行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 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

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



委託機關:行政院農業委員會林務局

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

計畫主持人: 周蓮香 教授

國立台灣大學生態與演化生物研究所

協同主持人: 陳琪芳 教授

國立台灣大學海洋技術研究中心

中 華 民 國 一百零三年一月

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 | 林圻鴻 | 詹斐蓮 |
|-----|-----|-----|
| 林子皓 | 林思瑩 | 江允芃 |
| 余欣怡 | 葉志慧 | 吳彥頡 |
| 羅婕 | 王俊傑 | 區家欣 |
| 陸禹涵 | 劉明章 | 莊淳如 |
| 郭毓璞 | 張豈銘 | 黄彦樺 |
| 侯 変 | 郭祥廈 | 李佳紜 |
| 吳貞儀 | 陳飛龍 | 李幸娜 |
| | 王忠斌 | 李欣樺 |
| | 李文達 | 潘佳修 |
| | 林明慶 | |

國立台灣大學 海洋技術研究中心

陳琪芳 蔡鴻儒

國立台灣大學工程科 學暨海洋工程學系

林天祥 吳誌豪

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

在台灣西部的白海豚族群多分布於近岸及河口,且已於 2008 年被列為極度瀕危等級的保育類動物。蓬勃的人為活動發展,對環境造成了巨大的威脅與壓力。為了維繫此族群的存續發展,以及推動海洋保護區的規畫,需要持續了解及監測台灣西海岸中華白海豚的長期生態變動趨勢,以及嘗試並規畫建立水下聲學系統去監測中華白海豚的聲音及環境噪音狀況。本計畫內容包括五大項,其結果分述如下:

1. 中華白海豚在熱區的長期監測:

本計畫延續過去在兩個熱區海域各進行 10 趟海上目視觀測。今年兩熱區的目擊率為 1.46 群次/100 公里與 1.99/10 小時,較過去有下降趨勢。迄今共累計 7 年所有計劃結果的照片資料辨識出 76 隻非嬰幼兒個體,今年辨識隻數為 63 隻,正在育幼的母親數量為 11 隻,主要集中在南熱區。此外,目前已有 8 隻超過 2 年未被目擊的個體,其中甚至有 2 隻超過 4 年沒有目擊記錄。有部分被目擊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漁撈行為取締,推動劃設積極作為的保護區,並研擬可能的禁漁期以回復白海豚棲地內之食餌資源來提升棲地品質。為了保障本族群之存續,中華白海豚的保育行動必須迅速強化,重點應以提增白海豚棲地品質與安全性為優先。

2. 中華白海豚在重要棲息環境範圍之時空密度變異:

本研究透過新設計的 Z 字型穿越線進行每季一趟,在所有已知分佈水域範圍並東西向加寬調查。海豚分布仍以近岸淺水區為主,南區的目擊率較低且年間變異大 (尤其是冬季)。未有明顯的季節的遷徙性,不過有可能受調查樣本數少和冬季海況差之影響。以穿越線模型估算出西海岸中華白海豚族群密度為 0.11 (CV=33.6%) 隻/平方公里,可推算族群量為 71 隻 (95% CI: 37-137隻)。另外在嘉義海域有過 3 次白海豚目擊,顯示此區亦為中華白海豚棲息,建議未來中華白海豚野生動物重要棲息環境應考量擴大將此區納入。

3. 以無人載具空拍監測中華白海豚族群之嘗試報告:

本計畫嘗試新的無人飛行載具調查方式,以期能提高調查效率。在仔細檢視拍攝照片及各項飛行條件後,為求照片之解析度應優先考慮飛行高度較低的無人載具,建議明年計

畫在穿越線調查方面改為使用飛行船進行中華白海豚的族群監測。

4. 中華白海豚棲地海洋環境噪音監測與分析:

本研究於彰濱工業區外堤南側 (CH) 與外傘頂洲北端 (WS) 進行各 30 天的環境噪音監測,除了對其時間序列與聲壓位準分布進行整體分析,亦對於石首魚叫聲進行事件分析,因此本次調查將所記錄過資料分為明顯之生物噪音及船舶噪音。WS 石首魚鳴叫時間有明顯往前提早,從原先夜晚 7-8 點開始鳴叫提早至傍晚 5 時,而船舶噪音方面外傘主要來源為動力小艇及小型漁船,影響頻段較寬可由數百至數千赫茲以上,而冬季船舶噪音頻率及次數有較多趨勢,CH 亦於夜晚有石首魚明顯鳴叫時段,但其船舶噪音若將同樣時段之 WS 資料拿來比對其相對次數與時間為略少。

5. 中華白海豚海上調查實習工作坊成果報告:

過去七年來本團隊執行中華白海豚野外生態監測累積一些經驗,為了推廣相關經驗與技術,特舉辦海上調查實習工作坊,並廣邀各地有興趣的學者或民眾參與。工作坊於4月 20-21 日順利完成,共有60位學員參與,並於5月4日移師至宜蘭烏石港外海做海上調查的實習課程,希望能讓學員們建立海上調查能力的基礎。另外海上調查監測 SOP 初稿 也撰寫完成。

誌 謝

本調查計畫得以進行,源自許多人協助。首先感謝林務局農業委員會管組長立豪對這個計畫持續的支持,另外還有張科長弘毅、林技正華慶過去長久以來對白海豚這個議題的關心及幫助,另外還要感謝新上任的曹先生又仁在各方面行政上的協助。研究調查執行期間,承蒙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、宜蘭烏石港凱鯨號和觀天科技有限公司的大力支持,協助海上調查。感謝張維倫小姐在個體辨識上的指導與諮詢。最後,感謝所有研究團隊其他成員對研究相關的瑣務的協助,謹此深致謝忱。

目 錄

| 內容 | | 頁碼 |
|-----|-----------------------|----|
| 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 | 3 |
| 第參章 | 中華白海豚在重要棲息環境範圍之時空密度變異 | 29 |
| 第肆章 | 以無人載具空拍監測中華白海豚族群之嘗試報告 | 48 |
| 第伍章 | 中華白海豚棲地海洋環境噪音監測與分析 | 61 |
| 第陸章 | 中華白海豚海上調查實習工作坊成果報告 | 80 |
| 附錄一 | 海上調查 SOP 手冊 | 83 |

表目錄

| 第貳章 |
|--|
| 表一、各航線努力量16 |
| 表二、各航線的中華白海豚目擊率16 |
| 表三、白海豚目擊地點環境因子16 |
| 表四、海上調查目擊白海豚年齡結構17 |
| 表五、各航線的中華白海豚群體資訊17 |
| 表六、彙整各計畫歷年 (2006 - 2013 年) 於各調查區段之目擊率17 |
| |
| 第參章 |
| 表一、2012 年至 2013 年每季調查期間、努力時間及里程40 |
| 表二、2012-2013 年各區海域之努力量與發現群次41 |
| 表三、穿越線相關參數估計41 |
| 表四、2012 年與 2013 年測站之環境因子 (±S.D.)······42 |
| 表五、2012 至 2013 年中華白海豚目擊接觸點環境因子中位數與四分位數42 |
| 表六、2012 至 2013 年南北熱區之目擊比例季節性差異43 |
| 表七、過去臺灣地區以穿越線或標記再捕捉法所估算的中華白海豚族群豐度與密度估 |
| 算43 |
| |
| 第肆章 |
| 表一、海上調查船與無人載具 (小飛機、飛船、直升機) 的優缺點比較53 |
| |
| 第伍章 |
| 表一、SM2M 規格與設定67 |
| 表二、CH 測站 12/03-12/09 事件統計75 |
| 表三、WS 點位 09/03 - 09/08 事件統計76 |
| 表四、WS 點位 09/25 - 10/03 事件統計77 |
| 表五、WS 點位 11/23 - 12/09 事件統計78 |

圖目錄

| 第 |
|--|
| 圖一、苗栗白沙屯 - 台中港 (24°34'N - 24°18'N) 海上調查航線18 |
| 圖二、外傘頂洲西側沿海 (23°34'N - 23°26'N) 海上調查航線18 |
| 圖三、中華白海豚之目擊位置圖19 |
| 圖四、中華白海豚目擊觀察 30 分鐘以上的海豚移動軌跡圖20 |
| 圖五、調查海域的中華白海豚目擊群體大小頻度21 |
| 圖六、台灣西海岸中華白海豚海上目擊年齡組成21 |
| 圖七、近六年台灣西海岸中華白海豚目擊率年間變異22 |
| 圖八、近六年台灣西海岸中華白海豚南北熱區目擊率變化趨勢22 |
| 圖九、各海域中華白海豚目擊率年間變化23 |
| 圖十、台灣西海岸中華白海豚累積辨認個體數量23 |
| 圖十一、中華白海豚本年度曾出現在 (a) 北熱區之個體年齡組成示意圖;(b) 南熱區之 |
| 個體年齡組成示意圖;(c) 南北熱區皆有目擊之個體年齡組成示意圖24 |
| 圖十二、台灣西岸中華白海豚緯度活動範圍示意圖25 |
| 圖十三、編號#47 個體 (a) 2011 年照片正常 (b) 2013 年有嚴重受傷痕跡26 |
| 圖十四、編號#116 個體 (a) 2011 年照片正常 (b) 2012 年身上掛有異物 (c) 2013.07.04 異 |
| 物依然存在 (d) 2013.07.27 掛在身上的異物已消失27 |
| 圖十五、編號#30 個體曾於 2011 年 3 月被拍攝到身上掛有網具的照片27 |
| 圖十六、編號#62 個體背鰭及尾幹兩側的久未癒合潰瘍皮膚病灶28 |
| 圖十七、編號#43 個體背鰭及編號#21 個體上嘴喙的橘斑皮膚病灶28 |
| |
| 第參章 |
| 圖一、中華白海豚在重要棲息環境範圍之時空密度變異調查範圍44 |
| 圖二、2012 與 2013 年本計劃目擊中華白海豚位置圖45 |
| 圖三、穿越線模型估算有效偵測距離曲線46 |
| 圖四、2012 至 2013 測站與接觸點之環境因子密度分佈圖47 |
| |
| 第肆章 |
| 圖一、本次調查所使用之無人載具 SV-1000A 機內儀器擺設54 |
| 圖二、無人載具起飛方式為人力拋擲54 |
| 圖三、8/6 第二次調查船隻航線及環境因子量測點55 |
| 圖四、8/6 第二次調查之無人載具空拍照片座標點位56 |

| 圖五、空拍之船隻。(圖為調查船尖再發七號,船隻總長度為 16.8 公尺。)57 |
|--|
| 圖六、空拍之網具浮球 |
| 圖七、空拍之膠筏 |
| 圖八、空拍之台中港北堤 |
| 圖九、空拍之魚塭及風機 |
| 圖十、方向不同之水花60 |
| 圖十一、眩光60 |
| |
| 第伍章 |
| 圖一、彰化崙尾水道口監測地點66 |
| 圖二、外傘頂洲北端監測地點66 |
| 圖三、SM2M 硬碟、電池及儀器外觀67 |
| 圖四、保護架外觀與佈放作業68 |
| 圖五、CH 點位 12/03 - 12/09 時頻譜圖······68 |
| 圖六、WS 點位 09/03 - 09/08 時頻譜圖69 |
| 圖七、WS 點位 09/25 - 10/03 時頻譜圖69 |
| 圖八、WS 點位 11/23 - 12/09 時頻譜圖······70 |
| 圖九、CH 測站 12/03 - 12/09 頻譜圖 (1Hz - band)·······70 |
| 圖十、CH 測站 12/03 - 12/09 頻譜圖 (1/3 octave band)······71 |
| 圖十一、WS 測站頻譜圖 (1Hz band)71 |
| 圖十二、WS 測站頻譜圖 (1/3 octave band)72 |
| 圖十三、WS & CH 冬季資料比對72 |
| 圖十四、生物事件出現時頻譜圖73 |
| 圖十五、生物噪音頻譜圖 (1Hz-Band)73 |
| 圖十六、船舶噪音事件出現時頻譜圖74 |
| 圖十七、船舶噪音頻譜圖 (1Hz-Band)74 |
| |

第壹章、研究背景及計畫目標

壹、 研究背景

在農委會的委託補助下,周蓮香研究團隊自 2006 年起連續進行 7 年中華白海豚的生態調查研究。根據最初兩年的初步調查顯示,台灣的中華白海豚族群分布範圍介於苗栗至台南將軍港之間,以港口、河口與外傘頂洲為分布熱點 (周蓮香 2006; 2007)。2008年起受農委會、台電、台塑及國光公司委託開始對台灣西岸的中華白海豚族群執行深入調查,進一步確認台灣的中華白海豚族群在西岸呈現連續且狹長的帶狀分布,分布區域範圍自苗栗龍鳳漁港至台南將軍港沿海離岸 6 km 以內的淺水海域,其中又以 7 - 8 m 水深區為中華白海豚最密集的棲息環境。目擊點海域的水表鹽度範圍介於 29 ppt 至 33 ppt 之間,顯示台灣的中華白海豚族群對於鹽度的適應範圍廣 (周蓮香 2008; 周蓮香 2009; 周蓮香與李政諦 2009; 周蓮香等人 2011)。

過去的研究顯示,台灣西岸的白海豚隻數初估不到100隻 (Wang et al. 2007),後來再細估甚至不到80隻 (余等人 2010;郭毓璞 2013; Wang et al. 2012)。但是西部海域的自然環境變異及蓬勃人為活動對於生活於沿海的海豚影響甚遠,這些人為影響的威脅如:過度漁撈、漁具傷害、廢水排放污染、工程噪音干擾及大型工業區填海造陸等。因此周蓮香教授受農委會委託進行保護區與重要棲息環境的規劃,綜合中華白海豚分布與環境因子關係、中華白海豚棲地利用及活動模式,以及保育管理之可行性,建議將目前所確認之中華白海豚棲地範圍劃為中華白海豚重要棲息環境,並參考本種台灣的族群生態特性,及國外案例經驗,建議未來保護區成立後應:(1) 持續長期中華白海豚族群與棲地監測;(2) 成立專責總籌經營管理機構;(3) 成立衝擊通報管制系統以及預警機制;(4)每年訂定2-4個月的全面禁漁期,達到復育海豚部分食餌資源的目的 (周蓮香等人2011)。

貳、 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) 調查西海岸兩個中華白海豚高目擊率區 (熱區) 海域中華白海豚之族群結構、 棲地利用模式以及個體辨識資料庫。
- (2) 在西岸中華白海豚可能出現的全區範圍調查,以及季節空間及與海域環境因子變異之關聯性。

- (3) 嘗試進行無人飛行載具之中華白海豚生態調查
- (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。
- (5) 舉辦中華白海豚野外監測 SOP 工作坊

參、 參考文獻

- 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。
- 周蓮香,2006。台灣沿海鯨豚誤捕研究與中華白海豚生態調查。行政院農委會漁業署委託計畫報告,72頁。
- 周蓮香,2007。臺灣周邊海域鯨豚數量評估及生態環境之研究。行政農委會漁業署委託 計畫報告,63頁。
- 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,2011。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。
- 郭毓璞。2013。臺灣西海岸中華白海豚族群之時空變異。國立台灣大學生命科學院生態 學與演化生物學研究所碩士論文。99頁。

第貳章、中華白海豚族群在熱區的長期監測

周蓮香、羅 婕、林子皓、余欣怡、郭毓璞、侯雯

國立台灣大學生態學與演化生物學研究所

摘 要

為持續了解及監測台灣西海岸中華白海豚的長期生態變動趨勢,本計畫延續過去在中華白海豚的兩個熱區海域(北區:苗栗-台中、南區:外傘頂洲西側)各進行10趟海上目視觀測,調查其空間分佈、移動模式、棲地利用及族群交流。海上航程的總努力量為1025公里或75小時,海豚有效目擊群次為15群次(另有2群非有效目擊),總群次發現率為1.46群次/100公里與1.99/10小時,北區與南區的目擊率相近(1.44群次/100公里與2.09群次/10小時,1.51群次/100公里與1.81群次/10小時),今年兩熱區的目擊率皆較前兩年有明顯下降趨勢。利用照片辨識技術(Photo Identification),迄今共累計7年資料辨識出76隻非嬰幼兒個體,今年辨識隻數為63隻,相較於去年增加了3隻,仍在整體範圍內(歷年目擊範圍60到66隻)。正在育幼的母豚有13隻,比去年增加了6隻,主要集中在南熱區。除此之外,目前已有8隻超過2年未有目擊紀錄(其中2隻已超過4年未見)。本年再度發現部分個體身上掛有異物,還有新出現嚴重受傷疤痕,也有些個體出現未癒合皮膚病灶。種種跡象皆顯示台灣西岸中華白海豚族群所承受人為活動壓力頗高。為了保障本族群之存績,中華白海豚的保育行動必須迅速強化,重點應以提增白海豚棲地品質與安全性為優先。

壹、 前言

中華白海豚 (Chinese white dolphin) (Sousa chinensis) 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. 2012), 台灣的白海豚族群也已於 2008 年被 IUCN 紅皮書列入 Critically Endangered (CR) 等級, 危急狀況僅次於兩個絕種等級 (Extinct, EX; Extinct in the wild, EW) (Reeves et al. 2008)。中華白海豚的分布範圍西起印度東岸、東至澳洲東部 (Jefferson and van Waerebeek 2004)、北迄中國寧德海域 (Chen et al. 2012),世界上各族群分布零散隔離, 除了珠江口的族群估計量達 2500 隻外 (Chen et al. 2011), 其他族群量均不及 900 隻 (如 印度 Goa 灣 842 隻,Sutaria and Jefferson 2004)。台灣西海岸的族群很小,初估不到 100 隻 (Wang et al. 2007),後來再細估甚至不到 80 隻 (余等人 2010;郭毓璞 2013; Wang et al. 2012)。在台灣,中華白海豚偏好水深 20 公尺非常靠近陸岸邊緣,因此棲地與人類沿 岸活動範圍大幅重疊,使中華白海豚受到漁業衝擊、水質汙染、噪音影響和棲地減少等 危害 (Ross et al. 2010, 周等人 2011)。國際上對於生活於沿岸的鯨豚而言,影響其物種 存續的因子主要為靠近沿岸的漁業活動 (誤捕或魚網纏繞致死等) (Caswell et al. 1998; Burkhard and Slooten 2003; Dans et al. 2003; Gerrodette and Forcada 2005), 累積性汙染物 (如重金屬、有機鹵素、戴奧辛等)(Aguilar and Borrell 1994; Woshner et al. 2008), 食源枯 竭 (Neira and Arancibia 2004),未經規範的賞鯨旅遊 (Bejder et al. 2006),水下噪音 (Fernandez et al. 2005), 甚至是全球暖化效應 (Richard and Schoeman 2004; Macleod et al. 2005),以上這些因子對鯨豚族群的衝擊往往是複合的,僅針對單一因子的保育作為,未 必能有效地減輕對族群所造成的壓力及傷害,因此有些保育學者強調唯有成立相對應的 海洋哺乳類保護區 (Marine Mammal Protected Area, MMPA) 或是重要棲息環境 (Critical Habitat), 才是有效的減緩衝擊保育措施 (Hoyt 2005; Ross et al. 2010)。

有鑑於台灣白海豚族群存續之危急性,本團隊自 2006 年展開系統性的科學調查,發現台灣的中華白海豚呈南北狹長的帶狀分佈在近岸海域,從苗栗龍鳳漁港到台南將軍港,且主要分佈在水深 15 公尺、離岸 5 公里以內的淺水海域,其中又以水深 7-8 公尺為中華白海豚在台灣西岸最常出現的主要棲息範圍,群體大小範圍為 1-5 隻為主,活動範圍包含河口以及沿岸淺水域。藉由照片辨識,過去已建立 74 隻非嬰幼兒的海豚個體名錄 (photo identification catalogue, photo ID catalog)。整體年齡結構上,成年以上的個體比例偏低 (周蓮香 2008; 2009; 周蓮香與李政諦 2009; 周等人 2011)。藉由五年來累積目擊 10 次以上的 57 隻個體的活動範圍疊加方法,發現中華白海豚集中使用兩個熱區海域:大安溪口-大肚溪口、以及新虎尾溪口-外傘頂洲西側兩個海域。依據棲地忠誠性分析發現本族群可再分成四小群:只使用南區或北區的居留者兩群,以及傾向使用南區或北區但偶爾離開、往返南北的遷徙者兩群(葉 2011)。另外根據個體間社交的分層群聚

分析 (hierarchical cluster analysis), 目擊 10 次以上的 55 隻個體可分為兩個社群 (community), 各自傾向使用北或南熱區 (張 2011), 與 Dungan 等人 (2012) 結果類似。為了瞭解此瀕危族群的長期族群生態變動,今年延續兩熱區的海上目視調查,以追蹤其空間分佈、移動模式、棲地利用、族群結構,並探討其族群交流狀況。

貳、 材料與方法

一、海上調查

- 監測區域:本年度共執行20趟海上調查,分為南北兩個監測區域:
 - 1. 苗栗白沙屯至台中港 24°34'N-24°18'N (圖一), 執行海上調查 10 趟。
 - 2. 外傘頂洲西側沿岸 23°34'N-23°26'N(圖二), 進行海上調查 10 趟。

● 監測方式:

租用漁船於海上沿岸大致平行海岸線的固定航線目視調查鯨豚出沒狀況,每趟調查依照水深 3-10 m 之範圍,沿岸來回航行。於今年 6-9 月選擇天氣良好時,執行 20 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),當天氣狀況不佳難以進行有效觀測,或是當進行海豚追蹤時,則視為無效之努力量 (Off-effort)。

每次調查至少有 4 人參與作業,其中 3 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 1 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 30 (Y.S.I., U.S.A.)量測水表溫度、鹽度,YSI 60 (Y.S.I., U.S.A.)量測水表氫離子濃度 (pH),2100Q 濁度計量測濁度 (HACH, U.S.A.),以及記錄當時漁探機顯示之深度。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,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。此外,使用相機或攝影機記錄海豚影像,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 分鐘記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:

調查資料就中華白海豚的空間分佈、移動模式、棲地利用、族群結構進行分析。依據目擊資料中的經緯度以地理資訊系統 (geographic information system, GIS) 進行空間分佈定位,同時挑出總觀察時間超過30分鐘以上的群體,將長時間調查船隻追蹤所定位之經緯度利用地理資訊系統建立追蹤海豚的路徑。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。

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%,幾乎滿佈白色或灰色斑點)、Spotted adult (簡稱 SA,成年期,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)。

辨識出個體後,篩選掉本年度累積目擊次數低於 3 次的海豚 (Xu et al. 2012),沿襲葉志慧 (2011) 方法,依據海豚目擊位置緯度來分析每隻個體的棲地範圍,以分布範圍緯度之最大值、最小值,及中位數,繪製出所有個體的分布範圍,並依個體的活動範圍與核心區分群:北部居留者、北部遷移者、南部居留者、或南部遷移者。

參、 結果

一、海上調查

自 2013 年 6 月 1 日至 11 月 10 日為止,在北熱區(苗栗白沙屯-台中港)執行 10 趟 (圖一),在南熱區(外傘頂洲西側)執行 10 趟 (圖二),共進行 20 趟次的海上調查。航行時數總計 100.6 小時,其中努力時數(在調查航線上的時數)為 75.38 小時,總計努力里程共 1024.89公里(平均每天出航 5.03 小時,平均調查努力小時 3.77 小時,平均調查努力量 51.24公里表一)。

● 中華白海豚的目擊率變化以及棲地利用

20 趟調查中有 8 趟曾目擊到白海豚,總航次目擊率為 40 %。苗栗-台中海域及外傘頂洲海域的趟次目擊率相同,皆為 40 % (表二)。經過標準化努力量後,在苗栗-台中海域的群次發現率為 2.09 群次/10 小時與 1.44 群次/100 公里,在外傘頂洲海域的群次發現率為 1.81 群次/10 小時與 1.51 群次/100 公里,故本年度兩個熱區的白海豚發現率比較結果依不同指標而異,苗栗-台中海域的小時發現率較高,而外傘頂洲海域公里發現率較高 (表二)。

在目前這20趟的海上調查中,共目擊中華白海豚17群次,其中有效群次為15群次,無效的有2群次。所有海豚目擊的位置如圖三,多分布在沿岸海域,接近點水深平均為6.87±1.90(±SD, n=17)公尺(表三)。外傘頂洲目擊點離岸距離是依照外傘頂洲退潮後之潮線所量測的平均距離(表三)。北熱區的大安溪到梧棲港北堤間的分佈離岸稍遠(圖三 a);本年度於外傘頂洲海域目擊點的分佈較均勻於航線沿岸,無明顯集中之區域(圖三 b)。

藉由追蹤中華白海豚超過30分鐘的移動路線可了解其活動範圍。在19群次目擊中有6群次可供繪製追蹤軌跡,如圖四。苗栗-台中海域最長的一次觀察長達53分鐘,海豚移動了4.43公里。由圖四a可看出海豚群體在苗栗-台中海域幾乎完全沿著海岸線活動、範圍不超過離岸3公里,且未有明顯的東西向移動,常見之覓食行為和遊走行為皆有紀錄。而外傘頂洲海域的海豚群體有2群觀察期間最長,皆為64分鐘,海豚游動的距離分別為5.13及2.71公里,主要沿著外傘頂洲北海域的沙洲游動,亦無往外海移動的跡象(圖四 b)。外傘頂洲海域的3群海豚中,有2群行為狀態均為遊走,另1群則有覓食行為、繞屬徘徊及漂浮休息等行為出現。由於在去年的報告中我們發現目擊軌跡有些會延伸到外傘頂洲陸地上,因此於本年度我們增購了新的衛星影像資料(2013年7月30日 SPOT5及2013年9月19日 SPOT6所拍攝到的衛星影像資料),並繪製出最新的外傘頂洲漲潮及退潮的影像。因此本年度之目擊軌跡便無出現延伸至陸地上之問題。

● 中華白海豚族群生態

在群體資訊方面:在本年度所目擊到的 17 群白海豚群次中,共計有 64 隻中華白海豚個體,平均每群隻數為 3.77 ± 3.01 (\pm SD) 隻 (範圍 1-12 隻),以群體大小 1-3 隻為最常見,佔目擊群次的 64.71 % (圖五),群體大小超過五隻以上的群次則佔 29.41 %。白沙屯-台中港區域的海豚群體大小平均為 3.50 ± 2.27 (範圍 1-8 隻),而外傘頂洲西側的群體大小則是 4.14 ± 4.02 (範圍 1-12 隻),兩區的群體大小無顯著差異 (Mann-Whitney U test,U = 34,p=0.92)。而年齡結構方面,白沙屯-台中港地區成年以上個體比列佔 82.86 %較外傘頂洲的 37.93 %為多,而青少年個體的比例則相反,外傘頂洲海域的 51.72 %略高於北熱區海域的 11.43 % (表四、圖六)。

今年在兩處航線調查海域僅發現7對次母子對,其中在白沙屯-台中港區域目擊2

對次,外傘頂洲海域目擊5對次 (表五),所有目擊到的母子對旁邊皆有其他成員共游,在白沙屯-台中港區域的成員總數分別為6及8隻,外傘頂洲海域目擊的成員總數為3-12隻,且有2次目擊2對母子對的紀錄 (表五)。

二、歷年研究結果變動趨勢

彙整 2006-2013 年台灣西岸海域各相關計劃資料,就中華白海豚的計劃的目擊率、族群量、空間分佈、群體組成、以及身體受傷紀錄等進行多年分析或比對。整體而言,台灣西岸各海域的目擊率,仍以苗栗南部-彰化北部和雲林南部-外傘頂洲西岸的目擊率較高(表六),再次確認這兩區為台灣族群密度分布的南北熱區。2008 年後資料較穩定可以進行年間變異分析,台灣西岸的海調目擊率,以 2010-12 年較高 (圖七),細看兩熱區各海域的目擊率變化雖都呈現波動的趨勢,整體上有下降趨勢,尤其是 2013 年目擊率都是歷年最低 (圖八)。進一步再細分兩熱區內不同區段,發現南熱區的兩區段目擊率漲跌大致互補,而北熱區的三區段整體有明顯下降趨勢,可惜最南段僅有兩年資料,趨勢難以判斷 (圖九)。

藉由照片的累積和個體辨識技術,今年的結果比過去多了 2 隻少年個體(由本族群的幼體長成),使自 2006 年以來的累積辨識隻數增加到 76 隻,除此之外,今年的個體辨識數量為 63 隻,相較於去年增加了 3 隻,仍在整體範圍內(歷年目擊範圍 60 到 66 隻)。今年度辨識出個體的年齡結構為:嬰幼期 10.61 %,少年期 31.82 %,青年期 31.82 %,成年期 19.70 %,老年期 6.06 %。不過僅在北熱區或南熱區出現(居留者)的個體年齡結構有明顯差異($X^2=19.085$,p<0.05),(圖十一 a,b),北區以老年與壯年較多,佔 53 % (n=26 隻),而南區無老年個體且以少年及嬰幼年為多,佔 61 % (n=31 隻),換言之,南區社群較年輕。另外,有 9 隻今年度在兩個區域皆有出現(遷徙者),年齡結構與南熱區年齡組成較相似(圖十一 c),這些個體多為原先偏好於南熱區活動者。

為分析每隻海豚的分布範圍,針對個體於 2006 - 2010 年及 2011 - 2013 年兩段時期的分布範圍進行比較 (圖十二),選出近 3 年內有超過 10 次目擊紀錄的 57 隻個體。我們發現兩段期間有明顯改變:(1) 南社群的個體數明顯減少,由前期的 34 隻降為 17 隻 (減50 %),(2)居留/遷移型個體比例有變,北社群前期居留型佔 74 %而後期則降為 27 %,而南社群居留型比例再前後兩期相近,20 % 與 27 %。整體而言,兩社群的居留型個體皆減少,遷移型的個體增加,而且有 3 隻的核心區也改變,由南部遷移型的個體變成北部遷移型,顯示其活動範圍明顯向北部移動。北居留型個體數減少的原因除了有 8 隻個體改變為北部遷移型之外,有 1 隻個體於 2009 年死亡,且另外 2 隻個體自 2011 年後便未再有目擊紀錄。南部社群個體減少的原因,除了有 3 隻南部遷移型的個體變成北部遷移型之外,其他有 13 隻個體在 2011 - 2013 年間的目擊次數小於 10 次,故不列入南部社群個體的統計結果。

在南北熱區的母子對目擊率以南熱區較高,在熱區內目擊到的7對次母子對當中,僅有1對次母子對的目擊點位於北熱區,其餘6對次皆在南熱區目擊。除此之外,彙整其他計畫調查目擊到的母子對,並根據照片辨識海豚之體色及體型大小判斷後分析,今年度西岸全區共目擊32對次母子對,其中包含13隻正在育幼的母親個體,較去年增加6隻。

透過每年持續照片累積與辨識,我們可以追蹤了解每隻個體的狀況,像是編號#47號個體在過去 2011 年被拍攝到時為正常個體,2012 年未拍攝到照片,但今年度再度發現時,該個體已出現嚴重的受傷痕跡 (圖十三)。而編號#116 個體在 2011 年時被拍攝到的照片正常,至 2012 年時發現身上掛有異物,而於本年度 7 月 4 日時異物依然存在,至7 月 27 日時所拍攝的照片可發現掛在身上的異物已消失 (圖十四)。編號#30 個體在 2011年 3 月曾目擊身上掛有網具,且在其後乃至於今年 (2012-2013)皆未再有目擊紀錄 (圖十五)。另外編號#14 和編號#46 個體至今已有兩年沒有目擊記錄,編號#4、編號#27及編號#115 個體至今已有三年沒有被目擊,且編號#66 和編號#107 迄今各有四年及五年沒有被目擊。此外,我們也在照片中發現有多隻個體出現皮膚病灶,在編號#67 及編號#40的背鰭及編號#62 的尾幹兩側發現包括有久未癒合的潰瘍,而在編號#43 的嘴喙、編號#61和編號#203 的背鰭及編號#21 的尾幹左側有發現橋色斑塊。總結,台灣族群個體應該正面臨很大的威脅,自 2008 年起深入追蹤發現有入隻至少兩年不見,兩隻在最近兩年身體上已明顯傷痕或掛有異物,約佔累積辨識個體數 (至去年為 74 隻)的 13.5%。

肆、 討論

一、中華白海豚的目擊率變化以及分布範圍

與歷年調查目擊率相比,本年度的南北熱區目擊率皆略為下滑,南北熱區間的目擊率各為 1.51 群/100 公里及 1.44 群/100 公里,相差不大,但是北熱區過去數年持續下降,另外,本年度由其他研究企劃所支持的雲林海域白海豚海上調查,同時也呈現目擊率下降之情況。此結果可能反應中華白海豚對於棲地利用的改變,但也有可能只是一般的年間變異。遺憾的是北熱區的最南段水域(台中港 - 彰化崙尾水道)的調查頻度不夠,此區又是南北遷移必經之處,因此未來也必須納入長期監測範圍,以釐清是否有其他影響造成海豚棲地活動區域改變。

雖然外傘頂洲海域的白海豚目擊率持續下降,本區今年群體中所含之母子對數目比例佔所有母子對的 83% (7對中有 6對在南熱區),與往年相近,顯示對外傘頂洲海域可能是一個非常重要的育幼區。彙整其他研究計畫的結果,本年度發現 4 隻為新生的嬰幼年個體,皆在南熱區海域,我們的歷年的觀察,除了去年 (2012) 沒有拍攝到任何新生

嬰幼體的照片 (但姚秋如在苗栗南有發現一隻),2009 年之後的新生幼體數量皆維持在 3-6隻。往後需要持續監測,以了解這些幼年個體的成長狀況與分布範圍以確認其對台 灣未來中華白海豚族群動態的影響。

在中華白海豚的個體分布範圍動態方面,南北社群居留型個體皆減少,北社群遷移型個體明顯增加,雖然顯示兩區的白海豚交流增加,但是也意謂可能因棲地品質下降因而擴大活動或覓食範圍,關於中華白海豚的食性研究顯示其食餌魚類多為近海、河口性魚種 (Jefferson 2000; Barros et al. 2004),但是台灣族群的食性尚未有資料,過去擱淺的少數案例,標本不是腐爛或就胃空不含內容物可供分析,建議未來應該增加食性分析研究並確認其棲地的食物資源豐度。

二、中華白海豚族群動態

● 個體辨識與年齡結構

自 2006 年至 2013 年計畫結束,總共已累積辨識出 76 隻個體,其年齡結構與香港族群 (成年、老年期個體合併比例將近一半,青年、少年期個體比例各約 10 %,Jefferson 2000) 明顯不同,相較之下台灣成年、老年期個體比例偏低,可能原因有二:(1) 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) 主觀分析認為,台灣族群的在少年、青年體色變化趨勢與廈門、香港族群明顯不同。壯年、老年的體色變化是否也有異,則須後續實際年齡與體色、生殖情形對應分析。(2) 受台灣沿海海域人為活動壓力及環境品質下降影響,台灣白海豚的個體壽命較短,故老年比例較少,詳見下段討論。除此之外,根據 2012 年針對台灣的白海豚身上傷疤研究指出,白海豚個體身上有傷疤的比例高達 42 %,其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(林 2012),本研究也發現自 2008 年以來的個體辨識追蹤發現至少有 8 隻個體多年未見 (2 年以上),新增加的傷疤或異物纏身亦非罕見,顯示台灣的白海豚族群確實正受到高度的威脅,是否因此減短壽命或減少生育力則需要進一步深入追蹤。

● 社會結構與棲地利用

過去研究曾依據 2006 - 2010 年白海豚空間活動範圍與社群連結關係的分析,將台灣中華白海豚分為兩個社群,其下有 4 個類型 (葉 2011;張 2011):南部社群 (下分為居留型、遷徙型)及北部社群 (居留型、遷徙型)。今發現近三年南北兩社群的遷移型的個體都明顯增加,居留型個體減少,舊南部個體北遷較多。意味不僅許多個體的活動範圍擴大,核心區也有所改變。一般來說,海豚活動的核心範圍為其主要覓食食餌資源之棲地 (Hastie et al. 2004),Rayment 等人 (2009) 也曾提出核心區可以提供重要的資源如庇護處或穩定的食源。白海豚活動範圍的擴大及位置改變,也許與食餌資源風度下降或是資源分布改變有關,當然也有可能只是正常的年間變異,需要往後的持續監測,並增

加中華白海豚的攝食生態與餌食資源研究來釐清其變異原因。

此外,南北兩社群的年齡結構也不同,北區老成年期海豚比例較高,南區嬰幼年期比例較高,且多年來一直未見有老年海豚,此趨勢與過去結果相同。顯示這兩區可能提供(比重)不同的棲地功能,雖然全區可見母子對,但是南熱區可能是較重要的育幼區。近三年發現僅有的4隻南區居留型個體中,有3隻皆為今年正在育幼的母豚。在育幼期間,雌性個體會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),故南熱區的食餌類別與資源豐度,還有明顯的淺灘地形,是否為育幼棲地的關鍵環境因子,需要進一步探究釐清。

三、中華白海豚面臨的危機

台灣中華白海豚族群地位的危機評估,目前能佐證的資料有:(1)族群量的年間變異趨勢,(2)海豚個體的傷病及人為創傷,(3)棲地利用的改變等。最後一項已在前述活動範圍改變可以看到警訊。前兩項分別討論如下。

白海豚族群量的估計與年間比較不易,其受到調查樣本數、研究方法與調查範圍的穩定性影響很大。很慶幸,本團隊自 2008 年後每年維持至少 60 趟以上的海上調查,然而白海豚目擊率在南熱區卻持續下滑,北熱區的目擊率雖有些上下波動,但近年也下降至最低點。雖然不同年間計畫執行的穿越線及調查範圍為因應不同目的有些變異,但每年累積可觀的照片量可提供可靠的照片辨識研究進行年間比較。回溯過去每年目擊的個體辨識量約為 60-66 隻,逐年減少,這是一個重要警訊。今年個體辨識量增加為 63 隻,主因是來自於族群內有 2 隻幼體已成長至可辨識標準,並補充進辨識資料庫中。一般動物族群的補充來源來自其他地區族群,或是足歲的幼年個體 (Wells and Scott 1990)。台灣的中華白海豚族群,在過去7年調查中,尚未發現與其他族群交流之情況發生。在沒有遷入、移出的狀況下,因此只有當出生率大於死亡率時,此族群才有機會成長。

然而本族群消失及重傷個體比例過高 (5 年約 13 %),林 (2012) 檢查皮膚外傷發現疑似人為創傷者高達 42 %,這提供了另一個警訊。今年持續觀察了台灣中華白海豚的傷疤類型,發現共有 5 隻中華白海豚 (編號#9、#26、#62、#83 及#107) 有船槳傷痕,其中編號#107 自 2009 年有過目擊紀錄後,至今不曾再有目擊記錄,懷疑該個體可能已經死亡。另外於今年新發現編號#47 個體的嚴重傷痕,是由於該個體在 2012 年被魚網纏繞所導致的 (Slooten et al. 2013,文獻中有照片證實),這樣的傷痕應與漁業活動頻繁有關。台灣中華白海豚除了面臨海岸與潮間帶快速開發的環境衝擊外,食源也與漁業的目標物種大幅重疊,尤其鯧科和石首魚科都是漁業的重要目標魚種 (柯 2011;林 2012),未來如何取得平衡管理將是一大考驗。

不良的水質環境可能造成皮膚病變,台灣白海豚皮膚病發生的比例約為 37.1 %,比 起其他國家對於近岸海豚皮膚病之研究來的低 (Yang et al. 2013)。本年度目擊到有 3 隻 白海豚出現久未癒合的皮膚潰瘍病灶,其中以編號#62的皮膚病灶最為嚴重(圖十六)。 另外更有多隻出現橘斑 (orange film) 病灶 (圖十七)。而橘斑出現的原因可能表示皮膚新 生速度減弱或泳速下降 (Yang et al. 2013)。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),另外棲地破碎化可能會是造成海豚免疫力下降及後 續皮膚的關鍵原因 (Harzen and Brunnick 1997)。台灣西岸沿岸缺乏長期且完整的水質監 測資料,對於白海豚棲地環境的品質目前也難以評估。棲地品質會直接影響生態承載量, 進而影響族群大小與變化趨勢 (Shaffer 1981)。

台灣白海豚族群目前如此稀少 (可能不到 80 隻) 且面臨不小的人為活動威脅,建議要盡速成立有主動保育措施的保護區,維護白海豚的安全與健康 (如:加強白海豚棲息環境內之違法行為 (底拖網) 取締,及研擬可能的禁漁期以復育白海豚棲地內之食餌資源等)。若能劃出範圍夠大的保護區,並確實遵守保護區內的規範,在白海豚能以目前持續穩定的增加新生個體的前提之下,還是有機會能從族群量很少的狀況下,成功恢復族群大小。如 Northern elephant seal (Mirounga angustirostris)、Guadalupe fur seal (Arctocephalus townsendi)、Southern right whale (Eubalaena australis) 皆為國際上成功復育的範例 (Slooten et al. 2013),頗值得做為我國借鏡。

伍、 參考文獻

- Aguilar, A., Borrell, A. (1994). Reproductive transfer and variation of body load of organochlorine pollutants with age in fin whales (*Balaenoptera physalus*). Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 27: 546-554.
- 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.
- Bejder, L., Samuels, A., Whitehead, H., Gales, N., Mann, J., Connor, R., Heithaus, M., Watson-Capps, J., Flaherty, C., Krutzen, M. (2006). Decline in relative abundance of bottlenose dolphin exposed to long-term disturbance. *Conservation Biology*, 20: 1791-1798.
- Burkhart, S.M., Slooten, E. (2003). Population viability analysis for Hector's dolphin (*Cephalorhynchus hectori*): a stochastic population model for local populations. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 37: 553-566.
- Caswell, H., Brault, S., Read, A.J., Smith, T.D. (1998). Harbor porpoise and fisheries: An uncertainty analysis of incidental mortality. *Ecological Applications*, 8: 1226-1238.
- 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.
- 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.
- Dans, S.L., Alonso, M.K., Pedraza, S.N., Crespo, E.A. (2003). Incidental catch of dolphins in trawling fisheries off Patagonia, Argentina: Can populations persist? *Ecological Applications*, 13: 754-762.
- Dungan, S.Z., Hung, S.K., Wang, J.Y., and White, B.N. (2012). Two social communities in the Pearl River Estuary population of Indo-Pacific humpback dolphins (Sousa chinensis). *Canadian Journal of Zoology*, *90*: 1031-1043.
- Fernandez, A., Edwards, J.F., Rodriguez, F., de los Monteros, A.E., Herraez, P., Castro, P., Jaber, J.R., Martin, V., Arbelo, M. (2005). "Gas and fat embolic syndrome" involving a mass stranding of beaked whales (Family Ziphiidae) exposed to anthropogenic sonar signals. *Veterinary Pathology*, 42:446-457.
- Gerrodette, T., and Forcada, J. (2005). Non-recovery of two spotted and spinner dolphin populations in the eastern tropical Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 291: 1-21.
- 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.
- Hoyt, E. (2005). Marine Protected Area for whales, Dolphin and Porpoises. A World Handbook for Cetacean Habitat Conservation, London, Sterling, VA: Earthscan, 2005; 492 pp.
- Harzen, S., and Brunnick, B.J. (1997). Skin disorders in bottlenose dolphins (Tursiops truncatus), resident in the Sado estuary, Portugal. *Aquatic Mammals*, 23: 59-68.
- 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 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., and Van Waerebeek, K. (2004). Geographic Variation in Skull Morphology of Humpback Dolphins (*Sousa* spp.). *Aquatic Mammals*, 30(1): 3-17.
- MacLeod, C.D., Bannon, S.M., Pierce, G.J., Schweder, C., Learmonth, J.A., Herman, J.S.,

- Reid, R.J. (2005). Climate change and the cetacean community of north-west Scotland. *Biological Conservation*, 124: 477-483.
- Neira, S., and Arancibia, H. (2004). Trophic interactions and community structure in the upwelling system off Central Chile (33-39degreeS). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 312: 349-366.
- Rayment, W., Dawson, S., Slooten, E., Bräger, S., Fresne, S.D., and Webster, T. (2009). Kernel density estimates of alongshore home range of Hector's dolphins at Banks Peninsula, New Zealand. *Marine Mammal Science*, 25: 537-556.
- 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). In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2.
- Richardson, A.J., and Schoeman, D.S. (2004). Climate impact on plankton ecosystems in the Northeast Atlantic. *Science*, *305*: 1609-1612.
- 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.
- 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.
- 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., 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.

- 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.
- Woshner, V., Knott, K., Wells, R., Willetto, C., Swor, R., O'Hara, T. (2008). Mercury and selenium in blood and epidermis of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from Sarasota Bay, FL: interaction and relevance to life history and hematologic parameters. *Ecohealth*, 5: 360-370.
- 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.
- 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。
- 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,2011。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。
- 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。

郭毓璞。2013。臺灣西海岸中華白海豚族群之時空變異。國立台灣大學生命科學院生態 學與演化生物學研究所碩士論文。99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、各航線的努力量。

| 調查海域 | 苗栗白沙屯 - 台中港 | 外傘頂洲西側 |
|-------------|-------------|--------|
| 調查趟次 | 10 | 10 |
| 努力里程 (km) | 692.60 | 332.29 |
| 努力時數 (hr) | 47.77 | 27.62 |
| 總努力里程 (km) | 1024.89 | |
| 總努力時數 (hr) | 75.38 | |
| 平均努力里程 (km) | 51.24 | |
| 平均努力時數 (hr) | 3.77 | |
| | | |

表二、各航線的中華白海豚目擊率。

| 調查海域 | 苗栗白沙屯 - 台中港 | 外傘頂洲西側 |
|------------|-------------|--------|
| 有效群次 | 10 | 5 |
| 趙次目擊率 | 40% | 40% |
| 群/趟 | 1 | 0.5 |
| 隻/趟 | 3.50 | 1.00 |
| 群次/10 小時 | 2.09 | 1.81 |
| 群次/100 公里 | 1.44 | 1.51 |
| 總群次/10 小時 | 1. | .99 |
| 總群次/100 公里 | 1. | .46 |

表三、白海豚目擊地點環境因子。

| 調查海域 | 苗栗白沙屯 - 台中港 | 外傘頂洲西側 |
|-----------|------------------|------------------|
| 水溫 (℃) | 29.66 ± 0.87 | 29.70 ± 0.70 |
| 鹽度 (%0) | 31.01 ± 3.99 | 32.07 ± 0.63 |
| pН | 8.06 ± 0.06 | 8.18 ± 0.15 |
| 濁度 (NTU) | 9.42 ± 10.82 | 12.61 ± 9.04 |
| 水深 (m) | 7.82 ± 1.57 | 5.50 ± 1.49 |
| 離岸距離 (km) | 0.80 ± 0.23 | 0.40 ± 0.15 |

表四、海上調查目擊白海豚年齡結構。

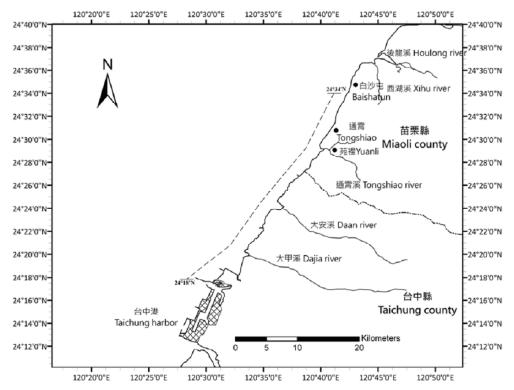
| 調查海域 | 苗栗白沙屯 - 台中港 | 外傘頂洲西側 |
|--------------|-------------|--------|
| | (n=35) | (n=29) |
| 老成年 (白斑>50%) | 82.86% | 37.93% |
| 青少年 (白斑<50%) | 11.43% | 51.72% |
| 嬰幼年 (全黑或灰) | 5.71% | 10.34% |

表五、各航線的中華白海豚群體資訊。

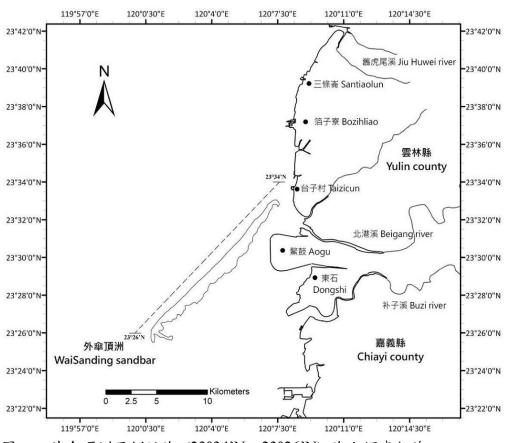
| 調查海域 | 苗栗白沙屯 - 台中港 | 外傘頂洲西側 |
|----------------|-----------------|-----------------|
| | (n=10) | (n=7) |
| 平均每群隻數 (±標準偏差) | 3.50 ± 2.27 | 4.14 ± 4.02 |
| 累積目擊母子對 | 2 | 5 |
| 平均每趟次母子對 | 0.2 | 0.5 |
| 育幼群次比例 | 20% | 71.43% |

表六、彙整各計畫歷年 (2006-2013年) 於各調查區段之目擊率。

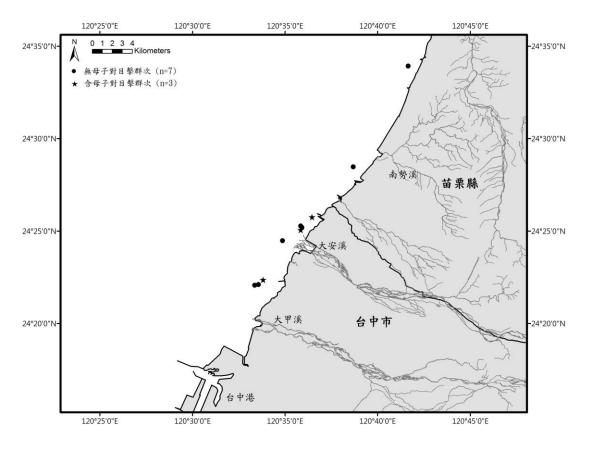
| 調查區段 | 群/100 公里 | 群/10 小時 |
|------|----------|---------|
| 苗栗北 | 0.84 | 1.20 |
| 苗栗南 | 1.89 | 2.50 |
| 台中北 | 2.82 | 3.74 |
| 台中南 | 2.27 | 2.85 |
| 彰化北 | 1.48 | 1.90 |
| 彰化南 | 0.71 | 0.87 |
| 雲林北 | 0.32 | 0.37 |
| 雲林南 | 2.68 | 3.05 |
| 外傘頂洲 | 2.23 | 2.44 |
| 嘉義 | 0.49 | 0.57 |

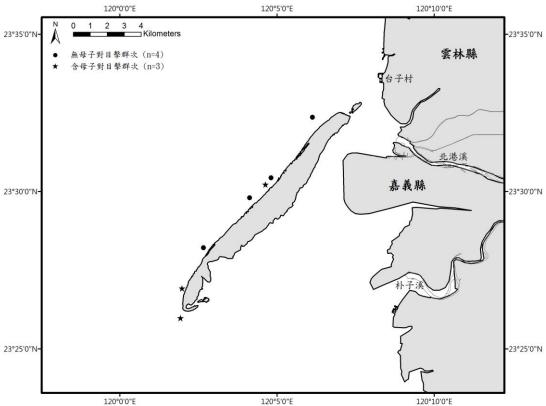


圖一、苗栗白沙屯-台中港 (24°34'N-24°18'N) 海上調查航線。

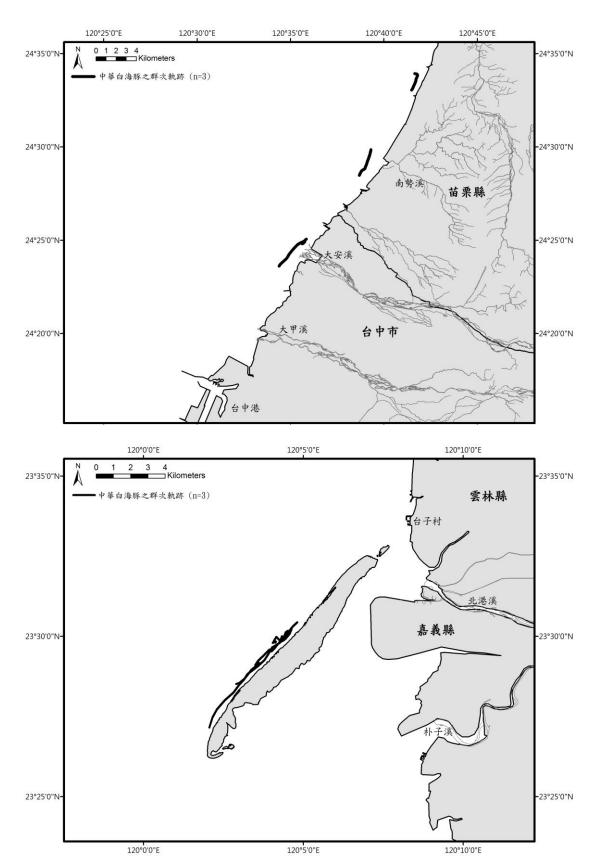


圖二、外傘頂洲西側沿海 (23°34'N-23°26'N) 海上調查航線。

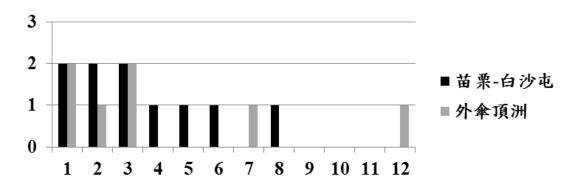




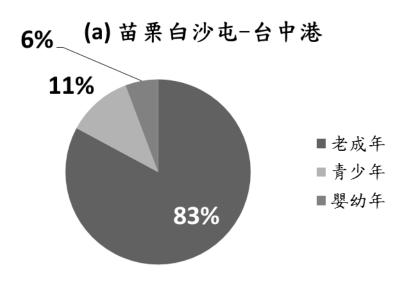
圖三、中華白海豚之目擊位置圖 (a) 苗栗白沙屯 - 台中港調查海域 (n=10); (b) 外傘頂洲西側海域 (n=7)。

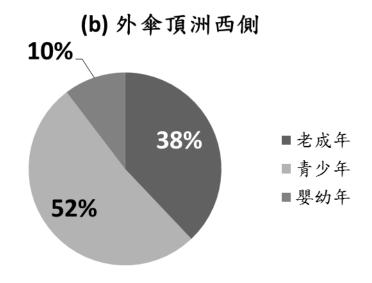


圖四、中華白海豚目擊觀察 30 分鐘以上的海豚移動軌跡圖 (a) 苗栗白沙屯-台中港調查海域 (n=3); (b) 外傘頂洲西側海域 (n=3)。

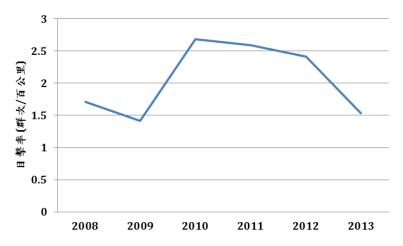


圖五、調查海域的中華白海豚目擊群體大小頻度。



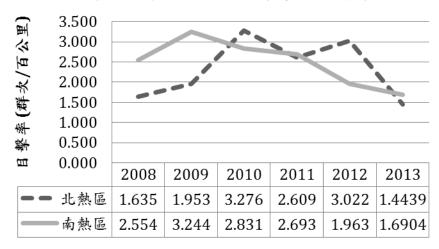


圖六、台灣西海岸中華白海豚海上目擊資料的年齡組成 (a) 苗栗白沙屯 - 台中港海域; (b) 外傘頂洲西側海域。

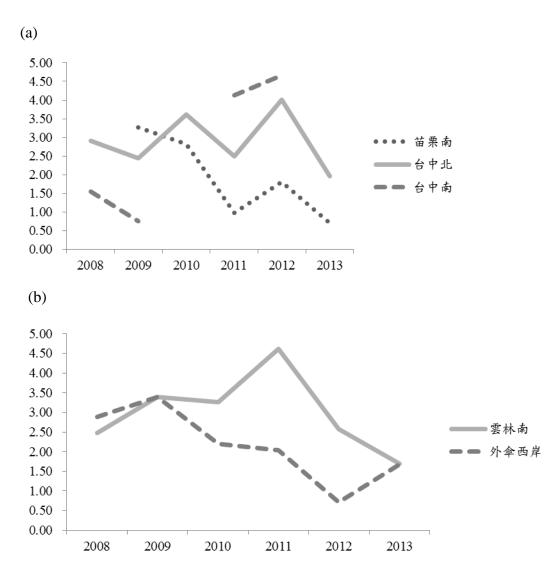


圖七、近六年台灣西海岸中華白海豚目擊率 (群次/百公里) 年間變異。

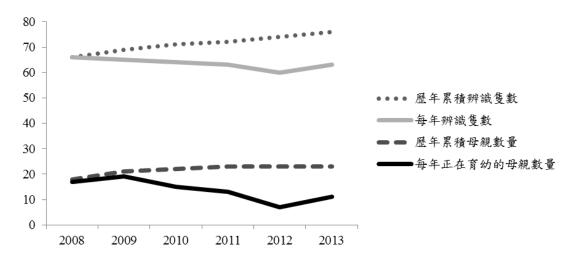
台灣西海岸南北熱區目擊率變化趨勢



圖八、近六年台灣西海岸中華白海豚南北熱區目擊率 (群次/百公里) 變化趨勢。

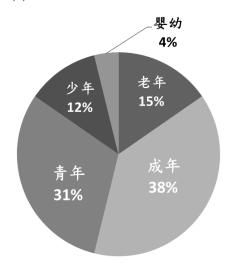


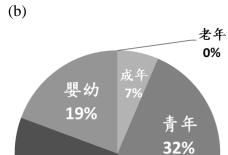
圖九、各海域中華白海豚目擊率年間變化 (a) 北熱區各海域目擊率年間變化 (2008 年苗栗南海域並未監測,2010 年台中南海域由於調查海域不完整而不列入計算,2013 年並未執行台中南海域之調查) (b) 南熱區各海域目擊率年間變化。



圖十、台灣西海岸中華白海豚累積辨認個體數量。

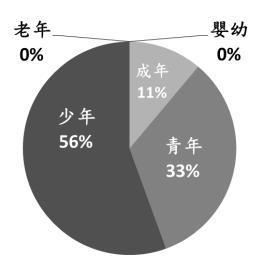




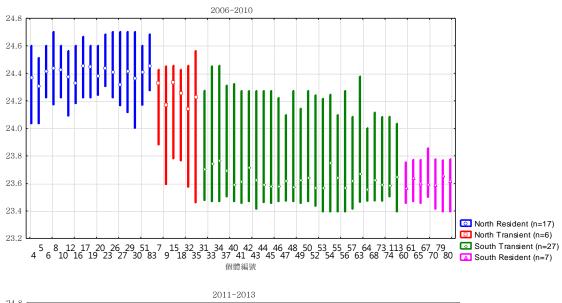


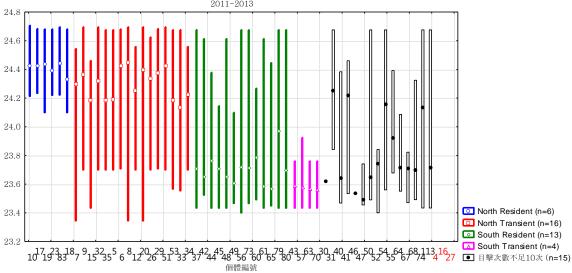


(c)



圖十一、本年度經由照片辨識的中華白海豚個體的年齡組成,(a) 北熱區之個體年齡組成 (n=26);(b) 南熱區之個體年齡組成圖 (n=31);(c) 南北熱區皆有目擊之個體年齡組成 (n=9)。





圖十二、2006-2010 (n=57) 及 2011-2013 (n=57) 台灣西岸中華白海豚緯度活動範圍示意圖。中空方塊代表中位數緯度,柱狀兩端則各代表最大值與最小值。深藍色代表北部居留型個體,紅色代表北部遷徙型個體,綠色代表南部遷徙型個體,桃紅色代表南部居留型個體,黑灰色代表目擊次數不足 10 次的個體,個體編號若為紅色 (n=3),則代表該已確認死亡或未曾再有目擊記錄的個體。

(a)





(b)





圖十三、編號#47個體 (a) 2011年照片正常 (b) 2013年有嚴重受傷痕跡。

(a)



(b)



(c)



(d)



圖十四、編號#116 個體 (a) 2011 年照片正常 (b) 2012 年身上掛有異物 (c) 2013.07.04 異物依然存在 (d) 2013.07.27 掛在身上的異物已消失。



圖十五、編號#30個體曾於2011年3月被拍攝到身上掛有網具的照片,而後至 今不曾再次目擊此個體。





圖十六、編號#62個體的背鰭及尾幹兩側皆出現久未癒合的潰瘍皮膚病灶。





圖十七、編號#21個體的尾幹左側及編號#43個體的上嘴喙皆出現橘斑皮膚病灶。

第參章、中華白海豚在重要棲息環境範圍之時空密度變異 周蓮香、郭毓璞、陸禹涵、林子皓、余欣怡

國立台灣大學生態學與演化生物學研究所

摘 要

為精確了解台灣西海岸的中華白海豚族群之空間與季節性分佈模式,本研究透過新設計的 Z 字型穿越線進行每季一趟在所有已知分佈水域範圍並東西向加寬調查。已完成兩年 7 季 (每季 5 - 6 天) 全區調查,結果發現目擊點的分布與過去相似,仍以近岸淺水區為主,南區的目擊率較低且年間變異大 (尤其是冬季)。未發現中華白海豚有明顯的季節的遷徙性,不過調查樣本數少和冬季海況差仍可能有影響。以穿越線模型估算出西海岸中華白海豚族群密度為 0.11 (CV=33.6 %) 隻/平方公里,可推算族群量為 71 隻 (95 % CI:37 - 137 隻)。另外在嘉義海域有過三次白海豚目擊,顯示此區亦有中華白海豚棲息,建議未來中華白海豚野生動物重要棲息環境應考量擴大將此區納入。

壹、 前言

中華白海豚 (Sousa chinensis) 主要棲息在沿岸、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),這些區域與漁業活動和近海相互重疊,對中華白海豚的生存有不小的影響。其中台灣西海岸中華白海豚的族群由於族群數量小於 100 隻 (Wang et al. 2004),其保育狀態在 IUCN 紅皮書被列為 Critically Endangered (CR) 等級 (Reeves et al. 2008),獨立於其他區域族群 Near Threatened (NT)之外,故其保育相關措施的推行迫在眉捷。本團隊自 2006 年開始即針對台灣西海岸近岸淺水區進行集中生態調查 (周 2006-2012),並透過照片辨識捉放法估算出台灣西海岸之中華白海豚之族群大小小於 75 隻左右且可能有減少的趨勢 (余 2010;郭 2013)。本計畫自 2012 年開始每季一次使用 Z 字型穿越線於台灣西海岸海域進行中華白海豚調查,以作為系統性族群密度估算的依據,並累積全域現地環境因子資料 (周 2012)。本年度沿續 2012 年之季節性調查,以提供更為完善的中華白海豚族群和分佈資料。

由於過去大多數的中華白海豚研究皆於氣候穩定之春夏季為主,而目前已知許多其他沿海區域之鯨豚類其分布區域皆會因季節而有所變異 (Rayment et al., 2010),可能與他們捕食的魚類季節分布有關。南非、泰國以及中國珠江口的中華白海豚也已發現族群隨季節變異的現象 (Karczmarski et al. 1999; Jaroensutasinee et al. 2011; Chen et al. 2010),台灣的白海豚族群是否也有類似的四季變化相當值得探究。

因此本研究是要全面了解白海豚在台灣西岸的空間及季節分布模式。除了過去的僅以海岸平行穿越線在近岸淺水區調查外,新增加利用 Z 字型穿越線調查法横跨所有中華白海豚重要棲息環境預定地,執行兩年四季的全區調查。

貳、 材料與方法

一、 海上調查

● 監測區域:

調查橫跨苗栗至嘉義沿海 (24°44'N - 23°20'N),水深 3-25m 範圍之海域,並以重要棲息環境預定地為界 (圖一)。每季 1 次,2012 年調查三次,2013 年四次,總計進行7次(表一)。

● 監測方式:

穿越線是一種估計密度的系統性調查方式 (Buckland et al. 2001),傳統的穿越線為横跨監測區域的平行線。但台灣西海岸的中華白海豚由於其分布範圍呈現一南北狹長的帶狀區域,執行標準穿越線將會耗費大量時間在海上調查中的無效努力航線,因此本計畫採用 Z 字形穿越線調查法 (Zigzag; Strindberg & Buckland, 2004),針對苗栗至嘉義沿海水深 3-25m 的範圍進行跨季監測。本計劃延續 2012 年的規劃,於今年每季選擇天氣良好時,執行 4 次海上調查 (每季 1 次),每次調查需 5-6 天,第一季與第二季使用同一艘船(娛樂漁船彰濱一號),中途會寄港停靠外埔、台中、崙尾、布袋等漁港。第三

季與第四季則使用另一艘船 (娛樂漁船尖再發七號) 執行,中途寄港停靠外埔、台中、 麥寮、布袋等漁港。

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),當天氣狀況不佳難以進行有效觀測,或是當進行海豚追蹤時,則視為無效之努力量 (Off-effort)。調查船上有至少五人輪流觀測,海上調查過程中船速保持在 9 節以下 (海浬/小時)。由於船隻的不同,彰濱一號人手配置為船首安排兩名人員觀察左右各 90 度角的海面範圍,船頂配置一名人員觀察前方 180 度角海域,肉眼高度約為 2.5-3 公尺之間,以望遠鏡及肉眼搜尋中華白海豚蹤跡;尖再發七號則於船頂安排兩名人員觀察左右各 90 度角的海面範圍,船艏配置一名人員觀察,肉眼高度約為 5-6 公尺之間,以望遠鏡及肉眼搜尋中華白海豚蹤跡。為防止觀察疲勞,每人連續觀察 20-30 分鐘後輪替到休息位置。當遇見海豚時,紀錄最初發現海豚的直線距離與角度,利用三角定位法計算出海豚距離穿越線的垂直距離,並視情形慢慢接近動物估算海豚隻數,觀察約二十至三十分鐘,完成填寫鯨豚目擊紀錄表後,便返回穿越線上繼續進行下一群之搜尋。

環境因子方面將在調查航程中每十分鐘設採樣點,利用 YSI 30 (Y.S.I., U.S.A.) 量測水表溫度、鹽度,YSI 60 (Y.S.I., U.S.A.) 量測水表氫離子濃度 (pH)、HACH 2100Q (HACH, U.S.A.) 量測濁度,以及記錄當時漁探機顯示之深度。目擊後當距離足夠接近時,則會以此作為白海豚接觸點,並量測以上的環境因子。最近離岸距離則在事後將採樣點和目擊點以 ESRI ArcGIS 軟體中的 Near 工具對本實驗室更新的台灣海岸線圖資進行批次計算。

二、 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 (θ),再利用公式 Y=R sinθ,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 (Thomas et al. 2010) 推算而得。推算族群密度的公式如下:

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

 \hat{D} = 所欲推估之海豚的族群密度(以群為單位)

n =發現群次

 $\hat{f}(0) = 在垂直距離為 0 時,所發現海豚群體的機率$

 $\widehat{E}(s)$ = 海豚群體大小的期望值

 $\hat{q}(0)$ = 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:

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

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 9.3 之 Xtools 計算面積)

因預估離穿越線過遠的資料在軟體中可能會嚴重影響有效偵測距離曲線之模擬,故嘗試去除各種界限 (不處理、去除 500,600,700 公尺以上等) 外之離群值,選取估算結果當中 CV 值最小的作為理想結果。之後進行統計模型選擇,挑選了 Uniform 以及 Half-normal 兩種統計分布,搭配無校正、Cosine 校正、Simple Polynomial 校正三種校正曲線共六種模型進行運算,最後以 AICc (Akaike Information Criterion correction) 最小之模型做為估算呈現之結果。

透過來自臺灣西海岸南北以及近岸離岸不同水深情況的環境因子取樣資料,計算出其分布模式,並和中華白海豚目擊點的環境因子比較,使用 ArcGIS 9.0 MGET 工具 (Robert *et al.*, 2010) 做出密度分布圖 (Density histogram) 並佐以無母數統計的 Wicoxon sum rank test 法找出影響中華白海豚的棲地分布的因子。

三、 環境因子分佈圖

為了將來自臺灣西海岸南北以及近岸離岸不同水深情況的環境因子取樣資料,和中華白海豚目擊點的環境因子比較,並探究其分布模式,本研究選用無母數統計的核密度估計法 (Rosenblatt 1955; Parzen 1962) 轉換兩組環境因子資料成為分布機率函數,製成曲線圖並套疊在同一張圖中以做為目擊點和測站環境因子的質性比較。定量方面則以無母數統計的 Wicoxon sum rank test 法找出影響中華白海豚的棲地分布的因子。

四、 年間與季節變異

年度變異方面則使用不同季目擊點之緯度做出空間分布圖來觀察其南北變異趨勢。季節變異方面則會將各季的南北熱區目擊資料彙整起來,分析是否有季節性南北遷 徙現象。

參、 結果

一、 調查努力量與目擊率

在 2013 年的四季調查中,總共進行了廿一趟次的調查 (第一季有一趟浪大折返),每季進行五趟次,總有效努力里程共 1630.2 公里 (平均每日進行 81.51 公里之調查),各季之調查時間與努力量列於表一。調查途中共目擊中華白海豚 18 群次,其中 16 群次為有效努力目擊群次,每百公里有效努力里程目擊群次為 0.980 群/百公里,平均每群隻數為 3.3 隻 (範圍 1-5 隻,中位數 3 隻)。各區海域之努力量與發現群次如表二。

2013年之海豚目擊位置圖如圖二,本年度所目擊之海豚仍是多集中於臺中至彰化沿岸海域,即臺中大安溪至彰化崙尾水道口外沿岸海域,不同於過去的是在外傘以南之嘉義海域 (未納入中華白海豚野生動物重要棲息環境範圍) 這兩年共有 3 次目擊紀錄,比例頗高 (17%)。

二、 族群密度與豐度計算

密度與豐度估算方面,由於單年度樣本數量小,遂以彙整兩年資料做估算。在Distance6.0 軟體中,為使資料分布能符合可能之統計模型,將目擊之海豚離穿越線距離超過500公尺之離群值刪除,計算各種統計分布模型之後選出有最小AICc值的Half-normal distribution (模型曲線見圖三),並以此模型估計出穿越線密度公式的各參數(表三)。調查區域內的海豚整體偵測率為0.26(CV=19.25%),有效偵測寬度為132.22公尺(95%CI為89.017-196.39公尺),其族群密度為0.11(CV=33.6%)隻/平方公里,將上述密度乘以調查區域大小650平方公里得到初估族群豐度71隻(95%CI為37-137隻)。

三、 環境因子

為瞭解中華白海豚對棲息環境的選擇或偏好,除了海豚出現位置的水質因子測量值外,也必須同時蒐集整體環境的水質因子概況,後者以2012-13年的1298個環境測站資料當指標。

● 測站環境因子:

環境測站測量水表溫度表層海水鹽度濁度 pH 值等 4 個水質因子。彙整兩年間的環境因子,水表溫度受到季節影響,平均為 27.3 ± 2.60 °C。表層海水鹽度受到河口位置與氣候影響,一般來說河口由於淡水注入會產生低鹽潮間帶,今年除去在大肚溪口、大甲溪口、大安溪口與濁水溪口皆量測到較低的鹽度外,在非靠近河口區域所量測之鹽度多介於 30-35 ppt 之間,總體平均鹽度為 32.1 ± 3.26 (S.D.) ppt。濁度與鹽度類似,受到天氣、沙洲、潮汐、河水暴漲等因素影響,在靠近河口處會測得較高的濁度,其中最大值 172 NTU 發生在外傘頂洲,次大值 171 NTU 則發生在濁水溪口以北,而非河口區域所測得之濁度多為 20 NTU 以下,總體平均為 10.6 ± 15.60 (S.D.)。海水 pH 值一般來說穩定偏齡約在 pH 8 左右,但在暴雨過後相當近河口區域與麥寮六輕工業區放流水口附近海域會測得較低的 pH 值,總體平均 8.1 ± 0.26 (S.D.)。

測站水深與離岸距離受到航線規劃影響,平均水深為 12.1 ± 6.29 (S.D.) 公尺,平均離岸距離為 2.6 ± 1.59 (S.D.) 公里 (表四)。

● 白海豚接觸點環境因子:

由於海豚目擊接觸點稀少,彙整兩年間接觸點之環境因子,結果以中位數表示:溫度為 28.8°C,鹽度為 32.4 ptt,pH 值為 8.12,濁度為 6.12 NTU,水深為 7 公尺,最近離岸距離為 1.5 公里 (外傘區域離岸距離 2012 年以 2011 年所繪製之地圖為基準,由於外傘頂洲漂沙變動極快,2012 年時少部分目擊點已與外傘陸岸區域重疊,故並沒有使用此圖資計算離岸距離,而 2013 年則是以 2013 年所繪製之外傘圖資為基準,以算出最精確的

離岸距離)。詳細數據如表五所示。

依據兩年來所收集到的資料,比對環境監測測站與白海豚接觸點環境因子密度分佈如圖四,比較結果可見 (a) 雖然航線測站的水深分佈最深可及 32.7 公尺,然而中華白海豚接觸點卻是偏向 10 公尺以內 (佔 76.7 %),使用 Wilcoxon sum rank test 顯示目擊點和測站之中位數有顯著差異 (p<0.05); (b) 中華白海豚接觸點離岸距離分布主要在離岸 2公里左右,少部分在離岸 2-6 公里區域,在 2013 年有 2 次目擊離岸距離高於 4 公里,分別在雲林濁水溪出水口及外傘以南嘉義海域,使用 Wilcoxon sum rank test 顯示目擊點和測站之中位數亦有顯著差異 (p<0.05); (c) 海豚接觸點的 pH 值分布和環境測站比起來略為偏鹼但無顯著差異,且另有一次目擊點之 pH 偏低 (pH=7.62),位於麥寮流放水口; (d) 不論測站或目擊點的溫度皆有 2 個波峰,第一、四季 (1 月至 3 月、10 月至 12 月) 溫度偏低,第二、三季 (4 月至 9 月) 溫度則偏高; (e) 目擊點與測站之鹽度主要波峰相近,位於鹽度 32 - 33 ppt,而目擊點在鹽度較低的區域有些許波峰,但主要鹽度仍為 30 ppt 至 35 ppt; (f) 測站與目擊點的濁度分布無顯著差異,濁度多在 10-15 NTU 以內。

四、 季節變異

過去中華白海豚棲息熱區以緯度 24 度 34 分至 24 度 4 分為北熱區,23 度 47 分至 23 度 26 分為南熱區。彙整在 2012 與 2013 年的目擊資料,以緯度 24 度 4 分將臺灣西海岸分為南北區塊,考量到台灣位居亞熱帶,四季的變化並沒有非常明顯,故將第一季和第四季資料彙整為冬季,第二季與第三季彙整為夏季,並以比例方式呈現詳細資料於表六,兩年來夏季的北區南區目擊比例大致相似,北區在 55 - 57 %左右,南區則在 42 - 44 %左右;冬季的變異則相當大,尤其南區從 2012 的 66.67 %到 2013 年的 0 % (意即今年冬季無任何目擊點)。

肆、 討論

一、 棲地利用的改變?-臺中港至崙尾水道的重要性

臺中港至崙尾水道為北熱區的範圍,在今年度發現機率突增,而其他海域則下降許多。2012年在雲林外傘目擊率較高(南熱區),今年(2013)則是以臺中大甲溪以南至彰化崙尾水道口目擊群次較多(北熱區)。最近幾年(周 2010; 2011; 2012)熱區調查僅有臺中港以北至白沙屯及雲林外傘海域,臺中港以南至彰化崙尾水道口則只有本計畫之全區調查時包含在內。由於全區調查一季僅調查一次,現階段資料之累積尚不足以分析估算單一區域之密度及豐度,但今年此區的高目擊事件突顯了未來強化調查北熱區中臺中港至崙尾段落的必要性。比較去年與今年林務局計劃的局部南北熱區的調查(北熱區僅調查臺中港以北至白沙屯海域,南熱區則調查外傘頂洲上緣海域),北熱區目擊率由 2012年 3.00 群/百公里目擊率降至 2013年 1.44 群/百公里;南熱區由 2012年 1.96 群/百公里降至 2013年 1.69 群/百公里。這樣的結果與本研究的全區分佈結果大致符合,根據熱區與全區調查年度間的差異,推測今年中華白海豚在北熱區所密集使用的棲地可能南移到

了臺中港以南至彰化崙尾水道口這段海域。造成此棲地偏好改變的可能性有很多,例如 天然或人工造成的環境的改變、海豚的年間或季節遷徙、分季調查取樣上的誤差、樣本 數不足 (無論是熱區調查或西海岸全區調查的樣本數受限於經費一年都僅有二十趟 次)。過去研究顯示台灣西海岸的中華白海豚有著隨食物資源而在微棲地集中的現象 (葉 2011),本研究直到 2013 年在彰化南段仍缺乏目擊這點即和過去棲地忠誠性研究所提出 的南北熱區範圍相符 (周 2011),因此本計畫今年所發現的狀況極可能是環境惡化或動 物行為劇變的警訊,建議明年度的熱區調查可以增加台中港到彰化崙尾水道口海域,以 期更深入瞭解中華白海豚在台灣西海岸的棲地利用變化狀況。

二、 中華白海豚生態習性與嘉義海域的棲地利用

目擊點的分布與過去所觀察到的中華白海豚生態習性相似,仍以近岸為主,並在河口附近出沒 (周 2012)。2012 年在調查區域南端的嘉義海域曾出現兩次目擊紀錄,尤其是其中一次曾在嘉義最南端的八掌溪口。今年則是在離岸較遠的外傘頂洲以南海域出現,由於該海域為一地形平緩的巨型大陸棚,雖然該目擊點在離岸距離上較遠 (4.71 公里),但是水深僅 8.9 公尺,仍在過去所彙整之中華白海豚分布 95 % CI 水深 (周 2012) 以內。而由於過去外傘頂洲東側與嘉義沿海進行系統性調查趟次和目擊資料都相當有限,造成現階段之中華白海豚野生動物重要棲息環境並無考量此區域,建議未來修正規畫時將該區塊併入考量以完善此瀕危族群的棲地保育情況。

三、 中華白海豚族群數量穿越線模式估算

今年執行四季的調查,總共累積了七季的樣本,將 2012 年與 2013 年的資料彙整後所估算出的族群豐度為 71 隻 (95 % CI 範圍 37 - 137 隻),較去年結果的精準度提升,今年變異係數 (CV) 33.6 %,明顯小於去年的 52.09 % (去年的族群豐度估算為 112 ,95 % CI 範圍 41 - 302 隻,周 2012),顯見調查趟次增加將可以增加密度豐度估算的精準度。表七列出近年來過去臺灣地區以穿越線或捉放法所估算的中華白海豚族群豐度與密度估算,與本計劃做比較,在近幾年的研究中標記再捕捉法所估算出來的族群豐度和本研究所估算的結果大致接近,更再次確認了本族群個體數量低於 80 隻的結論 (余 2010; Wang et al. 2012; 郭 2013)。而今年截至目前的標記再捕捉法共目擊 64 隻,累積共 76 隻,其中確認死亡 1 隻,也與估算的數量相似。而依據本計劃兩年間數據的計算,豐度之 CV 值已較去年下降許多,可信度高,建議未來可以每三年為一間隔進行兩年期臺灣西海岸的全域調查密度估算,以其了解臺灣西岸中華白海豚群的長期密度和區域變動趨勢。

四、 環境因子

● 測站與目擊點的不同 - 水深與離岸距離

水深和離岸距離是本計畫量測的六個環境因子當中唯二在目擊點和測站兼有統計上的顯著差異的因子。根據過去研究中的預測模型指出,影響臺灣西海岸中華白海豚出現的重要環境因子主要有水深最大值及標準差、鹽度標準差與離岸距離 (葉 2011)。在

水深分佈的部分,由於測站點位受到航線與地形的影響,Z字型航線大致上以水深約25 米為界進行規劃,造成測站所測得之水深偏向20公尺以內。本計劃發現中華白海豚目擊點的水深分佈大多在10公尺以內,而無20公尺以上的水深目擊,超過14公尺以上之目擊多位於商港、工業港等出口,為航道挖深區域。離岸距離的分佈部分,測站仍然受到航向與地型影響其分佈位置,幾乎所有航線皆包含離岸較近的區域(離岸3公里以內),故有著較多的取樣,離岸較遠的區域(離岸4公里以上)分佈在臺中港以南至外傘頂洲與外傘以南嘉義海域。分佈的波峰約位於2公里,而目擊點的離岸距離分佈波峰也位於2公里內。這樣的結果符合過去對中華白海豚棲息環境的了解,水深不超過20公尺,離岸4公里以內(Karczmarski et al. 2000; Hung and Jefferson 2004; 周蓮香2008)。

● pH 值

測站的 pH 值分佈較目擊點來得寬與分散,整體仍與目擊點主要的分佈範圍重疊,雖然後者的分佈稍微偏向 pH 值較高區,統計測試不顯著。過去在雲林縣沿海小範圍內的研究發現中華白海豚的覓食活動指標與海域 pH 值呈高度的正相關 (周 2011a),目擊點的分布也呈現相符趨勢。本研究有一特殊目擊點在靠近麥寮六輕工業港放流水口處,其 pH 值很低僅 7.62。過去在雲林研究發現中華白海豚較少在麥寮北堤以北海域目擊,是否完全因 pH 值較低影響所致仍待釐清。雖然酸鹼度對海洋哺乳動物的生理生態影響尚未有明確的定論,但低 pH 已經被證實會影響海洋生態系的底層生物群的生殖代謝情況 (Guinotte and Fabry 2008; Ishimatsu et al. 2004; Pörtner et al. 2004),因此今年中華白海豚在低 pH 地點的出現仍值得關注。

● 鹽度

臺灣西岸的河流逕流量變化差異大 (受到季節、颱風等影響),河口低鹽潮間帶範圍也隨之快速變化,在非雨季或颱風時期河口的鹽度在出海口不遠即快速上升至與海水相似,降雨則會使河口的低鹽高濁潮間帶暫時性擴大。而資料上可觀察到測站所測得的鹽度多分佈於標準海水鹽度 31 至 35 ppt 之間,少數位於 30 ppt 以下可能為位於河口所量測。而目擊點與測站的最大波峰鹽度相似,但目擊點的鹽度有些許的分佈位於 30ppt 以下,顯示中華白海豚在整體規劃的航線區域內,常被目擊到在河口淡水與海水的交界處等鹽度些微偏低的海域出現。

● 濁度

表層海水的濁度相同於鹽度受到河川與天候影響,在河流入海口區域常伴隨著河水沖刷上游河床產生的沖積物河水,因此在河口區域常偵測到稍高的濁度,例:濁水溪、大肚溪;另外在臺灣西海岸有些平緩的沖積扇與沙洲,受到漲退潮、風力等氣候因子產生的海水擾動,也常會產生大範圍的稍高濁度水體,例:外傘頂洲。過去的文獻也指出大量的河川逕流降低了鹽度、pH 值與溶氧量並提高濁度,河口水質的劇烈變化被認為可能會影響河口魚蝦的生理健康與活動之外 (Cyrus & Blaber 1992, Browder et al. 2002),也會提升海豚受類痘病毒感染的風險 (Fury & Reif 2012)。本計劃在 2012 年曾有三群目擊的濁度超過 20 NTU (最高為 37.8 NTU),而在今年目擊點最高濁度僅 14.6 NTU,雖然可能為取樣過少所造成的誤差,但仍有可能為中華白海豚棲地變化的現象。然而目前在濁度超過 50 NTU 並無任何的目擊紀錄,顯示中華白海豚可能並不偏好於大雨過後等天候因

子所產生於河口的高濁度水體活動。

五、 棲地利用存在季節變異?-冬季取樣偏差與變異大

雖然白海豚活動的季節性的變異尚未能見顯著規律性,由於目擊樣本數量仍少且變異極大,尚未能斷論。冬季時的海上目視調查頗具挑戰性,海況大多不佳,容易影響海豚發現率,所以中華白海豚的調查通常集中於夏季天候穩定時執行,本計劃特別規畫了四季的調查以彌補缺乏冬季調查的數據。將資料分成冬季和夏季來看兩年的夏季南北區比例大致相似但冬季則有非常大的變異情形,在去年(2012)初探結果發現似乎有在第四季向南分布的趨勢,但是今年南區的目擊僅有在第二季有4次的目擊,其他所有的目擊皆分佈於北區,可能顯示了季節遷徙性仍不穩定。此現象較可能源自於前述冬天氣候不穩會影響海上調查觀察者發現白海豚的機率,建議未來仍以氣候穩定的夏季進行熱區調查,冬季遷徙的資料則可採用廣設水下聲學裝置(周 2011)或者衛星追蹤器或無線電追蹤器(Hooker and Baird 2001)來釐清中華白海豚南北棲地利用和季節變異情況,做為未來重要棲息環境劃設以及經營管理之參考。

伍、 結論與建議

2012 與 2013 年臺灣西海岸共進行七季的調查,穿越線模型估算出西海岸中華白海豚族群密度為 0.11 (CV=33.6%) 隻/平方公里,可推算族群量為 71 隻,族群密度的變異係數 (CV) 精準度明顯較去年提升。空間分佈模式與過去多年的沿岸平行穿越線調查結果相符,皆以近岸淺水域水深小於 10 公尺為主。季節性遷徙現象年間變異極大,仍待釐清,建議未來採用廣設水下聲學裝置、人造衛星追蹤器或無線電追蹤器進行。本類研究執行不易,耗費大量人力與經費,建議未來可以每間隔三年進行兩年八季的西海岸全水域調查,以持續追蹤我國中華白海豚群的密度、空間分布與季節變動等長期趨勢。今年發現在兩熱區的目擊率不如去年,但卻發現北熱區的臺中港以南發現率卻相當高,因此未來的北熱區調查範圍必須追加台中港至彰化崙尾水道水域,以達完整覆蓋熱區調查的目標。此外嘉義海域中華白海豚兩年目擊到三群 (17%),顯示白海豚在嘉義海域的使用率過去被低估,也許應再深入考量納入「中華白海豚野生動物重要棲息環境」範圍的規劃。

陸、 參考文獻

Browder JA, Zein-Eldin Z, Criales MM, Robblee MB, Wong S, Jackson TL, Johnson D (2002). Dynamics of pink shrimp (*Farfantepenaeus duorarum*) recruitment potential in relation to salinity and temperature in Florida Bay. *Estuaries*, 25:1355-1371

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L., and Thomas, L. (2001). Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford University Press, Oxford, UK. vi+xv+432pp.

- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L. and Thomas, L. (2004). Advanced Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford University Press, Oxford, UK. 416pp.
- Chen, T., Hung, S.K., Qiu, Y., Jia, X., & Jefferson, T.A. (2010). Distribution, abundance, and individual movements of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinesis*) in the Pearl River Estuary, China. Mammalia, 74(2). doi:10.1515/mamm.2010.024
- Cyrus DP, Blaber SJM. (1992). Turbidity and salinity in a tropical northern Australian estuary and their influence on fish distribution. *Estuarine*, *Coastal and Shelf Science*, *35*:545-563
- Fury CA, Reif JS. (2012). Incidence of poxvirus-like lesions in two estuarine dolphin populations in Australia: Links to flood events. *Science of the Total Environment*, 416:536-540
- Guinotte, J.M., and V.J. Fabry. (2008). Ocean acidification and its potential Effects on marine ecosystems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134:320-342.
- Hooker, S.K., and Baird, R.W. (2001). Diving and ranging behaviour of odontocetes a methodological review and citique. *Mammal Review*, 31(1): 81-105.
- 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.
- Ishimatsu, A., T. Kikkawa, M. Hayashi, K. S. Lee, and J. Kita. (2004). Effects of CO 2 on marine fish: larvae and adults. *Journal of Oceanography*, 60:731-741.
- JAROENSUTASINEE, M., JUTAPRUET S., and JAROENSUTASINEE K. (2010). Population Size of Indo-Pacific Humpback Dolphins (*Sousa chinensis*) at Khanom, Thailand. *Walailak J Sci & Tech*, 7(2):115-126.
- Karczmarski, L., Cockcroft, V. G., 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.
- Parzen, E. (1962). On Estimation of a Probability Density Function and Mode. *The Annals of Mathematical Statistics*, *33*(3): 1065.
- Pörtner, H. O., M. Langenbuch, and A. Reipschläger. (2004). Biological impact of elevated ocean CO2 concentrations: lessons from animal physiology and earth history. *Journal of Oceanography*, 60:705-718.
- Rayment, W., Dawson, S., Slooten, E. (2010). Seasonal changes in distribution of Hector's dolphin at Banks Peninsula, New Zealand: implications for protected area design. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 20(1):106-116
- Rosenblatt, M. (1956). Remarks on Some Nonparametric Estimates of a Density Function. *The Annals of Mathematical Statistics*, 27(3): 832.
- Thomas, L., S.T. Buckland, E.A. Rexstad, J. L. Laake, S. Strindberg, S. L. Hedley, J. R.B. Bishop, T. A. Marques, and K. P. Burnham. (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., Hung, S. K. and Yang, S. C. (2004). Records of Indo-Pacific humpback dolphins, *Sousa chinensis* (Osbeck, 1765), from the waters of western Taiwan. *Aquatic mammals*, 30(1): 187-194.
- Wang, J. Y., S. C. Yang, S. K. Hung, T. A. Jefferson. (2007). Distribution, abundance and conservation status of the eastern Taiwan Strait population of Indo-Pacific humpback dolphins, *Sousa chinensis*. *Mammalia*, 157-165.
- Wang, John Y., Shih Chu Yang, Pedro F. Fruet, Fabio G. Daura-Jorge, and Eduardo R. Secchi. (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. doi:10.5343/bms.2010.1097.
- 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。
- 邵廣昭,周蓮香。2012。中華白海豚重要棲息環境海圖繪製。行政院農委會林務局委託 研究計畫報告。57頁。
- 周蓮香。2006。台灣沿海鯨豚誤捕研究與中華白海豚生態調查。行政院農委會漁業署委託計劃報告。72頁。
- 周蓮香。2007。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。63頁。
- 周蓮香。2008a。彰工火力第一、二號機發電計畫中華白海豚生態調查。中興工程顧問 股份有限公司委託計劃報告。55頁。
- 周蓮香。2008b。雲林沿海中華白海豚調查計畫。台塑關係企業委託計劃報告。87頁。
- 周蓮香。2008c。台灣周邊海域鯨豚數量評估及生態環境之研究 (二)。行政院農業委員會漁業署九十七年度科技計劃研究報告。33 頁。
- 周蓮香。2009。彰工火力第一、二號機發電計畫中華白海豚生態調查期末報告。中興工程顧問股份有限公司委託計畫報告。62 頁 。
- 周蓮香。2011a。雲林沿海中華白海豚調查計畫期末報告。台塑關係企業。148 頁
- 周蓮香。2011b。中華白海豚族群生態、重要棲息環境及保護區方案規劃。行政院農業 委員會林務局委託研究計畫。208頁。
- 周蓮香。2011c。台中發電廠環境監測計畫-中華白海豚長期生態監測計畫期末報告。台灣電力公司委託研究計劃。49頁。
- 周蓮香。2011d。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。
- 葉志慧、周蓮香、李培芬。2011。中華白海豚在台灣之分布預測與活動模式。國立台灣 大學生命科學院生態學與演化生物學研究所碩士論文。112頁。
- 郭毓璞、周蓮香。2013。臺灣西海岸中華白海豚族群之時空變異。國立台灣大學生命科學院生態學與演化生物學研究所碩士論文。99頁。

表一、2012年至2013年每季調查期間、努力時間及里程

| | 201 | 2 | 201 | 2013 | | |
|------------|-------------------------------|---------------|--------------------|----------------|--------|--|
| • | 調查期間 | 有效努力量 | 調查期間 | 有效努力量 | 有效努力里程 | |
| _ | | 小時/公里 | | 小時/公里 | (公里) | |
| 第一季 | NA | NA | 3/8-9,3/13,4/14-15 | 29.3 / 406.0 | 406.0 | |
| 第二季 | 7/3-7 | 24.7 / 363.8 | 6/15-16,6/18-20 | 30.1 / 412.7 | 776.6 | |
| 第三季 | 9/3-7 | 31.7 / 434.5 | 8/26-28,9/11-12 | 28.8 / 417.3 | 852.1 | |
| 第四季 | 10/20-21,11/3-4, 32.1 / 458.9 | | 10/8-9,10/30, | 27.1 / 396.9 | 855.8 | |
| 另四子 | 11/10,11/22 | 32.1 / 436.9 | 11/9-10 | 27.1 / 390.9 | 033.0 | |
| 總和 | 2012 | 88.5 / 1257.2 | 2013 | 115.3 / 1633.0 | 2890.2 | |

NA: 2012 年第一季尚未開始執行本部分的調查

表二、2012-2013 年各區海域之努力量與發現群次

| | | 2012 | | | 2013 | | 2012-2013 |
|------|---------|--------|-------|---------|--------|-------|-----------|
| 地區 | 調查努力量 | 有效(無效) | 每百公里 | 調查努力量 | 有效(無效) | 每百公里 | 每百公里 |
| 地區 | (公里) | 目擊群次 | 群次目擊率 | (公里) | 目擊群次 | 群次目擊率 | 群次目擊率 |
| 苗栗 | 241.17 | 1 (1) | 0.41 | 345.97 | 2 (0) | 0.58 | 0.51 |
| 臺中 | 254.47 | 2 (0) | 0.79 | 332.56 | 8 (0) | 2.41 | 1.70 |
| 彰化 | 303.61 | 2 (0) | 0.66 | 383.18 | 2(1) | 0.52 | 0.58 |
| 雲林 | 247.73 | 2 (0) | 0.81 | 293.10 | 3 (0) | 1.02 | 0.92 |
| 外傘頂洲 | 77.93 | 2(1) | 2.57 | 154.50 | 1 (0) | 0.65 | 1.29 |
| 嘉義 | 132.27 | 2 (0) | 1.51 | 120.91 | 0(1) | 0.00 | 0.79 |
| 總計 | 1257.18 | 11 (2) | 0.88 | 1630.21 | 16 (2) | 0.98 | 0.94 |

表三、穿越線相關參數估計

| 参數 | 估計 | S.E. | CV(%) |
|-----------|--------|--------|-------|
| 總偵測率 | 0.26 | 0.0015 | 19.25 |
| 有效偵測寬度(m) | 132.22 | 0.051 | 19.25 |
| 密度 | 0.11 | 0.037 | 33.61 |
| 豐度 | 71 | 23.87 | 33.61 |
| 平均群體大小 | 3.48 | 0.54 | 15.64 |

表四、2012 年與 2013 年測站 $(\text{mean} \pm \text{S.D.})$ 與海豚目擊點 $(\text{中位數}(\text{min} \sim \text{max}))$ 之環境因子

| | 環境因子 | 海豚目擊點 |
|----------|------------------|------------------|
| 水溫℃ | 27.3 ± 2.60 | 28.8 (22.5~32.4) |
| 鹽度(ppt) | 32.1 ± 3.26 | 32.4 (24.8~34.2) |
| 濁度(NTU) | 10.6 ± 15.60 | 6.12 (1.34~37.8) |
| pH 值 | 8.1 ± 0.26 | 8.12 (7.62~8.26) |
| 水深(m) | 12.1 ± 6.29 | 7.0 (1.3~17.4) |
| 離岸距離(km) | 2.6 ± 1.59 | 1.5 (0.1~4.7) |

表五、2012至2013年中華白海豚目擊接觸點環境因子中位數與四分位數

| | 水深(m) | 離岸距離(km) | 溫度(℃) | 濁度(NTU) | pH 值 | 鹽度(ppt) |
|-----|-------|----------|-------|---------|------|---------|
| Q1 | 4.6 | 0.76 | 25.20 | 4.60 | 8.08 | 32.00 |
| 中位數 | 7 | 1.50 | 28.80 | 6.12 | 8.12 | 32.40 |
| Q3 | 8.6 | 1.91 | 29.80 | 13.50 | 8.17 | 33.30 |
| 樣本數 | 29 | 30 | 29 | 29 | 27 | 29 |

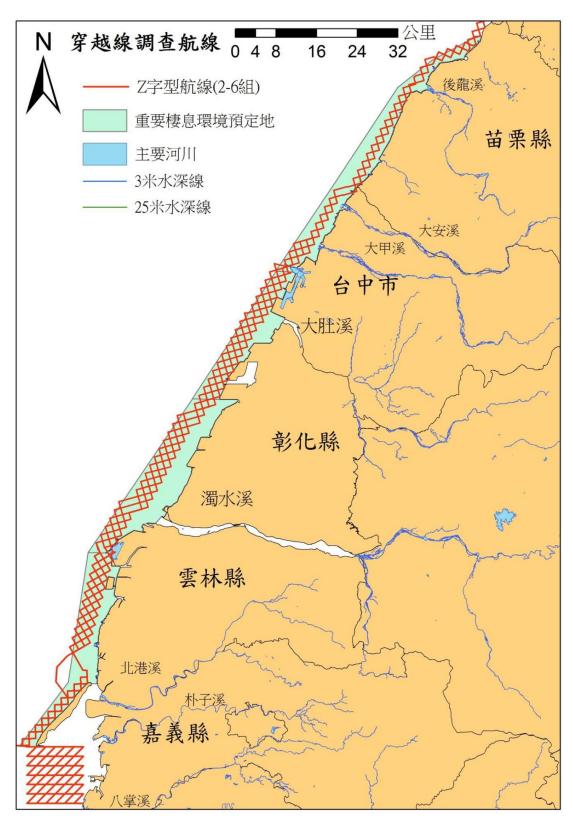
表六、2012 至 2013 年南北熱區之目擊比例季節性差異

| | 2012 | | 20 | 13 | 2012-2013 | |
|----|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|
| | 北 | 南 | 北 | 南 | 北 | 南 |
| 百禾 | 4 | 3 | 5 | 4 | 9 | 7 |
| 夏季 | (57.1%) | (42.9%) | (55.6%) | (44.4%) | (56.2%) | (43.8%) |
| 夕禾 | 1 | 2 | 6 | 0 | 7 | 2 |
| 冬季 | (33.3%) | (66.6%) | (100%) | (0.00%) | (77.8%) | (22.2%) |
| 全年 | 5 | 5 | 11 | 4 | 16 | 9 |
| | (50%) | (50%) | (73.3%) | (26.7%) | (64%) | (36%) |

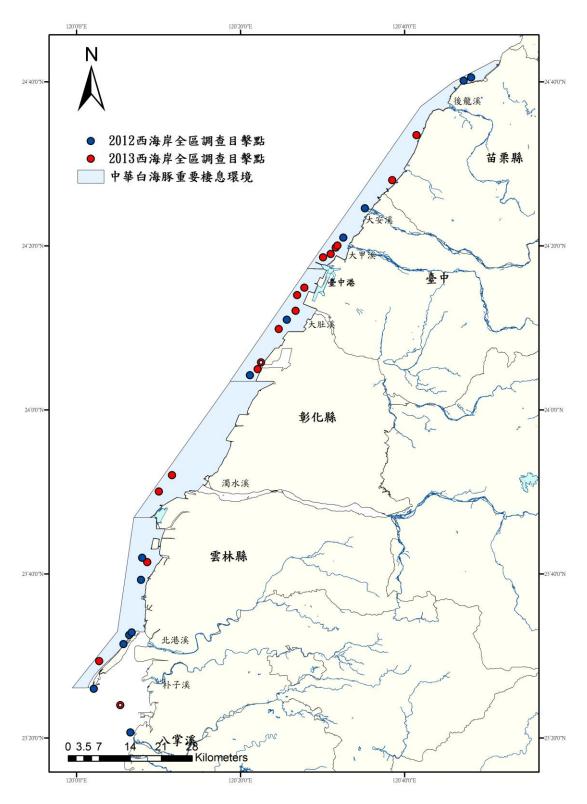
^{*}南北區分界為緯度24度4分。

表七、過去臺灣地區以穿越線或標記再捕捉法所估算的中華白海豚族群豐度與密度估算

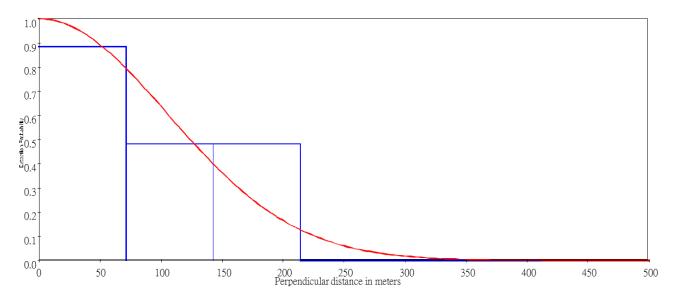
| 方法 | 豐度(隻) | 密度(隻/平方公里) | 資料來源 |
|--------|-------|------------|-------------------|
| 穿越線調查 | 99 | 0.193 | Wang et al., 2007 |
| 標記再捕捉法 | 75 | N.A. | Yu et al., 2010 |
| 標記再捕捉法 | 74 | N.A | Wang et al., 2012 |
| 標記再捕捉法 | 64 | N.A. | 郭 2013 |
| 穿越線調查 | 71 | 0.11 | 本研究 |



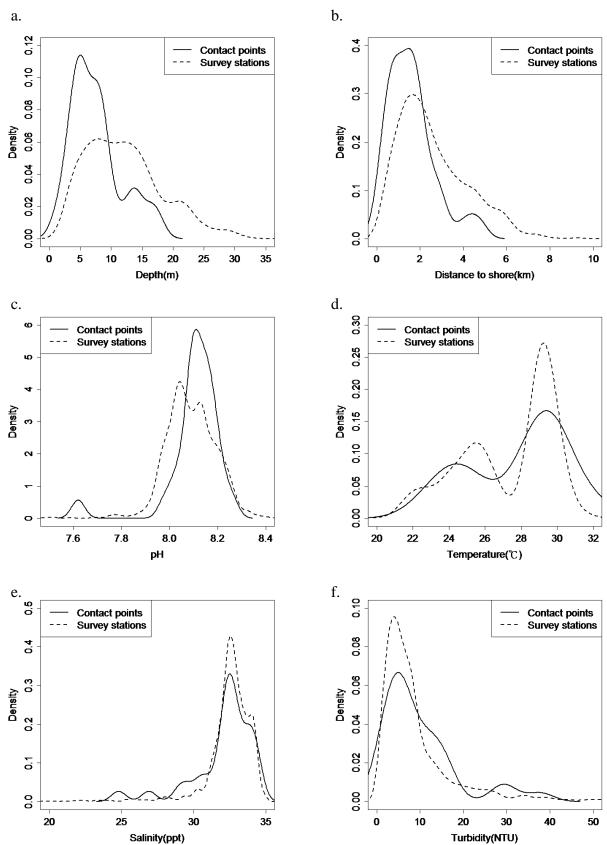
圖一、中華白海豚在重要棲息環境範圍之時空密度變異調查範圍



圖二、2012與2013年本計劃目擊中華白海豚位置圖



圖三、穿越線模型估算有效偵測距離曲線 X 軸為垂直航線之直線距離,Y 軸為發現機率。



圖四、2012 至 2013 測站與接觸點之環境因子分佈機率曲線圖 a:水深;b:離岸距離;c:pH 值;d:表層水溫度;e:表層水鹽度;f:表層水濁度; X 軸為各個因子之單位,Y 軸為核密度分佈。

第肆章、以無人載具空拍監測中華白海豚族群之嘗試報告

周蓮香¹、吳貞儀²

1國立台灣大學生態學與演化生物學研究所 2國立成功大學水利及海洋工程學系

摘 要

執行傳統海上調查所需人力較多,欠缺較高效率的中華白海豚族群監測方法,因此在本計畫嘗試新的調查方式,以期能提高調查效率。本子計畫使用無人飛行載具進行調查,將和傳統海上調查並行,並將兩者成效互相比較。第一次無人載具調查因 GPS 訊號干擾嚴重而取消。第二次無人載具調查於六段航線共拍攝 1854 張照片,經逐一放大檢視後,並無發現可辨識之海豚蹤跡,僅有部分具辨識性質之照片,包括:船隻及浮球等。此外亦有在照片中發現和波浪前進方向不同之水花,但無法確認是否為海豚。在仔細檢視拍攝照片及各項飛行條件後,為求照片之解析度應優先考慮飛行高度較低的無人載具,建議明年計畫在穿越線調查方面改為使用飛行船進行中華白海豚的族群監測。

壹、 前言

本計畫延續過去幾年在中華白海豚的兩熱區海域(苗栗-台中、外傘頂洲西側)利用船隻進行海上目視觀測調查,並以全區調查來記錄白海豚的時空分布變異與環境因子的分布梯度(周蓮香 2012)。但執行海上調查所需人力較多,欠缺較高效率的中華白海豚族群監測方法,因此在本年度計畫嘗試新的調查方式,以期能提高調查效率。

無人飛行載具是一種常見的遙測方式 (Watts et al. 2012),其原理即是使用無人載具裝載攝/錄影儀器,從高空拍攝/錄製地面 (海面)影像,拍攝完成後僅需讀取影像檔案並進行分析即可。將此法應用在穿越線調查上 (Dawson et al. 2008),將可節省大量人員運用、經費消耗,以及擴大海上搜尋範圍、增加海上作業的自由度,甚至能在發現動物後直接追蹤該族群、進行影像拍攝等。目前國內尚未有過使用無人飛行載具監測動物,但國外已有相關研究使用綁繩氣球攜帶攝影器材在高中拍攝海豚 (Lewis et al. 2011; Martin et al. 2012)。

本子計畫將先評估無人載具在監測中華白海豚上之實用度,和原本的人工海上調查 並行,並將兩者成效互相比較,將人力、物力成本開銷及調查範圍納入考量,依實際操 作結果討論此法是否適合監測台灣西部沿海中華白海豚族群。

貳、 方法

評估過各種無人載具類型、規格及飛行條件限制後,本計畫最後選擇由觀天科技有限公司開發之型號 SV-1000A 飛行器 (圖一) 為本次無人載具飛行調查之機型,並藉過去熱區調查計畫所設定之苗南航線共 17 點測站位置規劃無人載具 (遙控飛機) 航線,由娛樂漁船與無人載具調查承包公司共同進行苗南航線之中華白海豚野外調查。陸上無人載具組成成員共三人,包含兩名工程師及一名聯絡暨記錄之學生,開車沿邊濱海公路由台中港向苗栗白沙屯移動。

本計畫所使用之無人載具 SV-1000A 優點為便利性高,起飛方式為人力拋擲 (圖二)故起降所需空間皆不大,但由於無人載具有飛行時間限制及連線距離,因此從台中港至苗南白沙屯間以娛樂漁船航線 3 點測站為一單位、將飛機航線規劃為六小段,為使分段航線包含整段調查船的航線 (圖三),將規劃每段航線前後各有 50 %重疊範圍,左右則是20 %重疊範圍,以矩形作為飛行航線 (圖四),意即釋放無人載具之後,無人載具會沿船隻調查航段環繞飛行一矩形軌道,再飛回釋放點,如此設計可以調查航線左右各 235 公尺之範圍,總拍攝幅寬為 470 公尺,大於去年報告所估算出之海上調查有效偵測距離兩倍以上 (周蓮香 2012)。每段航線除了駕駛車輛移動基地台位置外,亦進行遙控飛機及相機電池更換、相機記憶卡及遙控飛機 GPS 航跡資料讀取。飛行航程及時間上為避免海面陽光反射而於早上六點到中午前執行調查,且航線設計為單程 (即台中港至白沙屯)。考慮最理想的照片重疊率及照片片幅,無人載具的相關參數設定如下:飛行速度為 60 公里/時,飛行高度為 246 公尺、快門速度為 4000 分之一秒、拍攝間隔時間為 4 秒。

參、 結果

第一次無人載具調查訂於 2013 年7月 23 日上午六點開始,但無人載具起飛後於飛出岸邊爬升過程中發現飛行路徑無法依原定計畫,而是僅在高空中盤旋,且超過預設飛行高度,工程師初步判斷為高空風速過大導致飛機觸發安全設定而暫時停止作業,經工程師手動遙控無人載具飛至不同高度、並往外海移動後,無人載具仍維持盤旋模式,檢查地面站發現,GPS 訊號干擾嚴重,訊號正常時接收衛星數約 10 顆,干擾時 GPS 數量瞬間變為 0,此狀況持續發生至少 5 分鐘,工程師隨即切回「自動返航」模式回到起飛點,並降落檢查,但於地面測試時一切又回歸正常。第二次飛行測試以岸邊陸地為主,飛行小範圍區域檢查系統,結果於上空飛行依然發生前述狀況、無法取得 GPS 衛星資料,由於無法得知確切故障原因為顧及安全,收拾裝備後回程做全系統檢查,第一次調查宣告失敗而取消。相關問題經詢問 GPS 製造商後,得到答覆為無人載具裝載之錄影機 GoPro Hero2 HD 攝影機 (Woodman Labs, Inc) 在電磁干擾 (ElectroMagnetic Interference,簡稱 EMI) 的處理上有瑕痴、運作時會干擾 GPS 訊號,導致無人載具無法進行定位或按照航線飛行。檢查後取下 GoPro 攝影機後再做測試飛行,一切依原訂飛行計畫無誤,飛行數 趙後都完全符合規劃路徑,則結論就是 GPS 失常的干擾源來自 GoPro Hero2。故決定第二次調查更改無人載具之設備,以拍攝照片為主。

第二次無人載具調查自 2013 年 8 月 6 日上午六點開始,共歷時四小時四十分鐘,無人載具小組在沿海道路作業,前半段路程尚能維持與海上調查船在同一段航線中,即海上調查與無人載具所調查之時間地點大致相同,以期船隻上研究人員發現海豚蹤跡時,無人載具亦在附近並拍到海豚照片,或是無人載具能在船上人員未發現海豚時直接拍攝到足以判定為動物的照片。。無人載具的航線為飛至航線上再沿航線以矩形的模式飛行、且多了起飛及降落的過程等不在努力量中的時間,而陸上工作人員亦需在回收小飛機後開車移動到下一個基地台位置,故調查後期會呈現海上調查較快於陸上調查的現象。漁船航跡及環境因子測量點見(圖三),無人載具空拍照片座標點見(圖四)。

本次無人載具於六段航線共拍攝 1854 張照片,經逐一放大檢視後,並無發現可辨識之海豚蹤跡,當天的海上調查也沒有目擊記錄。但仍有部分具辨識性質之照片,包括:船隻(圖五)、浮球(圖六)、膠筏(圖七)、堤防(圖八)、魚塭及風機(圖九)等。此外亦有在照片中發現和波浪前進方向不同之水花(圖十)、太陽產生之眩光(圖十一) 但無法確認是否為海豚。

肆、 討論

本次調查空拍照片結果並沒有辦法確認道是否有拍到海豚,而7月23日及8月6日當天海上調查皆沒有海豚目擊記錄,然就過去調查資料顯示,苗南-台中一帶為中華白海豚活動熱區 (周蓮香 2011),因此海上調查兩趟次皆無目擊可能是在這兩天調查時間內、海豚族群並不於台中港至苗栗白沙屯海域活動、或是在此兩種調查方法的偵測範圍以外活動,而偵測範圍較小也是傳統海上調查的缺點之一,這點可以在未來使用無人飛行載

具時的航線規劃上做改進。單就無人載具方面,因需考慮劃設之調查範圍、對地速度限 制、避免畫面搖晃,故將飛行高度訂於 250 公尺左右,但卻因距離太遠導致照片解析度 不夠,無法清楚辨識海面中小型物體,例如長度約十七公尺的 CT2 調查船隻的空拍照片 放大後無法看清楚船上的設備和人員,亦無法判斷水花中是否有海豚個體,尤其是在沒 有確定是海豚的拍攝結果下進行此判定更為困難。而為了縮短航程時間每一段航線僅設 計左右兩條航線造成偵測範圍縮小,故無法得知範圍外是否有海豚活動。太陽照射產生 之眩光亦會影響照片判讀,整片海面反光即無法判斷是否有海豚或是水花。本年度計畫 由於第一趟無人載具調查受機械問題影響而取消,實際只有進行一個趟次的無人載具飛 行調查,且該趟次在海上目視調查和無人飛行載具的照片中都沒有偵測到中華白海豚, 因此仍無法得知使用無人載具偵測中華白海豚的效果,建議未來無人載具調查應提高照 片解析度及偵測範圍,也應訂出最能避免照片受眩光影響的調查時間,並在經費許可下 增加調查趟次。同時可以考慮當海上研究人員偵測到海豚時,是否要控制無人載具飛至 目擊點經緯度進行拍攝,以了解使用無人載具空拍照片能否清楚辨識出海豚個體,做為 未來是否能夠採用此種方法進行海上監測的依據。但針對特定位置進行停留拍攝對於小 型飛機來說並不容易,因飛機須維持一定之速度以策安全,倘若改為使用小型直升機, 因直升機可以停滯在同一位置且可於低空飛行,將可提升由無人載具空拍之照片辨識率, 而直升機起飛及降落所需空間較小 (垂直起降)、可於船上進行等特點,在同步進行海上 目視調查及無人載具空拍時亦可提升追蹤動物的機動性及便利性。若是欲以無人載具單 獨進行穿越線調查,則應考慮續航力、飛行的穩定性及對地照片解析度,由於飛行船續 航力較持久,且飛行高度較低、可提供較清晰之解析度,故可考慮以飛行船來進行中華 白海豚族群監測。

伍、 建議

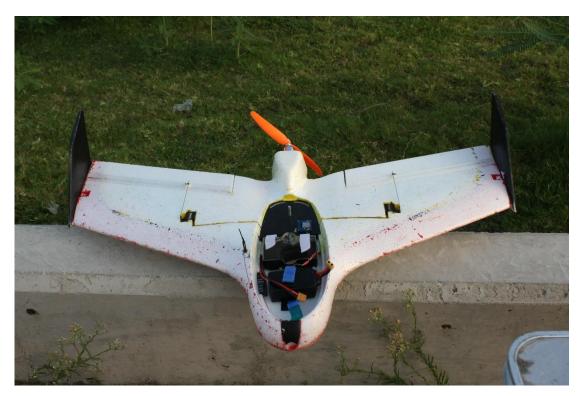
由於本年度的無人載具調查僅順利完成一趟次,而該趟次並沒有成功拍攝到可辨識的中華白海豚群體照片。雖然只有進行一趟次,但在仔細檢視拍攝照片及各項飛行條件(如:飛行高度、解析度、飛行速度、人員移動......等)後,我們判斷現階段以小型遙控飛機替代海上調查船進行空拍調查的方法並不合適。除了高空拍攝造成的低解析度問題之外,小型遙控飛機為維持穩定性需維持一定速度將使相機快門設定受到限制、亦會造成與調查船速度差距過大,在人員配置方面,則是因為小型遙控飛機續航力過短,導致留在岸上的機組人員需要一直更換基地台位置及小型遙控飛機之電池,進而影響耗費可以進行有效努力調查的時間。明年若要解決以上問題並繼續嘗試採用無人載具進行調查建議應更改使用的無人載具種類,表一進行了三種無人載具(小型遙控飛機、飛行船、小型直升機)與海上目視調查進行優缺點的比較,為求照片之解析度之提昇應優先考慮飛行高度較低的無人載具,建議明年計畫在穿越線調查方面改為使用飛行船進行中華白海豚的族群監測,並可嘗試在海上目視調查時輔以小型直升機在空中進行中華白海豚的追蹤。

陸、 參考資料

- Dawson S., Wade P., Slooten E. and Barlow J. (2008) Design and field methods for sighting surveys of cetaceans in coastal and riverine habitats. *Mammal Rev.* 38, 19–49Lewis J.S., Wartzok D. and Heithaus M.R. (2011) Highly dynamic fission-fussion 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
- Watts A.C., Ambrosia V.G. and Hinkley E.A. (2012) Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use. *Remote Sensing*. 4, 1671-1692; doi:10.3390/rs4061671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。

表 一 海上調查船與無人載具 (小飛機、飛船、直升機) 的優缺點比較

| | | | - · · | , , -, ., |
|----|------------|--------------|------------|-----------|
| | 海上調查船 | 小型遙控飛機 | 飛行船 | 小型直昇機 |
| 優點 | 1.可以當下由人確 | 1.可快速拍攝大量 | 1.飛行高度較低, | 1.可低空拍攝取得 |
| | 定是否目擊動物。 | 照片 (4 秒/張)。 | 拍攝照片可有更高 | 更高解析度。 |
| | 2. 能直接追蹤海 | 2.成本相對低。 | 解析度。 | 2. 可盤旋追蹤海 |
| | 豚。 | 3. 高空拍攝照片能 | 2.成本相對低。 | 豚,機動性高。 |
| | 3.可拍攝個體辨識 | 提供地景遙測資 | 3. 高空拍攝照片能 | 3.起飛及降落所需 |
| | 照片 (背鰭)。 | 訊。 | 提供地景遙測資 | 空間小。 |
| | 4.能量測現地環境 | 4.飛行速度快, | 訊。 | |
| | 因子 | 當次可偵測範圍 | 4.續航力較久,可 | |
| | | 廣。 | 飛行較長距離再進 | |
| | | | 行電力補充。 | |
| | | | 5.飛行速度慢,與 | |
| | | | 船隻航行配合度較 | |
| | | | 高。 | |
| 缺點 | 1.需大量人力。 | 1.飛行高度較高, | 1.可能會受風速影 | 1.續航力短。 |
| | 2.租用調查船成本 | 解析度不足。 | 響而較不穩定。 | 2.速度慢。 |
| | 高。 | 2.續航力略不足 | 2.需考慮飛行船船 | |
| | 3.速度慢,當次可 | (在逆風狀況下約 | 體充氣問題。 | |
| | 調查範圍有限。 | 12 至 18 公里)。 | | |
| | 4.易受天氣及海況 | 3.無法即時追蹤動 | | |
| | 影響。 | 物。 | | |
| | 5. 偵測資料受觀測 | 4.眩光影響拍攝結 | | |
| | 者影響而有變異。 | 果。 | | |



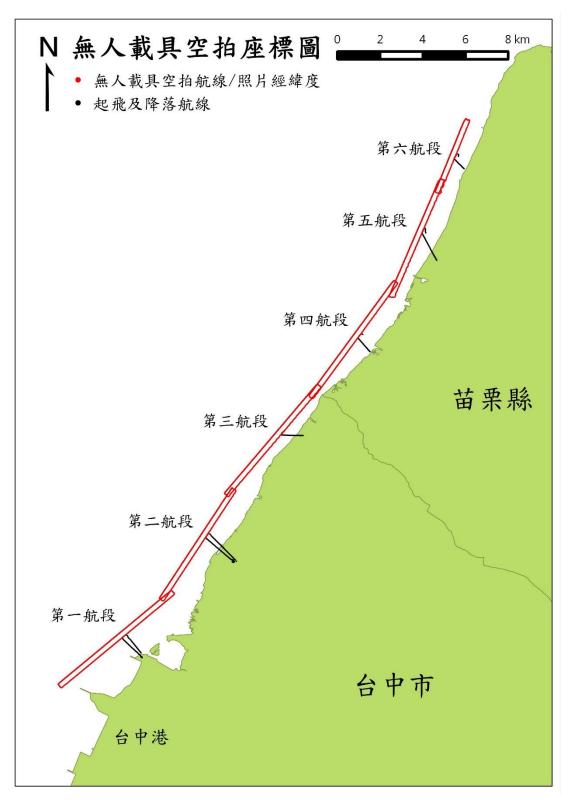
圖一、本次調查所使用之無人載具 SV-1000A 機內儀器擺設。



圖二、無人載具起飛方式為人力拋擲。

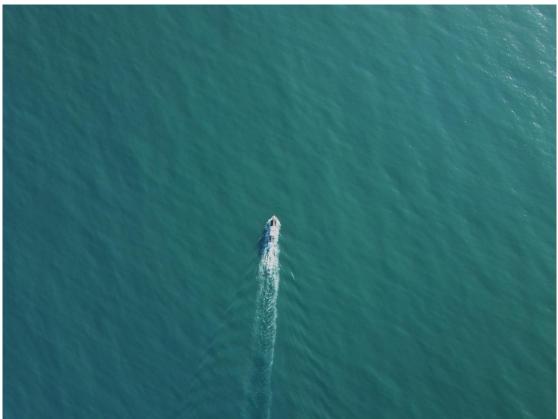


圖三、8/6 第二次調查船隻航線及環境因子量測點。



圖四、8/6 第二次調查之無人載具空拍照片座標點位。





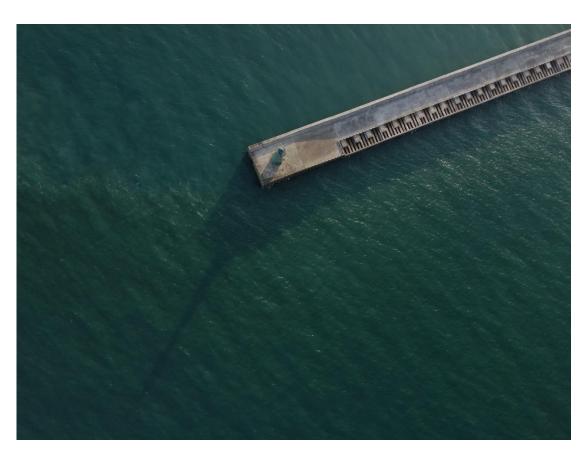
圖五、空拍之船隻。(圖為調查船尖再發七號,船隻總長度為 16.8 公尺。)



圖六、空拍之網具浮球。



圖七、空拍之膠筏。



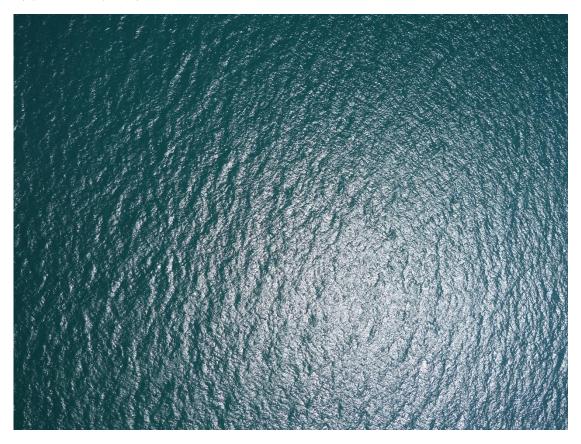
圖八、空拍之台中港北堤。



圖九、空拍之魚塭及風機。



圖十、方向不同之水花。



圖十一、眩光。

第伍章、中華白海豚棲地海洋環境噪音監測與分析

陳琪芳¹、魏瑞昌²、蔡鴻儒¹

1國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系 2國立中山大學海下科技暨應用海洋物理研究所

摘 要

西部海域是中華白海豚重要棲息地,為了長期監測其海域環境噪音並了解其自然環境與人為活動因子之影響,以水下聲學監測系統可以進行長期與系統化的調查。本研究於彰濱工業區外堤南側 (CH) 與外傘頂洲北端 (WS) 各放置水下錄音機 SM2M 進行各30天的環境噪音監測,除了對其時間序列與聲壓位準分布進行整體分析,由於石首魚為中華白海豚重要食物來源,亦對於石首魚叫聲進行事件分析,因此本次調查將所記錄過資料分為明顯之生物噪音及船舶噪音,將以上資料紀錄其出現時間與次數,由於外傘頂洲 (WS) 點位有秋天9月份及冬季12月份資料,可以明顯看出在石首魚鳴叫時間有明顯往前提早,從原先夜晚7~8 點開始鳴叫提早至傍晚5時,而船舶噪音方面外傘主要來源為動力小艇及小型漁船,影響頻段較寬可由數百至數千赫茲以上,而冬季船舶噪音頻率及次數有較多趨勢,彰化部分 (CH) 亦於夜晚有石首魚明顯鳴叫時段,但其船舶噪音若將同樣時段之 WS 資料拿來比對其相對次數與時間為略少。而藉由以上事件分析,可以進一步了解當地人為噪音與生物噪音分布時間與結構。

壹、 前言

環境噪音 (ambient noise) 泛指存在於環境周遭的聲音,但卻無法直接判斷其來自何處,通常環境噪音的整體能量乃提供了環境中最低的聲壓位準 (sound pressure level),因此也可稱為背景噪音 (background noise)。產生環境噪音的因素大致可分為自然界來源(非人造)和人造來源,但不論何種方式產生,都視為一種隨機過程,因此不會重複地發生。

一般而言,產生環境噪音的因素大致區分為自然發生和非自然發生,在海洋環境當中,諸如地震、海流、海表面風、海面重力波、降雨、海洋生物、水分子摩擦等,都是屬於自然發生的環境噪音;非自然發生指的是人為產生,例如船舶、岸邊的人造設施等;以上這些因素在環境噪音的定義中,指的都是在遠距離發生或是無法明確指出發聲位置,噪音再透過海水介質傳遞而來。因此,如果在環境噪音的觀測位置附近出現暫態的高能量訊號,例如已知的近船噪音已明顯提高整體的噪音位準,則需要排除在環境噪音的蒐集資料或是加以說明,如何正確的評估噪音成為重要的課題,本研究以被動式聲學監測方法取得聲學資料,當要進行下一步分析也是需要耗費龐大時間,且各種噪音聲源之特性差異頗大,許多噪音源並無法直接藉由頻譜圖判斷結果,還必須以人工聽取聲音檔辨識之。

由去年度執行計畫可以得知當地 CH 與 WS 之點位其石首魚出現時段與影響頻段,石首魚出現與否其聲壓位準可以差異 9 dB 以上,且分布時段以前夜為主,漁船方面當地漁船出現時段並無固定周期,但其頻段為數百至數千赫茲,影響頻寬較寬,白海豚哨叫頻段為 3-5 kHz,因此當地頻繁之漁船活動有可能遮蔽海豚哨叫聲。

貳、 材料與方法

一、 監測位置與監測系統

本計畫在彰化縣與雲林縣選擇兩個調查地點進行環境噪音監測,第一個測站於彰化縣北區崙尾水道口(代號 CH,圖一),水道內有崙尾、塭仔兩漁港,為當地漁民出入港口之重要交通要道。監測站位置之當地水深隨潮汐變化約在4米至8米範圍之內,離岸約三百公尺。

第二個測站位於雲林縣外傘頂洲北端 (代號 WS,圖二),附近有台子村漁港,在外傘頂洲東側內部有牛桃灣溪與北港溪口。秋冬季該處海域盛行強勁的東北季風,但監測地點西北側約一海浬處有一隱沒之沙洲 (舊名統仙洲) 可供減少大浪造成之可能影響。由於此處海域為沙洲淺灘地形,佈放位置之水深隨潮汐變化僅有1至4米,離外傘頂洲可

見之沙洲範圍約200公尺。

二、 監測系統與固定方式

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 (表一、

圖三、SM2M 硬碟、電池及儀器外觀

圖三)。

水下儀器固定的方法,在 CH 點位方式為先行製作儀器梯形白鐵保護架 (圖四),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 米長度,以利潛水夫回收搜索。WS 點位亦為製作錨型保護架,將其固定於海床,保護架上方設置浮標以利搜索。

在 CH 點位,首先於 10 月份進行儀器佈置,但於 11 月份進行回收但遺失儀器,已於 12 月 3 日進行第二次佈放,12 月 10 日回收目前僅有7天資料,另外再進行第三次佈放於 12 月 11 日預計 1 月份回收。WS 點位於 9、10 月份進行兩次資料回收,共有9月3日至9月8日、9月25日至10月3日,12 月進行第三次資料回收,有11月23日至12月9日資料,總計 WS 有30天資料。

三、 資料分析與研究方法

本研究資料處理首先以快速傅立葉轉換 (Fast Fourier Transform) 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),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,去說明環境噪音之整體趨勢。方便後續事件統計。

分析方法首先觀察時頻譜圖在整個時間上之變化,去了解其環境噪音組成結構,及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,第二部分為本次研究重點,由去年調查發現其魚類生物噪音與船舶噪音為此兩區域明顯影響環境噪音因子,因此針對船舶噪音事件與石首魚鳴叫事件做統計分析,利用每小時所解析出來時頻譜資料配合錄音檔案,以人工辨識方法紀錄其發生次數以及影響時間長短,分析其所占整體噪音時間比例,利用統計方法可以了解 CH 及 WS 海域其人為及噪音組成比例及變動趨勢。最後將 CH 和 WS 這兩點位之 12 月份資料做個比對,在背景環境相同下,分析此兩點環境噪音差異。

● 結果

本研究內容以彰濱工業區外堤南側 (CH) 與外傘頂洲北端 (WS) 兩側站進行環境

噪音進行噪音統計分析,兩測站共四組資料,日期如下,CH 的實驗日期有 1 組: 2013/12/03 - 2013/12/09 (7 天),WS 測站的實驗資料有 3 組,第一組:2013/09/03 - 2013/09/08 (6 天)、第二組:2013/09/25 - 2013/10/03 (9 天)、第三組:2013/11/23 - 2013/12/09 (17 天)。

四、 噪音時間序列與頻譜分析

在 CH 測站及 WS 測站 4 組資料,觀察其時序列頻譜圖(圖五至圖八),在 CH 及 WS 前兩組資料的低頻部分 100 Hz 以下皆有相當高聲壓位準約 90-100 dB,這部分並非為其人為或船舶活動噪音,也未有特別週期性,目前推測這部分可能為儀器架上所綑綁的浮標經由海流擾動拍打金屬架或儀器本身所造成之低頻噪音,此類並非為當地環境噪音貢獻,所以必須特別說明以免影響分析結果。在中頻段 100 Hz-1 kHz 部分在夜晚皆有週期性生物噪音產生,發生頻段約數百 Hz 且持需時間約數小時不等,1 kHz 以上頻段噪音組成較複雜,除了有風速影響亦有當地小型漁船所貢獻,由於現場無法取得確切風速資料,目前把風速所造成影響歸類為背景事件,而船舶噪音亦無週期性變動,但是可由每小時頻譜圖去統計事件。最後由 1 Hz-Band 頻譜圖及 1/3 Octave-Band 頻譜分析結果(圖九至圖十二),當 100 Hz 以下有浮標噪音影響時 (CH 資料以及 WS 第一及第二組資料),其聲壓位準約 90 dB-100 dB,WS 第三組由於有將浮標固定,減少許多拍打噪音,聲壓位準降至約 80 dB,100 Hz 至 1 kHz 由生物及部分船舶噪音貢獻之,其噪音頻譜變動大,在 CH 測站約 70 dB-75 dB,不過在 700Hz 部分有明顯因生物噪音上升至 80 dB,WS 測站整體聲壓位準約 80 dB-90 dB。1 kHz 以上 CH 與 WS 測站在 1 kHz 至 3 kHz 也有明顯因風速及船舶噪音變動,整體聲壓位準從 70 dB 隨頻率增加遞減至 50 dB。

五、 事件分析與統計

本研究將事件分為兩大類,第一類為生物噪音,生物噪音影響主要可能物種為石首魚,如圖十四所示此類生物噪音持續時間長,而圖十五顯示為同一天上午與夜晚頻譜圖,當生物噪音產生時,在 600 Hz - 900 Hz 聲壓位準皆增加約 15 dB 以上,因此將之歸類為第一類生物噪音。第二類為船舶噪音,船舶噪音可分為近船與遠船,遠船所造成頻段較高辨識難度較高,近船影響如圖十六所示,其船舶噪音頻段約數百 Hz 到數 kHz,時間上每筆資料平均約影響 4 - 6 分鐘不等,因此在統計上是以近船事件為主,這類對於環境噪音聲壓位準貢獻較多,如圖十七所示約可提高 10 dB 以上。

表二為 CH 測站 12 月份資料,平均船舶噪音事件約 61 筆,佔整體量測資料約 5%, 魚類生物噪音規律約從每天夜晚 5 點以後至 9 點既開始鳴叫,每次鳴叫持續時間不一定, 總時間為 18 小時,佔整體約 18%。表三與表四為 WS 測站 9 月與 10 月資料,兩者船舶 事件佔整體約 3-5%,而魚類事件在 09/03-09/08 第一組時間統計約 23%,而且事件發 生較晚約20時以後至24時,而09/25-10/03第二組時間統計約19%略低,時間集中約晚上六點至七點以後至23點,表五為WS第三組冬季統計資料,船舶在此次收集資料中有非常頻繁次數約418筆,比例提高至9%,但在11月28日、11月29日這兩天幾乎無船隻作業活動,推測可能受強烈季風影響,而魚類生物噪音在此季節有更明顯時段性變化,其鳴叫時段從夜晚提前至下午約四點產生,且持續時間也較秋季短,總時數佔整體比例下降至8%。

參、 結論

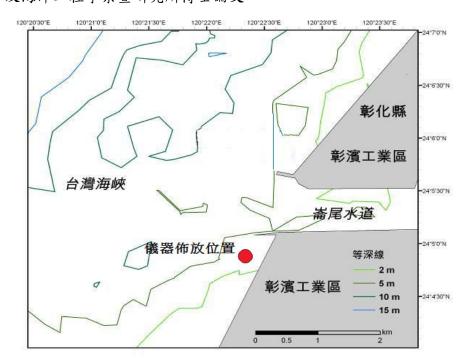
就以目前現有資料分析結果,噪音時間序列頻譜分析可得知,WS 外傘頂洲沿岸附近的環境噪音在夜晚有明顯生物週期性噪音,其產生頻段約600-900 Hz,且魚類生物噪音產生時會使該頻段聲壓位準提高約15 dB 以上,船舶噪音影響頻段在中高頻,當船舶噪音出現時,其聲壓位準提高15-20 dB 以上,CH 彰濱工業區南堤測站雖然資料不多,但夜晚亦有明顯生物噪音出現, 且頻段亦在600-900 Hz 之間,但若將 CH 與 WS 冬季資料做頻譜比對,低頻部分因 WS 冬季資料並無浮標拍打聲音,100Hz 以下就無此噪音貢獻,聲壓位準較低約80 dB 以下,中頻100 Hz 到1 kHz 部分因 WS 點位有較多船舶噪音貢獻,其聲壓位準皆高於 CH 點位,WS 點位約80 dB - 90 dB、CH 約70 dB - 75 dB,而1 kHz 以上兩者相差不大,頻譜趨勢也是由70 dB - 80 dB 逐漸遞減,CH 點位聲壓位準略高於 WS 點位。

事件統計結果,船舶事件並無週期出現,9月份 WS 船舶事件集中於上午居多,CH 別無特別集中趨勢,但12月份資料 WS 點位船舶噪音事件相當多,在整體比例 CH 約一倍,WS 平均一天約 28 筆、CH 平均一天約 12 筆,生物事件則有明顯週期約為每日夜晚有集體鳴叫聲出現,在 CH 與 WS 皆有產生,但在 WS 點位可以明顯看出其生物噪音產生時間有明顯提前,從 9 月份夜晚 8 點提前至 12 月份下午四點,但其確切影響原因尚無法得知,且生物噪音持續時間也有變短趨勢。整體而言,以相同季節來說,船舶噪音貢獻 WS 點位會較多於 CH 點位,生物噪音貢獻兩者皆有,WS 之生物噪音貢獻低於 CH 點位。

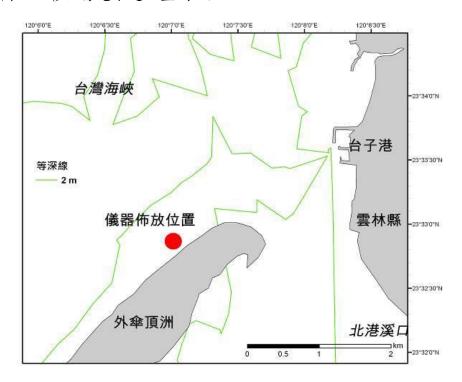
參考文獻

湛翔智、陳琪芳、魏瑞昌、周蓮香、林子皓,(2010a)。"中華白海豚棲息地的水下聲學觀測",中華民國音響學會九十九年會員大會暨第二十三屆學術研討會,194-200。 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、周蓮香、林子皓、郭連翰,(2012)。應用水下升學地點監測中華白海豚行為生態、 中華白海豚棲地海洋環境監測。行政院農委會林務局委託研究計劃。55-70,76-105 頁。

何金政,(2006)。亞潮帶槍蝦社群的發聲碎形維度之研究。國立中山大學海洋生物研究所。 湛翔智,(2007)。臺灣鄰近海域環境噪音之資料分析及數值模擬。國立台灣大學工程科學 及海洋工程學系暨研究所博士論文。



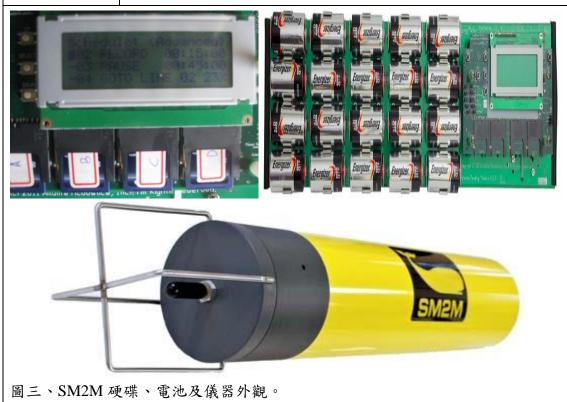
圖一、彰化崙尾水道口監測地點。



圖二、外傘頂洲北端監測地點。

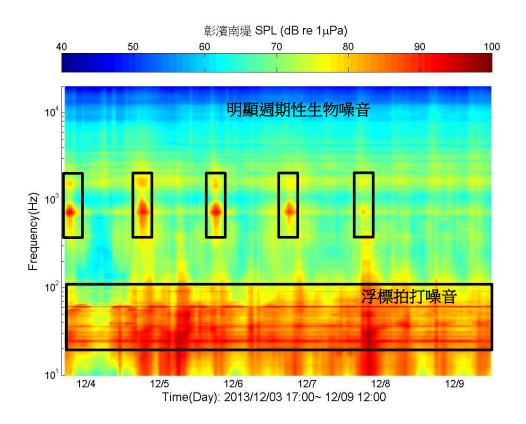
表一、SM2M 規格與設定。

| 名稱 | 規格 | 設定 |
|--------|---|---|
| 儀器外部尺寸 | 直徑 16.5 公分,高7 | 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 | 96kHz | 44.1kHz (CH); 96kHz (WS) |
| 資料儲存方式 | 記憶卡:8GB~128GBSDHC 或 512GBSDXC,16bit 儲存 | 記憶卡:128GB SDXC x4 共 512GB,16bit 储存 |
| 儀器紀錄週期 | 最多可 24 小時連續錄製 36 天 (4 channels、取樣頻率為 9765.625 Hz) | (CH)每小時整點開始記錄,每次錄製59分鐘,停止一分鐘切割檔案;(WS)24小時週期,每筆檔案約3小時36分 |
| 最大工作深度 | 150 m | 8m (CH) \ 4m (WS) |
| 麥克風靈敏度 | -165 dB re 1 μPa | -165 dB re 1 μPa |
| 增益 | +0 dB 與+12 dB | +0 dB |
| 檔案格式 | Wav | 檔 |

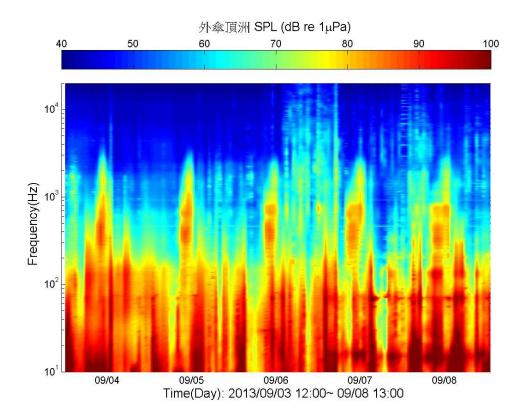




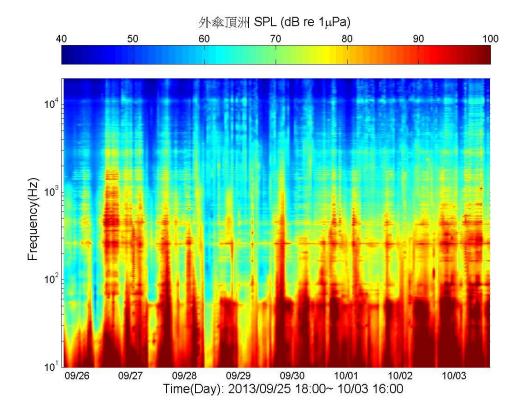
圖四、保護架外觀與佈放作業。



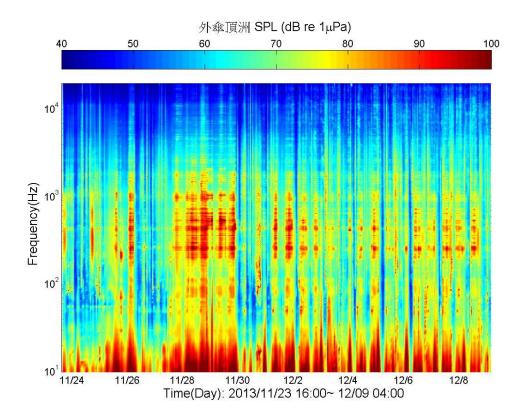
圖五、CH 點位 12/03 - 12/09 時頻譜圖。



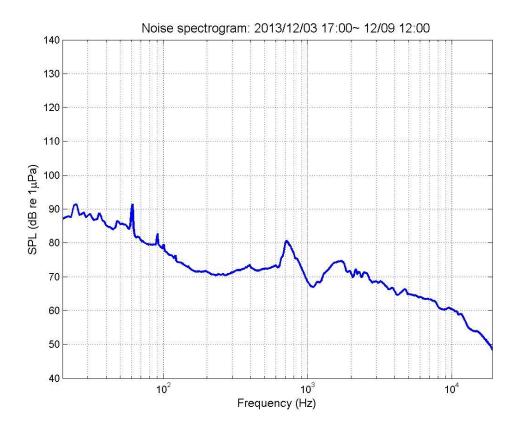
圖六、WS 點位 09/03 - 09/08 時頻譜圖。



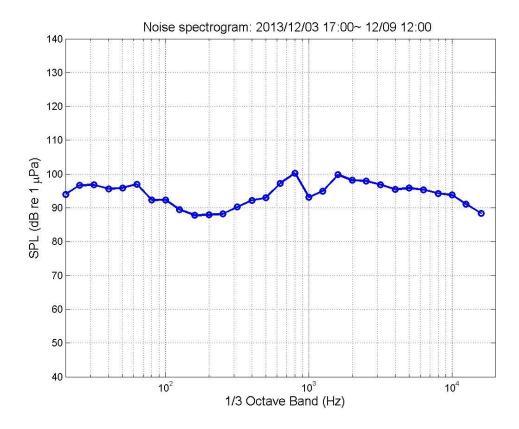
圖七、WS 點位 09/25 - 10/03 時頻譜圖。



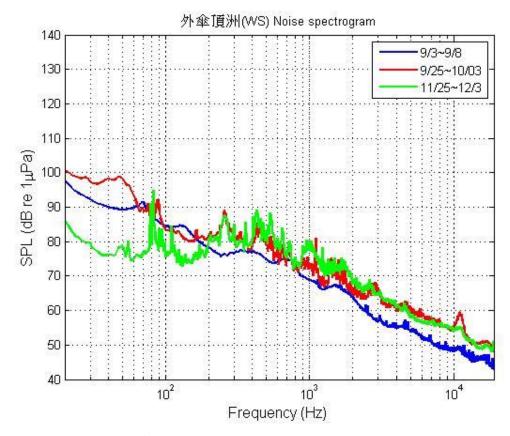
圖八、WS 點位 11/23 - 12/09 時頻譜圖。



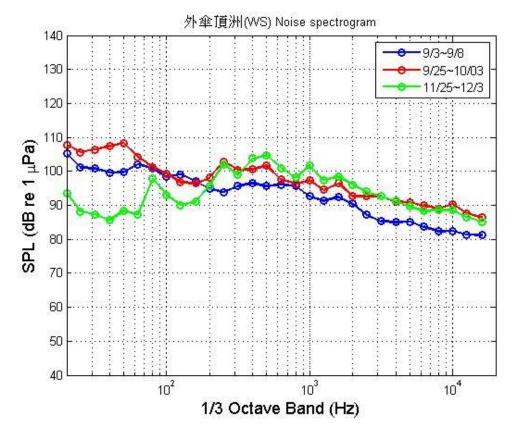
圖九、CH 測站 12/03 - 12/09 頻譜圖 (1Hz - band)。



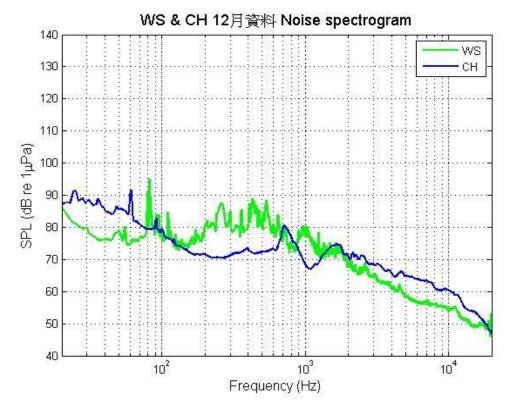
圖十、CH 測站 12/03 - 12/09 頻譜圖 (1/3 octave band)。



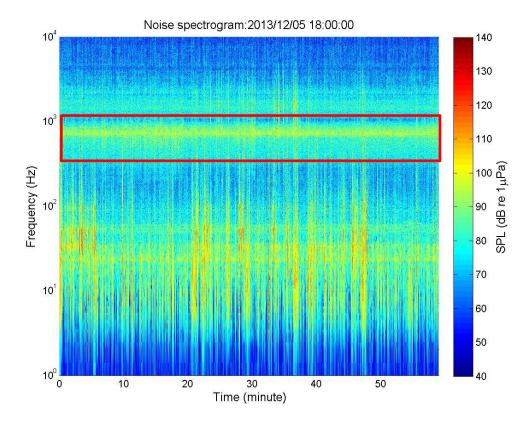
圖十一、WS 測站頻譜圖 (1Hz band)。



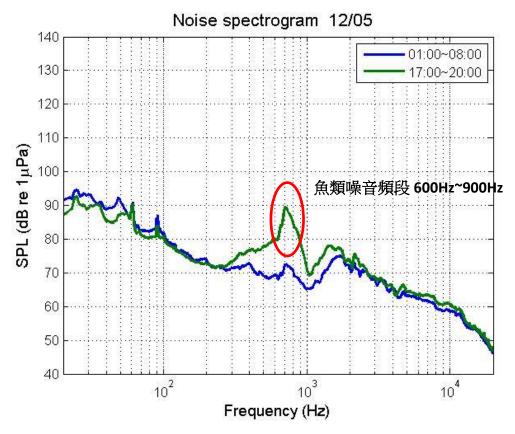
圖十二、WS 測站頻譜圖 (1/3 octave band)。



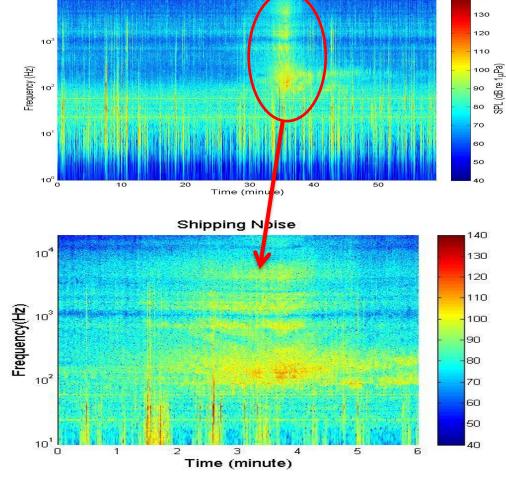
圖十三、WS & CH 冬季資料比對。



圖十四、生物事件出現時頻譜圖。

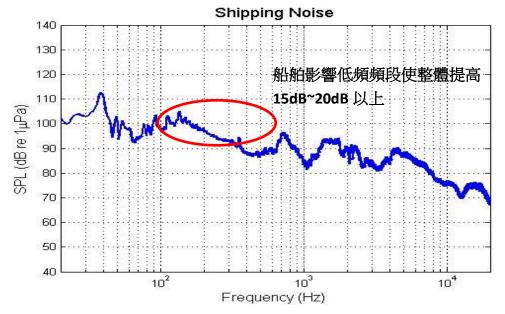


圖十五、生物噪音頻譜圖 (1Hz-Band)。



Noise spectrogram:2013/12/08 04:00:00

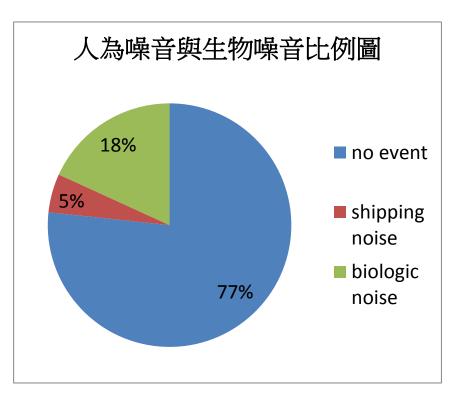
圖十六、船舶噪音事件出現時頻譜圖。



圖十七、船舶噪音頻譜圖 (1Hz-Band)。

表二、CH 測站 12/03-12/09 事件統計。

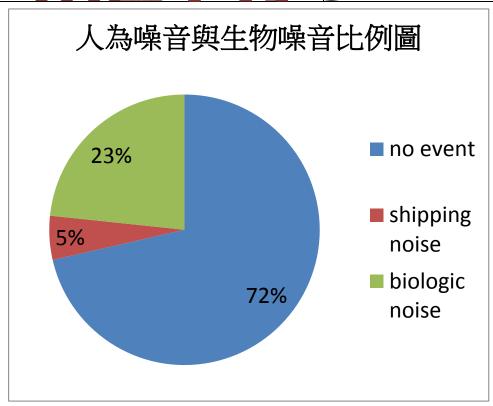
| | | 11- | _ | | 17:17 | U 12 | 2,03 | 1 4/ | 0) | 411 | 30 B | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-----|---|---|-------|------|------|------|----|-----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | | | | | | I | |] | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| | 事件時間 (hr) |
|----------------|-----------------|
| No event | 75.9hr |
| shipping noise | 5.08hr (共 61 筆) |
| biologic noise | 18hr |

表三、WS 點位 09/03 - 09/08 事件統計。

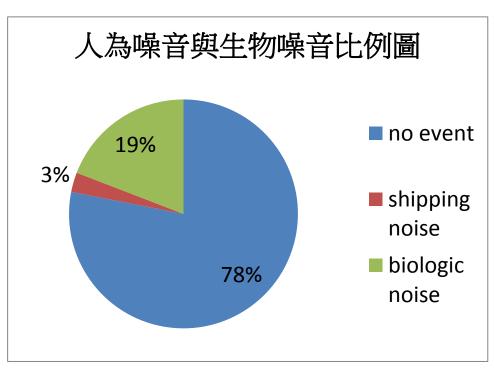
| | - | 八一 | | ,L | - | | | - , | . 1 ' | 1 ./ 3 | - 1 | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----|-----|----|---------|---------|---|-----|-------|--------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 03 | | _ | | | <u></u> | <u></u> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | _ | _ | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | _ | | | - | 1 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Ш | | | | | | | | | | Щ | | | | |
| 06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | _ | | | | | | _ | | | 4 | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | >< | | | | | - |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| | 事件時間 (hr) |
|----------------|-----------------|
| no event | 85.7 hr |
| shipping noise | 6.3 hr (共 63 筆) |
| biologic noise | 28 hr |

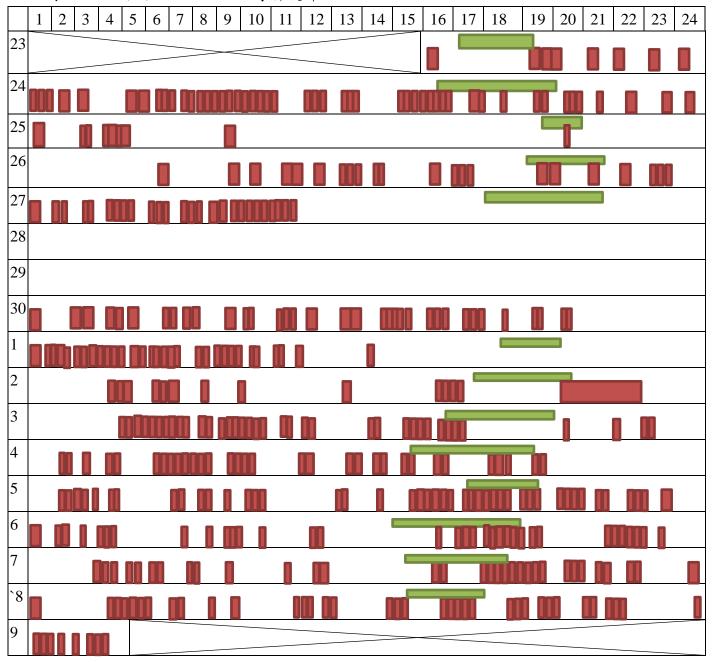
表四、WS 點位 09/25 - 10/03 事件統計。

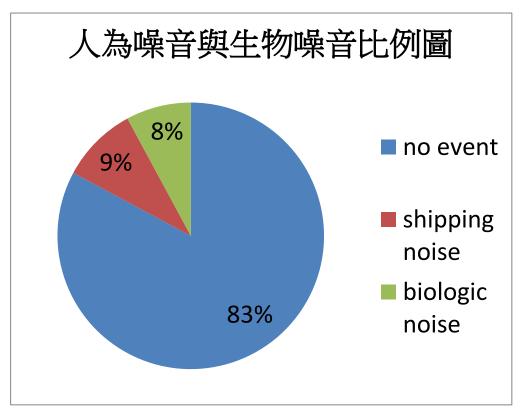
| | 1 | 2 | 3 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|----|---|---|-------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 25 | 1 | 2 | 3 ' | + | 3 | | / | 0 | 9 | 10 | | 12 | 13 | 14 | 13 | 10 | 17 | 10 | 19 | 20 | 21 | 22 | | 24 |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | · | | | | | | | | |
| 29 | | | ſ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | >< | | | | | |



| | 事件時間 (hr) |
|----------------|----------------|
| no event | 146 hr |
| shipping noise | 5.2 hr |
| biologic noise | 36 hr (共 52 筆) |

表五、WS 點位 11/23 - 12/09 事件統計。





| | 事件時間 (hr) |
|----------------|-------------------|
| no event | 373 hr |
| shipping noise | 41.8 hr (共 418 筆) |
| biologic noise | 35.5 hr |

第陸章、中華白海豚海上調查實習工作坊成果報告

壹、 海上調查工作坊

活動日期: 2013年04月20-21日

活動地點:國立台灣大學生命科學館4樓4A及4B教室

指導單位:行政院農委會林務局

主辦單位:國立台灣大學生態學與演化生物學研究所

協辦單會:中華鯨豚協會

工作坊學員數:60人



活動目的:過去七年來本團隊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,累積了許多經驗也培養了許多專業人才。為了將多年來的 經驗和技術傳承下去,也為了方便將來各地團隊進行調查後整合資料,故於今年度海上調查活動開始前,舉辦海上調查實習工作坊,並廣邀各地類似背景的學者參與。

| 時間 | 4月20日(週六) | |
|---------------|------------------|--------|
| .,,,,, | 內容 | 主講人 |
| 10:00 - 10:20 | 報到 | |
| 10:20 - 10:30 | 開幕致詞 | 管立豪 教授 |
| 10:30 - 11:10 | 白海豚的簡介與過往研究的分享 | 周蓮香 教授 |
| 11:10 - 11:20 | 休息 | |
| 11:20 - 12:00 | 白海豚空間分布模式預測與活動範圍 | 葉志慧 |
| 12:00 - 13:00 | 午間休息、午餐時間 | |
| 13:00 - 14:55 | 海上調查講解與實作 I | 郭毓璞 |
| 14:55 - 15:05 | 休息 | |
| 15:05 - 17:00 | 海上調查講解與實作 Ⅱ | 郭毓璞 |

| 時間 | 4月21日(週日) | |
|---------------|-------------|--------|
| 4.74 | 內容 | 主講人 |
| 8:30 - 9:00 | 報到 | |
| 9:00 - 10:50 | 白海豚群體觀察與記錄 | 林子皓 |
| 10:50 - 11:00 | 休息 | |
| 11:00 - 12:00 | 白海豚照相與影像紀錄 | 余欣怡&侯雯 |
| 12:00 - 13:00 | 午間休息、午餐時間 | - |
| 13:00 - 15:00 | 白海豚個體身份辨識實作 | 余欣怡&侯雯 |
| 15:00 - 15:10 | 休息 | - |
| 15:10 - 16:00 | 綜合討論 | 區家欣&羅婕 |

活動照片:



海上調查實習

活動日期:2013年05月04日 活動地點:宜蘭烏石港外海

指導單位:行政院農委會林務局

主辦單位:國立台灣大學生態學與演化生物學研究所

協辦單會:中華鯨豚協會 參與學員與工作人員:60人

實習目的:讓學員們能體驗在真實的工作環境下,如何觀察海上環境,並學 習填寫環境因子紀錄表及海豚目擊紀錄表,以及嘗試在船上搖晃的環境操作 各種海上調查的儀器與設備,包括照相機、攝影機、望遠鏡、測距儀、濁度 計及鹽溫儀。





附錄一、海上調查 SOP 手冊

壹、 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。

貳、 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:

● 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。

● 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 | О | 多 | О | Δ |
| 平行海岸線 | X | 少 | Δ | О |
| Z字型海岸線 | Δ | 少 | О | Δ |

● 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。

參、 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)

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。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)。

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)。

肆、 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

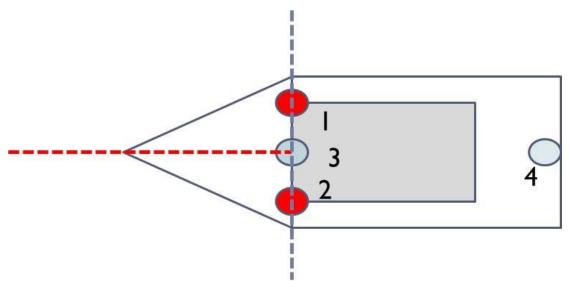
海上調查時可區分為搜尋海豚時與追蹤海豚時,兩種不同時期人力配置將有所不同。但是 最基本的人員配置需要至少有4名工作人員才可能完成。以下將根據兩種不同情況分別舉列該 情況所需人員。

● 搜尋海豚時:

- 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。



● 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。

- 趟次資料:日期、地區、調查範圍、航線等資訊。
- 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。
- 航行資料:採樣點時間、GPS 點位。
- **航程種類:**努力航程與非努力航程 (On-effort、Off-effort)。
- 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:

- **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。
- 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。

● 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:

● 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

● 校正方式

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

● 回測方式

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

● 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)。

● 保養方式

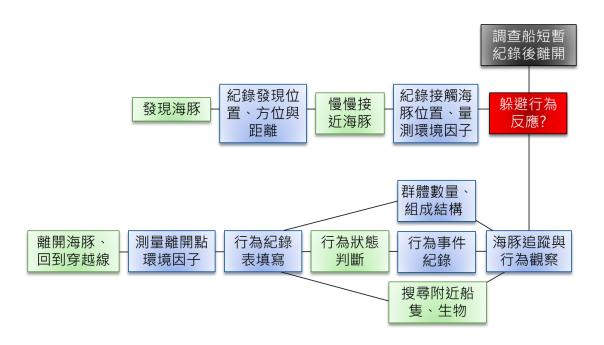
- 1. YSI30: 纜繩電極探頭皆以清水沖洗後晾乾
- 2. YSI60:同上,且電極需浸在酸性 buffer 中
- 3. 2100Q: 以濕紙巾擦拭乾淨

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)

● 目擊海豚時的工作流程如下圖:



● 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)
- (a) 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
- (b) 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)
- (c) 海豚資料 (群體數量、母子對、是否分群、年齡結構(分三級))
- (d) 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。

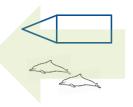
● 重複目擊 (re-sighting)

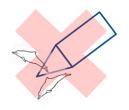
遭遇海豚時很有可能該群體為當天同一航線上前次目擊之相同群體,若該群體組成 50 %以上為相同個體,且相隔時間過短 (小於 30 分鐘),此時將標記該群體為重複目擊。倘若相同群體為不同航線 (平行海岸線)或不同天次、趟次所目擊相同之群體則不屬於重複目擊。遇到重複目擊情形時,在計算密度及豐度時,不可將重複目擊視為一次目擊。

● 開船方式

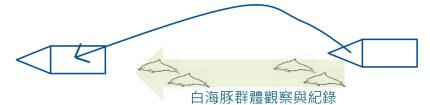
追蹤方式:盡可能提前與船長溝通作業方式,追蹤時盡量以定速追蹤,切勿突然提高船速;船隻位置與海豚距離應適中,以不干擾海豚行為為基準(不可從海豚行進方向前經過、衝擊群體等)(如下圖範例)。

- 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



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:

● 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、光圏、快門...等)。

● 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 動焦段與移動鏡頭,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:

● 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。

● 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。

伍、 資料彙整與分析

一、 資料分析

● 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),趙次目擊率則為有效目擊中華白海豚之趙次數除以有效調查趙次數之百分比率。

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 (θ) ,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:

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

D = 所欲推估之海豚的族群密度 (以群為單位)

n =發現群次

 $\hat{m{f}}(m{0})=$ 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:

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

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 以上之版本計算面積)

B. 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。

● 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。

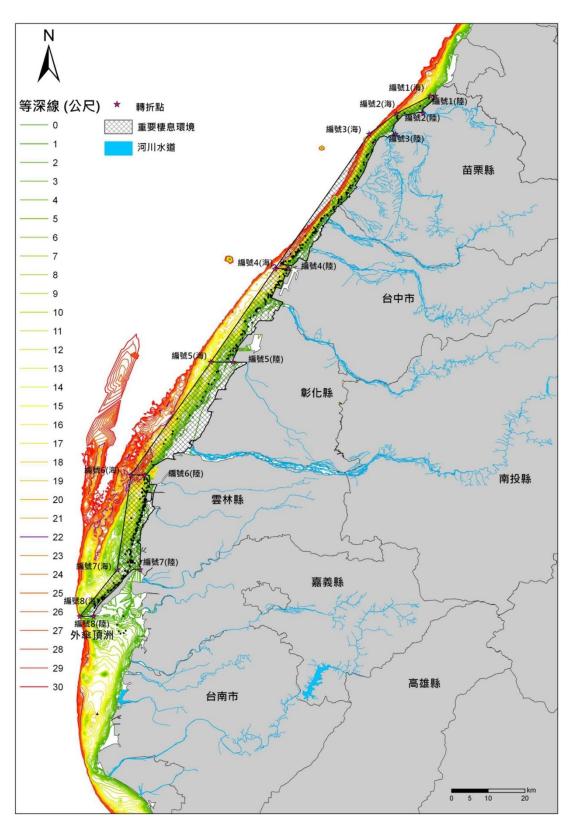




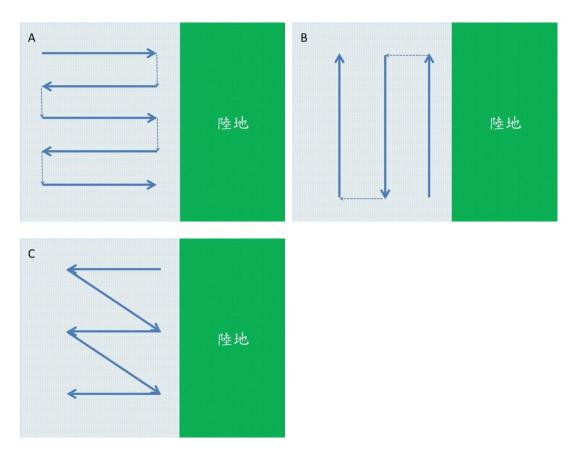
陸、 參考文獻

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., Slooten, 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., Slooten, 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., 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.
- 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,陳壽,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 | Date 日期: |
|-----------------|------------------------------|--------------|
| Recorder 紀錄者: | GPS no : | Vessel 船名: |
| Discoverer 發現者: | Cue 發現狀態: | - 距離最後滿潮幾小時: |

Sighting No.:

| 起繼取後滿潮幾小時· | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| File name 檔名 | | | | | | | | | | | | | |
| Sound | Video | | Photo | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Sighting Point 發現點 | | | | | | | | | | | | | |
| Time: | | 船首角度:_ | 度 | 500 m 內船筏(艘)數目: | | | | | | | | | |
| Position GPS | | 海豚角度:_ | 度 | 漁船 | 貨輪工作船 | | | | | | | | |
| N:° E:° | | 最初離船距离 | 推:m | | | | | | | | | | |
| E:° | | 離岸距離:_ | m | □Bird 鳥 □Fish 魚 | | | | | | | | | |
| | | 被校正觀察者 | ½:(L/R) | R) | | | | | | | | | |
| Contact I | Point 接近點 | | L | Leaving Point 離開點 | | | | | | | | | |
| Time: | | | Time:(Leaver 離開者: us 我/animal 動物) | | | | | | | | | | |
| Position GPS | | | Position GPS | | | | | | | | | | |
| N:° | | | N:° | | <i>"</i> | | | | | | | | |
| Position GPS N:° E:° | | | Position GPS N: E: | | | | | | | | | | |
| Sea surface temperature | 水表溫度: | $^{\circ}\! \mathbb{C}$ | | erature 水表温度 | | | | | | | | | |
| Salinity 鹽度: | | | Salinity 鹽度:% pH: | | | | | | | | | | |
| depth 水深:m | Turbidity 濁度 | ŧ: | depth 水深:m Turbidity 濁度: | | | | | | | | | | |
| Beaufort 浪級: | | | Beaufort 浪級: | | | | | | | | | | |
| | Info | ormation of I | Dolphins 海豚 | | | | | | | | | | |
| | Mot | her-Calf 母子 | 子對(對) | Coloration 體色變化 | | | | | | | | | |
| Group number 數量(| 、支丿 I cub | | 總群數-1) | | | | | | | | | | |
| Average 平均 Min 最少 | | = | ship 最近船隻距 | wmte >50% | 白斑>50% 白斑<50% | | | | | | | | |
| Max 最多 | | | m | Calves | 白斑\50% 全黑或灰 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Behavior 行為: | | | _ | boat 對船反應 | | | | | | | | | |
| □Mill 繞圈徘徊 □ | Feed 覓食 [| _Travel 游走 | □+主動靠近 □-躲避 □Nr 不理 □U 不知 | | | | | | | | | | |
| □Social 社交 □Rest | 休息 □Othe | er 其他 | _ | | | | | | | | | | |
| | | Comn | nent 備註 | | | | | | | | | | |
| | | 0 02222 | 1,74 00- | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

表二 Sighting number 開始時間 游向 下潛角度 下潛時間 附近船隻 個體間距離 □淺 □一致 □<1 海豚身長 □不移動____ (三分鐘為一觀察單位時間) □轉向_ □中 間隔____sec □1~3 海豚身長 □靠近 ___ 標定編號(GPS) □不一致 □深 □不一致 □3 海豚身長以上 □遠離 __ □接觸海豚_ 緩慢遊動 尾鰭舉起 尾鰭拍水(水面) 互相磨擦 漂浮不動 水面行為 快速游動 側翻滾 尾鰭拍水(水下) 交錯下潛 與船互動 全身跳出 胸鰭拍水 嘴喙咬魚 躍身擊浪 倒翻 備註 Position: 水深_ _m 開始時間 游向 下潛角度 下潛時間 個體間距離 附近船隻 _ : _ □淺 □一致 □<1 海豚身長 □不移動_____ (三分鐘為一觀察單位時間) □轉向__ □中 間隔____sec □靠近 __ □1~3 海豚身長 標定編號(GPS) □不一致 □深 □不一致 □3海豚身長以上 □遠離 _ □接觸海豚_ 緩慢遊動 漂浮不動 尾鰭舉起 尾鰭拍水(水面) 互相磨擦 水面行為 快速游動 側翻滾 尾鰭拍水(水下) 交錯下潛 與船互動 全身跳出 倒翻 胸鰭拍水 嘴喙咬魚 躍身擊浪 借註

| 1用社 | Position: | | N | Е | | | |
|---------------|-----------|------|----------|-----------|-------|--|--|
| | | | | | · | | |
| | | | | | | | |
| 水深m | | | | 1 | | | |
| 開始時間 | 游向 | 下潛角度 | 下潛時間 | 個體間距離 | 附近船隻 | | |
| : | □一致° | □淺 | □一致 | □<1 海豚身長 | □不移動 | | |
| (三分鐘為一觀察單位時間) | □轉向° | □中 | 間隔sec | □1~3 海豚身長 | □靠近 | | |
| 標定編號(GPS) | □不一致 | □深 | □不一致 | □3海豚身長以上 | □遠離 | | |
| | | | | | □接觸海豚 | | |
| | 緩慢遊動 | 尾鰭舉起 | 尾鰭拍水(水面) | 互相磨擦 | 漂浮不動 | | |
| 水面行為 | 快速游動 | 側翻滾 | 尾鰭拍水(水下) | 交錯下潛 | 與船互動 | | |
| | 全身跳出 | 倒翻 | 胸鰭拍水 | 嘴喙咬魚 | 躍身擊浪 | | |
| | Position: | · | N° | 'E | | | |
| | | | | | • | | |
| | | | | | | | |
| 水深m | | | | | | | |
| 開始時間 | 游向 | 下潛角度 | 下潛時間 | 個體間距離 | 附近船隻 | | |
| : | □一致° | □淺 | □一致 | □<1 海豚身長 | □不移動 | | |
| (三分鐘為一觀察單位時間) | □轉向。 | □中 | 間隔sec | □1~3 海豚身長 | □靠近 | | |
| 標定編號(GPS) | □不一致 | □深 | □不一致 | □3 海豚身長以上 | □遠離 | | |
| | | | | | □接觸海豚 | | |
| | 緩慢遊動 | 尾鰭舉起 | 尾鰭拍水(水面) | 互相磨擦 | 漂浮不動 | | |
| 水面行為 | 快速游動 | 側翻滾 | 尾鰭拍水(水下) | 交錯下潛 | 與船互動 | | |
| | 全身跳出 | 倒翻 | 胸鰭拍水 | 嘴喙咬魚 | 躍身擊浪 | | |
| | Position: | | N° | 'E | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 水深m | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

表三 Marine Mammal Effort Form & 環境因子 SST, Salinity & Current Form Route → → → → □</ Observer: Recorder: Sound recordist: Video recordist: Date: / / (Month / Day / Year) Vessel: Weather/ Deep Cargo Turbidity T (°C) pH Speed Glare (m) (mobile/station) (NTU) Latitude (N) (O , ") Longitude (E) (O , ") EC Effort GPS Time Comments Fishing Boat Recorder Sightability/ Beaufort Sal.($^{0}/_{00}$) Net Brg Visibility (mobile/station)

| 表三續 Date:/(Month / Day / Year) Vessel: | | | | | | | | | | Pa | nge: (| of | _ Comments: | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|-----|--|----|----|------------------------|--|--|--|----|--------|-------------------------|-------------|--|--|--|--|---|--------------|---|-----|--------|--|--|----------|----------|--|
| EC | Effort | GPS | | Ti | me | Latitude (N) (O ', ") | | | | | | Longitude (E) (O ' '') | | | | | |) | Speed Brg | Weather/ Glare Sightability/ Visibility | (m) | T (°C) | | Cargo (mobile/station) Fishing Boat (mobile/station) | Recorder | Comments | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |