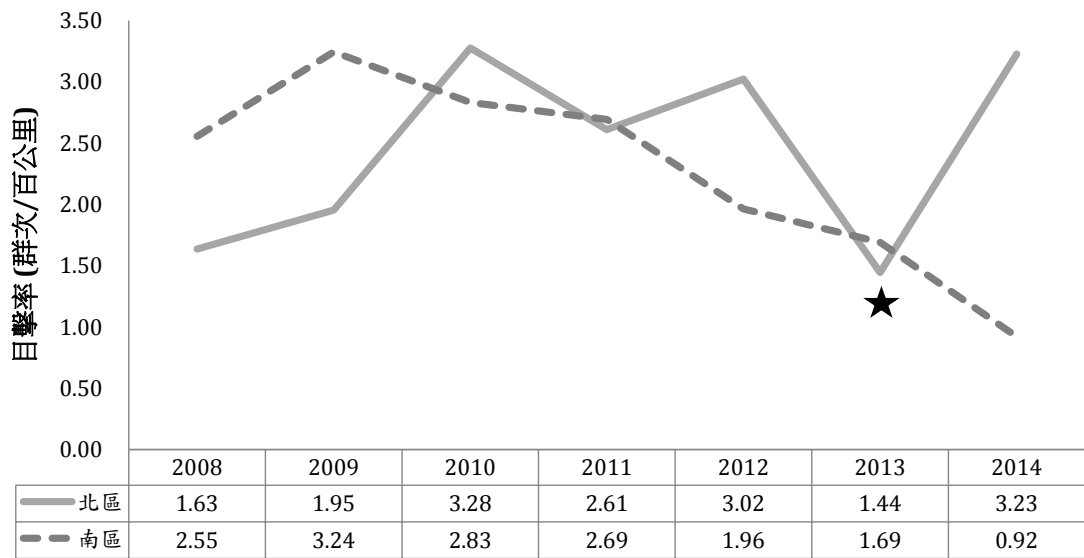


圖 12. 近 7 年台灣西海岸南北區中華白海豚標準化的目擊率 (群次/百公里)年間變化。★表示 2013 年調查範圍未涵蓋彰化南區。

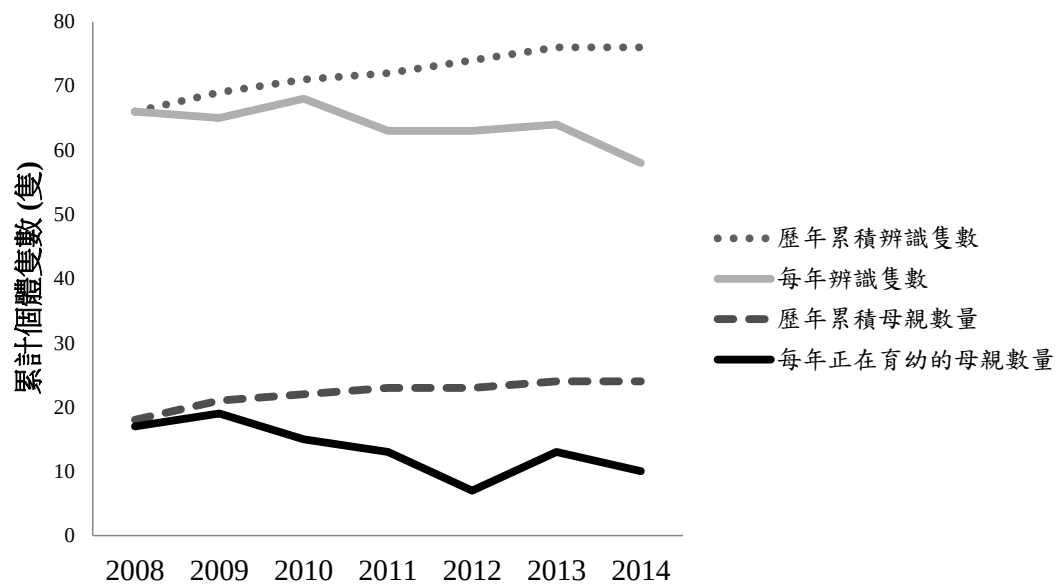


圖 13. 台灣西岸中華白海豚累積辨認個體數量。2009 年和 2014 年各有確認死亡個體一隻。

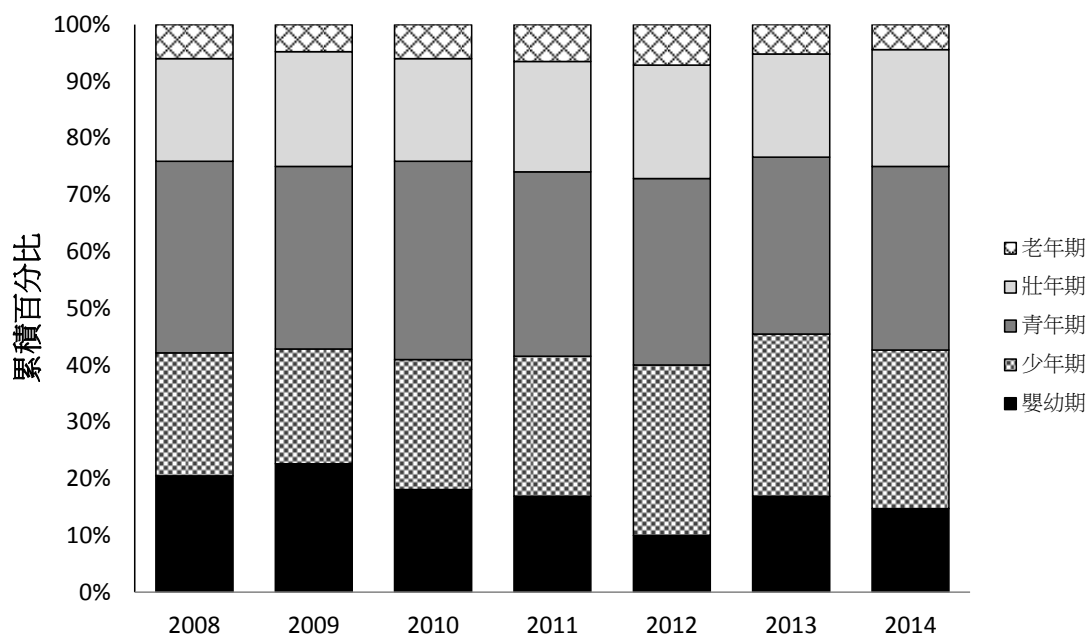


圖 14. 近七年台灣西海岸中華白海豚族群結構年間變化，嬰幼兒個體以每年正在育幼的雌性個體數目代表。老年期編號#23 個體於 2014 年 9 月死亡後，目前老年期個體僅剩一隻。

(A)



(B)



(C)



圖 15. 2008-2014 年間，有兩年以上未被目擊和死亡個體之體表傷痕與病灶之照片。(A)編號#30 個體曾被目擊披掛漁具 (B)編號#27 個體曾目擊明顯皮膚病灶 (C)編號#107 個體有明顯外傷癒合的痕跡



(A)



(B)



圖 16. 2008-2014 年間，有兩年以上未被目擊和死亡個體之體表傷痕與病灶之照片(續)。(A)編號#28 個體有疑似癒合後的船擊傷痕 (B)編號#23 今年死亡的老年個體，身上有穿刺傷的舊疤。

(A)



(B)



(C)



圖 17. 今年持續有明顯體表傷害或皮膚病灶的個體照片。(A)編號#42 有明顯癒合之切割傷和皮膚病灶 (B)編號#62 個體未癒合之外傷和皮膚病灶 (C)編號#72 個體有癒合傷疤和皮膚病灶。

(A)



(B)



(C)



(D)

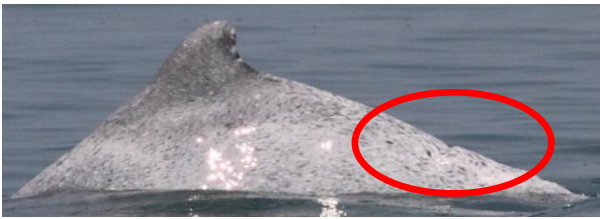


圖 18. 今年持續有明顯體表傷害或皮膚病灶(橘斑)的個體照片。(A)編號#12 尾  
幹有明顯繩狀物勒傷和皮膚病灶 (B)編號#47 個體有嚴重外傷癒合痕跡 (C)編  
號#6 個體有癒合之穿刺傷和(D)皮膚病灶。

(A)



(B)



(C)



(D)

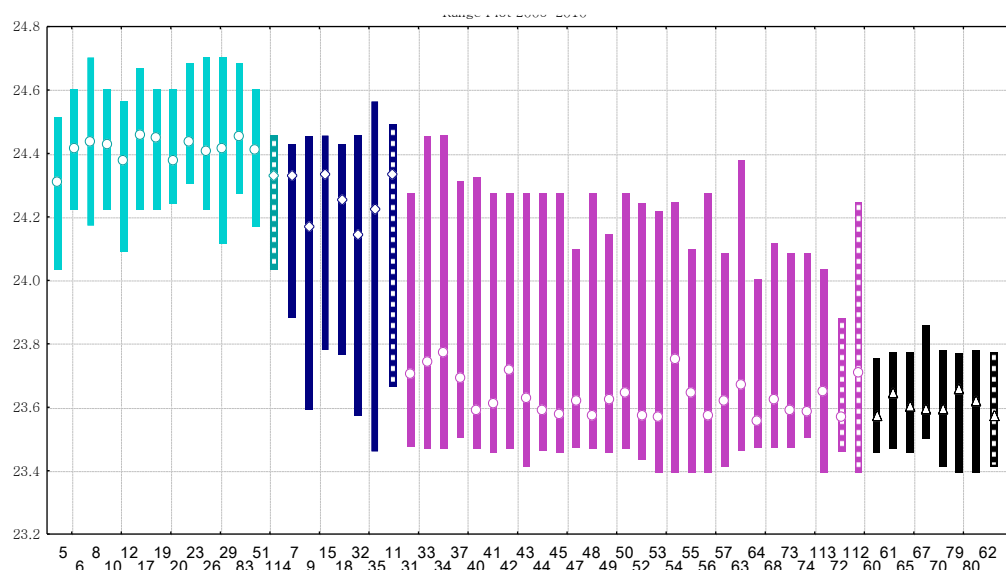


(E)



圖 19. 今年持續有明顯體表傷害或皮膚病灶的個體照片。(A)編號#26 (B)編號#49 (C) 編號#10 (D)編號#83 (E)編號#74 個體，身上皆有切面平整之癒合傷痕，可能為螺旋槳之船擊或繩狀物纏繞傷害。

A.



B.

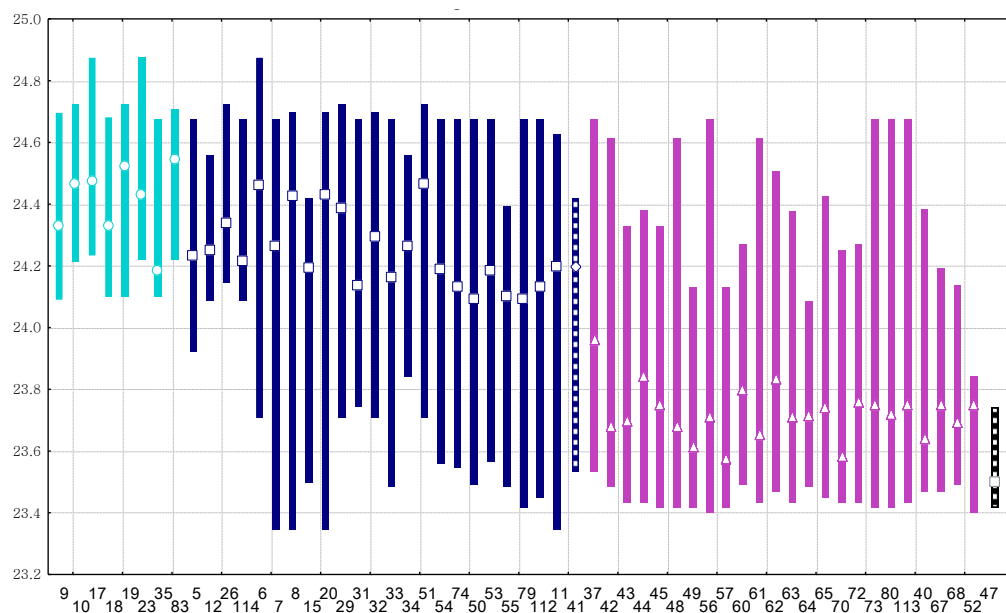


圖 20. 比較在 57 隻台灣西岸中華白海豚個體，在 2006-2010 年及 2011-2014 年期間的緯度活動範圍示意圖。中空方格代表中位數緯度，柱狀兩端各代表最大和最小值。自右而左，淺藍色代表北居留者、深藍色代表北遷徙者、紫色代表南遷徙者、黑色代表南居留者。橫軸為個體編號，縱軸為活動範圍緯度。斑馬紋(圖 A 和 B)柱狀圖代表該個體目擊不足 10 次。



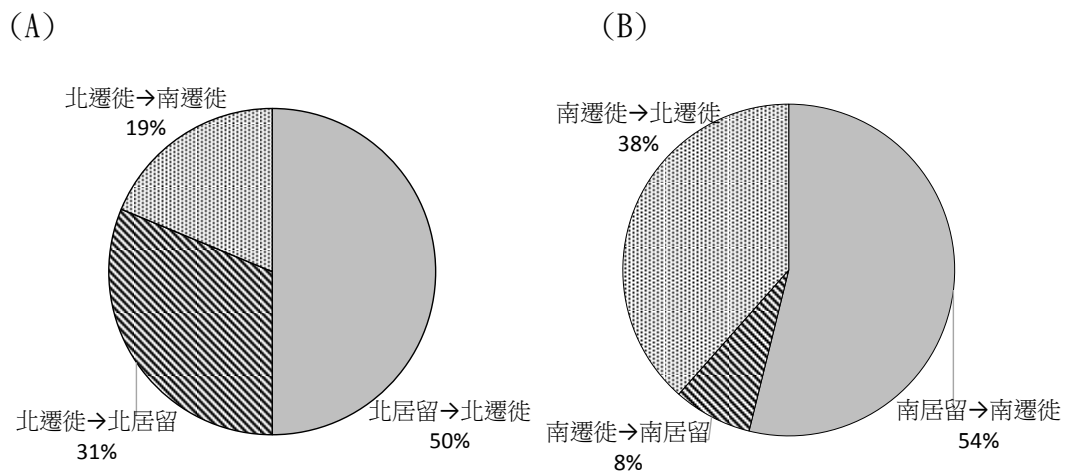


圖 21. 於 2006-2010 及 2011-2014 年間，(A)北區個體(n=17)和 (B)南區個體 (n=12)於 3 個活動區域改變之比例。

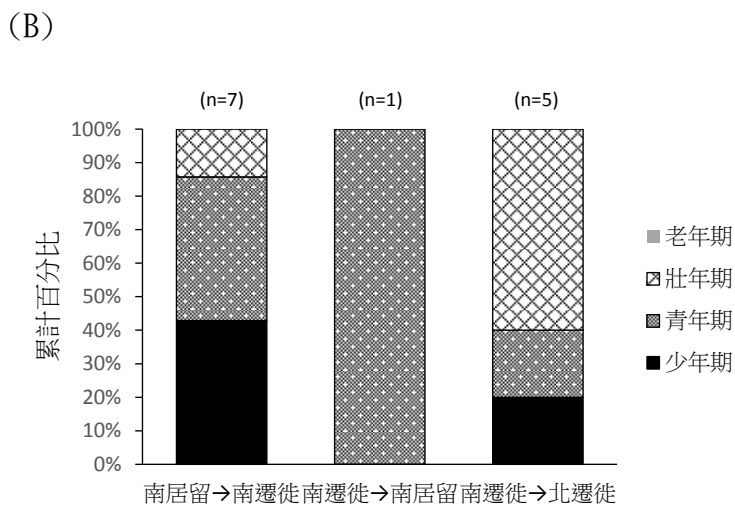
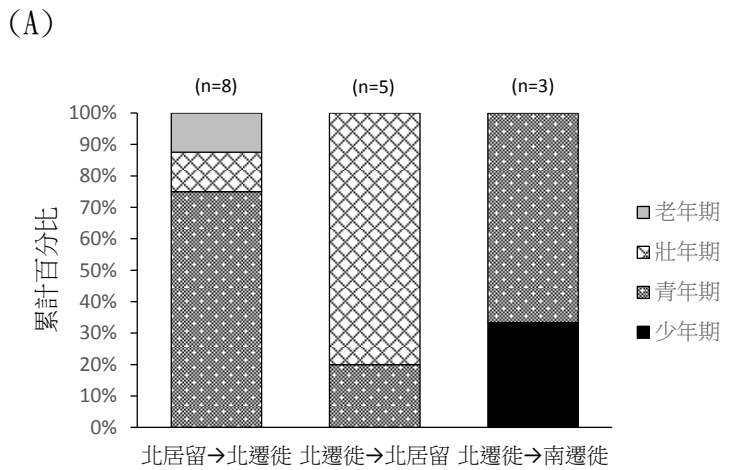
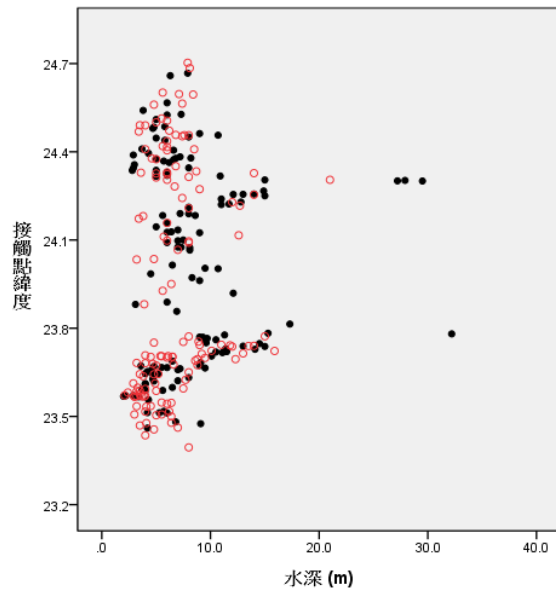


圖 22. 於 2006-2010 及 2011-2014 年間，(A)北區和(B)南區活動區域改變個體之年齡結構。括弧中數字為類別之個體數。

(A)



(B)

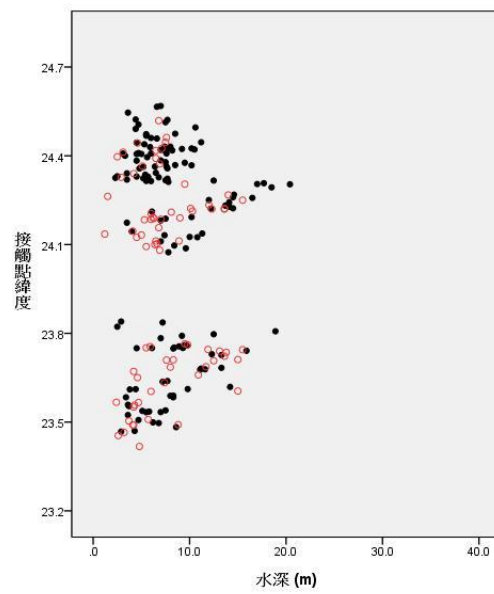


圖 23. (A)2008-2010 和(B)2011-2014 年間育幼與非育幼群次在各個緯度之水深分布。紅色空心圓圈為育幼群次，黑色實心圓圈則為非育幼群次。

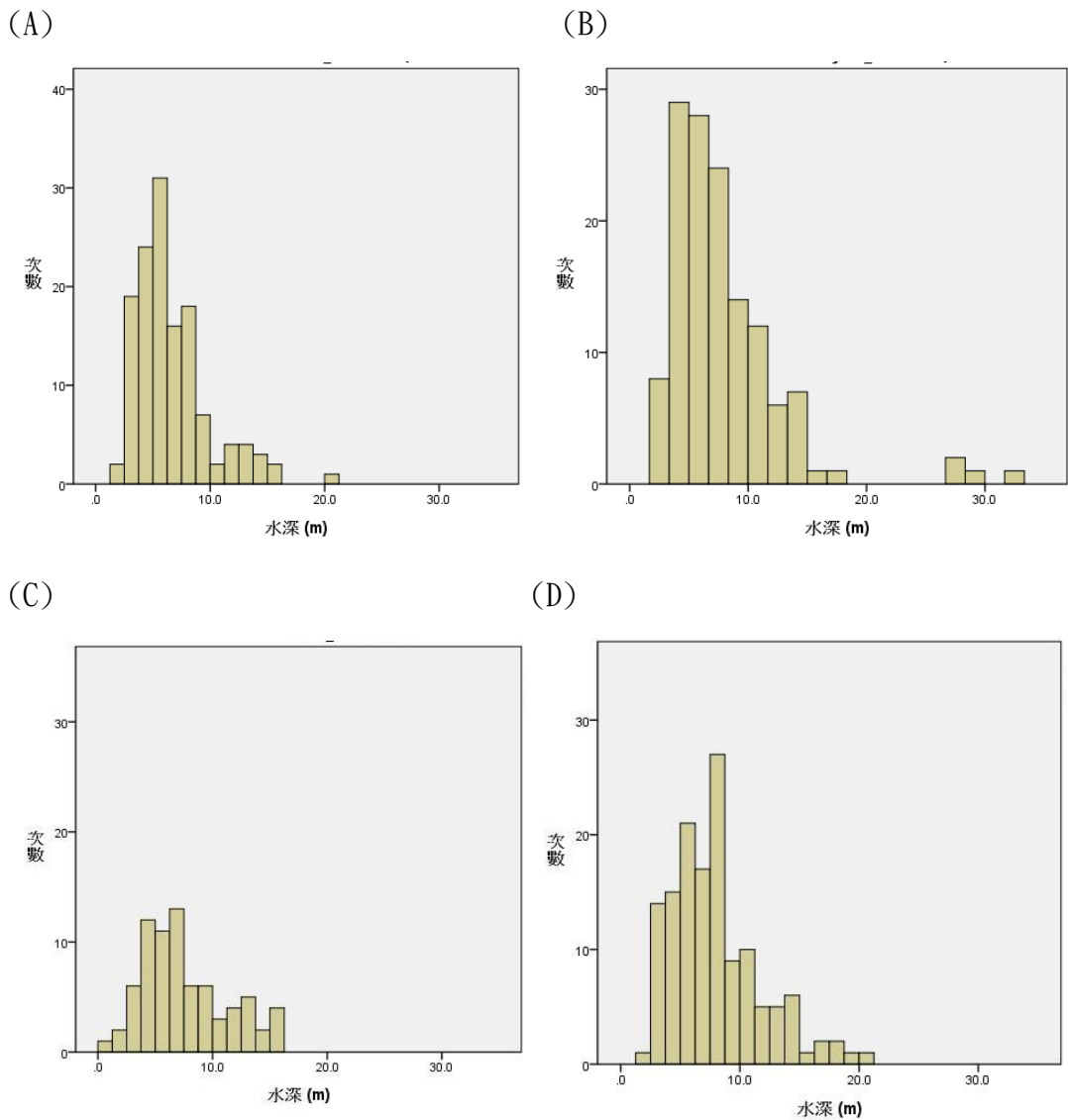


圖 24. 台灣西海岸中華白海豚育幼群次與非育幼群次水深分布之年間比較。在 2008-2010 年間，(A)育幼群次與(平均水深  $6.58 \pm \text{SD}3.1$  公尺)(B)非育幼群次(平均水深  $8.07 \pm \text{SD}4.94$  公尺)水深分布有顯著差異(Mann-Whitney U test,  $p < 0.05$ )；2011-2014 年期間，水深分布在(C)育幼群次與(平均水深  $7.5 \pm \text{SD} 3.6$  公尺) (D)非育幼群次(平均水深  $7.96 \pm \text{SD} 3.74$  公尺)之間則沒有顯著差異(Mann-Whitney U test,  $p = 0.371$ )。



## 第參章、嘗試無人載具調查監測中華白海豚

周蓮香、吳貞儀

國立台灣大學生態學與演化生物學研究所

### 摘要

過去在進行海上調查時租用的漁船會因為水深限制而無法進入較淺的水域，故在淺水域之中華白海豚海上調查仍是尚待突破的瓶頸。本子計畫採用四軸飛行器作為嘗試以無人飛行載具空拍監測海豚族群之機種，來評估此儀器應用於中華白海豚調查之可行性。本次調查共使用進行四次飛行並全程錄影，從影片中可清楚看到在不同飛行高度下之海豚族群、船隻、動物行為，並可從畫面中判斷海豚個體間之相對位置，但是拍照距離高，解析度仍不夠進行個體辨識。研究結果顯示多軸飛行器可以在野生動物調查中發揮一些作用，可以降低傳統海上目視調查因視角及距離而誤判動物族群大小，然而未來必須增加預算改用穩定度較高的六軸（甚至八軸）飛行器才可提升成效。

## 一、前言

本計畫延續過去幾年在中華白海豚的三個熱區海域（苗栗-台中、彰化鹿港-台中港、雲林外傘頂洲西側）租用漁船進行海上目視調查，並在熱區進行全區調查，以紀錄中華白海豚的時間及空間分布變異與棲地環境因子分布梯度（周蓮香 2012；周蓮香 2013）。但因為執行海上目視調查時，不論觀察員、相機或是手持攝影機皆是以水平角度作為視角，雖然可以利用此角度的背鰭照片進行中華白海豚個體辨識（Photo-ID），但從側面角度較難判斷中華白海豚族群大小及每隻個體在群體活動時之位置與個體間相互關係（Lewis *et al.* 2011；Martin *et al.* 2012）。

除族群大小分析之外，由於台灣西海岸皆屬於淺灘地形，雖然 7 至 8 公尺水深為中華白海豚最密集的棲息範圍，但在更淺之水域仍有目擊中華白海豚之可能，因過去進行海上調查時租用的漁船會因為水深限制而無法進入水深較淺的水域，故在淺水域之調查仍是近年來努力的目標。

去年度計畫嘗試以無人飛行載具空拍監測中華白海豚族群，選用的小型遙控飛機因需考慮飛行速度及照片覆蓋率而有飛行高度限制（約 250 公尺高），導致照片解析度過低而無法進行有效分析（周蓮香 2013）。今年改用四軸飛行器作為第二次嘗試以無人飛行載具空拍監測海豚族群之機種，以直升機滯空飛行的方式從海豚族群上方進行錄影，並使用成果影片進行海豚族群大小的分析。因在中華白海豚棲息熱區內仍有未目擊動物的機率，為避免海上操作無人飛行載具時未目擊海豚，本年度子計畫將選在台灣東岸海豚目擊率相對較高的海域進行空拍嘗試，並藉成果影片討論此空拍監測之方法是否能應用於台灣西海岸之中華白海豚族群調查。

## 二、方法

本計畫為補足去年度野外調查後發現遙控飛機在實行空拍計畫之不足點，經比較無人飛行器飛行時間與飛行範圍後，原本預計選用無人飛行船進行空拍監測，但在調查前與合作廠商討論過後，考慮飛行船船體內空氣補充費用、操作人員數量及飛行船船體運送問題（表一），決定改成使用四軸飛行器（圖 1 及圖 2）作為替代之操作機種。本次調查所使用的四軸飛行器機體長寬約 60 公分，下方裝設 GoPro® 攝影機，機殼材質為塑膠。飛行器遙控器上皆有雲端回傳天線，可以即時監控攝影機所拍攝之畫面，故本實驗所使用之四軸飛行器最低所需操作人數為一人。

本計畫正式野外空拍作業將於花蓮縣豐濱鄉石梯港進行，委託海鯨號搭載由研究人員與無人載具飛行器工程師組成之團隊並攜帶四軸飛行器至花蓮縣石梯港外海（石梯至靜浦海域）進行拍攝作業，同一時間海鯨壹號亦搭載遊客進行賞鯨

行程，由兩艘船隻同時進行野生海豚族群的搜尋作業以提高鯨豚之目擊率。發現動物後便釋出四軸飛行器，並遙控裝設攝影機之四軸飛行器飛至海豚族群上方、並拍攝動物在海中活動之影像。四軸飛行器起飛方式及操作模式皆非常便利，由於在海上航行時，船隻較為顛簸，因此將由一人操控遙控器、一人手持四軸飛行器，飛行器直接在研究人員手上起飛（圖 3），降落時亦同，飛行器可降落在研究人員手上。本計畫將於海上調查結束後，分析錄製之動態影像，並討論此規格之四軸飛行器在野生鯨豚動物族群調查時的應用性。

### 三、結果

為提高正式進行野外空拍調查時之工作效率，本計畫研究人員於 103 年 8 月 13-14 日，先於花蓮港進行第一次的路上試飛，並乘坐多羅滿號，會勘並模擬拍攝時的海況、風況、與賞鯨船家可配合的狀況。爾後因遊客人數較多，配合度有限，與時逢中國湖南廣播電視台衛星頻道（簡稱湖南衛視）公司於賞鯨航班的空拍作業（圖 4 及圖 5），本團隊改於 15 日上午赴花蓮縣豐濱鄉石梯港，搭乘海鯨號參與湖南衛視空拍作業，並與湖南衛視之多軸飛行器工程師討論無人載具於空拍作業之操作與應用，作為後續研究無人載具於野生動物追蹤應用發展之參考。湖南衛視攝影團隊使用之無人載具為八軸飛行器，機體長寬約 100 公分，裝設 Panasonic LUMIX 微單眼相機，機架材質為碳纖維。該八軸飛行器之遙控須由兩人進行，一人操控飛行器、一人操控相機雲台進行拍攝作業。當天出海不到 30 分鐘便在石梯外海發現熱帶斑海豚（*Stenella attenuata*）族群，數量約 200-300 隻，湖南衛視攝影團隊便立即釋出飛行器進行拍攝，包括低空飛行貼近海面拍攝動物影像及飛至高空拍攝賞鯨船（圖 6 及圖 7），並於返回石梯港之前拍攝石梯坪風景區及石梯港一帶之空拍影像。

本計畫於 103 年 8 月 25 日起至 8 月 31 日止，視天候狀況，共進行三趟正式的海上調查暨無人載具空拍作業。調查團隊由數名研究人員及一名觀天科技有限公司的無人飛行載具工程師組成，並由海鯨號王文龍船長領航，同一時間海鯨壹號亦搭載遊客在同一海域進行賞鯨活動，同時由兩艘船隻進行搜尋作業將提高動物目擊率、發現目標後亦可由船隻做為錄影畫面中之基準點與比例尺。當天出海不到 30 分鐘便在石梯外海發現熱帶斑海豚族群，數量約 150-200 隻，研究人員與工程師隨即釋出飛行器進行拍攝作業，另兩位研究人員則負責研究紀錄（含調查過程攝錄影）。本次調查共使用無人飛行載具進行多次飛行，除第一趟飛行時未檢查攝影機是否開啟便釋出，造成飛行畫面未紀錄外，其餘飛行總共錄製數段 1-6 分鐘不等的影片，供調查後進行影像分析與多軸飛行器效能評估。從影片截圖中可清楚看到在不同飛行高度下之賞鯨船海鯨壹號與海豚族群（圖 8）、海鯨號與海鯨壹號空拍影像（圖 8）、周圍海水顏色差異（圖 9）、海豚族群之行為

(圖 11)，並可從畫面中判斷海豚個體間之相對位置及母子對 (圖 12)。

本次海上調查為避免飛行器機身進水，已將四軸飛行器塑膠外殼進行水密防護，此舉卻使得飛行器機體內部散熱效果不佳，導致零件過熱而偶有無法控制之情形，並在第三趟次飛行時短暫失去滯空能力向下墜落，所幸在裝設防水殼的攝影機接觸海水後隨即再次升空，機體零件並無泡水損壞。

#### 四、討論

本計畫使用多軸飛行器結合傳統海上目視調查成功在花蓮石梯外海拍攝到野生鯨豚在棲地中活動之影像，並可藉由無人飛行載具錄製之動態影像分析野生鯨豚族群之行為及協助研究人員判斷族群大小。花蓮石梯外海在過去的海上調查研究最高曾有九成之目擊率，屬台灣周邊海域高目擊率的地區 (周蓮香 2009)，故本計畫將研究地點設定為石梯港之目的已達成。因目前台灣處於使用無人飛行載具進行野生動物調查之發展初期，為掌握不同形式無人飛行載具之操控便利性與其在海上作業時之應用性、考慮尋找野生動物時之所需時間與合作船家之方便性，未來可繼續在同一地點進行無人載具的試驗。

本次調查使用之四軸飛行器由觀天科技有限公司代本計畫向外國無人飛行載具發展公司購買，翼展小、機殼為塑膠材質，屬多軸飛行器之初階機種。但其亦因操控人數需求低 (本次調查操控人數為兩人，最低可由一人操控)，故可縮減進行海上調查人員調度不易之問題。在第三趟次飛行時所出現的機體過熱導致飛行器失控之問題，研判為飛行次數太過密集、海風吹拂將增加飛行器飛行時所需耗費之能量及機體組裝方式所造成，為防止機體內部進水所做的水密措施造成散熱不易，可於陸地進行多次飛行嘗試後、紀錄每次飛行時的散熱狀況及飛行趟次間所需之散熱時間，以利未來擬訂海上調查之飛行器飛行計畫、並降低飛行器在經歷多次飛行後效率減低之狀況及意外落海之可能。

裝設在四軸飛行器上的運動攝影機 GoPro® 在本次調查中有發揮其作用，以廣角鏡頭捕捉較大範圍的畫面，卻也導致照片變形、距畫面中心較遠的物體 (例如：海豚) 將難以判斷及形狀，照片中物體實際比例亦難以計算。而因為近海面之風勢較為強勁，為避免飛行器落海，本次調查時飛行器飛行高度依然偏高 (圖 13，平均飛行高度約 50 公尺高)，因為須由影片截圖進行後續判斷，故在察看拍攝結果時發現照片解析度仍不足。

#### 五、結論與建議

研究結果顯示無人飛行載具 (本計畫使用多軸飛行器) 可以在野生動物調查中發揮其作用、降低傳統海上目視調查之水平視角及遠距離而誤判動物族群大小

之可能性。然而，根據這兩年無人飛行載具的試驗結果，我們認為以目前無人載具的功能尚無法達到本子計畫最初的目標—使用無人飛行載具獨立進行海上調查。去年使用的小飛機因飛行條件限制太多（例如：飛行高度）、而無法獲得解析度達一定水準的影像；今年使用的多軸飛行器在選定時便不是以調查為目的、反而是為了能在海上調查時輔助人眼進行高角度拍攝及提供更接近動物的影像、達到追蹤動物之功能。而本次由於載具本身僅裝置四組螺旋槳（四軸），故只能平衡兩方向的機體傾斜，穩定性不足，加上調查過程全程受到海風影響，工程師在海上操作時也不敢讓飛行器貼近海面拍攝近距離的畫面。然而，本次海上調查所得到的海豚影像的確可以粗略估計海豚數量、並且有持續拍攝到海豚在海面的行為，若排除飛行高度太高造成畫面解析度仍低、且從影片截取圖片將進一步降低解析度等可能影響分析過程難易度的因素，我們認為多軸飛行器在未來可以進行野生動物行為的研究、或是監測動物對於人類影響（例如：船隻接近）的反應。

多軸飛行器亦具有在河口或其他船隻無法到達的水域進行空中拍攝之可行性，僅需在海上目視調查團隊加派一名隨船飛行器操控人員，發現動物時即釋出飛行器進行拍攝，或在特別淺水的沿岸地區來回搜尋，而研究人員可即時利用監控螢幕確認目標。

本次研究團隊觀摩對象、湖南衛視公司使用大型八軸飛行器進行影像拍攝（圖 5），當日風勢強、但飛行器的飛行狀態非常穩定，甚至可貼著海面飛行、拍攝海豚影像，為克服貼近海面高度風勢多變造成小型四軸飛行器在空氣流場內無法穩定飛行，建議未來可嘗試使用翼展較寬的飛行器，並逐步將軸數增加為六軸，將更能提供海上飛行時機體的穩定性；相機也應改為可拍攝較高解析度影片的機種，以提高影片及照片的辨識度；大型的飛行器相對可裝載蓄電力較長的充電電池，並可配合改變機身材質（例如：碳纖維）來減輕機身負載量、延長飛行器的飛行時間。

## 六、參考資料

- Lewis J.S., Wartzok D. and Heithaus M.R. (2011) Highly dynamic fission-fusion species can exhibit leadership when travelling. *Behav Ecol Sociobiol.* 65:1061–1069. doi 10.1007/s00265-010-1113-y
- Martin J, Edwards H.H., Burgess M.A., Percival H.F., Fagan D.E., Gardner, B.E., Ortega-Ortiz, J.G., Ifju, P.G., Evers, B.S. and Ramb T.J. (2012) Estimating Distribution of Hidden Objects with Drones: From Tennis Balls to Manatees. *PLoS ONE* 7(6): e38882. doi:10.1371/journal.pone.0038882
- 周蓮香，2009。台灣周邊海域鯨豚數量評估及生態環境之研究。行政院農業委員

會漁業署九十七年度科技計畫研究報告。

周蓮香，2011。中華白海豚族群生態監測及聲學監測系統規劃。行政院農業委員會林務局委託研究計畫。92頁。

周蓮香，2012。中華白海豚族群生態監測及聲學監測系統規劃。行政院農業委員會林務局委託研究計畫。95頁。

周蓮香，2013。中華白海豚族群生態監測及聲學監測系統規劃。行政院農業委員會林務局委託研究計畫。100頁。

表一 飛行船與多軸飛行器功能比較

|      | 飛行船                                                                                                                                                                                     | 多軸飛行器                                                                                                                                                                                                        |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 機體價格 | 飛行船船體約新台幣四萬<br>船體每次打氣約新台幣兩萬                                                                                                                                                             | 四軸飛行器約新台幣七萬至十萬不等                                                                                                                                                                                             |
| 人員需求 | 操作人員 1 至 3 人                                                                                                                                                                            | 操作人員 1 至 2 人                                                                                                                                                                                                 |
| 續航力  | 30 分鐘至數小時不等                                                                                                                                                                             | 每組電池約 10 至 15 分鐘                                                                                                                                                                                             |
| 優點   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 續航力長</li> <li>2. 可偵測範圍較廣</li> <li>3. 可預先設定飛行航線，不須人員跟隨</li> <li>4. 飛行狀況較穩定，不太會有意外墜落之狀況發生</li> </ol>                                            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 體積小，方便攜帶</li> <li>2. 可原地起降(如直升機)</li> <li>3. 可低空飛行</li> <li>4. 可裝設監控螢幕即時回傳影像</li> <li>5. 操作簡單</li> <li>6. 可即時轉換方向及高度以追蹤動物</li> <li>7. 可裝置防水殼(但仍不耐長時間浸水)</li> </ol> |
| 缺點   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 飛行高度較高，照片解析度低</li> <li>2. 影像無法即時回傳進行校正</li> <li>3. 每次打氣皆只能維持 2 至 3 天</li> <li>4. 船體體積大，攜帶不便</li> <li>5. 船家可能拒絕搭載</li> <li>6. 受風影響大</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 受天氣影響大</li> <li>2. 低空飛行時受氣流影響穩定性較差</li> <li>3. 人工降落時對操作人員有危險性</li> <li>4. 飛控距離較短</li> <li>5. 續航力短，需準備多組電池</li> <li>6. 機體較輕巧，小型機體僅適合搭載無法變焦之小型運動攝影機</li> </ol>       |





圖 1、本次無人飛行載具調查所使用之四軸飛行器及遙控器。



圖 2、本次無人飛行載具調查所使用之四軸飛行器（下方為 GoPro® 攝影機）。





圖 3、四軸飛行器施放方式（綠衣者持遙控器，紫衣者持飛行器）。



圖 4、湖南衛視工作人員在做飛行前調整，甲板上為八軸飛行器。



圖 5、八軸飛行器一樣可以手持起飛。



圖 6、湖南衛視工作團隊操控飛行器拍攝賞鯨活動影片。





圖 7、湖南衛視八軸飛行器與熱帶斑海豚族群。

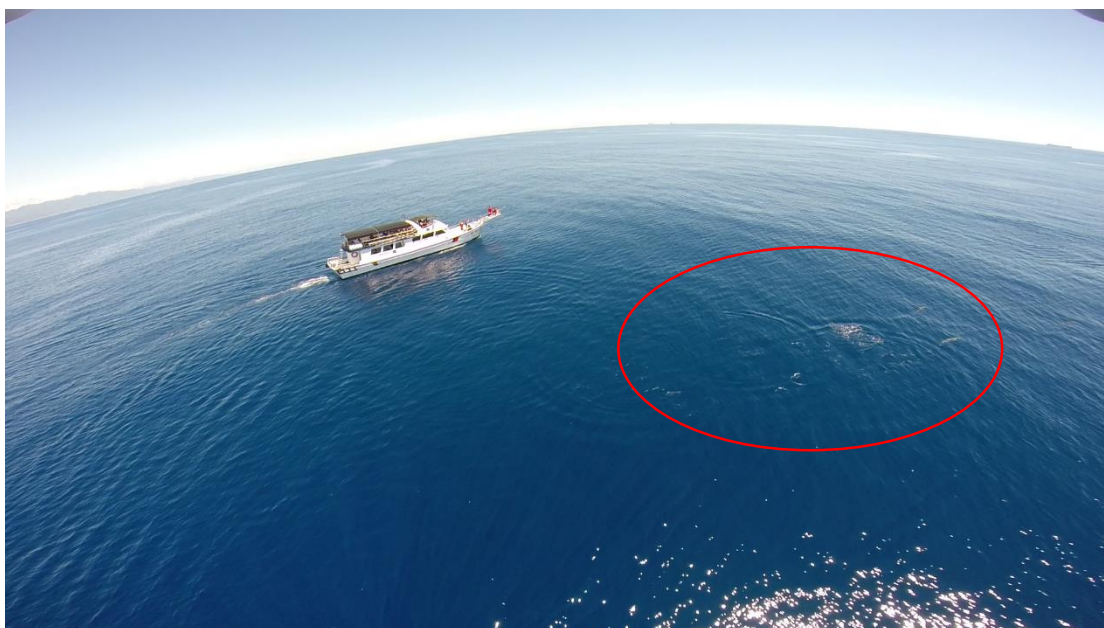


圖 8、海鯨壹號與熱帶斑海豚族群（紅圈處，有水波紋及水中灰色海豚影子）。



圖 9、海鯨號（右）與海鯨壹號（左）空拍影像，研究人員搭乘海鯨號。



圖 10、海鯨號與周圍海水顏色差異，即潮界線（紅線處）。



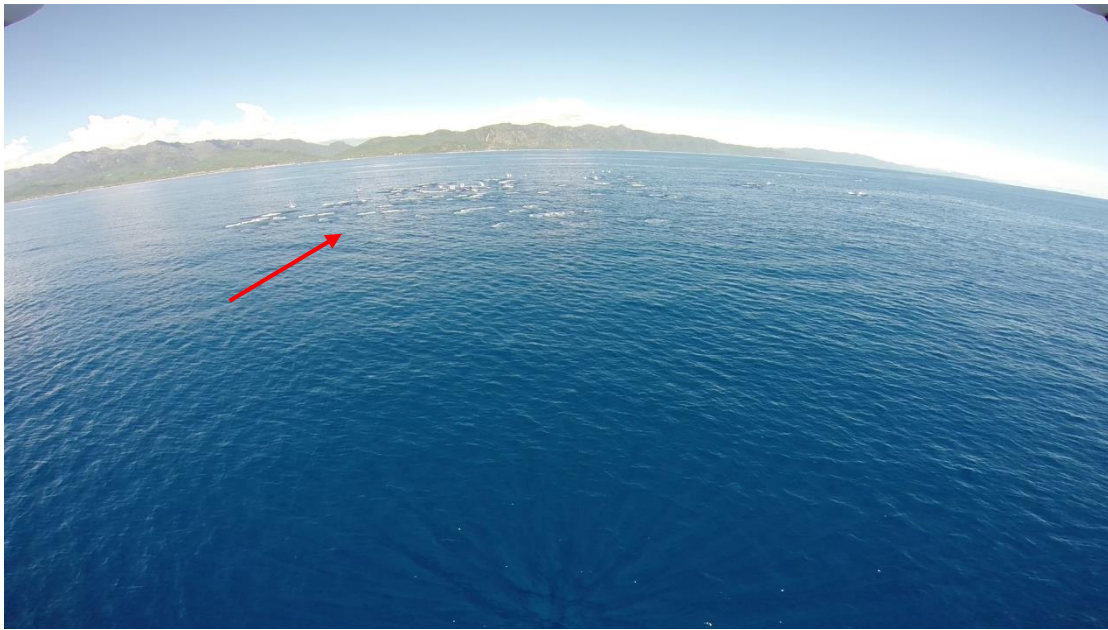


圖 11、調查過程中海豚群突然同時開始豚跳動作（箭頭處）。

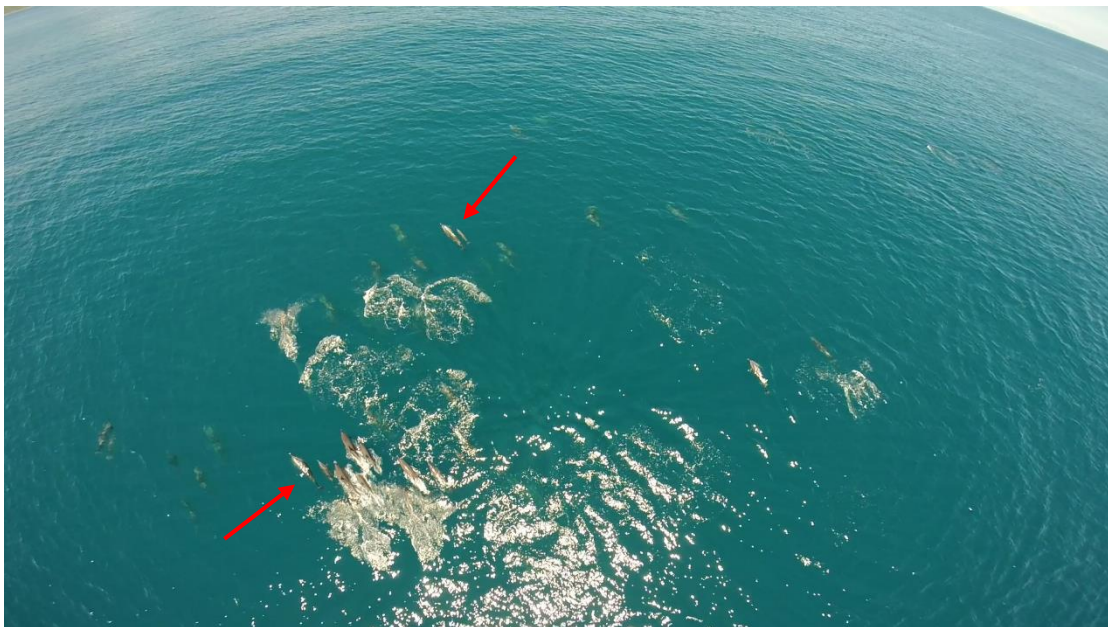


圖 12、海豚群俯拍畫面中可分辨出海豚母子對（箭頭處）。



圖 13、四軸飛行器（紅圈處）、海經壹號、與海豚群（箭頭處）。

## 第肆章、海豚棲地海洋環境噪音監測與分析

陳琪芳<sup>1</sup>、魏瑞昌<sup>2</sup>、林天祥<sup>1</sup>

<sup>1</sup>國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系

<sup>2</sup>國立中山大學海下科技暨應用海洋物理研究所

### 摘 要

中華白海豚是非常倚賴聲波的回聲定位方式，進而去覓食以及溝通，而本計畫之中華白海豚棲地環境監測目的希望藉由水下錄音系統了解棲地環境噪音結構，並且藉由統計方式分析去了解白海豚敏感區域其人為活動噪音或者其他類噪音組成。本計畫去年之成果，已針對彰濱工業區外堤南側(CH)及外傘頂洲北端(WS)這兩處進行長期且系統化之調查，而本年度將延續研究並且擴大研究區域，於苗栗縣通宵火力發電廠外海(TX)以及布袋(BD)近海航道警示燈處佈放水下錄音系統(SM2M)進行至少各 30 天的環境噪音監測。從資料顯示，TX 與 BD 之生物噪音在約莫 19:00-01:00 期間有非常明顯之週期變化。本年度之海洋環境噪音監測計畫中，TX 測站可發現一持續 60Hz 之低頻噪音，已排除此訊號由錄音系統本身因素所致，推測與通宵火力發電廠有著密切關係。另外，本年度也開始採以自動化偵測事件取代人工辨識方式並建立該區域之主要噪音組成資料庫。最後將 102 年度與 103 年度之成果做比較，發現本年度海洋環境噪音較去年來得高，整體約莫相差 10dB。

## 一、前言

海洋環境充斥著許多聲音，這些聲音可能來自於生物、風浪、降雨等等或者人為因素如船舶航行及海岸工程施工。海洋環境噪音與當地之生態、物理環境甚至經濟生態相依，因此環境背景噪音的特性與變動性會依循其特有的環境而有所差異。從保育動物的研究觀點出發，各種人為噪音源差異頗大，這些音源對人類而言或許影響不大，但是是否對水下哺乳類造成影響則是未知數，因此藉著本計畫之執行，量測得知之水下聲境(soundscape)則可提供鯨豚保育及環境評估，探討鯨豚數量會否因為聲境改變而減少或增多，因此本研究之目的提供環境改變前的對照資料。由於海洋環境噪音有著強烈地域特性，藉著長時間的錄音了解棲地環境噪音結構，並且藉由統計方式分析去了解白海豚敏感區域其人為活動噪音或者其他類噪音組成。

為了完成長時間的海洋環境噪音監測，本計畫採以水下被動式聲學監測(Passive Acoustic Monitoring, PAM)方式為最佳的選擇，在苗栗縣通宵外海以及嘉義縣布袋外海放置水下聲學監測平台。此種方式可避免氣象、海況等因素影響，導致無法取得資料。

然而，所取得之聲學資料其噪音源之特性差異甚大，因而採以半自動化事件偵測，並且搭配時頻譜圖辨別以及人工方式聽取以判斷事件，探討事件於測站之海洋環境噪音變動趨勢、分析海洋環境噪音在時間上與空間上之變動，掌握各事件對海洋環境噪音值影響。此外利用統計方式，紀錄船舶活動與魚類鳴叫事件出現時間，希望在離岸風力開發案前，能先將白海豚熱區之海域環境有初步了解，並且將此兩年度成果與鯨豚出現熱點次數做比較，分析人為活動對鯨豚之影響。

## 二、材料與方法

### (一) 監測位置與監測系統

本計畫在苗栗縣以及嘉義縣選擇兩個調查地點進行環境噪音監測，第一個測站於苗栗縣通宵發電廠外海處(代號 TX，圖 1)，此海域外海處南北各有 3 根排水管警示燈樁柱，發電廠外海各有六條抽水、排水之管線。本次佈放點位則放置在近岸中間的警示燈旁。由於此海域屬禁漁區，但仍允許釣漁船在此處做釣。另外，監測站位置之當地水深隨潮汐變化約在 5 米至 10.7 米範圍之內，離岸約 1 公里。TX 點位於 8 月份進行一次資料回收，共有 8 月 7 日至 8 月 22 日進行第一次回收並且在 8 月 22 日進行第二次佈放至 9 月 7 日回收，資料天數為 31 天。

第二測站為嘉義縣布袋漁港之航道警示燈處(代號 BD，圖 2)，此海域為嘉義一澎湖客船航道，在測站的西北方為外傘頂洲離測站約莫 12 公里，另外在布袋



漁港北方尚有許多小型養蚵場。BD 點位已於 9 月 12 日至 9 月 27 日進行佈放回收，然而錄音系統出現些許問題導致音訊檔案只錄製至 9 月 25 日，共計已有 13 天資料，此外，9 月 27 日進行第二次佈放，至 10 月 15 號回收，有效天數資料為 31 天。各點位佈放時間與座標參閱表一。

本年度所採用之水下聲學儀器為 Wildlife Acoustics 公司所生產之 SM2M，同去年度執行儀器，其詳細規格表如下(表二)。另外本年度，也增設了溫、深度儀器(Star-Oddi DST-centi)作為監測水下溫度以及深度之變化。水下儀器固定的方法，先行製作儀器保護架(圖 3)，作為固定平台，佈放儀器時派遣潛水夫於監測海床上，將儀器與保護架放置於海床上，保護架周圍於三個方位向外約 10 米佈放繩錨加以固定，儀器上設置浮標一組約 1 公尺長度，以利潛水夫回收搜索。

## (二) 資料分析與研究方法

將取得的量測資料，首先以快速傅立葉轉換(Fast Fourier Transform, FFT)將時域之信號轉換至頻域中，計算解析度為每秒每赫茲計算並無計算重疊(Overlap=0)，了解各頻率之能量分布。由於資料量較多，輸出以每小時為一筆，繪製該小時時序列頻譜圖與 1Hz-band 頻譜與 1/3 Octave Band 頻譜，並且將每小時各頻率聲壓值做平均，以每小時一筆資料進行整理，去說明環境噪音之各低中高頻段是否有明顯事件影響和週期性變動，先從大方向去觀察趨勢。透過上述計算以及統計方法可獲得當地海洋環境噪音之長時間變動趨勢(魏、郭，2013)。此外將各事件分為數個頻段，分別探討各測站的事件在時間上是否有週期變動。另外，將一天分成六個時段為 0~4hr, 4~8 hr, 8~12 hr, 12~16 hr, 16~20 hr, 20~00 hr，分別探討此時段之噪音變動與人類活動、生物的關係。

第二部分將事件視為將暫態訊號，大約可分為兩大類即生物噪音以及船舶噪音，另外，為了布袋測站之安全，將儀器佈放在布袋一馬公航道之警示浮標旁，發現所蒐集之資料有許多波浪以及警示浮標交互作用產生之噪音，因此在布袋則增加浮標噪音事件，並以自動化偵測方式分類事件以及影響時間長短，事件分類圖，參閱圖 4。

## 三、結果

本研究內容以苗栗通宵(TX)與嘉義布袋(BD)兩測站資料進行環境噪音統計分析，兩測站在每月的分析日期以及天數如下，TX 的實驗時間有 2 組，第一組：2014/08/07~2014/08/22(15 天)、第二組：2014/08/22~2014/09/07(15 天)，總計 30 天資料；BD 測站的實驗時間 2 組，第一組：2014/09/12~2014/09/25(13 天)、第二組：

2014/09/27~2014/10/15(18 天)，共計 31 天

## (一) 海洋環境噪音時間序列與分析

觀察測站 BD(圖 5)黑寬處可發現一持續 60Hz 之低頻噪音，目前已排除此訊號由錄音系統本身因素所致，由於 TX 測站點位位於火力發電廠排水管附近，判斷此訊號係由電廠所致。然而 BD 點位之資料尚在處理中因而無法比較，將於期末報告中提出。根據 Wenz curve (Wenz et al., 1962)，風浪噪音主要以 1kHz 以上為代表，然而在 TX 並無雨量、風速觀測資料，亦無從將風雨與海洋環境噪音做比較，因而將其視為海洋環境噪音事件。從圖 5 中 1kHz 以下可發現船舶噪音無週期性變動，因而將船舶運行之噪音視為事件，將在事件分析與統計章節做討論。

另外，觀察圖 5 紅寬處，可發現每天固定約從 19:00 至 00:00 可發現一週期性生物噪音，其涵蓋頻寬 700Hz~2.5kHz 左右，其中生物噪音又可分為兩種分別為物種一 600~900Hz 類型以及物種二 1.7~1.9kHz 類型(圖 6)，推測物種一 600~900Hz 類型與 102 年度 CH 測站應為同一物種，因此 TX 測站在長期海洋環境噪音在 600Hz~2.5kHz 擁有雙峰形式特徵之頻譜。另外，在 8 月 18、19 號以及 9 月 3、4 號可發現生物噪音在此時段內其聲壓位準並無其他時段高，巧合的是從溫度深度儀器上之資料包絡波來看，可發現當天之潮位正好都屬於此期間最低潮(圖 7 紅寬處)，生物之活動與潮水活動是否有關聯還有待調查。

BD 測站資料圖 10，可發現 BD 測站在每天大約 20:00 至凌晨 01:00 可發現週期性之生物噪音，其涵蓋頻寬與 TX 相似。在 BD 第一階段量測資料裡頭發現，生物噪音並沒有很明顯之鳴叫週期，而在第二階段量測資料中才有較規律之週期。另外，在圖 10 可發現涵蓋全頻之噪音，此噪音的產生機制為波浪拍打測站點位旁之警示浮標產生之衝擊波，測站水深、入射波高以及週期均會影響碎波拍擊形式之因素，衝擊波主要影響頻率為 1kHz 以上，在本案子中，仔細觀察圖 11，在 1.5kHz-2kHz 處有雙峰形式不過卻不及 3kHz 附近有較明顯之雙峰，這是因為 1.5kHz-2kHz 正好處於生物主要噪音頻寬處所造成的遮罩效應，另外雙峰並在隨後也產生若干諧波。了解 BD 測站擁有此一現象，因而解釋了 BD 測站在 9/16-9/17 持續一兩天之噪音較其他時間來得吵雜，且海況應是量測期間最為險惡區段。

若針對長時間的資料而言(圖 8)，TX 測站在低頻 60Hz 處存在著 110dB 之聲壓位準，另外在 700Hz~2.5Hz 因生物影響，其平均聲壓位準 75dB~91dB。以 BD 測站(圖 11)之資料而言，BD 測站在 1kHz 一下，擁有較穩定之環境噪音位準變動，約為 82dB~91dB 左右。在 3kHz 處，則受到拍打的作用，其聲壓位準約為 85dB~89dB。

最後，將去年 2013 年度之測站 WS 以及 CH 還有 2014 年度 TX 以及 BD 做

圖比較(圖 13)，發現 2014 年度計畫執行測站之海洋環境噪音較 2013 年度來得高。而 103 年度 TX 測站與 BD 測站在 100Hz 以下有 7dB 左右之差別，而在 100Hz-700Hz 左右將近有 8dB 左右之差別。這反映出海洋環境噪音在淺海區域有著強烈的地域性質，並且容易隨著人為活動、天候變動、季節、生物行為因素有著關聯。

## (二) 時段噪音變動分析

本研究中，為了搭配人類活動、魚類鳴叫時段而將一天分成六個時段為 0~4hr，4~8 hr，8~12 hr，12~16 hr，16~20 hr，20~00 hr，分別探討此時段之噪音變動與人類活動、生物的關係。

首先探討 TX 測站各時段之噪音變動趨勢(圖 14)，圖中 6 種顏色分別為 6 個時段之頻譜圖，橫軸為頻率，縱軸為聲壓位準。不管任一時段，其 60Hz 低頻運轉噪音依然保持著 110dB，然而其他頻段則不然，這與人類活動以及生物鳴叫有著關係。在 200Hz 低頻段以下(圖 14 紅寬處)，各時段噪音變動趨勢較為一致，差別在於聲壓位準高低而已，如在 20:00~04:00 期間，並非漁業作業時間因此在此時段為最安靜；然而此頻段在 04:00~20:00 期間，隨著人類活動而有著明顯的聲壓位準提升約莫 10dB。另外，在 500Hz~3kHz 之生物噪音頻段處，於 16:00~00:00 期間有明顯之聲壓位準提升，在 19:00 左右，可發現生物噪音開始鳴叫，尤其在 20:00~00:00 期間生物鳴叫噪音更是達到巔峰。

BD 測站各時段之噪音變動分析(圖 15)，由於嘉義布袋測站位於嘉義一馬公客船航道，並且是附近漁港如布袋第三漁港的主要航道，圖中紅寬處，發現在 04:00~12:00 期間，噪音變動位準較無變化，而在 12:00~04:00 期間有較大的起伏，發現在此段時間內有較多的客船、漁船在此期間有經過此測站，尤其在凌晨 00:00~04:00 有較多的漁船出航作業，而 12:00~20:00 多為布袋-馬公客船的噪音以及一些小型船舶噪音。其他如生物噪音出現時段與苗栗 TX 有些不同，雖然也發生在 04:00~20:00 期間，若進入原始資料發現，生物噪音發生時間較 TX 晚了 1 小時約莫 20:00 左右開始鳴叫。

## (三) 事件分析

### 1. 頻段分析

由上述可知，無論是生物或者其他人為噪音，其頻譜必然不同也就是說各噪音所占之頻段也不同如圖 16，生物噪音主要頻段為 600Hz-900Hz 以及 1.7kHz-1.9kHz；船舶則為 1kHz 以下，將各事件分不同頻段加以分析，藉此得出各事件

在時間上（正規化至每小時）是否有關連性如是否有週期性變化等。倘若分析頻段與各事件所占頻段相同或者部分重疊，則會造成事件噪音遮罩。

為了盡可能的避開各事件頻段重疊造成難以分辨事件，因此將噪音事件頻段分為 600Hz-900Hz 以及 1.7kHz-1.9kHz 為生物噪音頻段；100Hz-200Hz 為船舶噪音，以避開浮標噪音之影響而影響船舶之偵測；2.9kHz-3.1kHz 為浮標噪音主要頻段，分別探討生物噪音、船舶噪音以及浮標噪音是否有週期性之變化。

### (1) 生物噪音分析

觀察圖 17 以及圖 19，縱軸為頻段聲壓位準(band-limited sound pressure level)，需注意的是頻段聲壓位準代表頻寬能量之和與頻譜聲壓位準不同，橫軸則為時間，圖中縱軸能量之大小僅能反映出物種群體的多寡或者物種較靠近錄音器導致其能量較大而已。圖中可以發現此兩種生物物種在週期上之變化較一致。若忽略了物種較靠近錄音器導致其能量較大的因素，將能量最大處表示物種群體多寡，出現此兩種物種的高峰期時間為 21:00-22:00 期間(圖 18)，此兩種物種週期並非為一致，時而提早或延遲，這或許在生物的行為上有某些意義。然而在嘉義布袋測站，由於受到浮標噪音的影響甚大，導致測站生物噪音 600Hz-900Hz 物種一以及 1.7kHz-1.9kHz 物種二在 9/28 後較有明顯週期變化，其他時間則因為浮標噪音遮罩而導致生物噪音週期不明顯。在嘉義 BD 出現此兩種物種的高峰期(圖 20)，也不較 TX 測站固定，時而提早或延遲。

### (2) 船舶與浮標噪音分析

首先將每小時 100Hz-200Hz 之平均能量作為船舶事件偵測之門檻值以及 2.9kHz-3.1kHz 之平均能量作為浮標噪音偵測門檻值，然後將每秒在此頻段上之能量與門檻值比較，若大於此門檻值則視為船舶事件小於則視為海洋環境噪音。因此，在資料庫以 1 或者 0 表示船舶事件、浮標噪音事件與無事件發生，由於船舶事件連續影響環境噪音時間較長，因此又加入了長達 15 秒作為船舶事件之偵測，其餘事件則視為浮標噪音事件，如圖 21；然而，由於在苗栗 TX 點位沒有浮標噪音，本研究僅僅加入長達 15 秒作為船舶事件之偵測其餘則視為海洋環境噪音，最後將各事件分類並且統計其結果如圖 22。目前已將本部分建置事件資料庫，以利更進一步研究。

另外，較常出現 TX 測站之船舶與 BD 測站之船舶，TX 測站船舶噪音時頻譜如圖 23，係屬於小型漁船、釣漁船類型，而 BD 測站則為圖 24，係屬於客船、大型漁船類型，布袋測站浮標噪音時頻譜如圖 25。

## 四、結論

在長時間海洋環境噪音時間序列結果發現，苗栗通宵 TX 測站在晚上大約 19:00~00:00 時分可發現生物噪音，其影響頻段主要集中在 600Hz~900Hz 物種一以及 1.7kHz~1.9kHz 物種二。然而於嘉義布袋 BD 測站不同的是生物噪音出現的時間約莫晚了一個小時，其涵蓋之頻段與 TX 測站相同。

在時段分析中，TX 測站在 20:00-04:00 時段在低頻段處(200Hz 以下)是為最安靜之時段，而在 12:00-16:00 則是最吵之時段；嘉義布袋 BD 測站則在 04:00-12:00 則是最安靜時段，在 16:00~20:00 為最吵之時段，TX 與 BD 兩者最大差異皆約為 10dB。而在生物噪音頻段上之噪音，TX 測站之聲壓位準也較 BD 測站來得來得高，尤其是在 20:00-00:00 時段。

在事件的分析上，由於因去年度以人工辨識方式分辨事件是較耗時卻耗工，而今年度針對事件的主要頻段分析，以取得初步結果並且亦針對該海域建立事件資料庫，然而在某些事件分辨上仍然出現誤報，此部分則須依靠人工辨認方式將其修正。

最後將 102 年度(WS、CH 測站)以及 103 年度(TX、BD 測站)長時間海洋環境噪音比較，發現今年度執行計畫之測站，其長時間海洋環境噪音聲壓位準較去年來得高。由此可見淺海之海洋環境噪音之變動與地域性人為活動、生物活動有著密切關係。量測得知之水下背景噪音提供鯨豚保育及環境評估，探討鯨豚數量會否因為聲境改變而減少或增多，以此為提供環境改變前的對照資料。

## 五、參考文獻

- 陳琪芳、魏瑞昌、周蓮香、湛翔智、吳誌豪、劉建明、林子皓。(2010)。利用聲學方式監測海洋環境與中華白海豚生態。行政院農委會林務局委託研究計劃。202 頁。
- 魏瑞昌、郭連翰(2013)「中華白海豚棲地夏季環境噪音之統計分析」，第十五屆水下技術研討會暨國科會成果發表會論文集，第 149-154 頁。
- 周蓮香、陳琪芳，行政院農業委員會林務局委託研究計劃系列102林發-07.2-保-17，「中華白海豚族群生態與棲地環境噪音監測」，國立台灣大學生態學與演化生物學研究所，中華民國103年。(技術報告編號：NTU-UAL PTR 2014-01)
- 涂章、魏瑞昌。(2004)。被動聲學定位法應用於石首魚之沿海棲地調查，國立中山大學海下技術研究所碩士論文。
- Wenz, G.M. (1962) "Acoustic Ambient Noise in the Ocean: Spectra and Source," The Journal of the Acoustical Society of America, 34, 12, pp. 1936-1956.
- 周蓮香、陳琪芳，行政院農業委員會林務局委託研究計劃系列 102 林發-07.2-保-17，「中華白海豚族群生態與棲地環境噪音監測」，國立台灣大學生態學與

## 六、附錄

### 聲音強度度量-分貝(dB)

聲波經過介質時，對介質之擾動大小在不同的狀況下有很大的差別。如下圖在不同的所示，各種不同情況在聲壓(pascal)是以 10 為基地的指數函數呈現，顧使用分貝表示聲音強度(decibel, dB)。

因此，若以方均根聲壓為參數，則 dB 定義：

$$\text{SPL} = 10 \log(p_{\text{rms}}^2 / p_{\text{ref}}^2), \text{ dB} // p_{\text{ref}}$$

以//表示“參考於”之意，其最重要的目的選定一方便且具物理含意的參考聲壓，SPL(sound pressure level)為聲壓位準。在空氣中， $p_{\text{ref}}$  定義為  $20 \mu\text{Pa}$  而水中則為  $1 \mu\text{Pa}$ ，水中聲壓與空氣聲壓相差 26dB。



表一、佈放點位與時間表

| 佈放點位 | TX                          | BD                          |
|------|-----------------------------|-----------------------------|
| 經緯度  | 120°39.538'E<br>24°29.807'N | 120°06.985'E<br>23°22.534'N |
| 佈放日期 | 8/07                        | 9/12                        |
| 回收日期 | 8/22                        | 9/27                        |
| 佈放日期 | 8/22                        | 9/27                        |
| 回收日期 | 9/07                        | 10/15                       |



表二、水下監測系統規格表

| 名稱     | 規格                                        | 設定  |
|--------|-------------------------------------------|-----|
| 儀器外部尺寸 | 直徑 16.5 公分，高 79.4 公分，約 9.5Kg              |     |
| 電池組    | 4 號電池 x32 顆，每四顆一組。                        |     |
| 聲道     | 支援 1, 2 (channel)                         | 單聲道 |
| 最高取樣頻率 | 44.1kHz(TX&BD)                            |     |
| 資料儲存方式 | 記憶卡:<br>128GB SDXC x4 共 512GB<br>16bit 儲存 |     |
| 儀器紀錄週期 | (TX&BD)每小時整點開始紀錄，每次錄製 59 分鐘，停止一分鐘切割檔案     |     |
| 最大工作深度 |                                           |     |
| 麥克風靈敏度 | -164 dB re 1 $\mu$ Pa                     |     |
| 增益     | +0 dB                                     |     |
| 檔案格式   | Wav 檔                                     |     |

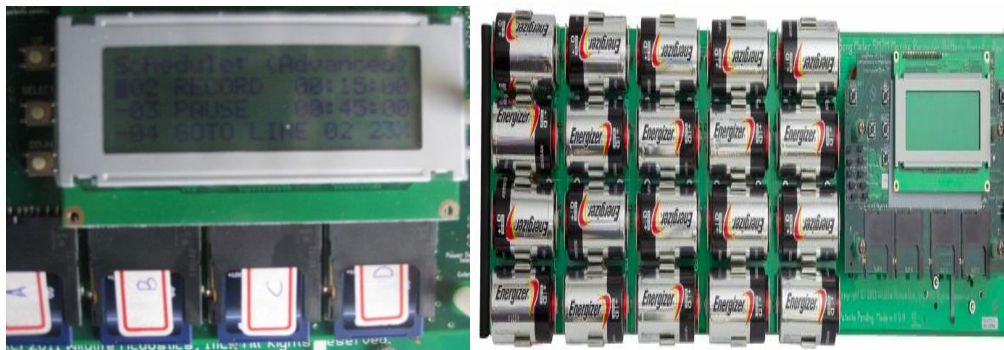




圖 1、苗栗通宵海洋環境噪音測站



圖 2、嘉義布袋海洋環境噪音測站

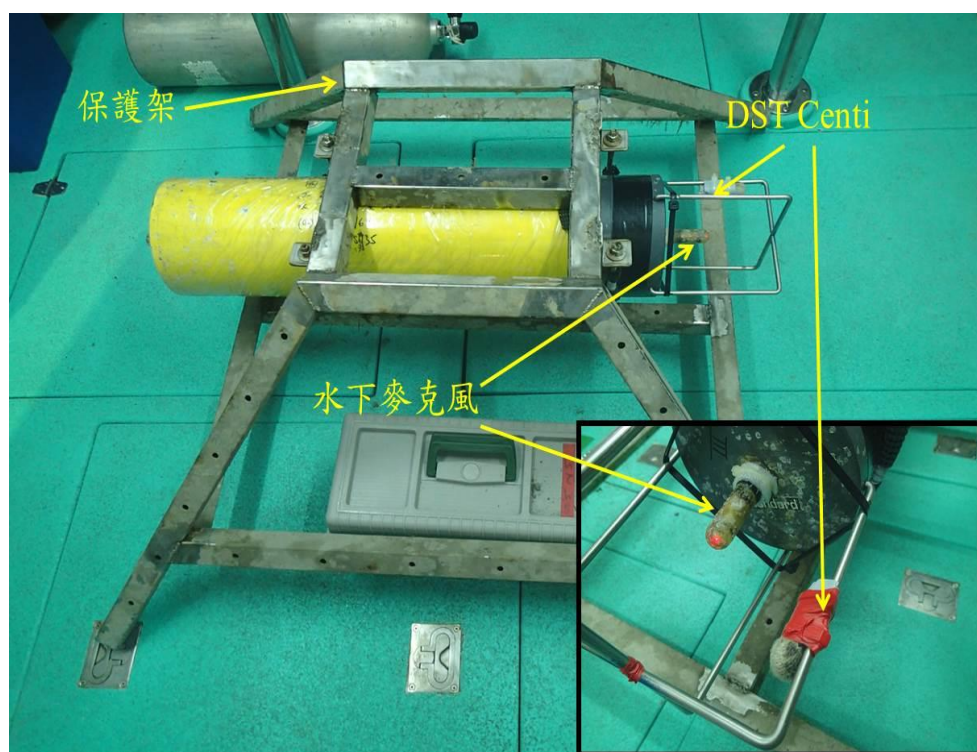


圖 3、儀器保護架外觀、錄音系統

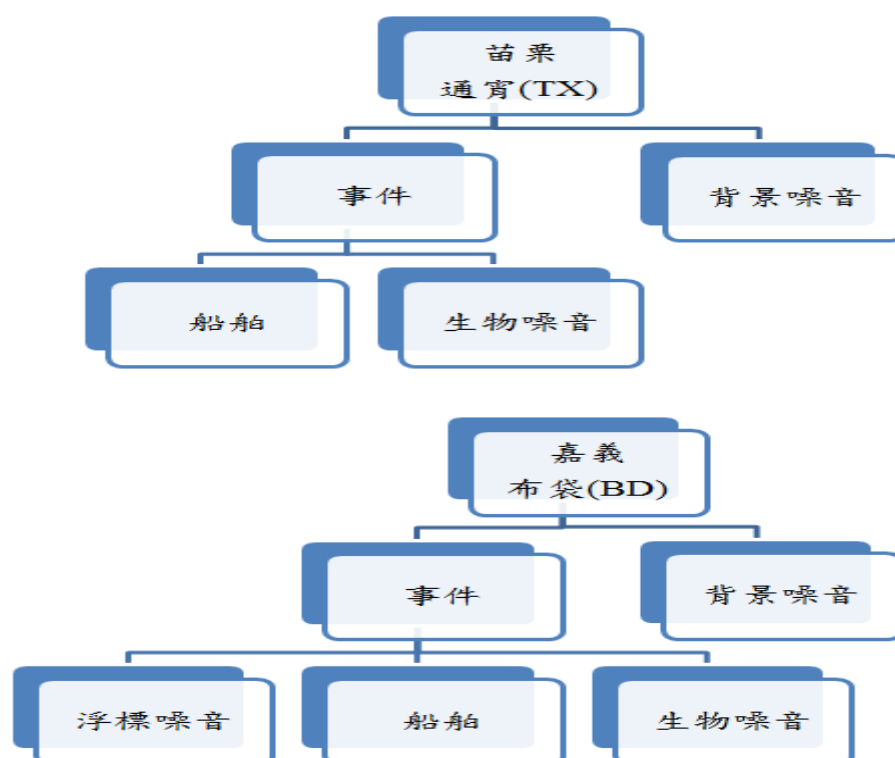


圖 4、苗栗測站與布袋測站事件分類圖



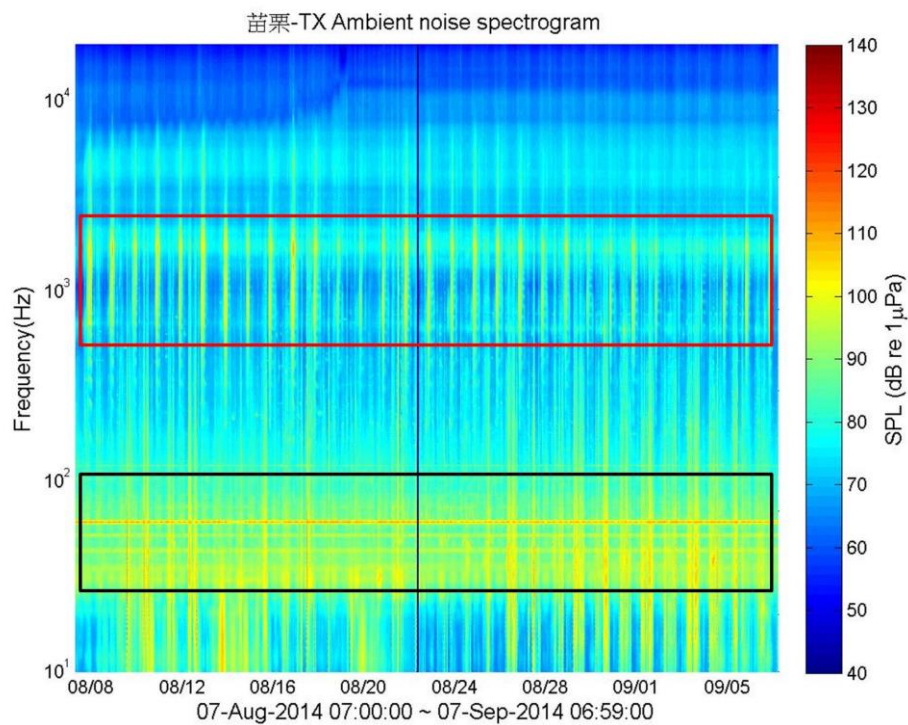


圖 5、TX 測站 8/7 至 9/7 之時頻譜圖

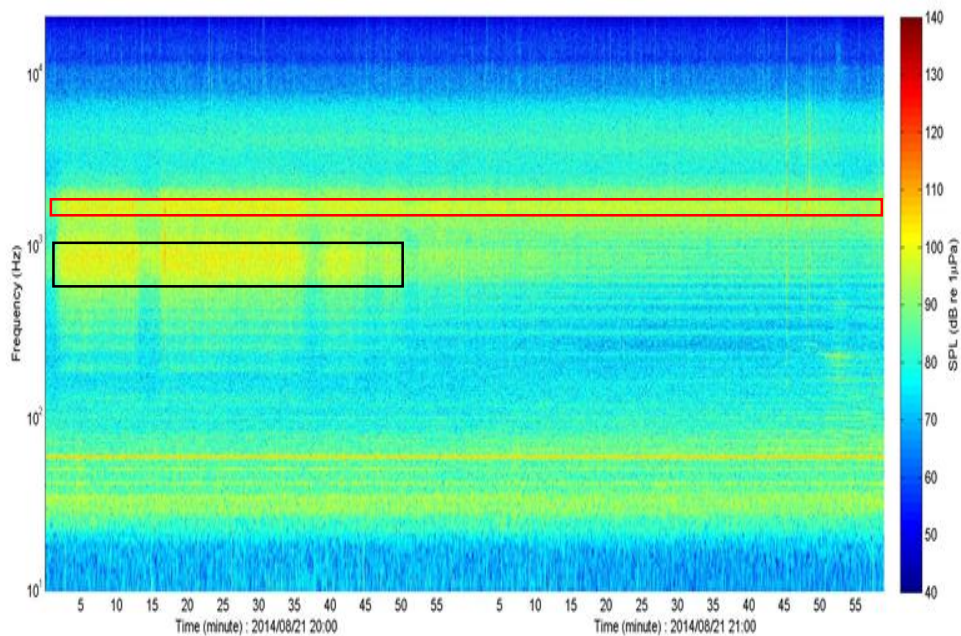


圖 6、擷取自 TX 測站 8/21 號夜間 20:00~21:00 片段資料，從此圖中可發現此地的生物噪音由兩大物種組成，分別為 600-900Hz(黑寬處)物種一以及 1.7kHz-1.9kHz(紅寬處)物種二生物噪音

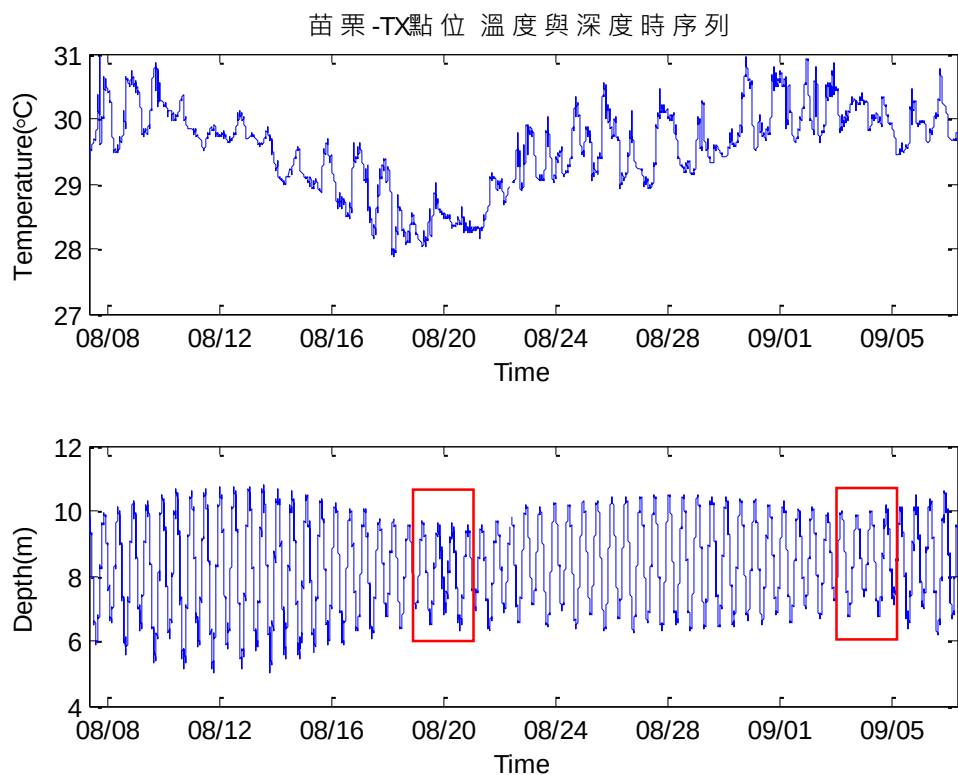


圖 7、TX 點位溫度、深度時序列資料

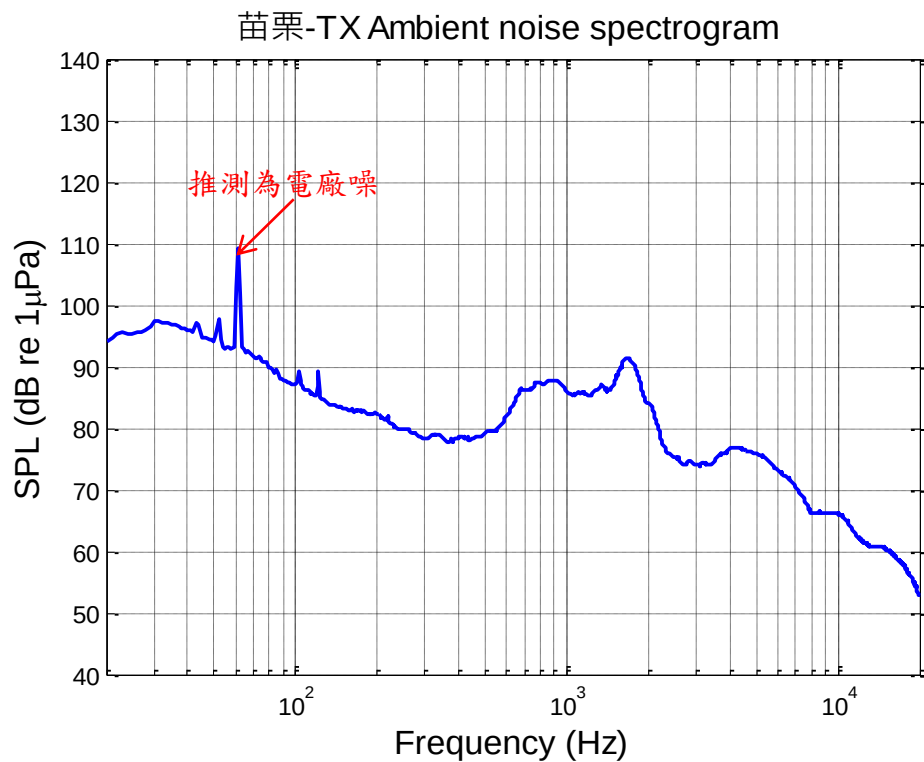


圖 8、TX 測站 8/7 至 9/7 之頻譜圖(1Hz Band)

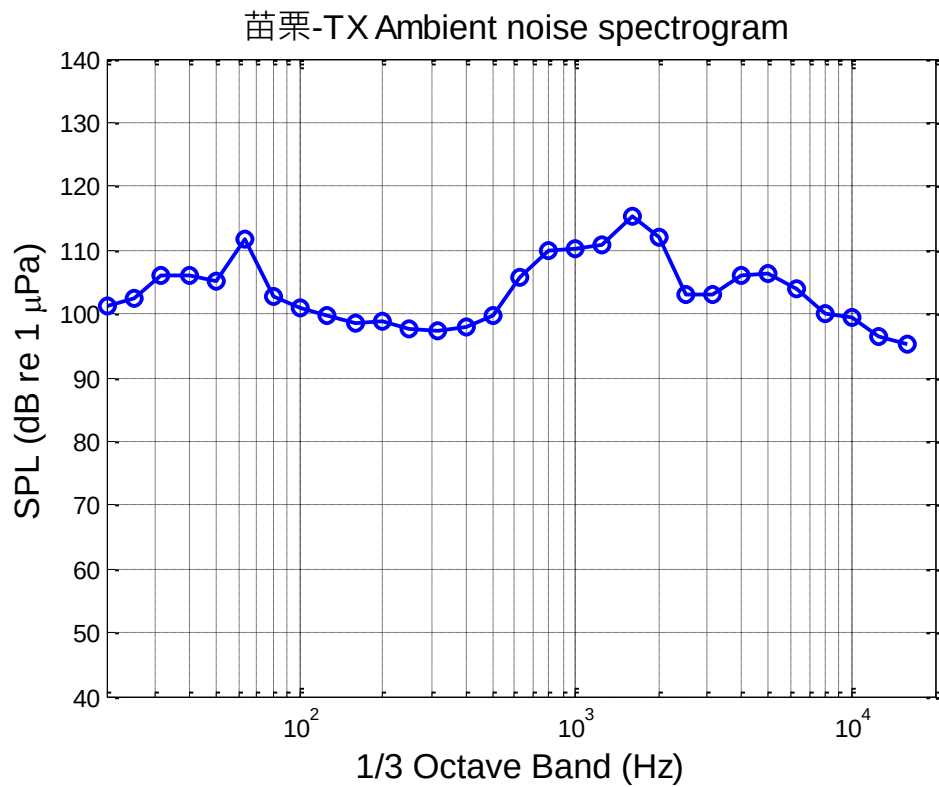


圖 9、TX 測站 8/7 至 9/7 之頻譜圖(One-third Octave Band)

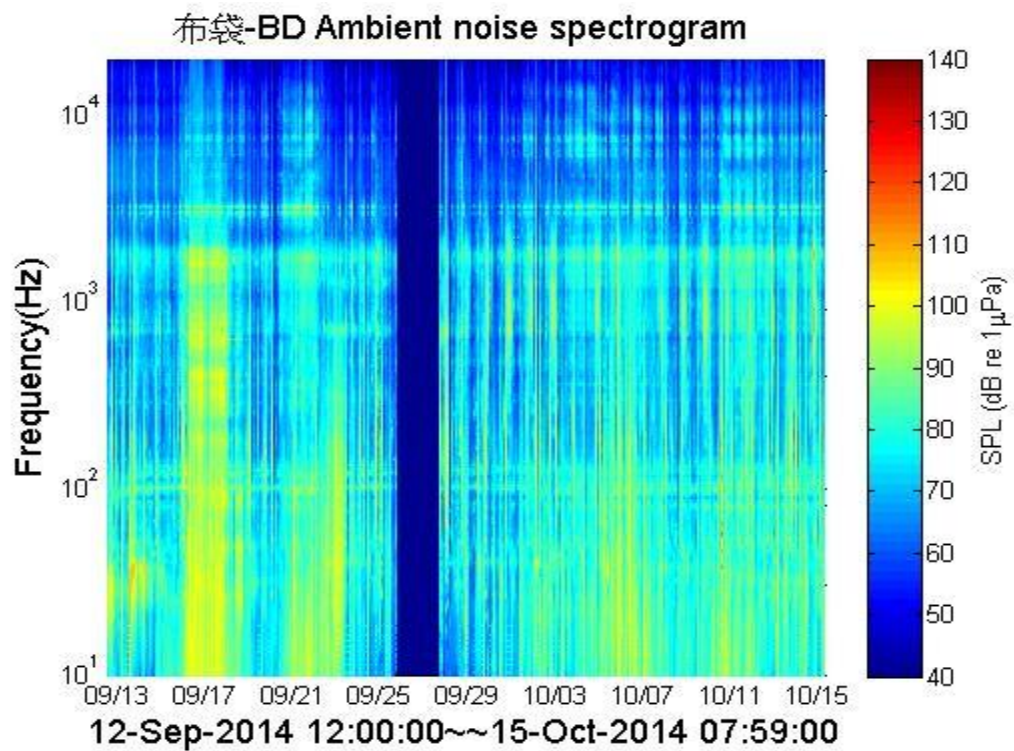


圖 10、BD 測站 9/12 至 10/15 之時頻譜圖(圖中藍色部分為沒有資料部分)

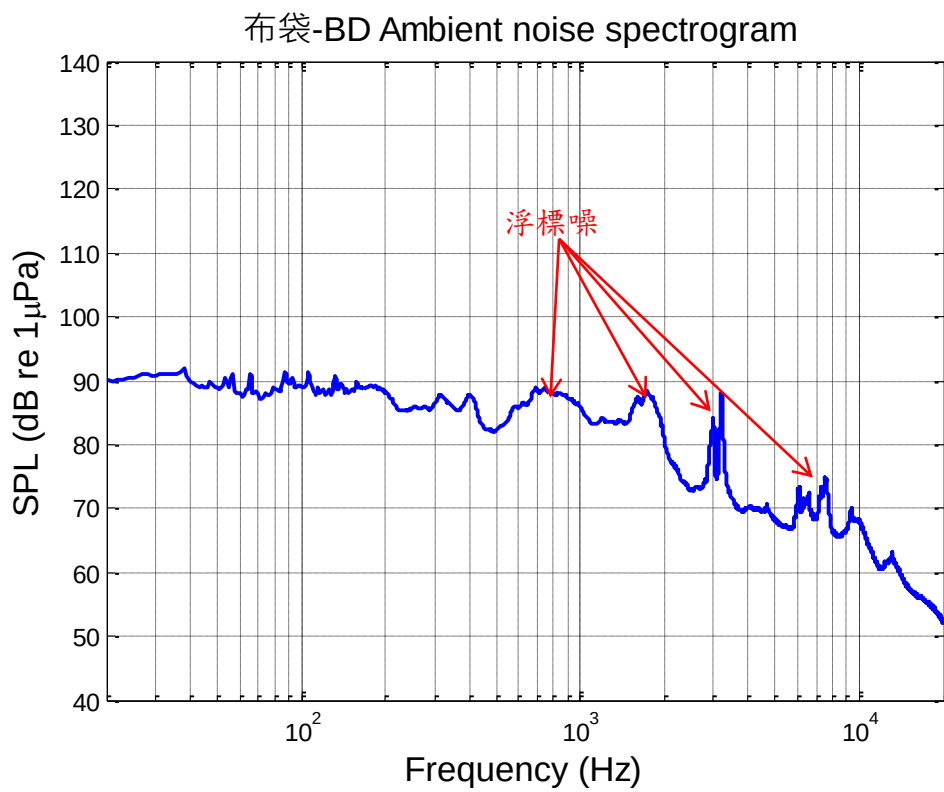


圖 11、BD 測站 9/12 至 10/15 之頻譜圖(1Hz Band)

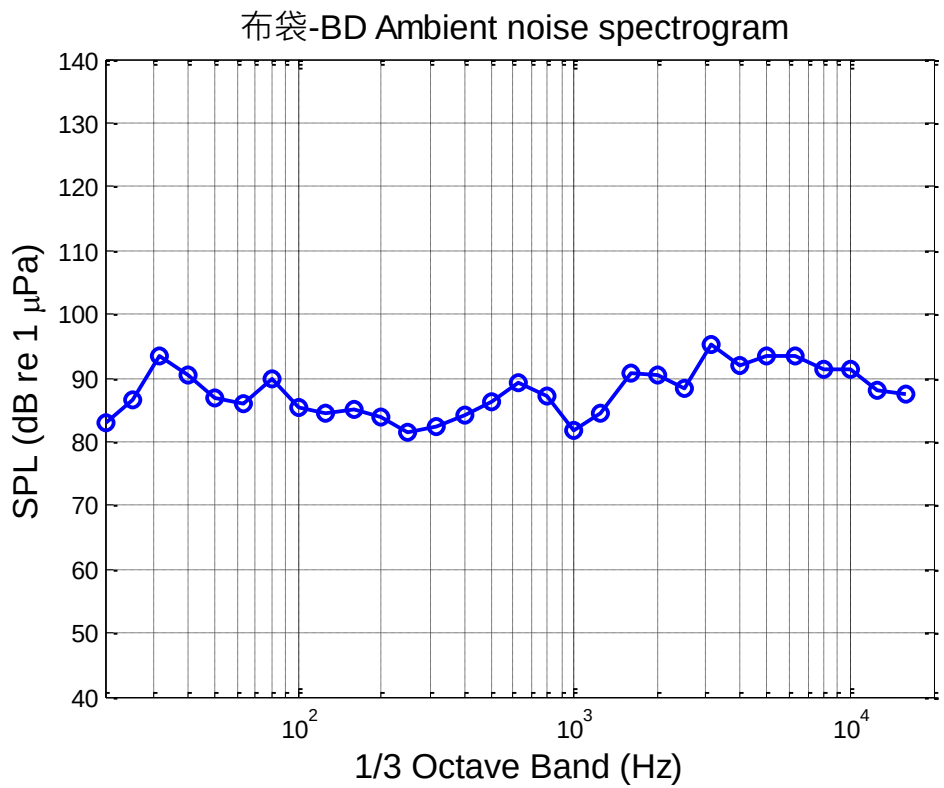


圖 12、BD 測站 9/12 至 10/15 之頻譜圖(One-third Octave Band)

2013及2014年度測站頻譜圖

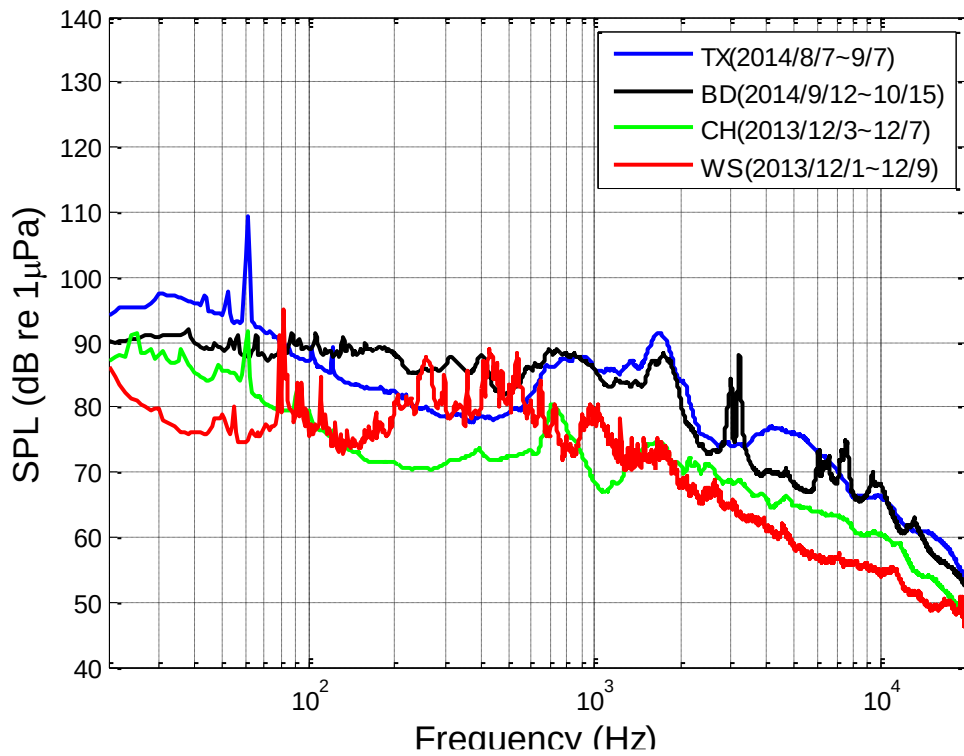


圖 13、2013 年度以及 2014 年度長時間環境噪音監測頻譜

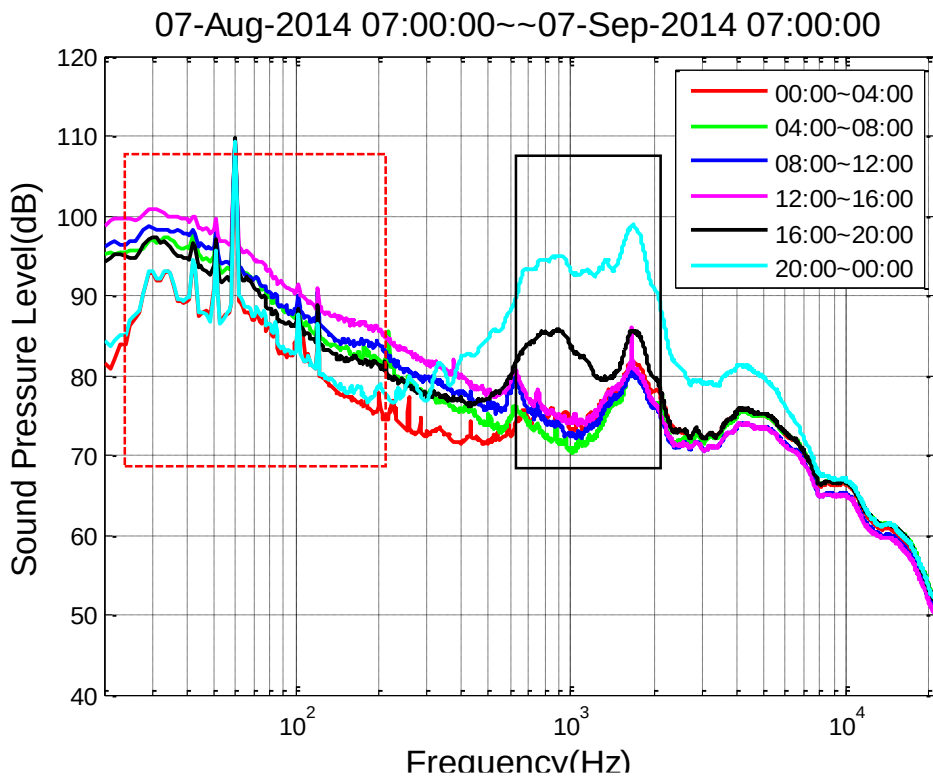


圖 14、TX 測站 8/7 至 9/7 之各時段之頻譜圖



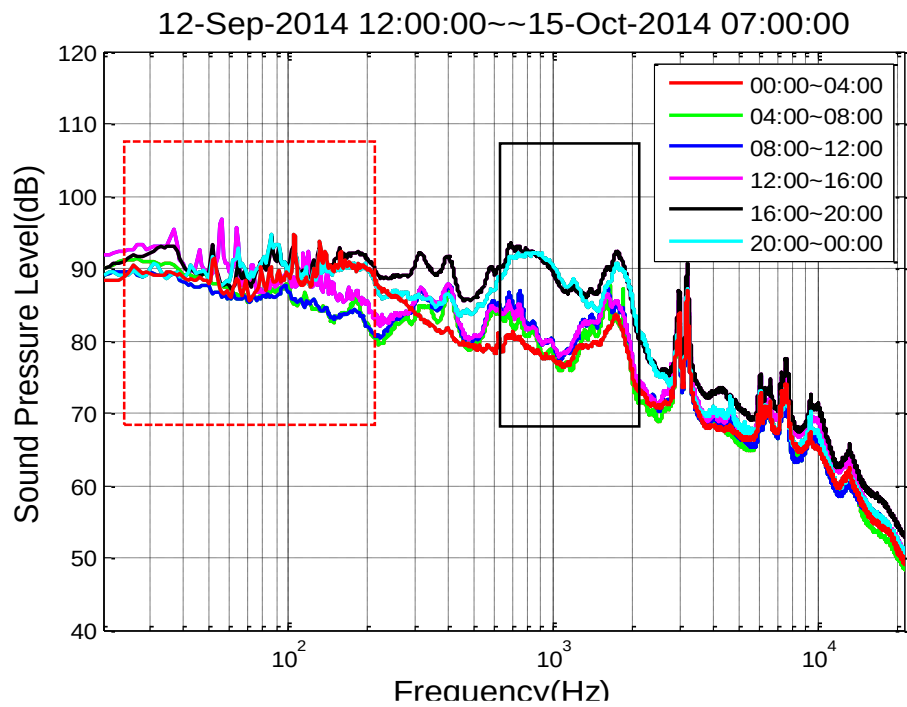


圖 15、 BD 測站 9/12 至 10/15 之各時段之頻譜圖

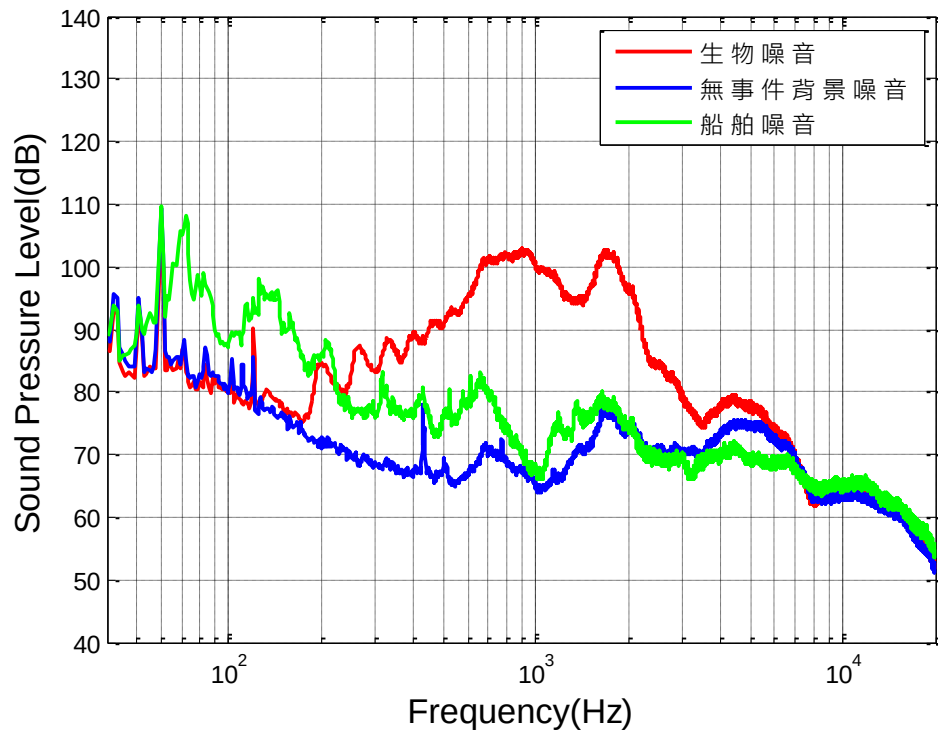


圖 16、生物噪音頻譜與無事件海洋環境噪音頻譜

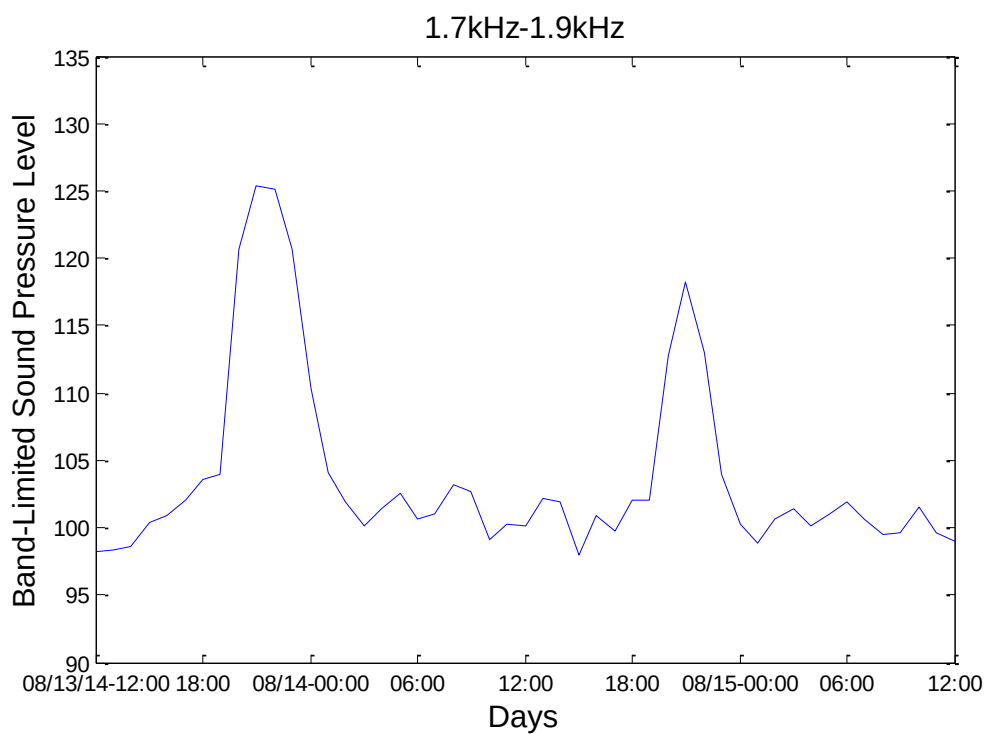
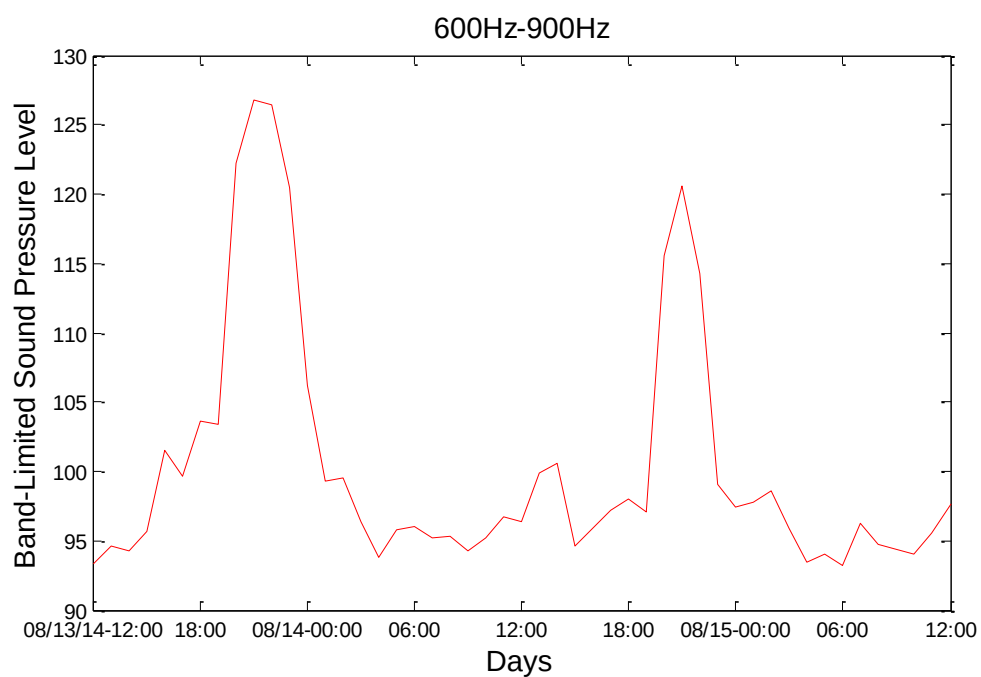


圖 17、TX 測站生物噪音，上圖為 600Hz-900Hz（紅色線條）物種一，下圖為 1.7kHz-1.9kHz（藍色線條）物種二在時間上有非常明顯之週期變化

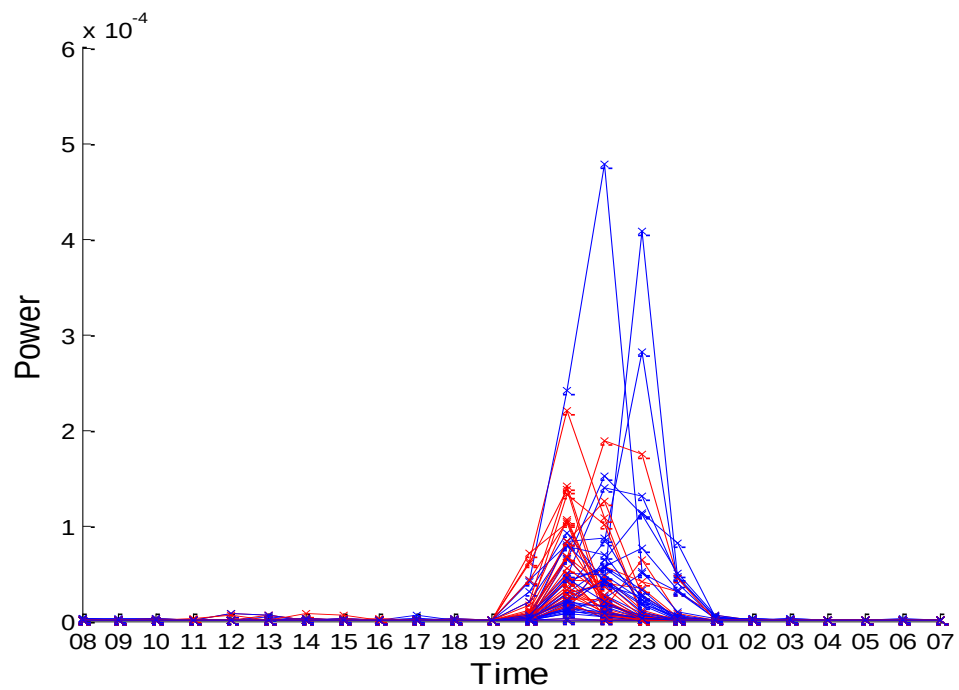


圖 18、將所蒐集資料以同一時間軸做圖，TX 測站生物噪音 600Hz-900Hz(紅色線條)物種一以及 1.7kHz-1.9kHz (藍色線條)物種二在同一時間上變化，然而牠們鳴叫週期仍然有些差異。

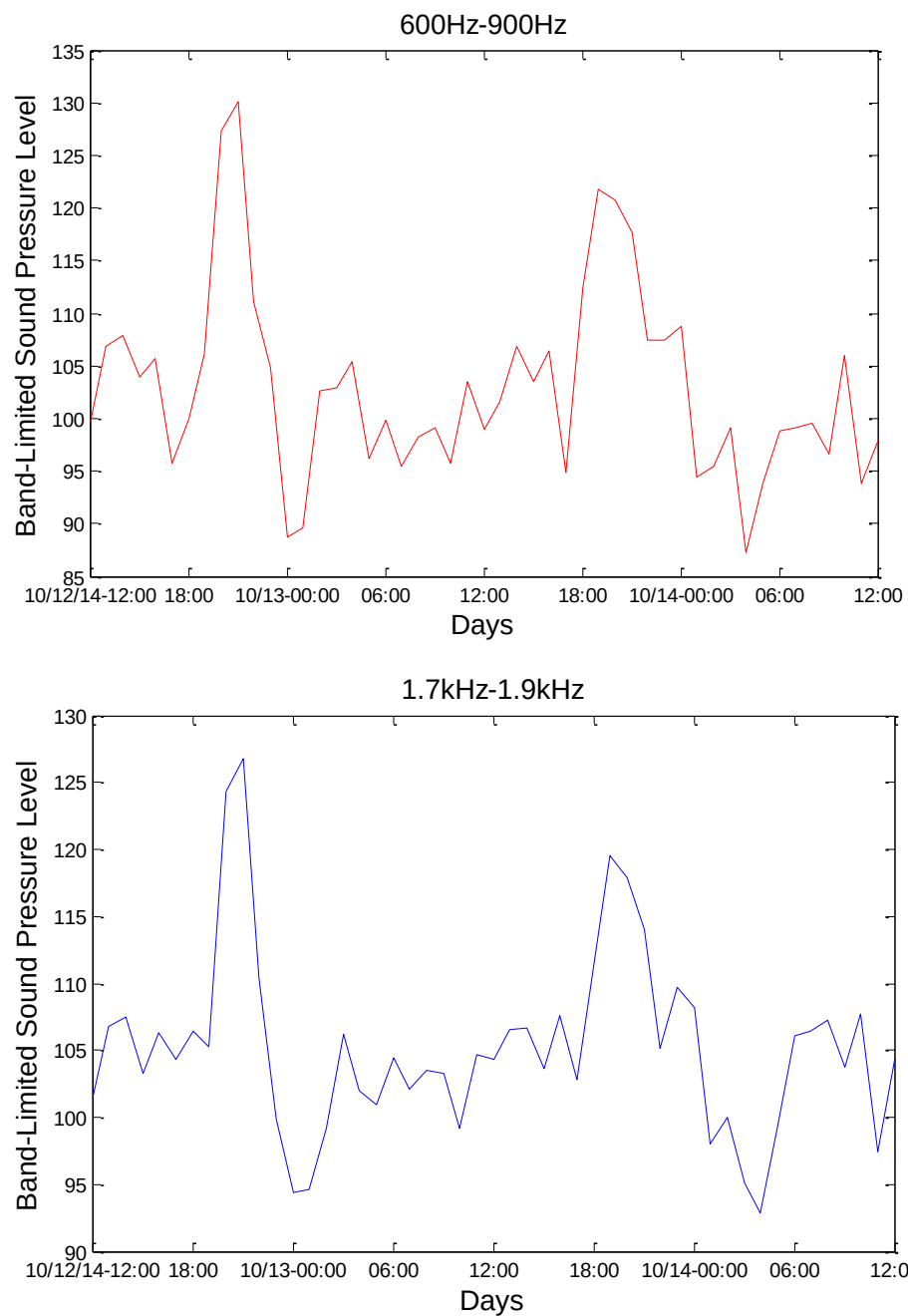


圖 19、BD 測站生物噪音，上圖為 600Hz-900Hz（紅色線條）物種一，下圖為 1.7kHz-1.9kHz（藍色線條）物種二在時間上有非常明顯之週期變化

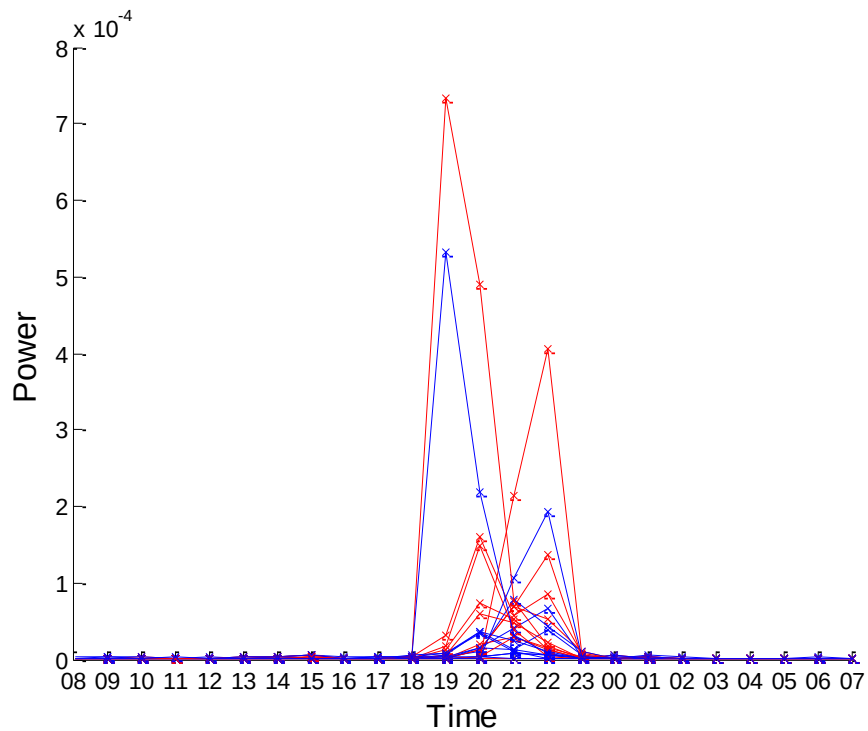


圖 20、將所蒐集資料以同一時間軸做圖，BD 測站生物噪音 600Hz-900Hz(紅色線條)物種一以及 1.7kHz-1.9kHz (藍色線條)物種二在同一時間上變化，出現時間也較不一致

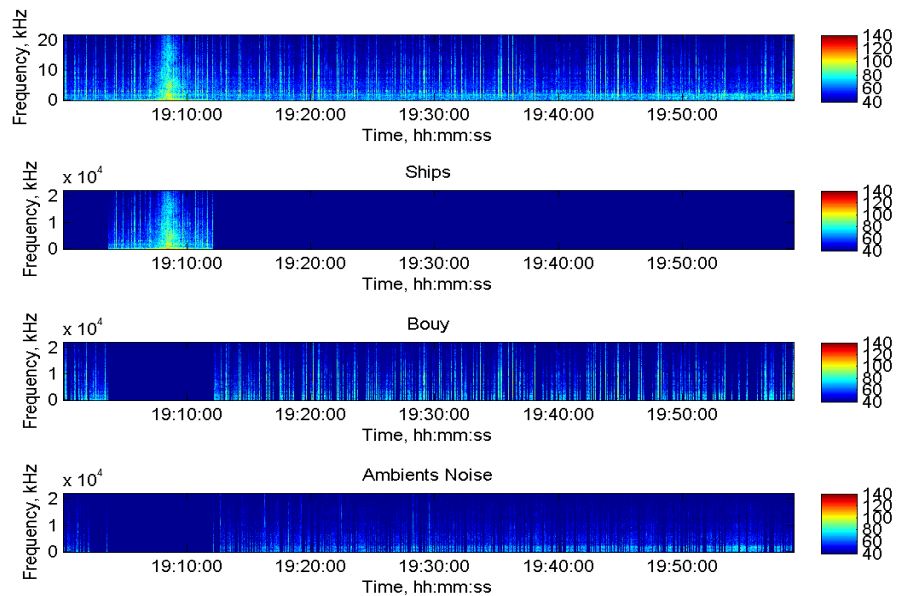


圖 21、BD 測站自動化事件偵測結果，由上而下依序分別為原始資料、船舶事件、浮標噪音、以及海洋環境噪音

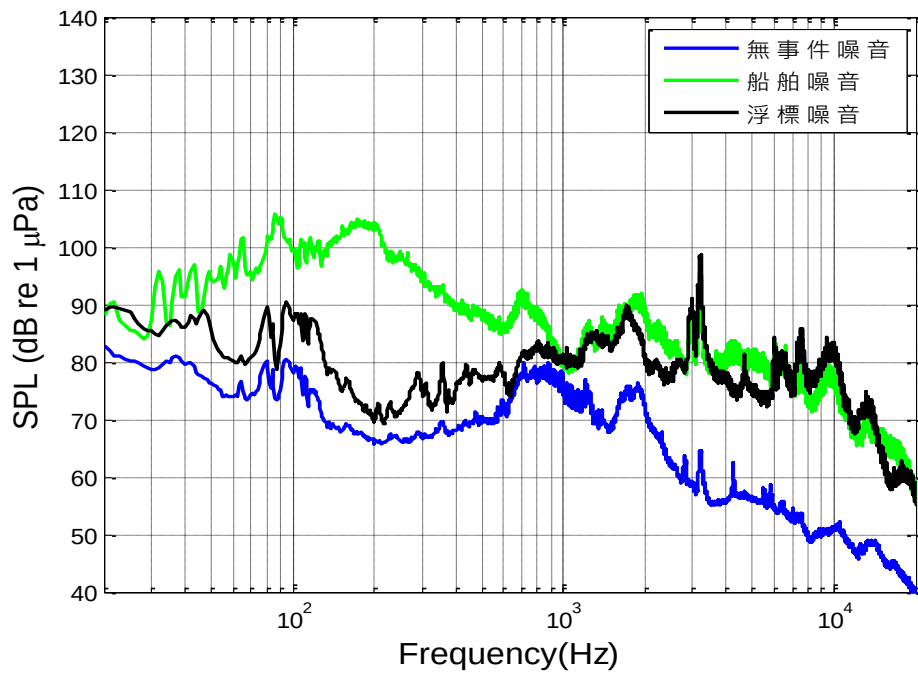


圖 22、由圖 21 將各事件分離後之頻譜。

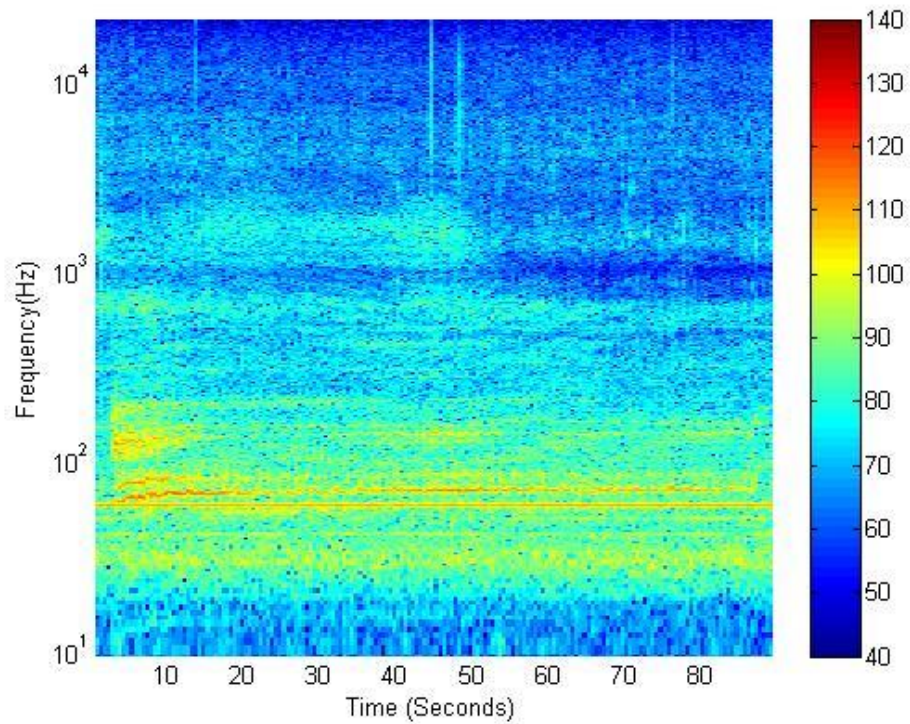


圖 23、TX 測站較常出現之船舶噪音之時頻譜圖



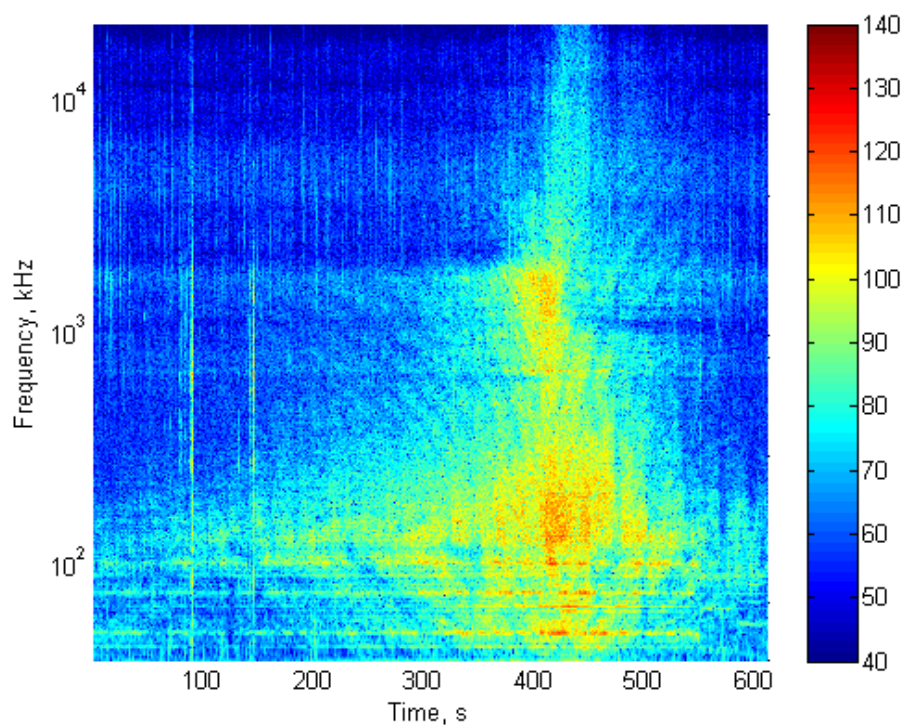


圖 24、BD 測站較常出現之船舶噪音之時頻譜圖

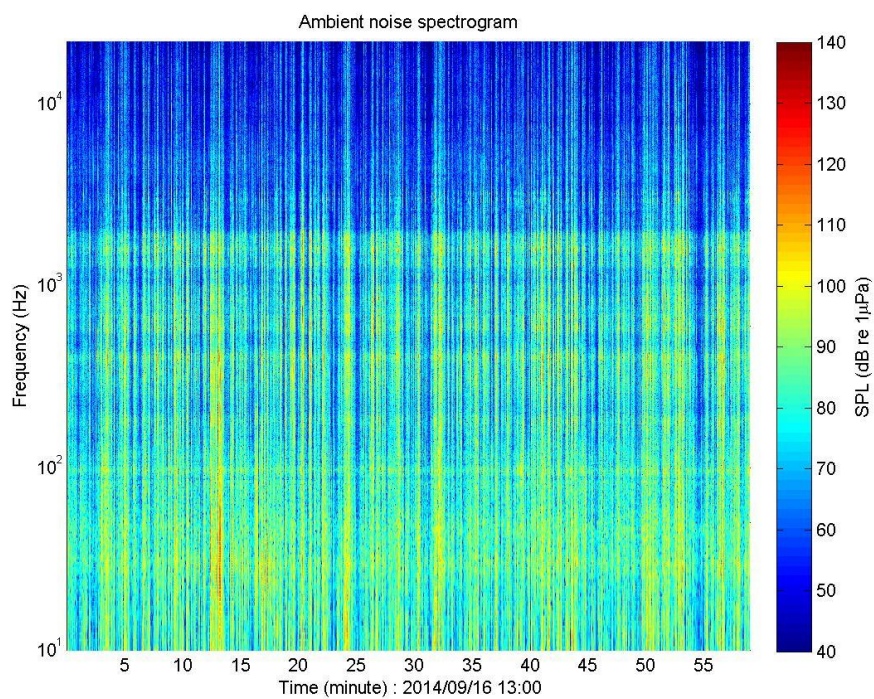


圖 25、BD 測站浮標噪音之時頻譜圖



## 第伍章、中華白海豚海上調查工作坊成果報告

### 一、海上調查工作坊

#### (一) 活動目的

本團隊自 2006 年起，已承接林務局及其他單位委託計畫執行中華白海豚野外生態監測達八年之久。整合多年來，與各界專業人才的參與和互動經驗，本團隊有感經驗和技術傳承，對長期觀測與保育中華白海豚之必要性和迫切性，以及方便將來各地團隊進行調查後整合資料。從 2013 年起，本團隊建立 SOP 工作手冊(附錄一)，並於海上調查活動開始前，舉辦海上調查實習工作坊，廣邀各地類似背景的學者和社會人士參與，進行經驗的傳授與交流。學員反映良好踴躍，故本團隊延續去年架構，於 103 年度再次舉辦，並略縮減學員數目，以求更高師生比，有效率的精緻教學。

#### (二) 活動內容：

1. 工作坊學員數：40 人
2. 活動海報：



### 3. 活動議程

| 時間            | 內容                 | 主講人            |
|---------------|--------------------|----------------|
| 09:30 - 09:50 | 報 到                |                |
| 09:50 - 10:00 | 開幕致詞               | 周蓮香教授          |
| 10:00 - 11:00 | 中華白海豚簡介            | 林子皓博士          |
| 11:00 - 11:20 | 休息                 |                |
| 11:20 - 12:00 | 中華白海豚海上調查          | 林圻鴻            |
| 12:00 - 13:30 | 午餐與紀錄片播放           |                |
| 13:30 - 14:30 | 中華白海豚個體辨識          | 侯雯             |
| 14:30 - 14:40 | 休息                 |                |
| 14:40 - 16:00 | 中華白海豚個體辨識實作&海上調查演練 | 余欣怡&林子皓&林圻鴻&侯雯 |
| 16:00-16:10   | 休息                 |                |
| 16:10-17:00   | 綜合討論               | 林圻鴻            |

### (三) 活動照片



## 二、海上調查實習

### (一) 活動內容

1. 活動日期：2014 年 05 月 25 日
2. 活動地點：宜蘭烏石港外海
3. 指導單位：行政院農委會林務局
4. 主辦單位：國立台灣大學生態學與演化生物學研究所
5. 協辦單位：中華鯨豚協會
6. 參與學員與工作人員：31 人

### (二) 實習內容

體驗真實的工作環境，讓學員們對課堂傳授的知識，有更具體的了解和應用：包括如何在海上環境觀察，學習填寫環境因子紀錄表及海豚目擊紀錄表，以及在船上搖晃的環境操作各種海上調查的儀器與設備(如:照相機、攝影機、望遠鏡、測距儀、濁度計及鹽溫儀。)

### (三) 活動照片：



### 三、學員意見調查統計

本次工作坊圓滿完成，學員反應熱烈。對第一天整體課程、課程內容與時間安排皆有超過 70% 的滿意度(圖 1)。對於時間安排，部分學員建議提早以避開期末考，然因天候海況在五月中後才趨穩定，與海上調查六月即進入高峰期，本團隊已向學員們解釋工作坊應於此時辦理完畢的原因。學員於第二天海上實習後，也能了解海況之於調查的重要性，體諒課程規劃上的受限。總體而言，本次工作坊成功將白海豚不同面向的經驗與技術傳承 (如:海上調查方法、個體辨識和實作、和白海豚現況生態)。並有超過 90% 的學員願意加入觀測與保育中華白海豚

的行列，協助團隊未來進行調查後整合資料。顯示本工作坊對於西海岸白海豚的重要性，建議明年仍應編列充足的預算，繼續施行。

#### **四、人員海上調查排班表**

為方便學員即時更新可供排班的時間，本年度首次使用 Google 線上表單，彙整所有學員的可排班時間，供海上調查團隊與學員間的聯繫和行程安排。成效良好，每個月至少 8 位、至多 19 位參與排班，在六至九月期間超過 70% 的本年度學員踴躍填表。表一到表四為六到九月的排班表。

表一. 六月份排班表

| 姓名    | 星期日      | 星期一      | 星期二      | 星期三      | 星期四      | 星期五      | 星期六      | 星期日      | 星期一      | 星期二       | 星期三       | 星期四       | 星期五       | 星期六       | 星期日       |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|       | 2014/6/1 | 2014/6/2 | 2014/6/3 | 2014/6/4 | 2014/6/5 | 2014/6/6 | 2014/6/7 | 2014/6/8 | 2014/6/9 | 2014/6/10 | 2014/6/11 | 2014/6/12 | 2014/6/13 | 2014/6/14 | 2014/6/15 |
| 1 蔡O澄 | O        |          |          |          |          |          |          | O        |          |           |           |           |           | O         |           |
| 2 江O玉 |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |
| 3 王O儼 | O        | O        |          |          | O        | O        | O        | O        | O        |           |           | O         | O         | O         | O         |
| 4 王O珍 |          |          |          |          |          |          |          | O        |          |           |           |           |           |           | O         |
| 5 李O綦 |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |
| 6 黃O堯 |          |          |          |          |          | O        | O        | O        |          |           |           |           | O         | O         | O         |
| 7 利O達 |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |
| 8 吳O昕 |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |

| 姓名    | 星期一       | 星期二       | 星期三       | 星期四       | 星期五       | 星期六       | 星期日       | 星期一       | 星期二       | 星期三       | 星期四       | 星期五       | 星期六       | 星期日       | 星期一       | 星期一       |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|       | 2014/6/16 | 2014/6/17 | 2014/6/18 | 2014/6/19 | 2014/6/20 | 2014/6/21 | 2014/6/22 | 2014/6/23 | 2014/6/24 | 2014/6/25 | 2014/6/26 | 2014/6/27 | 2014/6/28 | 2014/6/29 | 2014/6/30 | 2014/6/30 |
| 1 蔡O澄 |           |           |           |           |           | O         | O         |           |           |           |           |           | O         | O         |           |           |
| 2 江O玉 |           |           |           |           |           | O         | O         |           |           |           |           |           | O         | O         |           |           |
| 3 王O儼 | O         |           |           | O         | O         | O         | O         | O         |           |           | O         | O         | O         | O         | O         | O         |
| 4 王O珍 |           |           |           |           |           | O         |           |           |           |           |           |           |           | O         |           |           |
| 5 李O綦 |           |           |           |           |           | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         |
| 6 黃O堯 |           |           |           |           | O         | O         | O         |           |           |           |           | O         | O         | O         |           |           |
| 7 利O達 |           |           | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         |           |
| 8 吳O昕 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | O         | O         | O         | O         |

表二. 七月份排班表

| 姓名     | 星期二      | 星期三      | 星期四      | 星期五      | 星期六      | 星期日      | 星期一      | 星期二      | 星期三      | 星期四       | 星期五       | 星期六       | 星期日       | 星期一       | 星期二       |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|        | 2014/7/1 | 2014/7/2 | 2014/7/3 | 2014/7/4 | 2014/7/5 | 2014/7/6 | 2014/7/7 | 2014/7/8 | 2014/7/9 | 2014/7/10 | 2014/7/11 | 2014/7/12 | 2014/7/13 | 2014/7/14 | 2014/7/15 |
| 1 鄭O婷  |          |          |          |          | O        | O        |          |          |          |           |           | O         | O         |           |           |
| 2 蔡O澄  |          |          |          |          | O        | O        |          |          |          |           |           | O         | O         |           |           |
| 3 吳O琦  | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O         | O         | O         | O         | O         | O         |
| 4 江O玉  |          |          |          |          | O        | O        |          |          |          |           |           | O         | O         |           |           |
| 5 楊O彥  | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O         | O         | O         | O         | O         | O         |
| 6 李O遠  | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O         | O         | O         | O         | O         | O         |
| 7 王O儼  |          |          | O        | O        | O        | O        | O        |          |          | O         | O         | O         | O         | O         |           |
| 8 王O珍  |          |          |          |          | O        | O        |          |          |          |           |           | O         | O         |           |           |
| 9 李O綦  | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O         | O         | O         | O         | O         | O         |
| 10 黃O堯 |          |          |          | O        | O        | O        |          |          |          |           | O         | O         | O         |           |           |
| 11 林O軒 |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |
| 12 吳O涓 | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O         | O         | O         | O         | O         | O         |
| 13 鍾O婷 |          |          |          |          | O        | O        |          |          |          |           |           | O         | O         |           |           |
| 14 李O鑫 |          |          |          |          | O        | O        |          |          |          |           |           | O         | O         |           |           |
| 15 侯O慧 |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |
| 16 林O源 | O        | O        | O        |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |
| 17 吳O昕 | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O         | O         | O         | O         | O         | O         |
| 18 張O芯 | O        | O        | O        | O        |          |          | O        | O        | O        | O         | O         |           |           | O         | O         |
| 19 利O達 | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O        | O         | O         | O         | O         | O         | O         |

| 姓名     | 星期三       | 星期四       | 星期五       | 星期六       | 星期日       | 星期一       | 星期二       | 星期三       | 星期四       | 星期五       | 星期六       | 星期日       | 星期一       | 星期二       | 星期三       | 星期四       |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|        | 2014/7/16 | 2014/7/17 | 2014/7/18 | 2014/7/19 | 2014/7/20 | 2014/7/21 | 2014/7/22 | 2014/7/23 | 2014/7/24 | 2014/7/25 | 2014/7/26 | 2014/7/27 | 2014/7/28 | 2014/7/29 | 2014/7/30 | 2014/7/31 |
| 1 鄭O婷  |           |           |           | O         | O         |           |           |           |           |           | O         | O         |           |           |           |           |
| 2 蔡O澄  |           |           |           | O         | O         |           |           |           |           |           | O         | O         |           |           |           |           |
| 3 吳O琦  | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         |
| 4 江O玉  |           |           |           | O         | O         |           |           |           |           |           | O         | O         |           |           |           |           |
| 5 楊O彥  | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         |
| 6 李O遠  | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         |
| 7 王O儼  |           | O         | O         | O         | O         | O         |           | O         | O         | O         | O         | O         | O         |           | O         | O         |
| 8 王O珍  |           |           |           | O         | O         |           |           |           |           |           | O         | O         |           |           |           |           |
| 9 李O綦  | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         |
| 10 黃O堯 |           |           | O         | O         | O         |           |           |           |           | O         | O         | O         |           |           |           |           |
| 11 林O軒 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 12 吳O涓 | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         |
| 13 鍾O婷 |           |           |           | O         | O         |           |           |           |           |           | O         | O         |           |           |           |           |
| 14 李O鑫 |           |           |           | O         | O         |           |           |           |           |           | O         | O         |           |           |           |           |
| 15 侯O慧 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 16 林O源 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 17 吳O昕 | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         |
| 18 張O芯 | O         | O         | O         |           |           | O         | O         | O         | O         | O         |           |           | O         | O         | O         | O         |
| 19 利O達 | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         | O         |



表三. 八月份排班表

|    | 姓名  | 星期五<br>2014/8/1 | 星期六<br>2014/8/2 | 星期日<br>2014/8/3 | 星期一<br>2014/8/4 | 星期二<br>2014/8/5 | 星期三<br>2014/8/6 | 星期四<br>2014/8/7 | 星期五<br>2014/8/8 | 星期六<br>2014/8/9 | 星期日<br>2014/8/10 | 星期一<br>2014/8/11 | 星期二<br>2014/8/12 | 星期三<br>2014/8/13 | 星期四<br>2014/8/14 | 星期五<br>2014/8/15 |
|----|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1  | 鄭O婷 |                 | ○               | ○               |                 |                 |                 |                 |                 | ○               | ○                |                  |                  |                  |                  |                  |
| 2  | 鄭O玲 |                 | ○               | ○               |                 |                 |                 |                 |                 | ○               | ○                |                  |                  |                  |                  |                  |
| 3  | 蔡O澄 |                 | ○               | ○               |                 |                 |                 |                 |                 | ○               | ○                |                  |                  |                  |                  |                  |
| 4  | 吳O琦 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 5  | 楊O彥 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 6  | 李O遠 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 7  | 王O農 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 8  | 王O珍 |                 | ○               | ○               |                 |                 |                 |                 |                 | ○               | ○                |                  |                  |                  |                  |                  |
| 9  | 李O蔡 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 10 | 黃O堯 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 11 | 林O軒 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 12 | 鍾O婷 |                 | ○               | ○               |                 |                 |                 |                 |                 | ○               | ○                |                  |                  |                  |                  |                  |
| 13 | 侯O慈 |                 | ○               | ○               |                 |                 |                 |                 |                 | ○               | ○                |                  |                  |                  |                  |                  |
| 14 | 林O源 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 15 | 吳O昕 | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                |
| 16 | 利O達 | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                |

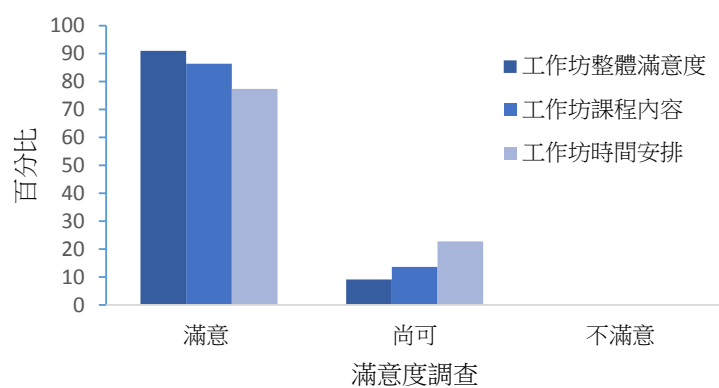
|    | 姓名  | 星期六<br>2014/8/16 | 星期日<br>2014/8/17 | 星期一<br>2014/8/18 | 星期二<br>2014/8/19 | 星期三<br>2014/8/20 | 星期四<br>2014/8/21 | 星期五<br>2014/8/22 | 星期六<br>2014/8/23 | 星期日<br>2014/8/24 | 星期一<br>2014/8/25 | 星期二<br>2014/8/26 | 星期三<br>2014/8/27 | 星期四<br>2014/8/28 | 星期五<br>2014/8/29 | 星期六<br>2014/8/30 | 星期日<br>2014/8/31 |
|----|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1  | 鄭O婷 | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |
| 2  | 鄭O玲 | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |
| 3  | 蔡O澄 | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |
| 4  | 吳O琦 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 5  | 楊O彥 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 6  | 李O遠 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 7  | 王O農 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 8  | 王O珍 | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |
| 9  | 李O蔡 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 10 | 黃O堯 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 11 | 林O軒 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 12 | 鍾O婷 | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |
| 13 | 侯O慈 | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |
| 14 | 林O源 |                  |                  |                  | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                |
| 15 | 吳O昕 | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                |
| 16 | 利O達 | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                |

表四. 九月份排班表

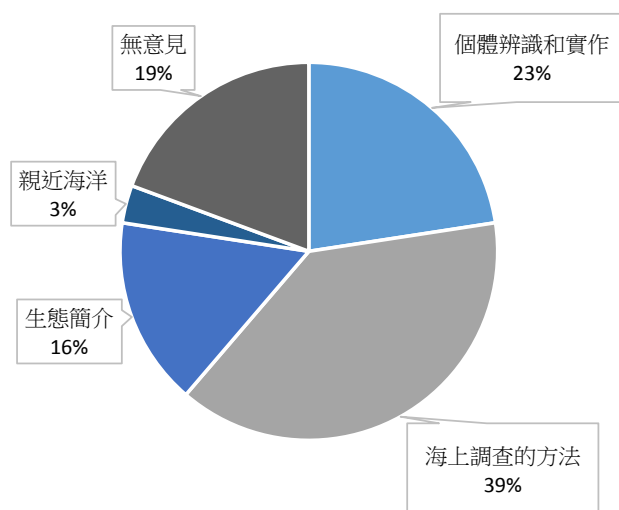
|    | 姓名  | 星期一<br>2014/9/1 | 星期二<br>2014/9/2 | 星期三<br>2014/9/3 | 星期四<br>2014/9/4 | 星期五<br>2014/9/5 | 星期六<br>2014/9/6 | 星期日<br>2014/9/7 | 星期一<br>2014/9/8 | 星期二<br>2014/9/9 | 星期三<br>2014/9/10 | 星期四<br>2014/9/11 | 星期五<br>2014/9/12 | 星期六<br>2014/9/13 | 星期日<br>2014/9/14 | 星期一<br>2014/9/15 |
|----|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1  | 鄭O玲 |                 |                 |                 |                 |                 | ○               | ○               |                 |                 |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |
| 2  | 蔡O澄 |                 |                 |                 |                 |                 | ○               | ○               |                 |                 |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |
| 3  | 楊O彥 | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                |
| 4  | 王O農 | ○               |                 |                 | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               |                 |                  | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                |
| 5  | 王O珍 |                 |                 |                 |                 |                 | ○               | ○               |                 |                 |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |
| 6  | 洪O德 |                 |                 |                 |                 |                 | ○               | ○               |                 |                 |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |
| 7  | 鍾O婷 |                 |                 |                 |                 |                 | ○               | ○               |                 |                 |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |
| 8  | 侯O慈 |                 |                 |                 |                 |                 | ○               | ○               |                 |                 |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |
| 9  | 林O源 | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○               | ○                | ○                |                  | ○                | ○                |                  |
| 10 | 吳O昕 |                 |                 |                 |                 |                 | ○               | ○               |                 |                 |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |

|    | 姓名  | 星期二<br>2014/9/16 | 星期三<br>2014/9/17 | 星期四<br>2014/9/18 | 星期五<br>2014/9/19 | 星期六<br>2014/9/20 | 星期日<br>2014/9/21 | 星期一<br>2014/9/22 | 星期二<br>2014/9/23 | 星期三<br>2014/9/24 | 星期四<br>2014/9/25 | 星期五<br>2014/9/26 | 星期六<br>2014/9/27 | 星期日<br>2014/9/28 | 星期一<br>2014/9/29 | 星期二<br>2014/9/30 |
|----|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1  | 鄭O玲 |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |
| 2  | 蔡O澄 |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |
| 3  | 楊O彥 | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                |
| 4  | 王O農 |                  |                  | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                |                  |                  | ○                | ○                | ○                | ○                | ○                |                  |
| 5  | 王O珍 |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |
| 6  | 洪O德 |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |
| 7  | 鍾O婷 |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |
| 8  | 侯O慈 |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |
| 9  | 林O源 |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |
| 10 | 吳O昕 |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |                  |                  |                  | ○                | ○                |                  |                  |

(A)



(B)



(C)

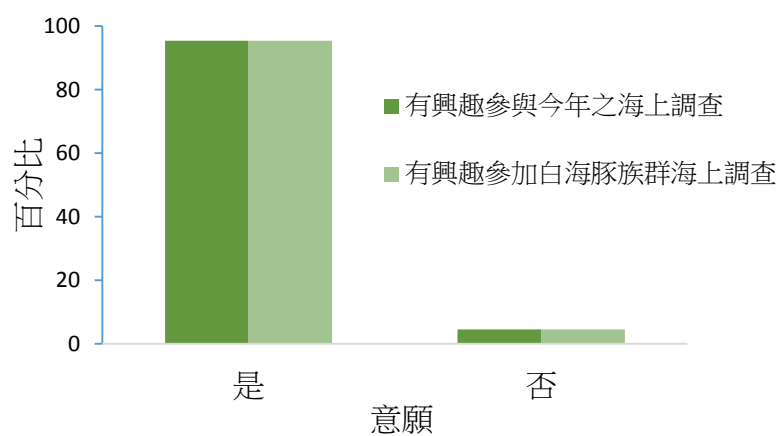


圖 1. 白海豚工作坊學員調查表統計表：(A)意見回饋表，(B)學員對工作坊課程安排的滿意度，(C)學員參與海上調查的比例。

# 附錄一

-海上調查 SOP 手冊-

# 附錄一、海上調查 SOP 手冊

## 一、前言

中華白海豚 (*Sousa chinensis*) 在外型上，因其背鰭下方及後緣稍微呈駝峰形狀，因此英文俗名為 Indo-Pacific hump-backed dolphin (印太洋駝海豚)。此種海豚分布於華南長江以南沿岸地區，經印度半島到東非沿岸 (Jefferson and Karczmarski 2001)，特殊的是分佈於東南亞海域的族群在生活史中會有體色變化，幼年時期體色呈灰色貌似瓶鼻海豚，長大後體色逐漸轉淡，青少年時期身體出現斑點，成體的斑點逐漸減少消失，且體色因皮下微血管而呈現白裡透紅之粉紅色 (Jefferson 2000；孟凡信等 2005)。

中華白海豚 (*Sousa chinensis*) 主要生活在沿岸、水淺的海域，出現的水深通常不超過 20 公尺 (Hung & Jefferson 2004; Karczmarski *et al.* 2000)，而這些地方正是人類活動非常頻繁的水域，很容易面臨環境污染、棲地破壞及漁業活動等威脅，因此目前該種（臺灣族群除外）被國際自然保護聯盟 (IUCN) 列為接近威脅 (Near Threatened, NT) 等級 (Reeves *et al.* 2008)。然而，中華白海豚的臺灣族群所受的威脅更嚴重 (Ross *et al.* 2010)，根據過去研究，初步估算該族群已剩不到 200 隻 (Wang *et al.* 2004；2007)，周蓮香團隊用標記-再捕捉法估計族群數量平均僅約 75-80 隻 (余欣怡等 2010)，另外 Wang 等人的研究，也運用此方法估算出族群數量為 54-78 隻 (Wang *et al.* 2012)。IUCN (國際自然保護聯盟) 已於 2008 年 8 月 29 日將臺灣的中華白海豚族群列為瀕臨危險 (Critically Endangered, CR) 等級 (Reeves *et al.* 2008)，其位階僅次於滅絕 (Extinct, EX) 與野外滅絕 (Extinct in the Wild, EW)，因此未來在西部沿海的各項開發案與離岸建設需要更嚴格評估對該族群的衝擊。

目前對台灣西岸的中華白海豚所知甚少，透過海上調查方式能夠更為深入了解中華白海豚的族群數量、密度、豐度與行為等資訊。也能夠了解漁業發展、沿海開發案與離岸建設等對於臺灣近岸生態系如鯨豚、魚類等影響程度。此手冊敘述海上調查觀測海豚的主要方法與資料分析方向，並提供詳細操作模式，讓有興趣者初步的了解，實際情形仍需配合目的所需做調整。期望從不同的調查團隊所增加的資料量，建立長期監測的模式，並藉由這些長期監測樣區的累積資料，進一步的了解中華白海豚的生態與習性，以達到保育的最終目標。

## 二、監測調查方法

中華白海豚在臺灣西岸沿海地區，棲息於離岸距離 3 海浬以內、水深 30 公尺以內之海域，多發現於離岸 1 海浬內、水深淺於 10 米之海域。目前調查的方式有海上調查與陸地觀測。陸地觀測是在海岸線一定點做觀測，雖然白海豚棲息範圍靠近海岸線，但仍會有出現在離岸 1 海浬外的可能性 (如河口海域)。雖然陸地觀測花費較低，但西岸適合進行陸地觀測之地點不多、且觀測距離有其極限。海上調查則需乘坐船隻，在可目視觀察之天候狀況下才能進行有效之觀察。但海上調查能夠透過穿越線調查估計族群密度及豐度，且能近距離觀察海豚個體與行為，獲得更多的資訊。現階段台

灣西海岸的中華白海豚監測以海上調查為主要方法，以下為海上調查之詳細操作方式。

## **(一) 監測調查規劃**

在調查中華白海豚之前首要任務為規劃調查的區域、調查方式、航線設計與調查頻度等。惟有審慎的先行評估才能有效率的進行調查並節省經費，針對整個調查的先行工作說明如下：

### **1. 樣區規劃**

中華白海豚並非均勻的分布在台灣西岸沿海，因此可根據目的及需求調整調查航線之範圍，以在有限的經費下完成監測目標。中華白海豚在臺灣西海岸棲息範圍雖然相當廣泛，但其主要的海域根據過去的調查可區分為兩個高密度熱點。所以在進行中華白海豚長期族群監測之調查樣區時，可以中華白海豚棲息熱區作為優先選擇。而棲息熱區北區範圍為苗栗白沙屯（緯度 24 度 34 分）至彰化崙尾水道（緯度 24 度 04 分）；南熱區範圍為雲林麥寮港南堤（緯度 23 度 47 分至雲林外傘西岸（23 度 26 分）。如調查目的是針對中華白海豚的整體棲地利用或其季節性活動，調查樣區則可根據林務局目前所規劃之“中華白海豚野生動物重要棲息環境草案”來規劃。目前的重要棲息環境草案北至苗栗竹南（24 度 44.5 分），南至雲林外傘頂洲西側（23 度 26 分），如圖一所示。但要注意的是，過去研究顯示中華白海豚也會出現在嘉義海域，在規劃樣區時也可將嘉義海域納入。

### **2. 航線規劃**

航線規劃則可區分為垂直海岸線、平行穿越線、Z 字型穿越線。不同的航線規劃各有其優缺點，在劃設之前需縝密的評估研究目的與海域地形等因素，規劃出最適合之航線方法。

#### **(1) 垂直海岸線：**

乃以海岸線為基礎，垂直畫出航線。其優點為最為符合穿越線的假說，並提供精確的密度估算。但是缺點是航線與航線間有相當長的非努力量航程，耗費時間與油資，因此海豚行為、個體照片資料的蒐集上可能較平行海岸線少。在臺灣地區的白海豚棲地中以金門海域較適合使用。

#### **(2) 平行海岸線：**

平行海岸線方向進行調查，與臺灣西海岸的中華白海豚移動路徑相似，因此目擊率以航線設定之水深為主要影響因子，需特別注意調查航線水深範圍。平行海岸線由於航線之間較少非努力量航程，能夠節省較多的時間與經費，而在淺水域的平行海岸穿越線調查會有較高的目擊率，故能提供更多的海豚觀測資料，也能夠進一步以照片標記與再捕捉法估算整個臺灣西海岸中華白海豚的族群豐度。但缺點即在利用穿越線調查之密度估算上會有所偏差，需精準估計調查人員之可視範圍，以避免高估其族群密度。適合用於調查中華白海豚棲息的熱區以增加目擊量，再佐以大量的照片來估算族群豐度。

### (3) Z 字型穿越線:

為垂直海岸線的變型，優點是可省去轉換航線的無效努力航程，使監測方法較符合穿越線調查之假說，利於族群密度之估計。然而若劃設的航線水深範圍涵蓋較廣，仍然會有較多的時間在目擊機率較低的海域，對於蒐集海豚行為、照片等資料上可能較平行海岸線少。此三種不同的航線規劃例子如圖二，可根據不同的目的，選擇最有效的方式進行調查。

|         | 穿越線理論 | 非努力航程多寡 | 區域密度估算 | 照片標記再捕捉 |
|---------|-------|---------|--------|---------|
| 垂直海岸線   | O     | 多       | O      | Δ       |
| 平行海岸線   | X     | 少       | Δ      | O       |
| Z 字型海岸線 | Δ     | 少       | O      | Δ       |

### 3. 調查頻度

目前對臺灣西海岸中華白海豚的調查皆以區域性的調查為主，主要為觀察豚的移動軌跡、習性、活動行為、棲地利用與族群密度。由於中華白海豚的數量相當稀少，在調查的頻度上建議以目擊到 20 群次的中華白海豚較佳。而目擊率在各個海域皆有不同，建議先行評估該區域的目擊率後，再探討應進行多少趟次的調查。

## 三、 海上調查行前準備工作

### (一) 觀測之天氣 (預報浪況、海面風力)

海上調查的首要注意事項即為天候狀況，不適合的風浪不僅侷限調查人員的可視範圍，也增加觀測的危險性。所以行前的天候判斷也將決定調查結果的品質，需要十分注意。而由於天氣預報的精確度在以往經驗為兩日內最有參考價值。建議參考出海前兩日之中央氣象局天氣預報中漁業氣象的臺灣近海以及數值預報中的波浪模式，以浪級為小浪，風力為 4 至 5 陣風 7 級，為較適合調查之天氣。

另外在中央氣象局的網站上，可找到"一周天氣預報、即時海況"等其他資料，以及日本氣象廳所發布的波浪預報，皆可輔助做為判斷能否出海的依據。

### (二) 確定船長與船隻狀況 (航線，工作時間，內容)

調查工作所執行的航線內容、工作時間，除了需要配合日出日落的時間，亦須要憑藉著船長長年開船的經驗才能安全且順利的完成。故在發現有合適調查之天氣後，則須再次與船長聯繫，確認能做調查的時間。由於臺灣西岸多為潮汐港口，若是從潮汐港出發，則進出港時間需需在滿潮前後 3 小時之內。

### **(三) 行政手續 (安全訓練，同意書，保險)**

#### **1. 安全訓練：**

目前漁業署規定租用漁船進行海上研究調查，需事先申請並接受研究作業人員安全實務訓練或檢附潛水執照、救生員執照。而租用娛樂漁船目前漁業署並未制訂相關管理規範。

#### **2. 同意書：**

租用漁船進行海上研究調查需有主管機關「漁業署」同意方可進行，娛樂漁船不受此限制，但仍需事先於海巡署網站中線上申辦申請出海公文(機關學校團體人民進出港口安全檢查報驗登記)。

#### **3. 保險：**

每次出海前，須幫所有海上調查成員進行投保手續，投保金額不得低於 100 萬元 (漁業署規定租用漁船規定之一)。

### **四、 海上調查時準備及注意事項**

#### **(一) 航行時與船長溝通航線規劃 (障礙物、沙洲、潮汐時間)**

在海上調查時由於航線可能經過沙洲、定置漁網、浮網或航線進入海岸線，此時需與船長溝通如何航行。碰到障礙物時，在可維持船隻航行安全的狀況下，盡可能以偏離航線最小範圍航行。而在水深過淺狀況下，在避免船隻擱淺的狀況下，以最接近航線沿著海岸航行。當目擊海豚時，由於需紀錄隻數、行為等，所費時間可能會拉長，在港口出入受潮汐限制的狀況下，斟酌追蹤海豚的時間與留意最晚能進港的時間。

#### **(二) 航行時確認無偏離航線與船速限制**

海上調查時，當無障礙物或近海岸線等無法航行的區域時，仍需不時注意是否航行於航線上。由於海豚的活動在正常狀況下，每 2-5 分鐘會出水換氣，因此若船速過快將可能增加遺漏目擊的機會，建議船速保持在 6-9 節 (海浬/小時) 以利觀察。

#### **(三) 海上調查工作及人力分配**

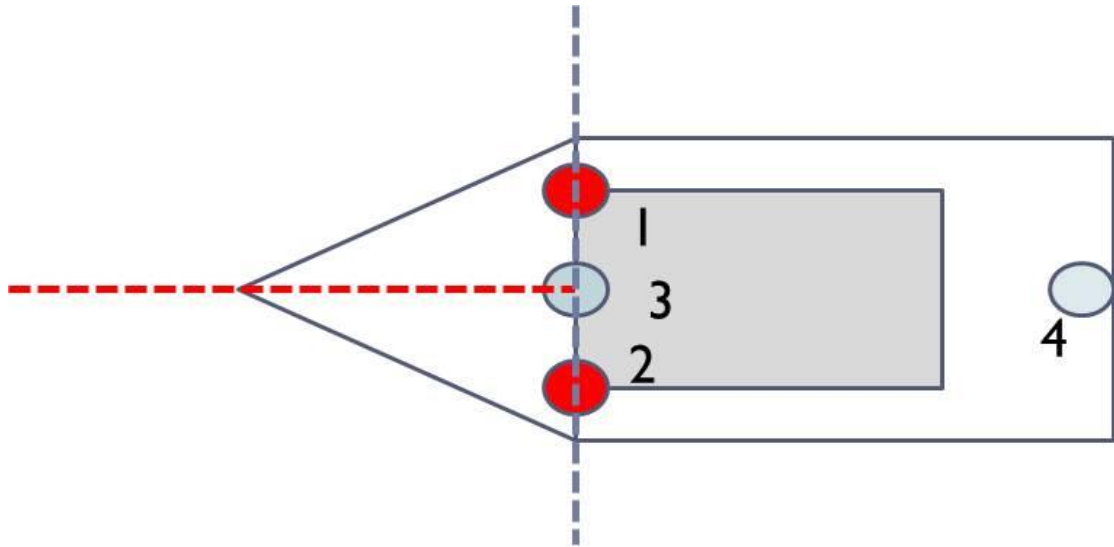
海上調查時可區分為搜尋海豚時與追蹤海豚時，兩種不同時期人力配置將有所不同。但是最基本的人員配置需要至少有 4 名工作人員才可能完成。以下將根據兩種不同情況分別舉列該情況所需人員。

##### **1. 搜尋海豚時：**

- (1) 在搜尋海豚時主要工作分為一般觀察員、獨立觀察員與量測環境因子人員。獨立觀察員與一般觀察員不同，為校正穿越線設立。當僅有獨立觀察員目擊到海豚時，紀錄當下的角度、離海豚距離，但需至海豚超越船隻中線，離開一般觀察員的觀測範圍再行通知其他人員進行海豚追蹤，以達到校正目擊率的目的。
- (2) 工作人員以最低限度四人為基礎，額外增加人員可依循此方法配置於觀測與休息或獨立出量測環境因子人員。



- (3) 觀察員①由一工作人員負責觀察船首至右 90 度。  
觀察員②由一工作人員負責觀察船首至左 90 度。  
獨立觀察員③由一工作人員負責觀察前方 180 度之海面。  
量測環境因子人員可由觀察員①或②負責，若有五位工作人員可獨立出一名負責。由於海上觀測受到海況及天氣影響，相當消耗體力，遂安排④為休息人員。
- (4) 輪值方式建議以 20 分鐘或 2 海浬為單位，依順序交換，交換方式可依當下情形調整。下圖為簡易示意圖，可視情況更變。



## 2. 追蹤海豚時:

在追蹤海豚時人員基礎配置可分為攝影人員、錄影 (音) 人員、行為紀錄員及環境因子測量員。因不同調查需要可增減其人員配置。

### (四) 海上調查紀錄表

海上調查紀錄盡量以簡要清楚為原則。以下列出必要的登記因子。範例如附表三。

1. 趟次資料：日期、地區、調查範圍、航線等資訊。
2. 事件代碼：起點、終點、採樣點、目擊點、接觸點、離開點、航線變化...等。
3. 航行資料：採樣點時間、GPS 點位。
4. 航程種類：努力航程與非努力航程 (On-effort、Off-effort)。
5. 環境因子資料：水深、鹽度、溫度、pH 值、濁度...等。

由於海上調查所費不貲，能夠紀錄的因子皆盡可能的紀錄作為後續分析的依據。以下為紀錄因子的詳細說明：

**(1) GPS 紀錄：**

GPS 是在海上能夠精確標定出確切位置的工具，功能必須包含紀錄點位、時間、方向、速度及紀錄軌跡。在測量環境因子時必須先以 GPS 標定之，再行量測。

**(2) 努力航程與非努力航程：**

在海上調查時，可能會由於相當多的因素（如漁網、陸地、貨輪...等），而無法照原規劃之航線航行。此時，必須將這段非於航線上的航程稱為非努力航程 (Off-effort)。在後續分析時，根據穿越線的理論，非努力航程所目擊的海豚並無法用於計算族群之密度及豐度。這段非努力航程可在調查當下即標示 GPS 點位，或在後續分析時取航行軌跡接近之位置。

**(3) 海上環境因子：**

主要包括深度、鹽度、酸鹼值、濁度及溫度，依據不同需求可有所增減（如：船隻活動、漁網、天氣、浪級、船速...等）。調查的重點除了能夠得知海水的資料外，盡可能將影響觀察的因素皆紀錄下來，以利後續分析時能有所依據。

**(五) 海上調查儀器**

海上調查所收集的環境因子需要儀器的輔助，以下為過去常用的儀器與使用方法，提供參考：

**1. 海上調查儀器組介紹**

- (1) 深度：船上配備之漁探機
- (2) 鹽度、溫度：YSI30 鹽溫儀
- (3) 酸鹼度 (pH 值)：YSI60 pH meter
- (4) 濁度：2100Q 濁度計

**2. 校正方式**

- (1) YSI30：導電度 12800 之校正液
- (2) YSI60：ph7&10 之 buffer
- (3) 2100Q：各種標準濁度罐

**3. 回測方式**

- (1) YSI30：導電度 12800 之校正液
- (2) YSI60：ph7 & 10 之 buffer
- (3) 2100Q：20NTU 濁度罐

**4. 使用方式**

舀取海水表面樣水後量測環境因子，獲得數據後以清水沖洗並擦拭乾淨，放至安全位置晾乾（注意：pH 儀電極探頭需保持濕潤）。

**5. 保養方式**

- (1) YSI30：纜繩電極探頭皆以清水沖洗後晾乾

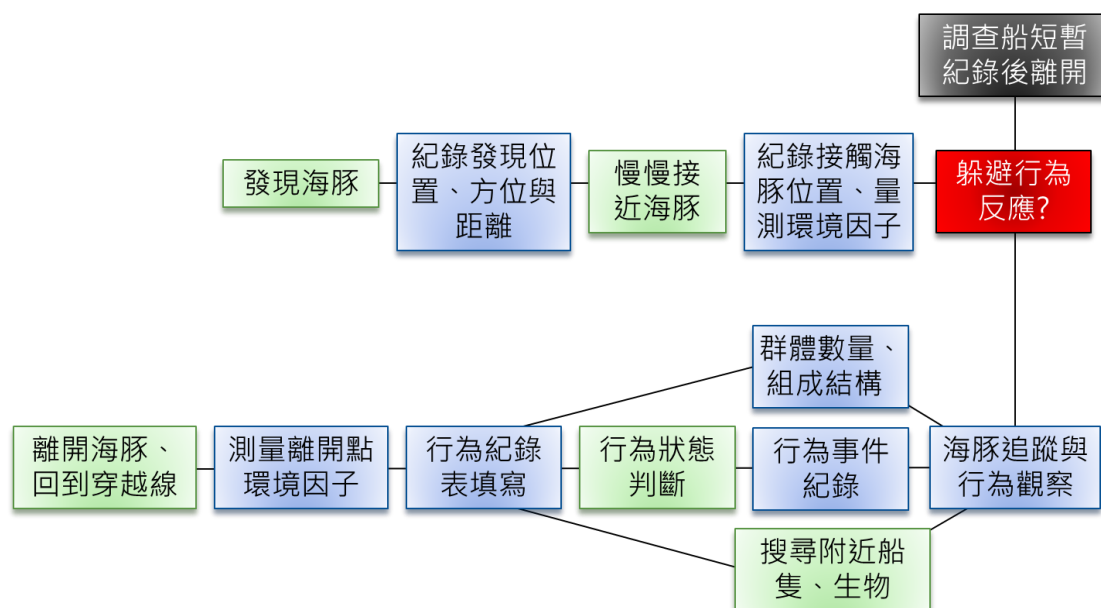
- (2) YSI60：同上，且電極需浸在酸性 buffer 中
- (3) 2100Q：以濕紙巾擦拭乾淨

## 6. 維修

送回儀器廠商檢測調校，如過於老舊可考慮更換電極探頭或纜線。

## (六) 鯨豚觀察（目擊紀錄）

### 1. 目擊海豚時的工作流程如下圖：



### 2. 紀錄表

在目擊海豚時需紀錄發現海豚的狀態與環境因子，以提供分析海豚出沒的環境。而行為的紀錄可以讓我們更加了解中華白海豚的習性，對於環境與行為的紀錄表說明如下：

#### (1) 目擊紀錄表（如表一）

- 紀錄發現點時間、GPS、經緯度、船首角度、海豚角度、最初離船距離及離岸距離
- 紀錄接觸點與離開點的時間、GPS、經緯度及環境因子（鹽度、水溫、pH、水深及濁度）
- 海豚資料（群體數量、母子對、是否分群、年齡結構(分三級)）
- 勾選海豚行為並在備註欄盡可能以文字詳細記錄觀察期間海豚行為等各種細節，以提供後續行為分析

#### (2) 行為紀錄表（如表二）

每三至五分鐘以 GPS 儀器標定點位，記錄海豚移動軌跡並向船長詢問水深，其次則紀錄海豚游向、下潛角度時間、個體間距與水面行為，盡可能記錄出海豚的相關訊息，提供後續分析。

### 3. 重複目擊 (re-sighting)

遭遇海豚時很有可能該群體為當天同一航線上前次目擊之相同群體，若該群體組成 50 % 以上為相同個體，且相隔時間過短 (小於 30 分鐘)，此時將標記該群體為重複目擊。倘若相同群體為不同航線 (平行海岸線) 或不同天次、趟次所目擊相同之群體則不屬於重複目擊。遇到重複目擊情形時，在計算密度及豐度時，不可將重複目擊視為一次目擊。

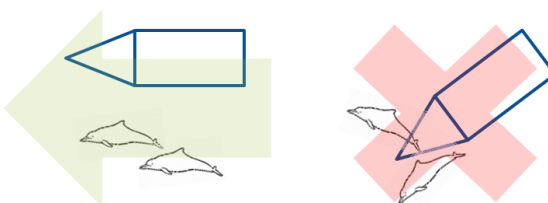
### 4. 開船方式

#### (1) 追蹤方式：

盡可能提前與船長溝通作業方式，追蹤時盡量以定速追蹤，切勿突然提高船速；船隻位置與海豚距離應適中，以不干擾海豚行為為基準 (不可從海豚行進方向前經過、衝擊群體等)(如下圖範例)。

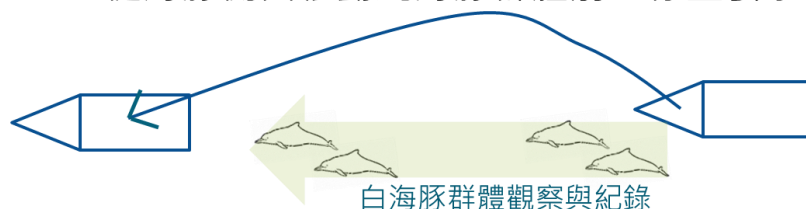
- 緩慢接近、觀察船不往群體內移動

- 從海豚側面平行觀察
- 拍攝兩側背鰭照片



- 可預測海豚活動時

- 從海豚側面移動到海豚群體前，停止引擎、魚探聲納



#### (2) 船隻方位：

船隻方位除了可以反映海豚軌跡，更直接影響拍照、攝影及錄音的品質。船隻應與海豚平行或預期海豚路徑前方側邊，並使拍照者可順光拍攝。

### (七) 攝影與攝相

紀錄海豚的行為除了利用文字紀錄外，還可利用攝影與攝相之方式輔助。在後續分析時攝影攝相比起文字紀錄更為直覺，也能將當下的聲音與時間等因子紀錄下來。以下為攝影與攝相的注意事項提供參考：

#### 1. 出海前準備：

確認相機、DV 鏡頭機身清潔、檢查記憶卡空間和電池電力、DV 與相機設定 (時間、光圈、快門...等)。

#### 2. 目擊鯨豚時：

由於中華白海豚乃以背鰭作為個別辨識的基礎，拍攝角度以正對海豚背鰭角度為佳。盡量以順光拍攝以避免陰影造成判斷的困難，此點與船隻

角度相關，需與船長做詳細的溝通。由於船與海豚間有一定的距離，拍攝時盡可能拉近以獲得高品質之照片。拍攝 DV 則盡量避免快速的變動焦距與移動鏡頭，緩慢的跟隨海豚移動軌跡。根據調查的目的錄製群體行為或個體行為。拍攝時間以小片段為主，將整體行為區分為小區塊以利後續分析。海豚在沒入水中後會有一段潛水時間，此時可根據經驗預測出水的位置與時間，而拍攝姿勢以穩定、機動性佳為考量要點。結束調查後將照片檔案回傳硬碟備份供後續 Photo-ID 資料等處理，相機、DV 鏡頭機身清潔、檢查記憶卡空間和電池電力，以及觀察拍攝結果並刪除無效照片（如：照片只有拍攝到海面或海水）與影像。

## (八) 錄音

除了攝影與攝相外，還可以透過水下麥克風收集海豚的聲音，並比照行為等建立起海豚溝通的模型。以下提供水下錄音時的注意事項以供參考：

### 1. 出海前準備：

確認錄音機設定，確認所有接線都可正常運作可正常收音，並注意錄音儀器不可重壓及碰撞。

### 2. 遇到鯨豚時：

視海豚狀況（海豚是否表現躲避反應？移動路徑可預測否？海豚游泳速度是否夠慢到船隻能超前群體？）來決定錄音與否。盡可能當左右兩邊的海豚背鰭都拍攝過且每隻個體都拍攝過後才錄音。在錄音時密切與船長溝通開船方式：從側後方繞到海豚群體前方錄音。放置麥克風以快速輕放為要點，參考當地水深，讓麥克風沒入水中 2-5 公尺，但避免麥克風接觸海床，按下錄音鍵錄音同時監聽聲音。避免使麥克風碰撞到船體，在錄音時盡量保持安靜。錄音時調整音量大小與錄音時間長度，以小片段為主。若海豚離船距離過遠、聲音音量小聲或海豚沒發出聲音即停止錄音，並小心收回麥克風。結束調查後將錄音檔案回傳硬碟備份，並清潔水下麥克風、檢查硬碟空間和電池電力，整理錄音結果。

## (九) 行為觀察與判定

海豚的行為主要可分為四類，分別為移動旅行 (Travel)、覓食 (Forage)、社交 (Social)、兜圈 (Mill)，各別描述如下：『移動旅行』的群體有著一致且大約固定的游動方向，下潛的間隔較為規律且角度淺；『覓食』群體有可能包含群體成散開不一致的游動方向，且下潛角度深常伴隨著尾鰭舉起，並沒有如同移動旅行的規律可言。此外常會觀察到海豚在游動過程中突然加速或是表現一些可能在覓食的行為（以尾鰭拍打水面或是嘴喙咬魚等…）；『社交』群體的下潛模式難以預測，個體之間常會近距離互相觸摸接觸甚至撞擊對方，觀察過程中常有非常多的水上動作；『兜圈』群體的活動在水面的動作較慢，僅在一小範圍海域移動，個體之間的距離很近但沒有明顯的肢體接觸。下潛模式較為規律，角度較淺，大部分時間會在水表層附近，類似於休息行為。

## 五、 資料彙整與分析

### (一) 資料分析

#### 1. 海上調查目擊資料分析

將調查資料就中華白海豚海上調查里程目擊率、族群密度、空間分佈、移動軌跡、環境因子進行分析。目擊率為航線上 (有效努力量期間) 所目擊的中華白海豚群體數、有效努力里程來標準化海上調查里程目擊率 (群次數/100 公里)，趟次目擊率則為有效目擊中華白海豚之趟次數除以有效調查趟次數之百分比率。

中華白海豚密度與豐度則由海上調查有效目擊群體之數據 (群體數，每群估計之個體數、目擊點與穿越線垂直距離)、有效努力之航線長度與調查範圍面積來計算。記錄到最初發現海豚的角度與離船距離 (R)、船隻角度後，可求出海豚與船隻的夾角角度 ( $\theta$ )，再利用公式  $Y=R \sin\theta$ ，即可得到海豚與穿越線垂直距離 (Y)。將數據代入穿越線法公式，由電腦軟體 DISTANCE 6.0 以上之版本 (Thomas *et al.* 2010) 推算而得。推算族群密度的公式如下：

$$\hat{D} = \frac{n\hat{f}(0)\hat{E}(s)}{2L\hat{g}(0)}$$

$\hat{D}$  = 所欲推估之海豚的族群密度 (以群為單位)

$n$  = 發現群次

$\hat{f}(0)$  = 在垂直距離為 0 時，所發現海豚群體的機率

$\hat{E}(s)$  = 海豚群體大小的期望值

$\hat{g}(0)$  = 直接在航線上發現海豚族群的機率

$L$  = On-effort 穿越線的總長度

族群數量 ( $\hat{N}$ ) 也是使用 DISTANCE 6.0 軟體推算而得，推算的公式如下：

$$\hat{N} = \hat{D}A$$

$A$  = 調查範圍面積 (平方公里)

(將所有調查航線所涵蓋之範圍，使用 ESRI ArcGIS 9.0 以上版本計算面積)

#### 2. 中華白海豚族群結構分析

在中華白海豚族群結構分析前首先必須以照片辨識法 (photo-identification) 進行海豚個體確認與建檔，篩選海上拍攝清晰且角度適中之照片，以身體或背鰭之輪廓、缺刻、疤痕、顏色、斑點等特徵仔細比對於臺灣中華白海豚個體資料庫，確認不同群次中照片中的個體身份檔案，並分析該個體的年齡組成。族群結構的分析部份，由於海上觀察海豚時，易受到當時光線與海況的影響，本調查使用照片辨識的結果來分析該群次的群體年齡組成。年齡的分期主要是依據體表顏色變化與身體的體型大小。參考香港與大陸的研究文獻分成六期 (Jefferson & Leatherwood 1997；賈曉平等 2000；Jefferson 2000)，分別為 Unspotted calf (簡稱 UC，嬰年期，身長為成體的 1/3 到 1/2，全身深灰色，沒有斑點，身體側面可能

還留有胎摺)、Unspotted juvenile (簡稱 UJ, 幼年期, 身長為成體的 2/3 到 3/4, 體色深到淺灰色, 沒有斑點)、Mottled (簡稱 MT, 少年期, 自 spotted juvenile 修改, 體色為淺灰色, 身體上有白色或灰色斑點)、Speckled (簡稱 SK, 青年期, 自 spotted subadult 修改, 已出現粉紅色體色但面積不到 50 %, 幾乎滿佈白色或灰色斑點)、Spotted adult (簡稱 SA, 壯年期, 粉紅體色面積大於 50 %, 斑點較 SK 少)、Unspotted adult (簡稱 UA, 老年期, 體色以粉紅色或白色為主, 可能帶有些許灰色或黑色斑點)。但在本計畫中因嬰幼年個體的辨識度相當困難, 僅將嬰幼年歸為一個年齡期。

### **3. 照片辨識法 (photo-identification)**

#### **(1) 照片進檔及命名**

收集拍攝者的照片, 並將只有拍攝到海面的照片或完全模糊的照片刪除。首先確認目擊紀錄表上的拍攝者名稱是否正確, 並依照發現點的地點、日期、群次編號及拍攝者等資料命名, 命名規則如下: 地點年月日\_群次編號\_拍照者\_原始檔號 (ex: YL20130328\_01\_MO\_0362)。

#### **(2) 修剪照片**

由於照片數量龐大, 在畫面中的位置也不一致, 利用修剪照片以達到減少記憶容量與後續辨識上的方便。剪裁範圍盡量貼近海豚全身。若一張照片中, 同時拍攝到多隻海豚, 分別剪裁後, 將其分別自左上往右下命名為原始檔名 a、原始檔名 b、原始檔名 c (如下圖範例)。推薦照片剪裁及更名軟體: PhotoScape。



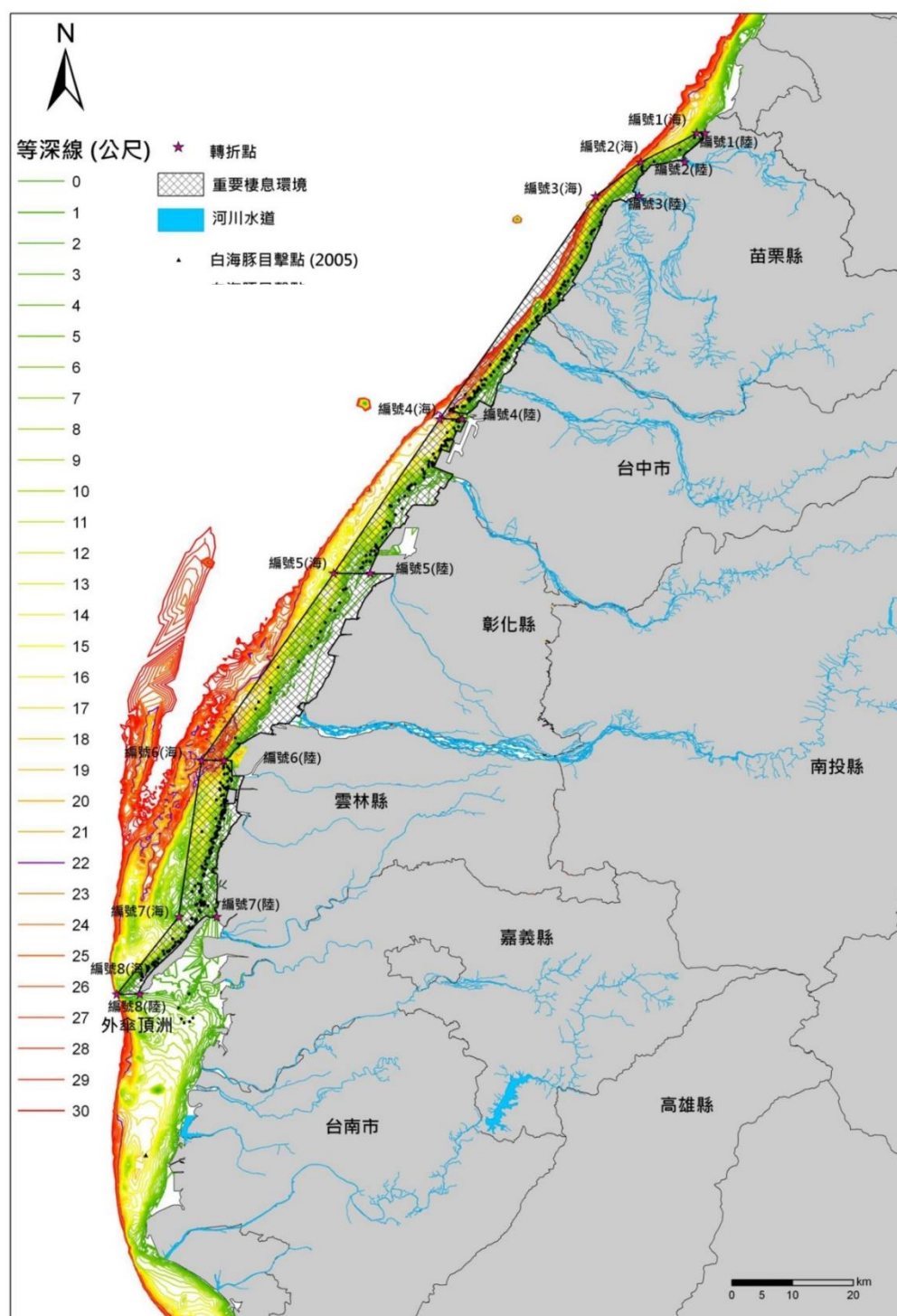


## 六、 參考文獻

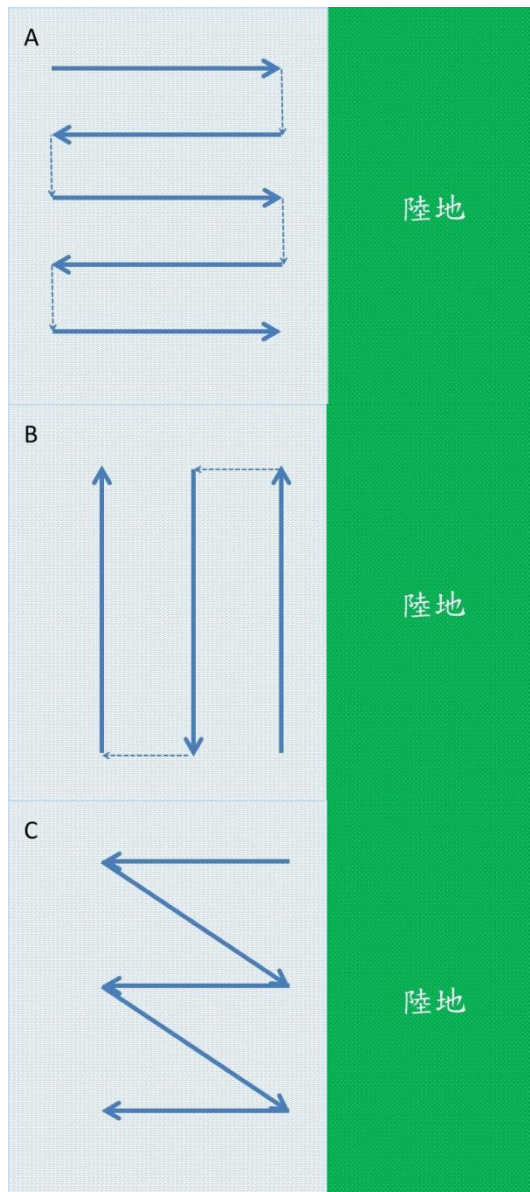
- Hung, S. K. and Jefferson, T.A. (2004). Ranging patterns of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in the Pearl River Estuary, People's Republic of China. *Aquatic Mammals* 30(1): 159-174.
- Jefferson, T.A., and Leatherwood, S. (1997). Distribution and abundance of Indo-Pacific hump-backed dolphins (*Sousa chinensis* Osbeck, 1765) in Hong Kong waters. *Asian Marine Biology*, 14: 93-110.
- Jefferson, T.A. (2000). Population biology of the Indo-Pacific hump-backed dolphin in Hong Kong waters. *The Journal of Wildlife Management*, 64(4): 1-65.
- Jefferson, T.A., and Karczmarski, L. (2001). *Sousa chinensis*. *Mammalian Species* 655: 1-9.
- Karczmarski, L., Cockcroft, V.G. and Mclachlan, A. (2000). Habitat use and preferences of Indo-Pacific humpback dolphins *Sousa chinensis* in Algoa Bay, South Africa. *Marine Mammal Science*, 16(1): 65-79.
- Reeves, R.R., Dalebout, M.L., Jefferson, T.A., Karczmarski, L., Laidre, K., O'Corry-Crowe, G., Rojas-Bracho, L., Secchi, E.R., Sloaten, E., Smith, B.D., Wang, J.Y. and Zhou, K. (2008). *Sousa chinensis*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2.
- Reeves, R.R., Dalebout, M.L., Jefferson, T.A., Karczmarski, L., Laidre, K., O'Corry-Crowe, G., Rojas-Bracho, L., Secchi, E.R., Sloaten, E., Smith, B.D., Wang, J.Y., and Zhou, K.Y. (2008). *Sousa chinensis* (eastern Taiwan Strait subpopulation). In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2.
- Ross, P.S., Dungan, S.Z., Hung, S.K., Jefferson, T.A., Macfarquhar, C., Perrin, W.F., Riehl, K.N., Sloaten, E., Tsai, J., Wang, J.Y., White, B.N., Würsig, B., Yang, S.Chu., and Reeves, R.R. (2010). Averting the baiji syndrome: conserving habitat for critically endangered dolphins in Eastern Taiwan Strait. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems*, 20: 685-694.
- Thomas, L., Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Laake, J.L., Strindberg, S., Hedley, S.L., Bishop, J.R.B., Marques, T.A., and Burnham, K.P. (2010). Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology*, 47: 5-14. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2009.01737.x
- Wang, J.Y., Yang, S.C., Hung, S.K., and Jefferson, T.A. (2007). Distribution, abundance and conservation status of the eastern Taiwan Strait population of Indo-Pacific humpback dolphins, *Sousa chinensis*. *Mammalia*, 71(4): 157-165.
- Wang, J.Y., Yang, S.C., Fruet, P.F., Daura-Jorge, F.G., and Secchi, E.R. (2012). Mark-recapture analysis of the critically endangered eastern taiwan strait population of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*):implications for conservation. *Bulletin of marine science*, 88(4):885-902.
- 余欣怡，林子皓，張維倫，黃祥麟，周蓮香，2010。利用標暨-再捕捉法估計台灣海域之中華白海豚族群數量。中華白海豚種群間關係和保護國際研討會：34，南京，中國。

孟凡信，祝茜，郭建東，2005。中國中華白海豚的研究和保護現狀。四川動物 24(4): 613-616。

賈曉平，陳濤，周金松，郭智，2000。珠江口中華白海豚的初步調查。中國環境科學 20: 80-82。



圖一、臺灣本島西海岸中華白海豚重要棲息環境範圍示意圖。



圖二、不同行線規劃範例。A、垂直海岸線；B、平行海岸線；C、Z 字型穿越線。實線為努力量航程，虛線為非努力量航程。

表一 中華白海豚目擊紀錄表 Sighting Record Sheet

Recorder 紀錄者：\_\_\_\_\_ GPS no：\_\_\_\_\_ Date 日期：\_\_\_\_\_

Discoverer 發現者：\_\_\_\_\_ Cue 發現狀態：\_\_\_\_\_ Vessel 船名：\_\_\_\_\_

Sighting No.：\_\_\_\_\_ 距離最後滿潮幾小時：\_\_\_\_\_

| File name 檔名                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sound <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                 | Video <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                       | Photo <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                   |
| Sighting Point 發現點                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                   |
| Time：_____<br>Position GPS_____<br>N：____° ____' ____"<br>E：____° ____' ____"                                                                                                                                                                  | 船首角度：____度<br>海豚角度：____度<br>最初離船距離：____m<br>離岸距離：____m                                                                                                                                                                               | 500 m 內船筏(艘)數目：<br>____漁船____貨輪____工作船<br>Associated Organisms 關聯生物：<br><input type="checkbox"/> Bird 鳥 <input type="checkbox"/> Fish 魚<br><input type="checkbox"/> Other 其他_____ |
| Contact Point 接近點                                                                                                                                                                                                                              | Leaving Point 離開點                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                   |
| Time：_____<br>Position GPS_____<br>N：____° ____' ____"<br>E：____° ____' ____"<br>Sea surface temperature 水表溫度：____°C<br>Salinity 鹽度：____‰ pH：____<br>depth 水深：____m Turbidity 濁度：____<br>Beaufort 浪級：____                                      | Time：_____(Leaver 離開者：us 我／animal 動物)<br>Position GPS_____<br>N：____° ____' ____"<br>E：____° ____' ____"<br>Sea surface temperature 水表溫度：____°C<br>Salinity 鹽度：____‰ pH：____<br>depth 水深：____m Turbidity 濁度：____<br>Beaufort 浪級：____ |                                                                                                                                                                                   |
| Information of Dolphins 海豚資訊                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                   |
| Group number 數量<br>(隻)<br>Average 平均<br>_____<br>Min 最少_____<br>Max 最多_____                                                                                                                                                                    | Mother-Calf 母子對_____<br>Subgroup 分群(總群數-1)<br>_____<br>Closest distance to ship 最近<br>船隻距離：____m                                                                                                                                     | Coloration 體色變化<br>White >50% 白斑>50%_____<br>White <50% 白斑<50%_____<br>Calves 全黑或灰_____                                                                                           |
| <b>Behavior 行為：</b><br><input type="checkbox"/> Mill 繞圈徘徊 <input type="checkbox"/> Feed 覓食 <input type="checkbox"/> Travel 游走<br><input type="checkbox"/> Social 社交 <input type="checkbox"/> Rest 休息 <input type="checkbox"/><br>Other 其他_____ |                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Response to boat 對船反應：</b><br><input type="checkbox"/> +主動靠近 <input type="checkbox"/> -躲避 <input type="checkbox"/> Nr 不理 <input type="checkbox"/> U 不知                         |
| Comment 備註                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                   |
| <br><br><br><br><br><br><br>                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                   |

表二

| Sighting number                                           |                                                                                                          |                                                                                                |                                                                                   |                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 開始時間<br>_____ : _____<br>(三分鐘一觀察單位)<br>標定編號(GPS)<br>_____ | 游向<br><input type="checkbox"/> 一致____<br><input type="checkbox"/> 轉向____<br><input type="checkbox"/> 不一致 | 下潛角度<br><input type="checkbox"/> 淺<br><input type="checkbox"/> 中<br><input type="checkbox"/> 深 | 下潛時間<br><input type="checkbox"/> 一致<br>間隔_____sec<br><input type="checkbox"/> 不一致 | 個體間距離<br><input type="checkbox"/> <1 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 1~3 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 3 海豚身長以上 | 附近船隻<br><input type="checkbox"/> 不移動____<br><input type="checkbox"/> 靠近____<br><input type="checkbox"/> 遠離____<br><input type="checkbox"/> 接觸海豚____ |
| 水面行為                                                      | 緩慢遊動 尾鰭舉起<br>快速游動 側翻滾<br>全身跳出 倒翻                                                                         | 尾鰭拍水(水面)<br>尾鰭拍水(水下)<br>胸鰭拍水                                                                   | 互相磨擦<br>交錯下潛<br>嘴喙咬魚                                                              | 漂浮不動<br>與船互動<br>躍身擊浪                                                                                                |                                                                                                                                                     |
| 備註                                                        | Position: _____° _____' _____N _____° _____' _____E                                                      |                                                                                                |                                                                                   |                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |
| 水深_____m                                                  |                                                                                                          |                                                                                                |                                                                                   |                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |
| 開始時間<br>_____ : _____<br>(三分鐘一觀察單位)<br>標定編號(GPS)<br>_____ | 游向<br><input type="checkbox"/> 一致____<br><input type="checkbox"/> 轉向____<br><input type="checkbox"/> 不一致 | 下潛角度<br><input type="checkbox"/> 淺<br><input type="checkbox"/> 中<br><input type="checkbox"/> 深 | 下潛時間<br><input type="checkbox"/> 一致<br>間隔_____sec<br><input type="checkbox"/> 不一致 | 個體間距離<br><input type="checkbox"/> <1 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 1~3 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 3 海豚身長以上 | 附近船隻<br><input type="checkbox"/> 不移動____<br><input type="checkbox"/> 靠近____<br><input type="checkbox"/> 遠離____<br><input type="checkbox"/> 接觸海豚____ |
| 水面行為                                                      | 緩慢遊動 尾鰭舉起<br>快速游動 側翻滾<br>全身跳出 倒翻                                                                         | 尾鰭拍水(水面)<br>尾鰭拍水(水下)<br>胸鰭拍水                                                                   | 互相磨擦<br>交錯下潛<br>嘴喙咬魚                                                              | 漂浮不動<br>與船互動<br>躍身擊浪                                                                                                |                                                                                                                                                     |
| 備註                                                        | Position: _____° _____' _____N _____° _____' _____E                                                      |                                                                                                |                                                                                   |                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |
| 水深_____m                                                  |                                                                                                          |                                                                                                |                                                                                   |                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |
| 開始時間<br>_____ : _____<br>(三分鐘一觀察單位)<br>標定編號(GPS)<br>_____ | 游向<br><input type="checkbox"/> 一致____<br><input type="checkbox"/> 轉向____<br><input type="checkbox"/> 不一致 | 下潛角度<br><input type="checkbox"/> 淺<br><input type="checkbox"/> 中<br><input type="checkbox"/> 深 | 下潛時間<br><input type="checkbox"/> 一致<br>間隔_____sec<br><input type="checkbox"/> 不一致 | 個體間距離<br><input type="checkbox"/> <1 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 1~3 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 3 海豚身長以上 | 附近船隻<br><input type="checkbox"/> 不移動____<br><input type="checkbox"/> 靠近____<br><input type="checkbox"/> 遠離____<br><input type="checkbox"/> 接觸海豚____ |
| 水面行為                                                      | 緩慢遊動 尾鰭舉起<br>快速游動 側翻滾<br>全身跳出 倒翻                                                                         | 尾鰭拍水(水面)<br>尾鰭拍水(水下)<br>胸鰭拍水                                                                   | 互相磨擦<br>交錯下潛<br>嘴喙咬魚                                                              | 漂浮不動<br>與船互動<br>躍身擊浪                                                                                                |                                                                                                                                                     |
| 備註                                                        | Position: _____° _____' _____N _____° _____' _____E                                                      |                                                                                                |                                                                                   |                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |
| 水深_____m                                                  |                                                                                                          |                                                                                                |                                                                                   |                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |
| 開始時間<br>_____ : _____<br>(三分鐘一觀察單位)<br>標定編號(GPS)<br>_____ | 游向<br><input type="checkbox"/> 一致____<br><input type="checkbox"/> 轉向____<br><input type="checkbox"/> 不一致 | 下潛角度<br><input type="checkbox"/> 淺<br><input type="checkbox"/> 中<br><input type="checkbox"/> 深 | 下潛時間<br><input type="checkbox"/> 一致<br>間隔_____sec<br><input type="checkbox"/> 不一致 | 個體間距離<br><input type="checkbox"/> <1 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 1~3 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 3 海豚身長以上 | 附近船隻<br><input type="checkbox"/> 不移動____<br><input type="checkbox"/> 靠近____<br><input type="checkbox"/> 遠離____<br><input type="checkbox"/> 接觸海豚____ |
| 水面行為                                                      | 緩慢遊動 尾鰭舉起<br>快速游動 側翻滾<br>全身跳出 倒翻                                                                         | 尾鰭拍水(水面)<br>尾鰭拍水(水下)<br>胸鰭拍水                                                                   | 互相磨擦<br>交錯下潛<br>嘴喙咬魚                                                              | 漂浮不動<br>與船互動<br>躍身擊浪                                                                                                |                                                                                                                                                     |
| 備註                                                        | Position: _____° _____' _____N _____° _____' _____E                                                      |                                                                                                |                                                                                   |                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |
| 水深_____m                                                  |                                                                                                          |                                                                                                |                                                                                   |                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |



|                                                                         |                                                                                                                 |                                                                                                       |                                                                                          |                                                                                                                            |                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sighting number</b>                                                  |                                                                                                                 |                                                                                                       |                                                                                          |                                                                                                                            |                                                                                                                                                            |
| <b>開始時間</b><br>_____ : _____<br>(三分鐘一觀察單位)<br><b>標定編號(GPS)</b><br>_____ | <b>游向</b><br><input type="checkbox"/> 一致____<br><input type="checkbox"/> 轉向____<br><input type="checkbox"/> 不一致 | <b>下潛角度</b><br><input type="checkbox"/> 淺<br><input type="checkbox"/> 中<br><input type="checkbox"/> 深 | <b>下潛時間</b><br><input type="checkbox"/> 一致<br>間隔_____sec<br><input type="checkbox"/> 不一致 | <b>個體間距離</b><br><input type="checkbox"/> <1 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 1~3 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 3 海豚身長以上 | <b>附近船隻</b><br><input type="checkbox"/> 不移動____<br><input type="checkbox"/> 靠近 ____<br><input type="checkbox"/> 遠離 ____<br><input type="checkbox"/> 接觸海豚__ |
| <b>水面行為</b>                                                             | 緩慢遊動 尾鰭舉起<br>快速游動 側翻滾<br>全身跳出 倒翻                                                                                | 尾鰭拍水(水面)<br>尾鰭拍水(水下)<br>胸鰭拍水                                                                          | 互相磨擦<br>交錯下潛<br>嘴喙咬魚                                                                     | 漂浮不動<br>與船互動<br>躍身擊浪                                                                                                       |                                                                                                                                                            |
| <b>備註</b><br><br>水深_____m                                               | Position: _____° _____' _____N _____° _____' _____E                                                             |                                                                                                       |                                                                                          |                                                                                                                            |                                                                                                                                                            |
| <b>開始時間</b><br>_____ : _____<br>(三分鐘一觀察單位)<br><b>標定編號(GPS)</b><br>_____ | <input type="checkbox"/> 一致____<br><input type="checkbox"/> 轉向____<br><input type="checkbox"/> 不一致              | <input type="checkbox"/> 淺<br><input type="checkbox"/> 中<br><input type="checkbox"/> 深                | <input type="checkbox"/> 一致<br>間隔_____sec<br><input type="checkbox"/> 不一致                | <input type="checkbox"/> <1 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 1~3 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 3 海豚身長以上                 | <input type="checkbox"/> 不移動____<br><input type="checkbox"/> 靠近 ____<br><input type="checkbox"/> 遠離 ____<br><input type="checkbox"/> 接觸海豚__                |
| <b>水面行為</b>                                                             | 緩慢遊動 尾鰭舉起<br>快速游動 側翻滾<br>全身跳出 倒翻                                                                                | 尾鰭拍水(水面)<br>尾鰭拍水(水下)<br>胸鰭拍水                                                                          | 互相磨擦<br>交錯下潛<br>嘴喙咬魚                                                                     | 漂浮不動<br>與船互動<br>躍身擊浪                                                                                                       |                                                                                                                                                            |
| <b>備註</b><br><br>水深_____m                                               | Position: _____° _____' _____N _____° _____' _____E                                                             |                                                                                                       |                                                                                          |                                                                                                                            |                                                                                                                                                            |
| <b>開始時間</b><br>_____ : _____<br>(三分鐘一觀察單位)<br><b>標定編號(GPS)</b><br>_____ | <input type="checkbox"/> 一致____<br><input type="checkbox"/> 轉向____<br><input type="checkbox"/> 不一致              | <input type="checkbox"/> 淺<br><input type="checkbox"/> 中<br><input type="checkbox"/> 深                | <input type="checkbox"/> 一致<br>間隔_____sec<br><input type="checkbox"/> 不一致                | <input type="checkbox"/> <1 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 1~3 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 3 海豚身長以上                 | <input type="checkbox"/> 不移動____<br><input type="checkbox"/> 靠近 ____<br><input type="checkbox"/> 遠離 ____<br><input type="checkbox"/> 接觸海豚__                |
| <b>水面行為</b>                                                             | 緩慢遊動 尾鰭舉起<br>快速游動 側翻滾<br>全身跳出 倒翻                                                                                | 尾鰭拍水(水面)<br>尾鰭拍水(水下)<br>胸鰭拍水                                                                          | 互相磨擦<br>交錯下潛<br>嘴喙咬魚                                                                     | 漂浮不動<br>與船互動<br>躍身擊浪                                                                                                       |                                                                                                                                                            |
| <b>備註</b><br><br>水深_____m                                               | Position: _____° _____' _____N _____° _____' _____E                                                             |                                                                                                       |                                                                                          |                                                                                                                            |                                                                                                                                                            |
| <b>開始時間</b><br>_____ : _____<br>(三分鐘一觀察單位)<br><b>標定編號(GPS)</b><br>_____ | <input type="checkbox"/> 一致____<br><input type="checkbox"/> 轉向____<br><input type="checkbox"/> 不一致              | <input type="checkbox"/> 淺<br><input type="checkbox"/> 中<br><input type="checkbox"/> 深                | <input type="checkbox"/> 一致<br>間隔_____sec<br><input type="checkbox"/> 不一致                | <input type="checkbox"/> <1 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 1~3 海豚身長<br><input type="checkbox"/> 3 海豚身長以上                 | <input type="checkbox"/> 不移動____<br><input type="checkbox"/> 靠近 ____<br><input type="checkbox"/> 遠離 ____<br><input type="checkbox"/> 接觸海豚__                |
| <b>水面行為</b>                                                             | 緩慢遊動 尾鰭舉起<br>快速游動 側翻滾<br>全身跳出 倒翻                                                                                | 尾鰭拍水(水面)<br>尾鰭拍水(水下)<br>胸鰭拍水                                                                          | 互相磨擦<br>交錯下潛<br>嘴喙咬魚                                                                     | 漂浮不動<br>與船互動<br>躍身擊浪                                                                                                       |                                                                                                                                                            |
| <b>備註</b><br><br>水深_____m                                               | Position: _____° _____' _____N _____° _____' _____E                                                             |                                                                                                       |                                                                                          |                                                                                                                            |                                                                                                                                                            |



表三 Marine Mammal Effort Form & 環境因子 SST, Salinity & Current Form

Observer: \_\_\_\_\_ Recorder: \_\_\_\_\_ Route \_\_\_\_\_→\_\_\_\_\_→\_\_\_\_\_→\_\_\_\_\_→\_\_\_\_\_

Sound recordist: \_\_\_\_\_ Video recordist: \_\_\_\_\_ Photographer: \_\_\_\_\_ 滿潮時間: \_\_\_\_\_ 退潮時間: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ (Month / Day / Year) Vessel: \_\_\_\_\_ Page: \_\_\_\_ of \_\_\_\_ Wind direction 風向: \_\_\_\_\_ Comments: GPS\_\_\_\_、pH\_\_\_\_、ST\_\_\_\_、TM\_\_\_\_、DV\_\_\_\_

[illegible]

表三續

Date: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ (Month / Day / Year)

Vessel: \_\_\_\_\_

Page: \_\_\_\_ of \_\_\_\_

Comments:

[illegible]



# 附錄二

-中華白海豚海上調查工作坊-

--邀請函與簽到表--

# 中華白海豚海上調查工作坊

## 邀 請 函

為培育中華白海豚海上調查專業人才，  
謹訂於103年5月24日(六)上午 9點50分 假國立台灣大學  
校總區生命科學館 4樓 4B教室，舉行「中華白海豚海上  
調查工作坊」。

敬請貴單位撥冗蒞會指導 ！

中華鯨豚協會 理事長 姚秋如  
台灣大學生態演化所 周蓮香

敬邀



# 中華白海豚海上調查工作坊

指導單位：行政院農委會林務局

主辦單位：台灣大學生態學與演化生物學研究所

中華鯨豚協會

聯絡電話：(02)3366-2468

聯絡人：周蓮香/陳彥婷 [ceta0635@gmail.com](mailto:ceta0635@gmail.com)

# 會議行程表

| 時間             | 5月24日                |                            |
|----------------|----------------------|----------------------------|
|                | 內容                   | 主講人                        |
| 09: 00 - 09:50 | 報到                   |                            |
| 09:50 – 10:00  | 開幕致詞                 | 周蓮香<br>教授                  |
| 10:00 - 11:00  | 中華白海豚簡介              | 林子皓<br>博士                  |
| 11:00 - 11:20  | 休息                   |                            |
| 11:20 - 12:00  | 海上調查講解與實作            | 林圻鴻                        |
| 12:00 - 13:30  | 午餐與紀錄片播放             |                            |
| 13:30 - 14:30  | 中華白海豚個體辨識            | 侯雯                         |
| 14:30 – 14:40  | 休息                   |                            |
| 14:40 - 16:00  | 中華白海豚個體辨識實作 & 海上調查演練 | 余欣怡&<br>林子皓&<br>林圻鴻&<br>侯雯 |
| 16:00-16:10    | 休息                   |                            |
| 16:10-17:00    | 綜合討論                 | 林圻鴻                        |



# 交通方式-大眾交通

捷運公館站  
公車站: 銘傳國小

- 捷運：公館站2號出口
- 公車：銘傳國小站



|                       |      |              |      |
|-----------------------|------|--------------|------|
| 0南                    | 1    | 109          | 1501 |
| 1505                  | 207  | 208          | 208區 |
| 208直                  | 236  | 236區         | 236夜 |
| 251                   | 251區 | 252          | 253  |
| 254                   | 254區 | 278          | 278區 |
| 280                   | 280直 | 284          | 284直 |
| 290                   | 311  | 505          | 52   |
| 530                   | 606  | 642          | 643  |
| 644                   | 648  | 660          | 668  |
| 671                   | 672  | 672區         | 673  |
| 675                   | 676  | 74           | 907  |
| 懷恩專車<br>S31(捷運<br>公館) | 敦化幹線 | 景美-榮總<br>(快) | 棕11  |
| 棕12                   | 棕22  | 綠11          | 藍28  |

# 交通方式-自行開車

- 自行開車至羅斯福路中正區四段一號  
— 停車場

