

PG10101-0394

台江國家公園黑面琵鷺族群生態及棲地經營管理計畫(101)

受委託者： 中華民國國家公園學會

計畫主持人： 王穎

協同主持人： 許嘉恩、黃家勤、黃銘志

研究助理： 陳尚欽、王佳琪、陳怡君
郭東輝、祁偉廉、郭至育
陳琬婷、陳舜致、陳怡馨

台江國家公園管理處委託研究報告

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

中華民國 101 年 12 月

目次

目次	I
表次	III
圖次	V
摘要	IX
ABSTRACT.....	XIII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 前人研究	4
第二章 研究方法與樣區	7
第一節 黑面琵鷺族群分布及棲地利用調查	8
第二節 台江國家公園與周邊魚塭的變遷監測	9
第三節 黑面琵鷺休息棲地及覓食區水質與初級生產量調查	11
第四節 台江國家公園彈塗魚生態研究	16
第三章 結果與討論	25
第一節 黑面琵鷺族群分布及棲地利用調查	25
第二節 台江國家公園與周邊魚塭的變遷監測	56
第三節 黑面琵鷺休息棲地及覓食區水質與初級生產量調查	71
第四節 台江國家公園彈塗魚生態研究	101
第四章 結論與建議	119
第一節 黑面琵鷺族群分布及棲地利用調查	119
第二節 台江國家公園與周邊魚塭的變遷監測	120
第三節 黑面琵鷺休息棲地及覓食區水質與初級生產量調查	122
第四節 台江國家公園彈塗魚生態研究	123
附錄	125
附錄一 期中報告審查會議記錄	125
附錄二 期末報告審查會議記錄	133
附錄三 審查建議之回覆及處理	138
參考書目	175

表次

表 1-1-1、台江國家公園黑面琵鷺族群生態及棲地經營管理計畫所包含之各項研究計畫概述	3
表 2-1-1、黑面琵鷺性別判定參考資料	9
表 2-4-1、彈塗魚每月採集地點及數量表	21
表 3-1-1、繫放工作表	26
表 3-1-2、台灣地區繫放個體外表型質	26
表 3-1-3、韓國繫放個體形質	27
表 3-1-4、訊號品質的定義	28
表 3-1-5、衛星個體收訊數目	28
表 3-1-6、T46 遷移過程的重要位置座標	33
表 3-1-7、T47 遷移過程的重要位置坐標	34
表 3-1-8、E65 南遷過程的衛星參考座標	39
表 3-1-9、黑面琵鷺在台江國家公園及鄰近區域之分布及數量(2012 年 1~5 月)	41
表 3-1-10、黑面琵鷺在台江國家公園及鄰近區域之分布及數量(2012 年 9~12 月)	42
表 3-1-11、與黑面琵鷺研究相關之博碩士論文	49
表 3-1-12、與黑面琵鷺研究相關之英文期刊論文	51
表 3-1-13、與黑面琵鷺主題相關之大陸地區文獻	55
表 3-2-1、各區 2011 年石斑類養殖地點在 2006 年的魚塭養殖型態 (單位: m ²)	64
表 3-2-2、兩組鳥類與魚塭變數的判別分析法所得結果 a 表為 2011 年 11 月資料, 只有變數「紅光最小值」入選; b 表為 2012 年 2 月資料, 只有變數「NDVI 最小值」入選。	70
表 3-3-1、樣點名稱、代號與座標	73
表 3-3-2、各調查水體形態	75
表 3-3-3、各水體初級生產量模式參數檢定結果	94
表 3-3-4、浮游植物生長與環境因子相關性分析結果	98
表 3-4-1、安平後觀測點之彈塗魚數量觀測紀錄表	103
表 3-4-2、主棲地蚵棚觀測點之彈塗魚數量觀測紀錄表	104
表 3-4-3、主棲灘地一觀測點之彈塗魚數量觀測紀錄表	104
表 3-4-4、主棲灘地二觀測點之彈塗魚數量觀測紀錄表	105
表 3-4-5、紅樹林一觀測點之彈塗魚數量觀測紀錄表	105
表 3-4-6、紅樹林二觀測點之彈塗魚數量觀測紀錄表	105
附表一、台南市研究全區的魚種養殖面積在 2006-2011 年的變化	143
附表二、休息棲地水質	145
附表三、食魚塭水質	147
附表四、周邊水體水質	148
附表五、養殖魚塭樣點名稱、代號與座標	150
附表六、養殖魚塭水體形態	150
附表七、不同類型養殖魚塭水質	151
附表八、蚵棚、安平後及紅樹林彈塗魚體指數(BMI)及肥滿度(RI)之 T 檢定	153

圖次

圖 1-2-1、(a)、(b) 為間格約兩個月的 QuickBird 影像。在(a)的 A 大框中的是傳統虱目魚養殖的淺坪魚塭，其右上方的「越冬溝」仍有殘水；在(a)的 B 框中為改變中的原虱目魚養殖魚塭，其在(b)圖中已經被分隔變小，將變更不同的養殖類型。(影像來源：Google Earth).....	5
圖 2、台江國家公園黑面琵鷺族群生態及棲地經營管理計畫調查範圍及採樣點位置。.....	7
圖 2-1-1、黑面琵鷺族群分布調查範圍，三條溪流出口和保護區的相對位置。(底圖影像為 SPOT 衛星影像).....	8
圖 2-2-1、本計畫衛星影像判釋魚塭養殖型態的範圍及分區，北起八掌溪南至鹽水溪，西由海岸線東至台 17 線道路，共劃分為 11 區。.....	10
圖 2-3-1、光抑制情況下的初級生產量模式.....	15
圖 2-4-1、臺江國家公園及調查點位置地圖。(空照圖使用 google 系統).....	22
圖 2-4-2、文獻中彈塗魚分類法。(A)取自 Masuda(1921)。(B)台灣魚類資料庫。 (http://fishdb.sinica.edu.tw/chi/home.php).....	23
圖 3-1-1、T46 台灣的遷移路線.....	29
圖 3-1-2、T46 遷移路線圖.....	30
圖 3-1-3、T46 在北韓的分布圖.....	31
圖 3-1-4、T46 在 5 月 28 日遷移位置的變化.....	32
圖 3-1-5、T47 在台南地區經由衛星定位的分布位置，黃色區域內為台江國家公園.....	35
圖 3-1-6、T47 的北返遷移路線.....	36
圖 3-1-7、T47 在北韓的分布圖.....	37
圖 3-1-8、T47 由台灣遷移至大陸福建的路徑及距離.....	38
圖 3-1-9、E 65 的南遷路線，由韓國遷移到台灣.....	40
圖 3-1-10、2012 年大台南地區黑面琵鷺分布位置，北魚塭橘色紀錄點參考特有生物中心紀錄.....	43
圖 3-1-11、黑面琵鷺在布袋鹽田的分布位置.....	44
圖 3-1-12、黑面琵鷺在頂山的分布.....	45
圖 3-1-13、黑面琵鷺在東魚塭區域的分布.....	46
圖 3-1-14、黑面琵鷺在篤加地區分布位置.....	47
圖 3-1-15、黑面琵鷺在四草地區分布位置.....	48
圖 3-2-1、a) 2001-2010 年間台灣內陸(含淡、海水)養殖總計生產量，和 b) 台灣水產品外銷的貿易量。.....	57
圖 3-2-2、台南市七種養殖魚種產量在 2001-2010 年的變化。.....	58
圖 3-2-3、台南市研究全區的前四大養殖面積魚種在 2006-2011 年的變化。a)虱目魚、文蛤沒有明顯的變化趨勢，b)石斑類養殖面積明顯增加，c)蝦類養殖面積則緩慢減少。.....	60
圖 3-2-4、燈塔區的前三大養殖面積魚種在 2006-2011 年的變化。a) 文蛤養殖面積漸減，而虱目魚養殖面積漸增，b)石斑類養殖面積明顯增加。.....	61

圖 3-2-5、郭婦產區及主棲地的前三大養殖面積魚種在 2006-2011 年的變化。a) 虱目魚養殖面積先增後減，b) 石斑類養殖面積明顯增加。	62
圖 3-2-6、府安路區的前二大養殖面積魚種在 2006-2011 年的變化。a) 虱目魚養殖面積漸減，b) 石斑類養殖面積稍微增加。	63
圖 3-2-7、藍色點顯示在 2011 年石斑養殖面積分別屬於 2006 年的虱目魚、蝦類和休養的魚塭，黃色細線畫出台江國家公園的範圍。	65
圖 3-2-8、郭婦產區的 a) 2006 年和 b) 2011 年衛星影像，黃色細線下方為台江國家公園的範圍。	66
圖 3-2-9、東魚塭的 a) 2006 年和 b) 2011 年衛星影像，棄養魚塭多處重新經營，兩塊植被的陸生演替明顯。	67
圖 3-2-10、顯示衛星影像與附近日期的黑面琵鷺所在魚塭位置。a) 影像 2011 年 11 月 14 日黑面琵鷺普查為 11 月 10 日；b) 影像 2012 年 2 月 4 日普查日期 2 月 10 日。	69
圖 3-3-1、調查水體分布圖 (☆：休息棲地 ○：覓食魚塭 ●：周邊水體 △：水質調查魚塭)	72
圖 3-3-2、休息棲地水溫	76
圖 3-3-3、休息棲地鹽度	77
圖 3-3-4、休息棲地濁度	77
圖 3-3-5、休息棲地 pH	78
圖 3-3-6、休息棲地溶氧	78
圖 3-3-7、休息棲地氨氮	79
圖 3-3-8、休息棲地總磷	80
圖 3-3-9、休息棲地總氮	80
圖 3-3-10、休息棲地矽酸鹽	81
圖 3-3-11、覓食魚塭水溫	82
圖 3-3-12、覓食魚塭鹽度	82
圖 3-3-13、覓食魚塭 pH	83
圖 3-3-14、覓食魚塭濁度	83
圖 3-3-15、覓食魚塭溶氧	84
圖 3-3-16、覓食魚塭氨氮	84
圖 3-3-17、覓食魚塭總磷	85
圖 3-3-18、覓食魚塭總氮	85
圖 3-3-19、覓食魚塭矽酸鹽	86
圖 3-3-20、周邊水體水溫	86
圖 3-3-21、周邊水體鹽度	87
圖 3-3-22、周邊水體 pH	87
圖 3-3-23、周邊水體濁度	88
圖 3-3-24、周邊水體溶氧	88
圖 3-3-25、周邊水體氨氮	89
圖 3-3-26、周邊水體總磷	89
圖 3-3-27、周邊水體總氮	90
圖 3-3-28、周邊水體矽酸鹽	90
圖 3-3-29、休息棲地浮游植物生物量	91

圖 3-3-30、覓食魚塭浮游植物生物量.....	92
圖 3-3-31、周邊水體浮游植物生物量.....	92
圖 3-3-32、各水體單位面積初級生產量之模式計算結果.....	95
圖 3-3-33、黑面琵鷺水體利用影響因子多元尺度分析結果.....	96
圖 3-3-34、黑面琵鷺水體利用影響因子群集分析結果.....	97
圖 3-4-1、台江國家公園內彈塗魚(<i>Periophthalmus modestus</i>)分布地圖。紅色線圈為第一次台江國家公園全面調查所得結果(五月執行)，黑色線圈為第二次(六月執行)調查追加之地區。.....	102
圖 3-4-2、蚵棚、安平後和紅樹林彈塗魚(<i>Periophthalmus modestus</i>)之月份及平均體長趨勢圖。.....	106
圖 3-4-3、蚵棚、安平後和紅樹林彈塗魚(<i>Periophthalmus modestus</i>)之月份及平均體重趨勢圖。.....	106
圖 3-4-4、蚵棚、安平後和紅樹林彈塗魚(<i>Periophthalmus modestus</i>)之月份及平均體指數(BMI)趨勢圖。.....	107
圖 3-4-5、蚵棚、安平後和紅樹林彈塗魚(<i>Periophthalmus modestus</i>)之月份及肥滿度(RI)趨勢圖。.....	107
圖 3-4-6、紅樹林、安平後、蚵棚、主棲地一彈塗魚生息地區之月平均氣溫圖。..	109
圖 3-4-7、紅樹林、安平後、蚵棚、主棲地一彈塗魚生息地區之月平均水溫圖。..	109
圖 3-4-8、紅樹林、安平後、蚵棚、主棲地一彈塗魚生息地區之平均鹽度變化圖。.....	110
圖 3-4-9、紅樹林、安平後、蚵棚、主棲地一彈塗魚生息地區之酸鹼度變化圖。..	110
圖 3-4-10、紅樹林、安平後、蚵棚、主棲地一彈塗魚生息地區之溶氧量變化圖。..	111
圖 3-4-11、彈塗魚(<i>Periophthalmus modestus</i>)胃內含物分析。(A) 彈塗魚消化道。(B)疑似螞蟻腳部。(C)疑似螞蟻之頭部。(D) 疑似螞蟻之胸腹部。.....	112
圖 3-4-12、彈塗魚巢穴模型。(A)於安平後採集之樣本與(B)國外學者研究之典型彈塗魚巢穴圖 (Baeck et al., 2008)。.....	113
圖 3-4-13、大彈塗魚(<i>Boleophthalmus pectinirostris</i>)胃內含物分析。(A) 大彈塗魚消化道。(B) 單離大彈塗魚消化道。(C) 消化道中發現疑似矽藻(<i>Petroneis</i> sp)，顯示大彈塗魚以底泥矽藻為食。.....	114
圖 3-4-14、彈塗魚(<i>Periophthalmus modestus</i>)巢穴四種基本形式示意圖。分別為簡單型(左上)、V 字型(右 上)、Y 字型及複雜型。.....	117
圖 3-4-15、彈塗魚生長環境粒徑分析。分別採自不同底泥深度，自左向右依序為 3cm, 5cm, 15cm(A)。(B)3cm 底泥深度顯微攝影。(C)5cm 底泥深度顯微攝影。(D)15cm 底泥深度顯微攝影。.....	118
圖 4-1-1、T46 及 T47 遷移路線圖.....	120
附圖一、黑面琵鷺現場調查圖像紀錄.....	154
附圖二、各休息棲地及覓食魚塭與周邊水體相關位置.....	159
附圖三、各水體初級生產量模式參數檢定結果.....	161
附圖四、各類型養殖魚塭水質.....	167
附圖五、環境不良水體之水質.....	171

摘要

關鍵詞：黑面琵鷺、棲地、衛星追蹤、遙測、水質、彈塗魚

一、研究緣起

台江國家公園為濕地型的國家公園，本區域擁有廣大的溼地及漁塭區，生物資源豐富，每年皆有大批水鳥在此過境及度冬，其中最引人注目的鳥種為黑面琵鷺。黑面琵鷺棲息環境包含河口沙洲、潮間帶、沼澤等天然溼地、漁塭及水田等人為溼地，其棲息環境同時是許多水鳥賴以維生的棲息場所。濕地生產力高，並為許多魚蝦類的繁殖地區，同時濕地在水分的貯存、淨化與海岸線保護上扮演極重要的角色。在保育生物學上，黑面琵鷺被視為保護傘種，致力於黑面琵鷺及其賴以為生之生活環境的保育工作，不僅對其他在溼地生活水鳥有利，亦同時有效維持溼地之功能。

二、研究方法及過程

本計畫為整合性計畫，計畫目的乃在結合生物學、水質監測、魚類生態、環境變遷等不同領域專長，使有關黑面琵鷺的保育及研究工作能互相支援，採取更積極的行動來保護黑面琵鷺，使其在台灣度冬期間除免於生存威脅。自民國 101 年 1-12 月，於台江國家公園及鄰近地區利用無線電及衛星追蹤了解黑面琵鷺在大臺南地區分佈及族群變動狀況。分析黑面琵鷺利用漁塭與周遭漁塭之差異。利用 GIS 分析歷年黑面琵鷺可利用漁塭面積之變化並預測可能停棲之棲地。利用水質監測分析黑面琵鷺所在休息與覓食棲地及周遭漁塭之生態初級生產量及差異。並藉觀察彈塗魚在台江國家公園內種類分佈與數量作為濕地環境指標。

三、重要發現

本研究藉由衛星追蹤，瞭解黑面琵鷺遷移遷路線，北返路線為離開台灣本島後，越過海峽至福建或杭州灣，往北經江蘇沿海、山東半島、遼東半島到韓國，花費約 15-18 天。南遷路線從韓國到台灣直接跨越海域，距離約 1700 公里耗時約 30 小時，中間幾無停留，顯示其南遷快且直接，此為與韓國聯合繫放合作的成果。就黑面琵鷺在台江國家公園及鄰近區域之棲地使用類型而言，以廢置漁塭利用較高，其次分別為鹽田及養殖漁塭，分布於曾文溪南北，溪北包含布袋鹽田、新塭、頂山鹽田、篤加漁塭、榮民之家以北漁塭、北漁塭、東漁塭區；溪南包含土城、四草地區、府安路以北漁塭、海環路漁塭。1-2 月黑面琵鷺利用北漁塭及東漁塭為主，3 月後逐漸往北擴散，5 月在布袋活動。9-12 月，黑面琵鷺利用較頻繁者為曾文溪口主棲地、土城及四草地區。

由衛星影像分析顯示，變遷熱點為郭婦產區和東漁塭兩區，郭婦產區石斑

養殖大量取代虱目魚塢，東漁塢則有人為養殖活動加劇及陸化改變。此兩區在黑面琵鷺主群活動範圍的附近，可能對黑面琵鷺族群已產生影響。鑑於石斑養殖增加的趨勢，此變遷熱點需持續追蹤。另由衛星影像顯示，部分傳統淺坪虱目魚養殖漁塢轉變為深水虱目魚養殖，不利於黑面琵鷺覓食。此種養殖型態改變，但因魚種相同，在漁塢類型登記資料不會顯示異動，藉衛星影像分析則有助於偵測此類棲地的變化。

水質監測分析顯示，3個主要棲地中，北汕尾水鳥保護區葉綠素含量 $85.4\pm 31.4\text{ mg/m}^3$ ，有高度優養化情況。頂山棲地則因水淺及蓄水循環不良，鹽度與水溫的變化幅度極大。黑面琵鷺主棲地與海水有顯著交換，水質相對穩定，初級生產量亦低。魚塢之間水質與初級生產量差異大，統計分析結果顯示，黑面琵鷺覓食魚塢之水質與初級生產量，與不為黑面琵鷺利用之周邊水體間無系統性差異。水體初級生產力因經營管理狀態而異，使用中魚塢呈中等的初級生產力($125.0\pm 108.5\text{ mgC m}^{-2}\text{ hr}^{-1}$)，小型廢棄魚塢較為貧養，初級生產力低($85.1\pm 67.2\text{ mgC m}^{-2}\text{ hr}^{-1}$)，鹽灘等大型封閉水域，初級生產力則較高($201.9\pm 166.1\text{ mgC m}^{-2}\text{ hr}^{-1}$)。

由彈塗魚的研究顯示，國家公園內至少有彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)及大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)兩種，分布地點相當有限，係因河堤、魚塢、濕地等公共建設帶來之水泥化而失去棲地。環境因子分析中以鹽度之變化最大，溶氧量次之。依目前結果顯示，彈塗魚易受環境變化而消失，包括天災及人為干擾，顯示本區濕地環境應持續加以監測。

四、主要建議事項

根據本計畫研究成果，提出下列具體建議。

立即可行之建議

建議一

--持續進行黑面琵鷺國際交流合作。

主辦機關：台江國家公園管理處

協辦機關：無

本研究藉由衛星追蹤，有效掌握黑面琵鷺北返及南遷路線，建議未來持續進行國際交流合作。

建議二

--進行彈塗魚的保育工作。

主辦機關：台江國家公園管理處

協辦機關：無

彈塗魚在台江國家公園內分布地點已經相當有限，建議列入瀕危生物，啟動保育機制及進行研究。

長期性建議

建議一

--建立周延的水質監測站網

主辦機關：台江國家公園管理處

協辦機關：無

水質管理為水鳥棲地經營管理主要工作之一，建議建立周延的水質監測站網，進行長期水質監測，以維繫良好之濕地生態環境及黑面琵鷺棲息場所。

建議二

--重視國家公園以外黑面琵鷺利用的棲地，建立夥伴關係

主辦機關：台江國家公園管理處

協辦機關：無

黑面琵鷺利用棲地包含國家公園以外地區，故保護區之經營管理不能只重視保護區內棲地，應與鄰近私人魚塭區域建立夥伴關係，確保黑面琵鷺度冬棲地的安全。建議應優先建立夥伴關係之私人魚塭，包含曾文溪以北之北魚塭區，曾文溪以南之土城區。

建議三

--引入衛星影像對棲地進行全面監測

主辦機關：台江國家公園管理處

協辦機關：無

衛星影像監測鳥類棲地較無主觀的分類觀點，衛星影像監測能直接有效進行大範圍監測。

ABSTRACT

Keywords: Black-faced Spoonbill, habitat, satellite tracking, satellite imagery, water quality, mud skipper

Taijiang National Park is a wetland type park. The region has vast areas of wetlands and fishponds with rich biological resources including large number of waterbirds wintering here and the Black-faced spoonbill. This species inhabits all kinds of wetland habitat including fish pond and natural areas. Wetlands with high productivity are breeding sites for many fish and shrimp and they also play an important role in water storage, purification and shoreline protection. From the perspective of conservation, black-faced spoonbill is a umbrella species of wetland ecosystem. With the protection of this species and its habitat, not only benefit other birds living in the same environment, but also effectively maintain wetland functions. This project is an integrated study to combine the study of spoonbill biology, water quality, fish ecology, and the consequence of the environmental change in the greater Taijiang National Park Area from Jan. To Dec. 2012. We used radio and satellite tracking to learn the distribution and population status of Black-faced spoonbill in the Area and its migratory route. We differentiated the features between fishponds used by the Black-faced spoonbill and the fishponds not used by the species. We applied GIS technique to monitor the historical changes of fish aquaculture practice in the bird wintering areas to recognize the changing hotspots. We monitored water quality to document the primary production among resting and foraging habitat of the Black-faced spoonbill and its surrounding habitat. We studied the abundance and distribution of mudskipper species as an indicator of wetland quality.

From satellite tracking we learned 2 migratory routes in spring migration. One was from Tainan to Fuchian and another was from Tainan to Taipei and then to Hunchow Bay. From there, they flew north along coastal line to reach Santung or Liutung Penesula and then cross sea to Korea. It took 15-18 days to accomplish the trip. During fall migration, it covered about 1700 km sea surface in 30 hr., a direct fly from southern Korea to Tainan. While wintering, it used mainly man-made habitats. Among them the abandoned fish ponds were more often used than those of salt pans and active fish ponds. It distributed along both sides of Tseng-wen River including Budai salt pan, Shinwen, Dinshan salt pan, Duchia fish pond, veteran house north fish pond, North fish pond and East fish pond in the north of the River; and Tuchian, Shechau area, Fuan Road north fish pond and Hwanhai Road fish pond in the south of the River. The bird used mainly North and East fish pond in Jan. and Feb. They gradually dispersed toward north in Mar. and used Budai in May. In fall from Sep. to Dec. they mainly used main habitat of Tsenwen River mouth, Tuchian and Shechau area.

Spatial data with satellite imagery analysis showed that the need to pay attention to two changing hotspots, Kuo and East fishponds. In Kuo fishponds, grouper aquaculture largely replaced milkfish fishponds; and in East fishponds, intensified aquaculture activities and vegetation succession changed the landscape. These changes may affect the bird main wintering areas. Results also indicated

changes from shallow water to deep water in the aquacultural practice of milkfish pond which will not be detected from registered record.

Water quality and primary productivity results indicated that, one of the 3 resting habitats was highly eutrophic (chlorylle contain $85.4 \pm 31.4 \text{ mg/m}^3$) due to the import of nutrients from an adjacent highly polluted river. A second resting habitat exhibited wide swings in water temperature and salinity due to its relatively shallow water. Water quality of the third resting habitat was better due to the active exchange of its water with the nearby coastal water. Strategies on the improvement of aquatic environment were proposed for the degraded resting habitats. Results of a multi-dimensional scaling using area, water depth and primary productivity as variables indicated that spoonbills had a preference on water bodies with large areas in choosing their resting habitats. No preference on either water depth or primary productivity was found in this analysis. The primary productivity of water bodies investigated was found to be dependent on their management conditions with lowest primary productivity ($125.0 \pm 108.5 \text{ mgC m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$) for abandoned aquaculture ponds and highest ($201.9 \pm 166.1 \text{ mgC m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$) for large, semi-enclosed, unmanaged water bodies. Active aquaculture ponds exhibited an intermediate primary productivity ($125.0 \pm 108.5 \text{ mgC m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$).

Results of the abundance and distribution of mudskipper species showed that 2 species of mudskippers: *Periophthalmus modestus* and *Boleophthalmus pectinirostris*, were found in Taijiang National Park. Its population and distribution decreased sharply due to habitat destruction including cement pavement and construction on river bank, fish pond and dike. Their habitats were characterized by vast salinity changes and content of dissolved oxygen. From the current information, mudskippers' tolerance towards environment is not as good as expected. They may disappear easily under the influence of environmental changes, including natural disaster and human interference. It may serve as an indicator species for the wetland environment and further monitoring is needed.

In order to understand the biology of the species and promote the quality and quantity of habitat, this project concludes that:

1. International cooperation on the study of the black-faced spoonbill such as banding and tracking should be extened and continued.
2. List mudskippers as conserved species and start its conservation.due to its small population, limited distribution and human influence in Taijiang National Park.
3. Set up a long term monitoring system on water quality in different wetland habitats and key staging area of black-faced spoonbill.
4. Build up partnership with neighboring fishpond farmers to safe-guarding habitat quality, quantity, and aviablility for the bird use, especially Tuchian and North Fish Pond Area.
5. Uses satellite imagery in monitoring habitat of Black-faced spoonbill could be advantageous and be used in the future.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

壹、研究緣起

台江國家公園為濕地型的國家公園，涵蓋臺灣西南沿海重要濕地，包括 2 處國際級濕地（曾文溪口濕地、四草濕地）與國家級濕地（鹽水溪濕地、七股鹽田濕地）。此區自然資源非常豐富與多樣性，包括 283 種鳥類、17 種哺乳動物、45 種兩棲類、784 種水域生物等。由於本區域擁有廣大的溼地及漁塭區，生物資源豐富，每年皆有大批水鳥在此過境及度冬，其中最引人注目的鳥種為黑面琵鷺。

黑面琵鷺(*Platalea minor*)是遷徙性大型水鳥，主要度冬地點分布在東亞及東南亞地區，包含日本、韓國、中國大陸（香港、澳門、海南島等地）、台灣、越南、菲律賓、泰國等地。已知的繁殖地僅有韓國朝鮮半島西岸外的小島及中國大陸遼東半島。1998 至 1999 年台灣、香港及日本合作進行黑面琵鷺衛星追蹤計畫，發現台灣地區及香港地區部份黑面琵鷺北返時遷徙路徑為沿著中國東南沿海至南北韓交界處的島嶼。根據目前的調查資料顯示黑面琵鷺在全球的族群是正呈現增加的趨勢，尤其台灣更是重要的度冬棲息地。目前全世界有 50% 以上的黑面琵鷺個體在台灣度冬，黑面琵鷺每年九至十月飛抵台灣地區，次年三月開始北返。2011 年 1 月全球普查數量約為 1939 隻，其中台灣地區約 834 隻，仍屬瀕危鳥種。

黑面琵鷺棲息環境包含河口沙洲、潮間帶、沼澤等天然溼地、魚塭及水田等人為溼地，其棲息環境同時是許多水鳥賴以維生的棲息場所。濕地生產力高，並為許多魚蝦類的繁殖地區，同時濕地在水分的貯存、淨化與海岸線保護上扮演極重要的角色。在保育生物學上，黑面琵鷺被視為保護傘種，致力於黑面琵鷺及其賴以為生之生活環境的保育工作，不僅對其他在溼地生活水鳥有利，亦同時有效維持溼地之功能。

由於黑面琵鷺的個體數目在最近十幾年間快速增加，在 2010 年 11 月的 1671 隻達到最大量，然而 2011 年 1 月的黑面琵鷺全球普查中減少約 400 隻，雖然可能的原因有許多，棲地的改變被認為是可能的原因之一。在台灣關於的黑面琵鷺研究並不少見，以往多聚焦於族群數量普查、族群估算、存活率、形態、行為、活動模式、食性、分布、繫放追蹤、棲地利用、棲地監測及經營管理等，但較少有針對棲地變遷的研究。

棲地的變遷對黑面琵鷺的影響很大，而往往與魚塭的養殖型態有關，魚塭的深淺型態與黑面琵鷺的停棲與覓食有顯著相關（蔡，2009），王及胡（1995）發現，

黑面琵鷺到養殖魚塭覓食的比率較高，又大都站立在水域約 16cm 以下的深度，這個高度約是在黑面琵鷺的腳脛關節以下。香港的觀察報告黑面琵鷺喜歡在深度小於 12cm 的水域覓食 (Yu and Swennen, 2005)，與上述研究相近。可以推論黑面琵鷺的棲地需求，魚塭可以提供養殖魚類做為食物，但魚塭養殖型態的改變造成水深的改變，可能影響到黑面琵鷺利用園區內作為棲地的數量，故本研究擬針對棲地的變遷進行研究。

利用遙測影像來進行棲地變遷的研究，近年來相當普遍，例如利用 Landset 影像監測瀕危物種約氏走鵠(*Jerdon's Courser Rhinoptilus bitorquatus*)的棲地，發現在 1991 到 2000 年間，它們的繁殖棲地以每年 1.2-1.7% 的速率消失 (Senapathi et al., 2007)。遙測技術所以能被生物棲地監測大量採用，是因為遙測技術有許多的優勢，相較於在地面的調查，遙測研究在大範圍面積的調查既快速又廉價 (Roeck et al., 2008)，而且可能可以追溯已經過去的歷史遙測影像資料，容易比較出同一地區在不同時間下的變遷。再加上地理資訊系統 (GIS) 的空間分析技術，對複雜的空間關係提供有效和可視化的方法，故本研究擬使用遙測技術以了解近年來魚塭養殖的變化，以利未來對黑面琵鷺棲地經營管理之參考。

溼地生態是一個環環相扣的複雜生態，濕地常見生物彈塗魚正是反應溼地生態因子重要的生物之一，牠在生態地位上扮演能量從生產者連結到消費者之間的橋梁，是擔當從藻類到許多溼地鳥種之間的能源連接者的角色。因此可以將彈塗魚視為溼地鳥種包括黑面琵鷺等之生長環境的重要因子，為黑面琵鷺保育研究提供了另一思考方向。彈塗魚同時也是其他水鳥與魚類的食物來源，在濕地生態中扮演了相當重要的角色。藉由彈塗魚做為環境指標生物，可了解濕地生態消長，作一關鍵性之探討。本計劃研究重點將從彈塗魚的物種鑑定、族群變動、生態習性、濕地環境變動因子和巢穴型態等相關生態著手。族群變動反映環境及致死率，生態習性亦反映緊迫之強度，環境因子變動分析在於科學方法討論化學物質之變動，巢穴反映生存因子與變化。希望藉彈塗魚之生態及行為了解溼地生態環境變化情形，作為管理溼地之參考及依據，並藉由此了解人為破壞自然、溼地環境改變及緊迫之因子，應用在環境教育、溼地管理、重建溼地生態等實際都市建設之中。因此對於濕地保育研究而言，對於彈塗魚的生長與環境之間的研究將是不可或缺的一環。

此外，濕地環境之水質變化與生態系之生產力關係密切，其亦可能影響黑面琵鷺及共棲鳥種對棲地環境的選擇與使用，故對水質之監測及初級生產量之調查亦有其必要。

故本研究乃整合四個不同學門，包括生物學、水質監測、魚類生態、環境變遷等領域(表 1-1-1)，對黑面琵鷺及其所屬之生態環境進行調查，使有關黑面琵鷺的保育及研究工作能互相支援，採取更積極的行動來保護黑面琵鷺，使其在台灣度冬期間除免於生存威脅。

表 1-1-1、台江國家公園黑面琵鷺族群生態及棲地經營管理計畫所包含之各項研究計畫概述

相關領域	子計畫主持人	子計畫名稱	計畫目標
生物學	王穎	黑面琵鷺族群分布及棲地利用調查	台江國家公園黑面琵鷺族群因移動或分群現象，已部分分散在台江國家公園周邊環境中，利用現代無線電及 GIS 工具輔以衛星追蹤器具，瞭解黑面琵鷺擴散情形及其魚塭被利用之狀況。
環境變遷	許嘉恩	台江國家公園與周邊魚塭的變遷監測	本計畫目標擬利用過去五年的衛星影像和空間資料比對分析，針對台江國家公園週邊區域的魚塭養殖型態，包括不同區域和時間的差異，尋找魚塭養殖變遷熱點，配合黑面琵鷺普查的歷史資料，瞭解黑面琵鷺的度冬棲地與變化。所得成果將可提供內政部營建署、台江國家公園管理處經營管理的參考，同時可作為台江國家公園後續推動濕地保育及環境教育宣導的基礎資料。
棲地水質	黃家勤	黑面琵鷺休息棲地及覓食區水質與初級生產量調查	本計畫主要目標在利用水質調查技術，分析黑面琵鷺主要休息棲地包括：頂山鹽田區、黑面琵鷺生態保護區、北汕尾水鳥保護區等，以及台江國家公園及其周緣黑面琵鷺覓食之魚塭的水質特性與初級生產量，並與環境條件及經營管理方式類似之一般漁塭比較，以瞭解黑面琵鷺休息棲地與覓食魚塭之環境特徵，並建立黑面琵鷺棲息與覓食相關之參數。
魚類生態	黃銘志	台江國家公園彈塗魚生態研究	利用彈塗魚作為指標生物探討黑面琵鷺停留主棲地之原因，並藉彈塗魚之族群分布、生態習性及行為與各環境因子之間的影響瞭解溼地生態環境變化情形，藉此了解與黑面琵鷺等水鳥之交互作用，作為管理水鳥資源及溼地生態之參考。並藉由此了解人為開發自然、溼地環境改變及緊迫之因子，經由調查、研究及分析應用在環境解說教育、溼地管理與重建、溼地生物生態等實際都市規劃與建設之中。

第二節 前人研究

就黑面琵鷺的無線電及衛星追蹤調查而言，王等(1999)曾調查台南地區黑面琵鷺夜間利用魚塭狀況而言，觀察發現其夜間分群至附近魚塭區覓食。由無線電追蹤顯示有些個體一晚上可飛離主棲地約十公里處覓食。隨度冬季月份變化，利用區域離主棲地越遠，最遠達十幾公里。此外對每個區域或多或少都會使用，但頻度不同，有些魚塭每年都會重覆使用，利用無線電追蹤可以有效找到黑面琵鷺的分佈地點。就衛星追蹤而言，王等(1999)亦曾捕捉繫放4隻黑面琵鷺繫上衛星發報器追蹤，成功紀錄到黑面琵鷺的遷移路徑，然而僅代表其中一部分族群的遷移狀況，其他多數族群的動向仍然不明。由於目前黑面琵鷺約有將近1000隻的族群在台灣度冬，在度冬後期，經常分小群分散到台江國家公園及周邊區域活動，若利用衛星追蹤等工具，則可有效掌握黑面琵鷺的族群移動現況，以有效保育黑面琵鷺棲地安全。

就魚塭變遷研究而言，早期 Lee et al.(1995) 以 SPOT 衛星影像，分析七股黑面琵鷺的度冬棲地利用類型，比較台灣其他主要濕地的差異，這在當時對黑面琵鷺的研究相對缺乏、衛星影像的解析力又較低，因此棲地分類的類型只有魚塭、植被、淺水和泥灘，不易與後來的更精細的分布、食性和棲地利用等研究互相參照，但也首開在台灣以地理資訊系統和遙測技術研究鳥類棲地的先例。蔡(2009)的研究利用黑面琵鷺普查樣區的個體數量，配合農委會漁業署 2001-2005 年的養殖魚塭普查資料，分析魚塭類型和黑面琵鷺的空間分布和棲地利用。發現廢休養魚塭和季節性養殖魚塭面積是影響黑面琵鷺數量的主要因子。顯示季節性養殖魚塭，如虱目魚(*Chanos chanos*) 魚塭，是黑面琵鷺重要的棲息環境；而長年性深水養殖石斑 (*Epinephelus lanceolatus*) 魚塭，其水位不利於黑面琵鷺覓食，可能較不適合黑面琵鷺棲息。

更進一步說明，過去台南地區的魚塭類型多為虱目魚養殖的淺坪魚塭。虱目魚以天然底藻為主食，每年十一月至翌年三月間，需做曬坪、整池、施肥、殺蟲害注水培養藻床的準備工作，四月至十月為飼養階段，投以米糠與陽光照射繁衍底藻做為食源，因此魚塭水深一般約 15 至 40 公分。冬季時未上市的魚須趕入「越冬溝」越冬，越冬溝水深約 1.5 至 2 公尺，其北方將再搭設防風屏以抵擋寒風。待清明前後溫度較穩定時，可將越冬魚苗趕入準備好的淺坪魚塭開始養殖，之後會陸續放養頭水、二水及三水之新魚苗，四月放養的越冬苗，體型大者五、六月可收成，放養的新苗則八月可開始收成，未達適當體型則在白露後再趕入越冬溝度冬，完成一年之養殖循環(丁，2004)，此謂季節性養殖魚塭。當冬季整池準備或廢休養魚塭時，廣大的淺坪魚塭成為黑面琵鷺的重要覓食棲息地。

然而虱目魚粗放的養殖方式因魚價不振而逐漸棄養，又因養殖石斑魚的高利潤而改變。石斑養殖和虱目魚養殖有著截然不同的方式，也造就了不同的地景和影響了黑面琵鷺的棲息地。在不同的石斑生活史階段有不同分工的石斑魚養殖戶，繁殖仔稚魚除外，中型稚魚苗和大型魚苗到成魚的養殖戶在本區占大部份。魚苗養至 5 至 10 公分時出售至成魚養殖戶，即可放入養成池中蓄養。養成池魚塭以陸上水泥堤、砌石堤魚池，水深為 2 至 3 公尺，而水深愈深則可避免水溫的劇

烈變，養殖投料以下雜魚打醬混合鰻魚飼料投餵，是一種高人工能量投入和高經濟價值的養殖方式。

例如圖 1-2-1 所在位置於台江國家公園城西魚塢區的一處，(a) (b)兩影像將傳統虱目魚養殖魚塢和變遷中的石斑養殖池並列比較。(a) 為 2007 年 12 月 3 日；(b) 為 2008 年 2 月 8 日的 QuickBird 影像(來源：Google Earth)。兩個多月的時間魚塢已經有改變。在(a)的 A 大框中標示的是乾涸的虱目魚養殖的淺坪魚塢，面積較大，其右上方的「越冬溝」仍有水殘存；在(a)的 B 框中標示曾經是虱目魚養殖的魚塢，其在(b)圖中已經被分隔成 4 個小池，將變更不同的養殖類型。

在追求較高利潤的驅使下，石斑養殖池在最近幾年有漸漸增加的趨勢。原來虱目魚養殖的淺坪魚塢或棄養，都有利於黑面琵鷺的棲息或覓食，石斑養殖池較小、較深，投食餌等人為干擾頻率高，黑面琵鷺無法停棲而利用機會大減，造成黑面琵鷺未來的棲地危機。去年(2011年)的黑面琵鷺普查數目的減少，可能正是覓食棲地減少的徵兆。



圖 1-2-1、(a)、(b) 為間格約兩個月的 QuickBird 影像。在(a)的 A 大框中的是傳統虱目魚養殖的淺坪魚塢，其右上方的「越冬溝」仍有殘水；在(a)的 B 框中為改變中的原虱目魚養殖魚塢，其在(b)圖中已經被分隔變小，將變更不同的養殖類型。(影像來源：Google Earth)

就彈塗魚的研究而言，彈塗魚屬於蝦虎科(Gobiidae)，體色成泥灰色而有部分斑點。朱(1999)指出在台灣至少有四種彈塗魚，分別是彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)、大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)、青彈塗(*Scartelaos viridis*)及大青彈塗(*Scartelaos gigus*)。在台南西海岸四草的紅樹林濕地常見種類以彈塗魚(*P. modestus*)及大彈塗魚(*B. pectinirostris*)為主(劉等, 2011)，然而其種族數量仍不明瞭，希望透過調查，了解台江地區棲息的彈塗魚種類及消長歷程，希望這項調查研究將有助於濕地保育的推動。

一個過渡生態中的物種，彈塗魚有許多令人感興趣的研究題目，如：彈塗魚高度的兩棲性是廣泛受到關注的研究議題，尤其是在往返兩呼吸介質之間生理調節的適應；彈塗魚皮膚及鰓特化並密佈微血管方便氣體換(Park, 2002)；在環境沒有足夠的氧氣時，親魚甚至會攜帶空氣至巢穴中，提供氧氣供卵發育成胚胎(Ishimatsu et al., 1998)等，都是引人感興趣的特徵。以下歸納彈塗魚針對適應濕地之生態生理特徵有下列幾項：

- 一、兩棲性魚類，比其他水生魚類更能長時間離水生活。
- 二、在溼潤環境中可利用鰓、口、咽喉、皮膚等部份做呼吸取得氧氣。
- 三、眼球凸出於頭部呈球形，不同於水生魚類位於頭部兩側，使彈塗魚易於觀測潮間帶水面之動靜。
- 四、鰓孔變得很小以防止水份散失，具有鼓起之鰓室，具有儲存水分保持溼潤、密佈微血管與粒線體利於鰓部呼吸及交換離子之功能(Lin and Sung, 2003)。
- 五、皮膚具有黏液，具有呼吸、保濕及防止受傷功能(Park, 2002)。
- 六、腹鰭特化，具有如吸盤功能是於吸附在岩石、紅樹林植物裸露之根、莖上。
- 七、具有挖地洞築巢，用以調節溫度、逃避敵害、繁殖產卵等(Ishimatsu et al., 1998)。
- 八、當巢穴中氧氣不足時，親魚會攜帶氧氣到巢中(Ishimatsu et al., 1998)
- 九、氨氮代謝方式不同於一般魚類，利用鰓排出體內氨以維持在濕地生活(Randall et al., 2004)

彈塗魚適應濕地特殊環境而演化出的生理結構與行為，若人為遭受巨大改變，彈塗魚的生態、行為、族群必會受到環境因子之變動而改變，這種對環境適應敏感的生物可被視為環境指標生物。藉由彈塗魚做為環境指標生物，可了解濕地生態消長，作一關鍵性之探討。族群變動反映環境及致死率，生態習性亦反映緊迫之強度，環境因子變動分析在於科學方法討論化學物質之變動，巢穴反映生存因子與變化。希望藉彈塗魚之生態及行為了解溼地生態環境變化情形，作為管理溼地之參考及依據，並藉由此了解人為破壞自然、溼地環境改變及緊迫之因子，應用在推廣教育、溼地管理、重建溼地生態等實際都市建設之中。

第二章 研究方法與樣區

本調查計劃涵蓋整個台江國家公園區域，各不同領域之調查樣點不盡相同(圖 2)，但均以黑面琵鷺活動範圍為主要調查區域再搭配對照組之區域。以下各節詳述各調查之採樣區域及研究方法。

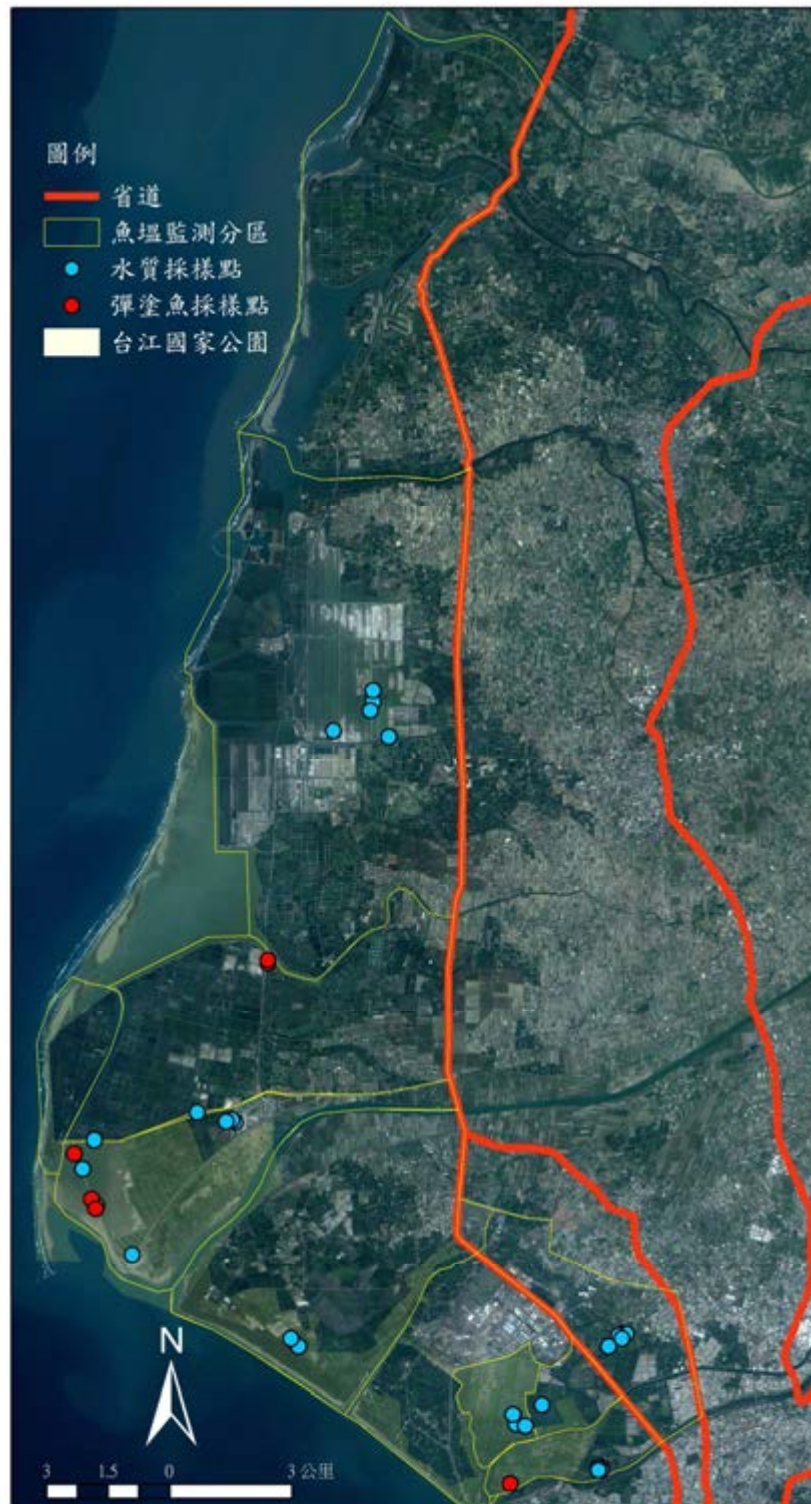


圖 2、台江國家公園黑面琵鷺族群生態及棲地經營管理計畫調查範圍及採樣點位置。

第一節 黑面琵鷺族群分布及棲地利用調查

壹、研究範圍

台江國家公園範圍為一大片濕地，黑面琵鷺保護區位於曾文溪北側堤防內的潟湖灘地，但曾文溪南側亦有相當族群分布。本計畫調查區域為台江國家公園園區及其周緣地區（八掌溪至鹽水溪，東以台 17 線道路周緣），曾文溪口為中心，包含溼地及周邊私人漁塭區域(圖 2-1-1)。



圖 2-1-1、黑面琵鷺族群分布調查範圍，三條溪流出口和保護區的相對位置。(底圖影像為 SPOT 衛星影像)。

貳、捕捉繫放

於黑面琵鷺在台灣的度冬季(3-4 月及 10-12 月)，進行捕捉繫放（使用霧網或走入式陷阱，設置之陷阱以活動性，不傷害禽鳥為原則），儘可能選擇不同區域及不同來源之族群，在測量其身體各部位形質後，在其腳上繫上色環以利個體辨識。個體年齡預測以初級飛羽之尖端及羽軸黑色與否來判別，個體性別則參照 2002 至

2003 年肉毒桿菌中毒死亡個體形質資料與 DNA 檢測性別統計來判定(表 2-1-1，郭，個人通訊)。選擇其中適宜個體裝置無線電發報器以追蹤度冬期間的活動範圍。另選擇其中適宜之個體 4 隻，裝設衛星發報器，利用全球衛星系統進行追蹤，自動記錄黑面琵鷺的活動位置，輔以無線電追蹤之不足。

表 2-1-1、黑面琵鷺性別判定參考資料

形質	體重(g)	上嘴長(mm)	全頭長(mm)	全體長(mm)	跗蹠骨長(mm)
雄(n=14)	1500 -2100	190-215	230-260	800-850	125-140
雌(n=11)	1300 -1600	165-180	195-215	700-780	115-125

參、追蹤及資料分析

在黑面琵鷺度冬期，觀察紀錄黑面琵鷺飛行方向及停棲位置，並輔以衛星追蹤或無線電追蹤 GPS 定位工具，找出黑面琵鷺的分佈點，紀錄座標資料，實際勘察定位點環境現況，記錄環境特質，並分析黑面琵鷺出現時間及利用頻度，及度冬前中後期黑面琵鷺停棲點的差異。

肆、彙整黑面琵鷺全球文獻

利用網路收集歷年全球與黑面琵鷺相關研究文獻，整理後，分類建置目錄檔，彙整成電子光碟，以供參考。

第二節 台江國家公園與周邊魚塢的變遷監測

壹、研究範圍

本計畫衛星影像判釋魚塢養殖型態的範圍，北起八掌溪南至鹽水溪，西由海岸線東至台 17 線道路，為瞭解不同區域的空間差異，共劃分為 11 區如圖 2-2-1 所示，現分述如下：

- 一、八掌溪口區：八掌溪至將軍溪。
- 二、頂山鹽田區：將軍溪至七股溪。
- 三、北魚塢區：七股溪至 173 號縣道，七股大潮溝以東。
- 四、燈塔區：七股大潮溝以西。
- 五、東魚塢區：173 號縣道至曾文溪。
- 六、主棲地：北起 173 號縣道南至曾文溪，東從 1960 年興建舊海堤至海岸線內的海堤。
- 七、土城區：曾文溪至鹿耳門溪。
- 八、春生釣魚場區：唯一台 17 線道路以東區域，東至海佃路，北起北汕尾路南至同安路。
- 九、郭婦產魚塢區：北起台南科技工業園區南至鹽水溪，西起四草野生動物

保護區東至台 17 線道路。

十、四草野生動物保護區。

十一、府安路區：嘉南大圳和鹽水溪之間。



圖 2-2-1、本計畫衛星影像判釋魚塢養殖型態的範圍及分區，北起八掌溪南至鹽水溪，西由海岸線東至台 17 線道路，共劃分為 11 區。

貳、研究方法

本計畫針對台江國家公園週邊區域的魚塢養殖型態，以衛星影像和空間資料比對分析，包括不同區域和時間的差異，尋找魚塢養殖變遷熱點，配合黑面琵鷺普查和衛星影像資料，瞭解黑面琵鷺棲地的變化。

一、衛星影像的人工數化與判釋

對各分區民國 96 年至 101 年兩次的衛星影像，進行魚塭養殖型態的人工判釋，並利用螢幕上數化的方式，建置魚塭的邊界向量圖檔，包含養殖型態的屬性，統計各種魚塭養殖型態的面積。

二、現地調查、確認與相關人員訪談

衛星影像以人工判釋，選擇各分區代表性魚塭的養殖型態，以衛星定位系統至現地調查確認。並以現地調查結果校正初期的影像人工判釋。

與保育團體志工與養殖漁民訪談。志工訪談內容為黑面琵鷺棲地選擇與出現地點，其次為魚塭養殖型態。養殖漁民訪談內容為養殖型態、辨識方式、養殖週期、變更養殖型態的意願和理由、及對黑面琵鷺及保育的看法等。

三、養殖魚種產量的變化與魚塭養殖型態的分析

以衛星影像和空間資料比對分析，瞭解魚塭養殖型態變遷的時空關係，並尋找除魚塭養殖型態大量變遷的區域。地理資訊系統的空間分析是主要方法。

四、黑面琵鷺與魚塭棲地影像的光譜分析

配合黑面琵鷺普查數量的歷史資料，確認各種不同魚塭養殖型態或不同魚塭在衛星影像光譜反射值，對黑面琵鷺的重要性。數位衛星影像分析和地理資訊系統空間分析是主要方法。

第三節 黑面琵鷺休息棲地及覓食區水質與初級生產量調查

本計畫依過去黑面琵鷺分布資料設定調查樣區與調查頻度後，主要工作內容包括現場調查、實驗室分析、初級生產量調查，以及數據統計與分析等四大部分，執行方法分別說明如下：

壹、調查樣區、調查項目與頻度

本計畫執行前一年(2010年10月至2011年4月)的調查資料顯示，黑面琵鷺度冬初期(10月-12月)主要集中在四草保護區、土城區、黑面琵鷺保護區及頂山區，而1月開始後則逐漸分散至週邊魚塭棲地。本計畫水質與初級生產量調查於此等區域內，分成休息棲地、覓食魚塭，以及周邊水體三類樣區進行：

- 一、休息棲地：包括頂山鹽田區、黑面琵鷺生態保護區、北汕尾水鳥保護區等 3 個黑面琵鷺主要休息棲地；
- 二、覓食區漁塭：包括四草保護區、土城、臺南大學西校區等 3 個主要黑面琵鷺覓食區，共 8 個魚塭；
- 三、周邊水體：選擇休息棲地與覓食魚塭周邊，不為黑面琵鷺利用的水體進行調查，以瞭解黑面琵鷺所選擇利用之水體，在環境條件、水質以及初級生產量等條件上，與一般水體可能存在的差異。

計畫之調查工作時程分為度冬期調查以及長期監測兩部分：

一、 度冬期調查

(一) 調查頻率

於黑面琵鷺度冬高峰期(2月上旬)及末期(3月下旬)各進行一次，以瞭解黑面琵鷺休息棲地與覓食魚塭之水質與初級生產量狀況。

(二) 調查地點

1. 休息棲地

共調查 3 個主要休息棲地，4 個樣點，包括頂山鹽田區、黑面琵鷺保護區(南、北)、北汕尾水鳥保護區。

2. 覓食魚塭

調查 3 個主要覓食區共 7 個樣點，包括府安路魚塭、春生釣場北邊魚塭、四草濕地 A3 區魚塭、南大魚塭(A1、B1、C1)、四草郭婦產魚塭。

二、 長期監測

計畫進行期間於 3 個主要休息棲地每月進行一次水質調查。

三、 周邊水體水質與初級生產量調查

各休息棲地及主要覓食區周邊，選定數個不為黑面琵鷺利用之水體，進行一次性調查，並與黑面琵鷺休息與覓食水體比較，以瞭解黑面琵鷺利用之水體的形態與水質特徵，計畫進行期間共調查 17 個周邊水體。

四、 養殖魚塭水質調查

針對淺坪虱目魚、深水虱目魚、石斑、文蛤等四類魚塭進行調查，以瞭解不同類型養殖魚塭間的水質差異。調查之魚塭共 13 個，於 2012 年 10 月至 12 月間，每月調查一次。

貳、現場調查

現場調查工作內容包括水體形態調查、現場水質監測，以及水質採樣，各項工作進行方法分述如下：

一、水體型態調查

水深：小型魚塭涉水進入魚塭中央，以水尺量測，大型魚塭與鹽田由岸邊往水體中央涉水，直到水深穩定後量測，感潮水體並根據池邊水線估計最大水深。

面積：各水體面積根據衛星影像，並配合現場水域範圍觀測結果加以估算。

二、現場水質監測

現場水質監測使用 YSI-556 多功能水質監測儀，項目包括水溫、鹽度、pH、溶氧。

三、水質採樣

調查之水體水深大多小於 50 公分，水樣於水面下 10 至 15 公分處以採水

器或以水樣瓶直接採取，水樣裝於不透光處理之 5 公升塑膠瓶，以及 1 公升之褐色塑膠瓶，並於採樣後隨即放入冰箱冷藏。

參、實驗室分析

實驗室分析項目以及方法依據如下：

- 一、濁度：濁度計法(NIEA W219.52C)
- 二、氨氮：靛酚比色法(NIEA W448.51B)
- 三、亞硝酸鹽氮：分光光度計法(NIEA W418.51C)
- 四、硝酸鹽氮：分光光度計法(NIEA W419.51A)
- 五、總氮：總氮分析儀
- 六、正磷酸鹽：分光光度計法(NIEA W427.52B)
- 七、總磷：消化+分光光度計法(NIEA W427.52B)
- 八、矽酸鹽：鉬矽酸鹽比色法(NIEA W450.50B)
- 九、葉綠素-a：乙醇萃取法(NIEA E508.00B)

肆、初級生產量調查

初級生產量以明暗瓶法於水體外進行培養，並以明暗瓶試驗結果檢定初級生產模式參數，以計算各水體之初級生產量。

一、日照

明暗瓶試驗之有效光度使用 LI-COR LI-192SA 照度計配合 LI-250A 接收器，於試驗現場測定。長期日照使用裝設於國立臺南大學七股校區建築物屋頂之 WatchDog 氣象站觀測，並以數據記錄器每 15 分鐘記錄一次。

二、明暗瓶試驗

各樣點水樣分裝於透明的 BOD 玻璃瓶，在不同光照強度下進行培養。光照量以遮陽網控制，透光率分別為 10%、25%、50%、75%，以及不遮光的 100% 與完全避光的暗瓶。明暗瓶試驗的理想日照為晴天早上 10 時至下午 2 時，本計畫因配合潮汐採樣，初級生產量培養最早於中午 12 時開始，最晚於下午 3 時結束。

三、溶氧測定

明暗瓶試驗之溶氧量以溫克勒法(NIEA W422.52B)測定，各 BOD 瓶於光照培養結束之後，立即以疊氮化鈉以及硫酸錳溶液固定，並加酸處理後運送回實驗室進行滴定。

四、初級生產量計算

(一) 明暗瓶試驗數據計算

水樣之淨初級生產量(net primary productivity, NPP)等於培養結束之明瓶溶氧量減去培養開始時之初始溶氧量，而藻類呼吸量(respiration, R)則為初始溶氧量減去暗瓶之最終溶氧量，總初級生產量(gross primary productivity, GPP)為明瓶最終溶氧量減去暗瓶最終溶氧量。根據以下光合作用反應之化學計量(stoichiometry)：



採用1.2的光合作用商(photosynthetic quotient)(Laws, 1991)，得到1 mg 溶氧產生量等於0.313 mg (=12/32/1.2)的有機碳合成量。上述初級生產量除以樣品葉綠素濃度以及培養時間，可以得到以藻類生物量為基礎的初級生產力，單位為 mgC mgChla⁻¹ h⁻¹。

(二) 初級生產量模擬

浮游藻之初級生產量經常使用雙曲線正切函數(Jassby and Platt, 1976)加以模擬：

$$P^B = P_m^B \cdot \tanh\left[\frac{\alpha^B \cdot E}{P_m^B}\right]$$

其中

P^B (mgC mgChla⁻¹ h⁻¹)為單位葉綠素之總初級生產量；

P_m^B (mgC mgChla⁻¹ h⁻¹)為單位葉綠素之飽和總初級生產量；

E (μmol m⁻² s⁻¹)為水下光度；

α^B (mgC mgChla⁻¹ h⁻¹(μmol m⁻² s⁻¹)⁻¹)為 P-E 曲線之初始斜率。

水下光度(E)，假設為指數型態衰減，水深 z 處之光度可以使用表面光度 E_0 與水體光衰減系數 k (m⁻¹)計算得到：

$$E(z) = E_0 \cdot e^{-k \cdot z}$$

上述光衰減系數一般使用水體透明度(沙奇盤深度，secchi depth)換算，然本計畫調查水體之水深一般小於沙奇盤深度，無法進行透明度測定，光衰減系數使用濁度數據，以下列回歸公式計算(Oliver et al., 1999)：

$$k_d = 0.04 \text{ Turbidity} + 0.73$$

本計畫所調查水體初級生產力大多有光抑制現象(photo inhibition)，如圖2-3-1所示，浮游藻在較強光照下光合作用效率下降，此時使用Platt et al.

(1980) 模式：

$$P^B = P_S^B \cdot (1 - e^{-\alpha E / P_S^B}) \cdot e^{-\beta E / P_S^B}$$

其中 P_S^B 為飽和初級生產量， α 為低光照下的 P-E 曲線斜率，單位為 $\text{mgC} \cdot \text{mgChla}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{m}^2$ ， β (單位同 α) 則為高光照下 P-E 曲線的負斜率。

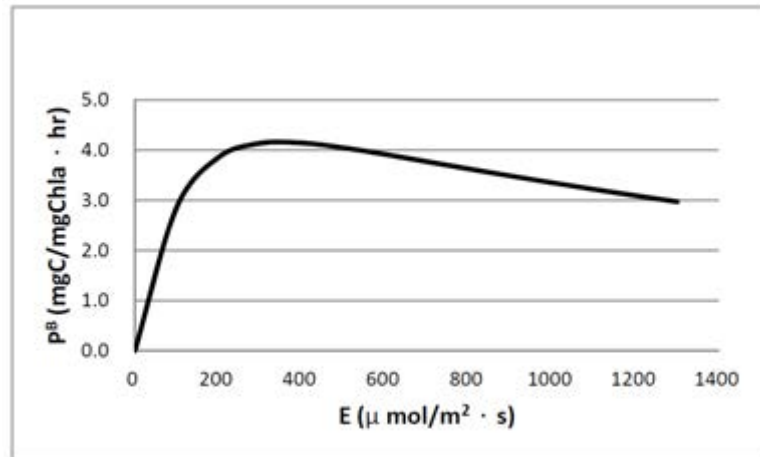


圖 2-3-1、光抑制情況下的初級生產量模式

(三) 單位面積 GPP 計算

各水深之定點初級生產量 $P(z)$ 為該點之單位葉綠素初級生產量 $P^B(z)$ 乘以葉綠素濃度，單位面積 GPP 為水體單位面積以下水柱 (water column) 之初級生產量 ($\text{mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)，可以由定點初級生產量 $P(z)$ 積分 (或分段加總) 到整個水層 z_{\max} 得到：

$$P = \sum_{z=0}^{z=z_{\max}} P(z) \cdot \Delta z$$

伍、數據統計分析

一、調查水體分群

本計畫以主要休息棲地與覓食魚塭為核心進行水體分群，共分成以下 6 群 29 個水體：

- (一) 頂山鹽田區 (休息棲地)
- (二) 北汕尾水鳥保護區 (休息棲地)
- (三) 四草 A3 保護區魚塭 (覓食魚塭)、
- (四) 北安路七段魚塭 (覓食魚塭)
- (五) 春生釣場附近魚塭 (覓食魚塭)

(六) 南大西校區魚塢(覓食魚塢，3 池)

其中黑面琵鷺主棲地(分為南、北 2 個樣點)因周邊無類似水體，只進行長期水質監測，未加以分群。

二、黑面琵鷺利用水體與非利用水體之特徵差異探討

根據水體面積、水深、初級生產力等因子，使用多元尺度分析(multidimensional scaling, MDS)，研判黑面琵鷺休息棲地以及覓食魚塢與周邊水體之環境條件是否有所差異。

三、初級生產之限制因子探討

影響浮游植物初級生產力之主要因子為水溫、水下光照，以及氮、磷、矽等營養鹽。水溫與光照條件類似之水體，初級生產力經常決定於水體營養鹽含量。浮游植物生長所需營養鹽之莫耳數比大約為 C:N:P=100:16:1，雖然藻類對於碳之需求量大，但水中藻類等自營性生物所需碳源，可由大氣二氧化碳供應，其限制營養鹽主要為氮或磷。在以甲藻為主要藻類族群的水域，也可能發生矽限制的情況。

海洋缺乏具固氮作用的藍綠藻，且海水與底泥中的氮經過長期硝化與脫氮作用損失至大氣，使海洋趨向於氮限制。淡水水體接受氮含量高的地表逕流，水中並有較豐富的固氮藍綠藻，因此較趨向於磷限制。本計畫調查之水體位於海陸域水體交會區，其營養鹽限制情況較為複雜，且不同季節可能有氮、磷限制交替的情況(Mallin et al. 1994)。濕地與河口水域營養鹽充足但水色渾濁，水下光照也經常成為藻類生長的限制因子(eg. Selkirk 1982, Cloern et al. 1987, Cole et al. 1992, Sobolev et al. 2009)。

本計畫以 Spearman's rank correlation 分析水溫、濁度，以及各類型營養鹽，對於水體浮游植物生物量之影響，以瞭解此一區域水體藻類生長與初級生產力之限制因子，做為黑面琵鷺以及其他鳥類覓食水體經營管理的參考。

第四節 台江國家公園彈塗魚生態研究

壹、臺江國家公園內調查時間及地點

- 一、調查時間：本計畫之調查時間為 2012 年 1 月至 12 月止，為期一年。
- 二、調查地點：臺江國家公園內共設立六處觀測點，分為黑面琵鷺主棲地及黑面琵鷺非主棲地(詳如圖 2-4-1 所示)

(一)、 黑面琵鷺主棲地

- 1.主棲地觀察點 A (N23.076455, E120.042286) 蚵棚
- 2.主棲地觀察點 B (N23.066426, E120.046406) 灘地一
- 3.主棲地觀察點 C (N23.064294, E120.047436) 灘地二

(二)、 黑面琵鷺非主棲地

- 1.非主棲地觀察點 D (N23.004056, E120.146983)府中路七段排水溝
- 2.非主棲地觀察點 E (N23.118930, E120.088382) 紅樹林區一
- 3.非主棲地觀察點 F (N23.119522,E120.088382) 紅樹林區二

三、棲地說明

(一)、 黑面琵鷺主棲地

- 1.主棲地觀察點 A，主棲地蚵棚(N23.076455, E120.042286)

棲地概述：此地位於黑面琵鷺主棲地西北方，具有廣大灘地，並有蚵殼等底質較大之物質，此蚵棚在漲潮時一半淹沒在海水中，退潮時露出水面。觀察彈塗魚在蚵殼人為廢棄物干擾下之生態表現。

常見其他生物種：清白招潮蟹 (*Uca lactea*)

- 2.主棲地觀察點 B 主棲灘地一(N23.066426, E120.046406)

棲地概述：此地位於黑面琵鷺主棲地西方，是一沙洲與石頭相間區域，少人為干擾因子，其中沙洲與石頭相間地區為彈塗魚出沒地區。由於附近不易尋獲固定建築物，故以植物標記為第一棵樹為中心之前後十公尺位置。退潮時，沙洲與石頭間成一平坦灘地，除彈塗魚出沒外，也常見水鳥覓食。

常見其他生物種：燒酒海蟪(*Batillaria zonalis*)

- 3.主棲地觀察點 C，主棲灘地二，(N23.064294, E120.047436)

棲地概述：此地位於黑面琵鷺主棲地西方，少人為干擾因子，與主棲灘地一相隔約 100 公尺有另一較矮之樹叢為中心之十公尺灘地。此棲地之特色與主棲灘地一極為相似。

常見其他生物種：燒酒海蟪(*Batillaria zonalis*)

(二)、 黑面琵鷺非主棲地

- 1.非主棲地觀察點 D，安平後 (N23.004056, E120.146983)府中路七段排水溝

棲地概述：此地位於安平附近，是一魚塭區域，其中排水溝為彈塗魚出沒地區。退潮時，排水溝平坦灘地，除彈塗魚出沒外，也常見白鷺覓食。

常見其他生物種：屠氏招潮蟹(*Uca dussumieri*)、粗腿綠眼招潮蟹(*Uca crassipes*)

- 2.非主棲地觀察點 E，紅樹林一 (N23.118930, E120.088382)

棲地概述：此地位於七股瀉湖區之末端，是一紅樹林保育區之外側區域。附近有養蚵，退潮時，露出細土質平坦灘地，漲潮時全沒入水中，除彈塗魚出沒外，也常見水鳥覓食。

常見其他生物種：清白招潮蟹 (*Uca lactea*)

- 3.非主棲地觀察點 F，紅樹林二 (N23.119522, E120.088382)

棲地概述：此地位於紅樹林一旁，與紅樹林一極為相似，但經施工人為置放甚多鵝卵石作為土堤保護之用。可以觀察受人為干擾彈塗魚生態習性，作為濕地管理之比較。

常見其他生物種：清白招潮蟹 (*Uca lactea*)

貳、彈塗魚種類及分布

綜合朱(1999)及 Shao(2009)文獻顯示台灣至少有五種彈塗魚，分別是彈塗魚 (*Periophthalmus modestus*)、大彈塗魚 (*Boleophthalmus pectinirostris*)、青彈塗魚 (*Scartelaos viridis*)、大青彈塗魚 (*S. gigus*) (朱, 1999) 及銀身彈塗 (*P. argentilineatus*) (Shao, 2009)。根據前置實驗已知台南西海岸四草的紅樹林濕地常見種類以彈塗魚 (*P. modestus*) 及大彈塗魚 (*B. pectinirostris*) 為主 (劉等, 2011)。將嘗試利用小圓網、定置網、待袋網、設陷阱捕捉方式，確認台江公園內彈塗魚種類。根據分類學分類，彈塗魚可依據第一背鰭鰭條數區分為 1、五條鰭條數之大彈塗、青彈塗及大青彈塗 2、鰭條數介於 10-17 如彈塗魚及銀身彈塗魚等分類手法確認彈塗魚種類 (圖 2-4-2)。

利用望遠鏡觀測法判定物種特徵，並捕捉樣本回實驗室做型態分類及分析。實際觀察台江國家公園內彈塗魚分布狀況，並繪製成彈塗魚分布圖。

參、彈塗魚數量調查

估計生物族群量需依照生物之特性而變動，彈塗魚屬於有地盤性之魚類，但由於會鑿土建立地洞生活於泥土，所以正確數字並不容易掌握。調查中有許多方式，如區塊法 (Quadrat counts)、穿越線法 (Line transect methods)、移除法 (Removal methods)、標記再補捉法 (Mark-recapture methods) 等。可依生物之特性做適當之族群估算法。彈塗魚採用方式可用兩種方法，若族群密度高而穩定，可用區塊法 (Quadrat counts) 估算，計算該區塊內之彈塗魚數量，可以反推整個區域彈塗魚族群數量。若是數量稀少，則可以考慮穿越線法 (Line transect methods)，記錄在穿越線中之彈塗魚數量及種類。以下說明兩種族群估算之方式：

一、區塊法 (Quadrat counts) 估算 (Greig-Smith, 1964)：這種方式適用於平均分布型的生物，將此生物分佈的地區平均分割成若干塊，然後計算幾小塊中的生物的平均計數，再乘上地區塊數就可得到全部的生物數量。由於彈塗魚有築巢穴生活之習性，估算族群數有其困難性，故估算出洞之族群數量如下：

(一)、隨意抽樣取 100cm X 100cm 之面積，觀察 15 分鐘內該地彈塗魚之數

(二)、利用照相機或錄影方式記錄該區出現彈塗魚數量。

二、穿越線法 (Line transect methods) 估算 (Jarvinen and Vaisanen, 1975)：穿越線法是在調查區內選定一條以上固定方向的穿越線，以穩定的速度沿著穿越線前進，記錄沿途兩邊所發現的生物種類及數量。適用在彈塗魚調查時，可

以計算離水線一公尺左右，沿岸邊十公尺之距離之帶狀區域，所以也可稱為帶狀穿越法(Belt Transect Method)

族群量估計法為 單位數量=族群總量/總面積

肆、彈塗魚採集與體指數分析

- 一、採集目的：採集之目的在於了解台江國家公園內不同地區彈塗魚成長情形及胃內食物組成之結構，藉以了解食物來源、環境與彈塗魚生長之關聯性。為不影響彈塗魚生態數量，以最少採集數量作性質之分析。彈塗魚成長情形以測量重量及體長為主，測量取得數據後放回，不攜帶回實驗室分析。胃含物之分析需採集彈塗魚帶回實驗室分析。一個月中、一採集點、一個種類希望有 2 隻樣本數做胃內含物分析。
- 二、採集種類：台江國家公園內之大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)、彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)為對象。
- 三、採集方法：台江國家公園內之彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)由於體型小，小圓網即可捕捉。大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)警覺性高，活動範圍離岸較遠，相當難以捕捉。故擬用定置網、待袋網、陷阱等方式捕捉。
- 四、採集地點及頻度
 - (一)、每二星期調查體重及體長，隨機採集 8-10 條彈塗魚，測量體重體長後即放回原生長地。
 - (二)、做彈塗魚胃含物分析，將彈塗魚採集回實驗室作分析。採集地點及數量詳見表 2-4-1。
- 五、魚體測量：利用電子天平(Precisa, XS 365M)測量重量，可測量小數點下二位，並利用游標尺測量頭部至尾鰭中央(尾叉長)的長度作為體長。
- 六、**體指數**：魚體體指數 (Body mass index, BMI) 及肥滿度 (Rohrer index, RI) 的測量方式根據 Eknayan (2008)之方法，公式計算如下：

$$\text{BMI} = \text{體重(Kg)} / (\text{體長公尺平方(m)})^2$$

$$\text{RI} = \text{體重(g)} \div \text{體長公分立方(cm}^3) \times 10^4$$
- 七、型態觀察及分類：取出一隻彈塗魚測量其重量和長度後用解剖刀的刀背將彈塗魚敲昏，並在解剖顯微鏡下觀察其背鰭、側鰭、腹鰭、尾鰭之條數、鰾室、眼睛等構造作為分類之依據。
- 八、食性分析：以解剖刀剖開彈塗魚的腹部，觀察其腸、胃、等內臟，並藉由解剖顯微觀察胃腸內食物，分析彈塗魚的食物來源。

伍、環境變化因子

- 一、針對台南溼地環境中之溶氧、NO₃⁻、NO₂⁻、pH、KH、GH、鹽度、水溫

和氣溫的日變化做長期監測，以便了解台南濕地環境的變化與彈塗魚的生態習性之關聯。

二、土質及粒徑調查。測量彈塗魚生存環境中土質粒徑之大小。

陸、生態行為

觀察季節性生態行為現象。一區域觀察時以 30 分鐘為一基本觀察單位。並以錄影機錄下相關活動影片。

柒、求偶及生殖

由文獻及觀察知道 4-9 月是彈塗魚類繁殖季節，將針對彈塗魚求偶行為做觀察及記錄。觀察紀錄以退潮時 2 小時為觀察重點，將派人員進行觀察。並以錄影機錄下相關活動影片。

捌、築巢及型態

在上述調查點觀察彈塗魚之巢穴，確認彈塗魚出入生活之巢穴後，先用飽和食鹽水灌入洞中將彈塗魚趕出，確認彈塗魚趕出後再灌入水泥或石膏，待一夜乾燥後取出。檢查其巢穴結構。每一調查區作一巢穴鑄型模型，調查頻率為半年一次(生殖季與非生殖季)。

玖、非破壞性檢測

利用非破壞性方法如移動式 X 光掃瞄地表彈塗魚巢穴結構。並利用內視鏡等觀察彈塗魚之洞穴內生態行為及習性。移動式 X 光掃瞄將嘗試與土木建築業者、或是疾病防治檢疫局等單位洽商借用。了解地底巢穴結構，是研究彈塗魚是否有社會性結構重要之一環。

拾、社會行為

由目前觀察所知，彈塗魚有共同使用巢穴之現象。是否意味有社會現象不得而知，須進一步觀察。一區域觀察時以 30 分鐘為一基本觀察單位。並以錄影機錄下相關活動影片。

拾壹、泥沙採集方式及底棲生物調查

配合彈塗魚食性、生態環境調查生長環境中之底棲生物資源。以彈塗魚生長及活動之潮間帶泥質區域作樣品採集地。以漲潮時沒入水中，退潮時露出水面之泥灘地為採樣分析之對象。採土方式如下：利用 PVC 材質之圓筒狀土壤採集器(直徑 15 公分深 20 公分)垂直採集泥土。採集深度以泥面下 15 公分為基準。土塊遮光、低溫、保濕置於冰桶中帶回實驗室分析底棲生物、土壤粒徑等。調查頻率為

半年一次。

表 2-4-1、彈塗魚每月採集地點及數量表

採集地點	採集地座標位置(經緯度)		主要分布種類	土質	採集數(隻)
安平後	23.004056	120.146983	彈塗魚	泥質	2
			大彈塗魚		2
紅樹林一	23.118930	120.088382	彈塗魚	泥沙質	2
			大彈塗魚		2
紅樹林二	23.119522	120.088382	彈塗魚	泥沙質	2
			大彈塗魚		2
主棲蚵棚	23.076455	120.042286	彈塗魚	蚵殼	2
			青彈塗魚		2
主棲灘地一	23.066426	120.046406	彈塗魚	泥質	2
			青彈塗魚		2
主棲灘地二	23.064294	120.047436	彈塗魚	泥質	2
			青彈塗魚		2
每月共計	計六個採集點		三種彈塗魚共計		24

註：一個月預計採集量為：彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)計 12 隻，大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)計 6 隻，青彈塗魚(*Scartelaos histophorus*)計 6 隻，若以 5 - 12 月八個月計共需採集 192 隻

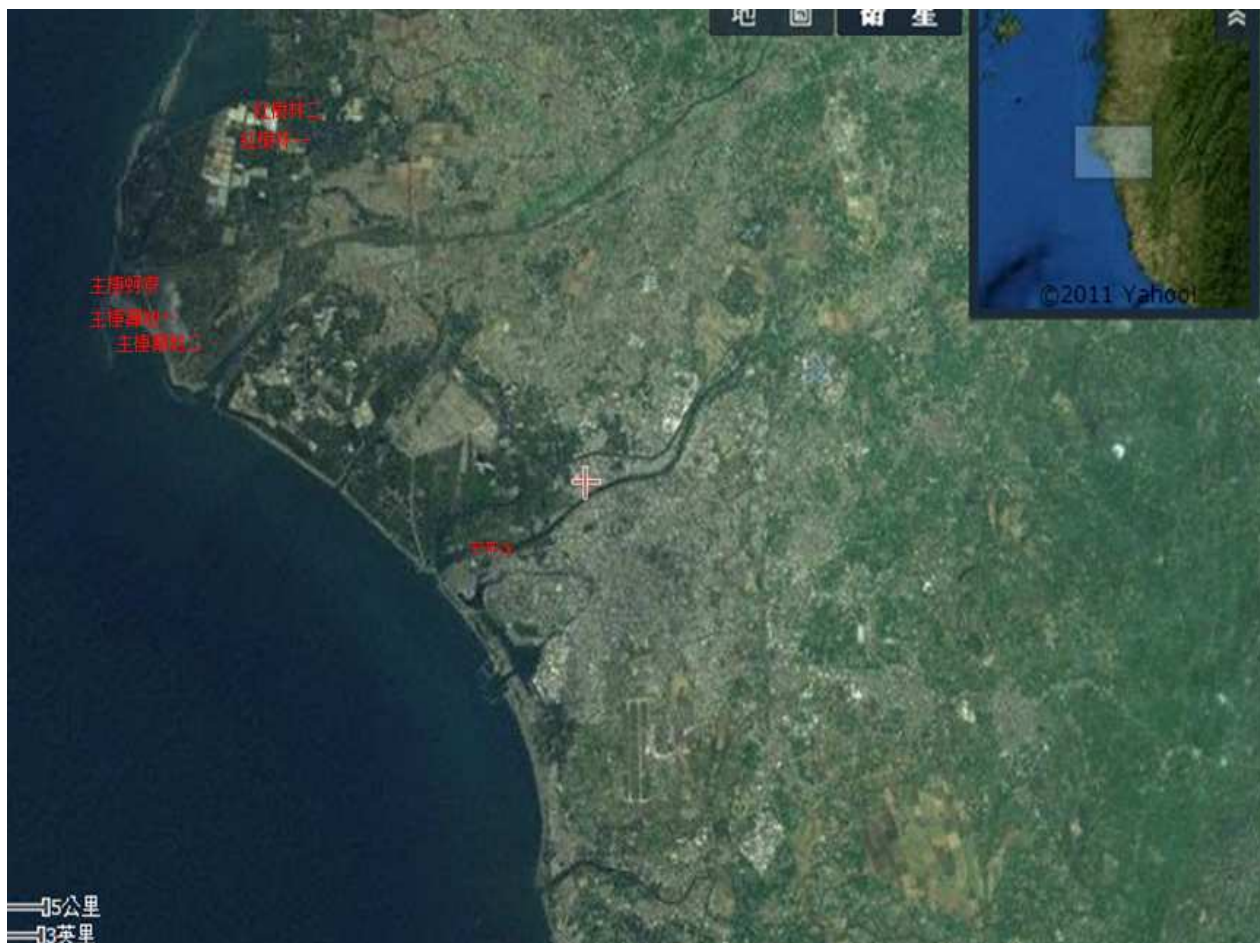
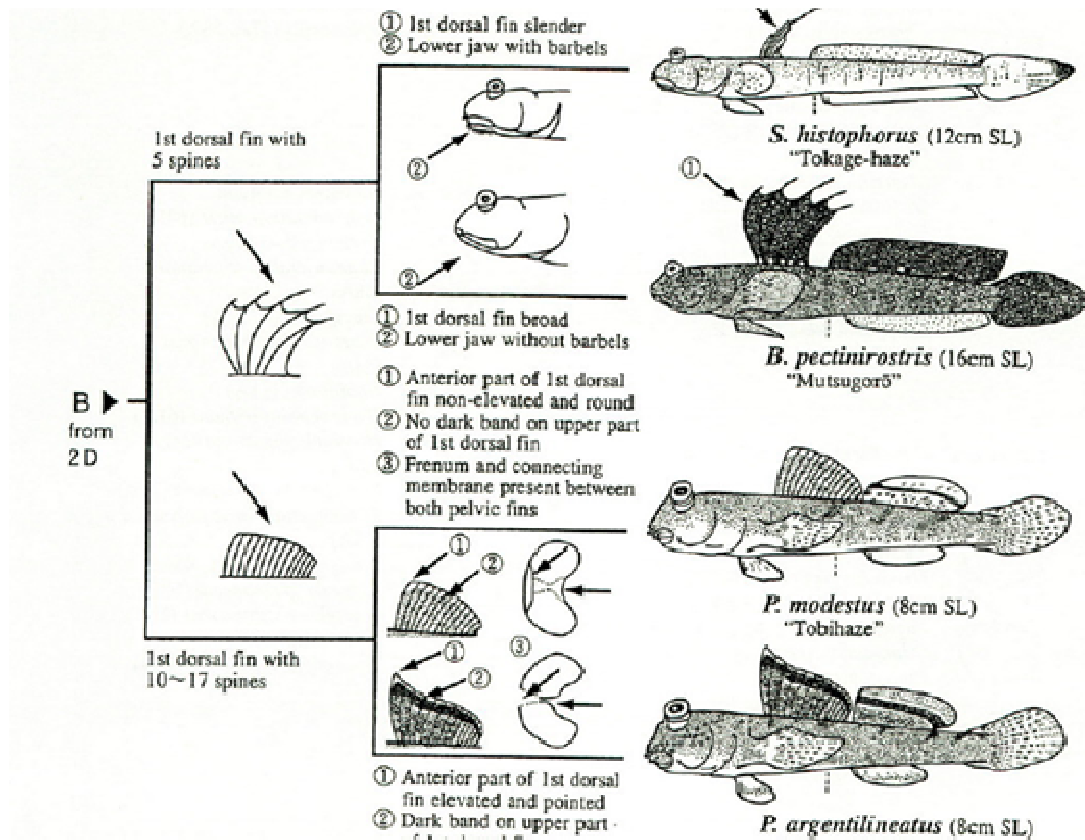


圖 2-4-1、臺江國家公園及調查點位置地圖。(空照圖使用 google 系統)



(from Masuda, 1921)

(B)

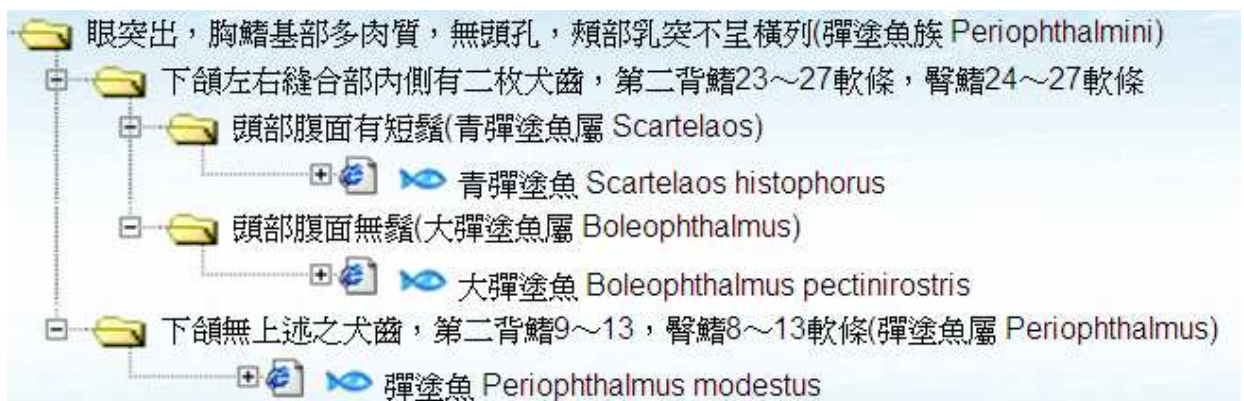


圖 2-4-2、文獻中彈塗魚分類法。(A)取自 Masuda(1921)。(B)台灣魚類資料庫。
(<http://fishdb.sinica.edu.tw/chi/home.php>)

第三章 結果與討論

第一節 黑面琵鷺族群分布及棲地利用調查

壹、黑面琵鷺的繫放工作成果

本年度繫放包含兩個黑面琵鷺度冬季，第一個度冬季為(100年9月至101年5月)，於101年3月22日至4月18日，台灣地區共進行6次捕捉繫放工作，第二個度冬季為(101年9月至102年5月)，於101年11月17日至12月23日，台灣地區共進行3次捕捉繫放工作(表3-1-1)。繫放地點分別為台南大學七股西校區、七股北魚塢區、土城城西里、四草野生動物保護區大池，研究人員選擇適當地點設置數組活結繩套，並佈置黑面琵鷺假鳥模型於池中，誘引黑面琵鷺接近，設置完成後，研究人員在鄰近地區保持24小時監測，當觀察到個體被繩套困住，立即上前解下放入紙箱中，現場留守一工作人員持續觀測，其餘人員將黑面琵鷺送至工作站安置，適時進行形質測量及檢查個體之健康狀況，裝設金屬腳環、號碼腳環及顏色環以便日後辨識個體，並裝置發報器，裝置完成後，約觀察1-2小時，如黑面琵鷺無任何不適應之情形，即帶到原棲地或鄰近地區進行有野放。研究人員持續觀察野放個體之活動，至其順利飛離為止。研究人員共繫放10隻黑面琵鷺(表2)，T43及T44為七股西校區捕捉，兩隻皆繫上無線電發報器。T45、T46、T47、T48、T49、T50均於四草捕捉，其中T46及T47繫上Argos衛星發報器，T45及T48繫上GSMGPS發報器(研究團隊與廠商協力研發測試)、T49及T50繫上無線電發報器。T51於北魚塢捕捉，T52於城西里捕捉，皆繫上無線電發報器。就繫放個體之型質，體重在1490g至2000g間，由其飾羽長度、虹膜顏色、等判斷，其中T43及T50年齡可能在3歲以上，T45約2歲，T46、T47、T51及T52約1歲，T44、T48及T49可能不到1歲(表3-1-2)。健康檢查結果，除T49及T50未進行檢查外，所有個體在家禽流行性感冒測試均為陰性，所有個體外表羽毛均可發現外寄生蟲羽虱。

此外，為開啟國際合作之門，本計畫與韓國研究單位合作繫放，由我方提供2個衛星發報器，在繁殖地進行亞成鳥之繫放。故研究團隊與台江國家公園管理處代表於6月5-10日至韓國地區，進行研究交流座談，並順利為一隻剛離巢的亞成個體(E65)繫上衛星發報器，另一亞成個體(E84)於6月28日由韓國研究團隊完成衛星發報器裝置工作(表3-1-3)。這兩隻個體均為本年度繁殖所生的個體，重量分別為1810g及1645g。

表 3-1-1、繫放工作表

日期	繫放位置	活套數量(組)	中活套時間	繫放編號
2012.03.22-24	七股西校區	4	無	無
2012.03.27-28	七股西校區	4	3/27 晚上、3/28 早晨	T43、T44
2012.04.02-03	四草大池	8	無	無
2012.04.05-06	四草大池	8	4/5 晚上	T45
2012.04.12-14	四草大池	8	4/12 晚上	T46
2012.04.17-18	四草大池	10	皆為 4/18 凌晨	T47、T48
2012.11.17-19	四草大池	4	皆為 11/17 晚上	T49、T50
2012.12.16	七股北魚塭	10	黃昏	T51
2012.12.23	城西里	10	凌晨	T52

表 3-1-2、台灣地區繫放個體外表型質

號碼環	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
顏色環	綠黃綠	綠黃白	綠藍紅	綠藍黃	綠藍綠	綠藍白	綠白紅	綠白黃	綠白藍	綠白綠
金屬環	H00815	H00816	H00817	H00818	H00819	H00820	H02501	H02502	H02503	H02504
追蹤器	無線電	無線電	GSM	衛星	衛星	GSM	無線電	無線電	無線電	無線電
繫放日期	3.28	3.28	4.6	4.12	4.18	4.18	11.18	11.18	12.16	12.23
繫放地點	七股	七股	四草	四草	四草	四草	四草	四草	七股	土城
體重	2000g	1780g	2050g	1870g	2000g	1800g	1800g	1530g	1490g	1690g
飾羽	長至頸 基	無	長至頸 基	短	長至頸 中	無	無	無	無	無
眼斑	黃色明 顯	無	小	小	小	無	無	有，線 狀	無	無
虹膜	紅色	褐色	褐色	褐色	深褐色	深褐色	深褐	紅褐	暗褐	暗褐
上嘴斑紋	明顯至 嘴尖	無，嘴 寬有破 洞	嘴基起 2/3 有 橫紋	嘴基起 2/3 略 有橫紋	嘴基起 2/3 略 有橫紋	無	無	嘴基起 2/3 有 橫紋	無	無
上嘴長 (mm)	195	185	190	183	193	188	196	175.1	163	189
上嘴寬 (mm)	51.8	51.9	55.9	55.7	53.8	53.5	55.5	52.3	50.6	53.6
全頭長 (mm)	245	243	240	238	252	240	245	245	212	243

續表 3-1-2

號碼環	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
全體長 (mm)	790	820	780	790	850	825	780	770	700	775
跗蹠骨長 (mm)	128.7	135	137.4	134	137.3	132.7	146	135.4	118.2	134.2
自然翼長 (mm)	350	371	372	375	380	368	370	375	30.5	36.5
尾長(mm)	115	110	103	114	103	108	95	100	100	140
預測年齡	3+	1-	2+	1+	1+	1-	1	3+	1	1
預測性別	雄	雄?	雄	雄?	雄	雄	雄	雌	雌	雄

表 3-1-3、韓國繫放個體形質

號碼環	E65	E84
顏色環	藍白紅	綠白綠
金屬環	-	-
追蹤器	衛星	衛星
繫放日期	6.7	6.28
繫放地點	韓國 Suhaam, Yeongion, Inchen	韓國 Gujido, Yeopyungdo, Inchen
體重(g)	1810	1645
上嘴長(mm)	110	118
跗蹠骨長(mm)	145(out)、135(in)	130(in)、140(out)
自然翼長(mm)	300	320

貳、黑面琵鷺衛星追蹤結果

本計畫使用衛星發報器為電池式發報器，每連續發報8小時，休息17小時。可持續收訊約140天。訊號品質可分為7等級，其中Class3代表定位品質最佳，位置點誤差在150公尺以內，其次為2、1、0。A和B則因訊號數較少，無法精確估計，但仍有參考價值(表3-1-4)。本計畫共有4隻個體繫上衛星發報器，由2012年4月13日至11月14日止，共收到2441訊號(表3-1-5)，其中Class 3訊號有203個、Class 2訊號有367個、Class 1訊號有453個、Class 0訊號有306個、Class A訊號有422個、Class B訊號有690個。

表 3-1-4、訊號品質的定義

Class	Type	Estimated error*	Number of messages received per satellite pass
3	Argos	< 150m	4 messages or more
2	Argos	150m < < 350m	4 messages or more
1	Argos	350m < < 1000m	4 messages or more
0**	Argos	> 1000m	4 messages or more
A	Argos	No accuracy estimation	3 messages
B	Argos	No accuracy estimation	2 messages
Z	Argos	Invalid location (available only for Service Plus/Auxiliary Location Processing)	

表 3-1-5、衛星個體收訊數目

代號	開始收訊	結束收訊	訊號數	衛星訊號品質					
				3	2	1	0	A	B
T46	2012.4.13	2012.10.2	1072	111	180	182	121	187	291
T47	2012.4.18	2012.06.08	370	30	51	53	51	58	127
E65	2012.6.08	2012.11.14	903	52	122	194	121	163	251
E84	2012.6.28	2012.07.20	96	10	14	24	13	14	21
		合計	2441	203	367	453	306	422	690

一、黑面琵鷺遷移狀況

(一) T46

T46為本計畫第一隻繫上衛星發報器之個體，4月13日至10月2日止共收到1072個訊號。該個體4月13日在四草野放，4月18日飛至布袋鹽田區，其後一直在布袋鹽田週遭區域活動，直到5月1日開始遷移往北，北至台灣北海岸一帶，然而5月1日隨即往南飛回新竹香山一帶，停留至5月4日又往南飛回布袋鹽田(圖3-1-1)。5月14日開始遷移，到北海岸金山一帶，由此出海，5月15日抵達杭州灣，在杭州灣以北活動，直到5月28日又開始往北遷移，由定位資料分析顯示，T46直接由杭州灣以北直接飛越黃海，5月29日抵達南北韓交界一帶(圖3-1-2)，其後一直停留在南北韓交界以北區域活動，至10月2日止皆在該區域活動，由衛星影像顯示，該區域為沿海淺灘地，10月2日以後失去訊號，可能是發報器電池已用盡(圖3-1-3)。但研究人員於10月16日在四草記錄到T46，顯示該個體亦成功遷移到台灣度冬。

此外，有鳥友5月14日在台北挖仔尾保留區記錄到27隻黑面琵鷺，其中包含T46(資料來源:黑面琵鷺保育學會網頁)。大陸地區鳥友亦於5月21日在上海拍攝到T46。

就該個體遷移時飛行距離而言，其花費不到17小時的時間即可從嘉義布袋飛至台灣最北端，飛行距離約255公里。其後由台灣北海岸直接跨海飛至杭州灣，飛行561公里，亦花費不到17小時的時間。由杭州灣開始遷移，飛行距離約879公里，亦不到24小時，即出現於北韓。根據5月28日遷移過程時間與坐標計算其飛行速度，每小時約37公里(表3-1-6、圖3-1-4)。

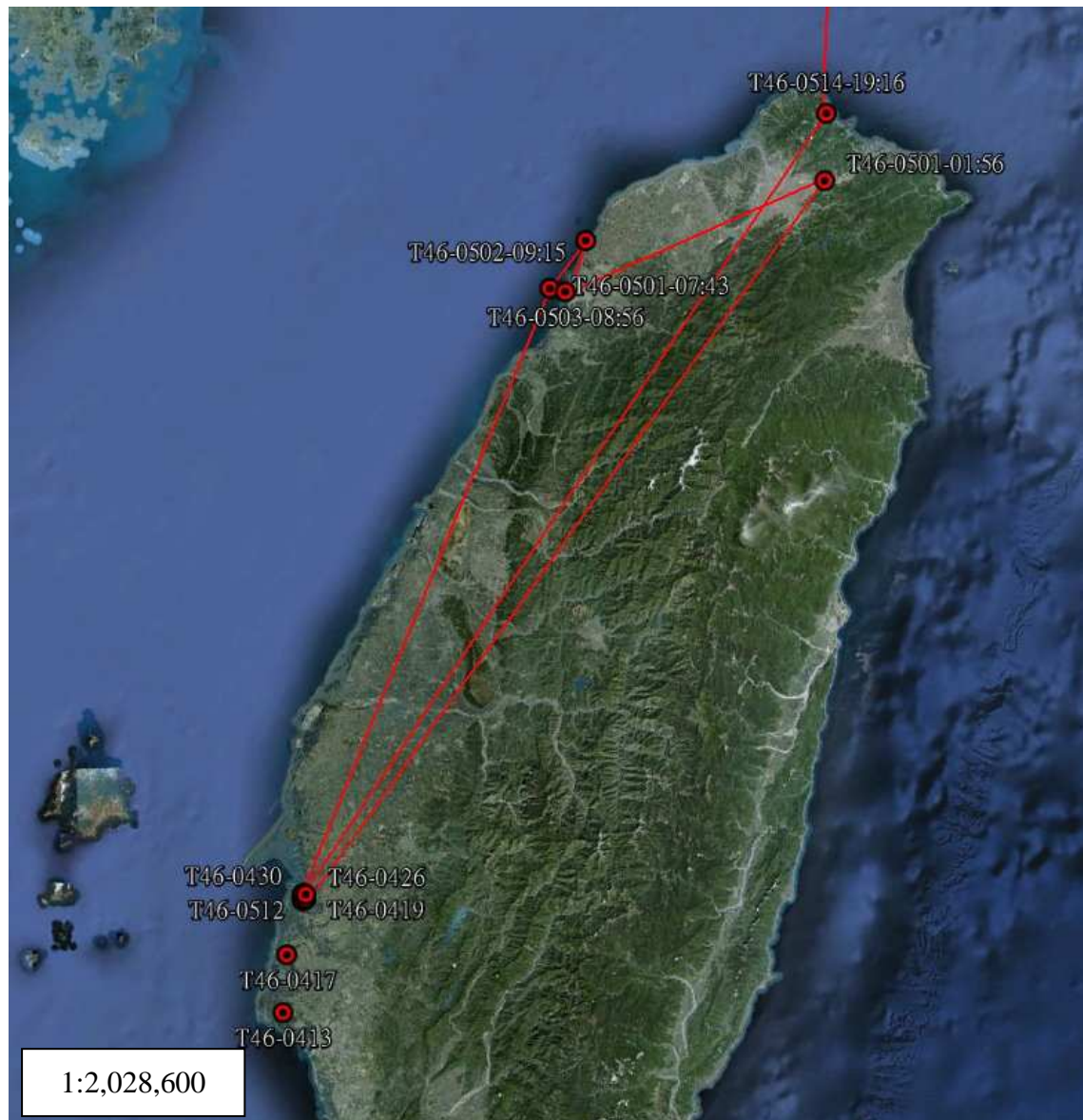


圖 3-1-1、T46 台灣的遷移路線

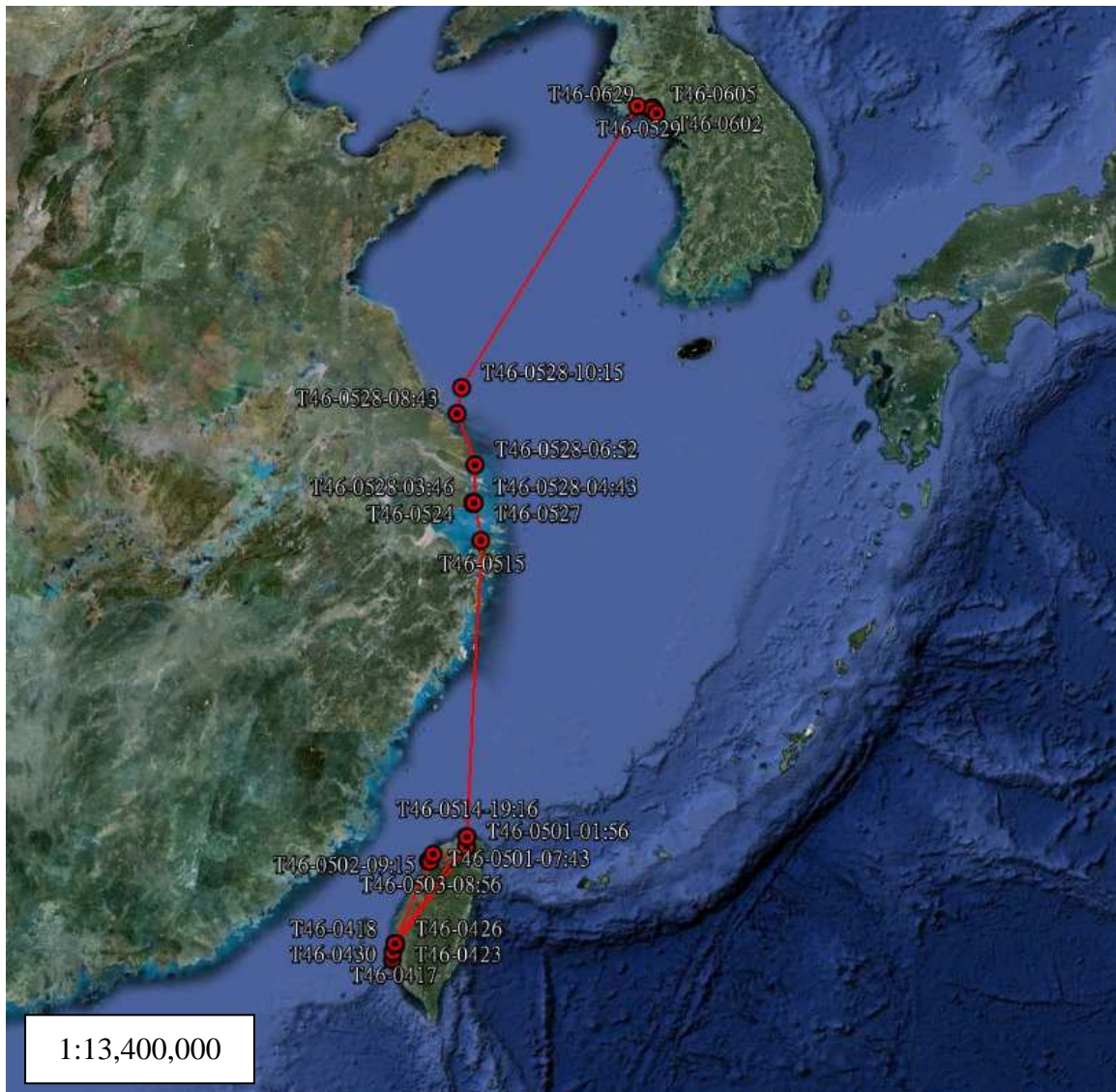


圖 3-1-2、T46 遷移路線圖

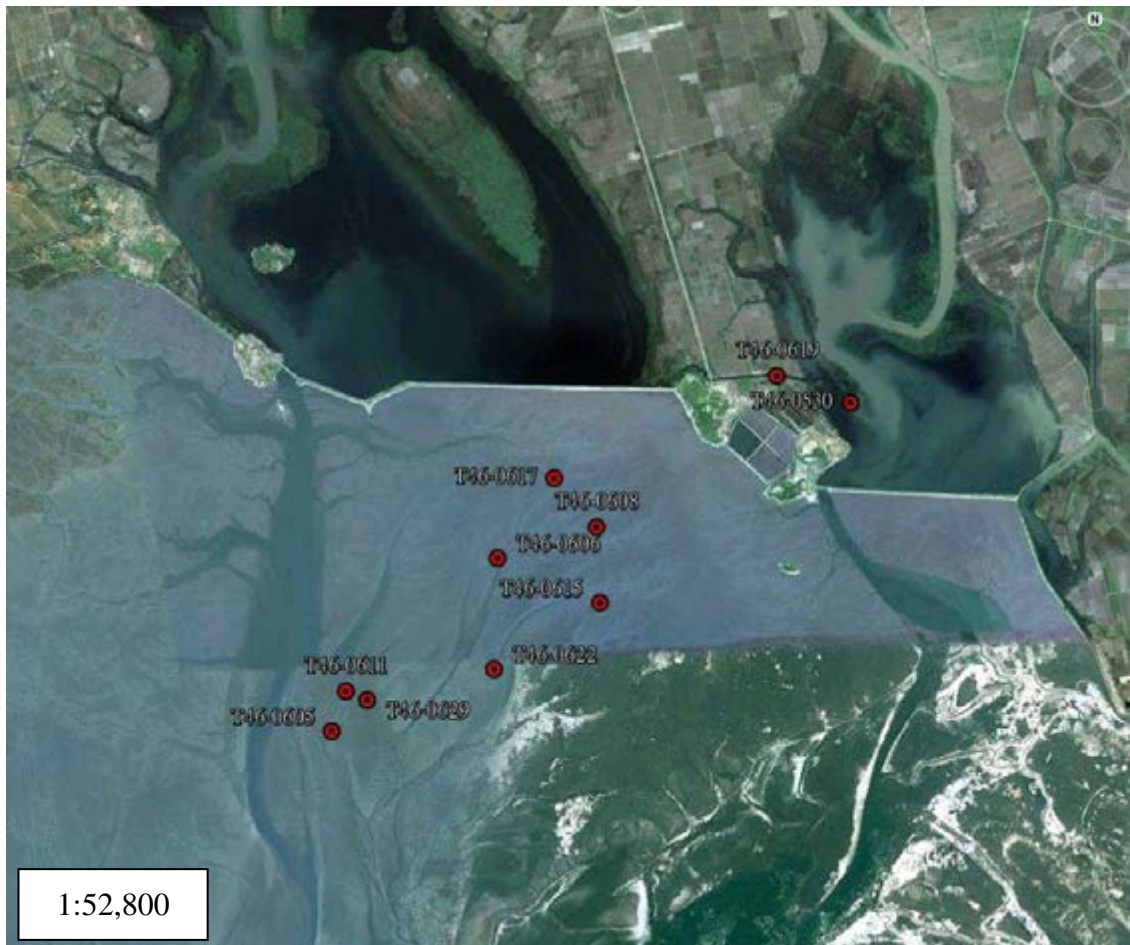


圖 3-1-3、T46 在北韓的分布圖



圖 3-1-4、T46 在 5 月 28 日遷移位置的變化

表 3-1-6、T46 遷移過程的重要位置座標

日期時間	訊號品質	位置	緯度	經度
2012/05/13 19:17:21	0	布袋	23° 20' 36"N	120° 11' 28"E
2012/05/13 19:34:21	B	布袋	23° 20' 25"N	120° 10' 53"E
2012/05/13 20:02:41	A	布袋	23° 20' 40"N	120° 10' 05"E
2012/05/14 14:15:22	0	金山	25° 03' 23"N	121° 26' 59"E
2012/05/14 18:50:23	A	金山	25° 23' 49"N	121° 37' 21"E
2012/05/14 19:40:23	B	金山	25° 15' 01"N	121° 37' 40"E
2012/05/14 21:20:53	A	金山	25° 22' 08"N	121° 45' 05"E
2012/05/15 15:48:24	B	杭州灣	29° 32' 34"N	121° 58' 52"E
2012/05/15 16:13:54	0	杭州灣	29° 18' 18"N	120° 03' 37"E
2012/05/28 03:46:44	B	上海	30° 56' 48"N	121° 56' 25"E
2012/05/28 04:43:24	0	上海	30° 56' 40"N	121° 56' 40"E
2012/05/28 06:52:04	0	上海以北	31° 35' 29"N	121° 59' 42"E
2012/05/28 07:05:44	A	上海以北	31° 38' 25"N	121° 58' 28"E
2012/05/28 08:43:59	1	上海以北	32° 33' 54"N	121° 26' 53"E
2012/05/28 10:14:05	A	上海以北	33° 17' 43"N	121° 16' 33"E
2012/05/29 04:17:31	2	北韓	37° 52' 36"N	125° 41' 45"E
2012/05/29 05:56:46	B	北韓	37° 54' 36"N	125° 44' 06"E

(二)T47

T47是本年度第2隻繫上衛星發報器的個體，4月18日至6月8日共收到370個訊號，4月18日在四草野放後，幾乎都在台江國家公園以外的區域活動，4月19日在太平洋海釣場廢棄漁塭活動，4月20到七股鹽田，4月22-23日到七股榮民之家以北的漁塭，4月24以後到頂山鹽田區，4月26-29日在布袋鹽田區活動(圖3-1-5)。4月29日凌晨3時仍在布袋，21時在台灣海峽，推測該個體在此時段之間離台北返，4月30抵達福建省外海，其後沿著海岸線逐漸北上，5月3日在杭州灣，5月3-14日在江蘇沿海一帶活動，5月15日開始快速往北遷移，經過山東半島，5月16抵達北韓，至6月8日止，皆在北韓活動(圖3-1-6)。就棲地特性而言，主要的活動地點為河川出海口泥灘地，較北邊主流為Cheongcheon-gang river, 中間的主流為Deaddong-gang river, ru, 接近南北韓交界處的停棲處有一處保護區(9.18 reservior), 由T47的行為模式顯示，該個體在距離約200公里遠的北韓沿岸棲地間來回穿梭，根據韓國研究團隊的分析，該個體之活動以尋找沿海食物較充足的區域覓食為主，推測其應為本年度不繁殖個體，故其行為模式較不固定，6月8日以後失去衛星訊號(圖3-1-7)。

該個體由台灣布袋，直接跨越台灣海峽，遷移至福建沿海，距離約462公里，遷移速度約每小時47公里(表3-1-7、圖3-1-8)。

表 3-1-7、T47 遷移過程的重要位置坐標

日期時間	訊號品質	位置	緯度	經度
2012/04/29 03:10:00	A	布袋	23° 20' 47"N	120° 10' 09"E
2012/04/29 21:33:01	B	台灣海峽	24° 32' 11"N	120° 09' 37"E
2012/04/30 00:27:01	0	福建沿海	26° 23' 28"N	120° 39' 53"E
2012/04/30 02:06:41	A	福建沿海	26° 05' 06"N	120° 18' 49"E
2012/04/30 03:43:01	B	福建沿海	26° 02' 12"N	120° 08' 58"E
2012/04/30 04:23:31	1	福建沿海	26° 17' 45"N	119° 42' 03"E
2012/05/01 04:01:38	2	福建沿海	27° 33' 50"N	120° 35' 59"E
2012/05/03 01:32:45	1	上海	30° 07' 02"N	122° 09' 35"E
2012/05/05 04:04:08	2	江蘇沿海	33° 33' 57"N	120° 34' 26"E
2012/05/15 18:22:21	0	山東半島	36° 51' 37"N	121° 37' 12"E
2012/05/16 20:41:23	2	北韓	39° 22' 54"N	125° 23' 17"E

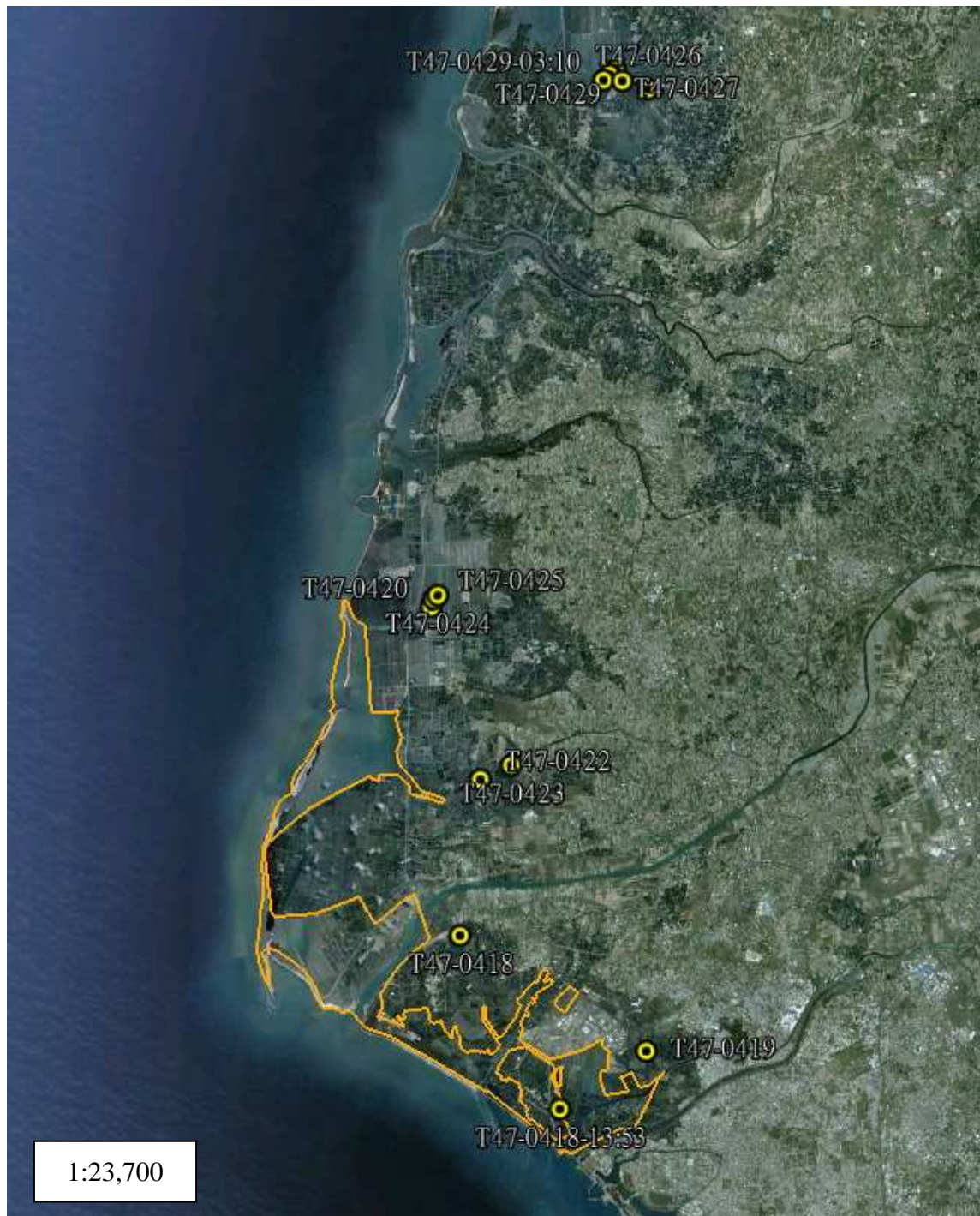


圖 3-1-5、T47 在台南地區經由衛星定位的分布位置，黃色區域內為台江國家公園

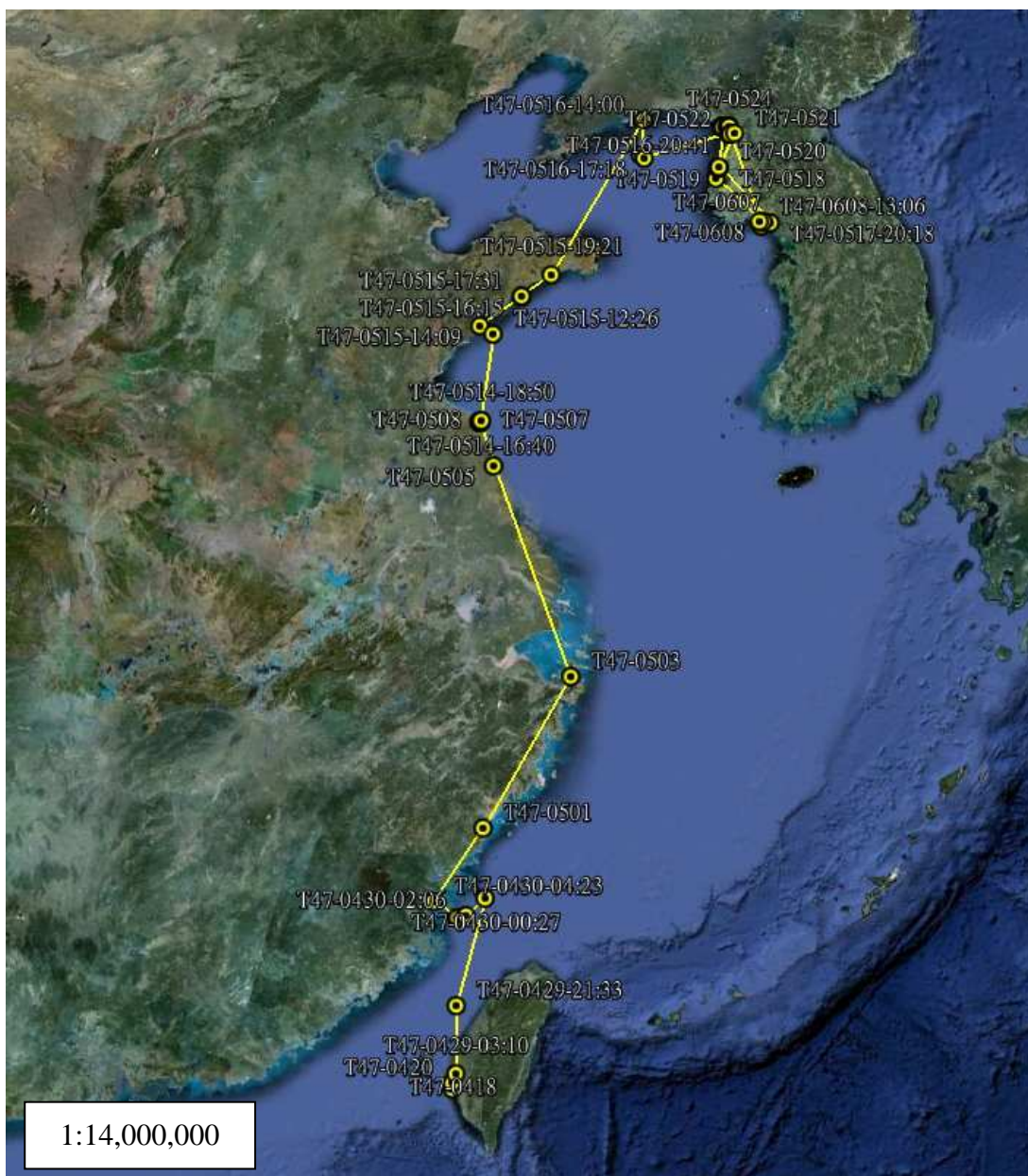


圖 3-1-6、T47 的北返遷移路線

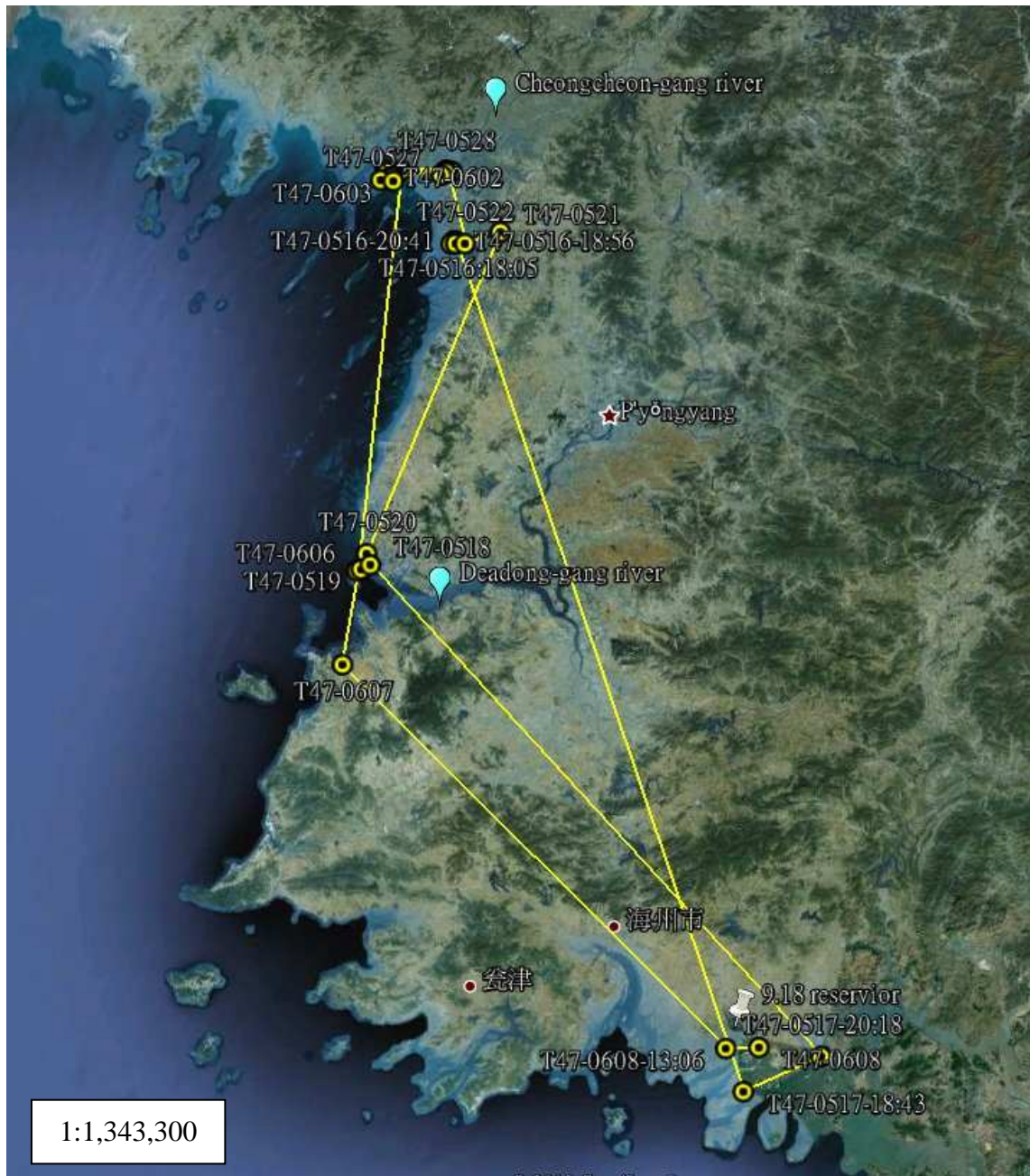


圖 3-1-7、T47 在北韓的分布圖



圖 3-1-8、T47 由台灣遷移至大陸福建的路徑及距離

二、韓國繫放的個體

本計畫團隊於6月5日自費前往至韓國參與繁殖地黑面琵鷺繫放活動，其中E65由本團隊和韓國研究人員於6月8日共同繫放。E84由韓國團隊在6月28日繫放，這兩隻皆為本年度在韓國繁殖出生的個體。就衛星追蹤顯示，E65繫放後，一直在繁殖地附近活動，到10月22日開始往南遷，10月23日07:33開始持續往南南遷移，10月25日14:25抵達台灣台南地區，此為台灣首次成功紀錄到黑面琵鷺直接由韓國跨海返台之路線，11月14日在台灣地區失去訊號，共持續追蹤160天。就南遷飛行速度而言，時速約為68-76公里，遷移距離共約1700公里（表3-1-8、圖3-1-9）。就E84而言，至7月20日失去訊號止，皆在繁殖地活動。

表 3-1-8、E65 南遷過程的衛星參考座標

日期	訊號品質	緯度	經度
2012/10/22 09:10:09	3	37° 06' 08"N	126° 43' 42"E
2012/10/22 12:30:09	0	37° 06' 06"N	126° 41' 49"E
2012/10/23 06:29:12	B	36° 12' 39"N	126° 28' 48"E
2012/10/23 07:18:42	B	35° 20' 07"N	127° 28' 14"E
2012/10/23 07:33:42	0	35° 16' 42"N	126° 09' 46"E
2012/10/23 08:58:42	B	34° 48' 40"N	125° 43' 18"E
2012/10/23 09:14:42	A	34° 20' 33"N	125° 54' 57"E
2012/10/23 10:39:42	B	34° 00' 02"N	125° 27' 10"E
2012/10/23 10:52:42	A	33° 37' 35"N	125° 40' 24"E
2012/10/23 12:21:27	0	32° 57' 23"N	125° 22' 04"E
2012/10/23 13:08:12	B	32° 41' 01"N	125° 12' 51"E
2012/10/23 14:04:12	B	32° 22' 56"N	125° 01' 28"E
2012/10/24 07:11:44	A	27° 33' 48"N	121° 21' 27"E
2012/10/24 08:27:45	B	27° 13' 47"N	121° 08' 45"E
2012/10/24 08:54:25	0	26° 47' 04"N	120° 53' 11"E
2012/10/24 08:54:45	0	26° 49' 13"N	120° 50' 42"E
2012/10/24 10:40:15	B	25° 42' 35"N	120° 12' 13"E
2012/10/24 12:05:45	A	24° 34' 12"N	120° 13' 20"E
2012/10/24 13:44:45	B	23° 18' 46"N	120° 04' 55"E
2012/10/25 08:37:07	A	23° 10' 18"N	120° 06' 34"E
2012/10/25 10:13:18	1	23° 09' 26"N	120° 09' 35"E
2012/10/25 13:36:18	2	23° 04' 38"N	120° 03' 33"E
2012/10/25 14:25:18	3	23° 04' 44"N	120° 04' 13"E
2012/10/25 15:12:03	1	23° 05' 17"N	120° 03' 35"E

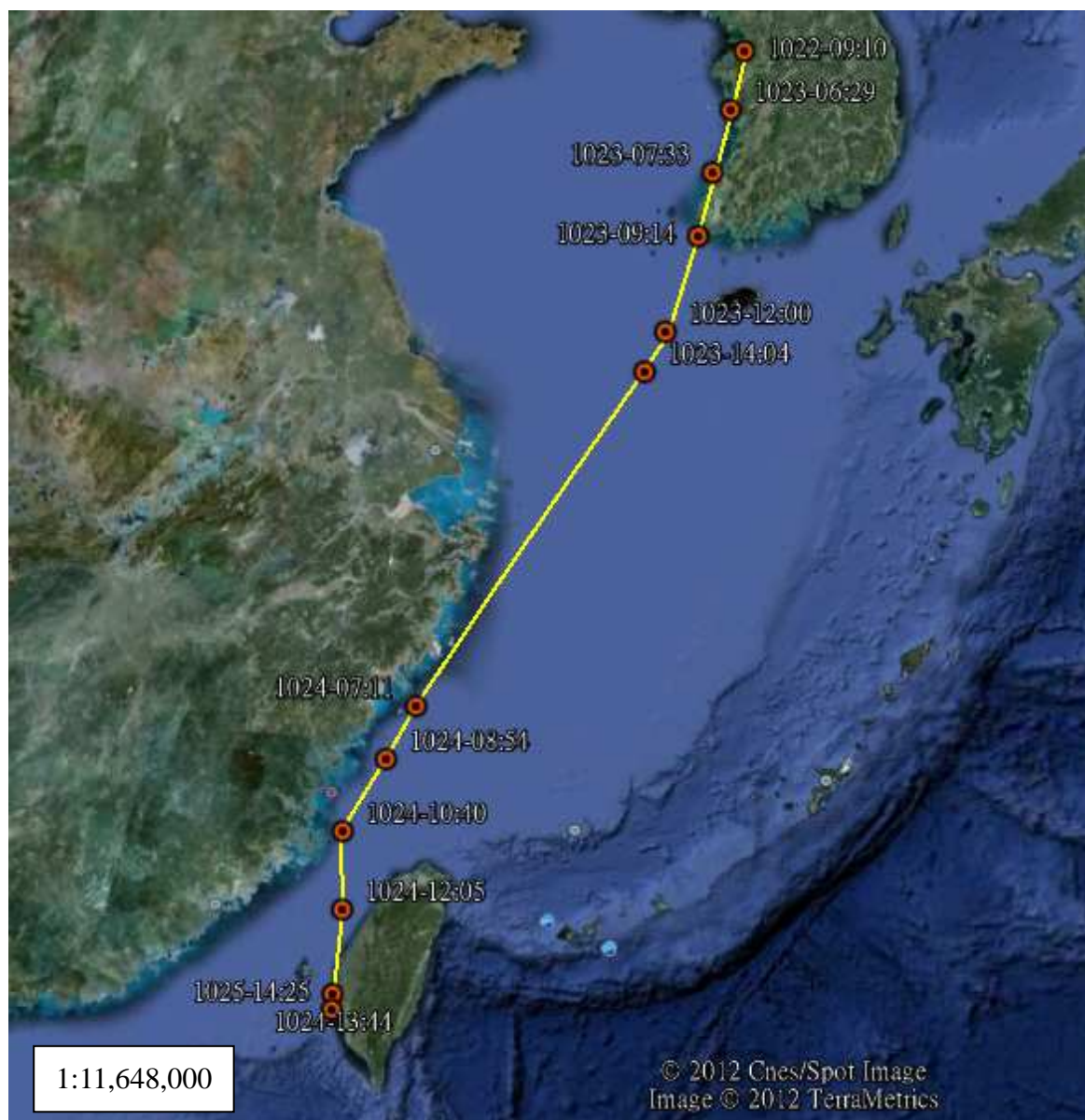


圖 3-1-9、E 65 的南遷路線，由韓國遷移到台灣

參、黑面琵鷺在大台南地區的族群與棲地利用

一、綜合成果

本年度利用衛星追蹤(採用3或2的座標)、無線電追蹤、GSM發報器、實地記錄觀察、訪查來記錄黑面琵鷺利用的棲地，除主棲地(保護區)外，共記錄到176個黑面琵鷺利用點。分布位置包含曾文溪以北之布袋鹽田、新塭、頂山鹽田、篤加魚塭、榮民之家以北魚塭、北魚塭、東魚塭區(重要棲息環境、西校區)。曾文溪以南包含土城、四草地區、府安路已北漁塭、海環路漁塭(附近為太平洋海釣場魚塭，海釣場已停業)。就第一度冬季而言，1-2月時黑面琵鷺以利用北魚塭及東魚塭為主，3月以後逐漸往北擴算，5月在布袋活動，6月尚有約20隻未北返的個體。就第二度冬季而言，(表3-1-9、表3-1-10、圖3-1-10~15)。

表 3-1-9、黑面琵鷺在台江國家公園及鄰近區域之分布及數量(2012 年 1~5 月)

區域	棲地類型	棲地特性	記錄到最小數量	記錄到最大數量	上標個體
布袋	鹽田	國家公園外，面積廣闊，為黑面琵鷺遷移前停留區域。	1	200	T46、T47、T48
新塭	鹽田	國家公園外，瓦盤鹽田	1	4	
頂山	鹽田	國家公園外	1	80	T44、T46、T47
篤加	廢置漁塭	國家公園外，私人魚塭，未養殖	1	130	T44
主棲地	泥灘地	國家公園內	2	349	T43、T44
北魚塭	養殖魚塭	國家公園外	3	336	
榮家	養殖魚塭	國家公園外	2	42	T47
東魚塭西半部	養殖漁塭為主，部分休養漁塭	國家公園內	8	8	
東魚塭-西校區	廢置漁塭	國家公園外	1	135	T43、T44
土城	廢置漁塭	國家公園外，安清路	1	105	
城西橋	廢置魚塭	國家公園內	1	1	
四草	鹽田、漁塭	國家公園內	1	167	T45、T46、T47、T48
府安	廢置漁塭	國家公園內	5	90	
海環	廢置魚塭	國家公園外，以前的太平洋海釣場附近	1	108	T47

表 3-1-10、黑面琵鷺在台江國家公園及鄰近區域之分布及數量(2012 年 9~12 月)

區域	棲地類型	棲地特性	記錄到最 小數量	記錄到最 大數量	上標個體
布袋	鹽田	國家公園外， 面積廣闊	14	14	
頂山	鹽田	國家公園外	3	3	
篤加	廢置漁塭	國家公園外， 私人魚塭，未 養殖	7	78	
主棲地	泥灘地	國家公園內	2	525	T43、T44、T51
北魚塭	養殖魚塭	國家公園外	8	52	T44、T51
榮家	養殖魚塭	國家公園外	1	136	T46
土城	廢置漁塭	國家公園外， 安清路	2	508	T43、T44、 T45、T46、 T51、T52
四草	鹽田、漁塭	國家公園內	2	389	T44、T46、 T48、T49、T50
郭婦產 科魚塭	廢置漁塭	國家公園外	6	26	T49、T50
海環	廢置魚塭	國家公園外， 以前的太平洋 海釣場附近	1	65	

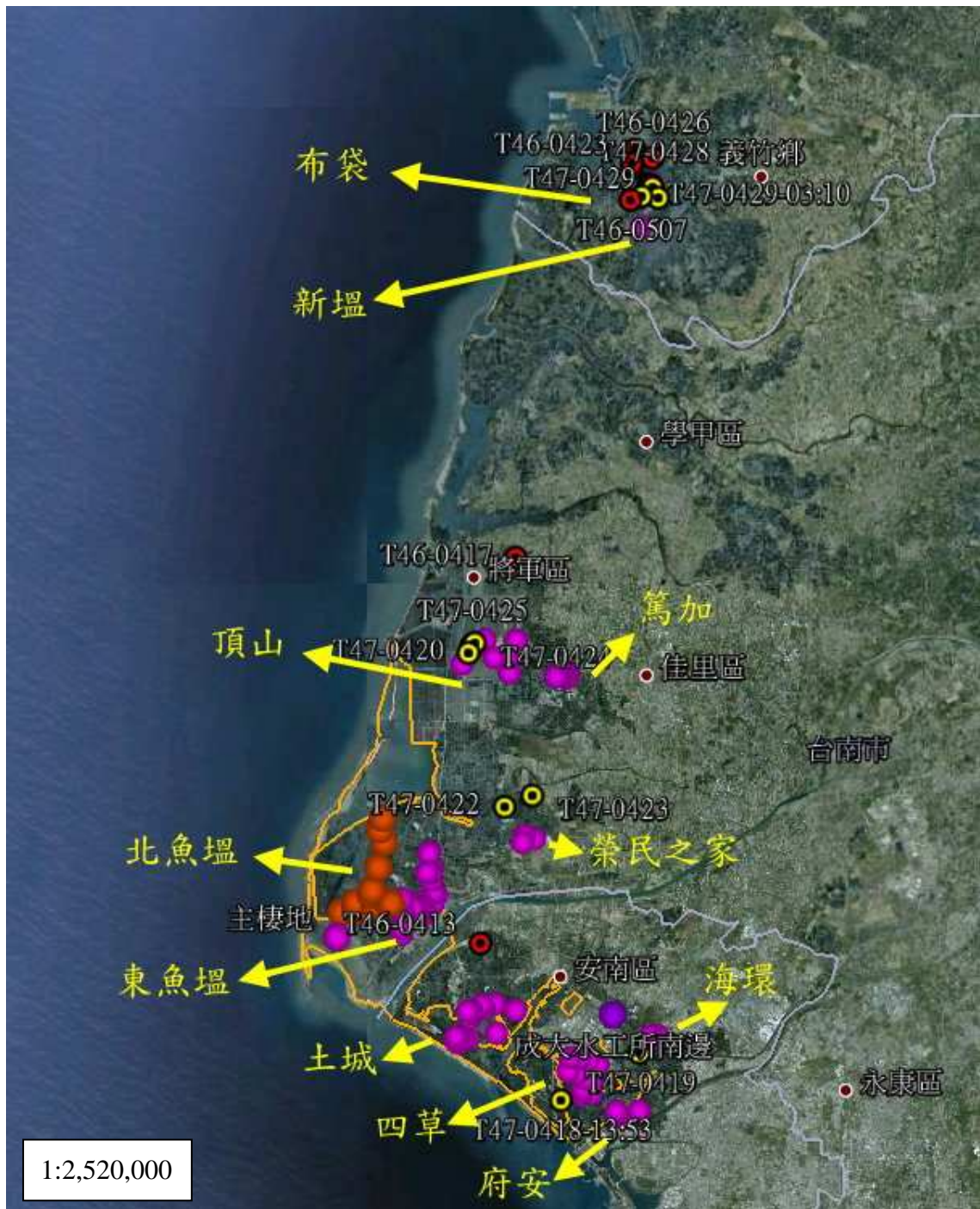


圖 3-1-10、2012 年大台南地區黑面琵鷺分布位置，北魚塢橘色紀錄點參考特有生物中心紀錄

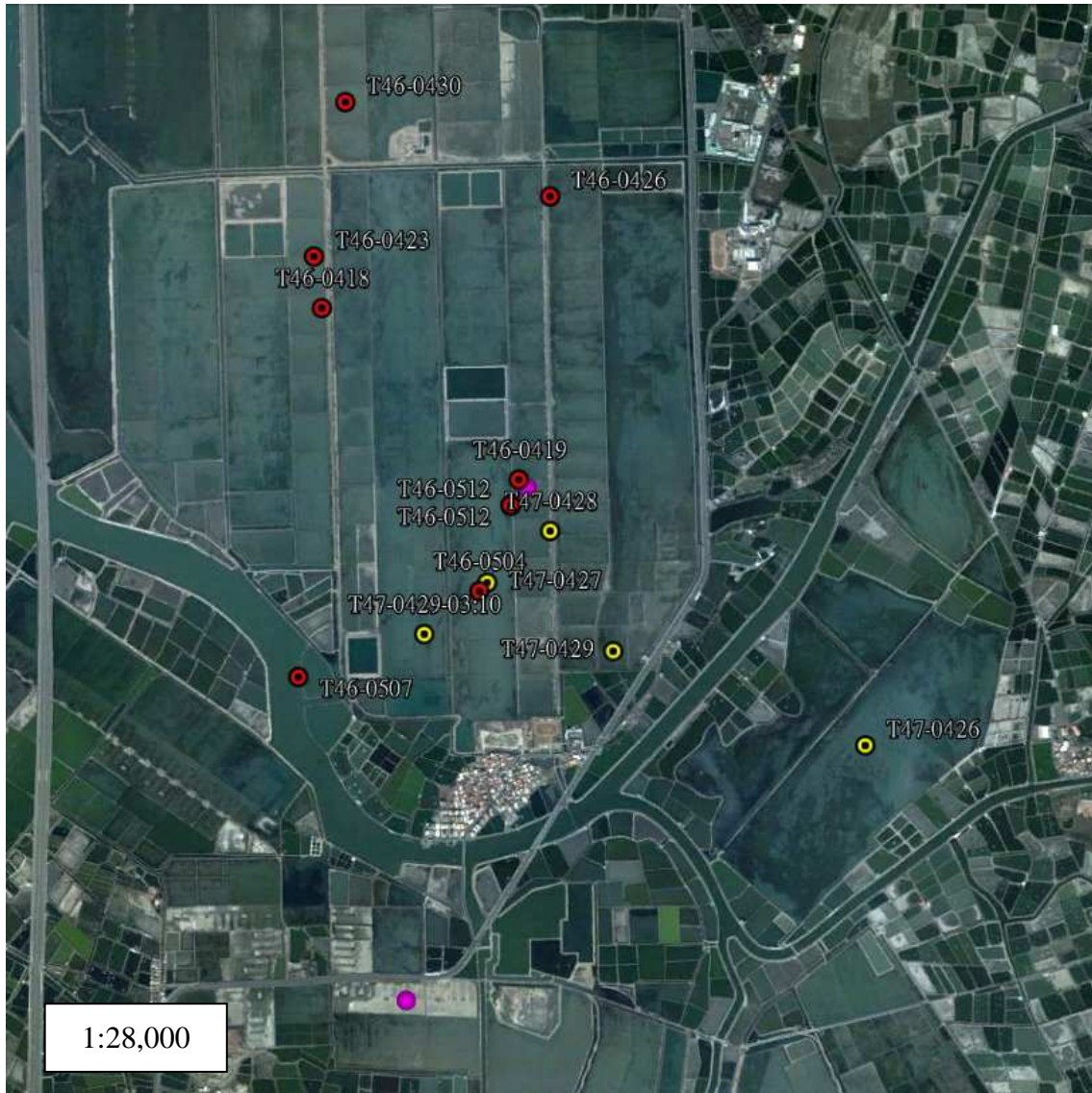


圖 3-1-11、黑面琵鷺在布袋鹽田的分布位置

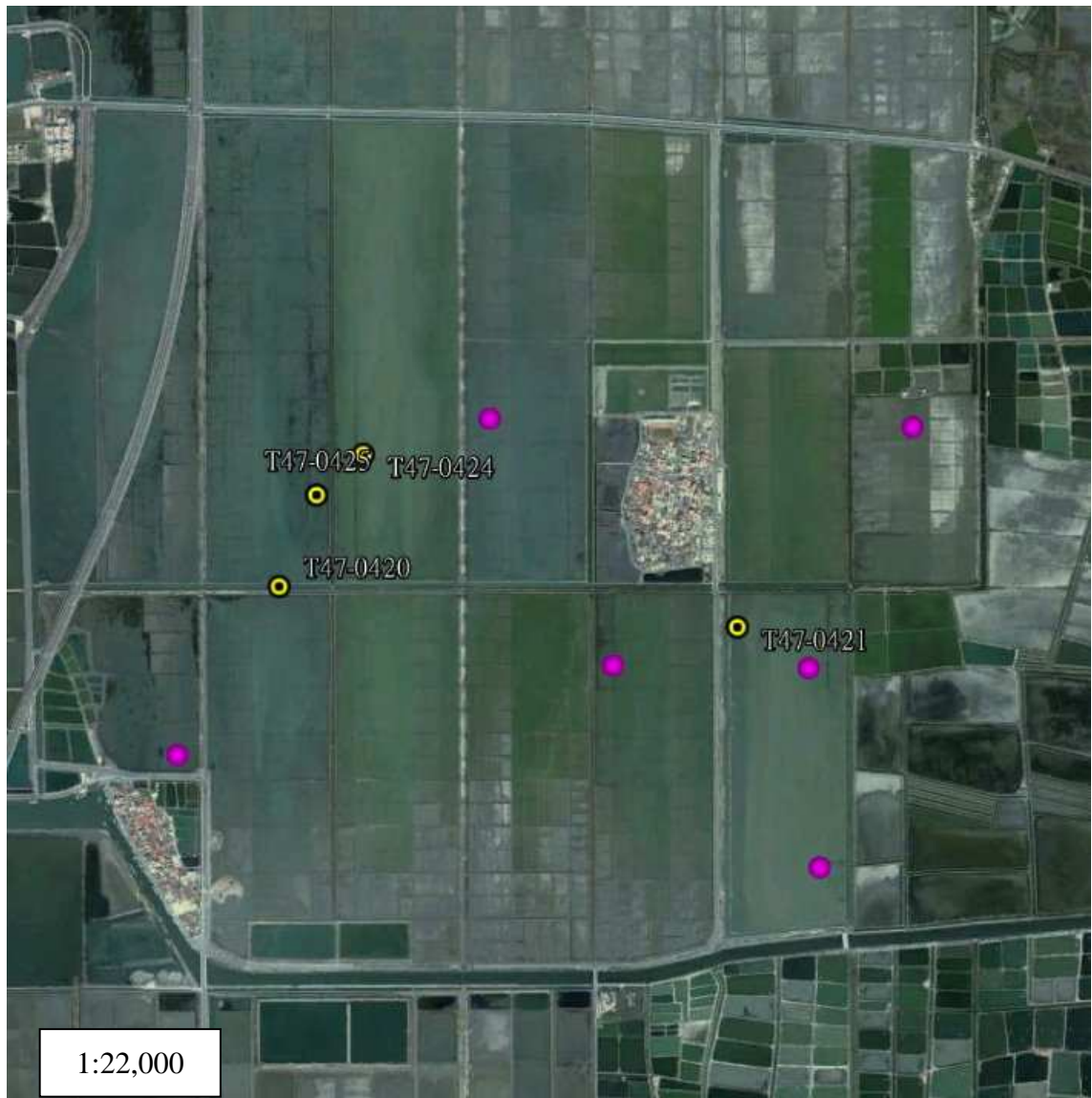


圖 3-1-12、黑面琵鷺在頂山的分布



圖 3-1-13、黑面琵鷺在東魚塭區域的分布



圖 3-1-14、黑面琵鷺在篤加地區分布位置

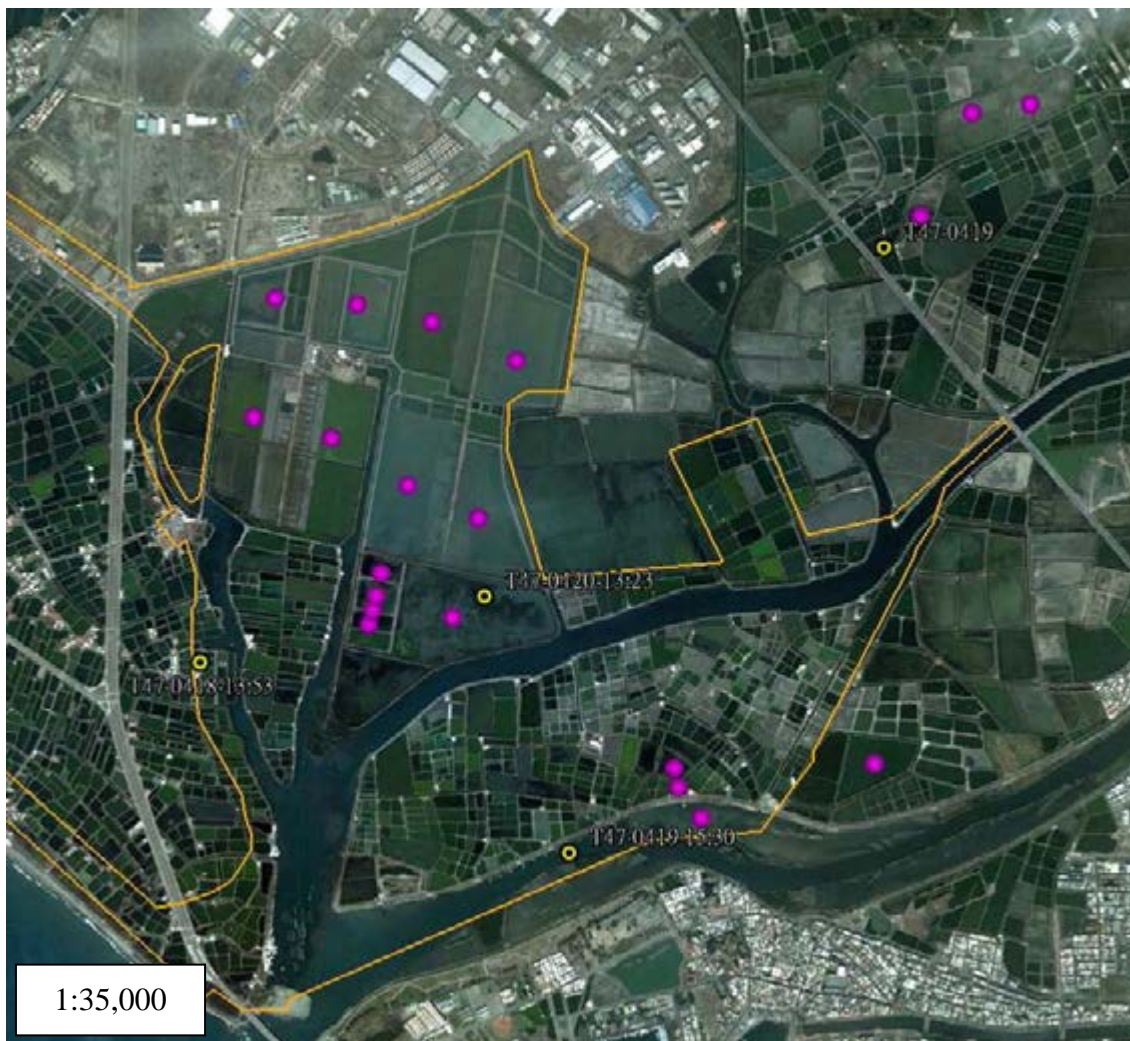


圖 3-1-15、黑面琵鷺在四草地區分布位置

二、無線電追蹤個體(T43、T44、T49、T50、T51、T52)的活動

本年度共繫放 6 隻無線電追蹤器個體，T43 個體為本次繫放年齡最大的個體，判斷約有 3 歲以上。其於 3 月 28 日繫放後，4 月 1 日上午 9 時，研究人員即觀察到其與一小群成鳥(21 隻)開始北返。T44 於 3 月 28 日繫放後，3 月 29 日-4 月 1 日均在主棲地記錄到，4 月 5 日後在頂山鹽田區活動，停留到 5 月 2 日後訊號消失。大陸地區鳥友 5 月 12 日在江蘇沿海記錄到 T44 的活動(資料來源:黑面琵鷺保育學會網頁)。

就第二個度冬季(101 年 9 月至 102 年 5 月)而言，研究人員於 10 月 1 日觀察到 T44 在主棲地活動(黑面琵鷺保護區)，10 月 16 日觀察到 T46 在四草活動。顯示該二個體亦成功回到台灣地區度冬。

T49 及 T50 為 11 月 18 日繫放個體，目前活動地點侷限在曾文溪以南四草一帶，T51 為 12 月 16 日在北魚塢繫放，T52 為 12 月 23 日在城西里繫放，目前持續進行追蹤。

三、GSM 個體(T45、T48)的活動

本計畫與廠商合作，開發 GSM/GPS 發報器，採用太陽能板發電，為國內廠商自行研發，目前共測試 2 組。T45 於 4 月 6 日繫放，T48 於 4 月 8 日繫放，收訊效果並不好。4 月 13 日後無法收到任何訊號，判斷可能是太陽能發電的技術尚未克服，故無法正常啟動。

另根據研究人員實地觀察紀錄，就第一度冬季而言(100 年 9 月至 101 年 5 月)，T48 在四草最後一次記錄是 5 月 14 日，5 月 22 出現於布袋鹽田。另根據其他鳥友的觀察紀錄，有 T48 在內的約 20 隻黑面琵鷺在布袋活動至 6 月 6 日，T48 於 6 月 8 日出現在挖仔尾保留區(資料來源:黑面琵鷺保育學會網頁)，經研判個體尚未達繁殖年齡，可能會在度冬區停留較久的時間。6 月 8 日以後並未在記錄到該個體的活動。就 T45 而言，根據鳥友紀錄，4 月 18 日至 23 日在布袋鹽田活動，4 月 25 日在清水濕地被記錄，其後未有紀錄(資料來源:黑面琵鷺保育學會網頁)。就第二個度冬季(101 年 9 月至 102 年 5 月)而言，研究人員 10 月 26 日在土城觀察到 T45 活動，11 月 4 日在四草觀察到 T48，顯示此二個體又再度回到台灣地區度冬，但仍然無法從發報器收到訊號，該廠商研發之發報器經評估尚不適合用在黑面琵鷺繫放。

四、T46 及 T47 於 2012 年 10-12 月在台南地區的活動紀錄

T46 及 T47 均為衛星追蹤個體，雖發報器失去電力，但研究人員仍可利用色環進行個體辨識，紀錄其活動狀況。在 2012 年的度冬季，T46 於 10 月 16 日首次被研究人員在四草保護區紀錄，10 月 27 日、11 月 2 至 7 日分別在土城城西里活動，11 月 20 日在曾文溪以北的三股魚塭區被紀錄到，11 月 21 日又在土城城西里出現。T47 則於 12 月 14 日在城西里附近被紀錄到。

肆、黑面琵鷺相關文獻收集

本計畫共收集與黑面琵鷺相關學術研究文獻 58 篇，分別為 1995 至 2009 年碩博士論文 29 篇、國外期刊 25 篇、大陸地區文獻 4 篇。(表 3-1-11~13)。

表 3-1-11、與黑面琵鷺研究相關之博碩士論文

年代	研究生	學校	論文名稱
1995	張琬珮	國立台灣師範大學	台北動物園環境教育電腦軟體的評量——以「琵鷺傳奇」電腦軟體為例
1999	陳肅容	國立台灣師範大學	七股潟湖區漁業生態的研究
1999	陳仁祥	國立台灣大學	以多變量統計區分香山、七股、圳頭溼地水質土壤變異性

續表 3-1-11

年代	研究生	學校	論文名稱
2000	林壯穎	國立台灣大學	黑面鴨要報仇—社會運動中的規劃專業者實踐:黑面琵鷺救援聯盟的個案
2000	葉曉菁	國立中山大學	台南七股瀉湖地區及附近海域浮游橈足類的種類組成、分佈及其攝食研究
2001	王佳琪	國立台灣師範大學	台南七股地區黑面琵鷺度冬之日間活動模式
2001	洪琬諦	台北市立師範學院	台灣社會，生態保育與創作實踐-由對黑面琵鷺的熱中現象論述與創作
2001	廖秀梅	國立台灣大學	生態旅遊的地方認知—以台南七股為例
2002	林毓琮	國立台灣大學	七股黑面琵鷺保護區劃設過程的政治經濟學分析
2002	王淑娟	國立高雄師範大學	台南市四草地區年中鳥類景觀資源分析與永續維護的途徑
2002	鍾萬哲	中國文化大學	七股瀉湖生物營養素碳及矽底棲通量測定
2002	歐陽慧真	東海大學	賞鳥者專門化程度與場所依戀關係之研究—以七股濕地為例
2003	陳雅芬	國立中正大學	地方民主與永續發展之研究—以台南縣濱南工業區開發案為例
2003	黃成輝	國立中興大學	台灣沿海溼地之遊憩效益
2003	郭憲銘	東海大學	我國現行環評制度下民眾參與過程之檢視:以濱南工業區開發案為例
2003	陳雅芬	國立中正大學	地方民主與永續發展之研究—以台南縣濱南工業區開發案為例
2003	鄧福麒	國立台灣大學	生態旅遊規劃方案下之居民參與和願付價值關係的探討---黑面琵鷺保護區之檢視
2003	蘇明達	國立台灣大學	近似理想誘導支付條件評估模式之理論建構與實證檢驗:以黑面琵鷺保護區多樣性資源價值之探討為例
2004	曾玉如	國立高雄師範大學	從「黑面琵鷺集體死亡事件」之報導探討我國報紙之環境教育功能
2004	徐嘉惠	國立中興大學	黑面琵鷺之腸道菌相調查
2006	翁義聰	國立成功大學	台灣西南部度冬黑面琵鷺之族群生物學研究
2006	莊惟超	國立屏東科技大學	黑面琵鷺爆發肉毒桿菌症暨其重要棲息地底泥之Cl毒素產毒基因監測
2006	宋錦圓	國立臺南大學	遊戲學習中問題導向學習策略之應用研究--以模擬黑面琵鷺生態的遊戲系統為例

續表 3-1-11

年代	研究生	學校	論文名稱
2006	鍾金龍	國立臺南大學	學童在遊戲學習中專注度與學習表現之研-以模擬黑面琵鷺生態的遊戲系統為例
2006	Liu, L.L.	Texas University	Wintering activity range and population ecology of Black-faced Spoonbills <i>Platalea minor</i> in Taiwan.
2008	蔡金助	國立屏東科技大學	魚塭類型對台南地區黑面琵鷺空間分佈和棲地利用之影響
2008	陳嘉瑩	國立臺灣大學	採用標記後重複觀察之資料以估計黑面琵鷺之存活率 暨推估族群數量
2009	李文華	國立成功大學	台江國家公園政策認知之研究-以黑面琵鷺為例

表 3-1-12、與黑面琵鷺研究相關之英文期刊論文

年代	作者	標題	期刊名	卷期
1995	Lee PF, Sheu JE, Tsai BW.	Wintering habitat characteristics of black-faced spoonbill (<i>Platalea minor</i>) at Chiku, Taiwan.	Acta Zoologica Taiwanica	6: 67-78
1996	Chong, J. R., U. I. Pak, C. Y. Rim, and T. S. Kim	Breeding biology of black-faced Spoonbill <i>Platalea minor</i> .	Strix	14:1-10
1999	David S. Melville, Paul J. Leader and Geoff J. Carey	Movements and biometrics of Black-faced Spoonbills <i>Platalea minor</i> at Mai Po, Hong Kong in spring 1998	Conservation and research of Black-faced Spoonbills and their habitats Second edition	19-26
2000	Noritaka Ichida	The conservation of the Black-faced Spoonbill The conservation of the Black-faced Spoonbill	Conservation and research of Black-faced Spoonbills and their habitats Second edition	1-4

續表 3-1-12

年代	作者	標題	期刊名	卷期
2000	Chong Jong-Ryol & Pak U-I	The breeding sites and distribution of Black-faced Spoonbills <i>Platalea minor</i> in the Democratic People's Republic of Korea (DPRK)	Conservation and research of Black-faced Spoonbills and their habitats Second edition	5-9
2000	Dahmer, T. D. and M. L. Felley.	Winter Census of Black-faced Spoonbill <i>Platalea minor</i> , 1996-98	Conservation and research of Black-faced Spoonbills and their habitats Second edition	55-62
2001	Woo S.L. , Shin J.R. , Wee H.H.	Distribution Characteristics of Black - faced Spoonbill <i>Platalea minor</i> in Western Coast of South Korea	Journal of Ecology and field biology	24(4): 219-222
2002	Mendoza, M. M., G. R. Reyes and M. M. Eduarte	Rediscovery of Black-faced Spoonbill <i>Platalea minor</i> in the Philippines.	Forktail	18: 153-154
2002	Ueta. M., D. S. Melville, Y. Wang, K. Ozaki, Y. Kanai, P. J. Leader, C.-C. Wang and C.-Y. Kuo	Discovery of the breeding sites and migration route of Black-faced Spoonbills <i>Platalea minor</i> .	Ibis	144: 340-343
2004	Cornelis SW, Yattung YU	Notes on feeding structures of the Black-faced Spoonbill <i>Platalea minor</i> .	The Ornithological Society of Japan	3: 119-124.
2004	Yu YT. and Swennen, C.	Habitat use of the Black-faced Spoonbill.	Waterbirds	27(2): 129-134
2004	Yu, Y. T. and C. Swennen	Feeding of wintering Black-faced Spoonbills in Hong Kong: when and how long?	Waterbirds	27: 135-140

續表 3-1-12

年代	作者	標題	期刊名	卷期
2005	Cornelis S, Yattung YU	Food and Feeding Behavior of the Black-faced Spoonbill.	Waterbird	28 (1):19-2 7
2005	Yu, Y.-T.	Longevity record of a colour-ringed Black-faced Spoonbill <i>Platalea minor</i>	Forktail	21:176-1 77
2005	Wei Guo-An, Lei Fu-Min, Yin Zuo-Hua, Ding Chang-Qing, and Ding Wen-Ning	Nesting and disturbance of the Black-faced Spoonbill in Liaoning Province, China	Waterbirds	28(4):42 0-425
2006	Yuan, X. Zhang, K.-j.	Preliminary Research of the Migrant Population of the Black-Faced Spoonbill <i>Platalea minor</i> in Dongtan Wetland of Chongming Island, Shanghai	JOURNAL- EAST CHINA NORMAL UNIVERSITY NATURAL SCIENCE	NUMB 6; ISSU 130, pages 131-136
2006	C. K.-L. Yeung, C.-T. Yao, Y.-C. Hsu, J.-P. Wang, S.-H. Li	Assessment of the historical population size of an endangered bird, the black-faced spoonbill (<i>Platalea minor</i>) by analysis of mitochondrial DNA diversity	Animal Conservation	Vol. 9 (1) pp. 1-10
2006	Cheng, Y.-H., T.-F. Kuo, D.-N. Lee and C.-F. Weng	Sex identification of the Black-Faced Spoonbill (<i>Platalea minor</i>)	Zoological Studies	45: 104-113.
2006	WY Chiau	Lagoon Management and Black-faced Spoonbill Conservation: Issues and Challenges in the Greater Chiku Area, Taiwan	Journal of Coastal Research	SI 39: 912-914

續表 3-1-12

年代	作者	標題	期刊名	卷期
2006	Ueng, Y.-T., J.-J. Perng, J.-P. Wang, J.-H. Weng and P.-C. L. Hou.	Diet of the Black-faced Spoonbill (<i>Platalea minor</i>) wintering at Chiku Wetland in southwestern Taiwan.	Waterbirds	29: 185-190
2006	Liu, Liang-Li	Wintering activity range and population ecology of Black-faced spoonbills (<i>Platalea minor</i>) in Taiwan	Texas A&M University	-
2007	Chang-Yong Choi, Hyun-Young Nam, Woo-Shin Lee	Measuring the Behaviors of Wintering Black-faced Spoonbills (<i>Platalea minor</i>) : Comparison of Behavioral Sampling Techniques	Waterbirds	30(2):31 0-316
2007	Ueng, Yih-Tsong, Wang, Jiang-Ping, and Hou, Ping-Chun L.	Predicting population trends of the black-faced spoonbill(<i>Platalea minor</i>)	The Wilson Journal of Ornithology	Vol. 119 pp. 246–252
2008	Jin Jianjun	Economic Valuation of Black-faced Spoonbill Conservation in Macao	EEPSEA Special and Technical Paper from Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA)	
2008	Jianjun Jin, Zhishi Wang, Xuemin Liu	Valuing black-faced spoonbill conservation in Macao: A policy and contingent valuation study	Ecological Economics	Volume 68, Issues 1–2, pp. 328–335

表 3-1-13、與黑面琵鷺主題相關之大陸地區文獻

年代	作者	標題	期刊名	卷期
2006	張國鋼；梁偉；楚國忠	海南黑臉琵鷺的越冬行為分析	生物多樣性	14(4):352-358
2006	劉伯峰	福建省黑臉琵鷺的分布與棲息地現況	動物學雜誌	41(4):54-57
2009	金傑鋒；劉伯峰；余希；魯長虎	福建省興化灣黑臉琵鷺的越冬及遷徙	動物學雜誌	44(1):47-53
2009	胡軍華；曾向武；謝釗毅；胡慧建	廣東海豐鳥類自然保護區黑臉琵鷺越冬種群現狀	動物學雜誌	44(1):54-57

第二節 台江國家公園與周邊魚塢的變遷監測

魚塢的變遷狀況由各種不同的資料，包括漁業產量年報、魚塢調查資料和衛星歷史影像，以不同的空間尺度為範圍分析，並尋找變遷明顯的區域，由衛星影像比對確認。再由黑面琵鷺與衛星影像比對，發現黑面琵鷺在魚塢棲地的可能需求方式。

壹、衛星影像與魚塢邊界的人工數化

福衛二號衛星影像的購買，因經費預算只列 12 幅，在兼顧季節差異與涵蓋最長時期下，決定購買 2008-2012 年每年二幅，在較早的 2006 和 2007 兩年只購買一幅。

福衛二號影像解析度為 2 X 2 公尺，研究區大都座落在福衛二號影像 S1 軌道帶。利用 ArcGIS 軟體，以衛星影像為底圖，在螢幕上對魚塢邊界進行人工數化成為向量檔。先以 2010 年衛星影像的魚塢邊界人工數化，數化。春生釣魚場區和府安路區都有部分範圍不在福衛影像 S1 帶範圍內，需以不同日期的 S2 帶影像代替。不同日期的影像因輻射值不同和日光入射角度、陰影差異，兩幅影像一起作光譜分析將非常困難，因此初步排除 S1 帶範圍外的魚塢，只數化 S1 帶範圍內的魚塢邊界，並以此範圍比較不同年度的魚塢。2010 年衛星影像的魚塢邊界共數化約 18000 個多邊形魚塢邊界。

貳、利用衛星影像現地調查、確認與相關人員訪談

與保育團體志工與養殖漁民訪談。志工訪談內容為黑面琵鷺棲地選擇與出現地點，其次為魚塢養殖型態。養殖漁民訪談內容為養殖型態、辨識方式、養殖週期、變更養殖型態的意願和理由、及對黑面琵鷺及保育的看法等。

以下為本年的現地調查與訪談日期：

- 2012/02/01 志工及文蛤養殖戶訪談、魚塢養殖型態 GPS 定位。
- 2012/03/10 參與台南市野鳥學會黑面琵鷺普查、黑面琵鷺棲地 GPS 定位。
- 2012/03/24 參與台南市野鳥學會黑面琵鷺普查、GPS 定位。
- 2012/04/14 台灣黑面琵鷺保育學會總幹事訪談、東魚塢養殖確認、頂山石斑苗養殖戶訪談、GPS 定位。
- 2012/09/03 府安、四草普查、養殖戶訪談、GPS 定位。
- 2012/09/04 燈塔、北魚塢、東魚塢、養殖戶訪談、GPS 定位。
- 2012/09/05 北魚塢、東魚塢普查、養殖戶訪談、GPS 定位。
- 2012/09/06 土城普查、養殖戶訪談、GPS 定位。
- 2012/09/07 頂山、東魚塢普查、養殖戶訪談、GPS 定位。
- 2012/11/07 台南市野鳥學會志工訪談。
- 2012/11/21 台南市野鳥學會志工訪談。

參、養殖魚種產量的變化與魚塭養殖型態的分析

一、養殖魚種產量的變化趨勢

「中華民國台閩地區漁業統計年報」由行政院農業委員會漁業署每年度發行，藉由分析漁業署漁業統計年報的資料，由全台灣和台南市兩個不同空間尺度的變化趨勢，瞭解魚塭養殖魚種產量的變化的趨勢關係。

(一)、 台灣養殖魚種產量

以全台灣 2001-1010 年的內陸(含淡、海水)養殖魚種產量趨勢的變化來看(圖 3-2-1, a)，虱目魚明顯減少，文蛤顯著增加，白蝦則緩慢增加，石斑則在 2007、2008 二年有明顯增加後又趨穩定。外銷是生產的另一個很大的誘因，以 2001-1010 年的水產貿易量(圖 3-2-1, b)來看，冷凍虱目魚沒有太明顯的變化，但活體石斑卻是在 2008 年急速上升，事件的原因在於石斑活體運輸的網絡開發完成與 ECFA 的簽署，活體石斑在香港和大陸東南沿海都市是相當受歡迎的高價位海鮮。

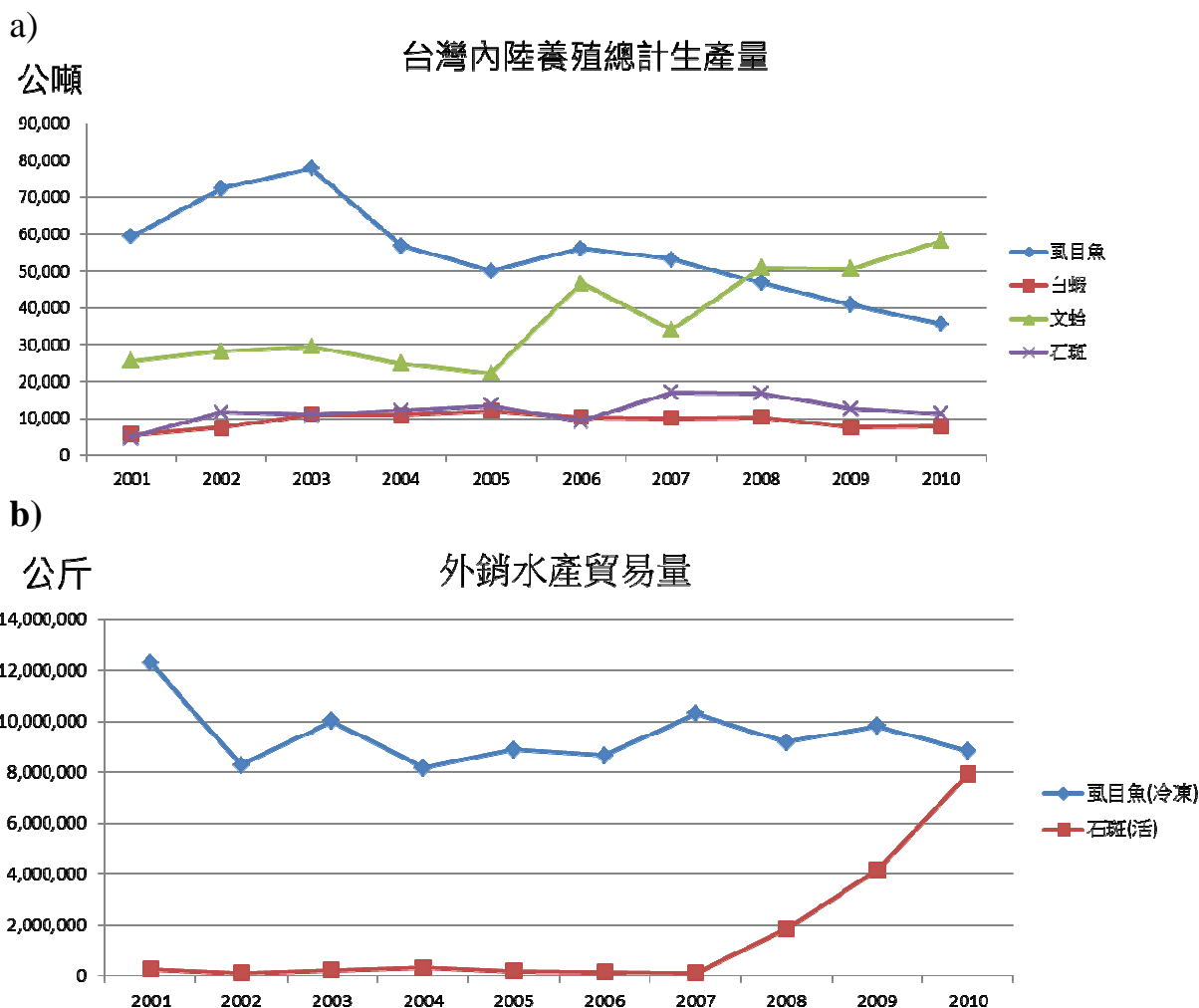
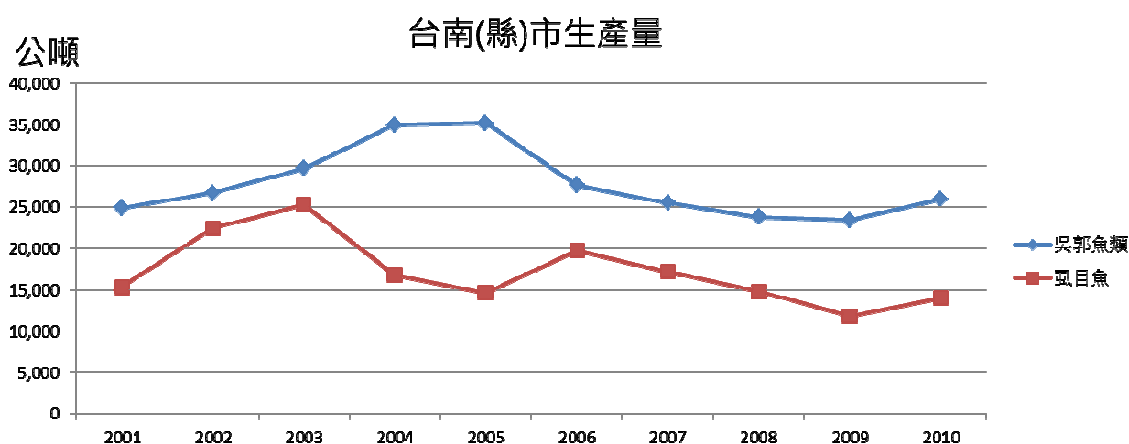


圖 3-2-1、a) 2001-2010 年間台灣內陸(含淡、海水)養殖總計生產量，和 b) 台灣水產品外銷的貿易量。

(二)、 台南市養殖魚種產量

選擇產量較多且與本研究關係較密切的魚種分析比較，如圖 3-2-2。吳郭魚是台南市(含台南縣，下同)的養殖魚種產量最多，大多是以較靠內陸的淡水單一養殖為主，與研究區吳郭魚以混養的魚塭不同，內不易突顯在單一魚種養殖面積的統計上，所以不再下節討論。養殖魚種產量次高的是虱目魚，此二魚種產量在台南市近十年的變動趨勢不明顯，其中虱目魚產量較似乎為減少的趨勢。在台南市文蛤和白蝦的產量近十年是較接近上升的趨勢(圖 3-2-2b)，草蝦、沙蝦和鰻魚則沒有太明顯的變動趨勢。石斑在台南市產量，除了 2005 年稍微下滑外，整體呈現明顯增加的趨勢。

a)



b)

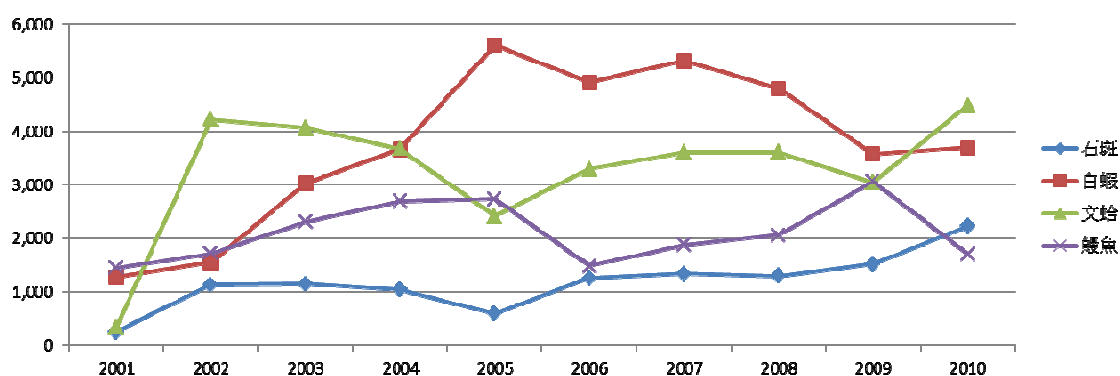


圖 3-2-2、台南市七種養殖魚種產量在 2001-1010 年的變化。

二、 魚塭養殖型態的分析與確認

4 月下旬開始申請漁業署魚塭普查資料作業，而後將利用漁業署資料做為基礎，對魚塭養殖型態做現地調查、再確認。

(一)、 魚塭養殖型態的確認與分析

漁業署建立的魚塭調查資料於 6 月底(28 日)獲得。此資料庫是用航空照片為底圖來數化魚塭，配合魚塭普查資料建立而成，提供本研究的資料特別切割只有魚種和魚塭面積的部分，年度限定在 2006-2011 年，範圍為台南市沿海各區的魚塭。在本項資料提供的魚塭普查的基礎上，可以更確認黑面琵鷺棲地魚種，並可能發展以黑面琵鷺棲地優劣為依據的魚塭棲地分類方式。但是因本項資料建立的目的是在於養殖漁業的普查，與鳥類棲地研究的期望不同，有可能造成應用上的限制，需在此先行說明。

1. 本資料提供魚塭魚種名稱只有一種，沒有混和養殖（寄養）資料，但實際上不同蝦類與虱目魚、文蛤混養的魚塭相當常見，這類混養魚塭對黑面琵鷺棲地頗為重要。還有石斑魚塭是本研究關注的重點，石斑依不同階段有不同的養殖戶和魚塭，在本資料也沒有在魚塭魚種名稱裡差別呈現。

2. 魚種類別名稱有年度變更，例如石斑魚類養殖種類和技術新近發展迅速，石斑魚類養殖在不同年度有更改分類名稱，因為石斑魚塭是本研究關注的重點，造成年度比較的限制，只能歸納成總類比較。

3. 漁業署建立的魚塭調查只限魚塭資料，不包括鹽田或(未登記)棄養池等非魚塭，這類資料對黑面琵鷺棲地也可能很重要。

4. 無效資料類別，如「空白」無資料、「拒答」或「其他」魚種等，佔各年度魚塭總面積頗高(5-26%)，隨著近年這類無效資料有漸減趨勢，但是資料的使用與詮釋需更謹慎。

以下針對此漁業署 2006-2011 年台南沿海鄉鎮的魚塭調查資料分析，先以研究全區整體分析，再對個別分區加以分析。

(二)、 研究全區的魚塭變遷

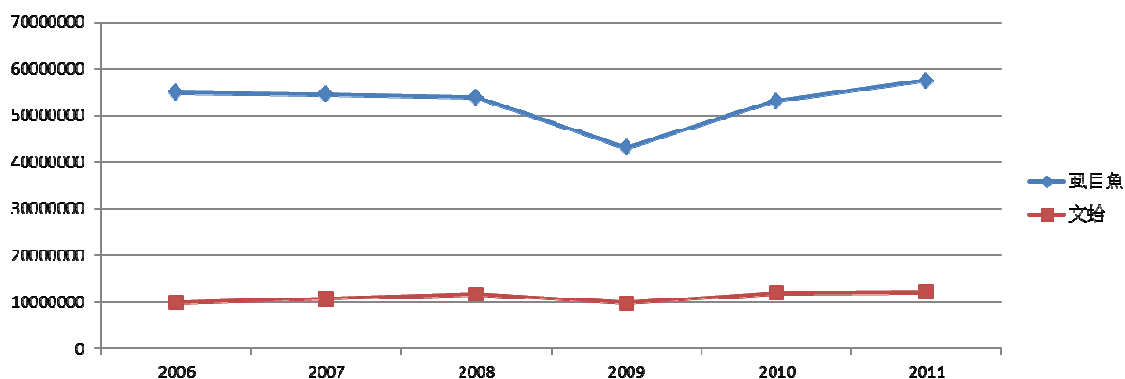
研究全區範圍內 2006-2011 年養殖魚種約 45 類，以養殖面積多寡由多而少列出如下：

虱目魚(含苗越冬養殖)、文蛤、石斑類（青斑、龍膽石斑、金錢斑、紅斑、其他石斑）、蝦類（白蝦、草蝦、沙蝦、淡水長腳蝦、紅尾蝦、斑節蝦）、吳郭魚、烏魚、鰻魚、金目鱸、花跳、餌料池(輪虫)、龍鬚菜、蟳蟹類、鯉科魚、筍殼魚、黃臘魚參、泥鰱、七星鱸魚、其他鱸魚、黑鯛、其他鯛魚類、午仔、變身苦、九孔、黃鰭鯛、包公魚、海鱺、花身雞魚、甲魚、西施貝、赤鰭笛鯛、香魚、淡水鯰、黃臘魚參、鱒。

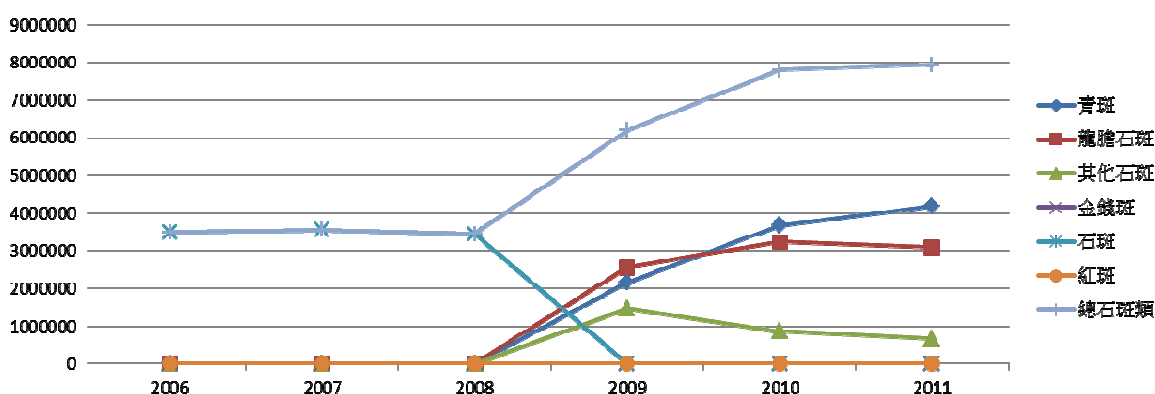
研究全區養殖魚種在 2006-2011 年養殖面積的變化，挑前四類面積最多的魚種做趨勢分析，如圖五。虱目魚、文蛤、石斑類、蝦類是本區最多養殖面積的類別，其中虱目魚、文蛤沒有明顯的變化趨勢，石斑類養殖面積明顯增加，蝦類養殖面積則緩慢減少。

a)

單位：m²



b)



c)

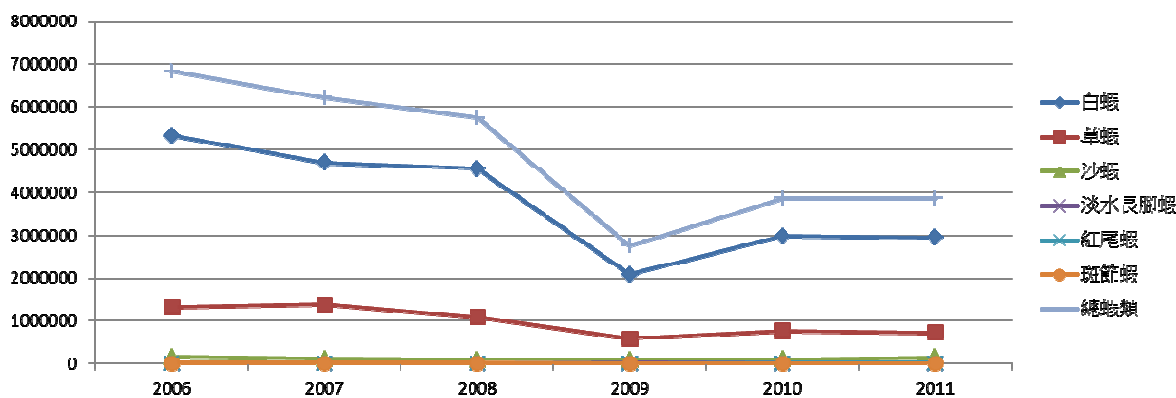


圖 3-2-3、台南市研究全區的前四大養殖面積魚種在 2006-2011 年的變化。a)虱目魚、文蛤沒有明顯的變化趨勢，b)石斑類養殖面積明顯增加，c)蝦類養殖面積則緩慢減少。

比較同一魚種的產量（圖 3-2-2）與變化養殖面積（圖 3-2-3），可發現兩者並不完全一致。這與不同年度的氣候條件等各種因素造成的單位面積生產量的差異有關。而從黑面琵鷺的棲地考量，養殖面積似乎才是本項研究較為關切的因子。但產量增減趨勢顯示市場需求的走勢，特別在上一節討論的大範圍的產量增減趨勢，可能最終會反應到養殖面積上，而本研究養殖面積變化的期間較短(6 年)，增

減趨勢的反應可能因此較不明確。

(三)、各分區的魚塭變遷分析

分區雖共有 11 區，但主棲地和四草野生動物區並沒有魚塭，所以不需分析討論魚塭變遷。為節省篇幅，本節只選三區代表討論。

1. 燈塔區

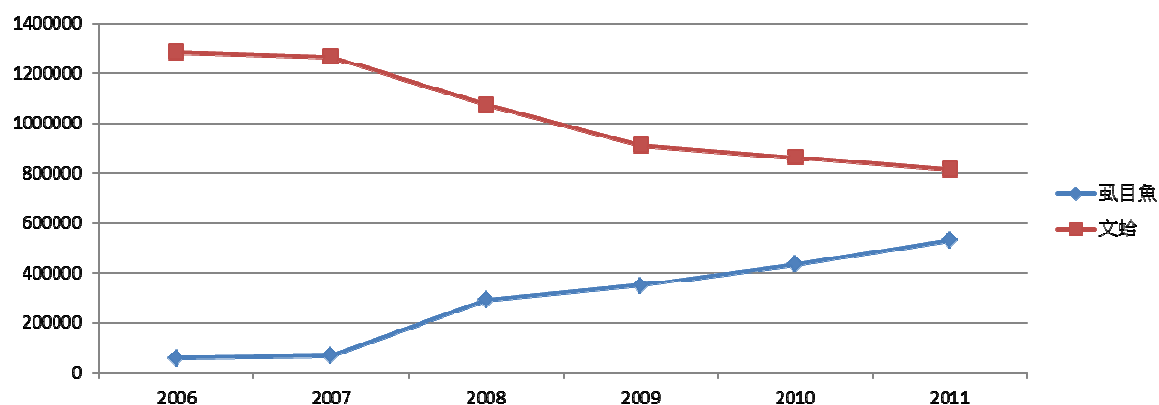
燈塔區 2006-2011 年養殖魚種約 12 類，以養殖面積多寡由多而少列出如下：

文蛤、虱目魚(含苗越冬養殖)、石斑類(青斑、龍膽石斑、其他石斑)、龍鬚菜、草蝦、九孔、包公魚、西施貝。

燈塔區養殖魚種在 2006-2011 年養殖面積的變化，挑前三類面積最多的魚種做趨勢分析，如圖 3-2-4。文蛤、虱目魚、石斑類是本區最多養殖面積的類別，其中文蛤養殖面積漸減，而虱目魚養殖面積漸增，石斑類養殖面積明顯增加。

a)

單位：m²



b)

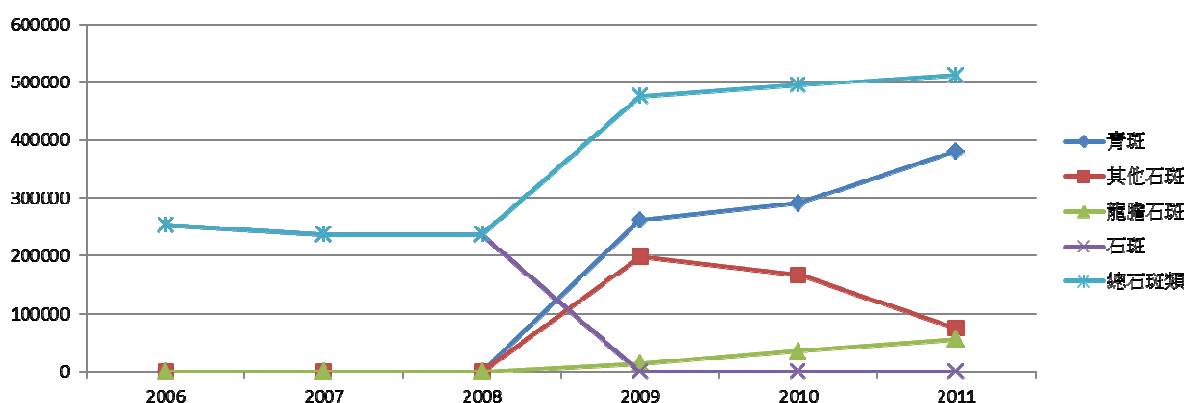


圖 3-2-4、燈塔區的前三大養殖面積魚種在 2006-2011 年的變化。a) 文蛤養殖面積漸減，而虱目魚養殖面積漸增，b) 石斑類養殖面積明顯增加。

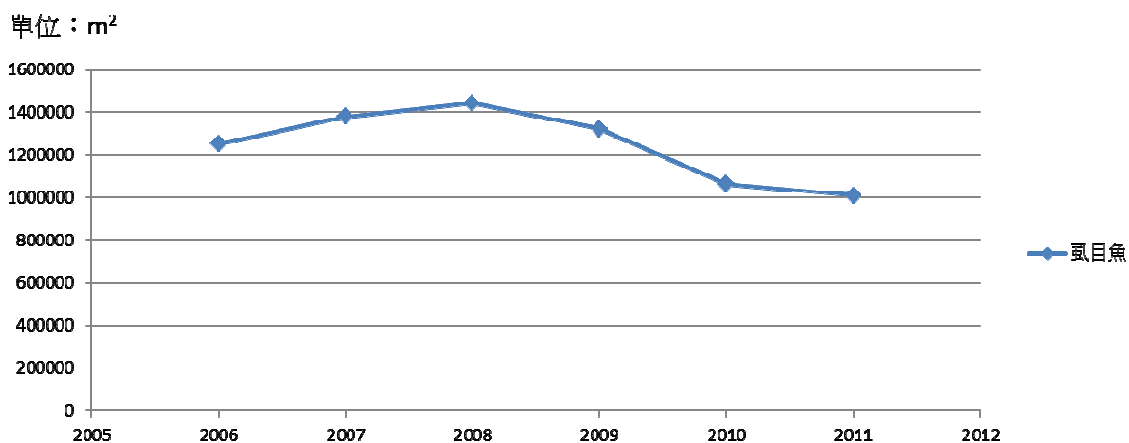
2. 郭婦產區

郭婦產區 2006-2011 年養殖魚種約 6 類，以養殖面積多寡由多而少列出如下：

虱目魚(含苗越冬養殖)、石斑類(青斑、龍膽石斑、石斑)、餌料池(輪虫)、吳郭魚、白蝦、金目鱸、蟳蟹類。

郭婦產區養殖魚種在 2006-2011 年養殖面積的變化，挑前三類面積最多的魚種做趨勢分析，如圖 3-2-5。虱目魚、石斑類是本區最多養殖面積的類別，其中虱目魚養殖面積略微減少，石斑類養殖面積明顯增加。

a)



b)

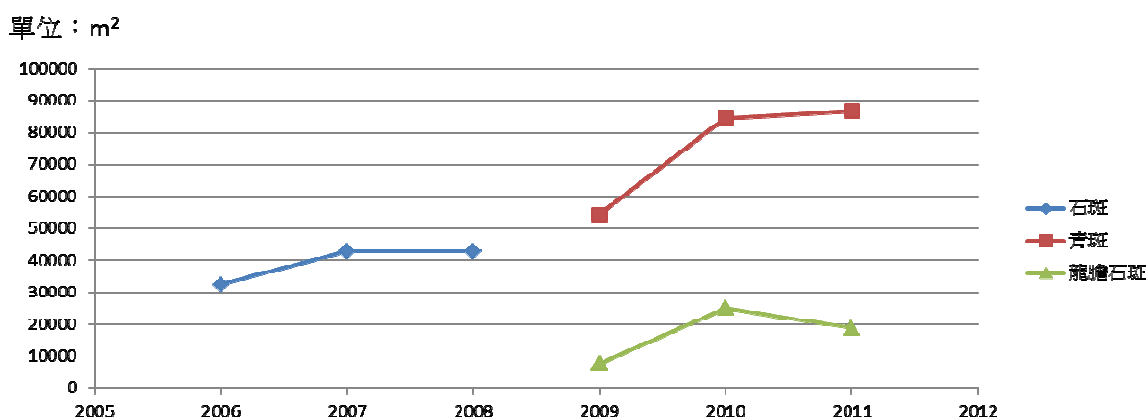


圖 3-2-5、郭婦產區及主棲地的前三大養殖面積魚種在 2006-2011 年的變化。a) 虱目魚養殖面積先增後減，b) 石斑類養殖面積明顯增加。

3. 府安路區

府安路區 2006-2011 年養殖魚種約 15 類，以養殖面積多寡由多而少列出如下：

虱目魚(含苗越冬養殖)、石斑類(青斑、龍膽石斑、其他石斑)、餌料池(輪虫)、吳郭魚、白蝦、草蝦、沙蝦、金目鱸、其他鯛魚類、烏魚、蟳蟹類。

府安路區養殖魚種在 2006-2011 年養殖面積的變化，挑前二類面積最多的魚

種做趨勢分析，如圖 3-2-6。虱目魚、石斑類是本區最多養殖面積的類別，其中虱目魚養殖面積略減，而石斑類養殖面積稍微增加。

由以上四個分區與研究全區的養殖魚種面積變化，得知不同分區的養殖魚種和變化趨勢有差別，且與研究全區變化趨勢也不必然一致。

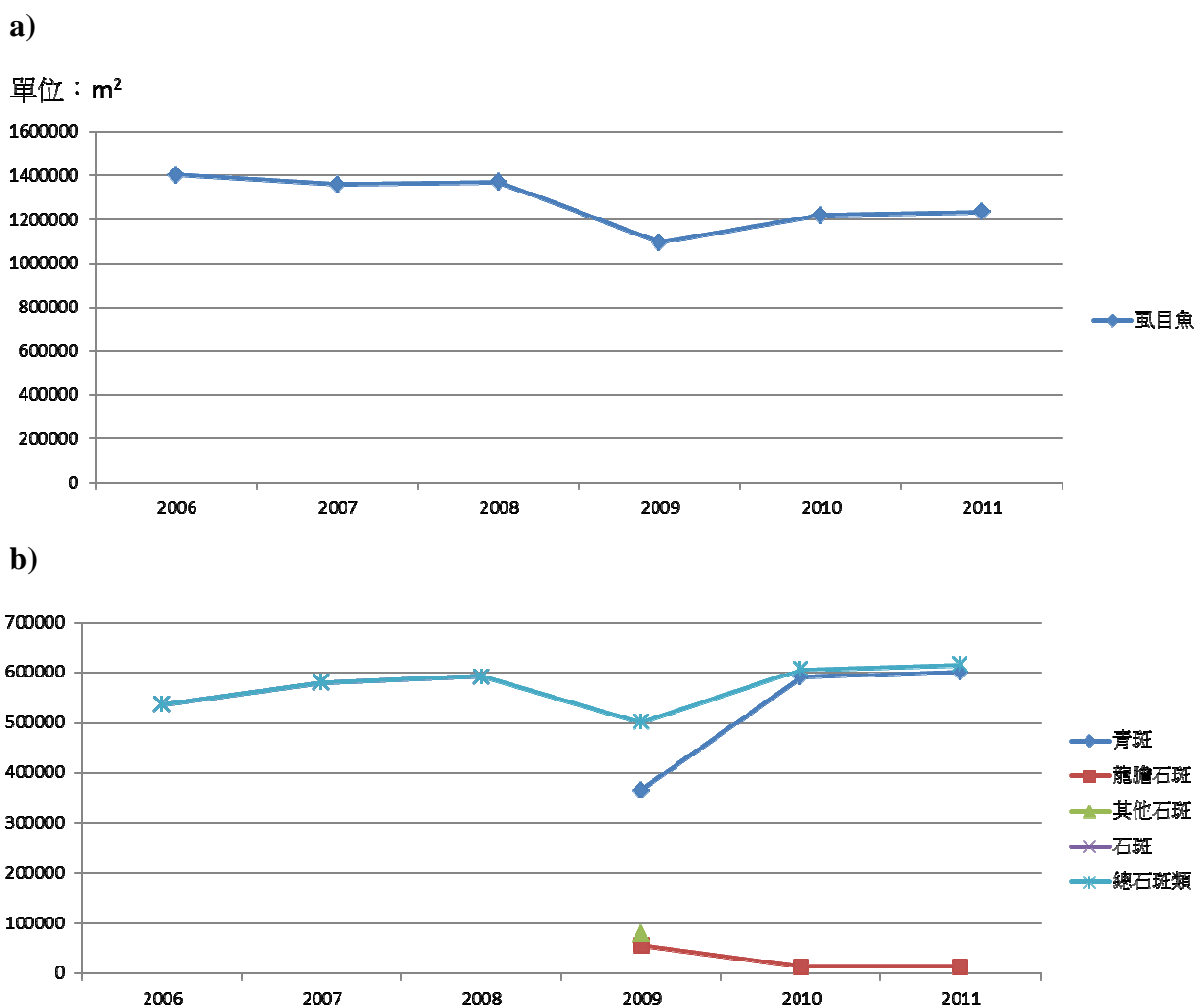


圖 3-2-6、府安路區的前二大養殖面積魚種在 2006-2011 年的變化。a)虱目魚養殖面積漸減，b)石斑類養殖面積稍微增加。

肆、魚塭養殖型態變遷的熱點分析

由前一小節的結論可知，石斑類養殖面積在研究各分區是以增加的趨勢佔多數，因此針對影響黑面琵鷺棲地影響最明顯的石斑類養殖進行變遷分析。以漁業署魚塭普查資料最前、後兩年，比較 2006 和 2011 兩年的差異，分析石斑類養殖類型變遷的由來，並配合已購買的衛星影像確認。

表 3-2-1 列出各區 2011 年石斑類魚塢地點面積在 2006 年的魚塢養殖型態面積 (單位: m²)。同一欄的數字代表在 2011 年的石斑類養殖面積分屬於 2006 年的魚塢養殖型態 (同一列), 括弧內數字表佔 2011 年總面積的百分比。除了府安路區, 其他分區絕大多數的石斑類養殖面積都是 2006 年後新增的, 而且大量來自於 2006 年還是虱目魚養殖魚塢, 其中以郭婦產區所佔比例最大。

表 3-2-1、各區 2011 年石斑類養殖地點在 2006 年的魚塢養殖型態 (單位: m²)

2011 2006	石斑類								
	八掌	頂山	北魚塢	燈塔	東魚塢	土城	春生	郭婦產	府安路
石斑類	242747 (15%)	44982 (4%)	341592 (18%)	174948 (34%)		242273 (33%)		6974 (7%)	354231 (58%)
虱目魚	752095 (45%)	503787 (44%)	322194 (17%)	15514 (3%)		182832 (25%)	4672 (68%)	77268 (73%)	131792 (21%)
蝦類	43751 (3%)	105740 (9%)	141006 (7%)	214454 (42%)		43002 (6%)			82614 (13%)
文蛤		31481 (3%)	386458 (20%)						
其他	631572 (37%)	451095 (40%)	729394 (38%)	106985 (21%)	93466 (100%)	268393 (36%)	2244 (32%)	21388 (20%)	46561 (8%)
總計	1670165	1137086	1920645	511902	93466	736500	6917	105631	615198

圖 3-2-7 藍色點顯示在 2011 年石斑養殖面積分別屬於 2006 年的虱目魚、蝦類和休養的魚塢, 黃色細線圍出台江國家公園的範圍。密集的藍色點可視為魚塢養殖型態變為「石斑養殖的變遷熱區」。除了府安路熱區外, 大部份的藍色點都位於國家公園範圍外。此圖若配合黑面琵鷺的出現位置, 就可以認定這些熱區是對黑面琵鷺棲地造成直接威脅的魚塢棲地變遷。

圖 3-2-8 是魚塢棲地變遷的熱區郭婦產區的 a) 2006 年和 b) 2011 年衛星影像, 黃色細線下方為台江國家公園的範圍。黃色細線上方的魚塢由 2006 年單元面積較大的虱目魚養殖魚塢, 改變成較小的石斑養殖魚塢。此圖左方為四草野生動物保護區, 快速的魚塢棲地變遷必然衝擊到周圍和保護區內的黑面琵鷺棲地。

在表 3-2-1 東魚塢的漁業署資料, 魚塢普查有明顯疏漏, 以圖 3-2-9 東魚塢的 a) 2006 年和 b) 2011 年衛星影像來直接判識, 在 2006 年影像中間就是石斑魚塢和停養魚塢 (停養魚塢岸邊長滿植物呈現紅色), 在 2011 年影像中多處停養魚塢已經有重新養殖。重新養殖的原因是 2009 年台南縣政府將東魚塢放租, 現場調查確認有石斑、虱目魚、蝦類或文蛤的混養魚塢。除了魚塢的改變, 另外兩塊植被 (紅

色塊) 的陸生演替明顯，這些變化都代表著水鳥棲地的劣化，需要被監測或可能需採取行動。

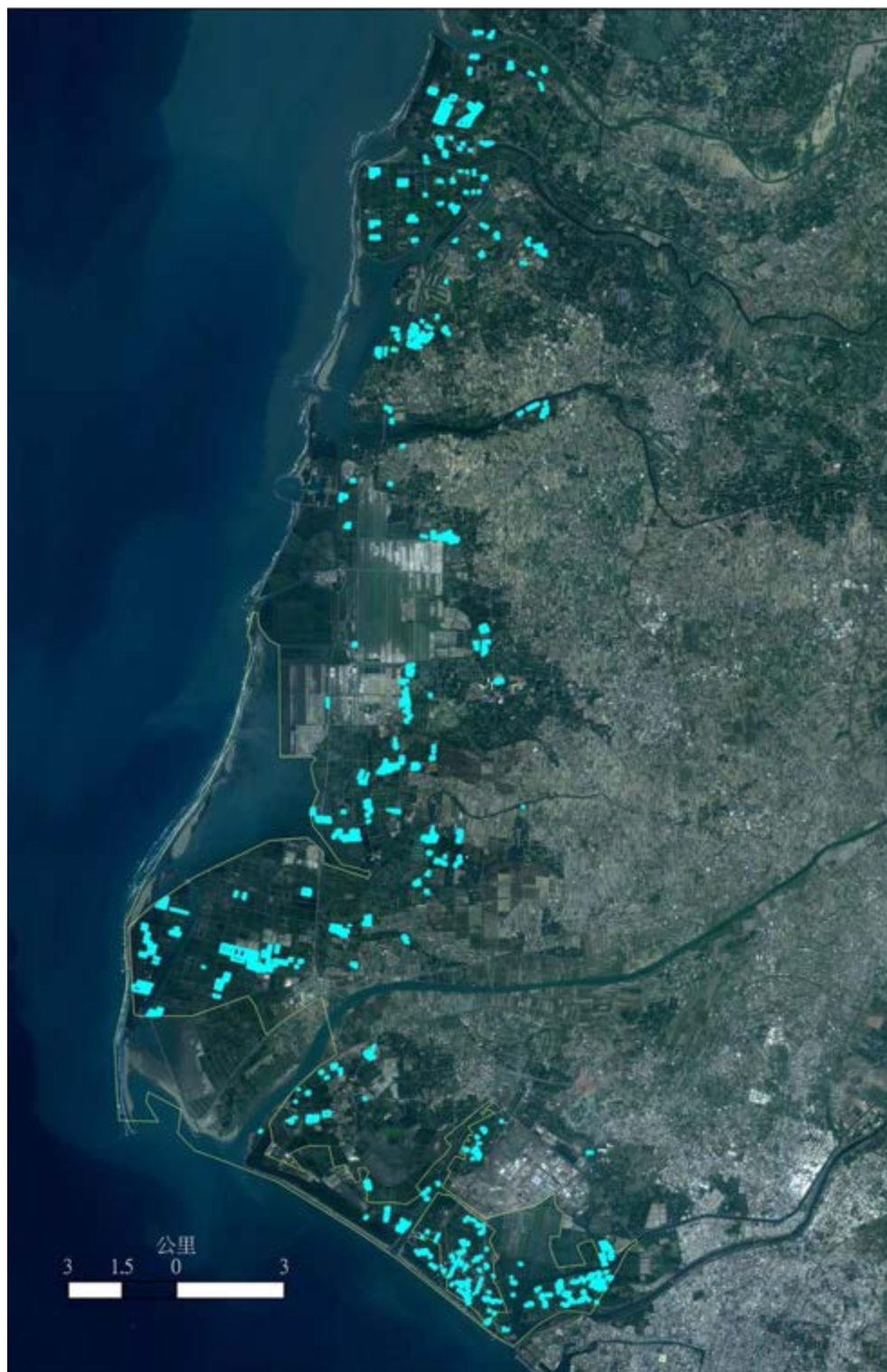
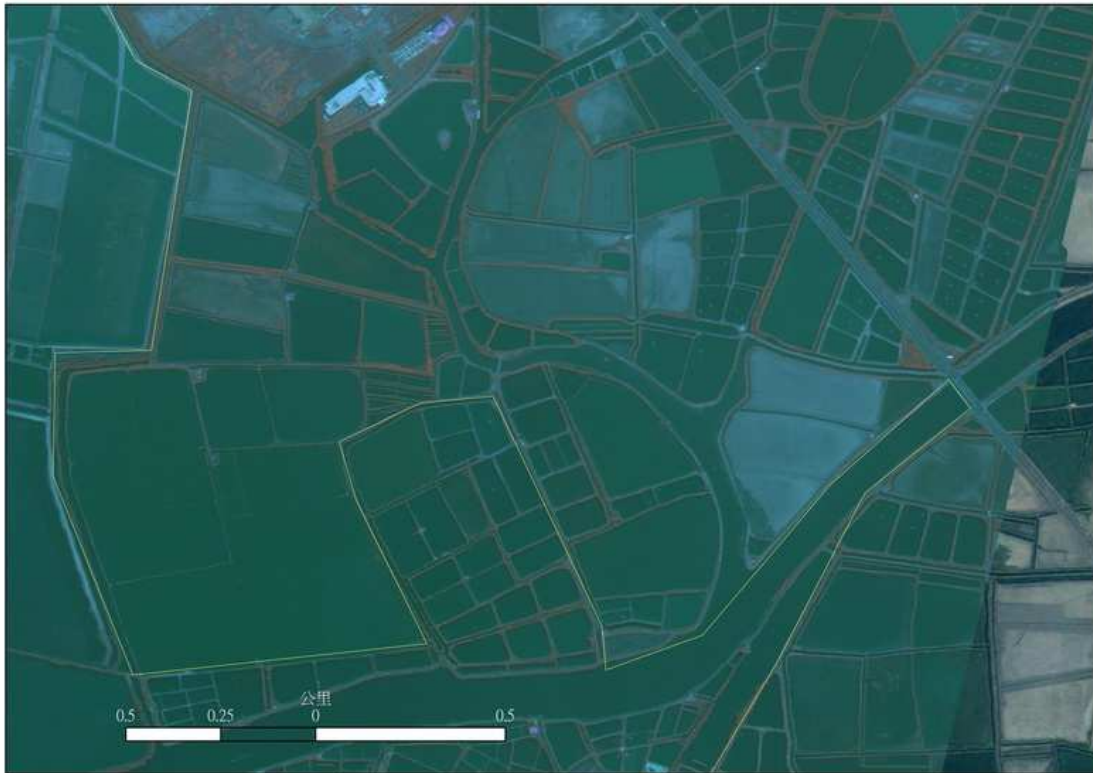


圖 3-2-7、藍色點顯示在 2011 年石斑養殖面積分別屬於 2006 年的虱目魚、蝦類和休養的魚塭，黃色細線畫出台江國家公園的範圍。

a)



b)

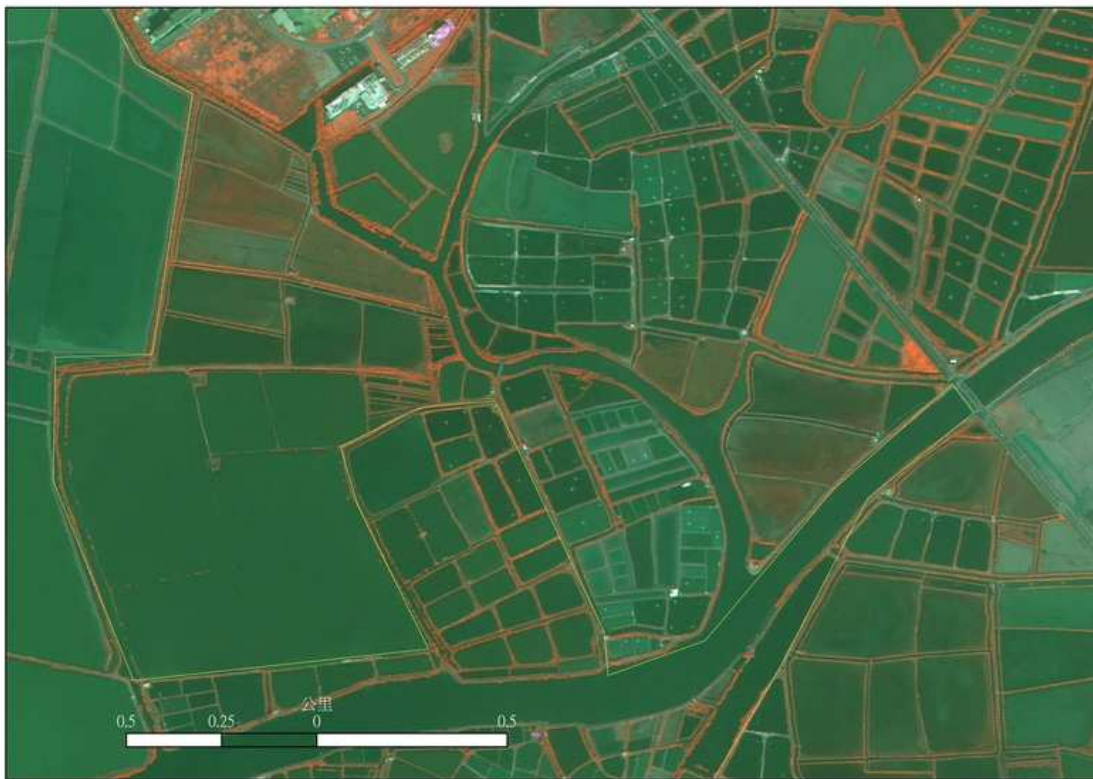


圖 3-2-8、郭婦產區的 a) 2006 年和 b) 2011 年衛星影像，黃色細線下方為台江國家公園的範圍。其中部份魚塭被切割成為多個小面積魚塭。

a)



b)



圖 3-2-9、東魚塢的 a) 2006 年和 b) 2011 年衛星影像，棄養魚塢多處重新經營，兩塊植被的陸生演替明顯。

伍、黑面琵鷺的棲地利用與魚塢的衛星影像光譜分析

為了了解黑面琵鷺的棲地利用與魚塢棲地的衛星影像光譜關係，利用已購買衛星影像日期附近的黑面琵鷺普查資料，回溯黑面琵鷺所在的正確空間位置，對衛星影像光譜和魚塢棲地的幾何特徵進行分析。

本次分析採用福衛二號 2011 年 11 月 14 日和 2012 年 2 月 4 日共兩幅影像，黑面琵鷺普查匹配資料日期分別為 2011 年 11 月 10 日和 2012 年 2 月 10 日。分析範圍只限於曾文溪以南的調查區內，分析範圍沒有涵蓋八掌溪以南的所有研究區理由如下：一、八掌溪分區的黑面琵鷺族群數較少，鳥所在位置太少又樣區太大，統計分析的困難度極大；二、東魚塢區的黑面琵鷺族群數較多，但人工輔助餵食的行為持續進行，影響黑面琵鷺族群分布的自然情況，也無法分析出黑面琵鷺自然的棲地選擇；三、曾文溪以南的調查區在普查當天由台南市野鳥學會義工工作密集調查，資料正確性相對穩定，紀錄方式對回溯黑面琵鷺所在位置較無困難。圖 3-2-10 顯示衛星影像與附近日期的黑面琵鷺所在魚塢位置。

應變數的鳥類資料歸類為出現與否的二元資料，樣點單位是每個範圍內的魚塢，總計共 6800 個樣本數。自變數採用魚塢的幾何變數和光譜變數。幾何變數包括周長、面積和外形指數(shape index = $P/2\pi A$, P:周長, A:面積)；衛星影像光譜變數採用四個頻段光譜值，包括藍、率紅和紅外頻段光譜值，和以這光譜之關函數關係運算出來的參數，包括常態化植生指數(NDVI)和葉綠素 a 指數；計算在同一魚塢中的這些光譜變數的平均數、最高、最低值，當成代表這一魚塢的環境變數，所有環境變數含幾何變數和光譜變數共 21 種變數。

統計方法採用判別分析法(Discriminant Analysis)，變數選擇採用逐步迴歸，事前機率依據組別大小計算，所得結果呈現於表 3-2-2。a 表為 2011 年 11 月資料，變數只有「紅光最小值」入選，(Wilks' Lambda 值=0.999, $x^2=5.521$, $df=1$, $p=0.019$)；b 表為 2012 年 2 月資料，變數只有「NDVI 最小值」入選，(Wilks' Lambda 值=0.999, $x^2=7.089$, $df=1$, $p=0.008$)，均有統計上的顯著差異。

變數「紅光最小值」和「NDVI 最小值」在兩組資料分別獲選，均顯示黑面琵鷺所在魚塢與植被的關係。魚塢邊坡有植被，黑面琵鷺較可能出現，而這些魚塢通常是沒有密集的整理停養，而停養的魚塢也較少人為干擾，有利於黑面琵鷺的覓食。魚塢邊坡有植被的魚塢，可屬於不同魚塢類別的魚塢，或也可以是在動物保護區內。這種以光譜物理性質區分棲地的方式，也往往是以只以魚塢類別來劃分黑面琵鷺棲地時，所不容易歸類的方式，也顯示出引進衛星影像對棲地分析的幫助。

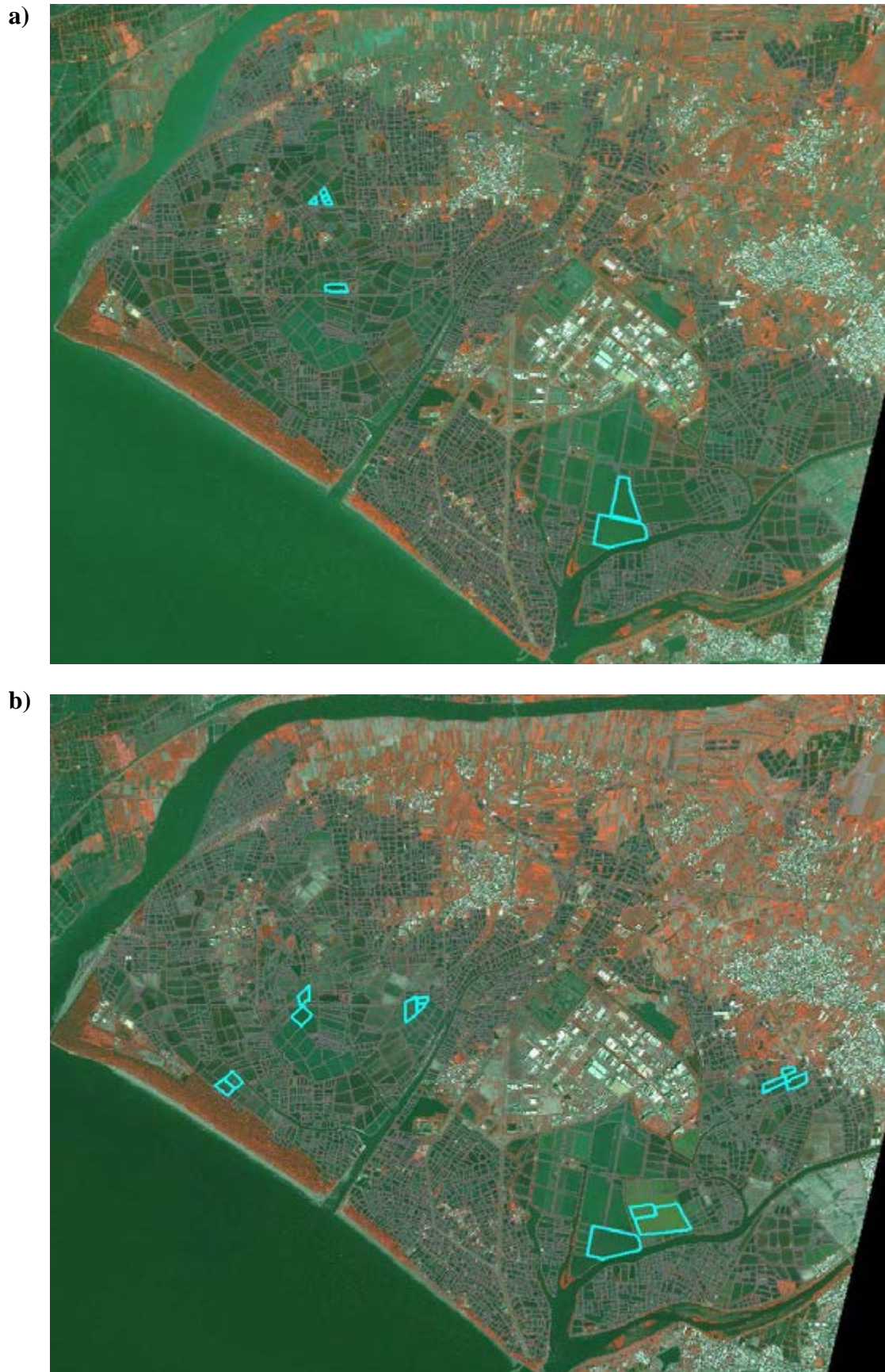


圖 3-2-10、顯示衛星影像與附近日期的黑面琵鷺所在魚塭位置。a) 影像 2011 年 11 月 14 日黑面琵鷺普查為 11 月 10 日；b) 影像 2012 年 2 月 4 日普查日期 2 月 10 日。

表 3-2-2、兩組鳥類與魚塭變數的判別分析法所得結果 a 表為 2011 年 11 月資料，只有變數「紅光最小值」入選；b 表為 2012 年 2 月資料，只有變數「NDVI 最小值」入選。

a)

組別的事前機率

bird11_c	事前	分析中使用的觀察值	
		未加權	加權
0	.999	5693	5693.000
dimension0 1	.001	7	7.000
總和	1.000	5700	5700.000

分類函數係數

	bird11_c	
	0	1
r_min11	2.271	2.154
(常數)	-147.955	-139.759

Fisher's 線性區別函數

b)

組別的事前機率

bird12_c	事前	分析中使用的觀察值	
		未加權	加權
0	.998	5687	5687.000
dimension 1	.002	13	13.000
0 總和	1.000	5700	5700.000

分類函數係數

	bird12_c	
	0	1
ndvi_min12	.211	.252
(常數)	-7.276	-16.451

Fisher's 線性區別函數

第三節 黑面琵鷺休息棲地及覓食區水質與初級生產量調查

本計畫執行至目前共進行 11 次調查，日期分別為 101 年 2 月 7 日、3 月 26 日、4 月 23 日、5 月 28 日、6 月 27 日、7 月 23 日、8 月 21 日、9 月 21 日、10 月 21 日、11 月 24 日，以及 12 月 14 日。完整的工作內容包括 3 個休息棲地 4 個樣點的每月水質監測，7 個覓食魚塭的 2、3 月度冬期調查，17 個周邊水體的一次性調查，13 個養殖魚塭各 3 次水質調查，以及 4 個水質不良水體各 3 次的補充調查。

調查水體之分布如圖 3-3-1 所示，各樣點詳細位置參考表 3-3-1。附圖二顯示各休息棲地及覓食魚塭與周邊水體樣點之相關位置。

壹、水體形態

各水體形狀、面積與水深列於表 3-3-2，其中以黑面琵鷺主棲地、北汕尾水鳥保護區大池仔、頂山棲地等三個黑面琵鷺主要休息棲地，以及四草郭婦產魚塭面積最大，分別為 205.28 公頃、35.53 公頃、27.77 公頃，以及 29.08 公頃。面積最小的水體為府安路兩個魚塭，面積都為 0.20 公頃。

各水體水深都不大，最深 84 公分，最淺僅 9 公分。將水深分為黑面琵鷺利用水體(休息與覓食)與非利用的周邊水體兩組，得其水深分別為 30.7 ± 17.7 cm 與 40.9 ± 21.2 cm，周邊水體平均水深較大，然檢定結果其差異未達顯著水準 ($p=0.168$)。

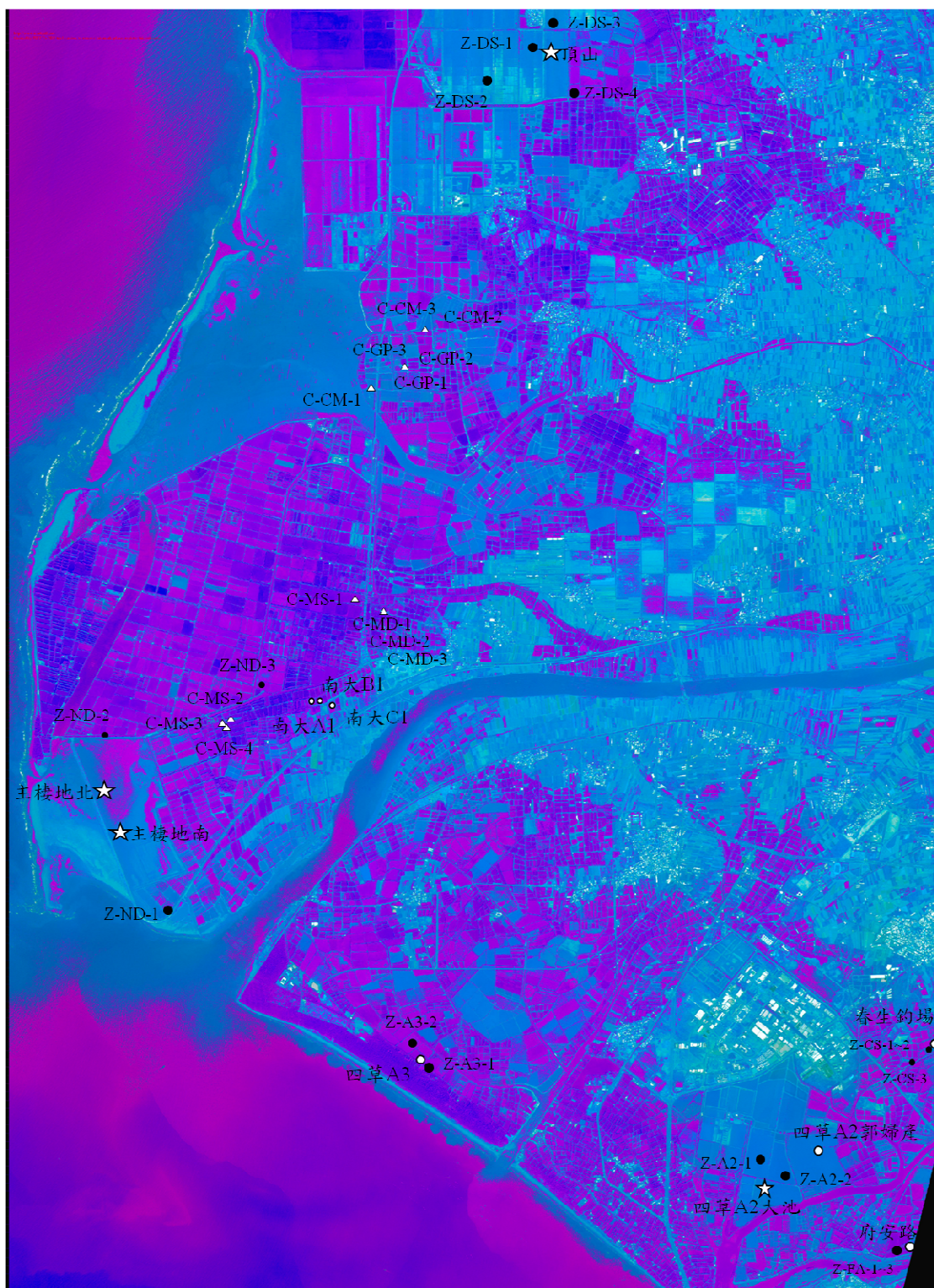


圖 3-3-1、調查水體分布圖 (☆：休息棲地 ○：覓食魚塭 ●：周邊水體 △：水質調查魚塭)

表 3-3-1、樣點名稱、代號與座標

樣點名	代號	位置說明	屬性	座標
頂山	H-DS	頂山(東)	休息棲地	23° 10' 37.10" 120° 06' 47.00"
四草 A2 大池	H-A2	A2 區大池	休息棲地	23° 01' 02.14" 120° 08' 54.04"
主棲地北	H-MN	主棲地北	休息棲地	23° 04' 23.30" 120° 02' 39.40"
主棲地南	H-MS	主棲地南	休息棲地	23° 03' 54.10" 120° 02' 51.80"
府安路	F-FA	府安路七段 160	覓食魚塭	23° 00' 28.50" 120° 10' 07.20"
春生北	F-CS	海環高幹 38-55(北)北池	覓食魚塭	23° 02' 14.40" 120° 10' 26.00"
春生南	F-CS1	海環高幹 38-55(北)南池	覓食魚塭	23° 02' 14.16" 120° 10' 28.53"
四草 A3	F-A3	城西里七號橋(南)	覓食魚塭	23° 02' 03.28" 120° 05' 45.36"
南大 C1	F-ND-C	南大貨櫃屋(南 1)	覓食魚塭	23° 05' 00.70" 120° 04' 50.40"
南大 B1	F-ND-B	南大貨櫃屋(北 2)	覓食魚塭	23° 05' 02.40" 120° 04' 47.80"
南大 A1	F-ND-A	南大貨櫃屋(北 1)	覓食魚塭	23° 05' 01.10" 120° 04' 43.00"
四草郭婦產	F-SK	郭婦產	覓食魚塭	23° 01' 17.90" 120° 09' 16.20"
四草 A2 西北池	Z-A2-1	A2 區大池周邊	周邊水體	23° 01' 09.97" 120° 08' 51.13"
四草 A2 東北池	Z-A2-2	A2 區大池周邊	周邊水體	23° 01' 01.20" 120° 09' 01.80"
四草 A3 東魚塭	Z-A3-1	城西里七號橋(南)周邊	周邊水體	23° 02' 02.35" 120° 05' 46.35"
四草 A3 西西魚塭	Z-A3-2	城西里七號橋(南)周邊	周邊水體	23° 02' 08.90" 120° 05' 39.60"
春生西北魚塭	Z-CS-1	海環高幹 38-55(北)周邊	周邊水體	23° 02' 12.50" 120° 10' 22.00"
春生西南魚塭	Z-CS-2	海環高幹 38-55(北)周邊	周邊水體	23° 02' 10.30" 120° 10' 24.90"
春生南西西魚塭	Z-CS-3	海環高幹 38-55(北)周邊	周邊水體	23° 02' 04.10" 120° 10' 13.10"
頂山西池	Z-DS-1	頂山(東)周邊	周邊水體	23° 10' 29.84" 120° 06' 44.86"
頂山西西池	Z-DS-2	頂山(東)周邊	周邊水體	23° 10' 13.90" 120° 06' 13.10"
頂山北池	Z-DS-3	頂山(東)周邊	周邊水體	23° 10' 46.10" 120° 06' 47.10"
頂山東魚塭	Z-DS-4	頂山(東)周邊	周邊水體	23° 10' 09.45" 120° 07' 00.83"
府安西魚塭	Z-FA-1	府安路七段 160 周邊	周邊水體	23° 00' 27.74" 120° 10' 05.11"
府安東南魚塭	Z-FA-2	府安路七段 160 周邊	周邊水體	23° 00' 26.00" 120° 10' 07.50"
府安西南魚塭	Z-FA-3	府安路七段 160 周邊	周邊水體	23° 00' 26.00" 120° 10' 05.00"

續表 3-3-1

樣點名	代號	位置說明	屬性	座標
南大西魚塭	Z-ND-1	南大貨櫃屋周邊	周邊水體	23° 03' 15.10" 120° 03' 22.90"
南大西北魚塭	Z-ND-2	南大貨櫃屋周邊	周邊水體	23° 04' 45.85" 120° 02' 49.20"
南大北魚塭	Z-ND-3	南大貨櫃屋周邊	周邊水體	23° 05' 08.30" 120° 04' 18.00"
石斑 1	C-GP-1	七股外國安	養殖魚塭	23° 07' 52.30" 120° 05' 21.37"
石斑 2	C-GP-2	七股外國安	養殖魚塭	23° 07' 54.52" 120° 05' 22.46"
石斑 3	C-GP-3	七股外國安	養殖魚塭	23° 07' 54.52" 120° 05' 19.00"
文蛤 1	C-CM-1	七股外國安	養殖魚塭	23° 07' 39.60" 120° 05' 14.86"
文蛤 2	C-CM-2	七股外國安	養殖魚塭	23° 08' 09.27" 120° 05' 44.84"
文蛤 3	C-CM-3	七股外國安	養殖魚塭	23° 08' 08.30" 120° 05' 41.21"
深水虱目魚 1	C-MD-1	七股十分村攬人民宿旁	養殖魚塭	23° 05' 51.32" 120° 05' 19.85"
深水虱目魚 2	C-MD-2	七股十分村攬人民宿旁	養殖魚塭	23° 05' 50.88" 120° 05' 19.04"
深水虱目魚 3	C-MD-3	七股十分村攬人民宿旁	養殖魚塭	23° 05' 08.30" 120° 05' 19.77"
淺坪虱目魚 1	C-MS-1	七股十分村快速道路旁	養殖魚塭	23° 05' 53.39" 120° 05' 07.31"
淺坪虱目魚 2	C-MS-2	東魚塭區	養殖魚塭	23° 04' 53.66" 120° 03' 54.43"
淺坪虱目魚 3	C-MS-3	東魚塭區	養殖魚塭	23° 04' 52.39" 120° 03' 53.24"
淺坪虱目魚 4	C-MS-4	東魚塭區	養殖魚塭	23° 04' 49.15" 120° 03' 54.47"

表 3-3-2、各調查水體形態

水體	形狀	縱向長 (m)	橫向長 (m)	周長 (m)	面積 (m ²)	水深 (cm)	蓄水狀況
府安路	矩形	50.7	44.6	201	2261	43	滿
春生南	矩形	130	321	880	41730	50	未滿
春生北	矩形	100	358	908	35800	59	未滿
四草 A3	矩形	118	93	440	10974	17	感潮
南大 C1	梯形	51	87	287	4437	53	未滿
南大 B1	矩形	90	50	250	4500	11	未滿
南大 A1	矩形	98	48	258	4704	13	未滿
頂山	矩形	1015	350	2700	355250	9	感潮
主樓北	矩形	1176	1000	4483	1176000	31	感潮
主樓南	矩形	1059	828	3805	876852	19	感潮
四草 A2 大池	矩形	438	634	2091	277692	24	感潮
四草郭婦產	L 形	558	700	2482	290800	39	感潮
Z-A2-1	矩形	657	367	2020	241119	60	感潮
Z-A2-2	梯形	278.5	589	1771	164037	84	感潮
Z-A3-1	矩形	200	206	756	41200	76	感潮
Z-A3-2	矩形	224	134	715	30016	14	感潮
Z-CS-1	矩形	100	358	908	35800	23	未滿
Z-CS-2	梯形	104	203	669	23920	43	未滿
Z-CS-3	梯形	95	103	395	9785	35	未滿
Z-DS-1	矩形	1100	350	2770	385000	51	感潮
Z-DS-2	矩形	836	223	2078	186428	21	感潮
Z-DS-3	矩形	705	361	2093	254505	55	感潮
Z-DS-4	矩形	190	138	645	26220	53	滿
Z-FA-1	矩形	43.4	57.9	195	2513	12	滿
Z-FA-2	矩形	44	46	174.2	2024	12	滿
Z-FA-3	矩形	43	46	170	1978	40	滿
Z-ND-1	矩形	126	113	467	14238	41	未滿
Z-ND-2	矩形	125	112	448	14000	46	未滿
Z-ND-3	矩形	110	193	612	21230	30	未滿
C-GP-1	矩形	60	48	226	2880	126	滿
C-GP-2	矩形	30	38	131	1140	160	滿
C-GP-3	矩形	57	50	214	2850	135	滿

續表 3-3-2

水體	形狀	縱向長 (m)	橫向長 (m)	周長 (m)	面積 (m ²)	水深 (cm)	蓄水狀況
C-CM-1	矩形	45	110	320	4950	41	滿
C-CM-2	梯形	116	77	335	7392	43	滿
C-CM-3	矩形	58	150	479	8700	42	滿
C-MD-1	矩形	25	85	228	2125	110	滿
C-MD-2	矩形	49	39	167	1911	105	滿
C-MD-3	矩形	41	84	266	3444	118	滿
C-MS-1	矩形	161	158	643	25438	30	滿
C-MS-2	矩形	48	247	597	11856	95	滿
C-MS-3	矩形	104	71	348	7384	90	滿
C-MS-4	矩形	64	71	281	4544	102	滿

貳、水質

各樣點各月份水質數據如附表二，各水體水質狀況說明如下：

一、休息棲地水質

(一)、 水溫

各休息棲地全年平均水溫以主棲地南的 $30.2\pm 4.0^{\circ}\text{C}$ 最高，四草 A2 大池仔的 $27.5\pm 3.7^{\circ}\text{C}$ 最低。頂山東池水溫 $29.2\pm 4.9^{\circ}\text{C}$ ，由於水深淺，其水溫之季節性差異較為顯著。

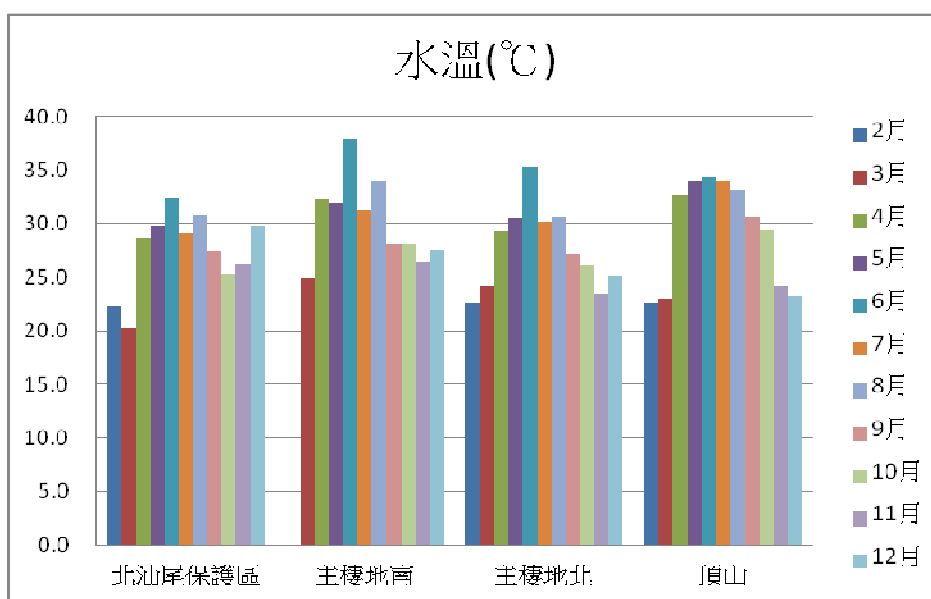


圖 3-3-2、休息棲地水溫

(二)、 鹽度

休息棲地平均鹽度在 22.9 與 33.6 ppt 之間，各棲地顯現明顯的季節性變化，其中頂山東池因為水淺且蓄水循環不良，鹽度變化最為顯著，3 月乾季達 64.8 ppt，6 月雨季則僅 7.8 ppt。主棲地北受海水交換影響，其鹽度最為穩定。

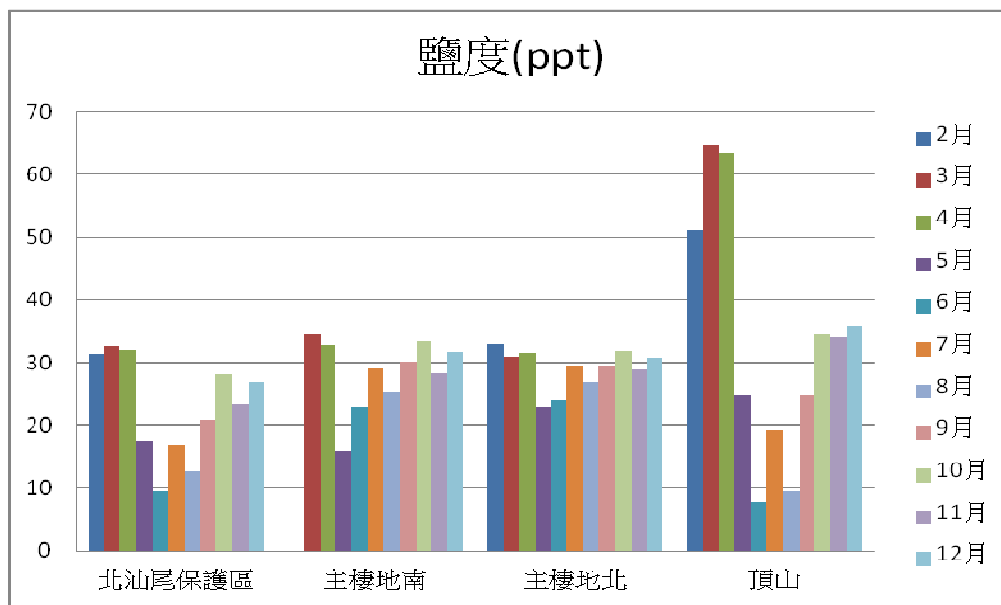


圖 3-3-3、休息棲地鹽度

(三)、 濁度

濁度可由浮游植物或浮游植物以外之有機或無機懸浮物造成。三個休息棲地濁度年平均值在 15.5 與 44.7 NTU 之間，其中北汕尾保護區棲地浮游植物密度最高，濁度也最高，頂山鹽田棲地次之。主棲地南樣點水淺，無機性懸浮物含量高，其濁度雖高於主棲地北，但浮游植物生物量較低。

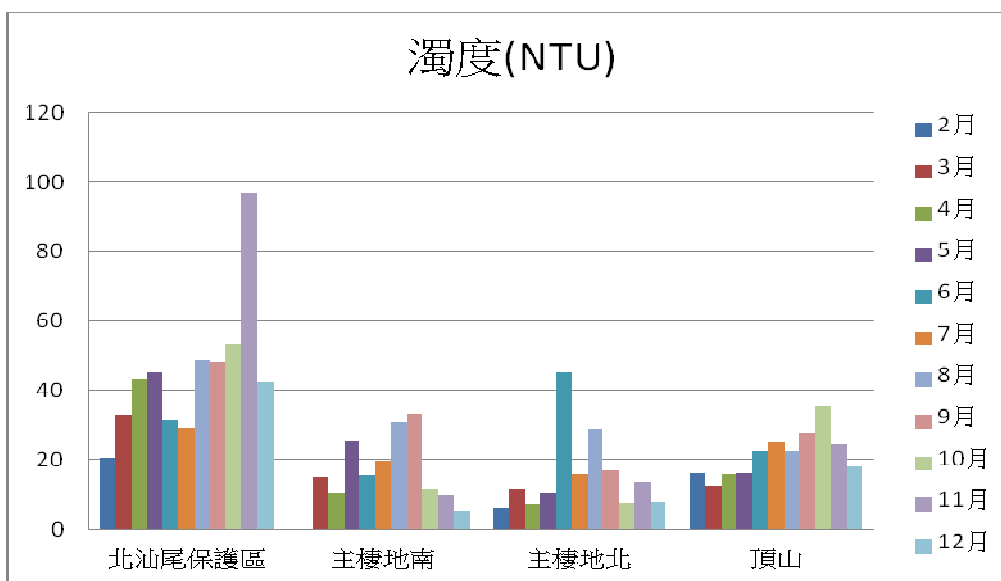


圖 3-3-4、休息棲地濁度

(四)、 pH

各休息棲地受到海水影響，pH 偏鹼性，其中浮游植物密高的水體因藻類光合作用大量消耗水中溶解碳酸鹽，而有較高的 pH。北汕尾水鳥保護區大池仔葉綠素濃度高於其他兩個休息棲地，其 pH 值也最高，全年平均為 8.6 ± 0.2 。

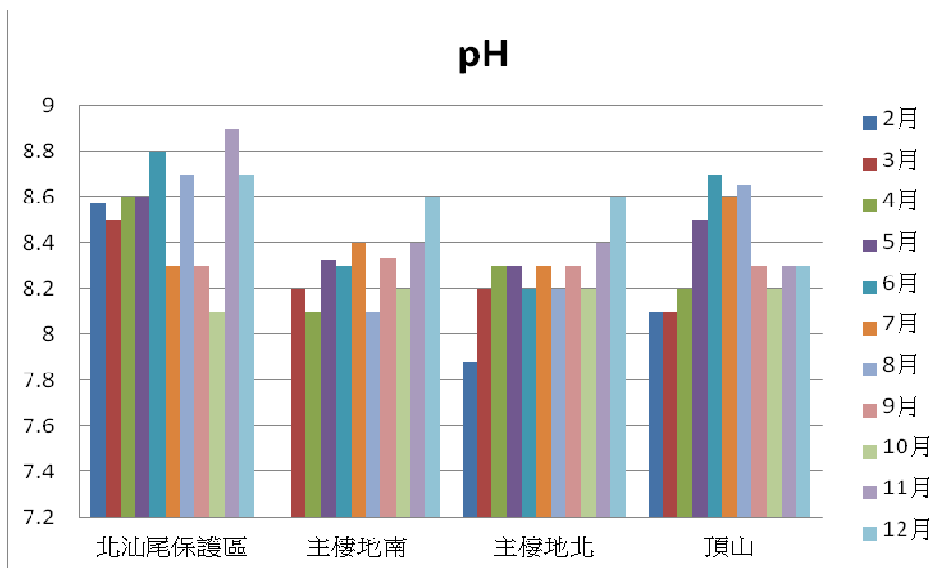


圖 3-3-5、休息棲地 pH

(五)、 溶氧

優養水體受到旺盛的藻類新陳代謝影響，溶氧顯現劇烈的日夜變化。各調查水體溶氧全年平均在 5.5 - 6.2 mg/L 之間，藻類密度最高的北汕尾保護區溶氧變化幅度亦最大，9 月份測得溶氧僅 2.1 mg/L，夜間溶氧應更低，對溶氧需求高的水生動物造成壓力。

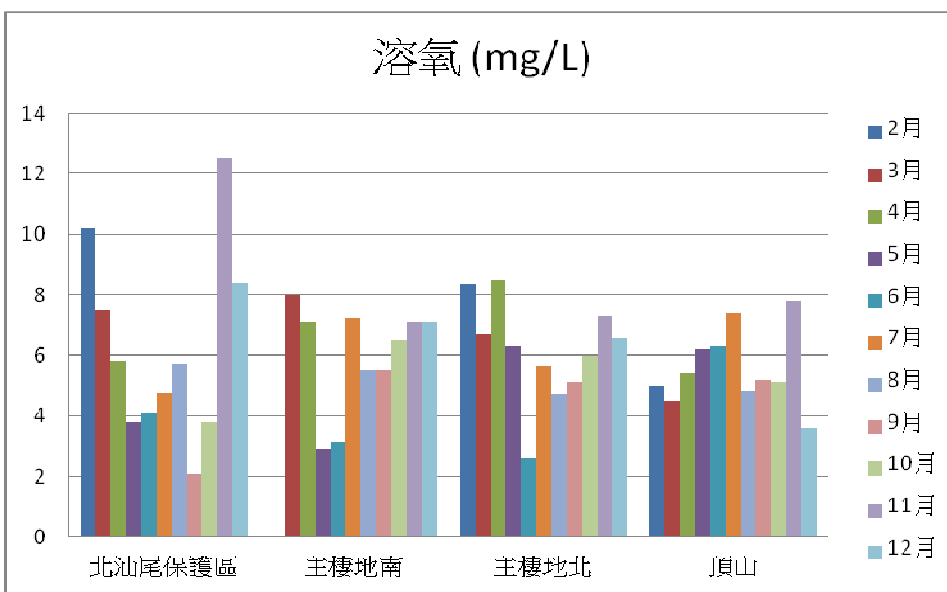


圖 3-3-6、休息棲地溶氧

(六)、 氨氮

水中氨氮濃度受到有機物水解、硝化，以及浮游植物吸收利用等複雜因素影響。本計畫調查期間，休息棲地氨氮平均濃度在 0.19 與 0.23 mg/L 之間，然各月份濃度差異非常大，10、11、12 三個月氨氮濃度遠高於其他月份，其中 12 月各樣點氨氮濃度皆高於 0.5 mg/L。氨氮含量為水體生態健全的重要指標，非游離態氨對於水生動物有強烈毒性，在 30°C 的水溫下，氨氮總濃度(游離與非游離態)對於敏感性魚類的 4 小時慢性致死濃度為 0.20 mg/L (US EPA, 1985)。鯉科魚類對於非游離態氨的最大耐受度為 0.05 mg/L，半致死濃度為 1.0-1.5 mg/L(農委會，2012)。在本計畫調查休息棲地典型水溫(30°C)與 pH(8.3)條件下，根據 **Thurston (1979)**，非游離氨佔總氨的比例為 13%，則氨氮大於約 0.3 mg/L 時將對鯉科魚類的生存造成負面影響，半致死濃度則在 6.3 與 9.5 mg/L 之間。據此研判，11、12 月各休息棲地都有非游離氨對於魚類生長造成壓力的情況。

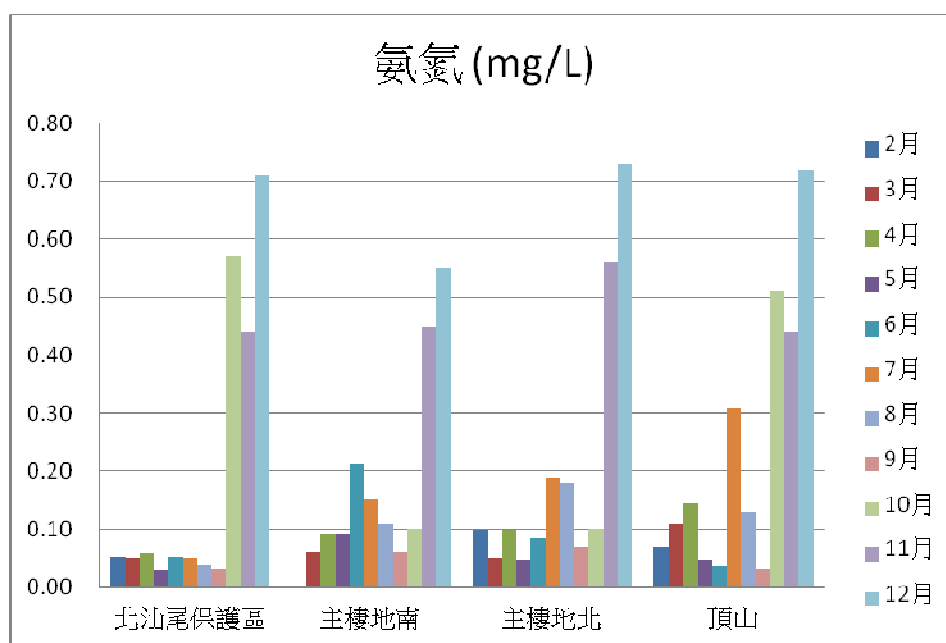


圖 3-3-7、休息棲地氨氮

(七)、 營養鹽

1. 總磷

水體總磷含量在 0.02 mg/L 即可造成顯著的藻類生長。本計畫調查各休息棲地全年平均以北汕尾保護區的 0.98 ± 0.70 mg/L 含量最高，主棲地(南、北兩測點平均)的 0.19 ± 0.23 mg/L 最低，皆遠高於優養化的臨界濃度。各休息棲地 10 月份總磷濃度遠高於其他月份。

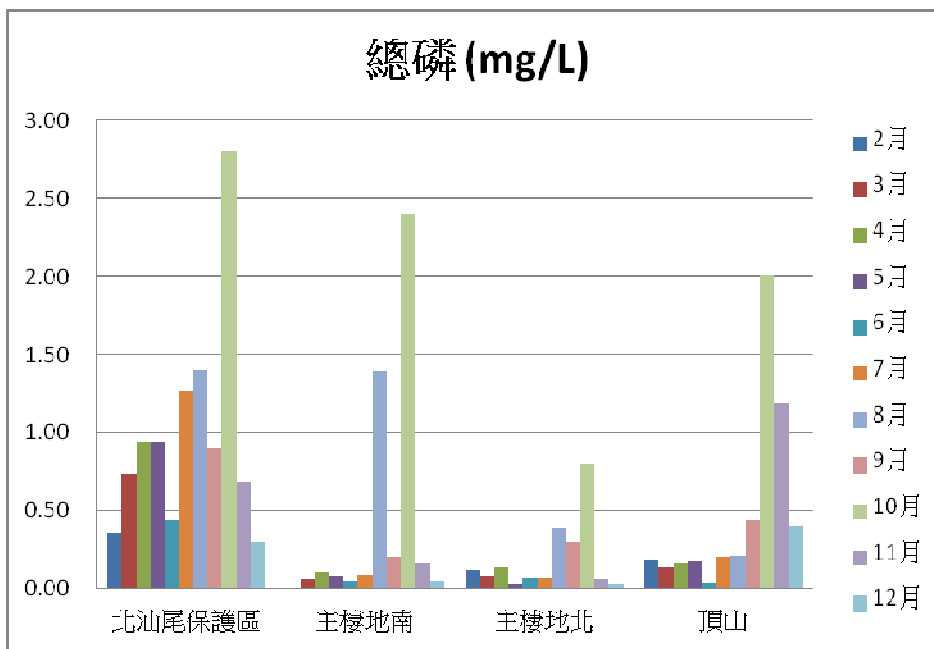


圖 3-3-8、休息棲地總磷

2. 總氮

水體總氮含量在 0.20mg/L 以上可造成顯著的藻類生長。本計畫調查期間各休息棲地總氮平均濃度在 0.85 - 1.31 mg/L 之間，其中以北汕尾保護區大池仔總氮含量最高，主棲地北最低，各棲地 10、11 月總氮含量遠高於其他月份。

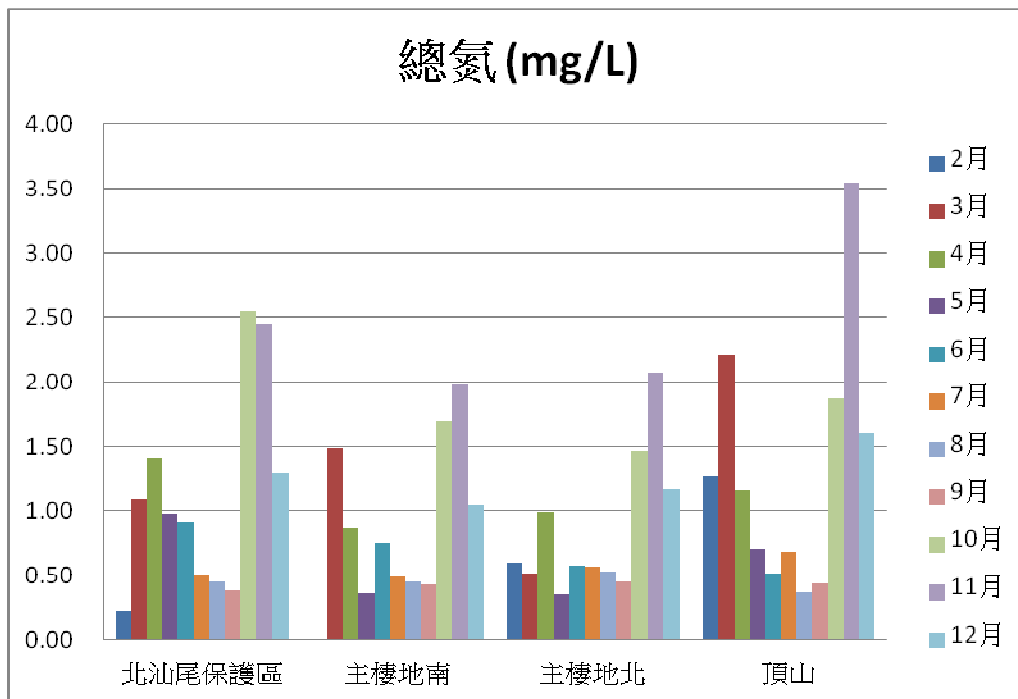


圖 3-3-9、休息棲地總氮

3. 矽酸鹽

矽為矽藻主要營養鹽之一，氮、磷含量豐富的鹹水水域常因矽酸鹽缺乏而對矽藻生長造成限制(Egge and Aksnes, 1992)。海域 0.12 mg/L (2 μ M) 以上的矽酸鹽含量可造導致矽藻的顯著繁殖。本計畫調查期間各主要黑面琵鷺休息棲地矽酸鹽平均含量在 1.15 與 3.10 mg/L 之間，遠高於上述值。水體矽酸鹽主要來自集水範圍之土壤風化並透過雨水逕流輸入，因此以海水為主的主棲地南、北樣點矽酸鹽含量低於北汕尾保護區以及頂山棲地。

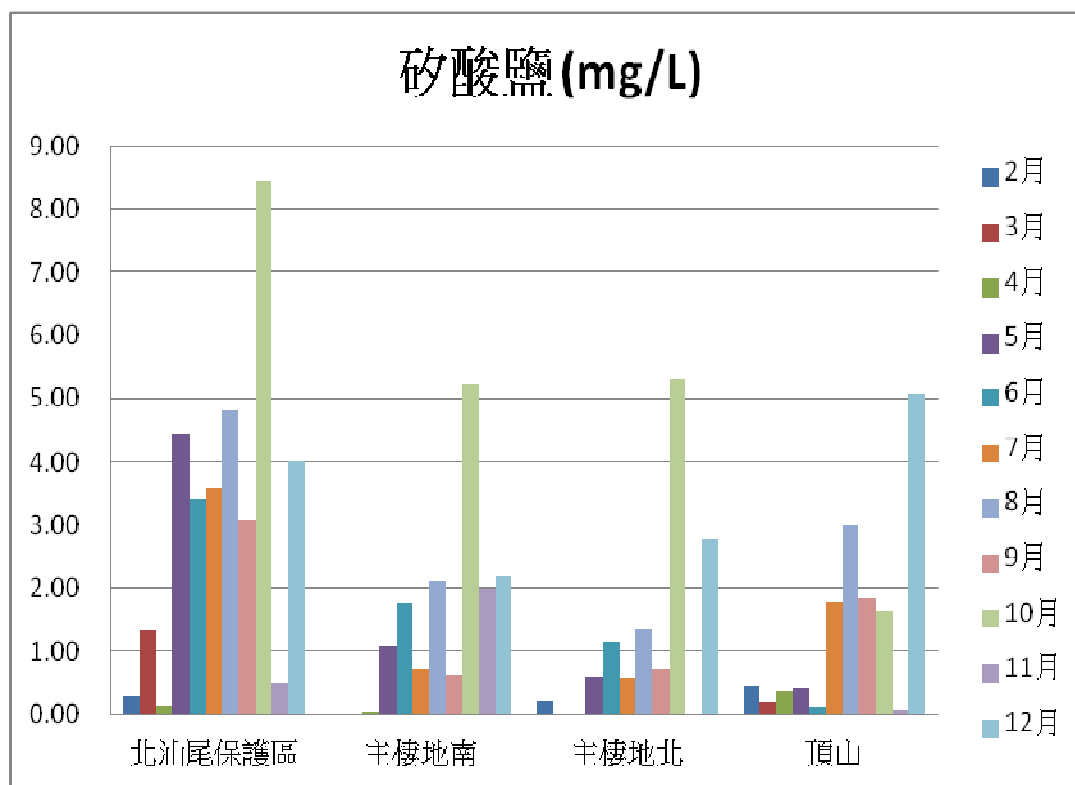


圖 3-3-10、休息棲地矽酸鹽

二、覓食魚塭水質

覓食魚塭水質於黑面琵鷺度冬期 2 月及 3 月各調查一次，調查地點為府安路魚塭、春生釣場北邊魚塭、四草郭婦產魚塭、四草濕地 A3 區魚塭、以及南大西校區魚塭 A1、B1、C1 等，共 7 個水體。

(一)、水溫

各覓食魚塭 2 月份水溫在 20.5 - 23.1°C 之間，3 月份日照較強，水溫普遍升高，在 19.6 - 31.8°C 之間，其中南大 A1 與南大 B1 兩魚塭水淺接近乾枯，經陽光曝曬，其水溫都超過 31°C。

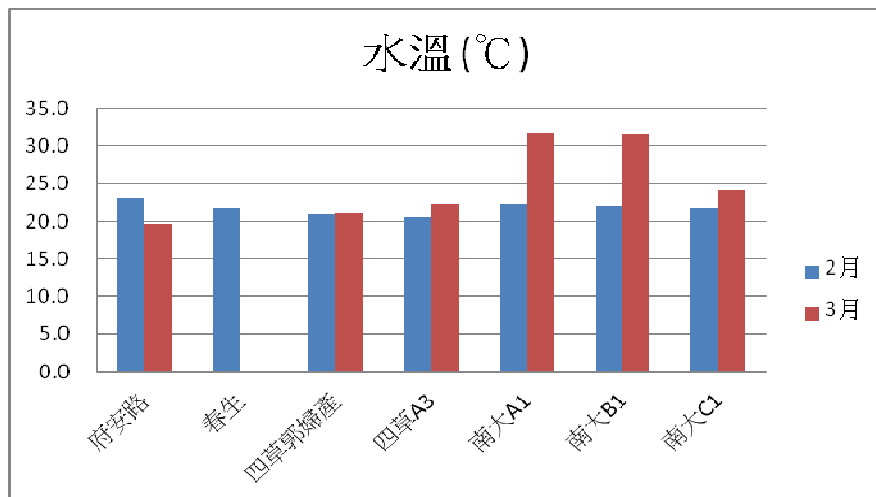


圖 3-3-11、覓食魚塭水溫

(二)、鹽度

調查之覓食魚塭鹽度在 9.6 - 41.3 ppt 之間。各水體鹽度主要來自海水，府安路魚塭與春生釣場北邊魚塭未利用潮溝引水，為半鹹水魚塭。四草濕地 A3 區魚塭鄰近鹹水潮溝，因而有較高鹽度。3 月份由於日照充足且水溫高，各魚塭表面蒸發顯著，因此各水體鹽度都高於 2 月。

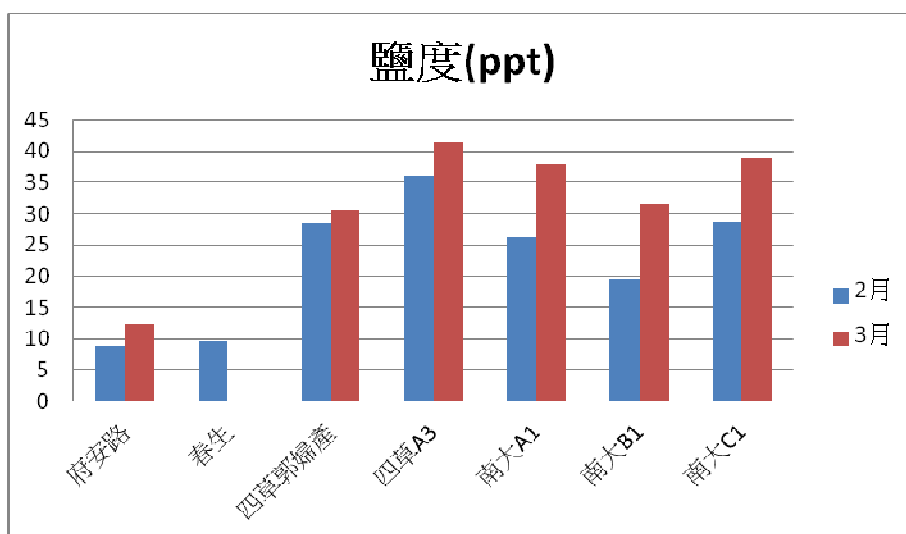


圖 3-3-12、覓食魚塭鹽度

(三)、pH

優養水體 pH 受到藻類光合作用顯著影響，3 月浮游藻密度最高的四草郭婦產魚塭 pH 8.7 也最高。3 月份日照高於 2 月份，各水體 pH 值也都高於 2 月。

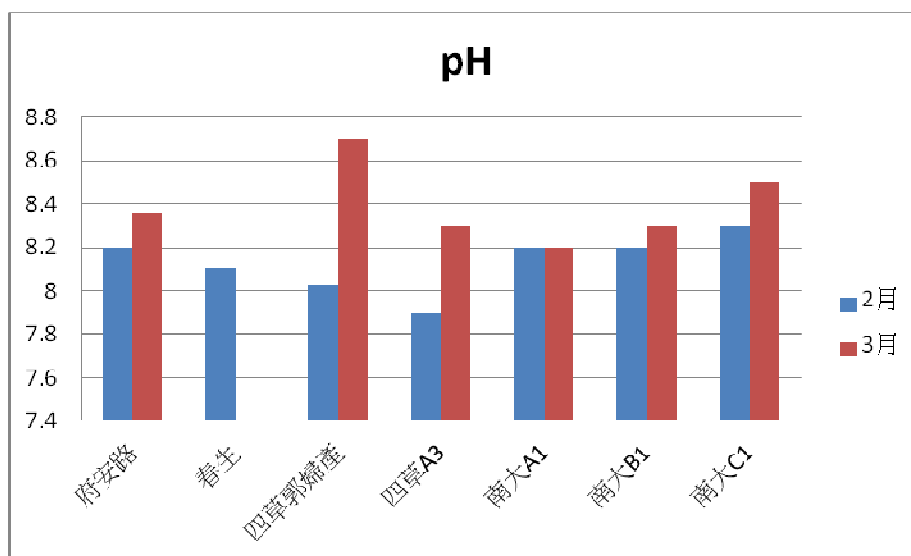


圖 3-3-13、覓食魚塭 pH

(四)、濁度

各覓食魚塭濁度都與葉綠素濃度趨勢一致，顯示區域內魚塭濁度主要為浮游植物所構成。南大西校區 C1 魚塭由於無機性懸浮物含量高，而有較高的濁度。

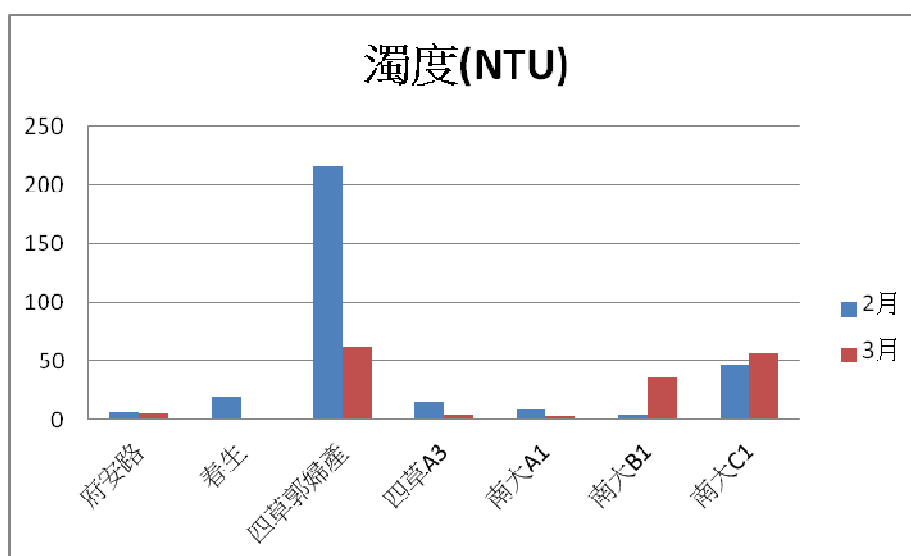


圖 3-3-14、覓食魚塭濁度

(五)、溶氧

各覓食魚塭溶氧主要受到浮游植物光合作用影響，許多魚塭日間溶氧超飽和。四草郭婦產魚塭 2 月於日間調查時溶氧僅 2.8 mg/L，夜間溶氧可能更低，不利於魚類的生長與繁殖。

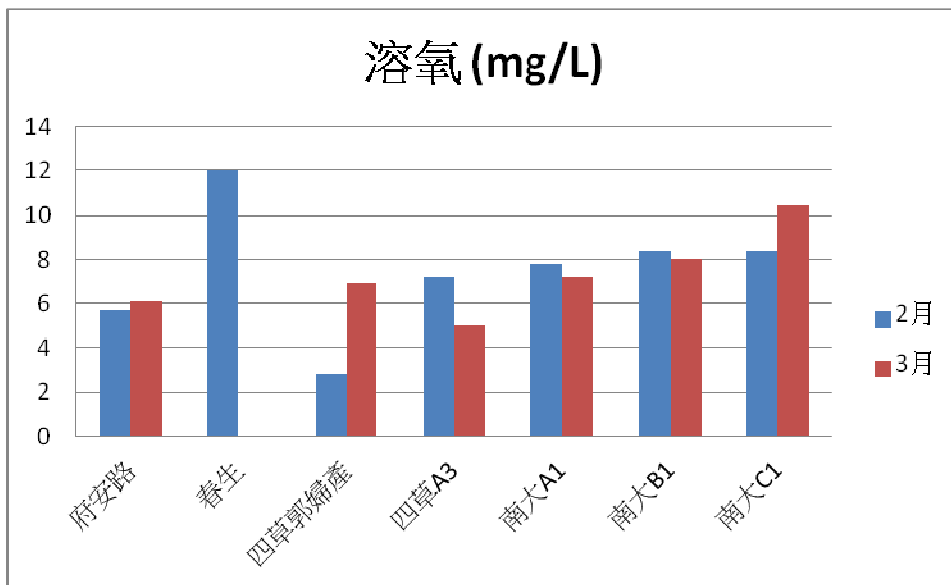


圖 3-3-15、覓食魚塭溶氧

(六)、氨氮

調查的 7 個覓食魚塭除四草郭婦產魚塭之外，各魚塭氨氮濃度皆不高，主要為水體硝化反應以及浮游藻吸收利用顯著所致。郭婦產魚塭 2、3 月氨氮濃度超過鯉科魚類的最大耐受度。

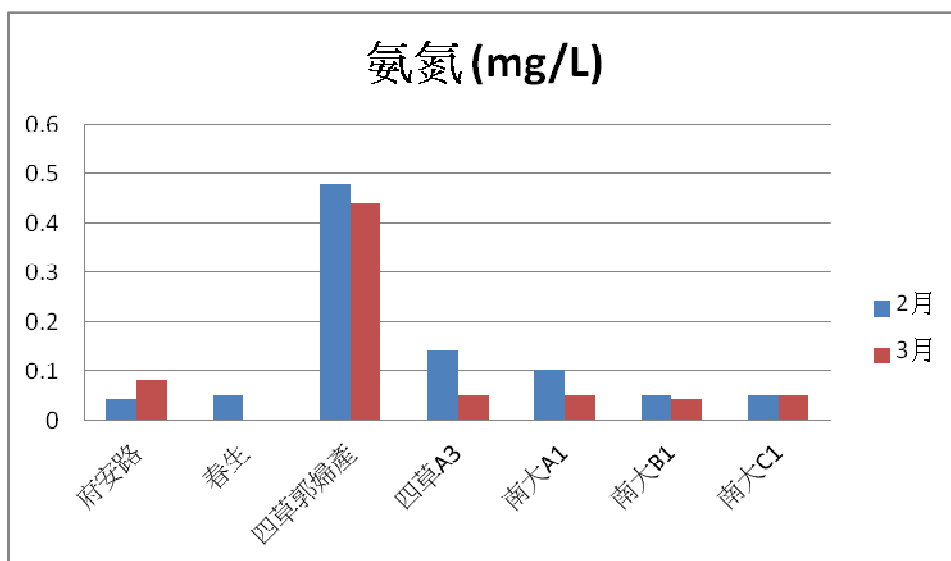


圖 3-3-16、覓食魚塭氨氮

(七)、總磷

覓食魚塭總磷與葉綠素濃度呈現相當一致的趨勢，顯示磷可能為這一帶魚塭浮游植物生長的限制營養鹽。郭婦產魚塭浮游植物密度最高，其2、3兩月總磷濃分別為 1.53 與 1.19mg/L，而南大 A1 魚塭為相對低營養狀態水體，3 月份調查之總磷濃度僅 0.05 mg/L。

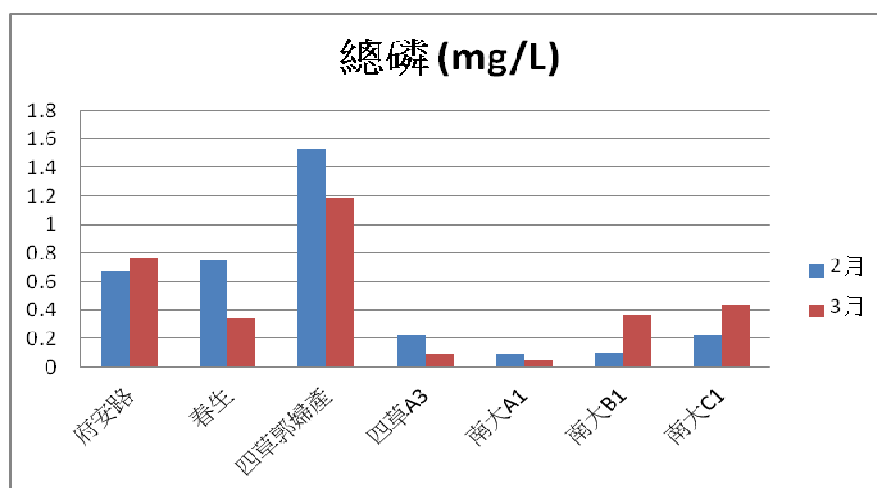


圖 3-3-17、覓食魚塭總磷

(八)、總氮

氮主要來自陸源物質，海域水體極度缺氮。本計畫調查 7 個覓食魚塭之中，府安路魚塭、春生釣場北邊魚塭、四草郭婦產魚塭等與淡水交換較為顯著水體，其總氮濃度較高，四草濕地 A3 區魚塭以及南大西校區各魚塭陸源物質少，其總氮濃度低。

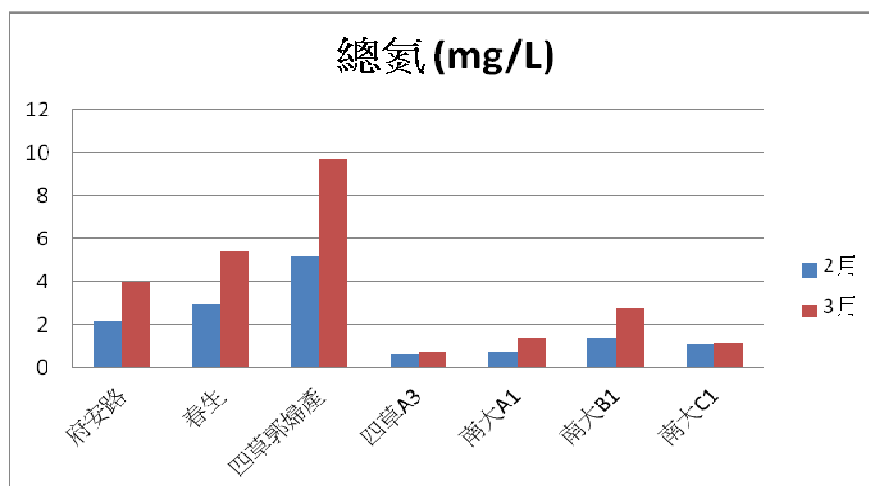


圖 3-3-18、覓食魚塭總氮

(九)、矽酸鹽

各覓食魚塭矽酸鹽含量差異非常顯著，其中春生釣場北邊魚塭 2、3 兩月，以及 2 月的南大 C1 魚塭，矽酸鹽含量都在檢測極限以下。由於矽酸鹽主要來自風化土壤，調查結果顯示，3 月份降雨導致各水體矽酸鹽濃度普遍較高，其中府安路魚塭 3 月份矽酸鹽濃度高達 4.12 mg/L，約為 2 月份的 4 倍。

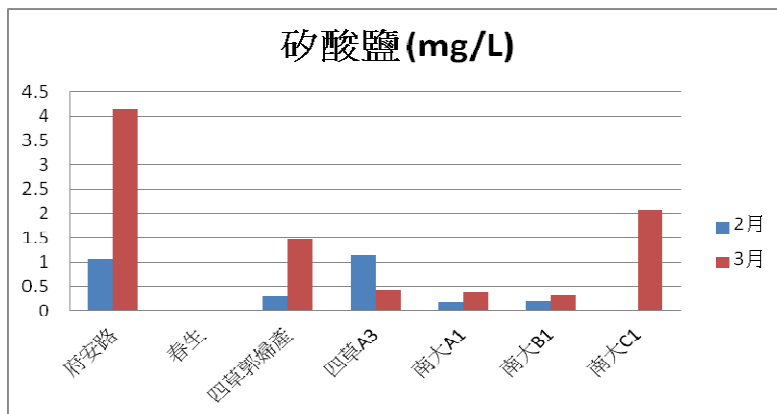


圖 3-3-19、覓食魚塭矽酸鹽

三、周邊水體水質

周邊水體指位於黑面琵鷺休息棲地或覓食魚塭周邊，但不為黑面琵鷺利用的水體。本計畫針對各覓食魚塭與休息棲地選定 3 至 4 個周邊水體進行調查，總共調查 17 個水體，調查於 2 至 5 月間進行。

(一)、水溫

各水體水溫隨季節變動，調查期間之最低溫為春生釣場附近魚塭 2 月的 20.8°C，最高為頂山鹽田北池 4 月的 38.5°C。

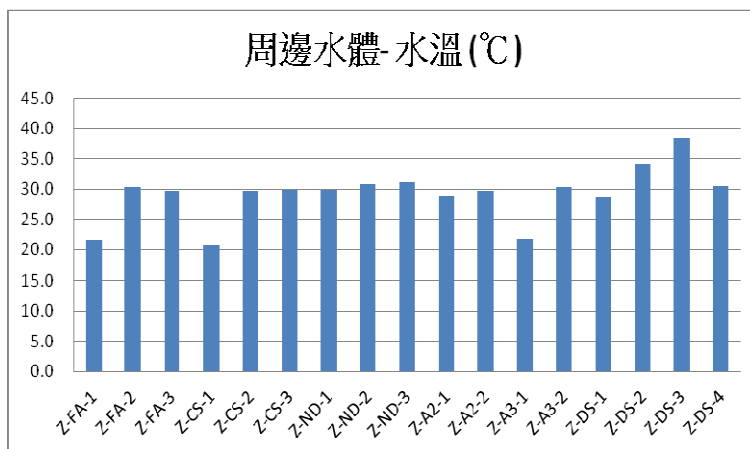


圖 3-3-20、周邊水體水溫

(二)、鹽度

受到降雨影響,5月份府安路(Z-FA)各魚塭以及春生釣場北邊各魚塭(Z-CS)之鹽度分別僅 0.7 - 0.8 ppt 與 3.5 ppt。頂山鹽田區各池鹽度於 3、4 月雨季來臨前鹽度達到最高,北池(Z-DS-3)4 月份調查時達 98.0 ppt,西池(Z-DS-1) 3 月鹽度最高,為 70.0 ppt。北汕尾保護區大池仔北邊鹽灘(Z-A2-1, Z-A2-2)鹽度也相當高,2 月份調查時分別為 64.2 及 57.4 ppt。

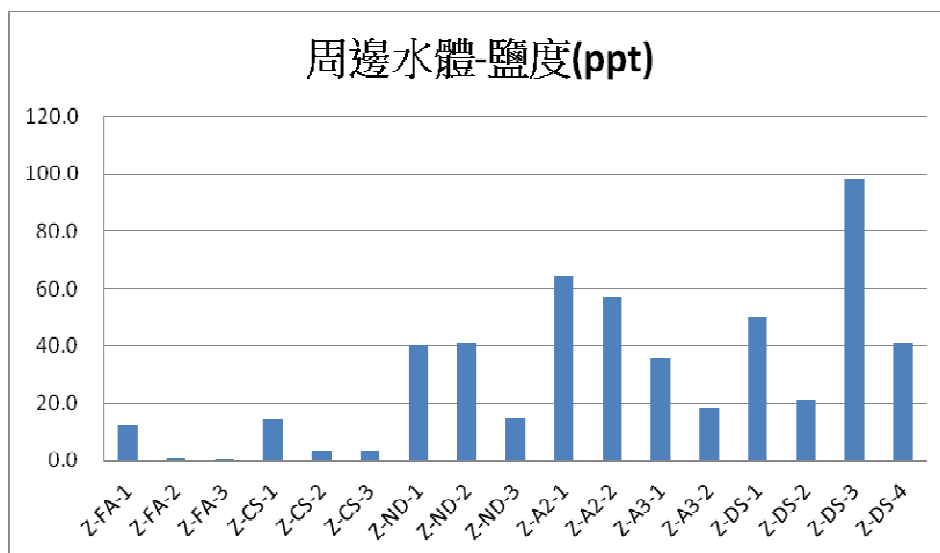


圖 3-3-21、周邊水體鹽度

(三)、pH

各周邊水體 pH 大多在 7.5 與 8.5 之間,頂山鹽田區東邊棄養魚塭(Z-DS-4) 4 月份調查時 pH 高達 9.0。

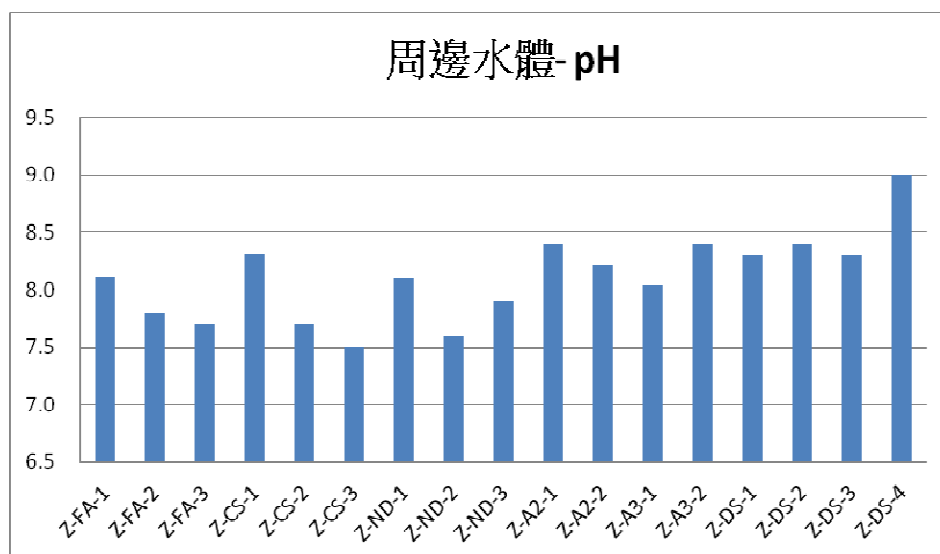


圖 3-3-22、周邊水體 pH

(四)、濁度

各水體濁度差異顯著，範圍在 3.8 與 35.4 NTU 之間，其中濁度較高的魚塭為春生釣場北邊魚塭西池(Z-CS-1)、北汕尾保護區大池仔北邊兩鹽灘(Z-A2-1、Z-A2-2)，以及頂山鹽田區最西池(Z-DS-2)。

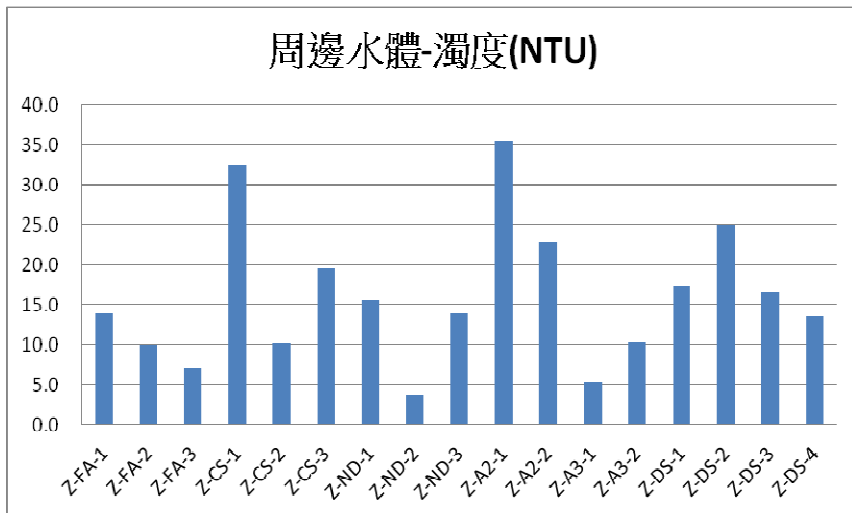


圖 3-3-23、周邊水體濁度

(五)、溶氧

調查期間周邊水體溶氧在 2.1 至 8.9 mg/L 之間，部分水體溶氧較低，可能影響敏感魚類的生存，如府安路魚塭(Z-FA-2、Z-FA-3)、春生釣場北邊魚塭(Z-CS-2、Z-CS-3)，以及北汕尾水鳥保護區大池仔北邊鹽灘(Z-A2-2)。

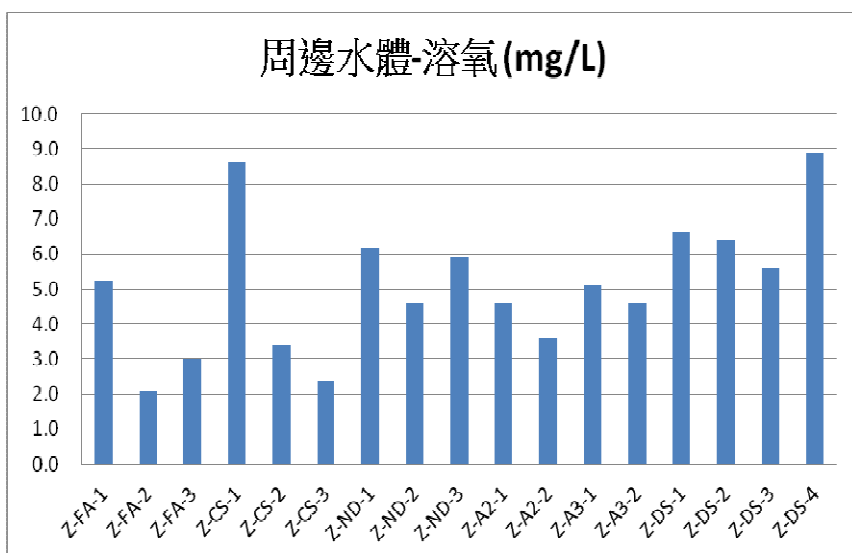


圖 3-3-24、周邊水體溶氧

(六)、氨氮

多水體在氨氮在 0.1 mg/L 以下，少數魚塭濃度高於鯉科魚類最大耐受度，包括南大西北方魚塭(Z-ND-2)、北汕尾水鳥保護區大池子北面東池(Z-A2-2)、頂山鹽田區北池(Z-DS-3)，以及頂山鹽田區東側魚塭(Z-DS-4)。

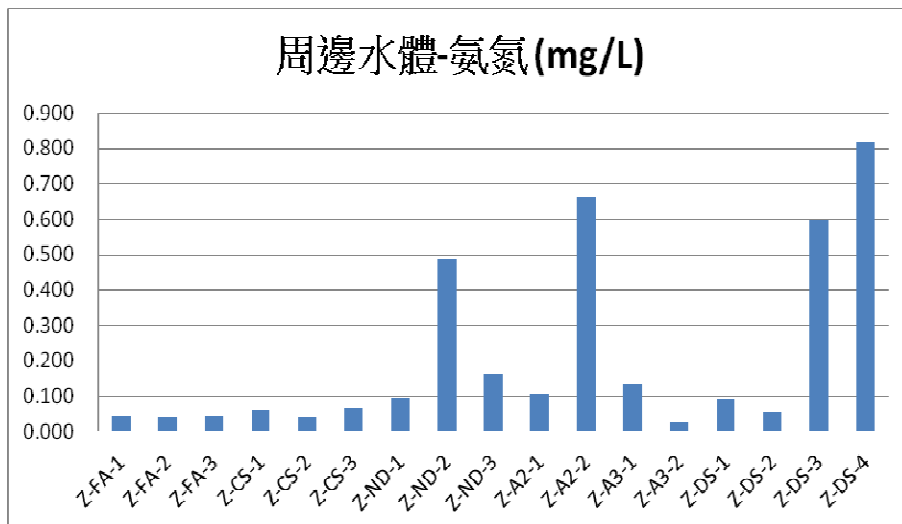


圖 3-3-25、周邊水體氨氮

(七)、總磷

調查水體總磷濃度在 0.04 與 0.75 mg/L 之間，水體之間差異顯著，其中春生釣場北邊各魚塭(Z-CS)總磷濃度較高，都在 0.46 mg/L 以上，四草 A3 保護區周邊魚塭(Z-A3)較低，在 0.04 與 0.09 mg/L 之間。

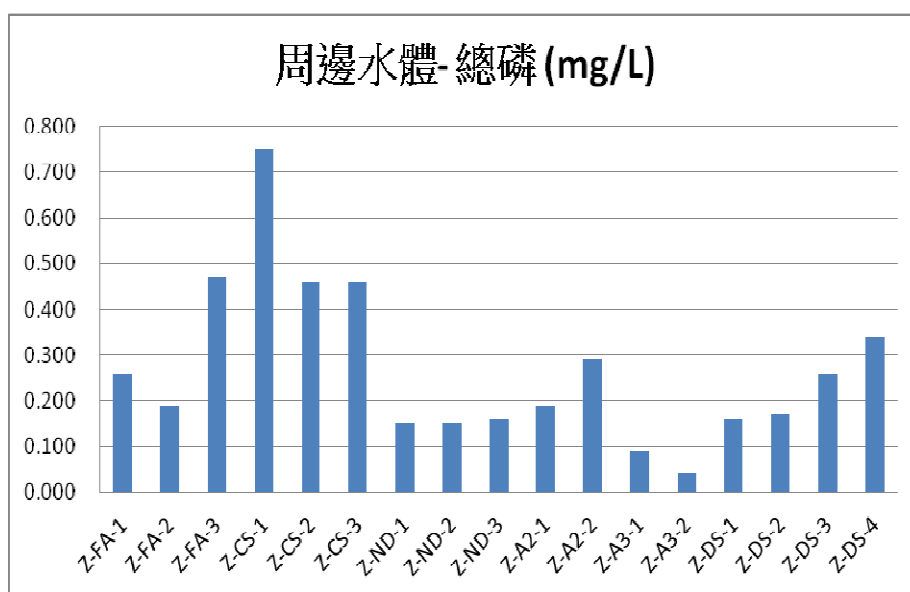


圖 3-3-26、周邊水體總磷

(八)、總氮

周邊水體總氮濃度在 0.04 mg/L 與 3.23 mg/L 之間，其濃度顯著受到降雨影響，5 月降雨之後測定的各水體(Z-FA-2、Z-FA-3、Z-CS-2、Z-CS-3、Z-ND-3、Z-A3-2、Z-DS-2)其總氮濃度皆較低。

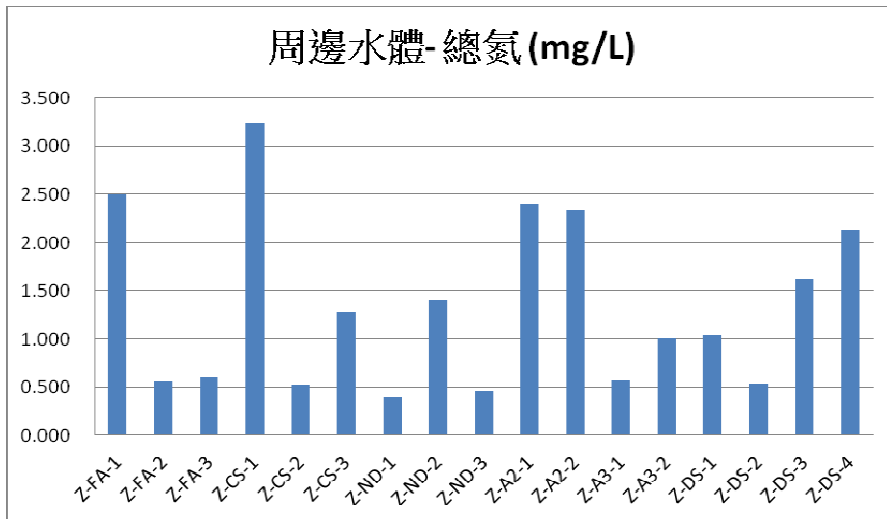


圖 3-3-27、周邊水體總氮

(九)、矽酸鹽

各水體矽酸鹽濃度在 0 與 7.50 mg/L 之間，不同水體之間有顯著差異。矽酸鹽主要來自土壤風化，因此陸源物質輸入較顯著的水體，如春生釣場北邊魚塢(Z-CS)與府安路魚塢(Z-FA)矽酸鹽濃度皆較高。

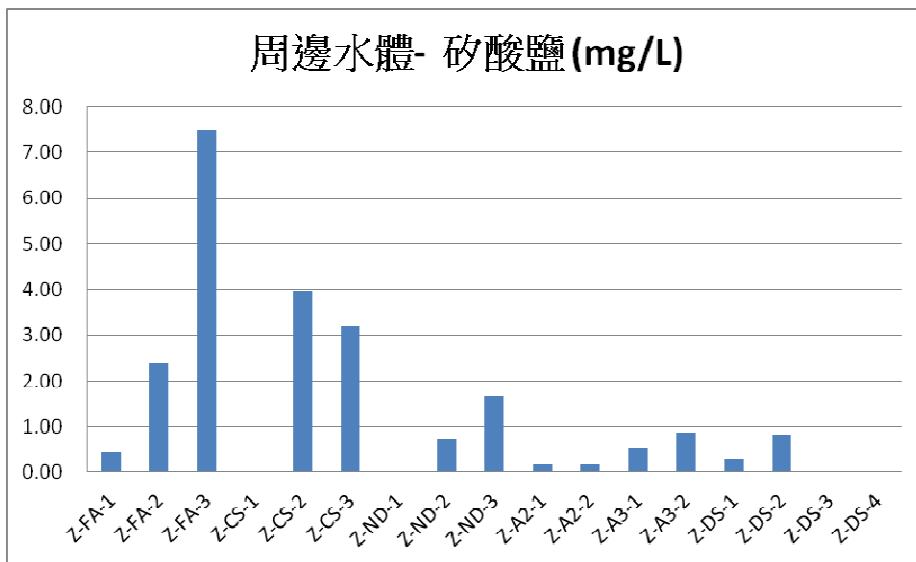


圖 3-3-28、周邊水體矽酸鹽

參、浮游植物生物量

浮游植物為水域生態系之主要初級生產者，其數量多寡影響該水域的初級生產與食物供應，然浮游植物密度過高的優養水體容易導致溶氧日夜劇烈變化，以及有機物累積與分解所衍生的許多生態負面效應。

一、休息棲地浮游植物生物量

各休息棲地葉綠素濃度在 $0.3 - 125.6 \text{ mg/m}^3$ 之間，差異非常顯著，其中北汕尾水鳥保護區大池仔濃度最高，調查期間為 $85.4 \pm 31.4 \text{ mg/m}^3$ ，最高 125.6 mg/m^3 ，頂山棲地次之，平均 $36.2 \pm 23.0 \text{ mg/m}^3$ ，最高 83.3 mg/m^3 。黑面琵鷺主棲地受海水交換影響，葉綠素含量低，其中主棲地南樣點綠素濃度僅 $2.4 \pm 1.7 \text{ mg/m}^3$ ，最低 0.3 mg/m^3 。

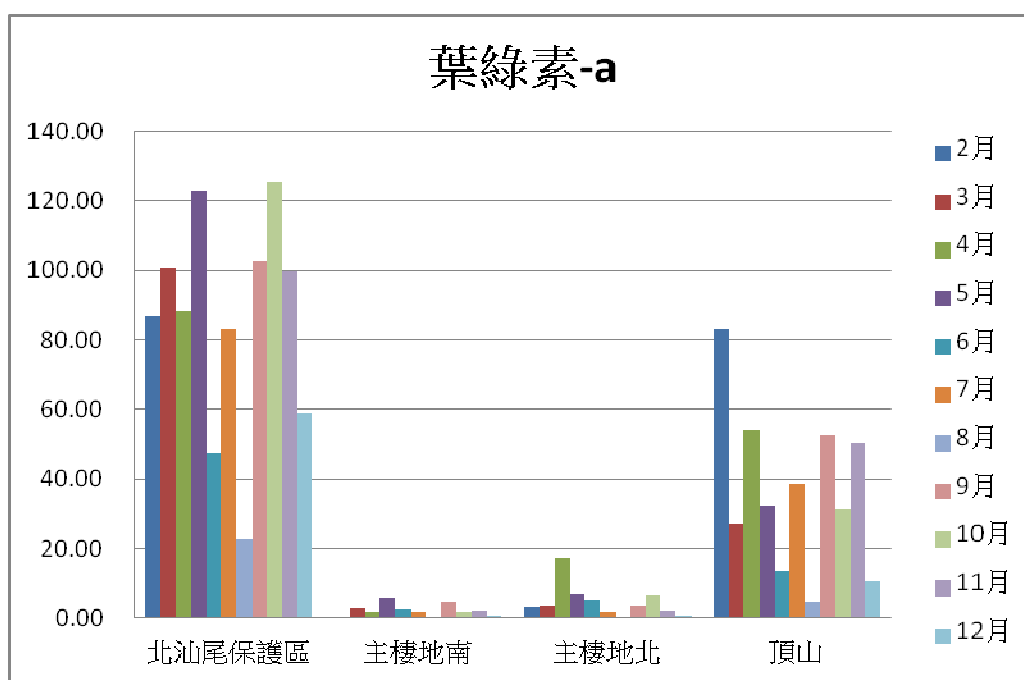


圖 3-3-29、休息棲地浮游植物生物量

二、覓食魚塭浮游植物生物量

覓食魚塭浮游植物生物量於黑面琵鷺度冬期 2、3 月各調查一次。四草郭婦產魚塭(F-SK) 2 月份葉綠素濃度達 541.3 mg/m^3 ，過度優養化導致此一水域不利於魚類生長與繁殖。南大 A1 魚塭相對貧養，2、3 月葉綠素濃度都低於 10 mg/m^3 。

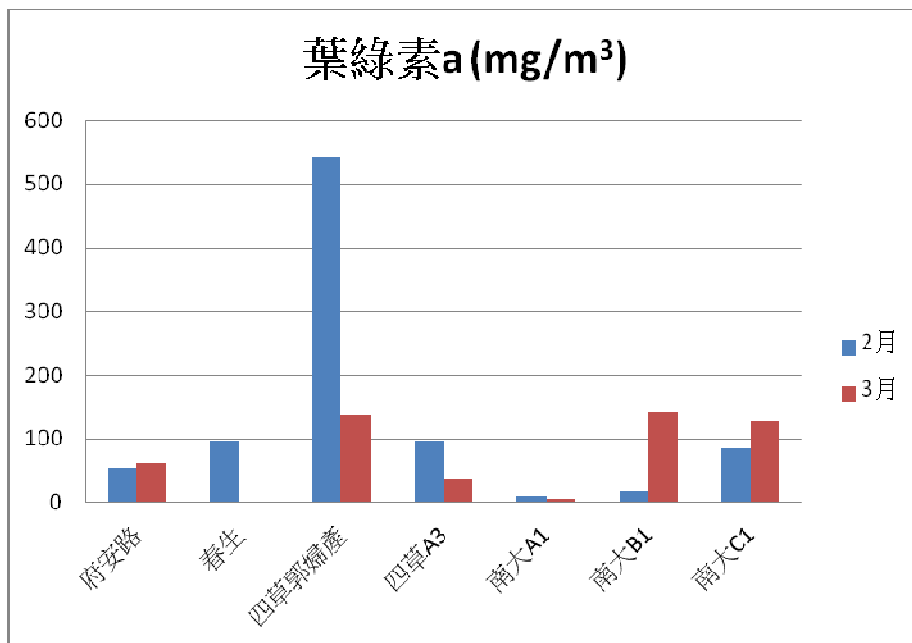


圖 3-3-30、覓食魚塭浮游植物生物量

三、周邊水體浮游植物生物量

周邊水體浮游植物生物量於 2、3 月間進行一次性調查，調查水體葉綠素平均濃度 $48.6 \pm 28.6 \text{ mg/m}^3$ ，多數落在 20 與 50 mg/m^3 之間，最低 11.4 mg/m^3 ，最高 98.3 mg/m^3 。

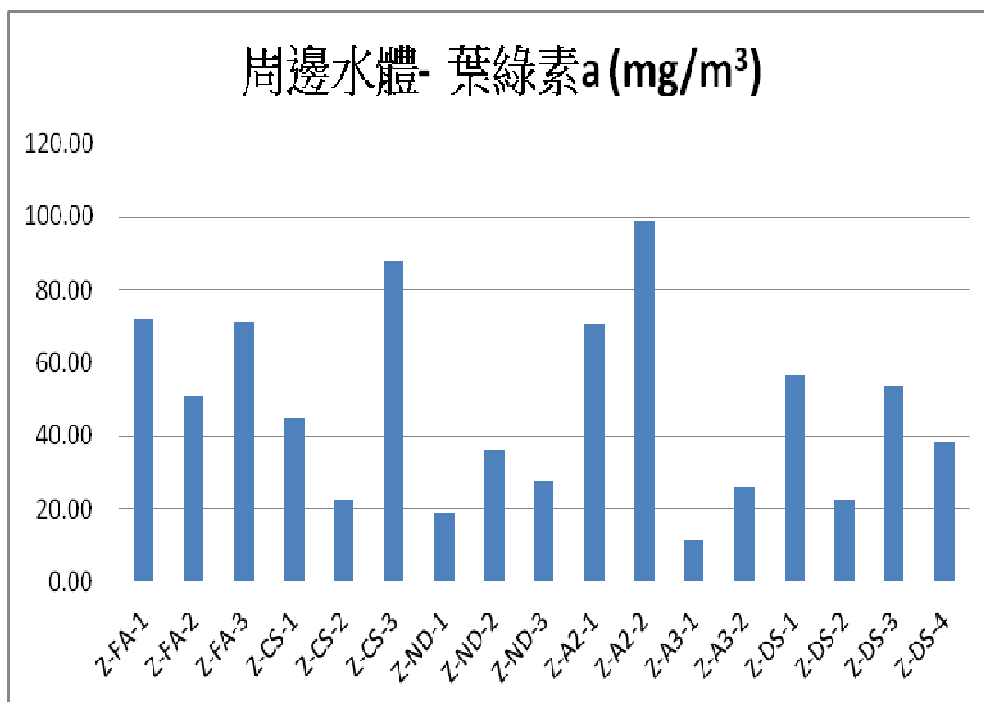


圖 3-3-31、周邊水體浮游植物生物量

肆、浮游植物初級生產量

浮游植物初級生產量使用Platt et al. (1980) 模式計算，模式參數以明暗瓶試驗數據加以檢定，各水體模式參數檢定結果如表3-3-3以及附圖三所示，其中 P_S^B 為 $12.00 \pm 5.93 \text{ mgC mgChla}^{-1} \text{ h}^{-1}$ 、 α 為 $0.08 \pm 0.07 \text{ mgC}^{-1} \text{ mgChla}^{-1} \text{ mol}^{-1} \text{ m}^2$ 、 β 為 $0.01 \pm 0.01 \text{ mgC mgChla}^{-1} \text{ mol}^{-1} \text{ m}^2$ ，顯示調查水體之初級生產參數有高度變異性。附圖三顯示，光抑制發生的起始光度依水體而異，範圍大致在 $200\text{-}600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 之間。

根據上述初級生產量模式參數檢定結果，以3月26日調查當天最大日照之兩小時平均有效光度為基準，使用模式計算並比較各水體單位面積初級生產量，結果如圖3-3-32所示。三個休息棲地初級生產力差異顯著，其中北汕尾水鳥保護區大池仔初級生產量達 $573.0 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 。頂山鹽田棲地藻類生物量與初級生產量均不如北汕尾水鳥保護區大池仔，但仍屬初級生產力非常高的水體 ($288 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)。黑面琵鷺主棲地受海水交換影響，初級生產力低，其中南邊樣點單位面積初級生產量僅 $1.7 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ，為本計畫所有調查水體最低者。

覓食魚塭之單位面積初級生產量在 9.7 與 $1279 \text{ mgC m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$ 之間，差異非常顯著，其中四草郭婦產魚塭因氮磷濃度都高，營養鹽充足，浮游藻密度高，其初級生產力為所有調查水體最高。南大A1魚塭由於缺乏外部營養鹽供應，蓄水總磷含量顯著低於其他水體，浮游植物密度與初級生產力都低。

水體初級生產力因經營管理狀況而顯現差異，使用中魚塭有中等的初級生產力 ($125.0 \pm 108.5 \text{ mgC m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$)，廢棄魚塭則較為貧養與低初級生產力 ($85.1 \pm 67.2 \text{ mgC m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$)，鹽田等大型封閉水體，初級生產力較高 ($201.9 \pm 166.1 \text{ mgC m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$)。

表 3-3-3、各水體初級生產量模式參數檢定結果

水體名	P_s^B	Alpha	Beta
頂山	13.0	0.100	0.0000
四草 A2 大池	20.0	0.100	0.0150
主棲地北	25.0	0.090	0.0200
主棲地南	15.0	0.045	0.0200
府安路	11.0	0.070	0.0080
春生北	6.0	0.025	0.0000
春生南	10.0	0.060	0.0000
四草 A3	13.0	0.060	0.0040
南大 C1	9.5	0.070	0.0045
南大 B1	5.0	0.045	0.0020
南大 A1	13.0	0.400	0.0100
四草 A2 郭婦產	20.0	0.080	0.0200
Z-FA-1	12.0	0.090	0.0150
Z-FA-2	7.5	0.030	0.0030
Z-FA-3	8.0	0.050	0.0030
Z-CS-1	15.0	0.070	0.0000
Z-CS-2	7.5	0.030	0.0030
Z-CS-3	10.0	0.100	0.0080
Z-ND-1	7.0	0.055	0.0120
Z-ND-2	3.0	0.055	0.0000
Z-ND-3	21.0	0.080	0.0120
Z-A2-1	10.0	0.055	0.0090
Z-A2-2	9.0	0.040	0.0120
Z-A3-1	25.0	0.100	0.0300
Z-A3-2	12.0	0.100	0.0080
Z-DS-1	10.5	0.030	0.0060
Z-DS-2	18.0	0.100	0.0120
Z-DS-3	2.0	0.004	0.0000
Z-DS-4	10.0	0.055	0.0000

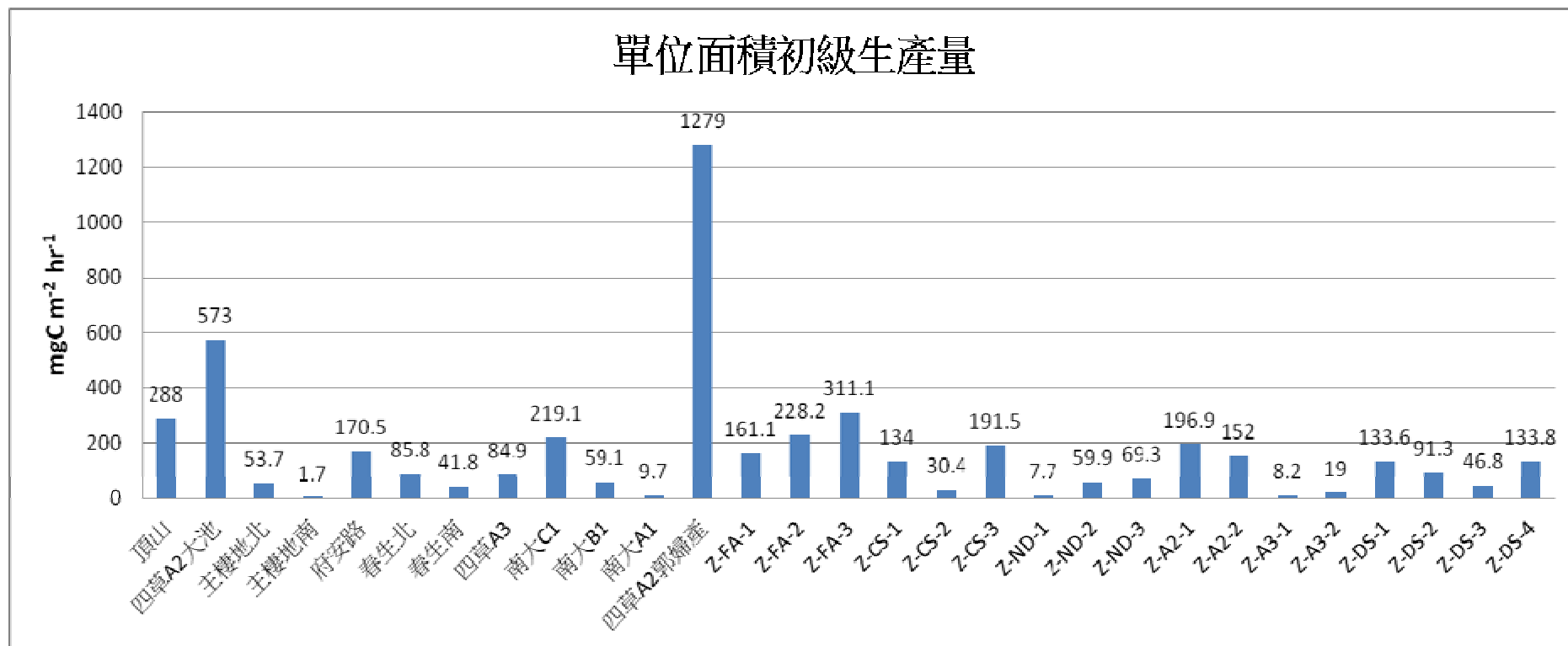


圖 3-3-32、各水體單位面積初級生產量之模式計算結果

伍、黑面琵鷺利用水體與非利用水體之差異

以棲地面積、水深及初級生產量對所有調查水體進行多元尺度分析(multidimensional scaling, MDS)與群集分析(cluster analysis)，結果如圖 3-3-33 與 3-3-34 所示，兩圖顯示三個主要休息棲地(主棲地，H-MN；北汕尾水鳥保護區，H-A2；頂山鹽田區，H-DS)屬大面積水體之群集，而水體平均水深以及初級生產量則對黑面琵鷺水體利用之選擇沒有明顯影響。黑面琵鷺一般於寬廣的淺水水域棲息與覓食，根據 Yu & Swennen (2004)的觀察，覓食水域之水深範圍為 6-21cm，休息棲地則為 0-15cm。顯然，決定水體是否為黑面琵鷺利用之因素為淺灘之存在與否，而與水體的平均水深無關。

將初級生產量數據分為黑面琵鷺覓食魚塭與非覓食魚塭加以統計分析，黑琵覓食魚塭之初級生產量為 $247.8 \pm 283.1 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ，高於周邊水體的 $148.6 \pm 76.3 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ，但其差異未達顯著水準($P=0.113$)。

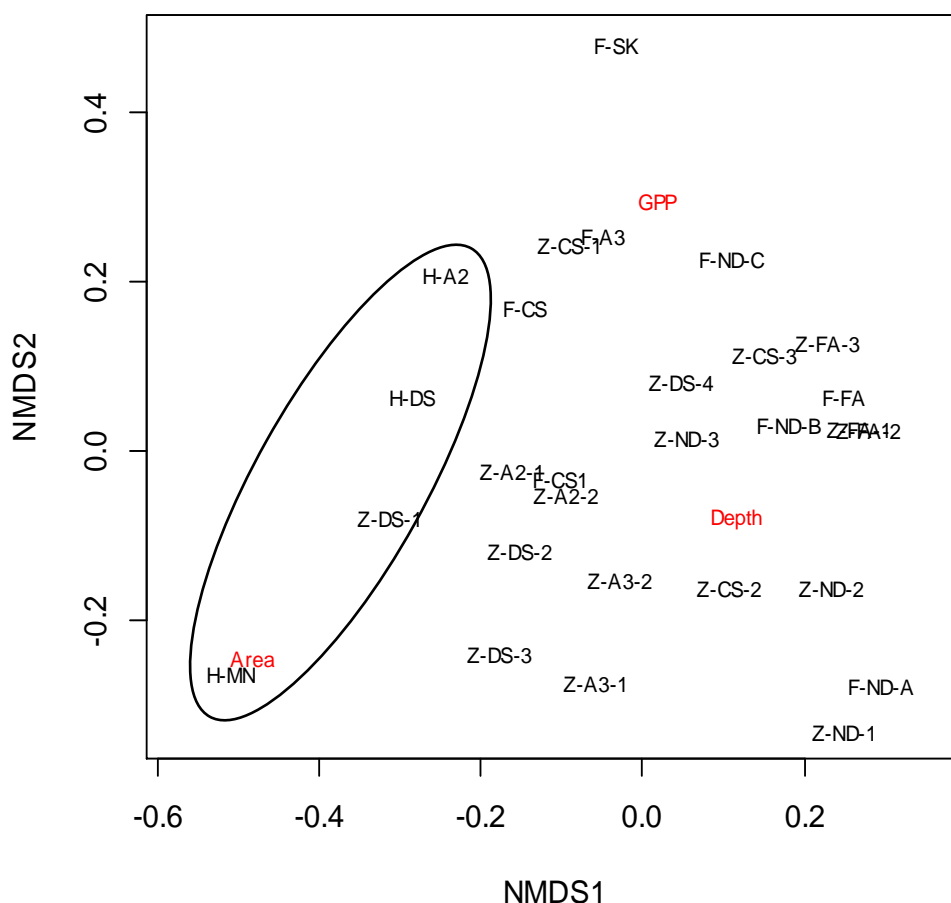


圖 3-3-33、黑面琵鷺水體利用影響因子多元尺度分析結果

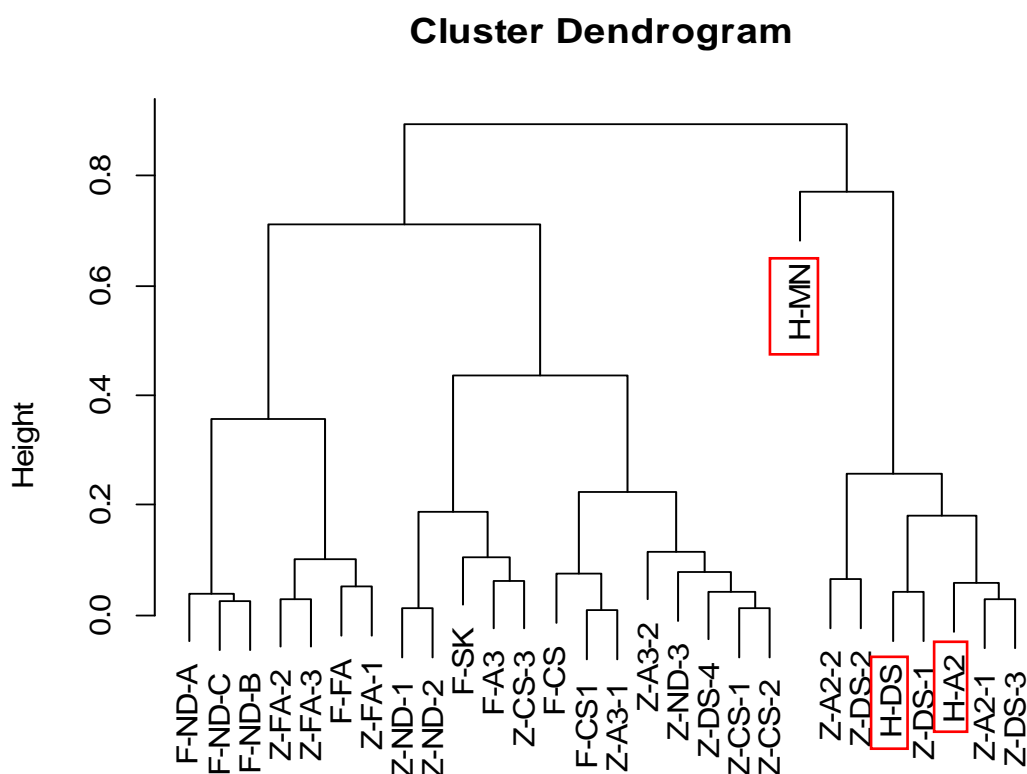


圖 3-3-34、黑面琵鷺水體利用影響因子群集分析結果

陸、浮游植物生長之限制因子

浮游植物生長限制因子使用 Spearman's rank correlation，對可能影響藻類生長之因子，包括水溫、總磷、總氮、矽酸鹽，以及影響水下光照的濁度進行相關性分析，分析結果如表 3-3-4 所示，顯示藻類生物量與總磷、總氮以及濁度具有顯著相關，其中與總磷濃度及濁度的相關有較高顯著水準($P < 0.01$)，與矽酸鹽濃度以及水溫則未顯示顯著相關。雖然統計分析結果浮游植物生物量與濁度有顯著相關，但其正相關之關係顯示濁度為浮游藻生長之結果，而非影響因子，與無機性濁度造成水下光照不足，導致浮游植物生物量受限的情況不同。因此，磷為本計畫所調查水體浮游植物生長之主要限制因子，部分水體有氮限制的情況。

表 3-3-4、浮游植物生長與環境因子相關性分析結果

		相關						
		Chla	TP	TN	SiO2	Turbidity	Temp	
Spearman's rho 係數	Chla	相關係數	1.000	.660**	.464*	.202	.543**	-.279
		顯著性 (雙尾)	.	.000	.011	.293	.002	.143
		個數	29	29	29	29	29	29
	TP	相關係數	.660**	1.000	.525**	.129	.463*	-.368*
		顯著性 (雙尾)	.000	.	.003	.506	.011	.050
		個數	29	29	29	29	29	29
	TN	相關係數	.464*	.525**	1.000	-.395*	.365	-.518**
		顯著性 (雙尾)	.011	.003	.	.034	.052	.004
		個數	29	29	29	29	29	29
SiO2	相關係數	.202	.129	-.395*	1.000	-.190	.107	
	顯著性 (雙尾)	.293	.506	.034	.	.324	.581	
	個數	29	29	29	29	29	29	
Turbidity	相關係數	.543**	.463*	.365	-.190	1.000	-.174	
	顯著性 (雙尾)	.002	.011	.052	.324	.	.367	
	個數	29	29	29	29	29	29	
Temp	相關係數	-.279	-.368*	-.518**	.107	-.174	1.000	
	顯著性 (雙尾)	.143	.050	.004	.581	.367	.	
	個數	29	29	29	29	29	29	

**．相關的顯著水準為 0.01 (雙尾)。

*．相關的顯著水準為 0.05 (雙尾)。

柒、各類型養殖魚塭水質差異

為瞭解不同類型養殖魚塭的水質差異，本計畫選定文蛤池、石斑池(成魚)、深水虱目魚塭各 3 池以及淺坪式虱目魚塭 4 池，於 10、11、12 月進行採樣，其中淺坪式虱目魚塭 12 月都已收成而未採樣，其餘各類型魚塭為每月採樣一次，各項水質參數調查結果詳見附表七與附圖四。由於魚塭水質因飼養階段以及餵食與換

水情況不同而有顯著差異，以下就本計畫調查觀察到的一般趨勢加以說明。

不同類型養殖魚塭水深有顯著差異，其中以文蛤池 42 ± 5 cm 最淺，淺坪式虱目魚塭 79 ± 32 cm 與深水虱目魚塭 111 ± 12 cm 次之，石斑池 140 ± 17 cm 最深。

文蛤池因投入餌料較少，亦未使用曝氣設施，且文蛤為濾食性生物，數據顯示其水質較為清澈，濁度為 13.1 ± 9.5 NTU，顯著低於深水虱目魚塭、石斑池及淺坪式虱目魚塭 (30.4 ± 7.7 NTU、 33.5 ± 12.4 NTU、 40.8 ± 47.2 NTU)。石斑池水質要求高，換水較為頻繁，且池深較大，池水優養化情形較其他類型魚塭輕微，葉綠素濃度為 4.0 ± 3.4 mg/m³。虱目魚塭由於密集餵食，且水質要求較低，池水優養化情況最為顯著，深水虱目魚塭葉綠素濃度為 207.4 ± 86.9 mg/m³，淺坪式虱目魚塭最高，為 227.0 ± 170.8 mg/m³。

未解離的氨對於魚類有強烈毒性，本計畫所調查魚塭當中文蛤池因餵食餌料較少，氨氮濃度明顯較低，為 0.54 ± 0.41 mg/L，其他類型魚塭分別為深水虱目魚塭 2.82 ± 2.42 mg/L、石斑池 2.80 ± 2.14 mg/L 及淺坪式虱目魚塭 1.46 ± 0.90 mg/L。數據也顯示，11、12 月份由於水溫降低，硝化反應以及藻類吸收利用速率減緩，導致各魚塭氨氮濃度顯著高於 10 月份。

亞硝酸容易與血紅素結合，造成魚類缺氧，不同魚類對於亞硝酸的耐受性有極大差異，耐受性範圍在 0.6-200 mg/L 之間(農委會，2012)，本計畫調查魚塭之中以文蛤池亞硝酸氮濃度最低，石斑池較高，最高值為 0.33 mg/L 仍顯著低於魚類的耐受性範圍。

硝酸鹽不致對魚類造成毒性，本計畫調查顯示，文蛤及石斑池硝酸氮濃度顯著高於較優養的虱目魚塭，顯示魚塭硝酸鹽濃度主要受藻類的吸收利用影響，優養較輕微水體以及水溫較低季節，藻類吸收利用不旺盛，魚塭硝酸鹽濃度升高。12 月份水溫低，影響硝化反應速率，導致氨氮累積以及硝酸鹽濃度低的現象。

捌、環境不良水體之水質調查

七股海堤與河堤間 827 公頃浮覆地於 1985 被發現黑面琵鷺主群棲息於此，農委會於 2002 年 11 月公告此一區域為「台南縣曾文溪口北岸黑面琵鷺保護區」，此一期間，有關黑面琵鷺食物安全問題並未引起注意，然保護區公告當年 12 月至隔年 2 月間卻發生黑面琵鷺集體中毒事件，後續調查證實為肉毒桿菌中毒，這些黑面琵鷺在北魚塭區食入底泥中肉毒桿菌芽孢所產生生肉毒桿菌，或內臟含有肉毒桿菌的活魚導致中毒(祁、胡，2003)，該事件讓黑面琵鷺棲地環境品質受到關切。由於肉毒桿菌為生長於土壤與底泥之厭氧微生物，因此維護棲地水質，降低底泥厭氧情況，為維護黑面琵鷺棲食物安全的必要工作。

本計畫調查之主要水體當中，北汕尾水鳥保護區大池仔以及四草郭婦產魚塭有高度優養化現象，此類水體底泥有機質含量高，易發生底泥厭氧情況，不利於水生物生長與繁殖，同時也增加棲息與覓食鳥類中毒的風險。北汕尾水鳥保護區以及頂山鹽田區各鹽灘型態水體由於水淺、面積廣闊且循環不良，有水溫及鹽度變化劇烈等問題，也影響敏感魚類及其他水生物的棲息環境。本計畫針對此等水體，除原定調查之外並於 10、11、12 等三個月進行補充調查，補充調查數據與例行調查數據彙整如附圖五，其水質狀況分別說明如下：

一、北汕尾水鳥保護區及鄰近水體

此區與嘉南大圳鹽水溪排水線出海口相鄰，主樣水體包括北汕尾水鳥保護區大池仔、大池仔北邊鹽灘、以及大池子東邊郭婦產魚塭等黑面琵鷺棲息與覓食水體。其中大池仔以及郭婦產魚塭蓄水主要來自鹽水溪排水線，由於該排水汙染嚴重，導致這兩個水體高度優養化，調查期間郭婦產魚塭葉綠素含量最高達 541.3 mg/m³，大池仔葉綠素含量最高 125.6 mg/m³，僅次於郭婦產魚塭。此兩水體由於蓄水與排水線仍有某種程度的交換，並無鹽分累積情況，大池仔鹽度最高 32.6 ppt，郭婦產魚塭 30.5 ppt。

大池仔北邊鹽灘亦為黑面琵鷺活動範圍，其蓄水與鹽水溪排水線交換情形不如前述兩水體，因此優養化情況較為輕微，但因長期蒸發導致鹽分累積，4 月份雨季來臨之前，東西兩池鹽度分別為 57.4 ppt 與 64.2 ppt。

二、頂山鹽田區各池

頂山鹽田區各池原為曬鹽場，都有面積廣闊、水淺，以及蓄水缺乏循環等特徵。本計畫共調查黑面琵鷺主要棲息的東池(H-DS)，以及與該池相鄰的西邊與北邊兩池(Z-DS-1、Z-DS-3)。由於水淺，頂山鹽田區各池春夏兩季水溫特別高，其中又以 2012 年 4 月份雨季來臨之前水溫最高，東、西、北池水溫分別為 32.7、33.9℃、38.5℃。調查期間最高鹽度也發生在 4 月，東、西、北池鹽度分別為 63.4、57.5、98.0 ppt。由於水淺，此等鹽灘鹽分也顯著受到降雨影響，雨後各池鹽度顯著降低，其中黑面琵鷺主要棲息的東池 6 月份降雨之後鹽度僅 7.8 ppt。

此區沒有顯著的營養鹽來源，因此優養化程度不若北汕尾水鳥保護區鄰近各池，調查期間葉綠素 a 最高值發生在 2 月，為 83.3 mg/m³，最低為 8 月的 4.81 mg/m³，都發生在東池。

第四節 台江國家公園彈塗魚生態研究

本調查為期一年的時間，調查樣區棲地的彈塗魚生長情形，調查期間多位同學之參與協助使得調查得以順利完成。限於時間及經費限制，除初期在探勘、選樣點及人員訓練之外，原則上以每個月初去採集二次為準，在七、八、九月調查工作曾被大雨或颱風等打斷。以下就本年度調查結果分十項說明。

壹、彈塗魚種類及分布

一、彈塗魚生物種類

就族群種類而言，台江國家公園內至少有兩種以上之的彈塗魚，一種為常見之彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)，另一種為大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)，另外在主棲灘地曾經發現疑似青彈塗魚(*Scartelaos viridis*)，但並沒有實際採集之記錄。所以嚴格的說確定種類有兩種，即彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)及大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)。

二、彈塗魚分布地區調查

就分布地區而言，先後於四至五月及六月進行過二次大規模調查。四至五月曾請台南大學生態系同學先後於台江國家公園內全域調查。六月中旬請成功大學同學連續在台江國家公園內全域調查，所得彈塗魚分布調查圖如圖 3-4-1。

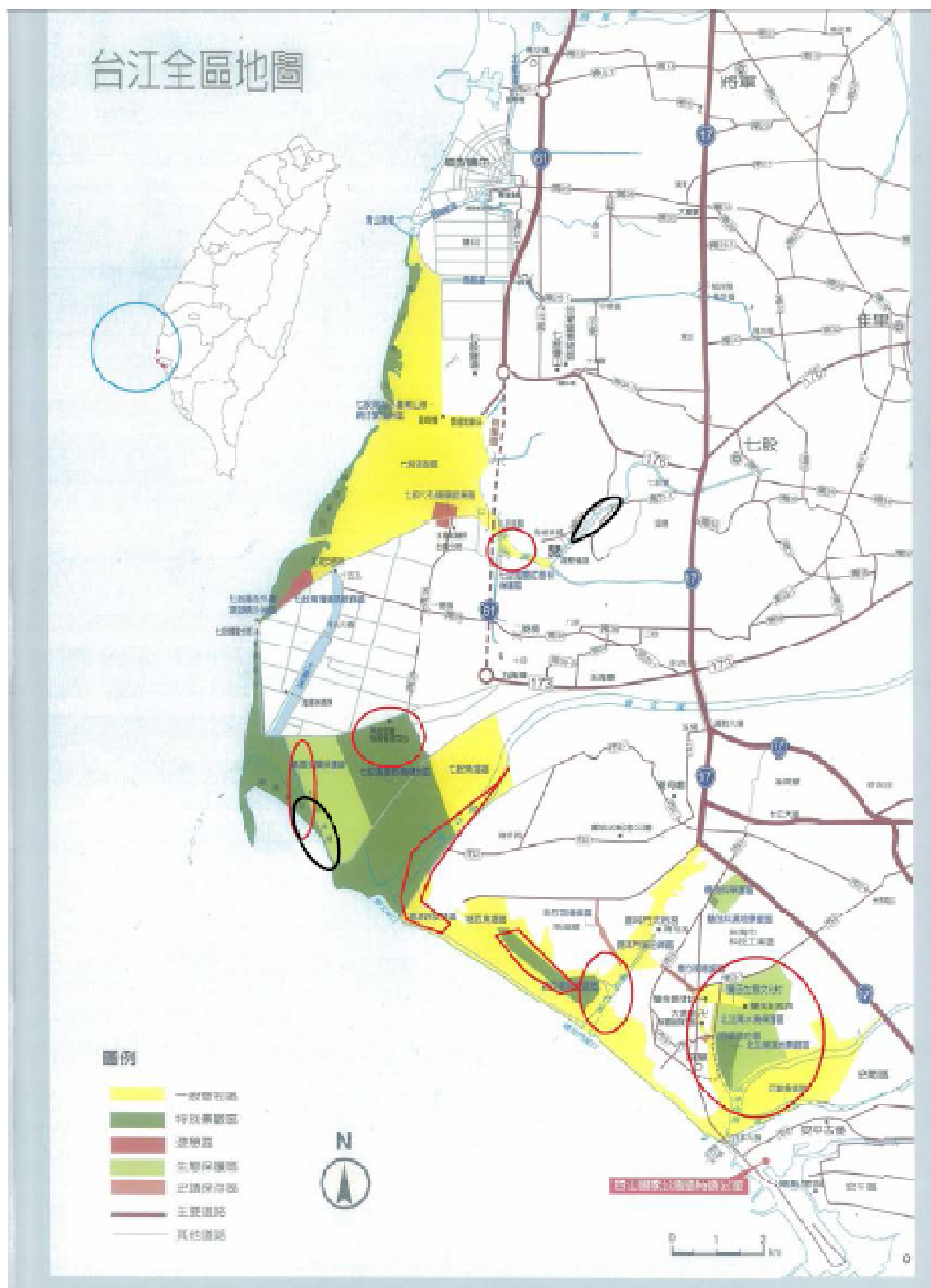
貳、彈塗魚數量

原本打算使用區塊法(Quadrat counts)估算族群數量，但彈塗魚會移動並且會鑽入土中，執行上發現有實質上之困難，所以改採穿越線法(Line transect methods)估算法。由選取觀測點中，擇十公尺潮間帶作為觀察彈塗魚數量之依據。

調查中發現，彈塗魚(*P. modestus*)為台江國家公園內之優勢種，一年中均容易觀察，十一月後觀察數量有降低之現象，目前數據顯示以一月可觀察到數量最少。彈塗魚(*P. modestus*)在安平後、蚵棚和紅樹林都有相當的族群數，在河岸十公尺範圍內都超過二十隻以上，其中又以紅樹林的族群量最多。主棲灘地一原本也有相當多的族群量，但在經過七月、八月蘇拉、海葵、天德、天秤颱風相繼來襲，棲地嚴重受到破壞，漂流木和垃圾淹沒了原來的泥灘地，導致族群量嚴重減少，八月後觀察發現已經看不到成魚，只發現颱風過後新生的稚魚。

大彈塗魚(*B. pectinirostris*)有呈現集體出沒之現象，且集體出現於完全退潮隻繁殖期時，河床泥灘地大量裸露時呈集團活動，平時並不容易發現與觀察。

青彈塗魚(*S. viridis*)有兩次在主棲灘地一被觀察之紀錄，但調查人員未將檢體帶回實驗室做更深一步之鑑定工作，其後調查該地時由於七八月颱風造成棲地毀壞，垃圾淤積，再次調查時不但沒有發現青彈塗魚(*S. viridis*)，連族群數量原本甚多之彈塗魚(*P. modestus*)都不易發現。



分析各觀察點彈塗魚數量如下：

一、安平後彈塗魚族群推算

由十公尺區計算活動彈塗魚平均為 18 隻，排水溝河道約 200 公尺而言，估計兩岸至少應有 720 隻彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)。大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)雖然不易觀察，但在此段也出現 10 隻之紀錄，推測至少應有 300 隻以上存在於安平後排水溝中(表 3-4-1)。

表 3-4-1、安平後觀測點之彈塗魚數量觀測紀錄表

調查日期	時間	彈塗魚數量	大彈塗數量	青彈塗數量
2012.1.15	Am12:40	3	0	0
2012.2.25	Pm3:00	15	0	0
2012.3.17	Am10:00	28	2	0
2012.4.25	Pm3:40	22	10	0
2012.5.27	Pm3:30	6	0	0
2012.6.30	Am9:51	21	11	0
2012.7.26	Am11:36	22	0	0
2012.8.16	Am11:36	23	0	0
2012.8.31	Pm4:48	28	0	0
2012.9.13	Am10:43	18	0	0
2012.9.31	Pm4:58	26	0	0
2012.10.13	Am11:32	15	0	0
2012.10.27	Am11:14	12	0	0
2012.11.24	Am10:10	7	0	0

註：2012.1.15 納入觀測點(水中樹為中心左右各五公尺)

二、主棲地蚵棚彈塗魚族群推算

由十公尺區計算活動彈塗魚平均為 18 隻，蚵棚區約 80 公尺而言，由於是海灣瀉湖地形估計至少應有 720 隻彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)。大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)完全沒有發現蹤影，推測數量為零(表 3-4-2)。

三、主棲灘地一

七月之前之族群量還算多，颱風破壞棲地後族群數量銳減，而且稚魚出現為主由十公尺區計算活動彈塗魚平均為 7 隻，此區約 300 公尺而言，由於是海灣瀉湖地形估計至少應有 210 隻彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)。大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)完全沒有發現蹤影，推測數量為零(表 3-4-3)。

四、主棲灘地二

主灘地二接近主灘地一，但因更接近瀉湖口，颱風過後棲地破壞嚴重，幾乎不見彈塗魚，8 月後不再調查(表 3-4-4)。

表 3-4-2、主棲地蚵棚觀測點之彈塗魚數量觀測紀錄表

調查日期	時間	彈塗魚數量	大彈塗數量	青彈塗數量
2012.3.17	Am10:40	12	0	0
2012.4.25	Pm4:30	10	0	0
2012.5.27	Pm4:00	8	0	0
2012.6.30	Pm2:56	11	0	0
2012.7.26	Am10:10	27	0	0
2012.8.16	Pm1:37	15	0	0
2012.8.31	Pm2:37	18	0	0
2012.9.31	Pm3:13	26	0	0
2012.10.13	Pm12:30	30	0	0
2012.10.27	Pm1:02	30	0	0
2012.11.17	Pm1:13	12	0	0

註: 2012.3.17 納入觀測點(蚵棚中心柱左右各五公尺)

表 3-4-3、主棲灘地一觀測點之彈塗魚數量觀測紀錄表

調查日期	時間	彈塗魚數量	大彈塗數量	青彈塗數量
2012.3.17	Am11:00	8	0	0
2012.4.16	Am11:00	13	0	2?
2012.5.12	Pm3:30	12	0	1?
2012.6.30	Pm4:40	6	0	0
2012.7.26	Am11:34	20	0	0
2012.8.16	Pm2:16	2	0	0
2012.9.13	Pm1:34	2	0	0
2012.9.31	Pm3:13	5	0	0
2012.10.13	Pm1:30	2	0	0
2012.10.27	Pm1:45	3	0	0
2012.11.24	Pm1:10	2	0	0

註: 2012.3.17 納入觀測點(第一棵樹左右各五公尺)

五、紅樹林

生物資源豐富，種類繁多，彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)。大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)均易於觀察。此區觀測時於4月20日下午三時觀察到觀察到彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)之「求偶之舞」。由十公尺區計算活動彈塗魚平均為24隻，紅樹林觀測點約60公尺而言，至少應有140隻彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)。大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)則至少有60隻以上(表3-4-5)。

六、紅樹林二觀測

紅樹林二觀測站是遭受人為敷置鵝卵石之海岸潮間帶，由於生物出沒少，且彈塗魚數量稀少無實質調查意義，七月以後不再調查(表 3-4-6)。

表 3-4-4、主棲灘地二觀測點之彈塗魚數量觀測紀錄表

調查日期	時間	彈塗魚數量	大彈塗數量	青彈塗數量
2012.3.17	Am12:00	7	0	0
2012.4.16	Am12:00	12	0	1
2012.5.12	Pm4:00	9	0	2
2012.6.15	Pm3:20	15	0	0
2012.6.30	Am10:00	10	0	0
2012.7.26	Am11:36	2(僅有稚魚)	0	0

註: 2012.3.17 納入觀測點(第二顆樹左右各五公尺)，七月以後棲地破壞彈塗魚成魚消失不再觀測。

表 3-4-5、紅樹林一觀測點之彈塗魚數量觀測紀錄表

調查日期	時間	彈塗魚數量	大彈塗數量	青彈塗數量
2012.4.20	Pm3:00	30(求偶之舞)	8	0
2012.5.12	Pm4:30	38	6	0
2012.6.30	Pm5:38	11	18	0
2012.7.26	Am12:03	37	0	0
2012.8.16	Pm2:45	26	0	0
2012.8.31	Pm1:14	29	0	0
2012.9.13	Pm1:52	26	0	0
2012.9.31	Pm5:30	34	0	0
2012.10.13	Pm2:20	25	0	0
2012.10.27	Pm2:48	15	0	0
2012.11.17	Am11:50	10	0	0
2012.11.24	Pm2:13	10	0	0

註: 2012.4.20 納入觀測點(走道左右各五公尺)

表 3-4-6、紅樹林二觀測點之彈塗魚數量觀測紀錄表

調查日期	時間	彈塗魚數量	大彈塗數量	青彈塗數量
2012.4.20	Pm3:30	4	0	0
2012.5.12	Pm5:00	3	0	0
2012.6.15	Pm3:20	3	0	0

註: 2012.4.20 納入觀測點(鵝卵石區域約十公尺)，六月以後發現數量稀少無實質調查意義，不再觀測。

參、彈塗魚採集與體指數分析

一、彈塗魚採集

採集到野生彈塗魚以彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)為主，使用小圓網捕捉，每一樣區以 8-12 隻彈塗魚為標準，主要比較區域以彈圖魚族群數較多樣區為比較對象。比次採集與比較區以安平後、紅樹林及蚵棚為主

二、彈塗魚指數

(一)、體長及體重分析

在不同地區彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)表現出不同之生長圖形(圖 3-4-2、圖 3-4-3)，在蚵棚及安平後彈塗魚平均體長最大在 4-5 月間，7 月有最小的平均體長及體重(圖 3-4-2、圖 3-4-3)，紅樹林則在 6 月出現了最低點(圖 3-4-3)。其原因推論是此期仔稚魚孵化大量出現，降低了平均體長及體重。

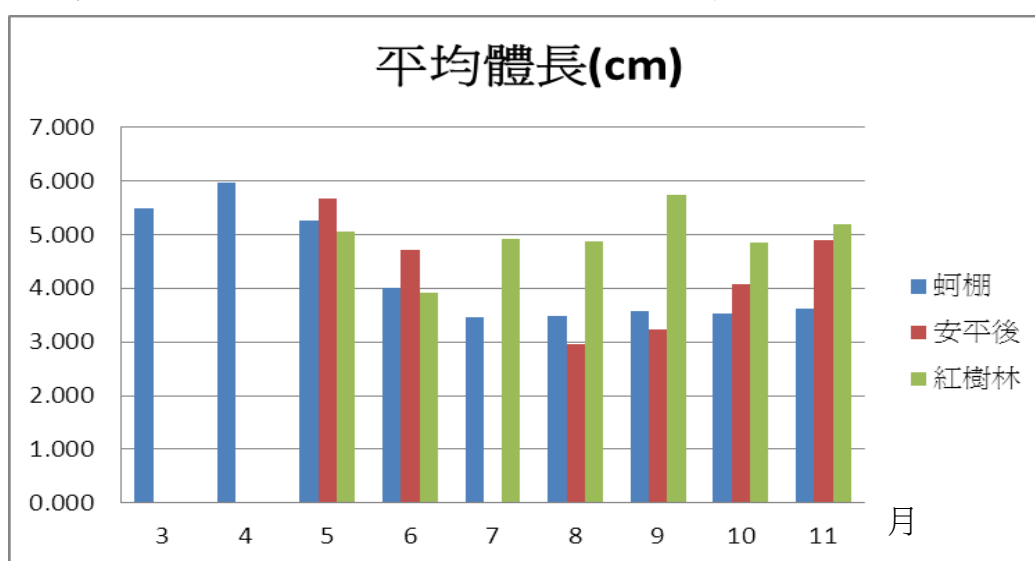


圖 3-4-2、蚵棚、安平後和紅樹林彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)之月份及平均體長趨勢圖。

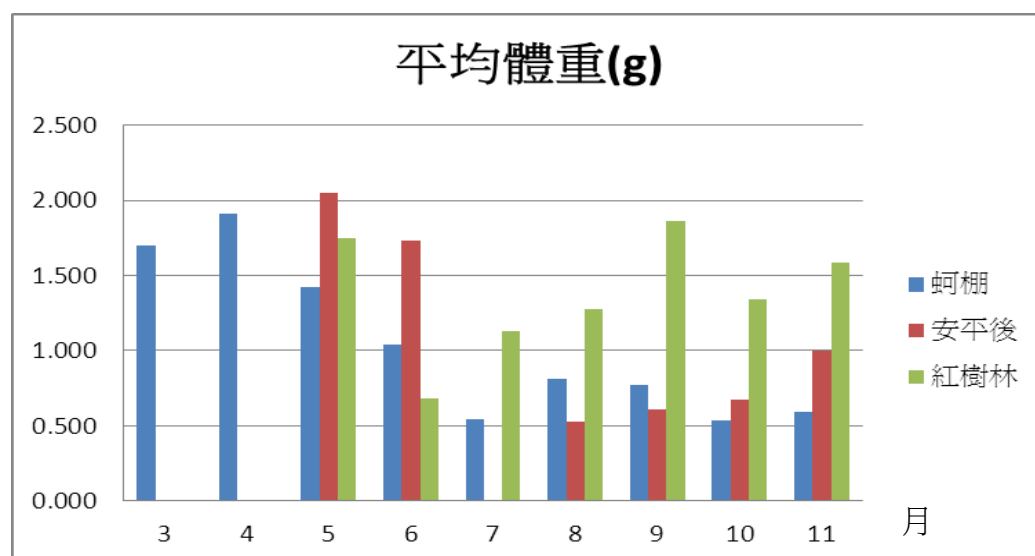


圖 3-4-3、蚵棚、安平後和紅樹林彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)之月份及平均體重趨勢圖。

(二)、体指數 BMI 及肥滿度 RI 分析

体指數和肥滿度常用來作為生物成長與營養攝取間之指標，通常營養較佳之生物個體有較大的 BMI 及 RI，此外，稚魚較成魚會有較大之 BMI 及 RI 值，稚魚之 RI 值常會超過 100，成魚則較少見，抱卵的雌魚也常有超過 100 者。調查之彈塗魚体指數 BMI 及肥滿度 RI 分析結果如圖 3-4-4(体指數)及圖 3-4-5(肥滿度)所示。

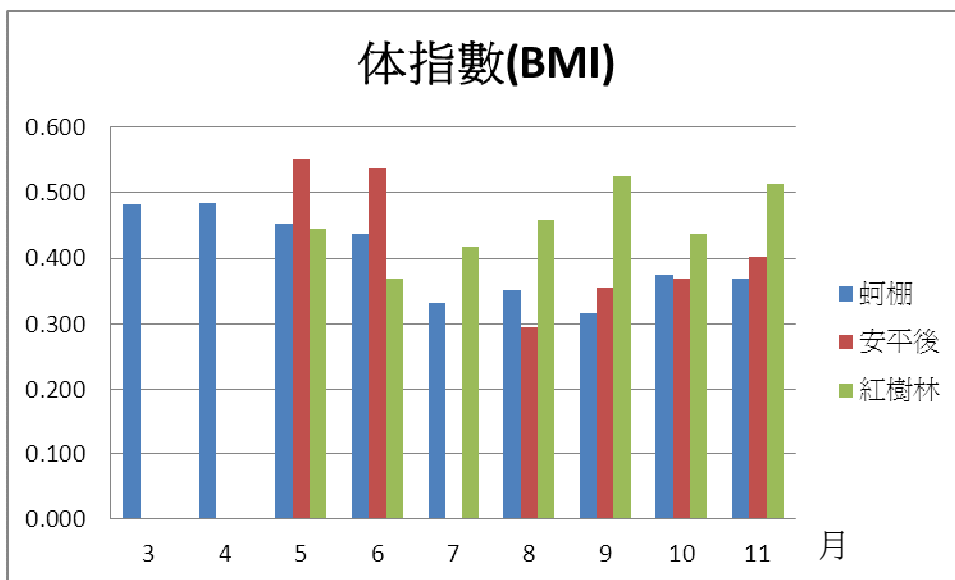


圖 3-4-4、蚵棚、安平後和紅樹林彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)之月份及平均体指數(BMI)趨勢圖。

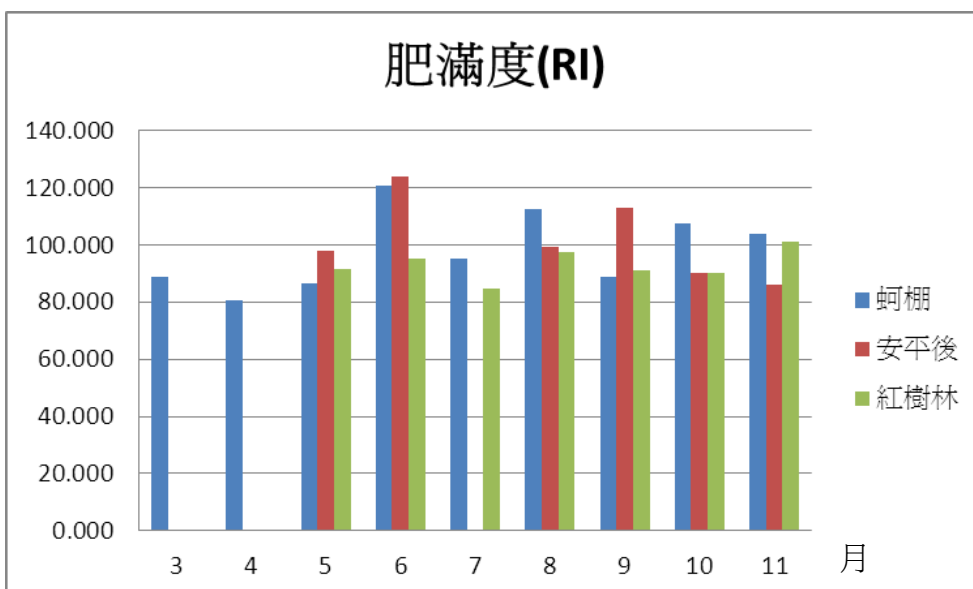


圖 3-4-5、蚵棚、安平後和紅樹林彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)之月份及肥滿度(RI)趨勢圖。

(三)、統計分析

本研究之假說為利用彈塗魚做一個指標生物，利用其體指數(BMI)及肥滿度(RI)預測黑面琵鷺之所以會選擇主棲地棲息是因為此地之生物資源豐富。利用三塊地區代表不同之生態環境依次是：一、蚵棚(主棲地)。二、安平後(人為魚塭區非主棲地)。三、紅樹林(天然非主棲地)作成對性 t-檢定後發現，主棲地蚵棚對於安平後或是紅樹林之 BMI 及 RI 數值大於 0.05(附表八)。

(四)、型態觀察及分類

將採集之彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)及大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)攜回實驗室做分類鑑定，表徵如下(參考圖 2-4-2):

(1) 所採彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)特徵為：第一背鰭數 10-17 根軟條(12 根) 下頷無左右縫合部內側二枚之犬齒，第二背鰭 9~13，臀鰭 8~13 軟條

依分類特徵可以確定為彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)。

(2) 所採大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)特徵為：背鰭數 5 根軟條(5 跟)，下頷左右縫合部內側有二枚犬齒，第二背鰭 23~27 軟條，臀鰭 24~27 軟條，頭部腹面無鬚。依分類特徵可以確定為大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)。

肆、環境變化因子

針對臺江國家公園彈塗魚觀測點中之溶氧、NO₃⁻、NO₂⁻、pH、KH、GH、鹽度、水溫和氣溫的日變化做長期監測，依前置試驗初步成果顯示，安平後受潮汐、天候及季節之影響呈現變化。需長期監測觀察才能有較完整之紀錄。另外，本年為受到反聖嬰年影響，普遍多雨、多颱風，七月因出現過天候不良、颱風等影響調查而缺乏數據之情形。

一、月均氣溫

在主要彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)調查區域三月至十月均溫都在 25 度以上，以十一月至二月之氣溫較低(圖 3-4-6)。可見彈塗魚喜好溫暖之環境。

二、月均水溫

同月均氣溫，在主要彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)調查區域三月至十月均溫都在 25 度以上，以十一月至二月之水溫較低。調查中發現，水溫與氣溫之變化不大，通常呈現相同或是略高現象(圖 3-4-7)。

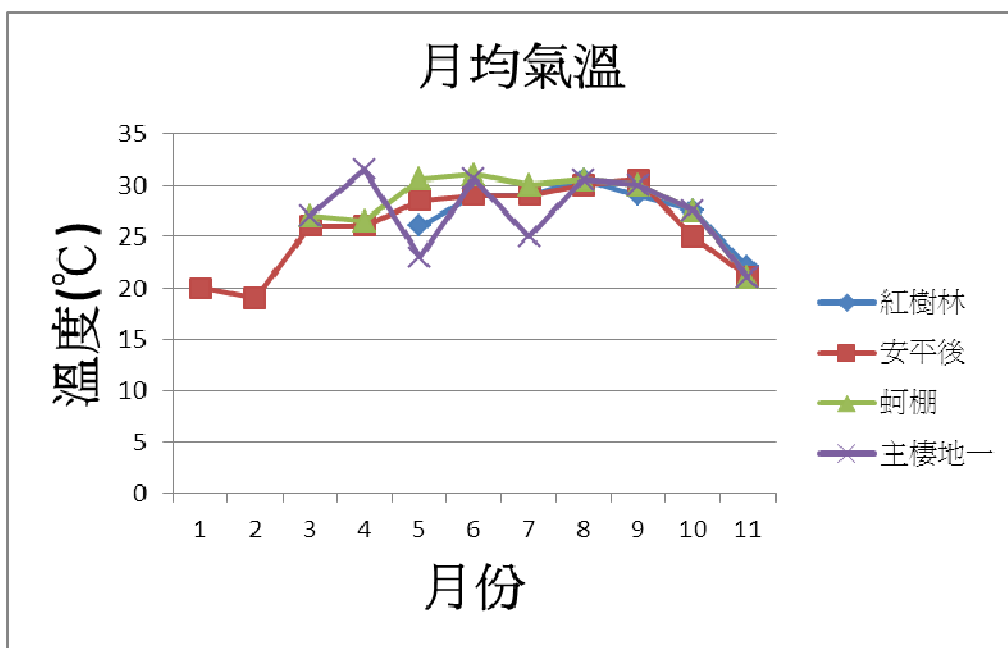


圖 3-4-6、紅樹林、安平後、蚵棚、主棲地一彈塗魚生息地區之月平均氣溫圖。

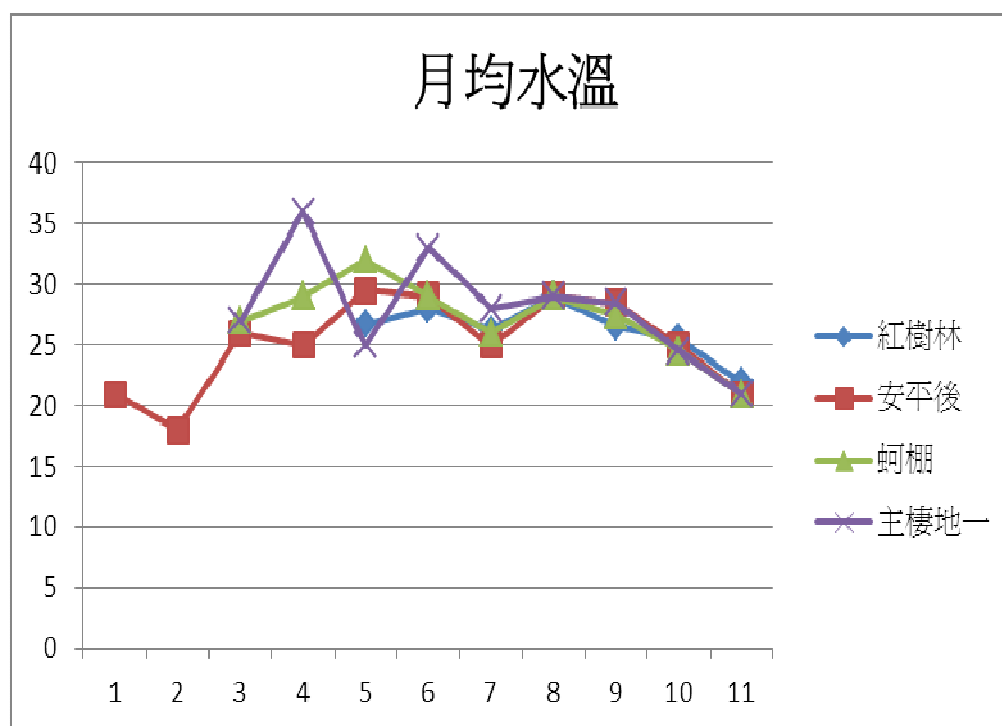


圖 3-4-7、紅樹林、安平後、蚵棚、主棲地一彈塗魚生息地區之月平均水溫圖。

三、鹽度

在彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)活動之潮間帶泥灘地，鹽度之變化可以說是相當劇烈，二月時的安平後、三、四月的蚵棚及主棲地都超過 40 度，但

在七月的紅樹林也發現僅有 5 度。顯見鹽度之變化是彈塗魚適應環境重要的課題之一，依鹽度變化與彈塗魚生殖行為推論，低鹽度與孵化可能有相當大之關聯，亦即孵化之條件需在較低鹽度之下(圖 3-4-8)。

四、 酸鹼度(pH)

彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)生息之灘地潮間帶酸鹼度略偏鹼性，夏季之 pH 較低，冬季較高(圖 3-4-9)。

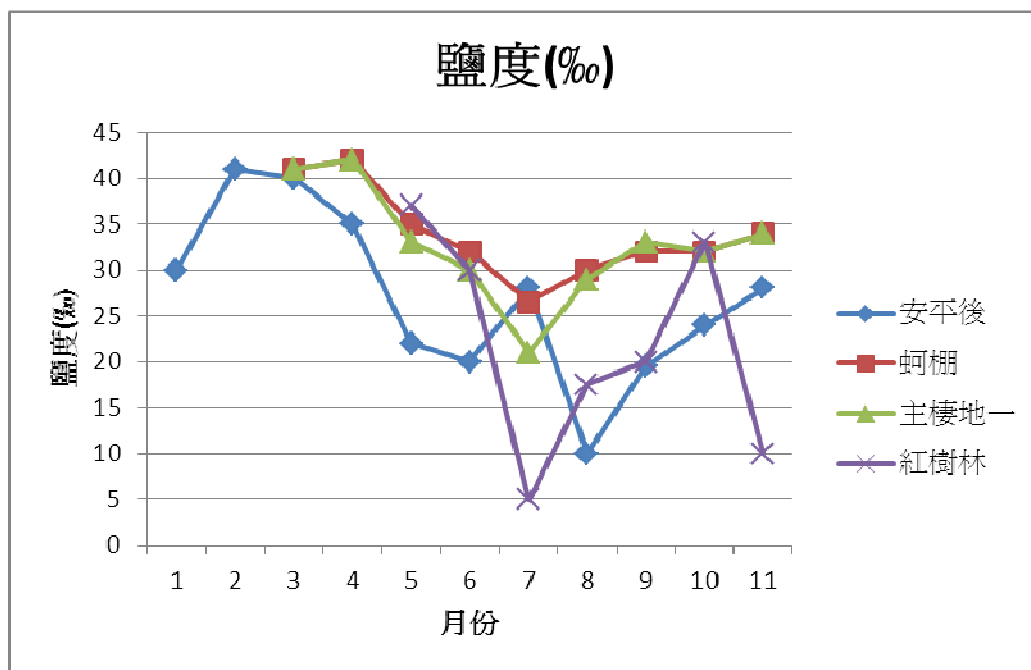


圖 3-4-8、紅樹林、安平後、蚵棚、主棲地一彈塗魚生息地區之平均鹽度變化圖。

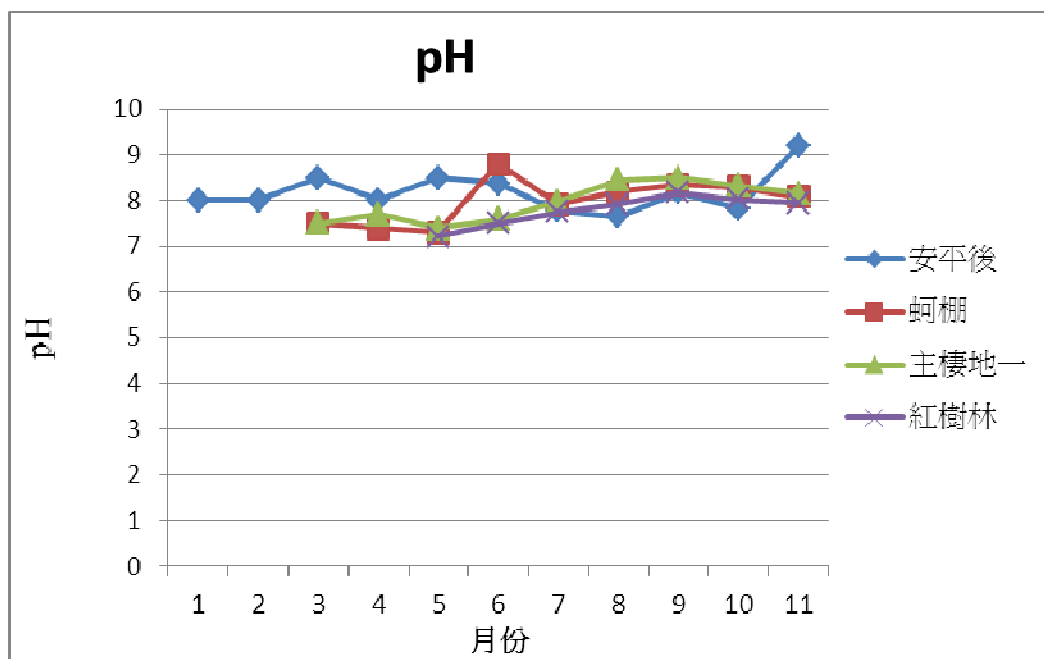


圖 3-4-9、紅樹林、安平後、蚵棚、主棲地一彈塗魚生息地區之酸鹼度變化圖。

五、溶氧量

調查樣區之溶氧量在各地區有不同之變化情形，大致而言似乎在天氣較熱時有較低之溶氧，但溶氧仍深受當地水流、潮汐、漲退潮之影響(圖 3-4-10)。

六、其他

調查中也分析了 NO₃⁻、NO₂⁻、KH、GH 等數值，但變化量並不明顯，未以圖表表示。

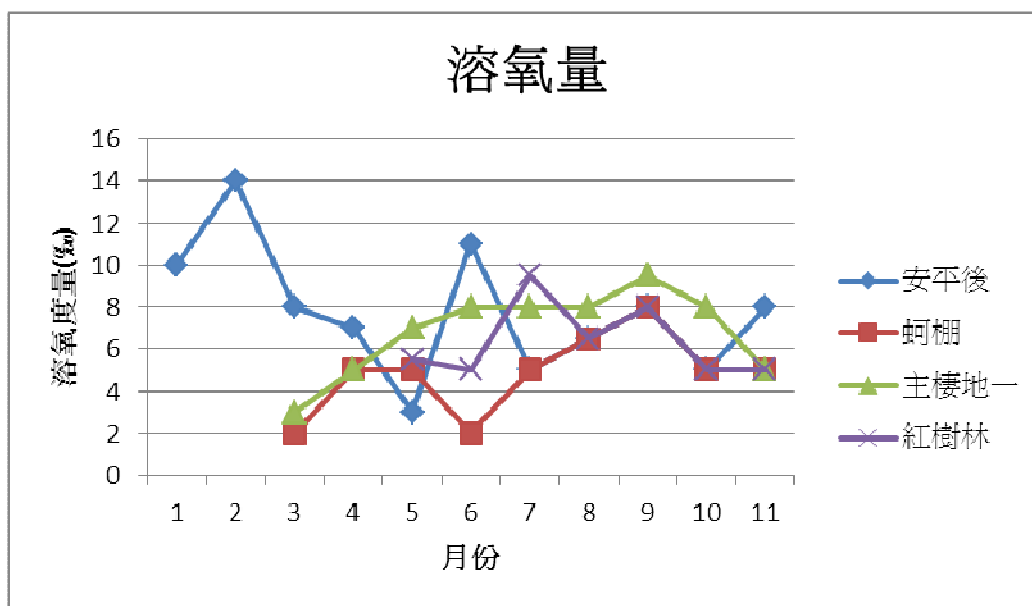


圖 3-4-10、紅樹林、安平後、蚵棚、主樓地一彈塗魚生息地區之溶氧量變化圖。

伍、生態行為

在台江國家公園內一月(氣溫 15 度)即有彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)之出現(安平後)，雖然數量稀少(三隻)，可知彈塗魚在台江國家公園內是終年可以觀察到。大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)出現似乎較慢，在我們的紀錄出現在三月之紅樹林一。在最後統整族群數量消長推斷，大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)數量較彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)為少，而且出現時間似乎也只在退潮較大的三月至五月才能觀測到在岸上活動的情形。另外在季節變化對於族群數量影響的方面，兩者都以求偶期最多到冬天則逐漸遞減，然而遞減的程度似乎各個地方都不同。例如安平後遞減情形較紅樹林為劇，原因仍不清楚有再探討的空間。最近調查(11 月 27 日)仍可發現相當數量之彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)(參考表 3-4-1~6)。以下針對彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)及大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)做生態行為之說明：

一、彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)

成魚體長約 5 公分，具有強烈領域性，是適應陸域生活較高之彈塗魚種類，喜歡活動於潮間帶濕地水線 1-5 公尺內活動，分布情形則與堤岸之陡峭

度有關，觀察彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)喜生活在 15 度以內之斜度，超過 30 度則明顯下降。以下分項介紹彈塗魚之生態行為。

(一)、覓食

觀察中彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)大部分出洞時間被觀察到是以覓食為主，用口器覓食，行為快速，吸取小生物，肉食性，食物為多毛類，小型甲殼類，昆蟲、稚魚、生物碎屑等。在我們的實際觀察中以出現昆蟲及生物碎屑為多(圖 3-4-11)。

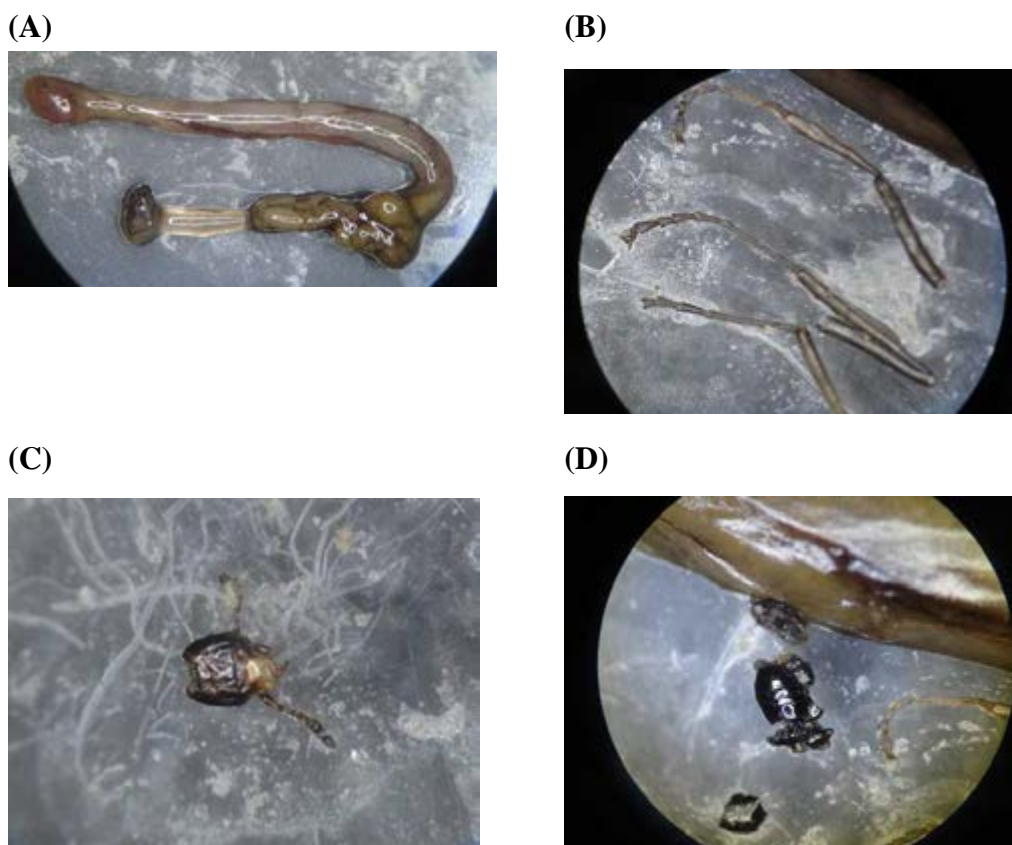


圖 3-4-11、彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)胃內含物分析。(A) 彈塗魚消化道。(B) 疑似螞蟻腳部。(C) 疑似螞蟻之頭部。(D) 疑似螞蟻之胸腹部。

(二)、築巢

第一次觀察有築巢挖土現象於 2012 年 4 月 20 日紅樹林一。築巢挖土見於公彈塗魚，觀察中發現公彈塗魚在挖完洞穴後就會到灘地上跳「彈塗魚之舞」吸引母魚及帶回洞穴。公彈塗魚會用口器含土至洞外吐出，以致洞外常有小型土堆堆積，小型土堆成顆粒狀，這「顆粒狀」為彈塗魚口器大小。若土質含水量高，則形成泥堆。在冬天時，會堆高洞穴提高洞口的高度，或是封閉一些洞口以達到調節洞口溫度的效果。另外在結構上，通道也有連接著退潮線以下積水區的洞口，推測與調節洞內溼度有關。

根據我們調查顯示，高密度的彈塗魚族群在築巢時有互通之現象，並形成

地下巨大迷宮(圖 3-4-12)，這巨大迷宮相信並非一隻彈塗魚所為，我們正嘗試了解地下迷宮是否有行成家族或社會體制，但至目前為止似乎尚未觀察到有較高階之社會行為。

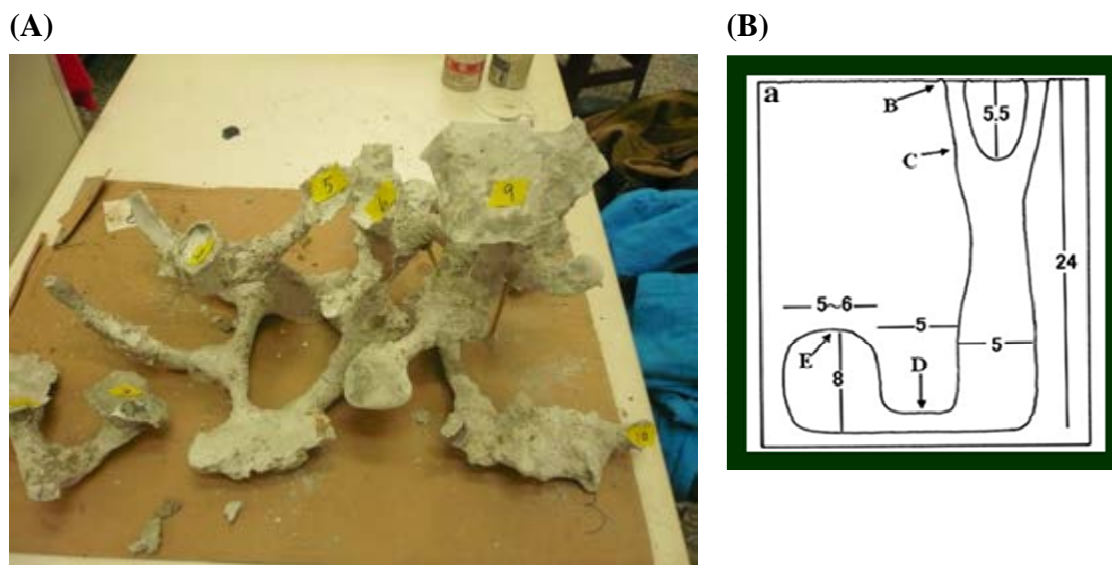


圖 3-4-12、彈塗魚巢穴模型。(A)於安平後採集之樣本與(B)國外學者研究之典型彈塗魚巢穴圖 (Baeck et al., 2008)。

(三)、水分保持

彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)皮膚表面有黏液，具有保濕之功能，在灘地活動時，體表之水分易被太陽蒸發或空氣帶走，為保持體表之濕潤，彈塗魚常有「翻身」之動作，動作相當快速，時間通常不及 0.5 秒，藉由「翻身」之動作濕潤體背，水分保持。

(四)、逃避敵害及移動

彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)受敵害時，可以有如「蜻蜓點水」般利用尾部拍打水面快速移動。彈跳時，使用短而有力之尾部為動力，一次彈跳距離可為自身之數倍距離。這種「蜻蜓點水」式的彈跳，並不易在其他魚類發現，可以說是彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)特有之行為。

彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)移動時可分為兩種方式，一種是使用尾部快速彈跳移動，力量來自彎起的尾部，利用尾部伸直時的彈跳力快速移動。另一方式是胸鰭和特化成吸盤之腹鰭交互運用達成爬行移動之功能。

(五)、威嚇

彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)具有強烈領域性，觀察中發現來犯者只要進入離巢 5-10 公分處即有威嚇行為並驅趕來犯者，驅趕包含彈塗魚及招潮蟹。恫嚇入侵者時豎起背鰭作攻擊狀。

二、 大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)

明顯別於彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)，在體型上即已大過彈塗魚數倍，身體上有淺藍色斑點為區別最大之特徵，背鰭呈現帆船狀之背鰭。恫嚇入侵者時豎起背鰭作攻擊狀，並會張開口部威嚇。大彈塗魚會有垂直跳躍動作，相信是宣示領域、存在及吸引異性之行為。大彈塗魚游泳時會將身體貼近水面，大部分的時間都在水邊或水中活動，不會像彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)離水遠，這是與彈塗魚行為上的一大差別，因此較難觀測到行蹤，也不易捕捉。

(一)、覓食

觀察中大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)最常生活活動以覓食為主，有別於彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)之攝食方式，大彈塗魚常見以「搖頭」方式刮食灘地表面之藻類為食。解剖大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)取出消化道做胃內含物分析時發現，胃內含物以矽藻(*Petronopsis sp*)為主(圖 3-4-13)，有別於彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)之肉食性，大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)是以藻類維生。

(A)



(B)



(C)



圖 3-4-13、大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)胃內含物分析。(A) 大彈塗魚消化道。(B) 單離大彈塗魚消化道。(C) 消化道中發現疑似矽藻(*Petronopsis sp*)，顯示大彈塗魚以底泥矽藻為食。

(二)、築巢

第一次觀察有築巢挖土現象於 2012 年 4 月 20 日紅樹林一。築巢挖土見於公彈塗魚，用口器含土至洞外吐出，以致洞外常有小型土堆堆積，小型土堆成顆粒狀，這「顆粒狀」為彈塗魚口器大小。若土質含水量高，則形成泥堆。

大彈塗魚相對於彈塗魚築巢更遠離灘地而更接近河心，築巢行為更難以觀察，可以發現大彈塗魚之巢穴洞孔均較彈塗魚為大。

(三)、水分保持

在溼地生活中為保持體表之濕潤，大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)如同彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)常有「翻身」之動作，動作相當快速，時間通常不及 0.5 秒。

(四)、逃避敵害及移動

大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)受敵害時，有別於彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)之蜻蜓點水快速移動位置，最明顯之動作即為淺入水中快速游離。由於大彈塗魚不像彈塗魚移動範圍離水較遠，很容易躲入水中遊走，對於躲避水鳥是重要之方式。

(五)、威嚇

大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)具有強烈之領域性，並有宣示領域性之行為，常見者為垂直向空中彈跳，這種彈跳姿勢靠腰部呈 S 形之推力，與彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)之移動方式有異曲同工之妙。這種彈跳行為在附近有雌性大彈塗魚時更明顯，除領域宣示外可能也是吸引雌魚注意之方法之一。恫嚇入侵者時豎起背鰭作攻擊狀，並會張開口部威嚇。具有強烈領域性，觀察中發現來犯者只要進入離巢 5-10 公分處即有威嚇行為並驅趕來犯者，驅趕包含彈塗魚、大彈塗魚及招潮蟹。恫嚇入侵者時豎起背鰭作攻擊狀。

大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)及彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)之最大天敵為水鳥類，以鷺鷥類為最大之天敵，調查中只要有鷺鷥類出現則無法觀察到彈塗魚，在長期觀察下，只要觀察到大量水鳥腳印，就不容易見到彈塗魚。

陸、求偶及生殖

一、求偶

調查中最早觀察到雄彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)有跳舞求偶之行為在紅樹林一觀察點，觀察之時間為 2012 年 4 月 20 日，隨後在 2012 年 4 月 29 日安平後觀察點也觀察到雄彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)有跳舞求偶之行為，在安平後觀察到大彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)有追尾之行為。可以確定台江國家公園內彈塗魚求偶之行為起於 4 月。

雄彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)求偶時有明顯之婚姻色，由原本土灰色

之外皮轉變成橘色或白灰色，雌魚則沒有明顯之顏色變化。大彈塗魚 (*Boleophthalmus pectinirostris*) 繁殖期並未觀察到有明顯的體色變化，此外大彈塗魚之追尾活動在水中進行，配對之雌雄個體會隱身於水底的巢穴中。

二、彈塗魚之孵化

有文獻中指出彈塗魚受精卵在經過 96-168 小時後就會孵化成小魚，換言之在環境適當情形下 4-7 天即可孵化。在我們的觀察中發現，最早的稚魚出現在 5 月 12 日的安平後，與第一次看到雄彈塗魚 (*Periophthalmus modestus*) 有跳舞求偶之行為之 4 月 29 日約過二星期，應是合理之推論。

彈塗魚孵化集中於五、六、七月，配合圖 3-4-8 之曲線變化可以發現此時環境中之鹽度下降，彈塗魚 (*Periophthalmus modestus*) 及大彈塗魚 (*Boleophthalmus pectinirostris*) 之孵化似乎在鹽度較低時會有較佳之結果。彈塗魚之孵化是在洞中孵化，由於無法借用到如內視鏡等觀察器材，並無法詳細觀察彈塗魚孵化之過程。目前中國大陸對於彈塗魚孵化技術相當熱中，是熱門的養殖種類。

三、彈塗魚挖洞行為

挖洞可能不是單純的建造產卵室，彈塗魚挖洞行為一直到九月還很容易觀察到，十一月就沒有觀察到挖土行為，有可能除了產卵之外，度冬或許也是一個可能的目的。

柒、築巢及型態

彈塗魚在濕地環境築巢，在高度變動的濕地環境中，溶氧可能在環境變化下減至趨近於零，在退潮日照時溫度也可能高過 40 度，無水濕潤時亦可能乾涸而死，此外如何逃避敵害，通風口與氧氣之取得、求偶與孵卵室的設立等，均是大自然考驗小生命的試鍊。除此之外，若相同地區有兩種以上的彈塗魚是否會共用巢穴、兩者之間的關係是互利或競爭、地盤領域性為何、共用的意義何在，對於彈塗魚生存是否有極大影響等，都極具有研究價值。

在我們的前實驗中已發現巢穴的多樣性(圖 3-4-14)，調查所取回的巢穴模型不單為 V、Y 以及 J 型，甚至可能出現複雜型巢穴，此與國內外相關報告文獻的結果有所出入。J 型與 Y 型巢穴對於彈塗魚具有深層的意義，除了通風口、調節氣壓與水壓、以及逃生之外，在繁殖季節將巢穴挖深後產卵，具有保護、儲水、孵育、逃避敵害之意義。

本調查已獲得不同於國內外相關彈塗魚生態行為及巢穴的研究結果(圖 3-4-12)，加深對於巢穴功能和生態意義之興趣，此證明台南濕地仍有極大的溼地生態秘密等待被挖掘，還待研究人員努力。

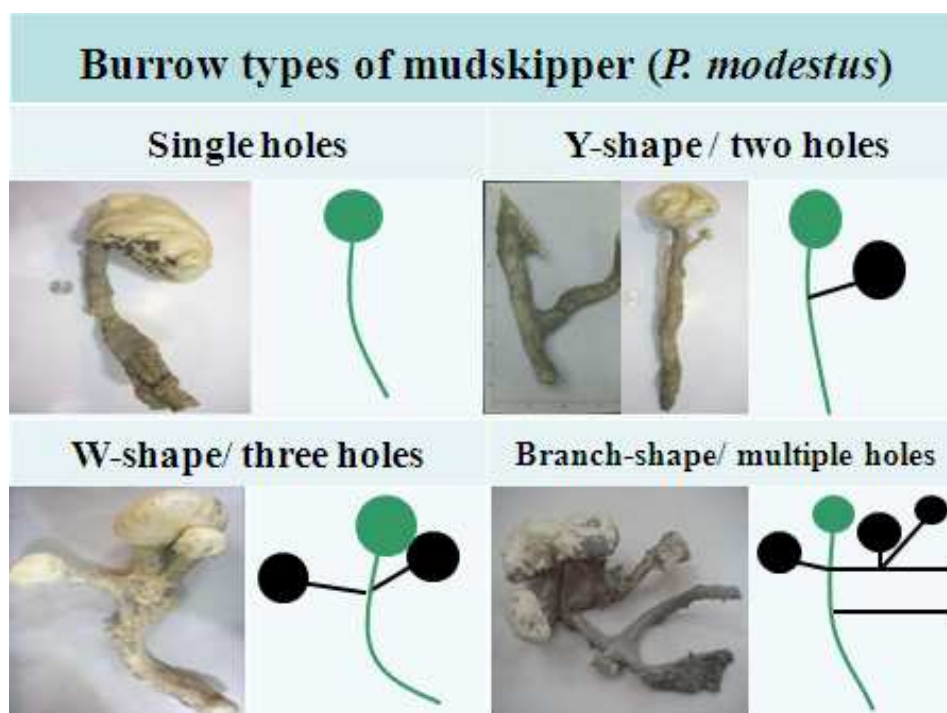


圖 3-4-14、彈塗魚(*Periophthalmus modestus*)巢穴四種基本形式示意圖。分別為簡單型(左上)、V 字型(右 上)、Y 字型及複雜型。

捌、非破壞性檢測

原本計畫租借 X 光掃描機掃描，觀察彈塗魚巢穴地底之立體結構，但由於 X 光掃描機價格昂貴，深怕海水侵蝕機器造成損壞，接洽之廠商並不願意配合出借，這項調查尚未執行。

玖、社會行為

本研究觀察人員在觀察彈塗魚時常用望遠鏡觀察族群之活動及行為，並且持續至少 30 分中以上之觀察及攝影。在長達一年左右觀察彈塗魚的社會行為及相互間個體之關係，但似乎未觀察出有高階之社會行為現象。最常見之社會行為為包含威嚇、驅趕、求偶等行為，並未觀察到有較高級之集體行動、階級、分工、合作等現象，似乎有必要再做更長期之觀察。

拾、泥沙採集方式及底棲生物調查

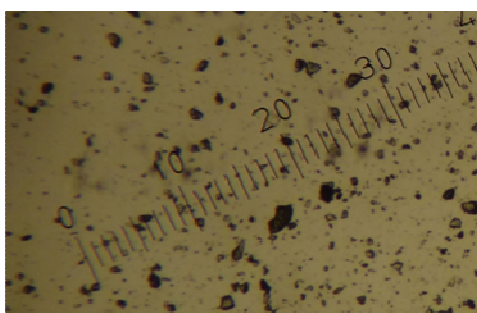
為探討彈塗魚生長環境之土質及相關生物，我們分別採取了彈塗魚生息地方之泥土做分析，以紅樹林 11 月 24 日採樣為例，分析表層(3 cm)、中層(5 cm)、下層(15 cm)，攜回實驗室於顯微鏡下觀察，發現有各種大小之粒徑，3cm 及 5cm 差異不大，粒徑大小約為 0.005 -0.008 公分，15 cm 深之粒徑較大，推測約在 0.005 - 0.01 公分(圖 3-4-15)。

底棲生物調查中，最常與彈塗魚共生之生物包含各種招潮蟹、卷螺及海蟑螂為多。種類如下：清白招潮蟹 (*Uca lactea*)、屠氏招潮蟹(*Uca dussumieri*)、粗腿綠眼招潮蟹(*Uca crassipes*)、燒酒海蜷(*Batillaria zonalis*)等。

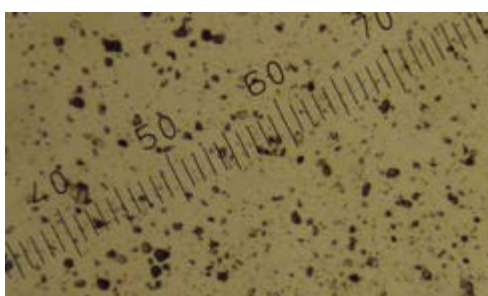
(A)



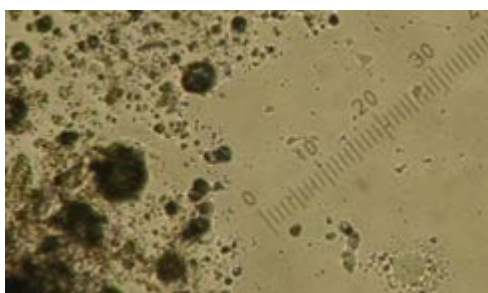
(B)



(C)



(D)



(單位:0.01cm)

圖 3-4-15、彈塗魚生長環境粒徑分析。分別採自不同底泥深度，自左向右依序為 3cm, 5cm, 15cm(A)。 (B)3cm 底泥深度顯微攝影。(C)5cm 底泥深度顯微攝影。(D)15cm 底泥深度顯微攝影。

第四章 結論與建議

第一節 黑面琵鷺族群分布及棲地利用調查

壹、持續進行黑面琵鷺國際交流合作

由 T46 及 T47 衛星資料顯示，雖然這兩隻都成功北返抵達韓國地區，路線略有差異。T47 較早出發，由布袋出海，至福建，經過杭州灣，沿著江蘇沿海、山東半島、遼東半島到北韓，花費 18 天。T46 較晚出發，由台灣北部出海，直達杭州灣、上海，再到北韓，花費 15 天。本次研究採用發報器類型每天均可持續定位座標約 8 小時，較精確追蹤黑面琵鷺遷移過程及記錄遷移速度，有助於我們對黑面琵鷺的遷移路程了解(圖 4-1-1)。此外，透過在韓國合作繫放之 E 65 的衛星追蹤，本計畫亦成功追蹤到黑面琵鷺的南遷路線，其南遷時僅花費約 30 小時，即從韓國到達台灣，遷移距離約 1700 公里，中間幾乎無停留，顯示其南遷的速度較快，此為黑面琵鷺跨國合作的成功案例，建議未來持續進行國際交流合作。

貳、重視保護區以外的黑面琵鷺棲地

本計畫開始時間已接近黑面琵鷺第一度冬後期(2-5 月)，故黑面琵鷺多呈小群分散在曾文溪口以南及以北地區，北達布袋鹽田區。就棲地變化而言，以往之調查顯示(王等，1999) 黑面琵鷺經常利用接近主棲地的東魚塢區漁塢，該區原多為廢置漁塢，然最近幾年該區的漁塢均已被漁民承租養殖，水位過深，故黑面琵鷺利用該區域比例減少。轉而較常利用西邊的台南大學西校區，該區域漁塢亦多為廢置漁塢，因校區尚未興建，故棲地環境仍保持較原始狀態。本區域為國家公園區域外，目前亦為台江國家公園魚類養殖試驗場地。

綜合衛星資料及實地觀察資料顯示，黑面琵鷺在度冬後期利用棲地幾乎都分布在國家公園以外地區，利用棲地類型包含廢棄漁塢、休養魚塢、及私人魚塢因收成水位暫時放低者。本年度秋季 9-12 月調查顯示，國家公園外的土城地區黑面琵鷺利用數量曾高達 500 隻，顯示該區域之重要性。此亦顯示保護區之經營管理不能只重視保護區內棲地，應與鄰近私人魚塢區域建立夥伴關係，確保黑面琵鷺度冬棲地的安全。建議應優先建立夥伴關係之私人魚塢，包含曾文溪以北之北魚塢區，曾文溪以南為土城區。

參、建議設立鳥類繫放站

本計畫有別於以往之捕捉，首次採用假鳥模型，成功吸引黑面琵鷺停棲，成效良好。然而在繫放過程，發現沒有適合之繫放工作站，建議管理處應在四草及七股地區分別設立野鳥繫放站，建立鳥類長期研究繫放計畫，並針對繫放人員進

行訓練，使日後野鳥相關繫放工作可互相支援，並拓展國際合作空間。

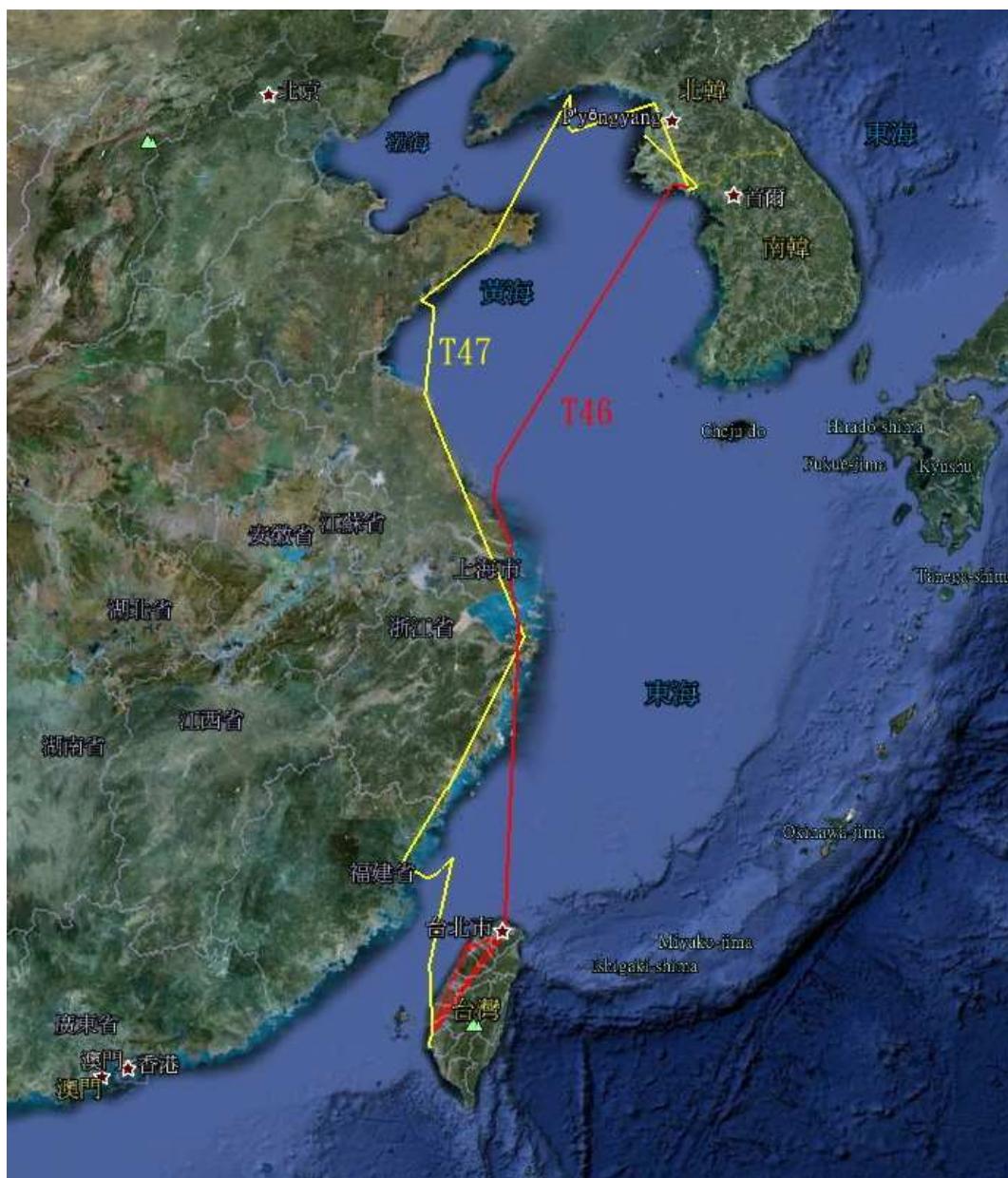


圖 4-1-1、T46 及 T47 春季北返遷移路線圖

第二節 台江國家公園與周邊魚塭的變遷監測

本計畫以 2006 年到 2011 年不同年代的空間資料配合衛星影像分析，顯示變遷熱點在郭婦產區和東魚塭區兩區需特別注意，且衛星影像有助於黑面琵鷺的棲地監測。主要結論及相關建議如下：

壹、結論

不同分區的養殖魚種和變化趨勢可能有所差別，在全台灣和台南市的石斑養殖面積或產量都有顯著增加，但各分區的石斑養殖面積變化趨勢並不一致。若以全台灣產量趨勢與市場需求評估石斑養殖的趨勢，石斑養殖面積的增加顯然是必然的趨勢。而全台的虱目魚產量無顯著變化，在台南市研究全區和各分區的養殖面積趨勢也不一致，所以不容易預測各分區未來虱目魚養殖面積的變動。同樣地，文蛤和各種蝦類在產量和養殖面積趨勢以持平和上升居多，預測文蛤和各種蝦類的養殖面積應和緩上升。

發覺變遷熱點所在的郭婦產區和東魚塢兩區，郭婦產區的石斑養殖大量取代虱目魚塢，而東魚塢則有人為養殖活動加劇及陸化的改變。這兩區在目前黑面琵鷺的主要族群活動範圍附近，可能對黑面琵鷺族群已經產生影響。鑑於石斑的養殖增加的趨勢，已發現變遷熱點需持續追蹤，一些可能的改善措施也需要研議。

魚塢的分類是人類由養殖魚種而來的分類方式，在鳥類棲地的考量似乎會成為侷限，魚塢養殖型態似乎更接近棲地考量的事實。魚塢的分類資料來自生產事業的獲利和產業輔導的初衷，就偵測魚塢變遷而言，對跨魚種改變的魚塢養殖可以有直接比較的方便，但對同種魚不同的養殖型態就沒有太明顯的助益。例如傳統淺坪虱目魚養殖對黑面琵鷺族群提供很主要的覓食區，換成深堵虱目魚養殖對黑面琵鷺族群幫助就相對小，這是魚塢養殖型態卻沒有涉及跨魚種改變，不會出現在魚塢分類登記資料裡，卻明顯呈現於歷史的衛星影像中。引入衛星影像的監測，對黑面琵鷺棲地監測應該有不只是範圍的全面，更有深入養殖型態區分的好處。本研究的黑面琵鷺與植被關係，也是跨魚塢分類的結果才能解釋的。

貳、建議

由全國魚產量與各分區養殖面積趨勢的不完全一致，顯示不同尺度的趨勢反應可以存在差異，這其實就是階層系統理論(Hierarchy Theory)中不同層級間離散性(discrete)的表現。也暗示小區域的人為介入，是可以抗拒大趨勢的變化。抗拒大尺度趨勢變化以維持黑面琵鷺棲地需求的養殖型態，在理論上是可行的。但是食源實驗性養殖黑面琵鷺仍存在一些問題，如過度集中族群造成行為的改變或傳染病，以及對自然干擾的風險，都需要審慎小心。

鑑於石斑養殖的增加趨勢，尋找和監視變遷熱點就相當重要，對已發現變遷熱點的持續追蹤，對這些地點周圍造成的影響研究，以及公權力介入制止或逆轉趨勢，都需要提出方案或行動。

魚塢的分類是人類由養殖魚種而來的分類方式，在鳥類棲地的考量似乎會成為侷限，以衛星影像監測鳥類棲地似乎較無主觀的分類觀點，直接有效的大範圍共通點較容易發覺，值得持續投入。

第三節 黑面琵鷺休息棲地及覓食區水質與初級生產量調查

本計畫於 2012 年 2 月底至 12 月，於黑面琵鷺棲地範圍內之休息棲地、覓食魚塭，以及其他水體進行水質、初級生產量以及相關環境參數調查，同時也對不同類型魚塭水質進行了解，調查所得之主要結論以及相關建議如下：

壹、結論

- 一、調查區域內水體之形態、水質與初級生產力差異非常大，使用水體面積、平均水深，以及初級生產力等參數進行多元尺度分析的結果顯示，黑面琵鷺對於覓食魚塭的選擇並未受到此等因素影響，然休息棲地的選擇，則有偏好大面積水體之傾向。
- 二、三個主要休息棲地之中，北汕尾水鳥保護區大池仔因周邊水體污染嚴重，有高度優養化情況，影響水域生態的健全；頂山鹽田區則因水淺以及蓄水循環不良，造成鹽分與水溫大幅變動，不利於水生物的棲息與繁殖；黑面琵鷺主棲地由於蓄水與海水交換顯著，優養化情況輕微，水域環境品質較好。
- 三、鹽灘形態的水體如北汕尾水鳥保護區鹽灘各池以及頂山鹽田區各池，都顯現春天雨季開始前水溫及鹽度高，以及降雨後鹽度快速降低的情況，水域環境穩定性不佳，對於水生物的生長與繁殖造成不良影響。
- 四、針對不同類型魚塭所做調查結果顯示，文蛤池最淺，優養化程度低，蓄水清澈，水質較佳；淺坪式與深水虱目魚塭優養化程度高，水質較不穩定；石斑池水深最大，優養化程度亦低。

貳、建議

- 一、立即可行之建議
 - (一)、北汕尾水鳥保護區大池仔以及鄰近的郭婦產漁塭因周邊水體污染嚴重，而有高度優養化現象，此區水域環境的最終改善有賴鹽水溪排水線水質的提升，但短期內可以透過閘門控制，引進較為潔淨的漲潮海水。
 - (二)、小型廢棄魚塭多處於相對貧養狀態，水質較好但初級生產力低，若以黑面琵鷺食物供應為考量，適度的營養鹽供應以提高此等魚塭的初級生產力為可行的經營管理方式。
- 二、中長程建議
 - (一)、頂山鹽田區以及北汕尾水鳥保護區各鹽灘型態水體，因水淺與蓄水循環

不良，導致水溫與鹽度大幅變動，環境條件不穩定，影響水生物棲息與繁殖。透過水門控制維持較大水深或構築深槽，以及強化蓄水與周邊水體的交換，可提升這些水體水質與水域環境的穩定性，有利於黑面琵鷺食物的生產。

- (二)、水為濕地之主體，水質管理為水鳥棲地經營管理主要工作之一，建立周延的水質監測站網，進行長期水質監測，為黑面琵鷺保育之重要課題。

第四節 台江國家公園彈塗魚生態研究

壹、結論

- 一、本研究利用彈塗魚作為指標生物探討黑面琵鷺選擇主棲地停留之原因，實驗結果顯示環境中彈塗魚的肥滿度並不是引誘黑面琵鷺選擇主棲地之主要原因。換言之食物因素非吸引黑面琵鷺停留之主要原因
- 二、依目前調查結果顯示，彈塗魚環境忍受度不如我們所認知的強，主棲地一的調查點在颱風過後受到嚴重之破壞，導致族群消失，其他之棲地也受到人為或自然因素嚴重受到破壞，需相關單位重視之。
- 三、彈塗魚在臺江國家公園內分布地點相當有限，希望能進行保育。

貳、建議

- 一、立即可行之建議
 - (一)、國家公園內之工程宜使用生態工法，道路、護堤、河岸工程應該使用適當、對環境影響最小之工程方法，非生態工法之工程，水泥化將使潮間帶生物棲地消失、彈塗魚、招潮蟹等物種絕滅。
 - (二)、彈塗魚在臺江國家公園內分布地點已經相當有限，希望能效仿國外如日本將彈塗魚列入瀕危生物，啟動保育機制。
 - (三)、國內相關彈塗魚研究相當不足，希望能重視彈塗魚生態及相關研究。
- 二、中長期建議
 - (一)、黑面琵鷺研究及棲地營造同等重要，應導正只重視黑面琵鷺不重視棲地營造之現象。
 - (二)、教育及宣導應以宣導濕地生態之重要性為主，黑琵中心應擔負濕地生態教育及解說之功能，非介紹黑面琵鷺為主，主管單位應宏觀保育黑面琵鷺，而不是只有關心黑面琵鷺數量。

附表一、台南市研究全區的魚種養殖面積在 2006-2011 年的變化

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
虱目魚	47776310	47009909	49562175	42387243	52866629	54982502
虱目魚苗越冬 養殖	7125880	7563002	4394052	780763	282247	2432602
文蛤	9872458	10784651	11732862	9800270	11963202	12134699
青斑	0	0	0	2164789	3674565	4181189
龍膽石斑	0	0	0	2559791	3236922	3093466
其他石斑	0	0	0	1461493	869306	662737
金錢斑	0	0	0	1147	3119	2184
石斑	3492139	3560146	3449494	0	0	0
紅斑	0	0	0	9154	8242	0
白蝦	5332566	4701266	4559250	2083749	2975491	2947844
吳郭魚	2903457	2513801	2509128	1907040	1929311	2333991
烏魚	3455489	2829643	2500965	1450879	964818	1051394
鰻魚	859796	627050	435349	701728	833641	888789
草蝦	1321158	1376266	1087969	585491	765203	731961
金目鱸	110152	131147	108073	294881	462668	514854
餌料池(輪虫)	0	0	0	0	349592	422212
花跳	722151	738490	729297	327209	417455	408104
龍鬚菜	101396	101396	101396	0	375521	379735
螃蟹類	94649	118608	189733	81642	165977	284011
其他	647495	724263	1927207	393972	385240	266039
鯉科魚(含草鯪 魚)	581888	512302	528936	232743	149022	205846
沙蝦	163150	118850	99151	82087	106429	152055
筍殼魚	0	0	0	0	70960	102978
黃臘魚參	0	0	0	0	92287	88673
泥鰱	12778	31959	12778	18522	40933	42817
七星鱸魚	165544	224775	255233	78943	25182	26057
其他鱸魚	46501	63530	30646	14901	36436	20877
黑鯛	94847	82254	72644	17322	15019	15663
午仔	0	0	0	0	11592	13918
淡水長腳蝦	1940	1940	1940	8163	8667	12771
紅尾蝦	2018	3157	1742	0	12371	12371

續附表一

變身苦	0	0	0	0	8989	11017
九孔	1825	397	397	51226	0	9612
黃鰭鯛	17718	24312	28608	5814	9844	8644
包公魚	0	0	0	0	11551	6746
其他鯛魚類	18385	20280	16396	3156	8327	6348
斑節蝦	10268	10647	10648	0	0	4463
海鱷	11185	42959	42960	1628	1628	1518
花身雞魚	4998	4998	4999	0	1250	1250
甲魚(鱉)	11746	10140	10140	0	0	0
西施貝	0	4304	0	0	0	0
赤鰭笛鯛	0	0	96365	0	0	0
香魚	0	0	6475	0	0	0
淡水鯰	0	0	0	0	2121	0
斑節蝦	0	0	0	0	1378	0
黃臘魚參	272603	273040	138221	25903	0	0
鱒	26126	31216	31217	2840	0	0
停養或空池	0	0	838901	10769826	11961563	13602675
非魚塭	0	0	0	1949751	1668832	23096
拒訪	0	0	0	0	554546	1217410
未知	16522989	23770094	22474576	27887454	9431991	3702064
總計	101781607	108010794	108010814	108141521	106775961	107007181

附表二、休息棲地水質

休息棲地	代號	日期	Weather	Temp (°C)	pH	DO (mg/L)	Sal (ppt)	Turb (NTU)	OP (mg/L)	TP (mg/L)	TN (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	SiO ₂ (mg/L)
頂山東池	H-DS	2月7日	晴	22.6	8.1	5.0	51.0	16.1	0.06	0.19	1.27	0.07	0.05	0.003	83.31	0.44
		3月26日	晴	23.0	8.1	4.5	64.8	12.7	0.05	0.13	2.21	0.11	0.92	0.001	27.35	0.18
		4月23日	晴	32.7	8.2	5.4	63.4	15.8	0.05	0.16	1.15	0.14	0.67	0.002	54.02	0.36
		5月28日	晴	34.1	8.5	6.2	24.8	16.2	0.04	0.17	0.70	0.05	0.31	0.001	32.47	0.43
		6月27日	晴	34.4	8.7	6.3	7.8	22.6	0.04	0.04	0.52	0.04	0.15	0.001	13.51	0.11
		7月23日	晴	33.9	8.6	7.4	19.2	24.9	0.04	0.20	0.68	0.31	0.31	0.001	38.5	1.79
		8月20日	晴	33.1	8.6	4.8	9.5	22.5	0.08	0.21	0.37	0.13	0.16	0.002	4.81	2.98
		9月21日	晴	30.7	8.3	5.2	24.7	27.9	0.04	0.44	0.44	0.03	0.35	0.001	52.53	1.82
		10月21日	晴	29.4	8.2	5.1	34.6	35.5	0.11	2.00	1.87	0.51	0.39	0.001	31.28	1.63
		11月24日	陰	24.2	8.3	7.8	34.2	24.4	0.07	1.18	3.55	0.44	2.36	0.012	50.40	0.08
		12月14日	晴	23.3	8.3	3.6	35.8	18.0	0.05	0.40	1.61	0.72	0.77	0.002	10.49	5.08
四草 A2 大池	H-A2	2月7日	晴	22.2	8.6	10.2	31.4	20.4	0.26	0.36	0.22	0.05	0.12	0.001	87.00	0.30
		3月26日	晴	20.2	8.5	7.5	32.6	33.1	0.51	0.74	1.09	0.05	0.35	0.001	100.95	1.32
		4月23日	晴	28.6	8.6	5.8	32.1	43.1	0.64	0.94	1.41	0.06	0.38	0.001	88.26	0.15
		5月28日	晴	29.8	8.6	3.8	17.5	45.1	0.57	0.94	0.98	0.03	0.24	0.001	123.01	4.45
		6月27日	晴	32.5	8.8	4.1	9.5	31.3	0.10	0.44	0.91	0.05	0.15	0.001	47.46	3.40
		7月23日	晴	29.1	8.3	4.75	16.7	29.1	0.55	1.27	0.50	0.05	0.25	0.001	83.13	3.59
		8月20日	晴	30.8	8.7	5.7	12.6	49.0	0.31	1.40	0.45	0.04	0.18	0.001	22.88	4.83
		9月21日	晴	27.4	8.3	2.1	20.9	48.3	0.30	0.90	0.38	0.03	0.29	0.001	102.76	3.09
		10月21日	晴	25.3	8.1	3.8	28.1	53.2	0.64	2.80	2.55	0.57	0.38	0.002	125.57	8.44
		11月24日	陰	26.2	8.9	12.5	23.4	96.9	2.06	0.69	2.45	0.44	1.85	0.020	99.60	0.49
		12月14日	晴	29.8	8.7	8.4	26.9	42.6	0.28	0.30	1.30	0.71	0.52	0.002	58.77	4.01

續附表二

主棲地北	H-MN	2月7日	陰	22.7	7.9	8.3	33.0	6.3	0.08	0.12	0.60	0.10	0.13	0.004	3.24	0.21
		3月26日	晴	24.2	8.2	6.7	31.0	11.6	0.05	0.08	0.52	0.05	0.27	0.001	3.52	0.00
		4月23日	晴	29.3	8.3	8.5	31.5	7.3	0.03	0.13	0.99	0.10	0.32	0.001	17.32	0.00
		5月28日	陰	30.6	8.3	6.3	22.9	10.2	0.02	0.03	0.35	0.05	0.22	0.001	6.83	0.60
		6月27日	晴	35.3	8.2	2.6	24.0	45.2	0.05	0.07	0.58	0.08	0.37	0.003	4.99	1.159
		7月23日	晴	30.2	8.3	5.6	29.6	15.8	0.04	0.07	0.57	0.19	0.34	0.002	1.79	0.56
		8月20日	晴	30.7	8.2	4.7	27.0	28.7	0.07	0.39	0.53	0.18	0.30	0.002	0.37	1.35
		9月21日	晴	27.2	8.3	5.1	29.5	16.9	0.00	0.30	0.45	0.07	0.36	0.001	3.65	0.73
		10月21日	晴	26.1	8.2	6.0	31.8	7.4	0.08	0.80	1.47	0.10	0.37	0.004	6.63	5.30
		11月24日	陰	23.5	8.4	7.3	28.9	13.6	0.06	0.06	2.08	0.44	1.38	0.032	2.19	0.00
		12月14日	晴	25.2	8.6	6.6	30.8	7.9	0.05	0.03	1.16	0.73	0.35	0.003	0.60	2.78
主棲地南	H-MS	3月26日	晴	24.9	8.2	8.0	34.6	15.1	0.05	0.06	1.49	0.06	0.33	0.001	2.82	0.00
		4月23日	晴	32.4	8.1	7.1	32.7	10.5	0.04	0.10	0.87	0.09	0.32	0.000	1.76	0.05
		5月28日	晴	31.9	8.3	2.9	15.9	25.7	0.05	0.08	0.36	0.09	0.19	0.002	5.86	1.07
		6月27日	晴	38.0	8.3	3.1	23.0	15.4	0.03	0.05	0.75	0.21	0.39	0.004	2.39	1.77
		7月23日	晴	31.2	8.4	7.2	29.1	19.7	0.02	0.09	0.49	0.15	0.32	0.001	1.59	0.72
		8月20日	晴	33.9	8.1	5.5	25.3	30.8	0.07	1.39	0.45	0.11	0.33	0.001	0.27	2.11
		9月21日	晴	28.1	8.3	5.5	30.1	33.4	0.03	0.20	0.43	0.06	0.35	0.001	4.82	0.62
		10月21日	晴	28.1	8.2	6.5	33.5	11.6	0.09	2.40	1.69	0.10	0.38	0.002	1.84	5.23
		11月24日	陰	26.4	8.4	7.1	28.3	9.8	0.03	0.16	1.98	0.45	1.37	0.036	2.09	1.99
		12月14日	晴	27.5	8.6	7.1	31.7	5.2	0.00	0.05	1.05	0.55	0.38	0.002	0.73	2.20

附表三、食魚塭水質

覓食魚塭	代號	日期	Weathe r	Temp (°C)	pH	DO (mg/L)	Sal (ppt)	Turb (NTU)	OP (mg/L)	TP (mg/L)	TN (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	SiO ₂ (mg/L)
府安東魚塭	F-FA	2月7日	陰	23.1	8.2	5.7	8.9	6.9	0.49	0.67	2.17	0.040	0.145	0.001	54.56	1.07
		3月26日	晴	19.6	8.4	6.1	12.2	5.9	0.64	0.77	3.97	0.080	0.676	0.001	60.83	4.13
春生東北魚塭	F-CS	2月7日	陰	21.7	8.1	12.0	9.6	19.2	0.47	0.75	2.95	0.050	0.181	0.001	95.74	0.00
春生東南(東北無水)	F-CS1	3月26日	晴	20.9	8.5	6.4	26.0	17.1	0.16	0.34	5.42	0.080	1.740	0.001	20.90	0.00
四草 A3 西南魚塭	F-A3	2月7日	陰雨	20.5	7.9	7.2	36.2	14.9	0.05	0.22	0.63	0.140	0.129	0.001	96.04	1.13
		3月26日	晴	22.2	8.3	5.0	41.3	4.8	0.03	0.09	0.75	0.050	0.551	0.000	36.49	0.43
南大 C1 魚塭	F-ND-C	2月7日	陰	21.7	8.3	8.4	28.8	46.2	0.12	0.22	1.09	0.050	0.115	0.001	85.08	0.00
		3月26日	晴	24.1	8.5	10.5	39.0	56.8	0.19	0.44	1.12	0.050	0.618	0.001	127.17	2.07
南大 B1 魚塭	F-ND-B	2月7日	陰	22.0	8.2	8.4	19.4	4.5	0.01	0.10	1.39	0.050	0.094	0.002	17.18	0.20
		3月26日	晴	31.6	8.3	8.0	31.7	36.3	0.14	0.36	2.74	0.040	0.713	0.001	143.31	0.31
南大 A1 魚塭	F-ND-A	2月7日	陰	22.2	8.2	7.8	26.1	8.7	0.02	0.09	0.72	0.100	0.114	0.001	8.84	0.17
		3月26日	晴	31.8	8.2	7.2	38.0	3.7	0.01	0.05	1.37	0.050	0.765	0.001	4.63	0.39
四草郭婦產魚塭	F-SK	2月7日	晴	21.0	8.0	2.8	28.4	215.0	0.71	1.53	5.20	0.480	1.313	0.024	541.28	0.29
		3月26日	晴	21.1	8.7	6.9	30.5	62.4	0.64	1.19	9.74	0.440	0.639	0.005	136.74	1.48
		10月21日	晴	25.9	8.4	4.0	17.7	25.2	0.380	1.60	2.34	0.42	0.42	0.003	58.66	7.06
		11月24日	陰	25.1	8.5	10.2	18.3	52.1	0.21	0.52	2.46	0.25	2.06	0.034	154.37	2.27
		12月14日	晴	27.0	9.2	11.5	19.9	54.2	0.21	2.06	1.52	0.58	0.71	0.002	66.29	5.01

附表四、周邊水體水質

周邊魚塭	代號	日期	Weat her	Temp (°C)	pH	DO (mg/L)	Sal (ppt)	Turb (NTU)	OP (mg/L)	TP (mg/L)	TN (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	SiO ₂ (mg/L)
府安西魚塭	Z-FA-1	2月7日	陰	23.3	8.1	5.3	10.5	12.3	0.03	0.26	2.59	0.04	0.15	0.001	68.53	0.05
		3月26日	晴	20.1	8.1	5.2	14.4	15.4	0.08	0.26	2.40	0.05	0.76	0.001	75.43	0.84
府安東南魚塭	Z-FA-2	5月28日	陰雨	30.3	7.8	2.1	0.8	9.9	0.09	0.19	0.56	0.04	0.42	0.001	51.00	2.39
府安西南魚塭	Z-FA-3	5月28日	陰雨	29.7	7.7	3.0	0.7	7.2	0.33	0.47	0.61	0.05	0.40	0.001	71.19	7.50
春生西北魚塭	Z-CS-1	2月7日	陰雨	22.1	8.2	10.6	14.4	48.7	0.24	0.50	1.13	0.05	0.18	0.001	82.69	0.02
		3月26日	晴	19.6	8.4	6.7	26.9	16.4	0.85	1.00	5.33	0.07	1.57	0.001	7.08	0.01
春生西南魚塭	Z-CS-2	5月28日	陰雨	29.7	7.7	3.4	3.5	10.3	0.41	0.46	0.52	0.04	0.46	0.001	22.50	3.94
春生南西西魚塭	Z-CS-3	5月28日	陰雨	29.8	7.5	2.4	3.5	19.5	0.37	0.46	1.28	0.07	0.24	0.001	87.72	3.18
南大西魚塭	Z-ND-1	4月23日	晴	29.9	8.1	6.2	40.3	15.7	0.04	0.15	0.40	0.09	0.30	0.001	19.18	0.00
南大西北魚塭	Z-ND-2	4月23日	晴	30.8	7.6	4.6	41.1	3.8	0.04	0.15	1.41	0.49	0.48	0.004	36.28	0.71
南大北魚塭	Z-ND-3	5月28日	陰	31.2	7.9	5.9	14.8	13.9	0.11	0.16	0.46	0.16	0.23	0.004	27.60	1.66
四草 A2 西北池	Z-A2-1	4月23日	晴	29.0	8.4	4.6	64.2	35.4	0.07	0.19	2.40	0.11	1.24	0.001	70.63	0.16
		10月21日	晴	23.8	8.0	3.6	20.8	16.9	0.09	0.80	1.52	0.05	0.37	0.002	31.73	5.01
		11月24日	陰	24.8	8.6	9.1	22.4	24.8	1.81	0.29	2.39	0.44	1.84	0.017	23.02	0.09
		12月14日	晴	26.0	8.6	7.5	24.2	11.7	0.09	0.08	1.42	0.62	0.62	0.002	25.35	2.92
四草 A2 東北池	Z-A2-2	4月23日	晴	29.6	8.2	3.6	57.4	22.8	0.08	0.29	2.34	0.67	1.58	0.000	98.34	0.17
		10月21日	晴	24.6	8.0	3.7	21.6	21.0	0.09	1.00	1.82	0.48	0.32	0.002	24.56	6.99
		11月24日	陰	25.2	8.5	8.0	22.4	24.6	0.22	0.16	2.22	0.38	1.79	0.022	28.21	0.06
		12月14日	晴	26.5	8.6	8.2	24.4	9.18	0.09	0.19	1.60	0.80	0.71	0.003	29.86	3.12

續附表四

四草 A3 東魚塭	Z-A3-1	2月7日	陰	21.5	7.9	5.2	34.4	8.0	0.04	0.13	0.48	0.21	0.13	0.003	12.55	0.89
		3月26日	晴	22.0	8.2	5.0	37.0	2.6	0.02	0.05	0.67	0.06	0.41	0.001	10.22	0.13
四草 A3 西西魚塭	Z-A3-2	5月28日	陰	30.3	8.4	4.6	18.1	10.4	0.02	0.04	1.01	0.02	0.22	0.002	26.31	0.86
頂山西池	Z-DS-1	2月7日	晴	21.2	8.3	8.3	51.3	27.0	0.07	0.25	0.97	0.06	0.08	0.002	93.93	0.47
		3月26日	晴	27.0	8.4	7.5	70.0	12.7	0.04	0.12	1.69	0.05	0.88	0.000	46.57	0.00
		4月23日	晴	33.9	7.8	3.6	57.5	19.6	0.07	0.23	1.07	0.21	0.64	0.003	57.69	0.05
		5月28日	晴	32.7	8.7	7.1	21.7	10.2	0.02	0.04	0.45	0.04	0.30	0.000	28.62	0.70
		10月21日	晴	28.9	8.2	4.4	35.3	16.4	0.09	1.60	1.67	0.13	0.53	0.004	42.86	4.33
		12月14日	晴	25.1	8.4	4.7	36.9	17.4	0.07	0.10	1.50	0.69	0.79	0.002	17.21	3.26
頂山西西池	Z-DS-2	5月28日	陰	34.1	8.4	6.4	21.1	24.9	0.10	0.17	0.54	0.05	0.30	0.001	22.59	0.81
頂山北池	Z-DS-3	4月23日	晴	38.5	8.3	5.6	98.0	16.6	0.05	0.26	1.63	0.60	0.73	0.000	53.55	0.00
		10月21日	晴	29.7	8.3	5.7	31.6	24.9	0.12	2.20	1.97	0.46	0.50	0.003	50.83	4.94
		11月24日	陰	23.4	8.3	8.5	36.6	33.6	0.10	0.08	3.68	1.08	2.49	0.023	29.30	2.67
		12月14日	晴	24.2	8.5	6.0	39.4	26.0	0.07	0.03	1.46	0.49	0.82	0.001	13.72	2.47
頂山東魚塭	Z-DS-4	4月23日	晴	30.5	9.0	8.9	41.1	13.6	0.06	0.34	2.13	0.82	1.07	0.000	38.29	0.00

附表五、養殖魚塭樣點名稱、代號與座標

石斑 1	C-GP-1	七股外國安	養殖魚塭	23° 07' 52.30" 120° 05' 21.37"
石斑 2	C-GP-2	七股外國安	養殖魚塭	23° 07' 54.52" 120° 05' 22.46"
石斑 3	C-GP-3	七股外國安	養殖魚塭	23° 07' 54.52" 120° 05' 19.00"
文蛤 1	C-CM-1	七股外國安	養殖魚塭	23° 07' 39.60" 120° 05' 14.86"
文蛤 2	C-CM-2	七股外國安	養殖魚塭	23° 08' 09.27" 120° 05' 44.84"
文蛤 3	C-CM-3	七股外國安	養殖魚塭	23° 08' 08.30" 120° 05' 41.21"
深水虱目魚 1	C-MD-1	七股十分村攬人民宿旁	養殖魚塭	23° 05' 51.32" 120° 05' 19.85"
深水虱目魚 2	C-MD-2	七股十分村攬人民宿旁	養殖魚塭	23° 05' 50.88" 120° 05' 19.04"
深水虱目魚 3	C-MD-3	七股十分村攬人民宿旁	養殖魚塭	23° 05' 08.30" 120° 05' 19.77"
淺坪虱目魚 1	C-MS-1	七股十分村快速道路旁	養殖魚塭	23° 05' 53.39" 120° 05' 07.31"
淺坪虱目魚 2	C-MS-2	東魚塭區	養殖魚塭	23° 04' 53.66" 120° 03' 54.43"
淺坪虱目魚 3	C-MS-3	東魚塭區	養殖魚塭	23° 04' 52.39" 120° 03' 53.24"
淺坪虱目魚 4	C-MS-4	東魚塭區	養殖魚塭	23° 04' 49.15" 120° 03' 54.47"

附表六、養殖魚塭水體形態

水體	形狀	長(m)	寬(m)	周長(m)	面積(m ²)
石斑 1	矩形	60	48	226	2880
石斑 2	矩形	30	38	131	1140
石斑 3	矩形	57	50	214	2850
文蛤 1	矩形	45	110	320	4950
文蛤 2	梯形	116	77	335	7392
文蛤 3	矩形	58	150	479	8700
深水虱目魚 1	矩形	25	85	228	2125
深水虱目魚 2	矩形	49	39	167	1911
深水虱目魚 3	矩形	41	84	266	3444
淺坪虱目魚 1	矩形	161	158	643	25438
淺坪虱目魚 2	矩形	48	247	597	11856
淺坪虱目魚 3	矩形	104	71	348	7384
淺坪虱目魚 4	矩形	64	71	281	4544

附表七、不同類型養殖魚塭水質

魚塭	代號	日期	Weather	Temp (°C)	pH	DO (mg/L)	Sal (ppt)	Turb (NTU)	OP (mg/L)	TP (mg/L)	TN (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	SiO ₂ (mg/L)
文蛤 1	C-CM-1	10月21日	晴	25.9	8.1	6.4	32.1	36.3	0.11	1.60	1.39	0.07	0.31	0.001	37.47	4.08
		11月24日	陰	21.2	8.2	6.7	30.9	18.8	0.08	0.06	2.81	0.59	2.12	0.007	8.77	4.29
		12月14日	晴	24.0	8.4	6.8	30.7	11.3	0.05	0.09	1.42	0.55	0.76	0.003	5.31	0.05
文蛤 2	C-CM-2	10月21日	晴	26.8	8.0	6.5	32.0	11.1	0.10	1.20	2.11	0.20	0.40	0.004	6.25	1.63
		11月24日	陰	21.3	8.2	6.7	31.8	8.8	0.06	0.17	3.72	1.45	2.28	0.012	31.35	1.66
		12月14日	晴	25.0	8.4	6.6	32.3	11.4	0.04	0.05	1.45	0.47	0.89	0.001	3.71	0.04
文蛤 3	C-CM-3	10月21日	晴	26.8	8.0	5.2	31.7	4.8	0.07	1.40	1.90	0.16	0.53	0.005	7.78	5.16
		11月24日	陰	21.5	8.3	6.1	31.2	8.0	0.06	0.19	3.05	0.76	2.31	0.008	27.20	2.81
		12月14日	晴	24.8	8.3	6.4	31.4	7.8	0.09	0.17	1.37	0.63	0.66	0.004	2.28	0.09
石斑 1	C-GP-1	10月21日	晴	25.4	8.0	6.5	24.3	30.0	1.49	10.00	4.95	2.70	0.95	0.250	10.70	7.13
		11月24日	陰	22.9	8.1	5.8	24.9	52.9	1.50	2.02	5.12	1.59	3.08	0.329	1.91	1.08
		12月14日	晴	22.2	8.2	5.5	25.8	34.4	1.15	1.15	6.48	5.67	0.52	0.176	1.09	1.15
石斑 2	C-GP-2	10月21日	晴	24.5	7.9	5.7	26.9	49.6	0.82	2.80	4.05	1.16	1.32	0.118	2.10	6.59
		11月24日	陰	23.0	8.1	5.2	27.2	36.6	0.99	0.94	3.81	0.88	2.56	0.092	2.51	5.99
		12月14日	晴	22.3	8.2	6.3	27.9	29.1	0.82	0.90	6.22	5.37	0.60	0.102	1.99	0.82
石斑 3	C-GP-3	10月21日	晴	24.9	8.3	6.4	28.9	35.3	0.39	4.60	2.41	0.42	0.82	0.068	7.88	6.42
		11月24日	陰	23.2	7.9	5.5	29.0	18.8	0.36	0.66	5.04	1.91	2.97	0.145	5.66	3.50
		12月14日	晴	22.2	8.2	6.1	29.7	15.1	0.37	0.40	6.31	5.54	0.48	0.258	1.71	0.37

續附表七

深水虱目魚 1	C-MD-1	10月21日	晴	25.6	8.5	10.4	8.0	17.3	1.60	16.00	1.51	0.65	0.26	0.009	225.74	4.18
		11月24日	陰	23.8	8.4	7.5	9.2	30.4	4.16	4.61	4.53	2.38	2.07	0.040	197.32	0.18
		12月14日	晴	22.4	9.2	10.5	9.3	28.6	2.13	2.36	7.1	6.28	0.62	0.022	203.00	2.13
深水虱目魚 2	C-MD-2	10月21日	晴	26.6	8.5	10.4	6.7	35.2	4.09	16.00	1.25	0.38	0.32	0.051	296.84	0.94
		11月24日	陰	24.5	8.4	6.2	8.5	24.1	3.11	4.05	3.17	0.86	2.13	0.093	101.87	1.66
		12月14日	晴	23.1	9.0	10.0	9.0	36.9	1.92	10.50	7.34	6.59	0.67	0.018	210.00	1.92
深水虱目魚 3	C-MD-3	10月21日	晴	25.6	8.3	8.2	4.1	32.4	2.69	12.00	1.38	0.60	0.18	0.003	371.90	4.36
		11月24日	陰	23.6	8.5	8.5	4.4	25.3	3.95	4.33	3.31	1.18	1.99	0.030	100.82	3.14
		12月14日	晴	22.1	9.2	9.9	9.16	43.3	3.11	20.00	5.88	4.67	0.63	0.124	159.00	3.11
淺坪虱目魚 1	C-MS-1	10月21日	晴	29.4	9.0	9.9	18.2	17.2	0.20	1.60	1.37	0.46	0.51	0.001	37.08	7.46
		11月24日	陰	23.6	8.9	9.8	22.7	17.0	0.10	0.47	3.85	1.46	2.32	0.015	359.06	2.06
淺坪虱目魚 2	C-MS-2	10月21日	晴	24.7	10.4	14.5	16.2	151.0	0.19	2.30	2.55	0.42	0.69	0.002	342.94	2.23
		11月24日	陰	24.0	8.7	12.3	15.7	63.1	0.12	0.93	4.74	2.36	2.25	0.025	105.99	2.42
淺坪虱目魚 3	C-MS-3	10月21日	晴	24.2	8.2	1.5	18.4	19.7	1.06	3.28	8.36	0.57	0.64	0.003	14.17	1.59
		11月24日	陰	23.7	8.6	10.2	17.9	19.3	0.87	1.01	6.52	3.89	2.37	0.090	248.14	1.05
淺坪虱目魚 4	C-MS-4	10月21日	晴	23.5	9.3	9.7	17.4	21.8	0.09	1.32	1.86	1.10	0.50	0.002	204.96	0.08
		11月24日	陰	24.0	8.7	10.0	17.1	17.4	0.21	0.76	3.40	1.05	2.17	0.018	503.53	0.80

附表八、蚵棚、安平後及紅樹林彈塗魚體指數(BMI)及肥滿度(RI)之 T 檢定

成對樣本統計量

		平均數	個數	標準差	平均數標準誤
BMI	紅樹林	0.44940163	68	0.1395488	0.016922776
	安平後	0.37340439	68	0.1615851	0.019595068
	安平後	0.39435686	65	0.1707902	0.021183915
	蚵棚	0.43054573	65	0.1575111	0.019536852
	紅樹林	0.45463719	91	0.1383957	0.014507809
	蚵棚	0.41584513	91	0.1733052	0.018167325
RI	紅樹林	92.0567474	68	18.728353	2.271146405
	安平後	100.9113591	68	36.544477	4.431668726
	安平後	104.3223633	65	36.411712	4.516317073
	蚵棚	101.6824118	65	37.194106	4.61336109
	紅樹林	93.8847224	91	20.506267	2.149640834
	蚵棚	96.83500004	91	35.961814	3.769822406

成對樣本相關

		個數	相關	顯著性
BMI	紅樹林-安平後	68	-0.135	0.271
	安平後-蚵棚	65	0.023	0.853
	紅樹林-蚵棚	91	0.11	0.301
RI	紅樹林-安平後	68	0.301	0.013*
	安平後-蚵棚	65	-0.22	0.079
	紅樹林-蚵棚	91	-0.022	0.836

*表顯著 P<0.05

成對樣本檢定

		成對變數差異				t	自由度	顯著性	
		平均數	標準差	平均數標準誤	95% 信賴區間				
					下界	上界			
BMI	紅樹林 - 安平後	0.076	0.2273581	0.027571222	0.0209648	0.1310296	2.756	67	0.008*
	安平後 - 蚵棚	-0.036	0.2296076	0.028479319	-0.093083	0.0207051	-1.271	64	0.208
	紅樹林 - 蚵棚	0.039	0.2096075	0.021972835	-0.004861	0.0824449	1.765	90	0.081
RI	紅樹林 - 安平後	-8.855	35.700846	4.329363504	-17.49606	-0.213166	-2.045	67	0.045*
	安平後 - 蚵棚	2.640	57.485666	7.130219326	-11.6043	16.884202	0.37	64	0.712
	紅樹林 - 蚵棚	-2.950	41.788139	4.380587227	-11.65308	5.7525235	-0.673	90	0.502

*表顯著 P<0.05

附圖一、黑面琵鷺現場調查圖像紀錄



圖 1、放置黑面琵鷺假鳥模型



圖 2、完成測量工作的 T43 個體



圖 3、處長野放 T43 個體



圖 4、副處長野放 T44 個體



圖 5、野放後的 T45 個體在漁塭活動



圖 6、為 T46 裝置衛星發報器



圖 7、為 T47 測量體重



圖 8、呂處長野放 T48 個體



圖 9、T49 繫上無線電發報器



圖 10、野放 T50 個體



圖 11、韓國用網子捕捉即將離巢的個體



圖 12、韓國繫放 E65 個體



圖 13、與韓國及日本團隊交流合照



圖 14、與韓國及日本交流座談會



圖 15、登上黑面琵鷺繁殖島嶼繫放



圖 16、韓國繫放 E84 個體



圖 17、黑面琵鷺棲地-郭婦產科魚塭



圖 18、黑面琵鷺棲地-布袋



圖 19、黑面琵鷺棲地-西校區



圖 20、黑面琵鷺棲地-土城



圖 21、黑面琵鷺棲地-四草 A 區



圖 22、黑面琵鷺棲地-四草 C 區

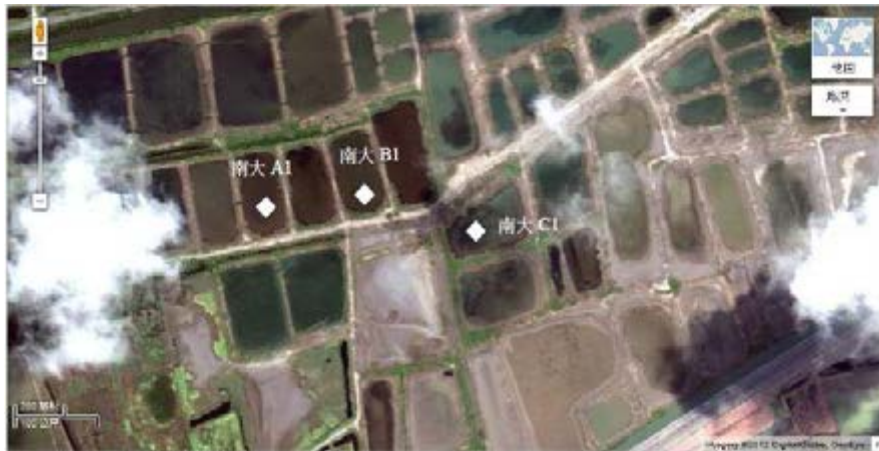


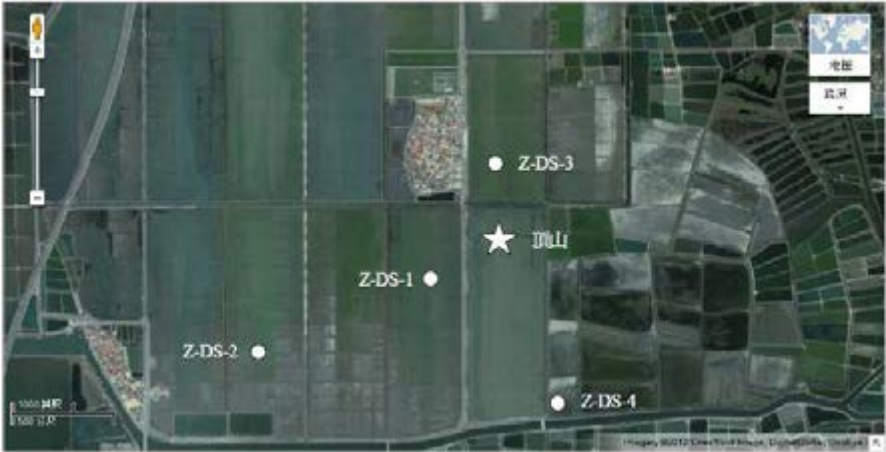
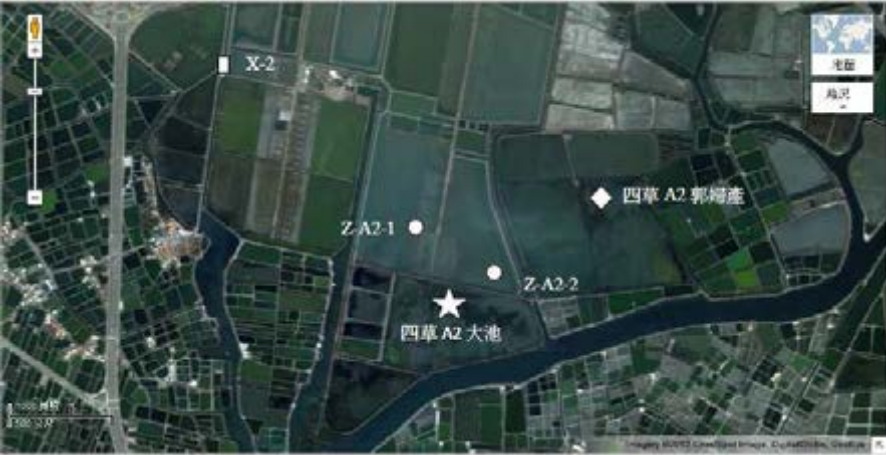
圖 23、黑面琵鷺棲地-頂山



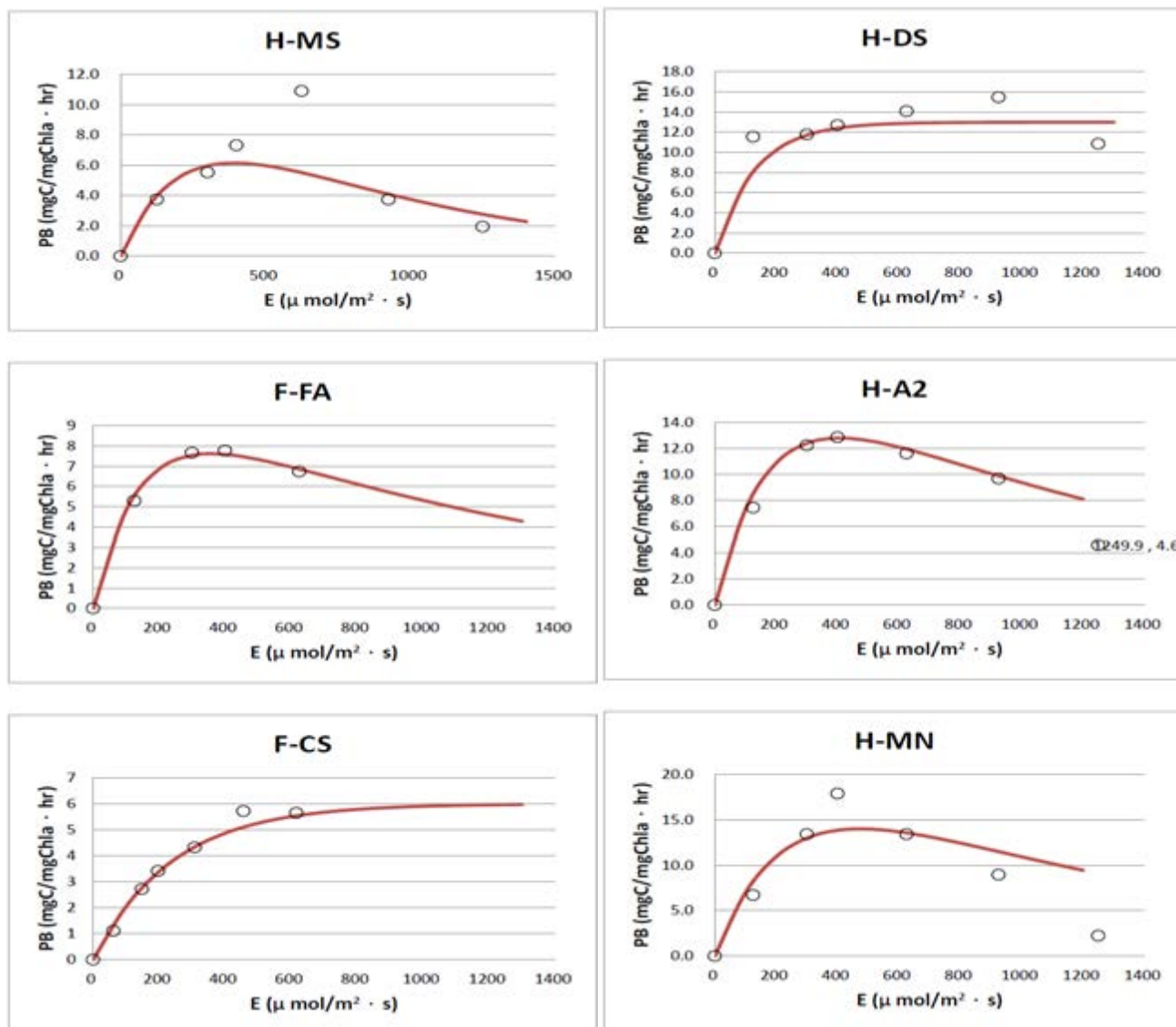
圖 24、黑面琵鷺棲地-新塭

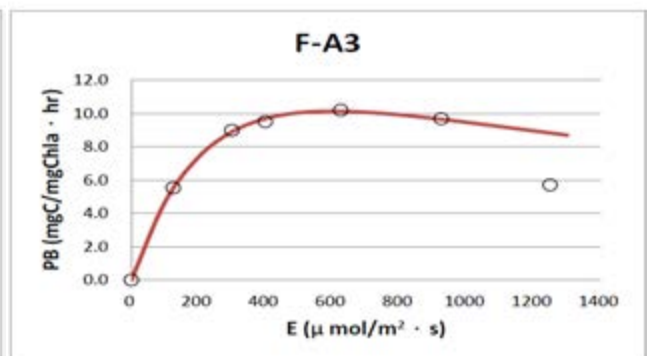
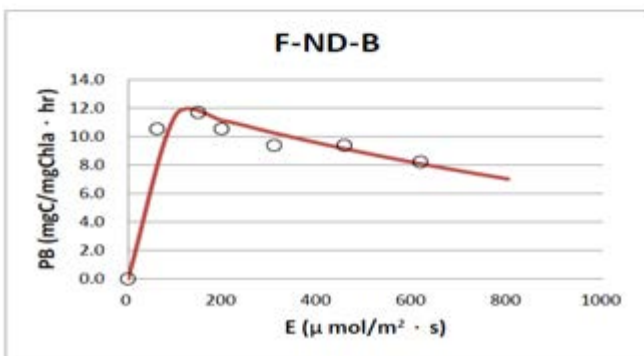
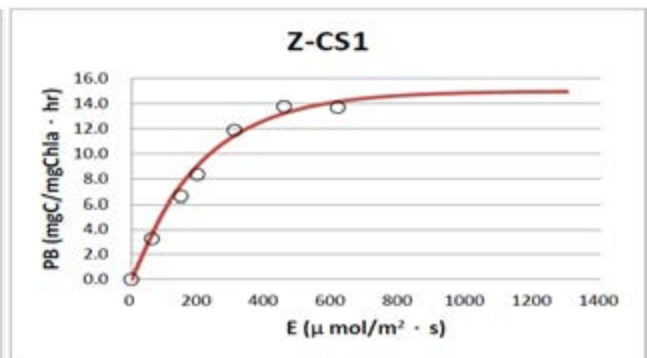
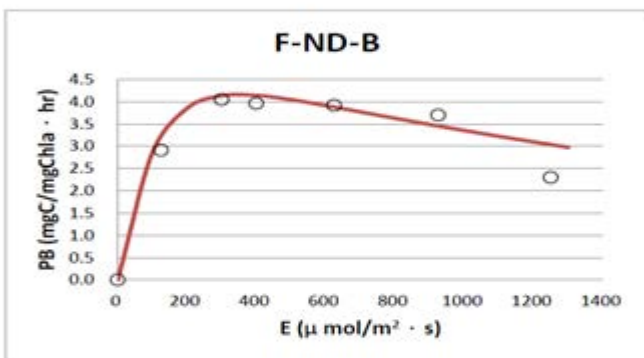
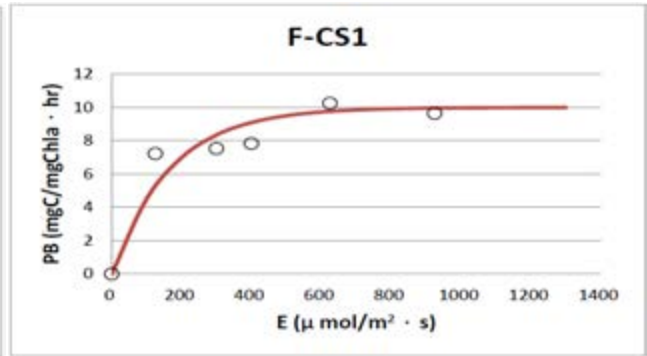
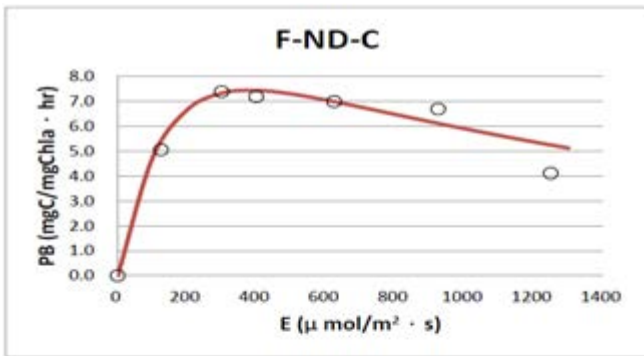
附圖二、各休息棲地及覓食魚塭與周邊水體相關位置

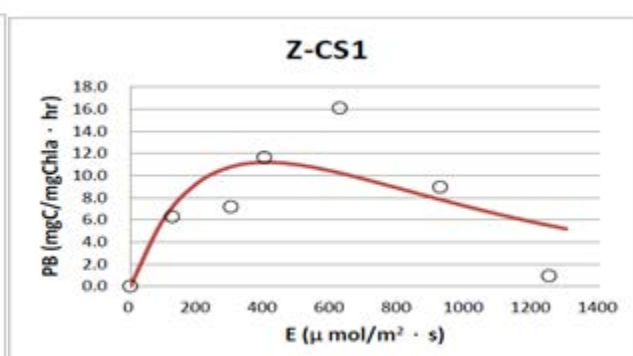
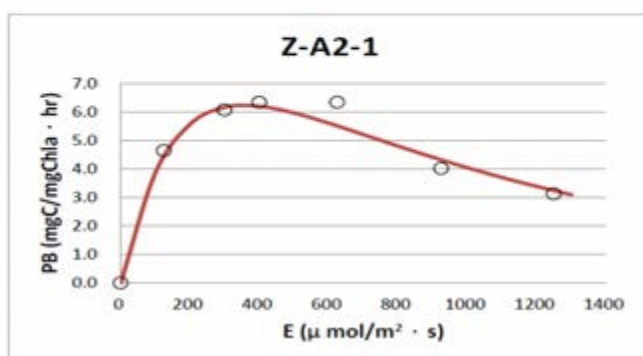
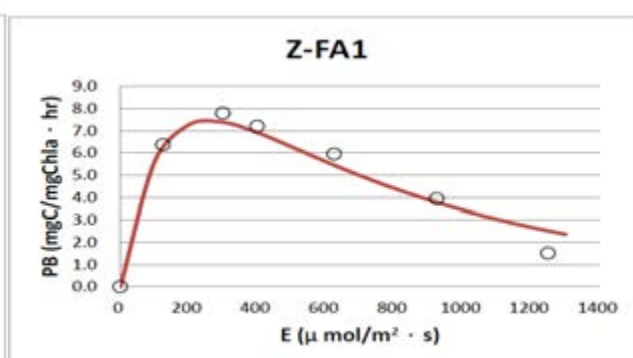
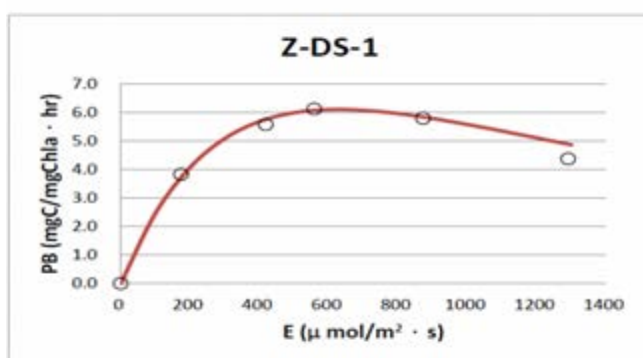
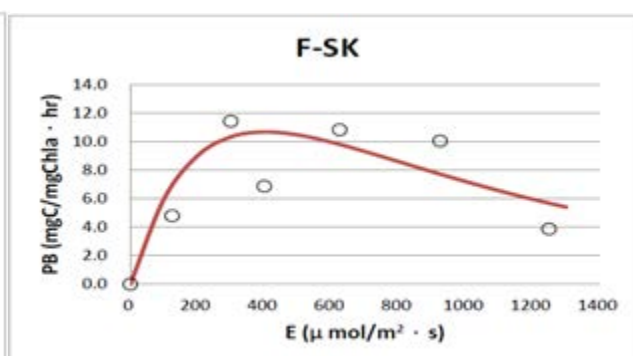
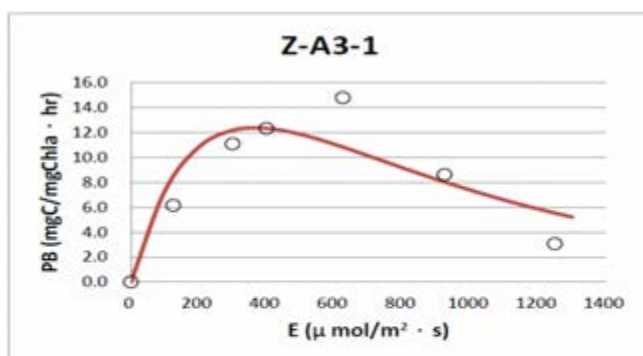


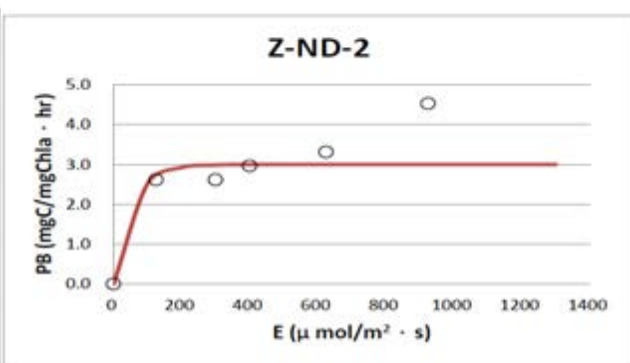
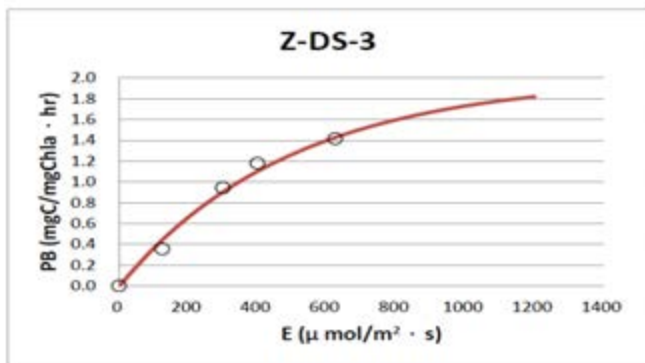
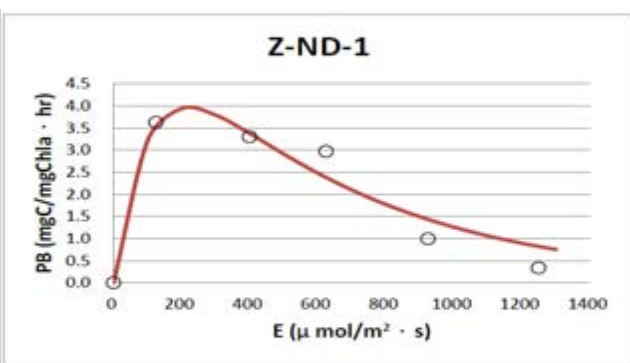
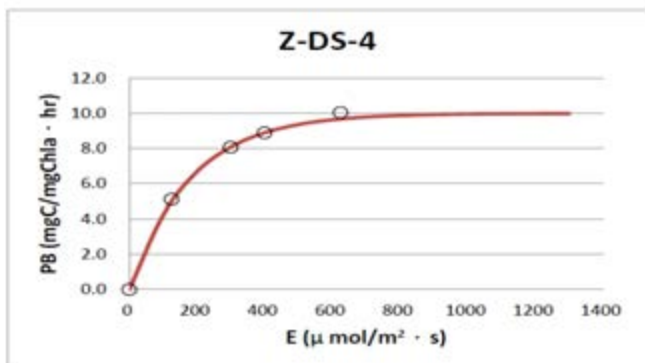
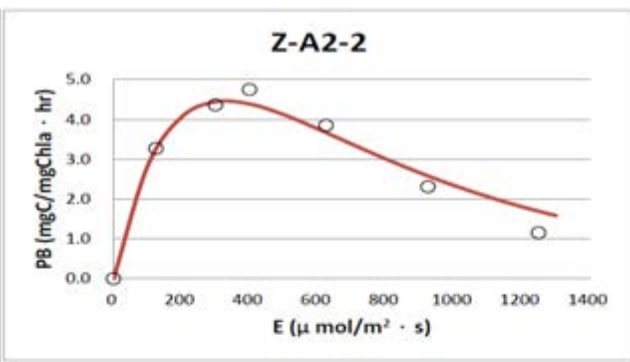
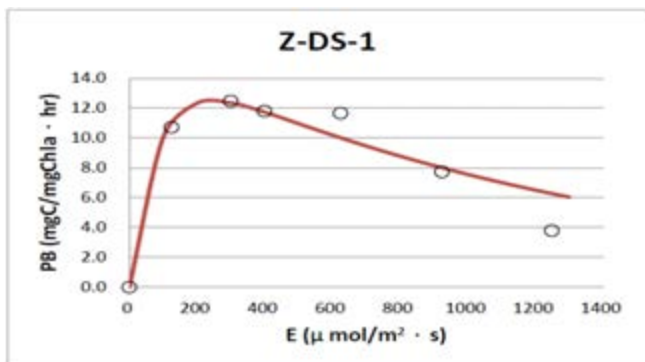


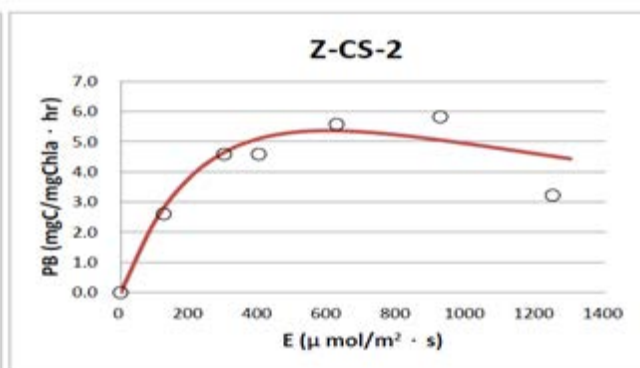
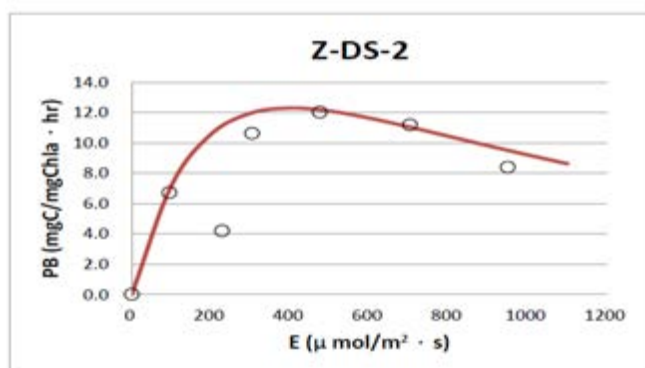
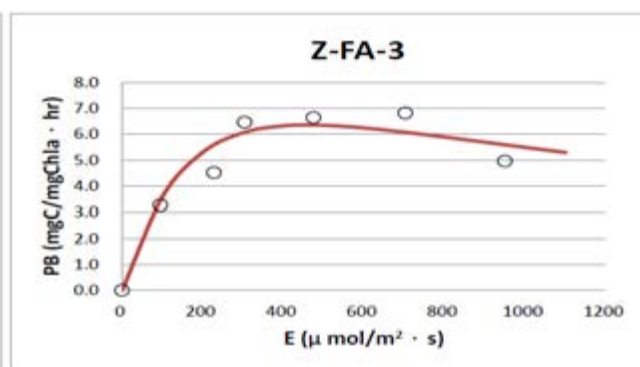
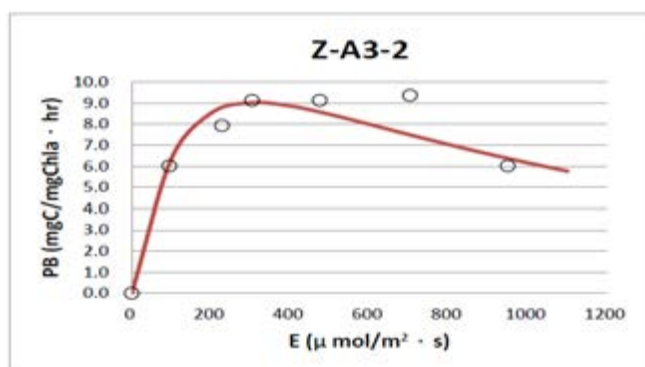
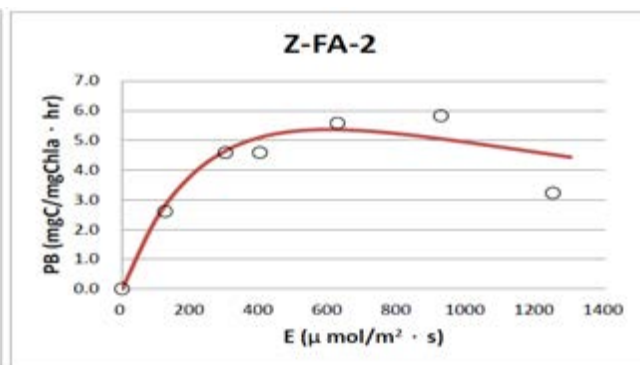
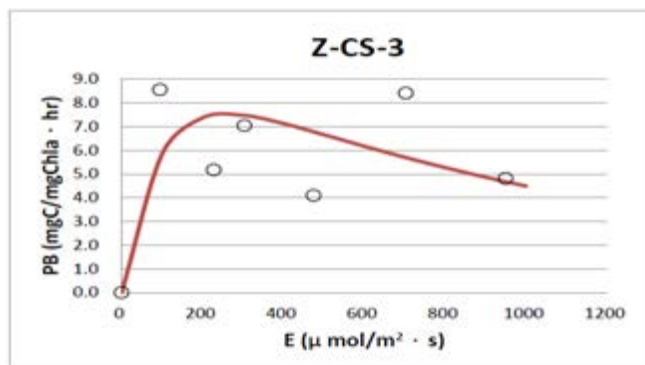
附圖三、各水體初級生產量模式參數檢定結果

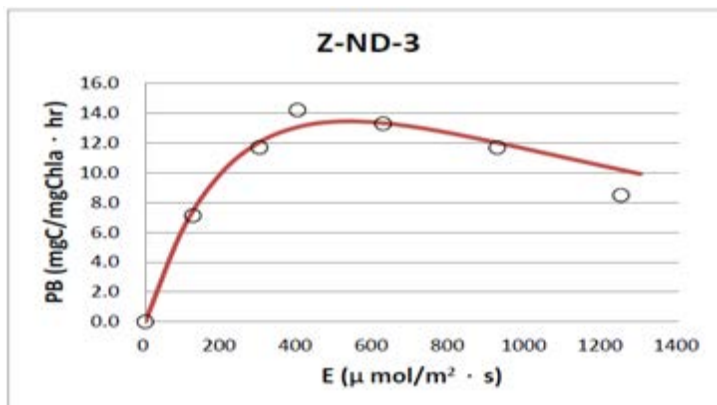




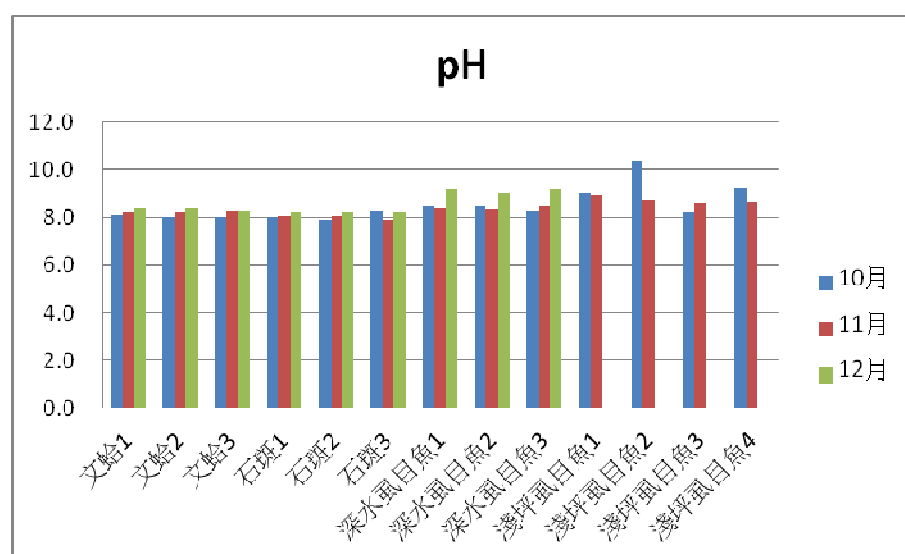
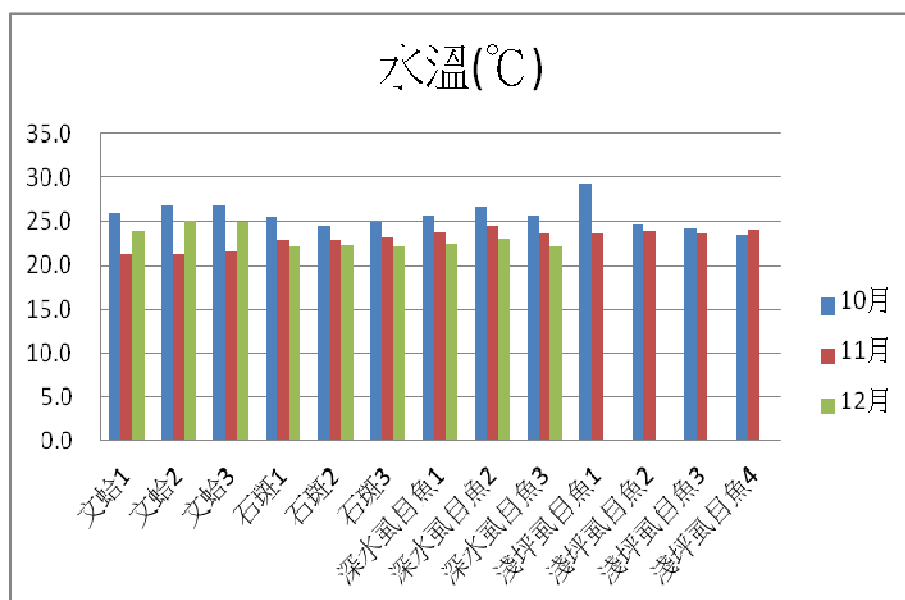
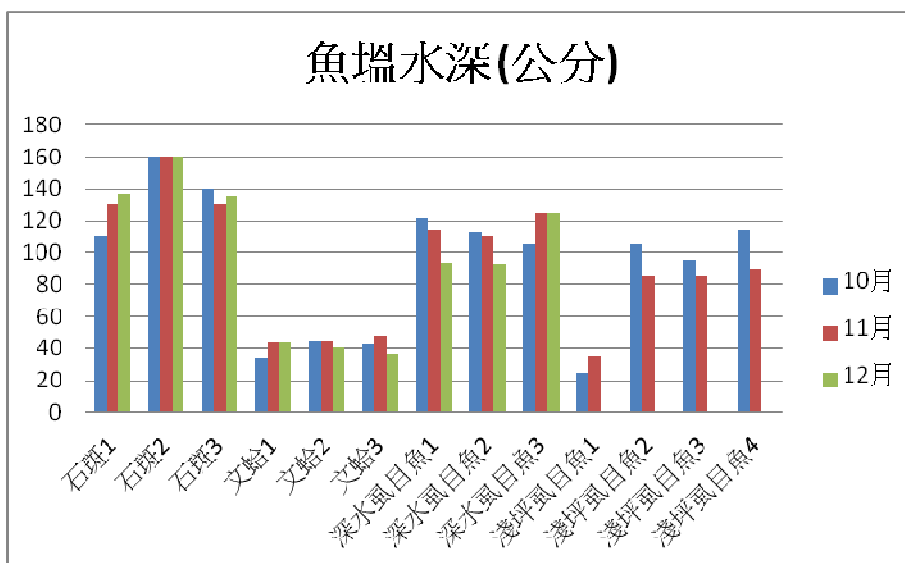


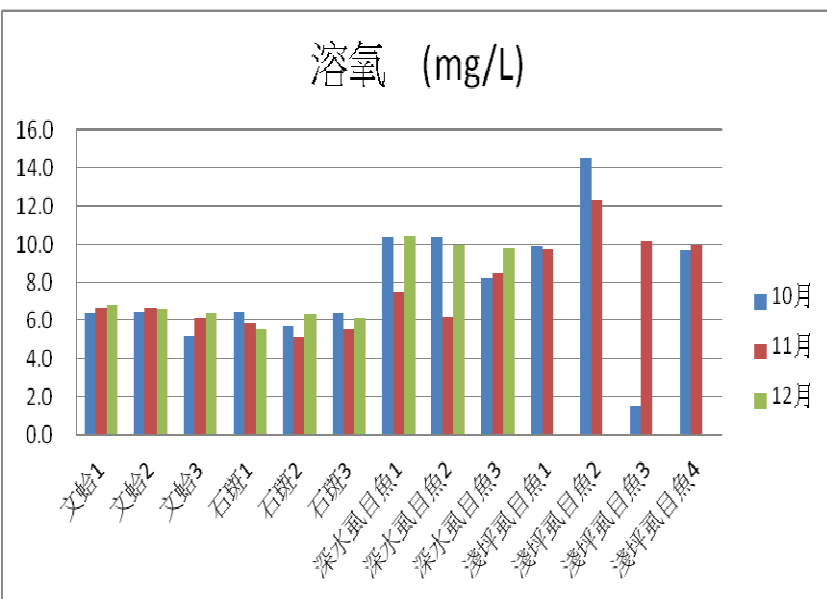
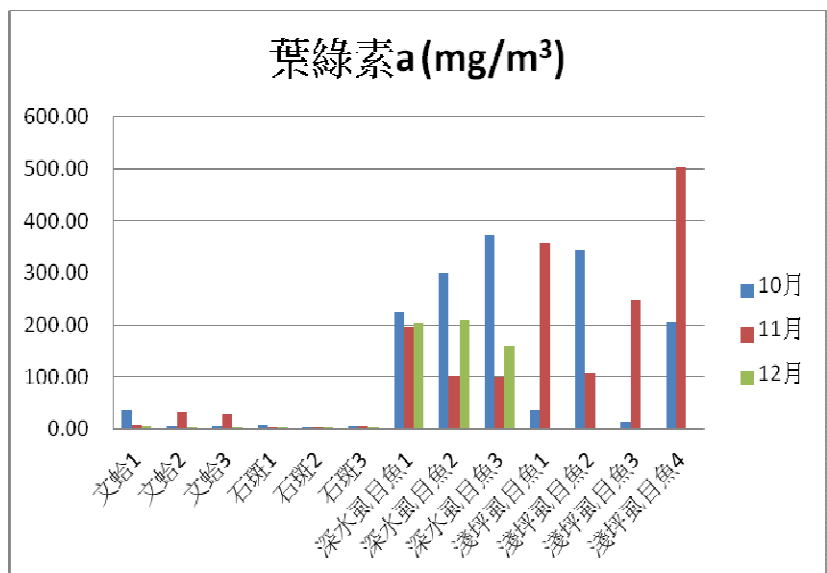
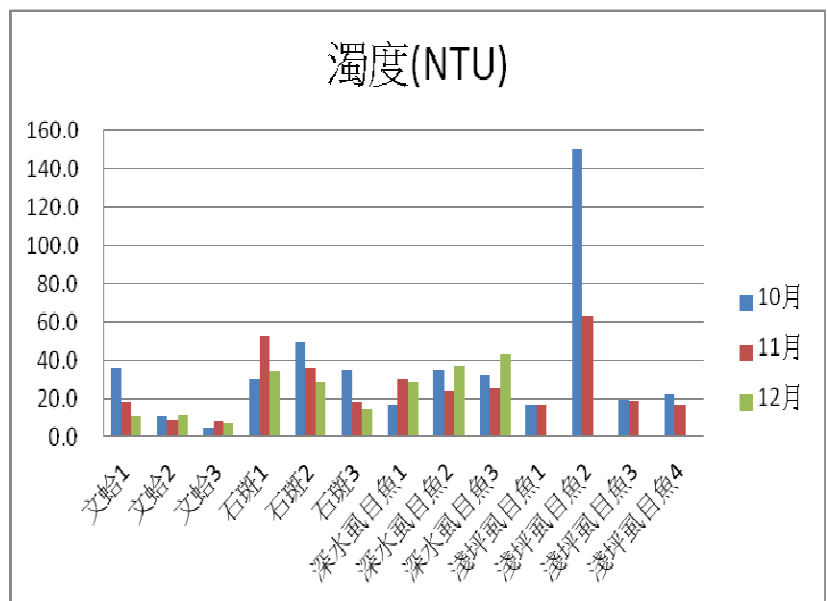


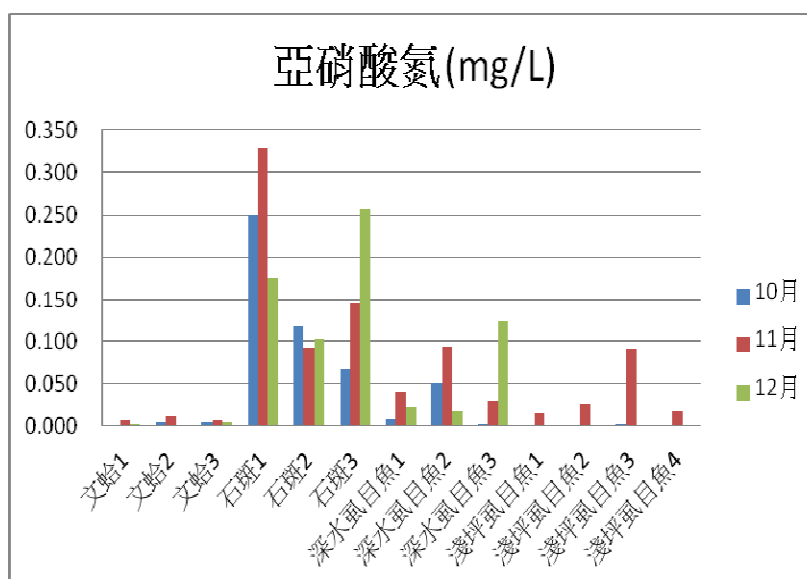
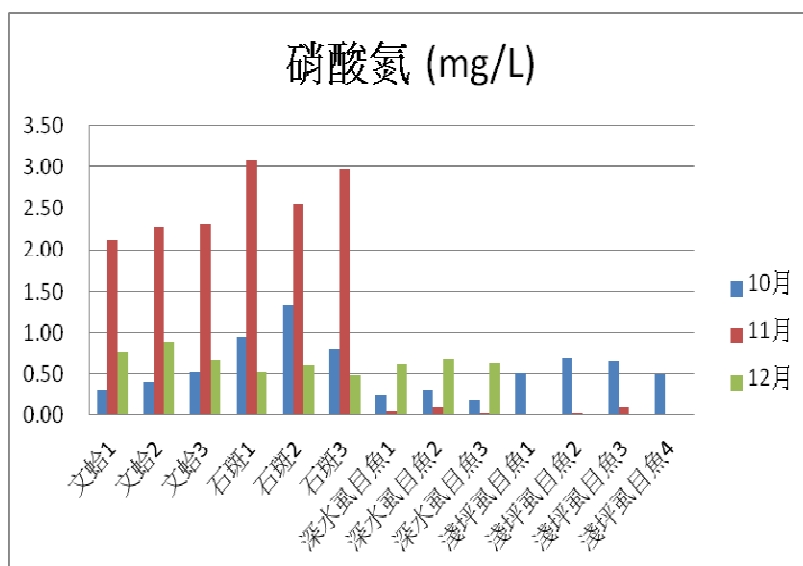
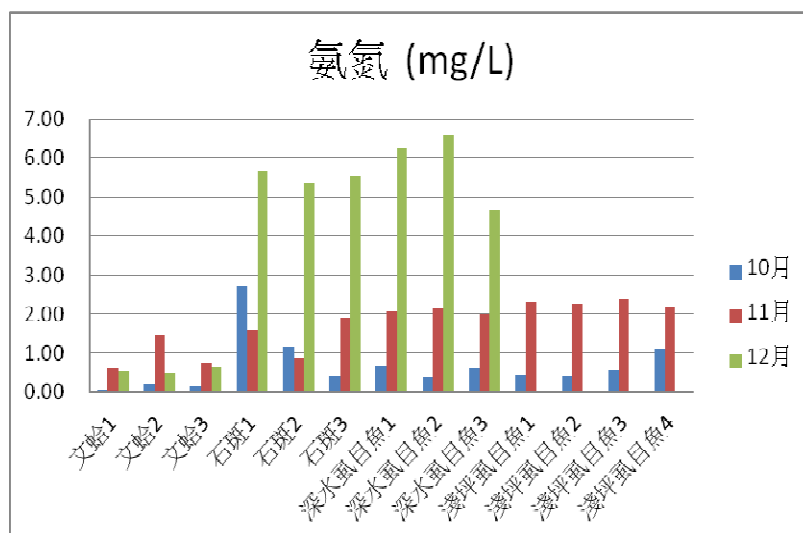


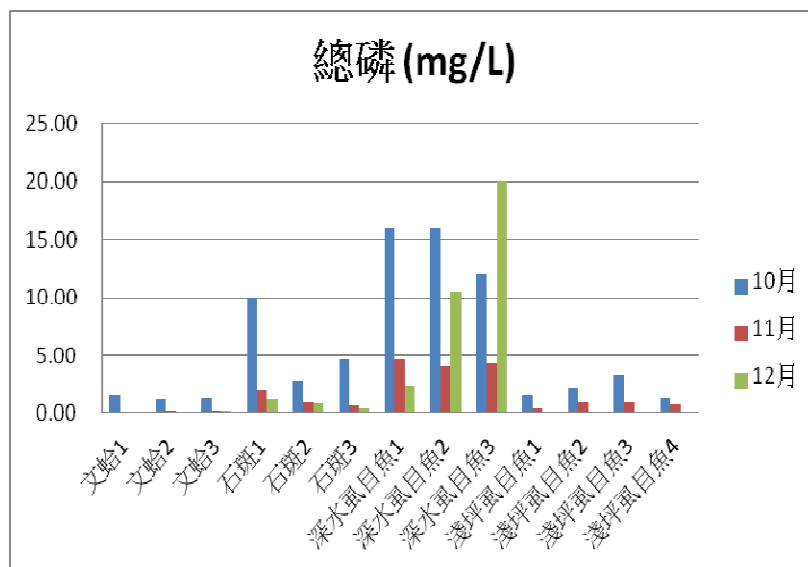
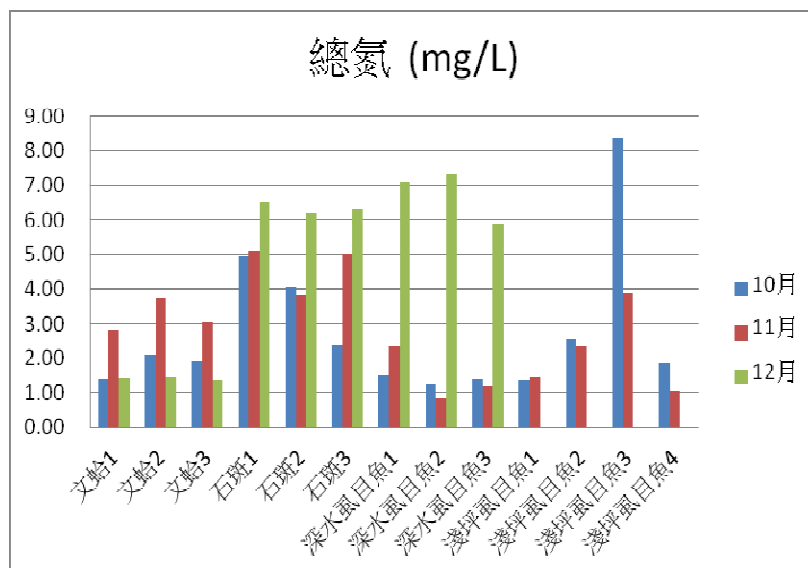


附圖四、各類型養殖魚塭水質

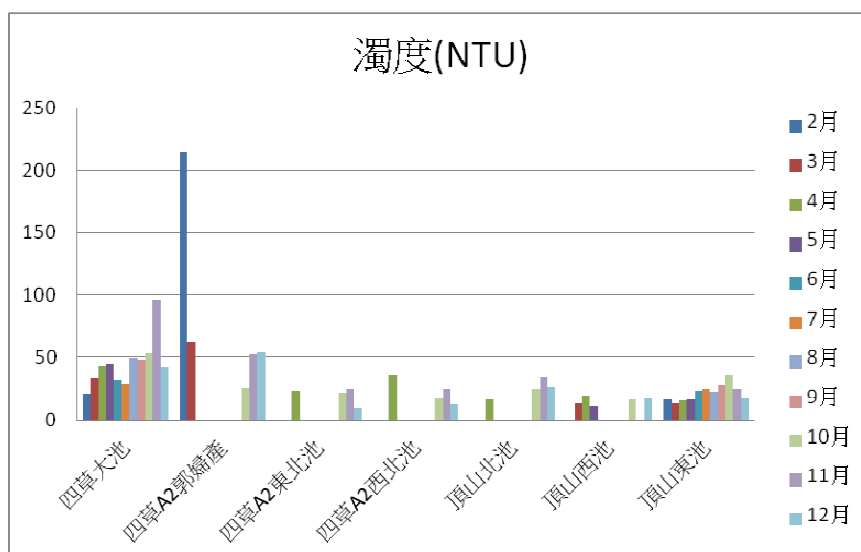
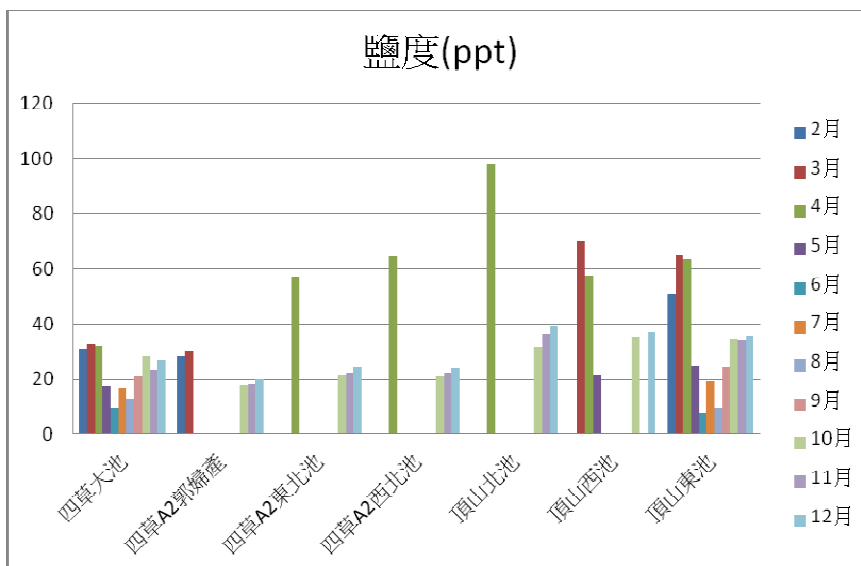
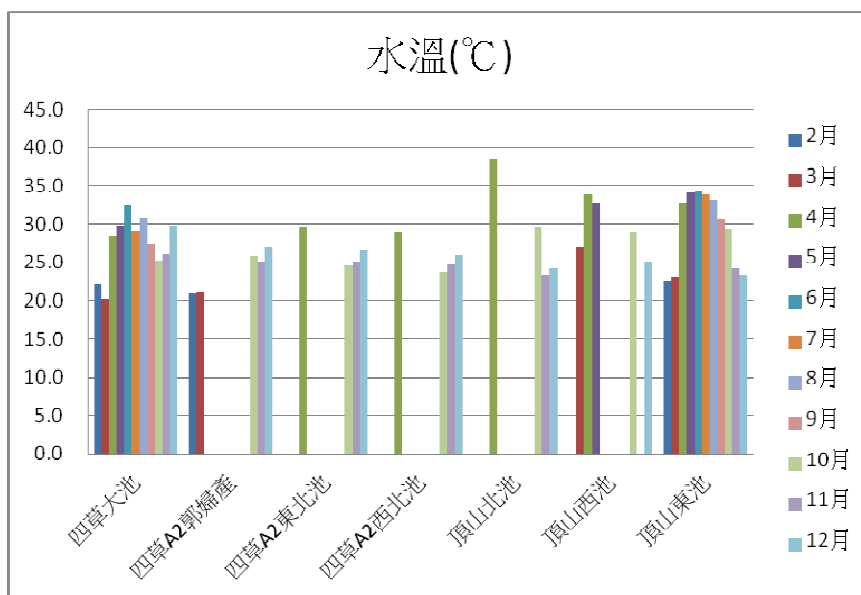


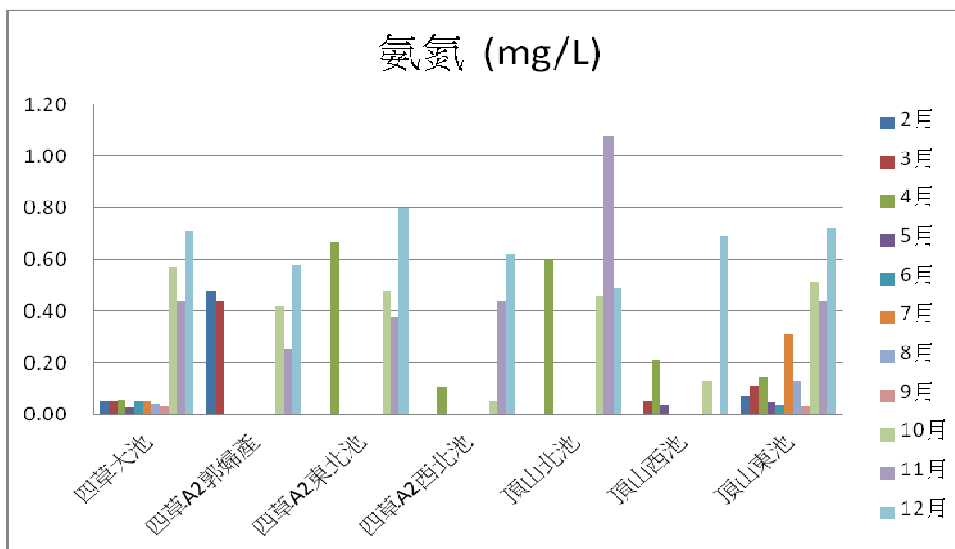
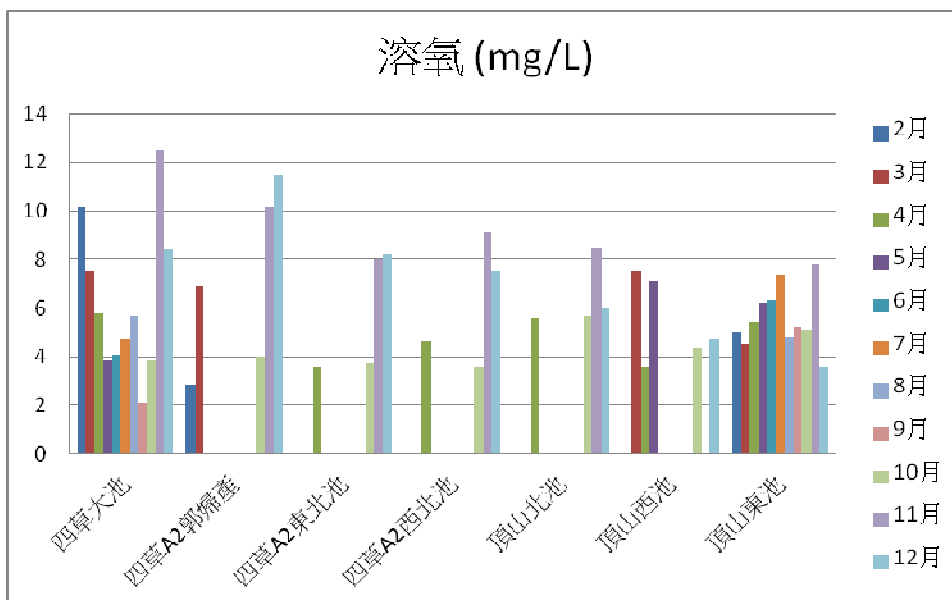
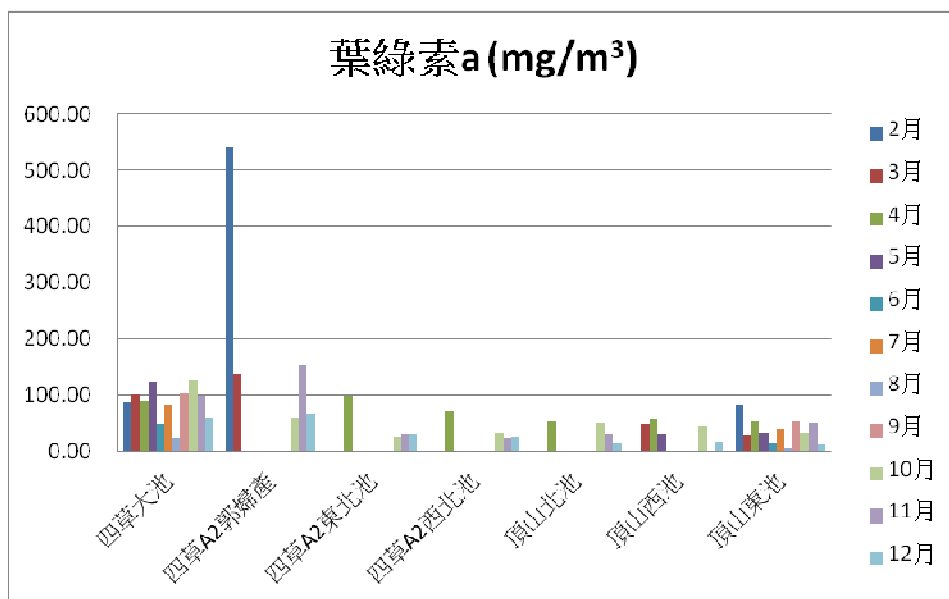


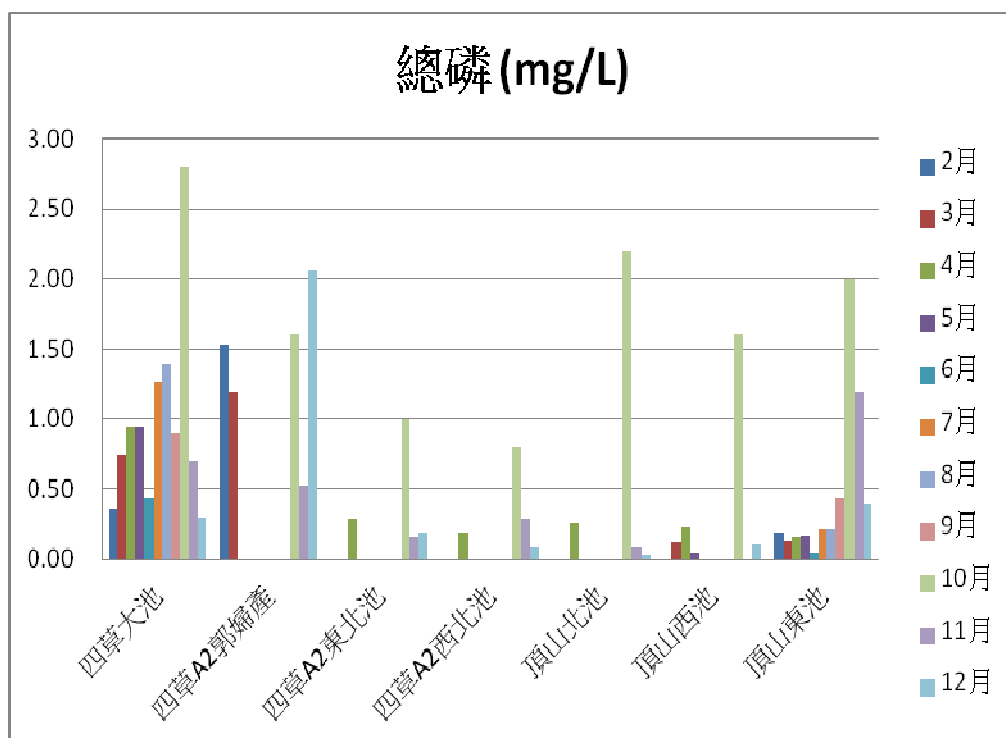
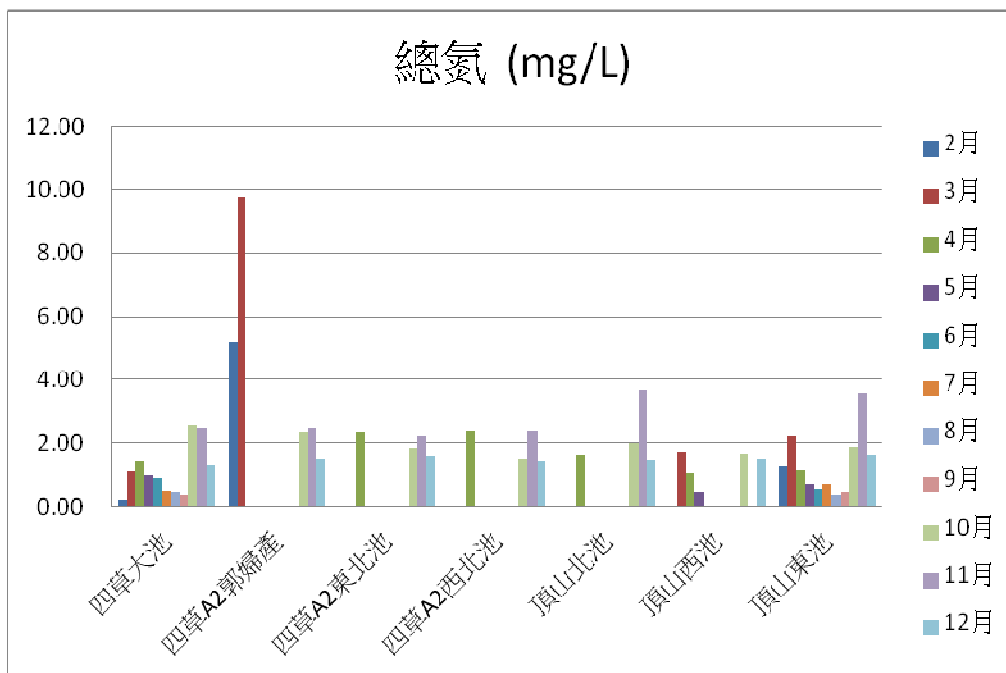




附圖五、環境不良水體之水質







參考書目

- Baeck GW, Takita T, and Yoon YH. Lifestyle of Korean mudskipper *Periophthalmus magnuspinnatus* with reference to a congeneric species *Periophthalmus modestus*. *Ichthy. Res.* (2008) 55(1):43-52.
- Cliplet, D.J. and G. Wobeser. 1993. Observation on waterfowl carcasses during a botulism epizootic. *Journal of Wildlife Diseases* 29(1): 8-14.
- Cloern, J.E. (1987). Turbidity as a control on phytoplankton biomass and productivity in estuaries. *Cont Shelf Res*, 7: 1367-1381.
- Cole, J.J., N.F. Caraco and B.L. Peierls (1992). Can phytoplankton maintain a positive carbon balance in a turbid freshwater, tidal estuary? *Limnology and Oceanography*, 37(8): 1608-1617.
- Egge, J.K. and D.L. Aksnes (1992). Silicate as regulating nutrient in phytoplankton competition. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 83: 281-289
- Eknoyan G. Adolphe Quetelet (1796-1874)-- The average man and indices of obesity. *Nephrol Dial Transplant.*(2008) 23: 47-51.
- Evelsizer, D.D., R.G. Clark and T.K. Bollinger. 2010. Relationships between local carcass density and risk of mortality in molting mallards during Avian Botulism outbreaks. *Journal of Wildlife Diseases* 46(2): 507-513.
- Greig-Smith P. *Quantitative Plant Ecology.* (2nded.) Plenum Press, New York, London. (1964) 256 pp
- Hachisuka, M. and T. Udagawa. 1951. Contributions to the ornithology of Formosa Part II. *Quarterly Journal of the Taiwan Museum.* Taipei. 4: 1-180.
- Hsueh, P.W., C.W. Yen and W.H. Chou. 1993. Food habits of Black-faced Spoonbill *Platalea minor* Temminck and Schegel wintering in Taiwan. *Bull. Nat. Mus. Natural Sci. Taichung, Taiwan* 4: 87-90.
- Ishimatsu A, Hishida Y, Takita T, Kanda T, Oikawa S, Takeda T, and Khoo KH. Mudskippers store air in their burrows. *Nature (Lond)* (1998)391:237-238.
- Jarvinen O, and Vaisanen RA. Estimating relative densities of breeding birds by the line transect method. *OIKOS.*(1975) 26: 316-322.
- Jassby, A.D. and T. Platt (1976). Mathematical formulation of the relationship between photosynthesis and light for phytoplankton, *Limnol. Oceanogr*, 21: 540- 547.
- Jonker, J. and E.P.R. Poorter. 1994. Black-faced Spoonbills in Taiwan, results of the research in the Tsen-wen River Estuary during January and early February 1994. *Foundation for Spoonbill Research, Netherland.*
- Kruitwage G, Hecht AT, Pratap HB, and Wendelaar Bonga SE. Changes in morphology and growth of the mudskipper (*Periophthalmus argentilineatus*) associated with coastal pollution. *Marine Biol.* (2006) 149: 201-211.
- Kruitwage G, Nagelkerken I, Lugendo BR, Hecht AT, Pratap HB, and Wendelaar Bonga SE. Influence of morphology and amphibious life-style on the feeding ecology of the mudskipper *Periophthalmus argentilineatus*. *J. Fish Biol.* (2007) 71: 39-52.
- Laws, E. A. (1991). Photosynthetic quotients, new production and net community production in the open ocean, *Deep-Sea Res. A*, 38: 143-167.
- Lee, P. F., J. E. Sheu, and B. W. Tsai. 1995. Wintering habitat pattern of black-faced spoonbill (*Platalea minor*) at Chiku, Taiwan. *Acta Zoologica Taiwanica*, 6(1):67-78.
- Lee, W.S. 1994. Protection and status of shorebirds in Republic of Korea. Paper presented at the International Workshop "Conservation of Migratory Waterbird and their Wetland Habitats in the East Asian-Australian Flyway." Kushiro, Japan, 28 Nov. to 2 Dec. 1994.

- Lin HC, and Sung WT. The distribution of mitochondria-rich cells in the gills of air-breathing fishes. *Physiol Biochem Zool.*(2003)76:215–228. 2003.
- Mallin, M.A., L.B. Cahoon, M.R. McIver, D.C. Parsons and G.C. Shank (1994). Alternation of factors limiting phytoplankton production in the Cape Fear River Estuary. *Estuaries and Coasts*, 22(4): 825-836.
- Masuda H, Amaoka K, Araga C, T. Uyeno T and T. Yoshino T. The fishes of the Japanese Archipelago. 1984. Vol. 1. Tokai University Press, Tokyo, Japan.
- Mazlan AG and Rohaya M. Size, growth and reproductive biology of the giant mudskipper, *Periophthalmodon schlosseri* (Pallas, 1770), in Malaysian waters. *J. Appl. Ichthyol.* (2008) 24: 290–296.
- Oliver, R.L., B.T. Hart, J. Olley, M. Grace, C. Rees, and G. Caitcheon (1999). The Darling River: Algal growth and the cycling and sources of nutrient, Murray-Darling Basin Commission Project M386, CRC Press for Freshwater Ecology.
- Park JY. Structure of the skin of an air-breathing mudskipper, *Periophthalmus magnuspinnatus*. *J Fish Biol.* (2002) 60:1543–1550.
- Platt, T., Gallegos, C. L. and Harrison, W. G. (1980). Photoinhibition of photosynthesis in natural assemblages of marine phytoplankton. *J. Mar. Res.*, 38: 687–701.
- Randall DJ, Ip YK, Chew SF, and Wilson JM. Air breathing and ammonia excretion in the giant mudskipper, *Periophthalmodon schlosseri*. *Physiol Biochem Zool.* (2004)77:783-788.
- Seeböhm, H. 1890. The Birds of the Japanese empire. Poter, London.
- Selkirk, W.T.. An analysis, by bioassay, of the factors which limit algal growth in the P.K. le Roux Impoundment, Orange. River, South Africa. *Hydrobiologia*, (1982)97: 151–156.
- Senapathi, D., Vogiatzakis, I.N., Jeganathan, P., Gill, J.A., Green, R.E., Bowden, C.G.R., Rahmani, A.R., Pain, D., & Norris, K. 2007. Use of remote sensing to measure change in the extent of habitat for the critically endangered Jerdon's Courser *Rhinoptilus bitorquatus* in India. *Ibis*, 328-337.
- Shao KT. Taiwan Fish Database. WWW Web electronic publication. version 2009/1. <http://fishdb.sinica.edu.tw>, (2012-6-21)
- Siebold, P.h. Von. 1849. Fauna Japonica. Aves. pp119-120.
- Sobolev, D., K. Moore and L. Morris (2009). Nutrients and Light Limitation of Phytoplankton Biomass in a Turbid Southeastern Reservoir: Implications for Water Quality. *Southeastern Naturalist*, 8(2): 255-266.
- Stejneger, L. 1887. Review of Japanese birds V. Ibises, storks and herons. *Proc. U. S. nat. Mus.* 10:271-319.
- Thurston, R.V., R. C. Russo, and K. Emerson (1979). Aqueous ammonia equilibrium : tabulation of percent un-ionized ammonia, US EPA Research reporting series, EPA-600/3-79-091.
- Ueta, M., D.S. Melville, Y. Wang, K. Ozaki, Y. Kanai, P. J. Leader, C.C. Wang, and C. Y. Kuo. 2002. Discovery of the breeding sites and migration routes of Black-faced Spoonbills *Platalea minor*. *IBIS*. 142(2):340-344.
- US Environmental Protection Agency (1985). Ambient Water Quality Criteria for Ammonia, EPA 440/5-85-001.
- Won, H.G. 1966. Black-faced Spoonbill breeding and its protection. *Korean Nat.* 1966: 8-11.
- Work, T.M., J.L. Klavitter, M.H. Reynolds and D. Blehert. 2010. Avian botulism: a case study in translocated endangered Laysan Ducks (*Anas laysanensis*) on Midway Atoll. *Journal of Wildlife Diseases* 46(2): 499-506.
- Yamashina, Y. 1941. Birds of Japan and their ecology. Vol. II (in Japanese).
- Yu, Y. and C. Swennen (2004). Habitat use of the Black-faced Spoonbill. *Waterbirds* 27(2): 129-134.

- 丁雲源 2004 虱目魚養殖。行政院農委會水產試驗所水產技術手冊。5pp。
- 王佳琪. 2001. 台南七股地區黑面琵鷺度冬之日間活動模式. 國立台灣師範大學生物學系碩士論文. 62pp.
- 王建平。參加「1998 年第二屆國際濕地及發展大會」與會心得及濕地保護規劃管理，台灣濕地（1999）10:11-15。
- 王穎、王佳琪、陳尚欽. 1999. 黑面琵鷺族群監測及棲地利用之研究. 行政院農委會. 37pp.
- 王穎、胡正恒. 1995. 台南七股地區黑面琵鷺覓食及行為生態研究. 行政院農委會. 32 pp.
- 王穎、薛天德 1997 黑面琵鷺誘食區設立可行性評估。台南縣政府。24 pp。
- 王穎、薛天德、陳尚欽. 1998. 黑面琵鷺棲地監測及經營管理計劃. 台南縣政府. 29pp.
- 王穎、薛天德. 1997. 黑面琵鷺誘食區設立可行性評估. 台南縣政府. 24 pp.
- 台南市野鳥學會. 1993. 曾文溪口鳥類資源. 台灣省政府農林廳. 48pp.
- 台南市野鳥學會. 1994. 黑面琵鷺之現況調查(1992~1993). 行政院農業委員會. 38 pp.
- 台南市野鳥學會. 1995. 黑面琵鷺之現況調查(1993~1994). 行政院農業委員會. 38 pp.
- 台南市野鳥學會. 1996. 黑面琵鷺之現況調查(1994~1995). 行政院農業委員會. 14 pp.
- 朱純眉。大彈塗與跳彈塗面對鹽度轉變之滲透壓調節。生物學研究所碩士論文。(1999)。東海大學
- 行政院農業委員會. 2003. 黑面琵鷺保育國際研討會論文集. 140pp.
- 李壽先. 2003. 黑面琵鷺的粒線體基因遺傳多樣性. 啟動台灣生物多樣性研究行動研討會論文集.
- 祁偉廉、胡接燊 (2003)，台南縣七股鄉黑面琵鷺肉毒桿菌毒素中毒事件之毒源調查，黑面琵鷺保育國際研討會議程與論文摘要，pp 63-67
- 邱文彥。國際濕地及發展大會簡介，台灣濕地（1999），10:7-9。
- 張萬福、牟永平. 1995. 黑面琵鷺棲息替代區可行性研究. 台南縣政府.
- 陳宜清，宋禾元。建立濕地調查之架構應用於台灣濕地管理，(2009) 第二屆海峽兩岸人工濕地研討會。
- 農委會家畜衛生試驗所(2012)，水生動物疾病行動診斷輔助系統，<http://m6.nvri.gov.tw/PdaIndex.aspx?pid=zFMISAmzJpo%3D>，擷取日期：2012-11-27
- 劉小如、K. Bruwer、陳承彥、鄭鍾烈、M. C. Coulter、E. P.R.Poorter、王穎. 1995. 黑面琵鷺保育行動綱領。中華民國野鳥學會出版。中華民國台灣省台北市。”黑面琵鷺保育行動綱領制訂小組”訂定，1995年1月16-22日於中華民國台灣省台北市. 77p.p.
- 劉政輝、張詠鈞、洪至頡、陳怡靜、李政霖及黃銘志。台南四草地區彈塗魚巢穴多樣性研究。生物科學(2011)53：74。
- 蔡金助 2009 魚塭類型對台南地區黑面琵鷺空間分佈和棲地利用之影響。2009 沿海濕地與水鳥保育國際研討會論文集。P94-119。
- 顏重威. 1994. 黑面琵鷺 (*Platalea minor*) 在台灣的越冬行為. 中國水鳥研究. 華東師範大學出版社. p5-14.

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

臺江國家公園黑面琵鷺族群生態及棲地經營管理計畫.
101 / 王穎計畫主持. -- 初版. -- 臺南市 : 臺江國家公
園, 民 102.01
面 ; 公分
ISBN 978-986-03-5982-4(平裝)

1. 鶴形目 2. 自然保育 3. 臺江國家公園

388.897

102001240

台江國家公園黑面琵鷺族群生態及棲地經營管理計畫 (101)

發行人：呂登元

編撰：王穎、許嘉恩、黃家勤、黃銘志

出版：台江國家公園管理處

地址：70841 台南市安平區城平路 2 號

電話：06-3910000

傳真：06-3911234

網址：<http://www.tjnp.gov.tw/>

委託單位：台江國家公園管理處

受託單位：中華民國國家公園學會

出版日期：102 年 1 月

版次：初版

ISBN 978-986-03-5982-4