

對黑面琵鷺友善之濕地營造計畫期末報告
(104)

中華民國一百零四年十二月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

對黑面琵鷺友善之濕地營造計畫期中報告 (104)

受委託者：國立臺南大學

計畫主持人：王一匡

學生助理：李昶誠、郭庭豪、邱顯皓、林柔甄、黃聖軒

李家徹、韓明益、鄭祈言、羅義翔

台江國家公園管理處委託研究報告

中華民國一百零四年十二月

對黑面琵鷺友善之濕地營造

目次

摘要	XII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究目標	2
第二章 文獻回顧	3
第一節 對鳥類友善的農業	3
第二節 黑面琵鷺食源之棲地營造	5
第三章 研究方法	9
第一節 研究地區	9
第二節 研究方法	10
第四章 結果與討論	15
第一節 養殖工作紀要	15
第二節 水質調查	16
第三節 魚類調查	25
第四節 底棲生物	33
第五節 生物量估計	51
第六節 虱目魚收成	54
第七節 校區鳥類調查結果	60

第八節 魚塭鳥類調查	70
第九節 南區濕地	89
第十節 提供食源的魚塭比較	94
第五章 結論與建議	97
第一節 結論	97
第二節 建議	99
附錄一 調查照片	101
附錄二 累積調查魚種名錄	105
附錄三 累積蝦蟹名錄	107
附錄四 累積鳥類名錄	109
附錄五 計畫審查會議記錄	111
附錄六 期中審查會議記錄	113
參考書目	117

表次

表次

表 4-1 南、北潮溝(SC、NC)和北潮池(NCP)的2至6月魚類調查資料	31
表 4-2 南、北潮溝(SC、NC)和北潮池(NCP)的8至10月魚類調查資料	31
表 4-3 採樣濕地2至6月魚類調查資料	32
表 4-4 採樣濕地8至10月魚類調查資料	32
表 4-5 七股西校區養殖魚塭底質化學特性含量結果	35
表 4-6 七股西校區養殖魚塭底質物理特性含量結果	37
表 4-7 養殖魚塭底棲生物群聚分佈調查結果	45
表 4-8 各養殖魚塭雜交慈鯛生物量估算	53
表 4-9 各魚塭底棲魚、蝦蟹和螺之密度	53
表 4-10 歷年收成的虱目魚重、飼料量和換肉率	56
表 4-11 虱目魚塭養殖成本分析	59
表 4-12 104年西校區鳥類調查統計表	61
表 4-13 南區濕地的特徵	91
表 4-14 各種提供食源的魚塭類型特性比較	95

圖次

- 圖 3-1 計畫實驗地點在國立臺南大學七股校區西校區 9
- 圖 4-1 2至10月份22、29和74號濕地和北潮溝(NC)、北潮池(NCP)和南潮溝(SC)的(A)飽和溶氧百分比、(B)鹽度和(C)濁度(平均±1標準誤) 21
- 圖 4-2 2至10月份22、29和74號濕地和北潮溝(NC)、北潮池(NCP)和南潮溝(SC)的(A)NO₃--N、(B)PO₄-3-P和(C)葉綠素A(平均±1標準誤) 22
- 圖 4-3 2至6月份魚塢的(A)飽和溶氧百分比、(B)鹽度和(C)濁度(平均±1標準誤) 23
- 圖 4-4 6至10月份魚塢的(A)NO₃--N、(B)PO₄-3-P和(C)葉綠素A(平均±1標準誤) 24
- 圖 4-5 6月份虱目魚魚塢的虱目魚(A)標準體長、(B)魚重和(C)肥滿度的比較(平均數±1標準誤) 28
- 圖 4-6 8月份虱目魚魚塢的虱目魚(A)標準體長、(B)魚重和(C)肥滿度的比較(平均數±1標準誤) 29
- 圖 4-7 10月份虱目魚魚塢的虱目魚(A)標準體長、(B)魚重和(C)肥滿度的比較(平均數±1標準誤) 30

圖 4-8 103年七股西校區養殖魚塭 (B1、B2、C1和C2) 底質判別分析

圖 39

圖 4-9 七股西校區B1, B2, C1, C2養殖魚塭底質(A)砂質含量百分比，

(B)粒徑大小比較圖 40

圖 4-10 養殖魚塭底質月份判別分析圖 (5月、7月、9月和11

月) 41

圖 4-11 103年5、7、9和11月養殖魚塭底質 (A) 總有機質 (B) 總有

機碳含量比較圖 42

圖 4-12 B1、B2、C1、C2養殖魚塭底棲生物群聚主成分分析

圖 47

圖 4-13 103年5、7、9、11月養殖魚塭 (A) B1 (B) B2主要大型底棲

動物群聚組成百分比柱狀圖 48

圖 4-14 103年5、7、9和11月養殖魚塭 (A) C1 (B) C2主要大型底棲

生物群聚組成百分比變動圖 49

圖 4-15 各魚塭的雜交慈鯛(A)標準體長和(B)體重比較 52

圖 4-16 魚塭的虱目魚(A)標準體長、(B)體重和 (C) 肥滿度比

較 57

圖 4-17 歷年各魚塭的虱目魚的 (A) 體長和 (B) 體重比較 . . . 58

圖次

- 圖 4-18 歷次調查鳥類群聚的群集分析樹狀圖 63
- 圖 4-19 南大七股西校區在留鳥期和冬候鳥期之(A)鳥種數、(B)隻數
之比較 63
- 圖 4-20 南大七股西校區(A)鳥種數、(B)鳥類隻數隨時間之變化 . 64
- 圖 4-21 南大七股西校區之(A)雁鴨科、鷺科和鶻科隻數、(B)長腳鶻
科、鴿科和秧雞科隻數隨時間之變化 65
- 圖 4-22 南大七股西校區黑面琵鷺隨時間之變化 66
- 圖 4-23 南大七股西校區4個區域在留鳥期之(A)鳥種數、(B)密度之
比較 (平均數 \pm 1標準誤) 68
- 圖 4-24 南大七股西校區4個區域在冬候鳥期之(A)鳥種數、(B)密度
之比較 (平均數 \pm 1標準誤) 69
- 圖 4-25 魚塭降低水位前後密度比較，(A)A 組、(B)B組、(C)C組和
(D)D組 71
- 圖4-26 魚塭降低水位前後鳥種數比較，(A)A 組、(B)B組、(C)C組和
(D)D組 73
- 圖 4-27 魚塭降低水位後，鶻科、鷺科、鴿科、黑面琵鷺和長腳鶻科
的隻數變化，(A)A1、(B)A2、(C)B1和(D)B2 75
- 圖 4-28 魚塭降低水位後，鶻科、鷺科、鴿科、黑面琵鷺和長腳鶻科
的隻數變化，(A)C1、(B)C2、(C)D1和(D)D2 76

圖 4-29 魚塭降低水位後，每次調查到黑面琵鷺總隻次的變化．．77

圖 4-30 魚塭水深與密度變化．．．．．78

圖 4-31 總和魚塭降低水位至20公分之後10次調查中，鳥種數與密度
比較．．．．．79

圖 4-32 103/104年魚塭降低水位至20公分之後10次調查，利用(A)
淺水、(B)深水、(C)泥灘水鳥的密度比較．．．．．81

圖 4-33 四組魚塭降低水位後(A)鳥種數和(B)密度比較．．．．．82

圖 4-34 (A)C組和(B)D組魚塭降低水位後水鳥的利用時間．．．．83

圖 4-35 水鳥(A)平均密度和(B)最大密度與底棲生物量之關係．．84

圖 4-36 魚塭降低水位實驗10次調查(4個實驗組3年資料)的比較(A)
鳥種數和(B)鳥隻密度．．．．．86

圖 4-37 魚塭降低水位實驗4個實驗組3年資料的比較(A)鳥種數和(B)
鳥隻密度．．．．．87

圖 4-38 魚塭降低水位實驗3年資料的比較(A)鳥種數和(B)鳥隻密
度．．．．．88

圖 4-39 七股西校區南區濕地編號．．．．．90

圖 4-40 南區濕地的(A)鳥密度和(B)鳥種數．．．．．92

圖次

圖 4-41 南區濕地的 (A) 濕地面積和鳥種數的散佈圖和 (B) 密度和
感潮與否的柱狀圖 93

摘要

關鍵詞：黑面琵鷺、候鳥、棲地營造、生態永續的養殖、虱目魚

一、研究緣起

臺南市黑面琵鷺統計數字顯示，黑面琵鷺在過去五年皆有約一千隻次以上的數量，在2010/2011年度調查的平均調查數量約為834隻次，相對於前一年度資料，數量明顯減少了35%。分析其原因，食源供應不足為主要原因之一。這幾年黑面琵鷺資料也顯示在七股地區有族群下降的現象。因此補充黑面琵鷺的食源和棲地為維持穩定渡冬族群之方式。國立臺南大學的七股西校區為生態保育用地，並且已經有養殖實驗經驗，適合做為提供候鳥食源及進行棲地營造的場所。

二、研究方法及過程

本計畫調查南大七股西校區內的鳥類、魚類群集和水質狀況，利用西校區內的魚塭進行養殖實驗，比較四種提供食源的方式。魚塭實驗養殖種類包括野生魚種池、雜交慈鯛池（不餵食）、淺坪虱目魚池（餵食）及雜交慈鯛池（餵食）。並且進行同組魚塭水位降低和沒有降低水位的鳥類利用比較，以評估黑面琵鷺等候鳥的利用魚塭。

三、重要發現

今年度養殖仍主要使用南、北潮溝的水，因為今年度除了在5月份有些微降雨外，1到6月都沒有降雨，與去年相同。有感潮的濕地的鹽度較高，22號濕地的葉綠素A偏高；29和74號濕地濁度較高。南、北潮池和溝的濁度也較高。虱目魚魚塭的葉綠素A和濁度也偏高，尤其是C1。C3的 $PO_4^{-3}-P$ 也偏高。西校區魚類以雜交慈鯛為極優勢種。南、北潮溝和北潮池的魚類組成與魚塭較不相同，種類也較

摘要

多；調查到大鱗鯪和絲鰭毛足鬥魚等魚種。魚塭的底質顆粒沒有受餵食的影響。搖蚊為魚塭初期的優勢底棲動物種類，隨著飼料餵食，底質的有機物增加，多毛類的優勢增加。

魚塭的雜交慈鯛生物量以B1最高，沒有餵食和野生魚池較低。底棲魚類以蝦虎科魚類為主，A1和D1密度較高。底棲蝦蟹主要是五鬚蝦，以C1、C2和A1密度較高。螺類密度以A2、C2、B1和A1較高。4月中放養3寸半虱目魚苗，至11月收成，3池虱目魚大小相似，虱目魚全長為 37.6 ± 0.4 公分，魚重為 467.3 ± 15.5 克。飼料投餵量以C2最高，C1和C3相近。換肉率以C2較好，C1次之，C3最低。每公斤收成的成本以C2較低，C1次之，C3最高。

連續3年的西校區鳥類資料分析顯示鳥類群聚有明顯的時間性變化，以9月中至隔年3月底為冬候鳥期，4月初至9月中為以留鳥優勢的時期。冬候鳥期優勢的種類包括蒼鷺、赤頸鴨、大白鷺、夜鷺、小水鴨和黑面琵鷺；留鳥期優勢的種類包括夜鷺、長腳鵝、小白鷺、褐頭鷓鴣和大白鷺。分區調查結果顯示，在留鳥期，北蘆葦區和魚塭區比南潮池區和乾草地區有較高的鳥種數；北蘆葦區密度最高，魚塭區和乾草地區次之，南潮池區的密度最低。在冬候鳥期，魚塭區有最高的鳥種數，北蘆葦區次之，南潮池區和乾草地區較低；但是南潮池區和北蘆葦區密度最高，魚塭區次之，乾草地區較低。

103年11月開始進行魚塭水降低水位的實驗。在水位降低後，許多鷺科、鵝科、鵠科、鷗科、鸚科等鳥類進魚塭覓食，黑面琵鷺也經常在魚塭中覓食。每兩天一次的調查持續約100天。一般而言，利用降低水位魚塭的鳥類的密度高於降低水位之前的密度，也高於同組沒有降低水位的另一個魚塭的密度。利用降低水位魚塭的鳥種數高於降低水位之前的鳥種數，也高於同組沒有降低水位的另一個魚塭的鳥種數。在降低水位後的10次的調查，利用淺水和泥灘的鳥類密度比沒有降低的較高。每個魚塭在降低水位後，有不同的鵝科、鷺科、長腳鵝科或黑面琵鷺的高峰期和時間變化。當水位降低至20公分以下，鳥類的密度上升。C組的鳥種數和密度都是最高。利用魚塭鳥類的密度與底拖網調查到的底棲生物量間有高

對黑面琵鷺友善之濕地營造

度的正相關。3年的魚塭降低水位實驗資料綜合分析結果顯示，降低水位魚塭的鳥種數和密度都增加。104/105降低水位的實驗正在進行中，目前已經記錄到黑面琵鷺和水鳥利用魚塭。

四、主要建議事項

建議

在研究區擴增黑面琵鷺等候鳥食物來源：短程建議

主辦機關：台江國家公園管理處

協辦機關：國立臺南大學

黑面琵鷺在七股西校區棲息的時間有逐年縮短的趨勢，很可能是七股區食源不足造成的現象。本研究已經提供黑琵和候鳥一部份的食物和棲地，未來可以在西校區內擴大增加食源，例如讓現有魚塭的連續飼養提供多批的食物，以及增加感潮灘地的經營方式以增加食源。

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

在營建署評選出的國家重要濕地中，在臺南海岸就有 2 個國際級的濕地（曾文溪口濕地及四草濕地），及 4 個國家級的海岸濕地（八掌溪口濕地、鹽水溪口地、北門濕地、七股鹽田濕地）。台江國家公園位處於臺南海岸，擁有豐富的自然資源與高度的生物多樣性。臺南海岸濕地吸引大量的水鳥及候鳥棲息，其中包括列於紅皮書中瀕危的（endangered）黑面琵鷺(Black-faced Spoonbill, *Platalea minor* Temminck & Schlegel (1849))。

臺南地區黑面琵鷺族群普查顯示，在近幾年皆有約一千隻以上的數量，但是在 2010/2011 年度，黑面琵鷺在臺灣的平均族群數量驟降至 834 隻次，相對於前一年度資料，數量明顯減少了 35%，引起社會及管理單位的關注。分析其原因，可能有以下三個：食源供應不足、氣候異常和人為干擾（蔡和黃 2011）。

養殖魚塢通常有豐富的下雜魚，會吸引候鳥覓食，尤其是傳統淺坪式虱目魚塢的操作方式提供冬候鳥較佳的覓食環境。近年來，因為養殖魚種的經濟效益的差別，有些魚塢已經轉變為收益較高的石斑魚苗和文蛤養殖，食源數量逐年減少，因此需要維持和增加食源（蔡 2009）。

國立臺南大學的七股西校區有約八十公頃面積，臨近黑面琵鷺保護區和東魚塢。南大已經完成七股校區的規劃，七股西校區是以提供棲息地給候鳥和其他野生動植物為目標（國立臺南大學 2010）。並且，過去的調查結果顯示黑面琵鷺及其他候鳥利用此區覓食和棲息，因此，適合做為黑琵及候鳥食源養殖實驗和棲息地營造研究的場所。

第二節 研究目標

由於台南七股地區魚塭養殖產業的變遷和棲地的改變，造成的黑面琵鷺食源數量逐年減少，因此需要發展增加食源的方式及發展有利於黑面琵鷺的魚塭養殖方式。本計畫具有以下目標：

- 一、進行魚塭實驗，評估提供黑面琵鷺和候鳥食源的方式。
- 二、瞭解利用實驗養殖魚塭的鳥類。
- 三、瞭解適合黑面琵鷺之棲息環境（實驗區）。

希望本計畫可以說明淺坪式的虱目魚養殖在黑面琵鷺和候鳥保育上的意義，做為倡導淺坪式的鹹水虱目魚養殖的依據，並提供候鳥的保護區經營管理的參考。

第二章 文獻回顧

我們期望的願景為在七股地區營造一個與自然和諧相處的養殖地景，而這樣的想法與里山倡議的主張相符合，本計畫先營造一個魚塭實驗案例，做為未來推廣的基礎。里山倡議主張促進符合生物多樣性基本原則的活動，它的願景在於實現社會與自然和諧共生的理想，按照自然過程進行社會經濟活動(包括農業與林業)，亦即塑造一個人類與自然共存的正面關係。透過永續的自然資源管理和使用以及生物多樣性的妥善維持，讓現今以及未來的人類都可以穩定地享受各種從自然中獲得的惠益。里山倡議也主張從社會和科學的角度，重新檢討人類和自然的關係應該如何作用，將此稱為社會生態的生產地景 (socio-ecological production landscapes) (趙 2011；IPSI 2015)。里山倡議包括了五個生態和社會經濟層面的觀點：一、在承載量與環境恢復能力(resilience)的限度內使用資源；二、循環使用自然資源；三、認識在地傳統與文化的價值和重要性；四、透過各方利益關係者的參與和合作，從事自然資源和生態系服務的永續和多功能管理；五、促成永續的社會經濟(包括減貧、糧食安全、永續的生計和授予在地社區權力)。

一般水產養殖戶認為，鳥類為水產養殖的有害生物，因此，勸導水產養殖戶對鳥類友善有很高的衝突和困難度；但是，在農業區裡，對野生動物友善的農業作法已經有些案例並且已經成功，可以做為對鳥類友善的水產養殖的參考。

第一節 對鳥類友善的農業

日本兵庫縣豐岡市以水稻田棲地復育重新引進的東方白鸛(Oriental White Stork)。東方白鸛為瀕臨絕種的鳥類，主要在俄羅斯西伯利和中國黑龍江的濕地繁殖，於冬季飛往中國、臺灣、韓國和日本過冬，估計全世界現存數量約有 2,500

至 4,000 隻。在日本，東方白鸕在 1865 年的江戶時代已經有記錄，但是族群數量一直下降，兵庫縣豐岡市被證實為東方白鸕在日本的最後一個棲息地，最後一隻野生鳥於 1971 年死去 (IPSI 2015)。推究其原因包括明治政府放寬使用槍械，導致其過份被射殺；二次大戰之後過度砍伐樹木，破壞其築巢棲息環境；整體環境的破壞，全面損害其棲息地；乾田農法的普及，造成其食物水生動物減少；殺蟲劑與化學肥料的使用 (IPSI 2015)。因此，豐岡市政府推動東方白鸕友善農法，提出下列要求：不使用農藥或減少 75% 農藥、在生長季不使用肥料、以煮沸的水消除種子帶的病菌、管理田地排水、增加田地淹水時間及水深控制 (IPSI 2015)。豐岡市政府從 2005 年 9 月 24 日開始放東方白鸕，並推出東方白鸕之舞的產品標章，從 2004 年開始，不使用或減少 75% 農藥的農田面積都持續在增加；不使用農藥的米的價格最高，減少農藥的米的價格比沒減量的米的價格要高；他們稱之為生態系服務的代價 (payments for ecosystem services) (IPSI 2015)。

2011 年，美國農業部自然保育署在遷徙鳥類棲地啟動計畫下 (Migratory Bird Habitat Initiative)，提供 268 萬美金的初期計畫，與農民簽約，改變他們的稻田和生產方式為有利於涉禽和水鳥。因為涉禽和許多水鳥需要 2 至 6 英吋的水深，稻農需要更早進水，維持淹水更久的時間，並緩慢放水。此外，稻農要改變田埂為緩坡，使其能讓鳥築巢和休息，幼鳥能容易來回於巢和水域；甚至，有些稻農提供人工鳥巢結構物 (PR Newswire 2011)。

在世界上，目前有幾個行銷販賣有利於鳥類的稻米的案例。在西班牙，鳥類保育組織 SEO/BirdLife 在 2001 年創立 Riet Vell 公司，以促進對鳥類友善的有機農業生產及行銷，他們的目的是提供健康的產品，同時保育鳥類的棲地；對於消費者而言，購買他們的產品不僅拯救歐洲的物種和生態系，並且可以促進鄉村地區的社會經濟的發展 (Riet Vell 2011)。在柬埔寨，巨鸕 (Giant Ibis) 為一種瀕危物種，農民以保護和監測巨鸕的方式種植稻米者，經由野生動物友善企業網絡 (The Wildlife Friendly Enterprise Network) 認證，則稱為 Ibis Rice™；野生動物友善企業網絡列出提供這種稻米的旅館和餐廳，給消費者參考 (WFEN 2015)。

野生動物友善企業網絡致力於保育瀕危野生動物的產品的發展和行銷，同時也保持鄉村經濟的活力 (WFEN 2015)。

第二節 黑面琵鷺友善之棲地營造

香港米埔自然保護區

世界自然基金會香港分會自 1983 年管理米埔自然保護區，一直在保護區內進行研究和增設教育設施，同時推出多項保育工作維持濕地。保護區極具生物多樣性，擁有豐富的動植物物種，遍佈 6 種濕地，包括魚塘、基圍(傳統蝦塘)、潮間帶泥灘、紅樹林、蘆葦叢及淡水池塘。2003 年起設立研究及監測部門，有兩個目標：評估世界自然基金會在米埔自然保護區生境管理工作上的成效及增加關於具保育價值的濕地物種的生態及管理方面需要的基礎知識(世界自然基金會香港分會 2011)。黑面琵鷺、水鴨和濱鳥被選為工作重點物種，務求可快速地評估影響有關目標的管理工作成效，包括控制水位及植物高度等，並在有需要的時候，採取補救工作 (世界自然基金會香港分會 2011)。

濕地的水鳥利用

探討水鳥利用魚塢的文獻很少，因為絕大部份水鳥和魚塢的文獻都在討論水鳥和魚塢生產之間的衝突 (Stickle, Jr., et al., 1992; Trapp et al., 1995; Glahn *et al.* 2000)。但是，有一些探討水鳥利用濕地和農業水域 (包括水稻田、蓄水池和溝渠等) 的研究 (Colwell and Taft, 2000; Taft et al., 2002; Sebastián-González et al., 2009; Elphick et al., 2010)。

Colwell and Taft (2000) 在美國加州中央山谷 (Central Valley) 研究水鳥利用 25 個濕地，研究結果顯示總鳥種數與濕地面積成正比、與水深成反比、與地形多樣性成正比 (Colwell and Taft, 2000); 水鳥 (waterbird)、浮鴨 (dabbling duck)

和涉鳥 (wading bird) 的鳥種數在淺水濕地增加，而潛鳥 (diving bird) 鳥種數在深水濕地增加 (Colwell and Taft,2000)。鳥的密度也與水深度相關，涉鳥和浮鴨的密度在淺水濕地增加，而潛鳥的密度在深水濕地增加 (Colwell and Taft,2000)。Taft 等人 (2002) 進一步以實驗法降低濕地在冬季和春季的水位以進行比較，結果指出在冬天水位降低的濕地的濱鳥 (shorebird) 和水鴨 (teal) 密度增加；浮鴨和潛鳥在降低水位的後期增加；水鳥的鳥種數和密度在水位 10 至 20 公分並有 30 至 40 公分的水位差時最高。

在少數探討水鳥類利用魚塭的文獻中，華寧等人 (2009) 在崇明東灘對冬季水鳥利用魚塭做調查，結果指出大面積的魚塭比小面積的有較高的鳥種數和密度，水位的高低影響游禽 (natatores) 和涉禽 (grallatores) 的利用；在降低水位後，影響游禽鳥種數和密度的主要因子為水面積，影響涉禽鳥種數和密度的主要因子為水深變異。

國立臺南大學七股西校區溼地

台南地區養殖魚塭類型會影響鳥類的進食使用。養殖魚塭類型可以分為五種：長年深水養殖 (石斑或烏魚)、長年淺水養殖 (文蛤和麒麟龍鬚菜)、一年深水養殖 (七星鱸、金目鱸、花身鰱或黑鯛)、一年淺水養殖 (彈塗魚) 及季節性淺水養殖 (虱目魚和蝦) (蔡 2009)。一般而言，以季節性養殖和一年深水養殖為對黑面琵鷺較有利，黑面琵鷺數量與這兩種養殖面積為正相關；黑面琵鷺數量也與廢休養魚塭面積呈正相關；長年深水養殖及長年淺水養殖都無法讓黑面琵鷺數量受惠 (蔡 2009)。養殖漁民為了追求較高的利潤，通常會採取長年深水養殖及長年淺水養殖。在七股東魚塭區，石斑魚苗養殖和文蛤養殖面積逐年上升，而傳統淺坪鹹水虱目魚養殖面積從 2001 年的 179 公頃減少至 2011 年的 30.8 公頃 (蔡 2009)，黑面琵鷺的食物來源逐年減少。

為了增加黑面琵鷺的食源，需要推廣有利於黑面琵鷺的傳統淺坪式虱目魚養

殖方式，因此，台江國家公園管理處已經自 101 年中開始進行了增加黑面琵鷺食源的生態養殖計畫。虱目魚收成後，製做成虱目魚罐頭。綜合調查結果如下，水質自 1 至 4 月份樣本鹽度和電導度較高，因為降雨較少；5 月有梅雨及 6 至 8 月颱風季降雨量較高，因此 4 月之後水體的鹽度和電導度較低。1 至 3 月份樣本水溫較低，因此溶氧較高，其他月份樣本水溫較高，因此溶氧較低。隨著溫度升高和養殖飼料餵食的進行，魚塢葉綠素 A（生產力）增加。魚類調查結果顯示，不論在南北潮溝、潮池或魚塢，雜交慈鯛都是極為優勢的種類。南、北潮溝的魚種數較多，魚類群集組成與魚塢較不同。這兩年草本飼料的換肉率都在 3 左右，102 年以 C1 虱目魚的換肉率最好，成本也最低；103 年以 C3 虱目魚的換肉率最好和成本最低。估計各池雜交慈鯛數量，有餵食的魚塢的雜交慈鯛較大，生物量也較高，沒有餵食的魚塢生物量較低，也較小隻。

校區鳥類調查結果顯示，10 至 4 月中為冬候鳥期，4 月中至 9 月主要為留鳥期，黑面琵鷺在冬候鳥期時利用校區棲息。在留鳥期，魚塢和北蘆葦區有較多的鳥種數和密度。在冬候鳥期，魚塢區有較多的鳥種數，南區有較多的密度。在養殖池的水位放低之後，觀察到黑面琵鷺和候鳥在養殖魚塢覓食。降低水位後的鳥類密度高於降低水位前的鳥類密度，也高於沒有降低水位魚塢的鳥類密度。降低水位後的鳥種數高於降低水位前的鳥種數，也高於沒有降低水位魚塢的鳥種數。各魚塢在降低水位後，有鷓鴣科、鷺科、鴿科、長腳鷓或黑面琵鷺的數量高峰期。

收成的虱目魚已經做成黑琵牌的蕃茄虱目魚罐頭販賣。103 年度開始結合社會企業，並嘗試做虱目魚肚和虱目魚丸，販賣或送給鄰近國小學生加菜做午餐。

第三章 研究方法

第一節 研究地區

本計畫實驗地點在國立臺南大學七股校區西校區，鄰近黑面琵鷺保護區和東魚塢區（圖 3-1），可以就近吸引鄰近的黑面琵鷺和其他鳥類來利用，為增加食源的良好地點。這個區域原本都是私人承租的魚塢，在建立南大七股校區前被收回為校地，並且將魚塢破堤。建立校區後，在此地常見的魚類包括大鱗鯪、雜交慈鯛及鰕虎等。優勢的沼澤植物為蘆葦、海雀稗與莎草科的莞；潮溝紅樹林主要以海茄苳為主，也有欖李及紅海欖；土堤灌叢優勢植物有鯽魚膽、海馬齒、鹽地鼠尾粟和裸花鹼蓬等。

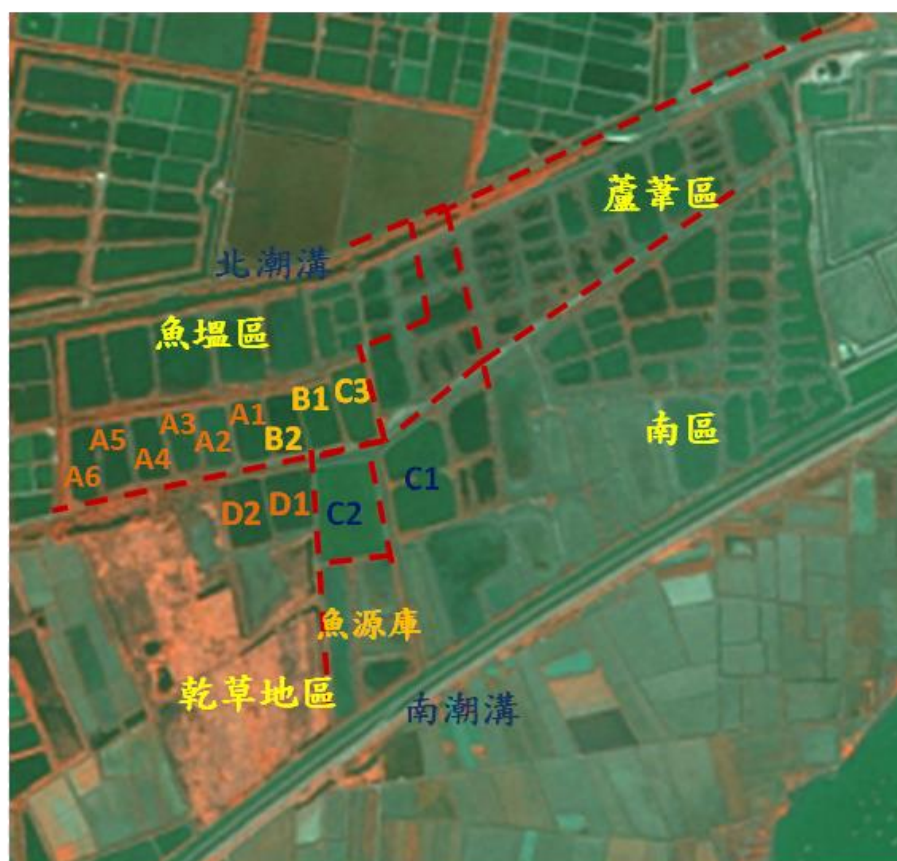


圖 3-1、計畫實驗地點在國立臺南大學七股校區西校區，實驗組 A 為野生魚種不餵食、B 為雜交慈鯛不餵食、C 為虱目魚且餵食及 D 為雜交慈鯛且餵食。虛線為鳥類調查穿越線。

第二節 研究方法

本研究工作分為七個部份，第一個是魚塭整理工作和魚塭藻類繁養殖；二是魚苗及飼料購買；三為水源供給、水質維護並餵食魚隻；四為魚塭和場地維護；五是水質、鳥類、魚類和底棲動物調查；六為在魚塭降低水位後，監測鳥類的使用魚塭和南區濕地；七為編輯和印製對黑面琵鷺友善之濕地營造計畫摺頁。

魚塭準備

整理魚塭準備養殖的工作包括將水抽乾並曬池，以清除池底有機物。虱目魚塭在整理過後，以米糠鋪撒於魚塭，進水以培養藻類做為虱目魚食源。

在養殖前，先對潮溝和魚塭進行整理，潮溝整理包括將魚塭區中央的潮溝疏濬，讓水能流通，以提供魚塭水源。魚塭的整理則包括築堤、土堤維護、挖深溝和整平等工作。

魚塭實驗

本實驗是為瞭解在不同的養殖型態下，包括野生、放養及是否餵食的型態，其中魚類的生物量，以及鳥類在調整水位後對魚塭的利用，以評估提供候鳥食源的方式。在此地實驗處理包括野生魚種不餵食(A組)、雜交慈鯛不餵食(B組)、虱目魚且餵食(C組)及雜交慈鯛且餵食(D組)，共四組；每個實驗組有兩個魚塭。虱目魚為淺坪式的養殖，並且增加一池C3，以提供鳥類食源；兩池虱目魚C1和C2各放5000隻虱目魚苗，C3放3000隻。野生魚種為來自於潮溝的魚，如同廢休養魚塭，但是擁有潮溝的魚源。雜交慈鯛池放養來自校區魚源庫土生的雜交慈鯛。相較於雜交慈鯛池，我們希望能瞭解野生的魚源是否能提供足夠的食物給候鳥，是否需要以雜交慈鯛提供食源。在南北邊的潮溝，經過我們連續的調查發現，雜交慈鯛已經在校區周遭和東魚塭的潮溝建立族群。

本計畫執行養殖實驗的進行，購買魚苗放養，購買草本飼料，提供魚隻食物。提供抽水幫浦油料和維護，抽水調節水以維護水質。實驗地區沒有電，無法使用風車，因此，在夜間抽排水以維護魚塭有足夠的溶氧，確保魚隻存活。

草本飼料每 1050 公斤的成份為：黃豆豆粉（沙拉油副產品） 550 公斤、米糠（全脂） 185 公斤、粉頭（日本高黏性） 200 公斤、酒糟（金門高粱） 100 公斤及鈣粉（岩石） 15 公斤。加肥草本飼料以全脂豆粉和米糠增加油脂，每 1050 公斤成份為：黃豆豆粉（沙拉油副產品） 400 公斤、全脂豆粉 150 公斤、米糠（全脂） 285 公斤、粉頭（日本高黏性） 200 公斤、鈣粉（宜蘭岩石） 15 公斤。

魚塭動物調查

魚類採樣的目的為瞭解虱目魚的成長和潮溝魚類的群聚組成，採樣原則上每兩個月進行一次，以蛇籠捕捉，俗稱蜈蚣網，網目 0.75 公分。每個蛇籠以竹竿固定後，再放入餌料誘捕魚隻。於調查前一天下午放網，第二天收魚。蛇籠網在魚塭的架設位置為西南方角落，以利於沿著魚塭周圍活動的魚隻進入網袋。另外，以細網（網目 0.2 公分）包覆蝦籠置於岸邊，採集仔稚魚，以瞭解於魚隻是否繁殖。捕捉後記錄魚隻標準體長、尾叉長和全長，以及溼重；記錄後將魚隻放回。若單一魚種數量過多，則取樣約 30 隻記錄其體長和體重，其餘魚隻記錄其數量。採樣已取得台南市政府農業局的許可。除了在 4 組實驗魚塭採樣，也在 22、29 和 74 號濕地及南潮溝（SC）、北潮溝（NC）和北潮池（NCP）採樣。

養殖池雜交慈鯛數量估計在虱目魚收成前進行，以標放再捕捉法估計，以剪去背鰭前半部做為標記方法；依大小比例估算魚塭雜交慈鯛的生物量。對於其他數量較少的魚類，將在虱目魚收穫時秤重計算。

底棲動物調查的目的為瞭解其在實驗魚塭中的生物量及底棲動物組成變化，在虱目魚收成前進行。調查以底拖網採樣估計底棲的魚蝦蟹螺貝類等生物量。底拖網採樣時，拖行長度 10 公尺，拖網寬度 2.6 公尺，有固定的拖網採樣面積；

對黑面琵鷺友善之濕地營造

魚、蝦蟹和螺貝類分別現場秤重。

水質分析

在每次採樣時，以野外型水質儀記錄養殖池和潮溝的溶氧、鹽度、水溫、酸鹼度和電導度；以專人於一個時段內連續測量記錄水質，並取回 500mL 水樣，於實驗室測量濁度、葉綠素 A 和營養鹽。葉綠素 A 以乙醇萃取法分析，在記錄過濾體積後，以孔徑 0.7 μ m 玻璃纖維濾紙過濾；濾紙放於試管中，加入 95% 乙醇 10mL 萃取葉綠素，並置於在黑暗中 60 °C 水浴煮 30 分鐘，每 10 分鐘搖一次，均勻溶解後進行離心；抽取離心管中的上層液體，以分光光度計進行分析並記錄；若是沒有馬上進行分析，則保存在-20°C 的冰箱中。此外，也對魚塭水中營養鹽進行分析，項目包括磷酸鹽磷、氨氮和硝酸鹽氮，分析依照環境保護署環境檢驗所公告之方法，分析儀器為分光光度計，磷酸鹽以維生素丙法分析

(NIEAW427.53B)，氨氮以靛酚比色法分析 (NIEA W448.51B) 和硝酸鹽以分光光度計法分析 (NIEA W419.51A)。

鳥類的調查

七股西校區全區的鳥類群集以固定路線調查，在每個月的第二和四週的星期六早上進行記錄，調查時間約為 6 點半至 9 點，以望遠鏡協助調查；調查路線在圖 3-1。此外，我們將西校區分成四區：北蘆葦、南潮池、魚塭和乾草地區。固定路線調查走過各區不同的棲地，能看到大部份校區的環境和棲息鳥類。調查時，註明鳥類棲息環境狀況和行為。行為種類包括覓食及停棲；環境棲地因子包括水域、土堤、木麻黃林、紅樹林、灌叢及乾草地。

在虱目魚收成前 5 週，每週調查一次鳥類；收成後排定時間，逐池降低水位，供候鳥進食，並排定人員每隔一天進行鳥類監測。在魚塭降低水位後調查魚塭土堤內的鳥類，開始日期為降低水位當天，調查記錄時間約自清晨 6 時開始，記錄魚塭包括 A1、A2、A3、B1、B2、C1、C2、D1、D2 共 12 池，加上南區濕地

的記錄。除記錄魚塭水位之外，記錄魚塭內水域、溼土和乾土地面積百分比，及記錄鳥隻是在土堤、水域、溼土或乾土地區域。在降低水位期間，利用高塔鋼架觀察記錄魚塭的黑面琵鷺和鳥類。

在南區的濕地也將記錄濕地棲地特徵，特徵項目包括水深、植物覆蓋、土堤高度和方位等，也將蒐集面積與道路距離等資料。

資料分析

水質分析

水質因子以單因子變異數分析（One-way Analysis of Variance）比較不同月份和養殖池之間的差異。

養殖分析

魚塭魚隻的肥滿度(condition factor)計算方式為(體重(g)/(體長(cm))³) x 100。

換肉率為餌料轉換係數(feed conversion ratio) 計算方式為攝餌量(Kg)/魚體增重量(Kg)，一般高密度養殖而言，換肉率在 2 以內，但是本實驗為粗放養殖，且沒有使用魚粉，換肉率會較高。

族群數量估計的以下列公式計算（Lincoln-Peterson estimator）。

$$N = \frac{(n1 + 1)(n2 + 1)}{(m2 + 1)} - 1$$

n1：標記的隻數 n2：第二次捕捉到的隻數 m2：捕捉到有標記的隻數
群聚分析

以群集分析（Cluster analysis）探討鳥類群集樣本之間的分群，樣本間的距離以 Bray-Curtis 不相似度指數計算，以群的平均（group average）為聯結方式（linkage method），結果以樹狀圖呈現，選取適當的分群數量，再進行各分群間的相似性係數分析(Analysis of Similarities, ANOSIM)，計算各群之群間差異是否高於群內差異，若各群之間有顯著差異，則所劃分之群得以成立。鳥類群集組成資料先轉換為相對豐度。

降趨對應分析(Detrended Correspondence Analysis)探討鳥類群集樣本之間的

對黑面琵鷺友善之濕地營造

相似與否，以結果圖判斷樣本之間的遠近，配合群集分析的分群結果畫出，顯示降趨對應分析和群集分析結果的對應。分析資料為群集物種的相對豐量。降趨的目的為去除的對應分析的曲線效應（arch effect）

密度比較

魚塭實驗處理間的密度和鳥種數差異則以 t 檢定分析或單因子變異數分析（One-way ANOVA）進行，若是結果顯著，則以 Duncan 多重比較分析比較處理間的高低。

第四章 結果與討論

第一節 養殖工作紀要

今年度(104)自3月中開始整理魚塭，在3月底前整理完成。魚塭整理工作包括魚塭土堤整理、C1和C2魚塭的越冬溝擴大挖深、潮溝挖深、C1和C2魚塭的排水管理設及北邊濕地涵管水門施做。涵管水門的施做是為了控制濕地水位，過程要先堆土擋住水流，再安裝涵管水門，再將潮溝開口以泥土填實，施工期約二天半。虱目魚池在整理過後，施放米糠增肥培養藻類，再使用幫浦抽取潮溝的水進入魚塭。大部份魚塭的加水和排水都需要幫浦，因此，經常需要搬移幫浦。

今年於4月18日放養虱目魚苗，魚苗來自於七股，為今年第一批繁殖的虱目魚苗；放養當時體型只有3寸半。C1和C2各放5000隻魚苗，C3放3000隻魚苗。在放入後第二天，C3就有約兩百隻魚苗死亡，猜測原因為魚隻太小和天氣太熱。去年10至12月只有微量降雨；今年1至4月沒有降雨，5和6月也沒有降雨，且溫度高(資料來源為中央氣象局七股氣象站)。5和6月份陸續自魚源庫(A4至A6)中捕捉雜交慈鯛，放至雜交慈鯛魚塭(B1、B2、D1、D2和A3魚源庫)。

在7月4日清晨，C1的虱目魚死亡約一千一百隻，之後，虱目魚陸續死亡約一百隻。6月底的調查顯示C1的浮游藻偏高，可能為清晨缺氧造成。到7月底，低氣壓進入臺南，偶有降雨，溫度也因此下降。10月30日清晨C1缺氧，相繼死亡161隻虱目魚，

在10月份已經陸續以拖網調查底棲生物量，並且以剪鰭法估計雜交慈鯛的數量。在11月9日清晨，先收成C1和C2。11月11日清晨，收成C3。今年度，收成的虱目魚已經製成魚肚、魚丸和魚鬆。

第二節 水質調查

魚塭水質

在 2 月份，魚塭皆完全乾涸或只剩少量積水，因此只對潮溝和溼地的野外水質和營養鹽進行測量。在 4 月份調查時，仍有幾個魚塭尚未進水，與 2 月份相比多測量數個魚塭的水質與營養鹽。在 6 月份的調查時，全部養殖魚塭皆已進水並放入魚隻，所以 6 月、8 月、10 月份全部的魚塭、潮溝和濕地都有進行水質與營養鹽調查。

今年度 1 到 4 月、6 月和 10 月份幾乎沒有降雨，5 月、7 月、9 月份稍稍有雨，唯有 8 月份雨量較多(資料來源為中央氣象局七股氣象站)，因此仍然與去年度一樣，使用南、北潮溝的水進行養殖。在 2 月份的水質調查資料顯示，南、北潮溝和北潮池的鹽度差別不大，數值平均約 30P. S. U. (圖 4-1)。溶氧則是南潮溝遠高於北潮溝和北潮池。在 4 月份的水質調查資料顯示，南潮溝的鹽度比北潮溝和北潮池來得低，但全部都比 2 月份的鹽度來得高，且平均也高達 40P. S. U.，原因應與去年相同，是由於長期沒有降雨，導致水蒸發而鹽度上升。在溶氧的方面，南、北潮溝差別不大，都比 2 月份的溶氧來得低。在 6 月份，南、北潮溝的鹽度差別不大，全部都降至 30P. S. U. 左右，因為 5 月份稍有降雨使得鹽度下降。溶氧的部分，南潮溝遠低於北潮溝和北潮池，但是比 4 月份來得高。在 8 月份的調查中，南、北潮溝鹽度只剩 10P. S. U. 左右，但北潮池則高達約 50P. S. U.，可能是蒸發旺盛。8 月初蘇迪勒颱風襲台，造成了南、北潮溝和北潮池的溶氧皆比 6 月份來得低，且北潮溝的溶氧甚至降到 0%(0mg/L)，水色呈現混濁的黑色，並發現有大量魚群死亡。

22、29 與 74 號濕地水質狀況與去年相似。22 號濕地在北蘆葦區，鹽度最低，溶氧變化大(圖 4-1)，原因可能為底部累積有機物，微生物分解作用導致耗氧。29 號濕地一樣在北蘆葦區；但今年調查中溶氧變化小，原因可能為今年水中濁

度高，可能抑制周圍與底部的水生植物與藻類光合作用。74 號濕地在南邊且感潮，因此鹽度在 3 個濕地中明顯較高。

以單因子變異數分析比較 2 至 10 月 3 個濕地與南、北潮溝和北潮池水質與營養鹽的調查結果，發現除了鹽度和濁度外皆不具有差異。3 個濕地與南、北潮溝和北潮池的水溫、飽和溶氧百分比、pH、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 和葉綠素 *A* 皆相同，只有鹽度和濁度不相同($F=3.257, P=0.022$; $F=3.048, P=0.029$)。

Duncan 多重比較顯示鹽度分成 3 組，74 號濕地($21.93 \pm 4.35 \text{P. S. U.}$) (平均 ± 1 標準誤)、南潮溝($24.62 \pm 5.10 \text{P. S. U.}$)、北潮溝($25.19 \pm 6.46 \text{P. S. U.}$) 和北潮池($35.34 \pm 7.25 \text{P. S. U.}$) 為最高一組，29($13.21 \pm 6.37 \text{P. S. U.}$) 和 74 號濕地和南、北潮溝一組，22($6.39 \pm 2.95 \text{P. S. U.}$)、29 和 74 號濕地最低一組(圖 4-2)。濁度分成 2 組，29($17.60 \pm 6.55 \text{NTU}$) 和 74 號($27.86 \pm 4.27 \text{NTU}$) 濕地和南($29.50 \pm 6.85 \text{NTU}$)、北潮溝($18.39 \pm 2.68 \text{NTU}$) 和北潮池($18.99 \pm 3.62 \text{NTU}$) 為較高一組，22($7.83 \pm 3.38 \text{NTU}$) 和 29 號濕地和北潮溝、北潮池為較低一組。

圖 4-1 中的飽和溶氧百分比與圖 4-2 中的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 和葉綠素 *A*，雖不具有顯著差異，但在此將各採樣濕地與潮溝的數值，依圖中 22、29 和 74 號濕地、北潮溝(NC)、北潮池(NCP)、南潮溝(SC)的順序列出各水質因子的平均 ± 1 標準誤，以方便閱讀。飽和溶氧百分比在 22、29 和 74 號濕地依序為 $45.6 \pm 15.0\%$ ($3.54 \pm 1.31 \text{mg/L}$)、 $53.3 \pm 16.1\%$ ($4.06 \pm 1.17 \text{mg/L}$) 和 $55.0 \pm 15.9\%$ ($11.92 \pm 7.85 \text{mg/L}$)，在北潮溝、北潮池、南潮溝依序為 $45.6 \pm 14.9\%$ ($3.62 \pm 1.13 \text{mg/L}$)、 $50.3 \pm 13.8\%$ ($3.87 \pm 1.05 \text{mg/L}$)、 $61.8 \pm 11.1\%$ ($5.07 \pm 1.11 \text{mg/L}$)。 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 在 22、29 和 74 號濕地依序為 $0.57 \pm 0.22 \text{mg/L}$ 、 $0.64 \pm 0.27 \text{mg/L}$ 、 $0.46 \pm 0.17 \text{mg/L}$ ，在北潮溝、北潮池、南潮溝依序為 $0.45 \pm 0.12 \text{mg/L}$ 、 $0.48 \pm 0.13 \text{mg/L}$ 、 $0.40 \pm 0.11 \text{mg/L}$ 。 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 在 22、29 和 74 號濕地依序為 $0.023 \pm 0.006 \text{mg/L}$ 、 $0.016 \pm 0.006 \text{mg/L}$ 、 $0.045 \pm 0.020 \text{mg/L}$ ，在北潮溝、北潮池、南潮溝依序為 $0.081 \pm 0.052 \text{mg/L}$ 、 $0.045 \pm 0.008 \text{mg/L}$ 、 $0.034 \pm 0.012 \text{mg/L}$ 。葉綠素 *A* 在 22、29 和 74 號濕地依序為 $66.35 \pm 45.94 \text{mg/L}$ 、 $17.77 \pm$

7.26mg/L、8.29±2.87mg/L，在北潮溝、北潮池、南潮溝依序為 53.32±11.28mg/L、26.07±6.97mg/L、15.99±5.51mg/L。

在 6 至 10 月份的魚塭水質調查資料顯示，虱目魚魚塭除了濁度有較明顯高於其他魚塭外，其餘水溫、鹽度、pH、飽和溶氧百分比皆無明顯高低差異。水溫在全部魚塭皆差距不大，6 月份平均為 33.7±0.2°C(平均±1 標準誤)、8 月份平均為 31.3±0.4°C、10 月份平均為 28.8±0.2°C。而虱目魚魚塭 C1 自 4 至 10 月份平均水溫為 32.9±1.2°C，水溫皆高於 C2(31.0±1.0°C)和 C3(30.6±0.8°C)魚塭約 1 至 2°C。飽和溶氧百分比自 6 至 10 月份，全部魚塭皆無顯著差異(圖 4-3)。6 月份調查中，飽和溶氧百分比最高為 C1 魚塭的 158%，最低為 C3 魚塭的 70.2%。8 月份調查中，最高的魚塭依舊為 C1 魚塭的 99.9%，最低為 D2 魚塭的 55.9%，但只比較虱目魚魚塭的話 C3 魚塭的 65.2%依舊最低。10 月份調查中，最高的魚塭為 C2 魚塭的 52.6%，最低為 C1 魚塭的 7%，且遠低於第二低的 B2 魚塭的 29.1%，C1 魚塭於 10 月份調查中，其他水質調查資料皆無明顯變化，無法從水質調查資料飽和溶氧百分比降至 7%的原因。

以單因子變異數分析比較 6 至 10 月魚塭水質與營養鹽的調查結果，發現除了葉綠素 A 外皆不具有差異，而濁度則是接近顯著。魚塭的水溫、飽和溶氧百分比、鹽度、濁度、pH、NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N、PO₄⁻³-P 皆相同，只有葉綠素 A 不相同(F=5.625，P=0.001)。

Duncan 多重比較顯示葉綠素 A 分成 2 組，虱目魚魚塭 C1(154.03±62.41 μg/L)(平均±1 標準誤)、C2(113.54±15.62 μg/L)和 C3(144.15±34.72 μg/L)為較高的一組，虱目魚魚塭以外的 A1(14.81±6.17 μg/L)、A2(12.83±4.30 μg/L)、A3(35.54±13.57 μg/L)、B1(28.63±11.13 μg/L)、B2(21.72±7.12 μg/L)、D1(9.87±2.61 μg/L)、D2(29.62±6.84 μg/L)魚塭為較低的一組(圖 4-4)。全部魚塭的濁度雖相同(F=2.329，P=0.055)，但 Duncan 多重比較顯示濁度分成 2 組，虱目魚魚塭 C1(47.23±13.42NTU)、C2(65.47±35.90NTU)和 C3(31.97±10.39NTU)為較高

一組，虱目魚魚塭 C1、C3 和 A1(6.68 ± 0.46 NTU)、A2(7.24 ± 3.85 NTU)、A3(15.60 ± 6.93 NTU)、B1(11.16 ± 4.65 NTU)、B2(7.98 ± 2.42 NTU)、D1(11.24 ± 5.72 NTU)、D2(14.79 ± 4.20 NTU)魚塭為較低的一組。

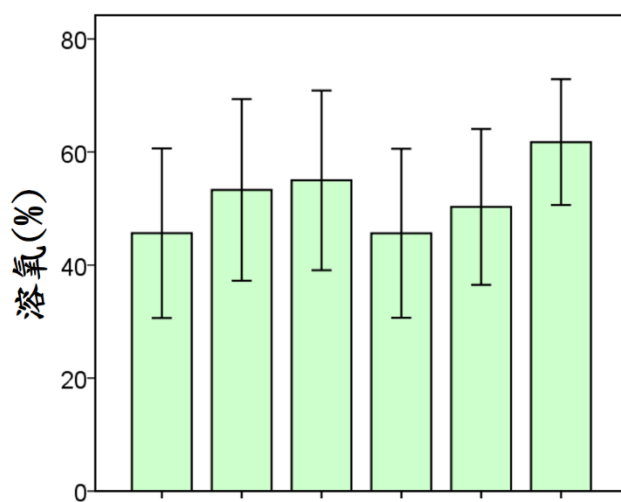
以單因子變異數分析比較 6 至 10 月虱目魚魚塭水質與營養鹽的調查結果，發現除了 pH 外皆不具有差異。虱目魚魚塭的水溫、飽和溶氧百分比、鹽度、濁度、 NH_4^+-N 、 NO_2^--N 、 NO_3^--N 、 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 、葉綠素 *A* 皆相同，只有 pH 不相同($F=5.494$ ， $P=0.044$)。Duncan 多重比較顯示 pH 分成 2 組，C1(8.34 ± 0.14)(平均 ± 1 標準誤)、C2(8.04 ± 0.13)魚塭為較高一組，C2、C3(7.74 ± 0.11)魚塭為較低一組。

圖 4-3 的飽和溶氧百分比與鹽度和圖 4-4 的 NO_3^--N 與 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ ，雖不具有顯著差異，但在此將各魚塭的數值，依圖中 A、B、C、D 四種類型魚塭的順序列出各水質因子的平均值 ± 1 標準誤，以方便閱讀。飽和溶氧百分比在 A1、A2、A3 分別為 $72 \pm 24.3\%$ (5.28 ± 1.65 mg/L)(平均 ± 1 標準誤)、 $74.6 \pm 21.4\%$ (5.46 ± 1.46 mg/L)、 $61.9 \pm 10.8\%$ (4.66 ± 0.63 mg/L)，B1、B2 分別為 $75.8 \pm 31.6\%$ (5.54 ± 2.13 mg/L)、 $69.6 \pm 20.3\%$ (5.11 ± 1.39 mg/L)，C1、C2、C3 分別為 $88.6 \pm 44.2\%$ (6.20 ± 3.02 mg/L)、 $69.5 \pm 10.6\%$ (5.07 ± 0.76 mg/L)、 $58.7 \pm 9.1\%$ (4.29 ± 0.63 mg/L)，D1、D2 分別為 $68.5 \pm 19.0\%$ (5.06 ± 1.27 mg/L)、 $60.7 \pm 8.0\%$ (4.46 ± 0.47 mg/L)。鹽度在 A1、A2、A3 分別為 25.52 ± 9.14 P. S. U.、 21.98 ± 9.26 P. S. U.、 22.77 ± 9.16 P. S. U.，B1、B2 分別為 20.63 ± 7.44 P. S. U.、 21.27 ± 7.42 P. S. U.，C1、C2、C3 分別為 21.05 ± 6.86 P. S. U.、 19.30 ± 6.08 P. S. U.、 18.92 ± 5.66 P. S. U.，D1、D2 分別為 17.58 ± 6.10 P. S. U.、 17.50 ± 7.16 P. S. U.。 NO_3^--N 在 A1、A2、A3 分別為 0.50 ± 0.07 mg/L、 0.49 ± 0.11 mg/L、 0.49 ± 0.05 mg/L，B1、B2 分別為 0.53 ± 0.15 mg/L、 0.50 ± 0.13 mg/L，C1、C2、C3 分別為 0.45 ± 0.05 mg/L、 0.51 ± 0.12 mg/L、 0.46 ± 0.09 mg/L，D1、D2 分別為 0.41 ± 0.12 mg/L、 0.47 ± 0.13 mg/L。 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 在 A1、A2、A3 分別為 0.049 ± 0.017 mg/L、 0.027 ± 0.008 mg/L、 0.017 ± 0.002 mg/L，B1、B2 分別為 0.046 ± 0.011 mg/L、 0.032 ± 0.012 mg/L，C1、C2、C3 分別為 0.025 ± 0.010 mg/L、 0.019 ± 0.003 mg/L、 0.054 ± 0.036 mg/L，D1、D2 分

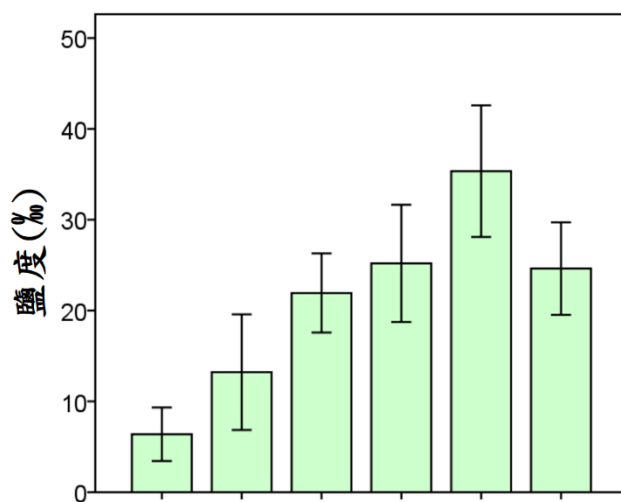
對黑面琵鷺友善之濕地營造

別為 $0.022 \pm 0.005 \text{mg/L}$ 、 $0.016 \pm 0.002 \text{mg/L}$ 。

(A)



(B)



(C)

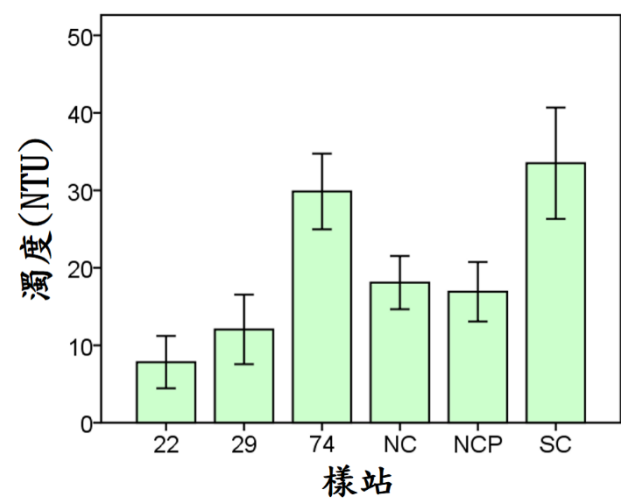


圖 4-1、2 至 10 月份 22、29 和 74 號濕地和北潮溝(NC)、北潮池(NCP)和南潮溝(SC)的(A)飽和溶氧百分比、(B)鹽度和(C)濁度(平均±1 標準誤)。

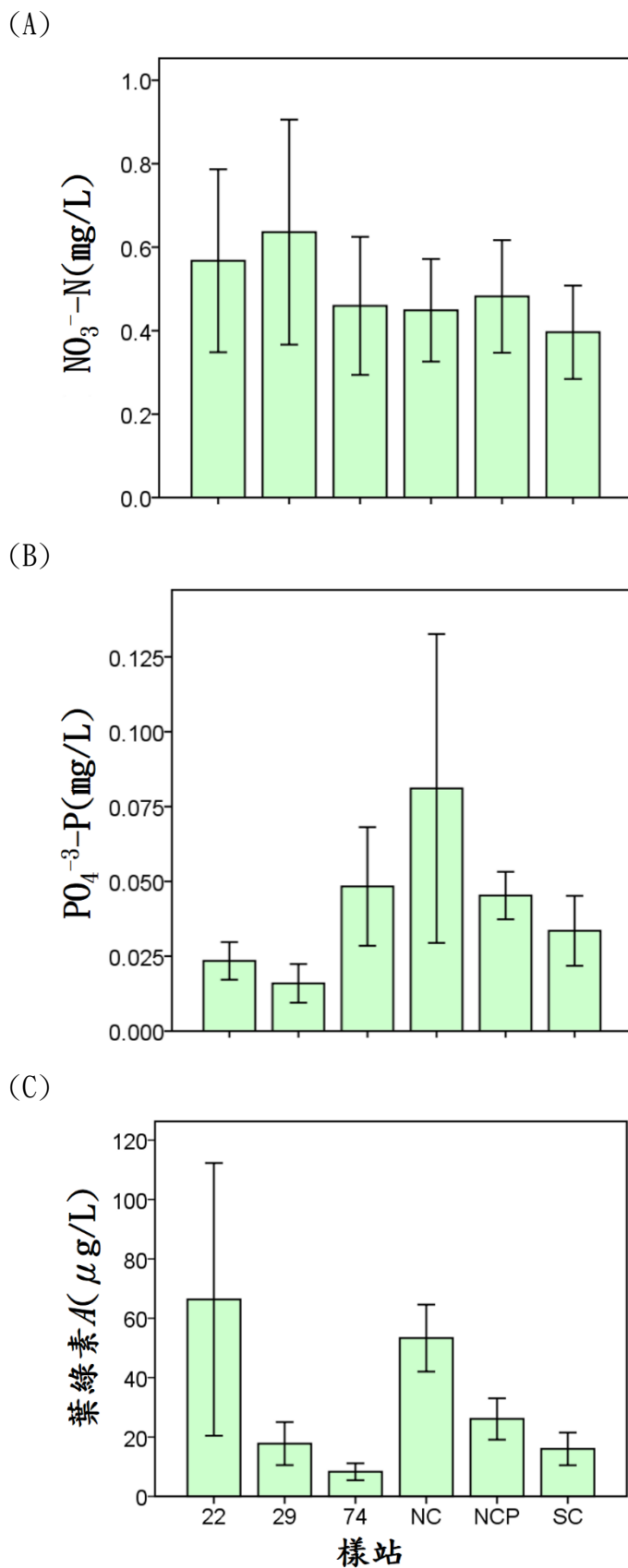


圖 4-2、2 至 10 月份 22、29 和 74 號濕地和北潮溝(NC)、北潮池(NCP)和南潮溝(SC)的(A) $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 、(B) $\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$ 和(C)葉綠素 A(平均 ± 1 標準誤)。

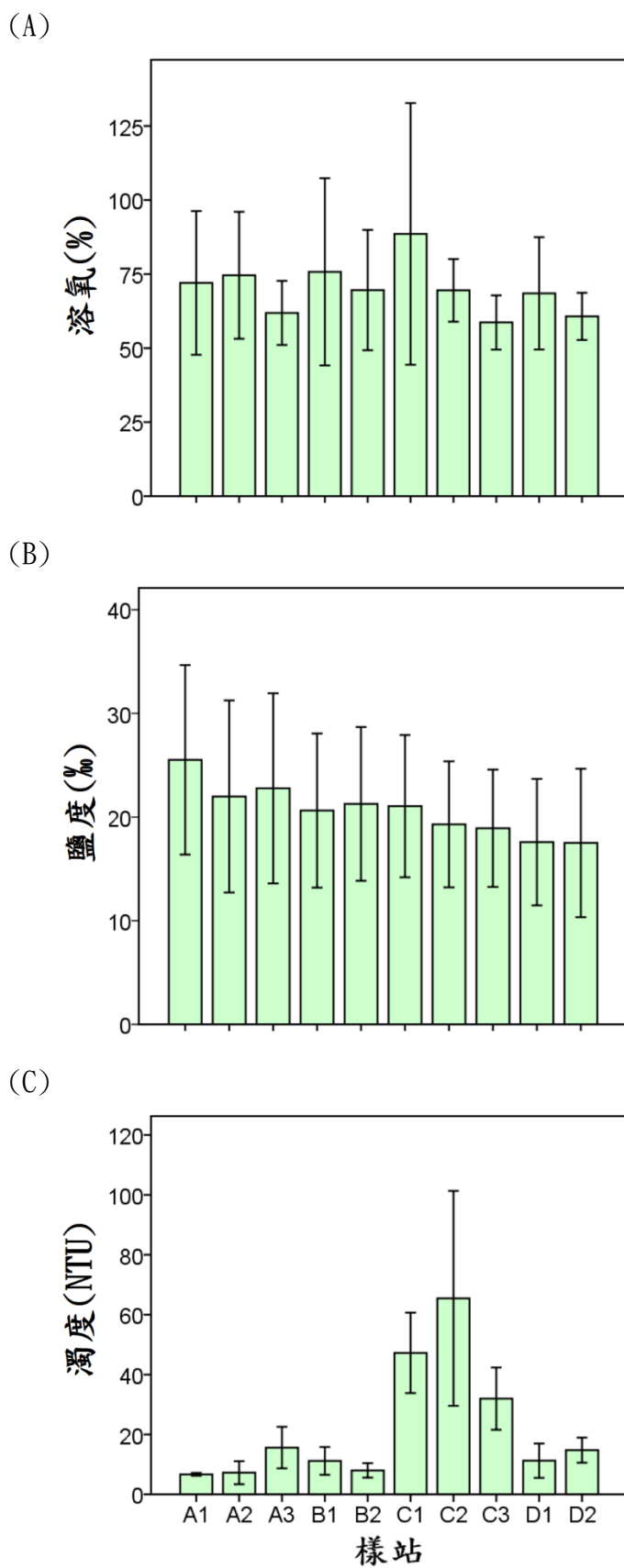


圖 4-3、2 至 6 月份魚塭的(A)飽和溶氧百分比、(B)鹽度和(C)濁度 (平均±1 標準誤)。

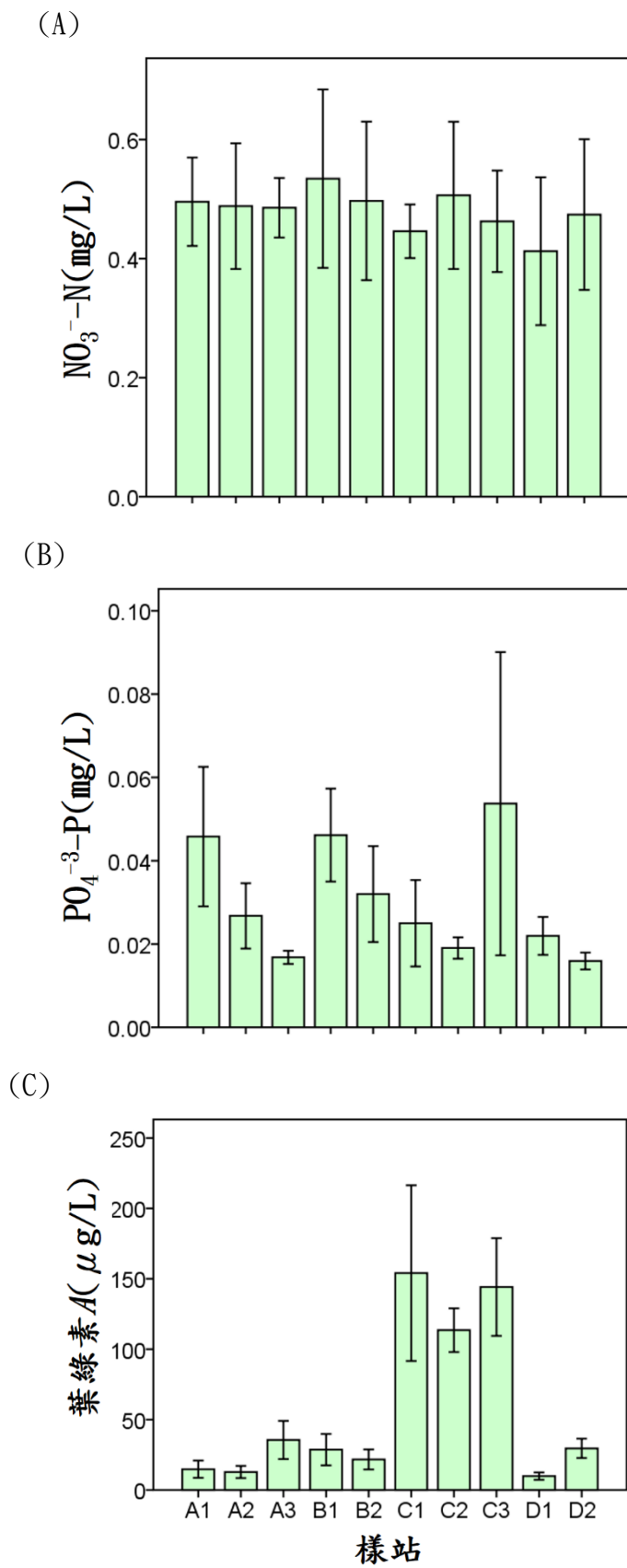


圖 4-4、6 至 10 月份魚塭的(A)NO₃⁻-N、(B)PO₄⁻³-P 和(C)葉綠素 A (平均±1 標準誤)。

第三節 魚類調查

今年於 4 月 18 日在虱目魚魚塢 C1 至 C3 放入虱目魚，已調查放入 3 個魚塢的魚體體型大小，單因子變異數分析顯示 3 個魚塢的虱目魚的標準體長、全長、魚重和肥滿度都相同(One-way ANOVA, 分別為: $F=1.1, P=0.332$; $F=1.2, P=0.284$; $F=0.38, P=0.690$; $F=1.1, P=0.359$)。整體而言，虱目魚標準體長為 9.9 ± 0.2 公分(平均 ± 1 標準誤)，全長為 10.3 ± 0.2 公分，魚重為 15.0 ± 1.2 克，肥滿度為 0.83 ± 0.03 。

圖 4-5 的肥滿度雖不具有顯著差異，但在此將各虱目魚魚塢的肥滿度依圖中 C1、C2、C3 列出肥滿度的平均 ± 1 標準誤，以方便閱讀。肥滿度在 C1、C2、C3 分別為 0.87 ± 0.02 、 0.90 ± 0.02 、 0.91 ± 0.02 。

以單因子變異數分析比較 8 月 11 日三個虱目魚魚塢魚體體型大小的調查結果，發現皆具有差異。虱目魚魚塢的標準體長、全長、魚重、肥滿度皆不相同(分別為: $F=18.5, P<0.001$; $F=20.0, P<0.001$; $F=12.6, P<0.001$; $F=4.5, P=0.02$)。Duncan 多重比較顯示標準體長最長為 C3 的 26.7 ± 0.5 公分(平均 ± 1 標準誤)，其次為 C1 的 24.3 ± 0.6 公分，最短為 C2 的 22.1 ± 0.5 公分。全長最長為 C3 的 32.6 ± 0.5 公分，其次為 C1 的 29.9 ± 0.6 公分，最短為 C2 的 27.4 ± 0.7 公分。魚重最重為 C3 的 297.6 ± 19.8 克，其次為 C1 的 241.7 ± 19.8 克，最輕為 C2 的 169.3 ± 14.4 。肥滿度分為 2 組，C1(0.89 ± 0.02)、C3(0.85 ± 0.02)為較高一組，C2(0.80 ± 0.02)、C3 為較低一組。

以 10 月 09 日的調查結果比較三個虱目魚魚塢的魚體體型大小，發現標準體長、全長、魚重、肥滿度皆相同(One-way ANOVA, 分別為: $F=1.764, P=0.190$; $F=2.738, P=0.082$; $F=1.265, P=0.298$; $F=0.709, P=0.501$)。

圖 4-7 的標準體長、魚重、肥滿度，雖不具有顯著差異，但在此將各虱目魚魚塢的數值列出。標準體長在 C1、C2、C3 依序為 29.2 ± 0.7 公分、 27.6 ± 0.7 公分、 28.2 ± 0.4 公分。魚重在 C1、C2、C3 依序為 399.1 ± 33.6 克、 339.1 ± 29.4 克、

375.0±13.3 克。肥滿度在 C1、C2、C3 依序為 0.82±0.02、0.84±0.03、0.86±0.02。

由 6 至 10 月份的調查結果發現，6 月、8 月份的標準體長、全長、魚重皆為 C3 較高、C1 次之、C2 最低，10 月份則是 C1 最高、C3 次之、C2 依舊最低。6 至 10 月份的肥滿度則沒有固定的高低差異，C3 皆為最高或次之，C2 皆為次之或最低，C1 變化最大，皆為最高或最低。

除了虱目魚魚塢外，在魚塢、採樣溼地與潮溝的優勢種類大多都是雜交慈鯛。南、北潮溝(SC、NC)和北潮池(NCP)與採樣濕地的魚類組成資料與魚塢較不同，因此呈現南、北潮溝和北潮池(表 4-1、表 4-2)與採樣濕地(表 4-3)的資料。北潮溝和北潮池的優勢物種為雜交慈鯛，2 至 10 月的調查中在北潮溝和北潮池皆有被調查到。南潮溝的優勢物種為大鱗鯪，2 至 10 月的調查中在南潮溝皆有被調查到。

將南、北潮溝和北潮池的 2 至 6 月(上半年)與 8 至 10 月(下半年)的調查結果，依照表 4-1、表 4-2 的北潮溝(NC)、北潮池(NCP)、南潮溝(SC)依序進行比較。北潮溝 2 至 6 月共發現 8 個物種，8 至 10 月共發現 5 個物種，只有 2 個物種於 2 至 10 月皆有被發現，分別為棕塘鯉和雜交慈鯛，其中棕塘鯉只有在 6 月與 8 月的調查中各被發現 1 隻，雜交慈鯛則為 2 至 10 月皆有被發現。北潮池 2 至 6 月共發現 6 個物種，8 至 10 月共發現 1 個物種，只有 1 個物種於 2 至 10 月皆有被發現，該物種為雜交慈鯛。南潮溝 2 至 6 月共發現 5 個物種，8 至 10 月共發現 5 個物種，並只有 1 個物種於 2 至 10 月皆有被發現，該物種為大鱗鯪。

將南、北潮溝和北潮池的 2 至 6 月(上半年)與 8 至 10 月(下半年)的調查結果，依照表 4-3、表 4-4 的 22、29、74 號濕地依序進行比較。22 號濕地 2 至 6 月共發現 1 個物種，8 至 10 月共發現 1 個物種，並只有 1 個物種於 2 至 10 月皆有被發現，該物種為絲鰭毛足鬥魚。29 號濕地 2 至 6 月共發現 2 個物種，8 至 10 月共發現 2 個物種，並只有 1 個物種於 2 至 10 月皆有被發現，該物種為雜交慈鯛。74 號濕地 2 至 6 月共發現 1 個物種，8 至 10 月共發現 1 個物種，並沒有

物種於 2 至 10 月皆有被發現。

在 4 至 10 月份的調查中，也有在 3 個濕地、南、北潮溝和北潮池捕獲到少量的蝦蟹，且絕大多數都是在北潮池捕獲。於 4 月 19 日在北潮溝捕獲 2 隻沙蝦和 1 隻臺灣厚蟹；北潮池捕獲 3 隻沙蝦和 1 隻遠海梭子蟹；南潮溝捕獲 1 隻沙蝦。於 6 月 21 日，北潮溝捕獲 1 隻鈍齒短槳蟹；北潮池捕獲 2 隻沙蝦。於 8 月 11 日，29 號池捕獲 1 隻臺灣厚蟹；74 號池捕獲 2 隻等齒沼蝦；北潮池捕獲 3 隻白蝦。於 10 月 09 日，74 號池捕獲 1 隻白蝦、3 隻東方白蝦；北潮池捕獲 1 隻白蝦。

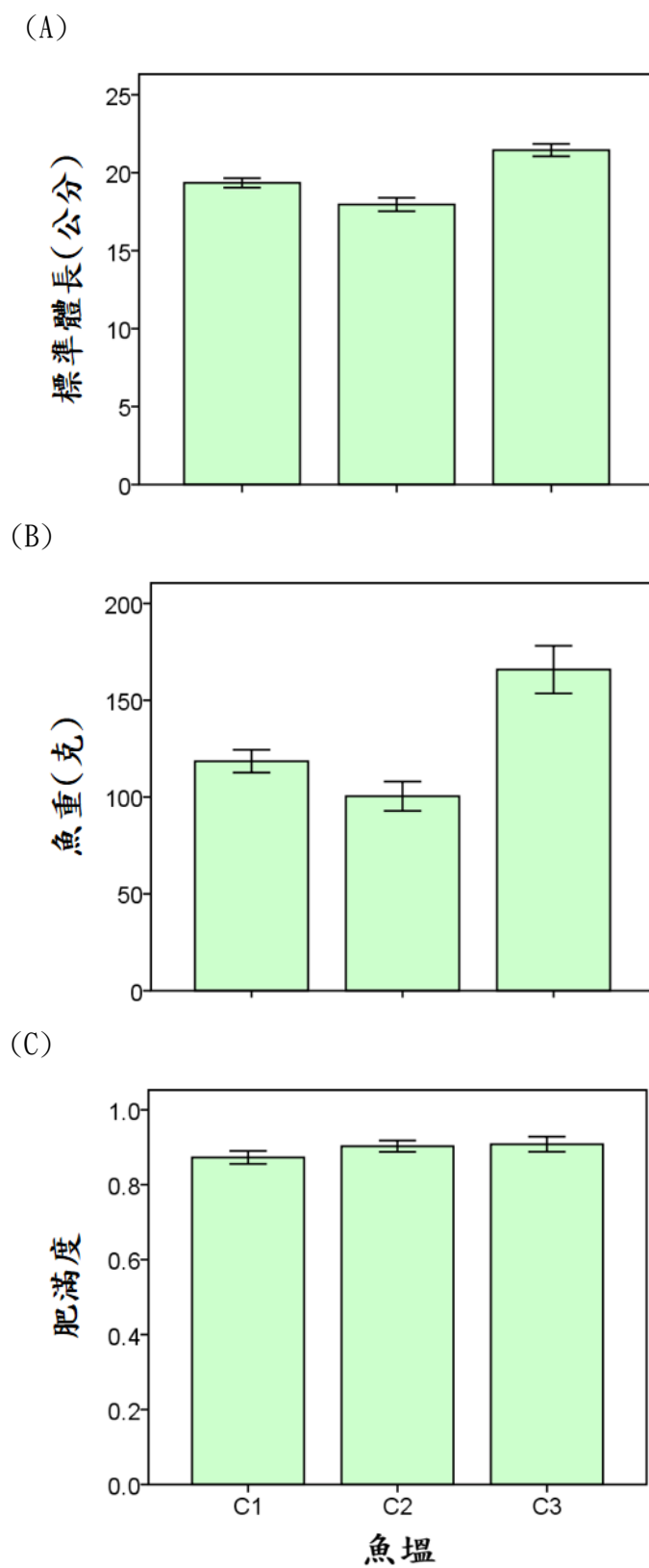


圖4-5、6月份虱目魚魚塭的虱目魚(A)標準體長、(B)魚重和(C)肥滿度的比較
(平均數±1標準誤)。

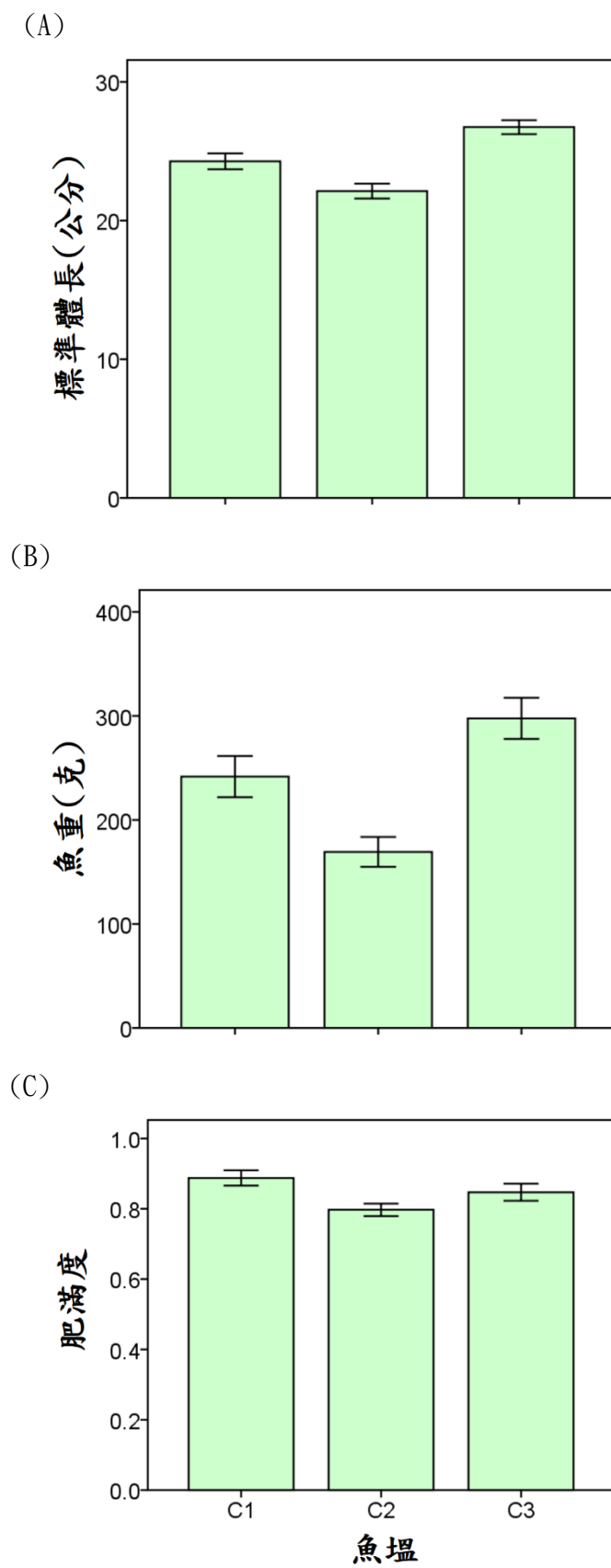


圖4-6、8月份虱目魚魚塭的虱目魚(A)標準體長、(B)魚重和(C)肥滿度的比較(平均數±1標準誤)。

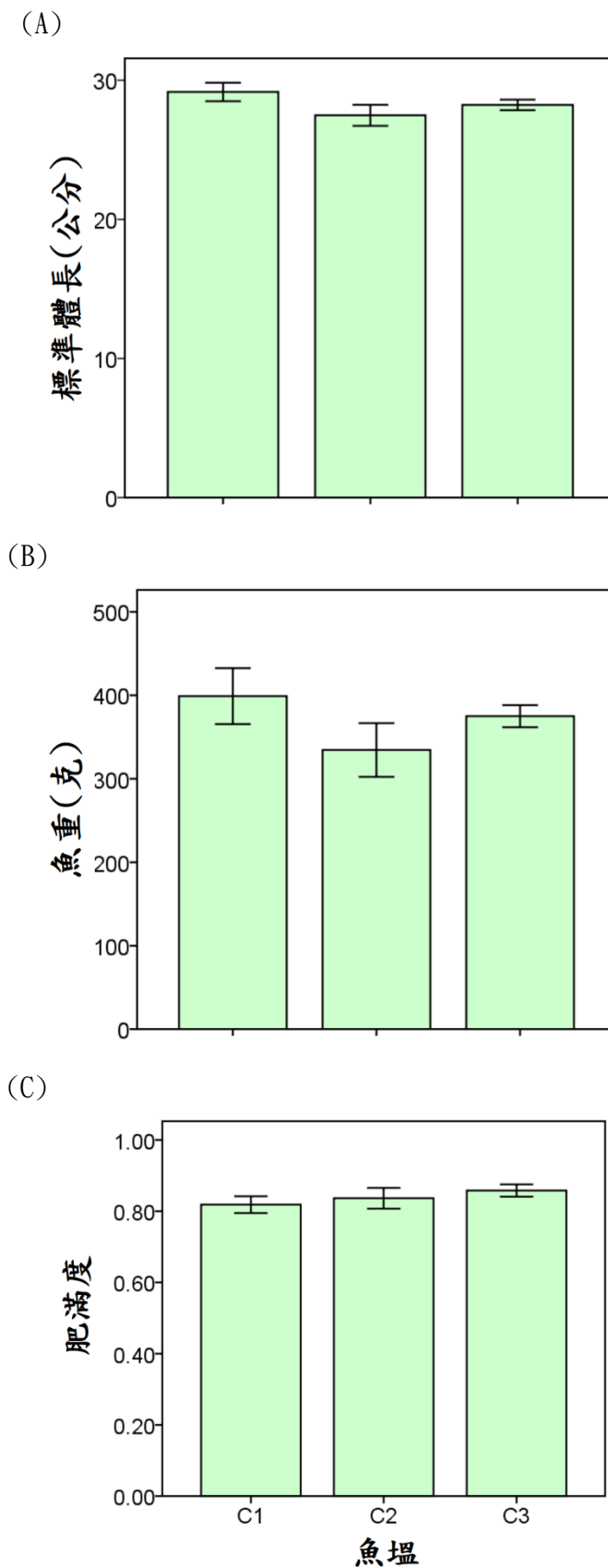


圖4-7、10月份虱目魚魚塭的虱目魚(A)標準體長、(B)魚重和(C)肥滿度的比較
(平均數±1標準誤)。

表 4-1、南、北潮溝(SC、NC)和北潮池(NCP)的 2 至 6 月魚類調查資料。

濕地 魚種	2/11	2/11	2/11	4/19	4/19	4/19	6/21	6/21	6/21
	NC	NCP	SC	NC	NCP	SC	NC	NCP	SC
大棘鑽嘴魚									1
大鱗鮫	5	1	8			1	5	3	9
多鱗沙鮫	11	5			3				
曳絲鑽嘴魚				1		1			
灰鰭鯛						1			
棕塘鱧							1	1	
黑鯛							1		
點帶叉舌鰕虎				6			6	1	
雜交慈鯛	2	1	1	14	1	6	7	3	
彎線雙邊魚							3	3	
魚隻數	18	7	9	21	4	9	23	11	10
魚種數	3	3	2	3	2	4	6	5	2

表 4-2、南、北潮溝(SC、NC)和北潮池(NCP)的 8 至 10 月魚類調查資料。

濕地 魚種	8/11	8/11	8/11	10/09	10/09	10/09
	NC	NCP	SC	NC	NCP	SC
大鱗鮫			14			11
棕塘鱧	1					
雜交慈鯛	2	5		11	2	
絲鰭毛足鬥魚	18					
虱目魚			3			3
鰻			2			1
環球海鯨			1			
大眼海鯧				1		
花身鱯	1		1			1
魚隻數	22	5	21	12	2	16
魚種數	4	1	5	2	1	4

表 4-3、採樣濕地 2 至 6 月魚類調查資料。(沒有捕獲則不顯示)

濕地 魚種	2/11	4/19	4/19	4/19	6/21	6/21
三星鬥魚		1				
爪哇擬鰕虎			5			
雜交慈鯛	8			1	8	5
魚隻數	8	1	5	1	8	5
魚種數	1	1	1	1	1	1

表 4-4、採樣濕地 8 至 10 月魚類調查資料。(沒有捕獲則不顯示)

濕地 魚種	8/11	8/11	8/11	10/09	10/09
三星鬥魚	1			3	
爪哇擬鰕虎					
雜交慈鯛		2			
雀細棘鰕虎					9
點帶叉舌鰕虎			1		
魚隻數	1	2	1	3	9
魚種數	1	1	1	1	1

第四節 底棲生物

底質特性的時空變動分析

本研究於 103 年的 5、7、9 和 11 月，針對西校區內養殖魚塢（B 組：B1 和 B2；C 組：C1 和 C2）進行底質沈積物的採集。首先，對底質的化學特性分析結果顯示，無添加養殖飼料的 B 組魚塢底質的總有機質（total organic matter: TOM）、總有機碳（total organic carbon: TOC）與總氮（total nitrogen: TN）含量分別介於 1.55-3.93%，0.24-0.67% 和 0.08-0.17% 之間，而有添加養殖飼料的 C 組魚塢底質有機質含量則是分別介於 1.53-4.03%，0.14-1.07% 和 0.07-0.15% 之間（表 4-3）。在底質含水量，B 和 C 組魚塢則是分別介於 22.65-45.49% 和 26.37-37.12% 之間（表 4-3）。在底質的物理特徵方面，B 組魚塢底質

（0.098-0.164mm）與 C 組魚塢底質（0.088-0.122mm）的平均粒徑大小皆屬於極細砂（0.0625-0.125mm）的分類範圍（表 4-4）。而底質內所含的砂質百分比，兩組的魚塢（B: 96.44-99.27%；C: 92.10-98.83%）亦皆超過 90% 以上（表 4-4）。

為了比較 B 與 C 組魚塢間的差異性，本研究利用多變量統計的判別分析（Canonical discriminant analysis, CDA）來分析底質物化特性。分析結果如圖 4-6 所示。C2 魚塢與其他 B1, B2, C1 魚塢有明顯的差別（典性判別係數 1 可解釋 72.11% 的變異性）。而底質的物理特性的砂質含量百分比（圖 4-7A）與粒徑大小（圖 4-7B）則是造成差異的主要影響因子。儘管如此，B 與 C 組魚塢底質組成的分類皆同屬於極細砂的類型。因此，飼料餵飼與否並不會直接影響到底質的物化特性。

同樣利用判別分析，比較校區內魚塢底質物化特性在時間變化上的差異性。研究結果顯示，2014 年 7 月的底質物化特性數值明顯高於其他月分（圖 4-8，典性判別係數 1 可解釋 93.79% 的變異性）。主要影響因子為底質總有機質（TOM，圖 4-9a）以及總有機碳（TOC，圖 4-9b）含量。由於 7 月夏季高溫，淺水魚塢內

的水溫上昇，再加上飼料添加，造成水體內的含氮營養鹽增加，進而造成水生浮游植物與藻類大量繁生（水中葉綠素含量增加）。因此，本研究推測夏季高溫所造成的魚塭藻華現象，則會間接造成魚塭底部有機質的堆積。此外，B組魚塭內的底藻遍佈，也可能造成魚塭底部有機質的堆積。

表 4-5、七股西校區養殖魚塭底質化學特性含量結果。

底質化學特徵	2014. 05				2014. 07			
	B1	B2	C1	C2	B1	B2	C1	C2
全有機質(TOM, %)								
含量範圍	1.84-2.08	1.55-1.82	1.53-1.67	2.46-2.76	2.88-3.93	2.66-3.09	2.92-4.03	2.92-3.31
平均值	1.99	1.72	1.59	2.63	3.37	2.85	3.29	3.15
標準誤差	0.07	0.08	0.04	0.09	0.31	0.13	0.37	0.12
全有機碳(TOC, %)								
含量範圍	0.49-0.51	0.32-0.45	0.26-0.47	0.14-0.29	0.30-0.63	0.24-0.49	0.45-1.07	0.39-0.66
平均值	0.50	0.39	0.36	0.21	0.45	0.40	0.73	0.57
標準誤差	0.01	0.04	0.06	0.04	0.09	0.08	0.18	0.09
全氮(TN, %)								
含量範圍	0.11-0.13	0.09-0.11	0.08-0.15	0.10-0.11	0.11-0.17	0.10-0.13	0.08-0.14	0.07-0.09
平均值	0.12	0.10	0.11	0.11	0.13	0.11	0.11	0.08
標準誤差	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
含水量(%)								
含量範圍	33.37-35.49	31.96-34.31	26.37-34.52	27.59-29.47	29.55-36.04	27.22-35.80	30.13-33.79	28.75-31.15
平均值	34.50	32.81	30.14	28.67	32.84	30.75	31.97	30.07
標準誤差	0.62	0.75	2.37	0.56	1.87	2.59	1.06	0.70

表 4-5、續。

底質化學特徵	2014. 09				2014. 11			
	B1	B2	C1	C2	B1	B2	C1	C2
全有機質(TOM, %)								
含量範圍	2.41-3.11	2.37-2.50	1.98-2.77	2.53-2.82	2.48-3.14	2.04-2.48	2.21-2.51	2.13-2.52
平均值	2.85	2.45	2.38	2.68	2.85	2.22	2.40	2.30
標準誤差	0.22	0.04	0.23	0.08	0.20	0.13	0.09	0.12
全有機碳(TOC, %)								
含量範圍	0.27-0.67	0.25-0.45	0.33-0.39	0.31-0.43	0.27-0.54	0.25-0.37	0.37-0.41	0.32-0.41
平均值	0.44	0.36	0.37	0.38	0.41	0.32	0.39	0.37
標準誤差	0.12	0.06	0.02	0.04	0.08	0.04	0.01	0.03
全氮(TN, %)								
含量範圍	0.10-0.17	0.08-0.13	0.10-0.12	0.09-0.12	0.11-0.16	0.10-0.15	0.10-0.12	0.11-0.13
平均值	0.13	0.10	0.11	0.11	0.14	0.12	0.11	0.11
標準誤差	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01
含水量(%)								
含量範圍	22.65-45.49	26.00-31.29	28.35-33.69	28.80-31.40	29.59-33.99	28.53-35.58	31.96-37.12	29.82-33.49
平均值	34.23	28.75	30.86	30.12	32.46	29.44	33.86	31.70
標準誤差	6.60	1.53	1.55	0.75	1.44	0.60	1.64	1.06

表 4-6、七股西校區養殖魚塭底質物理特性含量結果。

底質物理特徵	2014.05				2014.07			
	B1	B2	C1	C2	B1	B2	C1	C2
粒徑(mm)								
含量範圍	0.098-0.108	0.110-0.164	0.093-0.099	0.088-0.101	0.103-0.119	0.113-0.116	0.101-0.113	0.090-0.092
平均值	0.102	0.132	0.095	0.096	0.109	0.113	0.107	0.091
標準誤差	0.003	0.016	0.002	0.004	0.005	0.001	0.004	0.001
砂質含量(%)								
含量範圍	96.92-98.84	97.49-97.70	97.77-98.83	93.36-95.03	96.44-98.91	97.79-98.13	92.10-98.13	94.80-96.70
平均值	97.54	97.60	98.45	94.21	97.97	98.36	98.18	95.92
標準誤差	0.65	0.06	0.34	0.48	0.65	0.09	0.08	0.96

表 4-6、續。

底質物理特徵	2014.09				2014.11			
	B1	B2	C1	C2	B1	B2	C1	C2
粒徑(mm)								
含量範圍	0.106-0.115	0.103-0.121	0.091-0.093	0.090-0.122	0.103-0.111	0.108-0.133	0.095-0.100	0.091-0.104
平均值	0.109	0.113	0.092	0.102	0.107	0.119	0.098	0.096
標準誤差	0.003	0.005	0.001	0.010	0.002	0.005	0.002	0.003
砂質含量(%)								
含量範圍	97.19-99.27	98.19-98.48	98.02-98.27	94.87-97.83	96.91-99.01	97.86-98.08	96.39-97.97	95.18-95.54
平均值	97.97	98.36	98.18	95.92	97.67	97.99	97.43	95.35
標準誤差	0.65	0.09	0.08	0.96	0.68	0.09	0.75	0.67

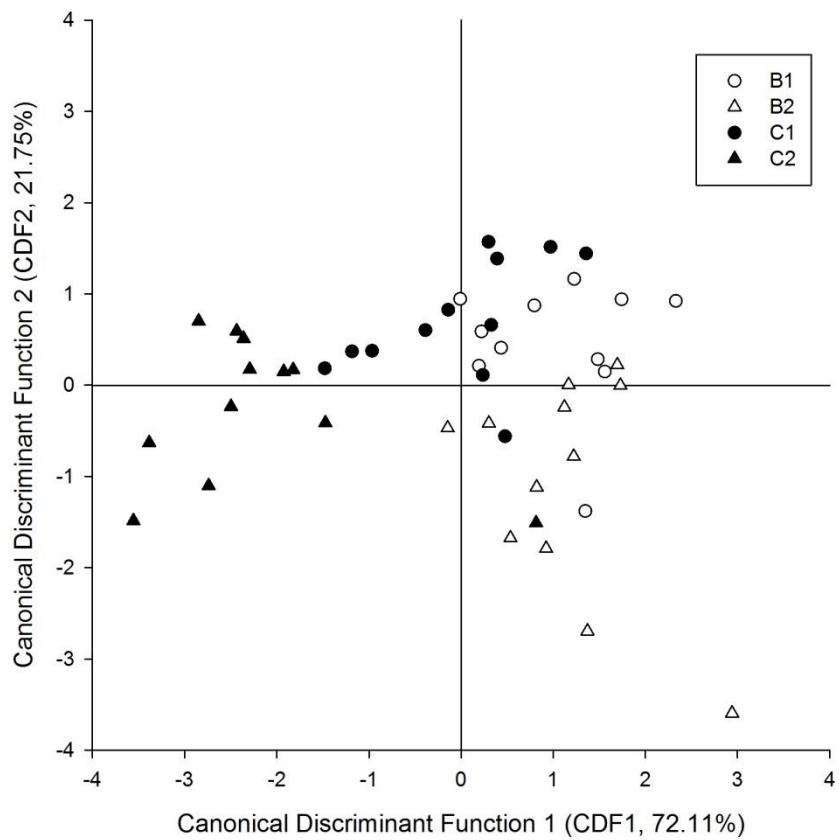


圖 4-8、103 年七股西校區養殖魚塭 (B1、B2、C1 和 C2) 底質判別分析圖。

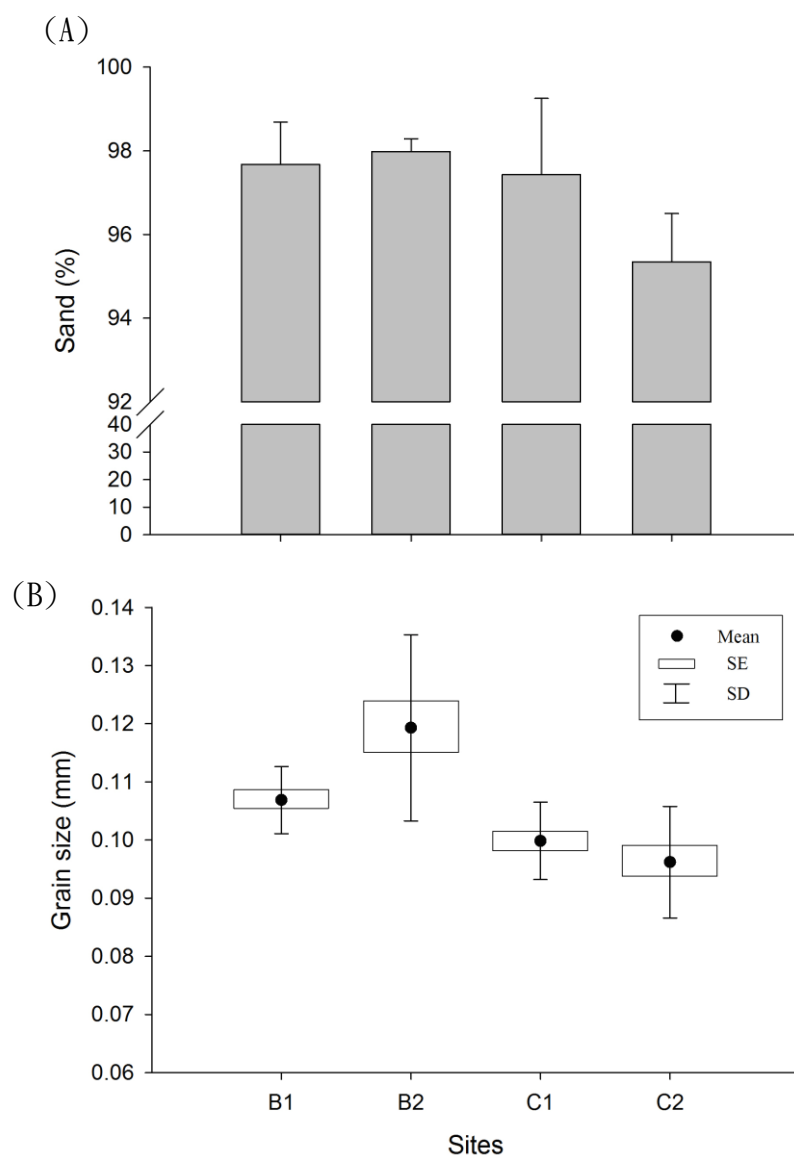


圖 4-9、七股西校區 B1, B2, C1, C2 養殖魚塭底質(A)砂質含量百分比，
(B)粒徑大小比較圖。

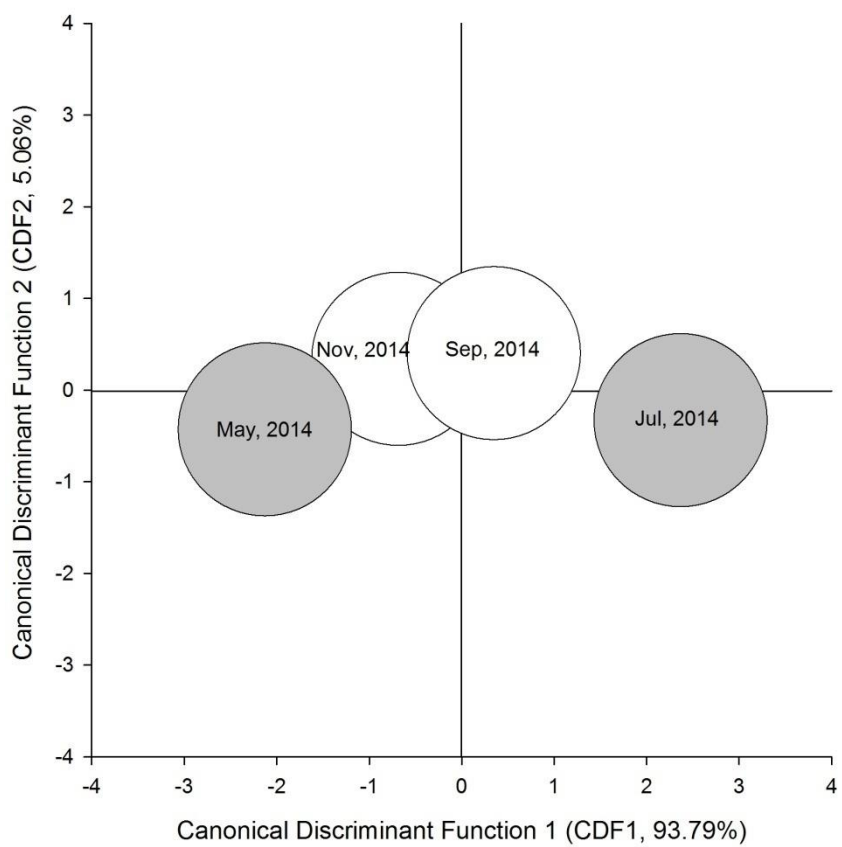


圖 4-10、養殖魚塭底質月份判別分析圖（5 月、7 月、9 月和 11 月）。

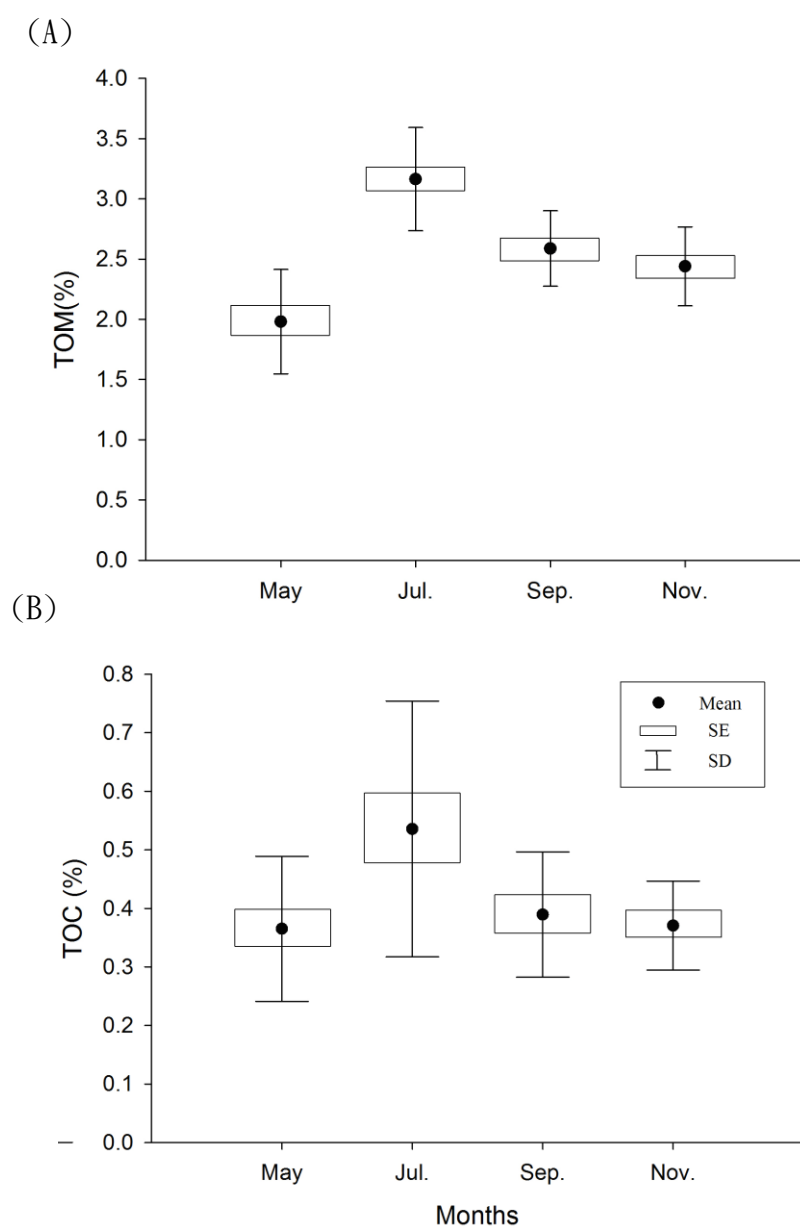


圖 4-11、103 年 5、7、9 和 11 月養殖魚塭底質 (A) 總有機質，
(B) 總有機碳含量比較圖。

大型底棲動物群聚的時空變動分析

經由2014年5月-11月的4次採樣調查後，本研究於七股校區養殖魚塢(B1、B2、C1、C2)內共發現5門3目11科的大型底棲動物(表4-5)。為瞭解兩組魚塢內的大型底棲動物的主要優勢類群分佈的差異性，本研究利用主成分分析(principal components analysis, PCA)來進行分析。分析結果發現，B與C組魚塢內大型底棲動物的主要優勢群聚分佈具有明顯的差異(圖4-10)。B1與B2魚塢內大型底棲動物的主要優勢群聚分別為雙翅目(Diptera)的搖蚊科(Chironomidae)生物以及多毛綱(Polychaeta)沙蠶科(Nereidae)的腺帶刺沙蠶(*Neanthesglandicincta*)。而C1與C2魚塢內大型底棲動物的主要優勢群聚則分別為多毛綱的纓鰓蟲科(Sabellidae)，海蠔科(Potamididae)的栓海蠔(*Cerithideacingulata*)。綜合上述分析結果，七股校區魚塢內大型底棲動物的主要優勢類群為環節動物門(Annelida)的多毛綱動物。

本研究進一步分析在時間條件的變動下，各個魚塢內主要優勢大型底棲動物的群聚組成變化。根據各魚塢內的大型底棲動物的數量與分佈，挑選出魚塢所共有的優勢動物類群作為分析對象，並且進行比較，包括(一)節肢動物門(Arthropoda)的端腳目(Amphipoda)以及雙翅目(Diptera)的搖蚊科(Chironomidae)生物，(二)軟體動物門(Mollusca)海蠔科(Potamididae)的栓海蠔(*Cerithideacingulata*)以及(三)環節動物門(Annelida)的多毛綱(Polychaeta)，如沙蠶科(Nereidae)的腺帶刺沙蠶(*Neanthesglandicincta*)，小頭蟲科(Capitellidae)，海稚蟲科(Spionidae)及纓鰓蟲科(Sabellidae)等生物。

以B組魚塢而言，養殖初期(103年5月)B1魚塢的優勢底棲動物群聚為搖蚊科(57.98%)與沙蠶科的腺帶刺沙蠶(37.23%)(圖4-11)。但是在7月卻沒有採集到任何的底棲動物。直到養殖末期(103年11月)，則形成為以搖蚊科(32.15%)、小頭蟲科(32.15%)以及纓鰓蟲科(28.57%)等生物為主的群聚組成(圖

4-11A)。B2 魚塭則是由初期的搖蚊科 (76.74%) 生物，轉變為以沙蠶科的腺帶刺沙蠶 (48.48%)、纓鰓蟲科 (18.18%) 及端腳目 (33.33%) 等生物 (圖 4-11B)。而南側 C 組魚塭的生物群聚組成轉變與 B 組魚塭具有相同的趨勢。C1 魚塭於養殖初期並沒有發現任何的底棲生物群聚存在。直到養殖末期，魚塭內大型底棲動物優勢群聚則形成以海螵科的栓海螵 (37.50%)、端腳目 (32.50%) 及沙蠶科的腺帶刺沙蠶 (25.00%) 為主 (圖 4-12A)。C2 魚塭也是由初期的搖蚊科 (78.95%) 生物，轉變為多毛綱的沙蠶科腺帶刺沙蠶 (40.00%) 與纓鰓蟲科 (40.00%) 為主的群聚組成 (圖 4-12B)。本研究進一步推測，由於魚塭四周遍佈雜草與低矮灌木林，因此在魚塭養殖初期 (103 年 5 月) 會發現大量的搖蚊幼生。一般而言，底質環境中的有機質含量是影響底棲生物群聚分布的重要因子 (邱, 2010)。根據過去在七股地區潮間帶底棲多毛類的研究報告顯示，在一年四季中腺帶刺沙蠶的個體數量佔當地所有多毛類個體數的 38% 以上，是屬於是七股地區底質環境主要優勢物種 (邱等, 2011)。在七股校區的養殖漁塭內，由於飼料的添加造成底質有機物質的逐步累積，而沙蠶科的腺帶刺沙蠶為校區內養殖魚塭的繁生優勢物種。因此，本研究在經過數月的飼料添加與養殖過程後，有機質增加；大型底棲動物群聚則由搖蚊科轉變為以有機物質為食物來源為主的的多毛綱動物。

表 4-7、養殖魚塭底棲生物群聚分佈調查結果 (平均值±標準誤差; 隻/平方公尺²)。

種類/魚塭站別	2014. 05				2014. 07			
	B1	B2	C1	C2	B1	B2	C1	C2
Fishes (魚類)								
Gobiidae (鰕虎科)		15±15						
Cnidaria (刺絲胞動物門)								
Actiniaria (海葵目)								
Arthropoda (節肢動物門)								
Amphipoda (端腳目)								59±15
Decapoda (十足目)	15±15							
Chironomidae (搖蚊科)	1599±1511	968±309		440±221		15±15	59±15	
Mollusca (軟體動物門)								
Potamididae (海蜷科)		29±15				15±15		1819±1203
Scaphandridae (粗米螺科)		59±29						
Laternulidae (薄殼蛤科)				15±15			15±15	
Naticidae (玉螺科)				44±25				29±15
Annelida (環節動物門)								
Polychaeta (多毛綱)								
Nereidae (沙蠶科)	1027±471	176±67		73±29		147±78	73±15	293±53
Orbiniidae (錐頭蟲科)	836±300	29±29						
Capitellidae (小頭蟲科)								
Spionidae (海稚蟲科)	117±29	59±59		44±25				
Sabellidae (纓鰓蟲科)	15±15	29±29				15±15	631±184	851±169

表 4-7、續。

種類/魚塭站別	2014. 09				2014. 11			
	B1	B2	C1	C2	B1	B2	C1	C2
Fishes (魚類)								
Gobiidae (鰕虎科)								
Cnidaria (刺絲胞動物門)								
Actiniaria (海葵目)								
		44±25				88±25		
Arthropoda (節肢動物門)								
Amphipoda (端腳目)								
			147±82		29±15	161±15	191±149	
Decapoda (十足目)								
					15±15			
Chironomidae (搖蚊科)								
			117±29		132±88			
Mollusca (軟體動物門)								
Potamididae (海蜷科)								
							220±51	15±15
Scaphandridae (粗米螺科)								
Laternulidae (薄殼蛤科)								
Naticidae (玉螺科)								
			15±15					
Annelida (環節動物門)								
Polychaeta (多毛綱)								
Nereidae (沙蠶科)								
		147±29		73±53		235±89	147±103	59±15
Orbiniidae (錐頭蟲科)								
		147±73						
Capitellidae (小頭蟲科)								
	59±15	59±29	29±29	44±25	132±88		29±15	15±15
Spionidae (海稚蟲科)								
			29±15					
Sabellidae (纓鰓蟲科)								
		29±15	15±15	631±169	117±29	88		59±15

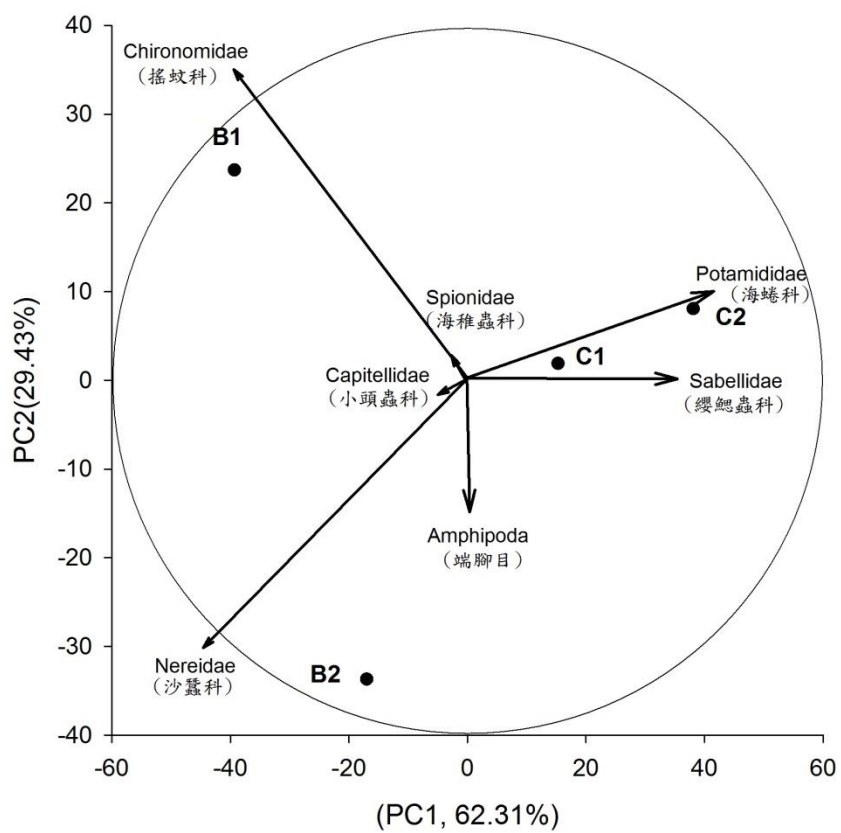


圖 4-12、B1、B2、C1、C2 養殖魚塭底棲生物群聚主成分分析圖。

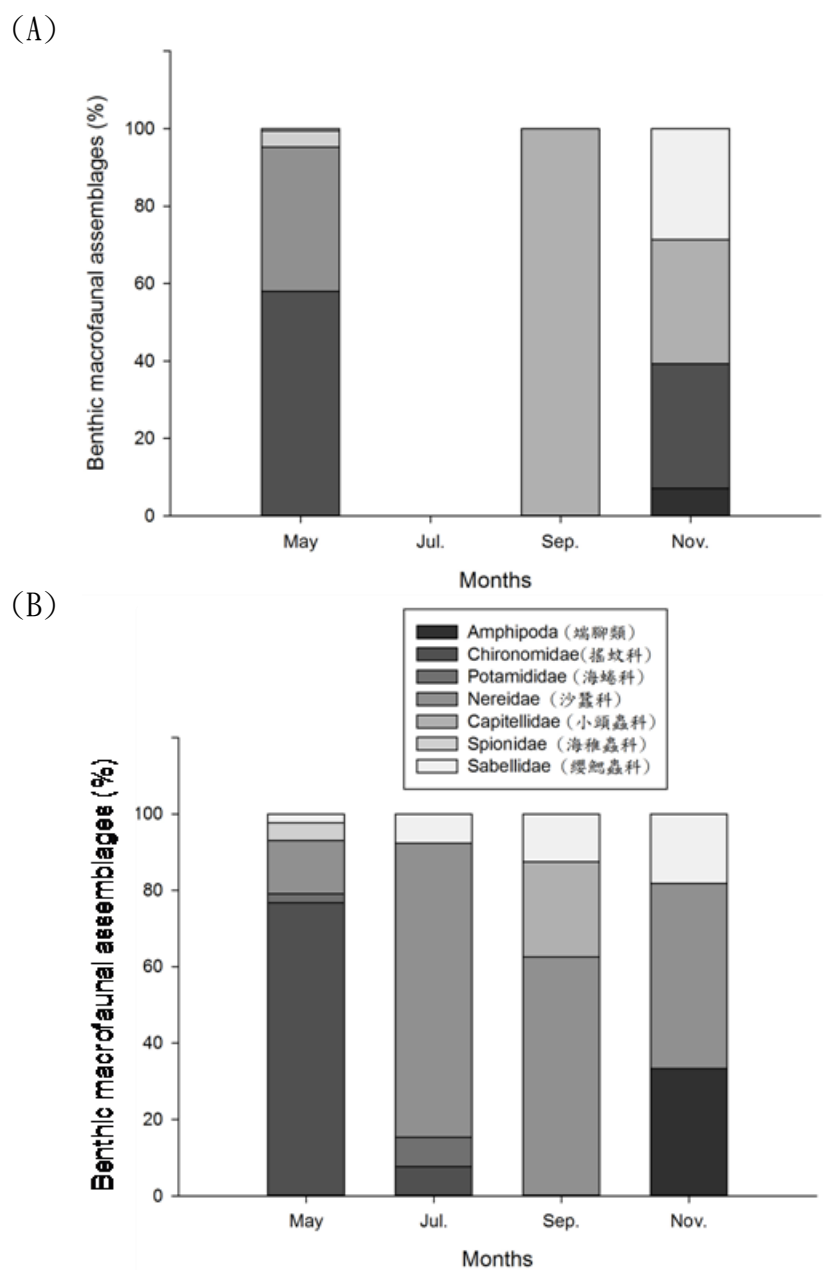


圖 4-13、103 年 5、7、9、11 月養殖魚塭 (A) B1，(B) B2 主要大型底棲動物群聚組成百分比柱狀圖。

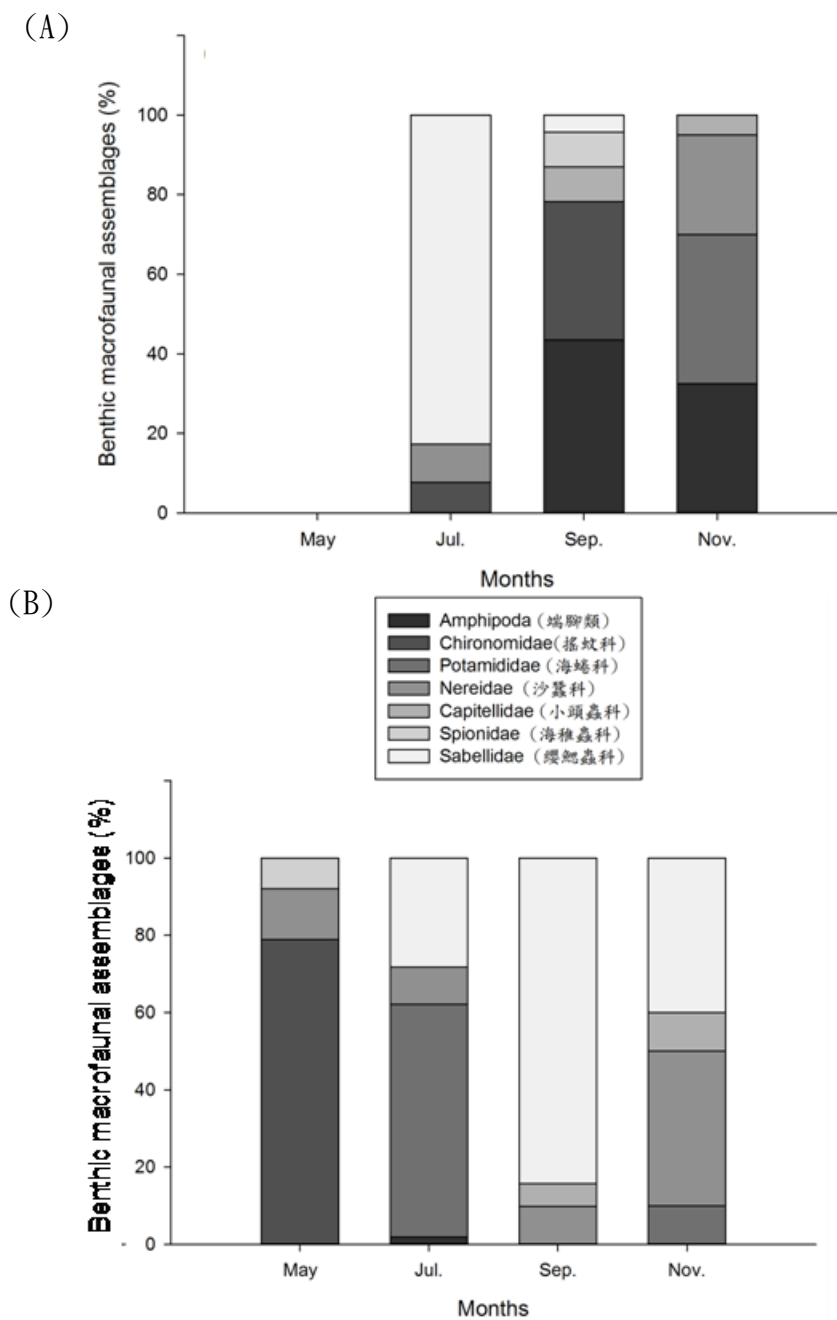


圖 4-14、103 年 5、7、9 和 11 月養殖魚塭 (A) C1，
(B) C2 主要大型底棲生物群聚組成百分比變動圖。

結論

整體而言，根據上述底質環境分析與底棲生物群聚分析結果得知，養殖飼料的添加與否對於南北兩側漁塢的底質環境並沒有造成顯著性的差異。而夏季高溫與飼料的添加所造成的魚塢藻華現象，則可能會間接造成魚塢底部有機質的堆積。此外，由於魚塢周遭植被環境（多以雜草與低矮灌木林為主）的關係，造成南北魚塢養殖初期的大型底棲動物群聚組成類似（多以搖蚊科為優勢）。但是，魚塢在經過長達數月養殖過程中的飼料添加與底部有機質的堆積，大型底棲動物群聚組成則是轉變為以有機物質為主要食物來源的機會主義生物(opportunistic species)多毛綱動物。

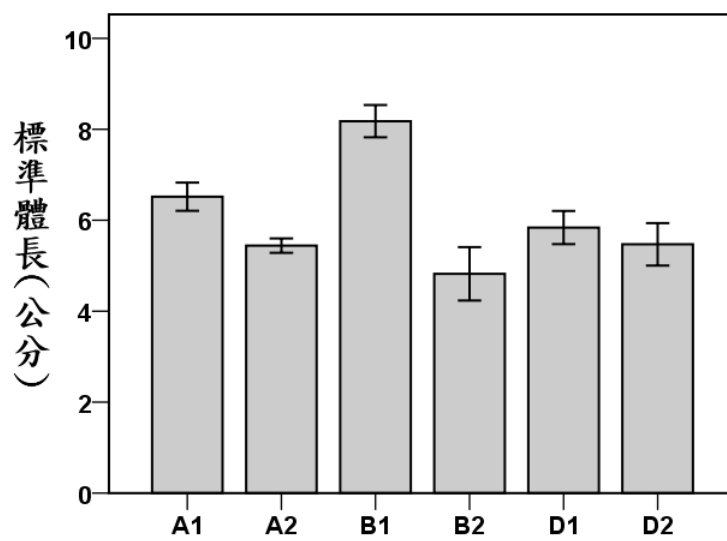
第五節 生物量估計

雜交慈鯛生物量

雜交慈鯛為一部份養殖魚塢中的優勢魚類，於 10 月份以剪背鰭法估算各池隻數和生物量。估算結果以 B1 隻數最多也最重（表 4-5）；D2 魚隻數第二，魚重第三；D2 魚隻數第三；B2 魚重和隻數都最低。A1 和 A2 魚隻較少，魚隻也較小，所以總重較輕。C1 的雜交慈鯛極少，只有 222 克；C2 和 C3 沒有雜交慈鯛，但是有許多五鬚蝦和蝦虎魚。

將各養殖池雜交慈鯛的大小做比較，結果顯示標準體長和全長均有顯著差異（ $F=15.1, P<0.001$ ； $F=15.1, P<0.001$ ）（圖 4-5）；在體長方面，Duncan 多重比較顯示，B1 的體長為最長一組（ 8.2 ± 0.4 公分），A1 和 D1 為第二組（ 6.5 ± 0.3 和 5.8 ± 0.4 公分），A2（ 5.4 ± 0.2 公分）、D1 和 D2（ 5.5 ± 0.5 公分）為第三組，B2（ 4.8 ± 0.6 公分）為最小的一組。全長的 Duncan 多重比較結果與體長的相似，B1 的全長最長一組（ 10.1 ± 0.4 公分），A1 和 D1 為第二組（ 8.3 ± 0.4 、 7.2 ± 0.4 公分），A2、D1 和 D2 為第三組（ 6.7 ± 0.2 、 7.2 ± 0.4 、 6.7 ± 0.6 公分），B2 為最小的一組（ 5.4 ± 0.7 公分）。魚重沒有顯著差異（ $F=2.3, P=0.052$ ），為 B2 的標準誤較大所造成。B1 魚隻最大，A1、A2、B2、D1 和 D2 較小（ 10.9 ± 1.5 、 5.6 ± 0.5 、 12.7 ± 8.6 、 9.0 ± 2.3 、 10.1 ± 3.7 克）。整體而言，有餵食的 B 組雜交慈鯛體型較大；沒有餵食的 A 和 D 組體型較小。

(A)



(B)

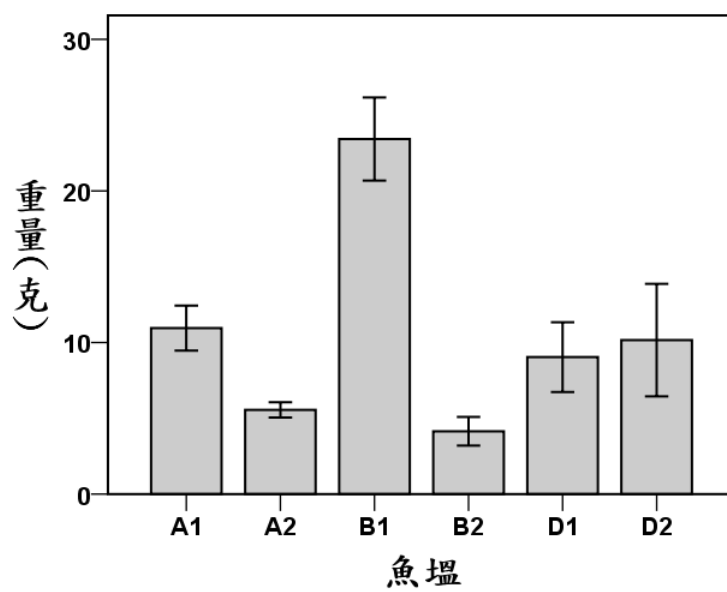


圖 4-15、各魚塢的雜交慈鯛(A)標準體長和(B)體重比較。

表 4-8、各養殖魚塭雜交慈鯛生物量估算。

魚塭	剪鰭隻數	估算隻數	估算魚重(Kg)
A1	1073	16,320	178.65
A2	520	19,484	108.30
B1	863	116,639	2,731.99
B2	741	6,677	84.86
D1	532	22,705	205.15
D2	197	28,115	285.65

底棲魚蝦蟹

底棲魚蝦蟹生物量以拖網法估計。捕捉到的底棲魚類以蝦虎科魚為主，除 B2 外，每個魚塭都有蝦虎。魚密度以 A1 最高，D1 次之，B1 第三。蝦蟹以 C1 和 C2 密度較高，A2、B2、D1 和 D2 沒有捕捉到。螺之密度以 A2 最高，C2 次之，B1 第三；C1 和 D1 較低。

表 4-9、各魚塭底棲魚、蝦蟹和螺之密度。

魚塭編號	魚 (克/平方公尺)	蝦蟹 (克/平方公尺)	螺 (克/平方公尺)
A1	3.0	1.5	23.6
A2	0.2	0.0	35.4
B1	0.8	0.2	27.1
B2	0.0	0.0	9.5
C1	0.4	2.5	2.7
C2	0.1	5.7	32.6
C3	0.7	0.6	16.5
D1	1.0	0.0	4.0
D2	0.1	0.0	17.5

第六節 虱目魚收成

虱目魚收成

今年虱目魚共收成 4365.9 公斤 (7276.5 斤) (表 4-9)，103 年虱目魚共收成 4259 公斤 (7098 斤)，102 年虱目魚收成 6705 公斤 (11175 斤)，而 101 年虱目魚收成 2312.3 公斤 (3853.8 斤) (表 4-10)。今年總收成比去年略高些，但是比前年低。C1、C2 和 C3 池分別各收成 1436.4、1858.8 和 1070.7 公斤。今年換肉率以 C2 最佳，每餵食 3.29 公斤的飼料可以生長 1 公斤的虱目魚肉；C1 換肉率為 3.35 次之；而 C3 為 3.64 最低。C1 雖然死亡約一千兩百六十隻，可能因為密度低，降低競爭，魚隻生長較好，所以整體換肉率沒有降低許多。

比較 3 池收成的虱目魚大小，標準體長、全長和魚重均無顯著差異 (圖 4-8)。C1、C2 和 C3 的虱目魚標準體長分別為 30.3 ± 0.5 、 29.5 ± 0.5 和 30.2 ± 0.5 公分。C1、C2 和 C3 的虱目魚全長分別為 38.4 ± 0.7 、 36.7 ± 0.6 和 38.1 ± 0.9 公分。魚重分別為 475.6 ± 23.9 、 436.7 ± 28.3 和 509.0 ± 19.5 克。三池虱目魚的肥滿度有顯著差異 ($F=13.64$, $P<0.001$)，Duncan 事後比較顯示 C3 最肥為 1.85 ± 0.05 ，C1 和 C2 較低，分別為 1.68 ± 0.03 和 1.64 ± 0.02 。

將各年虱目魚的重量做比較，魚標準體長有顯著差異 ($F=12.65$, $P<0.001$) (圖 4-17)，Duncan 多重比較顯示 102 年的 C1 和 C3 為最長的一組，分別為 33.2 ± 0.4 和 33.7 ± 0.4 公分，102 年的 C2 和 103 年的 C1 和 C3 為第二高的組，分別為 31.6 ± 0.3 、 31.0 ± 0.3 和 31.3 ± 0.3 公分，103 年的 C2 和 104 年的魚塢為最小的一組，分別為 30.0 ± 0.4 、 30.3 ± 0.5 、 29.5 ± 0.5 和 30.2 ± 0.5 公分。魚重也有顯著差異 ($F=10.03$, $P<0.001$)，Duncan 事後比較顯示 102 年的 C1 和 C3 為最重的一組，分別為 587.4 ± 25.5 和 650.0 ± 18.5 克，102 年的 C1 和 C2 和 103 年的 C1 和 C3 為第二高的組，分別為 587.4 ± 25.5 、 519.8 ± 21.7 、 527.0 ± 19.9 和 574.3 ± 17.1 克，103 年的 C2 和 104 年的 C1 和 C3 魚塢為最小的一組，分別為 456.3 ± 19.4 、 475.6

± 23.9 和 509.0 ± 19.5 克。

表 4-10、歷年收成的虱目魚重、飼料量和換肉率。

虱目魚	104 年 收成 (kg)	飼料 (Kg)	換肉率	103 年 收成 (kg)	飼料 (Kg)	換肉率	102 年 收成 (kg)	飼料 (Kg)	換肉率	101 年 收成 (kg)	飼料 (Kg)	換肉率
C1	1436.4	4563.8	3.35	1735.0	5664.1	3.48	3114	7841.8	2.63	632	5485.8	9.54
C2	1871.9	5909.3	3.29	1590.0	5644.7	3.81	2370	7521.5	3.36	1679	5526.6	3.48
C3	1162.3	4062.2	3.64	934.0	2301.1	2.71	1221	6286.4	5.50	1.3	3001.9	NA

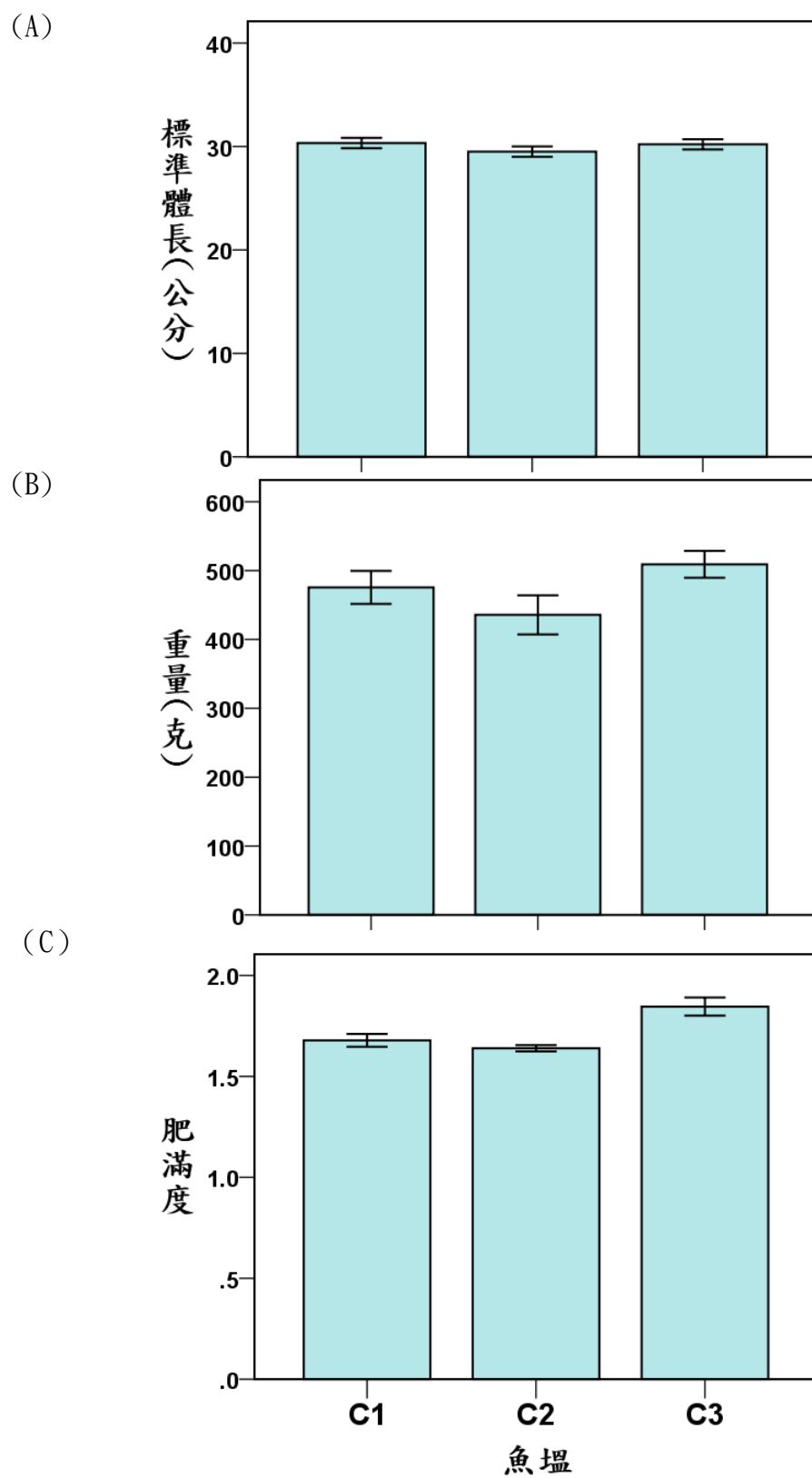
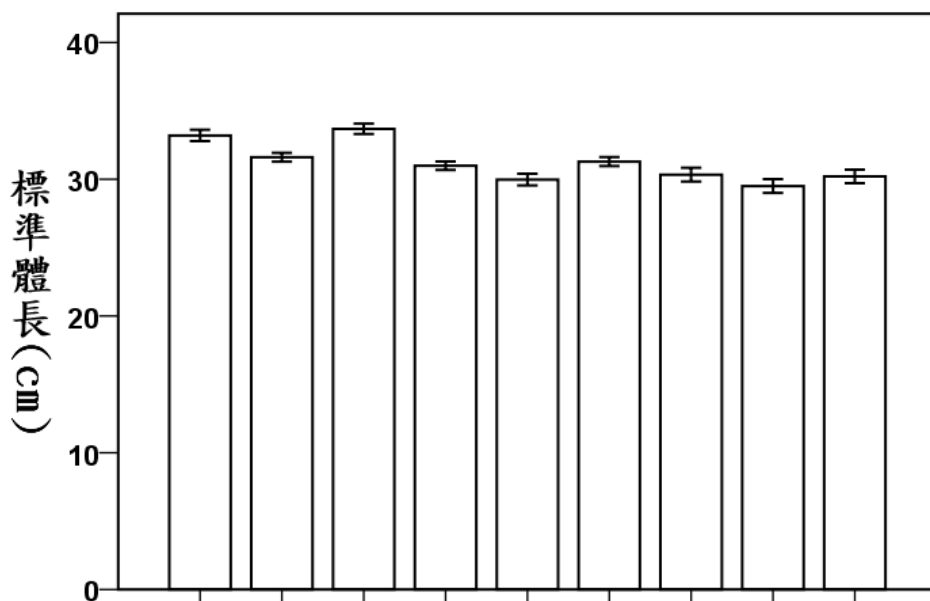


圖 4-16、魚塭的虱目魚(A)標準體長、(B)體重和 (C) 肥滿度比較。

(A)



(B)

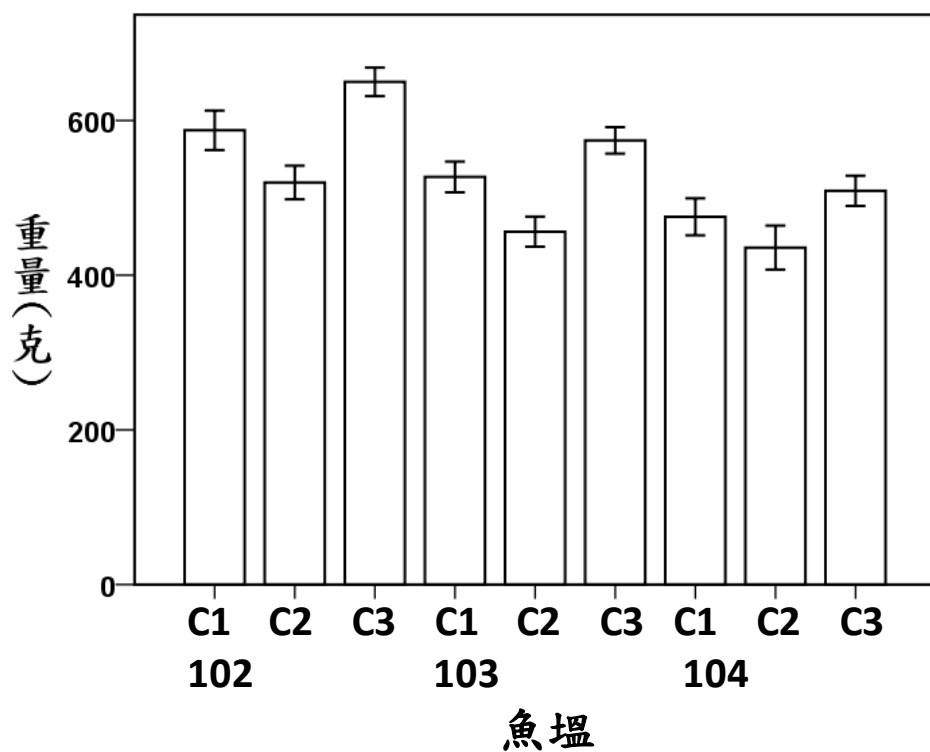


圖 4-17、歷年各魚塢的虱目魚的 (A) 體長和 (B) 體重比較。

成本分析

比較虱目魚池每公斤收成的飼養成本(表 4-11), C3 每公斤收成的成本最高為 90 元, 是因為飼料投量較高。雖然 C1 魚隻有死亡, 造成密度較低, 魚隻的成長較好, 成本為每公 82 元。C2 的成本最低為 75 元, 沒有魚隻大量死亡的現象。

表 4-11、虱目魚塢養殖成本分析。

項目	C1	C2	C3
飼料(元)	76,140	98,588	67,772
魚苗(元)	21,800	21,800	8,720
油(元)	15,000	15,000	15,000
收魚工資(元)	4,800	4,800	4,400
總成本(元)	117,740	140,188	95,892
收成(公斤)	1,436	1,859	1,071
單位成本 (元/公斤)	82	75	90

第七節 校區鳥類調查結果

校區鳥類調查結果

今年度（104）春季鳥種數維持約 20 種左右。夏季候鳥遷離，6 月份鳥種數最少，有 16 種。鳥類隻數於冬春季交替最多約 300 隻；夏季最少，約 100 隻。

優勢鳥種隨季節而變化，春季主要以蒼鷺為優勢種，其他優勢鳥種有黑面琵鷺、夜鷺和赤頸鴨等（表 4-5）。直到 3 月底，春夏交替，夜鷺數量開始增加，逐漸轉為主要優勢鳥種，並持續到夏末；其他夏季優勢鳥種有大白鷺、小白鷺、棕沙燕和褐頭鷓鴣。

今年度夏季，長腳鷗在魚塭區與北蘆葦區部分區域築巢。鳥類調查時，在西校區的主要道路上，大部分路程都能看到長腳鷗 4 隻到 9 隻不等，一路在身邊警戒、驅趕或擬傷。像小白鷺等其他鳥種剛下降到蘆葦區路邊的水池覓食也會立即遭到驅離。有長腳鷗出沒的區域，目前沒有其他小白鷺和大白鷺等較大體型的鳥類跟牠們共處棲息。

100 年度從 7 月份開始調查至 12 月，校區鳥類調查共記錄到 25 科 54 種。101 年度調查，校區鳥類調查共記錄到 28 科 65 種。102 年度調查，校區鳥類調查共記錄到 30 科 64 種。103 年度調查從 1 月至 12 月，校區鳥類調查共記錄到 28 科 60 種。104 年度調查 1 月至 11 月中，校區鳥類調查共記錄到 25 科 53 種

累計西校區鳥類調查共記錄到 33 科 85 種鳥類；出現的保育類鳥種包括八哥、紅尾伯勞、環頸雉、燕鴿、黑翅鳶和黑面琵鷺，共 6 種。

表 4-12、104 年西校區鳥類調查統計。

日期	鳥種數	隻數	優勢種 (%)
1 月 9 日	24	316	蒼鷺(38.0)、黑面琵鷺(17.7)
1 月 24 日	28	298	蒼鷺(26.8)、黑面琵鷺(8.4)
2 月 14 日	24	312	蒼鷺(59.0)、夜鷺(9.0)
2 月 28 日	19	213	蒼鷺(36.2)、夜鷺(28.6)
3 月 14 日	25	140	赤頸鴨(9.3)、褐頭鷓鴣(8.6)
3 月 28 日	20	181	夜鷺(17.7)、蒼鷺(17.7)
4 月 11 日	20	242	夜鷺(46.7)、小白鷺(16.1)
4 月 25 日	26	170	夜鷺(23.5)、褐頭鷓鴣(9.4)
5 月 9 日	21	171	夜鷺(29.2)、棕沙燕(12.9)、
5 月 23 日	19	110	夜鷺(21.0)、褐頭鷓鴣(18.2)
6 月 15 日	16	100	褐頭鷓鴣(21.0)、大白鷺(17.0)
6 月 29 日	17	146	大白鷺(34.2)、夜鷺(20.5)、褐頭鷓鴣(12.3)
7 月 13 日	18	173	夜鷺(32.4)、大白鷺(21.4)、褐頭鷓鴣(14.5)
7 月 26 日	18	115	大白鷺(23.5)、褐頭鷓鴣(16.5)、家燕(11.3)
8 月 12 日	20	128	赤腰燕(24.2)、褐頭鷓鴣(12.5)、夜鷺(10.9)
8 月 23 日	19	154	夜鷺(46.8)、褐頭鷓鴣(12.3)、綠繡眼(8.4)
9 月 13 日	23	290	小白鷺(18.3)、青足鵝(15.2)、金斑鴝(10.7)
9 月 27 日	15	430	蒼鷺(39.1)、大白鷺(33)、小白鷺(12.6)
10 月 12 日	23	189	蒼鷺(20.1)、大白鷺(16.4)、夜鷺(11.6)
10 月 24 日	27	210	小水鴨(23.8)、蒼鷺(22.9)
11 月 14 日	25	505	赤頸鴨(39.6)、大白鷺(16.4)、蒼鷺(13.1)

鳥類群聚結構

分析自 100 年 7 月到 104 年 11 月的調查結果，將鳥類群聚的相對豐量進行群集分析，結果顯示鳥類群聚可以區分為二群(圖 4-18)，群一為 4 月初至 9 月中的群聚，群二為 9 月中至隔年 3 月底的群聚。群一的優勢種(占總數百分比)有夜鷺(19.6%)、長腳鵝(8.5%)、小白鷺(8.5%)、褐頭鷓鴣(8.3%)、大白鷺(7.3%)。群二的優勢種有蒼鷺(20.5%)、赤頸鴨(13%)、大白鷺(7.8%)、夜鷺(6.8%)、小水鴨(5.9%)、黑面琵鷺(5.3%)。群一的優勢種以留鳥為主，因此，將群一的 4 月初至 9 月中稱為留鳥期；群二的優勢種以冬候鳥為主，因此，將群二的 9 月中至隔年

3月底稱為冬候鳥期。以主要出現在某一個期間而少出現在另一個期間的指標物種而言，群一的指標物種有中白鷺、棕背伯勞和棕沙燕(指標值分別為0.79、0.78和0.72, $p < 0.05$); 群二的指標物種有金斑鴿、赤足鵡和赤頸鴨(指標值分別為0.91、0.88和0.86, $p < 0.05$)。

獨立樣本 t 檢定顯示鳥種數和隻數在冬候鳥期高於留鳥期($t = -4.428, P < 0.001$; $t = -6.470, P < 0.001$) (圖 4-19), 冬候鳥期的平均鳥種數為 25.59 ± 0.67 種(平均值 ± 1 標準誤為)高於留鳥期的 21.6 ± 0.58 種, 冬候鳥期的平均鳥隻數為 486.45 ± 37.75 隻高於留鳥期的 215.58 ± 18.1 隻。在七股西校區的鳥種數和鳥隻數在 11 月和 3 月前後各有一個高峰(圖 4-20)。調查到的鳥類隻數是從 9 月初前後開始增加, 10 和 11 月份達到高峰, 於 100 年 11 月第 1 次調查達到一千七百多隻, 主要是雁鴨科的赤頸鴨數量 1229 隻。101 年 11 和 12 月份鳥類隻數減少是因為校區的流浪狗追逐鳥類, 加上南大七股東校區開始進行景觀工程, 所以 11 月第 2 次調查到的隻數只有 311 隻, 較 10 月第 2 次調查到的 1191 隻大幅下降。102 年 10 和 11 月調查到的隻數再度下降至 6 百隻, 比較例年高峰期數量一千隻下降約 40%; 歸納原因為 61 號公路在施工時有巨大噪音和震動; 此外, 校區與南潮溝流通的開口遭到封閉, 所以南邊感潮的濕地逐漸乾涸, 水鳥數量因此減少。

以常見的鳥類科別作數量分析, 雁鴨科的數量顯示 10 月至隔年 4 月為數量較高的時間(圖 4-21), 100 年 11 月第 1 次調查的雁鴨科數量是最高的時候, 佔了該次調查隻數約 70%; 6、7 和 8 月份則沒有雁鴨的蹤跡。102 年的數量低於 100 年的數量, 可能是上述提到的施工和水量減少因素造成; 103 年雁鴨科調查總數也低於前一年度, 比前一年度約少了 500 隻, 推測可能人為干擾與部分水池很快乾涸, 致棲息的雁鴨科數量下降。鵡科和鴿科鳥類幾乎全年都可以觀察到, 在冬候鳥期數量較高, 但是數量變動大(圖 4-21)。黑面琵鷺每年在 10 月開始出現, 101 年持續至 4 月中, 102 和 103 年只停留至 3 月初(圖 4-22), 可能是因為七股區的黑琵數量下降, 也可能是因為校區食物不足和人為進出干擾。

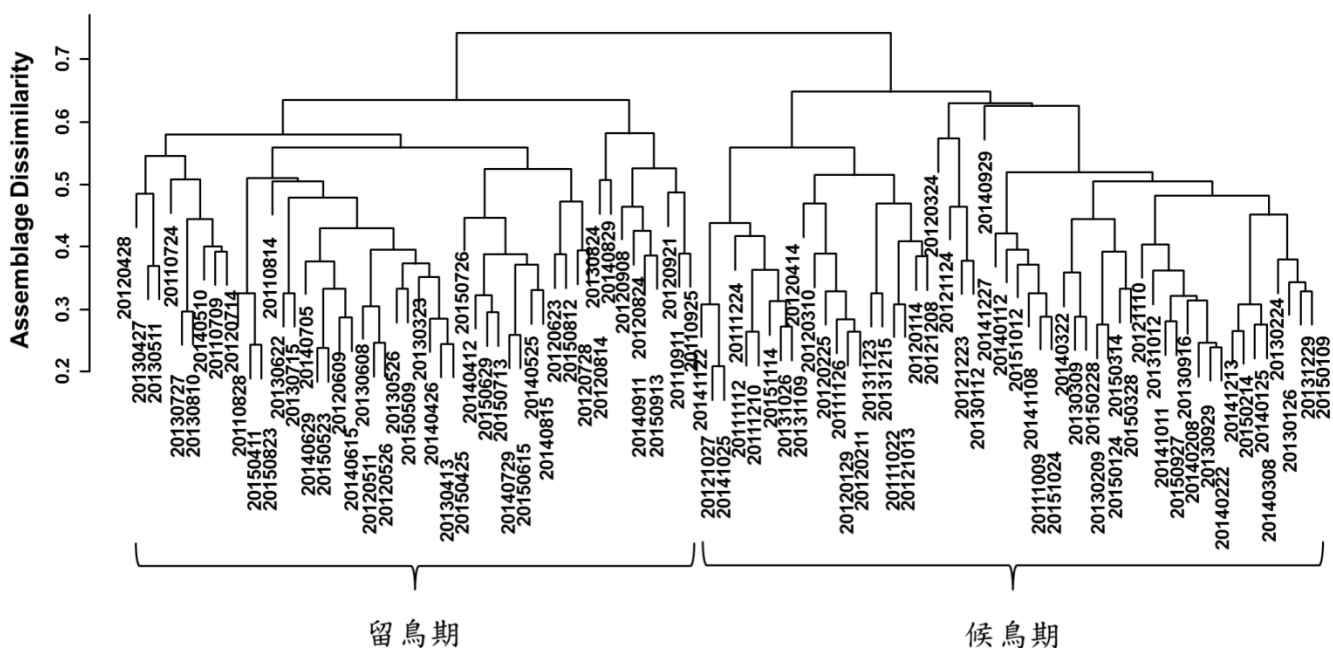


圖 4-18、歷次調查鳥類群聚的群集分析樹狀圖。

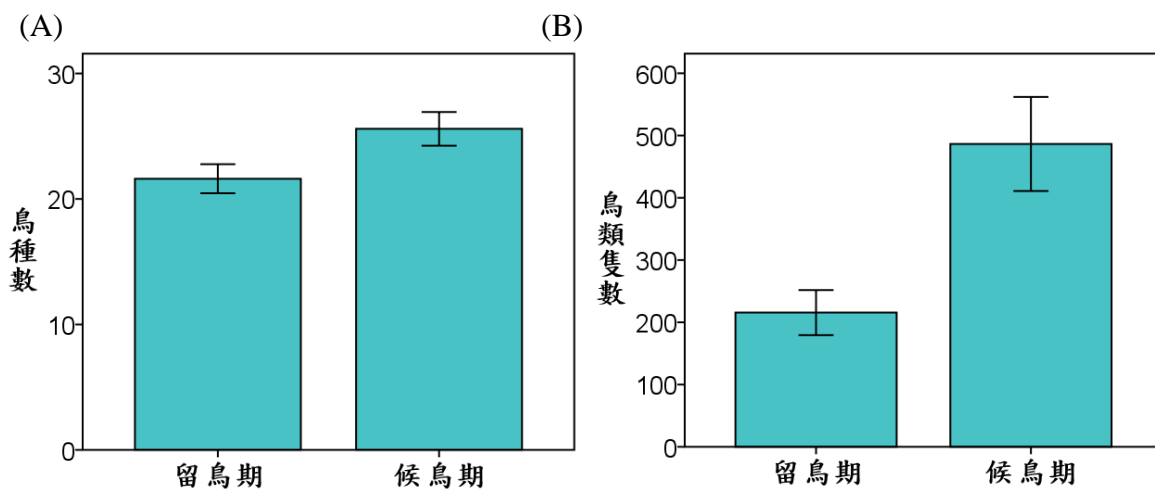


圖 4-19、南大七股西校區在留鳥期和冬候鳥期之(A)鳥種數、(B)隻數之比較。

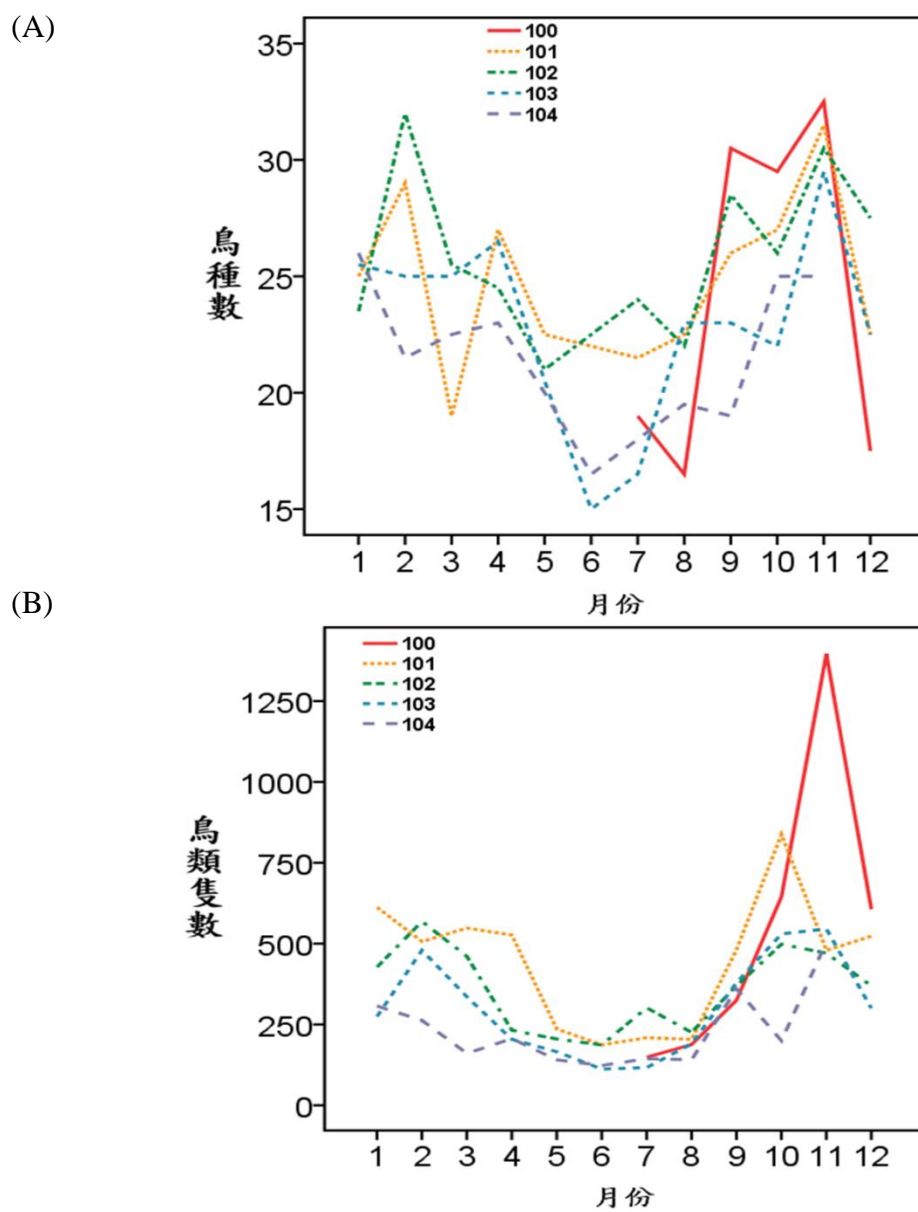
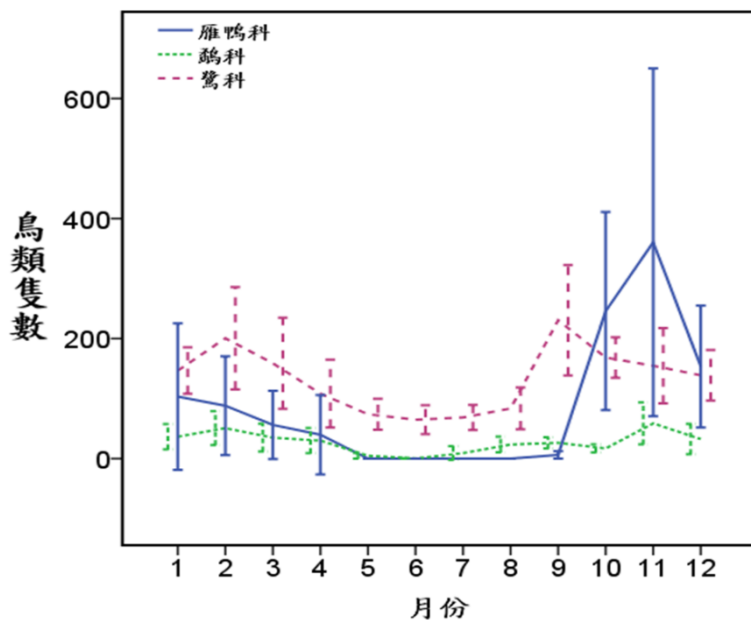


圖 4-20、南大七股西校區(A)鳥種數、(B)鳥類隻數隨時間之變化。

(A)



(B)

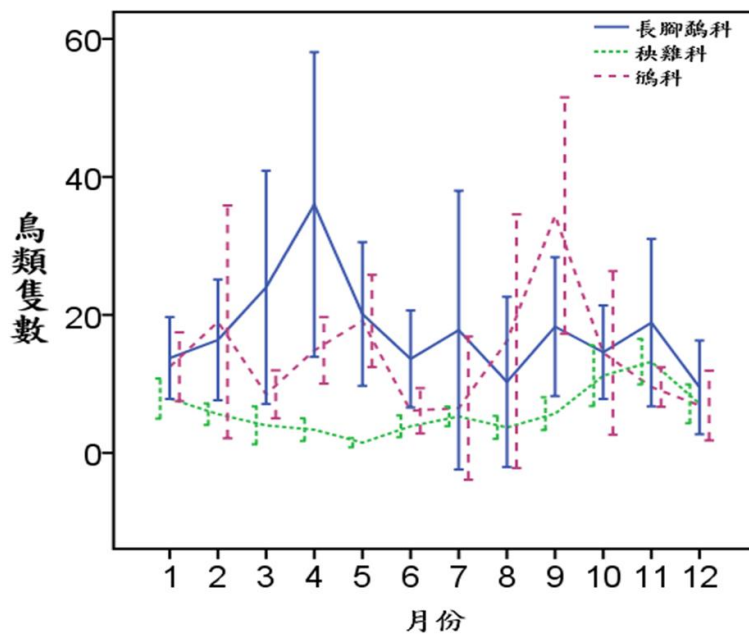


圖 4-21、南大七股西校區之(A)雁鴨科、鷺科和鷓科隻數、(B)長腳鷓科、鴿科和秧雞科隻數隨時間之變化。

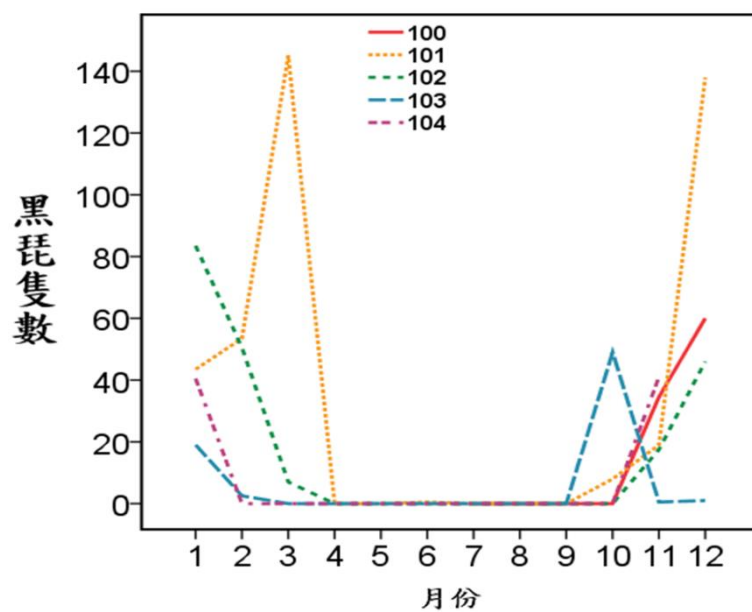


圖 4-22、南大七股西校區黑面琵鷺隨時間之變化。

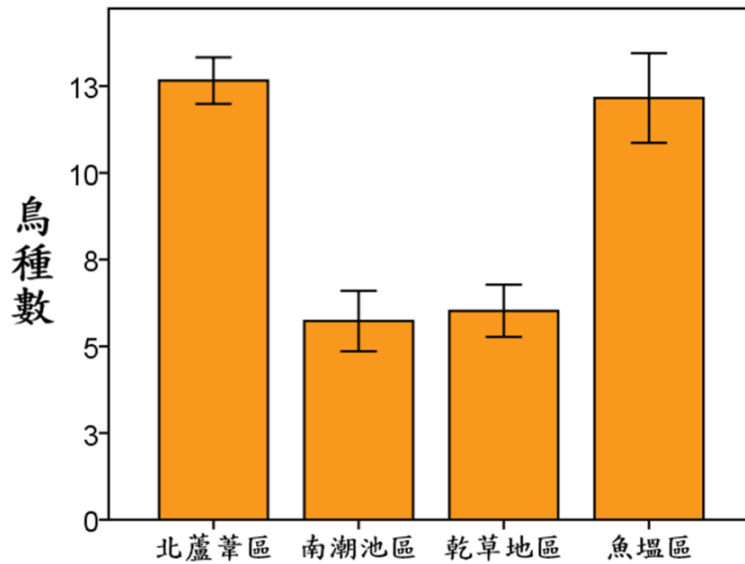
校區分區調查結果

從 2012 年 4 月份開始，我們將南大七股西校區分為北蘆葦區、南潮池區、乾草地區和魚塭區 4 個區域，在鳥類調查時分區記錄。依據留鳥期和冬候鳥期分別分析調查結果，在留鳥期，4 個區域的鳥種數顯著不同 ($F=64.4$, $P<0.001$)，Duncan 多重比較顯示魚塭區(12.16 ± 0.65)和北蘆葦區(12.66 ± 0.34)的鳥種數高於南潮池區(5.73 ± 0.44)和乾草地區(6.02 ± 0.38) (圖 4-23)。4 個區域的鳥類密度顯著不同，($F=11.7$, $P<0.001$)，Duncan 事後比較顯示北蘆葦區(4.39 ± 0.34)的密度顯著高於魚塭區(3.02 ± 0.19)和乾草地區(2.9 ± 0.35)，南潮池區(1.44 ± 0.29)最低。魚塭區的面積較小，但鳥種較多，可能是因為此區有較多的喬木，包括海茄苳、銀合歡和黃槿等，吸引不同類型的鳥類棲息，而其他區沒有這樣多樣的喬木棲地。此外，養殖魚塭的潛在食物也吸引鳥類來本區利用。魚塭區在留鳥期的優勢鳥類包括長腳鵝、小白鷺、褐頭鷓鴣、小鸕鶿、夜鷺和青足鵝。北蘆葦區的優勢鳥類包括夜鷺、褐頭鷓鴣、紅冠水雞和白頭翁。乾草地區的優勢鳥類包括夜鷺、大白鷺、褐頭鷓鴣和小白鷺，偶有發現大卷尾、喜鵲和綠繡眼等鳥類棲息。而南潮池區則以長腳鵝、褐頭鷓鴣、東方環頸鴿、大白鷺、小白鷺、燕鴿和金斑鴿為優勢。

在冬候鳥期，4 個區域的鳥種數顯著不同 ($F=84.9$, $P<0.001$)，Duncan 多重比較顯示魚塭區(15.26 ± 0.62)鳥種數最高，北蘆葦區(13.53 ± 0.5)次之，乾草地區(6.09 ± 0.43)和南潮池區(6.67 ± 0.46)鳥種數最少 (圖 4-24)。4 個區域的鳥類密度顯著不同 ($F=5.4$, $P=0.002$)，Duncan 事後比較顯示南潮池區(6.75 ± 1.03)和北蘆葦區(5.89 ± 0.58)的密度最高，魚塭區(4.53 ± 0.44)次之，乾草地區(3.27 ± 0.4)最低。南潮池區在冬候鳥期的密度增加，但是鳥種數沒有明顯增加，因為此區有許多感潮池，常有許多鷺科在土堤上棲息，黑面琵鷺也會和鷺科一起棲息，加上潮溝邊有感潮濕地，吸引鳥類利用。南潮池區的優勢鳥種包括蒼鷺、赤頸鴨、大白鷺、黑面琵鷺和小水鴨，明顯與留鳥期有差別。魚塭區則因放低水位，大量鷺科、鵝科、鴿科、鷗科和鸛科等鳥類前來覓食，優勢種包括蒼鷺、大白鷺、小白鷺、長腳鵝、

青足鵝和黑腹濱鵝。北蘆葦區優勢種包括夜鷺、紅冠水雞、赤頸鴨、褐頭鷓鴣、小水鴨、蒼鷺、大白鷺和小白鷺。而乾草地區則以蒼鷺、夜鷺、大白鷺和綠繡眼為優勢的鳥類。

(A)



(B)

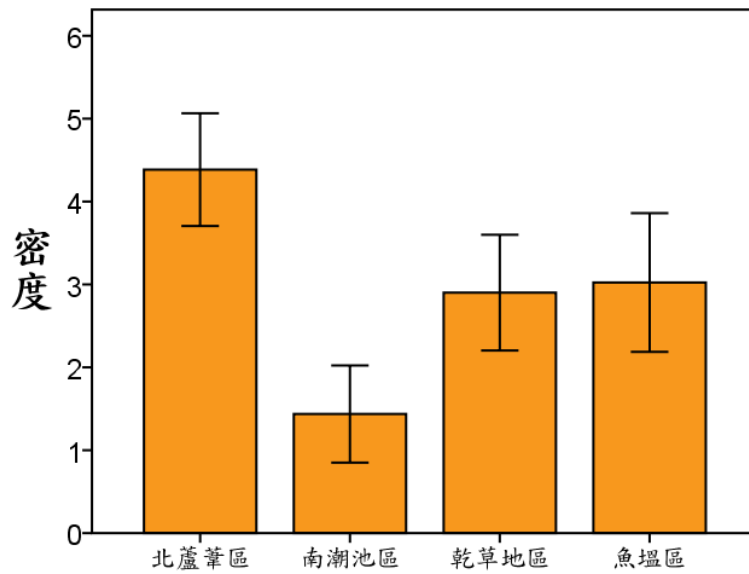


圖 4-23、南大七股西校區 4 個區域在留鳥期之(A)鳥種數、(B)密度之比較 (平均數 \pm 1 標準誤)。

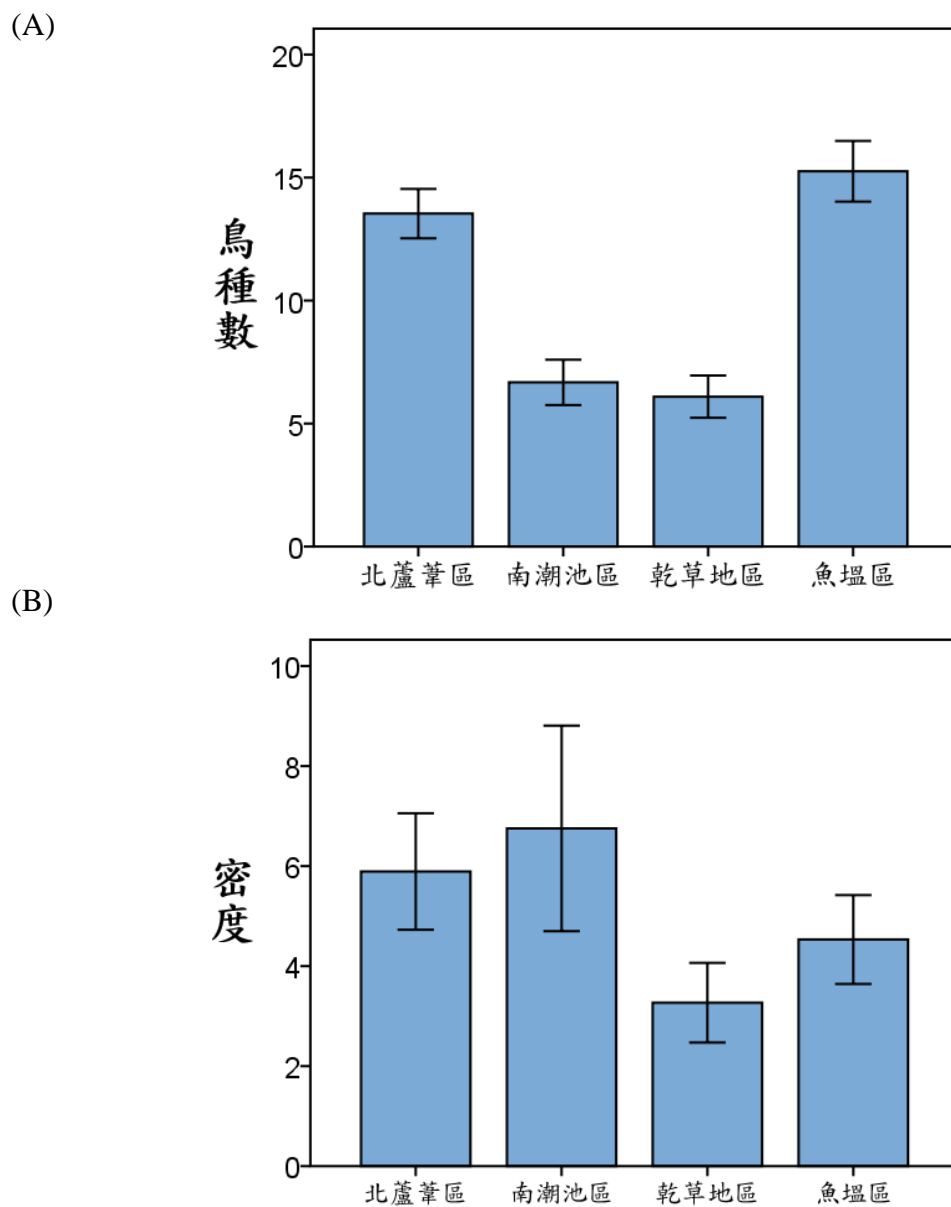


圖 4-24、南大七股西校區之 4 個區域在冬候鳥期之(A)鳥種數、(B)密度之比較(平均數 \pm 1 標準誤)。

第八節 魚塭鳥類調查

103/104 魚塭降低水位實驗

魚塭降低水位的實驗安排如下。四組魚塭中，各選一個魚塭先降低水位至平均水位 20 公分，另外一個維持較高的平均水位約 50 公分以上。第一批降低水位的魚塭為 A1、B2、C2 和 D1，已經於 11 月 1 日開始排水降低水位。約在 12 月初，降低第二批魚塭 A2、B1、C1 和 D2 的水位。

首先對各實驗組分別做分析。比較 A 組降低水位前後鳥類的密度，有降低水位與沒有降低水位的魚塭在密度上有顯著差異($F=9.0$, $P=0.001$) (圖 4-25A)；Duncan 多重比較顯示降低水位後 A2 的鳥類密度最高，降低水位後的 A1、降低水位前的 A1 和 A2(A1b0 和 A2b0)與 A1 降低水位時 A2(A2b1)的鳥種數在較低的一組。降低水位後的 A1 和 A1 降低水位時 A2 的標準誤較大，因此，雖然 A1 平均值較高，但沒有分在較高的組。

比較 B 組降低水位前後鳥類的密度，有降低水位與沒有降低水位的魚塭在密度上有顯著差異 (Welch=16.3, $P=0.01$) (圖 4-25B)；Duncan 多重比較顯示降低水位後 B2 的鳥類密度最高，降低水位後的 B1、降低水位前的 B1 和 B2(B1b0 和 B2b0)與 B2 降低水位時 B1(B1b1)的鳥種數為較低的一組。

比較 C 組降低水位前後鳥類的密度，有降低水位與沒有降低水位的池在密度上有顯著差異 (Welch=7.5, $P<0.001$) (圖 4-25C)；Duncan 多重比較顯示降低水位後 C2 的鳥類密度最高，降低水位後的 C1、降低水位前的 C1 和 C2(C1b0 和 C2b0)與 C2 降低水位時 C1(C1b1)的鳥種數為較低的一組。降低水位後的 C1 的標準誤較大，因此，沒有分在較高的組。

比較 D 組降低水位前後鳥類的密度，有降低水位與沒有降低水位的池在密度上沒有顯著差異 (Welch=2.3, $P=0.1$) (圖 4-25D)；Duncan 多重比較顯示 D2 的標準誤較大，造成與降低水位前的鳥類密度 (D1b0 和 D2b0) 與 D2 降低水位

時 D1 的鳥類密度 (D1b1) 沒有差異。

比較 A 組降低水位前後鳥種數，有降低水位與沒有降低水位的魚塭在鳥種數上有顯著差異 ($F=33.7, P<0.001$) (圖 4-26A)；Duncan 事後比較顯示，降低水位後的 A1 鳥種數最高，降低水位後的 A2 其次，降低水位前的鳥種數 (A1b0 和 A2b0) 與 A1 降低水位時 A2 的鳥種數 (A2b1) 為較低的一組。

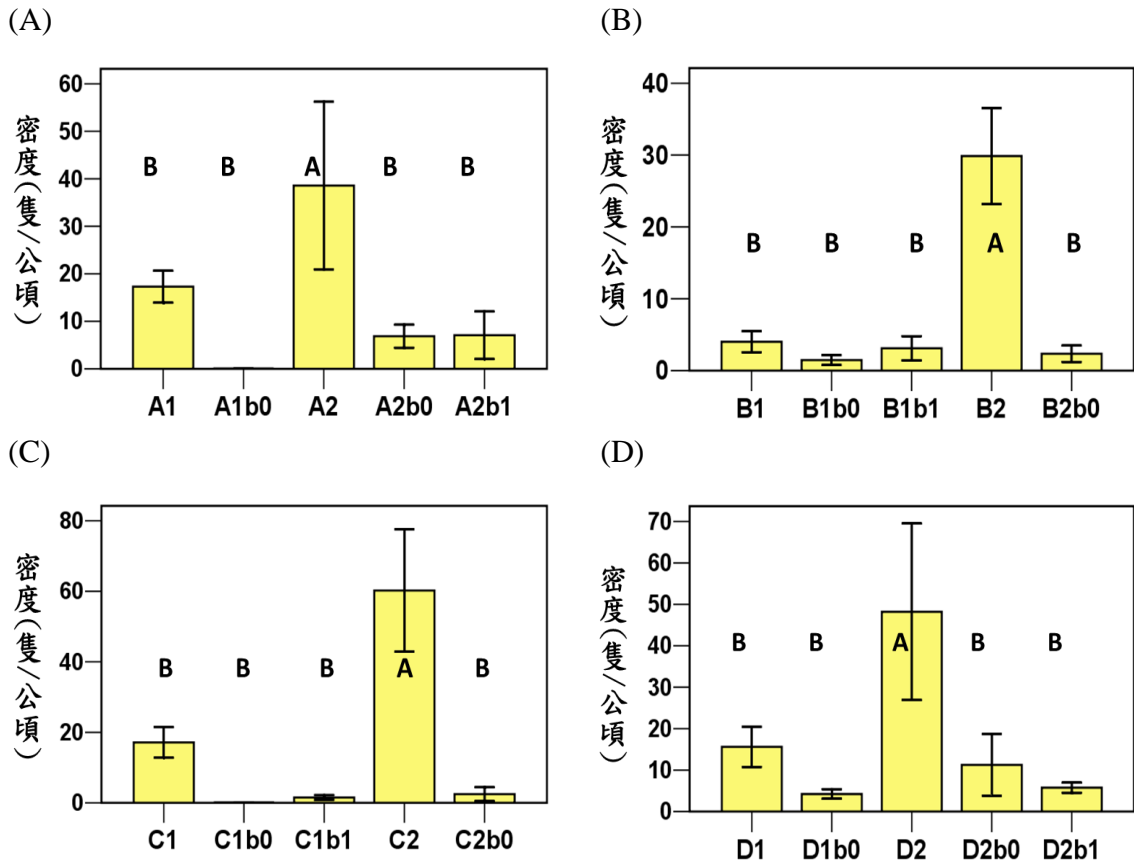


圖 4-25、魚塭降低水位前後密度比較，(A)A 組、(B)B 組、(C)C 組和(D)D 組有降低水位的魚塭鳥類密度高於沒有降低水位的鳥類密度。例如：A1 和 A2 為降低水位時的鳥類密度，A1b0 和 A2b0 為降低水位前的鳥類密度，A2b1 為 A1 降低水位時 A2 的鳥類密度。

比較 B 組降低水位前後鳥種數，有降低水位與沒有降低水位的魚塭在鳥種數上有顯著差異 ($F=12.9$, $P<0.001$) (圖 4-26B)，Duncan 事後比較顯示，降低水位後的 B2 鳥種數最高，降低水位後的 B1、降低水位前的 B1 和 B2 (B1b0 和 B2b0) 與 B2 降低水位時 B1 (B1b1) 的鳥種數同為較低的一組。降低水位後的 B1 和降低水位前的 B2 的標準誤較高，因此，雖然 B1 平均值較高，但沒有分在較高的組。

比較 C 組降低水位前後鳥種數，有降低水位與沒有降低水位的魚塭在鳥種數上有顯著差異 ($Welch=22.4$, $P<0.001$) (圖 4-26C)，Duncan 事後比較顯示，降低水位後 C2 的鳥種數較高，C1 次之，降低水位前 C1 和 C2 的鳥種數 (C1b0 和 C2b0) 和 C2 降低水位時 C1 (C1b1) 的鳥種數分為較低的一組。

比較 D 組降低水位前後鳥種數，有降低水位與沒有降低水位的魚塭在鳥種數上有顯著差異 ($F=3.4$, $P=0.02$) (圖 4-26D)，Duncan 事後比較顯示，降低水位後的 D1 和 D2 與 D1 降低水位時 D2 (D2b1) 的鳥種數較高，D1 和 D2 降低水位前的鳥種數 (D1b0 和 D2b0) 為較低的一組。

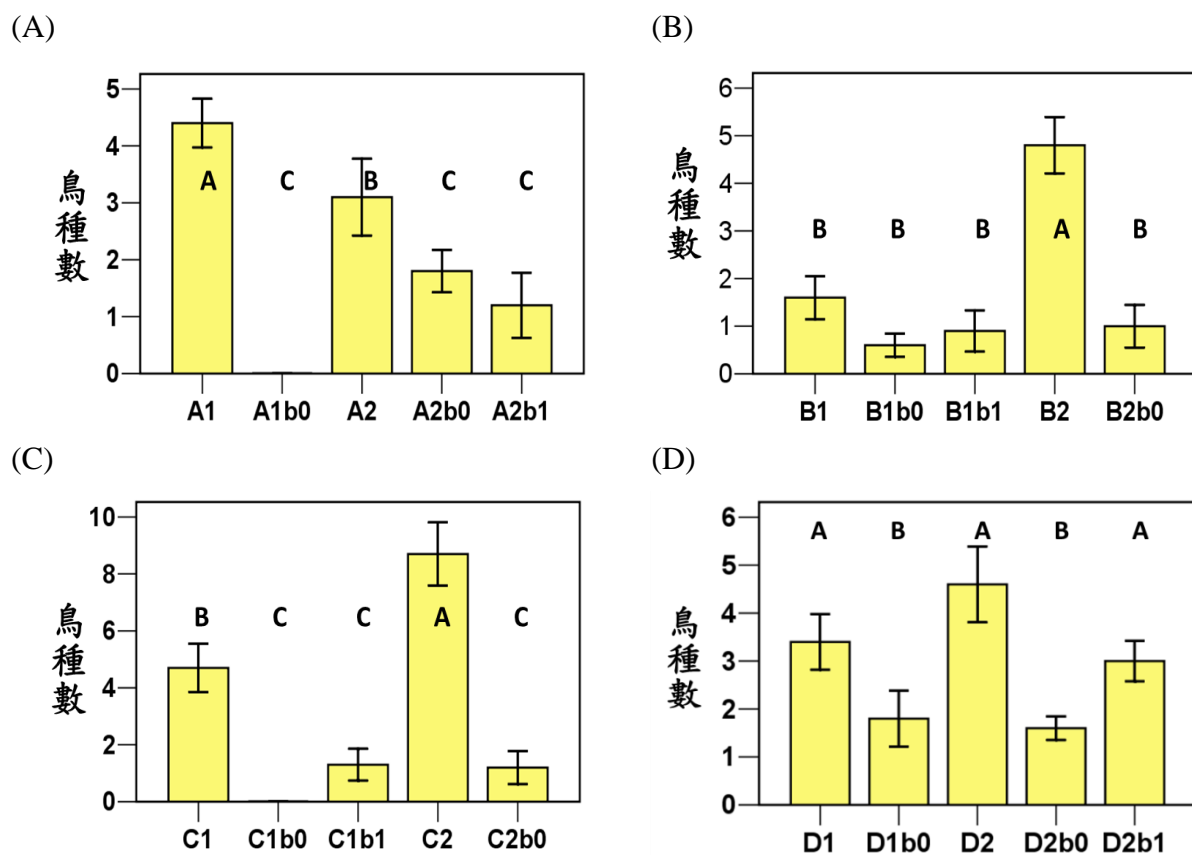


圖 4-26、魚塭降低水位前後鳥種數比較，(A)A 組、(B)B 組、(C)C 組和(D)D

組有降低水位的魚塭鳥種數高於沒有降低水位的鳥種數。

A1 在降低水位後，鷺科出現形成數量高峰期，鵲科也增加（圖 4-27）。A2 在降低水位前後均有少數長腳鵲科、鵲科、鴿科和鷺科鳥類出現，降低水位後，覓食頻率增加。後期有大量黑面琵鷺出現。

B1 在降低水位前後都有少量各科水鳥利用，在降低水位後，鷺科、長腳鵲科和鵲科水鳥覓食頻率增加。B2 在水位降低至 20 公分前，已增加少量的鵲科和鴿科鳥類利用。降低水位後，鵲科和長腳鵲科鳥類有大幅增加。

C1 降低水位後，鷺科和鵲科鳥類數量增加最多，鴿科和黑面琵鷺的數量也有增加（圖 4-28）。鷺科以蒼鷺最多，也有大、小白鷺；鵲科以濱鵲數量較多；鴿科主要為東方環頸鴿。C2 降低水位後，各科水鳥皆增加，形成數量高豐期，鷺科和鵲科鳥類最多，其次是黑面琵鷺與鴿科鳥類。鵲科以黑腹濱鵲、青足鵲和小青足鵲為優勢；鷺科以大、小白鷺為優勢。

D1 在降低水位前，有少量鷺科鳥類在堤岸邊停棲。降低水位後，鵲科、鴿科鳥類和黑面琵鷺出現高峰。鴿科主要為東方環頸鴿，鵲科以青足鵲和小青足鵲為主，鷺科鳥類為大、小白鷺。D2 在降低水位前，亦有少量鷺科鳥類停棲。降低水位後，鷺科出現高峰。鵲科鳥類以青足鵲、小青足鵲和赤足鵲為優勢；鴿科以金斑鴿為主。

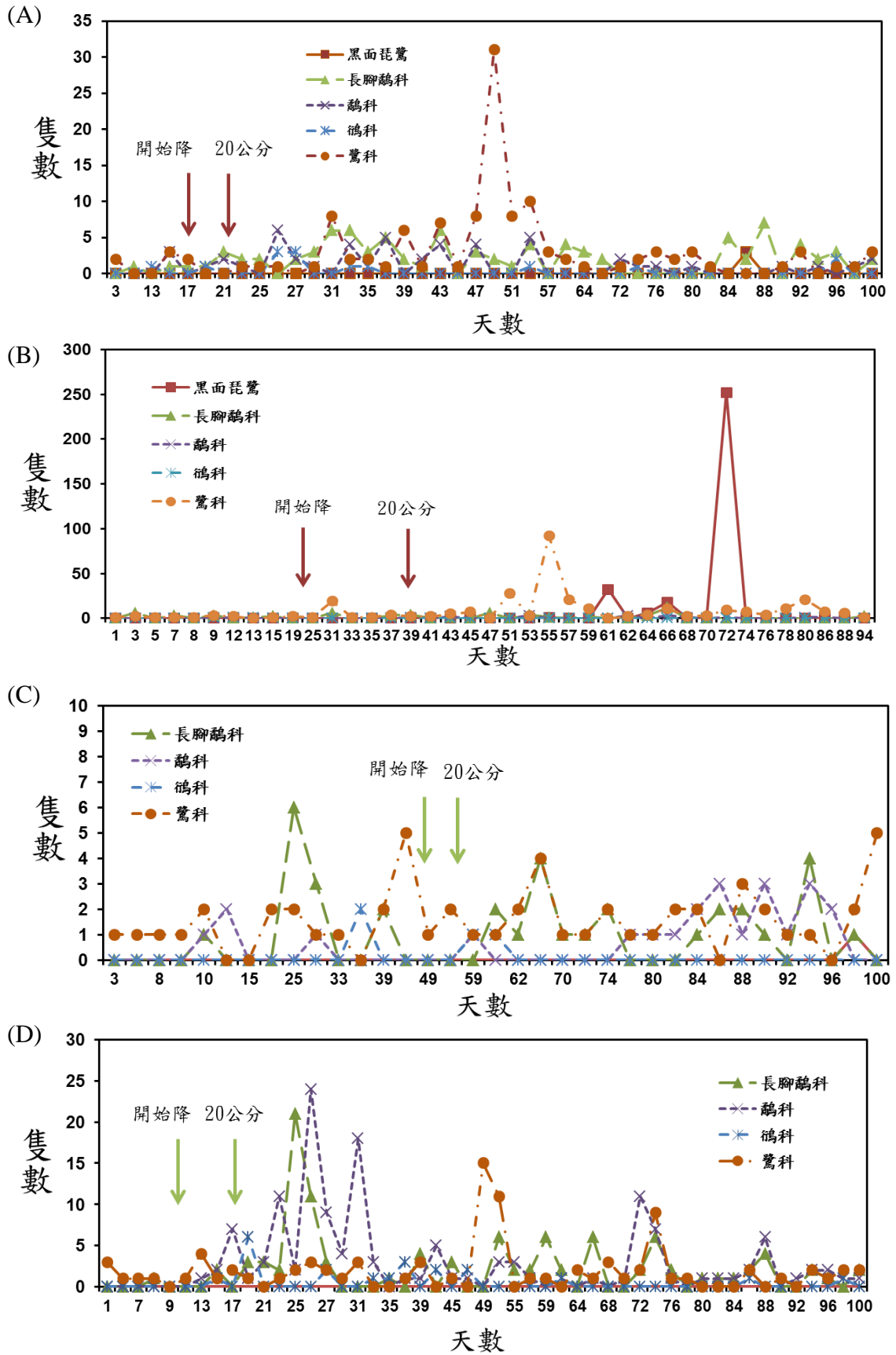


圖 4-27、魚塭降低水位後，鷗科、鷺科、鴿科、黑面琵鷺和長腳鷗科的隻數變化，

(A)A1、(B)A2、(C)B1 和(D)B2。

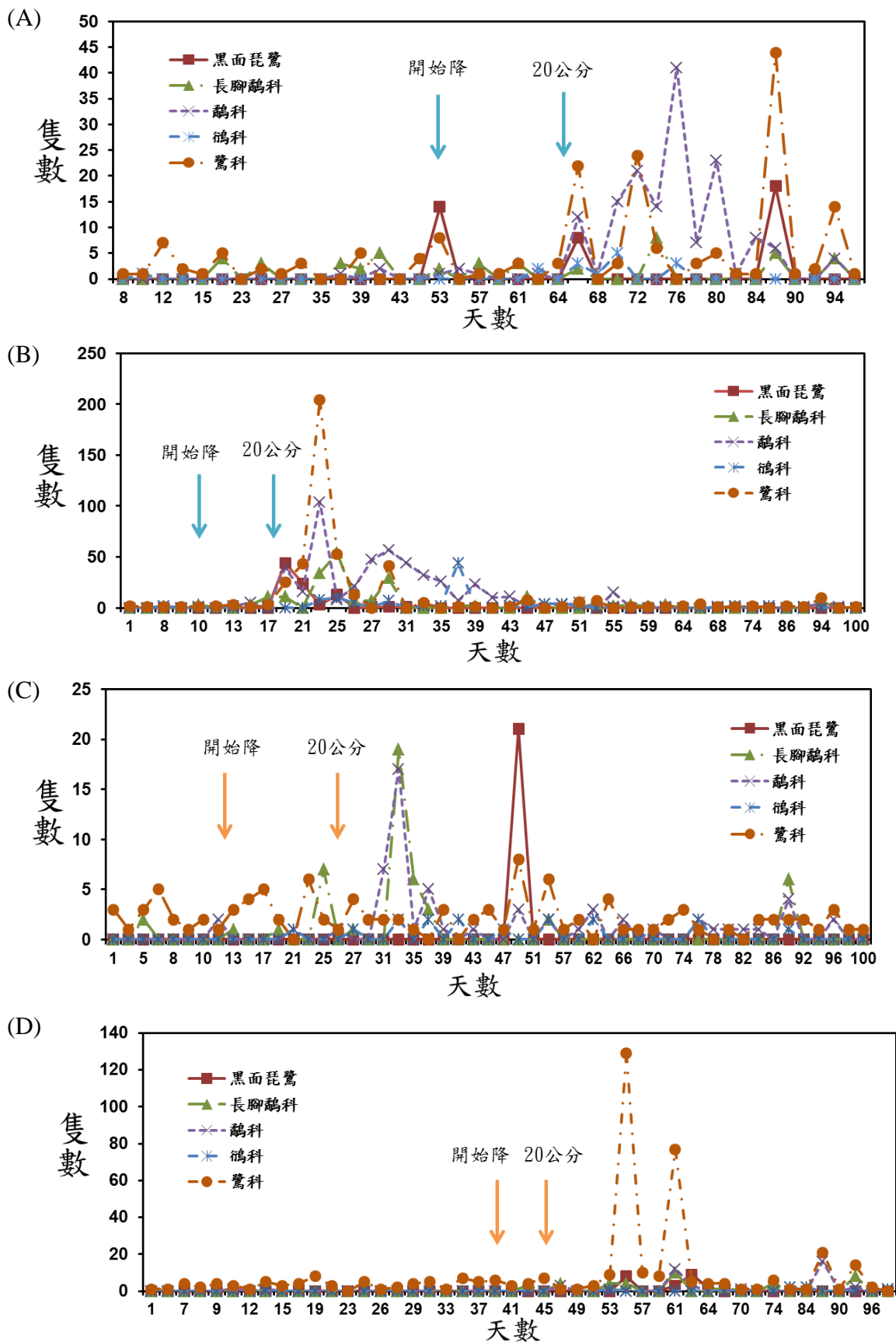


圖 4-28、魚塭降低水位後，鷸科、鷺科、鴿科、黑面琵鷺和長腳鷸科的隻數變化，(A)C1、(B)C2、(C)D1 和(D)D2。

黑面琵鷺

103 年，魚塭於 11 月 1 日開始準備降低水位，在降低水位期間黑面琵鷺數量極少；在 11 月 19 日之後，利用 C2 魚塭的黑面琵鷺數量開始增加。黑面琵鷺只出現在已降低水位的魚塭（圖 4-29）。由於 C2 魚塭降低水位速度快，並有豐富的食物來源，11 月 19 日到 12 月 3 日記錄到的黑面琵鷺都有進入 C2 覓食。在野生魚塭（A 組）和沒有餵食的雜交慈鯛魚塭（B 組），皆未記錄到黑面琵鷺直接利用或覓食。直到第二次降低水位才有記錄到黑面琵鷺在其他實驗組魚塭中覓食。調查到在虱目魚塭（C 組）覓食的黑面琵鷺數量比其他實驗組魚塭多。然而利用 D2 的黑面琵鷺比 D1 多。在虱目魚塭組中，以 C2 的黑面琵鷺累積記錄數量較多。但是，數量最高峰出現在 A2，104 年 1 月 11 日有 253 隻黑面琵鷺在魚塭中棲息。

魚塭鳥類調查時發現，鳥群在清晨時都已經在魚塭，隨著太陽升起逐漸離開魚塭。根據觀察，黑面琵鷺等候鳥在黃昏時陸續進入魚塭覓食和棲息。

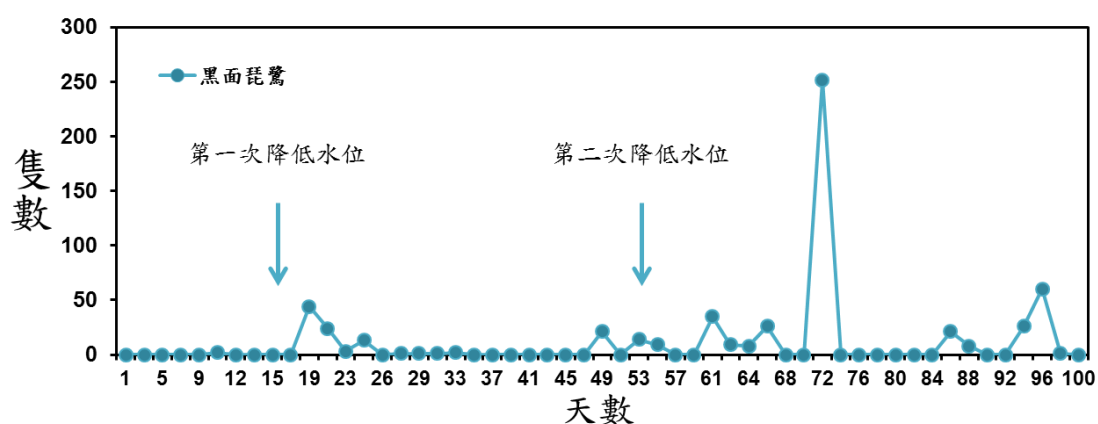


圖 4-29、魚塭降低水位後，每次調查到黑面琵鷺總隻次的變化。

水鳥密度與水深

魚塭調查資料顯示，不同水深的水鳥密度有顯著差異（Welch = 16.4， $P < 0.001$ ）；Duncan 多重比較顯示水深 25、30、40 和 >50 公分為密度最低的一組，水深 0、20 和 30 公分為密度中間的一組，水深 0、5、10、15 和 20 公分為密度最高的一組。魚塭水深平均在 20 公分以下時，水鳥密度大幅提升，相較於 20 公分以上的水深，水鳥密度都小於 5 隻/公頃。當水深高於 30 公分，魚塭周圍還是會有零星水鳥在堤岸邊棲息和覓食，當水深逐漸下降至 30 公分左右，會有大型水鳥，例如：蒼鷺、大白鷺等先行覓食。當水深越低，陸續有長腳鷗、青足鷗等中型水鳥覓食，直到泥灘裸露，東方環頸鴿和黑腹濱鷗等小型水鳥才能覓食。

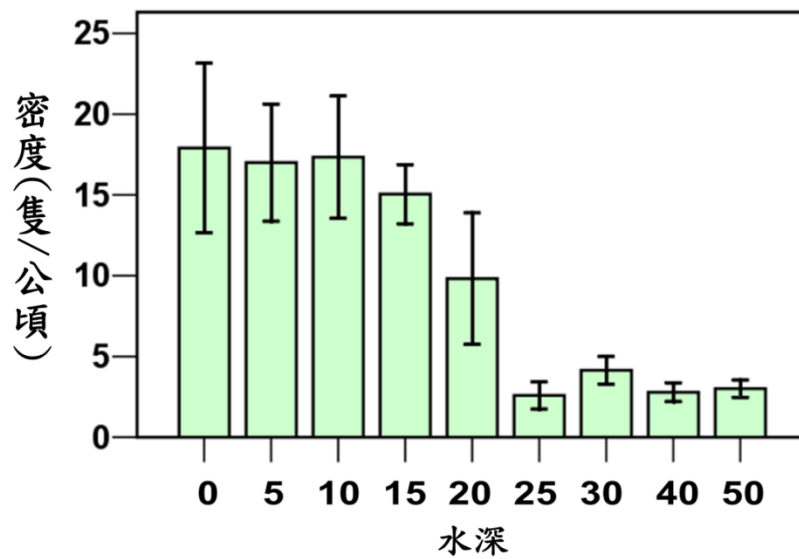


圖 4-30、魚塭水深與密度變化。

103/104 年綜合分析

四組魚塭實驗的資料整體分析結果顯示，有降低水位魚塭的鳥種數和密度顯著高於未降低水位的魚塭(Repeated ANOVA；分別為： $F=74.3$ ， $P<0.001$ ； $F=29.8$ ， $P<0.001$) (圖 4-31)，比較控制組與實驗組的平均圖能明顯的看出差異。

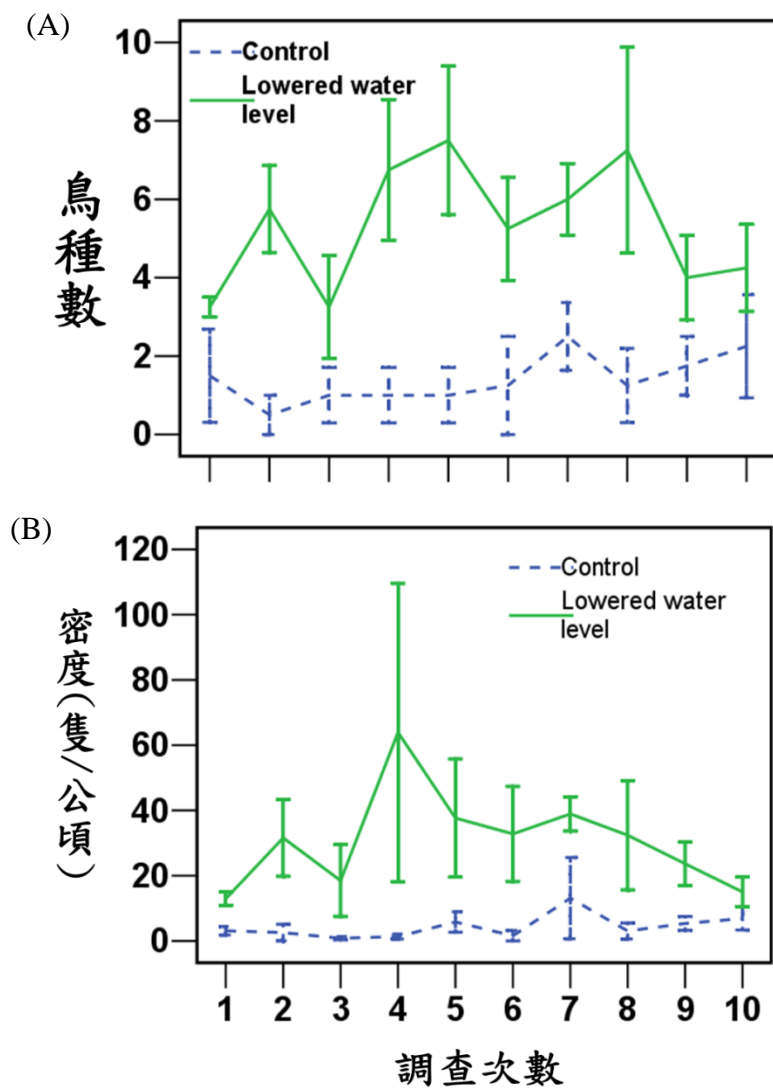


圖 4-31、總和魚塭降低水位至 20 公分之後 10 次調查中，鳥種數與密度比較。

綜合各魚塭水位降低至 20 公分前後的 10 次調查，分析利用不同水深的水鳥類群。降低水位前後，利用淺水與泥灘的水鳥密度有顯著差異(Repeated ANOVA；分別為： $F=19.2$ ， $P<0.001$ ； $F=25.1$ ， $P<0.001$)；初期都有密度上升的趨勢。利用深水的水鳥則無顯著差異($F=2.6$ ， $P=0.12$)(圖 4-32)，可能是因為深水的水鳥在更高的水位就可以進入覓食。

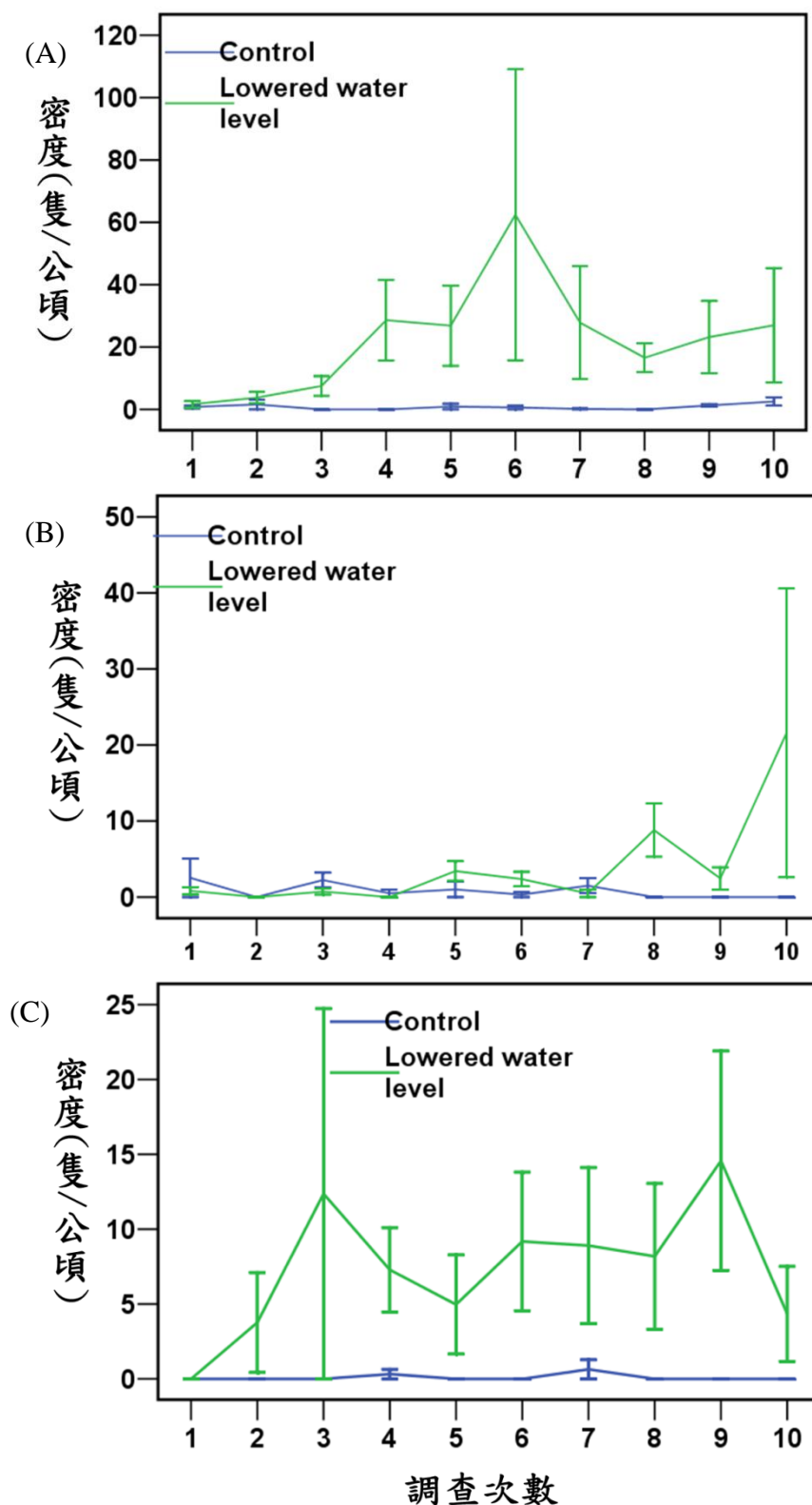


圖 4-32、103/104 年魚塭降低水位至 20 公分之後 10 次調查，利用(A)淺水、(B)深水、(C)泥灘水鳥的密度比較。

比較 4 組實驗魚塭降低水位後的鳥種數和密度，4 組實驗魚塭降低水位後的鳥種數和密度有顯著差異($F = 8.1$ ， $P < 0.001$ ； $F = 3.0$ ， $P = 0.04$) (圖 4-33)，Duncan 多重比較顯示 C 組虱目魚塭的鳥種數和密度高於其他組別。

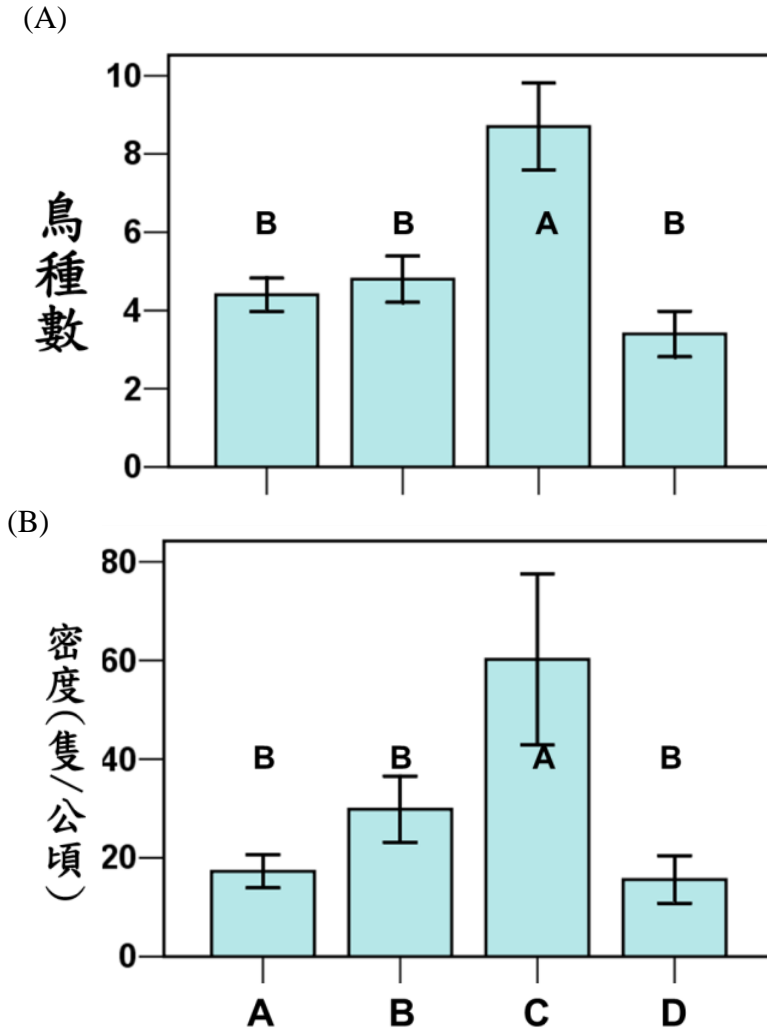


圖 4-33、四組魚塭降低水位後(A)鳥種數和(B)密度比較(A 組野生魚塭、B 組雜交慈鯛不餵食、C 組淺坪虱目魚塭、D 組雜交慈鯛餵食)。

為完整地瞭解水鳥利用魚塭，以 C 組虱目魚塭與 D 組雜交慈鯛池做範例說明。C 組和 D 組開始降低水位後，水鳥密度依然維持很低（圖 4-34），沒有明顯的起伏，直到水深到達 20 公分左右後，才有水鳥湧入覓食。各魚塭水位降至 20 公分後可持續利用的天數都不同，可利用 20 天至 46 天左右，可能受水位操作、食物量和魚塭面積等因子影響。

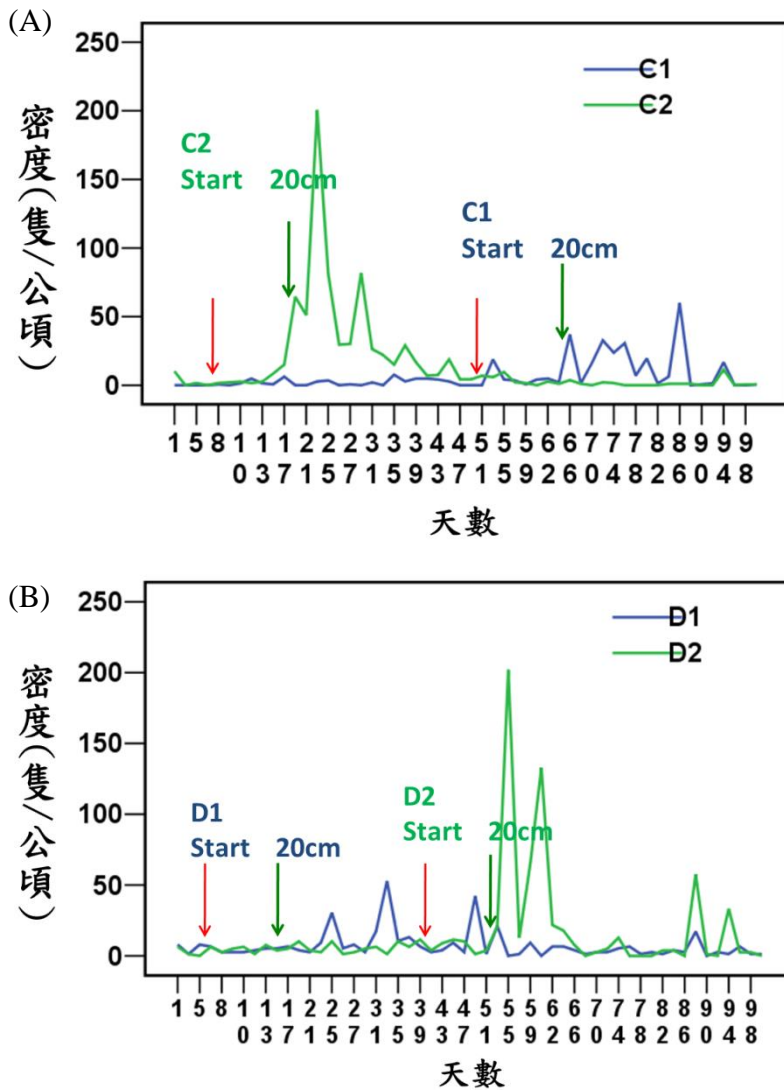


圖 4-34、(A)C 組和(B)D 組魚塭降低水位後水鳥的利用時間。

為瞭解食物量和利用魚塭的水鳥密度之間的關係，各魚塭鳥類的平均密度及最大密度與底拖網調查到的底棲生物量間有高度的相關(分別為： $R = 0.9$ ， $P = 0.003$ ； $R = 0.96$ ， $P < 0.001$) (圖 4-35)。

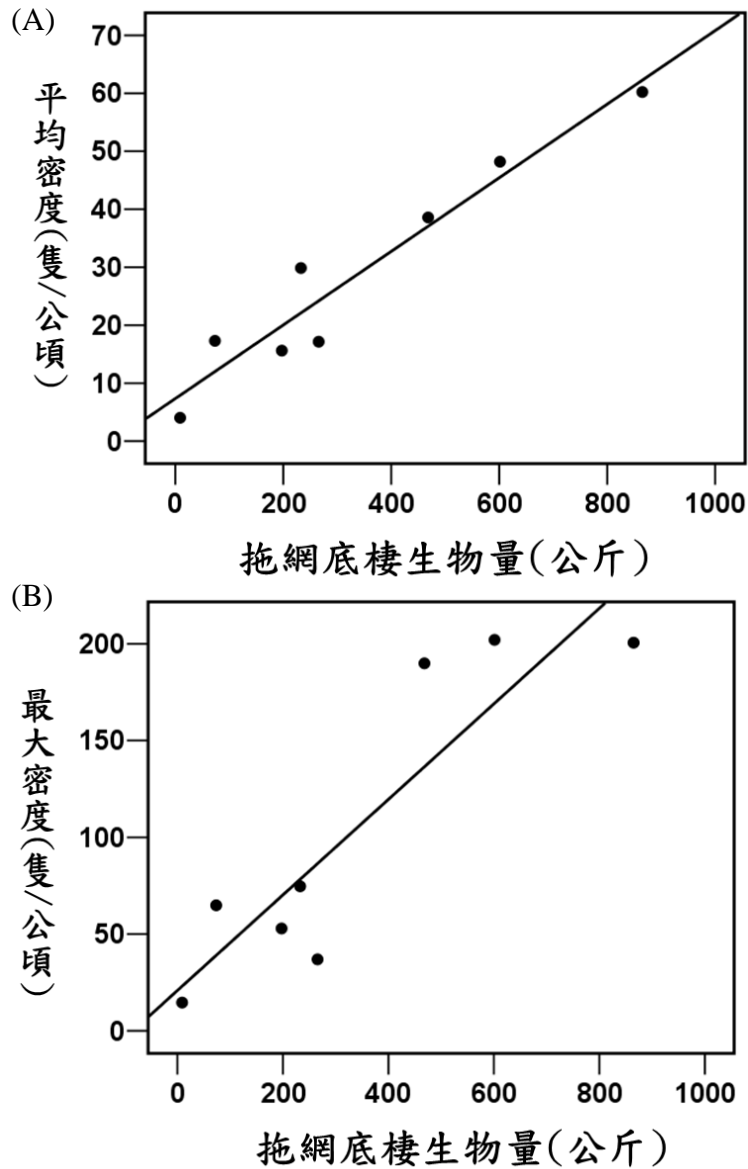


圖 4-35、水鳥(A)平均密度和(B)最大密度與底棲生物量之關係。

104/105 魚塭降低水位實驗

養殖魚塭已經於 11 月 9 和 11 日收成，之後已經陸續降低水位，A2、B2、C2 和 D1 為第一批降低水位的魚塭，A1、B1、C1 和 D2 為第二批降低水位的魚塭。已經在 A2 魚塭記錄到黑面琵鷺，降低水位的魚塭皆有水鳥覓食利用。魚塭降低水位實驗正在持續進行中。

101/102 至 103/104 魚塭鳥類資料整體分析

將 101/102 至 103/104 共 3 年的魚塭降低水位實驗資料一起分析，重覆量測變異數分析顯示 3 年的 4 個實驗組降低水位的魚塭和控制魚塭的鳥種數有顯著的差異 ($F=134.4$, $P<0.001$) (圖 4-36A)，降低水位魚塭的鳥種數明顯較控制組的魚塭的鳥種數高。4 個實驗組的鳥種數也有顯著的差異 ($F=17.7$, $P<0.001$) (圖 4-37A)，Duncan 多重比較顯示 C 組 (虱目魚) 為較高的一組，其他組為較低的組。3 年的鳥種數也有顯著的差異 ($F=14.1$, $P<0.001$) (圖 4-38A)，Duncan 多重比較顯示 101 和 103 年為較高的一組，102 年為較低的組。

3 年的 4 個實驗組降低水位的魚塭和控制魚塭的水鳥密度有顯著的差異 ($F=27.7$, $P<0.001$) (圖 4-36B)，降低水位魚塭的密度明顯較控制組的魚塭的密度高。4 個實驗組的密度有顯著的差異 ($F=5.6$, $P=0.001$) (圖 4-37B)，Duncan 多重比較顯示 C 組為較高的一組，其他組為較低的組。3 年的密度則沒有差異 ($F=0.0$, $P=0.993$) (圖 4-38B)。

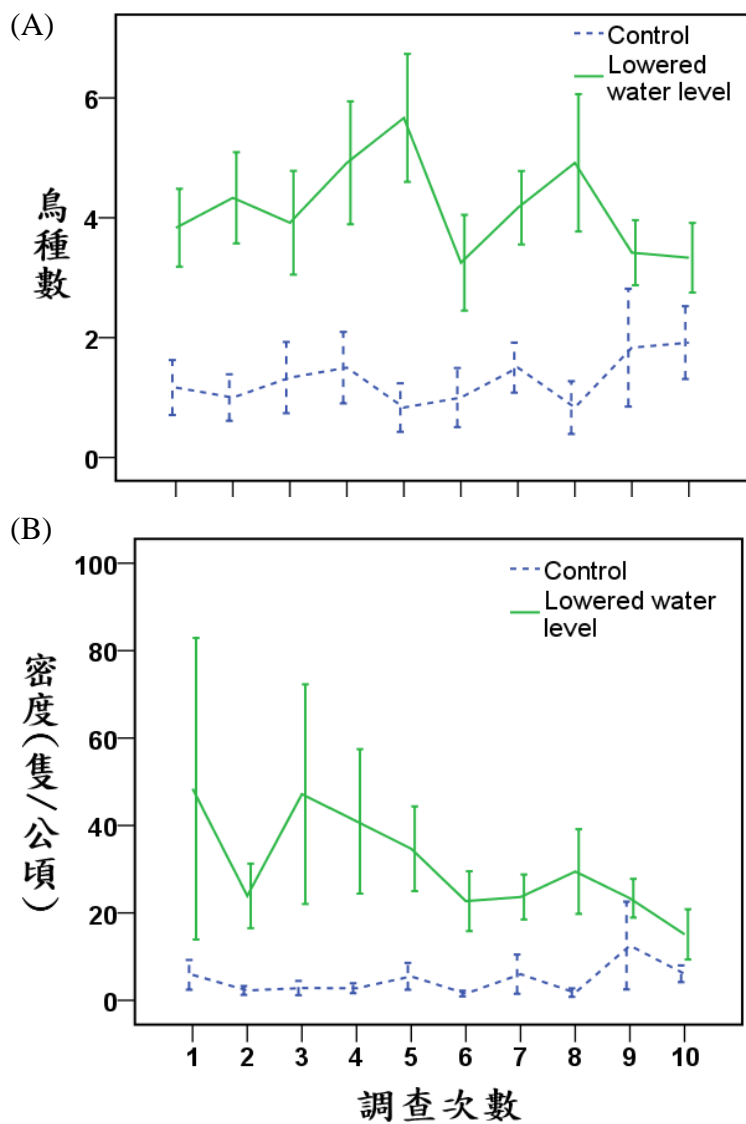


圖 4-36、魚塭降低水位實驗 10 次調查 (4 個實驗組 3 年資料) 的比較，

(A) 鳥種數和(B)鳥隻密度。

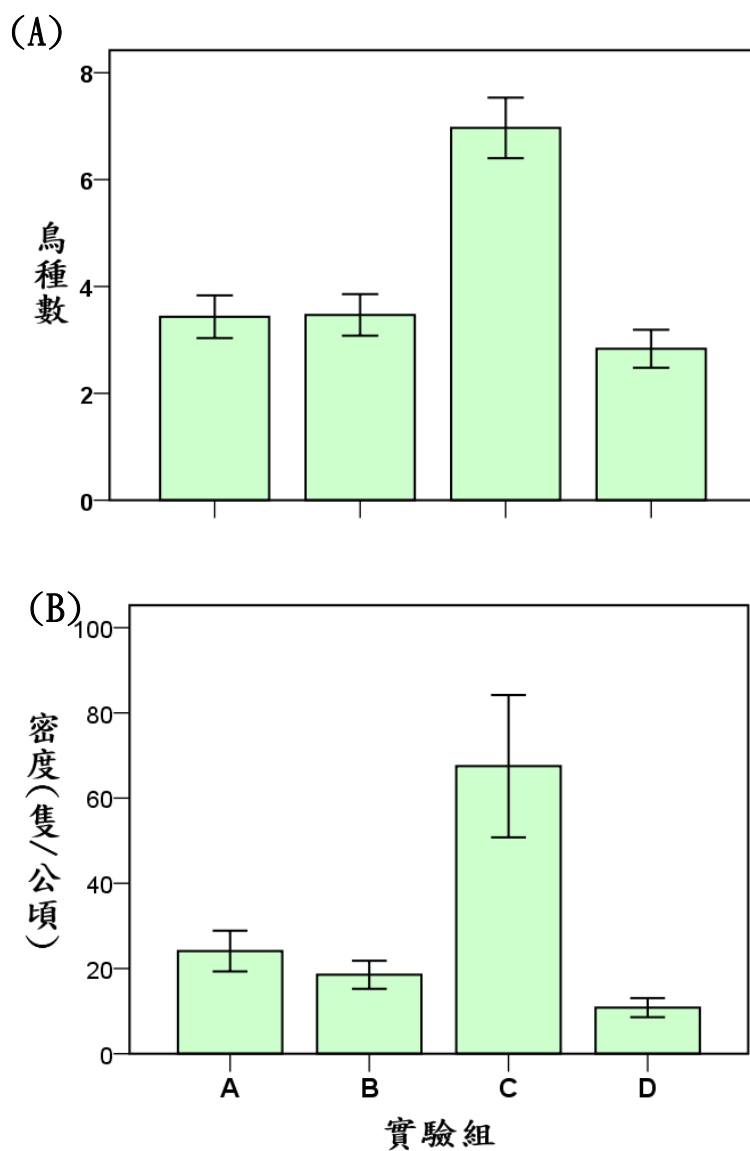


圖 4-37、魚塭降低水位實驗 4 個實驗組 3 年資料的比較，
(A)鳥種數和(B)鳥隻密度。

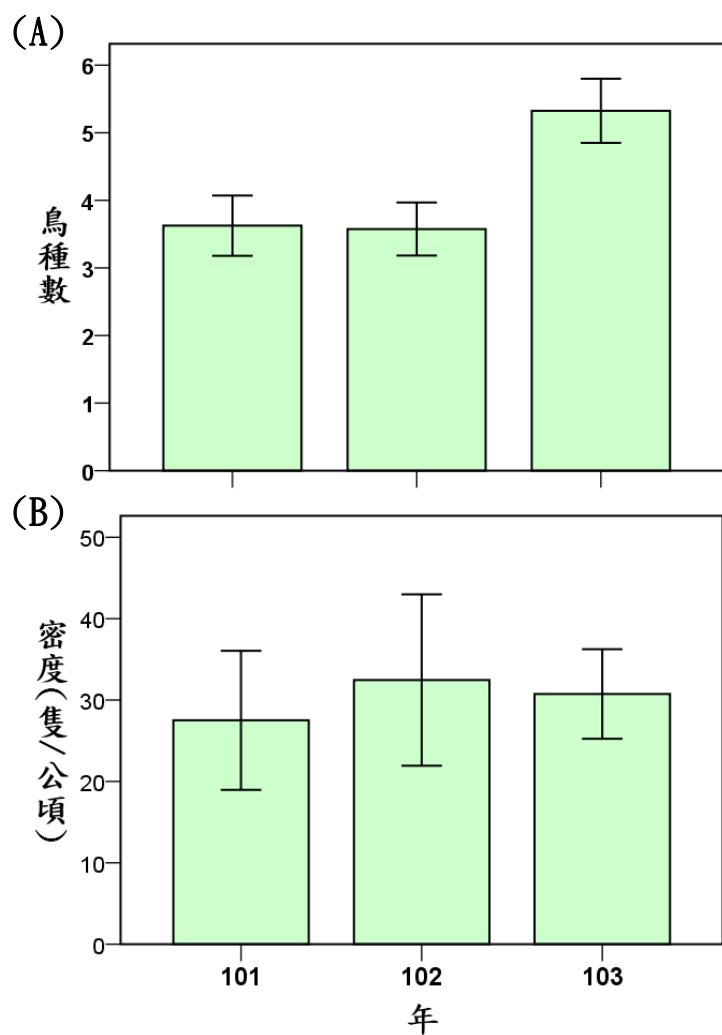


圖 4-38、魚塭降低水位實驗 3 年資料的比較，(A)鳥種數和(B)鳥隻密度。

第九節 南區濕地

在南區調查的濕地列在表 4-7，其中感潮的濕地包括 49、50、63、64、65、66、68、70 和 74 號，不感潮的溼地包括 57、67、69、71、75、76A、76B 和 77 號。76A 和 76B 為兩個有土堤隔離的濕地，調查早期合併記錄為 76（圖 4-39）。

南區近潮溝的濕地埋管處理後，49 與 50 池可能因地勢較低，最深水深常維持 40 公分左右，有小群雜交慈鯛聚集；其他感潮濕地水深的變化大，較不易看見魚群聚集。64、65 和 66 號濕地相互連通，65 和 66 號濕地主要為溝渠狀，並在 64 號濕地轉變為開闊水體。64 與 74 號濕地為冬季水鳥主要覓食區域，棲息則聚集圍繞於 64 號濕地周圍的土堤上棲息。

比較利用各濕地的鳥類，各濕地有不同的鳥類密度 ($Welch=13.2, P<0.001$)，Duncan 多重比較分析結果顯示 64 號濕地為密度最高，63、66、67 和 75 號濕地為密度次高的組，其他濕地屬於較低的組（圖 4-40A）。63 號濕地北面土堤上常有鷺科鳥類停棲；64 號濕地中，鷺科鳥類常停棲在相鄰 63 號濕地的土堤上。67 號濕地較早乾涸，常有鷺科鳥類停棲。69 號濕地常為泥灘地，為鵲科和鴿科鳥類利用。74 號濕地有大面積的水域和泥灘地，常為涉禽利用。各濕地有不同的鳥種數量 ($Welch=9.5, P<0.001$)，Duncan 多重比較分析結果顯示 74 號濕地鳥種數最高，57、63、64、75 和 77 號濕地為鳥種數次高的組，其他濕地屬於較低的組（圖 4-40B）。

探討與密度或鳥種數相關的因子，包括面積和水深等因子。鳥種數與濕地面積為正相關 ($r=0.84, P<0.001$)（圖 4-41A）；鳥種數與濕地平均水深、水深變異、感潮與否和密度都不相關。鳥類密度與濕地面積、平均水深、水深變異、感潮與否和密度都不相關；其中，鳥類密度與感潮與否相關性較高 ($r=0.435, P=0.105$)， t 檢定也不顯著 ($t=-1.742, P=0.105$)（圖 4-41B）。

就數個感潮和不感潮的濕地做進一步討論，64 號濕地以深水涉禽的大白鷺和蒼鷺為優勢，雖然到後期 64 號濕地水位降低，仍然有大白鷺和蒼鷺的利用，

可能是濕地周遭有地形圍繞，並且可以監視南邊 63、65 和 66 號濕地的食物。74 號濕地以深水涉禽和泥灘涉禽為優勢，74 號濕地的地形像一個淺的碟子，潮溝的水進入之後，中央水位較高，周圍為泥灘地，退潮後無法蓄水，成為泥灘的狀態。63 號濕地以深水涉禽為最優勢，泥灘涉禽次之；因為與潮溝的水路遭到封閉，水位逐漸降低。



圖 4-39、七股西校區南區濕地編號。

表 4-13、南區濕地的特徵。

濕地	面積(公頃)	感潮	原來 水路	現在 水路	十一月平均水深 (公分)	二月平均水深 (公分)
49	0.24	是			31.9	26.7
50	0.51	是		水管	32.7	26.7
57	1.38	是			15.5	8.3
63	1.33	是	開口	水管	5.4	1.7
64	0.57	是	溝	溝	8.5	1.7
65	0.20	是	暗管	水管	19.6	1.7
66	0.10	是	溝	溝	8.5	8.3
67	0.61	否			0.0	0.0
68	0.65	是	暗管	水管	1.2	0.0
69	1.07	否			0.0	0.0
70	0.87	是		水管	5.0	0.0
74	3.29	是	開口	水管	10.6	0.0
75	0.68	否			33.8	0.0
76A	0.30	否			5.5	0.0
76B	0.32	否			5.5	0.0
77	1.02	否			7.1	1.7

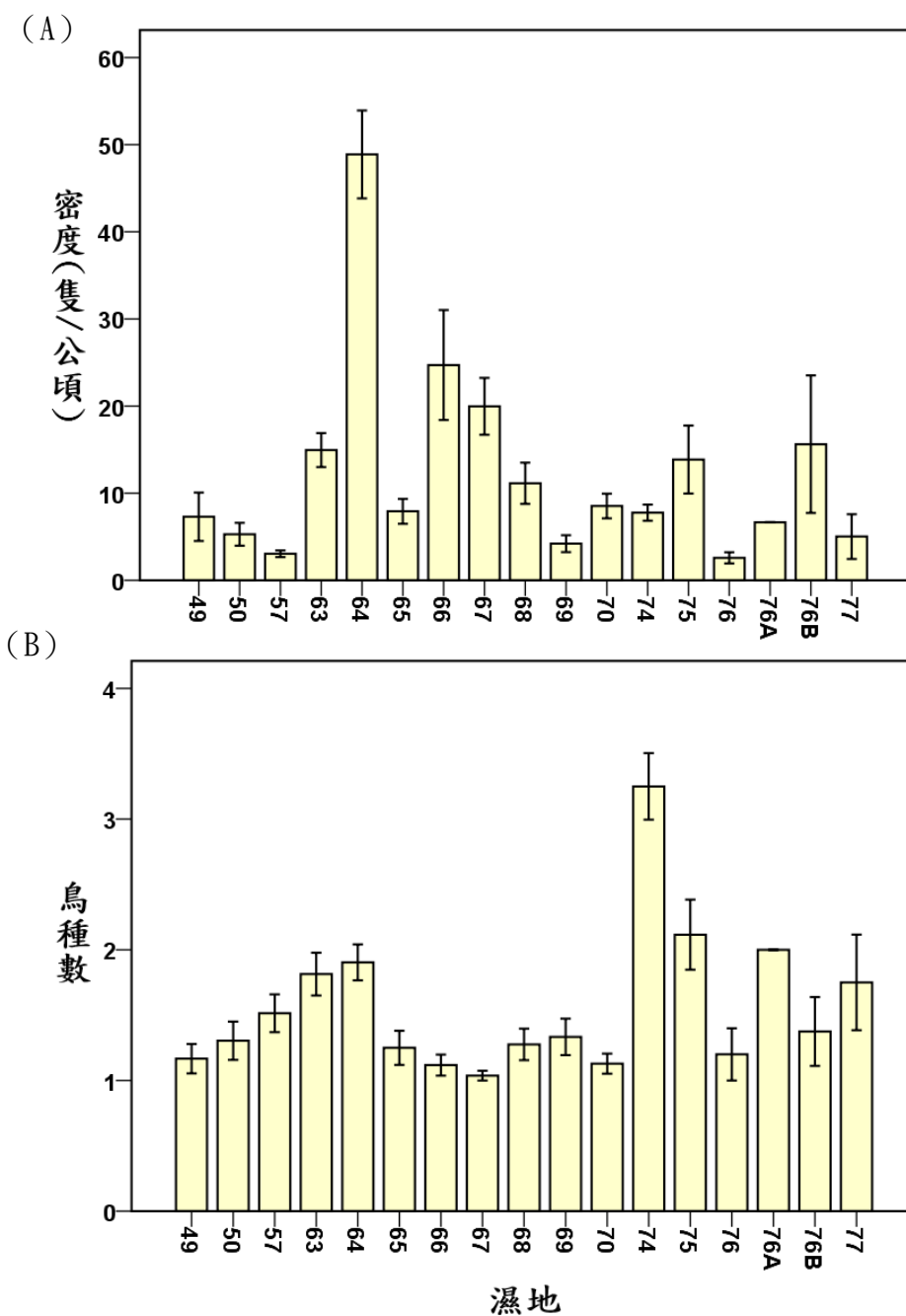


圖 4-40、南區濕地的 (A) 鳥密度 和 (B) 鳥種數。

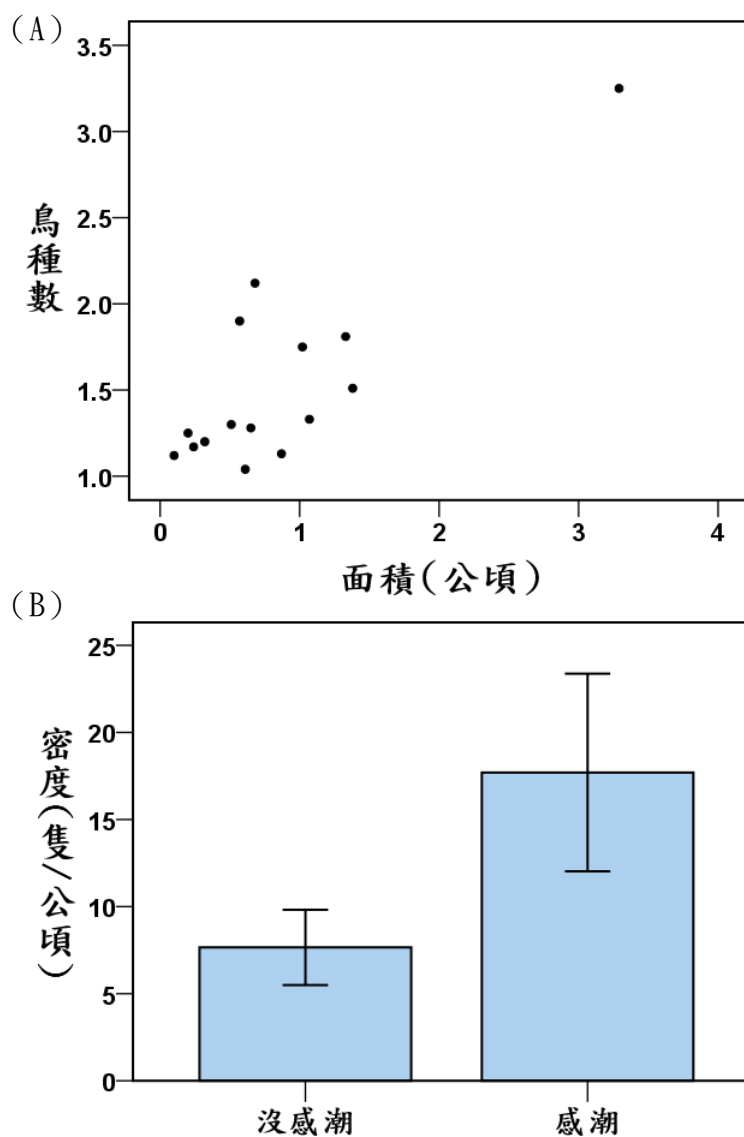


圖 4-41、南區濕地的 (A) 濕地面積和鳥種數的散佈圖 和 (B) 密度和感潮與否的柱狀圖。

第十節 提供食源的魚塭比較

本計畫共計有虱目魚 (C1 和 C2) 及虱目魚和雜交慈鯛混養 (C3)、雜交慈鯛餵食 (D 組)、雜交慈鯛不餵食 (B 組) 和野生魚 (A 組) 魚塭。虱目魚魚塭都有餵食飼料。過去曾在虱目魚塭放入雜交慈鯛，為混養的狀況。所謂野生魚塭就是廢棄養魚塭的型態，包括有雜交慈鯛為極優勢的魚塭和魚類多樣性較高的魚塭類型。

比較各種提供食源的魚塭類型，魚塭類型間的浮游藻 (葉綠素 *A*) 不相同 ($F=5.7, P=0.003$)，Duncan 事後分析顯示虱目魚及虱目魚和雜交慈鯛混養的浮游藻最高，虱目魚和野生魚為第二組，野生魚和雜交慈鯛為較低的組 (表 4-14，圖 4-42)。藻類生物量為生產力的指標，通常虱目魚池的浮游藻特別多，有可能與餵食飼料有關。魚塭類型間的雜交慈鯛生物量不相同 ($F=16.5, P<0.001$)，Duncan 事後分析顯示虱目魚和雜交慈鯛混養的最高，因為養殖時放入較多的雜交慈鯛，其他魚塭較低。沒有餵食飼料的雜交慈鯛池有較高的雜交慈鯛可能是因為魚池過去累積的有機物蓄積在底部，可以供給雜交慈鯛食物，而野生魚池可能因為有捕食者和多種魚隻的競爭，雜交慈鯛較少；依據過去資料，野生魚池的變異和差異很大。

魚塭類型間的底棲魚蝦有顯著差異 ($F=4.0, P=0.024$)，虱目魚和雜交慈鯛混養的最高，但是沒有重複。底棲魚蝦包括較多的東方白蝦和底棲小型的蝦虎。養殖成本也有顯著差別 ($F=58.0, P<0.001$)，Duncan 事後分析顯示虱目魚及虱目魚和雜交慈鯛混養的成本最高，其他類型較低，因為飼料使用增加費用。

表 4-14、各種提供食源的魚塭類型特性比較。

魚塭變數	虱目魚	虱目魚混養	雜交慈鯛餵食	雜交慈鯛不餵食	野生魚
浮游藻 (μ g/L)	66.8 \pm 7.8	77.7 \pm 63.3	15.0 \pm 4.1	11.3 \pm 2.9	38.0 \pm 12.1
雜交慈鯛 (公斤/公頃)	86.6 \pm 86.6	2817.9 \pm 834.7	629.4 \pm 260.6	279.6 \pm 63.8	295.1 \pm 103.0
底棲魚蝦 (克/平方公尺)	2.3 \pm 0.7	8.6 \pm 0	0.28 \pm 0.02	1.5 \pm 0.3	1.4 \pm 0.4
成本 (元)	141198 \pm 15160	122962 \pm 9162	11092 \pm 315	5400 \pm 885	1667 \pm 211

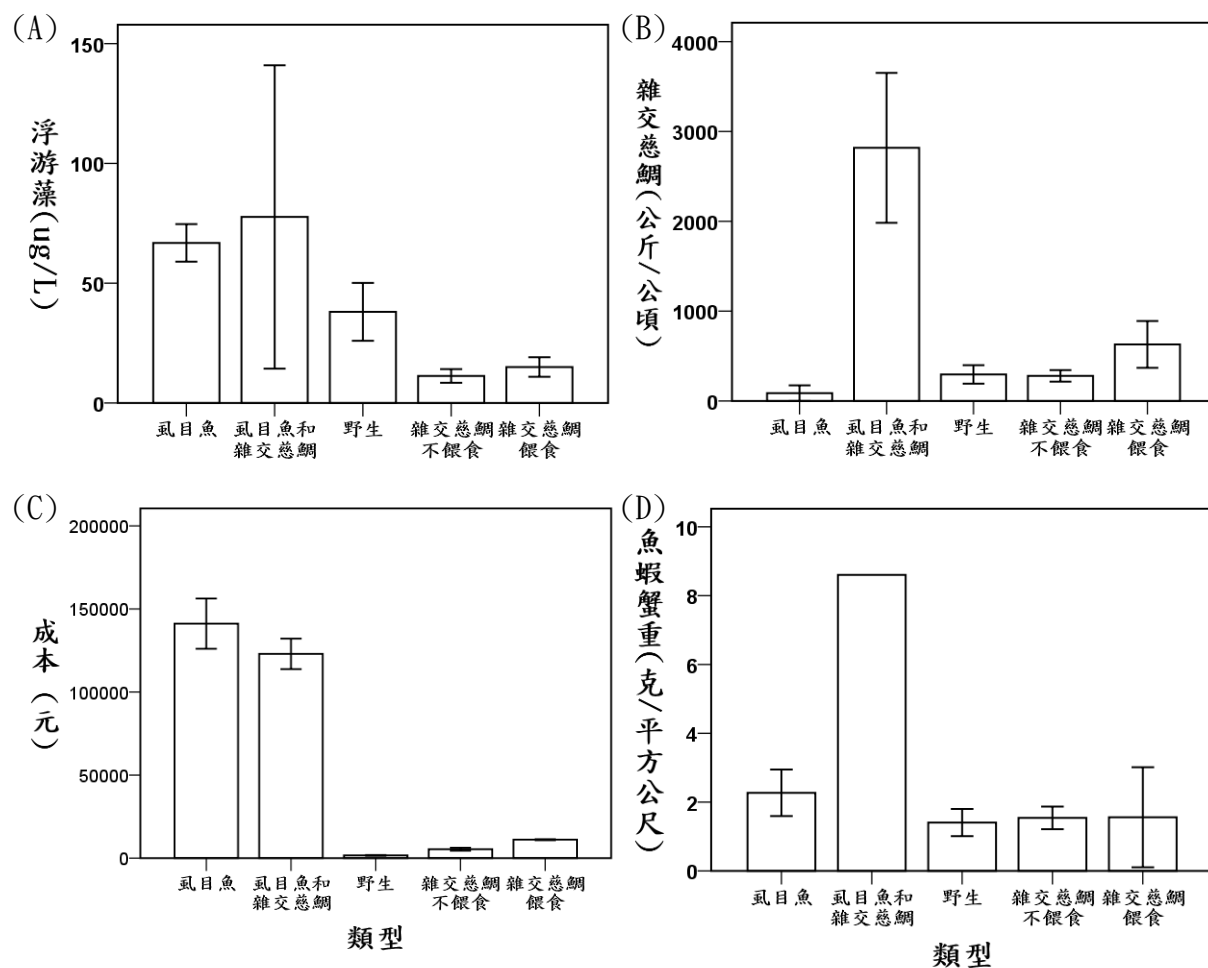


圖 4-42、不同魚塭類型間的 (A) 葉綠素 A、(B) 雜交慈鯛、(C) 多毛類和(D)

放水後鳥類密度的比較。

第五章 結論與建議

第一節 結論

今年度(104)養殖仍使用南、北潮溝的水；因為今年度在七股1到6月都沒有降雨。也因此，大部份魚塢的鹽度較高。今年度在3月中進行魚塢整理，魚塢整理工作包括魚塢土堤整理、C1和C2魚塢的越冬溝擴大挖深、潮溝挖深、C1和C2魚塢的排水管理設及北邊濕地涵管水門施做，已於3月底整理完成。

有感潮的濕地的鹽度較高，22號濕地的葉綠素A有時偏高，29和74號濕地濁度較高。南、北潮池和溝的濁度也較高。虱目魚魚塢的葉綠素A和濁度也偏高，尤其是C1。C3的 $PO_4^{3-}P$ 也偏高。西校區魚類以雜交慈鯛為極優勢種。南、北潮溝和北潮池的魚類組成與魚塢較不相同，種類也較多；調查到大鱗鰻和絲鰭毛足鬥魚等魚種，也有少數蝦蟹。魚塢的底質顆粒沒有受餵食的影響。搖蚊為魚塢初期的優勢底棲動物種類，隨著飼料餵食，底質的有機物增加，多毛類的優勢增加。

魚塢的雜交慈鯛生物量以B1最高，沒有餵食和野生魚池較低。底棲魚類以蝦虎科魚類為主，A1和D1密度較高。底棲蝦蟹主要是五鬚蝦，以C1、C2和A1密度較高。螺類密度以A2、C2、B1和A1較高。4月中放養3寸半虱目魚苗，至11月收成，3池虱目魚大小相似，C3的虱目魚全長為 30.2 ± 0.5 公分，魚重為 509.0 ± 19.5 克。飼料投餵量以C2最高，C1和C3相近。換肉率以C2較好，C1次之，C3最低。每公斤收成的成本以C2較低，C1次之，C3最高。

連續3年的西校區鳥類資料分析顯示鳥類群聚有明顯的時間性變化，以9月中至隔年3月底為冬候鳥期，4月初至9月中為以留鳥優勢的時期。冬候鳥期優勢的種類包括蒼鷺、赤頸鴨、大白鷺、夜鷺、小水鴨和黑面琵鷺；留鳥期優勢的種類包括夜鷺、長腳鷗、小白鷺、褐頭鷗鷺和大白鷺。分區調查結果顯示，在留鳥期，北蘆葦區和魚塢區比南潮池區和乾草地區有較高的鳥種數；北蘆葦區密度最高，魚塢區和乾草地區次之，南潮池區的密度最低。在冬候鳥期，魚塢區有最高的鳥

種數，北蘆葦區次之，南潮池區和乾草地區較低；但是南潮池區和北蘆葦區密度最高，魚塭區次之，乾草地區較低。

在魚塭降低水位前，只有少數鷺科在岸邊停棲。103年11月開始進行魚塭降低水位的實驗。在水位降低後，許多鷺科、鶉科、鴿科、鷗科、鸚科等鳥類進魚塭覓食，黑面琵鷺也經常在魚塭中覓食。每兩天一次的調查持續約100天。一般而言，利用降低水位魚塭的鳥類的密度高於降低水位之前的密度，也高於同組沒有降低水位的另一個魚塭的密度。利用降低水位魚塭的鳥種數高於降低水位之前的鳥種數，也高於同組沒有降低水位的另一個魚塭的鳥種數。在降低水位後的10次的調查，利用淺水和泥灘的鳥類密度比沒有降低的較高。每個魚塭在降低水位後，有不同的鶉科、鷺科、長腳鶉科或黑面琵鷺的高峰期和時間變化。當水位降低至20公分以下，鳥類的密度上升。C組的鳥種數和密度都是最高。利用魚塭鳥類的密度與底拖網調查到的底棲生物量間有高度的正相關。3年的魚塭降低水位實驗資料綜合分析結果顯示，降低水位魚塭的鳥種數和密度都增加。104/105降低水位的實驗正在進行中，目前已經記錄到黑面琵鷺和水鳥利用魚塭。

本計畫已經增加對鳥類友善的淺坪鹹水虱目魚塭的瞭解，並且對魚塭水位操作帶給黑面琵鷺和水鳥的好處有進一步的瞭解。本實驗區未來可成為生態養殖教育場所，可以協助將淺坪虱目魚塭和水位操作的方式推廣至其他養殖魚塭。此外，本計畫也對西校區濕地建立瞭解，未來可以規劃西校區為濕地生態及養殖文化自然博物館，未來持續的監測可以提供此區規劃所需的資料。

第二節 建議

建議




在研究區擴增黑面琵鷺等候鳥食物來源：短程建議

主辦機關：台江國家公園管理處

協辦機關：國立臺南大學

黑面琵鷺在七股西校區棲息的時間有逐年縮短的趨勢，很可能是七股區食源不足造成的現象。本研究已經提供黑琵和候鳥一部份的食物和棲地，未來可以在西校區內擴大增加食源，例如讓現有魚塭連續飼養以提供多批的食物，以及增加感潮灘地和濕地水位調控的經營方式以增加食源。

附錄一、調查照片

	
<p>在 9 號濕地的黑面琵鷺群</p>	<p>利用 C2 魚塭的鳥類</p>
	
<p>乾涸魚塭中的螺群</p>	<p>魚塭中的柱狀物</p>
	
<p>整理潮溝和監工</p>	<p>埋設好的水泥管水門</p>

附錄一、調查照片

	
<p>以塑膠管傳送虱目魚苗</p>	<p>以人力傳送虱目魚苗</p>
	
<p>收蜈蚣籠</p>	<p>捕捉虱目魚量測</p>
	
<p>D1 藻類</p>	<p>C1 魚塭的水色</p>

附錄一、調查照片

	
<p>8 月份在東校區旁的潮溝有死魚</p>	<p>校區的鋸緣青蟬</p>
	
<p>65 號濕地的連接口</p>	<p>被蘇迪勒颱風吹倒的黃槿</p>
	
<p>在流水中等待覓食的鳥群</p>	<p>颱風過後的乾草地區濕地</p>

附錄一、調查照片

	
<p>剪鰭標記雜交慈鯛</p>	<p>再捕獲的剪鰭的雜交慈鯛</p>
	
<p>牽網抓虱目魚</p>	<p>圍住的虱目魚</p>
	
<p>收網</p>	<p>以釣臂收虱目魚</p>

附錄二、累積魚種名錄。

目名	科名	中文種名	學名	豐量	
鱸形目	尖嘴鱸科	金目鱸	<i>Lates calcarifer</i>	+	
	金梭魚科	布氏金梭魚	<i>Sphyraena putnamae</i>	+	
	金錢魚科	金錢魚	<i>Scatophagus argus</i>	+	
	慈鯛科	雜交慈鯛	<i>Oreochromis sp.</i>	+++	
	鰕虎科	頭紋細棘鰕虎	<i>Acentrogobius viganensis</i>	+	
		青斑細棘鰕虎	<i>Acentrogobius viridipunctatus</i>	+	
		點帶叉舌鰕虎	<i>Glossogobius olivaceus</i>	+	
		小鰕鰕虎	<i>Mugilogobius cavifrons</i>	+	
		大彈塗魚	<i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	+	
		爪哇擬鰕虎	<i>Pseudoqobius javanicus</i>	+	
		谷津氏猴鯊	<i>Cryptocentrus yatsui</i>	+	
		眼絲鰕鯊	<i>Oxyurichthys phthalmonema</i>	+	
		正叉舌鰕虎	<i>Glossogobius giuris</i>	+	
		金叉舌鰕虎	<i>Glossogobius aureus</i>	+	
		鰕科	四線雞魚	<i>Pelates quadrilineatus</i>	+
		塘鱧科	頭孔塘鱧	<i>Ophiocara porocephala</i>	+
			褐塘鱧	<i>Eleotris fusca</i>	+
			黑塘鱧	<i>Eleotris melanosoma</i>	+
	尖頭塘鱧		<i>Eleotris oxycephala</i>	+	
	鑽嘴魚科	大棘鑽嘴魚	<i>Gerres macracanthus</i>	+	
		曳絲鑽嘴魚	<i>Gerres filamentosus</i>	+	
		短鑽嘴魚	<i>Gerres erythrourus</i>	+	
	鰻科	短棘鰻	<i>Leiognathus equulus</i>	+	
雙邊魚科	細尾雙邊魚	<i>Ambassis urotaenia</i>	+		
	小眼雙邊魚	<i>Ambassis miops</i>	+		
	彎線雙邊魚	<i>Ambassis buruensis</i>	+		
絲足鱸科	絲鰭毛足鬥魚	<i>Trichogaster trichopterus</i>	+		
鰻形目	鰻科	鰻	<i>Mugil cephalus</i>	+	
		大鱗鰻	<i>Liza macrolepis</i>	+	
		白鰻	<i>Chelon subviridis</i>	+	
鯉齒目	花鱔科	帆鰭胎鱔	<i>Poecilia velifera</i>	+	
		大肚魚	<i>Gambusia affinis</i>	+	
海鯉目	大眼海鯉科	大海鯉	<i>Megalops cyprinoides</i>	+	
	海鯉科	大眼海鯉	<i>Elops machnata</i>	+	
鯉形目	鯉科	日本海鯉	<i>Nematalosa japonica</i>	+	
		環球海鯉	<i>Nematalosa come</i>	+	
	鯉科	漢氏綾鯉	<i>Thryssa hamiltonii</i>	+	
鼠鱗目	虱目魚科	虱目魚	<i>Chanos chanos</i>	++	
鰻形目	鰻鱺科	日本鰻	<i>Anguilla japonica</i>	+	
鯉形目	鯉科	高體四鬚鮠	<i>Hypsibarbus pierrei</i>	+	

註：+++優勢，++普遍，+稀少

附錄三、累積蝦蟹名錄。

目名	科名	中文名	學名
十足目	對蝦科	刀額新對蝦	<i>Metapenaeus ensis</i>
		白蝦	<i>Penaeus vannamei</i>
		草對蝦	<i>Penaeus monodon</i>
		短溝對蝦	<i>Penaeus semisulcatus</i>
	長臂蝦科	東方白蝦	<i>Exopalaemon orientis</i>
	槍蝦科	敏捷槍蝦	<i>Alpheus strenuus</i>
	梭子蟹科	三疣梭子蟹	<i>Portunus trituberculatus</i>
		鈍齒短槳蟹	<i>Thalamita crenata</i>
		遠海梭子蟹	<i>Portunus pelagicus</i>
		鋸緣青蟬	<i>Scylla serrata</i>
	方蟹科	字紋弓蟹	<i>Varuna litterata</i>
		台灣厚蟹	<i>Helice formosensis</i>
	沙蟹科	角眼沙蟹	<i>Ocypode ceratophthalmus</i>

附錄四、累積鳥類名錄。

中文科名	科名	中文名	學名	保育物種	覓食棲地	覓食棲地 同功群
雉科	Phasianidae	環頸雉	<i>Phasianus colchicus</i>	V	灌叢	陸域
雁鴨科	Anatidae	小天鵝	<i>Cygnus columbianus</i>		淺水	浮鴨
雁鴨科	Anatidae	小水鴨	<i>Anas crecca</i>		淺水	浮鴨
雁鴨科	Anatidae	赤頸鴨	<i>Anas penelope</i>		淺水	浮鴨
雁鴨科	Anatidae	綠頭鴨	<i>Anas platyrhynchos</i>		淺水	浮鴨
雁鴨科	Anatidae	琵嘴鴨	<i>Anas clypeata</i>		淺水	浮鴨
雁鴨科	Anatidae	尖尾鴨	<i>Anas acuta</i>		淺水	浮鴨
雁鴨科	Anatidae	白眉鴨	<i>Anas querquedula</i>		淺水	浮鴨
雁鴨科	Anatidae	鳳頭潛鴨	<i>Aythya fuligula</i>		淺水	浮鴨
鸕鶿科	Podicipedidae	小鸕鶿	<i>Tachybaptus ruficollis</i>		水域潛水	潛鳥
鸕科	Threskiornithidae	埃及聖鸕	<i>Threskiornis aethiopica</i>		淺水	淺水涉禽
鸕科	Threskiornithidae	黑面琵鷺	<i>Platalea minor</i>	V	淺水	淺水涉禽
鷺科	Ardeidae	黃葦鷺	<i>Ixobrychus sinensis</i>		淺水	泥灘涉禽
鷺科	Ardeidae	栗葦鷺	<i>Ixobrychus cinnamomeus</i>		淺水	泥灘涉禽
鷺科	Ardeidae	夜鷺	<i>Nycticorax nycticorax</i>		淺水	淺水涉禽
鷺科	Ardeidae	黃頭鷺	<i>Bubulcus ibis</i>		土壤	其他
鷺科	Ardeidae	蒼鷺	<i>Ardea cinerea</i>		深水	深水涉禽
鷺科	Ardeidae	草鷺	<i>Ardea purpurea</i>		深水	深水涉禽
鷺科	Ardeidae	大白鷺	<i>Ardea alba</i>		深水	深水涉禽
鷺科	Ardeidae	中白鷺	<i>Egretta intermedia</i>		淺水	淺水涉禽
鷺科	Ardeidae	小白鷺	<i>Egretta garzetta</i>		淺水	淺水涉禽
鷹科	Accipitridae	黑翅鳶	<i>Elanus caeruleus</i>	V	陸域	猛禽
秧雞科	Rallidae	白胸苦惡鳥	<i>Amaurornis phoenicurus</i>		濕地灌叢	游涉禽
秧雞科	Rallidae	紅冠水雞	<i>Gallinula chloropus</i>		濕地灌叢	游涉禽
秧雞科	Rallidae	白骨頂	<i>Fulica atra</i>		濕地灌叢	游涉禽
長腳鷸科	Recurvirostridae	長腳鷸	<i>Himantopus himantopus</i>		深水	深水涉禽
長腳鷸科	Recurvirostridae	反嘴長腳鷸	<i>Recurvirostra avosetta</i>		淺水	淺水涉禽
燕鴿科	Glareolidae	燕鴿	<i>Glareola maldivarum</i>	V	草叢	陸域
鴿科	Charadriidae	金斑鴿	<i>Pluvialis fulva</i>		淺水	泥灘涉禽
鴿科	Charadriidae	灰斑鴿	<i>Pluvialis squatarola</i>		淺水	泥灘涉禽
鴿科	Charadriidae	小環頸鴿	<i>Charadrius dubius</i>		泥層	泥灘涉禽
鴿科	Charadriidae	東方環頸鴿	<i>Charadrius alexandrinus</i>		泥層	泥灘涉禽
鷸科	Scolopacidae	赤足鷸	<i>Tringa totanus</i>		淺水	淺水涉禽
鷸科	Scolopacidae	澤鷸	<i>Tringa stagnatilis</i>		淺水	淺水涉禽
鷸科	Scolopacidae	青足鷸	<i>Tringa nebularia</i>		淺水	淺水涉禽

附錄四、續。

中文科名	科名	中文名	學名	保育物種	覓食棲地	覓食棲地 同功群
鷓科	Scolopacidae	磯鷓	<i>Actitis hypoleucos</i>		淺水	泥灘涉禽
鷓科	Scolopacidae	黃足鷓	<i>Heteroscelus brevipes</i>		淺水	泥灘涉禽
鷓科	Scolopacidae	紅頸濱鷓	<i>Calidris ruficollis</i>		淺水	泥灘涉禽
鷓科	Scolopacidae	黑腹濱鷓	<i>Calidris alpina</i>		淺水	泥灘涉禽
鷗科	Laridae	裏海燕鷗	<i>Sterna caspia</i>		水面	水面俯衝
鷗科	Laridae	黑腹浮鷗	<i>Chlidonias hybrida</i>		水面	水面俯衝
鷗科	Laridae	白翅黑浮鷗	<i>Chlidonias leucopterus</i>		水面	水面俯衝
鳩鴿科	Columbidae	珠頸斑鳩	<i>Streptopelia chinensis</i>		草叢	陸域
鳩鴿科	Columbidae	紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>		草叢	陸域
杜鵑科	Cuculidae	小鴉鵂	<i>Centropus bengalensis</i>		草叢	陸域
雨燕科	Apodidae	家雨燕	<i>Apus nipalensis</i>		空中	其他
翠鳥科	Alcedinidae	翠鳥	<i>Alcedo atthis</i>		水面	水面俯衝
伯勞科	Laniidae	紅尾伯勞	<i>Lanius cristatus</i>	V	灌叢	陸域
伯勞科	Laniidae	棕背伯勞	<i>Lanius schach</i>		灌叢	陸域
卷尾科	Dicruridae	大卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i>		灌叢	陸域
燕科	Hirundinidae	棕沙燕	<i>Riparia paludicola</i>		空中	其他
燕科	Hirundinidae	家燕	<i>Hirundo rustica</i>		空中	其他
燕科	Hirundinidae	洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>		空中	其他
燕科	Hirundinidae	赤腰燕	<i>Cecropis striolata</i>		空中	其他
鴉科	Corvidae	喜鵲	<i>Pica pica</i>		灌叢	陸域
百靈科	Alaudidae	小雲雀	<i>Alauda gulgula</i>		土壤	陸域
扇尾鶯科	Cisticolidae	棕扇尾鶯	<i>Cisticola juncidis</i>		空中	陸域
扇尾鶯科	Cisticolidae	灰頭鷓鶯	<i>Prinia flaviventris</i>		灌叢	陸域
扇尾鶯科	Cisticolidae	褐頭鷓鶯	<i>Prinia inornata</i>		灌叢	陸域
鶉科	Pycnonotidae	白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>		灌叢	陸域
繡眼科	Zosteropidae	綠繡眼	<i>Zosterops japonicus</i>		草叢	陸域
椋鳥科	Sturnidae	八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	V	灌叢	陸域
椋鳥科	Sturnidae	爪哇八哥	<i>Acridotheres javanicus</i>		灌叢	陸域
椋鳥科	Sturnidae	家八哥	<i>Acridotheres tristis</i>		灌叢	陸域
麻雀科	Passeridae	麻雀	<i>Passer montanus</i>		草叢	陸域
梅花雀科	Estrildidae	斑文鳥	<i>Lonchura punctulata</i>		草叢	陸域
鵲鴿科	Motacillidae	白鵲鴿	<i>Motacilla alba</i>		土壤	陸域
鵲鴿科	Motacillidae	黃鵲鴿	<i>Motacilla flava</i>		土壤	陸域

附錄五、計畫審查會議記錄

會議時間：2015/1/27

開會地點：台江國家公園管理處 2 樓第 1 會議室

主持人：楊副處長金臻

委員問題	回覆
程建中委員：本計畫校區鳥類調查穿越線的路徑是否有做代表性的評估？建議做評估。	本計畫在開始建立穿越線路徑時有思考是否能將每個區域都能調查到，目前使用上是能調查到大部份的區域。目前已經使用這個穿越線路徑進行 3 年調查，為了維持方法的一致性，讓這幾年資料可以比較，仍使用這個路徑。未來若有機會做持續調查，將做評估和調整。
孫元勳委員：有些計畫之前的成果沒有在計畫書做呈現。	可能是在簡報的時候有幾張投影片漏掉，之前的成果內容在企畫書第 6 頁。期中報告會再增加內容完整性。
蔡金助委員：請廠商注意計畫要求和規定的事項。	遵照辦理。

附錄六、期中審查會議記錄

會議時間：2015/9/30

開會地點：台江國家公園管理處 2 樓第 1 會議室

主持人：楊副處長金臻

委員問題	回覆
程建中委員：	
1. 本研究之鳥類調查方式為「固定路線」調查法，而非生態學所定義的穿越線法 (Line transect) 請考慮更正。	遵照辦理。
2. 本研究使用南大七股西校區黑面琵鷺族群由 100 年至今的資料似有下降趨勢 (P. 50)，圖 4-17 似應有更多資料及論述說明。	將增加說明，已有部份說明原因。
3. 計畫中對於鳥類部分研究，水深與群聚密度、種類部分有相當成果。宜針對計畫目標，精簡呈現其結果及結論，提出適當的操作方式達成對鳥類友善的環境論述。	為說明當年及整體結果，結果部份會加長，但是必須都要呈現。
4. 在本報告中建議事項部分，宜列入期末報告呈現。對於其中在缺電缺動力的條件下，如何營造相關棲地？如何擴增所建議的對黑面琵鷺友善的食源棲地？	會由其他計畫申請太陽能電力系統，提供電力。增加食源棲地也需要處理水文和水位的問題。
孫元勳委員：	
1. 在鳥類年間比較中，增加分科的圖表表示，例如雁鴨科可以拆開表示，附錄部分可以放上調查中的鳥種數量明細。	遵照辦理。完整的鳥種數量表會放在結案報告中。
2. 泥灘涉禽宜改為岸鳥表示。	
3. 乾草地宜改為草地表示；蘆葦宜改為草澤表示。	因為有些草澤以蘆葦為優勢，有些以其他草本植物為優勢，它們所在位置也不同，因此區分出蘆葦區。
4. 建議魚塢棲地在水位降低，鳥類週期利用後；是否再考慮進行水位重新引入，讓底棲生物族群回復後，繼續鳥類觀察紀錄。	將與管理處討論操作方式，也放在建議中。
5. 附錄四及附錄五圖表內鳥類名錄應再修正。	遵照辦理。

葉信利委員	
1. 建議期末報告應朝整合 4 年計畫的彙整並補強不足部分，尤其對於不同養殖模式之比較，應以各種參數呈現。	遵照辦理。
2. 虱目魚收成後的推廣成效及方式應再做進一步評估。	推廣成效目前由管理處另案處理。
3. 虱目魚現場養殖管理，需注意水質變化及凌晨缺氧之危機。	遵照辦理。未來需要提早處理水質，並學習其他處理方法。
4. 計畫執行完畢後，提出建議事項應朝計畫目標聚焦。	遵照辦理。
5. 在魚隻測量部分應標示清楚以魚隻體長或全長作為比較標準。	遵照辦理。
六孔管理站呂宗憲主任	
1. 本計畫成效是顯而易見，對於該類型魚塭經濟效益及擴充面積應再行評估。	遵照辦理。
解說教育課洪建銘技正	
1. 對於本計畫最終目標應再確認，建議事項之建議應確實可以作為未來工作之依據。	遵照辦理。
企劃經理課郭暉嫩	
1. 有些內文中的參考文獻未列於參考書目中，例如：第 37 頁第 40 行(邱,2010)。	將檢查補上。
保育研究課黃課長光瀛	
1. 本案列為內政部亮點計畫，需管理處整體政策支持。	遵照辦理。
2. 對於虱目魚收成後的行銷，本處另有計畫進行。	遵照辦理。
保育研究課蔡金助	
1. 有關資料分析上，對於有跨年度資料應該要完整呈現。	遵照辦理。
2. 魚塭內的雜交慈鯛相關研究資料，請放入期末報告。	遵照辦理。
楊副處長金臻	
1. 該計畫為 4 年中程計畫，對於該計畫期中報告的建議事項，業務單位應與受託單位再行確認；未來在期末報告中應注意可行性。	遵照辦理。
2. 本案原則審查通過，請受託單位參考	遵照辦理。

委員意見及與會同仁建議執行後續計畫，並依合約辦理請款事宜。	
-------------------------------	--

參考書目

中文書目

- 中華民國自然生態保育協會，2004。台灣地區黑面琵鷺保育行動綱領建議書。
行政院農業委員會。
- 王安利和廖紹安，2008。生態養殖與環保飼料。現代漁業信息 23：3-8。
- 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。
- 王穎、薛天德和陳尚欽，1998。黑面琵鷺棲地監測及經營管理計畫。台南縣政府。
- 王穎、王佳琪和陳尚欽，1999。黑面琵鷺族群監測及棲地利用之研究。行政院農業委員會。
- 王建平、齊心、賴雪端、翁義聰、黃俊賢、黃豔秋、郭東輝、蘇永銘和胡弘仁，2004。黑面琵鷺重要棲息地環境監測。行政院農業委員會。
- 王建平、朱戊杉、陳坤能、陳明志、陳恩倫和翁義聰，2011。黑面琵鷺的食性及其度冬區的漁業資源。2011 黑面琵鷺與沿海濕地保育國際研討會，行政院農委會特有生物研究保育中心、台江國家公園及營建署城鄉發展分署主辦。
- 胡興華、沙志一、李國添、蘇茂森、黃聲威、陳清春和莊慶達，2010。台灣漁業政策研究。財團法人中正農業科技社會公益基金會，臺北市。
- 世界自然基金會香港分會，2011。管理米埔自然保護區。來源
<http://www.wwf.org.hk/whatwedo/conservation/wetlands/managemaipo/>。
- 世界自然基金會香港分會，2007。米埔自然保護區研究及監測項目計劃：2007-2011。世界自然基金會香港分會，香港。
- 邱英哲，2010。七股潟湖潮間帶底棲多毛類群聚及其與環境因子關係研究。國立臺南大學環境生態碩士班在職班，臺南市。

邱英哲、沈子耘、黃家勤、王一匡、許晉榮及葉信利，2011。七股潟湖潮間帶底棲多毛類群聚及其與環境因子之關係。台灣生物多樣性研究 13(2)：135-151。

星島日報，2009/7/13。「綠魚兒」明春上市。來源

<http://www.singtao.com/archive/fullstory.asp?andor=or&year1=2009&month1=7&day1=13&year2=2009&month2=7&day2=13&category=all&id=20090713a11&keyword1=&keyword2=>

翁義聰，2004。台南縣黑面琵鷺生態園區經營及景觀改善規劃案。台南縣政府。國立臺南大學，2010。七股校區生態校園可行性研究。國立臺南大學，台南市。華寧、馬志軍、馬強、宋國賢、湯臣棟、李博和陳家寬，2009。冬季水鳥對崇明東灘水產養殖塘的利用。生態學報 29：6342-6350。

趙榮台，2011。里山倡議。大自然雜誌 110：64-67。

蔡金助，2009。魚塭類型對台南地區黑面琵鷺空間分布和棲地利用之影響。2009 沿海濕地與水鳥保育國際研討會，行政院農委會特有生物研究保育中心主辦。

蔡金助和黃光瀛，2011。探討年度冬季大台南地區黑面琵鷺族群變動原因暨台江國家公園因應策略。2011 黑面琵鷺與沿海濕地保育國際研討會，行政院農委會特有生物研究保育中心、台江國家公園及營建署城鄉發展分署主辦。

蘇偉成和劉富光，2005。臺灣水產養殖的永續經營。科學發展 385：42-49 頁。

英文書目

Cheung, H.-F., and Yu, Y.-T. 2009. A review of the population dynamics of Black-faced Spoonbill. Pages 29-42 in 2009 Coastal Wetlands and water Birds Conservation Symposium, Endemic Species Research Institute, Tainan,

- Taiwan.
- Colwell, M.A., and O.W. Taft. 2000. Waterbird communities in managed wetlands varying in depth. *Waterbirds* 23:45–55.
- Elphick, C. S. 2004. Assessing conservation trade-offs: identifying the effects of flooding rice fields for waterbirds on non-target bird species. *Biological Conservation* 117: 105–110.
- Elphick, C. S., Baicich, P., Parsons, K. C., Fasola, M., and Mugica, L. 2010. The future for research on waterbirds in rice fields. *Waterbirds* 33(SP 1): 231–243.
- European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC). 1988. Report of the EIFAC Working Party on prevention and control of bird predation in aquaculture and fisheries operations. Food and Agriculture Organization EIFAC Technical Paper 51: 1–79.
- Fujioka, M., Lee, S. D., Kurechi, M., and Yoshida, H. 2010. Bird use of rice fields in Korea and Japan. *Waterbirds* 33(SP 1): 8–29.
- Glahn, J. F., Tobin, M. E., and Blackwell B. F., editors. 2000. A science-based initiative to manage double-crested cormorant damage to southern aquaculture. USDA Animal and Plant Health Inspection Service, Wildlife Services National Wildlife Research Center, Fort Collins, CO, APHIS 11-55-010.
- Glahn, J. F., and King, D. T. 2004. Bird depredation. Pages 503–529 in *Biology and Culture of Channel Catfish*, C.S. Tucker and J.A. Hargreaves (eds). Elsevier B.V. Publisher, New York.
- International Partnership for the Satoyama Initiative (IPSI). 2015. Concept and case studies. From <http://satoyama-initiative.org/en/about/>
- Kim, J., Steiner, F., and Mueller, E. 2011. Cranes, crops and conservation: understanding human perceptions of biodiversity conservation in South Korea's Civilian Control Zone. *Environmental Management* 47: 1–10.

- Lee, P. F., J. E. Sheu, and B. W. Tsai. 1995. Wintering habitat of black-faced spoonbill (*Platatea minor*) at Chiku, Taiwan. *Acta Zoologica Taiwanica* 6: 67–78.
- Lee, S. D., Jablonski, P. G., and Higuji, H. 2007. Winter foraging of threatened cranes in the Demilitarized Zone of Korea: Behavioral evidence for the conservation importance of unplowed rice fields. *Biological Conservation* 138: 286–289.
- Liu, L. L. 2006. Wintering activity range and population ecology of Black-Faced Spoonbill (*Platatea minor*) in Taiwan. Ph.D. Dissertation, Texas A & M University, TX, USA.
- Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A. H., Kraemer, G. P., Halling, C., Shpigel, M., and Yarish, C. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture* 231: 361–391.
- PR Newswire. 2011/10/7. Conservationist and Rice Farmers Agree: Project is for the Birds. From <http://www.marketwatch.com/story/conservationists-and-rice-farmers-agree-project-is-for-the-birds-2011-10-07>
- PRBO Conservation Science. 2011. Waterbirds and Agriculture. From <http://www.prbo.org/cms/630>.
- Parsons, K. C., Mineau, P., and Renfrew, R. B. 2010. Effects of pesticide use in rice fields on birds. *Waterbirds* 33(SP 1): 193–218.
- Pillay, P. V. R. 2002. *Aquaculture and the Environment*, 2nd Edition. Fishing News Books, Oxford. GB.
- Rainforest Alliance. 2011. Eco-Index. From <http://www.eco-index.org/search/results.cfm?projectID=1462>.

- Riet Vell. 2011. Riet Vell. From <https://rietvell2.wordpress.com/>
- Severinghaus, L. L., Brouwer, K., Chan, S. Chong, J. R., Coulter, M. C., Poorter, E. P. R., and Wang, Y. 1995. Action plan for the Black-faced Spoonbill *Platalea minor*. Published by the Chinese Wild Bird Federation, Taipei, Taiwan. "Task Force to Develop an Action plan for the Preservation of the Black-faced Spoonbill" Taipei, Taiwan. January 16-22, 1995.
- Shannon, C. E. 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal* 27: 379–423.
- Siegel-Causey, D. 1997. The problems of being successful: managing interactions between humans and double-crested cormorants. Symposium on Double-Crested Cormorants: Population Status and Management Issues in the Midwest. USDA National Wildlife Research Center.
- Stafford, J. D., Kaminski, R. M., and Reinecke, K. J. 2010. Avian foods, foraging and habitat conservation in world rice fields. *Waterbirds* 33(SP 1): 133-150.
- Stewart, J. E. 1997. Environmental impacts of aquaculture. *World Aquaculture* 28: 47–52.
- Stickley, Jr., A. R., Warrick, G. L., and Glahn, J. F. 1992. Impact of double-crested Cormorant depredations on Channel Catfish farms. *Journal of the World Aquaculture Society* 23: 192–198.
- Taft, O.W., M.A. Colwell, C.R. Isola, and R.J. Safran. 2002. Waterbird responses to experimental drawdown: implications for the multispecies management of wetland mosaics. *Journal of Applied Ecology* 39:987–1001.
- The Migratory Bird Conservation Partnership. 2011. The Migratory Bird Conservation Partnership. From <http://www.camigratorybirds.org/>
- Trapp, J. L., Dwyer, T. J., Doggett J. J., and Nickum J. G. 1995. Management responsibilities and policies for Cormorants: United States Fish and Wildlife

- Service. Colonial Waterbirds 18 (SP 1): 226–230.
- Troell, M., Kautsky, N. and Folke, C. 1999. Applicability of integrated coastal aquaculture systems. *Ocean and Coastal Management* 42: 63–69.
- Troell, M., Neori, A., Chopin, T., and Buschmann, A. H. 2005. Biological wastewater treatment in aquaculture - more than just bacteria. *World Aquaculture* 36: 27–31.
- Ueta, M., Melville, D. S., Wang, Y., Ozaki, K., Kanai, Y., Leader, P. J., Wang, C. C., and Kuo, C. Y. 2010. Discovery of the breeding sites and migration routes of Black-faced Spoonbills *Platalea minor*. *IBIS* 142: 340–344.
- Wildlife Friendly Enterprise Network (WFEN). 2015. Products. From <http://wildlifefriendly.org/products/>
- Wywiałowski, A. P. 1999. Wildlife-caused losses for producers of channel catfish *Ictalurus punctatus* in 1996. *Journal of the World Aquaculture Society* 30: 461–463.
- Yi, Y., and Fitzsimmons, K. 2004. *Tilapia*-shrimp polyculture in Thailand. Pages 777–790 in *New Dimensions in Farmed Tilapia*, Bolivar, R., Mair, G., and Fitzsimmons, K. (eds.). Proceedings of ISTA 6. Bureau of Fisheries and Aquatic Resources, Manila, Phillipines.
- Yu, Y. T., and Swennen, C. 2004. Habitat use of Black-faced Spoonbills. *Waterbirds* 27: 129–134.