

106 年度行政院農業委員會林務局補助研究計畫

中華白海豚族群生態與河口棲地監測

Population Ecology and Estuary Habitat Monitoring
for Chinese White Dolphin (*Sousa chinensis*)

計畫編號：106 林發-08.1-保-26

計畫主持人: 周蓮香

協同主持人: 林幸助、孫建平

執行機關：國立臺灣大學生態與演化生物研究所

國立國立中興大學生命科學系

國立成功大學水利及海洋工程學系

中華民國一〇七年元月

本報告內容純係作者個人之觀點，不應引申為本機關之意見



研究人員名錄

國立臺灣大學 生態學與演化學研究所

周蓮香	范涵蘊
李沛沂	黃嘉慶
黃彥婷	王忠斌
李玠志	陳飛龍
林圻鴻	余信儀
侯雯	潘佳修
傅思穎	許暉咏
劉明章	徐筠菲
李幸娜	林莉蓁
郭祥廈	楊筑鈞
陳高榜	李詠峻
陳彥彰	邱百合

國立成功大學 水利及海洋工程學系

孫建平
吳稚中
賴詩穎
潘冠愷

國立中興大學 生命科學系

林幸助
林良瑾
林貝宜
李奕廷
李世博
張恩澤
廖品琇
陳渭中
張顥嚴
林蔚任
尤心俞
洪靜
周孟儒
宋明儒
吳欣恂
蔡佳豪

總摘要

本年度計畫持續監測被視為極度瀕危等級的中華白海豚臺灣族群，彙整包括族群歷年目擊率、個體辨識和育幼母豚數量，以及其河口棲息地內的時空環境變化，以了解該族群歷年來的變化趨勢。有鑑於未來離岸風場施工之合格觀察員的迫切需求，也派員前往國外學習並提出國內制度的建議草稿。綜觀本計畫內容包括四大項，其精要結果分述如下：

1. 臺灣西海岸中華白海豚的海上調查與監測（第壹章）：

本年度(2017)海上目視調查，北起海山漁港、南至七股溼地劃分六個監測區域，以平行海岸的調查航線，共執行 55 趟次(天次)海上調查。總航行距離 4,046.8 公里，有效努力里程 3,457.01 公里。總共目擊中華白海豚 54 群次，有效目擊 49 群，總目擊率為每百公里 1.42 群次，每十小時 2.00 群次。照片辨識後發現本年度僅目擊 58 隻個體，是歷年新低，母子對則有 8 對。在行為分析部份，苗栗以及彰化海域的覓食行為比例高，可能是重要覓食棲地；而彰化海域的社交行為較高，母子對則以嘉義外傘及彰化海域較高。彙整 2017 年度其它相關計畫資料，進行時空分佈與族群動態的分析，結果顯示：(1)2017 年目擊率最高在雲林北區(3.42 群次/100 公里)，其次是彰化北區(3.18 群次/100 公里)；而目擊率最低和次低分別落在中華白海豚野生動物重要棲地的北界之外、鹽港溪北的新竹區段(無目擊)；與南界之外的七股海域(0.28 群次/100 公里)。對比過去海豚目擊率空間分佈趨勢發現，彰化北部的發現率略為下降，而雲林和嘉義地區則顯著提升，其中雲林北區甚至為本年度目擊率最高的地區。可見白海豚的活動熱區並不固定，會南北變動，也會集中或是分散。(2)在族群動態趨勢部分：歷年累積辨識白海豚個體仍維持 80 隻，至目前累積辨識的新生幼豚 41 隻，其中僅 11 隻順利成長至六歲。若以目擊一次以上的幼豚為準(n=31)，關鍵存活時期為 2-3 歲的斷奶階段，存活率僅 0.68，五歲以後存活率接近 1。在非嬰幼豚的死亡率以老年期 66.7% 最高，其餘年齡期則僅為 13-17%。已死亡或應死亡(消失四年以上)的非嬰幼豚有 15 隻，因此就整個族群的來看，11 年期間補充了 11 隻，可能死亡者 15 隻，有些入不敷出現象。

2. 收集國際海洋哺乳動物觀察員訓練系統資訊與經驗（第貳章）：

海洋工程造成的水下噪音，會直接和間接影響鯨豚的生理與生態，如何在即時監測過程降低衝擊，是近年來各國政府在規劃和許可離岸風場開發的重要考量。國際上常雇用受過完善訓練的海哺觀察員(marine mammal observer，MMO)，於施工現場進行目視監測，避免鯨豚進入高衝擊區，是主要的減輕策略之一，然而海哺觀察員的成效，有賴相關的法制的訂定。本文回顧了英國、

紐西蘭和美國在 MMO 的訓練單位與規劃受訓人員的資格、標準和管理，彙整出十大項目，並對國內的未來制度提出初步的草稿建議。

3. 輔導漁民之白海豚保育宣導與培訓（第參章）：

臺灣白海豚族群分佈之棲地，與西海岸漁民之近海作業區高度重疊，導致漁民對於中華白海豚野生動物重要棲息地或其他保護區的劃設幾乎全面反對，可能因擔心此舉會影響其生計。有鑑於當地的漁民和社區居民的支持是成功推動此保護區的關鍵，如何加強漁民之宣導，甚至培訓當地漁民成為鯨豚觀察員，增加其就業機會將會是棲息地保護區首要推動的工作。因此規畫「協助漁會組織訓練當地漁民轉型成為離岸風機打樁工程之目視觀察員」為本年度工作項目之一。然而因漁會 2017 年春夏季適逢理監事改選，後續的漁民節大會造成漁會格外忙碌，無暇辦理相關培訓，因此本工作展延至下年度。有鑑於風機正式施工預計在 2019 年開始，合格的目視觀察員有必要在明年完成訓練，故在計畫機關同意之下，改於 2017 年 10 月 16 日邀集專家學者針對觀察員制度規劃提供建言。另外，於 12 月 28 日與全國漁會商談未來離岸風場施工所需「鯨豚觀察員」合作事宜。並彙整各方與專家之建議，提供未來觀察員制度實行之參考。

4. 中華白海豚河口棲地環境時空變化監測與分析（第肆章）：

本計畫以雲林縣新虎溪河口為研究地點，調查新虎尾溪的水量水質、浮游藻類基礎生產力。透過在新虎尾溪河口和上游 5 公里處設立新虎尾溪下游和上游測站，定期監測流域流量與水質，量化浮游藻類生物量、生產量，並搜集河口附近 2 海里範圍的水質資料與白海豚的活動頻度進行分析。主要分析結果為：(1) 使用徐昇式多邊形法、現地流量量測，推估 2017 年新虎尾溪出海口各日流量值的結果，發現新虎尾溪出海口流量受潮汐影響，漲潮時出現會負流量，乾濕季有明顯變化，濕季期 4-9 月流量高變異大(2.8-355.12 cms，中間兩月最大為 6.80~355.12 cms)；而乾季(10-3 月)僅為 0.5~18.38 cms。(2) 浮游藻類生物量和淨群集生產量，影響全年生產力的主因子是地點：上游測站的 NH₄⁺、PO₄³⁻和有機質濃度較高於下游；影響季節生產力集中在春夏季(4 月最高)的因子，可能與水溫為重要因子有關。(3) 進一步與之前雲林沿海生產力比較，新虎尾溪春季和夏季浮游藻生物量和生產量皆高於沿海，但在生產量很低的秋冬季則沒有太大差異。將全年淨生產量相比，新虎尾溪和河口為自營生態系，雲林沿海則為異營生態系的結果，因此河口將藻類生產量輸入海洋，提供能量給沿海生態系使用。

初步的各種相關分析顯示，中華白海豚之群次目擊率變化與浮游藻類生產力及生物量之變化有相關跡象，但卻與雨量與河川逕流量無明顯關係。此結果可能受限環境因子的採樣次數尚少，且中華白海豚冬季海上執行困難可能造成之目擊資料品質不佳，未來將加入水下聲學監測資料進行分析。

誌謝

首先感謝林務局對本計畫的支持，特別感謝在研究期間夏組長榮生、陳科長超仁、劉泰成先生在行政上的協助，以及臺大、中興、成功大學的研究團隊所有成員(助理、研究生、實習生與志工們)不畏海上和研究辛苦，蒐集珍貴的海上調查和實驗資料。最後，由衷感謝木星一號張木星船長、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、大航號張清華船長、永明一號林永明船長協助海上調查，還有特別感謝台塑公司多年來補助雲林海域的中華白海豚調查計畫才可以累積珍貴資料，以及清華大學楊樹森教授出借 Seabird 多參數水質儀。謹此獻上最誠摯的謝忱。

目錄

第壹章、中華白海豚族群生態	1
一、實施步驟與方法	3
二、結果	6
三、討論	10
四、參考文獻	14
第貳章、國際海洋哺乳動物觀察員(MMO)制度與我國「鯨豚觀察員」(CTO)制度擬定之初步建議	41
一、各國海洋哺乳類觀察員(MMO)比較	42
二、臺灣未來 MMO 的規劃要點	56
三、臺灣未來「鯨豚觀測員」制度之初步建議	57
四、結論	62
五、參考文獻	76
六、附件	79
第參章、輔導漁民之白海豚保育宣導與「鯨豚觀察員」培訓討論會	91
一、邀集專家學者針對制度規劃提供建言	92
二、與全國漁會商談未來離岸風場施工所需「鯨豚觀察員」合作事宜	96
第肆章、中華白海豚河口棲地環境時空變化監測與分析	97
一、新虎尾溪出海口水流量推估	99
二、新虎尾溪河口浮游藻類基礎生產力	101
三、新虎尾溪河口的白海豚活動與河口環境因子的關係	106
四、參考文獻	109
五、附件	113

表目錄

表 1-1 本年度航線編號、範圍、以及調查趟次。.....	17
表 1-2 本年度六條調查航線的航行資料以及目擊結果。.....	17
表 1-3 本年度海上調查白海豚目擊位置表面海水的環境因子。.....	18
表 1-4 本年度海上調查目擊育幼群與母子對數量以及對總群次的比例。.....	18
表 1-5 本年度海上觀察各區域中華白海豚的行為表現群數。.....	18
表 1-6 彙整本年度平行線調查各區段海域的中華白海豚目擊率。.....	19
表 1-7 分析目擊次數大於 1 次幼豚之存活率以及特定年齡期的存活率。特定年 齡期的存活率在 2-3 歲最低。.....	19
表 1-8 2008-2017 年嬰幼(A)與非嬰幼(B)的死亡個體(包括已死亡及應死亡)在各 年齡期的個體總數與死亡隻數，及其死亡百分比。*有 11 隻 6 歲以上 幼豚因已成長至非嬰幼兒的四個年齡期(B)。.....	19
表 2-1 各國須進行監測或審核的海域工程，其項目、工作內容、噪音範圍、可 能衝擊物種，和是否採用 MMO 或 PAM operator。說明：Y 代表必須使用 MMO。『UN』表示該國海域禁止該項工程或沒有資料。PSO：保育物種 觀察員(protected species observer)，海哺與海鳥觀察員(marine mammal and seabird observer)。*：海洋地質和地理調查禁止使用爆破式聲源；其他於 紐西蘭海域執行爆破之相關活動，則需事先申請，DOC 則配合審核單位 給予建議(DOC 2013)。.....	66
表 2-2 各國目視觀察員條件和資格彙整比較表。TMMO (trained MMO)、 DMMO (dedicated MMO)、EMMO (experienced MMO)、QMMO (qualified MMO)。* 美國是由 NMFS 個案審查 PSO 的資格。.....	67
表 2-3 各國對人員登上離岸工程平台之醫學檢查要求，翻譯自參考文獻(Todd et al. 2015)，第 69 頁表格。*：雖然 MMO 和 PAM 操作員不是嚴格定義 上的海事人員，但部分公司仍會要求至少要提供國際通用的 ENG1 體檢 證明。.....	69
表 2-4 美國 PSO 之各項授課大綱比較表。註：*的資料來源為 Carolyn Barton 公告之墨西哥灣 PSO 訓練課程大綱 (http://www.carolynbarton.co.uk/html/pso_training.html)。.....	70
表 2-5 英國、美國和紐西蘭目視觀察員工作條件彙整。.....	73
表 2-6 其他海哺觀察員(MMO)建議或必備之其他訓練與證照(Todd et al. 2015)。.....	74
表 2-7 國外離岸風機打樁工程於 MMO 使用之每日開銷估算表。.....	75

表 4-1 新虎尾溪流域之鄉鎮內現有牲畜統計。.....	133
表 4-2 新虎尾溪流域之鄉鎮內現有家禽類統計。.....	133
表 4-3 新虎尾溪流域及鄰近地區雨量站概況表。.....	134
表 4-4 2017 年降雨於新虎尾溪所產生之單月最大日逕流量。.....	134
表 4-5 2017 年新虎尾溪出海口逕流量。.....	135
表 4-6 新虎尾溪各環境因子月份和測站變異數分析。.....	136
表 4-7 新虎尾溪各環境因子月份和測站變異數分析。.....	137
表 4-8 浮游藻類生產量與生物量對環境因子之 Spearman rank 相關分析。....	138
表 4-9 新虎尾溪環境因子主成分分析。.....	139
表 4-10 潘(2015)與本研究浮游藻生物量比較表。.....	139
附表 4.1- 1 2008 年日逕流量。.....	113
附表 4.1- 2 2009 年日逕流量。.....	114
附表 4.1- 3 2010 年日逕流量。.....	115
附表 4.1- 4 2011 年日逕流量。.....	116
附表 4.1- 5 2012 年日逕流量。.....	117
附表 4.1- 6 2013 年日逕流量。.....	118
附表 4.1- 7 2014 年日逕流量。.....	119
附表 4.1- 8 2015 年日逕流量。.....	120
附表 4.1- 9 2016 年日逕流量。.....	121
附表 4.1- 10 2017 年日逕流量。.....	122
附表 4.2- 1 2008 年出海口日逕流量。.....	123
附表 4.2- 2 2009 年出海口日逕流量。.....	124
附表 4.2- 3 2010 年出海口日逕流量。.....	125
附表 4.2- 4 2011 年出海口日逕流量。.....	126
附表 4.2- 5 2012 年出海口日逕流量。.....	127
附表 4.2- 6 2013 年出海口日逕流量。.....	128
附表 4.2- 7 2014 年出海口日逕流量。.....	129
附表 4.2- 8 2015 年出海口日逕流量。.....	130
附表 4.2- 9 2016 年出海口日逕流量。.....	131
附表 4.2- 10 2017 年出海口日逕流量。.....	132

圖目錄

圖 1-1 海上調查航線 1。黑線段所指為 2016 年調查北界，2017 年延伸到海山漁港外。.....	20
圖 1-2 海上調查航線 2，台中港北堤到苗栗白沙屯。.....	21
圖 1-3 海上調查航線 3，台中港到彰化崙尾水道南。.....	22
圖 1-4 海上調查航線 4，崙尾水道南到濁水溪口。.....	23
圖 1-5 海上調查航線 5，雲林縣台子村到嘉義布袋港。.....	24
圖 1-6 海上調查航線 6，嘉義布袋港到台南七股。黑色線所指為 2016 年調查南界，2017 年延伸至台南七股海邊。.....	25
圖 1-7 中華白海豚的年齡分期圖 (A)嬰年期、(B)幼年期、(C)少年期、(D)青年期、(E)壯年期、(F)老年期.....	26
圖 1-8 航線 1 調查結果，黑點為目擊白海豚非育幼群位置，綠色線為追蹤白海豚時軌跡。.....	27
圖 1-9 航線 2 海上調查結果，黑點為目擊白海豚非育幼群位置，紅色點為含有母子對的育幼群位置，綠色線為追蹤白海豚時軌跡。.....	28
圖 1-10 航線 3 海上調查結果，黑點為目擊白海豚非育幼群位置，紅色點為含有母子對的育幼群位置，綠色線為追蹤白海豚時軌跡。.....	29
圖 1-11 航線 4 海上調查結果，黑點為目擊白海豚非育幼群位置，紅色點為含有母子對的育幼群位置，綠色線為追蹤白海豚時軌跡。.....	30
圖 1-12 航線 5 海上調查結果，黑點為目擊白海豚非育幼群位置，紅色點為含有母子對的育幼群位置，綠色線為追蹤白海豚時軌跡。.....	31
圖 1-13 航線 6 海上調查結果，黑點為目擊白海豚非育幼群位置，紅色點為含有母子對的育幼群位置，綠色線為追蹤白海豚時軌跡。.....	32
圖 1-14 本年度目擊中華白海豚群體大小的頻度。.....	33
圖 1-15 本年度在各區段海域發現的育幼群與非育幼群次的頻度與分佈。.....	33
圖 1-16 彙整本年度(2017)平行線海上調查後中華白海豚在各區段的目擊率。.....	34
圖 1-17 中華白海豚目擊率的逐年變動。.....	35
圖 1-18 自 2008-2017 歷年調查目擊白海豚時所蒐集的照片總數。至今一共累積 359,452 張照片。.....	36
圖 1-19 分析歷年經照片辨識所記錄的累積可辨識個體、當年目擊個體、母豚以及母子對的數目。整體在目擊個體數及母子對數在 2013 年後逐年下降。.....	36
圖 1-20 分析 2008-2017 年間每年可辨識個體數(Yt)與母子對數(Ym)對於調查年度的線性回歸分析。.....	37
圖 1-21 2008 至 2016 年底幼豚出生月份分佈：(A)所有目擊幼豚。(B)目擊大於 1 次的幼豚。.....	37

圖 1- 22 自 2008-2016 年期間，26 隻曾經有幼豚伴隨的母豚，其生產 1-3 胎的 頻率分佈圖。.....	38
圖 1- 23 自 2005-2016 年期間出生的 41 隻幼豚存活年齡期分配百分比。.....	38
圖 1- 24 2008-2017 年間確認死亡的個體隻數與年齡階層。.....	39
圖 1- 25 2008-2017 年期間消失的可辨識個體累積年數頻率分配，超過 3 年未目 擊的個體數列為“應死亡”者，佔總可辨識個體數的 15%，以青少年齡階 層居多，佔 75%(=8/12)。另有七隻為三年內未目擊，待持續追蹤。.....	39
圖 2- 1 人為噪音頻率與各種海洋生物聲學研究的比較圖(翻譯自 Kunc 等人於 2016 年發表的期刊(Kunc et al. 2016)。可能受到人為噪音(包含船隻、震 測、離岸工程和風場、潛艇聲納等)影響的不同海洋生物分類群，其聽覺 和信號產生範圍。此製圖使用文獻中報告的最小值和最大值(聽覺範圍： 深藍色條，信號產生範圍：淺藍色)。但因魚類在聽力和發聲機制上有著 巨大的差異，僅選用部分例子來說明他們的聽覺和感知的多樣性。噪音 範圍(以灰色顯示)表示大部分聲源具有大部分能量。紅色虛線框則表示， 各分類群之間的噪音污染的影響。大多數發表的研究發現與噪音的關 係。深灰色條表示，噪音有明顯衝擊的案例數量，淺灰色條塊表示沒有 發現的情況。.....	63
圖 2- 2 英國 MMO 制度架構概述圖。.....	64
圖 2- 3 紐西蘭 MMO 制度架構概述圖。.....	64
圖 2- 4 美國 MMO 制度架構概述圖。.....	65
圖 2- 5 「鯨豚觀測員」制度執行過程，可能參與之各機關和機構、單位之概述 圖。.....	65
圖 4- 1 新虎尾河流域概況圖。.....	140
圖 4- 2 第 1 階段(2008~2015)新虎尾流域徐昇式多邊形權重劃分圖。.....	140
圖 4- 3 第 2 階段(2016~2017)新虎尾流域徐昇式多邊形權重劃分圖。.....	140
圖 4- 4 新虎尾溪蚊港橋 9/30 潮位及流量變化圖。(圖 a 為流量變化;圖 b 為潮位)	141
圖 4- 5 新虎尾溪蚊港橋 5/28 及 9/30 潮位變化圖。.....	141
圖 4- 6 新虎尾溪蚊港橋 6/23 及 9/30 潮位變化圖。.....	142
圖 4- 7 新虎尾溪出海口(ZHW)和上游(ZHW-up)測站位置。.....	142
圖 4- 8 各測站水溫變化圖。.....	143
圖 4- 9 各測站鹽度變化圖。.....	143
圖 4- 10 各測站酸鹼值變化圖。.....	143
圖 4- 11 各測站濁度變化圖。.....	144
圖 4- 12 各測站溶氧變化圖。.....	144
圖 4- 13 各測站懸浮固體變化圖。.....	144

圖 4- 14 各測站有機質變化圖。	145
圖 4- 15 各測站 NO _x 變化圖。	145
圖 4- 16 各測站氨氮變化圖。	145
圖 4- 17 各測站磷酸鹽變化圖。	146
圖 4- 18 各測站矽酸鹽變化圖。	146
圖 4- 19 各測站浮游藻生物量變化圖。	146
圖 4- 20 各測站群集呼吸量變化圖。	147
圖 4- 21 各測站淨群集生產量變化圖。	147
圖 4- 22 各測站總群集生產量變化圖。	147
圖 4- 23 新虎尾溪上游(ZHW-up)和下游(ZHW)之全年群集呼吸量、總群集生產量與淨群集生產量。	148
圖 4- 24 新虎尾溪環境因子主成分分析圖。	149
圖 4- 25 潘(2015)與本研究測站位置圖。圖中 EZ 為濁水溪口、Dm 為放流口水口、Ex 為新虎尾溪口，ZHW 和 ZHW-up 是新虎尾溪河口和新虎尾溪上游，為本研究測站。	150
圖 4- 26 浮游藻生物量和濁度散佈圖。	150
圖 4- 27 海上調查航線圖，最靠近岸之航線(虛線)為「近岸航線」，另一航線為「離岸航線」，航線之平行間隔為 0.5 海浬。(台塑計畫報告，周蓮香 2017)	151
圖 4- 28 新虎尾溪流域環境因子測站示意圖，紫色為各測站位置，黑色為河口點位。	152
圖 4- 29 新虎尾溪流域環境因子量測之多參數水質儀。	153
圖 4- 30 新虎尾溪流域水深等深線圖，A 為漲潮時水深，B 為退潮時水深。	154
圖 4- 31 新虎尾溪流域漲退潮環境因子變動趨勢圖。	155
圖 4- 32 2008-2017 年新虎尾溪口月份中華白海豚群次目擊率及調查頻度，折線為群次目擊率。(原始資料來源，台塑計畫)	155
圖 4- 33 歷年群次目擊率與浮游藻類葉綠素 a 濃度(上)及淨生產力(下)之 XY 散佈圖。	156
圖 4- 34 新虎尾溪雨量與逕流量之指數迴歸關係。	157
圖 4- 35 新虎尾溪雨量、逕流量與群次目擊率之 XY 散佈關係圖。	158
圖 4- 36 新虎尾溪雨量、逕流量與浮游藻類葉綠素 a、淨生產力之 XY 散佈關係圖。圖中顯示浮游藻類淨生產力與逕流量有對數回歸，其餘則無明顯趨勢。	159

第壹章、中華白海豚族群生態

周蓮香、李沛沂

臺灣大學生態學與演化生物學研究所

摘要

本年度海上目視調查有六個監測區域，租用漁船於海上沿固定平行海岸的航線(水深 3-10 m)航行，共執行 55 趟次(天次)海上調查。總航行距離 4,046.8 公里，有效努力里程 3,457.01 公里。總共目擊中華白海豚 54 群次，有效目擊 49 群，總目擊率為每百公里 1.42 群次，每十小時 2.00 群次。照片辨識後發現本年度僅目擊 58 隻個體，是歷年新低，母子則有 8 對。另外中華白海豚的行為類別與頻度分析顯示，苗栗以及彰化海域的覓食行為比例高，可能是重要覓食棲地；而彰化海域的社交行為較高，母子對則以嘉義外傘及彰化海域較高。

彙整相關計畫資料進行時空分佈與族群動態的分析，結果顯示：(1)今年度的空間分佈與過去有顯著的不同，2017 年白海豚目擊率最高是雲林北區段的 3.42 群次/100 公里，次高是彰化北區段的 3.18 群次/100 公里，是兩個目擊率最高的熱區；最低則是新竹區段無目擊，次低是台南七股的 0.28 群次/100 公里，此兩區段分別位在中華白海豚野生動物重要棲地的北界與南界之外。與過去的海豚目擊率空間分佈趨勢比較發現，彰化北部的發現率略為下降，雲林和嘉義地區則顯著提升，其中雲林北區甚至為本年度目擊率最高的地區。可見白海豚的活動熱區並不固定，會南北變動，也會集中或是分散。(2)在族群動態趨勢如下：歷年累積辨識白海豚個體仍維持 80 隻，分析累積辨識的新生幼豚 41 隻，其中僅 11 隻順利成長至六歲。若以目擊一次以上的幼豚為準($n=31$)，關鍵存活時期為 2-3 歲的斷奶階段，存活率僅 0.68，五歲以後存活率接近 1。在非嬰幼豚的死亡率以老年期 66.7% 最高，其餘年齡期則僅為 13-17%。已死亡或應死亡(消失四年以上)的非嬰幼豚有 15 隻，因此就整個族群來看，11 年期間補充了 11 隻，可能死亡者 15 隻，有入不敷出跡象。

前言

臺灣的中華白海豚(*Sousa chinensis*)自 2008 年 8 月，被國際自然保育聯盟(IUCN)列為極度瀕危等級(Reeves et al. 2008)以來，相關的保育措施與研究開始受到重視。臺灣對於中華白海豚的調查早期在 1990 年代以漁民間卷訪查開始，當時得知臺灣彰化王功、澎湖、以及金門沿海有中華白海豚(簡稱白海豚)的分佈(周蓮香等人 1995)，之後在 2000 年發生在苗栗以及桃園的死亡個體擱淺記錄。而正式確認臺灣的白海豚族群存在，則是 2002 年海上調查目擊白海豚活動(Wang et al. 2004)。由於臺灣族群特殊，族群量小(周蓮香等人 2015a)，獨立封閉性(Wang et al. 2015)，卻要面臨多項重大的人為衝擊，包含棲地喪失和漁業衝突(Slooten et al. 2013)，因此可能有滅絕的危機。

十多年來的相關調查報告顯示，臺灣的中華白海豚棲息於西部海岸緊鄰陸地的水域，目擊記錄最北到新竹香山，最南到台南七股(周蓮香等 2017)，主要活動於水深 15 公尺內、離岸不超過 6 公里的海域和河口(Wang et al. 2004, 2007；葉志慧 2011，周蓮香和陳琪芳 2014)。本族群量很小，至今共累積有 80 隻已登錄白海豚個體，每年目擊的個體數維持在 60-68 隻(周蓮香等 2017)，多年來族群量持續在低檔。除了多年不見的個體持續增加且族群有年輕化傾向外(周蓮香等 2016、2017)，長期趨勢有嬰幼兒出生數和存活率逐年下滑(周蓮香等 2016、2017，Chang et al. 2016)，顯見其保育的危急性極高。雖然本族群的存續岌岌可危，臺灣西岸的工業開發卻也是經濟命脈之一，尤其最近正在規劃大規模的離岸風場正好鄰近白海豚的重要棲息海域，其施工或運轉的水下噪音將帶來可觀的衝擊。因此建立堅實的海上調查長期資料，掌握白海豚族群的動態、空間分佈的變異、以及其生存所需的關鍵因子(如:河口環境)，才可以提供堅實的基線資料，作為監測與驗證工程開發衝擊的鐵證。

有鑑於此珍貴族群和其棲地品質保育的迫切性，林務局特別委託本團隊對本族群生態進行長期追蹤與深入了解。本年度的主要工作目標有四大項：

1 臺灣西海岸中華白海豚的海上調查與監測(本章)：

每年在中華白海豚出現的主要水深處進行平行海岸線穿越線調查，航線設計搭配其他環境開發工業單位的計畫，原則上盡量涵蓋臺灣西岸南北向所有棲息範圍。資料將進行白海豚個體辨識、時空分佈、族群結構、長期的族群數量變動與生活史參數估算等。最後比較歷年以來相關計畫資料，分析本族群的歷年趨勢。

2 收集國際海洋哺乳動物觀察員訓練系統資訊與經驗(第貳章)：

2016 年九月苗栗上緯公司在臺灣首度的打樁工程的過程發現缺乏訓練完善之海哺觀察員以及監督機制，致使工程監督流於形式。隨著約 600 支離岸風機工程即將在 2019 年正式開始，本問題已有燃眉之急。因此本

案搜集他國的海洋哺乳動物觀察員制度與訓練課程等相關資料，並研擬適用於臺灣的海哺觀察員制度，希望能提供我國未來鯨豚觀察員訓練與制度之參考。

3 輔導漁民之白海豚保育宣導與培訓(第參章)：

臺灣白海豚族群分佈之棲地，與西海岸漁民之近海作業區高度重疊，導致漁民對於中華白海豚野生動物重要棲息地或其他保護區的劃設幾乎全面反對，可能因擔心此舉會影響其生計。因此培訓當地漁民成為海哺觀察員，增加其就業機會將會是棲息地保護區首要推動的工作。因此本計畫將與漁會溝通，協助漁會辦理相關宣導活動，以及協助辦理海哺觀察員訓練營，期盼能幫助消弭漁民與主管機關以及保育團體間的歧見，加速臺灣西海岸海洋資源永續利用之推行。

4 中華白海豚河口棲地環境時空變化監測與分析(第肆章)：

白海豚的棲地常被陳述為河口區海域(Karczmarski et al. 2000, Dares et al. 2014, Chen et al. 2016)，然而白海豚在臺灣的分佈並不是全面與河口有關，其與臺灣各河口的關係目前除了新虎尾溪口有些初步探討外(Lin et al. 2013, 2015)，尚未有對環境因子相關的深入探討。浮游藻類在海洋生態系中是重要的基礎生產者，其生產量的多寡常與初級消費者的豐度與生物量有關(Bacher et al. 1997, Ware and Thomson 2005)。本計畫將以新虎溪口為研究地點，以中華白海豚在河口附近的目擊率、空間分佈、季節變化等，來分析其與河口的水文因子、基礎生產力等關係，期望能找出受河口環境影響的關鍵因子。

以下為臺灣西海岸中華白海豚的海上調查與監測的工作成果報告：

一、 實施步驟與方法

1 海上調查航線

本年度共執行 55 趟海上調查，總共航行距離 4,046.8 公里，有效努力里程 3,457.01 公里，總航行時間 315.45 小時，有效努力時數 245.25 小時。分為六個監測區域，由北到南依序如下(表 1-1)。

航線一：

新竹香山至苗栗白沙屯，24°46'N–24°33'N(圖 1-1)，執行海上調查 9 趟，單趟航線長度約 33 公里，總航行距離 587.2 公里，有效努力里程 551.6 公里，總航行時間 42.88 小時，有效努力時數 37.88 小時。

航線二：

苗栗白沙屯至台中港， $24^{\circ}33'N-24^{\circ}18'N$ (圖 1-2)，執行海上調查 10 趟，單趟航線長度約 35 公里，總航行距離 745.9 公里，有效努力里程 639.1 公里，總航行時間 58.42 小時，有效努力時數 44.85 小時。

航線三：

台中港至彰化崙尾港南側， $24^{\circ}18'N-24^{\circ}04'N$ (圖 1-3)，進行海上調查 6 趟，單趟航線長度約 30 公里，總航行距離 384.7 公里，有效努力里程 341.61 公里，總航行時間 31.53 小時，有效努力時數 25.01 小時。

航線四：

彰化崙尾港南側到雲林濁水溪口， $24^{\circ}04'N-23^{\circ}52'N$ (圖 1-4)，進行海上調查 10 趟，單趟航線長度約 28 公里，總航行距離 726.4 公里，有效努力里程 543.7 公里，總航行時間 58.98 小時，有效努力時數 38.09 小時。

航線五：

外傘頂洲西側沿岸至嘉義布袋港沿海， $23^{\circ}32'N-23^{\circ}23'N$ (圖 1-5)，進行海上調查 10 趟，單趟航線長度約 34 公里，總航行距離 744.1 公里，有效努力里程 642.4 公里，總航行時間 59.4 小時，有效努力時數 46.18 小時。

航線六：

嘉義布袋到台南七股沿海， $23^{\circ}23'N-23^{\circ}04'N$ (圖 1-6)，進行海上調查 10 趟，單趟航線長度約 36 公里，總航行距離 858.5 公里，有效努力里程 738.6 公里，總航行時間 64.23 小時，有效努力時數 53.23 小時。

航線一、二為白海豚分佈的北區，航線三、四為中區，航線五、六為南區。2016 年在新竹香山以及台南七股外海域均有發現白海豚(周蓮香等 2017)，因此本年度的調查航線的南北界往外延伸，北到新竹香山，南到台南七股。

2 調查方式

租用漁船於海上沿固定航線航行，每趟調查依照水深 3-10 m 之範圍，沿岸來回航行。於 6-11 月選擇天氣良好時，共執行 55 趟次(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、GPSmap 62stc 和 GPSmap 64st (Garmin Corp., Taiwan) 定位並依照規劃航線進行調查。調查期間在浪級小於 4 級且能見度遠達 500 m 以上時視為有效努力量 (On-effort)，當(1)天氣狀況不佳難以進行有效觀測，(2)不可抗力因素發生(如：船隻引擎故障或趕不及進港港口之潮汐而需加速返港)，或是(3)當進行海豚追蹤時，則視為無效之努力量 (Off-effort)。

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

對同一觀察區域產生心理上的疲乏，每個人輪替完 3 個不同的觀察位置後（約 1 小時），會交換到休息位置約 20 分鐘以保持觀察員的體力。海上調查過程中船速保持在 4-9 節（海浬/小時），以望遠鏡及肉眼搜尋中華白海豚蹤跡，北緯每經過 1 分（約 1 海浬）即利用 YSI Pro1030 (Y.S.I., U.S.A.) 量測水表溫度、鹽度和氫離子濃度 (pH)，2100Q 濁度計量測濁度 (HACH, U.S.A.)，以及記錄當時漁船漁探機顯示之深度。當遇見鯨豚時，記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(Karczmarski and Cockcroft, 1999, Karczmarski et al. 2000, Keith et al. 2013)。含有母子對海豚之群次，定義為「育幼群」；其餘則定義為「非育幼群」。此外，在最初的海豚接觸點量測水表溫度、鹽度、氫離子濃度 (pH)、濁度、水深等環境因子資料，並填寫鯨豚目擊記錄表。並使用相機和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。

海豚當時的水面行為狀態分為『游走 (travelling)、覓食 (foraging)、社交 (socializing)、繞圈 (milling)、休息 (resting)』五大類，前四類參考 Parra (2006) 的描述如下：「游走」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較淺。「覓食」群體有可能包含群體成散開不一致的游動方向，下潛角度深且常伴隨著尾鰭舉起，並沒有如游走的規律可言。此外常會觀察到海豚在游動過程中突然加速或是可能在覓食的行為（以尾鰭拍打水面、嘴喙咬魚、下潛等）。「社交」群體的下潛模式難以預測，個體之間常會近距離互相接觸甚至撞擊對方，觀察過程中常有很多的水上動作。「繞圈」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。若觀察到的行為無法歸類為前四大類時，則記錄成其他行為，並說明可能的行為狀態。

3 資料分析

3.1 海豚個體名錄建立、更新與年齡分期

將海上調查所拍攝之照片以身體或背鰭之輪廓、缺刻、疤痕、色斑點等特徵當做個體辨識的依據，建立不同個體的照片辨識名錄，然後分析其群體年齡組成。年齡鑑定與分期主要是依據體表顏色變化與身體大小，參考香港與大陸分成 6 期 (Jefferson and Leatherwood 1997, 賈曉平等人 2000, Jefferson 2000)。嬰年期 (Unspotted calf, 簡稱 UC)，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。幼年期(Unspotted juvenile，簡稱 UJ)，身長為成體 2/3 到 3/4，體色深到淺灰色，沒有斑點。少年期(Mottled，簡稱 MT)，自 spotted juvenile 修改，體色為淺灰色，身體上有白色或灰色斑點。青年期(Speckled，簡稱 SK)，自 spotted subadult 修改，已出現粉紅色體色但面積不到 50%，幾乎滿布白色或灰色斑點。壯年期(Spotted adult，簡稱 SA)，粉紅體色面積大於 50%，斑點較 SK 少。老年期(Unspotted adult，簡稱 UA)，體色以粉紅色或白色為主，可能帶有些許灰色或黑色斑點(圖 7)。其中，嬰幼期個體體色變化快速，缺乏可持續辨認之標記，故僅估算隻數，不納入辨識資料庫。但在海上調查時，人員難以在海豚短暫出水過程，以肉眼迅速且正確判定個體所對應各階級的歸屬。故自 2013 年起，海上調查記錄之年齡分期，合併為全黑或灰(嬰幼年)、白斑小於 50%(少年及青年)、與白斑大於 50%(壯年和老年)三個較為顯著的階層。海上調查回來後，再剪輯所有個體照片進行詳細的年齡分級檢驗。同時也使用照片辨識所判定是否為育幼母豚等資訊，進行不同角色於歷年變化的比較。

3.2 中華白海豚族群的分佈範圍及棲地分析

本年度的海上調查結果，包含中華白海豚的目擊點的資料，將會分析中華白海豚的空間分佈、移動模式、棲地利用。並整合歷年的調查結果，進行族群結構以及出生率死亡率等動態分析。目擊資料中的經緯度，以地理資訊系統(ESRI 2016)進行空間分佈定位，並以調查船隻追蹤所定位之經緯度，繪製海豚的移動路徑。同時分析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、海豚離船距離和潮汐因子)，以比較各地區在當年度的差異。

二、 結果

1 本年度海上目視調查趟次與目擊率

本年度總計調查 55 趟次，32 趟次目擊白海豚，趟次目擊率為 58%，計目擊白海豚 54 群次，可列入目擊率計算的有效目擊為 49 群次。依照調查努力量標準化後的總目擊率為每百公里 1.53 群次，每十小時 2.16 群次。比較各分區目擊率，最高是航線三(台中港至彰化崙尾港南)的 3.22 群次/100 公里，次高是航線二(苗栗白沙屯至台中港)的 2.5 群次/100 公里，最低是航線五(外傘頂洲西側到嘉義布袋)的 0.93 趟次/100 公里，次低是航線六(嘉義布袋至台南七股)的 0.95 群次/100 公里。六個監測分區的詳細結果如下(表 1-2)。

航線一調查 9 趟次，6 趟次目擊白海豚，無母子對，目擊位置以及白

海豚移動軌跡如圖 1-8。趟次目擊率為 67%，計目擊白海豚 7 群次，均為有效目擊群次。依照調查努力量標準化後的目擊率為每百公里 1.27 群次，每十小時 1.85 群次。

航線二調查 10 趟次，8 趟次目擊白海豚，目擊位置以及白海豚移動軌跡如圖 1-9。趟次目擊率為 80%，計目擊白海豚 16 群次，其中 15 群次是有效目擊。依照調查努力量標準化後的目擊率為每百公里 2.35 群次，每十小時 3.34 群次。

航線三調查 6 趟次，3 趟次目擊白海豚，目擊位置以及白海豚移動軌跡如圖 1-10。趟次目擊率為 50%，計目擊白海豚 11 群次，其中 9 群次是有效目擊。依照調查努力量標準化後的目擊率為每百公里 2.63 群次，每十小時 3.60 群次。

航線四調查 10 趟次，4 趟次目擊白海豚，目擊位置以及白海豚移動軌跡如圖 1-11。趟次目擊率為 40%，計目擊白海豚 6 群次，均為有效目擊群次。依照調查努力量標準化後的目擊率為每百公里 1.10 群次，每十小時 1.58 群次。

航線五調查 10 趟次，4 趟次目擊白海豚，目擊位置以及白海豚移動軌跡如圖 1-12。趟次目擊率為 40%，計目擊白海豚 7 群次，其中 5 群次是有效目擊。依照調查努力量標準化後的目擊率為每百公里 0.78 群次，每十小時 1.08 群次。

航線六調查 10 趟次，7 趟次目擊白海豚，目擊位置以及白海豚移動軌跡如圖 1-13。趟次目擊率 70%，計目擊白海豚 7 群次，均為有效目擊群次。依照調查努力量標準化後的目擊率為每百公里 0.95 群次，每十小時 1.32 群次。

2 中華白海豚目擊位置環境因子

本年度調查共目擊白海豚 54 群次，加上另外在雲林的目擊 47 群次，所得白海豚目擊點各項環境因子的平均值，水深是 7.22 ± 3.86 公尺，鹽度是 32.38 ± 3.54 ，表面水溫度是 29.91 ± 2.05 度 C，酸鹼值(pH)是 8.17 ± 0.08 ，濁度是 8.55 ± 5.79 NTU，以及離岸距離是 1.98 ± 1.26 公里。此離岸距離為使用 GIS 對取得目擊點到臺灣島永久陸地的距離，若以船上目測值則是 1.14 ± 0.73 公里。其餘各分區的目擊點位環境因子如表 1-3。

比較各分區目擊點位的環境因子平均值(表 1-3)，水深最深是在航線一區域(苗北海域)，深度 8.2 公尺，次深是在雲林海域，深度 8.0 公尺，最淺是在航線四(彰南海域)，深度 4.5 公尺，次淺是在航線六(嘉南海域)，深度 5.6 公尺。鹽度最高是在雲林海域的 33.2，次高是在航線一(苗北海域)的 32.9，最低是在航線四(彰南海域)的 29.6，次低是在航線二(苗南與台中北)的 30.5。表面水溫度最高是在航線四(彰南)的 31.7 度，次高是在航線五

的 31.6 度，最低是在雲林的 29.3 度，次低是在航線航線二(苗南與台中北)的 29.7 度。酸鹼度最高是在航線四(彰南)的 8.3，最低是在雲林海域 8.1，其餘海域的平均值都是 8.2。濁度最高是在航線四(彰南)的 11.8NTU，次高是在航線五(外傘海域)的 11.4NTU，最低是在航線一的 4.1NTU，次低是航線六(嘉義台南)的 6.9NTU。距岸距離最近是在航線一(苗北)的 1 公里，次近是在航線六(嘉義台南)與雲林海域的 1.2 公里，最遠是在航線四(彰南)的 3.7 公里，次遠是在航線五(外傘)的 3.6 公里。

3 中華白海豚群體結構以及行為

本年度海上調查目擊白海豚的群體大小由 1 隻到 10 隻不等，平均組成隻數是 3.96 ± 2.51 ($n=54$ 群次)，以 2 隻組成的 15 群次為最多(圖 1-14)。

目擊 54 群次中有 17 群次包含母子對，最多可至三對，除了航線一沒有目擊，其餘航線均有目擊記錄，總共目擊 24 對次的母子對。若以區域來看，目擊母子對的數量最多的是彰化的 6 群 8 對，再來是嘉義的 2 群次 5 對以及台中的 3 群次 3 對，最少的是雲林以及台南的 1 群次 1 對。若以目擊群次比例來看，最高的是雲林以及台南的 0.50，次高是外傘以及嘉義的 0.40，最低是苗栗的 0.18，次低是台中的 0.23(表 1-4、圖 1-15)。

分析調查中記錄白海豚的五種行為以及「其他」無法確定的行為，一次目擊群中會多種行為表現，總合 54 群次來看五種行為以及其他，以游走行為 42 群次最多，其次是覓食行為 17 群次，再來是社交行為 14 群次，其他不明行為是 9 群次，繞圈行為則是 6 群次，休息行為最少僅有目擊 4 群次。以地區來看，游走行為與社交行為在七個行政區都有目擊，目擊覓食行為的區域依序為苗栗、彰化最高，台中、嘉義次之，最後是雲林，外傘以及台南沒有觀察到覓食行為。社交行為則以彰化最高，台中次之(表 1-5)。

4 歷年資料彙整分析

4.1 空間分佈的時空變化

本年度除本章第一節調查航線的目擊資料，是由農委會林務局支持之外，另匯入台塑企業支持自濁水溪口至外傘頂洲之間的雲林海域調查(周蓮香 2017)，還有臺灣電力公司支持大甲溪至崙尾水道口之間的海域調查(李沛沂與周蓮香 2017)。為進行歷年比較，在此僅採用平行海岸的穿越線調查資料，將白海豚活動範圍劃分為 13 個區段，由北往南依序為新竹、苗北、苗南、台中北、台中南、彰北、彰南、雲林北、雲林南、外傘、嘉義、台南北、台南七股(圖 1-16)，分別計算各個區段的有效調查努力量以及有效目擊群次以及白海豚目擊率，其中雲林兩個區段資料完全參考台塑

報告；台中北、台中南、以及彰化北三個區段都有加入臺灣電力公司的調查結果。

今年度臺灣西部濱海的中華白海豚目擊率如表 1-6 以及圖 1-16，最高是雲林北區段的 3.42 群次/100 公里，次高是彰化北區段的 3.18 群次/100 公里，是兩個目擊率最高的熱區；此外目擊率在 2.5 群次/100 公里以上有台中北以及嘉義區段；最低則是新竹區段無目擊，次低是台南七股的 0.28 群次/100 公里，此兩區段分別位在中華白海豚野生動物重要棲地的北界與南界之外。比較多年的白海豚目擊率變化如圖 1-17。

4.2 中華白海豚族群動態

彙整歷年資料至目前，在多位助理及研究生的協助之下，共累積約 36 萬照片(圖 1-18)，辨識個體 80 隻，自 2008 年以後海上調查努力量維持在約 1,000 公里以上，2016 年以前每年辨識個體約 60-68 隻，年間變異未有顯著差異(周蓮香等 2017)。然而本年度僅目擊 58 隻可辨識個體數(圖 1-19)，歷年最低，線性回歸分析顯示在年間變異有顯著下降趨勢(圖 1-20)。今年較去年的 65 隻減少了 7 隻個體，其中有 1 隻個體(Grapes 編號#15)於 2017 年 1 月在苗栗後龍擱淺死亡，有 3 隻雖然長年有連續目擊但今年首度未看見，另有 3 隻為曾有些年度未目擊到的記錄。

確認為母豚者(曾伴隨育幼個體)至今共有 26 隻，每年目擊的母子對在 5-18 對之間，年間趨勢為顯著下降(simple linear regression, $p < 0.05$)(圖 1-20)。檢視所有辨認白海豚相片，2006-2016 年期間出生 41 隻幼豚(依據其伴游的母豚)，依據其與成體相對體長可估算其出生月份，就各月份的新出生豚數可見母豚全年都可以生育，其中以夏季(5-6 月)的頻度較高(圖 1-21 a)，如刪去目擊僅 1 次的個體，剩 31 個體，其年間趨勢相似，只是冬季個體數有些減少(圖 1-2b)。這 26 隻母豚的年齡組成明顯集中在青年(42%)及壯年(40%)，其中有 2 隻老年雌性已確認死亡。11 年期間，各母豚生育胎數為 1-3 胎，其中只生一胎者最多，有 15 隻(佔 58%, $n=26$)，其次為生育兩胎者共 7 隻，以及生育三胎共 4 隻。若保守採用目擊次數大於一次者來分析，除了有 5 隻降為 0 胎外，還是以生育一胎共 13 隻為最多(佔 62%, $n=21$)(圖 1-22)。換言之，11 年期間約有六成母豚僅生育一胎，生育力頗低。

所有 41 隻新生嬰幼豚中有 11 隻(27%)有長達一年以上未被目擊，可列為「應死亡」的個體，有 4 隻為存活至 4-6 歲，有 11 隻存活至 1-3 歲(圖 1-23)。最後僅有 11 隻個體超過 6 歲登錄於辨識的非嬰幼豚個體名冊，換言之族群量於 11 年期間補充了 11 隻新加入個體，平均每年僅一隻。

嬰幼豚的存活率計算依據較保守資料(目擊次數大於 1 次者， $N=31$)來計算存活率(calf survivorship, l_x)，以及特定年齡期的存活率(age-specific calf survivorship, P_x)(表 1-7)，發現特定年齡期存活率在 0-2 歲時約在 0.84

左右，2-3歲時陡降為0.68，大約到五歲以後特定年齡期存活率穩定，近乎於1。可見新生嬰幼豚的關鍵存活時期為3歲附近。計算所有幼豚存活歲數比率(n=41)，至2016年底活僅有11隻(27%)個體順利存活至6歲以上，全數已進入辨識個體資料庫；而在一歲前夭折者有15隻(36%)，比例頗高。

在非嬰幼豚的死亡率方面，四個年齡期(少年MT、青年SK、壯年SA、老年UA)在2008-2017年期間有3隻確認擱淺死亡，包括2隻死亡的老年個體和1隻壯年個體，(圖1-24)。另外有12隻個體消失超過3年，暫時定義此為「應死亡」個體，當中以青年和少年居多(各4隻，共計75%)(圖1-25)。將這15隻「應死亡」或「已死亡」非嬰幼個體，加上另外20隻嬰幼豚有長達一年以上未目擊者以及4隻4-6歲幼豚消失超過3年者，(也列為「應死亡」的個體)，共有39隻是「應死亡或已死亡」個體。分析這39隻在各年齡期的個體數目對照整體族群的年齡結構比例來看(表1-8)，就嬰幼個體而言，新生嬰幼豚死亡率高，介於75-100%。但就非嬰幼個體而言，則以老年期死亡率66.7%最高，其餘年齡期則僅為13-17%。因此就整個族群的角度來看，約十年期間消失或死亡的個體以嬰幼豚和老年期個體居多。

三、 討論

1 中華白海豚目擊率的監測與時空變化

本年度中華白海豚的分佈範圍與前年(2015)一致，也與國外團隊的研究類似(Dares et al. 2017)，最北是苗栗縣龍鳳漁港北方三公里(圖1-8)，最南的記錄是在將軍漁港南一公里(圖1-13)。因應離岸風場環評，許多的海上調查人力與經費投入，發現2016年白海豚的分佈範圍向外延伸，北到新竹市香山溼地外，南到台南市七股海域，西到接近海峽中線(周蓮香等2017)。本年度在這南北邊界兩區段雖有調查，卻未有發現白海豚。因此回到2015年的分佈範圍，大致為苗栗龍鳳漁港到台南將軍港沿岸海域(周蓮香等2016)。綜觀歷年調查範圍，也因應白海豚的新目擊記錄，而逐年延伸。調查穿越線的北界由2014以及2015年的苗栗白沙屯(24°34' N)，到2016年的苗栗縣界(24°44' N)，再延到今年(2017)的新竹市海山漁港外(24°46' N)。調查穿越線的南界則由2014年的八掌溪口(23°20' N)，到2015以及2016年的台南將軍港外(23°13' N)，再延到今年的台南七股(23°04' N)。

野生動物的活動不受人為分區影響，海上也沒有界線，鯨豚類的活動性強，白海豚出現在規劃的野生動物重要棲息環境範圍外，可能是白海豚活動擴張，也有可能是原來調查範圍並未涵蓋白海豚的活動範圍，雖然規劃時參考當時已知的目擊點位，規劃範圍囊跨海豚本身以及餌食魚類分佈(邵廣昭與周蓮香2012)，但隨著新事證的發現，未來可能需要檢討野生

動物重要棲息環境的範圍，並且進一步做分區的規劃。

標準化的目擊率便可代表白海豚的活動頻度，整合本年度所有平行海岸線調查的白海豚目擊率來看，仍可分為南北兩個活動熱區，北部是以彰化北區段的活動頻度最高，再來是台中北區段；南部則以及雲林北區段的活動頻度最高，再來是嘉義區段(圖 1-16)。而兩活動熱區中間的廊道海域，彰化南區段沿岸的活動頻度還是很低。

由往年的調查報告可知，中華白海豚的活動熱區並非一成不變(周蓮香等 2017)，北部的熱區在苗栗台中彰化之間變動。2008-2010 年的熱區是苗栗海域，2011-2013 年則南移到台中海域，到了 2014-2016 年又回歸苗栗，2017 年的北熱區則是彰化北部海域以及台中北部海域。南部的熱區在雲林外傘嘉義之間變動，並且逐漸平均化而消失。2008-2010 年的熱區是雲林與外傘，2011-2013 年則以雲林海域為主，2014-2016 年目擊率普遍低而看不出熱區，到了 2017 年的南熱區則是雲林北部海域以及嘉義海域(圖 1-17)。

比較 2016 年(去年)的活動熱區(周蓮香等 2017)，最高是彰化北部，百公里目擊率是 5.07 群次，本年則為第二高；去年的第二高是台中南部，目擊率是 3.5 群次/百公里，今年則降為 1.63 群次/百公里。雲林北部在 2015 年之前的目擊率一直都低，去年大幅上升，目擊率是 2.37 群次/百公里為第三高，今年更為目擊率最高的區段。嘉義海域的目擊率則由第三低(0.81 群次/百公里)升為第三高(2.64 群次/百公里)。白海豚的活動熱區並不固定，會南北變動，也會集中或是分散，配合白海豚社交 fussion-fission 的模式，以及南北活動區域的變化(張維倫 2011，侯雯 2017)，而可能的活動分佈模式，推測可能是與食餌魚類的分佈有關(Karczmarski et al. 2000, Hung and Jefferson 2004，周蓮香等 2016、2017)。

2 中華白海豚族群動態

歷經十多年的調查，臺灣西海岸的白海豚經照片辨識共辨認出 80 隻個體，且維持三年未見增加。然而在每年的監測結果比較發現，不論在整體的辨識個體數或母子對數目，已有顯著的年間下滑的趨勢，雖然下降速率在 2016 年以前不很顯著，今年的個體數陡降很多(去年 65 隻降至 58 隻)，未來必須更密切追蹤，建議積極性保育措施必須儘速推行，因為目前的被動式保護似乎無法減緩邁向滅絕的趨勢。

動物族群的生活史參數，如：出生、死亡、移入和移出等，是了解整個族群的動態的最關鍵資訊，堅實的參數資訊才可以提供正確的族群動態模擬與估算期未來的滅絕機率。臺灣地區族群數量的改變主要來自於出生與死亡的變動。然而全年都有嬰幼豚出生，目前共確認的 26 隻母豚中有一半於 11 年期間僅生育一胎，嬰幼豚的存活率隨年齡增長而降低。相關研究報告如 Chang 等人(2016)指出，臺灣的中華白海豚族群的 1 歲嬰幼

兒總存活率($0.667 \pm SD 0.203$)、香港的白海豚(0.61)(Jefferson et al. 2012)極為相似；但是比同為近岸的瓶鼻海豚的 1 歲嬰幼兒存活率($0.48-0.66$)(Pinto. 2014)卻稍為較高。而臺灣的中華白海豚 1-3 歲的嬰幼豚存活率為 $0.68-0.85$ 也與澳洲鯊魚灣(Mann et al., 2000)和美國佛州瓶鼻海豚(Wells and Scott 1990, Stolen and Barlow 2003) (1-3 歲存活率在 $0.63-0.8$)相似。本族群的嬰幼豚在特定年齡期存活率中 2-3 歲時是最低(0.68)此時正是仔豚與母豚連結緊密性開始變鬆散(近似斷乳期, Chang et al. 2011), 這時期可能受到成體呵護變少, 較容易遭受人為活動(漁船誤捕、船隻衝撞等)衝擊, 導致存活率降低, 隨後影響後續的族群補充率。

新生嬰幼豚中最後能順利成熟個體不多, 41 隻個體最後僅 11 隻(約 $1/4$)個體順利成長至 6 歲進入資料庫補充族群量。換個角度就各年齡階層的死亡個體數比例來分析死亡率(表 1-7), 顯示嬰幼豚尚未成熟進入資料庫前都很高($75-100\%$)。非嬰幼兒期以後, 在少年、青年、壯年期的死亡率都低, 僅 $13-17\%$, 但最後老年期的死亡率明顯提高達 67% , 應該與衰老病亡有關。

總結, 臺灣的中華白海豚族群, 過去十多年的監測調查結果顯示其仔豚出生率不高, 平均每年約 4 隻, 平均每年每隻母豚生產 0.16 隻。仔豚能順利成長到六歲者的比例(機率)約 $1/4$, 即每年可增添入非嬰幼豚族群者僅約一隻。由此可見本族群的非嬰幼豚的族群量並無法快速提升, 再由已(應)死亡的非嬰幼豚共有 15 隻, 然而新補充進入族群的卻僅有 11 隻, 顯見是「入不敷出」的趨勢。

上述的族群動態結果之精確性至少是根基於下列因子：(1)正確無誤的個體辨認, 以及母子關係的釐清。然而近年我們發現嬰幼豚有時與會與不只一隻母豚共游的現象, 值得未來深入調查是否有共同育幼的可能性。(2)受限於每年調查趟次, 在各海域區段每年調查趟次僅約 10-20 趟, 是有可能因新生仔豚在尚未被目擊記錄前即已死亡或不見, 因而導致仔豚出生間隔會被高估。(3)本種動物可能有更年期的母豚, 其可能維持多年不孕。目前有兩個疑似案例：例如在 2014 年的死亡老年雌性 Fish hook (牙齒年齡在 36-40 歲), 回溯照片辨識至 2008 年, 只有 2008 年有疑似育幼, 且擱淺解剖發現卵巢有排卵痕跡(過去應有生育能力), 顯示臺灣白海豚育幼個體可能有更年期的階段, 須持續追縱所有母親個體的育幼史, 以推論更年期或不孕的標準。但是, 2017 年的死亡壯年雌性 Grape, 同樣回溯照片辨識至 2008 年, 也沒有任何育幼的記錄, 解剖後發現牠的生殖系統中異常增生物, 可能導致她無法受孕。(4)死亡定義：我們參考國際上以照片辨識追縱不同鯨種的研究定義超過五年以上不見即假設為死亡的標準(Pettis et al. 2004), 但比較保守的以超過三年以上不見或有擱淺死亡記錄的非嬰幼個體列為「應/已死亡」者。

長年追蹤下, 累積的白海豚照片數量成長快速, 加上近年來發現新

生幼豚有跟多隻成體伴遊的現象，導致照片剪輯與個體辨識耗費的時間與人力倍數成長，今年所目擊的 8 對母子對還待未來持續追蹤確認。因此，有必要尋求人工智慧技術來研發自動剪輯與辨識系統相關軟體，除了可以提升處理照片的效率，也可減少人為辨識上造成的誤差，提供更精確的資料。

綜觀白海豚族群的變動，母子對(即嬰幼豚的出生數量)年間下降趨勢顯著，新生的幼豚存活率又低，僅約 1/4 可以存活到六歲非嬰幼兒階段，可推論本族群的生殖潛力頗低，因此如何減緩死亡的趨勢將成為保育的關鍵因子。因此鄭重呼籲，有關會致死或有損其存活因子的衝擊必須立刻減緩與改善，例如目前的過渡漁業捕撈、非友善的漁法(圍網、流刺網)，還有未來的水下工程施工與運轉干擾等，在白海豚的重要棲息海域區內必須儘速禁止或防範，冀祈改善棲地的品質，除了降低死亡率，進而增進繁殖力，本族群才有復甦的可能。

四、 參考文獻

- Barror, N.B., T.A. Jefferson, and Parsons, E.C.A. (2004). Feeding habitat of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) stranded in Hong Kong. *Aquatic Mammals* 30: 179-188.
- Chen, B., Xu, X., Jefferson, T. A., Olson, P. A., Qin, Q., Zhang, H., & Yang, G. (2016). Chapter Five-Conservation Status of the Indo-Pacific Humpback Dolphin (*Sousa chinensis*) in the Northern Beibu Gulf, China. *Advances in Marine Biology*, 73, 119-139.
- Chang, W. L., Karczmarski, L., Huang, S. L., Gailey, G., & Chou, L. S. (2016). Reproductive parameters of the Taiwanese humpback dolphin (*Sousa chinensistaiwanensis*). *Regional Studies in Marine Science*, 8, 459-465.
- Dares, L. E., Araújo-Wang, C., Yang, S. C., & Wang, J. Y. (2017). Spatiotemporal heterogeneity in densities of the Taiwanese humpback dolphin (*Sousa chinensis taiwanensis*). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 187, 110-117.
- Dares, L. E., Hoffman, J. M., Yang, S. C., & Wang, J. Y. (2014). Habitat characteristics of the critically endangered Taiwanese humpback dolphins (*Sousa chinensis*) of the eastern Taiwan Strait. *Aquatic Mammals*, 40,368-374.
- 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, 159-174.
- Jefferson, T. A., and Karczmarski, L. (2001). *Sousa chinensis*. *Mammalian Species*,655, 1-9.
- Jefferson, T. A., 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., Hung, S.K., Robertson, K.M., Archer, F.I., (2012). Life history of the Indo-Pacific humpback dolphin in the Pearl River Estuary, southern China. *Marine Mammal Science*, 28, 84–104.
- Karczmarski, L., Cockcroft, V. G., et al. (2000). Habitat use and preferences of Indo-Pacific humpback dolphins *Sousa chinensis* in Algoa Bay, South Africa. *Marine Mammal Science* 16: 65-79.
- Lin, T. H., Akamatsu, T., & Chou, L. S. (2013). Tidal influences on the habitat use of Indo-Pacific humpback dolphins in an estuary. *Marine biology*, 160(6), 1353-1363.
- Mann, J., Connor, R. C., Barre, L. M., and Heithaus, M. R. (2000). Female reproduction success in bottlenose dolphins (*Tursiops* sp.): life history, habitat, provisioning, and group size effects. *Behavior ecology*, 13, 583-590.

- Parra, G.J., & Jedensjö, M. (2009). Feeding habits of Australian Snubfin (*Orcaella heinsohni*) and Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*). Project report to the Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville and Reef and Rainforest Research Centre Limited, Cairns 22 pp.
- Pettis, H. M., Rolland, R. M., Hamilton, P. K., Brault, S., Knowlton, A. R., & Kraus, S. D. (2004). Visual health assessment of North Atlantic right whales (*Eubalaena glacialis*) using photographs. *Canadian Journal of Zoology*, 82(1), 8-19.
- Reeves, R.R., Dalebout, M.L., Jefferson, T.A., Karczmarski, L., Laidre, K., O’Corry-Crowe, G., Rojas-Bracho, L., Secchi, E.R., Sloaten, E., Smith, B.D., Wang, J.Y., Zhou, K. (2008). *Sousa chinensis* (eastern Taiwan Strait subpopulation). In: IUCN Red List of Threatened Species.
- Sloaten, E., Wang, J. Y., Dungan, S. Z., Forney, K. A., Hung, S. K., Jefferson, T. A., & Winkler, R. (2013). Impacts of fisheries on the critically endangered humpback dolphin *Sousa chinensis* population in the eastern Taiwan Strait. *Endangered Species Research*, 22, 99-114.
- Stolen, M.K., Barlow, J., 2003. A model life table for bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the Indian River Lagoon system, Florida, USA. *Marine Mammal Science*, 19, 630–649.
- Tezanos-Pinto, G., Constantine, R., Mourão, F., Berghan, J., Baker, C. S. (2015). High calf mortality in bottlenose dolphins in the Bay of Islands, New Zealand—a local unit in decline. *Marine Mammal Science*, 31(2), 540–559.
- Wang, J. Y., Hung, S. K., and Yang, S. C. (2004). Records of Indo-Pacific humpback dolphins, *Sousa chinensis* (Osbeck, 1765), from the waters of western Taiwan. *Aquatic Mammals*, 30, 189-196.
- Wang, J. Y., Yang, S.C., Hung, S. K., & 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., Hung, S.K. (2015). Diagnosability and description of a new subspecies of Indo-Pacific humpback dolphin, *Sousa chinensis* (Osbeck, 1765), from the Taiwan Strait. *Zoological Studies* 54, 36-40.
- Ware, D. M., & Thomson, R. E. (2005). Bottom-up ecosystem trophic dynamics determine fish production in the Northeast Pacific. *Science*, 308(5726), 1280-1284.
- 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.
- 王建平，2005。臺灣海峽中華白海豚資源調查與生態研究。

- 李沛沂、周蓮香，2017。台中發電廠第2階段煤灰填海工程，環境差異分析報告，中華白海豚調查工作。
- 周蓮香，2017。雲林沿海中華白海豚族群監測，期末報告。
- 周蓮香、邵廣昭、紹奕達，2016。中華白海豚族群生態與食餌棲地監測。行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列：104林發-07.2-保-21。
- 周蓮香、邵廣昭、紹奕達，2017。中華白海豚族群生態與食餌棲地監測。行政院農業委員會林務局委託研究計畫。
- 周蓮香、陳哲聰、莫顯蕎、劉光明，1995。臺灣漁民訪問鯨種紀錄。漁業署。
- 周蓮香、陳琪芳，2014。中華白海豚族群生態與棲地環境噪音監測。農委會林務局。
- 周蓮香、陳琪芳，2015。中華白海豚族群生態與棲地環境噪音監測。行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 103林發-07.2-保-21 期末報告。
- 侯雯，2017。臺灣西岸中華白海豚活動範圍與社群結構之變化。碩士論文，臺灣大學，台北，臺灣，107頁。
- 張維倫，2011。臺灣的中華白海豚社群結構及生殖參數。碩士論文，臺灣大學，台北，臺灣，124頁。
- 葉志慧，2011。中華白海豚在臺灣之分佈預測與活動模式。臺灣大學碩士論文。
- 邵廣昭、周蓮香。(2012)。中華白海豚重要棲息環境海圖繪製。農委會林務局。

表 1-1 本年度航線編號、範圍、以及調查趟次。

航線	範圍描述	緯度範圍	趟次
1	新竹香山-苗栗白沙屯	24°33' - 24°46'	9
2	苗栗白沙屯 - 台中港	24°18' - 24°33'	10
3	台中港至 - 彰化崙尾港南側	24°04' - 24°18'	6
4	彰化崙尾港南側 - 雲林濁水溪口	23°52' - 24°04'	10
5	外傘頂洲西側沿海-嘉義布袋	23°23' - 23°32'	10
6	嘉義布袋 - 台南七股	23°04' - 23°23'	10

表 1-2 本年度六條調查航線的航行資料以及目擊結果。

調查區段	1	2	3	4	5	6	小計
調查航次	9	10	6	10	10	10	55
目擊趟次	6	8	3	4	4	7	32
趟次目擊率	67%	80%	50%	40%	40%	70%	58%
目擊群次	7	16	11	6	7	7	54
有效群次	7	15	9	6	5	7	49
有效群次/趟	0.78	1.50	1.50	0.60	0.50	0.70	0.89
有效隻/趟	2.9	5.6	5.0	2.9	2.0	3.5	3.56
航行里程(km)	587.20	745.90	384.70	726.40	744.10	858.50	4046.80
航行時數(hr)	42.88	58.42	31.53	58.98	59.40	64.23	315.45
努力里程(km)	551.60	639.10	341.61	543.70	642.40	738.60	3457.01
努力時數(hr)	37.88	44.85	25.01	38.09	46.18	53.23	245.25
群次/10 小時	1.85	3.34	3.60	1.58	1.08	1.32	2.00
群次/100 公里	1.27	2.35	2.63	1.10	0.78	0.95	1.42

表 1-3 本年度海上調查白海豚目擊位置表面海水的環境因子。

航線	1	2	3	4	5	6	雲林	平均
n	7	16	11	6	7	7	47	101
水深(m)	8.2±2.5	7.7±3.7	5.7±2.9	4.5±1.5	6.6±1.8	5.6±1.7	8.0±4.6	7.2±3.9
鹽度	32.9±0.5	30.5±7.4	32.8±0.8	29.6±3.3	32.4±1.3	32.6±1.1	33.2±1.4	32.4±3.5
溫度(°C)	29.8±2.8	29.7±1.8	30.5±0.3	31.7±1.2	31.1±0.6	30.6±0.7	29.30±2.3	29.9±2.1
pH 值	8.2±0.04	8.2±0.1	8.2±0.08	8.3±0.07	8.2±0.04	8.2±0.06	8.1±0.1	8.2±0.1
濁度(NTU)	4.1±1.7	7.4±5.5	7.2±4.0	11.8±4.5	11.4±3.9	6.9±3.8	9.3±6.7	8.6±5.8
距離岸(km)	1.0±0.4	1.5±0.7	1.3±0.9	3.7±1.1	3.6±1.0	1.2±0.4	2.1±1.4	2.00±1.3

表 1-4 本年度海上調查目擊育幼群與母子對數量以及對總群次的比例。

區域	非育幼群	育幼群	母子對數	總群次	母子對群次/ 總群次	母子對數/ 總群次
苗栗	9	2	3	11	0.18	0.27
台中	10	3	3	13	0.23	0.23
彰化	10	6	8	16	0.37	0.50
雲林	1	1	1	2	0.50	0.50
外傘	3	2	3	5	0.40	0.60
嘉義	3	2	5	5	0.40	1.00
台南	1	1	1	2	0.50	0.50
總計	37	17	24	54	0.32	0.44

表 1-5 本年度海上觀察各區域中華白海豚的行為表現群數。

區域	游走	覓食	社交	其它	群次
苗栗	9	6	1	1	11
台中	10	2	3	3	13
彰化	13	6	6	3	16
雲林	1	1	1		2
外傘	2		1	2	5
嘉義	5	2	1	1	5
台南	2		1		2
總計	42	17	14	9	54

表 1-6 彙整本年度平行線調查各區段海域的中華白海豚目擊率。

區段	新竹	苗栗 北	苗栗 南	台中 北	台中 南	彰化 北	彰化 南	雲林 北	雲林 南	外傘	嘉義	台南 北	台南 七股
總群次	0	6	6	11	1	10	6	11	14	7	5	1	1
有效群次	0	6	6	10	1	8	6	8	13	5	5	1	1
群次/ 百公里	0.00	1.24	2.18	2.51	1.63	3.18	1.10	3.42	2.41	0.89	2.64	0.39	0.28

表 1-7 分析目擊次數大於 1 次幼豚之存活率以及特定年齡期的存活率。特定年齡期的存活率在 2-3 歲最低。

age x	calf survival rate (I_x)	age-specific calfsurvivorship (P_x)
1	0.84	0.84
2	0.71	0.85
3	0.48	0.68
4	0.39	0.80
5	0.39	1.00
6	0.35	0.92

表 1-8 2008-2017 年嬰幼(A)與非嬰幼(B)的死亡個體(包括已死亡及應死亡)在各年齡期的個體總數與死亡隻數，及其死亡百分比。*有 11 隻 6 歲以上幼豚因已成長至非嬰幼兒的四個年齡期(B)。

(A)

年齡階層	總隻數(30)	應死亡隻數(24)	百分比
新生幼豚(calf)	15	11	73%
幼豚(1-3 歲)	11	9	81%
幼豚(4-6 歲)	4	4	100%

(B)

年齡階層	個體總數(80)	應死亡隻數(15)	百分比
少年(mottled-stage)	24	4	16.7%
青年(speckled-stage)	31	4	12.9%
壯年(spotted adult)	19	3	15.7%
老年(unspotted adult)	6	4	66.7%

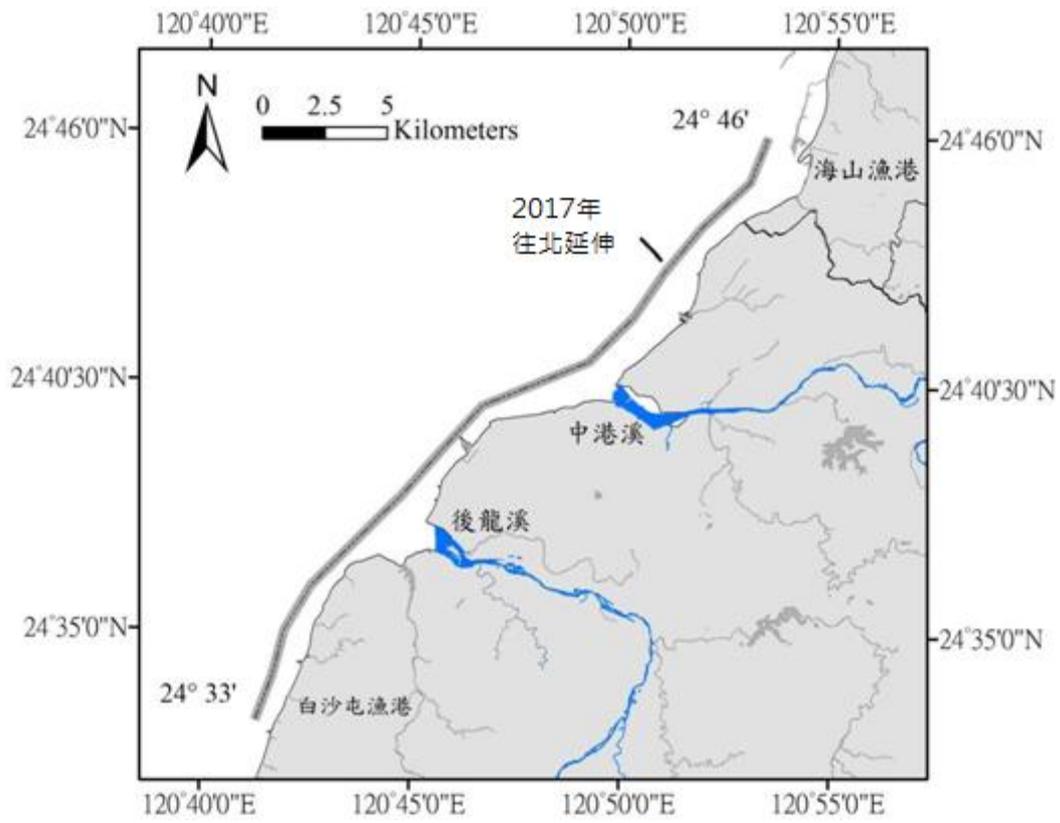


圖 1-1 海上調查航線 1。黑線段所指為 2016 年調查北界，2017 年延伸到海山漁港外。

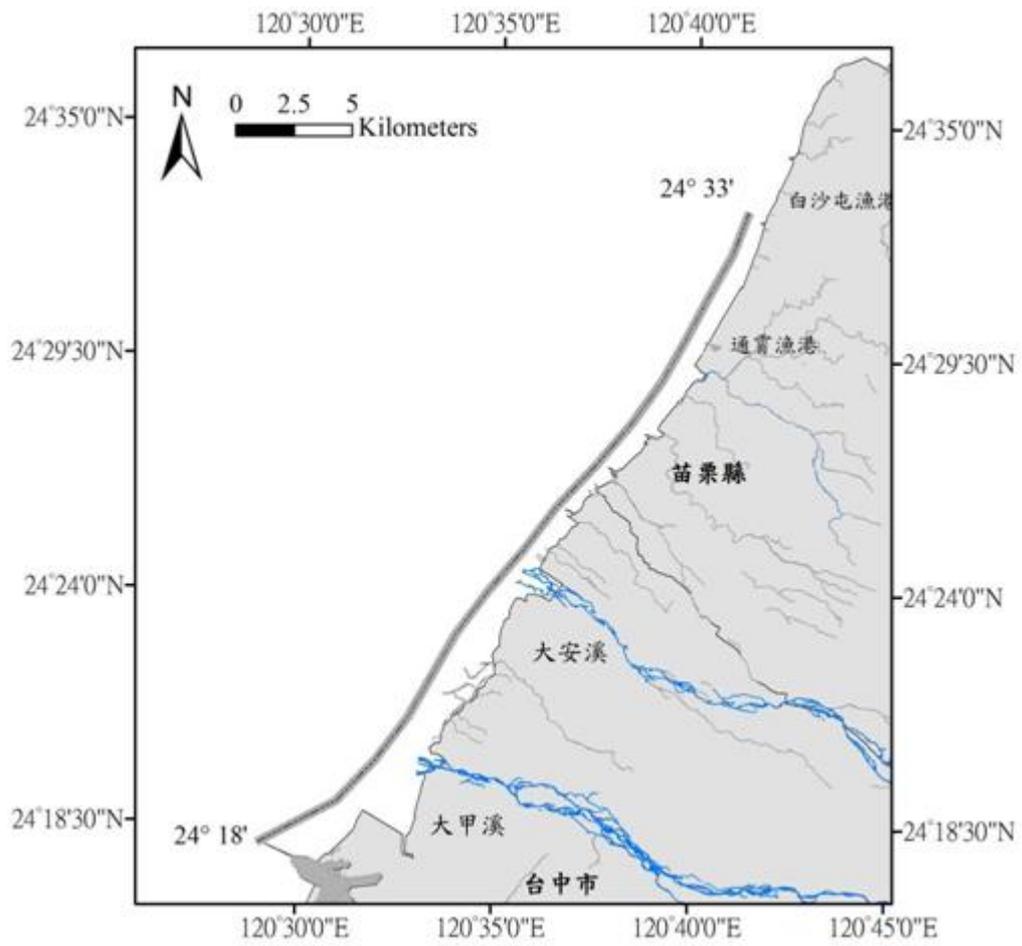


圖 1-2 海上調查航線 2，台中港北堤到苗栗白沙屯。

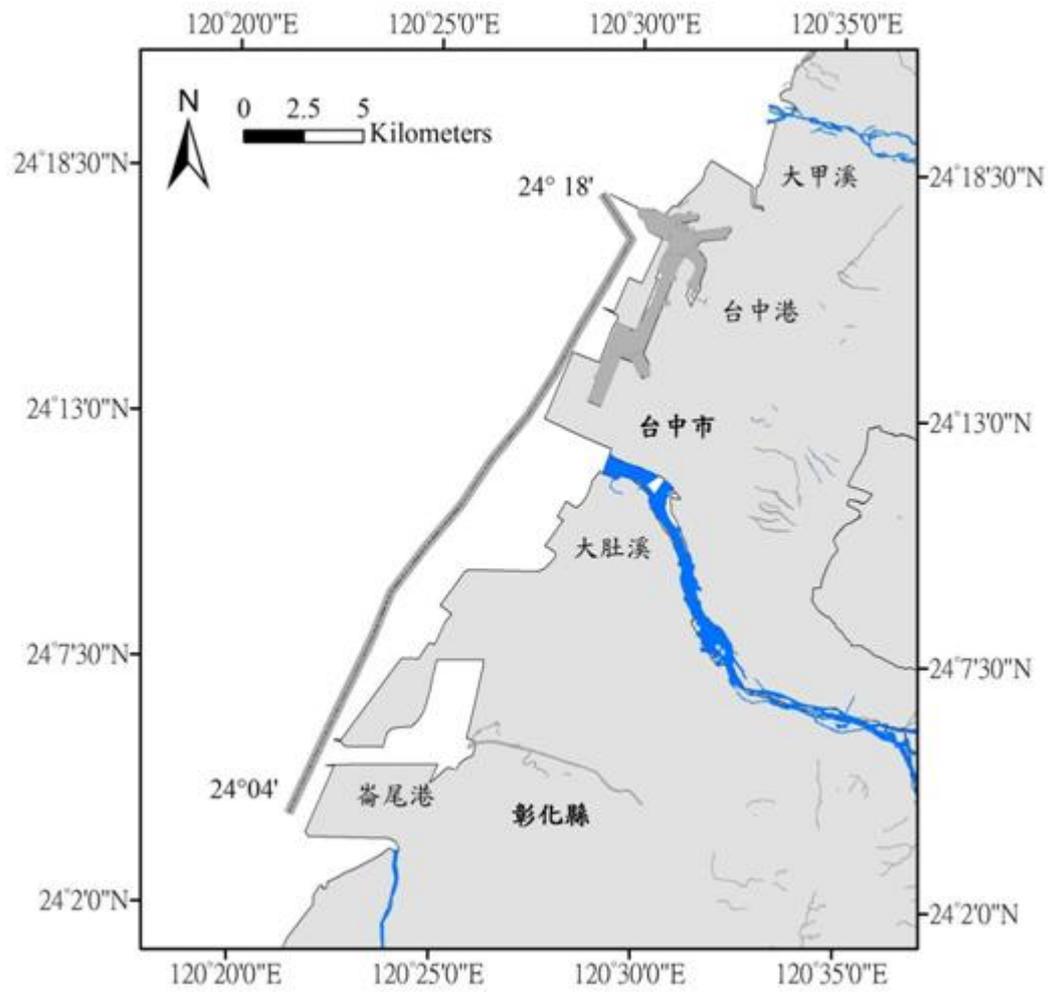


圖 1-3 海上調查航線 3，台中港到彰化崙尾水道南。

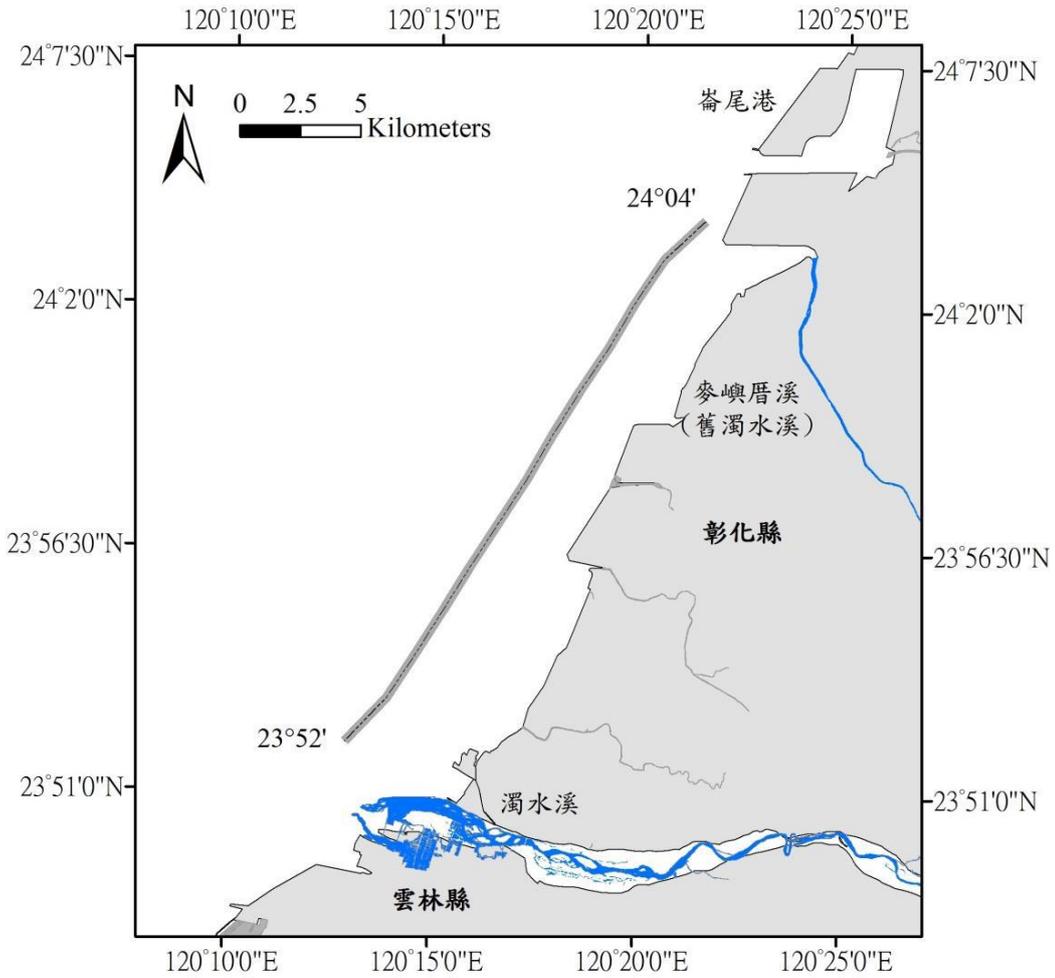


圖 1-4 海上調查航線 4，崙尾水道南到濁水溪口。

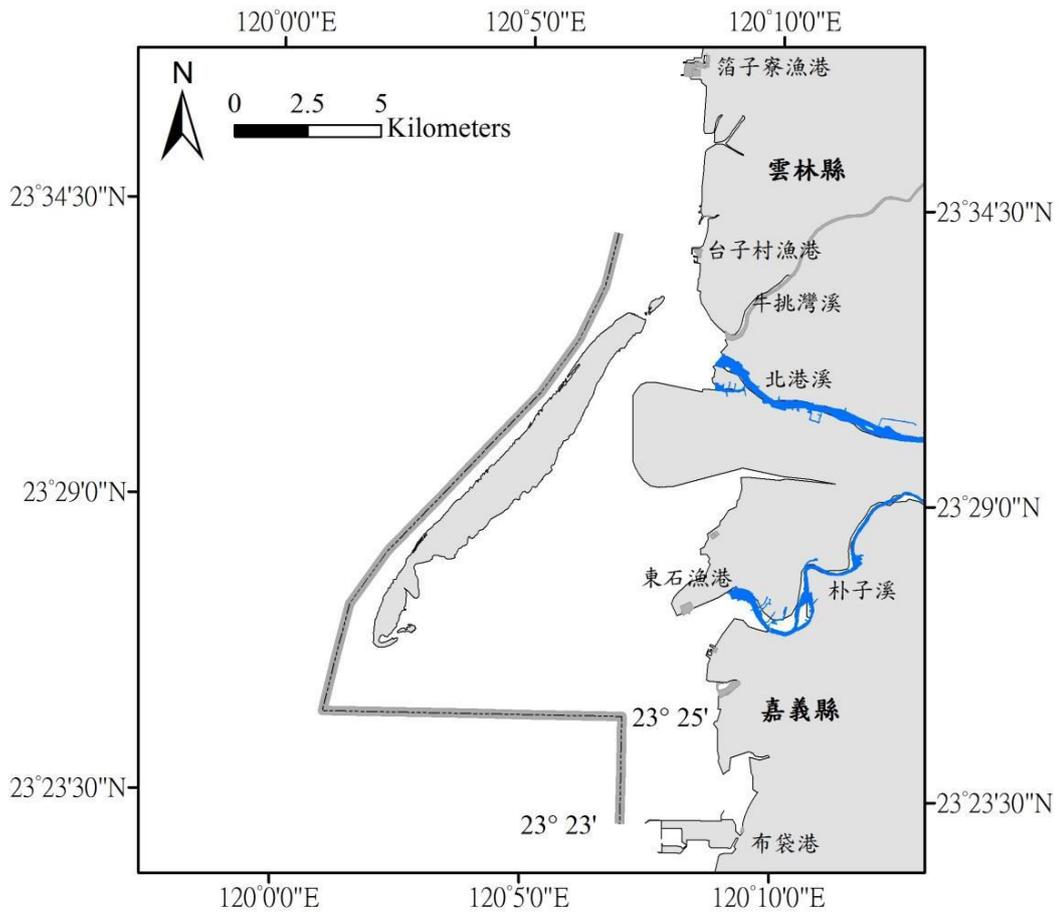


圖 1-5 海上調查航線 5，雲林縣台子村到嘉義布袋港。

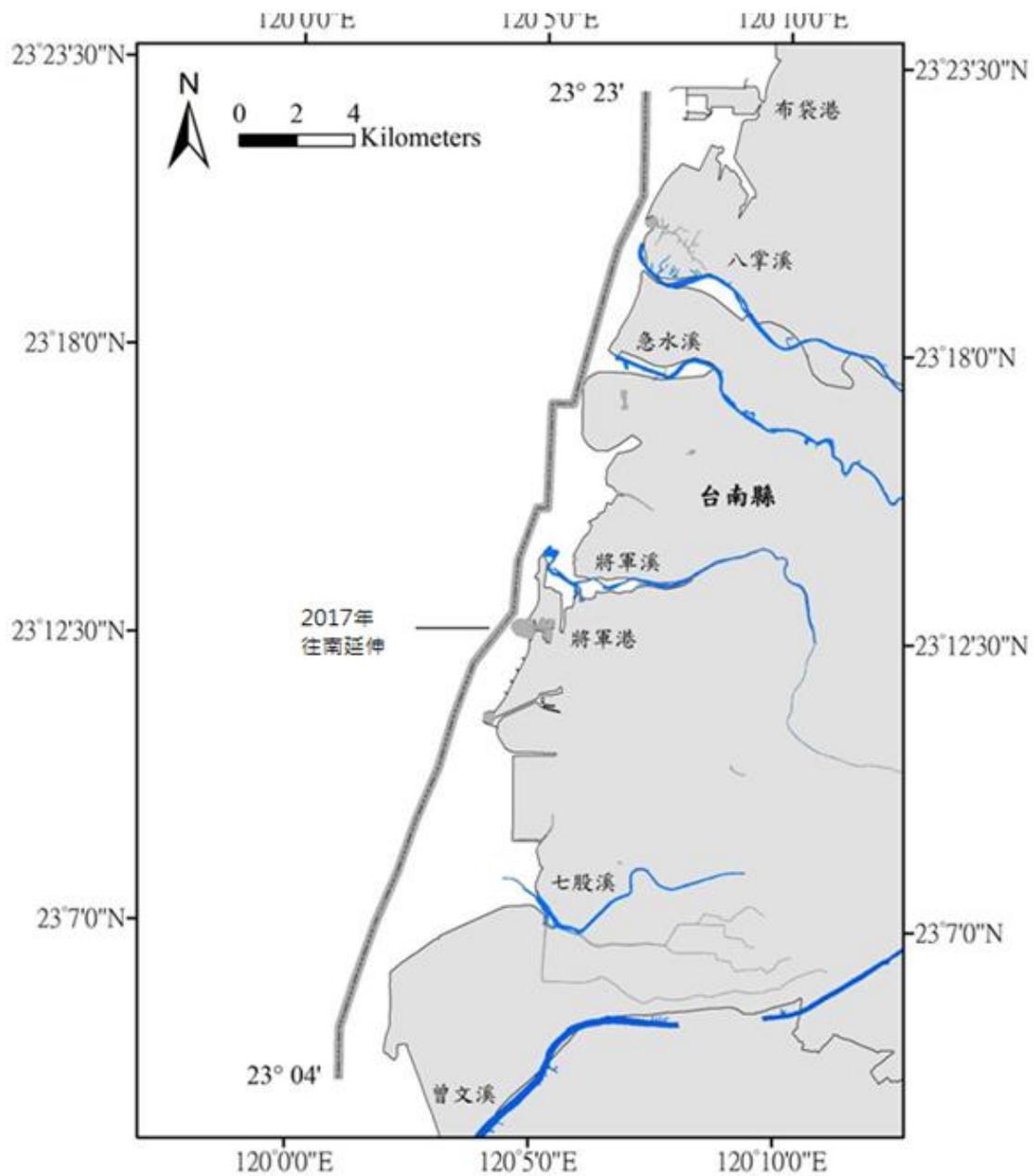


圖 1-6 海上調查航線 6，嘉義布袋港到台南七股。黑色線所指為 2016 年調查南界，2017 年延伸至台南七股海邊。



圖 1-7 中華白海豚的年齡分期圖 (A)嬰年期、(B)幼年期、(C)少年期、(D)青年期、(E)壯年期、(F)老年期

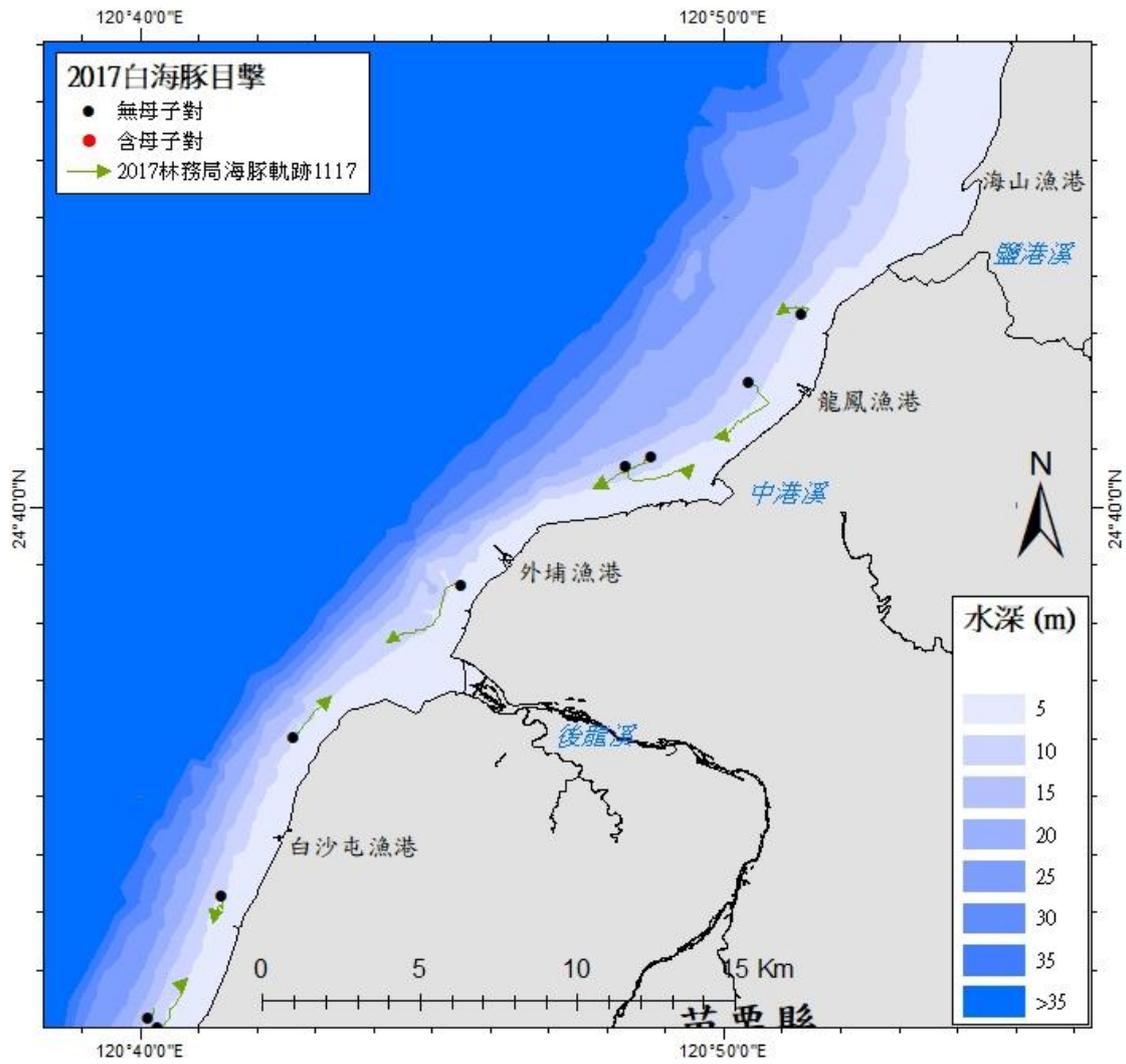


圖 1-8 航線 1 調查結果，黑點為目擊白海豚非育幼群位置，綠色線為追蹤白海豚時軌跡。

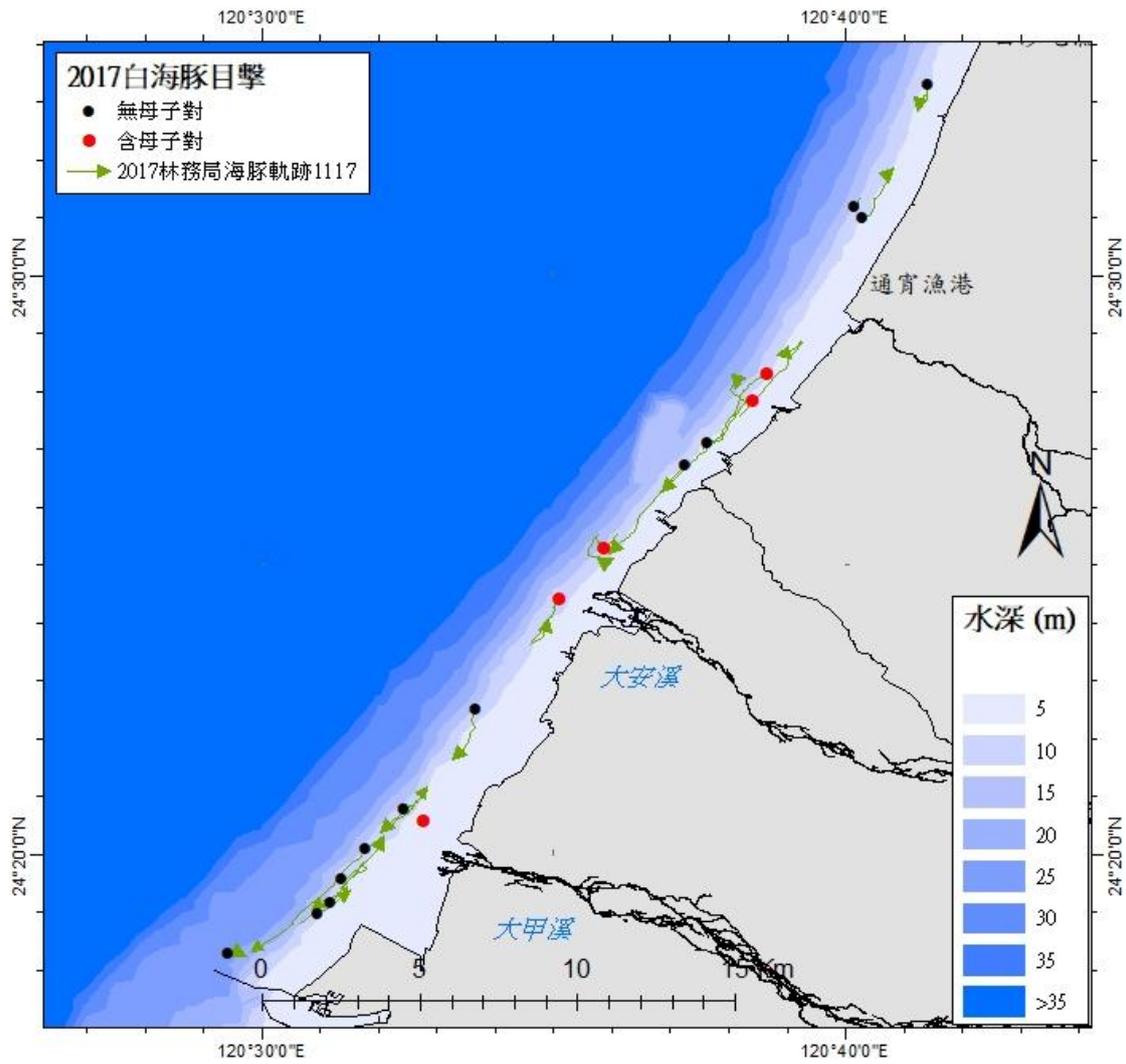


圖 1-9 航線 2 海上調查結果，黑點為目擊白海豚非育幼群位置，紅色點為含有母子對的育幼群位置，綠色線為追蹤白海豚時軌跡。

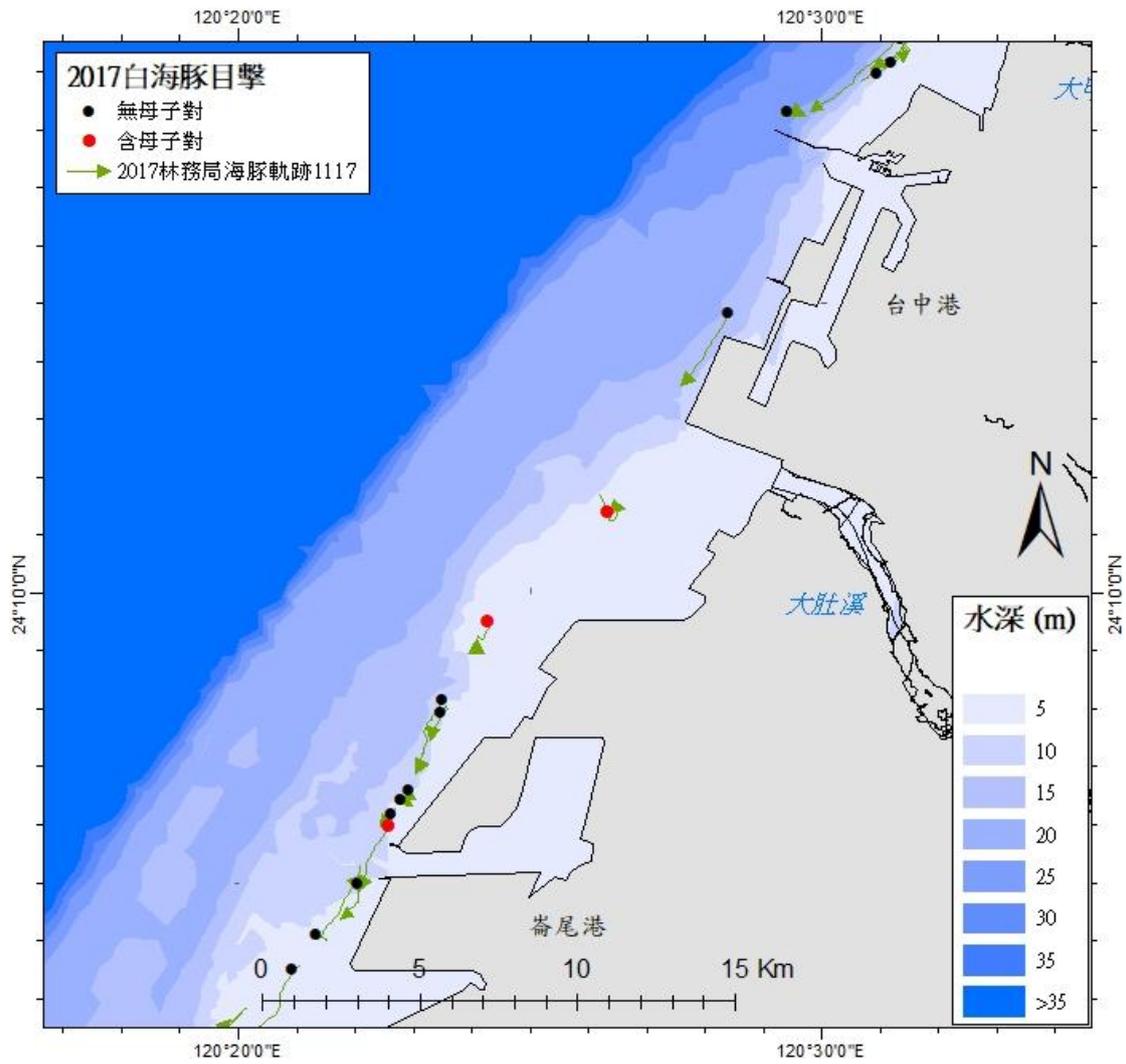


圖 1- 10 航線 3 海上調查結果，黑點為目擊白海豚非育幼群位置，紅色點為含有母子對的育幼群位置，綠色線為追蹤白海豚時軌跡。

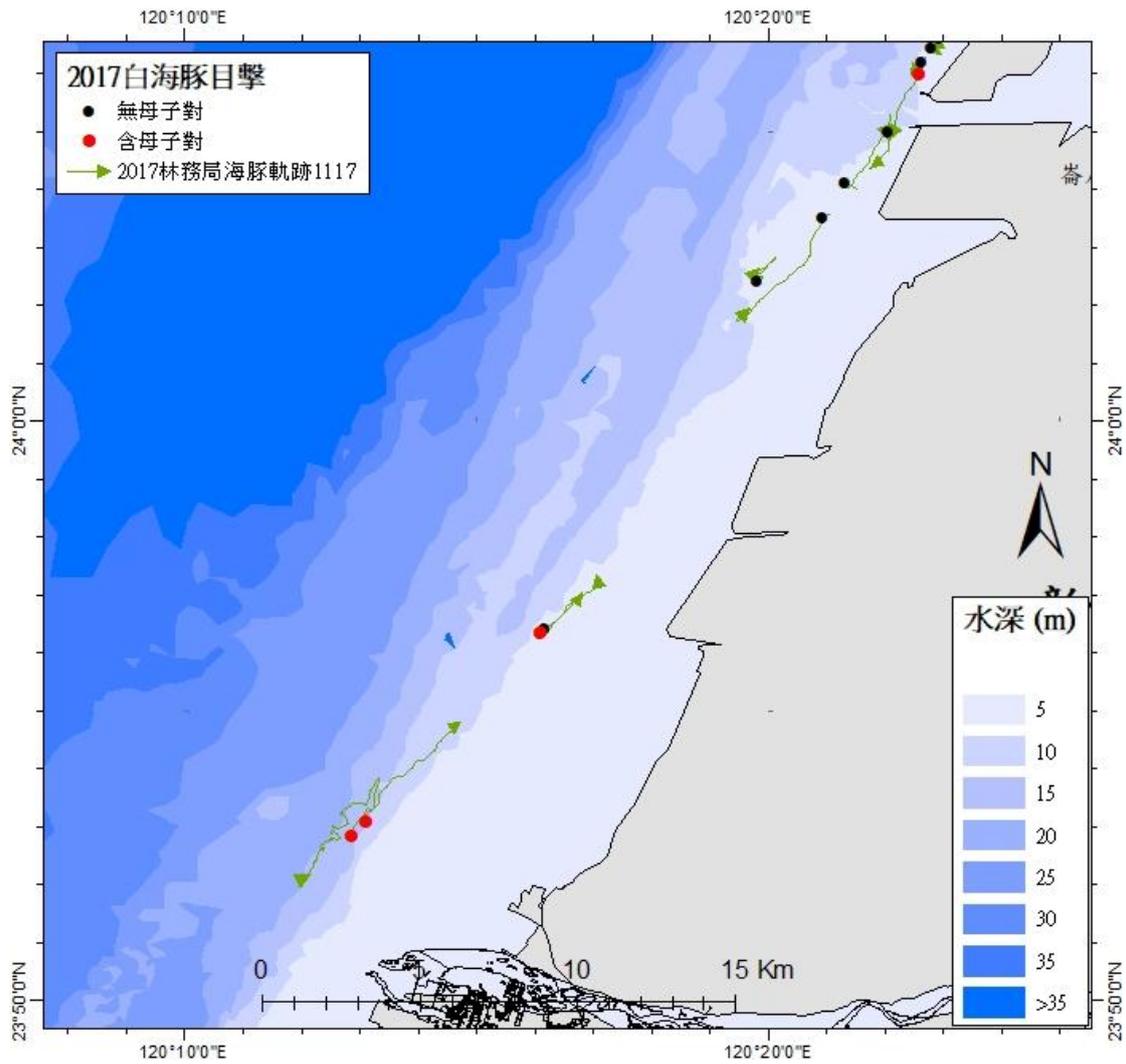


圖 1- 11 航線 4 海上調查結果，黑點為目擊白海豚非育幼群位置，紅色點為含有母子對的育幼群位置，綠色線為追蹤白海豚時軌跡。

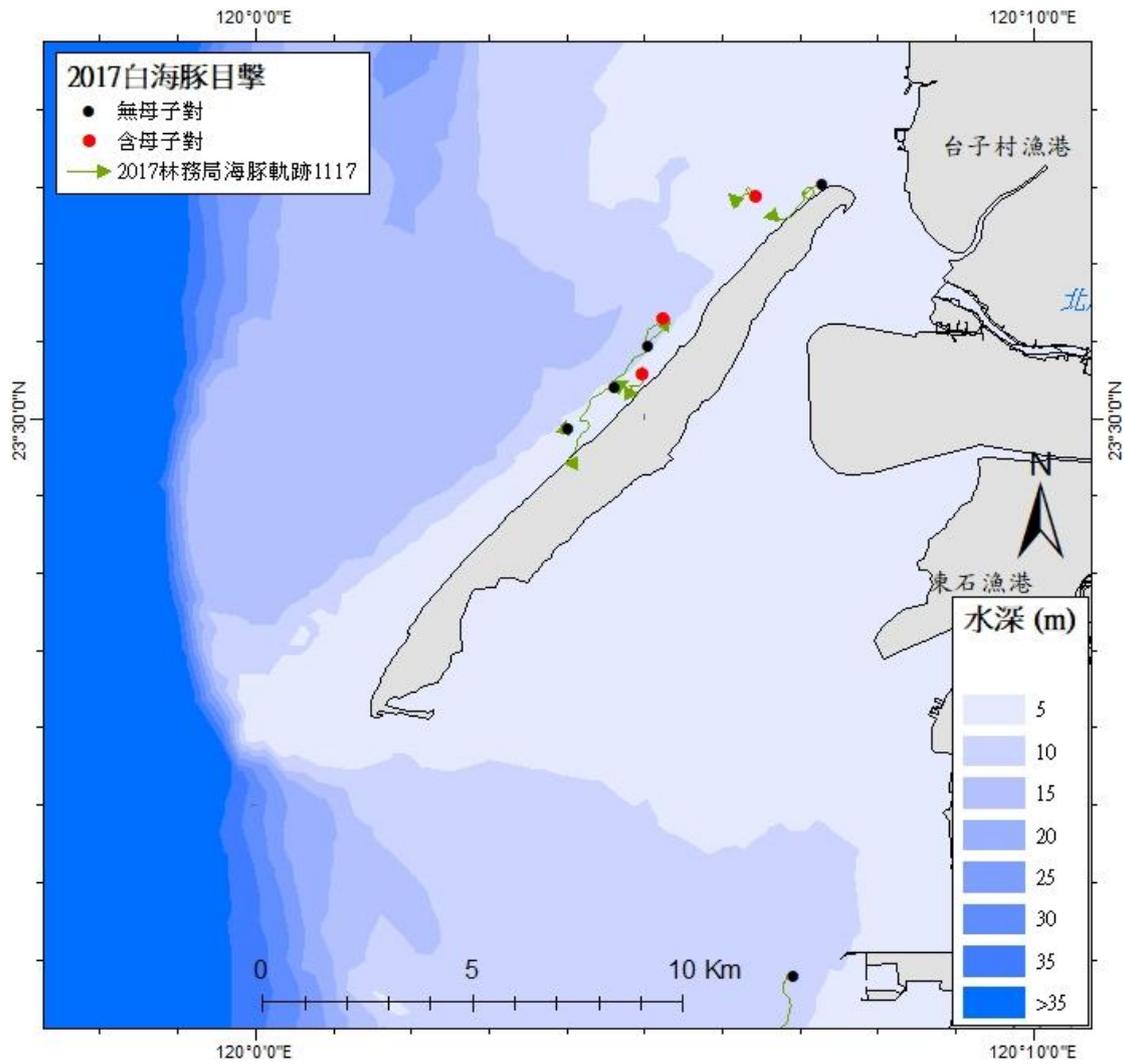


圖 1- 12 航線 5 海上調查結果，黑點為目擊白海豚非育幼群位置，紅色點為含有母子對的育幼群位置，綠色線為追蹤白海豚時軌跡。

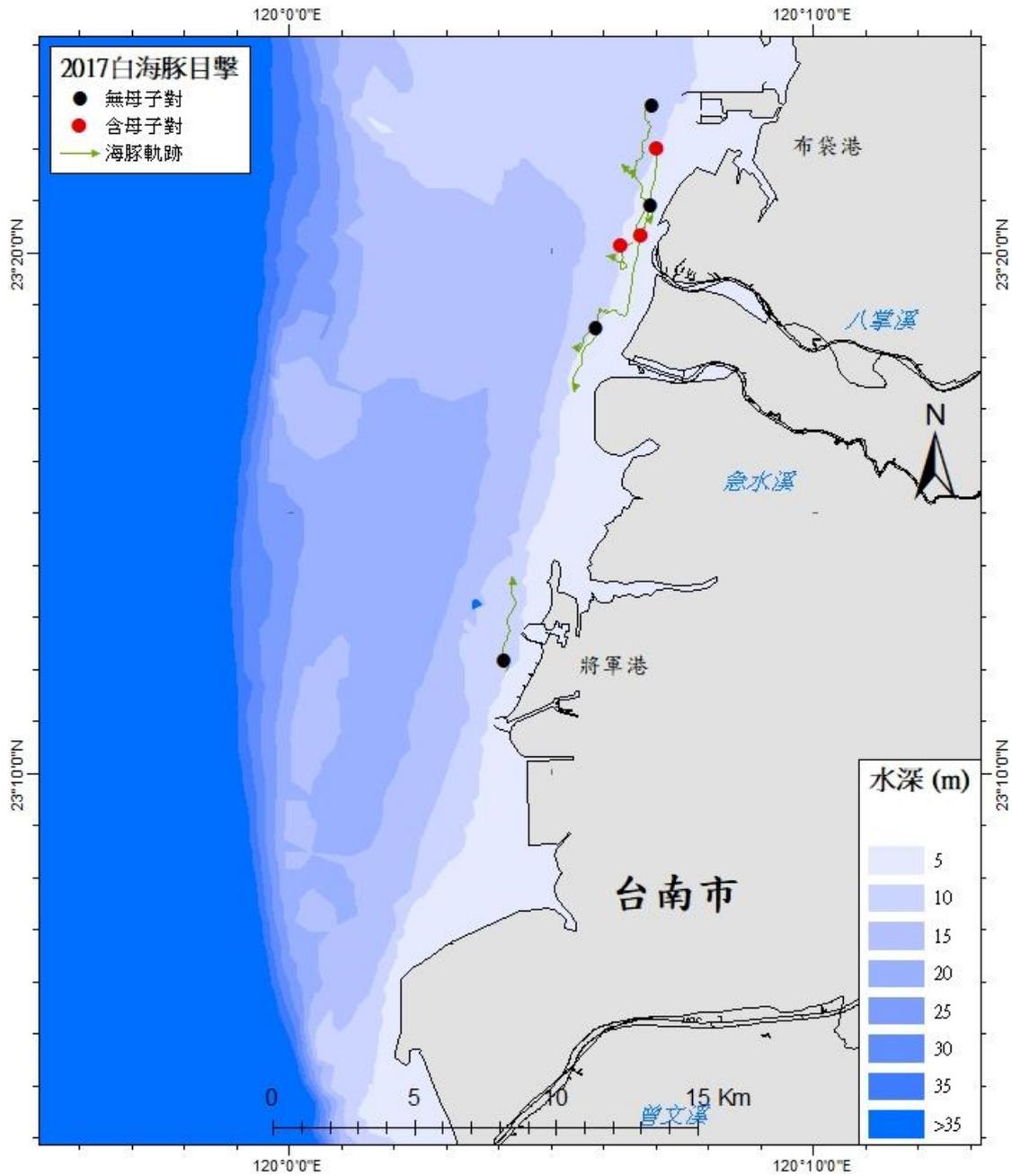


圖 1- 13 航線 6 海上調查結果，黑點為目擊白海豚非育幼群位置，紅色點為含有母子對的育幼群位置，綠色線為追蹤白海豚時軌跡。

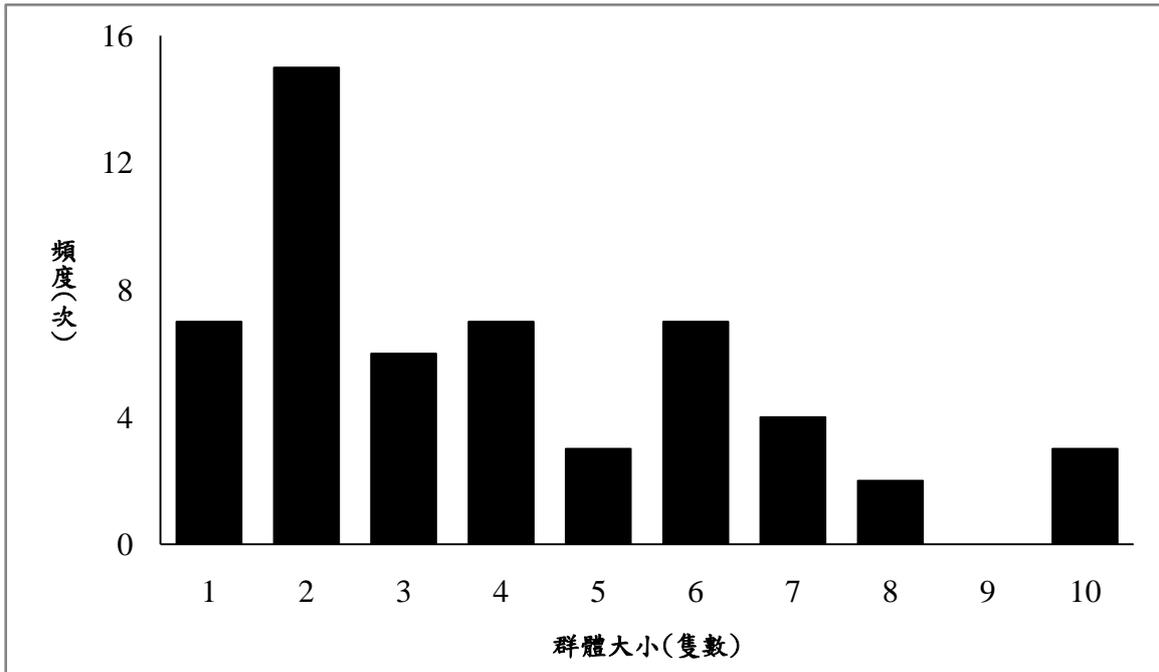


圖 1- 14 本年度目擊中華白海豚群體大小的頻度。

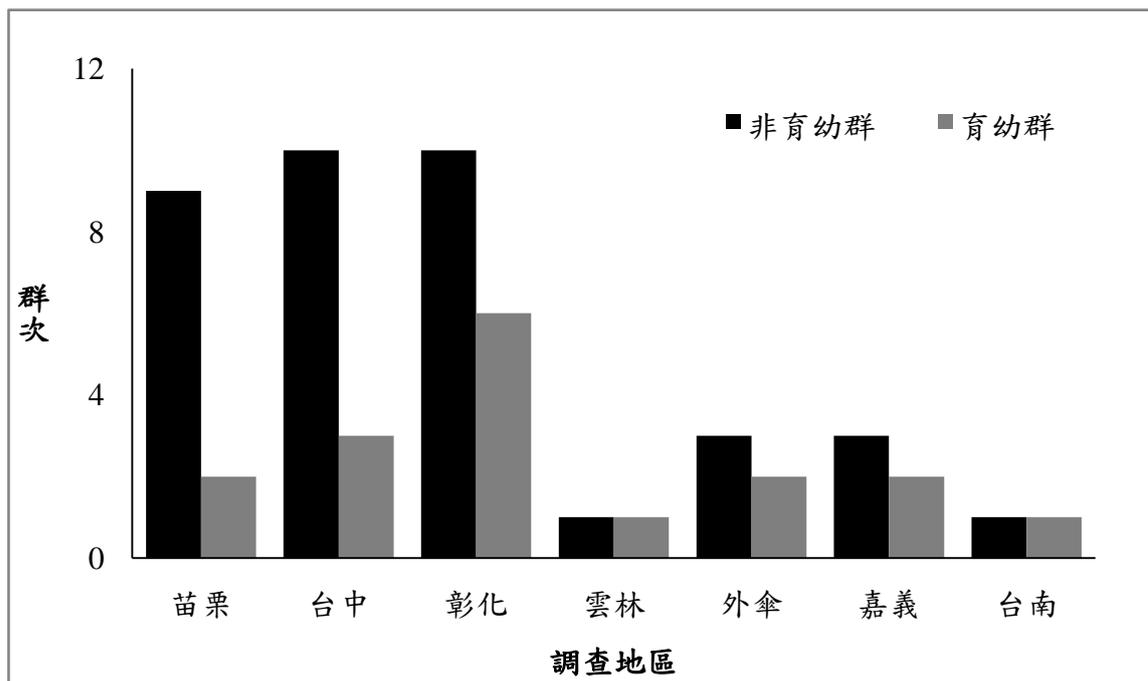


圖 1- 15 本年度在各區段海域發現的育幼群與非育幼群次的頻度與分佈。

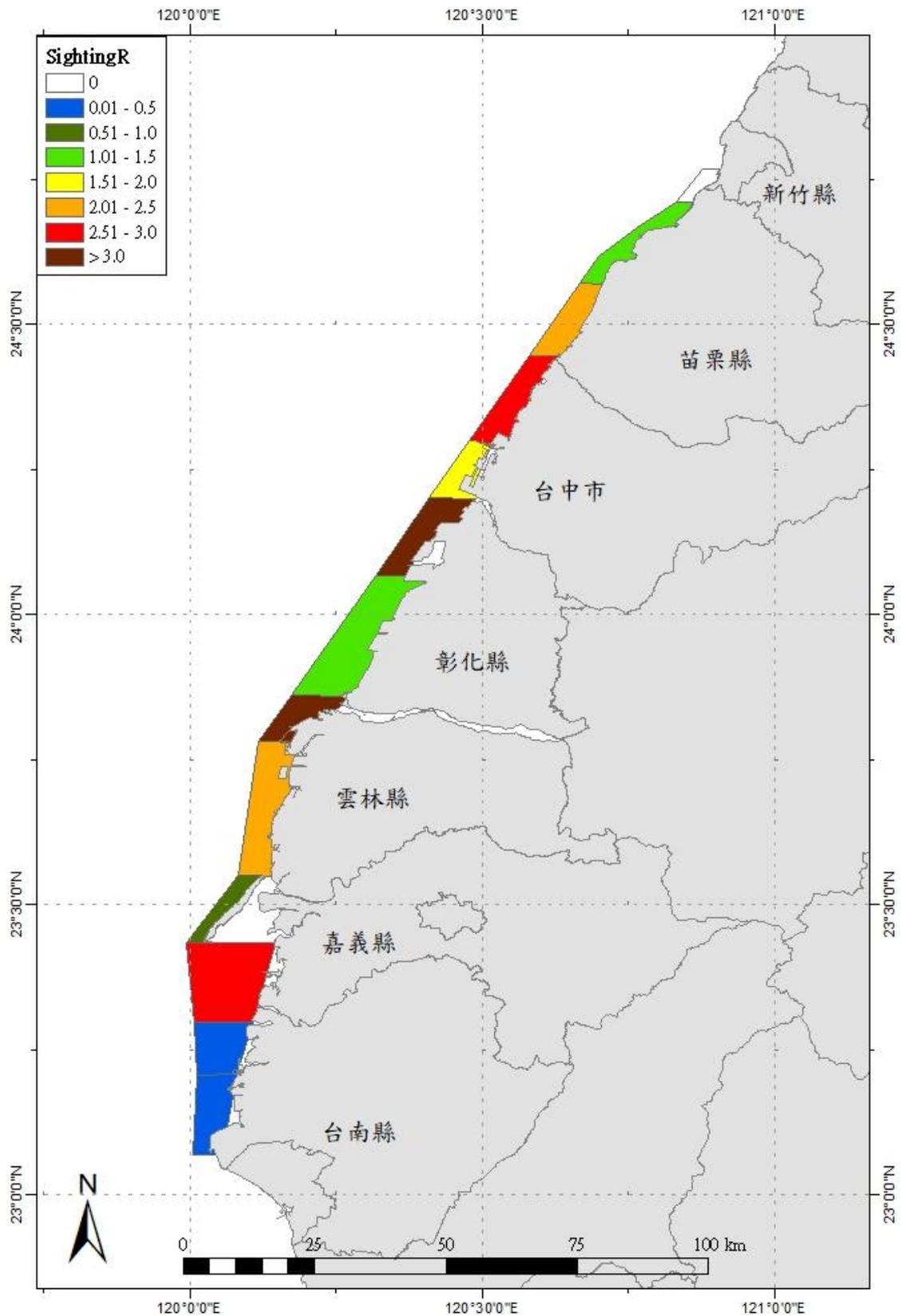


圖 1-16 彙整本年度(2017)平行線海上調查後中華白海豚在各區段的目擊率。寬度為方便閱讀，並非真實分布。

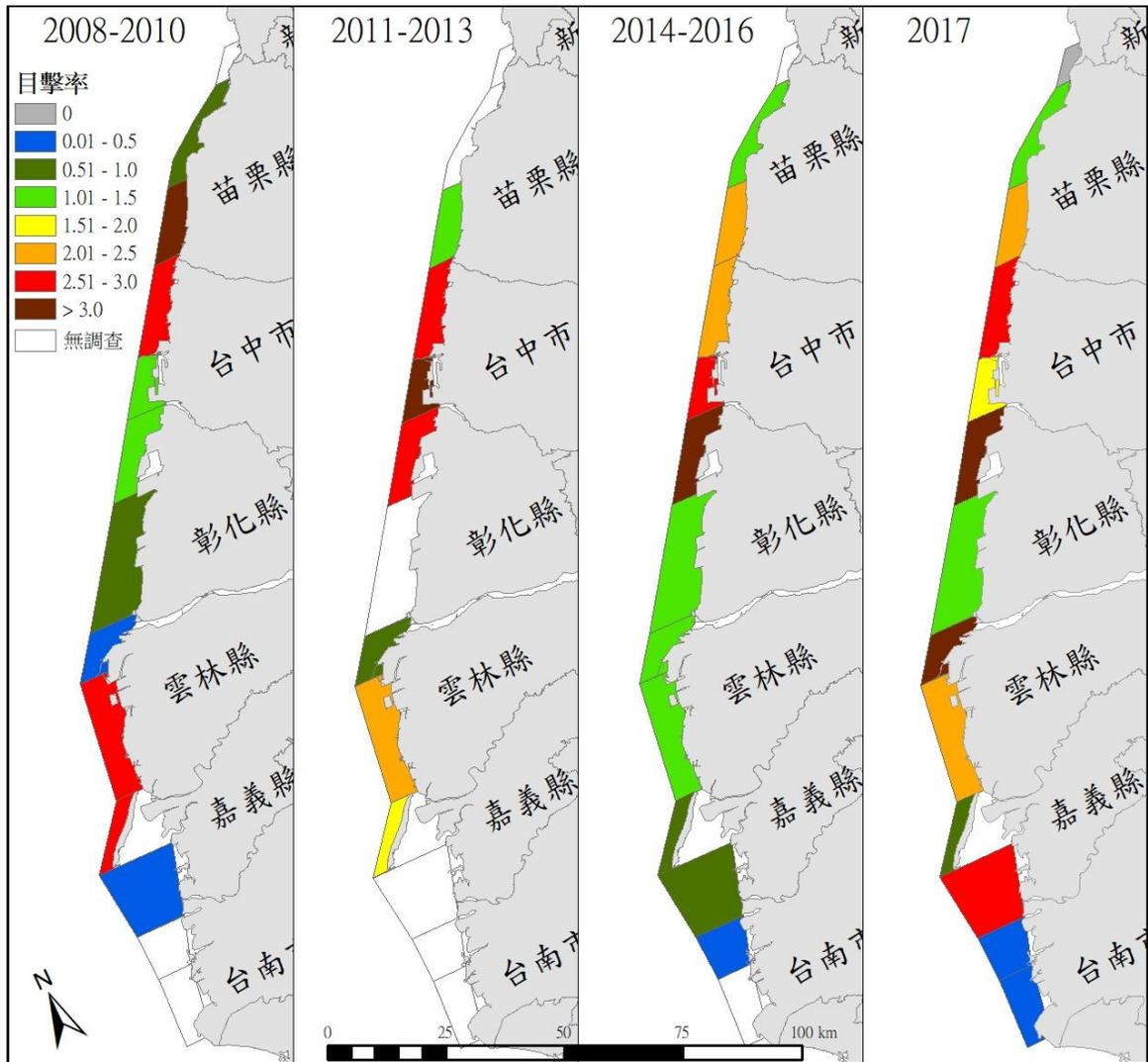


圖 1- 17 中華白海豚目擊率的逐年變動。白色表示該區段無年度調查，或是有效調查努力量不足以計算目擊率。(寬度為方便閱讀，並非真實分布，2017 年由原始資料繪製，其餘修改自周蓮香等 2017)



圖 1- 18 自 2008-2017 歷年調查目擊白海豚時所蒐集的照片總數。至今一共累積 359452 張照片。

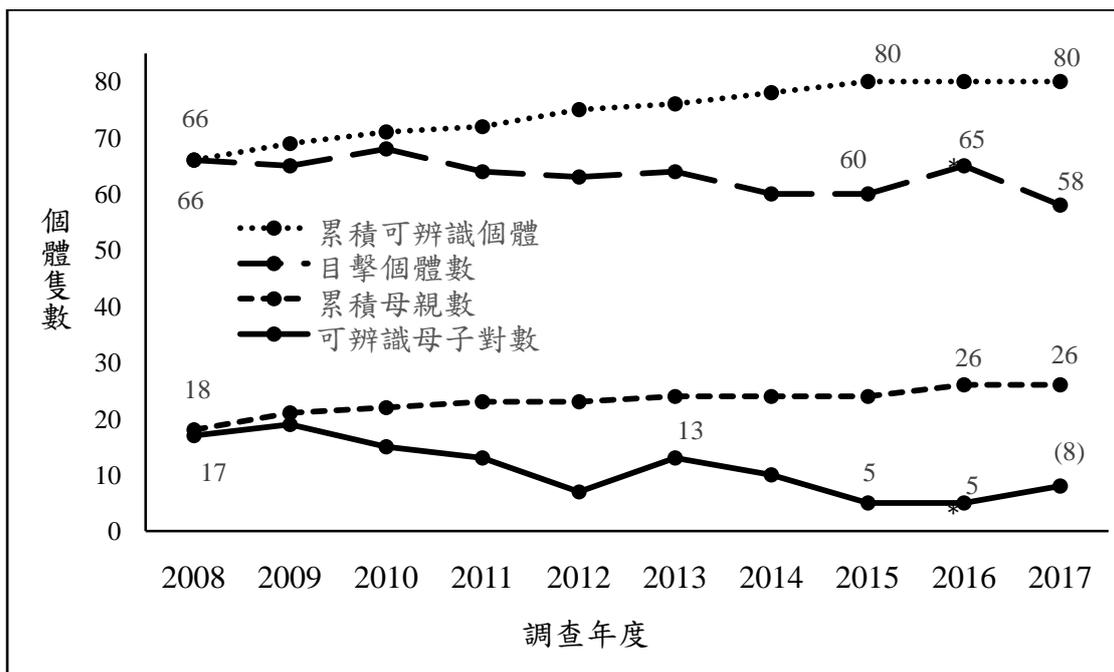


圖 1- 19 分析歷年經照片辨識所記錄的累積可辨識個體、當年目擊個體、母豚以及母子對的數目。整體在目擊個體數及母子對數在 2013 年後逐年下降。

*經再次仔細校對 2016 年資料，個體數應由 66 隻減為 65 隻，母子對數應由 10 對減為 5 對。

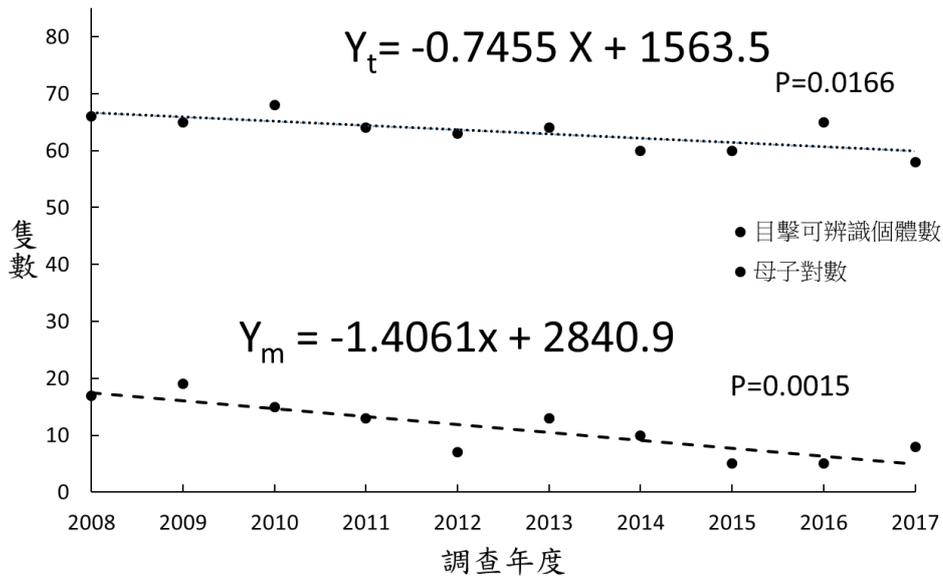


圖 1- 20 分析 2008-2017 年間每年可辨識個體數(Y_t)與母子對數(Y_m)對於調查年度的線性回歸分析。

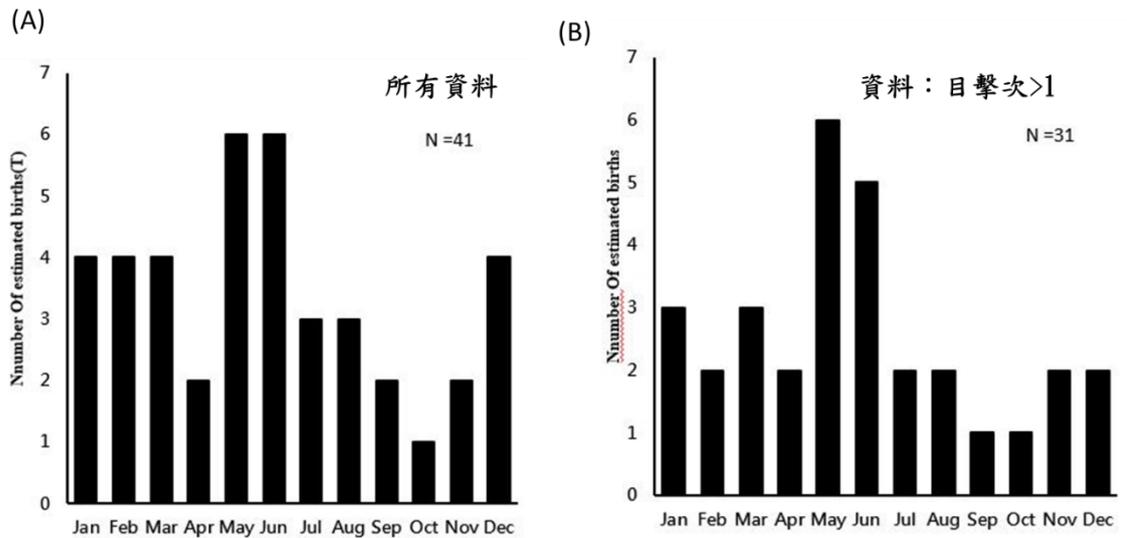


圖 1- 21 2008 至 2016 年底幼豚出生月份分佈：(A)所有目擊幼豚。(B)目擊大於 1 次的幼豚。

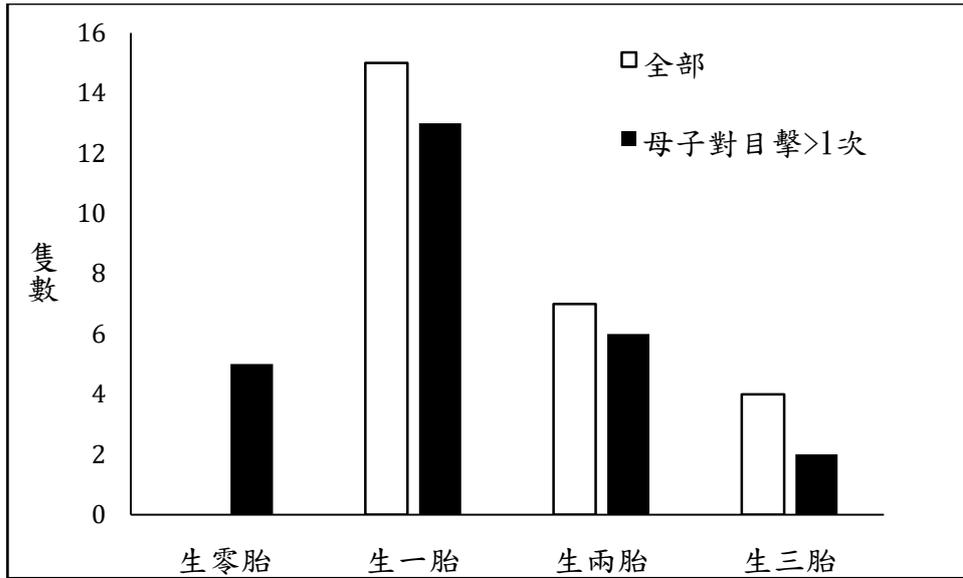


圖 1- 22 自 2008-2016 年期間，26 隻曾經有幼豚伴隨的母豚，其生產 1-3 胎的頻率分佈圖。

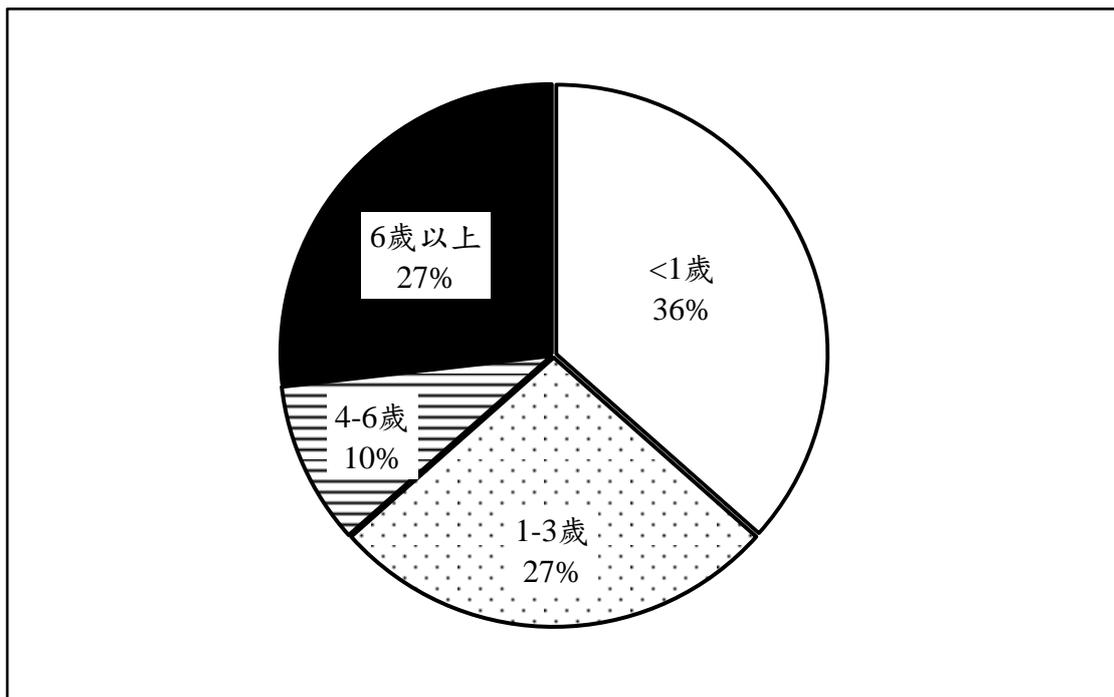


圖 1- 23 自 2005-2016 年期間出生的 41 隻幼豚存活年齡期分配百分比。

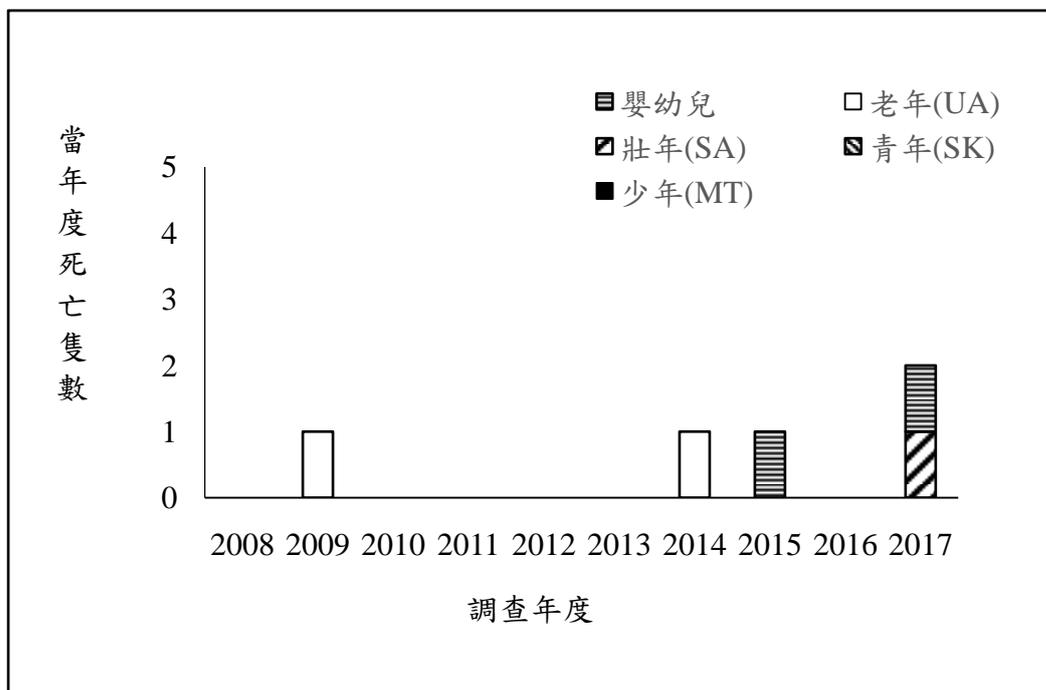


圖 1-24 2008-2017 年間確認死亡的個體隻數與年齡階層。

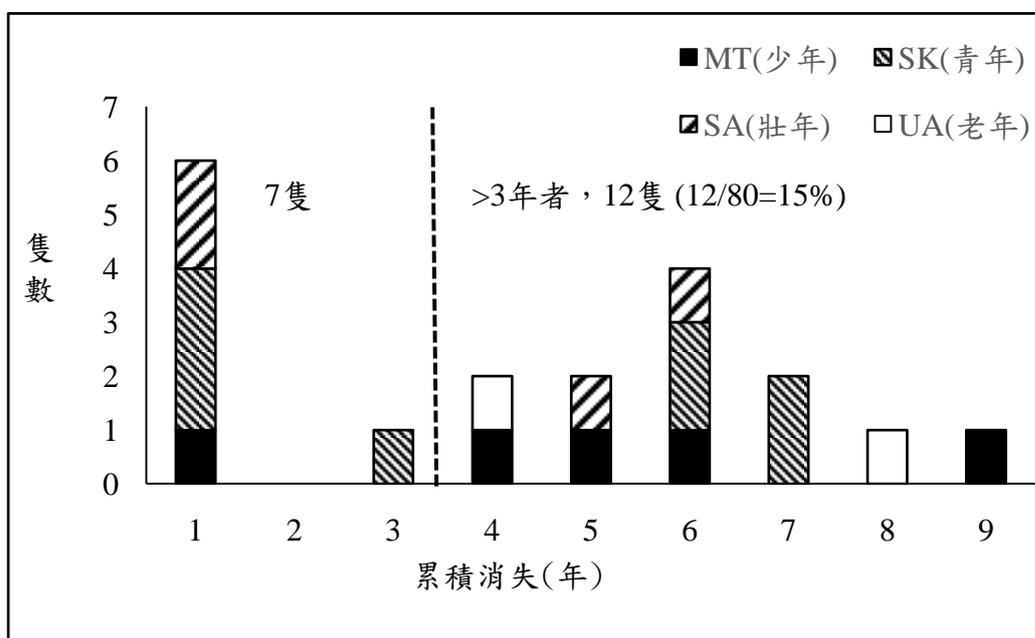


圖 1-25 2008-2017 年期間消失的可辨識個體累積年數頻率分配，超過 3 年未目擊的個體數列為“應死亡”者，佔總可辨識個體數的 15%，以青少年齡階層居多，佔 75%(=8/12)。另有七隻為三年內未目擊，待持續追蹤。

第貳章、國際海洋哺乳動物觀察員(MMO)制度與我國「鯨豚觀察員」(CTO)制度擬定之初步建議

黃彥婷、周蓮香
臺灣大學生態學與演化生物研究所

摘要

臺灣西岸的離岸風場開發，鄰近瀕危的中華白海豚臺灣族群棲地，在各項生態、環境的基礎調查和衝擊評估資料缺乏，以及缺乏互信溝通的狀況下，引發民眾、政府和開發單位間的衝突。由於離岸風場打樁過程的水下噪音，是直接和間接影響鯨豚，甚至造成受傷死亡的顯著因子，如何在即時監測過程降低衝擊，是近年來各國政府在規劃和許可離岸風場開發的重要考量。根據國外的經驗，使用受過完善訓練的海哺觀察員(marine mammal observer, MMO)進行現場的目視監測，避免鯨豚進入高衝擊區，是主要的策略之一。然目視監測的成效，有賴相關的法律、通報和管理制度的訂定。本文回顧了英國、紐西蘭和美國，在MMO的訓練單位與受訓人員的資格、標準和架構，彙整出十大項目，並依此針對國內的未來制度提出初步的草稿規劃。以期能提供主管機關，在擬定未來制度架構規劃上的資料參考與建議。

前言

國際上，對海洋哺乳動物之保育甚為重視，美國在 1972 年即通過『Marine Mammal Protection Act』(附件 2)，紐西蘭隨後在 1978 年設立『Marine Mammals Protection Act』(附件 2)，歐盟 1992 年亦通過『EC Habitats Directive』(附件 2)來約束成員國，英國亦陸續設置了『Habitats Regulations 和 The Conservation of Offshore Marine Habitats and Species Regulations』(附件 2)，並以此保護鯨豚、約束許多海上開發案的設置和工程方法。臺灣的鯨豚雖受『野生動物保護法』保護，但如何約束和管理施工過程、降低可能的衝擊等，卻缺乏明確的法令和定義。現今預定之離岸風場範圍，鄰近瀕危的中華白海豚臺灣族群棲地，以及位在或可能影響其他已知和未知的海洋生物分佈範圍，在基礎環境資料缺乏、衝擊評估是否足夠的疑慮、相關法律規範不明確、主管機關龐雜、資訊不足和溝通不良的狀況下，引發民眾、政府和開發單位間的衝突。不僅嚴重影響綠能產業的推動，導致社會氛圍的動盪，也難以評估施工時的水下噪音所造成對白海豚造成的生態衝擊。

回顧國外經驗，為了減少施工、尤其是打樁過程對海洋生物所造成的衝擊，常使用海洋哺乳類觀察員(海哺觀察員)(marine mammal observer, MMO)，以目視監測方式，擔任即時監督和避免鯨豚進入噪音高衝擊區的減緩措施。為提供主管機關了解海哺觀測員在國外針對海域，尤其是風機打樁過程中的角色和效力，本計畫於本年度 3 月 29-31 日派員黃彥婷赴英國 Gardline 公司接受海洋哺乳類觀測員課程訓練，並彙整英國和他國現有之海洋哺乳類觀測員制度和經驗，進行探討：(一) 國外 MMO 訓練課程之標準和架構；(二) 國內未來 MMO 訓練課程之標準架構的建議，以期能協助相關主管機關，對於未來的離岸風機及其他工程等所造成之水下人為噪音的影響可以進行適時適當管理。

一、各國海洋哺乳類觀察員(MMO)比較

1 海洋哺乳類觀測員(marine mammal observer, MMO)的定義

隨著海域工程(如：離岸風場、石油鑽井、爆破等)、海洋環境探勘(如：地質震測)、軍事用聲納、和其他噪音來源在過去數十年來的顯著增加趨勢(Dahl et al. 2007)，各項監測和減緩海洋生物受噪音衝擊的措施，開始被各國主管機關納入審查的必要考量之一。如何兼顧減少人為噪音對海洋生物(特別是海洋哺乳動物和海龜)衝擊的同時，發展經濟和滿足需求，成為各國在海洋資源與環境永續經營的重要課題。在工程操作前、中、後期，減緩、監測並確保工程啟動前和過程中，鄰近區域不會有監測物種出現，和/或降低潛在傷害風險的各種減緩措施(mitigation)紛紛提出。除了聲源減噪(如：氣泡幕)，以即時減緩(real-time mitigation)為主要監測方式的

海洋哺乳類觀察員(海嘯觀察員)(MMO)，和被動聲學監測操作員(passive acoustic monitoring (PAM) operator) (Todd et al. 2015)，成為各國常被採用的方法之一(表 2-1)。

在名稱部分，除了美國使用保育物種觀察員(protected species observer，PSO)，和格陵蘭使用海嘯與海鳥觀察員(marine mammal and seabird observer，MMSO)外(Johansen et al. 2012) (Todd et al. 2015)，多數國家多使用海洋哺乳類觀察員(marine mammal observer，MMO)來指負責以目視方式，執行海洋哺乳類監測的人員(表 2-1)。MMO 因各國的規範或法令不同，其訓練要求(training)、分級、工作職權(authority)，和認證系統(certification system)變動極大(表 2-2)。各國詳細的遴選和認證要求，將於本章後續段落討論。

2 監測物種

工程水下噪音可能衝擊的海洋生物種類繁多(圖 2-1)，各國對於施工許可證中的觀察員要求標準，往往以預定施工地區內，是否有受法令保護的海洋生物物種為重要參考。並依據目標物種的保育現況，和各項工程人為干擾的差異，主管機關會對觀測員的人數、經驗等要求迥異。參照目前國際的標準，以當地出現之海洋哺乳動物為主要的監測對象，部分國家，可能會包含其他如：海鳥、海龜等海洋生物。詳細對照表請參考表 2-1。

3 工作內容

根據海嘯觀察員協會(Marine Mammal Observer Association，MMOA)介紹之 MMO 或被動式聲學監測操作員(passive acoustic monitoring operator，PAM operator)主要工作，都是在離岸工程工作現場，監測受保護的物種是否出沒(MMOA 2017)一旦發現受保護的物種於作業期間在禁止區(exclusion zone)出現，需立即依據該工程的許可證(permit)或相關法規，通知船上人員推遲或關閉聲源的操作，直到動物處於安全距離後才能重啟，同時記錄動物當下的時間、行為等目擊資料，送交相關單位。詳細的許可證或相關法規內容，由管制機關(regulatory authority)制定，或依循行業最佳實務(industry best practice)，設置監測(monitors)和管理措施(management measures)。MMO 會依此在現場和施工單位或承包商合作，確保所有的工程規範皆能遵守必要的標準，並提供明確的建議。

絕大多數的 MMO 只專注負責現場的目視監測，但依據當地的法規和許可證內容要求，部分例外狀況略有相異。以英國為例，MMO 在完成一定的被動聲學監測方式之課程訓練後，可同時兼任被動式聲學監測操作員(PAM operator)，監測水下鯨豚的發聲事件。但同一時間只能選擇兩者

之一，不可兩者皆參與。而部分工程許可證會容許經 MMO 課程受訓且合格的船員或工作人員，兼任現場 MMO 工作。

4 人員經驗分級

依據各國規範和法規，不同工程類型、工法細項、工程場域所在的地區和施工的時間，以其可能衝擊的物種與其保育狀態等各項因子，管制單位多會依評估結果，在施工的執照許可證上，詳列該工程所需要之 MMO 必備條件。詳細內容請參考(表 2-2)，彙整其類別大致可分成四大項：

I. 等級

- 受訓完成(trained)：一般指完成課程，且通過考核的觀察員。
- 資深(experienced)：除了完成且通過考核，通常會附加需有各項執行經驗的年資限制，所負責事務通常較一般僅受訓完成者多且複雜。
- 獨立/首席(sole/ primary)：通常指能現場作業能獨立且是主要領導其他 MMO 的資深 MMO。所負責事務較多且複雜，可能也要負責彙整不同觀察員的報告。

II. 可否由其他工作人員兼任

- 一般來說會要求 MMO 為專職、非其他職務兼任之人員擔任。但在部分國家的特殊許可下，會允許擁有 MMO 合格認證之船員或工作人員兼任。

III. 可否兼任其他工作職務

- PAM operator 的訓練課程和專業迥異，PAM operator 主要是監測水下鯨豚的發聲事件，以確保敏感區域內沒有鯨豚出沒。但絕大多數國家至今僅有 MMO 有制定認證的系統、制度和課程標準等。

為了專業和安全考量，包含 MMO 在內的工程人員，在登上離岸活動和工程的工作平台之前，皆須依其國內法規，接受相關的初步遴選，並完成相似或略有不同的專業和安全訓練。再以其專業和經驗進行工作分級和分派，以確保所有的工作人員能在充足準備和安全的狀況下執行任務，減少不必要的傷害和損失。彙整對 MMO 常見的要求和分級標準如表 2-2。

5 人員遴選資格(qualification)

5.1 醫療檢查

MMO 需要在醫療相對不便的離岸工作平台，進行長時間值勤任務。身體的健康狀況和適切的體適能狀態，是能有效完成工作重要的基礎。目

前根據不同的國家、地點和工作環境，設有不同檢驗項目的離岸工作人員醫學檢查項目(表 2-3)。雖然名稱不同，普遍來看會包含下列基礎項目：

- 個人病史(可能要求提供家族病史)
- 藥物使用狀況
- 生活型態
- 是否有酒精和特殊用藥史(在違禁藥品檢測部分，被列入必備項目有增加的趨勢)
- 一般生理檢查(如：身高、體重、BMI、血壓、肺活量、聽力、神經肌肉的反射)
- (矯正)視力檢測

基礎的健康狀況有疑慮者，如身體質量指數(Body Mass Index, BMI)超標者、濫用藥物、酗酒和其他可能影響個人工作狀況者，如果在工作開始前無法達到合格要求(如：降低 BMI 至合格範圍)，很可能會無法通過必要的醫學檢查或要求而被拒絕登上工作平台(Todd et al. 2015)，而可能引發後續雇約上的糾紛(假使所有的體檢費用是由雇主支付，且合約內容要求雇員需自主管理健康狀況)。此外，登上離岸工作平台還需完成其他必要之環安衛證照，如：需要學習如何於水下逃脫直升機艙的逃生訓練，已確認有幽閉空間恐懼症，或其他可能影響完成必要之訓練的狀況者，建議應考量於離岸工作環境的適合性(Todd et al. 2015)。

5.2 學術背景

各國所訂定之規範雖有不同，但一般多要求接受專業的訓練課程，以確保人員對於海洋哺乳動物的判別、相關規範和法令(如：禁止區距離、緩啟動規定、自身所被授權的權力、應執行之工作內容等)，以及正確撰寫報告等知識和能力。包括英國、美國和紐西蘭都建議，MMO 具有一定的教育背景(如：海洋生物學、海洋學或聲學工程等)為佳(表 2-2)。這與該觀察員是否需要執行高度專業性的工作有關。以英國和紐西蘭為例，MMO 不僅需要目視監測、辨認海上是否有監測之目標動物出現，更需要熟悉施工單位所取得之施工許可證內容，並依照該動物的分佈、行為和可能移動方向，建議施工單位採取之適切措施(英國)(JNCC 2010a)，甚至是要要求停工(紐西蘭)(DOC 2013)。缺乏充足的海洋生物相關背景知識、熟讀相關重要的規範、臨場反應等，極可能造成 MMO 在判讀上的不確定性，造成法令規範施行效率和施工方的不必要損失。

6 專業訓練課程：

國外對於 MMO 的課程訓練內容和基本訓練天數，未有一致的國際標準。一般來說，下列數項為必備之條件(Todd et al. 2015)：

- 海洋哺乳動物(和其他監測動物)和工程噪音所造成之潛在衝擊\
- 海洋哺乳動物(和其他監測動物)的辨識
- 各項海洋開發工程/活動的基本資料介紹
- 監測過程的專業職責和離岸工程中的相關生活狀況介紹
- 政府公布之規範(guidelines)
- MMO 報告的資料收集方式，和繳交、通報之行政流程
- 必要設備和海上距離判定方式
- 海洋求生訓練和自身的醫療檢測
- 如何尋找 MMO 的工作機會

然各國依照其法規，會有相似或相異之規範。下一段落將進一步以資料較為充足且完整的英國、美國、紐西蘭之課程認證、流程和內容架構，進行比較(表 2-2)。

6.1 英國：

6.1.1 課程認證：

英國所有提供 MMO 專業訓練課程的供應商，都須經過英國跨政府部門官員與專業學者組成之聯合自然保護委員會(Joint Nature Conservation Committee, JNCC) (附件 2)審查通過並認證之後，才可正式招生。完成認證單位課程之學員，方能成為可於英國海域工作的正式 MMO。

對於提供 MMO 訓練之機構，JNCC 同樣有明確的標準，摘要其內容如下(JNCC 2011)：

- ◆ 提供高質量和最新的培訓內容
- ◆ 授課講師在英國大陸棚區(United Kingdom Continental Shelf, UKCS)有豐富的 MMO 工作經驗(對執行 JNCC 的指引有豐富的經驗)。講師本身應
 - 參加 JNCC 認可的 MMO 課程
 - 確保他們即時掌握現今的做法
 - 有在聲源製造船隻上的恰當位置，執行獨立/領導 MMO (sole/ primary dedicated MMO)的經驗
- ◆ 熟悉海洋哺乳動物生物學，保育學，海洋環境中聲源的多樣性及其對海洋哺乳動物的影響

- 包括 UKCS 常見物種具備熟練的海洋哺乳動物識別技能
- ◆ 有一定的分析海洋哺乳動物調查有關的生物數據經驗，以便能夠教導如何成功記錄這些生物信息
- ◆ 有良好的溝通能力，最好有適當的教學設計和表達技巧

當訓練機構的課程內容設計完成後，其認證流程(圖 2-2)將由 JNCC 執行，概述如下(JNCC 2011 &2017)：

- ◆ 當課程內容設計完成後，JNCC 會依狀況審查課程材料
- ◆ 訓練單位應向 JNCC 提供講師能教學前述課程之相關證據和資格標準
- ◆ JNCC 將派員參加該課程第一輪課程，並對課程進行審查
- ◆ 經審查合格並正式認證之授課單位，JNCC 將列入聯絡清單，即時提供該單位相關之指引、記錄表格以及其他任何變動之資訊。
- ◆ 正式認證之單位的資訊，將公告於 JNCC 的官方網站。

6.1.2 課程內容：

在 MMO 培訓課程內容的部分，JNCC 官方網站提供了以下最低標準，應包含(JNCC 2011)：

- ◆ 介紹 MMO 在施工監測中的角色
- ◆ 為新加入的 MMO 提供所需的全部知識，使他們充分完成應盡的職責。
- ◆ 應要求受訓者親自出席
- ◆ 給予受訓者足夠的機會解釋，討論和提問
- ◆ 建議課程應涵蓋：
 - JNCC 地質震測、打樁、爆破工程指引的背景和內容介紹
 - 指引所要求之施工前、中、後之規範和工作
 - MMO 職權所適用的立法框架/許可過程
 - 噪音對海洋哺乳動物的相關影響
 - 通過討論課的交流，充分說明 MMO 的作用，責任和義務，如：
 - i. 先期資料調查和動員會議，提供關於遵守準則和調查後報告的建議
 - ii. MMO 的實地工作情況
 - iii. 提升溝通和影響力是 MMO 完成工作的重要關鍵
 - iv. 角色扮演練習
 - 地質震測/打樁爆炸使用的介紹和概述
 - i. 基本原則

- ii. 地質震測/打樁爆炸使用的目的
 - iii. 參與監測計畫之其他相關人員
 - iv. MMO 與船員的期望互動模式
 - v. MMO 不同類型工程的指引，所需進行的流程和工作
(如：打樁工程的預先監測、緩啟動等)
- 調查或監測完成後，提交報告要求的要求和流程
 - i. 使用記錄表格(包括使用示範)
 - ii. 在報告可提供之其他有用資訊，
 - iii. 如何提交 MMO 報告
 - 介紹海洋哺乳動物的辨識
 - 常用的海洋哺乳動物辨識指南
 - 工作之英國大陸棚海域(UK continental shelf, UKCS)內分佈的海洋哺乳動物的主要特徵說明

6.2 紐西蘭

6.2.1 課程認證：

紐西蘭所有提供 MMO 專業訓練課程的供應商，都須經過紐西蘭保育部 (Department of Conservation, DOC) 審查通過並認證之後，才可正式招生。完成認證單位課程之學員，需再登錄至少 12 星期的海上地質震測調查後，方能成為可於紐西蘭海域工作的正式 MMO。其認證流程概述如下(DOC 2017)：

- ◆ 當課程內容設計完成後，DOC 會依狀況審查課程材料
 - ◆ 訓練單位應向 DOC 提供講師能教學前述課程之相關證據和資格標準
 - ◆ 經審查合格並正式認證之授課單位，將公告於 DOC 的官方網站。
- 認證流程概述如圖 2-3(EPA 2017)

6.2.2 課程內容：

在 MMO 培訓課程內容的部分，DOC 官方網站提供了以下最低標準，應包含(DOC 2012)：

- ◆ 紐西蘭法律和法規要求
- ◆ 訓練與合格的觀察員
- ◆ 介紹合格觀察員的角色
- ◆ 介紹紐西蘭海洋哺乳動物物種
- ◆ 介紹地質震測之操作概述
- ◆ 船舶的環境安全和衛生健康守則
 - 如：船舶操作概述、個人安全、緊急程序、個人防護裝備、高壓系統(用於 PAM 操作)、適當的海上生存和行業要求的

醫療證書、撰寫與審查、修改風險評估和程序文件

- ◆ 導航
 - 基本的船舶導航原則(航向，真實速度等)、指南針的使用(包括磁偏差和變化)、有關移動船隻和聲源的位置、GPS使用(格式，單位，下載航跡、計算 GPS 相對於聲源的位置)、繪製位置，投影，船跡日誌，將圖表轉換成報告形式
- ◆ 介紹 MMO 工作之天氣和環境條件
- ◆ 視覺觀察技巧
- ◆ PAM 操作(僅概述，要成為 PAM 操作員，須參加完整的訓練)
- ◆ 記錄和報告的撰寫
- ◆ 評估/合格考試

6.3 美國

6.3.1 課程認證：

美國現階段的觀察員訓練系統，由國家海洋漁業局(National Marine Fisheries Service, NMFS)之國家觀察員計畫(National Observer Program, NOP)發展而來(Backer et al. 2013, NOAA 2017)。根據應用之產業不同，分成：(1)由 NMFS 獨立招募和訓練，記錄漁業捕撈的漁業觀察員(fishery observer)(NOAA 2017, NMFS 2014)；以及(2)計畫由 NMFS 提供認證授課標準，並由海洋能源管理署(Bureau of Ocean Energy Management, BOEM)和安全與環境執法局(Bureau of Safety and Environmental Enforcement, BSEE)一同認證民間授課訓練中心的保護物種觀察員(protected species observer, PSO)。PSO 的學員遴選資格並無如漁業觀察員明確(表 2-4)，一般大眾皆可參加，但有海洋、自然科學或其他相關學術背景者為佳。合格的 PSO 都必須完成 BOEM 和 BSEE 所認證之課程。其認證流程概述如圖 2-4(Backer et al. 2013)。

6.3.2 課程內容：

不同於 NMFS 有統一標準，且自行訓練漁業觀察員(NMFS 2014)，NMFS 並沒有對 PSO 培訓課程認證，民間的訓練機構也沒有一致標準。除了監測的物種和活動在墨西哥灣、大西洋沿岸、太平洋沿岸和阿拉斯加海域相異，導致提供訓練課程的機構往往是針對特定的地區和活動(如：地質震測)進行課程和記錄表的設計，使 NMFS、BOEM 和 BSEE 在不同地區收到的數據質量有明顯差異(Backer et al. 2013)。由於各方協調直至 2017 年底，仍未公布 PSO 的標準授課規範，因此本文僅比較 BOEM 於 2016 年公布之『實施地質震測調查的

緩解措施和保護物種觀測計畫』(BOEM 2016)要求之基本授課大綱、Backer 等人(Backer et al. 2013)建議之未來 PSO 訓練課程標準，以及現行核准之 PSO 課程提供商的公告架構進行探討。其主要分類如下(詳細請參考表 2-4)：

- ◆ PSO 內容、職權、要求
- ◆ 現場監測規範和標準作業
- ◆ 監測物種與基礎海洋生態和聲學資訊

7 實地經驗要求

7.1 海上實務經驗：

除了當地法規或規範訂定之專業訓練課程之外，一般對 MMO 能於離岸工程平台工作的不成文最低標準是 6 星期的地質震測經驗(Todd et al. 2015)。其中，紐西蘭更規定除了既有的課程訓練，仍需 12 星期的離岸工作經驗才可取得完整的 MMO 正式資格 (DOC 2013)。

7.2 離岸工程海域求生訓練：

透過反覆的環安衛訓練，加強必要的危安辨識、消防知識和器材使用、正確的逃生方式等，可強化人員在意外來臨時的臨場反應，降低不必要的人員損傷和減少災害波及的範圍。這其中又以海域求生訓練，是包括 MMO 和 PAM 操作員在內，所有需要登上離岸工程平台工作的人員必備的訓練和登船資格之一。雖然各主管機關、行業和公司規範上不盡相同，但以下條列兩項為普遍性需要的證照，其餘訓練則依照當地法規需求，變動極大。常見之離岸工作求生和安全訓練請參照表 2-5。

- **基本的海上安全引導和應急訓練 (Basic Offshore Safety Induction and Emergency Training, BOSIET)**

- 課程長度：3 天(或實際授課時數至少 21 小時又 5 分鐘)
- 費用：約 33500 元台幣(參考網路公告之價格)(AMI 2017)
- 適用對象：無報名門檻，所有需要或有可能參加離岸工程項目的人員
- 課程綱要：確定海上工程(如：石油和天然氣)裝設過程之特定危險和潛在風險的辨識與評估，以及如何執行適當的控制措施，去除或降低風險。介紹離岸工程相關安全規定，並解釋基本的安全管理概念。同時，確認學員了解使用安全設備(如：消防)，並按照程序進行準備，如：低能見度下的逃生、直升機墜海時的緊急逃生、海洋生存和急救技術等。詳細內容可參考網址：

<http://www.opito.com/standard/bosiet>

- **直升機水下逃生訓練 (Helicopter Underwater Escape Training, HUET)**
 - 課程長度：一天
 - 費用：約 1200~2000 元台幣(參考網路公告之價格)
 - 適用對象：無報名門檻，所有需要或有可能搭乘直升機的人員，和其他有興趣之人員(開課單位可能會進行篩選)
 - 課程綱要：學習在墜海之直升機中，保持安全和逃生所需的知識和技能。這對需要搭乘直升機之軍隊、消防隊和離岸工程工作人員為必要之訓練。大多數的訓練場所，是在一個設有可轉動式直升機模擬器的特製室內游泳池。透過將模擬器以不同角度放置甚至倒扣於水中，學習各項如何安全逃脫至機艙外的流程，以及其他如呼吸器等輔助設備。詳細內容和相關影片可參考網址：
<https://www.marineinsight.com/guidelines/what-is-helicopter-underwater-escape-training-huet/>

有鑑於近年重大的離岸工作平台工安意外(如：2010 年的墨西哥灣漏油事件)頻傳，雖然訓練課程費用昂貴，國外開發商以及部分主管機關逐漸將各項環安衛訓練列入合格工作人員的必要條件。建議國內的主管機關未來也應針對 MMO 的工作場域，訂定必要的環安衛訓練要求。

8 施工監測

MMO 在施工開始之前，應積極參予必要的工程工作討論會議，了解並熟悉所監測對象之工程類型、規劃、預定流程，確保能正確執行相關的規範。同類型工程因地點和國家，MMO 所依據各項規則可能有顯著的差異，包括各施工階段所需進行之不同程度的警戒，監測的時間，與當下的必要工作、記錄與建議、採取措施等。普遍來看，MMO 能有效執行其任務的時間，以日光時間為主。在天氣海況良好的狀態下，可涵蓋日出前 30 分鐘至日落後 30 分鐘(Todd et al. 2015)。在 MMO 無法進行有效目視期間的施工行為，在英國、紐西蘭、美國等國家，都必須事先取得主管機關同意後，才可在特許條件(例如：配備 PAM 操作員)進行。此外，如何透過降低人員疲勞狀況、可視有效範圍等，提升 MMO 在監測過程的品質，將在接下來的段落說明。

8.1 值勤工時

有效的目視觀察，除了充足的專業訓練和經驗累積外，MMO 本身的

積極度以及專注力更為提升監測品質的重要關鍵。各國主管機關對 MMO 於實地之工作時數，依其國情和法律，提供相似或相異的規範。以制度標準在歐洲地區相對完整的英國為例，MMO 執行目視監測主要在緩啟動前 30 分鐘的預先監測(pre-watch)、中斷工程期間的警戒(依照工程種類和中斷時間有不同的規範)和完工後監測，其餘時間可自行調整休息間隔，因此僅建議 MMO 的最高執勤時數時數為 12 小時(JNCC 2010)。在日光時間超過 12 小時的季節，則建議要至少聘僱 2 位 MMO 進行輪值。在墨西哥灣，美國的 PSO 則有每 4 小時必須完整休息 2 小時、值勤期間不得超過 12 小時，以及每 12 小時值勤就必須休息 24 小時的法令強制規定(BOEM 2016, Todd et al. 2015)。紐西蘭同樣採用 12 小時為執勤時數的上限(DOC 2013)。

不論是採用哪一種規範，建議國內未來在 MMO 值勤工時上限部分，應明確記載，以減少 MMO 因疲乏或疲勞，影響監測效率的疑慮，甚至是專注力下降而使 MMO 的安全和健康受到危害。

8.2 觀測平台

MMO 所在之觀測平台和進行的工作內容，依據各國的要求，有部分相同和相異的地方。一般來說，首選是發出聲音源的工作平台或船隻(英國、美國、紐西蘭)，也就是打樁的平台、拖曳震測系統地船隻等，尋找高度夠高且盡可能擁有 360 全方位視野的平台(DOC 2013, JNCC 2010, BOEM 2016)。然由於工作平台多數伴有構造上(如：施工設備阻擋)、聲音上(如：施工聲響)、人員(如：進出的走道)或其他安全上的顧慮，MMO 往往需要退而求其次，尋找能有效監測目標區、最可能遭遇鯨豚的區域，又或者是透過多名 MMO 合作，分別站在擁有較佳視野的不同地點同時監測。然不論是哪種方案或替代選擇，事先與船上的工作人員充分溝通、取得進入該觀察場域的許可，並將相關資訊記錄於主管機關公告表單之中，以利後續的報告撰寫。

8.3 工作內容

除了平台的適當選擇，MMO 最重要的任務是如何在正確的平台執行應盡之職責。以離岸風場施工之打樁過程為例，彙整各國 MMO 於各階段應執行之任務如下：

- 事前會議：參加工作小組會議，了解施工期間須遵照的相關規範，和工程場域之環安衛負責人與相關系統、設備與資訊
- 打樁前和緩啟動階段：警戒監測，此階段須確保警戒範圍內沒有監測目標出現。各國規範略有不同，總括此階段的任務大致為監測是否有目標物種或其他海洋生物於在警戒範圍內出現，並依該國規範執行任務。除了填寫必要的記錄之外，MMO 須依出現的物種、其行為和該工程案件的許可證內容，向現場的工

程指揮官提出恰當的作業延遲時間，和可進入緩啟動、全力打樁階段的條件。此階段值勤的 MMO 不可擅離崗位。

- 全力打樁：常態監測，此時 MMO 仍須保持監測的狀態，但依照各國規範不同，多允許值勤的 MMO 可自行調整休息間隔(記錄表註記為無效監測)。此階段如有目標物種出現，則 MMO 須依該工程案件的許可證內容，持續監測或向現場的工程指揮官提出如減緩或是停工等建議。
- 工程中斷(因情況而定)期間的監測：依當下 MMO 的狀態(有效或無效監測)、中斷的時間等，由 MMO 依不同狀況判定是否需要重啟預先和警戒監測。
- 打樁結束：事後監測，各國規範略有不同，但多會在工程完成後一定時間持續進行監測，並記錄是否有物種出沒或其他異常情況。
- 報告撰寫與繳交：通常由資深等級以上的 MMO，依照各國的規範，於期限內依照統一格式負責統整記錄表和繳交給對應的窗口。

不論於前述之任一工程進行之階段，一旦有監測目標生物進入規範之警戒區或鄰近區域，都應依照訓練內容記錄，與對施工坊提出該工程所應遵循之應對措施的建議。目前使用 MMO 做為現場減緩和監測措施的國家，皆有其目擊報告和特殊事件通報之主管機關(請參考表 2-5)，以求主管機關能迅速對施工過程提出必要的資訊、警告甚至要求停工。

9 僱用合約特性

MMO 在目前的離岸工業工作型態，大致上可分為以下兩種(Todd et al. 2015)：

類別	按日案件型合約	全職雇員
薪水給付	日薪(可能分成待命和值勤兩種不同標準薪)	月薪制，值勤可能有額外津貼
收入	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 零散(接案才有) ➢ 沒有無薪假天數上限 ➢ 無工作福利 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 整年固定 ➢ 有無薪假天數上限 ➢ 有工作福利(事和病假、三節、退休金)
工作來源	自主尋找，自己就是雇主	公司轉介，會有工作的對應上司
工作選擇	自主，但可能較為受限(需根據招人啟事選擇)	公司選擇或提供可能給 MMO 從清單中選擇。但經驗資深和豐富者，可能有其他管理職等選擇。
岸上工作	僅負責 MMO 相關工作，其餘無關	可能要負責管理、訓練、研究、設備保養和其他公司兼職的工作
參與訓練和進修工作	自主負責	公司安排和給付(受訓時，仍應支付薪資)
類別	按日案件型合約	全職雇員
出差	自主負責	公司安排和給付(出差時，仍應支付薪資)
設備	自主負責	公司安排和給付(多以標準配備如：安全和觀察設備、
保險	自主負責(醫療險、產品責任保險【註 1】、意外險、專門職業責任保險【註 2】)	公司負責

註 1：產品責任保險係指本保險單對於被保險人因被保險產品之缺陷，在保險期間內或追溯日後發生意外事故，直接導致第三人體傷、死亡或財物之損失，依法應由被保險人負損害賠償責任，而受賠償請求(AIG 2017)

註 2：專門職業責任保險(Professional Liability Insurance 或 Professional Indemnity Insurance) 係承保被保險人於執行業務時，因過失行為、錯誤或疏漏(Negligent Acts, Errors and Omissions)或執業錯失(Malpractice)致第三人遭受損害，依法應由被保險人負賠償責任，而由該第三人於保險期間內提出賠償請求，由保險人對被保險人負賠償之責。又稱為『錯誤與疏漏保險』(Errors & Omissions Insurance，簡稱為 E&O)(楊誠對)。

回顧過去各國工程、諮詢或政府單位招募之 MMO，兩種雇用皆屬常見。雖然工作型態的偏好和薪水給付方式不同，所有型態的 MMO 在工作

平台所需具備的專業知識、環安衛守則，以及與其他工程、船務人員的合作態度須一致。

10 MMO 薪資和雇主成本

根據按日案件和全職之雇用類型、工程、雇主和國家不同，MMO 的薪資給付略有不同。但就市場調查來看，依據工作性質、經驗、等級不同則平均時薪落在每小時新台幣 650~780 元 (Glassdoor 2017a)，加上執勤時數、各項出差補貼費用後，日薪約在 1.1~1.7 萬台幣(詳細請參考表 2-7)(SMRU and xodusGroup 2013)。值得注意的是，國外 MMO 主要的工作場域，多是在製造聲源的地點(如：打樁平台、拖曳地質震測儀器的工作船)，其環安衛訓練、資格要求更為嚴格。對比國內目前預計安排 MMO 於其他船隻在打樁平台一定範圍外進行監測，雇用成本可能會有些許差異。進一步參考國外報告，則同樣數量的 MMO 於外圍船隻的每日總開銷，較於聲源的地點進行監測高出約 0.5~2%(SMRU and xodusGroup 2013)。其詳細計算如下：

假設以兩天能完成一根基樁的施工進度，MMO 於打樁工程中的預算明顯較國內高，值得國內的主管單位和廠商借鏡。估算其開銷占每日工程費用的百分比如下(SMRU and xodusGroup 2013)：

- 每天兩名 MMO 於工作平台外圍之調查船上監測：3.5-5%
- 每天兩名 MMO + 一組 PAM 儀器和操作員於工作平台外圍之調查船上監測：4-5.5%
- 每天一名 MMO + 一組 PAM 儀器和操作員於工作平台監測：1-1.5%

整體而言，各國在海嘯觀察員的各項實行制度和細節雖有相異之處，但其最終的目標，是如何能最大限度地減少日益增加的海洋人為噪聲對海洋哺乳類和其他海洋生物的負面影響，確保當地的生態環境能永續發展。除了增進人員的目視觀察技巧、搭配其他如被動聲監測(PAM)系統等儀器輔助，主管機關訂定明確規章，並確保相關人員能了解並遵守準則，更是以 MMO 能成為有效減緩措施的重要關鍵之一。透過 MMO 制度的確實執行，不只能降低對鯨豚族群等潛在目標的重大衝擊，更是了解開發商和施工單位是否有遵照相關規範、承諾進行工程的保障之一。因此下段將以國外經驗，針對臺灣未來的觀察員制度進行初步的草擬大綱建議。

二、臺灣未來 MMO 的規劃要點

根據海洋哺乳動物觀察員協會(MMOA)於 2016 年公布的聲明：『制定減少人為對物種干擾之減緩計畫的關鍵議題』第二版中，建議各國在制定 MMO 與其相關之監測、減緩計畫時，應關注以下十項要點(MMOA 2017)：

- 在減緩計畫設計上
 1. 在所有施工項目開始之前，需要進行全面的環境影響評估，以提供制定減緩計畫所需的資訊。
 2. 減緩計畫應因地區、物種和聲源種類而訂定。
 3. 減緩計畫中，所包含的應對措施應以最新的科學證據和認知為基礎。在缺乏足夠資訊之下，應引入預防性原則為概念設計的計畫。
 4. 現今之被動聲學監測(PAM)仍有應用上的限制。如果將PAM用作視覺監控的替代品，則必須考量這些限制所帶來的影響。此外，亦應考慮其他替代監測方法的輔助，或停止夜間行動。

- 在人員資格和訓練制度上
 5. 只能聘請合格的，經驗豐富的專職人員(不擔任船上其他任務)擔任海洋哺乳動物觀察員(MMO)和被動聲學監測(PAM)操作員。
 6. MMO / PAM培訓證書，不應該成為評定MMO或PAM操作員唯一的合格要求，實地經驗也應列入重要的必備條件。
 7. MMO / PAM操作員的培訓單位、監管機構，客戶(聘用方)或提供 MMO / PAM操作員的雇用商，不應宣傳特定培訓單位的課程是獲得 MMO或PAM操作員資格的唯一選擇。所有通過主管單位認可單位，都具備訓練合格MMO或PAM操作員之資格。且完成專業訓練之MMO或PAM操作員，仍需進行環安衛訓練、海上實習(在資深者監督之下)、以及固定的進修和複訓。

- 在資料收集和分析上
 8. MMO的資料收集方式，應盡量符合全球標準，以利彙整成更有效力的國際資料庫。
 9. MMO於工作過程所記載之資料，須由合格的人員進行進一步收集和科學性分析。

10. 在獲得客戶許可的情況下，應鼓勵將合格MMO於工作過程所記載之資料公開。

有鑑於 MMO 制度有效實行的關鍵，仰賴主管機關訂定相關的法源、行政流程和措施，提供 MMO 在職務執行上的有力支持。初步建議如下：

三、臺灣未來「鯨豚觀測員」制度之初步建議

1 建議名稱：鯨豚觀測員(cetacean observer, CTO)

與國外觀察員監測對象可能涵蓋海鳥、海龜、鯊魚等其他海洋生物不同，臺灣目前減緩措施的目標物種僅包含鯨豚類，因此建議第一階段可使用鯨豚觀察員(cetacean observer, CTO)為代表，明確指出減緩措施所針對的物種。未來如納入其他如海龜、海鳥等生物，可另行規劃期專有名稱和制度。

此外，可進一步依不同的專業背景、經驗、工作任務，進行分級，確保主管機關可以工程的特性，分派不同等級類別的鯨豚觀測員，提升監督的效力。建議的分級和分類如下：

名稱(中文/英文)	說明/條件
鯨豚觀察員 (CTO)	負責目視觀察鯨豚動物的作業人員。依照工程單位所申請核准之執照不同，該觀察員可能必需具有下列任一種或多種身分：認證/資深觀察員。
認證鯨豚觀察員 (Trained CTO)	係稱完成我國正式認證之訓練課程，並通過考核合格，函送相關證件至主管認證機關，完成『註冊』者。
資深鯨豚觀察員 (Dedicated CTO)	於工程船隻上，資深的認證鯨豚觀察員。於輪值期間，執業鯨豚觀察員僅負責『目視觀察』，不得同時進行其他如被動聲學系統操作之工作，亦不可由具有其他任務之認證鯨豚觀察員證照之人員兼任(如：船員、行政人員等)。
資深鯨豚觀察員 (Experienced MMO)	擁有至少 X 年於海域觀察海洋哺乳動物經驗，且曾累計 X 小時依照『對鯨豚類之衝擊減緩手冊*』相關規範，於臺灣海域進行實地觀測之認證鯨豚觀察員。經『認證主管機關』審核通過。惟成為正式資深鯨豚觀察員需在 X 年內持續參與相關工作維持專業能力。
首席執業鯨豚觀察員 (Primary dedicated CTO)	指帶領 CTO 團隊，執行國外或國內主管機關所頒布的目視觀察員於離岸工程/活動之目視監測指引的合格 MMO。執行期間不得兼任其他職務(如：船員)。
輪值(Dedicated watch)	執業鯨豚觀察員依照『對鯨豚之衝擊減緩手冊*』規範，所進行的目視觀察。所有於輪值期間的事件，皆需詳載於『對鯨豚之衝擊減緩手冊記錄表*』。

註：X 代表未來可依照主管機關要求進行訂定。

*：表示國內目前未有公告之規範，此處暫取該名稱為示意。

2 「鯨豚觀測員」工作規範初步建議

- 2.1 於臺灣海域執行工作之鯨豚觀測員，皆須完成我國『認證主管機關』認證之授課單位，所開立之課程，並通過考核合格，完成『註冊』後，始可開始工作。
- 2.2 遵照『降低水下噪音對於鯨豚之衝擊減緩手冊』，執行相關規範，以降低水下噪音對海洋哺乳類所造成的衝擊。
- 2.3 繳交複數的目視觀測報告給多個相關機關和機構：例如：雇用機構、施工主管機關、環境保護主管機關、保育主管機關
- 2.4 (可考慮訂定)繳交現場錄影記錄
- 2.5 定期參與臺灣鯨豚觀測員之認證機構所開立之教育積分或執照進階課程

3 建議之鯨豚觀測員制度主管機關與內容(圖 2-5)

3.1 施工主管機關：

建議公布之相關減緩和監督措施，並規劃之制度內容應包含(但不在此限)：

- 對應之法源
 - 建議應擁有對工程單位直接停工或開罰權力，目前可援引電業法第 24 條、環境影響評估法第 22 條。

電業法第 24 條

電業籌設、擴建之許可、工作許可證、執照之核發、換發、應載事項、延展、發電設備之變更與停業、歇業、併購等事項之申請程序、應備書件及審查原則之規則，由電業管制機關定之。

環境影響評估法第 22 條：

開發單位於未經主管機關依第七條或依第十三條規定作成認可前，即逕行為第五條第一項規定之開發行為者，處新臺幣三十萬元以上一百五十萬元以下罰鍰，並由主管機關轉請目的事業主管機關，命其停止實施開發行為。必要時，主管機關得逕命其停止實施開發行為，其不遵行者，處負責人三年以下有期徒刑或拘役，得併科新臺幣三十萬元以下罰金。

- 整合部會與專家意見，規劃『對鯨豚類之衝擊減緩手冊*』並提報『保育主管機關、環境保護主管機關』[註：由於國內目前未有公告之減緩水下噪音對鯨豚衝擊的規範，此處暫取『對鯨豚類之衝擊減緩手冊*』為示意]。
 - 諮詢『保育主管機關』，確認所發放之施工許可符合『對鯨豚類之衝擊減緩手冊*』與其他降低保育類生物棲地衝擊

之規範

- 鯨豚觀測員的工作內容相關資訊(但不在此限):
 - 職權(是否有暫停施工流程)
 - 通報之行政流程和主管機關聯絡窗口
 - 應執行之相關情境和措施(如：緩啟動時間、目擊鯨豚對策)
 - 工作時數：建議依照勞基法，每日『累計輪值工時』不得超過8小時。且每有鑑於長時間工作會有疲勞，影響目視觀察工作的效率和準確率，超過8小時者，建議每4小時需輪班休息2小時
- 施工過程事件通報之行政流程和主管機關聯絡窗口
 - 根據報告審核工程單位是否違法並開罰工程單位
 - 審核和彙整 CTO 所繳交之報告

3.2 保育主管機關：

建議彙整國外水下噪音、離岸工程施工等對鯨豚族群的衝擊，以及現行的水下噪音減緩措施(如：目視監測)實行之相關研究。依此訂定和/或提供國內 CTO 認證、訓練機構和訓練課程標準。內容建議應包含(但不在此限)

- 對應之法源
 - 確保鯨豚不受騷擾者，建議可參照野生動物保護法第 18 條
 - 建議參考野生動物保育法施行細則第 23 條第四至八項，授權合格的 CTO 進行監測工作與回報，供主管單位檢核懲處。並為合格 CTO 能準確執行相關任務，提供給**環境保護機關**，以執行後續的認證流程
 - CTO 的認證標準和分級
 - 提供 CTO 合格授課單位標準

野生動物保護法第 18 條：

保育類野生動物應予保育，不得騷擾、虐待、獵捕、宰殺或為其他利用。[但該法對騷擾、虐待沒有詳細定義和解釋]

野生動物保育法施行細則第 23 條：

依本法第二十二條第二項所置野生動物保育或檢查人員，其工作項目如下：

- 四、稽查取締違反野生動物保護區保育計畫之公告管制事項之行為。
- 五、稽查取締騷擾、虐待、宰殺、買賣或以非法方式獵捕野生動物等違法事件。
- 六、執行野生動物之保育及宣導。
- 七、稽查取締其他有關破壞野生動物及其環境之行為。
- 八、其他經主管機關指定之工作。

3.3 環境保護主管機關：

建議公布監督施工過程規劃和認證現場監督之執行人員，建議應包含(但不在其限)

- 對應之法源
 - 建議應擁有對工程單位直接停工或開罰權力，目前可援引環境影響評估法第 22 條。
 - 建議認證現場監督之專業人員，可參考環境影響評估法施行細則第 3 條第七項，依照保育主管機關訂定之標準，執行認證流程。
 - CTO 的認證標準和分級
 - CTO 合格授課單位標準

環境影響評估法第 22 條：

開發單位於未經主管機關依第七條或依第十三條規定作成認可前，即逕行為第五條第一項規定之開發行為者，處新臺幣三十萬元以上一百五十萬元以下罰鍰，並由主管機關轉請目的事業主管機關，命其停止實施開發行為。必要時，主管機關得逕命其停止實施開發行為，其不遵行者，處負責人三年以下有期徒刑或拘役，得併科新臺幣三十萬元以下罰金。

環境影響評估法施行細則第 3 條第七項：

本法所定中央主管機關之權限：

七、有關全國性環境影響評估專業人員訓練及管理事項。

- 依據保育主管機關公布之標準，執行授課單位和 CTO 的認證流程
 - 訂定並審核授課單位之課程設計(配合手冊規範內容)
 - 核可並於網路上公布授課單位之認證(需參與該單位第一次課程開辦之成果，進行評分)
 - 依據授課單位提供之課程、學習成果等客觀證據，審核符合手冊標準後，發放授課單位之有效認證期限
 - 每 X 年審核並抽樣參與認證授課單位之課程，進行評分
 - 撤銷不合格之授課單位認證
 - 與授課單位保持聯繫，並提供任何在指導手冊上的變動，協助課程更新
- MMO 個人執照管理(發/廢執照)
 - 登錄『完成課程並通過考核合格』之 CTO
 - 審核違規之 CTO，依據違法事件提出警告或撤照
 - 登錄 CTO 每年之工作時數與教育積分
 - 登錄 CTO 之執照類別：認證、進階、資深
 - 根據申請者提供之報告，核定和登錄非本國之認證 CTO 對

等之教育、工作經歷與時數。

- 通報之行政流程和主管機關聯絡窗口
 - 審核 CTO 所繳交之報告
 - 根據報告審核工程單位是否違法，直接開罰工程單位或轉交目的事業主管機關

3.4 授課單位：

- 確認該單位的課程與行為符合『保育主管機關和/或環境保護主管機關』之認定標準
 - 接受主管機關監督(可能因違規事項遭警告、開罰、撤照)並於網路上公布相對應之證照證明
 - 每X年重新取得認證資格
 - 遭違規撤照者，X年內不得再申請
 - 提供認證執照、符合教育積分之進階執照課程

3.5 其他可能參與鯨豚觀測員執行之機關和民間機構：

- 雇用機構、公會應主動接受相關之主管單位的審核和認證

4 鯨豚觀測員課程內容規範

- 4.1 授課單位需依照各相關主管機關頒布的最新版本，降低水下噪音對於鯨豚類之相關衝擊減緩措施或規範，來設計課程。
- 4.2 課程主要目標為讓所有參與之受訓學員能了解該手冊相關規範之理由和要求，以確認學員在完成課程時，能清楚並完整履行鯨豚觀測員的職責
- 4.3 授課者/單位資格的條件考量：鯨豚生態專業、施工的工法&流程、海上安全措施、與政府相關單位之溝通能力。
- 4.4 課程設計須包含：
 - 確認學員身分(確實到場，不可遲到早退或代簽)
 - 解釋「鯨豚觀測員」的職責和角色
 - 確認課程有保留足夠的時間供學員和講師進行討論
 - 該工程類型的工法簡介
 - 確保學員了解最新的法規和職責
 - A. 確實了解『降低水下噪音對於鯨豚類之衝擊減緩手冊』中所有的規範
 - B. 於工程前中後期參加動員會議(mobilization meetings)時，確實了解監測工作和各式表單填寫
 - C. 表單上呈之行政流程

- 可能水下噪音衝擊以及現行的減噪措施
 - A. 人為噪音對於海洋生物之衝擊影響
 - B. 減噪措施：緩啟動(Soft start)、距離、方法等
- 臺灣各海域常見之鯨豚種類的
 - A. 種類特徵辨識
 - B. 各種類之地理和季節分佈範圍(熱區分佈)
 - C. 各種類之行為辨認與對應之意義
- 相關安全訓練
 - A. 依照觀察員所使用之工作平台(如：漁船或工作船)，進行相關的安全訓練規劃和受訓

四、 結論

本報告彙整國外觀察員制度，結果顯示有完整制度的國家在訓練單位和受訓人員的資格要求上，以及對執行之工作內容，皆有特定法源與對應的管理機關及通報系統。海嘯觀測員(MMO)或鯨豚觀察員(CTO)可提供減輕海洋噪音對鯨豚傷害的即時監測，至為重要，如何提升相關制度和人員品質的要求，將是即時監測方式能否有效施行的關鍵。本報告為臺灣未來的觀察員制度架構，提供訓練標準和架構的建議。期盼相關的單位能在西海岸啟動離岸風場施工之前，訂定必要的規範和標準，以利提升監督施工過程相關減緩措施的實行成效。

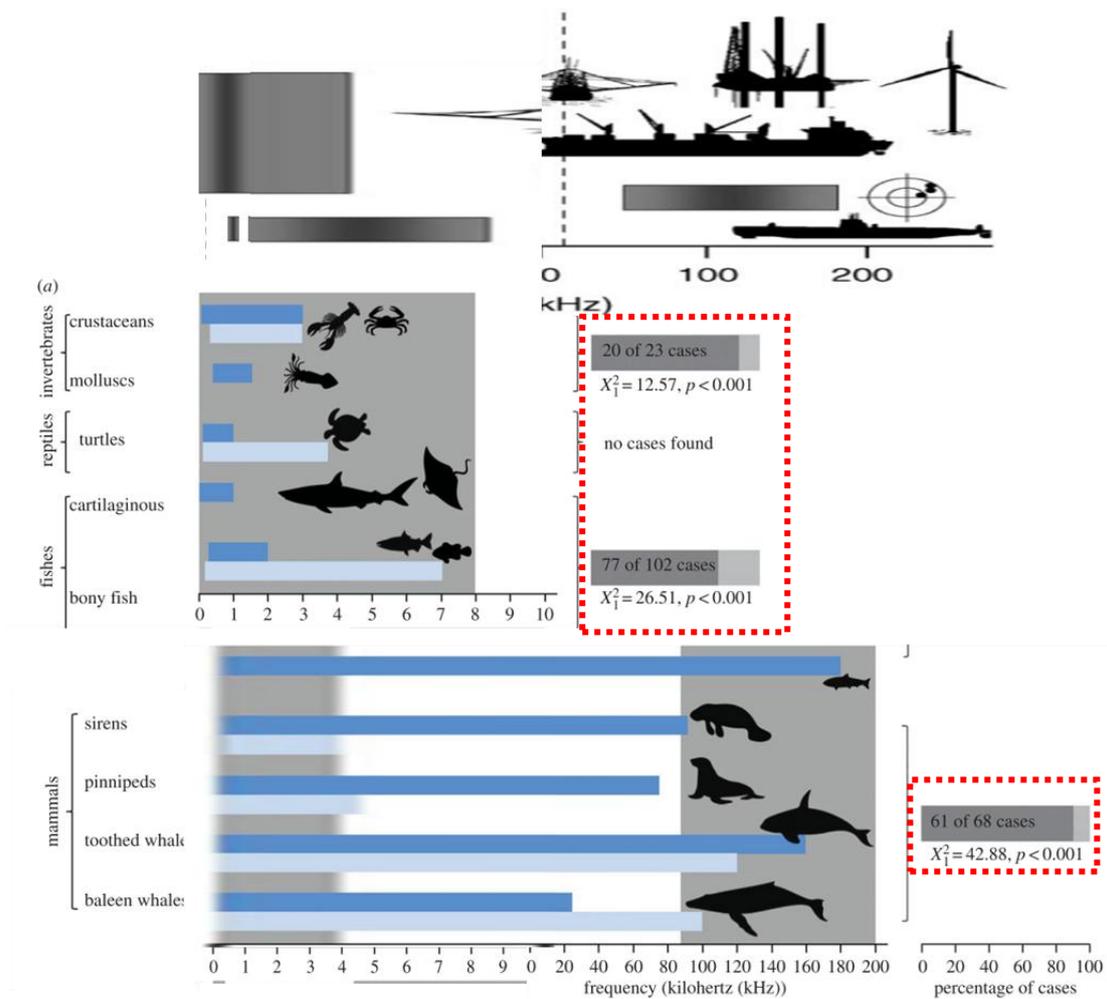


圖 2- 1 人為噪音頻率與各種海洋生物聲學研究的比較圖(翻譯自 Kunc 等人於 2016 年發表的期刊(Kunc et al. 2016)。可能受到人為噪音(包含船隻、震測、離岸工程和風場、潛艇聲納等)影響的不同海洋生物分類群，其聽覺和信號產生範圍。此製圖使用文獻中報告的最小值和最大值(聽覺範圍：深藍色條，信號產生範圍：淺藍色)。但因魚類在聽力和發聲機制上有著巨大的差異，僅選用部分例子來說明他們的聽覺和感知的多樣性。噪音範圍(以灰色顯示)表示大部分聲源具有大部分能量。紅色虛線框則表示，各分類群之間的噪音污染的影響。大多數發表的研究發現與噪音的關係。深灰色條表示，噪音有明顯衝擊的案例數量，淺灰色條塊表示沒有發現的情況。

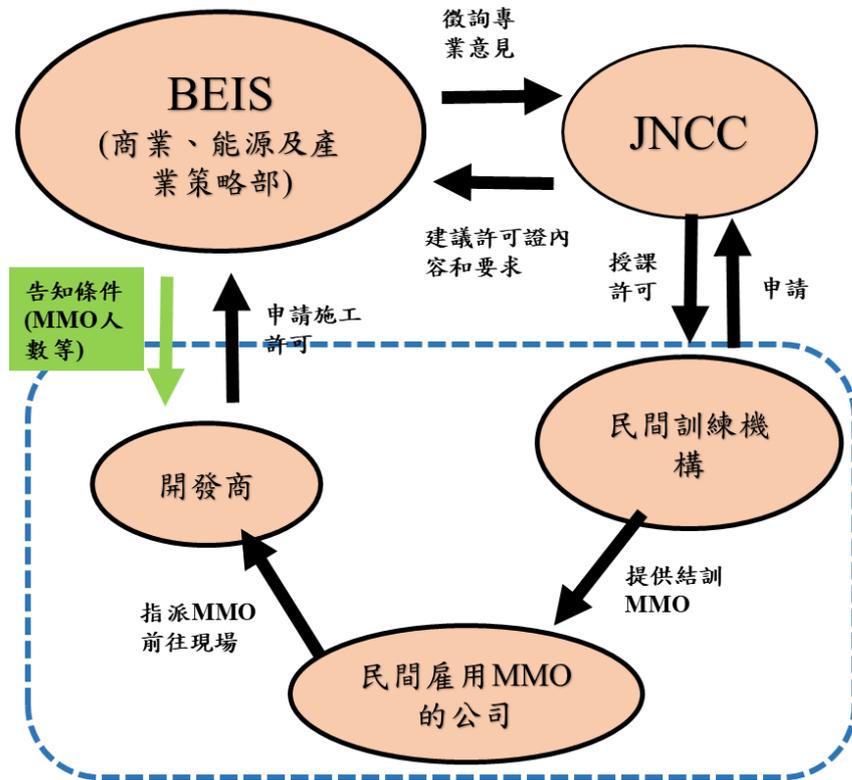


圖 2-2 英國 MMO 制度架構概述圖。

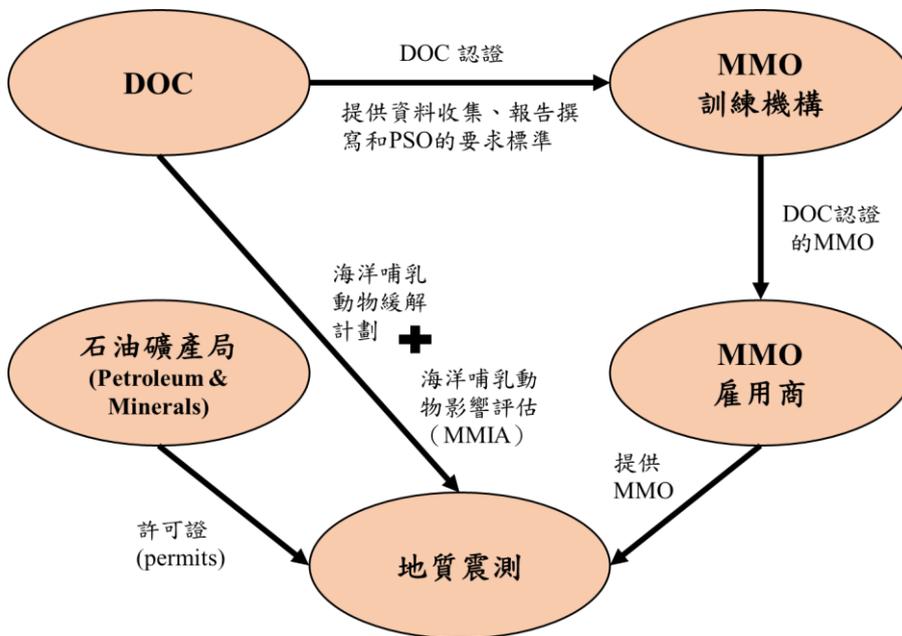


圖 2-3 紐西蘭 MMO 制度架構概述圖。

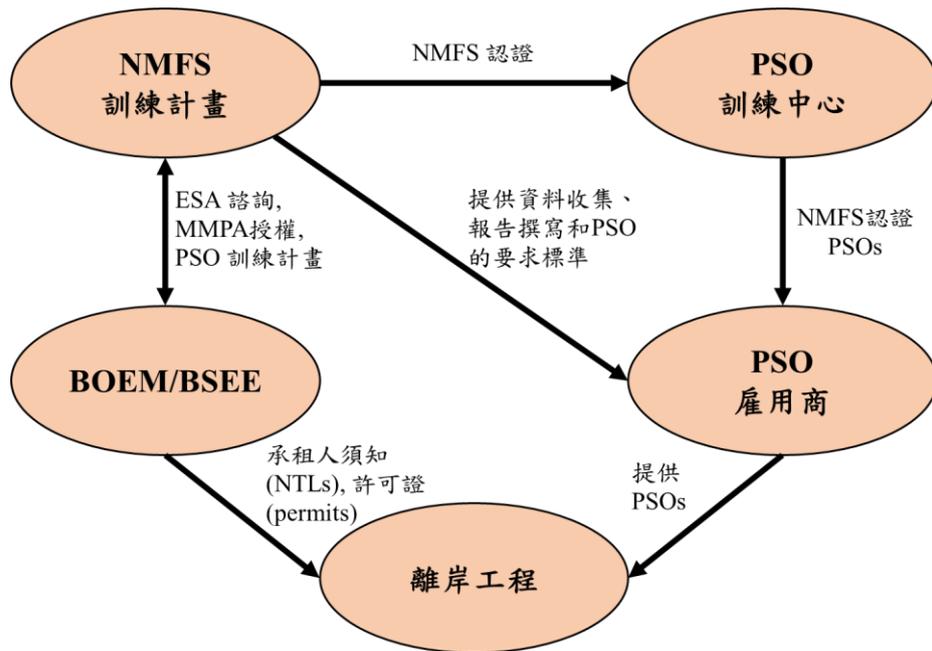


圖 2-4 美國 MMO 制度架構概述圖(規劃中)。

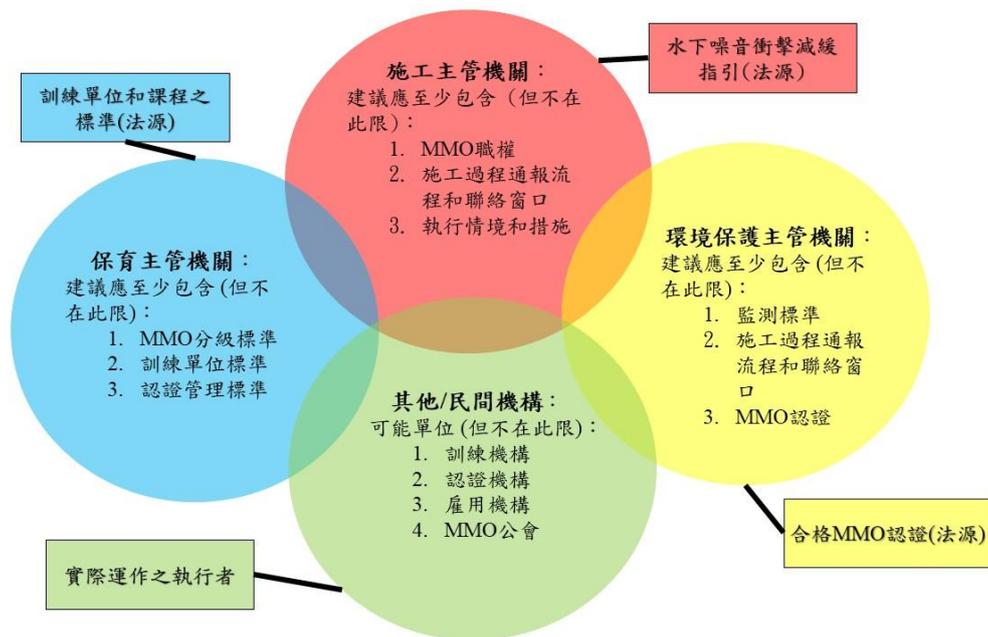


圖 2-5 「鯨豚觀測員」制度執行過程，可能參與之各機關和機構、單位之概述圖。

表 2-1 各國須進行監測或審核的海域工程，其項目、工作內容、噪音範圍、可能衝擊物種，和是否採用 MMO 或 PAM operator。說明：Y 代表必須使用 MMO。『UN』表示該國海域禁止該項工程或沒有資料。PSO：保育物種觀察員(protected species observer)，海嘯與海鳥觀察員(marine mammal and seabird observer)。*：海洋地質和地理調查禁止使用爆破式聲源；其他於紐西蘭海域執行爆破之相關活動，則需事先申請，DOC 則配合審核單位給予建議(DOC 2013)。

國家	項目 內容	地形和地質勘測	爆破活動	打樁	觀察員 監測物 種
		繪製海底地形 圖、尋找石油和 天然氣	軍事演習、石油 平台和相關結構 的除役	如風電場建設， 潮汐渦輪機和新 碼頭等	
比利時 ¹	MMO	UN	UN	須個別審查	海嘯類
格陵蘭 ²	MMSO	Y	UN	UN	海嘯 類、海 鳥
英國 ³	MMO	Y	Y	Y	海嘯 類、其 他被法 令保護 物種
紐西蘭 ⁴	MMO	Y	特別申請，可能 被禁止*	Y	海嘯類
美國 ⁵	PSO	Y	Y	Y	海嘯 類、海 龜、其 他被法 令保護 物種

1：SMRU and xodusGroup 2013

2：Johansen et al. 2012

3：JNCC 2017b

4：DOC 2013

5：BSEE 2017

表 2-2 各國目視觀察員條件和資格彙整比較表。TMMO (trained MMO)、DMMO(dedicated MMO)、EMMO (experienced MMO)、QMMO (qualified MMO)。
*美國是由 NMFS 個案審查 PSO 的資格。

類別	英國	美國	紐西蘭
先期篩選	學術：有海洋、生態或其他自然學科背景者為佳 訓練：完成主管機關認可之訓練課程 其他：醫療證明和安全訓練		
名稱	MMO	PSO	MMO
訓練系統	有課程且有官方認證	沒有全國性官方認證課程	有課程且有官方認證
公布認證課程標準	Joint Nature Conservation Committee (JNCC) 聯合自然保育委員會	Bureau of Ocean Energy Management (BOEM) 美國海洋能源管理局和 National Marine Fisheries Service (NMFS) 國家海洋漁業局*	Department of conservation (DOC) 紐西蘭環境保護局
MMO 的類別和等級	1. TMMO : 完成課程 2. DMMO : 合格之 TMMO，專職觀測，不可兼做船務 3. EMMO : =<20w 在英國海域執行 JNCC 認證之工作(過去 5 年最好，最多追溯 10 年)	1. TMMO : 完成課程訓練 2. QMMO : 完訓且有 12 周以上的震測監測經驗(需在其他 QMMO 的監督下完成)	1. TMMO : 完成課程訓練 2. QMMO : 完訓且有 12 周以上的震測監測經驗(需在其他 QMMO 的監督下完成)
應用工程	1. 地理和地質震測 2. 打樁工程 3. 爆破工程	1. 地理和地質震測 2. 依地區個案審核	地理和地質震測(Level 1 + 2 + Borehole)
於工程中的必要性	必要，MMO 人數和要求依各申請證照不同	必要，PSO 人數和要求依各申請證照不同	必要(最嚴格) MMO 必要兩位，最少要一位(可接受 1*TMMO + 1*QMMO 的組合，個案審核)

表 2-2(續) 各國目視觀察員條件和資格彙整比較表。

	英國	美國	紐西蘭
名稱	MMO	PSO	MMO
MMO 法源/ 指引	JNCC guidelines and Project specific MMMP	1. Endangered Species Act (16 U.S.C. §§ 1531 et seq.) 2. Marine Mammal Protection Act (16 U.S.C. §§ 1361 et seq.) 3. Outer Continental Shelf Land Act (43 U.S.C. §§ 1331 et seq.)	2013 Code of Conduct for Minimising Acoustic Disturbance to Marine Mammals from Seismic Survey Operations (the Code)
法源 時間	2010~(2017 更新中)	1. 1973~/ 2. 1972~/ 3. 1953~	2013/11/29~
違規 通報 單位	1. (UK) BEIS (Department for Business, Energy and Industrial Strategy) 2. (UK) MMO (Marine Management Organisation) 3. (Scotland) Marine Scotland 4. (Wales) NRW (Natural Resources Wales) 5. (UK) DAERA (Department of Agriculture, Environment and Rural Affairs) 6. (UK) PINS (Planning Inspectorate)	1. BOEM(Bureau of Ocean Energy Management)美國海洋能 源管理局 2. BSEE(Bureau of Safety and Environmental Enforcement)安全和環境 執法局	Director-General of Conservation

表 2- 3 各國對人員登上離岸工程平台之醫學檢查要求，翻譯自參考文獻(Todd et al. 2015)，第 69 頁表格。*：雖然 MMO 和 PAM 操作員不是嚴格定義上的海事人員，但部分公司仍會要求至少要提供國際通用的 ENG1 體檢證明。

名稱	採用國家	其他認可地區
ENG1	國際性，由英國海事及海岸救援局認可之英國或國外醫療機構執行	國際性
NMD	挪威	英國和荷蘭
NOGEPa	荷蘭	英國和挪威
OGUK	英國	荷蘭和挪威
OLF	挪威	英國和荷蘭
體檢證明(certificate of medical fitness)	澳洲	澳洲
海事人員的體檢(medical fitness for seafarers)*	紐西蘭	紐西蘭

表 2-4 美國 PSO 之各項授課大綱比較表。註：*的資料來源為 Carolyn Barton 公告之墨西哥灣 PSO 訓練課程大綱

(http://www.carolynbarton.co.uk/html/pso_training.html)。

Backer 等人建議方向	BOEM 公告	現行之 PSO 提供商*
PSO 內容、職權、要求		
求職面試，職責和權限。	法律要求(為什麼需要觀察員和他們做什麼)	法令：a) 海洋哺乳動物保護法及其與震測工作的關係、b) 瀕危物種法案，包括列出的物種，以及這如何與地震採集相關、c) 國家環境政策法案
在海上的生活狀況簡介	分配的職責：1)可以向觀察者詢問什麼；2)什麼不能問觀察員	受保護物種觀察員的角色： a) 保護物種觀察員的法律要求及其職能、b) 指派的職責，包括能夠和不能向觀察員提出的問題、c) 監測海洋哺乳動物存在、d) 就遵守緩解措施提供意見、e) 監測是否遵守緩解措施，包括完整性、e) 預調查和動員會議、f)
離岸生存和安全培訓課程。	專業行為(行為準則)	相關人員(與受保護物種觀察員的互動)：a) 受保護物種觀察員的權力要求停工的報告，包括報告侵權行為和脅迫、b) 可能遇到的情況以及如何處理這些情況
道德，利益衝突和行為標準。	保護物種觀測員計畫概述	
向 NMFS，BOEM 和/或 BSEE 報告違規行為，違規行為和強制行為。	受保護物種觀察員的權力(有權要求關閉震測作業)	對 PSOs 的培訓後支持，其中可能包括：如何回答工程中可能出現的任何問題、審查報告

表 2-4(續)美國 PSO 之各項授課大綱比較表。註：*的資料來源為 Carolyn Barton 公告之墨西哥灣 PSO 訓練課程大綱 (http://www.carolynbarton.co.uk/html/pso_training.html)。

Backer 等人建議方向	BOEM 公告	現行之 PSO 提供商*
現場監測規範和標準作業		
與地理和地質震測調查有關的減緩，監測措施和報告要求。	簡要介紹 MMPA 和 ESA，因為它們涉及到震測工作與墨西哥灣的海洋哺乳動物和海龜保護措施	規範適用的地區、名詞定義(禁區，鯨魚，海豚)、關閉噪音源的時機(停止和重新啟動的要求、條件)、視覺觀察(人員的要求，關於監測長度的條件等)、報告繳交的相關流程(項目，時間，對象)、被動聲學監測的使用時機(能見度降低時)等項目
現場溝通/支持，與適當人員溝通和支持，以及使用通訊設備(即雙向無線電，衛星電話，互聯網，電子郵件，傳真)。	墨西哥灣地質震測作業簡要介紹和減緩措施概述	
數據記錄和協議、數據機密性，包括標準格式和報告，確定受保護物種和容器的範圍，距離，方向和方位;記錄 GPS 位置坐標，天氣狀況，博福特風力和海況等	舉報違規和脅迫行為 數據收集和報告要求 a)每月 1 日和 15 日通過電子郵件向 BSEE 報告 b)如有鯨豚進入禁止區，其對應之停工報告在 24 小時內繳交	數據收集和報告要求：記錄表(JNCC 表格或其他合適的替代方法)、演示記錄表格的使用、練習記錄表格的例子、其他報告(例行報告和停工報告)
監測物種與基礎海洋生態和聲學資訊		
受保護的物種生物學和行為。	辨識墨西哥灣海洋哺乳動物和海龜(尤其是鯨魚)	海洋哺乳動物介紹：a) 分類 b) 生物功能包括感官和發聲 c) 影響海洋哺乳動物噪音問題等
保護物種的辨識	尋找海洋哺乳動物(特別是鯨魚)和海龜的跡象和搜索方法	聲學：海洋中人造噪音的來源、測量聲音、聲音傳播、聲波干擾對海洋哺乳動物的潛在影響、海洋哺乳動物損傷的聲學閾值
地理和地質震測類型和聲源技術和設備		震測簡介：原理 - 地震測量的基本理論和目的 操作程序和設備的實際使用介紹：測點類型，2D，3D，4D，4C，OBC，VSP，多方位，寬方位，多方位

表 2-4(續) 美國 PSO 之各項授課大綱比較表。註：*的資料來源為 Carolyn Barton 公告之墨西哥灣 PSO 訓練課程大綱 (http://www.carolynbarton.co.uk/html/pso_training.html)。

Backer 等人建議方向	BOEM 公告	現行之 PSO 提供商*
監測物種與基礎海洋生態和聲學資訊		
水下聲音的背景知識		海洋哺乳動物和海龜的線索和搜索方法：選擇觀察位置、如何保持需要視覺觀察的意識、掃描、視覺線索、天氣的影響、與船員溝通、導航屏幕的判讀、可視範圍估計(測距儀、望遠鏡)
北極海域，墨西哥灣等地的石油和天然氣活動概況(包括地理和地質震測的應用活動，理論和原則)		
使用被動聲學監測(PAM)檢測海洋哺乳動物的出現和叫聲		被動聲學監測(PAM)：優點和缺點、系統的類(拖曳陣列和靜態浮標)、聲學範圍估計、軟體(Pamguard)、解讀數據等
熟練使用軟件工具(MultiSeis MMO, PAMGUARD, WinCruz, Ishmael, MS Excel 和 Access 等)。		海洋哺乳動物和海龜的鑑定：識別指南、用於鑑別鯨目動物的特徵用於識別海龜的特徵證明可能遇到的物種的識別特徵
視覺測量方式，距離計算，線索和搜索方法，用於定位和追蹤不同類型的物種。		

表 2-5 英國、美國和紐西蘭目視觀察員工作條件彙整。

	英國	美國	紐西蘭
停工權利	無法律權利，僅溝通和勸導	有	有，QMMO
最長工作期限	不超過 12 小時	每四小時輪值	不超過 12 小時
報告繳交單位	<ol style="list-style-type: none"> JNCC 該區所屬的保育機關 (WDC) 	<ol style="list-style-type: none"> BOEM BSEE 	Director-General of Conservation
現場報告規定	<ol style="list-style-type: none"> 現場任何變動需註記在報告內容 完工後盡速繳交 	<ol style="list-style-type: none"> 目標物種出現在警戒區內需在 24 小時內提交報告給 BSEE 	<ol style="list-style-type: none"> 現場報告： MMO=>Director-General 鯨豚異常出現或違規事件：MMO=>Director-General of Conservation
繳交期限	<ol style="list-style-type: none"> 總結報告：完工後 30 天 原始資料：施工後立刻繳交 違規/變更通報：48 小時內 	<ol style="list-style-type: none"> 總結報告：每個月的 1 和 15 號 原始資料：施工後盡速繳交 異常通報：24 小時內 	<ol style="list-style-type: none"> 總結報告完工後 60 天內 原始資料施工後 14 天內 違規/變更通報立即 (24 小時內)

表 2- 6 其他海嘯觀察員(MMO)建議或必備之其他訓練與證照(Todd et al. 2015)。

課程	證照適用區域	授證組織	類別	摘要內容
HUET	全世界	海上石油工業培訓機構(offshore petroleum industry training organization , OPITO)	直升機水下應急訓練	<p>主要是在直升機機身模擬器中學習實際碰撞和水下逃生。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 直升機緊急程序(一般) 2. 緊急呼吸系統 (emergency breathing system , EBS) 3. 如何逃脫
BOSIET	全世界 *某些地點需要配合其他課程(如：挪威)	OPITO	基本的離岸安全引導和應急培訓。	<ol style="list-style-type: none"> 1.每 4 年更新一次 2.到期前續約：FOET(further offshore emergency)(進階離岸緊急事件訓練) 3.到期後覆訓：重新複習整個課程 4.教學大綱：消防和消防、介紹急救、海上生存、HUET
FOET		OPITO	進階海上應急培訓	<ol style="list-style-type: none"> 1. BOSIET 更新課程(簡易版課程) 2. 必須在現有證書到期之前進行
逃生滑槽訓練	BOSIET 在挪威水域工作的額外訓練要求	OPITO	逃生訓練(Escape chute)	針對低溫水域(如：挪威水域、<15 度 C)的求生訓練的課程
MIST	在 BOSIET 以外的其他海上生存證書的 UL 工作可能有額外的要求	OPITO	最低行業安全培訓	<ol style="list-style-type: none"> 1. 與離岸環境相關的風險和危害，以及與工作相關的任務。包含：手動處理(Manual handling)、夜間工作注意事項、機械升降設備(Mechanical lifting)、控制危害健康物質(Control of Substances Hazardous to Health , COSHH) 2. 基於 BOSIET 訓練課程期間的資訊 3, 九個訓練模塊(包含實踐和理論課(兩天))

表 2-6(續)其他海嘯觀察員(MMO)建議或必備之其他訓練與證照(續) (Todd et al. 2015)。

課程	證照適用區域	授證組織	類別	摘要內容
海灣工程安全培訓 (Safe Gulf safety training)	墨西哥灣 (Gulf of Mexico)	所有於墨西哥灣工作的 PSO 必備證照	健康與安全執行 (Health and Safety Executive, HSE)	教學大綱 1. 事故和傷害預防 2. 個人防護設備(Personal Protective Equipment, PPE) 3. 滅火器使用 4. 危險事件的溝通和通報 5. 工作安全和環境分析 6. 藥物和酒精影響說明 7. 行為安全準則和預防暴力
TBOSIET	BOSIET 在熱帶水域地訓練	OPITO	熱帶地區基礎海上安全引導和應急培訓	針對熱帶水域(水溫>15 度 C)的求生訓練的課程

表 2-7 國外離岸風機打樁工程於 MMO 使用之每日開銷估算表。

項目	估計支出低標 (台幣/天)	美國 PSO (台幣/天)	估計支出高標 (台幣/天)
基樁安裝船隻	285 萬	--	760 萬
MMO/PAM 監測船隻	11.4 萬	--	24.7 萬
MMO/人 估計間接成本	1.14 萬	1.04 萬 25%	1.71 萬
MMO 訓練課程/人	數千~兩萬多台幣不等 (課程分類廣泛：一日~三日皆有)		

五、 參考文獻

- American International Group (AIG) (民 106). 產品責任保險介紹。取自 December, 2017 from <http://www.aig.com.tw/business/products/liability-insurance/product-liability-insurance>
- Australian marine institute (AMI) (2017). Basic Offshore Safety Induction and Emergency Training (BOSIET). Retrieved December, 2017 from <http://www.ami.edu.au/tag/bosiet/>
- Baker, K., D. Epperson, G. Gitschlag, H. Goldstein, J. Lewandowski, K. Skrupky, B. Smith, and T. Turk. 2013. National Standards for a Protected Species Observer and Data Management Program: A Model Using Geological and Geophysical Surveys. U.S. Department of Commerce. NOAA Technical Memorandum. NMFS-OPR-49. 73 p.
- Bureau of Ocean Energy Management (BOEM) (2016). Notice to lessees and operators (NTL) of federal oil, gas and sulfur lease in the OCS, Gulf of Mexico OCS region. Retrieved May, 2017 from <https://www.boem.gov/BOEM-NTL-2016-G02/>
- Bureau of safety and environmental enforcement (BSEE) (2017). Protected Species Program. Retrieved November, 2017 from <https://www.bsee.gov/what-we-do/environmental-focuses/protected-species-program>
- Carolyn Barton (2017). Gulf of Mexico PSO course. Retrieved December, 2017 from http://www.carolynbarton.co.uk/html/pso_training.html
- Dahl, P. H., Miller, J. H., Cato, D. H., & Andrew, R. K. (2007). Underwater ambient noise. *Acoustics Today*, 3(1), 23-33.
- Department of conservation (DOC) (2012). Observer Training Courses – Model Curriculum. Retrieved September, 2017 from <http://www.doc.govt.nz/Documents/conservation/marine-and-coastal/observer-training-curriculum.pdf>
- Department of conservation (DOC) (2013). 2013 Code of conduct for minimizing acoustic disturbance to marine mammals from seismic survey operations. Retrieved May, 2017 from <http://www.doc.govt.nz/Documents/conservation/native-animals/marine-mammals/seismic-survey-code-of-conduct.pdf>
- Department of conservation (DOC) (2017). Observer standards and training. Retrieved May, 2017 from <http://www.doc.govt.nz/our-work/seismic-surveys-code-of-conduct/observer-standards-and-training/>
- Environmental protection authority (New Zealand EPA) (2017). Marine seismic surveying. Retrieved December, 2017 from <https://www.epa.govt.nz/industry->

areas/eez-marine-activities/ongoing-activity-or-activity-about-to-commence-in-the-eez/marine-seismic-surveying/

- Glassdoor (2017a). Ocean Group Biological Scientist (Marine Mammal Observer) Salaries. Retrieved December, 2017 from https://www.glassdoor.com/Hourly-Pay/Ocean-Group-Biological-Scientist-Marine-Mammal-Observer-Hourly-Pay-E276487_DAO.htm?filter.jobTitleExact=Biological+Scientist+%28Marine+Mammal+Observer%29
- Glassdoor (2017b). Biological Scientist (Marine Mammal Observer) Salaries in California. Retrieved December, 2017 from https://www.glassdoor.com/Salaries/california-biological-scientist-marine-mammal-observer-salary-SRCH_IL.0,10_IS2280_KO11,54.htm
- Johansen, K.L., Boertmann, D., Mosbech, A. & Hansen, T.B. (2012). Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 74 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 38.
- Joint Nature Conservation Committee (JNCC) (2010a). Statutory nature conservation agency protocol for minimising the risk of injury to marine mammals from piling noise. Retrieved May, 2017 from http://jncc.defra.gov.uk/pdf/jncc_guidelines_piling%20protocol_august%202010.pdf
- Joint Nature Conservation Committee (JNCC) (2010b). JNCC guidelines for minimising the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys Retrieved May, 2017 from https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/50005/jncc-seismic-guide.pdf
- Joint Nature Conservation Committee (JNCC) (2011). General information on Marine Mammal Observer (MMO) courses. Retrieved May, 2017 from http://jncc.defra.gov.uk/pdf/Information%20on%20MMO%20courses%20for%20website_Final_Oct2014.pdf
- Joint Nature Conservation Committee (JNCC) (2017a). Marine Mammal Observer (MMO) Courses. Retrieved May, 2017 from <http://jncc.defra.gov.uk/page-4703>
- Joint Nature Conservation Committee (JNCC) (2017b). European marine protected species. Retrieved November, 2017 from <http://jncc.defra.gov.uk/page-5473>
- Kunc, H. P., McLaughlin, K. E., & Schmidt, R. (2016). Aquatic noise pollution: implications for individuals, populations, and ecosystems. In Proc. R. Soc. B (Vol. 283, No. 1836, p. 20160839). The Royal Society.

- Marine mammal observer association (MMOA) (2013). What is a marine mammal observer (MMO) and passive acoustic monitoring (PAM) operator? Retrieved September, 2017 from <https://www.mmo-association.org/about-mmos>
- Marine mammal observer association (MMOA) (2017). Position Statements: setting minimum standards. Retrieved December, 2017 from <https://www.mmo-association.org/mmoa-activities/position-statements>
- Marine protected species consulting (MPSC) (2017). Upcoming Courses & Events. Retrieved August, 2017 from <http://www.protectedspeciesobservers.com/PSOCert.html>
- National Marine Fisheries Service (NMFS) (2014). National minimum eligibility standards for marine fisheries observers. Retrieved December, 2017 from <http://www.nmfs.noaa.gov/op/pds/documents/04/109/04-109-01.pdf>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2017). National observer program (NOP). Retrieved December, 2017 from <https://www.st.nmfs.noaa.gov/observer-home/index>
- Sea mammal research unit (SMRU) & xodusGroup (2013). ORJIP Project 4, Phase 1: Use of Deterrent Devices and Improvements to Standard Mitigation during Piling Offshore Renewables Joint Industry Programme (ORJIP). Retrieved May, 2017 from <https://www.carbontrust.com/media/394474/orjip-acoustic-deterrent-devices-phase-1-report-xodus.pdf>
- Todd, V., Todd, I., Gardiner, J., & Morrin, E. (2015). Marine mammal observer and passive acoustic monitoring handbook. Pelagic Publishing Ltd.
- 壹讀(來源：信息與電子前沿)(民 105). 總結：國際 10 種工程總承包與工程項目管理方式。取自 <https://read01.com/REg5Ge.html>
- 楊誠對。專業責任保險。取自 https://www.google.com.tw/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiyooqkyMrYAhVKI5QKHWITCGEQFghLMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.nlus.org.tw%2Fdown_class_book_con.php%3Fid%3D53&usg=AOvVaw0qTu2HSdTQ9wo7lQepufE8

六、 附件

附件 1. MMO 研習報告：英國 Gardline 公司訓練課程

本計畫於 2017 年 3 月 27-30 日，派員前往英國 Gardline 公司開設之海嘯觀察員訓練工作坊，學習現今之英國 MMO 制度。在四天三夜的課程中，除第一天為室內課程，其餘皆搭乘船隻在海上實習和應用。本課程的授課單位、課程內容如下：

1. Gardline 公司簡介：

Gardline 成立於 1969 年，是 Royal Boskalis Westminster N.V.的全資子公司，其總部位於英國大雅茅斯(Great Yarmouth)，在歐洲，北美和南美，中東和非洲都設有主要辦事處。業務涵蓋各項海洋環境調查，包括：地球物理，水文，岩土，地球化學，環境和海洋調查。其客層遍及風能，石油和天然氣的運營商，EPIC 承包商(註)，政府和公共機構，環境諮詢公司和電信公司。

註：EPIC 的全名為設計、採購、安裝、施工承包(Engineering、Procurement、Installation、Construction)，是承包商承包和管理工程方式的一種。EPIC 方式在離岸平台開發項目來說，因其安裝複雜、工作量大，所以開發商往往將其流程從整體施工項目中分離出來。它的承包內容和合約結構與 EPC (Engineering、Procurement、Construction，設計採購施工總承包)相似，指承包商負責工程項目的設計、採購、施工安裝全過程的總承包，並負責試運行服務(由業主進行試運行)(壹讀 2016)。



左圖為 Gardline 公司位於英國大雅茅斯(Great Yarmouth)的總部，亦是本次課程室內專業知識教授的場域。

下圖為 Gardline 公司之 MMO 訓練課程簡介



Pro-MMO
Pro-MMO Training Course
March 2017



COURSE OVERVIEW

The course will consist of lectures, practical observation time and practical identification, continuous assessment through form filling, role-playing and a final exam. Upon successful completion of the continuous assessment and final examination trainees will be awarded JNCC accredited MMO status.

All elements of the course are taught by highly experienced MMO and Senior Marine Mammal Scientist who are also on hand throughout the course to answer questions.

The course will be run over four days of which day one will be entirely classroom based while days two-three-four will be vessel based.

The list of modules:

1. Basic Acoustics and its Effects on Marine Mammals, Marine Turtles and Basking Sharks
2. Offshore Industries
3. Introduction to Marine Mammals, Marine Turtles and Basking Sharks
4. JNCC 2010 Guidelines for Seismic Surveys
5. The Statutory 2010 Protocols for Piling Noise Mitigation
6. The JNCC 2010 Guidelines for use of Explosives
7. MMO Role & Requirements

The list of seminars:

1. Identification of Marine Mammals, Marine Turtles and Basking Sharks
2. Forms and Observation Techniques
3. Personal Responsibilities & Vessel Etiquette
4. PAMS

DATES AND PLACE

27th – 30th March 2017.

Classroom: 27th March 2017 (Gardline offices, Great Yarmouth)
Field based: 28th -30th March 2017 (Pont Aven, Bay of Biscay)

CLASSROOM

09:00 – 17:00, Monday 27th March 2017.

The taught part of the course will take place in Gardline offices in Great Yarmouth (old Positioning office). The course attendees are to report to Reception (Endeavour House, Admiralty Road, Great Yarmouth, Norfolk, NR30 3NG) where they will be welcomed by our staff. A buffet lunch¹ will be provided for all candidates.

FIELD BASED TRAINING

The field part of the course will be held on the ferry crossing the Bay of Biscay on the route **Portsmouth (UK) - Santander (Spain) - Plymouth (UK)**.

Departing Portsmouth on Tuesday 28th March 2017 at 17:15
Arriving in Plymouth on Thursday 30th March 2017 at 16:15

All attendees will travel together from Great Yarmouth to Portsmouth on Tuesday morning. Travel will be arranged by Gardline.



COURSE FEE

£650

ACCOUNT DETAILS²

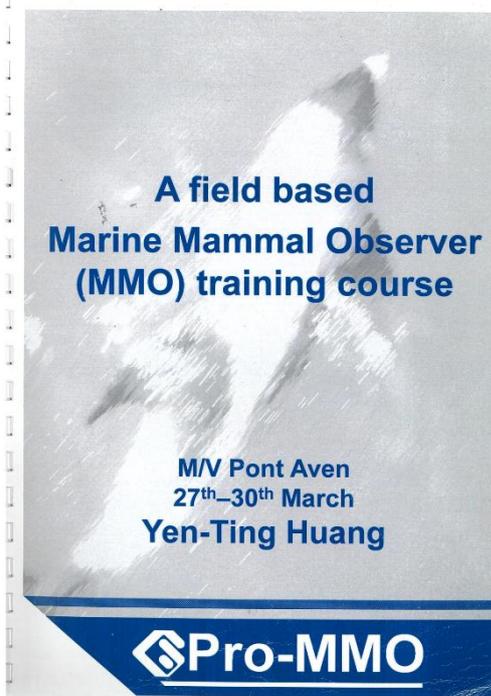
Please pay the full course fee by 24th March 2017 using bank transfer. Please use 'Pro-MMO_ your name' as a reference. Please email payment confirmation to maja.nimak@gardline.com. The receipt will be issued and given to you on the course.

¹ If you have any dietary requirements, please do let us know in advance
² Relevant only to external candidates.

2. 室內課程大綱：

室內課程所教授之各項規範。並於最後一天進行紙筆測驗，合格者將具有合格認證之 MMO 資格。然如要於英國海域工作，仍需進一步於實際離岸工程(地質震測調查、爆破和打樁等)實習。歸納本次蒐集之課綱如下(下右圖為本次程講義之封面)：

- 2.1. 基礎聲學及其對海洋哺乳動物，海龜和姥鯊(basking shark)的影響
- 2.2. 離岸工業(Offshore Industries)的發展
 - 包含簡述英國離岸工程的發展和法律制定
- 2.3. 監測物種簡介：海洋哺乳動物，海龜和姥鯊
- 2.4. JNCC 公告之水下噪音減緩指引講解：
 - 2017_地質震測調查
 - 2010_打樁噪音衝擊
 - 2010_爆裂物使用
- 2.5. MMO 角色與工作標準和要求



3. 海上實習：(兩天一夜)(至少 3 輪次的模擬)

為期三天兩夜的海上實習課程，於每天上午和午餐後都會有約 1~1.5 小時的小組討論課，補充講解室內課程的資料補充，與小組即時交流。結束後前往寬廣的上層甲板，進行海上目視訓練和情境模擬考核。其訓練架構如下：

3.1. 小組討論會：

- 海洋哺乳動物，海龜和姥鯊的辨認教學
- 表格填寫和目視觀察技術
- 個人責任與船隻規矩
- 被動式聲學 (PAMS)

3.2. 情境模擬

- 情境模擬：依公告法規
- 搜尋鯨豚之設備熟悉：目視、測距儀器
- 官方表格填寫訓練：工作日誌表、目擊表
 - 施工階段、各項鯨豚目擊的記錄因子(種類、數量、距離、行為、方向...)



上圖為本次訓練情境模擬訓練之目視觀察場地(船隻上層甲板)。



左和右圖為本次訓練情境模擬訓練過程，學員學習使用望遠鏡進行海面目標搜尋訓練，以及與指導員(螢光黃上衣者)進行個別交流的過程。



學員結訓後的合影留念。

附件 2. 中英名詞對照表與釋義

英文縮寫	英文全名	中文
BOEM	Bureau of Ocean Energy Management	海洋能源管理署(美國)
BSEE	Bureau of Safety and Environmental Enforcement	安全與環境執法局(美國)
ESA	Endangered Species Act	瀕危物種法(美國)
MMPA	Marine Mammal Protection Act (US)	海洋哺乳動物保護法(美國)。主要目的在於保育及管理海洋哺乳動物，包括鯨豚類與鰭腳類，保護其所有種類免於騷擾、捕獵、與傷害。此法為減少漁鯨豚誤捕奠定了管理制度，規範野外科學研究，制定了海洋哺乳動物展示的基本要求，並規範海洋哺乳動物及其相關產聘的進出口等等[1]。
MMPA	Marine Mammal Protection Act (NZ)	海洋哺乳動物保護法(紐西蘭)。為紐西蘭境內和紐西蘭漁業水域內的海洋哺乳動物提供保護，養護和管理[2]。
NTL	Notices to Lessees and Operators	承租人和經營者須知(美國)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	國家海洋暨大氣總署(美國)
NMFS	National Marine Fisheries Service	國家海洋漁業局(美國)
FMP	Fishery Management Plan	漁業管理計畫(美國)
JNCC	Joint Nature Conservation Committee	聯合自然保護委員會(英國)，為英國的主要保育機關，成員包括英格蘭自然署、威爾斯農村委員會(Countryside Council)、蘇格蘭自然襲產(Scottish Natural Heritages)與北愛爾蘭自然保育與農村委員會(Council for Nature Conservation and the Countryside)等四大組織，將建置一個協調平台，亦即成立聯合自然保育委員會(Joint Nature Conservation Committee, JNCC)，以達到有效推動自然保育工作，以及促使民眾瞭解自然保育重要性的政策目標[3]。
DOC	Department of Conservation	保育部(紐西蘭)為紐西蘭的主要保育機關，其工作包括：自然遺產的研究和永續利用規劃、物種保護、地區保護、研究發展、自然資源與保護區監測和通報、災害管理、資料彙整等[4]。

英文縮寫	英文全名	中文
EPIC	Engineering、 Procurement、Installation、 Construction	設計、採購、安裝、施工承包，為工程總承包與工程項目管理方式之一。
無	EC Habitats Directive	歐盟棲地命令。這項命令期待創造遍布歐洲的棲地生態保護網「自然2000 網絡計畫」，包含了 24000 個棲地和幾乎五分之一的歐洲大陸。在此項命令中，都會區並不被視為「棲地」，但都市中的生態廊道如綠帶、河道等仍被鼓勵以作為物種遷移、傳播及基因交換的路徑[5]。
HR	Habitats Regulations	保育法(英國)。確保該法所列的棲地與物種受到保護，並確認如授權行動或地點將帶來風險時，需採取行動消除風險[6]。
無	The Conservation of Offshore Marine Habitats and Species Regulations	離岸海洋保護法(英國)。
MMOA	Marine Mammal Observer Association	海嘯觀察員協會，成立於 2008 年，是一個非盈利的會員制協會。代表並支持全球專業的海洋哺乳動物觀測者(MMO)和被動聲學監測(PAM)操作者的任務，在工程運營期間實施保護海洋野生動物的緩解措施。

文獻出處：

1. <http://study.nmmba.gov.tw/Modules/Knowledge/KnowledgeShow.aspx?ItemID=581&TabID=37>
2. <http://www.doc.govt.nz/Documents/conservation/native-animals/marine-mammals/seismic-survey-code-of-conduct.pdf>
3. https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=11072&RWD_mode=N
4. <http://www.doc.govt.nz/our-work/>
5. https://etds.stu.edu.tw/etdservice/download_file?etdun=U0084-2208201311291100&fileName=stu-102-s99635112-1.pdf
6. <http://lib.wra.gov.tw/libebookFlip/2011/1010004496b/files/basic-html/page50.html>

附件 3. 各國認可之觀察員訓練單位。*表示同時提供一般或新進之基礎受訓，以及資深(核准以上等級)的 MMO 課程；#表示僅提供資深 MMO 課程。

公司名稱	美國 PSO[1]	英國 MMO[2]	紐西蘭 MMO[3]
Alterseas	O		
Bio-Waves	O		
Carolyn Barton	O	O	
CSA Ocean Sciences	O		
Gardline Environmental Limited	O	O	O
Geo Marine Consultants	O		
Hebridean Whale and Dolphin Trust	O		
Intelligent Ocean	O	O	
MSeis	O		
Ocean Science Consulting	O		O
PAMOS	O		
PartnerPlast	O		
Scanning Oceans Sector	O	O	
Seiche Measurements Limited	O	O	O*
Blue Planet Marine			O*
RPS Energy, Australia Asia Pacific			O#
Ocean Science Consulting NZ (Asia-Pacific) Ltd			O

參考出處：

1. <http://www.protectedspeciesobserver.com/training-contacts.html>
2. <http://jncc.defra.gov.uk/page-4703>
3. <http://www.doc.govt.nz/our-work/seismic-surveys-code-of-conduct/observer-standards-and-training/>

附件 4. 英國 JNCC 公布之海嘯觀察員(MMO)工作記錄表

MARINE MAMMAL RECORDING FORM - COVER PAGE

Regulatory reference number (e.g. DECC no., BOEM permit no., OCS lease no., etc.)	Country	Location	Ship/ platform name
Client	Contractor		Survey type <input type="checkbox"/> site <input type="checkbox"/> VSP <input type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/> WAZ <input type="checkbox"/> 3D <input type="checkbox"/> piling <input type="checkbox"/> 4D <input type="checkbox"/> explosives <input type="checkbox"/> OBC <input type="checkbox"/> other <input type="checkbox"/> 4C
Start date	End date		

Number of source vessels	Type of source (e.g. airguns)	Number of airguns (only if airguns used)	Source volume (cu. in.)
Source depth (metres)	Frequency (range in which peak energy is emitted, in Hz)	Intensity (primary peak-to-peak amplitude in dB re. 1 µPa or bar metres)	Shot point interval (metres)
Method of soft start <input type="checkbox"/> increase number of guns <input type="checkbox"/> increase frequency (where permitted) <input type="checkbox"/> increase pressure (where permitted) <input type="checkbox"/> increase number and frequency <input type="checkbox"/> increase number and pressure <input type="checkbox"/> other			

Visual monitoring equipment used (e.g. binoculars, big eyes, etc.)	Magnification of optical equipment (e.g. binoculars)	Height of eye above water surface (metres)	How was distance of animals estimated? <input type="checkbox"/> by eye <input type="checkbox"/> with laser rangefinder <input type="checkbox"/> with rangefinder stick/ callipers <input type="checkbox"/> with reticle binoculars <input type="checkbox"/> by relating to object at known distance <input type="checkbox"/> other
Number of dedicated MMOs	Training of MMOs <input type="checkbox"/> JNCC approved MMO training course for UK waters <input type="checkbox"/> PSO training course for the Gulf of Mexico <input type="checkbox"/> MMO training course for Irish waters <input type="checkbox"/> MMO training course for New Zealand waters <input type="checkbox"/> other <input type="checkbox"/> none		

Was PAM used? <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no	Number of PAM operators	
Description of PAM equipment		
Range of PAM hydrophones from airguns (metres)	Bearing of PAM hydrophones from airguns (relative to direction of travel)	Depth of PAM hydrophones (metres)

Deckforms/cover/rev.04 (June 2012)

MARINE MAMMAL RECORDING FORM - SIGHTINGS

Regulatory reference number (e.g. DECC no., BOEM permit no., OCS lease no., etc.)	Ship/ platform name	Sighting number (start at 1 for first sighting of survey)	Acoustic detection number (start at 500 for first detection of survey)
Date		Time at start of encounter (UTC, 24hr clock)	Time at end of encounter (UTC, 24hr clock)
Were animals detected visually and/ or acoustically? <input type="checkbox"/> visual <input type="checkbox"/> acoustic <input type="checkbox"/> both	How were the animals first detected? <input type="checkbox"/> visually detected by observer keeping a continuous watch <input type="checkbox"/> visually spotted incidentally by observer or someone else <input type="checkbox"/> acoustically detected by PAM <input type="checkbox"/> both visually and acoustically before operators/ observers informed each other		
Observer's/ operator's name	Position (latitude and longitude)	Water depth (metres)	
Species/ species group		Description (include features such as overall size; shape of head; colour and pattern; size, shape and position of dorsal fin; height, direction and shape of blow; characteristics of whistles/ clicks)	
Bearing to animal (when first seen or heard) (bearing from true north)	Range to animal (when first seen or heard) (metres)		
Total number	Number of adults (visual sightings only)	Number of juveniles (visual sightings only)	Number of calves (visual sightings only)
			Photograph taken <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no
Behaviour (visual sightings only)			
Direction of travel (relative to ship) <input type="checkbox"/> towards ship <input type="checkbox"/> away from ship <input type="checkbox"/> parallel to ship in same direction as ship <input type="checkbox"/> parallel to opposite direction to ship <input type="checkbox"/> crossing perpendicular ahead of ship		<input type="checkbox"/> variable <input type="checkbox"/> milling <input type="checkbox"/> stationary <input type="checkbox"/> other <input type="checkbox"/> unknown	Direction of travel (compass points) <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> W <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> NW <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> variable <input type="checkbox"/> SE <input type="checkbox"/> stationary <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> unknown <input type="checkbox"/> SW
Airgun (or other source) activity when animals first detected <input type="checkbox"/> full power <input type="checkbox"/> not firing <input type="checkbox"/> soft start <input type="checkbox"/> reduced power (other than soft start)	Airgun (or other source) activity when animals last detected <input type="checkbox"/> full power <input type="checkbox"/> not firing <input type="checkbox"/> soft start <input type="checkbox"/> reduced power (other than soft start)	Time animals entered mitigation/ exclusion zone (UTC, 24hr clock)	Time animals left mitigation/ exclusion zone (UTC, 24hr clock)
		Closest distance of animals from airguns (or other source) (metres)	Time of closest approach (UTC, 24hr clock)
If seen during soft start give: First distance Closest distance Last distance during soft start (metres)	What action was taken? (according to requirements of guidelines/ regulations in country concerned) <input type="checkbox"/> none required <input type="checkbox"/> delay start of firing <input type="checkbox"/> shut-down of active source <input type="checkbox"/> power-down of active source <input type="checkbox"/> power-down then shut-down of active source	Length of power-down and/ or shut-down (if relevant) (length of time until subsequent soft start, in minutes)	Estimated loss of production (if relevant) due to mitigating actions (km)

Deckforms/sightings/rev.04 (June 2012)

第參章、輔導漁民之白海豚保育宣導與 「鯨豚觀察員」培訓討論會

前言

臺灣白海豚族群分佈之棲地，與西海岸漁民之近海作業區高度重疊，導致漁民對於中華白海豚野生動物重要棲息地或其他保護區的劃設幾乎全面反對，可能因擔心此舉會影響其生計。有鑑於保護區之成功推動的關鍵之一，將增加當地的漁民和社區居民的支持意願，如何加強漁民之宣導，甚至培訓當地漁民成為海嘯觀察員，增加其就業機會將會是棲息地保護區首要推動的工作。因此，訂定「協助漁會組織訓練當地漁民轉型成為離岸風機打樁工程之目視觀察員」為本年度工作項目之一。然而因漁會 2017 年春夏季適逢理監事改選，後續的漁民節大會造成漁會格外忙碌，無暇辦理相關培訓，因此本工作展延至下年度。有鑑於風機正式施工預計在 2019 年開始，合格的目視觀察員有必要在明年完成訓練，故在計畫機關同意之下，改於 2017 年 10 月 16 日邀集專家學者針對觀察員制度規劃提供建言。另外，於 12 月 28 日與全國漁會商談未來離岸風場施工所需「鯨豚觀察員」合作事宜。並彙整各方與專家之建議，提供未來觀察員制度實行之參考。

一、邀集專家學者針對制度規劃提供建言

地點：臺灣大學生命科學館三樓 303 室(科技共同空間)

主辦：國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所

協辦：中華鯨豚協會

與會人員名單：

主席：周蓮香

各單位代表：

台灣大學生態學與演化生物研究所	周蓮香教授 黃彥婷助理
臺灣大學工科海洋系	陳琪芳教授
臺灣大學海洋研究所	宋國士教授
臺灣大學人類學暨研究所	呂欣怡教授
政治大學國際經營與貿易學系	施文真教授
嘉義大學獸醫學系	楊瑋誠教授
農業委員會林務局保育組	夏榮生組長 劉泰成助理研究員
工業技術研究院	連永順資深研究員 王珮蓉副研究員 胡芳瑜副研究員
中華鯨豚協會	楊瑋誠理事長 李宗翰秘書長 張豈銘副秘書長
自然生態保育協會	蔡惠卿秘書長
黑潮海洋文教基金會	張卉君執行長
上緯新能源公司	郭世榮副總經理
中鋼公司風電事業發展委員會	林光敏先生
光宇工程顧問有限公司	陳莉坪小姐
中華民國全國漁會	蕭堯仁先生

工作人員：

王國雄先生、王德清先生

議 程

時間：2017.10.16 10:00-13:00

地點：台灣大學生命科學館三樓 303 室（科技共同空間）

時間	內容
10:00~10:10	引言
10:10~10:40	國際「海嘯動物觀察員」(Marine Mammal Observer, MMO)的制度彙報
10:40~12:20	議題討論
	一、 國內法規制度：執行架構、行政機關、管理機制？
	二、 觀測員的工作任務？
	三、 觀測員課程受訓課程內容，分級制度？
	四、 其他議題
12:20	臨時動議（午餐）
13:00	散會

會議結論摘要：

議題一：國內法規制度：執行架構、行政機關、管理機制？

1. 因目前國內法源尚不明確，可能的主管機關有林務局、能源局、環保署等三個部會，是否先依未來業務之主從分屬，協商並推出未來主管單位，做為日後會議討論之核心部會。
2. 請於本次會議之後儘速成立相關工作委員會，以便進一步研擬各項細節，以利工作之推展。

議題二：觀測員的工作任務？

1. 任務分級：
 - 主要觀察員：在施工船上，負責協調和填寫報告，需要有利益迴避
 - 輔佐觀察員：負責目視監測，不寫報告，不需有利益迴避
2. 如何追蹤 MMO 的工作狀況
 - 後續再議

議題三：觀測員課程受訓課程內容，分級制度？

1. 認證分級：
 - 種子教師
 - i. 應先取得國外機構受訓認證
 - ii. 種子教師不一定要有 MMO 資格(只教授專業如鯨豚知識的部分)
 - MMO 分級：
 - i. TMMO(完訓 MMO)：是否僅監測、不須寫報告，ex. 漁民
 - ii. QMMO(資深 MMO)：需負責現場協調工作和繳交報告等
2. 手冊撰寫：
 - 需儘速撰寫中文版的 MMO 訓練課程可參考之手冊(於明年春天完成)
3. 時程：必需在明年春夏季開始訓練觀察員，否則難以應付 2019 年打樁需求

臨時動議：

訂定正式名稱：考量長遠，可依目前環境所需先訂名為：

- 『海洋保育觀察員』(marine conservation observer)，其下分支-- 『鯨豚觀察員』(Cetacean observer)，日後再視需要分別訂定各項工作觀察員名稱及需求。

總結論&建議：

1. 請可能的主管機關儘速研商未來的權責單位
2. 儘速成立「鯨豚觀察員制度推動」委員會
3. 明年春研擬適合臺灣「鯨豚觀察員訓練手冊」
4. 明年夏祭辦理「鯨豚觀察員訓練工作坊」，可分兩階段：(1). 先聘外國有認證單位來台辦理種子教師訓練(英文授課)，(2). 再自辦國內的訓練工作坊，優先考慮漁民的培訓



與會者合影

二、與全國漁會商談未來離岸風場施工所需「鯨豚觀察員」合作事宜

日期：2017/12/28

地點：全國漁會大樓

與會人：臺灣大學：周蓮香教授、黃彥婷

全國漁會：林啓滄總幹事、陳平基主任秘書、蕭堯仁推廣部主任

會談內容摘要：

1. 本年度工作展延之因素
年初原預定「協助漁會組織訓練當地漁民轉型成為離岸風機打樁工程之目視觀察員」工作項目，因漁會春夏季適逢理監事改選，以及夏季的漁民節大會格外忙碌，因此本工作延展。然鑑於風機正式施工預計在 2019 年開始，合格的目視觀察員有必要在明年完成訓練。
2. 全國漁會為協助漁民拓展各項潛在的生計，非常願意參與並協助相關單位進行「鯨豚觀察員」之培訓。
3. 未來培訓「漁民鯨豚觀察員」之合作模式建議
 - 由漁會為主，負責徵召適合漁民菁英，配合專業機關(如：臺灣大學和中華鯨豚協會)之課程規劃舉辦培訓工作坊。
 - 國內的種子教師，則先由主管或專業機關邀請國外專業團隊來台指導。



第肆章、中華白海豚河口棲地環境時空 變化監測與分析

林幸助¹、孫建平²、周蓮香³

¹ 國立中興大學生命科學系

² 國立成功大學水利及海洋工程學系

³ 國立臺灣大學生態與演化生物研究所

摘要

為瞭解河口的環境因子對中華白海豚族群生態的影響，本計畫以雲林縣新虎溪河口為研究地點，調查新虎尾溪的水量水質、浮游藻類基礎生產力，最後嘗試與中華白海豚活動進行關連分析。我們在新虎尾溪河口和上游 5 公里處設立新虎尾溪下游和上游測站，定期監測流域流量與水質，量化浮游藻類生物量、生產量，並搜集河口附近 2 海里範圍的水質資料與白海豚的活動頻度進行分析。

由於新虎尾溪沒有流量站，藉由徐昇式多邊形法估算出流域平均之 2017 年各日雨量進而求出逕流量，再配合現地流量量測推估河川基流量，最後推估求得新虎尾溪出海口水 2017 年之各日流量值。結果發現新虎尾溪出海口流量受潮汐影響，漲潮時出現會負流量，乾濕季有明顯變化，濕季期 4-9 月流量高變異大(2.8-355.12 cms，中間兩月最大為 6.80~355.12 cms)；而乾季(10-3 月)僅為 0.5~18.38 cms。

浮游藻類生物量和淨群集生產量之地點差異為上游測站高於下游，時間差異以 4 月最高。相關分析和主成分分析結果顯示 NH_4^+ 、 PO_4^{3-} 和有機質是主要影響因子。綜合全年生產力結果來看，上游($14.57 \text{ g C m}^{-3} \text{ yr}^{-1}$)高於下游($5.32 \text{ g C m}^{-3} \text{ yr}^{-1}$)，主要是由於上游 NH_4^+ 、 PO_4^{3-} 和有機質濃度較高所致。以季節來看，主要都是春夏季所貢獻，因此水溫也是影響的重要因子。與之前雲林沿海生產力比較，新虎尾溪春季和夏季浮游藻生物量和生產量皆高於沿海，但在生產量很低的秋冬季則沒有太大差異。將全年淨生產量相比，新虎尾溪和河口為自營生態系，雲林沿海則為異營生態系的結果，因此河口將藻類生產量輸入海洋，提供能量給沿海生態系使用。

初步的各種相關分析顯示，中華白海豚之群次目擊率變化與浮游藻類生產力及生物量之變化有相關跡象，但卻與雨量與河川逕流量無明顯關係。此結果可能受限環境因子的採樣次數尚少，且中華白海豚冬季海上執行困難可能造成之目擊資料品質不佳，未來將加入水下聲學監測資料進行分析。

前言

河口位於河流和海洋間，是陸地和海洋物質交換的場所(Dalrymple et al. 1992)。河口定義最早由 Pritchard (1967)提出，為半封閉海岸水體，能與海洋自由交換，同時河水體會受到陸源淡水稀釋而沖淡，但是此定義並未考慮到潮汐狀況。Fairbridge (1980)對此做了修正，認為河口為海水藉由潮汐到達河口的最上界，並且可區分為三個區塊；下游河口(lower estuary)-可與海水自由交換的地區；中游河口(middle estuary)-淡水和海水劇烈混合地區；上游河口(upper estuary)-主要為淡水但受潮汐影響的地區。從以上定義可以看出，陸源淡水輸入和潮汐作用對河口影響甚大。

陸源淡水輸入並且帶入高濃度的營養鹽，肥沃了貧瘠的河口沿岸地區，使得自營生物(特別是浮游藻類)光合作用旺盛，造成河口生態系是具有最高的初級生產力的生態系統之一(Schelske and Odum 1962)。陸源淡水輸入的多寡和潮汐作用會影響到河水流速、水停留時間，而這也會影響到浮游藻類的分佈動態(Gaulke et al. 2010)。Paerl et al. (2007)研究美國 Pamlico Sound 地區，結果顯示淡水輸入對浮游藻類群集分佈影響很大。在高流速、水停留時間短的季節，浮游藻最高生物量發生在下游河口；反之低流速、水停留時間長的季節，最大生產量發生在上游河口地區。因此河口淡水輸入量也會明顯的影響近海的生態系統。浮游藻類在海洋生態系中是重要的基礎生產者，其生產量的多寡常與初級消費者的豐度與生物量有關(Bacher et al. 1997, Ware and Thomson 2005)。河口浮游藻類生產量的多寡會影響沿海生態系食物網中的能量傳輸，通常高基礎生產量的地區常是魚類與底棲動物豐富的重要漁場(Nixon 1988, Cloern 2001)。

瞭解物種的分佈趨勢對於物種的保育是至關重要的先決條件(Ferrier 2002, Rushton et al. 2004)，可以輔助了解生態物種之間的關係模式和環境，間接更瞭解其棲息地偏好和空間分佈特性。中華白海豚(*Sousa chinensis*)又名印太平洋駝海豚，分佈於印度、西太平洋海域，主要活動在近岸、淺水的海域，且水深通常不超過 20 公尺(Karczmarski et al. 2000；Hung & Jefferson 2004)。由於牠們的棲地與頻繁的人為活動及資源開發重疊，因此容易受到直接或間接的衝擊，如環境污染、棲地破壞，船隻撞擊、漁網纏繞、噪音污染等(Ross et al. 2010)。2008 年 8 月世界自然保育聯盟(IUCN)紅皮書並將臺灣西海岸的中華白海豚收錄為 Critically endangered (CR)瀕危等級的保育類動物(Reeves et al. 2008)。臺灣的中華白海豚棲地主要集中於臺灣西海岸，呈現連續且狹長的帶狀分佈，由苗栗龍鳳漁港至台南將軍漁港，集中於離岸 3 公里內，水深 15 米以淺的近海海域，其中包含港口、河口與外傘頂洲均為分佈熱點)。

臺灣的西海岸由苗栗至台南包括許多河川，諸如中港溪、後龍溪、大甲溪、大安溪、大肚溪、濁水溪、新虎尾溪、牛挑灣溪、北港溪、八掌溪等等，但並非每一條河川都是中華白海豚分佈的熱區。臺灣目前除了新虎尾溪口外，尚未有其他研究指出，中華白海豚在臺灣的分佈與河口相關(Lin et al. 2013, 2015；李佳紘 2015)。周蓮香(2017)在雲林海域的中華白海豚調查中指出，該海域自 2008 年至 2016 年統計曾經目擊可辨識的中華白海豚個體佔臺灣全族群辨識個體 80 隻的 73%，各年辨識出的個體數在 32-42 隻，佔全族群數的約 40-52%，並且在各年間的重複率平均為 75%，顯示白海豚對雲林海域的棲地忠誠性高。在空間分佈上，歷年資料皆顯示新虎尾溪口流域一直是目擊頻度最高的位點。

Hung and Jefferson(2004)之研究指出，中華白海豚的活動範圍主要與食物資源的多寡有關，而基礎生產量是影響食物網中各生物類群的重要因子之一。白

海豚的棲地常被陳述為河口區海域(Karczmarski et al. 2000, Dares et al. 2014, Chen et al. 2016)，然而白海豚在臺灣的分佈並不是全面與河口有關，其與臺灣各河口的關係目前除了新虎尾溪口外(Lin et al. 2013, 2015)，尚未有任何發表報告。Hung and Jefferson (2004)曾提及中華白海豚的活動與河口有高度關連，可能與其所捕食的食餌魚種大多為河口性魚類有關，而這些魚的食性又以浮游動物、底棲動物為主。李佳紘(2016)發現海豚的活動模式會隨乾濕季還有降雨量不同而有異，也可能與河口的生產力有關。Pan et al. (2016b)建構雲林沿海中華白海豚食物網模式，結果顯示新虎尾溪近海測站(EX)浮游藻生產量和生產力較高，支持較多的大型無脊椎動物和掠食性魚類，進而能夠承載更多中華白海豚。

本計畫以新虎尾溪河口為研究地點，以中華白海豚在河口附近的目擊率、空間分佈、季節變化等，來分析其與河口的水文因子、基礎生產力等關係，期望能找出影響中華白海豚數量的關鍵因子。內容包括三部分：(1)新虎尾溪出海口水流量推估、(2)新虎尾溪河口浮游藻類基礎生產力以及(3)新虎尾溪河口的白海豚活動與河口環境因子的關係。

一、新虎尾溪出海水流量推估

1 流域介紹

新虎尾溪發源於雲林縣莿桐鄉，流經莿桐、西螺、虎尾、二崙、土庫、崙背、褒忠、東勢、台西及麥寮等鄉鎮，最後於蚊港附近流入臺灣海峽。全河段依雲林縣政府「易淹水地區水患治理計畫-雲林縣管河川新虎尾溪治理規劃報告」，全長約 45 公里，流域面積約為 107.12 平方公里(雲林縣政府, 2010)，如圖 4-1 所示。

新虎尾溪流域內之地勢由東向西傾斜，發源地最高高程小於 110m，流經區域均為平原區，且地勢平緩坡度均小於 5%。流域內土地使用多為農地(包含一般農地 13.22%及特定農地 65.22%)，約占 78.44%，工業區占 0.64%，最大工業區則位於出海口附近之麥寮鄉。依據雲林縣政府民國 105 年統計年報，新虎尾溪流域之鄉鎮內總牲畜為 1,115,366 頭，其中以豬隻為最大宗約為 1,093,266 頭，佔 98%(詳表 4-1)；家禽類則以雞隻最多約 5,018,000 隻(表 4-2)，此數量為流域所經過鄉鎮的總量，並非流域內實際數量。

2 降雨造成之逕流量

集水區中降雨產生之逕流量，需用集水區內及鄰近區域之雨量站降雨資料進行推估。本計畫使用徐昇式多邊形法劃分各雨量站佔集水區內之面積權重，進而推估流域內之平均降雨量。再將降雨量利用公式 4.1 將其轉換成流量(cms=m³/s)。

$$Q(\text{流量}) = \frac{1(\text{day})}{86400(\text{s})} C * i * A \quad (4.1)$$

其中 Q: 流量(cms); C: 逕流係數; i: 降雨強度(m/day); A: 流域面積(m²)

依據中央氣象局及水利署資料，新虎尾溪流域內及鄰近區域有崙背、虎尾、土庫、斗六、台西...等 12 個中央氣象局現存雨量站，加上西螺(2)、

林內(1)、褒忠(2)等 3 個水利署雨量站，共 15 個現存雨量站(如表 4-3)。但由於部分雨量站資料缺漏或已停止運作，故本計畫將雨量資料分成 2 個階段分析。第一階段為 2008~2015 年，因為中央氣象局雨量站多為近兩年新設，並無 2016 年前資料，再加上水利署雨量站資料長度較為齊全，資料長度為 1958~2016 年，故本階段採用水利署 3 站(西螺(2)、林內(1)、褒忠(2))加上中央氣象局崙背及虎尾 2 站資料進行徐昇式多邊形劃分並計算各雨量站所佔面積權重，結果如圖 4.2 所示。第 2 階段則為 2016~2017 年，由於水利署雨量無 2016 及 2017 年資料，故這階段全採用中央氣象局於新虎尾流域及鄰近區域雨量站，台西、崙背、二崙、虎尾、荊桐及斗六等 6 個雨量站日雨量資料。第 2 階段徐昇式多邊形劃分及各雨量站所佔面積權重如圖 4.3 所示。

依據雲林縣政府「易淹水地區水患治理計畫-雲林縣管河川新虎尾溪治理規劃報告」，新虎尾溪各河段依支流排水匯入地點分區之逕流係數，依當地土地利用情形設置介於 0.50~0.75 間(新虎尾流域內農田及都市計畫區(荊桐、崙背及麥寮)共存。依據「水土保持技術規範」逕流係數(C)於平坦耕地為 0.45~0.60，未開發非農業使用地為 0.75~0.95)。因本計畫將新虎尾溪全流域作為整體考量，故逕流係數採 0.70。從 2017 年每個月降雨造成最大日逕流量如表 4-4 所示(完整日逕流量資料詳附件一)。新虎尾流域乾濕季分明，雨量多集中在 6~9 月，降雨造成之單日最大流量介於 163.46~348.32 cms；12~2 月降雨所造成之逕流量較小，僅有 24.47~32.59 cms。

3 基流量(無降雨)

一般河川流量，主要除了降雨產生之地表逕流外，還有因地下水滲出流入河川所產生之基流量，另外再加上由排水系統(生活污水)注入的流量(不過此部分不易推估)。因此出海口逕流量應該分為降雨產生之逕流量及無雨時之基流量。出海口流量易受潮汐影響而增加或減少，流量於漲潮時更會在河口區出現負流量。本計畫於新虎尾溪無蚊港橋下共作 3 次流量量測，日期分別為 5/28、6/23 及 9/30，量測當日及前幾日均無大量降雨情形。前兩次量測為退潮時流量(時間分別於 5/28 13:30 及 6/23 13:10)，其流量分別為 98.35 cms(5/28)及 43.88 cms(6/23)。第三次量測則為全潮位流量量測，從上午 8:43 至下午 8:38，共計 12 小時，成果如圖 4.4。

因 5/28 及 6/23 日流量量測僅有單筆資料，無法計算單日平均基流量。故本計畫將利用 5/28 及 6/23 日之潮位資料(2016 年水文年報)配合 9/30 日潮位資料來推估 5/28 及 6/23 日單日平均基流量。5/28 日量測時間為 13:30 流量 98.35 cms，其潮位對應 9/30 日之潮位約為上午 8:30 之潮位(如圖 4.5)，當時流量為 29.63 cms，因此推估 5/28 日單日平均基流量應為 9/30 日的 3.3(98.35/29.63)倍；6/23 日量測時間為 13:10 流量 43.88 cms，其潮位對應 9/30 日之潮位約為上午 9:30 之潮位(如圖 4.6)，當時流量為 20.11 cms，因此推估 6/23 日單日平均基流量應為 9/30 日的 2.2(43.88/20.11)倍。因此推估 5/28、6/23 及 9/30 日之單日平均基流量分別為 9.59、6.30、2.80 cms。依此流量分別代表新虎尾溪於濕季前期(4-5 月)、濕季中期(6-7 月)、濕季後期(8-9 月)三時期的基流量。另將乾季(10-3 月)假設其基流量為 0.5 cms。

由於新虎尾河流域內列管之工廠及畜牧事業可排放放流水標準內之

污水，但並無詳細排放量資料，再加上斗六都市計畫區內之生活污水亦排放入新虎尾溪，故無法估計新虎尾溪污水排放量，因此，推估之基流量會和實際流量不同，實際流量會因每日工廠、畜牧及生活污水之排放量不同而有所變化，本研究則以上述推估之基流量用為出海口逕流量推估依據。

4 出海口逕流量

新虎尾溪出海口流量除了受潮汐影響外，也受氣候及降雨影響。綜合雨量及基流量推估結果，2008~2017年新虎尾溪出海口年逕流量約為2614.97~3735.67 cms(詳附件二)，以2013年最大。以2017年為例(如表4-5)，2017年6月3日受梅雨鋒面及西南氣流侵襲，新虎尾溪流域於當日產生了355.12 cms的出海口流量，為2008~2017年間6月的最大日流量。另外，同年7月接連的尼莎(7/29)及海棠(7/30)颱風侵襲，也產生了流域內較大的逕流量(7/30產生49.76 cms，7/31產生138.9 cms)。除此之外，冬季(12~2月)因降雨較少，月流量僅有16.01~21.17 cms，甚至不到尼莎颱風所產生日逕流量的一半。

5 結論

新虎尾溪推估之出海口逕流量為基流量加上降雨造成之逕流量，由於新虎尾溪出海口流量受潮汐影響，漲潮時出現會負流量，再加上基流量會因乾濕季而有所變化，所推估之出海口逕流量在不同季節會有很大的變化，以2017年為例，濕季前期(4-5月)為9.59~41.43 cms；濕季中期(6-7月)為6.80~355.12 cms；濕季後期(8-9月)為2.8~43.17 cms；乾季(10-3月)為0.5~18.38 cms。

二、新虎尾溪河口浮游藻類基礎生產力

1 研究時間和地點

本研究在中華白海豚出現熱點的新虎尾溪上下游設立測站，分別為新虎尾溪上游(ZHW-up)、新虎尾溪(ZHW)，兩個測站距離約5公里(圖4.7)。研究時間為2017年4月到11月間，於潮汐漲潮點為5:00~7:30，並且天氣晴朗的日子採樣，本研究總共採集6次，分別為04/20、07/02、08/31、09/17、10/16、11/12。

2 量測方法

為了探討浮游藻類與各環境因子的關係，每次採樣皆以光量子感測器(LI-190SA, LI-COR, USA)測量光合作用有效能量(photosynthetic active radiation, PAR)，架設於測站附近無遮蔽物區域，從日出到日落，並使用資料收集器(LI-1400, LI-COR, USA)記錄光度資料。使用綜合水質儀(600XLM, YSI, USA)測量水質，記錄各樣站之水溫、溶氧、鹽度與酸鹼值等環境因子。此外另取表層水300 mL，以濁度計(2020e Turbidimeter, LaMotte, USA)測量表層水之濁度。各環境因子於測站皆重複測量五次。水體營養鹽部分，以100 mL褐色瓶採集表層水樣，每測站重複採樣三瓶，避光低溫保存攜回實驗室分析。攜回實驗室後立即以孔徑0.45 μm 的濾紙過濾(Millipore, USA)，並保存於-20°C環境。檢驗項目包含硝酸鹽($\text{NO}_3\text{-N}$)、亞硝酸鹽

(NO₂ - N)、氨氮(NH₄ - N)、正磷酸鹽(PO₄ - P)與矽酸鹽(SiO₂ - Si)，分別以 UV 檢測法(Goldman and Jacobs 1961)、分光光度計法(Parsons et al. 1984, Pai et al. 1990)、靛酚比色法(Parsons et al. 1984, Pai et al. 2001)、抗壞血酸磷鉬比色法(Murphy and Riley 1962)與鉬矽酸鹽比色法(Method 4500 APHA 1995)進行檢驗。

浮游藻生物量使用培養生產量的水樣，於現地使用孔徑 0.3 μm 之玻璃纖維濾紙(GF-75, AdvanTec, Japan)過濾，過濾同時加入數滴 1 % 飽和 MgCO₃ 溶液，避免過濾的葉綠素 a 脫鎂酸化。過濾後之濾紙放入離心管中，加入 10 mL 之 90 % 丙酮，並在避光、4 °C 低溫的環境下萃取 16 小時(Jeffrey and Humphrey 1975)。萃取結束後，將樣品震盪並離心(3500 rpm)、10 分鐘，取上清液進行分光光度計(U2001, HITACH)進行測量 630、647、664、750 nm 四種波長的吸光值，計算葉綠素 a 濃度，計算方式如公式 4.2：

$$[\text{chl a}] (\text{mg L}^{-1}) = 11.85 \times (\text{Abs}_{664} - \text{Abs}_{750}) - 1.54 \times (\text{Abs}_{647} - \text{Abs}_{750}) - 0.08 \times (\text{Abs}_{630} - \text{Abs}_{750}) \quad (4.2)$$

再以萃取後的葉綠素 a 濃度回推浮游藻葉綠素 a 含量，計算方式如公式 4.3：

$$\text{浮游藻葉綠素 a 含量} (\text{mg m}^{-3}) = [\text{chl a}] \times v / (V \times 0.1) \quad (4.3)$$

其中 v 為丙酮體積(mL)，V 為水樣體積(L)。當萃取液內葉綠素 a 濃度過低時，也就是分光光度計測量出吸光值 630、647、664、750 nm 皆 < 0.01 時，則改用螢光光度計(Trilogy, TURNER DESIGN, USA)測量葉綠素 a 濃度，測量出的葉綠素 a 單位為 RFU，需要轉換才能和分光光度計結果比較，轉換公式如公式 4.4：

$$[\text{chl a}] (\mu\text{g mL}^{-1}) = 0.1295 \times [\text{chl a}] (\text{RFU}) - 0.0391 \quad (4.4)$$

浮游藻生產力使用溶氧代謝法(Marshall 2005)測量，實驗設計為取現地水分裝到 BOD 培養瓶(300 mL)內，三重複一組。每組 BOD 分別使用 0、30、50、70、100% 不同程度遮光，培養 1.5~2.5 個小時。培養開始、結束使用溶氧電極測定儀(YSI 52, YSI, USA)測量水體溶氧(mg L⁻¹)與記錄培養的開始和結束時間，利用單位時間內水中溶氧變化，推估浮游藻類的初級生產力，實驗後進行呼吸量、生產量和光合作用參數的計算。

浮游藻群集呼吸量(community respiration, CR)從遮光度 100 % 的培養實驗溶氧變化結果得知。浮游藻淨群集生產量(net community production, NCP)為遮光度 0 % 的培養實驗中，單位時間溶氧變化結果算出，浮游藻總群集生產量(gross community production, GCP)則由將 NCP 和 CR 相加算出。其公式如公式 4.5 及 4.6：

$$\text{CR} = \frac{[\text{O}_2]_{\text{end}} - [\text{O}_2]_{\text{start}}}{t_p} \div 32 \div 1.2 \times 12 \times 1000 \quad (4.5)$$

$$\text{NCP} = \frac{[\text{O}_2]_{\text{end}} - [\text{O}_2]_{\text{start}}}{t_p} \div 32 \div 1.2 \times 12 \times 1000 \quad (4.6)$$

CR 為單位時間和體積內遮光 100 % 培養瓶之呼吸量(mg C m⁻³ h⁻¹)，NCP 為單位時間和體積內遮光 0 % 培養瓶之溶氧變化，代表群集淨生產量(mg C m⁻³ h⁻¹)，[O₂]start、[O₂]end 為遮光 100 % or 0 % 培養瓶之起始與結束溶氧濃度(mg L⁻¹)，tp 為培養時間(h)，32 為 O₂ 分子量，1.2 表示浮游植

物光合作用生產的氧氣與被固定的二氧化碳量之莫耳比值(Hatcher et al. 1977)，12 為 C 的分子量，1000 為重量 g 與 mg 相差倍數。

為了求得最大生產量，故使用 Jassby and Platt (1976)所提出的光合作用和光度關係的雙曲線正切函數(P-I curve)，求得飽和光度下最大生產力 PBm、起始切線斜率 α 、飽和光度 IK，如公式 4.7：

$$P^B = P_m^B \times \tanh\left(\frac{\alpha I}{P_m^B}\right) \quad (4.7)$$

PB 為每小時每單位葉綠素 a 的總初級生產力，PBm 為飽和光度下最大初級生產力， α 為起始切線斜率，代表光合作用效率，I 為當日光度，IK 為飽和光度，經由 PBm 和 α 相除得到。取得 IK 之後，即可利用當日監測的光度資料去推算一日飽和光度時數，再將飽和光度時數乘以 PBmax 與單位葉綠素 a 濃度後，即為一日生產量。此外，若生產力實驗結果無法套入 P-I curve，則以其他非線性迴歸函數推算光合作用最大值(PBm)、飽和光度(IK)與起始切線斜率(α)。

3 統計方法

本研究以單向變方分析(one-way ANOVA)檢測兩個樣站在不同季節間的環境因子、浮游藻類生物量以及生產力的差異。其中第一因子為測站間的差異，第二因子為季節間的變化。另外也會使用主成分分析(Principal component analysis, PCA)檢測造成時空差異的環境因子。浮游藻類生物量與生產力各項參數，與環境因子間的相關程度，採用 Spearman rank 相關分析進行檢測。

4 水質因子

水溫結果顯示不同月份間有顯著差異(圖 4-8, 表 4-6)，而在上下游間沒有一致的趨勢。鹽度結果顯示下游明顯高於上游(圖 4-9, 表 4-6)，不同月份間沒有一致趨勢。酸鹼值在不同月份間有春高秋低的顯著差異(圖 4-10, 表 4-6)，上下游間除了 10 月，其他月份皆是河口高於上游。濁度結果顯示除了 11 月，其餘皆為上游濁度較高的情況(圖 4-11)。上游濁度較高推測為有機質較多，導致河水較為混濁。而 11 月河口濁度大量升高則是因為當日海況不佳，海浪太大，導致濁度升高。溶氧在上下游間呈現一致性趨勢，皆為河口高於上游(圖 4-12, 表 4-6)。值得注意的是，4、7 和 8 月新虎尾溪上游的溶氧都不到 3 mg/L，是相當低的濃度，可能會影響水生生物的生存。而 9 月之後溶氧有回升的現象，推測和水溫下降，氧氣的溶解度增加有關。懸浮固體和有機質結果一致，除了 10 月結果為河口多於上游，其餘月份均為上游較高或上下游幾乎一致的情形。造成新虎尾溪河口 10 月懸浮固體(圖 4.13)和有機質(圖 4.14)大於上游，推測是由於前三天連續降雨導致大泥沙帶入河口區增加懸浮固體所導致。

水中營養鹽量測結果顯示，NO₂-+ NO₃-濃度在測站和月份間皆有顯著差異，並有交互作用(圖 4-15, 表 4-6)，上游皆比河口高，河口測站在不同月份間濃度相近。NH₄⁺結果顯示測站和月份間皆有顯著差異，並有交互作用(圖 4-16, 表 4-6)，測站間皆為上游測站較高。PO₄³⁻結果顯示測站和月份間皆有顯著差異，並有交互作用(圖 4-17, 表 4-6)，其中 4 月的營養鹽濃度最高；月份間除了 7 月，其他均為上游測站高於河口。SiO₂ 結果顯

示上游均明顯的高於河口測站(圖 4-18, 表 4-6), 但不同月份間則沒有一致的趨勢。

5 浮游藻類生物量和生產力

浮游藻類生物量結果顯示春高秋低的明顯差異(圖 4-19, 表 4-7), 但上下游間沒有顯著差異(表 4-7)。群集呼吸量(CR)結果顯示, 不論月份或上下游都沒有一致性的趨勢, 但有顯著差異, 並呈現交互作用(圖 4-20, 表 4-7)。淨群集生產量(NCP)和總群集生產量(GCP)結果呈現類似的趨勢, 皆為春高秋低的情況(圖 4-21, 圖 4-22), 淨群集生產量於 8/31 當次採集之後變呈現負值, 即呼吸量大於生產量。

因為今年計畫開始時間較晚, 採集時間沒有平均分佈在四季, 所以不同月份生產量使用不同時間計算。1、2、3、11 和 12 月生產量用 11 月結果計算, 4~5 月結果用 4 月資料計算, 6 和 7 月結果用 7 月結果計算, 8~10 月結果則用當月採樣結果計算, 並且配合白海豚目擊率多寡月份來分群, 4 和 5 月、6 和 7 月、8 和 9 月定義為濕季前、中、後期, 10 月~3 月為乾季, 並將結果依照呈現於圖 4-23 中。年群集呼吸量結果顯示新虎尾溪下游大於上游, 主要是由於乾季群集呼吸量過高所導致。總年總生產量結果為上游較高, 主要因為濕季前期和中期有很高的生產量所致, 兩個測站全年總生產量分別為 20.27 及 17.33 g C m⁻³ yr⁻¹。年淨群集生產量趨勢與年總群集生產量相同, 皆為濕季前、中期高, 而新虎尾溪乾季淨群集生產量為負值, 不論上游或下游皆是如此, 代表當時為異營系統。整體而言全年淨生產量分別為 14.57 及 5.32 g C m⁻³ yr⁻¹。

6 相關與主成分分析

相關分析結果顯示葉綠素 a 和淨群集生產量呈現類似結果, 皆與酸鹼值、氨氮和磷酸鹽有顯著正相關, 和溶氧呈現顯著負相關(表 4-8)。淨群集生產量還和有機質呈顯著正相關。從相關分析結果可以看出葉綠素 a、磷酸鹽和氨氮似乎是影響生產量的重要因子。

經由相關分析篩選後, 選出水溫、鹽度、酸鹼值、濁度、溶氧、NH₄⁺、NO_x、PO₄³⁻、SiO₂、懸浮固體、有機質這 11 個變數進行主成分分析。分析結果顯示 PC1 和 PC2 共解釋 59.7%, 其中 PC1 解釋 37.3%, 分別為水溫、鹽度、濁度、溶氧、NH₄⁺、NO_x、SiO₂、懸浮固體; PC2 解釋 22.3%, 分別為酸鹼值、磷酸鹽、有機質(表 4-9)。

PCA 的圖形可以看出 PC1 軸將上下游分開, 上游位於圖形的左側, 代表營養鹽和濁度高的環境; 下游則位於圖形右側, 代表水溫、鹽度和溶氧較高環境(圖 4-24)。不同月份間比較, 可以看出 4 月有很高的磷酸鹽、氨氮、有機質和酸鹼值。由此圖以及上述結果可以看出, 4 月具有最高的浮游藻生物量和生產力, 而這個月份磷酸鹽、氨氮、有機質和酸鹼值高, 可能是影響浮游藻生物量和生產力多寡的重要因子。

7 討論

7.1 環境因子對浮游藻生物量和總群集生產量的影響

浮游藻生物量在 4 月明顯高於其他月份，相關分析顯示與 NH_4^+ 、 PO_4^{3-} 呈現中度正相關，極顯著差異 ($p < 0.001$)。經由主成分分析顯示 NH_4^+ 、 PO_4^{3-} 、有機質和酸鹼值是將 4 月與其他月份分群的因子。由前所述，推測 NH_4^+ 、 PO_4^{3-} 和有機質是影響浮游藻生物量和生產量的原因。

營養鹽是浮游藻行光合作用的必要元素，特別是對於氮和磷的需求，當這些物質缺乏時，可能會造成營養鹽限制 (Ryther and Dunstan 1971, Nixon 1995, Nixon et al. 1996)。Domingues et al. (2011) 於葡萄牙和西班牙邊界的 Guadiana 河口進行營養鹽添加實驗，結果顯示全年均有氮限制的情況發生。該河口的氮濃度只有約 $15\sim 30 \mu\text{M}$ 左右。Fisher et al. (1999) 研究美國 Chesapeake Bay，結果顯示上游河口到下游河口漸漸從磷限制轉換成氮限制，磷酸鹽則皆維持低於 $0.2 \mu\text{M}$ 。本研究 9~11 月新虎尾溪河口氨氮濃度為 $17.2\sim 31.7 \mu\text{M}$ ，而當時的新虎尾溪上游氨氮濃度高於 $150 \mu\text{M}$ 以上，但浮游藻生物量和生產量依舊低。在磷酸鹽的部分，比較低的 9~11 月新虎尾溪河口磷酸鹽濃度為 $1.3\sim 2.3 \mu\text{M}$ ，似乎也不構成磷限制的情形，故推測氨氮和磷酸鹽是促進藻類生物量增加的重要因子，但應該還有其他因素共同影響。

水溫對於浮游藻生長影響甚大，不同類群的浮游藻適合溫度範圍不同 (Eppley 1972)。Pei et al. (2017) 於遼東灣研究認為 $23\sim 27^\circ\text{C}$ 為最適合水溫藻類生長的水溫。新虎尾溪位於溫度較高的亞熱帶地區，推測最適合藻類生長的溫度較高。Nakane et al. (2008) 研究日本東京灣，發現在營養鹽和水溫皆足夠的春夏之際，浮游藻發生大量爆發 (spring bloom) 的現象。Ho et al. (2010) 研究高污染香港珠江河口，結果也是高溫和高日照的夏季有最高初級生產量。李 (2014) 於 2011 年於淡水河口研究，結果顯示 8 月和 10 月有最高的浮游藻生物量和生產量。Golubkov et al. (2017) 長期研究俄羅斯的涅瓦河，結果顯示夏季有特別高的生產量，主要是由於大量營養物質沖入中游河口，使藍藻 (cyanobacteria) 生物量大量增加所致。本研究結果為 4 月有最高的浮游藻生物量和生產量，之後逐月降低，大致與前人研究相符，故推測水溫為影響浮游藻的重要因子。但由於採樣需要配合潮汐和理想的天氣，今年 6 月遇到兩次大梅雨，降雨持續數日。而 8 月適合出差的潮汐天氣也不甚理想，導致採樣的時間有些延後，若之後能夠補足夏季的資料，應該能有更完整的結果。

7.2 環境因子對浮游藻群集呼吸量的影響

群集呼吸量的結果可以看出 4 月新虎尾溪上下游和 11 月新虎尾溪河口有特別高的情況。4 月的結果推測是因為有機質很多所導致，有機質含量多的時候會被生物所利用，並配合春天較溫暖的水溫，造成呼吸量增加。但 11 月新虎尾溪河口特別高的群集呼吸量，目前還在找尋可能的原因。

7.3 新虎尾溪河口和海域比較

Pan et al. (2016a) 於濁水溪和新虎尾溪外海進行生產力實驗，與本研究位置相近，皆位於雲林外海周遭 (圖 4-25)。溪流在春夏季具有高出數倍

的浮游藻生物量，是因為半淡鹹水環境以及營養鹽濃度高於海洋數倍的緣故。但是 Pan et al. (2016a)在文中提及，春季總生產量最高，秋季最低，主要是由於濁度所導致的，此結論與本研究並不相同。本研究之浮游藻生物量和濁度沒有關係(圖 4-26)，推測是因為這兩個研究的環境差異所導致影響因素不同。新虎尾溪上游比較屬於下游溪流環境，濁度來自於水中的顆粒性物質多寡及部分的感潮效應，並且此測站為泥質底環境，受到擾動後容易揚起泥沙，因此上游濁度均高於河口。11 月份的採樣出現河口高於上游的情況，主要是由於當天盛行東北季風的環境，海況不佳(巨浪)，在海浪不斷的翻攪之下，導致河口濁度高於上游。從此狀況可以推估，新虎尾溪河口屬於出海口環境，深受海洋環境影響，與 EZ(濁水溪口)、Dm(放流水口)、Ex(新虎尾溪口)為一樣的環境。然而在缺乏浮游藻生物量的秋冬季，本研究和前人研究的結果就沒有太大差異。

兩個研究年淨生產量相比(表 4-10)，新虎尾溪上下游(ZHW-up、ZHW)為 14.57 與 5.32 g C m⁻³ yr⁻¹，新虎尾溪口(Ex)為 3.90g C m⁻³ yr⁻¹，濁水溪口(Ez)和放流水口(Dm)為-66.31、-36.01 g C m⁻³ yr⁻¹(潘，2015)。從這個結果可以看出新虎尾溪為碳匯系統，會將產生多餘的碳輸出到沿海，提供能量給沿海生產系。

8 結論

本研究於 2017 年 4 月到 11 月進行了 6 次採樣，結果顯示 4 月有最高的浮游藻生物量和生產量，之後逐月下降。經由相關和主成分分析的結果顯示，磷酸鹽和氨氮是主要造成季節變異的主要因子。上游和河口測站間的比較顯示，上游有較高的浮游藻生物量和生產量，主要是由於 NH₄⁺和 PO₄³⁻濃度較高所導致，而河口測站因為有大量的海水交換稀釋，所以營養鹽和生物量皆較低一些。此外 NO_x 和 SiO₂ 濃度多寡對於生物量沒有影響，但在 9~11 月的月份，即使營養鹽濃度不低，上下游間浮游藻生物量皆極少，故推測水溫也是影響浮游藻生物量多寡的重要因素。

三、新虎尾溪河口的白海豚活動與河口環境因子的關係

1 調查方法

1.1 新虎尾溪流域中華白海豚海上調查

以 2008 至 2017 年新虎尾溪口所有海上調查資料(台塑補助計畫)，擷取新虎尾溪口範圍(出海口中線往南往北各取 1 海里，圖 4-27)的資料進行分析。海上調查與記錄方法與第壹章的方法相同。

1.2 新虎尾溪環境因子量測

漲潮及乾潮各別進行測量，量測範圍北起麥寮港南堤(23°46'N)南至新興工業區(23°43'N)，以汶港安檢所外鐵橋為河川口基點(圖 4-28)，向外平行延伸至基點 3 公里，共設計 16 個測站，其測站含括海上鯨豚目視觀測的近岸航線及離岸航線。租用 CT0 級平底膠筏漁船於三條崙港出海，搭載 Seabird 19plus V2 SeaCAT Profiler CTD(圖 4-29)，利用船隻吊臂進行定點垂直升降測量，主要量測項目為水深(M)、水溫(°C)、鹽度(PPT)、pH 及溶氧(DO)。潮汐選擇以中央氣象局所公告麥寮港潮汐為基準，平均量測

時段在至最高潮(低潮)前完成。潮汐現象與月球的位置有關。理論上，當月球出現在最接近天頂，或地球另一側的反方向位置時，該地區會有滿潮現象。然而實際上發生的時間都會有所延遲，臺灣沿岸各地的延遲時間，由東海岸經南北兩端往西岸的中部增加，但因半日潮的週期大約為 12 小時 25 分，延遲時間若剛好等於一個週期，就感覺不出有延遲的現象。

2 研究結果

2.1 新虎尾溪河口環境因子量測

採樣時間為 2017 年 6 月到 11 月間，新虎尾溪流域總共量測 4 次，分別為 06/23(漲潮)、08/07(乾潮)、08/30(乾潮)、09/08(漲潮)。結果顯示水深在漲退潮時約有 2 米的潮差(圖 4-30)，鹽度在漲潮時維持 32-33，乾潮時在河口 1500 公尺內有較低的趨勢(圖 4-31)；乾潮時 pH 值略低於滿潮，近河口處界於 7.95-8.0 間，其餘皆維持於 8.0 以上，滿潮皆在 8.0 以上；乾潮時水溫普遍高於滿潮；溶氧均維持在 4~6 mg L⁻¹ 之間。

2.2 新虎尾流域中華白海豚目擊頻度

2017 年月雨量分佈趨勢顯示雨量集中在 4 月至 9 月間，故將期定為濕季，其餘月分則為乾季；進一步又將濕季分為 I、II、III 期，分別為 4-5 月、6-7 月及 8-9 月。將 2008 至 2017 年新虎尾溪口所有目擊資料均列入分析。2008-2017 年一共執行 231 趟調查，共累積目擊 61 群次中華白海豚(圖 4-32)。

2.3 河口環境因子與中華白海豚目擊率相關性的初步分析

比較河口區環境因子與中華白海豚群次目擊率的相關性，以 XY 散佈圖顯示，濕季的 I 期及 II 期，浮游藻類淨生產力及葉綠素 a 濃度或生物量越高，群次目擊率相對較高；濕季第 III 期則變動較大；乾季(IV)則隨淨生產力及葉綠素 a 濃度下降而下降(圖 4-33)。雨量與逕流量略呈指數相關($R^2=0.60$)(圖 4-34)；而與群次目擊率間顯示濕季有較高機會目擊中華白海豚(圖 4-35)。逕流量與淨生產力有對數相關($R^2=0.77$)，與葉綠素 a 則無明顯趨勢($R^2=0.54$)；雨量對淨生產力及葉綠素 a 則無明顯趨勢($R^2=0.55$ ； $R^2=0.45$)(圖 4-36)。

3 討論

在河口區內，平均淨初級生產量是地球上約 19 種生態系的第 4 名，僅次於珊瑚礁海床、熱帶雨林及沼澤地帶(Whittaker 1975)，其中耐鹽草澤植物、藻類及浮游植物是其最主要的生產者。營養鹽主要來自河川上游的家庭廢水與工業廢水所注入，特別是氮鹽，還有由沖刷與風化岩石所得的磷鹽，源源不絕地補充到河口區生態系。加上充足的陽光照射，造成生產力旺盛。

臺灣沿海潮流以半日潮為主，每隔 6 個多小時左右便會改變一次方向，且多沿岸邊往返而流，較不易擴散遠去。沿海潮流的流速一般為 20~30 cm S⁻¹，因此自河川排放入海的淡水會漫佈在河口左右各約 5 公里，離岸 2~3 公里的海域。河口區潮位變化大、潮差明顯，很少有大型魚類能居住於此，最多是隨漲潮而短暫進入此區。水域中缺少大型次級以上消費

者，是此區的特色。由於外在物理環境變化劇烈，能在此區生存並繁殖後代的物種相對比較少。若是與淡水或近海水域的物種歧異度指數相比，河口及潮間帶地區比前兩者都來得低。但是令另一個特色卻是河口及潮間帶的單位面積內，個體數非常地多。由於營養鹽不斷自河川及近海注入而不虞匱乏，因此這些少數能在河海交界處存活繁殖者，在沒有競爭者的情況下，個體數特多，代表著物種生物量大的特性。

河口浮游藻類生產量的多寡會影響沿海生態系食物網中的能量傳輸，高基礎生產量的地區常是魚類與底棲動物豐富的重要漁場(Nixon 1988, Cloern 2001)，進而可預期會吸引並孕育中華白海豚族群。Hung and Jefferson (2004)之研究也指出，中華白海豚的活動範圍應該主要與食物資源的多寡有關，而基礎生產量是影響食物網中各生物類群的重要因子之一。依據香港與澳洲的擱淺中華白海豚胃內容物分析結果發現其食餌魚類以底棲性的石首魚與海鯰科為主，同時也包含中表水層的鯉科與鯽科魚類(Barros et al. 2004; Krishnan et al. 2008; Parra and Jedensjö 2009)，而這些魚類的食性又以浮游動物、底棲動物為主(Xue et al., 2005)。因此，在高基礎生產力的地區經常是魚類及底棲動物的重要漁場(Nixon 1988; Cloern 2001)，在這些海洋生物聚集的區域，自然也就會吸引如中華白海豚的頂級掠食者前往覓食或駐留(Kenney et al. 1997; Barlow and Mitchell 2008)。

今年度目前並尚未做出環境因子變動與中華白海豚目擊頻度間的相關性，可能是因為樣品次數太少，還有冬季海上目視調查資料品質不佳導致。過去在新虎尾溪口利用水下聲學研究顯示，中華白海豚的移動模式會隨乾濕季及河川上游降雨量多寡而改變(李佳紘 2015)，相同的模式在珠江口的中華白海豚移動趨勢上亦有發現。Fury et al. (2011)指出，潮汐變化及季節都會影響瓶鼻海豚的移動模式，在春季滿潮時有較高的目擊頻度。其移動模式與河口區魚類移動模式受潮汐變化影響有關(Gibson et al., 1996; Hampel et al., 2003)。因此要瞭解中華白海豚的目擊頻度與環境因子間的相關性，需要廣泛的考慮其他可能影響的相關因子，方有機會釐清中華白海豚在臺灣的棲地利用特性。

四、參考文獻

- American Public Health Association (APHA). 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation. 19th edition, Washington, D.C.
- Bacher, C., Duarte, P., Ferreira, J. G., Héral, M., & Raillard, O. (1997). Assessment and comparison of the Marennes-Oléron Bay (France) and Carlingford Lough (Ireland) carrying capacity with ecosystem models. *Aquatic Ecology*, 31(4), 379-394.
- Barror, N.B., T.A. Jefferson, and E.C.A. Parsons. 2004. Feeding habitat of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) stranded in Hong Kong. *Aquatic Mammals* 30: 179-188.
- Barlow, J., M. Kahru, and B. Mitchell. 2008. Cetacean biomass, prey consumption, and primary production requirements in the California Current ecosystem. *Marine Ecology Progress Series* 371: 285-295.
- Chen, B., Xu, X., Jefferson, T. A., Olson, P. A., Qin, Q., Zhang, H., ... & Yang, G. (2016). Chapter Five-Conservation Status of the Indo-Pacific Humpback Dolphin (*Sousa chinensis*) in the Northern Beibu Gulf, China. *Advances in marine biology*, 73, 119-139.
- Cloern, J.E. 1999. The relative importance of light and nutrient limitation of phytoplankton growth: a simple index of coastal ecosystem sensitivity to nutrient enrichment. *Aquatic Ecology* 33: 3-15
- Cloern, J.E. 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology Progress Series* 210:223-253.
- Dalrymple, R. W., B. A. Zaitlin, and R. Boyd. 1992. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications: perspective. *Journal of Sedimentary Research* 62.
- Dares, L. E., Hoffman, J. M., Yang, S. C., & Wang, J. Y. (2014). Habitat characteristics of the critically endangered Taiwanese humpback dolphins (*Sousa chinensis*) of the eastern Taiwan Strait. *Aquatic Mammals*, 40(4), 368.
- Domingues, R. B., T. P. Anselmo, A. B. Barbosa, U. Sommer, and H. M. Galvão. 2011. Nutrient limitation of phytoplankton growth in the freshwater tidal zone of a turbid, Mediterranean estuary. *Estuarine, coastal and shelf science* 91:282-297.
- Eppley, R. W. 1972. Temperature and phytoplankton growth in the sea. *Fish. Bull* 70:1063-1085.
- Fairbridge, R. 1980. The estuary: its definition and geodynamic cycle. *Chemistry and biochemistry of estuaries*:1-35.
- Ferrier S (2002) Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: where to from here? *Syst Biol* 51: 331–363
- Fisher, T., A. Gustafson, K. Sellner, R. Lacouture, L. Haas, R. Wetzel, R. Magnien, D. Everitt, B. Michaels, and R. Karrh. 1999. Spatial and temporal variation of resource limitation in Chesapeake Bay. *Marine Biology* 133:763-778.
- Fury, C. A., & Harrison, P. L. (2011). Seasonal variation and tidal influences on estuarine use by bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 93(4), 389-395.
- Gaulke, A. K., M. S. Wetz, and H. W. Paerl. 2010. Picophytoplankton: a major contributor to planktonic biomass and primary production in a eutrophic, river-dominated estuary. *Estuarine, coastal and shelf science* 90:45-54.

- Gibson, R.N., Robb, L., Burrows, M.T., Ansell, A.D., 1996. Tidal, diel and longer term changes in the distribution of fishes on a Scottish sandy beach. *Marine Ecology Progress Series* 130, 1-17.
- Goldman, E., and R. Jacobs. 1961. Determination of nitrates by ultraviolet absorption. *Journal (American Water Works Association)* 53:187-191.
- Golubkov, S., M. Golubkov, A. Tiunov, and V. Nikulina. 2017. Long-term changes in primary production and mineralization of organic matter in the Neva Estuary (Baltic Sea). *Journal of Marine Systems* 171:73-80.
- Hampel, H., Cattrijsse, A., Vincx, M., 2003. Tidal, diel and semi lunar changes in the faunal assemblage of an intertidal saltmarsh creek. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56, 795e805.
- Hatcher, B., A. O. Chapman, and K. Mann. 1977. An annual carbon budget for the kelp *Laminaria longicruris*. *Marine Biology* 44:85-96.
- Ho, A. Y., J. Xu, K. Yin, Y. Jiang, X. Yuan, L. He, D. M. Anderson, J. H. Lee, and P. J. Harrison. 2010. Phytoplankton biomass and production in subtropical Hong Kong waters: influence of the Pearl River outflow. *Estuaries and Coasts* 33:170-181.
- Jassby AD, Platt T (1976) Mathematical formulation of the relationship between photosynthesis and light for phytoplankton. *Limnology and Oceanography* 21:540-547.
- Jefferson TA, Hung SK (2004). A review of the status of the Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) in Chinese waters. *Aquatic Mammals* 30:149–158
- Jeffrey ST, Humphrey G (1975) New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c 1 and c 2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen* 167:191-194.
- Karczmarski L, Thornton M, Cockcroft VG (2000) Daylight occurrence of humpback dolphins *Sousa chinensis* in Algoa Bay, South Africa. *African Journal of Ecology* 38:86–90
- Karczmarski L, Thornton M, Cockcroft VG (2000) Daylight occurrence of humpback dolphins *Sousa chinensis* in Algoa Bay, South Africa. *African Journal of Ecology* 38:86–90.
- Kenney, R.D., G.P. Scott, T.J. Thompson, and H.E. Winn. 1997. Estimates of prey consumption and trophic impacts of cetaceans in the USA northeast continental shelf ecosystem. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 22: 155-171.
- Krishnan, A. A., Yousuf, K. S., Kumaran, P. L., Harish, N., Anoop, B., Afsal, V. V., ... & Jayasankar, P. (2008). Stomach contents of cetaceans incidentally caught along Mangalore and Chennai coasts of India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(4), 909-913.
- Lin TH, Akamatsu T, Chou LS (2015) Seasonal distribution of Indo-Pacific humpback dolphins at an estuarine habitat: influences of upstream rainfall. *Estuar Coasts* 38: 1376–1384
- Lin TH (2013). The application of passive acoustic monitoring for studying Indo-Pacific humpback dolphin behavior and habitat use off western Taiwan (Doctoral dissertation, Ph. D. dissertation, National Taiwan University (<http://handle.ncl.edu.tw/11296/ndltd/17027378804372597052>)).
- Marshall HG (2005) Metabolic rate measurements. In: Eaton AD, Franson MAH (eds) *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*. American Public Health Association, Washington, DC.
- Murphy J, Riley JP (1962) A modified single solution method for the determination of

- phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 27:31-36.
- Nakane, T., K. Nakaka, H. Bouman, and T. Platt. 2008. Environmental control of short-term variation in the plankton community of inner Tokyo Bay, Japan. *Estuarine, coastal and shelf science* 78:796-810.
- Nixon, S., J. Ammerman, L. Atkinson, V. Berounsky, G. Billen, W. Boicourt, W. Boynton, T. Church, D. Ditoro, and R. Elmgren. 1996. The fate of nitrogen and phosphorus at the land-sea margin of the North Atlantic Ocean. *Biogeochemistry* 35:141-180.
- Nixon, S. W. 1988. Physical energy inputs and the comparative ecology of lake and marine ecosystems. *Limnology and Oceanography* 33:1005-1025.
- Nixon, S. W. 1995. Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. *Ophelia* 41:199-219.
- Paerl, H. W., L. M. Valdes-Weaver, A. R. Joyner, and V. Winkelmann. 2007. Phytoplankton indicators of ecological change in the eutrophying Pamlico Sound system, North Carolina. *Ecological Applications* 17.
- Pai, S.-C., Y.-J. Tsau, and T.-I. Yang. 2001. pH and buffering capacity problems involved in the determination of ammonia in saline water using the indophenol blue spectrophotometric method. *Analytica Chimica Acta* 434:209-216.
- Pai, S.-C., C.-C. Yang, and J. P. Riley. 1990. Formation kinetics of the pink azo dye in the determination of nitrite in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 232:345-349.
- Pan, C.-W., Y.-L. Chuang, L.-S. Chou, M.-H. Chen, and H.-J. Lin. 2016a. Factors governing phytoplankton biomass and production in tropical estuaries of western Taiwan. *Continental Shelf Research* 118:88-99.
- Pan, C. W., M. H. Chen, L. S. Chou, and H. J. Lin. 2016b. The Trophic Significance of the Indo-Pacific Humpback Dolphin, *Sousa chinensis*, in Western Taiwan. *PloS one* 11:e0165283.
- Parra, G.J. 2006. Resource partitioning in sympatric delphinids: space use and habitat preferences of Australian snubfin and Indo-Pacific humpback dolphins. *J. Anim. Ecol.* 75:862-874.
- Parsons, T. R., Y. Maita, and C. M. Lalli. 1984. A manual of biological and chemical methods for seawater analysis. Publ. Pergamon Press, Oxford.
- Pei, S., E. A. Laws, H. Zhang, S. Ye, H. Yuan, and H. Liu. 2017. Patchiness of phytoplankton and primary production in Liaodong Bay, China. *PloS one* 12:e0173067.
- Pritchard, D. W. 1967. Observations of circulation in coastal plain estuaries.
- Reeves, R.R., Dalebout, M.L., Jefferson, T.A., Karczmarski, L., Laidre, K., O’CorryCrowe, G., Rojas-Bracho, L., Secchi, E.R., Slooten, E., Smith, B.D., Wang, J.Y., Zerbini, A.N., Zhou, K., 2008. *Pontoporia blainvillei*. In: IUCN 2010, IUCN Red List of Threatened Species.
- Rushton SP, Ormerod SJ, Kerby G (2004) New paradigms for modelling species distributions? *J Appl Ecol* 41: 193–200
- Ryther, J. H., and W. M. Dunstan. 1971. Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in the coastal marine environment. *Science* 171:1008-1013.
- Schelske, C. L., and E. P. Odum. 1962. Mechanisms maintaining high productivity in Georgia estuaries. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 14:75-80.
- Ware, D. M., & Thomson, R. E. (2005). Bottom-up ecosystem trophic dynamics determine fish production in the Northeast Pacific. *science*, 308(5726), 1280-1284.

- Whittaker, R.H. 1975 *Communities and Ecosystems*, 2nd edn. Macmillan, New York.
- Xue, Y., X. Jin, B. Zhang, and Z. Liang. 2005. Seasonal, diel and ontogenetic variation in feeding patterns of small yellow croaker in the central Yellow Sea. *Journal of Fish Biology* 67: 33-50
- 李佳紘(2016) 以被動式聲學探討中華白海豚在河口的活動模式。國立臺灣大學生命科學院生態學與演化生物學研究所碩士論文
- 李奕廷(2014) 淡水河浮游生物對水體有機碳收支的影響。國立中興大學生命科學系碩士論文
- 周蓮香(2017) 雲林沿海中華白海豚族群監測期末報告。國立臺灣大學海洋技術研究中心
- 雲林縣政府(2010) 「易淹水地區水患治理計畫」雲林縣管河川新虎尾溪水系規劃報告
- 雲林縣政府(2017) 民國 105 年統計年報
- 經濟部水利署(2008~2016) 中華民國 97~105 年水文年報
- 潘靖汶(2015) 雲林沿海浮游藻類生產力與生態系食物網模式建構。國立中興大學生命科學系碩士論文

五、附件

1 2008~2017年新虎尾溪降雨產生日逕流量資料

附表 4.1- 1 2008 年日逕流量。

2008 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十 一 月	十 二 月
1	0.00	0.00	0.00	6.64	0.24	0.02	9.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.31	0.00	1.26	0.00	104.74	0.00	0.00	13.52	0.00	0.00	0.00
3	0.00	5.62	0.00	0.00	0.00	37.66	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00
4	0.00	1.02	0.00	0.00	0.00	12.44	0.00	0.00	5.44	0.00	0.00	0.00
5	0.00	8.87	0.00	0.00	2.18	16.25	6.57	11.08	0.57	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	18.06	20.46	31.24	6.12	19.98	0.00	0.00
7	0.00	1.78	0.00	0.00	0.00	0.00	26.36	1.64	0.08	41.64	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.23	2.98	0.00	0.00	1.83	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.75	61.95	0.00	0.00	0.00	9.90	0.00
10	0.00	0.00	0.68	0.00	0.00	0.00	6.82	8.43	0.00	0.00	6.74	0.00
11	0.00	0.00	0.00	1.01	0.00	0.00	7.21	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.74	2.19	0.00	9.37	0.00	0.16	0.00
13	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	10.28	0.00	0.00	0.00
14	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	89.69	0.00	0.11	121.75	0.00	0.00	0.00
15	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	1.24	0.76	0.11	3.93	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.00	1.21	0.00	3.35	1.94	0.09	5.67	0.00	0.57	0.00
17	0.61	0.00	0.00	2.10	0.00	0.51	21.08	1.94	1.37	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	259.33	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.00	5.73	0.69	63.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00	1.03	11.24	0.00	0.00	14.14	0.00	0.49	0.00	0.00
22	0.00	0.00	4.73	0.00	0.65	0.00	0.18	7.94	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	2.88	5.00	0.00	0.16	0.00	0.00	8.03	2.75	0.00	0.00	0.00
24	0.00	1.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00
25	4.06	0.00	0.00	0.00	0.00	1.99	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00
26	8.30	0.00	0.46	0.00	4.47	0.16	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00
27	0.11	0.00	0.00	0.00	0.17	17.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	0.00	0.00	0.00	6.99	0.00	2.67	100.96	0.00	40.82	0.00	0.00	0.00
29	0.00	0.00	0.00	0.00	17.98	0.00	36.91	0.16	163.46	0.00	0.00	0.17
30	0.00		0.00	0.00	1.12	0.34	0.19	0.00	1.99	0.00	0.00	5.52
31	0.00		7.66		23.96		1.72	0.00		0.00		3.83
月流量	14.14	22.35	18.52	20.25	68.19	325.38	647.53	89.74	389.58	62.11	19.20	9.52
年流量												
1686.51												
Average	0.46	0.77	0.60	0.67	2.20	10.85	20.89	2.89	12.99	2.00	0.64	0.31
MAX	8.30	8.87	7.66	6.99	23.96	104.74	259.33	31.24	163.46	41.64	9.90	5.52

附表 4.1- 2 2009 年日逕流量。

2009 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.24	3.02	65.11	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.45	1.87	6.06	0.92	0.16	0.00	0.00
5	0.00	0.00	3.87	0.00	0.00	0.16	0.00	4.81	0.00	17.12	0.00	0.00
6	0.00	0.00	40.25	0.00	0.00	0.00	1.83	55.53	9.06	0.11	0.00	0.00
7	0.00	0.00	16.47	2.87	0.00	0.00	0.00	12.71	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	3.76	0.00	0.00	0.00	0.00	93.83	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	3.26	0.00	0.00	0.00	0.00	238.04	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.98	0.00	0.00	7.34	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	4.05	0.23	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.84	0.00	2.92	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.11	3.07	0.00	11.48	29.97	4.12	0.00	0.00	7.61	0.00
14	0.00	0.00	0.24	17.14	0.00	19.85	3.97	0.11	10.82	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	37.54	0.00	0.11	0.00
16	0.00	0.00	0.00	7.22	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	1.41
17	0.00	0.00	0.00	18.15	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	1.16
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	12.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	17.03	0.00	2.59	0.00	0.00	0.00
20	0.00	2.35	0.00	10.60	0.00	3.88	5.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00	4.48	1.01	31.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00	10.05	0.00	96.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	6.18	0.00	0.00	0.00	4.68	4.87	0.00	0.00	0.00	0.16
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	4.38	0.13	0.00	0.00	0.00	1.56
26	0.00	0.00	0.00	19.45	0.00	5.09	1.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	0.00	0.00	0.00	0.00	4.89	0.00	0.00	0.00	2.07	0.00	0.00	0.83
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	4.35	0.23	0.00	0.00	0.00	4.41
29	0.00		12.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.41	0.00	0.00	0.00
30	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	32.47	0.00	0.00	4.62
31	0.00		0.00		0.00		0.00	8.18		0.00		1.09
月流量	0.00	2.35	86.17	93.04	6.31	213.52	90.60	520.82	108.11	17.90	15.06	15.23
年流量												
1169.11												
Average	0.00	0.08	2.78	3.10	0.20	7.12	2.92	16.80	3.60	0.58	0.50	0.49
MAX	0.00	2.35	40.25	19.45	4.89	96.18	29.97	238.04	37.54	17.12	7.61	4.62

附表 4.1- 3 2010 年日逕流量。

2010 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	1.66	11.23	0.00	0.00	0.00
2	1.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.59	0.00	0.00	0.00
3	5.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.66	0.00	0.02	0.34	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	20.20	0.00	3.47	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	15.59	0.00	0.00	1.57	0.00
6	0.75	0.33	0.00	12.53	0.00	0.00	2.55	0.08	0.57	0.00	0.16	0.00
7	0.28	1.19	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	8.17	0.00	0.00	9.77	0.00	0.00	0.00	0.17	0.42	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	5.09	5.48	0.52	0.00	0.00	0.00	22.13	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.84	0.00	0.00	3.58	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.71	0.00	0.16	5.34	0.00	0.00	0.00
12	0.67	2.65	0.00	0.00	0.00	7.44	7.92	1.85	14.61	0.00	0.17	0.00
13	0.00	2.57	1.13	0.00	0.00	72.70	5.32	4.12	0.00	0.00	16.63	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.94	0.58	3.09	6.43	0.00	0.18	0.00
15	0.00	0.35	0.00	3.74	0.00	2.14	0.80	2.20	0.00	0.00	0.11	0.67
16	0.00	10.10	0.00	0.35	0.00	0.00	0.81	18.00	0.00	0.00	0.00	17.60
17	0.00	10.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	7.58	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	7.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.64	1.10	0.00	0.00	0.00
19	0.00	24.47	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	58.37	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.60	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.06	12.92	0.00	3.39	1.01	0.00	0.00
22	0.00	1.90	0.00	0.00	0.00	2.57	5.99	0.11	0.00	3.07	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	10.79	51.13	2.99	14.74	5.11	0.00	0.18	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.79	0.00	0.11	7.13	1.31	11.93	0.02	0.00	0.04	0.00
25	3.12	0.11	1.74	0.00	0.00	73.40	0.74	20.52	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	6.54	1.08	0.00	0.00	0.04	0.00
27	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	26.60	146.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	0.00	0.00	0.00	7.48	2.00	14.64	71.16	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00
29	0.00		0.00	4.59	12.36	1.60	0.23	16.70	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00		0.00	8.78	5.39	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.00		0.00		0.00		0.00	1.20		0.00		0.00
月流量	20.02	61.10	8.76	64.30	71.51	297.47	279.61	112.59	155.91	4.26	22.36	18.28
年流量												
1116.18												
Average	0.65	2.18	0.28	2.14	2.31	9.92	9.02	3.63	5.20	0.14	0.75	0.59
MAX	8.17	24.47	5.09	12.53	51.13	73.40	146.52	20.52	58.37	3.07	16.63	17.60

附表 4.1- 4 2011 年日逕流量。

2011 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.26	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	17.82	0.00	0.00	12.54	1.95	0.00	0.42
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	8.60	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.69
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.63	0.00	0.00	0.00	0.33
7	0.00	0.00	2.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.72	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	25.28	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	33.60	0.11	0.00	69.76	0.80
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.37	17.37	0.34	0.00	63.52	0.00
11	2.69	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	14.57	8.04	0.19	0.16	2.35	0.16
12	10.58	0.00	0.00	0.00	0.11	3.20	69.64	0.92	0.00	0.00	0.28	0.00
13	0.08	4.11	0.00	0.00	3.74	0.00	13.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
14	0.00	4.49	0.00	0.00	0.00	0.00	3.95	1.26	0.00	6.11	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.71	0.00	0.02	0.93	0.00	0.00
16	0.00	0.33	0.00	0.00	9.78	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	2.28	8.32	3.26	1.96	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00
18	0.00	0.00	2.59	0.00	0.37	7.66	6.74	0.57	0.00	0.00	0.16	0.00
19	0.34	0.90	0.50	0.00	2.14	0.11	10.86	0.00	0.00	0.00	1.78	0.00
20	0.78	4.79	0.00	0.00	0.02	0.28	26.56	0.00	0.17	0.00	1.33	0.00
21	5.31	0.00	0.00	0.00	2.97	2.89	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00	0.11	24.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.28	24.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	1.23	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.34	8.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	9.08	0.34	0.69	0.00	0.00	0.11	0.00
27	0.00	0.00	7.83	0.00	0.00	24.31	0.00	6.21	0.00	0.00	0.00	0.00
28	0.00	0.00	3.30	0.00	0.00	13.95	0.00	2.82	0.17	0.00	0.00	0.00
29	0.00		0.00	0.67	0.00	4.48	13.72	4.72	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00		0.00	0.24	0.00	0.00	0.27	51.38	0.00	0.00	0.16	0.00
31	0.00		0.00		0.00		0.69	12.05		0.00		3.68
月流量	20.36	14.61	17.38	3.59	78.05	108.46	198.35	142.82	13.97	17.73	169.78	22.19
年流量	807.29											
Average	0.66	0.52	0.56	0.12	2.52	3.62	6.40	4.61	0.47	0.57	5.66	0.72
MAX	10.58	4.79	7.83	2.28	24.30	24.31	69.64	51.38	12.54	8.60	69.76	16.69

附表 4.1- 5 2012 年日逕流量。

2012 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.00	0.00	0.16	0.00	0.08	0.00	0.28	7.73	1.41	0.00	0.00	1.14
2	0.00	0.00	0.00	0.00	13.63	0.00	0.00	221.88	0.00	0.00	0.00	0.08
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	1.29	0.00	0.00	0.00	0.80
4	0.00	0.00	0.00	0.00	28.16	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03	0.00	0.00	0.00	16.22
6	2.36	2.06	0.00	11.20	0.00	0.00	1.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71
7	0.00	3.47	0.00	0.33	0.00	0.17	0.00	26.78	2.63	0.00	0.00	0.00
8	0.00	6.55	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	4.61	1.65	0.00	0.00	4.79
9	0.02	0.00	1.30	0.00	0.23	19.93	0.00	1.27	8.34	0.00	0.00	6.54
10	0.00	0.00	0.24	0.17	0.40	20.72	0.00	3.71	0.17	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	4.83	0.00	0.16	2.86	0.08	15.21	0.69	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	6.81	0.00	0.00	45.95	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00
13	0.28	0.00	0.35	0.00	0.00	0.92	0.00	0.17	0.92	0.00	0.00	0.00
14	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	77.76	0.00	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00
15	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	23.66	0.00	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00
16	10.15	0.00	0.00	9.08	23.52	43.59	0.92	40.51	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.80	3.72	14.88	7.91	0.32	70.84	0.00	0.00	17.38	0.00
18	0.50	0.00	0.00	29.70	37.77	10.34	0.25	1.19	0.00	0.00	7.17	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.55	2.27	37.70	6.63	27.91	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	37.50	12.33	73.90	0.00	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	3.35	0.00	14.86	0.00	2.23	38.57	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00
22	3.13	0.11	0.00	0.00	0.00	1.25	46.15	0.51	0.00	0.00	9.37	0.16
23	7.71	0.56	0.00	0.00	0.00	4.72	0.57	0.13	0.00	0.00	22.10	0.00
24	3.02	1.86	0.28	0.46	0.00	0.00	37.99	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00
25	0.95	2.96	0.00	10.62	0.00	0.00	41.45	1.24	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.34	2.82	0.00	22.45	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.43	0.00
27	0.00	5.24	0.00	6.04	19.05	0.11	3.02	0.11	0.00	0.00	3.06	0.00
28	0.00	13.96	0.00	11.19	10.26	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
29	0.00	0.00	0.00	1.11	10.88	14.05	0.00	0.74	0.00	0.00	9.25	0.00
30	0.00		0.00	50.27	2.28	1.36	0.00	7.44	0.00	0.00	6.25	7.28
31	0.00		0.37		0.00		3.44	14.27		0.00		0.00
月流量	30.43	42.94	15.14	209.25	176.02	389.31	181.25	452.91	18.43	0.00	79.63	37.72
年流量	1633.01											
Average	0.98	1.48	0.49	6.97	5.68	12.98	5.85	14.61	0.61	0.00	2.65	1.22
MAX	10.15	13.96	6.81	50.27	37.77	77.76	46.15	221.88	8.34	0.00	22.10	16.22

附表 4.1- 6 2013 年日逕流量。

2013 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.00	0.00	0.00	10.60	19.28	0.00	2.29	1.86	50.05	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	2.18	2.50	3.60	0.00	4.17	0.00	0.00	0.00	0.86	0.00
3	2.96	3.22	0.11	6.97	4.60	0.00	2.97	4.87	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	13.14	0.00	2.52	8.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	103.98	0.00	0.11	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	1.43	0.00	0.00	11.71	2.60	0.00	0.57	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	2.22	1.99	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.23	0.34	0.00	0.00	0.00	0.09	11.86	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00
9	0.11	0.00	0.00	9.68	0.00	0.35	14.37	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	9.10	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.11	5.37	2.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.20	0.00	0.00	1.74	18.81	14.58	2.69	0.00	6.91	0.00	0.00	0.00
13	10.00	0.00	0.00	0.45	30.60	4.10	121.54	0.00	3.27	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	3.32	4.76	3.07	0.00	19.66	0.00	0.00	0.00	0.44
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.51	15.61	9.70	0.00	0.00	0.00	2.35
16	0.00	0.00	0.00	0.00	9.54	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.34
17	0.00	0.00	0.00	0.00	72.51	0.00	4.64	0.00	0.00	0.00	0.00	32.59
18	0.00	0.00	2.70	0.33	0.17	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	2.56
19	0.00	0.00	0.00	0.53	40.85	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.11
20	0.00	0.00	0.00	7.52	32.81	0.00	0.00	5.93	0.00	0.00	0.00	0.28
21	0.00	0.00	0.00	3.61	66.06	3.13	0.00	83.21	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00	0.11	3.36	0.00	0.00	159.08	4.79	0.00	0.93	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00	13.15	0.16	0.11	5.09	8.12	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	8.29	20.39	7.42	6.92	0.00	0.52	0.08
25	0.00	0.00	0.00	4.81	0.00	21.31	12.06	0.00	0.00	0.00	12.55	0.11
26	0.00	0.00	2.43	3.45	0.00	0.00	18.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45
27	0.00	0.00	11.77	16.27	0.00	0.00	6.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	0.00	0.00	8.41	1.28	0.00	0.00	0.34	0.11	0.00	0.00	0.24	0.00
29	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	331.16	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.71	166.45	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.00		1.25		0.00		0.11	82.65		0.00		0.00
月流量	13.50	3.56	29.14	193.18	325.60	70.15	266.84	881.90	81.21	1.49	15.10	46.32
年流量												
1927.99												
Average	0.44	0.13	0.94	6.44	10.50	2.34	8.61	28.45	2.71	0.05	0.50	1.49
MAX	10.00	3.22	11.77	103.98	72.51	21.31	121.54	331.16	50.05	0.92	12.55	32.59

附表 4.1-7 2014 年日逕流量。

2014 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.11	0.00	9.23	0.00	0.00	0.00	39.40	0.00	0.00	0.00	4.49
3	0.00	0.11	0.11	1.47	0.77	123.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57
4	0.00	1.82	0.00	0.00	0.25	4.25	1.30	15.16	0.00	0.00	0.00	7.06
5	0.00	0.24	0.42	0.00	17.61	6.00	0.00	23.85	0.23	0.00	0.00	0.73
6	0.00	0.31	0.00	0.00	7.08	19.32	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	15.36	0.97	0.23	3.97	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.17	0.00	1.04	17.12	0.00	0.43	0.31	0.00	0.00	0.00
9	0.00	1.09	0.00	0.00	2.68	0.00	0.00	7.67	4.74	0.00	0.00	0.00
10	0.00	4.89	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00	32.90	0.23	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.11	0.33	0.00	0.41	0.00	0.00	7.08	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	8.47	0.00	3.72	0.00	0.00	2.46	4.65	0.00	0.00	0.17
13	0.00	1.70	11.52	0.00	18.81	6.61	0.00	8.15	0.00	0.00	0.28	0.00
14	0.00	2.06	0.00	0.00	0.00	3.01	0.00	0.17	0.00	0.00	0.34	0.00
15	0.00	0.80	0.00	0.00	39.07	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00
16	0.32	0.28	0.00	0.00	39.08	0.00	0.00	0.00	1.67	0.00	0.16	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.97	0.00	0.07	0.00	0.00	0.45	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.28	36.70	0.00	18.24	22.57	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	2.36	0.00	0.00	9.40	0.00	1.08	0.33	0.00	0.00	0.00	0.40
20	0.00	0.00	0.00	0.00	36.28	1.10	4.21	0.18	25.71	0.00	0.00	0.16
21	0.00	0.00	0.08	0.00	17.44	0.33	0.00	0.00	3.35	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.04	1.69	0.00	9.28	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00	4.76	0.18	61.09	0.00	1.08	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	1.28	2.78	0.00	10.18	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.80	6.67	0.34	0.00	0.00	0.00	0.77
26	0.00	0.00	0.00	2.48	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52
27	0.00	0.00	3.59	0.00	0.08	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	1.60
28	0.00	0.00	0.00	0.00	6.64	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.16	1.26
29	0.00		0.00	0.00	0.61	9.99	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00		0.00	0.16	3.02	7.15	0.00	3.54	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.00		9.66		0.00		0.57	11.97		0.00		0.00
月流量	0.32	15.89	34.36	13.62	265.21	215.76	97.98	180.88	61.45	0.00	1.91	17.72
年流量												
905.10												
Average	0.01	0.57	1.11	0.45	8.56	7.19	3.16	5.83	2.05	0.00	0.06	0.57
MAX	0.32	4.89	11.52	9.23	39.08	123.13	61.09	39.40	25.71	0.00	0.52	7.06

附表 4.1- 8 2015 年日逕流量。

2015 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.82	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	3.06	0.00	20.63	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.20	0.00	41.65	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.41	110.23	0.00	0.11	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	29.61	0.00	18.42	0.00	3.08
10	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.74	0.11	0.00	0.00	0.00	30.05
11	0.00	0.00	0.11	11.51	0.10	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	1.89	2.37	10.12	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	1.24
13	2.21	0.00	0.00	0.00	0.92	0.00	0.86	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00
14	4.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.83	0.11	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	2.95	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	8.08	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	17.83	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.74	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.44	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	11.00	19.48	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	58.18	0.00	9.59	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00
21	0.17	3.21	0.00	27.85	5.79	1.75	0.00	0.00	0.00	0.98	1.26	0.22
22	0.00	0.02	0.00	0.00	11.95	11.10	5.36	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00
23	0.00	0.00	2.02	0.00	6.91	3.86	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	125.35	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.54	0.00	1.17	0.00	0.00	17.07	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.84	0.00	0.00	0.00	69.62	0.00	0.00	31.17	0.00	0.00	0.00	0.00
27	1.08	0.00	0.00	0.00	3.10	0.00	5.10	24.89	0.00	0.00	0.00	0.11
28	0.23	0.00	0.00	0.00	6.01	0.00	4.18	9.50	14.77	0.00	0.00	0.00
29	0.16		0.00	0.00	0.00	0.54	3.18	29.97	107.60	0.00	0.00	0.00
30	0.00		0.00	0.00	2.20	0.00	0.84	24.54	17.62	0.00	0.00	0.00
31	0.00		0.00		75.53		0.00	19.39		0.00		0.00
月流量	9.12	11.31	5.38	45.10	376.95	39.18	78.82	387.85	200.35	20.37	1.26	35.43
年流量												
1211.13												
Average	0.29	0.40	0.17	1.50	12.16	1.31	2.54	12.51	6.68	0.66	0.04	1.14
MAX	4.44	8.08	2.02	27.85	125.35	20.63	35.20	110.23	107.60	18.42	1.26	30.05

附表 4.1- 9 2016 年日逕流量。

2016 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.11	4.42	0.00	0.00	8.51	0.00	11.68	5.84	0.00	0.55	0.00	0.11
2	5.43	1.31	0.00	0.00	3.80	0.00	8.30	25.34	3.57	0.00	0.00	0.00
3	21.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	13.51	0.36	8.40	0.00	0.00	0.00
4	1.54	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	14.54	0.03	6.21	0.00	0.00	0.00
5	2.60	0.14	0.00	0.00	0.00	17.62	0.00	0.00	4.12	0.00	0.00	0.00
6	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00	27.29	0.06	0.48	15.41	4.58	0.00	0.00
7	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	9.50	0.00	0.00	21.11	1.56	0.00	0.00
8	0.61	0.00	0.00	0.00	0.56	1.94	4.42	0.79	1.31	5.03	0.00	0.00
9	0.00	0.00	11.29	0.00	0.03	31.37	39.13	0.15	1.18	1.34	0.00	0.00
10	2.38	0.00	30.98	21.13	6.35	1.04	5.98	0.00	4.59	0.00	0.40	0.00
11	8.26	11.16	11.14	9.31	2.19	62.11	7.90	6.10	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.37	8.46	0.00	22.37	4.77	17.08	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.17	0.00	11.62	10.82	0.00	35.47	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.76	0.00	5.45	20.88	0.00	1.12	0.00	0.09	9.69	0.00	0.00	0.00
15	2.75	0.00	4.33	11.91	0.00	2.00	0.00	13.55	15.34	0.00	0.00	0.00
16	4.66	0.00	0.57	0.09	4.46	2.30	0.00	15.57	0.00	0.00	0.00	0.00
17	12.24	0.00	0.00	0.00	0.91	0.83	0.00	4.99	13.26	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.69	0.32	7.37	0.00	0.00	5.40	1.50	0.28	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	1.40	0.00	0.00	1.47	2.45	16.49	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.98	0.37	0.64	0.00	0.00	1.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	2.00	0.00	4.52	0.00	4.79	0.00	0.00	0.00	0.00	2.31	0.16	0.00
22	3.04	3.94	3.46	0.00	2.81	0.00	0.00	0.31	0.00	0.74	0.94	0.00
23	4.58	0.00	10.77	0.00	2.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	27.15	0.00
24	2.28	0.03	3.28	11.34	0.00	0.57	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	11.27	0.09	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	2.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
27	1.73	0.00	0.00	8.20	0.00	4.26	0.00	0.00	90.51	0.00	15.25	0.00
28	10.10	0.00	0.00	0.00	0.00	2.42	0.00	1.30	78.55	0.00	0.00	8.03
29	27.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	16.84	0.00	2.83	0.00	0.00	0.00
30	8.46		0.00	0.00	0.00	3.96	8.91	0.40	6.43	0.00	3.12	0.00
31	0.00		0.00		0.00		0.60	0.11		0.00		0.00
月流量	128.53	22.77	111.42	109.59	36.64	232.38	144.49	111.98	282.78	16.11	47.05	8.14
年流量	1251.87											
Average	4.15	0.79	3.59	3.65	1.18	7.75	4.66	3.61	9.43	0.52	1.57	0.26
MAX	27.73	11.16	30.98	21.13	8.51	62.11	39.13	25.34	90.51	5.03	27.15	8.03

附表 4.1- 10 2017 年日逕流量。

2017 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.00	0.00	0.00	4.12	0.00	5.84	0.69	3.79	1.01	0.00	0.00	0.10
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.90	9.10	0.92	40.37	0.00	0.03	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	348.32	11.76	4.33	0.11	0.00	1.35	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.36	26.86	0.06	0.09	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.08	0.87	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
6	0.00	0.00	8.53	0.00	0.00	0.00	15.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
7	0.00	0.00	0.12	0.06	0.00	0.00	15.61	0.12	0.11	0.00	0.00	2.82
8	0.00	0.00	8.79	0.00	0.00	0.00	7.37	0.49	0.00	0.00	0.00	0.87
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.34	1.05	0.00	0.00	0.00	1.54
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.86	35.49	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	9.96	0.00	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	6.43	0.00
12	0.00	0.00	0.00	20.05	0.00	1.32	0.23	0.00	0.00	0.00	5.15	0.00
13	0.00	0.00	0.00	18.34	0.00	15.56	0.00	0.00	0.00	10.41	1.00	0.00
14	2.11	0.00	4.23	0.10	0.00	67.95	1.61	0.00	0.00	12.92	0.03	0.00
15	0.09	0.00	0.00	0.00	0.34	72.01	0.12	0.00	0.00	26.16	0.00	0.00
16	0.00	0.00	1.35	0.00	13.78	61.86	2.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.15	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	94.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.61	1.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.34	0.00	0.96	7.05	0.22	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.03
21	0.00	0.00	0.00	2.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.49	0.00	11.66	0.00	0.00	0.00	11.34	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.03	0.11	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.63	0.89	0.00	2.07	11.70	0.00	0.00	0.03	0.00
25	0.00	0.29	0.59	0.11	0.00	0.00	3.54	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	0.89	5.34	0.00	0.00	0.00	1.71	6.60	0.00	0.00	0.69	0.00
27	0.00	0.00	0.00	7.43	0.00	0.00	0.09	22.15	0.00	0.00	0.00	0.28
28	0.00	0.00	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	11.68	3.89	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00		0.00	0.00	31.84	35.30	42.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.00		0.00		0.54		132.10	0.00		0.00		0.00
月流量	2.19	2.01	29.06	76.84	56.15	857.41	301.69	102.76	42.03	49.58	14.71	5.67
年流量												
1540.12												
Average	0.07	0.07	0.94	2.56	1.81	28.58	9.73	3.31	1.40	1.60	0.49	0.18
MAX	2.11	0.89	8.79	20.05	31.84	348.32	132.10	35.49	40.37	26.16	6.43	2.82

2 2008~2017年新虎尾溪出海口日逕流量資料

附表 4.2- 1 2008 年出海口日逕流量。

2008 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.50	0.50	9.59	16.23	9.83	6.82	16.18	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
2	0.50	0.81	9.59	10.85	9.59	111.54	6.80	6.80	16.32	2.80	2.80	0.50
3	0.50	6.12	9.59	9.59	9.59	44.46	6.80	6.80	3.49	2.80	2.80	0.50
4	0.50	1.52	9.59	9.59	9.59	19.24	6.80	6.80	8.24	2.80	2.80	0.50
5	0.50	9.37	9.59	9.59	11.77	23.05	13.37	17.88	3.37	2.80	2.80	0.50
6	0.50	0.50	9.59	9.59	9.76	24.86	27.26	38.04	8.92	22.78	2.80	0.50
7	0.50	2.28	9.59	9.59	9.59	6.80	33.16	8.44	2.88	44.44	2.80	0.50
8	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	27.03	9.78	2.80	2.80	4.63	0.50
9	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	9.55	68.75	6.80	2.80	2.80	12.70	0.50
10	0.50	0.50	10.27	9.59	9.59	6.80	13.62	15.23	2.80	2.80	9.54	0.50
11	0.50	0.50	9.59	10.60	9.59	6.80	14.01	6.80	3.14	2.80	2.80	0.50
12	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	21.54	8.99	6.80	12.17	2.80	2.96	0.50
13	0.77	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.91	6.80	13.08	2.80	2.80	0.50
14	0.77	0.50	9.59	9.59	9.59	96.49	6.80	6.91	124.55	2.80	2.80	0.50
15	1.01	0.50	9.59	9.59	9.59	8.04	7.56	6.91	6.73	2.80	2.80	0.50
16	0.50	0.50	9.59	10.80	9.59	10.15	8.74	6.89	8.47	2.80	3.37	0.50
17	1.11	0.50	9.59	11.69	9.59	7.31	27.88	8.74	4.17	2.80	2.80	0.50
18	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.91	266.13	8.63	2.80	2.80	2.80	0.50
19	0.50	0.50	9.59	9.59	15.32	7.49	69.99	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
20	0.50	0.50	9.59	9.59	9.70	6.80	6.80	6.80	2.91	2.80	2.80	0.50
21	0.50	0.50	9.59	10.62	20.83	6.80	6.80	20.94	2.80	3.29	2.80	0.50
22	0.50	0.50	14.32	9.59	10.24	6.80	6.98	14.74	2.80	2.80	2.80	0.50
23	0.50	3.38	14.59	9.59	9.75	6.80	6.80	14.83	5.55	2.80	2.80	0.50
24	0.50	2.36	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	6.80	3.54	2.80	2.80	0.50
25	4.56	0.50	9.59	9.59	9.59	8.79	6.80	6.80	3.26	2.80	2.80	0.50
26	8.80	0.50	10.05	9.59	14.06	6.96	6.80	6.80	2.91	2.80	2.80	0.50
27	0.61	0.50	9.59	9.59	9.76	24.78	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
28	0.50	0.50	9.59	16.58	9.59	9.47	107.76	6.80	43.62	2.80	2.80	0.50
29	0.50	0.50	9.59	9.59	27.57	6.80	43.71	6.96	166.26	2.80	2.80	0.67
30	0.50		9.59	9.59	10.71	7.14	6.99	6.80	4.79	2.80	2.80	6.02
31	0.50		17.25		33.55		8.52	6.80		2.80		4.33
月流量	29.64	36.85	315.81	307.95	365.48	529.38	858.33	300.54	473.58	148.91	103.20	25.02
年流量												
3494.69												
Average	0.96	1.27	10.19	10.26	11.79	17.65	27.69	9.69	15.79	4.80	3.44	0.81
MAX	8.80	9.37	17.25	16.58	33.55	111.54	266.13	38.04	166.26	44.44	12.70	6.02

附表 4.2- 2 2009 年出海口日逕流量。

2008 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十 一 月	十 二 月
1	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	6.80	2.80	3.31	2.80	0.50
2	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
3	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	9.04	9.82	71.91	2.80	2.80	2.80	0.50
4	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	37.25	8.67	12.86	3.72	2.96	2.80	0.50
5	0.50	0.50	13.46	9.59	9.59	6.96	6.80	11.61	2.80	19.92	2.80	0.50
6	0.50	0.50	49.84	9.59	9.59	6.80	8.63	62.33	11.86	2.91	2.80	0.50
7	0.50	0.50	26.06	12.46	9.59	6.80	6.80	19.51	2.80	2.80	2.80	0.50
8	0.50	0.50	13.35	9.59	9.59	6.80	6.80	100.63	2.80	2.80	2.80	0.50
9	0.50	0.50	12.85	9.59	9.59	6.80	6.80	244.84	2.80	2.80	2.80	0.50
10	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	21.78	2.80	2.80	10.14	0.50
11	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	7.43	6.80	10.85	3.03	2.80	2.80	0.50
12	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	15.64	6.80	9.72	2.80	2.80	2.80	0.50
13	0.50	0.50	9.70	12.66	9.59	18.28	36.77	10.92	2.80	2.80	10.41	0.50
14	0.50	0.50	9.83	26.73	9.59	26.65	10.77	6.91	13.62	2.80	2.80	0.50
15	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	7.03	40.34	2.80	2.91	0.50
16	0.50	0.50	9.59	16.81	9.59	6.80	6.80	9.30	2.80	2.80	2.80	1.91
17	0.50	0.50	9.59	27.74	9.59	6.80	6.80	6.91	2.80	2.80	2.80	1.66
18	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	7.03	19.74	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
19	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.91	23.83	6.80	5.39	2.80	2.80	0.50
20	0.50	2.85	9.59	20.19	9.59	10.68	12.21	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
21	0.50	0.50	9.59	14.07	10.60	37.88	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
22	0.50	0.50	9.59	19.64	9.59	102.98	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
23	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	9.30	6.80	8.98	2.80	2.80	2.80	0.50
24	0.50	0.50	15.77	9.59	9.59	6.80	11.48	11.67	2.80	2.80	2.80	0.66
25	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	7.60	11.18	6.93	2.80	2.80	2.80	2.06
26	0.50	0.50	9.59	29.04	9.59	11.89	7.94	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
27	0.50	0.50	9.59	9.59	14.48	6.80	6.80	6.80	4.87	2.80	2.80	1.33
28	0.50	0.50	9.59	9.59	10.00	6.80	11.15	7.03	2.80	2.80	2.80	4.91
29	0.50		21.61	9.59	9.59	6.80	6.80	6.80	15.21	2.80	2.80	0.50
30	0.50		9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	6.91	35.27	2.80	2.80	5.12
31	0.50		9.59		9.59		6.80	14.98		2.80		1.59
月流量	15.50	16.35	383.46	380.74	303.60	417.52	301.40	731.62	192.11	104.70	99.06	30.73
年流量												
2976.79												
Average	0.50	0.58	12.37	12.69	9.79	13.92	9.72	23.60	6.40	3.38	3.30	0.99
MAX	0.50	2.85	49.84	29.04	14.48	102.98	36.77	244.84	40.34	19.92	10.41	5.12

附表 4.2- 3 2010 年出海口日逕流量。

2010 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.96	8.46	14.03	2.80	2.80	0.50
2	1.65	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	7.37	3.39	2.80	2.80	0.50
3	6.09	0.50	9.59	9.59	9.59	9.46	6.80	6.82	3.14	2.80	2.80	0.50
4	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.97	6.80	6.80	23.00	2.80	6.27	0.50
5	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.91	6.80	22.39	2.80	2.80	4.37	0.50
6	1.25	0.83	9.59	22.12	9.59	6.80	9.35	6.88	3.37	2.80	2.96	0.50
7	0.78	1.69	9.59	9.70	9.59	6.80	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
8	8.67	0.50	9.59	19.36	9.59	6.80	6.80	6.97	3.22	2.80	2.80	0.50
9	0.50	0.50	14.68	15.07	10.11	6.80	6.80	6.80	24.93	2.80	2.80	0.50
10	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	13.64	6.80	6.80	6.38	2.80	2.80	0.50
11	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	32.51	6.80	6.96	8.14	2.80	2.80	0.50
12	1.17	3.15	9.59	9.59	9.59	14.24	14.72	8.65	17.41	2.80	2.97	0.50
13	0.50	3.07	10.72	9.59	9.59	79.50	12.12	10.92	2.80	2.80	19.43	0.50
14	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	48.74	7.38	9.89	9.23	2.80	2.98	0.50
15	0.50	0.85	9.59	13.33	9.59	8.94	7.60	9.00	2.80	2.80	2.91	1.17
16	0.50	10.60	9.59	9.94	9.59	6.80	7.61	24.80	2.80	2.80	2.80	18.10
17	0.50	10.72	9.59	9.59	9.59	6.80	7.48	14.38	2.80	2.80	2.80	0.50
18	0.50	7.72	9.59	9.59	9.59	6.80	6.96	7.44	3.90	2.80	2.80	0.50
19	0.50	24.97	9.59	10.28	9.59	6.80	6.80	6.80	61.17	2.80	2.80	0.50
20	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	6.80	10.40	2.80	2.80	0.50
21	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	14.86	19.72	6.80	6.19	3.81	2.80	0.50
22	0.50	2.40	9.59	9.59	9.59	9.37	12.79	6.91	2.80	5.87	2.80	0.50
23	0.50	0.50	9.59	20.38	60.72	9.79	21.54	11.91	2.80	2.98	2.80	0.50
24	0.50	0.50	10.38	9.59	9.70	13.93	8.11	18.73	2.82	2.80	2.84	0.50
25	3.62	0.61	11.33	9.59	9.59	80.20	7.54	27.32	2.80	2.80	2.80	0.50
26	0.78	0.50	9.59	9.59	9.59	7.56	13.34	7.88	2.80	2.80	2.84	0.50
27	0.50	0.50	9.61	9.59	9.59	33.40	153.32	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
28	0.50	0.50	9.59	17.07	11.59	21.44	77.96	7.03	2.80	2.80	2.80	0.50
29	0.50		9.59	14.18	21.95	8.40	7.03	23.50	2.80	2.80	2.80	0.50
30	0.50		9.59	18.37	14.98	6.80	7.28	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
31	0.50		9.59		9.59		6.80	8.00		2.80		0.50
月流量	35.52	75.10	306.05	352.00	368.80	501.47	490.41	323.39	239.91	91.06	106.36	33.78
年流量	2923.86											
Average	1.15	2.68	9.87	11.73	11.90	16.72	15.82	10.43	8.00	2.94	3.55	1.09
MAX	8.67	24.97	14.68	22.12	60.72	80.20	153.32	27.32	61.17	5.87	19.43	18.10

附表 4.2- 4 2011 年出海口日逕流量。

2011 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	8.06	6.80	6.80	3.22	2.80	2.80	0.50
2	0.50	0.50	9.59	9.59	10.05	24.62	6.80	6.80	15.34	4.75	2.80	0.92
3	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.91	6.80	6.80	2.80	11.40	2.80	0.50
4	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	6.91	2.80	2.80	2.80	0.50
5	1.08	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	17.19
6	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	9.43	2.80	2.80	2.80	0.83
7	0.50	0.50	12.58	9.59	9.59	6.80	6.80	6.80	2.80	2.80	7.52	0.50
8	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	7.26	2.80	2.80	28.08	0.50
9	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.91	6.80	40.40	2.91	2.80	72.56	1.30
10	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	25.17	24.17	3.14	2.80	66.32	0.50
11	3.19	0.50	9.76	9.59	9.59	6.80	21.37	14.84	2.99	2.96	5.15	0.66
12	11.08	0.50	9.59	9.59	9.70	10.00	76.44	7.72	2.80	2.80	3.08	0.50
13	0.58	4.61	9.59	9.59	13.33	6.80	20.76	6.80	2.80	2.80	2.80	0.61
14	0.50	4.99	9.59	9.59	9.59	6.80	10.75	8.06	2.80	8.91	2.80	0.50
15	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	11.51	6.80	2.82	3.73	2.80	0.50
16	0.50	0.83	9.59	9.59	19.37	6.80	6.99	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
17	0.50	0.50	9.59	11.87	17.91	10.06	8.76	6.80	2.80	2.80	3.13	0.50
18	0.50	0.50	12.18	9.59	9.96	14.46	13.54	7.37	2.80	2.80	2.96	0.50
19	0.84	1.40	10.09	9.59	11.73	6.91	17.66	6.80	2.80	2.80	4.58	0.50
20	1.28	5.29	9.59	9.59	9.61	7.08	33.36	6.80	2.97	2.80	4.13	0.50
21	5.81	0.50	9.59	9.59	12.56	9.69	9.87	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
22	0.50	0.50	9.59	9.70	33.86	6.80	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
23	0.50	0.50	9.59	9.87	33.89	6.80	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
24	0.50	0.50	9.59	9.59	10.82	7.37	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
25	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	26.14	15.53	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
26	0.50	0.50	9.59	9.59	9.93	15.88	7.14	7.49	2.80	2.80	2.91	0.50
27	0.50	0.50	17.42	9.59	9.59	31.11	6.80	13.01	2.80	2.80	2.80	0.50
28	0.50	0.50	12.89	9.59	9.59	20.75	6.80	9.62	2.97	2.80	2.80	0.50
29	0.50		9.59	10.26	9.59	11.28	20.52	11.52	2.80	2.80	2.80	0.50
30	0.50		9.59	9.83	9.59	6.80	7.07	58.18	2.80	2.80	2.96	0.50
31	0.50		9.59		9.59		7.49	18.85		2.80		4.18
月流量	35.86	28.61	314.67	291.29	375.34	312.46	409.15	353.62	97.97	104.53	253.78	37.69
年流量	2614.97											
Average	1.16	1.02	10.15	9.71	12.11	10.42	13.20	11.41	3.27	3.37	8.46	1.22
MAX	11.08	5.29	17.42	11.87	33.89	31.11	76.44	58.18	15.34	11.40	72.56	17.19

附表 4.2- 5 2012 年出海口日逕流量。

2012 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.50	0.50	9.75	9.59	9.67	6.80	7.08	14.53	4.21	2.80	2.80	1.64
2	0.50	0.50	9.59	9.59	23.22	6.80	6.80	228.68	2.80	2.80	2.80	0.58
3	0.50	0.50	9.59	9.59	9.70	6.80	6.80	8.09	2.80	2.80	2.80	1.30
4	0.50	0.50	9.59	9.59	37.75	6.80	6.80	8.30	2.80	2.80	2.80	0.50
5	1.35	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	7.83	2.80	2.80	2.80	16.72
6	2.86	2.56	9.59	20.79	9.59	6.80	8.37	6.80	2.80	2.80	2.80	1.21
7	0.50	3.97	9.59	9.92	9.59	6.97	6.80	33.58	5.43	2.80	2.80	0.50
8	0.50	7.05	9.59	9.59	9.59	6.96	6.80	11.41	4.45	2.80	2.80	5.29
9	0.52	0.50	10.89	9.59	9.82	26.73	6.80	8.07	11.14	2.80	2.80	7.04
10	0.50	0.50	9.83	9.76	9.99	27.52	6.80	10.51	2.97	2.80	2.80	0.50
11	0.50	0.50	14.42	9.59	9.75	9.66	6.88	22.01	3.49	2.80	2.80	0.50
12	0.50	0.50	16.40	9.59	9.59	52.75	6.80	6.80	3.03	2.80	2.80	0.50
13	0.78	0.50	9.94	9.59	9.59	7.72	6.80	6.97	3.72	2.80	2.80	0.50
14	1.00	0.50	9.59	9.59	9.59	84.56	6.80	6.80	5.20	2.80	2.80	0.50
15	1.12	0.50	9.59	9.59	9.59	30.46	6.80	7.82	2.80	2.80	2.80	0.50
16	10.65	0.50	9.59	18.67	33.11	50.39	7.72	47.31	2.80	2.80	2.80	0.50
17	0.50	0.50	10.39	13.31	24.47	14.71	7.12	77.64	2.80	2.80	20.18	0.50
18	1.00	0.50	9.59	39.29	47.36	17.14	7.05	7.99	2.80	2.80	9.97	0.50
19	0.50	0.50	9.59	10.14	11.86	44.50	13.43	34.71	2.80	2.80	2.80	0.50
20	0.50	0.50	9.59	47.09	21.92	80.70	6.80	8.27	2.80	2.80	2.80	0.50
21	0.50	3.85	9.59	24.45	9.59	9.03	45.37	6.80	2.80	2.80	5.30	0.50
22	3.63	0.61	9.59	9.59	9.59	8.05	52.95	7.31	2.80	2.80	12.17	0.66
23	8.21	1.06	9.59	9.59	9.59	11.52	7.37	6.93	2.80	2.80	24.90	0.50
24	3.52	2.36	9.87	10.05	9.59	6.80	44.79	6.80	2.80	2.80	2.91	0.50
25	1.45	3.46	9.59	20.21	9.59	6.80	48.25	8.04	2.80	2.80	2.80	0.50
26	0.84	3.32	9.59	32.04	9.61	6.80	6.80	6.80	2.80	2.80	5.23	0.50
27	0.50	5.74	9.59	15.63	28.64	6.91	9.82	6.91	2.80	2.80	5.86	0.50
28	0.50	14.46	9.59	20.78	19.85	6.80	6.80	7.14	2.80	2.80	2.80	0.50
29	0.50	0.50	9.59	10.70	20.47	20.85	6.80	7.54	2.80	2.80	12.05	0.50
30	0.50		9.59	59.86	11.87	8.16	6.80	14.24	2.80	2.80	9.05	7.78
31	0.50		9.96		9.59		10.24	21.07		2.80		0.50
月流量	45.93	57.44	312.43	496.95	473.31	593.31	392.05	663.71	102.43	86.80	163.63	53.22
年流量												
3441.19												
Average	1.48	1.98	10.08	16.56	15.27	19.78	12.65	21.41	3.41	2.80	5.45	1.72
MAX	10.65	14.46	16.40	59.86	47.36	84.56	52.95	228.68	11.14	2.80	24.90	16.72

附表 4.2- 6 2013 年出海口日逕流量。

2013 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.50	0.50	9.59	20.19	28.87	6.80	9.09	8.66	52.85	2.80	2.80	0.50
2	0.50	0.50	11.77	12.09	13.19	6.80	10.97	6.80	2.80	2.80	3.66	0.50
3	3.46	3.72	9.70	16.56	14.19	6.80	9.77	11.67	2.80	2.80	2.80	0.50
4	0.50	0.50	9.59	22.73	9.59	9.32	14.83	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
5	0.50	0.50	9.59	113.57	9.59	6.91	10.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
6	0.50	0.50	9.59	11.02	9.59	6.80	18.51	9.40	2.80	3.37	2.80	0.50
7	0.50	0.50	9.59	9.75	9.59	6.80	9.02	8.79	2.80	2.80	2.80	0.50
8	0.73	0.84	9.59	9.59	9.59	6.89	18.66	6.80	2.80	3.72	2.80	0.50
9	0.61	0.50	9.59	19.27	9.59	7.15	21.17	6.91	2.80	2.80	2.80	0.50
10	0.50	0.50	9.59	10.79	9.59	15.90	7.66	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
11	0.50	0.50	9.59	9.70	14.96	8.96	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
12	0.70	0.50	9.59	11.33	28.40	21.38	9.49	6.80	9.71	2.80	2.80	0.50
13	10.50	0.50	9.59	10.04	40.19	10.90	128.34	6.80	6.07	2.80	2.80	0.50
14	0.50	0.50	9.59	12.91	14.35	9.87	6.80	26.46	2.80	2.80	2.80	0.94
15	0.50	0.50	9.59	9.59	9.70	7.31	22.41	16.50	2.80	2.80	2.80	2.85
16	0.50	0.50	9.59	9.59	19.13	7.47	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	7.84
17	0.50	0.50	9.59	9.59	82.10	6.80	11.44	6.80	2.80	2.80	2.80	33.09
18	0.50	0.50	12.29	9.92	9.76	6.80	6.80	6.80	2.96	2.80	2.80	3.06
19	0.50	0.50	9.59	10.12	50.44	6.80	6.80	6.80	3.78	2.80	2.80	0.61
20	0.50	0.50	9.59	17.11	42.40	6.80	6.80	12.73	2.80	2.80	2.80	0.78
21	0.50	0.50	9.59	13.20	75.65	9.93	6.80	90.01	2.80	2.80	2.80	0.50
22	0.50	0.50	9.59	9.70	12.95	6.80	6.80	165.88	7.59	2.80	3.73	0.50
23	0.50	0.50	9.59	9.59	22.74	6.96	6.91	11.89	10.92	2.80	2.80	0.50
24	0.50	0.50	9.87	9.59	9.59	15.09	27.19	14.22	9.72	2.80	3.32	0.58
25	0.50	0.50	9.59	14.40	9.59	28.11	18.86	6.80	2.80	2.80	15.35	0.61
26	0.50	0.50	12.02	13.04	9.59	6.80	25.70	6.80	2.80	2.80	2.80	0.95
27	0.50	0.50	21.36	25.86	9.59	6.80	13.04	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
28	0.50	0.50	18.00	10.87	9.59	6.80	7.14	6.91	2.80	2.80	3.04	0.50
29	0.50		9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	337.96	2.80	2.80	2.80	0.50
30	0.50		9.59	9.59	9.59	6.80	8.51	173.25	2.80	2.80	2.80	0.50
31	0.50		10.84		9.59		6.91	89.45		2.80		0.50
月流量	29.00	17.56	326.43	480.88	622.89	274.15	477.64	1092.70	165.21	88.29	99.10	61.82
年流量												
3735.67												
Average	0.94	0.63	10.53	16.03	20.09	9.14	15.41	35.25	5.51	2.85	3.30	1.99
MAX	10.50	3.72	21.36	113.57	82.10	28.11	128.34	337.96	52.85	3.72	15.35	33.09

附表 4.2-7 2014 年出海口日逕流量。

2014 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.50	0.50	9.59	9.59	11.31	6.80	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
2	0.50	0.61	9.59	18.82	9.59	6.80	6.80	46.20	2.80	2.80	2.80	4.99
3	0.50	0.61	9.70	11.06	10.36	129.93	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	1.07
4	0.50	2.32	9.59	9.59	9.84	11.05	8.10	21.96	2.80	2.80	2.80	7.56
5	0.50	0.74	10.01	9.59	27.20	12.80	6.80	30.65	3.03	2.80	2.80	1.23
6	0.50	0.81	9.59	9.59	16.67	26.12	6.80	7.14	2.80	2.80	2.80	0.50
7	0.50	0.50	9.59	9.59	24.95	7.77	7.03	10.77	2.80	2.80	2.80	0.50
8	0.50	0.50	9.76	9.59	10.63	23.92	6.80	7.23	3.11	2.80	2.80	0.50
9	0.50	1.59	9.59	9.59	12.27	6.80	6.80	14.47	7.54	2.80	2.80	0.50
10	0.50	5.39	9.59	9.59	10.42	6.80	6.80	39.70	3.03	2.80	2.80	0.50
11	0.50	0.61	9.92	9.59	10.00	6.80	6.80	13.88	2.80	2.80	2.80	0.50
12	0.50	0.50	18.06	9.59	13.31	6.80	6.80	9.26	7.45	2.80	2.80	0.67
13	0.50	2.20	21.11	9.59	28.40	13.41	6.80	14.95	2.80	2.80	3.08	0.50
14	0.50	2.56	9.59	9.59	9.59	9.81	6.80	6.97	2.80	2.80	3.14	0.50
15	0.50	1.30	9.59	9.59	48.66	8.20	6.80	6.80	2.80	2.80	3.32	0.50
16	0.82	0.78	9.59	9.59	48.67	6.80	6.80	6.80	4.47	2.80	2.96	0.50
17	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	17.77	6.80	6.87	2.80	2.80	3.25	0.50
18	0.50	0.50	9.59	9.87	46.29	6.80	25.04	29.37	2.80	2.80	2.80	0.50
19	0.50	2.86	9.59	9.59	18.99	6.80	7.88	7.13	2.80	2.80	2.80	0.90
20	0.50	0.50	9.59	9.59	45.87	7.90	11.01	6.98	28.51	2.80	2.80	0.66
21	0.50	0.50	9.67	9.59	27.03	7.13	6.80	6.80	6.15	2.80	2.80	0.50
22	0.50	0.50	9.59	9.59	9.75	6.84	8.49	6.80	12.08	2.80	2.80	0.50
23	0.50	0.50	9.59	9.59	14.35	6.98	67.89	6.80	3.88	2.80	2.80	0.50
24	0.50	0.50	9.59	9.59	11.29	8.08	9.58	6.80	12.98	2.80	2.80	0.50
25	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	9.60	13.47	7.14	2.80	2.80	2.80	1.27
26	0.50	0.50	9.59	12.07	9.59	6.91	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	1.02
27	0.50	0.50	13.18	9.59	9.67	6.80	6.80	6.97	2.80	2.80	2.80	2.10
28	0.50	0.50	9.59	9.59	16.23	6.80	6.91	6.80	2.80	2.80	2.96	1.76
29	0.50		9.59	9.59	10.20	16.79	6.80	6.91	2.80	2.80	2.80	0.50
30	0.50		9.59	9.75	12.61	13.95	6.80	10.34	2.80	2.80	2.80	0.50
31	0.50		19.25		9.59		7.37	18.77		2.80		0.50
月流量	15.82	29.89	331.65	301.32	562.50	419.76	308.78	391.68	145.45	86.80	85.91	33.22
年流量												
2712.78												
Average	0.51	1.07	10.70	10.04	18.15	13.99	9.96	12.63	4.85	2.80	2.86	1.07
MAX	0.82	5.39	21.11	18.82	48.67	129.93	67.89	46.20	28.51	2.80	3.32	7.56

附表 4.2- 8 2015 年出海口日逕流量。

2015 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	7.57	6.80	6.80	3.40	2.80	2.80	0.50
2	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	6.80	20.62	2.80	2.80	0.50
3	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	6.80	2.87	2.80	2.80	0.50
4	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
5	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
6	0.50	0.50	9.59	12.65	9.59	27.43	7.01	6.80	2.80	2.80	2.80	1.24
7	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	42.00	6.80	44.45	2.80	2.80	0.50
8	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	8.21	117.03	2.80	2.91	2.80	0.50
9	0.50	0.50	9.59	9.90	9.59	6.80	6.80	36.41	2.80	21.22	2.80	3.58
10	0.50	0.50	9.93	9.59	9.59	6.80	7.54	6.91	2.80	2.80	2.80	30.55
11	0.50	0.50	9.70	21.10	9.69	6.80	6.91	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
12	0.50	0.50	11.48	11.96	19.71	6.80	7.49	6.80	2.80	2.80	2.80	1.74
13	2.71	0.50	9.59	9.59	10.51	6.80	7.66	6.80	2.91	2.80	2.80	0.50
14	4.94	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	12.63	2.91	2.80	2.80	0.50
15	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.91	9.75	2.80	2.80	2.80	0.50
16	0.50	8.58	10.08	9.59	9.59	6.80	6.80	24.63	2.80	2.80	2.80	0.50
17	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	29.54	2.80	2.80	2.80	0.50
18	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	6.80	29.24	2.80	2.80	2.80	0.50
19	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	7.34	17.80	26.28	2.80	2.80	2.80	0.50
20	0.50	0.50	9.59	9.59	67.77	6.80	16.39	6.80	2.80	3.02	2.80	0.50
21	0.67	3.71	9.59	37.44	15.38	8.55	6.80	6.80	2.80	3.78	4.06	0.72
22	0.50	0.52	9.59	9.59	21.54	17.90	12.16	6.80	2.80	3.45	2.80	0.50
23	0.50	0.50	11.61	9.59	16.50	10.66	7.05	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
24	0.50	0.50	9.59	9.59	134.94	6.80	6.80	6.91	2.80	2.80	2.80	0.50
25	0.50	0.50	10.13	9.59	10.76	6.80	6.80	23.87	2.80	2.80	2.80	0.50
26	1.34	0.50	9.59	9.59	79.21	6.80	6.80	37.97	2.80	2.80	2.80	0.50
27	1.58	0.50	9.59	9.59	12.69	6.80	11.90	31.69	2.80	2.80	2.80	0.61
28	0.73	0.50	9.59	9.59	15.60	6.80	10.98	16.30	17.57	2.80	2.80	0.50
29	0.66		9.59	9.59	9.59	7.34	9.98	36.77	110.40	2.80	2.80	0.50
30	0.50		9.59	9.59	11.79	6.80	7.64	31.34	20.42	2.80	2.80	0.50
31	0.50		9.59		85.12		6.80	26.19		2.80		0.50
月流量	24.62	25.31	302.67	332.80	674.24	243.18	289.62	598.65	284.35	107.17	85.26	50.93
年流量												
3018.81												
Average	0.79	0.90	9.76	11.09	21.75	8.11	9.34	19.31	9.48	3.46	2.84	1.64
MAX	4.94	8.58	11.61	37.44	134.94	27.43	42.00	117.03	110.40	21.22	4.06	30.55

附表 4.2- 9 2016 年出海口日逕流量。

2016 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.61	4.92	9.59	9.59	18.10	6.80	18.48	12.64	2.80	3.35	2.80	0.61
2	5.93	1.81	9.59	9.59	13.39	6.80	15.10	32.14	6.37	2.80	2.80	0.50
3	21.98	0.50	9.59	9.59	9.59	7.00	20.31	7.16	11.20	2.80	2.80	0.50
4	2.04	1.21	9.59	9.59	9.59	6.80	21.34	6.83	9.01	2.80	2.80	0.50
5	3.10	0.64	9.59	9.59	9.59	24.42	6.80	6.80	6.92	2.80	2.80	0.50
6	5.05	0.50	9.59	9.59	9.59	34.09	6.86	7.28	18.21	7.38	2.80	0.50
7	0.61	0.50	9.59	9.59	9.59	16.30	6.80	6.80	23.91	4.36	2.80	0.50
8	1.11	0.50	9.59	9.59	10.15	8.74	11.22	7.59	4.11	7.83	2.80	0.50
9	0.50	0.50	20.88	9.59	9.62	38.17	45.93	6.95	3.98	4.14	2.80	0.50
10	2.88	0.50	40.57	30.72	15.94	7.84	12.78	6.80	7.39	2.80	3.20	0.50
11	8.76	11.66	20.73	18.90	11.78	68.91	14.70	12.90	2.80	2.80	2.80	0.50
12	0.50	0.50	9.96	18.05	9.59	29.17	11.57	23.88	2.80	2.80	2.80	0.50
13	0.67	0.50	21.21	20.41	9.59	42.27	6.80	7.31	2.80	2.80	2.80	0.50
14	1.26	0.50	15.04	30.47	9.59	7.92	6.80	6.89	12.49	2.80	2.80	0.50
15	3.25	0.50	13.92	21.50	9.59	8.80	6.80	20.35	18.14	2.80	2.80	0.50
16	5.16	0.50	10.16	9.68	14.05	9.10	6.80	22.37	2.80	2.80	2.80	0.50
17	12.74	0.50	9.59	9.59	10.50	7.63	6.80	11.79	16.06	2.80	2.80	0.50
18	0.50	1.19	9.91	16.96	9.59	6.80	12.20	8.30	3.08	2.80	2.80	0.50
19	0.50	0.50	10.99	9.59	9.59	8.27	9.25	23.29	2.80	2.80	2.80	0.50
20	1.48	0.87	10.23	9.59	9.59	7.96	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
21	2.50	0.50	14.11	9.59	14.38	6.80	6.80	6.80	2.80	5.11	2.96	0.50
22	3.54	4.44	13.05	9.59	12.40	6.80	6.80	7.11	2.80	3.54	3.74	0.50
23	5.08	0.50	20.36	9.59	11.66	6.83	6.80	6.80	2.80	2.80	29.95	0.50
24	2.78	0.53	12.87	20.93	9.59	7.37	6.80	7.79	2.80	2.80	2.80	0.50
25	0.50	0.50	20.86	9.68	9.68	6.80	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
26	0.50	0.50	9.59	9.59	9.65	9.47	6.80	6.80	2.80	2.80	2.83	0.50
27	2.23	0.50	9.59	17.79	9.59	11.06	6.80	6.80	93.31	2.80	18.05	0.50
28	10.60	0.50	9.59	9.59	9.59	9.22	6.80	8.10	81.35	2.80	2.80	8.53
29	28.23	0.50	9.59	9.59	9.59	7.49	23.64	6.80	5.63	2.80	2.80	0.50
30	8.96		9.59	9.59	9.59	10.76	15.71	7.20	9.23	2.80	5.92	0.50
31	0.50		9.59		9.59		7.40	6.91		2.80		0.50
月流量	144.03	37.27	408.71	397.29	333.93	436.38	355.29	322.78	366.78	102.91	131.05	23.64
年流量												
3060.05												
Average	4.65	1.29	13.18	13.24	10.77	14.55	11.46	10.41	12.23	3.32	4.37	0.76
MAX	28.23	11.66	40.57	30.72	18.10	68.91	45.93	32.14	93.31	7.83	29.95	8.53

附表 4.2- 10 2017 年出海口日逕流量。

2017 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.50	0.50	9.59	13.71	9.59	12.64	7.49	10.59	3.81	2.80	2.80	0.60
2	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	67.70	15.90	7.72	43.17	2.80	2.83	0.50
3	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	355.12	18.56	11.13	2.91	2.80	4.15	0.50
4	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	37.16	33.66	6.86	2.89	2.80	2.80	0.50
5	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	12.88	7.67	6.80	2.80	2.89	2.80	0.50
6	0.50	0.50	18.12	9.59	9.59	6.80	21.96	6.80	2.80	2.80	2.80	0.53
7	0.50	0.50	9.71	9.65	9.59	6.80	22.41	6.92	2.91	2.80	2.80	3.32
8	0.50	0.50	18.38	9.59	9.59	6.80	14.17	7.29	2.80	2.80	2.80	1.37
9	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	21.14	7.85	2.80	2.80	2.80	2.04
10	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.96	7.66	42.29	2.80	2.80	2.80	0.50
11	0.50	0.50	9.59	19.55	9.59	6.80	7.64	6.80	2.80	2.80	9.23	0.50
12	0.50	0.50	9.59	29.64	9.59	8.12	7.03	6.80	2.80	2.80	7.95	0.50
13	0.50	0.50	9.59	27.93	9.59	22.36	6.80	6.80	2.80	13.21	3.80	0.50
14	2.61	0.50	13.82	9.69	9.59	74.75	8.41	6.80	2.80	15.72	2.83	0.50
15	0.59	0.50	9.59	9.59	9.93	78.81	6.92	6.80	2.80	28.96	2.80	0.50
16	0.50	0.50	10.94	9.59	23.37	68.66	8.88	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
17	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	61.95	6.83	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
18	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	101.25	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
19	0.50	0.50	9.59	10.20	11.21	6.80	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
20	0.50	0.84	9.59	10.55	16.64	7.02	6.80	6.80	3.12	2.80	2.80	0.53
21	0.50	0.50	9.59	12.26	9.59	6.80	6.80	6.80	2.83	2.80	2.80	0.50
22	0.50	0.99	9.59	21.25	9.59	6.80	6.80	18.14	2.80	2.80	2.80	0.50
23	0.50	0.50	9.59	9.62	9.70	6.80	6.80	7.39	2.80	2.80	2.80	0.50
24	0.50	0.50	9.59	10.22	10.48	6.80	8.87	18.50	2.80	2.80	2.83	0.50
25	0.50	0.79	10.18	9.70	9.59	6.80	10.34	6.83	2.80	2.80	2.80	0.50
26	0.50	1.39	14.93	9.59	9.59	6.80	8.51	13.40	2.80	2.80	3.49	0.50
27	0.50	0.50	9.59	17.02	9.59	6.80	6.89	28.95	2.80	2.80	2.80	0.78
28	0.50	0.50	9.70	9.70	9.59	6.80	6.80	7.01	2.80	2.80	2.80	0.50
29	0.50		9.59	9.59	9.59	8.75	18.48	10.69	2.80	2.80	2.80	0.50
30	0.50		9.59	9.59	41.43	42.10	49.76	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
31	0.50		9.59		10.13		138.90	6.80		2.80		0.50
月流量	17.69	16.01	326.35	364.54	353.44	1061.41	512.49	313.56	126.03	136.38	98.71	21.17
年流量												
3347.80												
Average	0.57	0.57	10.53	12.15	11.40	35.38	16.53	10.11	4.20	4.40	3.29	0.68
MAX	2.61	1.39	18.38	29.64	41.43	355.12	138.90	42.29	43.17	28.96	9.23	3.32

表 4-1 新虎尾河流域之鄉鎮內現有牲畜統計。

鄉鎮市區別	總計	乳牛	馬	豬	鹿	兔	羊
虎尾鎮	56,152	-	-	55,318	-	150	684
西螺鎮	58,448	10	-	57,256	29	-	1,153
土庫鎮	112,532	116	-	110,476	-	-	1,940
蔴桐鄉	13,469	-	-	12,947	55	-	467
林內鄉	47,600	138	-	46,882	77	-	503
二崙鄉	211,562	-	-	210,825	30	-	707
崙背鄉	102,449	10,142	-	91,432	109	-	766
麥寮鄉	297,441	-	-	295,513	-	-	1,928
東勢鄉	64,393	-	-	63,421	-	-	972
褒忠鄉	131,099	-	-	130,011	45	-	1,043
台西鄉	20,221	433	-	19,185	-	-	603
總計	1,115,366	10,839	0	1,093,266	345	150	10,766

資料來源：雲林縣政府民國 105 年統計年報，資料以流域內鄉鎮為範圍並非以流域為範圍

表 4-2 新虎尾河流域之鄉鎮內現有家禽類統計。

鄉鎮市區別	雞			鴨			鵝	火雞
	合計	蛋雞	肉雞	合計	蛋鴨	肉鴨		
虎尾鎮	762	92	670	150	-	150	3	4
西螺鎮	291	-	291	30	-	30	3	-
土庫鎮	615	103	512	2	-	2	6	1
蔴桐鄉	145	-	145	119	1	119	-	-
林內鄉	189	50	139	26	-	26	1	-
二崙鄉	452	30	422	10	7	3	-	-
崙背鄉	831	45	786	2	-	2	1	9
麥寮鄉	496	-	496	429	10	419	8	-
東勢鄉	696	10	686	270	-	270	25	2
褒忠鄉	350	18	332	-	-	-	5	-
台西鄉	191	7	184	32	-	32	10	-
總計	5,018			1,070			59	16

資料來源：雲林縣政府民國 105 年統計年報，資料以流域內鄉鎮為範圍並非以流域為範圍

表 4-3 新虎尾河流域及鄰近地區雨量站概況表。

站名	所屬單位	X 座標 (WGS84)	Y 座標 (WGS84)	記錄年份	存廢站況	所屬流域	採用
西螺(2)	水利署	120.4650	23.8006	1958~2016	現存	濁水溪	◎
林內(1)	水利署	120.6125	23.7553	1904~1932, 1934~2016	現存	新虎尾溪	◎
褒忠(2)	水利署	120.3111	23.7011	1958~2016	現存	舊虎尾溪	◎
崙背	中央氣象局	120.3189	23.7556	1993~2017	現存	濁水溪	◎
虎尾	中央氣象局	120.4420	23.7192	1993~2017	現存	舊虎尾溪	◎
土庫	中央氣象局	120.3956	23.6790	2015~2017	現存	舊虎尾溪	
斗六	中央氣象局	120.5411	23.7206	2015~2017	現存	北港溪	◎
西螺	中央氣象局	120.4674	23.8004	2015~2017	現存	濁水溪	
褒忠	中央氣象局	120.3036	23.6909	2015~2017	現存	舊虎尾溪	
雲林東勢	中央氣象局	120.1548	23.6744	2015~2017	現存	舊虎尾溪	
臺西	中央氣象局	120.1976	23.7015	2015~2017	現存	舊虎尾溪	◎
二崙	中央氣象局	120.4089	23.7728	2016~2017	現存	濁水溪	◎
林內	中央氣象局	120.6096	23.7487	2016~2017	現存	新虎尾溪	
蔴桐	中央氣象局	120.5024	23.7612	2016~2017	現存	新虎尾溪	◎
高鐵雲林	中央氣象局	120.4179	23.7375	2017	現存	新虎尾溪	
西螺	中央氣象局	120.4526	23.8044	1993~2015	已廢除	濁水溪	
後安寮	中央氣象局	120.2332	23.7892	1993~2015	已廢除	濁水溪	
褒忠	中央氣象局	120.3081	23.7049	1993~2015	已廢除	舊虎尾溪	
斗六	中央氣象局	120.5163	23.7055	1993~2015	已廢除	北港溪	
土庫	中央氣象局	120.3899	23.6880	1993~2015	已廢除	舊虎尾溪	

註：1.參考資料:雲林縣政府「易淹水地區水患治理計畫-雲林縣管河川新虎尾溪治理規劃報告」2.2008~2015採用水利署及中央氣象局日雨量資料；2016~2017採用中央氣象局資料

表 4-4 2017 年降雨於新虎尾溪所產生之單月最大日逕流量。

	一月	二月	三月	四月	五月	六月
單月最大 日逕流量 (cms)	2.11	0.89	8.79	20.05	31.84	348.32
	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
單月最大 日逕流量 (cms)	132.10	35.49	40.37	26.16	6.43	2.82

表 4-5 2017 年新虎尾溪出海口逕流量。

2017 年 日 流 量 單 位 : cms												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	0.50	0.50	9.59	13.71	9.59	12.64	7.49	10.59	3.81	2.80	2.80	0.60
2	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	67.70	15.90	7.72	43.17	2.80	2.83	0.50
3	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	355.12	18.56	11.13	2.91	2.80	4.15	0.50
4	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	37.16	33.66	6.86	2.89	2.80	2.80	0.50
5	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	12.88	7.67	6.80	2.80	2.89	2.80	0.50
6	0.50	0.50	18.12	9.59	9.59	6.80	21.96	6.80	2.80	2.80	2.80	0.53
7	0.50	0.50	9.71	9.65	9.59	6.80	22.41	6.92	2.91	2.80	2.80	3.32
8	0.50	0.50	18.38	9.59	9.59	6.80	14.17	7.29	2.80	2.80	2.80	1.37
9	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.80	21.14	7.85	2.80	2.80	2.80	2.04
10	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	6.96	7.66	42.29	2.80	2.80	2.80	0.50
11	0.50	0.50	9.59	19.55	9.59	6.80	7.64	6.80	2.80	2.80	9.23	0.50
12	0.50	0.50	9.59	29.64	9.59	8.12	7.03	6.80	2.80	2.80	7.95	0.50
13	0.50	0.50	9.59	27.93	9.59	22.36	6.80	6.80	2.80	13.21	3.80	0.50
14	2.61	0.50	13.82	9.69	9.59	74.75	8.41	6.80	2.80	15.72	2.83	0.50
15	0.59	0.50	9.59	9.59	9.93	78.81	6.92	6.80	2.80	28.96	2.80	0.50
16	0.50	0.50	10.94	9.59	23.37	68.66	8.88	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
17	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	61.95	6.83	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
18	0.50	0.50	9.59	9.59	9.59	101.25	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
19	0.50	0.50	9.59	10.20	11.21	6.80	6.80	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
20	0.50	0.84	9.59	10.55	16.64	7.02	6.80	6.80	3.12	2.80	2.80	0.53
21	0.50	0.50	9.59	12.26	9.59	6.80	6.80	6.80	2.83	2.80	2.80	0.50
22	0.50	0.99	9.59	21.25	9.59	6.80	6.80	18.14	2.80	2.80	2.80	0.50
23	0.50	0.50	9.59	9.62	9.70	6.80	6.80	7.39	2.80	2.80	2.80	0.50
24	0.50	0.50	9.59	10.22	10.48	6.80	8.87	18.50	2.80	2.80	2.83	0.50
25	0.50	0.79	10.18	9.70	9.59	6.80	10.34	6.83	2.80	2.80	2.80	0.50
26	0.50	1.39	14.93	9.59	9.59	6.80	8.51	13.40	2.80	2.80	3.49	0.50
27	0.50	0.50	9.59	17.02	9.59	6.80	6.89	28.95	2.80	2.80	2.80	0.78
28	0.50	0.50	9.70	9.70	9.59	6.80	6.80	7.01	2.80	2.80	2.80	0.50
29	0.50		9.59	9.59	9.59	8.75	18.48	10.69	2.80	2.80	2.80	0.50
30	0.50		9.59	9.59	41.43	42.10	49.76	6.80	2.80	2.80	2.80	0.50
31	0.50		9.59		10.13		138.90	6.80		2.80		0.50
月流量	17.69	16.01	326.35	364.54	353.44	1061.41	512.49	313.56	126.03	136.38	98.71	21.17
年流量												
3347.80												
Average	0.57	0.57	10.53	12.15	11.40	35.38	16.53	10.11	4.20	4.40	3.29	0.68
MAX	2.61	1.39	18.38	29.64	41.43	355.12	138.90	42.29	43.17	28.96	9.23	3.32

表 4-6 新虎尾溪各環境因子月份和測站變異數分析。

variable	factor	F	P	Tukey test
temperature	month	6610.395	<0.001	
	site	12.359	0.002	
	month x site	170.396	<0.001	
salinity	month	573.027	<0.001	
	site	4747.868	<0.001	
	month x site	185.397	<0.001	
pH	month	423.044	<0.001	
	site	247.899	<0.001	
	month x site	86.742	<0.001	
NTU	month	219.645	<0.001	
	site	629.909	<0.001	
	month x site	261.437	<0.001	
DO	month	1504.06	<0.001	
	site	2296.699	<0.001	
	month x site	206.062	<0.001	
Suspended solid	month	43.534	<0.001	
	site	0.101	0.754	
	month x site	22.001	<0.001	
Organic matter	month	58.272	<0.001	
	site	1.405	0.251	
	month x site	23.28	<0.001	
No _x	month	17.172	<0.001	
	site	194.716	<0.001	
	month x site	11.266	<0.001	
NH ₄ ⁺	month	70.37	<0.001	
	site	241.991	<0.001	
	month x site	20.873	<0.001	
PO ₄ ³⁻	month	224.665	<0.001	
	site	238.351	<0.001	
	month x site	33.217	<0.001	
SiO ₂	month	79.335	<0.001	
	site	632.703	<0.001	
	month x site	55.299	<0.001	

表 4-7 新虎尾溪各環境因子月份和測站變異數分析。

variable	factor	F	P	Tukey test
chl <i>a</i>	month	30.608	<0.001	4 ^a , 7 ^a , 8 ^b , 9 ^d , 10 ^c , 11 ^b
	site	2.175	0.153	
	month x site	1.435	0.248	
GCP	month	44.967	<0.001	4 ^a , 7 ^e , 8 ^b , 9 ^d , 10 ^b , 11 ^c
	site	4.103	0.055	
	month x site	1.222	0.055	
CR	month	101.696	<0.001	
	site	176.23	<0.001	
	month x site	109.602	<0.001	
NCP	month	432.887	<0.001	
	site	201.405	<0.001	
	month x site	32.714	<0.001	

表 4-8 浮游藻類生產量與生物量對環境因子之 Spearman rank 相關分析。

	temp	cond	sal	pH	NTU	DO	NH ₄ ⁺	NOx	PO ₄ ³⁻	si	SS	OM
chl <i>a</i>	0.275	-0.114	-0.295	0.441 **	-0.317	-0.657 ***	0.563 ***	-0.222	0.689 ***	0.097	-0.391	0.247
GCP	0.068	-0.0211	-0.222	0.360	-0.148	-0.562 **	0.668 ***	-0.363 *	0.740 ***	0.104	-0.178	0.490 **
CR	-0.185	0.581 ***	0.610 ***	0.285	0.102	0.182	-0.179	-	0.0242	-0.209	0.197	0.189
NCP	0.291	-0.109	-0.258	0.484 **	-0.215	-0.686 ***	0.573 ***	0.640 ***	0.714 ***	0.140	-0.391 *	0.245

chl *a*(浮游藻生物量)；GCP(浮游藻總群集生產量)；CR(浮游藻群集呼吸量)；NCP(浮游藻淨群集生產量)；temp(水溫)；cond(導電度)；sal(鹽度)；pH(酸鹼值)；NTU(濁度)；DO(溶氧)；NH₄⁺(氨鹽)；NO_x(亞硝酸鹽+硝酸鹽)；PO₄³⁻(磷酸鹽)；si(矽酸鹽)。數值-相關係數 *r* 值，|*r*| ≥ 0.8 代表高度相關，≥ 0.4 代表中度相關，≤ 0.4 代表低度相關；粗體-顯著差異，*表示 *p* < 0.05，**表示 *p* < 0.01，***表示 *p* < 0.001。

表 4-9 新虎尾溪環境因子主成分分析。

	PC1	PC2
特徵值(%)	37.3	22.3
tem	0.443	0.188
sal	0.456	0.168
pH	0.146	0.474
NTU	-0.237	0.021
DO	0.304	-0.092
NH ₄ ⁺	-0.358	0.312
NOx	-0.404	-0.268
PO ₄ ³⁻	-0.231	0.536
si	-0.278	0.157
SS	-0.042	0.036
OM	-0.051	0.469

表 4-10 潘(2015)與本研究浮游藻生物量比較表。

	ZHW-up	ZHW		Ez	Dm	Ex
Apr-17	10.57	6.85	Spr-12	0.61	1.31	3.85
Jul-17	6.37	5.66	Sum-12	0.26	0.38	0.42
Aug-17	1.32	2.41	Fal-12	0.29	0.31	0.47
Sep-17	0.65	0.24	Win-13	1.39	0.94	1.99
Oct-17	0.39	0.15	Spr-13	2.87	3.00	3.19
Nov-17	0.27	0.09	Sum-13	4.35	1.25	2.85
			Fal-13	0.46	0.32	0.57

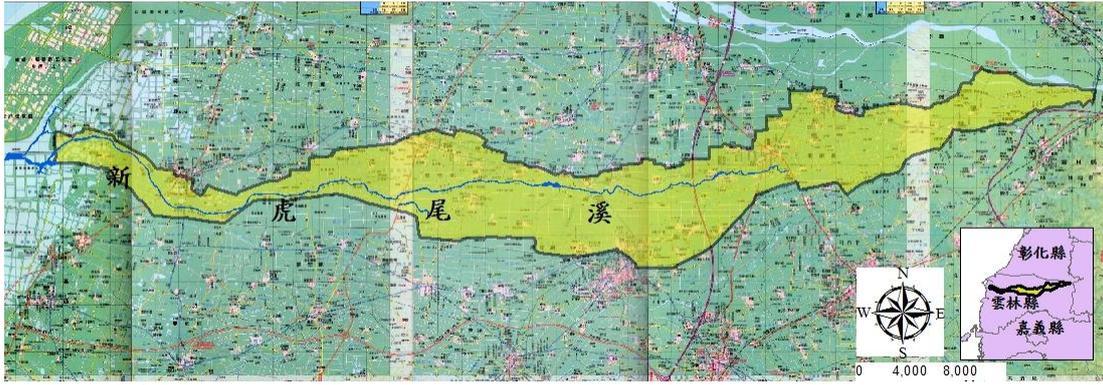


圖 4-1 新虎尾溪流域概況圖。



圖 4-2 第 1 階段(2008~2015)新虎尾溪流域徐昇式多邊形權重劃分圖。

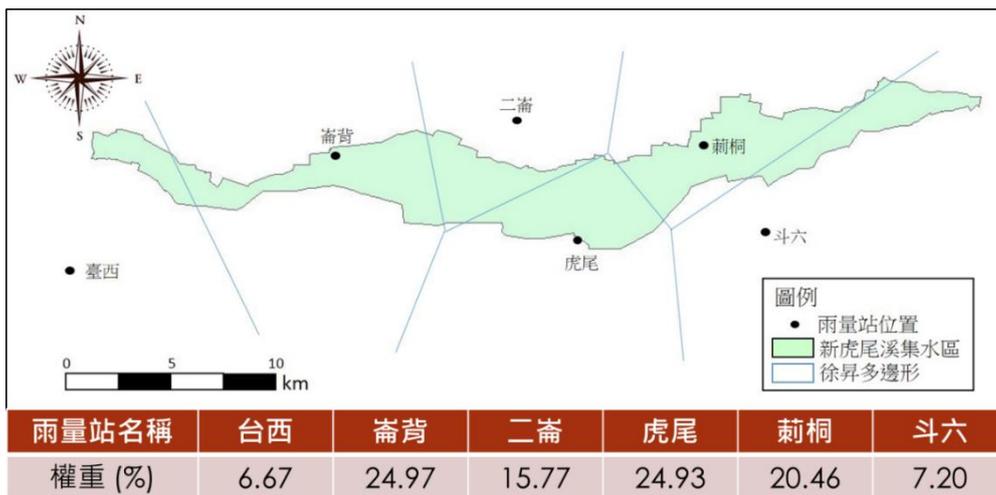


圖 4-3 第 2 階段(2016~2017)新虎尾溪流域徐昇式多邊形權重劃分圖。

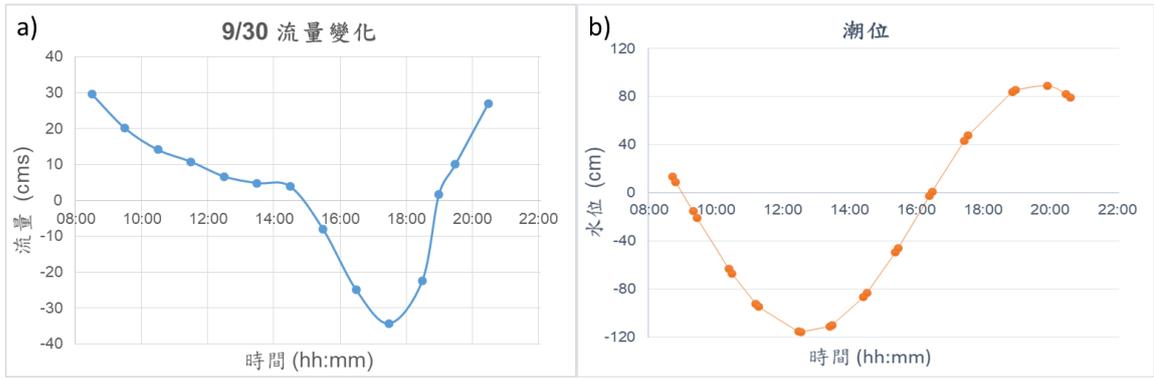


圖 4-4 新虎尾溪蚊港橋 9/30 潮位及流量變化圖。(圖 a 為流量變化;圖 b 為潮位)

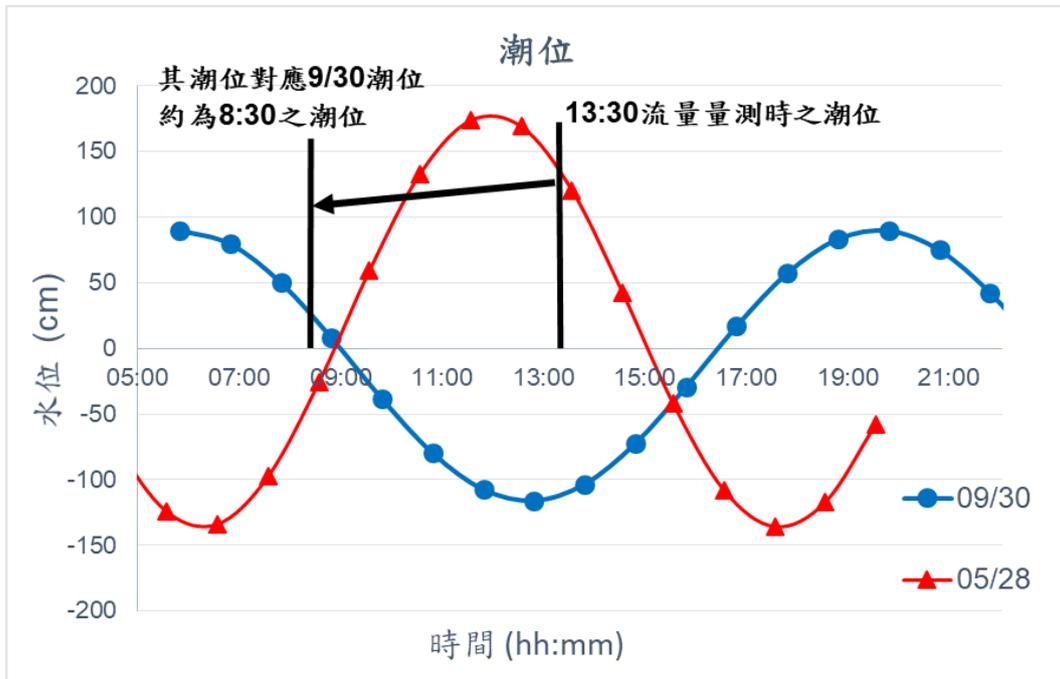


圖 4-5 新虎尾溪蚊港橋 5/28 及 9/30 潮位變化圖。

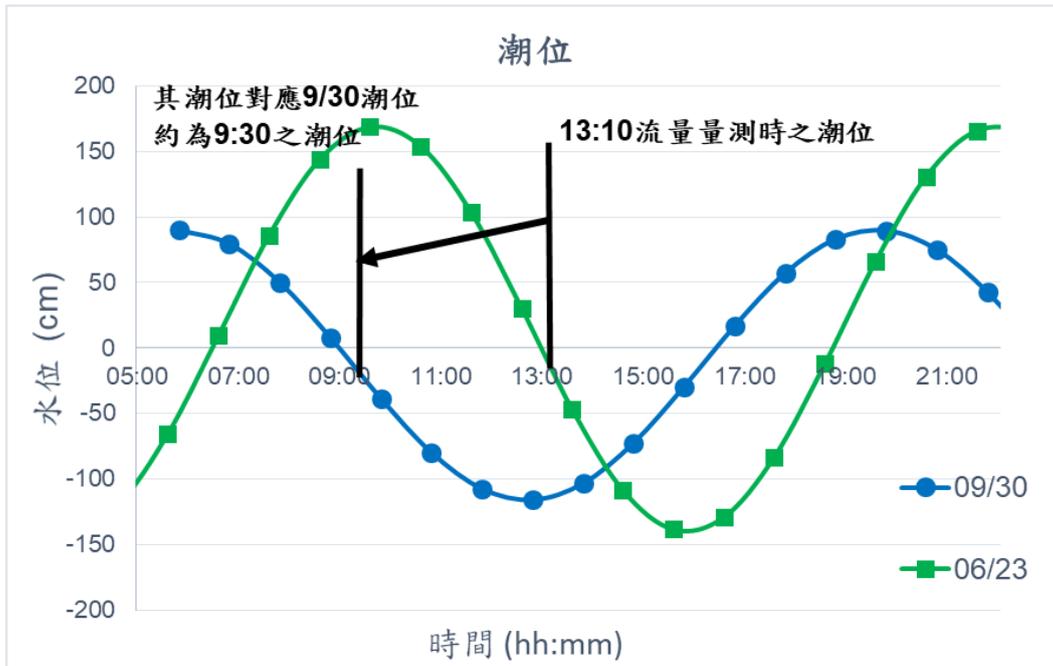


圖 4-6 新虎尾溪蚊港橋 6/23 及 9/30 潮位變化圖。

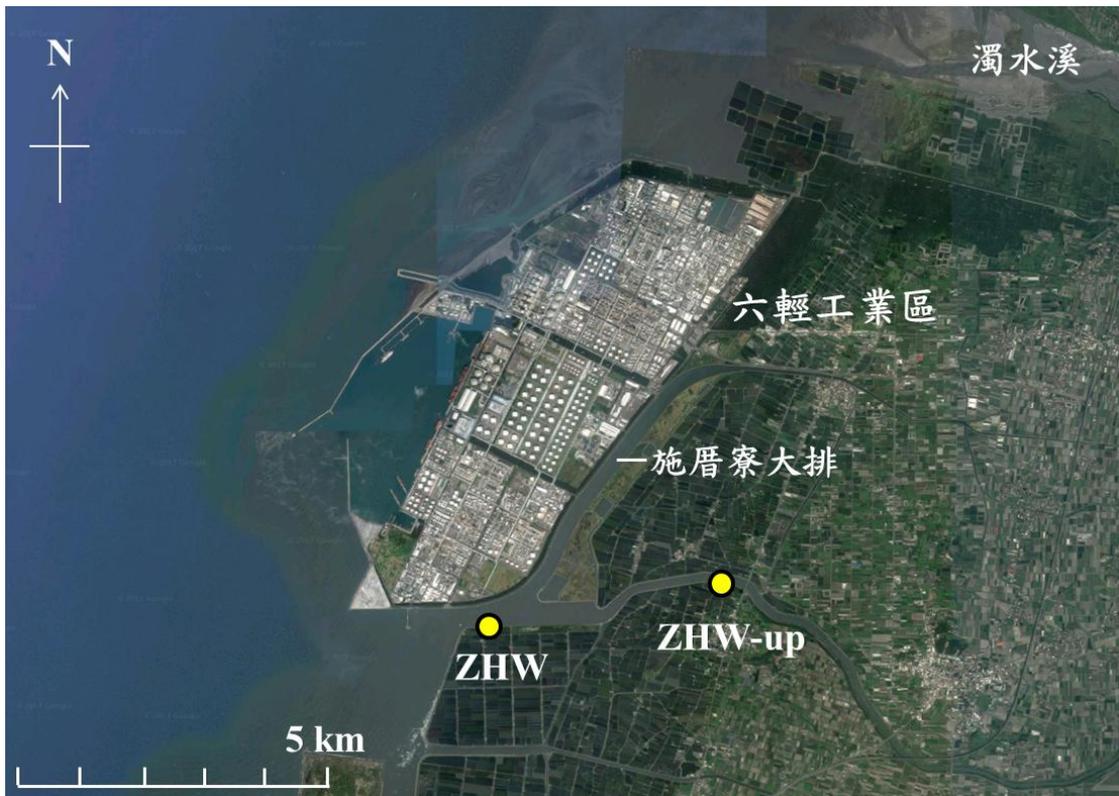


圖 4-7 新虎尾溪出海口(ZHW)和上游(ZHW-up)測站位置。

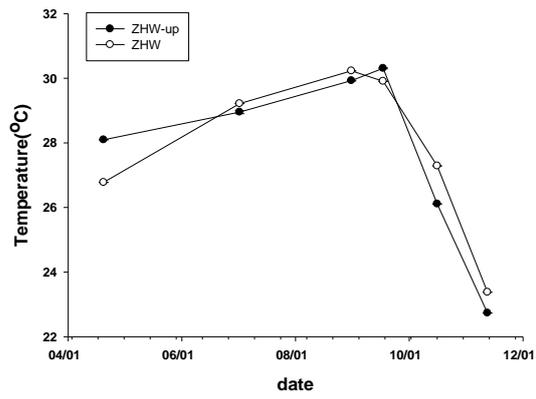


圖 4-8 各測站水溫變化圖。

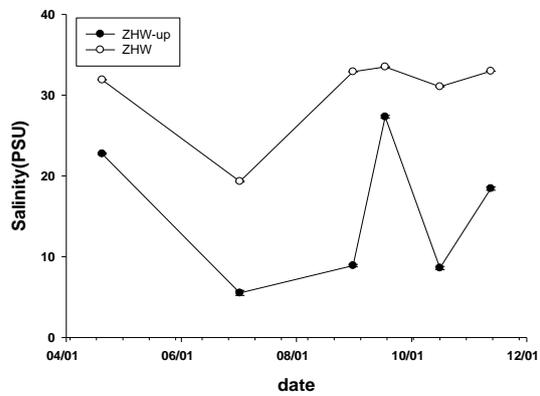


圖 4-9 各測站鹽度變化圖。

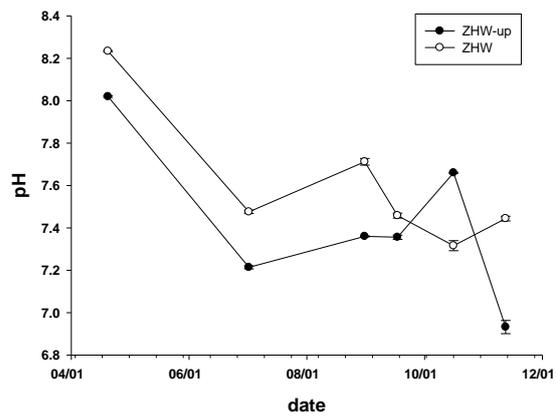


圖 4-10 各測站酸鹼值變化圖。

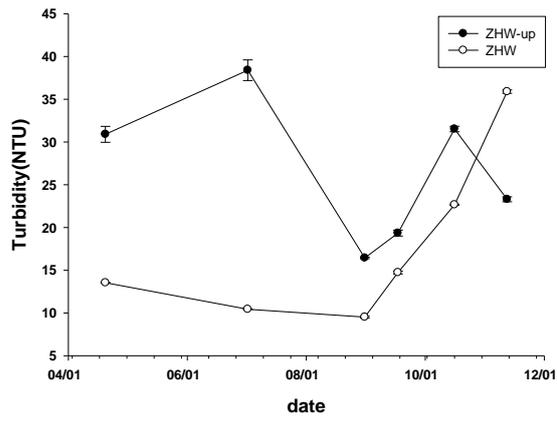


圖 4-11 各測站濁度變化圖。

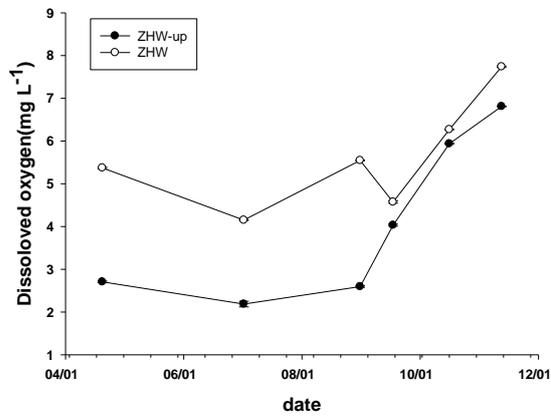


圖 4-12 各測站溶氧變化圖。

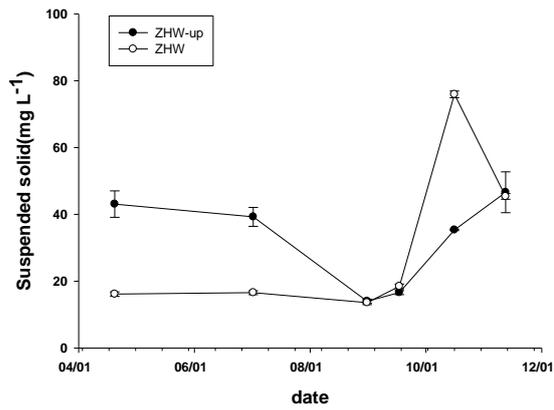


圖 4-13 各測站懸浮固體變化圖。

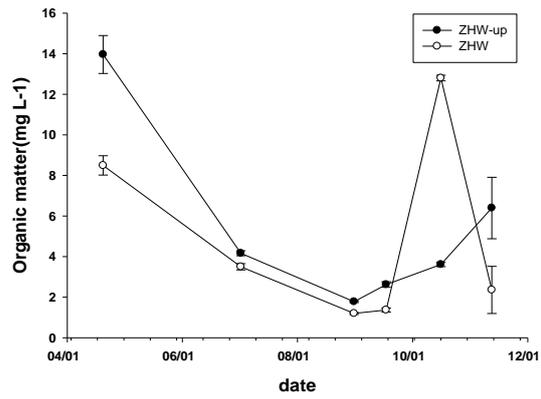


圖 4- 14 各測站有機質變化圖。

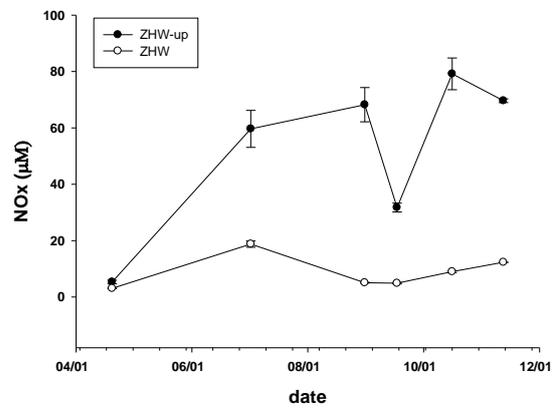


圖 4- 15 各測站 NO_x 變化圖。

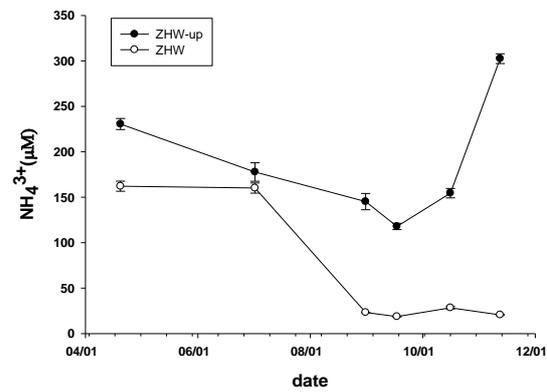


圖 4- 16 各測站氨氮變化圖。

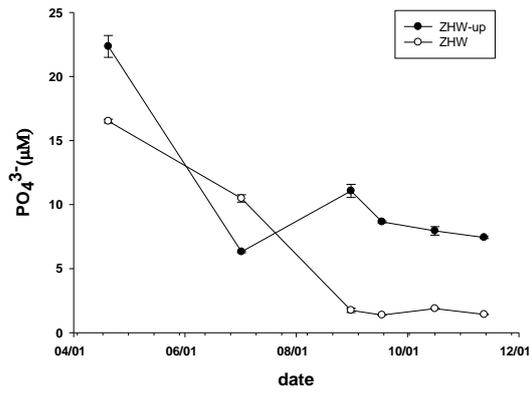


圖 4-17 各測站磷酸鹽變化圖。

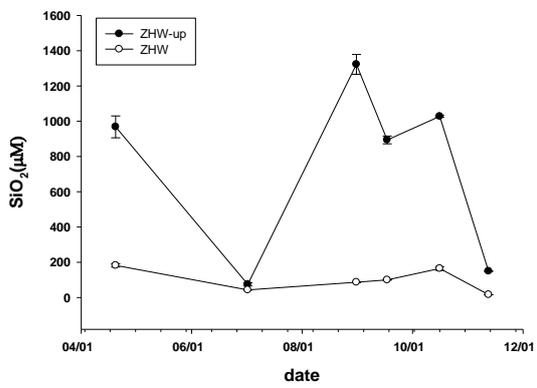


圖 4-18 各測站矽酸鹽變化圖。

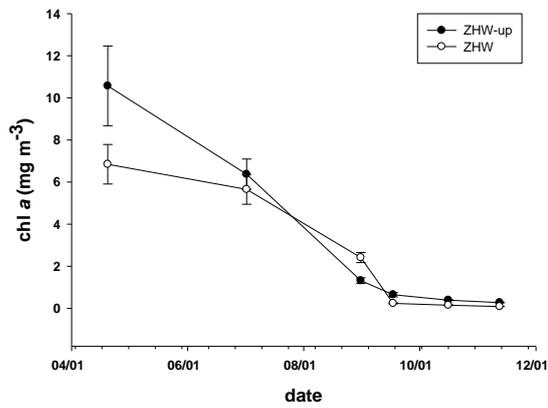


圖 4-19 各測站浮游藻生物量變化圖。

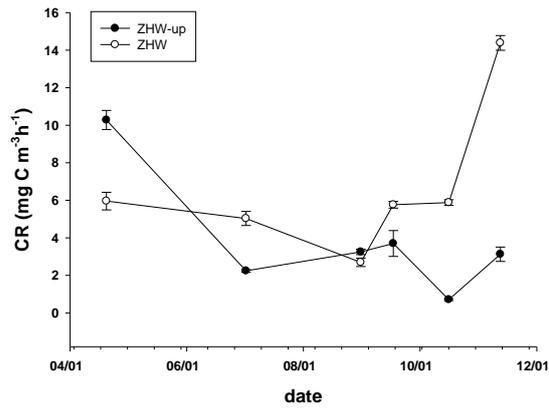


圖 4-20 各測站群集呼吸量變化圖。

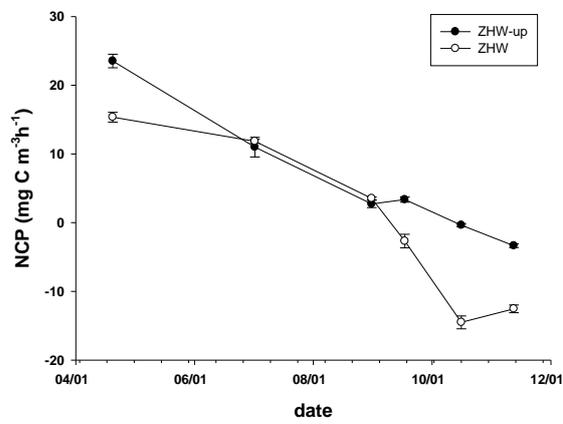


圖 4-21 各測站淨群集生產量變化圖。

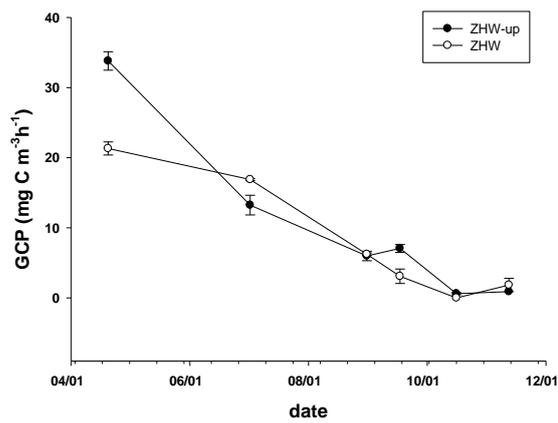


圖 4-22 各測站總群集生產量變化圖。

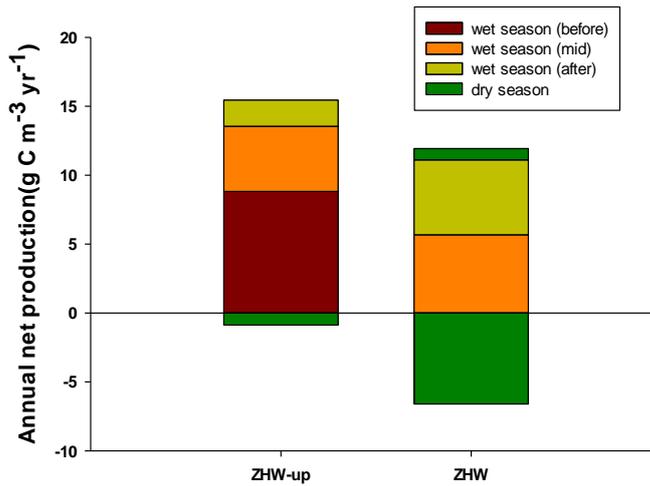
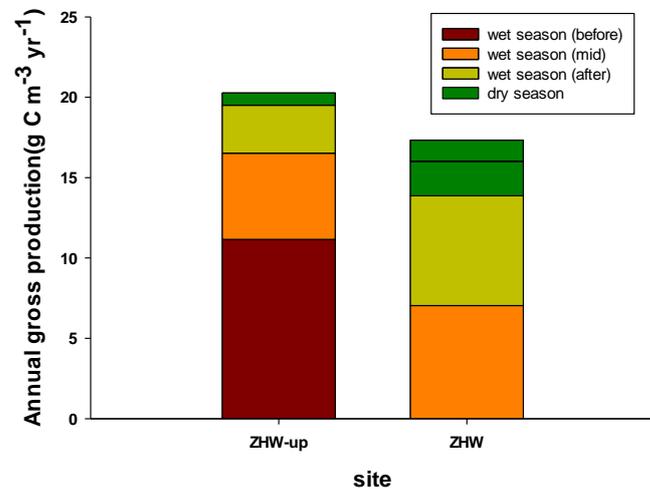
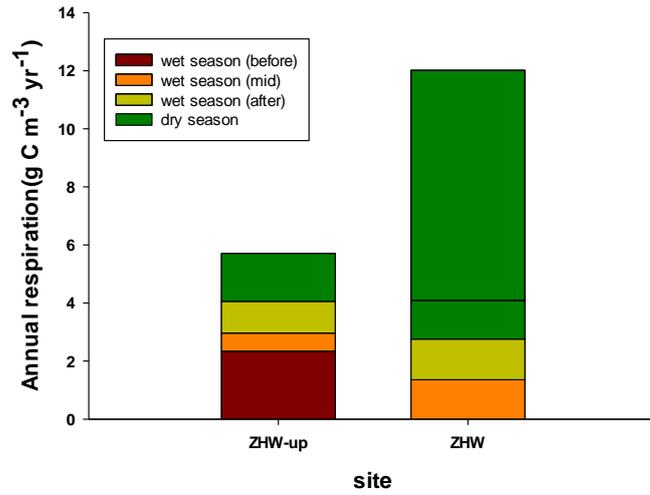


圖 4-23 新虎尾溪上游(ZHW-up)和下游(ZHW)之全年群集呼吸量、總群集生產量與淨群集生產量。

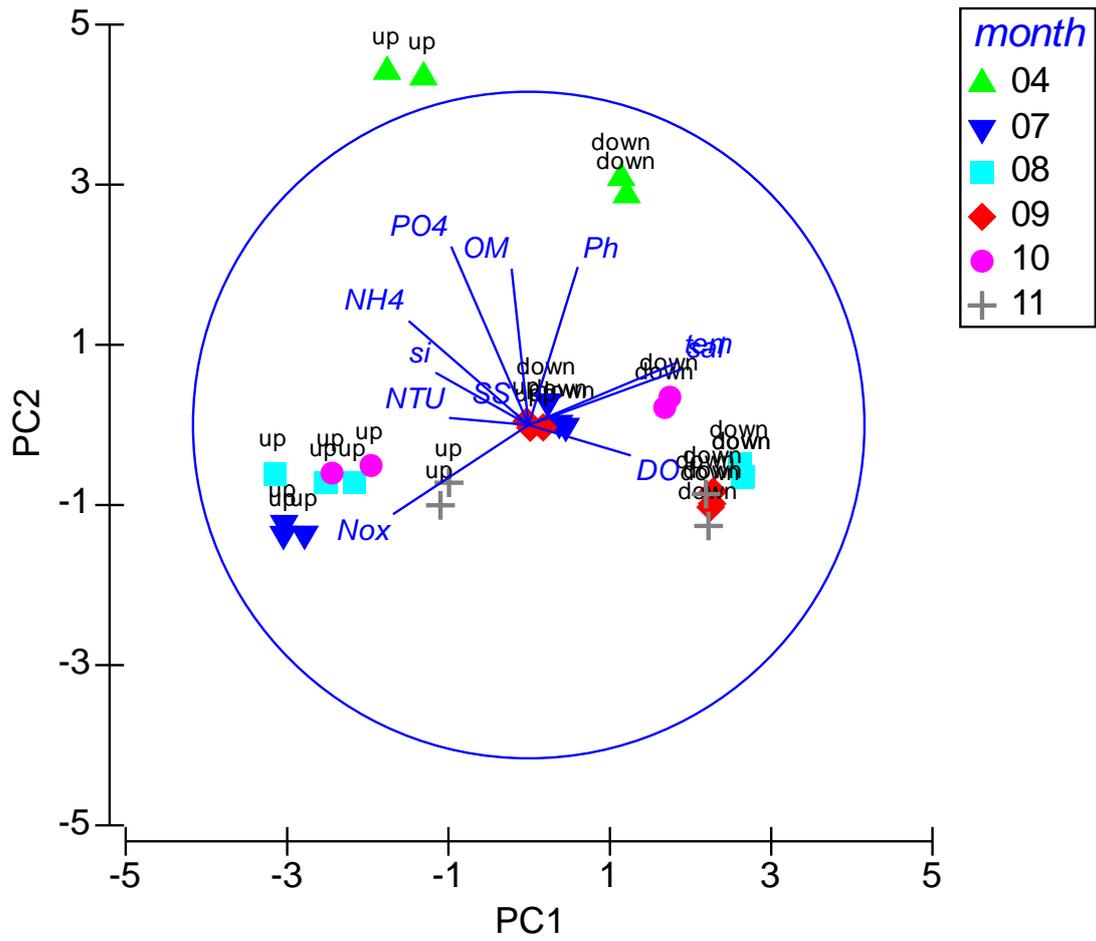


圖 4-24 新虎尾溪環境因子主成分分析圖。

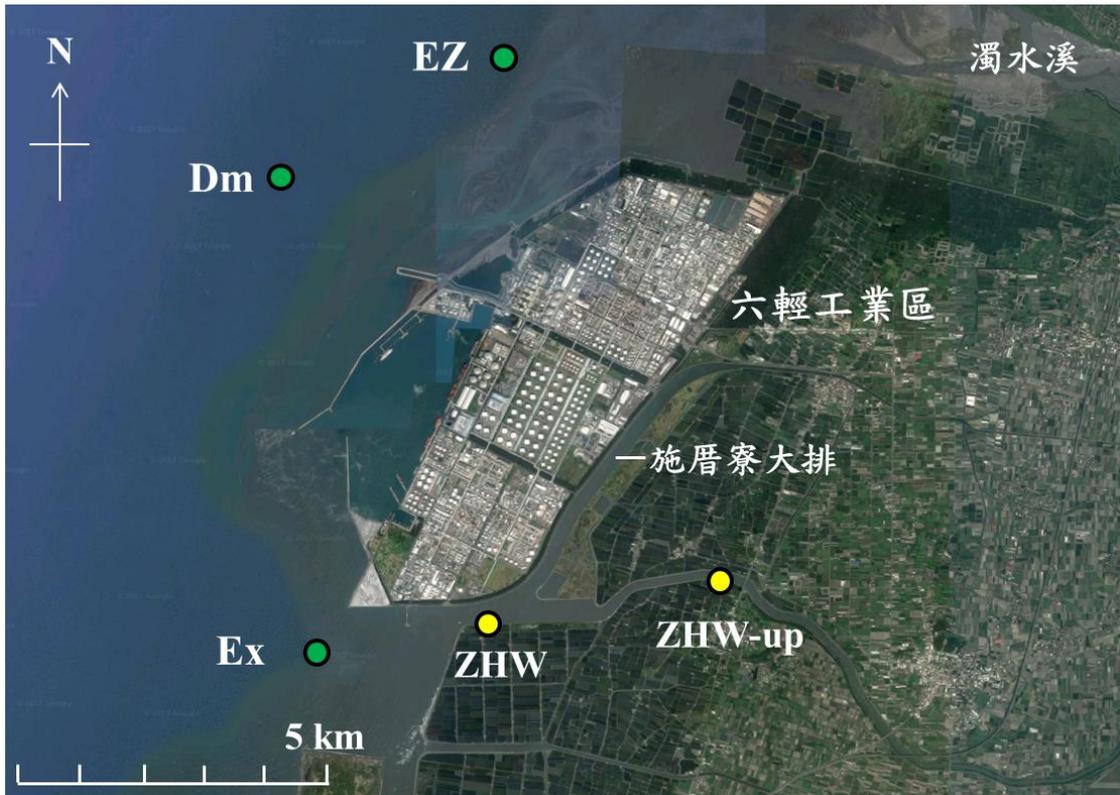


圖 4- 25 潘(2015)與本研究測站位置圖。圖中 EZ 為濁水溪口、Dm 為放流水口、Ex 為新虎尾溪口，ZHW 和 ZHW-up 是新虎尾溪河口和新虎尾溪上游，為本研究測站。

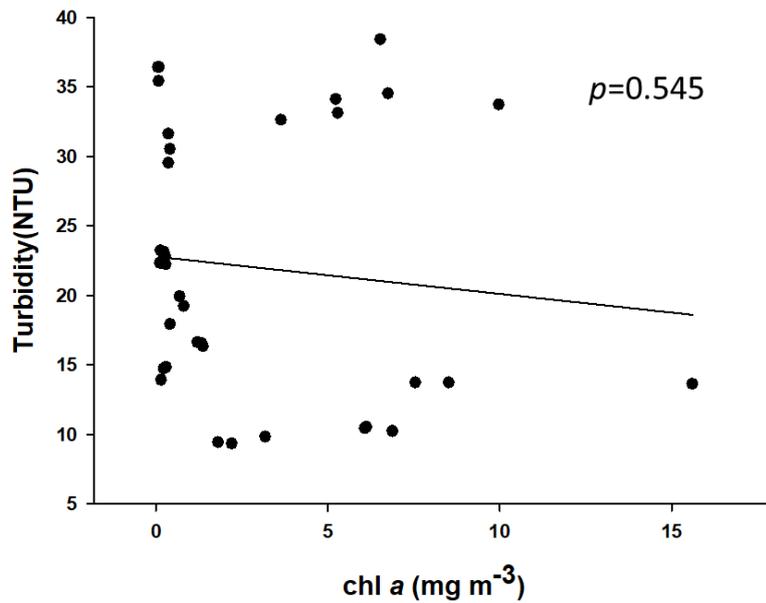


圖 4- 26 浮游藻生物量和濁度散佈圖。

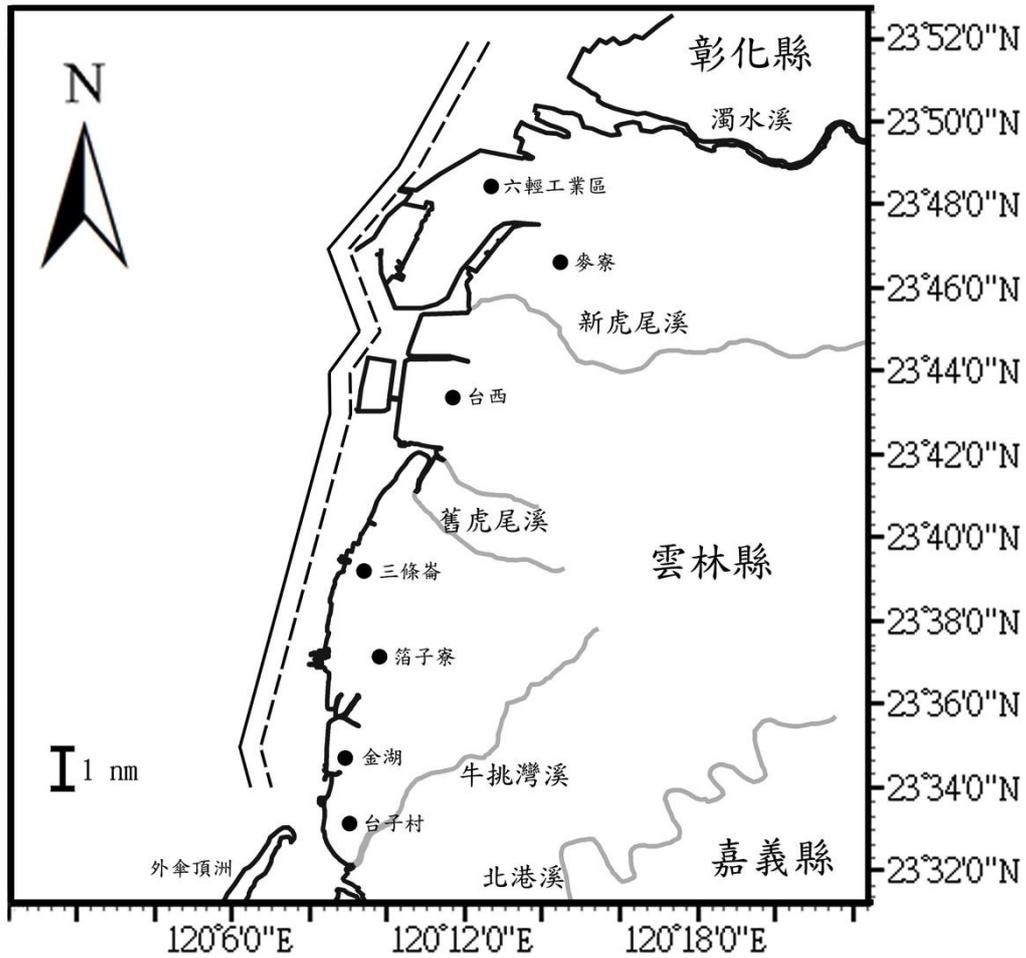


圖 4-27 海上調查航線圖，最靠近岸之航線(虛線)為「近岸航線」，另一航線為「離岸航線」，航線之平行間隔為 0.5 海浬。(台塑計畫報告，周蓮香 2017)

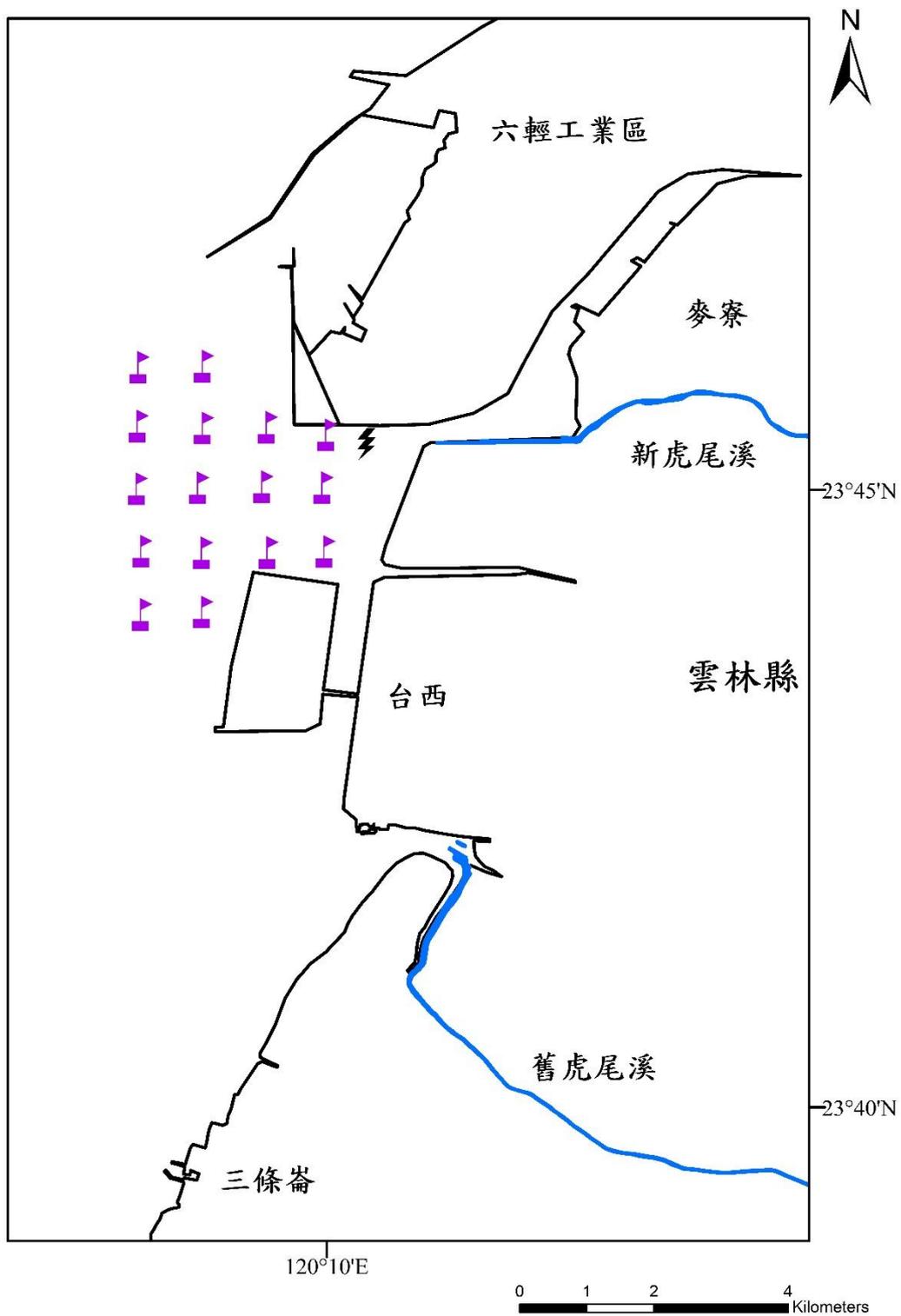


圖 4-28 新虎尾河流域環境因子測站示意圖，紫色為各測站位置，黑色為河口點位。



圖 4- 29 新虎尾溪流域環境因子量測之多參數水質儀。

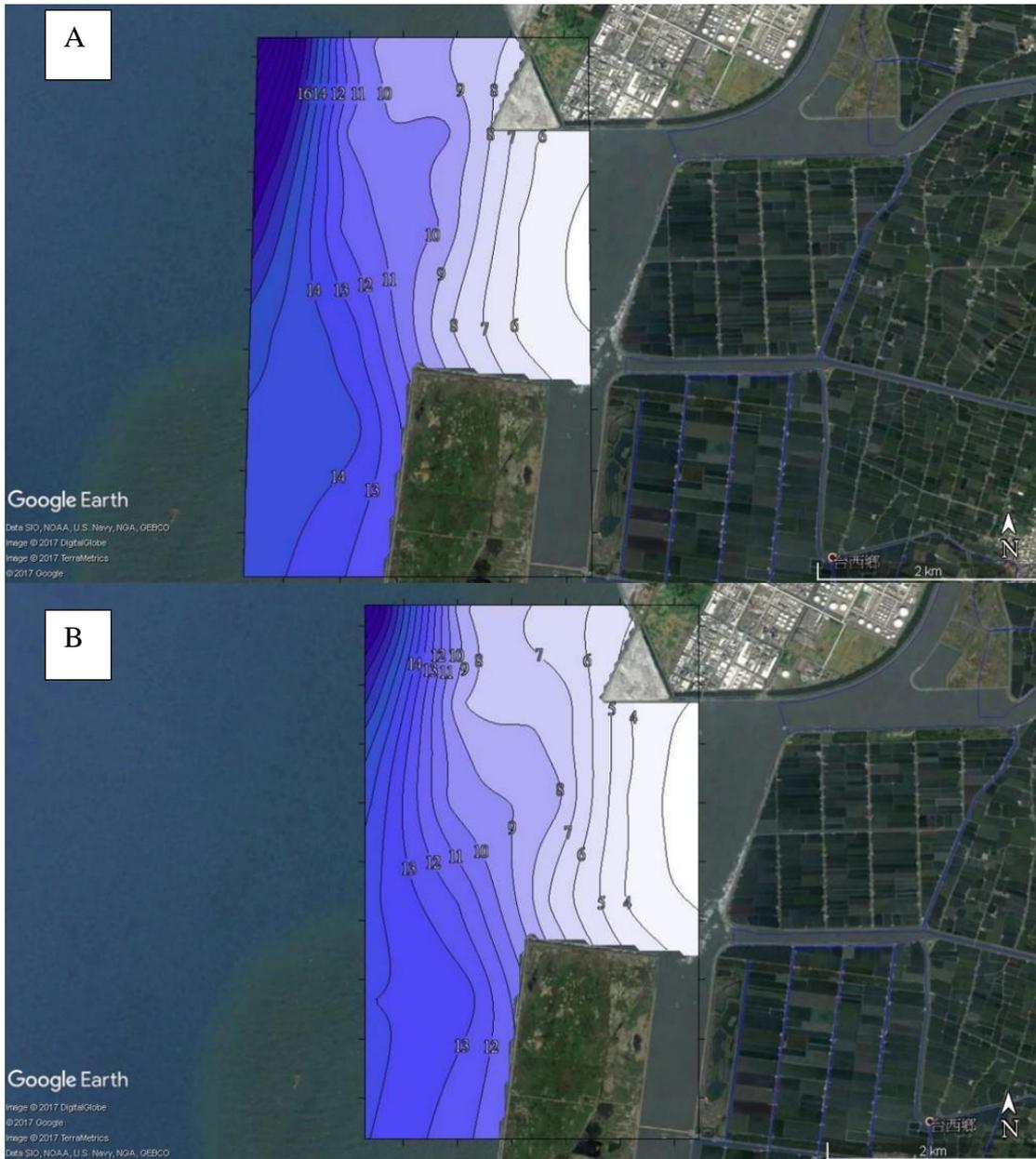


圖 4- 30 新虎尾溪流域水深等深線圖，A 為漲潮時水深，B 為退潮時水深。

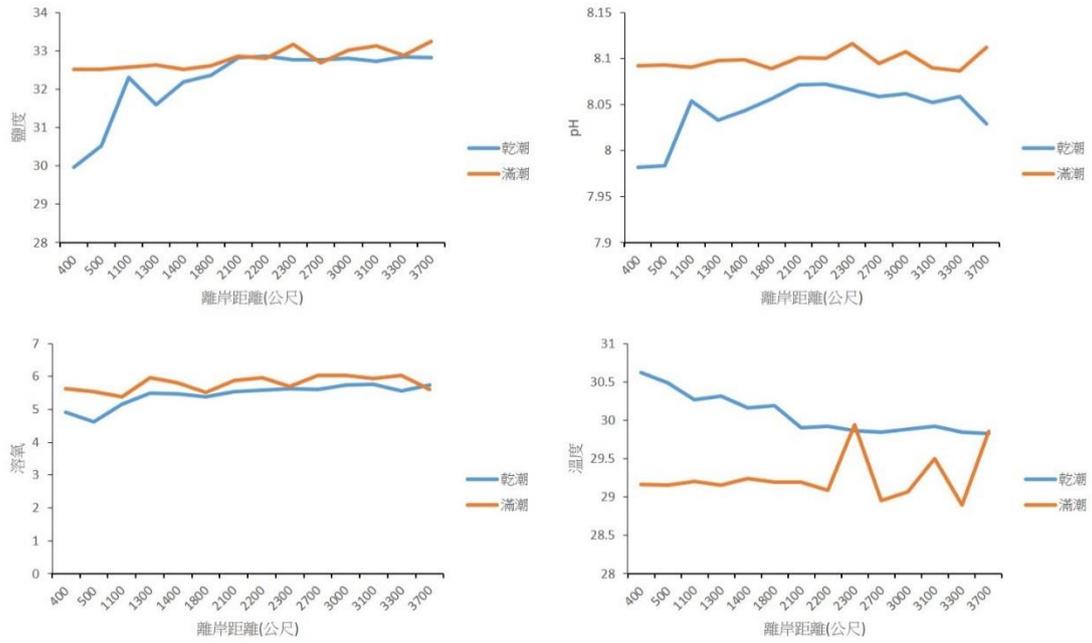


圖 4- 31 新虎尾溪流域漲退潮環境因子變動趨勢圖。

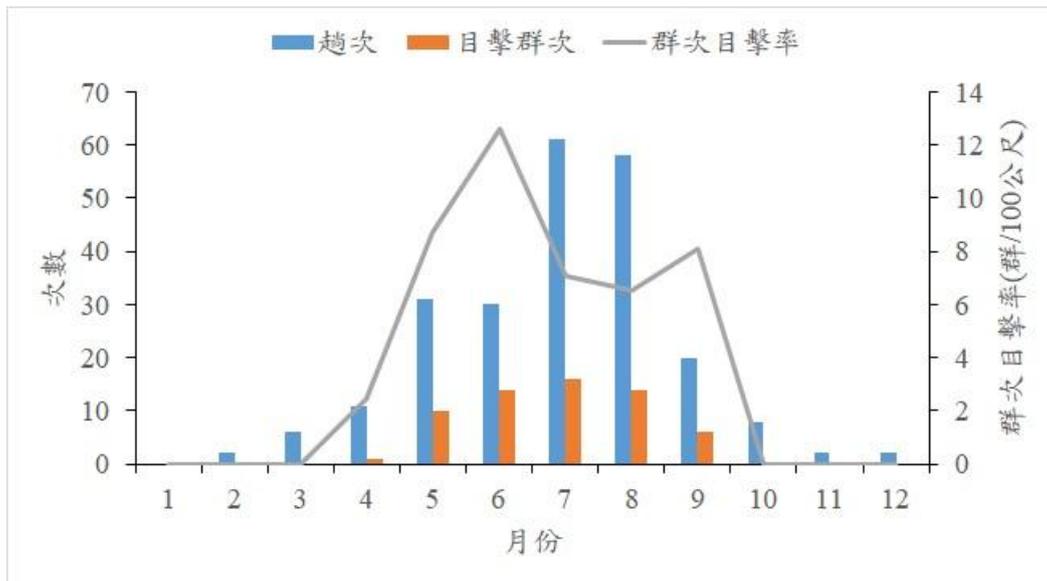


圖 4- 32 2008-2017 年新虎尾溪口月份中華白海豚群次目擊率及調查頻度，折線為群次目擊率。(原始資料來源，台塑計畫)

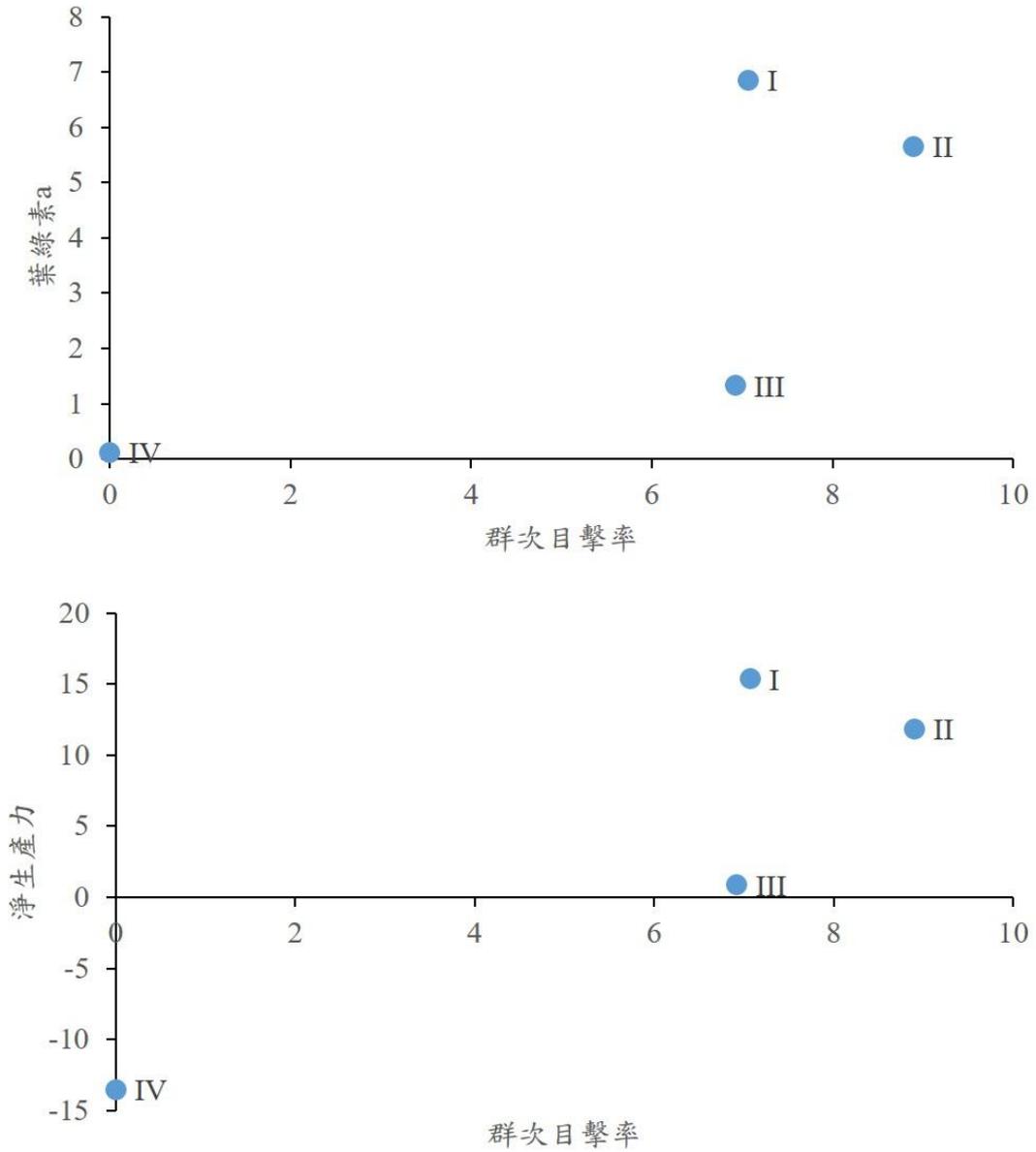


圖 4-33 歷年群次目擊率與浮游藻類葉綠素 a 濃度(上)及淨生產力(下)之 XY 散佈圖。

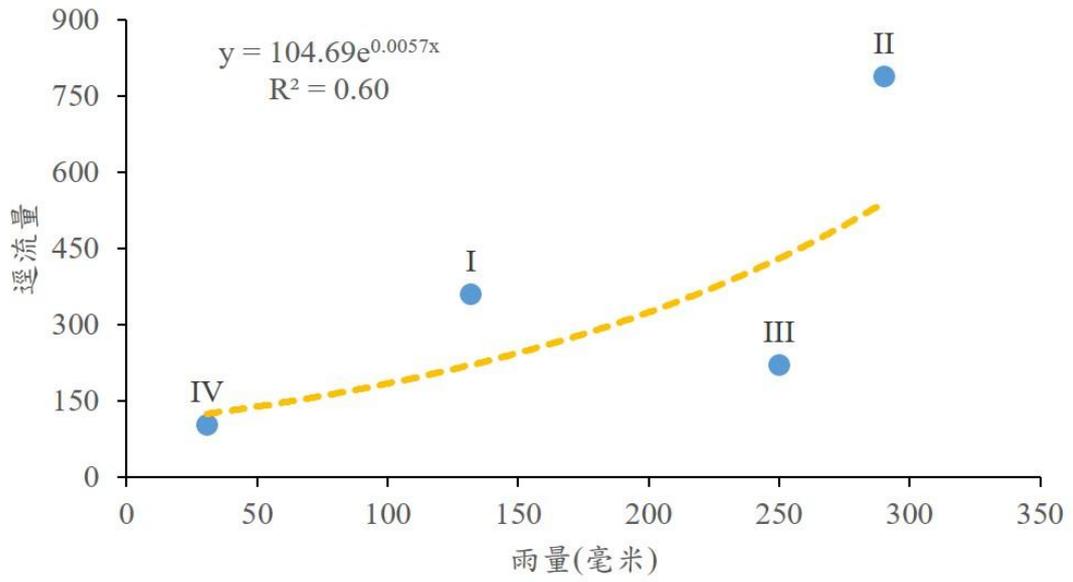


圖 4- 34 新虎尾溪雨量與逕流量之指數迴歸關係。

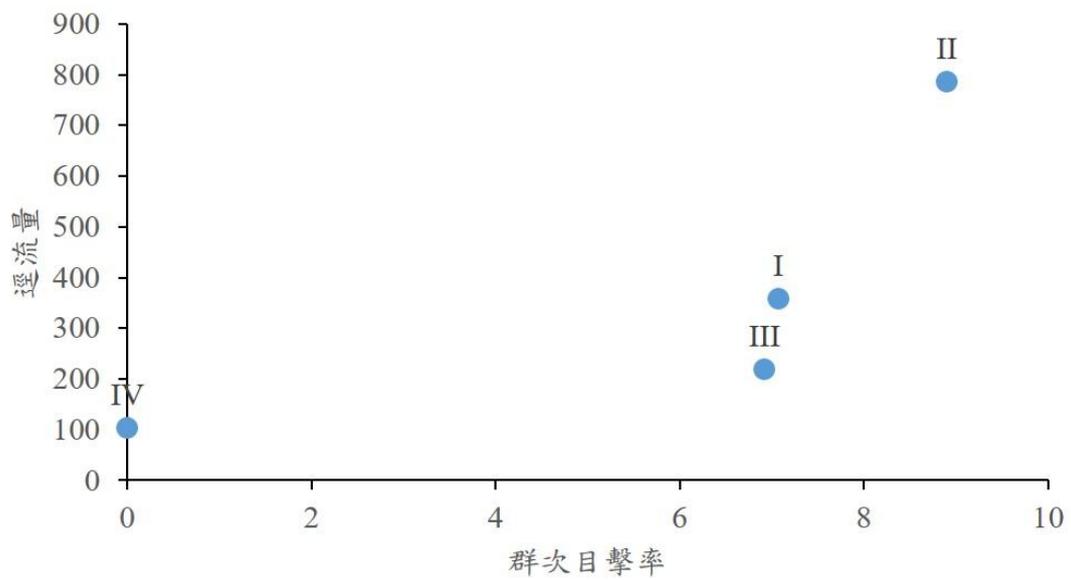
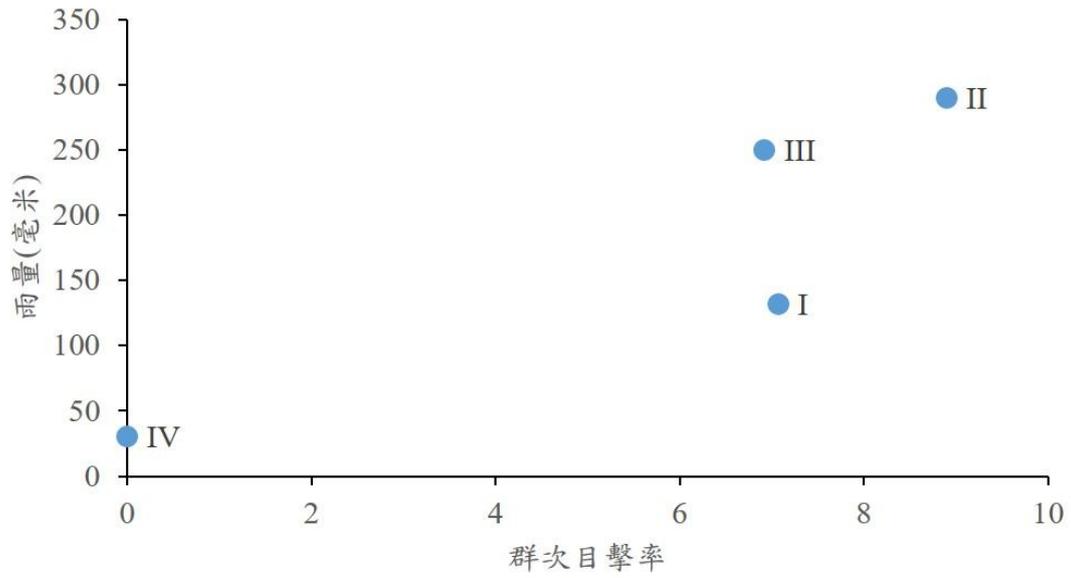


圖 4- 35 新虎尾溪雨量、逕流量與群次目擊率之 XY 散佈關係圖。

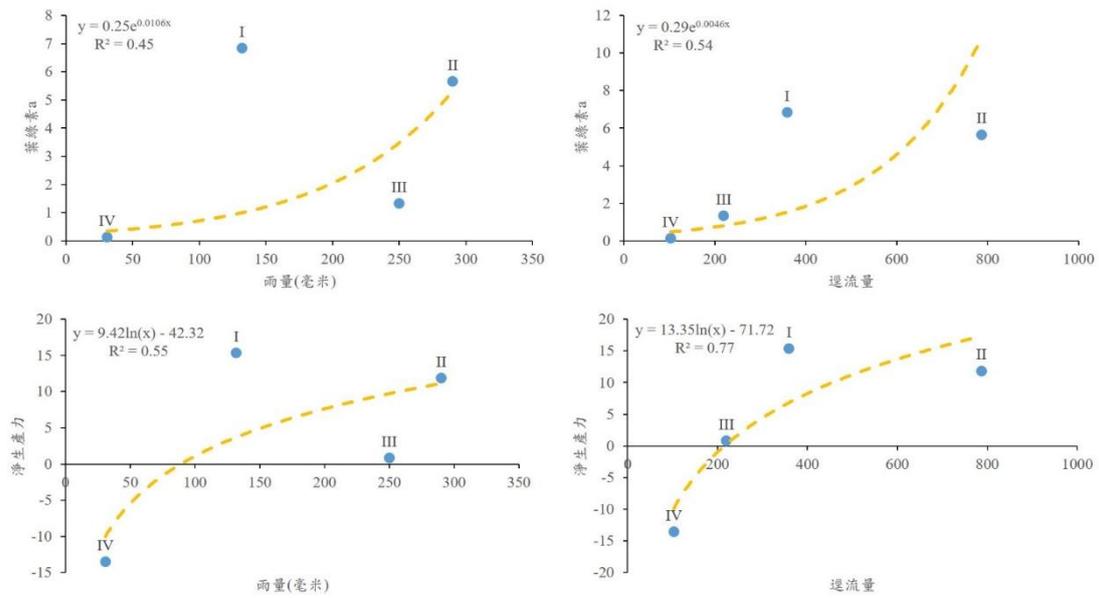


圖 4-36 新虎尾溪雨量、逕流量與浮游藻類葉綠素 a、淨生產力之 XY 散佈關係圖。圖中顯示浮游藻類淨生產力與逕流量有對數回歸，其餘則無明顯趨勢。