

台江國家公園管理處委託辦理計畫

台江國家公園城西濕地水文基礎調查及試驗計畫
成果報告

委託單位：台江國家公園管理處

執行單位：國立成功大學

計畫主持人：王筱雯

中華民國 107 年 12 月

中文摘要

城西濕地位於安南區城西里，屬台江國家公園的城西濕地特別景觀區內。城西濕地原為魚塭，野生動物保護區及國家公園範圍劃設以後，因濕地與附近的城西保安林一帶人為干擾少，成為野生動物、植物利用的棲地。作為魚塭使用時，設有水門、水路，並連通外圍較大的圳路，隨海水的漲退潮進行引水及排水。然而此區域目前缺乏經營管理，如原有之水門擋板現已遺失，無法有效調控魚塭地內的水深，可能出現不適合水鳥利用之情形。為了尋求棲地品質提升的可能性，本計畫將藉由水文、水質、地形等方面的調查，並配合水域生態監測調查，來釐清水文與生態之關聯性，並進一步透過水門操作試驗評估了解區域內棲地品質及濕地生態功能恢復或提升之可能，以達營造擴大友善生物利用棲地之目標。

Abstract

Chengxi wetland is located in Anan District of Tainan City, a scenic area inside Taijiang National Park. Once fishponds, Chengxi wetland lies on the edge of a coastal forest, buffering it from the sea. When the land was used as fishponds, water gates controlled the inflow and outflow of water from the channel. Now that the ponds have been abandoned, and the doors of the water gates have been removed, water level and flow is driven by natural tidal fluxes. This project will clarify the link between hydrology and ecology in order to inform water management for habitat rehabilitation in coastal wetlands of Taiwan. This will be done through first analyzing the elevation and water flow of the system, then conducting water gate operation experiments, where various water management techniques in different ponds are tested and compared to ecological and water quality data. This project will help to shine a light on the relationship between water management and ecological functions, and will be an important reference for decision makers to understand how water management can support restoration goals.

目 錄

目 錄.....	III
圖 目 錄.....	V
表 目 錄.....	VIII
第一章 前言.....	1
1.1 計畫緣由.....	1
1.2 計畫目標.....	3
第二章 文獻回顧.....	4
第三章 研究地區.....	11
3.1 地理位置及環境概述.....	11
3.2 區域水系.....	15
3.3 生態調查.....	16
第四章 基地現況調查.....	18
4.1 基地設施現況.....	18
4.2 水流流向調查.....	25
4.3 基地地形測量(高程測量).....	27
第五章 水文基礎調查.....	35
5.1 全區水深調查成果.....	37
5.2 基地水深漲退分析.....	49

5.3 外海潮位之月份變化與基地水深	52
第六章 水門試驗	55
6.1 預試驗	57
6.1.1 試驗方式.....	57
6.1.2 水深調查成果.....	58
6.1.3 水質調查成果.....	61
6.2 候鳥季試驗	67
6.2.1 試驗方式.....	67
6.2.2 水深調查成果.....	70
6.2.3 水質調查成果.....	76
6.3 候鳥季水門操作策略.....	83
第七章 結論與建議	88
7.1 結論	88
7.2 建議.....	93
附錄一、台南市永康區蒸發量.....	96
附錄二、期中審查意見回覆.....	97
附錄三、期末審查意見回覆.....	103
附錄四、參考文獻	109
附錄五、2018 濕地大會海報.....	114

圖目錄

圖 2-1 不同類型水鳥覓食所需水深.....	5
圖 3-1 研究區域.....	11
圖 3-2 台江國家公園陸域範圍分區及城西濕地相對位置(紅框處)..	12
圖 3-3 四草重要濕地範圍	13
圖 3-4 鹿耳門溪排水系統	15
圖 4-1 基地設施位置	19
圖 4-2 水泥塗面損壞之水門.....	22
圖 4-3 水泥塗面完整之水門.....	24
圖 4-4 漲潮水流流向示意圖.....	26
圖 4-5 退潮水流流向示意圖.....	26
圖 4-6 全區絕對高程	27
圖 4-7 三號魚塭絕對高程	30
圖 4-8 四號魚塭絕對高程	30
圖 4-9 五號魚塭絕對高程	31
圖 4-10 六號魚塭絕對高程	31
圖 4-11 七號魚塭絕對高程	32
圖 4-12 八號魚塭絕對高程	32
圖 4-13 九號魚塭絕對高程	33

圖 5-1 水深及水質樣站位置.....	36
圖 5-2 四 A 魚塭水尺.....	36
圖 5-3 計畫區樣站水深紀錄.....	42
圖 5-4 RP3 樣站水深紀錄	43
圖 5-5 RP4 樣站水深紀錄	43
圖 5-6 RP5 樣站水深紀錄	44
圖 5-7 RP6 樣站水深紀錄.....	44
圖 5-8 RP7 樣站水深紀錄.....	45
圖 5-9 RP8 樣站水深紀錄.....	45
圖 5-10 RP9 樣站水深紀錄.....	46
圖 5-11 RP4A 樣站水深紀錄.....	46
圖 5-12 RC1 樣站水深紀錄	47
圖 5-13 RC2 樣站水深紀錄	47
圖 5-14 RC3 樣站水深紀錄	48
圖 5-15 潮汐與基地水深漲退關係.....	52
圖 5-16 平均潮位與基地水深關係.....	54
圖 6-1 預試驗水深調查	60
圖 6-2 三月份安南區降雨量.....	60
圖 6-3 預試驗水溫紀錄	62

圖 6-4 預試驗溶氧紀錄	63
圖 6-5 預試驗 pH 值紀錄	64
圖 6-6 預試驗鹽度紀錄	66
圖 6-7 六號魚塭水深調查	71
圖 6-8 八、九號魚塭水深調查	72
圖 6-9 八、九號魚塭全年水深對照	75
圖 6-10 候鳥季試驗水溫紀錄	78
圖 6-11 候鳥季試驗溶氧紀錄	79
圖 6-12 候鳥季試驗 pH 值紀錄	80
圖 6-13 候鳥季試驗鹽度紀錄	81

表 目 錄

表 5-1 潮汐與魚塭水深時間關係表.....	50
表 5-2 4 月 3 日及 4 月 12 日潮汐週期.....	50
表 5-3 將軍每月潮汐統計表(1979-2017).....	53
表 6-1 水門試驗統整.....	56
表 6-2 預試驗範圍決定因子.....	58
表 6-3 預試驗水深、水質調查時間總表.....	58
表 6-4 預試驗水質調查成果總表.....	61
表 6-5 候鳥季試驗範圍決定因子.....	69
表 6-6 候鳥季試驗 8、9 號魚塭水深調查時間總表.....	72
表 6-7 候鳥季試驗水質調查時間總表.....	76
表 6-8 候鳥季試驗水質調查成果總表.....	76
表 7-1 方案一水門操作時間表.....	94
表 7-2 方案二水門操作時間表.....	95

第一章 前言

1.1 計畫緣由

過去一世紀，全世界濕地的面積減少了超過 50%，且僅存的濕地遭受人為活動帶來不良的影響而有不同程度的破壞(Ma, Cai, Li and Chen, 2010)。濕地的消失及破壞對利用濕地環境生存的物種產生衝擊，如何防止濕地環境持續遭受破壞以及提升現存濕地的棲地品質因而成為人們必須思考的課題。

目前，濕地棲地環境的經營管理大多聚焦在經人為開發或是利用過的人工濕地，如農田、鹽田、蓄水池、水庫等。儘管人工濕地無法完全取代天然濕地的功能，然而以水鳥為例，許多研究人員及經營管理者已經體認到人工濕地作為水鳥在不同生命階段之棲息地的重要性，有助於減緩天然濕地持續消失或破壞而帶來的負面影響(Ma et al., 2010)。台灣西南沿海廣布大面積的魚塭地、廢棄魚塭地、廢棄鹽田濕地等人工濕地，並時常與河口紅樹林及泥灘地等天然濕地連結，許多現無人為利用之地區應具成為野生動植物重要棲地之潛力。

台江國家公園係為保存台南沿海地區之生態資源、歷史遺跡及特殊景緻而於 2009 年年底成立。依台江國家公園之分區劃設準則，城西濕地屬於特別景觀區，為保存濕地生態而劃設(內政部，2009)。城西濕地景觀區周遭為大面積之養殖魚塭，西南側緊鄰保安林，具相對豐富的棲地型態，加上地處偏僻、人煙稀少，遂成為野生動物良好的棲身之所。地緣位置方面，城西濕地西北方為曾文溪口重要濕地，東南方過鹿耳門溪亦為四草重要濕地，可說是處於各處重要生物棲地間

的橋樑地帶。城西濕地原為魚塭，現已無使用，其圳路中的水門擋板已遺失，且因魚塭之水深隨海水之漲退潮而有起落，無法調控水深的情況下可能出現不利生物利用之情形(王一匡，2016)，然而除了水門擋板以外，魚塭地的其他水利設施仍都保有基本功能。因此，綜合本身之環境條件以及與重要生物棲地之地緣關係來看，城西濕地可說是具備眾多棲地營造之優良條件，適合以人為手法尋求提升生物利用之可能。

為了尋求棲地品質提升的可能性，本計畫透過地形調查、水文調查、水質測量等方式來了解城西濕地之基礎環境條件，並修復水門進行水深調控試驗，同時搭配該區生態監測的成果釐清不同生物與水文、環境條件之關係，期望研究之成果能作為後續棲地經營管理的參考，令城西濕地有效發揮國家公園生態資源保存之功能。

1.2 計畫目標

1. 了解城西濕地水文水理基礎資料，作為後續監測棲地變化基準。
2. 透過水門操作試驗，評估了解區域內棲地品質及濕地生態功能恢復或提升之可能，以達營造擴大友善生物利用棲地之目標。
3. 提供運用水利設施達成棲地經營管理方式之建議。

第二章 文獻回顧

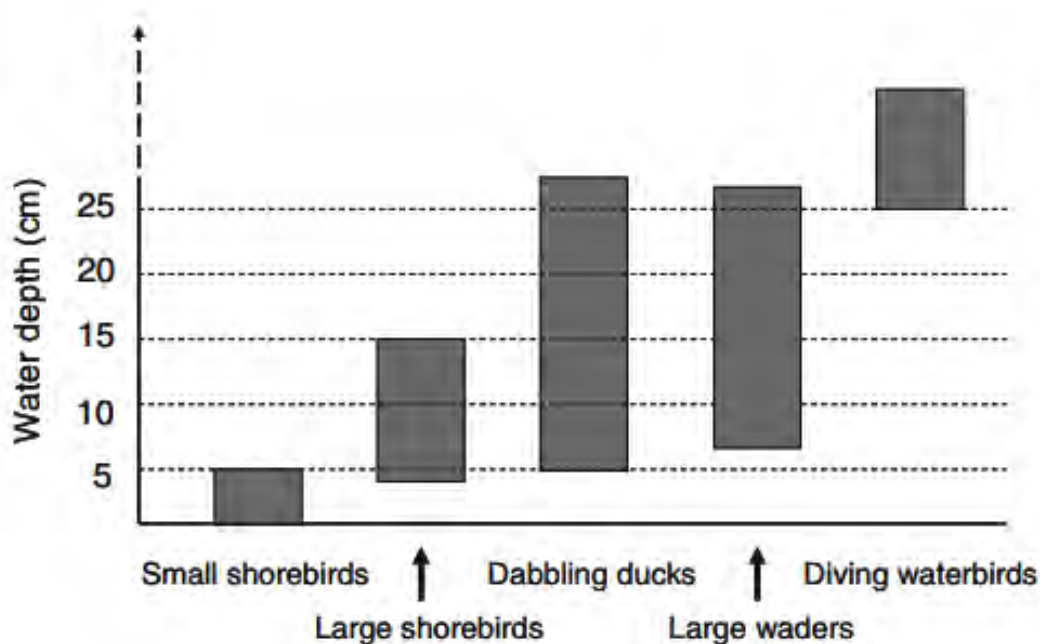
許多研究說明，水文為決定濕地功能、環境條件及野生動物多寡的最關鍵因素之一(e.g. Bancroft et al., 1994; Hoover 2009; Ma et al., 2010; Ogden 1994; O’Neal et al., 2008; Winter and Woo 1990; Euliss et al., 2004)。Acreman et al. (2007)的研究指出濕地生態環境的維護有賴於適當的水文管理，而 Okruszko et al. (2011)則是記錄中歐有 26%至 46%的生態環境消失起因於水資源短缺及水文改變，諸多文獻都再再說明水文條件及水文管理對濕地生態環境影響重大。水文之所以具如此影響力，乃因其影響土壤、沉積物動態、植物生長及散播、水生動物利用以及其他因素(Zedler, 2001)。

Middleton (1999)說明水流流向在濕地復育及經營管理上扮演關鍵角色，Zedler 和 Kercher (2005)則指出水文條件決定水量變化，可能進而影響濕地面積與完整性。而若是考量鳥類個體數及物種數的豐富度，由於乾季時水深過低及雨季時水深過高等兩種極端狀況會使鳥類減少，因此主動管理濕地水深有其必要性(Bancroft et al., 2002; Battisti et al., 2006; Causarano & Battisti, 2009; Ma et al., 2010)。除了水深變化以外，濕地中水深的波動、植被狀況、鹽度、地形、食物、濕地大小及濕地之間的連結性等，亦都是影響鳥類豐富度及行為的重要因子(Bancroft et al., 2002; Ma et al., 2010)，以下逐一說明：

1.水深：

由於不同種的鳥類具不同的型態特徵，如跗蹠骨、脖頸及嘴喙的長度，都會影響鳥類覓食的可行性，因此鳥類對於棲地環境水深的深淺有其對應的偏好或限制。Ma et al., (2010)大致說明不同類群的水鳥

適合利用的水深深度，如小型濱鳥(shorebirds)會在水深低於 5 公分的环境覓食，大型濱鳥可以利用 15 公分深以內的棲地，雁鴨科當中的浮鴨及大型涉禽最深可利用 30 公分以內的地區，潛鴨及其他採潛水方式覓食的鳥類則需水深不低於 25 公分的环境 (圖 2-1)。



資料來源：Ma et al., 2010

圖 2-1 不同類型水鳥覓食所需水深

涉禽及浮鴨在全世界的多數地區常為優勢種，具較多的數目，因此水鳥種類最大的豐富度及密度經常發生在不同類群鳥類可共同利用之水深條件，即約 10 至 20 公分。就經營管理的角度而言，除了營造多數鳥類可同時利用之水深環境以外，仍須考量環境中是否有如小型濱鳥和潛鴨等需更淺或更深水深的物種存在，以支持完整水鳥群聚的建構(Ma et al., 2010)。

2.水深波動：

濕地的水深可能因季節性的降雨、潮汐或人為灌溉產生變化。一般而言，隨著時間及空間變化產生的水深的波動能夠增加棲地的型態，令不同類群的水鳥獲得棲息及覓食的機會，存在環境中的物種數與個體數便會提升(Dimalexis and Pyrovetsi, 1997; Ntiamoa-Baidu et al., 1998)。不過水深的波動同時也可能使棲地環境條件不穩定，如上漲的水深可能將鳥巢淹沒，或低退的水深令在巢中的個體更加容易受到地面掠食者的攻擊(Ma et al., 2010)。另外亦有研究指出，穩定的水深條件有助於水鳥於較適當、安全的位置築巢，因此相較於水深會產生波動的地區，具穩定水深的濕地環境更受有繁殖需求的鳥類青睞(Ogden, 1991; Connor and Gabor, 2006)。

3.植被：

植被的存在為鳥類帶來眾多益處，除了提供植食性鳥類食源以外，亦是組成棲地的重要元素之一。挺水植物及浮水植物的存在有利於鳥巢的建構，進而提升鳥類繁殖的成功率(Froneman et al., 2001; Sanchez-Zapata et al., 2005)。繁殖期時，鳥類的移動能力較差且對人為干擾更敏感，由於挺水植物可以提供水鳥庇護、減低人為干擾所造成的負面影響，許多研究指出，濕地中水鳥整體的數目以及物種的豐富度皆會隨著挺水植物覆蓋面積的增加而上升(Owen and Black, 1990; Losito and Baldassarre, 1995; VanRees-Siewert and Dinsmore, 1996; Post, 1998; Froneman et al., 2001)。不過，就覓食的角度而言，為了取得較佳覓食或搜尋獵物的效率，除了秧雞科及其他少數物種，大部分的物種較喜歡於植被稀疏或空曠的環境覓食，因此過高的植被密度也可能對水鳥

產生不良影響(e.g., VanRees-Siewert and Dinsmore, 1996; Maeda, 2001; Darnell and Smith, 2004; Sánchez-Zapata et al., 2005)。

4. 鹽度：

鹽度的高低對水鳥有直接及間接的影響。一般而言，過高的鹽度對水鳥有害，鳥類如果引用鹽分過高的鹽水會因脫水而導致體重減輕(e.g., Purdue and Haines 1977; Hannam et al. 2003)，並且水鳥也會避免選擇高鹽度的地方停棲，因為鹽分會降低鳥類羽毛的防水能力，令鳥類耗費更多的能量去做體溫調節(Rubega and Robinson, 1997)，此為直接的影響。鹽度的不同亦會影響環境中水生動植物的組成，例如：舊金山灣的河口，底棲動物在鹽度相對低(<100 ppt)及相對高(>200 ppt)時數目較豐富，鹽度居中(100~200 ppt)時則數量稀少，而浮游動物反而在鹽度界在 100 至 200 ppt 之間時數目最豐富(Takekawa et al., 2006)。水生動植物相隨著鹽度的變化使得利用其作為食物來源的水鳥種類因而隨之改變，環境中群聚的整體結構便不相同，此為鹽度帶來之間接影響。

5. 地形：

棲地及水深的變異性與地形息息相關，進而影響物種多樣性。如在相同的水深之下，若地形的起伏及變化愈大，就有機會創造出不同深度的水塘，吸引適應不同深度的水鳥類群前來利用棲地。反之，若地形的起伏愈小，相同水深能造成的環境變異性相對低，物種的豐富度就可能因此減少。

6. 食物

不同種的水鳥所攝取的食物不盡相同，如浮鴨取植物的種子為食、濱鳥及水禽獵捕無脊椎動物、涉禽則會捕捉魚類與兩棲類(Ma et al.,

2010)。環境當中食源生物的豐富度、組成、時間與空間上的動態變化皆會影響水鳥前來棲地覓食的意願，這些因子亦是決定棲地品質的重要指標(Davis and Smith, 1998; Taft and Haig, 2005; Hartke et al., 2009)。許多研究指出，人為介入管理的濕地能在候鳥遷飛之前及渡冬時，作為候鳥的重要覓食地(e.g., Davidson and Evans, 1986; Masero et al., 2000)。而若能清楚掌握濕地中食物資源的相關資訊，則有助於釐清濕地作為水鳥棲地的環境承载力(Ma et al., 2010)。

7. 濕地大小：

濕地的大小為決定物種數的重要因素，一般而言，濕地面積愈大，其棲地類型的同質性愈低，能滿足不同鳥類的生存需求，因而容易有愈多種的水鳥(Colwell and Taft, 2000; Froneman et al., 2001; Warnock et al., 2002; Paracuellos and Telleria, 2004; White and Main, 2004; Paracuellos, 2006)。部分物種偏好於近岸處覓食，能出沒於大型或小型的濕地；另一部分的物種倚賴於開闊、具深水環境的棲地覓食，較容易出現於面積相對大的濕地(Paracuellos, 2006)，因此了解棲地營造目標物種的習性，或是合理假設可能利用該棲地之物種，對於成就一個完善的經營管理計畫而言相當重要。另外，多塊小面積的濕地或是同面積的一塊大濕地兩者是否能夠支持一物種同數目的個體目前仍有爭議，不過就人為經營管理的濕地而言，多塊小面積濕地的優點是能夠透過操作創造出更多類型的棲地環境，滿足不同種水鳥的需求(Ma et al., 2010)。

8. 棲地連結性：

一般而言，單一一塊濕地難以滿足不同種水鳥覓食、休息、夜棲、築巢等不同需求，因此若能維護或創造多塊濕地，另其鑲嵌於大環境

中，各個濕地更有機會提供互補環境資源給水鳥或其他生物利用(Ma et al., 2010)，而水鳥來往於各個濕地及在一濕地內移動時，亦能促進水生動植物的相互傳遞、散播，提升大環境整體潛在的食物量(Bancroft et al. 1994)。

眾多決定鳥類豐富度的因子當中，水深常常是較容易藉由人為操作來調控的，過去國外亦不乏有以調整水深來做為提升濕地品質手法的試驗案例。加拿大的馬尼托巴州，研究人員調降濕地水深至平均 60 公分，與自然狀態平均水深 100 公分之環境做比較。分屬鷺科、雉科及鷺鶯科的三種鳥類於自然水深的環境中數目較多；兩種分屬秧雞科及鶯科的鳥類數目不受水深的分別影響；浮鴨與具潛水習性的鳥種則更容易出沒於相對低水深的環境(Baschuk et al., 2011)。美國加州，Taft et al. (2002)嘗試於冬季及春季調降濕地水深，並發現因自然的狀況下濕地冬季時缺乏淺水域的棲地，因此經人為排水的濕地吸引了更多濱鳥前來利用，不過不論春季或冬季，排水階段的末期需要深水環境的浮鴨與其他會潛水的鳥種數目減少。而整體而言，平均水深介於 10 至 20 公分時，鳥類的數目與物種的數目最豐富。

由於水文管理對於濕地環境品質提升的重要性之認知逐漸提升，近年國內亦開始出現透過水利設施操作來達成棲地經營管理目標之案例。好美寮及布袋鹽田濕地水文生態空間整體保育規劃及環境營造計畫(王筱雯，2012)曾嘗試透過水門操作，營造更完善的濕地生態環境。2012 年 3 月時，適逢布袋鹽田濕地之乾季，濕地部分地區面臨缺水的處境，研究團隊透過所設計的水門開啟時機與實際操作，引龍宮溪水進入濕地，並於引水前一日及後一日進行鳥類調查與水深變化紀錄。鳥類調查的結果顯示，水深變化最顯著的核心小區因在引水後成

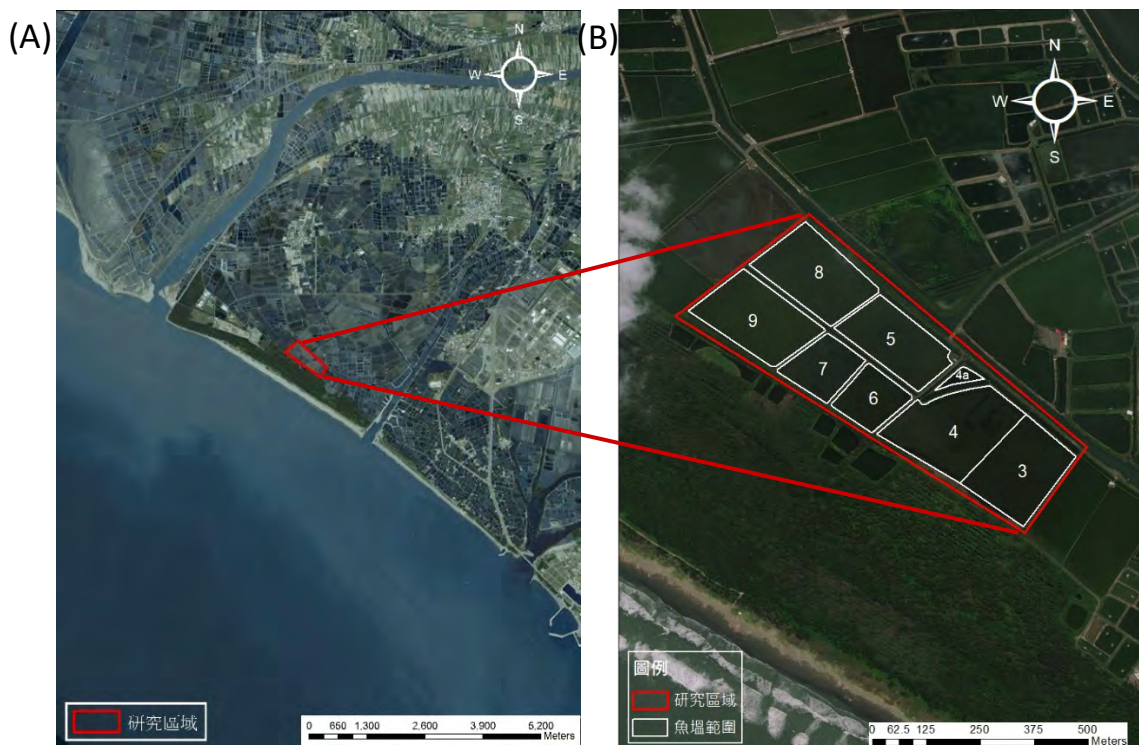
為面積廣大的淺水區，前往棲息及覓食的水鳥數目明顯提升。另於 2014 年 3 月時，由於布袋濕地公園之操作，造成布袋鹽田濕地南側區域積水，有 74% 地區水深高於 15 公分，對當時主要出沒於該區的鸕鶿科鳥類產生不利影響。為解決積水問題，於同年 4 月 9 日至 4 月 20 日，研究團隊與嘉義縣政府共同操作布袋濕地公園南側東西向水路之水門，鹽田濕地南側的積水得以排至布袋濕地公園，其成果一方面解決當地潛在的洪患危機，另一方面亦透過鳥類調查發現原先積水過深地區在排水以後鸕鶿科鳥類數目明顯提升(王筱雯，2014)。

上述之相關研究說明，經仔細地考量及評估以後，人們有機會採取主動經營管理的方式，創造出更加完善的濕地生態環境，不過由於不同的水深條件可能使能夠前來利用棲地的物種不同，過深及過淺的水深或棲地異質性過低的環境皆可能導致水鳥的數目降低，因此設立棲地營造之目標時需納入各種因素並因地、因時制宜做全盤的考量。本計畫的計畫區位於台江國家公園範圍內，黑面琵鷺為此區指標的保育物種，因黑面琵鷺為傘護種，其於環境中的出現代表此區亦適合其他許多種水鳥的生存。因此，城西濕地在候鳥季的理想水深設定為 20 公分以下，期望藉由今年度的調查與試驗作依據，計畫區未來能以適當的棲地營造手法提升黑面琵鷺前來此區利用之頻率。

第三章 研究地區

3.1 地理位置及環境概述

本計畫研究地區位於台南市安南區城西里(圖 3-1A、B)，為台江國家公園所劃設之城西濕地特別景觀區(特三區)內，國家公園成立之初，為保護特有濕地生態景觀而劃設(內政部，2009)。城西濕地特別景觀區總面積共約 106 公頃，而本計畫研究之魚塭則為其中約 20 公頃的範圍(圖 3-2)。城西濕地東北側緊鄰安南魚塭一般管制區(管四區)，周遭土地大部分為養殖魚塭；西南側則與安南區沿岸保安林特別景觀區(特四區)相接，保安林向東南延伸直至鹿耳門溪口，向西北延伸至曾文溪口，樹林外為沙灘和台灣海峽(內政部，2018)。



資料來源：本團隊繪製

圖 3-1 研究區域



資料來源：內政部，台江國家公園計畫(第1次通盤檢討)計畫書

圖 3-2 台江國家公園陸域範圍分區及城西濕地相對位置(紅框處)

城西濕地特別景觀區位於鹿耳門溪河口西岸，鹿耳門溪河口西岸之土地利用方式主要為魚塭，城西濕地因與保安林相接，棲地型態因而更為豐富。此外，地緣關係上城西里之魚塭地及保安林依東南-西北走向連結鹿耳門溪及曾文溪，鹿耳門溪河口東南側的四草地區及七股地區的曾文溪口皆具指標性的生物資源，因此城西濕地及其周遭地區可說是位於沿海重要生物棲地之橋梁地帶，維繫棲地整體的連通性與完整性。

除了位於國家公園之範圍內，城西濕地亦為四草重要濕地的一部分(圖 3-3)，具保護豐富生物多樣性之使命。四草重要濕地與其北方的曾文溪口重要濕地為國際級濕地，北起雲林成龍濕地，南至高雄茄萣、

永安濕地，四草及曾文溪口兩處位於台灣西南沿海濕地保育軸的核心地帶，對串聯各濕地之間的棲地連結性亦佔有相當重要的地位。



資料來源：修改自四草保育利用計畫

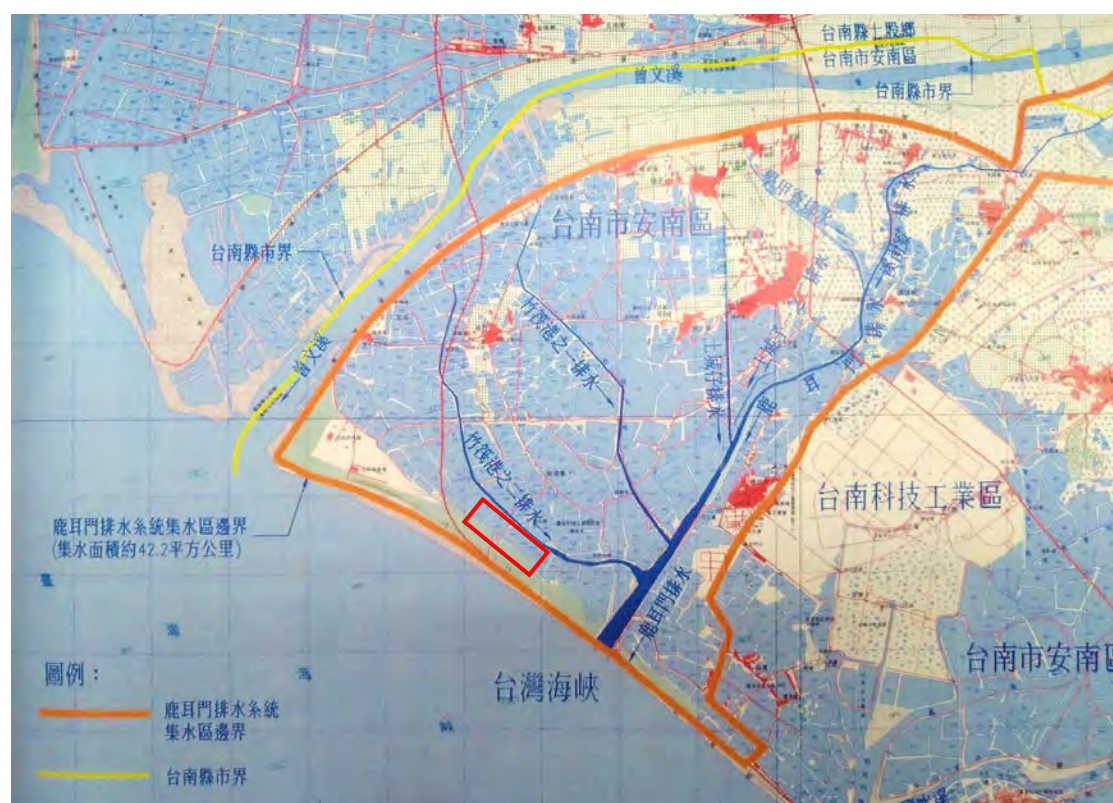
圖 3-3 四草重要濕地範圍

人為開發方面，除了廣大的魚塭地以外，鄰近城西濕地的村落包括城西聚落、鹿耳門社區及土城聚落等；環境中潛在的污染源則有城西里西側的城西垃圾焚化廠、鹿耳門溪東側的台南科技工業區以及廢棄的台鹼安順廠(王一匡，2016)。

3.2 區域水系

城西濕地位於鹿耳門排水系統及水區之內，排(集)水區之地勢由東北向西南傾斜，地盤高由 5 公尺降至 0.6 公尺，平均坡降約 1/3000，地勢平坦。此區有排水不良問題，主因為排水路通水斷面及堤岸高度不足造成洪水漫溢，再加上地勢平緩及鹿耳門溪排水出口受潮位控制，導致低窪地區易有積淹水之情形(台南市政府，2010)。

鹿耳門排水系統由一主流-鹿耳門排水及六支流-竹筏港之一排水、竹筏港之二排水、土城子排水、土城子一之二排水、學甲寮排水與溪南寮排水共同組成(圖 3-4)。城西濕地之水源來自於魚塢外側之竹筏港之二排水，該水路為西北-東南走向，東南側下游之盡頭與鹿耳門溪相接並連通至外海。



資料來源：鹿耳門溪排水系統治理計畫

圖 3-4 鹿耳門溪排水系統

3.3 生態調查

王一匡(2016、2017)於 2016 及 2017 年針對城西濕地的生態狀況進行相當完整的調查，其項目包括浮游藻類、底棲無脊椎動物、魚蝦蟹類、鳥類及植被等，其中與水深直接關聯性較高者為鳥類調查。2016 年的報告中提及，根據測量的結果，城西濕地特別景觀區各池之水深通常在 20 公分至 30 公分之間變化；2017 年之報告提及架設四個樣站的水深數據，在每季一次的調查當中，發現各樣站平均水深為 21 至 49 公分不等。而每月兩次的鳥調，除了特別景觀區的以外，亦納入將鄰近地區內入調查的範圍。2016 年之留鳥期，鳥類的數目界在 175 至 970 隻之間，主要以鷺科鳥類為主；候鳥期之鳥類數目則界在 96 至 1535 隻之間，屬鸕鶿科、長腳鸕鶿科之物種數目時常最為豐富。2017 年之留鳥期，鳥類數目界在 288 至 1265 隻之間；候鳥期則界在 428 至 2365 隻之間。全年度最具優勢的水鳥物種屬鷺科及長腳鸕鶿科。兩年的調查皆顯示候鳥期的鳥類數目多於留鳥期(王一匡，2016、2017)。然而，現有之每季調查的水深資訊仍不足以反映水深與鳥類數目的關聯性，無論留鳥期或候鳥期，各次鳥類調查反映出鳥類的數目波動極大，水深如何影響鳥類的多寡以及除水深以外是否有其他因素涉及其中，仍有待後續相關研究。

2016 年度之調查亦針對鳥類之食源生物進行探討，包括底棲無脊椎動物和魚蝦蟹類兩部分。於 2016 年 3 月、6 月、8 月及 10 月進行底棲無脊椎動物之調查，共記錄到 9 目 8 科大型無脊椎動物。其中，主要出現於潮溝的端足目(Amphipoda)在各月份皆為較優勢的種類，而除了端足目外，其他前兩名的優勢種隨著季節改變 3 月份為纓鰓蟲科(Sabellidae)與沙蠶科(Nereididae)；6 月份為搖蚊科(Chironomidae)與

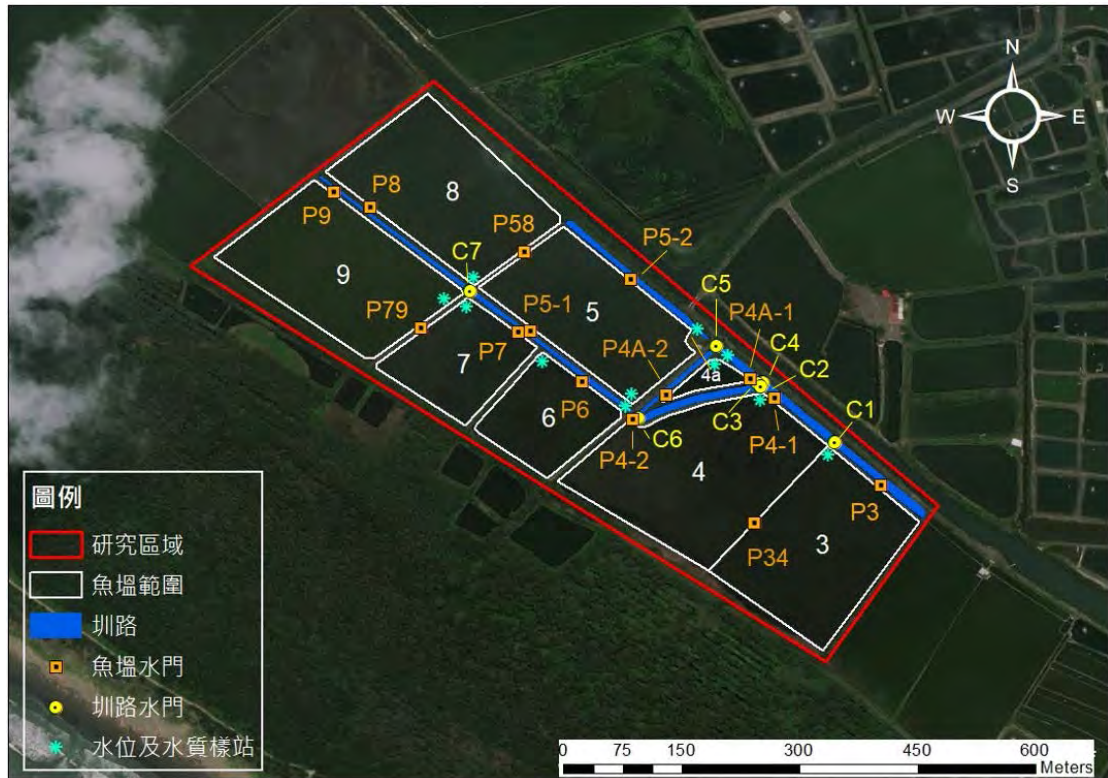
沙蠶科；8 月份為小頭蟲科(Capitellidae)與搖蚊科；10 月份為海螵科與小頭蟲科。魚蝦蟹類的調查自 3 月起至 12 月為止，每月皆有紀錄。其中，魚類共調查到 9 目 19 科 26 屬 31 種，與魚塭內的濕地樣站相比，潮溝樣站的物種數較多。雜交慈鯛在兩種樣站全年皆為主要優勢種，然而濕地樣站 3 月至 5 月以及 12 月這四個月份，茉莉花鱒亦為優勢種。蝦蟹類方面，總共調查到 2 目 6 科 8 屬 11 種。整體而言，魚塭內的蝦蟹物種數遠高於潮溝，優勢種則隨月份變化。3 月份至 5 月份為東方白蝦，6 份至 9 月份為刀額新對蝦，9 月份以後多毛對蝦數量增多，10 月份多毛對蝦為優勢種，11 月份則為刀額新對蝦與多毛對蝦，12 月時再轉變為刀額新對蝦及東方白蝦(王一匡，2016)。

第四章 基地現況調查

4.1 基地設施現況

城西濕地之基地範圍內包含圳路、水門、魚塭磚堤等設施。掌握基地基礎設施之狀況，如水門位置、水路分佈、水門及堤岸損壞情形等，有助於釐清水門試驗的執行方式。本計畫之工作人員以徒步於基地土堤及魚塭內行走並拍照記錄之方式，來了解基地設施之現況。

圖 4-1 為城西濕地基地設施之分佈圖。魚塭編號為參考台江國家公園及其周緣緩衝區多樣性棲地營造與評估計畫(王一匡，2016)編訂，本研究區域由 3 號開始編至 9 號，另外 4 號魚塭北側面積較小的三角形魚塭編為 4A。水門編號為本團隊編訂，魚塭水門開頭為 P (pond)，若該魚塭僅有一處與圳路連通之水門，則在 P 之後接續該魚塭之編號，如：P3、P6、P7、P8、P9；若該魚塭有兩處以上與圳路連通之水門，在 P 之後接續該魚塭之編號以後，再進行第二次的標號，如：P4-1、P4-2、P4A-1、P4A-2、P5-1、P5-2；而若該魚塭之水門未與圳路相通，為連通兩魚塭之水門，則在 P 之後標上兩魚塭的號碼，如：P34、P58、P79。圳路水門開頭為 C (channel)，依東南至西北的方向依序標記 C1、C2、C3、C4、C5、C6 與 C7。其中，C5 水門為城西濕地之進出水口，與竹筏港溪之二排水(圖 3-4)相連通。



資料來源：本團隊繪製

圖 4-1 基地設施位置

水門設施包括水門擋板及磚頭與水泥砌成之水門。水門結構的兩側為磚牆，磚牆設有凹槽作為水門擋板放置的軌道，牆面及凹槽再砌上水泥塗面來保持牆面之平整以利放置水門擋板，而各池之水門擋板在本計畫開始之前皆已遺失。水門的狀況各池各有不同，大致可以分為兩種情況：①磚牆上的水泥塗面已經剝落或碎裂(圖 4-2)；②水門兩側磚牆上的水泥塗面保持完整(圖 4-3)。磚牆之水泥塗面若不平整，會影響水門擋板放置時的順暢度及阻隔水流的密閉性。圖 4-2 及圖 4-3 之照片除展示水門設施之狀況外，亦以箭號輔助，標示其開口面對之方向。魚塭水門以「魚塭編號」及「圳路」區隔，圳路水門則以「東南西北」組合之八方位表示，可與圖 4-1 交互參照了解其方向性。

3 號魚塭面積為 3.2 公頃，包含一處連通圳路之 P3 水門(圖 4-2A)及一處連通 4 號魚塭之 P34(圖 4-3E)水門。P3 水門寬 104 公分，水泥

塗面剝落嚴重，磚頭幾已完全裸露，且此門下窄上寬，由池底向上起算約 40 公分寬約 102 公分，放置水門擋板時需將木板裁切成不同大小。P34 水門寬 132 公分，水泥塗面相對保持完整。

4 號魚塢面積為 3.9 公頃，包含兩處連通圳路之水門，P4-1(圖 4-2B)與 P4-2(圖 4-2C)，及一處與 3 號魚塢連通之水門 P34(圖 4-3E)。P4-1 水門寬 100 公分，有些許剝落；P4-2 水門寬 135 公分，水泥塗面整體雖保持完整，但因多處軌道之塗面開始產生剝落，令水門擋板放置不易。P34 水門狀況如前段所述。

4A 魚塢面積為 0.2 公頃，包含兩處與圳路連通之水門，P4A-1(圖 4-3A)與 P4A-2(圖 4-3B)。P4A-1 水門寬 105 公分，水泥塗面大致保持完整；P4A-2 水門寬 106 公分，水泥塗面亦大致保持完整。

5 號魚塢面積為 2.7 公頃，包含兩處與圳路連通之水門，P5-1(圖 4-3C)與 P5-2(圖 4-2D)，及一處與 8 號魚塢連通之水門 P58(圖 4-2H)。P5-1 水門寬 106 公分，水泥塗面大致保持完整；P5-2 水門寬 110 公分，除剝落嚴重，另外上方受植物阻擋，部分軌道無法放置擋板。P58 水門寬 132 公分，亦有受損，部分水泥塗面剝落。

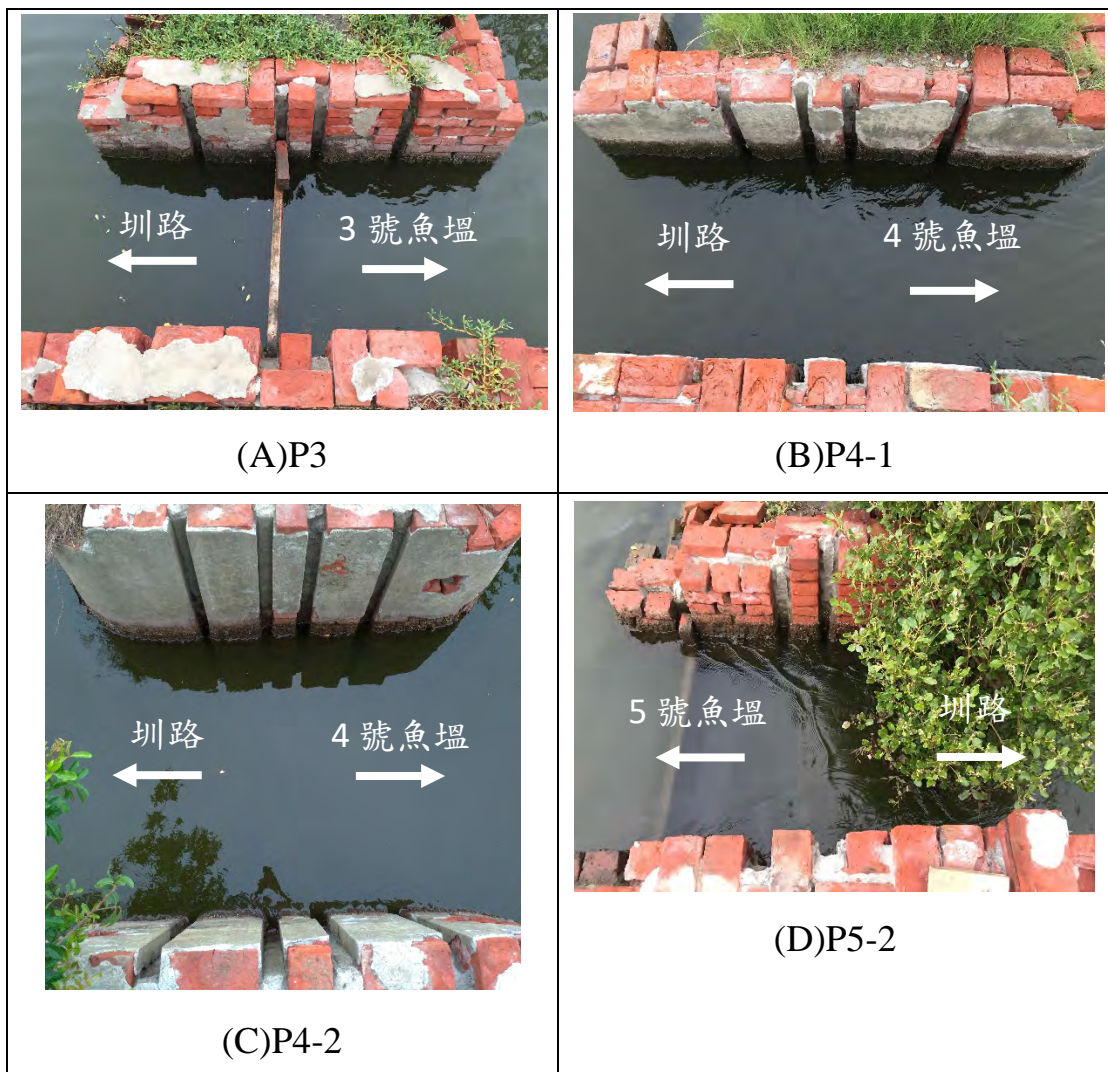
6 號魚塢面積為 1.4 公頃，包含一處與圳路連通之水門 P6(圖 4-3D)。P6 水門寬 103 公分，其水泥塗面大致保持完整。

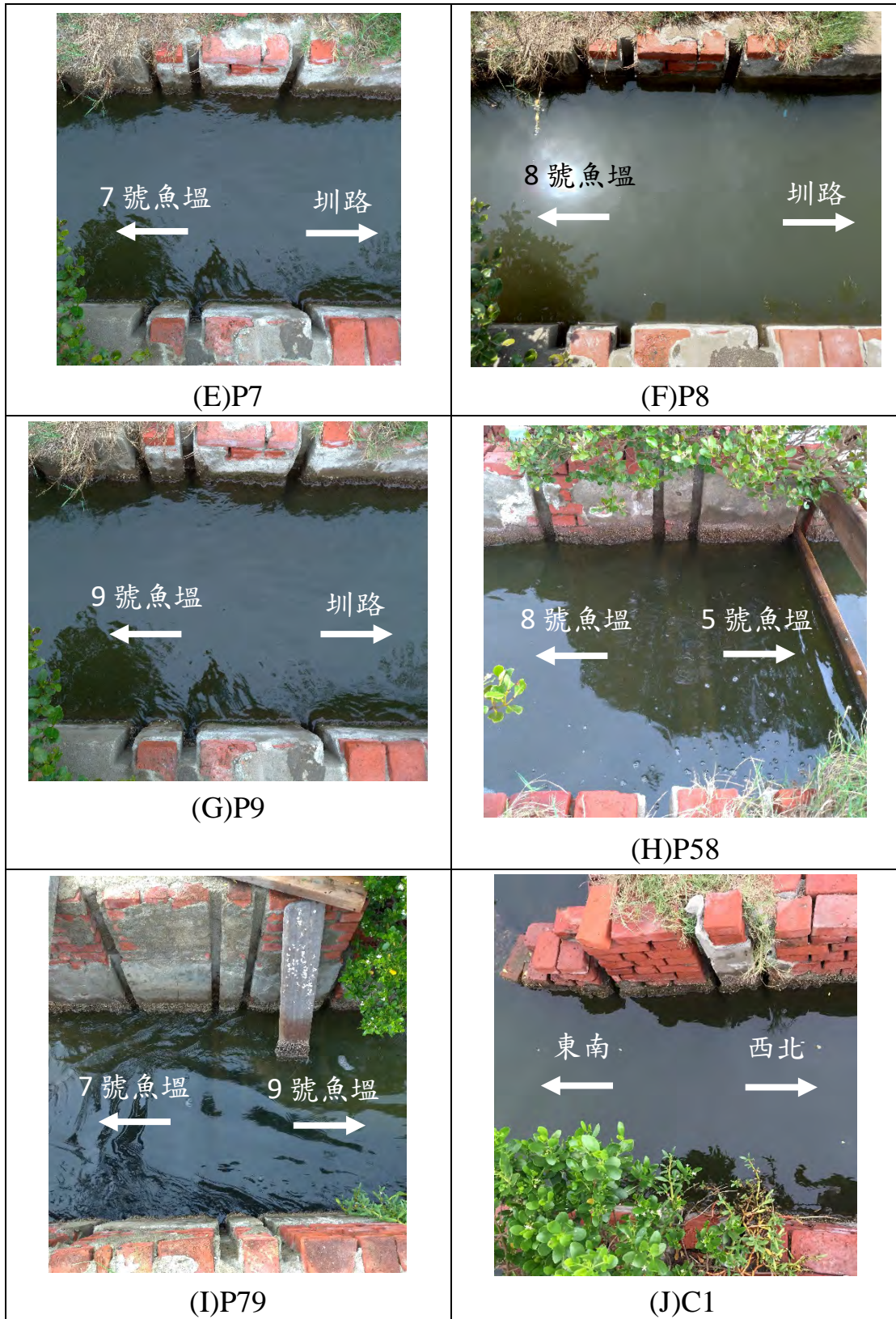
7 號魚塢面積為 1.5 公頃，包含一處與圳路連通之水門 P7(圖 4-2E)及一處與 9 號魚塢連通之水門 P79(圖 4-2I)。P7 水門寬 96 公分，兩側水門之磚牆底部損壞導致此門上窄下寬，擋板自軌道由上方放入至底部以後，底部會留有 5 至 6 公分之縫隙，使得阻擋水流的效果不佳，且水泥塗面亦不平整。P79 水門寬 134 公分，水泥塗面部分受損。

8 號魚塭面積為 3.2 公頃，包含一處與圳路連通之水門 P8(圖 4-2F) 及一處與 5 號魚塭連通之水門 P58(圖 4-2H)。P8 水門寬 102 公分，水泥塗面部分受損。P58 水門狀況如前所述。

9 號魚塭面積為 3.2 公頃，包含一處與圳路連通之水門 P9(圖 4-2G) 及一處與 7 號魚塭連通之水門 P79(圖 4-2I)。P9 水門寬 106 公分，水泥塗面部分受損。P79 水門狀況如前所述。

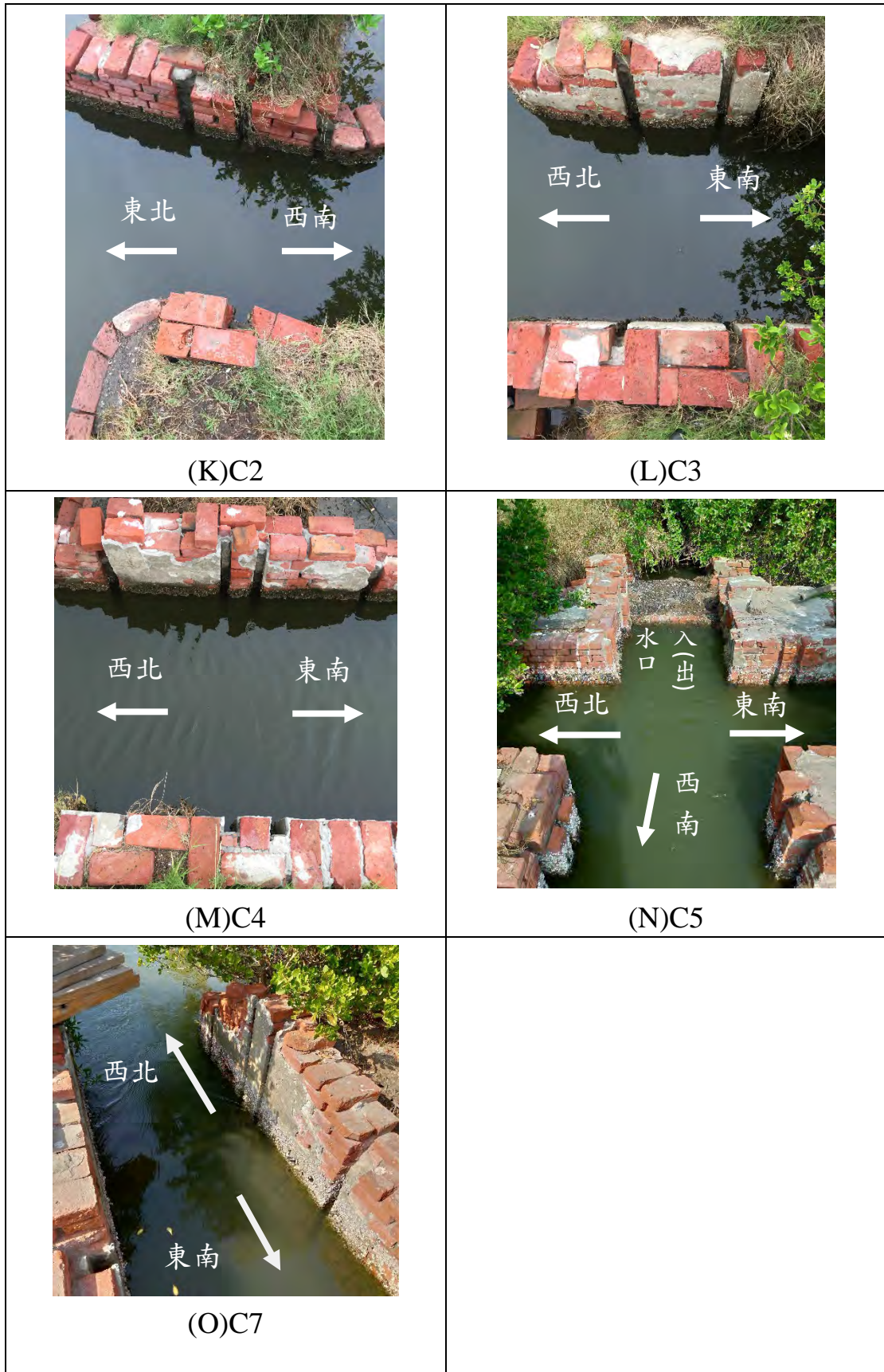
圳路水門方面，除 C6 水門(圖 4-3F)保存較佳，C1、C2、C3、C4、C5 與 C7 水門(圖 4-2J、K、L、M、N、O)則皆受損嚴重。





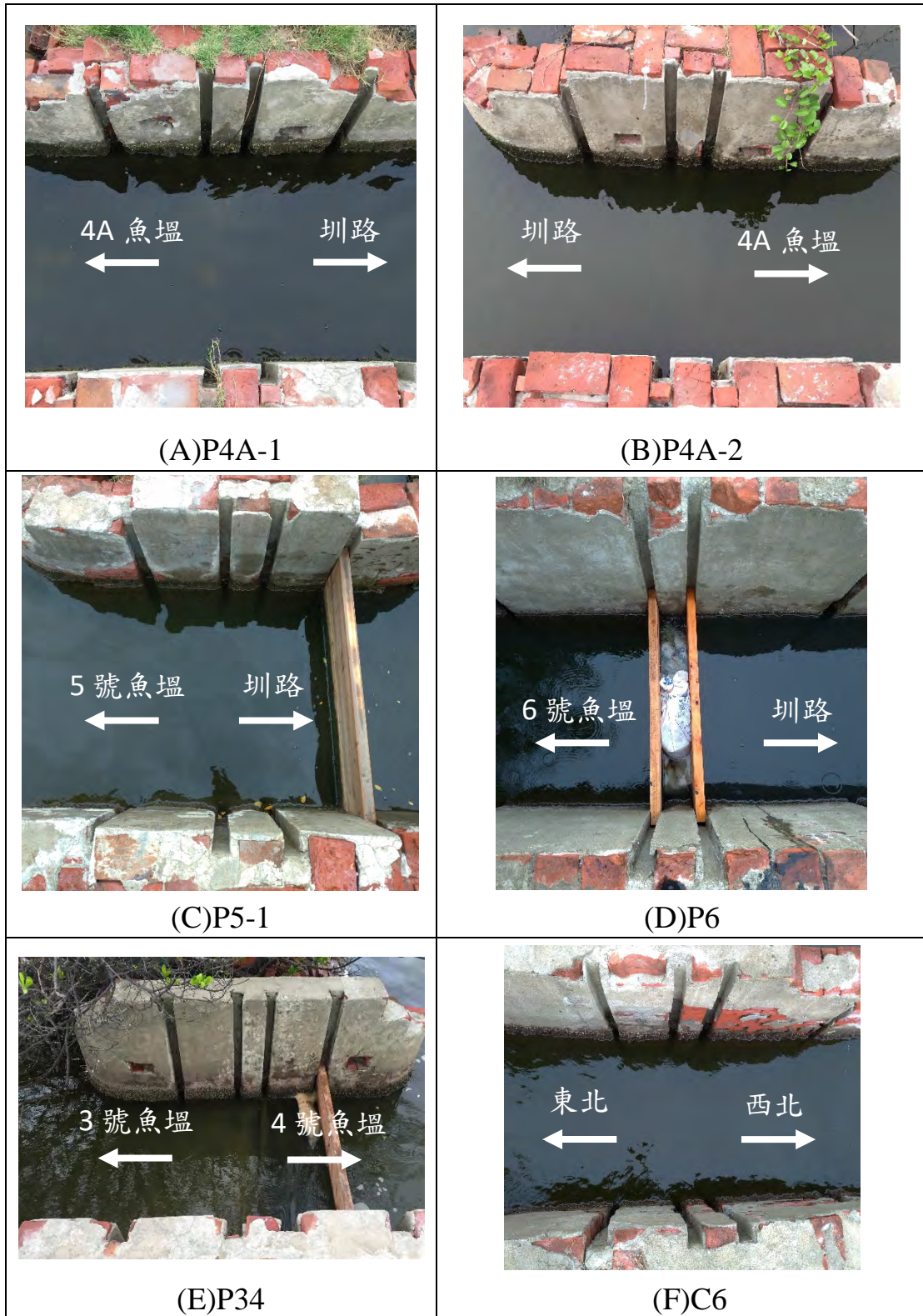
資料來源：本團隊拍攝

圖 4-2 水泥塗面損壞之水門



資料來源：本團隊拍攝

圖 4-2(續)水泥塗面損壞之水門



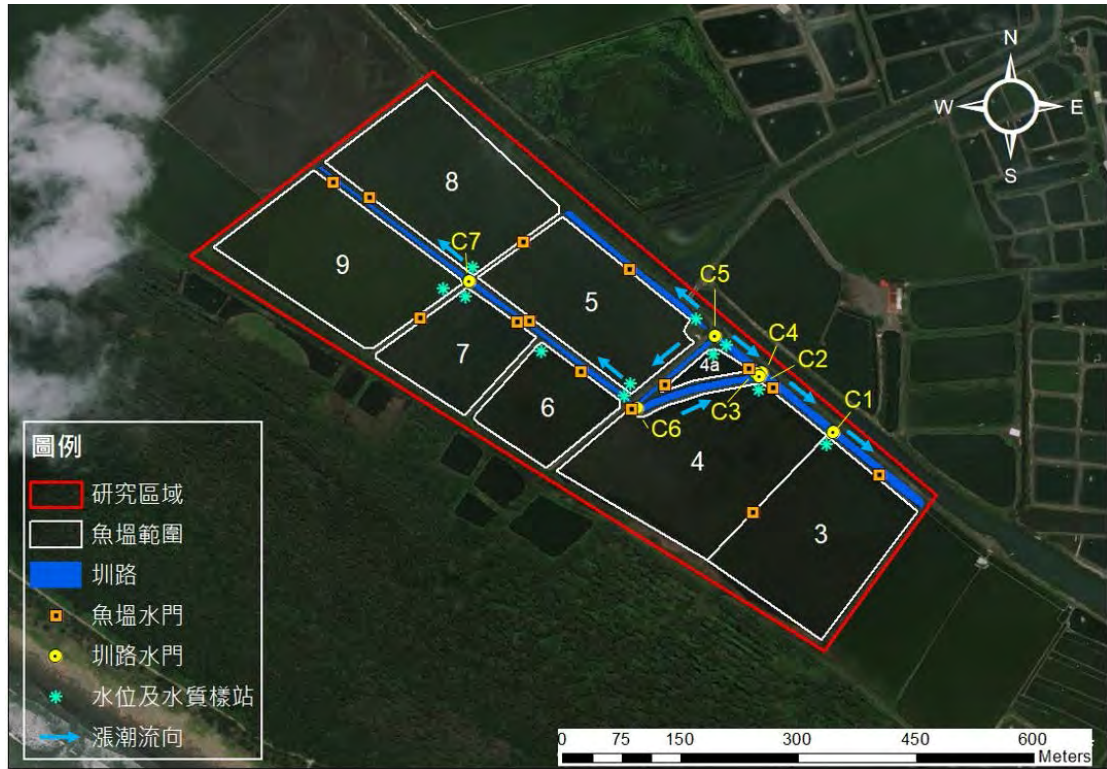
資料來源：本團隊拍攝

圖 4-3 水泥塗面完整之水門

4.2 水流流向調查

水流流向的掌握搭配計畫區內地形測量及基地設施調查之成果，可反映水門操作與棲地管理的限制與機會。透過外海潮水漲退對基地水深起伏產生影響之關係，觀察並記錄魚塭及水路進出水之情形得知基地內水流流向。

城西濕地僅具單一入(出)水口，外側水路與魚塭相連通，水流經由 C5 水門(圖 4-2 水泥塗面損壞之水門圖 4-2N)進出。漲潮時，水流的方向如圖 4-4 所示。C5 水門具三個方向的開口，分別流向西北、東南、西南三側的圳路，西北側的圳路流經 5 號池及 8 號池的交界處而止，提供 5 號池水源；東南側的圳路盡頭位於 3 號池的底端，提供 3 號、4 號及 4A 池水源；西南側的圳路則在 4 號池與 6 號池交界處轉彎，提供 4 至 9 號及 4A 池水源。而 4A 池及 4 號池的中央另有一條圳路，漲潮時流入 C6 水門的水會再由 C3 及 C4 水門流出，隨後被自 C5 入水口持續流入的水流推送往 3 號池底端的方向。退潮時，水流的方向則反之，如圖 4-5 所示。



資料來源：本團隊繪製

圖 4-4 漲潮水流流向示意圖

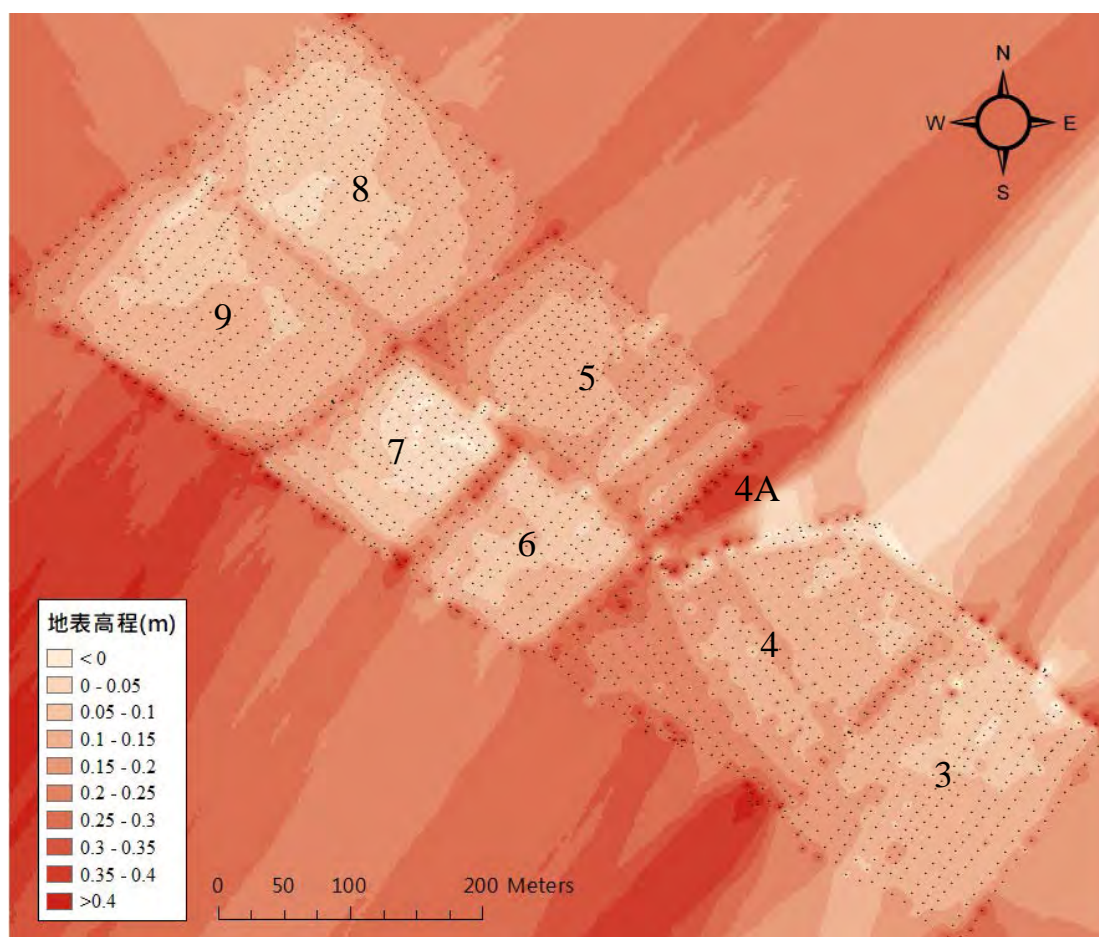


資料來源：本團隊繪製

圖 4-5 退潮水流流向示意圖

4.3 基地地形測量(高程測量)

基地之地形特性反映了棲地環境配置並牽動著棲地內水力特性，故掌握基地地形為濕地生態環境規劃首要工作之一。本計畫採用虛擬基準站即時動態定位技術(VBS-RTK)來取得基地內魚塭點位之三維座標，儀器使用中海達公司 HI-TARGET V100 GNSS RTK System。地表海拔高度採用正高系統，以臺灣高程基準(TWVD2001)為準表示絕對高程。測量密度約為每 10 公尺打一點，最後將點位座標及高程資訊匯入 ArcGIS 軟體完成高程圖繪製。



資料來源：本團隊繪製

圖 4-6 全區絕對高程

圖 4-6 為計畫區全區高程圖，圖 4-7 至圖 4-13 為各口魚塭之細部高程。以每 0.05 公尺作為一高程區間，顏色由淺至深代表高程由低

至高。而為方便敘述，將各口魚塭高程分布占比最多的三個區間定義為「核心區域」，在圖 4-7 至圖 4-13 以鵝黃色標記。

3 號魚塭(圖 4-7)全區平均海拔 0.14 公尺，核心區域之絕對高程介於海拔 0.05 至 0.2 公尺。海拔 0.05 至 0.1 公尺之區域占 7,014 平方公尺，為總面積的 20.1%；海拔 0.1 至 0.15 公尺之區域占 17,364 平方公尺，為總面積的 49.9%；海拔 0.15 至 0.2 公尺之區域占 6,765 平方公尺，為總面積的 19.4%，三者合計占總面積 89.4%。RP3 樣站之高程為海拔 0.08 公尺，落在 0 至 0.05 公尺的區間內。

4 號魚塭(圖 4-8)全區平均海拔為 0.17 公尺，核心區域之絕對高程介於海拔 0.1 至 0.25 公尺。海拔 0.1 至 0.15 公尺之區域占 15,714 平方公尺，為總面積的 37.8%；海拔 0.15 至 0.2 公尺之區域占 7,504 平方公尺，為總面積的 18.1%；海拔 0.2 至 0.25 公尺之區域占 7,769 平方公尺，為總面積的 18.7%，三者合計占總面積 74.6%。RP4 樣站之高程為海拔 0.01 公尺，落在 0 至 0.05 公尺的區間內。

5 號魚塭(圖 4-9)全區平均為海拔 0.18 公尺，核心區域之絕對高程介於海拔 0.1 至 0.25 公尺。海拔 0.1 至 0.15 公尺之區域占 10,324 平方公尺，為總面積的 34%；海拔 0.15 至 0.2 公尺之區域占 10818 平方公尺，為總面積的 35.6%；海拔 0.2 至 0.25 公尺之區域占 5,303 平方公尺，為總面積的 17.4%，三者合計占總面積 87%。RP5 樣站之高程為海拔 0.17 公尺，落在 0.15 至 0.2 公尺的區間內。

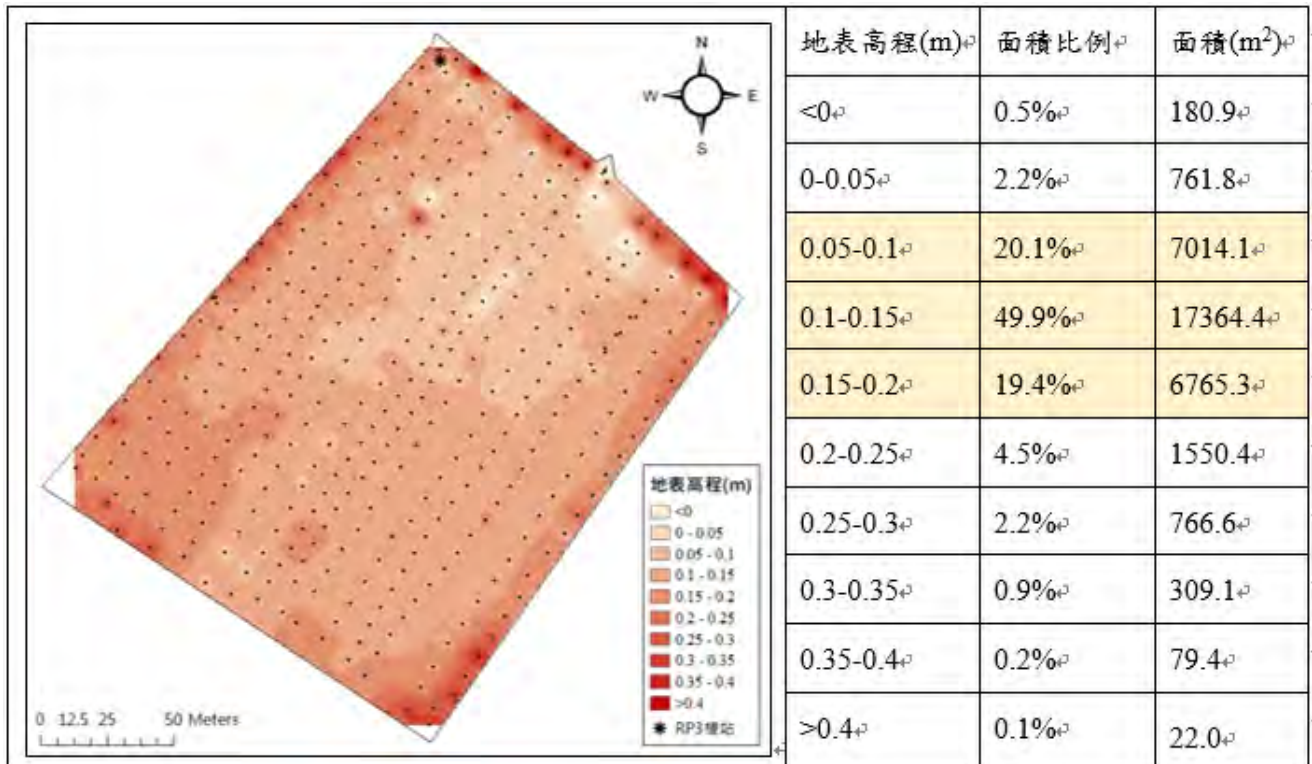
6 號魚塭(圖 4-10)全區之平均為海拔 0.13 公尺，核心區域之絕對高程介於海拔 0.05 至 0.2 公尺。海拔 0.05 至 0.1 公尺之區域占 5,782 平方公尺，為總面積的 36%；海拔 0.1 至 0.15 公尺之區域占 6,293 平方公尺，為總面積的 39.1%；海拔 0.15 至 0.2 公尺之區域占 1,930 平

方公尺，為總面積的 12%，三者合計占總面積 87.1%。RP6 樣站之高程為海拔 0.14 公尺，落在 0.1 至 0.15 公尺的區間內。

7 號魚塢(圖 4-11)全區之平均為海拔 0.12 公尺，核心區域之絕對高程介於海拔 0.05 至 0.2 公尺。海拔 0.05 至 0.1 公尺之區域占 4,501 平方公尺，為總面積的 26.1%；海拔 0.1 至 0.15 公尺之區域占 4,249 平方公尺，為總面積的 24.7%；海拔 0.15 至 0.2 公尺之區域占 3,067 平方公尺，為總面積的 17.8%，三者合計占總面積 68.6%。RP7 樣站之高程為海拔 0.14 公尺，落在 0.1 至 0.15 公尺的區間內。

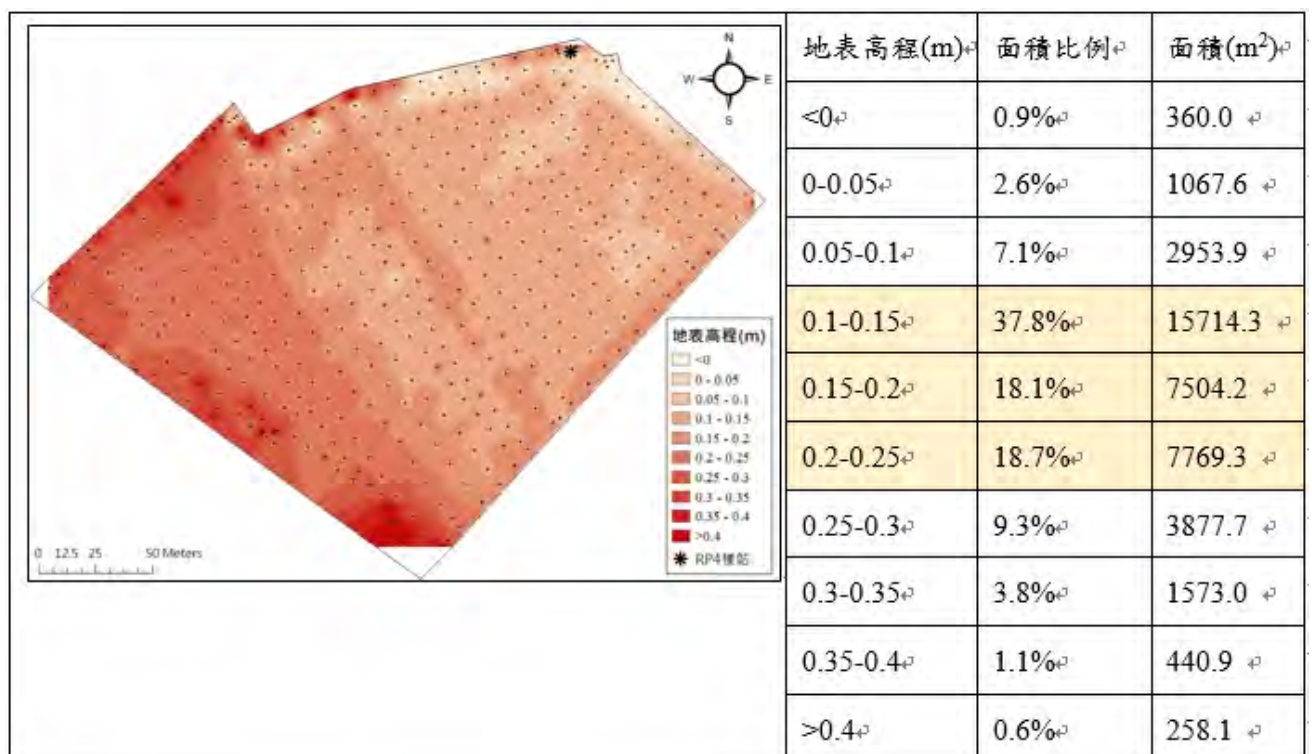
8 號魚塢(圖 4-12)全區之平均為海拔 0.12 公尺，核心區域之絕對高程介於海拔 0.05 至 0.2 公尺。海拔 0.05 至 0.1 公尺之區域占 12,193 平方公尺，為總面積的 35.5%；海拔 0.1 至 0.15 公尺之區域占 12,270 平方公尺，為總面積的 35.7%；海拔 0.15 至 0.2 公尺之區域占 6,381 平方公尺，為總面積的 18.6%，三者合計占總面積 89.8%。RP8 樣站之高程為海拔 0.17 公尺，落在 0.15 至 0.2 公尺的區間內。

9 號魚塢(圖 4-13)全區之平均為海拔 0.15 公尺，核心區域之絕對高程介於海拔 0.05 至 0.2 公尺。海拔 0.05 至 0.1 公尺之區域占 5,997 平方公尺，為總面積的 16.7%；海拔 0.1 至 0.15 公尺之區域占 17,645 平方公尺，為總面積的 49.1%；海拔 0.15 至 0.2 公尺之區域占 5,803 平方公尺，為總面積的 16.2%，三者合計占總面積 82%。RP9 樣站之高程為海拔 0.17 公尺，落在 0.15 至 0.2 公尺的區間內。



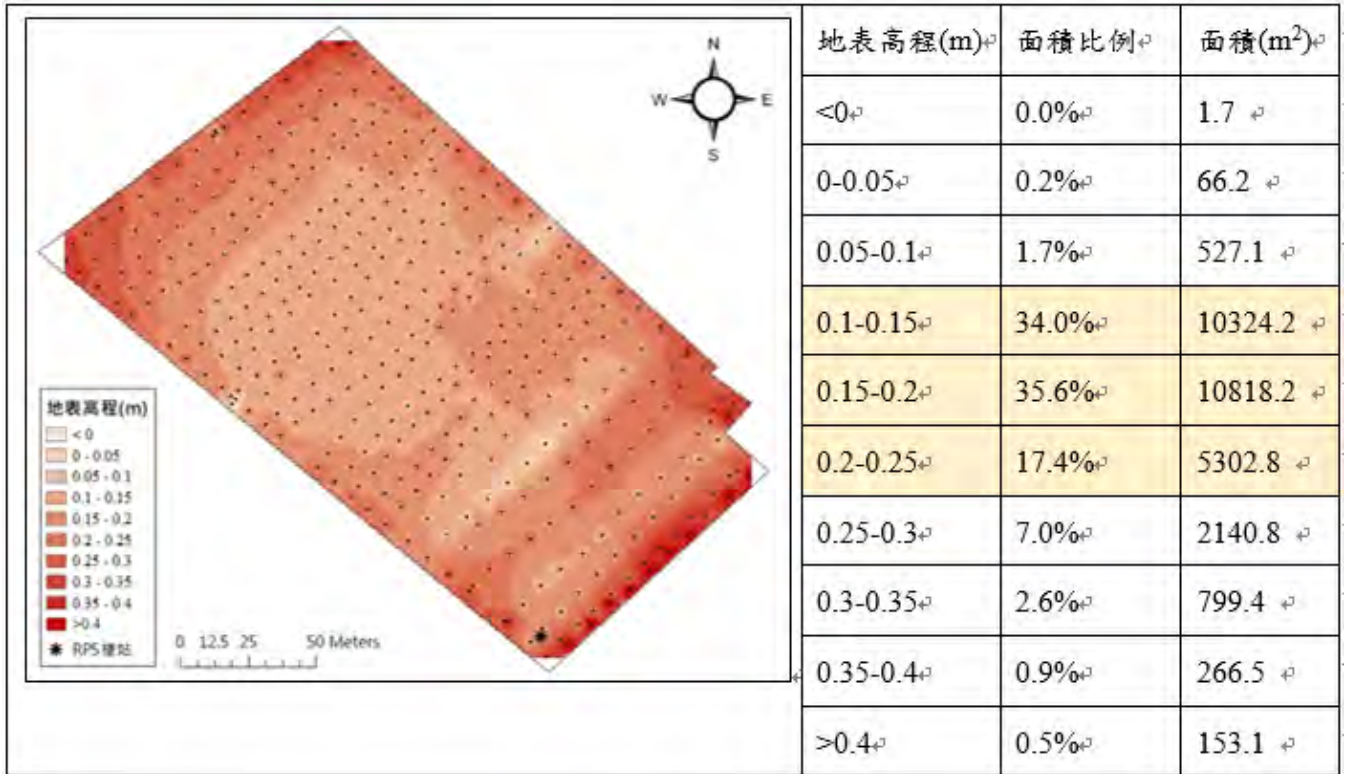
資料來源：本團隊繪製

圖 4-7 三號魚塢絕對高程



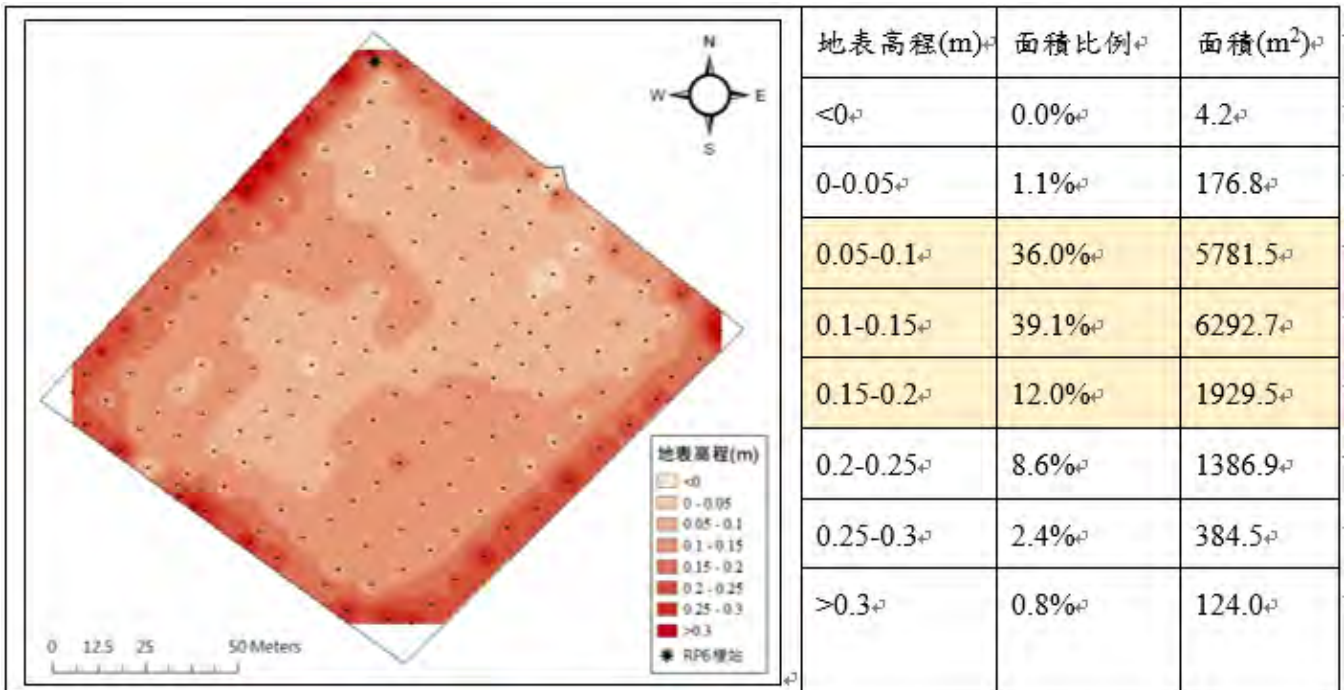
資料來源：本團隊繪製

圖 4-8 四號魚塢絕對高程



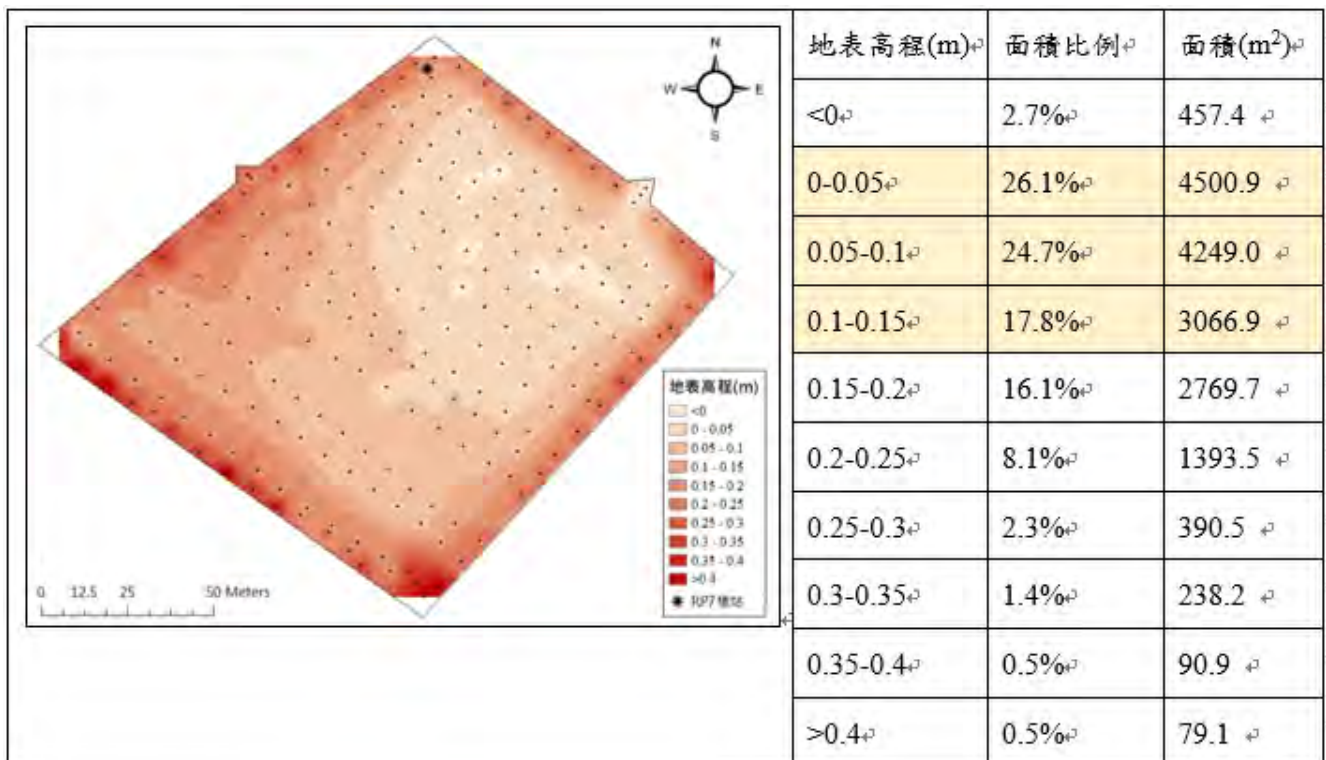
資料來源：本團隊繪製

圖 4-9 五號魚塭絕對高程



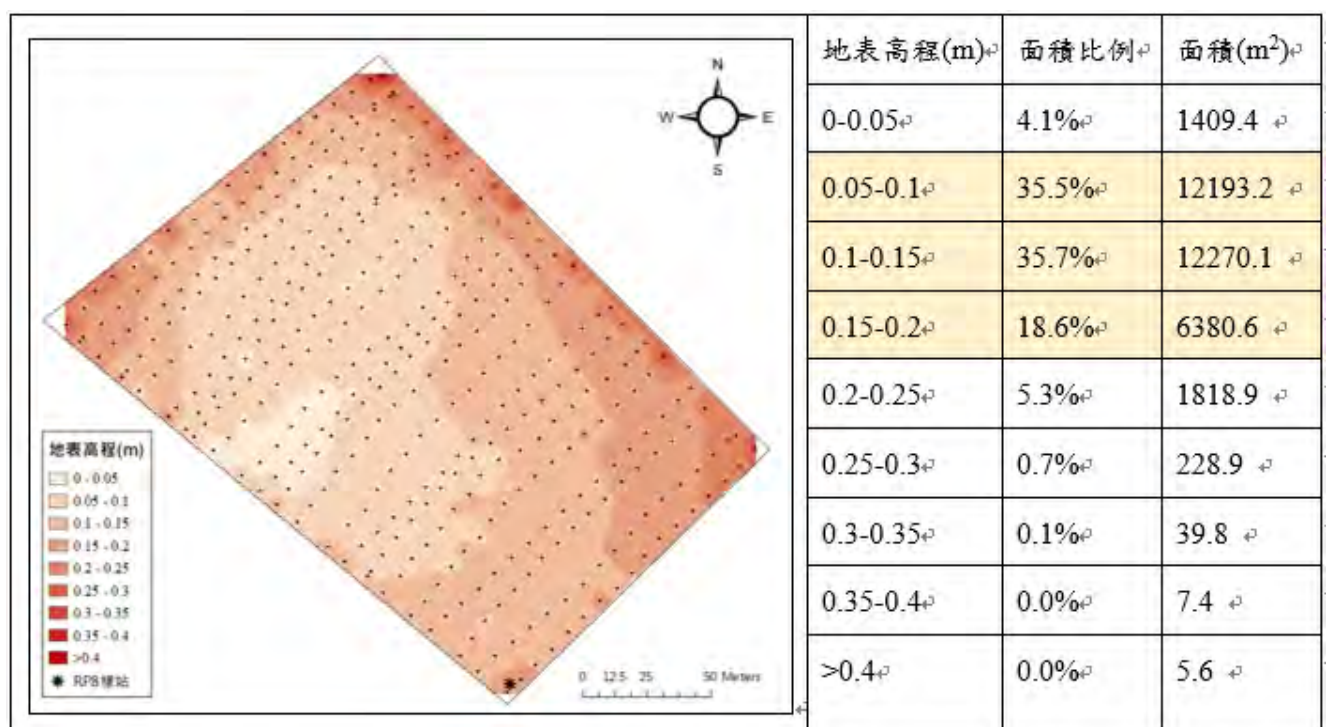
資料來源：本團隊繪製

圖 4-10 六號魚塭絕對高程



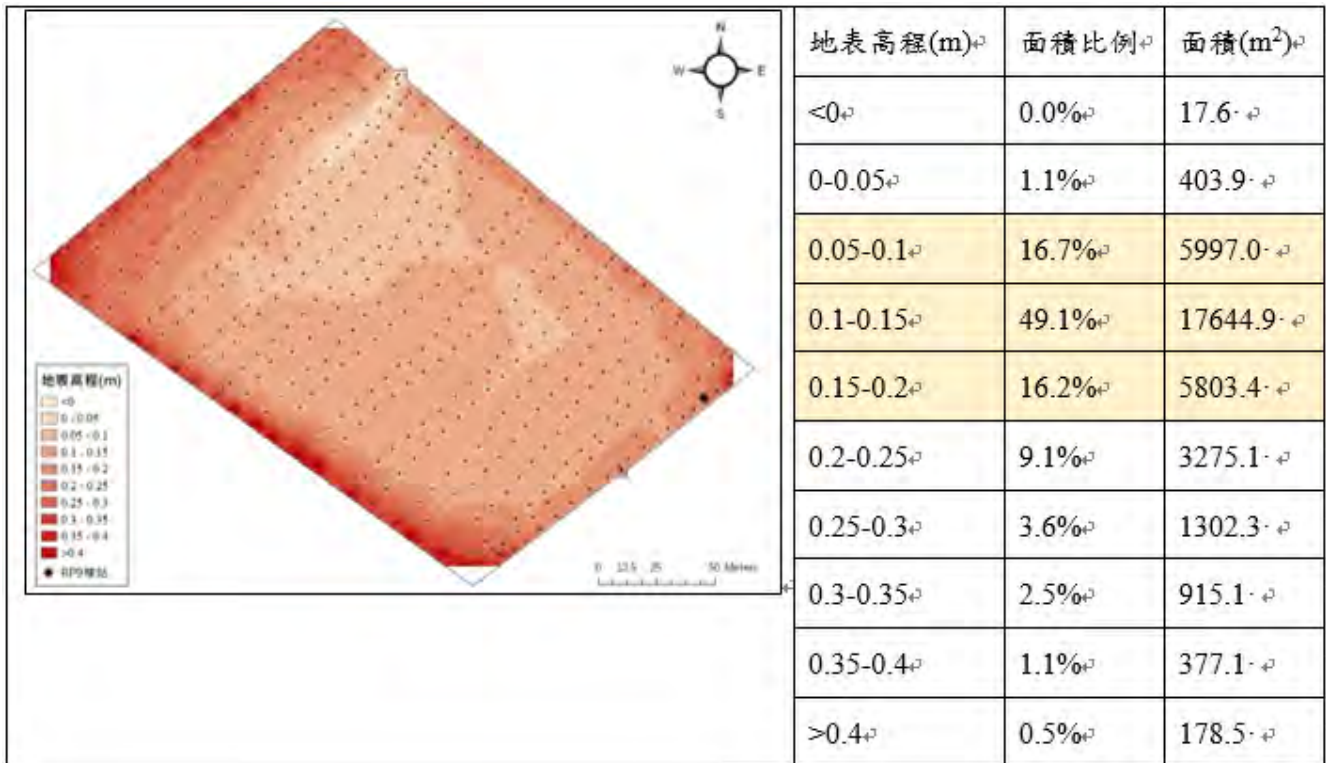
資料來源：本團隊繪製

圖 4-11 七號魚塢絕對高程



資料來源：本團隊繪製

圖 4-12 八號魚塢絕對高程



資料來源：本團隊繪製
圖 4-13 九號魚塢絕對高程

比較各口魚塢之高程，4 號及 5 號魚塢整體地勢最高，核心區域之高程區間介於 0.1 至 0.25 公尺；整體地勢次高者為 3 號及 9 號魚塢，核心區域高程區間介於 0.05 至 0.2 公尺，其中海拔在 0.1 至 0.15 公尺的面積比例分別占總面積的 49.9% 及 49.1%；整體地勢再次者為 6 號及 8 號魚塢，核心區域高程區間介於 0.05 至 0.2 公尺，其中海拔在 0.1 至 0.15 公尺的面積比例分別占總面積的 39.1% 及 35.7%；整體地勢最低者為 7 號魚塢，核心區域高程區間僅為 0 至 0.15 公尺。由此可知，在相同的水文條件之下，4、5 號魚塢具面積最廣的淺水域環境，3、9 號魚塢次之，6、8 號魚塢再次之，7 號魚塢的水深則相對較深。

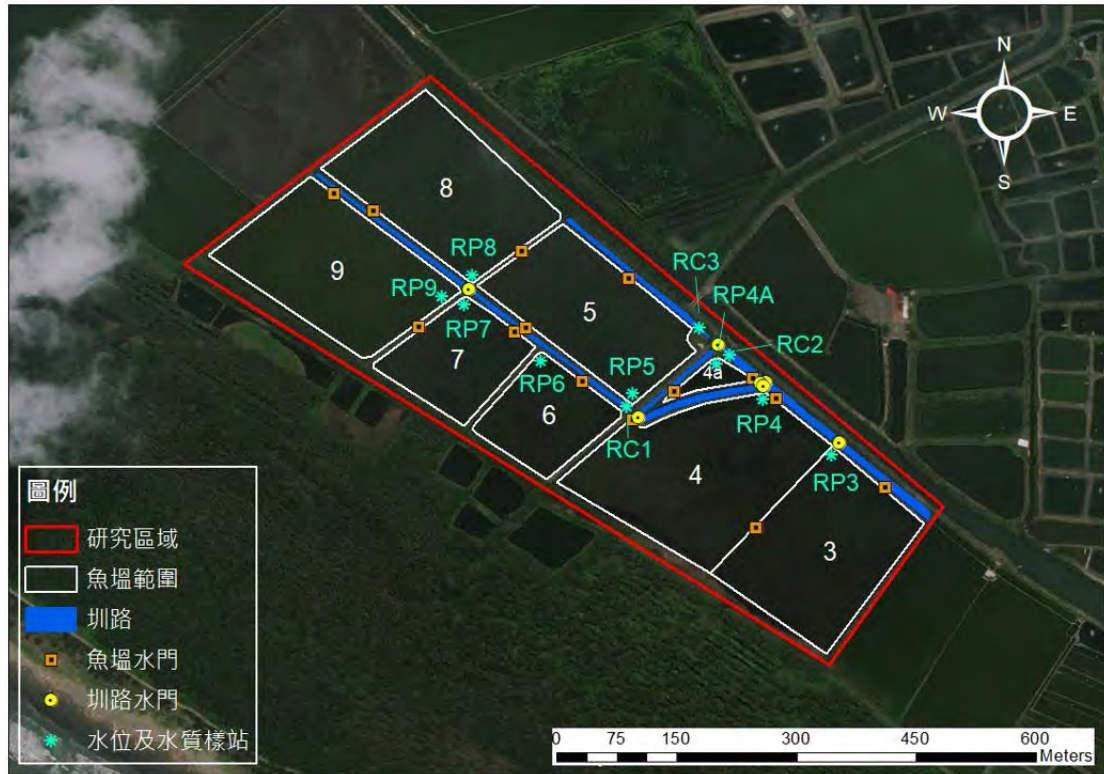
綜觀而言，城西濕地全區地勢的起伏並不大，雖各口魚塢整體高程不同，各池地勢高度的差異也僅約在 5 至 10 公分。儘管如此，5 到

10 公分的水深差距也可能吸引不同類群的鳥類前來利用棲地(圖 2-1) ,
因此地勢的高低仍是此區進行棲地營造計畫時需要納入考量之因素。

第五章 水文基礎調查

城西濕地之出入水口經竹筏港溪之二排水及鹿耳門溪連通至外海，外海潮汐漲退幅度、整體潮位變化與魚塭內之水深波動有一定的關聯性。為了掌握濕地水深隨時間變化之情況，確保未來訂定棲地營造計畫時能隨時節之不同應對做出適宜的安排，並釐清水門擋板於棲地營造計畫進行時之放置時機，本計畫一方面記錄各月份計畫區內各口魚塭的水深變化，另一方面則探討不同時間尺度之下外海潮位變化對魚塭水深波動之影響。

本團隊於研究範圍內 8 口魚塭及圳路 3 處共佈置 11 個水深及水質樣站(圖 5-1、圖 5-2)。魚塭 8 處的樣站編號由 RP3、RP4、RP4A、RP5 依序至 RP9；圳路 3 處的樣站編號則為 RC1、RC2 及 RC3。水深數據的蒐集透過記錄水尺的讀值，其結果分別在第五章及第六章呈現；水質調查則利用水質儀(YSI Professional Multiparameter Instrument)於 11 處樣站現場測量，項目包含水溫、溶氧、pH 及鹽度，其結果在第六章呈現。



資料來源：本團隊繪製

圖 5-1 水深及水質樣站位置



資料來源：本團隊拍攝

圖 5-2 四 A 魚塭水尺

5.1 全區水深調查成果

城西濕地水文收支的項目包括入(出)水口 C5 的水流量、地下滲水量、降雨量及日曬蒸發量。入(出)水口的進、退水受潮汐影響，令計畫區之水深每日有兩次起落。地下滲水則來自濕地內魚塭底部的土層，因城西濕地所處位置已相當接近海岸，地面下之水系相通，若外海潮位顯著高於濕地水位，則兩者會產生位能差，水流透過地底滲透入濕地，使濕地水位提升接近至外海潮位為止；反之，濕地水位若高於外海潮位許多，亦會由魚塭底部滲出。降雨量在 6 到 8 月時較有影響，7、8 月連續幾天的午後雷陣雨可能在短期間內令濕地水深明顯提升。蒸發量亦隨季節改變，若以附錄一台南市永康區的蒸發量作參考，以夏季 6 至 8 月平均的月蒸發量最高，冬季 12 月至隔年 2 月則最低。

透過全區水深調查與高程測量兩者搭配，由樣站位置單點的水深及地表高程資訊便可了解該口魚塭整體的水深狀況。本團隊自 2018 年 2 月 26 起至 12 月 13 日止，共進行 34 次全區水深調查，對計畫區內的 8 處魚塭樣站及 3 處圳路樣站之水深進行調查。除 8 月份因天氣因素未留下調查紀錄，其餘月份調查的次數為 1 至 8 次不等。圖 5-3 為計畫區所有樣站的水深紀錄，圖 5-4 至圖 5-11 為各個魚塭樣站的細部紀錄，圖 5-12 至圖 5-14 則為圳路樣站的細部紀錄。而因魚塭樣站設立於魚塭池邊，樣站之水深未必能直接反映魚塭池中央之水深，

故對照樣站處之高程以後，在圖 5-4 至圖 5-10 圖中標記紅線，其意義為若該魚塭樣站的水深低於紅線標記處，則池中央核心區域(定義參照 4.3 節)的水深達 20 公分以下。

由圖 5-3 呈現之結果可以發現，除了部分時間受試驗影響的 6 號與 9 號魚塭以外，各口魚塭之水深隨時間之變化趨勢大致相同，2 月底為調查期間全區整體水深最低之時，隨後經 3、4、5 月水深漸深，6 月中後水深再次明顯提升，直至 10 月下旬才明顯下降，此後水深雖有起伏，但整體趨勢漸降，直至 12 月中再次慢慢接近一年中水深之低點。

RP3 樣站水深最低為 2 月 26 日時的 7 公分，3 月至 6 月初維持約 20 公分，隨後急遽上升，至 7 月 27 日達最高 46 公分，至 10 月初水深在 35 至 41 公分之間變動，10 月下旬後漸漸降低到 30 公分以下，12 月以後則達 20 公分以下。若以 3 號魚塭核心區域水深在 20 公分以下為候鳥季理想的水深標準，RP3 樣站處水深則應小於 20 公分(圖 5-4)，而每年約自 11 月底起至隔年 3 月中，核心區水深可穩定達 20 公分以下。

RP4 樣站水深於 2 月 26 日時為 15 公分，3 月中起至 6 月初約在 25 至 30 公分間變動，6 月中以後急遽上升，7 月 27 日達最高 50.5 公分，至 10 月初水深在 37.5 至 44 公分間變動，11 月初以後漸漸降低

至 30 公分以下，12 月 3 日最低水深一度達 11 公分。若以 4 號魚塢核心區域水深在 20 公分以下為候鳥季理想的水深標準，RP4 樣站處水深則應小於 30 公分(圖 5-5)，而每年約自 11 月初起至隔年 3 月中，核心區水深可穩定達 20 公分以下。

RP5 樣站水深於 2 月 26 日時為 1.5 公分，3 月中起至 6 月初約在 10 至 15 公分間變動，6 月中以後急遽上升，7 月 27 日達最高 37.5 公分，至 10 月初水深在 29 至 36 公分間變動。10 月底以後水深下降至 25 公分以下，11 月底以後則降至 15 公分以下，12 月 6 日樣站處一度乾涸無水，而後 12 月 13 日回升至 11 公分。若以 5 號魚塢核心區域水深在 20 公分以下為候鳥季理想的水深標準，RP5 樣站處水深則應小於 15 公分(圖 5-6)，而每年約自 11 月底起至隔年 3 月中，核心區水深可穩定達 20 公分以下。

RP6 樣站水深於 2 月 26 日時為 1 公分，3 月中起至 6 月初約在 15 至 20 公分間變動，6 月中旬以後急遽上升，7 月 27 日達最高 39 公分。10 月 23 日起至 11 月 19 日，此段期間水深受抽水機抽水影響，11 月 5 日以前水深變動較大，11 月 12 日以後抽水機穩定運轉，水深維持在 6.5 至 8.5 公分之間(詳見第六章)。抽水機停抽以後，11 月下旬以後水深界在 10.5 至 17.5 公分之間。若以 6 號魚塢核心區域水深在 20 公分以下為候鳥季理想的水深標準，RP6 樣站處水深則應小於

15 公分(圖 5-7)，而每年約自 12 月底起至隔年 3 月初，核心區水深可穩定達 20 公分以下。

RP7 樣站水深於 2 月 26 日時為 3 公分，3 月中起至 6 月初約在 15 至 20 公分間變動，6 月中旬以後急遽上升，7 月 27 日達最高 41 公分，至 10 月初水深在 30 至 36 公分之間變動。10 月中旬以後水深漸降到 30 公分以下，11 月底以後則再降至 20 公分以下。若以 7 號魚塢核心區域水深在 20 公分以下為候鳥季理想的水深標準，RP7 樣站處水深則應小於 10 公分(圖 5-8)，而每年約自 12 月底起至隔年 3 月初，核心區水深可穩定達 20 公分以下。

RP8 樣站水深於 2 月 26 日時為 3 公分，3 月中至 4 月中水深約在 10 至 15 公分之間，5 月底和 6 月初則在 15 至 20 公分之間。6 月中旬以後水深急遽上升，7 月 27 日達最高 39 公分，至 10 月初水深在 29 至 37 之間變動。10 月中旬以後水深漸降到 25 公分以下，11 月底以後則再降至 15 公分以下。若以 8 號魚塢核心區域水深在 20 公分以下為候鳥季理想的水深標準，RP8 樣站處水深則應小於 10 公分(圖 5-9)，而每年約自 12 月底起至隔年 3 月初，核心區水深可穩定達 20 公分以下。

RP9 樣站水深於 2 月 26 日時為 4 公分，3 月中至 6 月初水深約在 10 至 15 公分之間，6 月中旬以後水深急遽上升，7 月 27 日達最高 39

公分，至 10 月初水深在 28 至 34 之間變動。10 月中旬以後水深漸降到 25 公分以下，11 月底以後則再降至 10 公分以下。9 號魚塢自 10 月 25 日至 12 月 13 此段期間架設水門擋板進行試驗，非維持自然感潮之水深(詳見第六章)。若以 9 號魚塢核心區域水深在 20 公分以下為候鳥季理想的水深標準，RP9 樣站處水深則應小於 10 公分(圖 5-10)，而每年約自 12 月底起至隔年 3 月初，核心區水深可穩定達 20 公分以下。

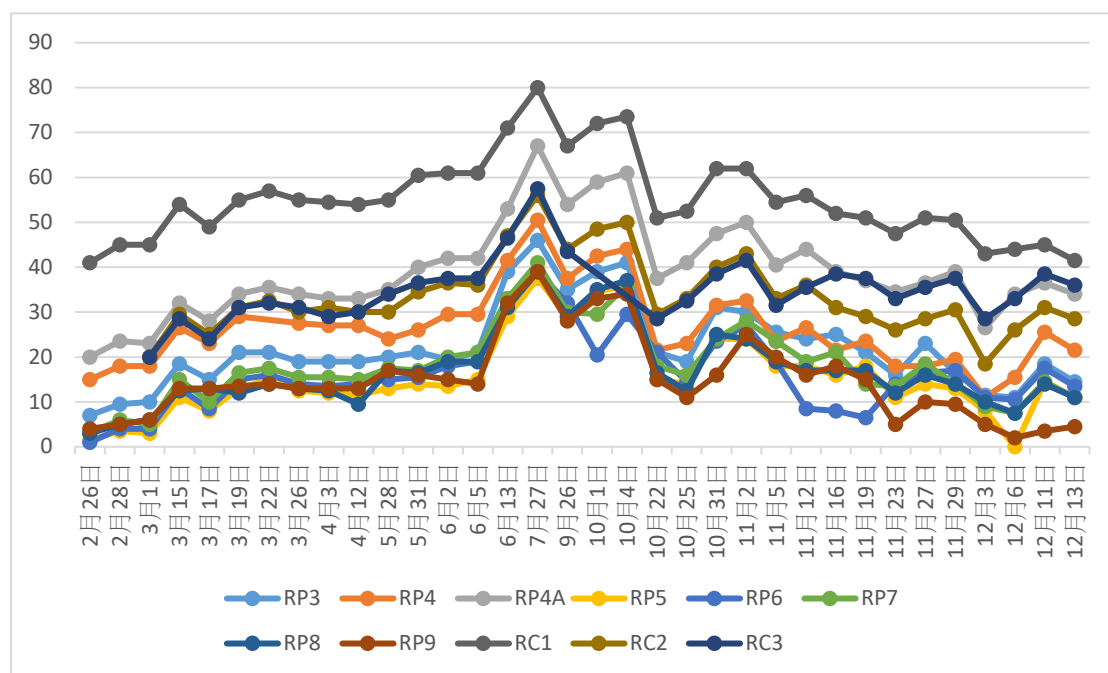
RP4A 樣站水深於 2 月 26 日時為 20 公分，3 月中起至 4 月中約在 30 至 35 公分間變動，5 月底時升至 40 公分。6 月中旬以後水深急遽上升，7 月 27 日達最高 67 公分，至 10 月初水深在 54 至 61 公分之間變動。10 月中旬以後水深漸降到 50 公分以下，11 月底以後則再降至 40 公分以下(圖 5-11)。

RC1 樣站水深於 2 月 26 日時為 41 公分，3 月中起至 5 月底約在 50 至 55 公分間變動，6 月初時升至約 60 公分。6 月中旬以後水深急遽上升，7 月 27 日達最高 80 公分，至 10 月初水深在 67 至 74 公分之間變動。10 月中旬以後水深漸降到 65 公分以下，11 月底以後則再降至 55 公分以下(圖 5-12)。

RC2 樣站水深於 2 月 26 日時為 20 公分，3 月中起至 5 月底約在 25 至 30 公分間變動，6 月初時升至約 35 公分。6 月中旬以後水深急

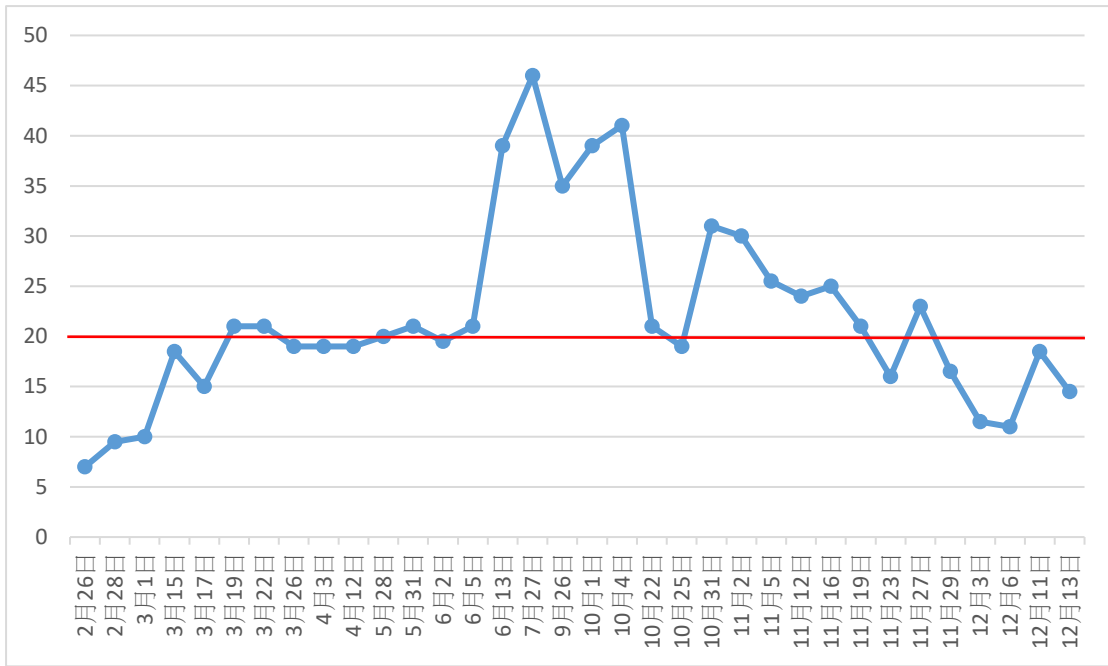
遽上升，7月27日達最高56公分，至10月初水深在44至50公分之間變動。10月中旬以後水深漸降到45公分以下，11月中以後則再降至35公分以下(圖5-13)。

RC3樣站水深於2月26日時為20公分，3月中起至4月中約在25至30公分間變動，5月底至6月初時升至約35至40公分。6月中旬以後水深急遽上升，7月27日達最高57.5公分，9月底後水深漸降到45公分以下，10月中旬以後水深維持在約30至40公分之間變動直至12月中(圖5-14)。



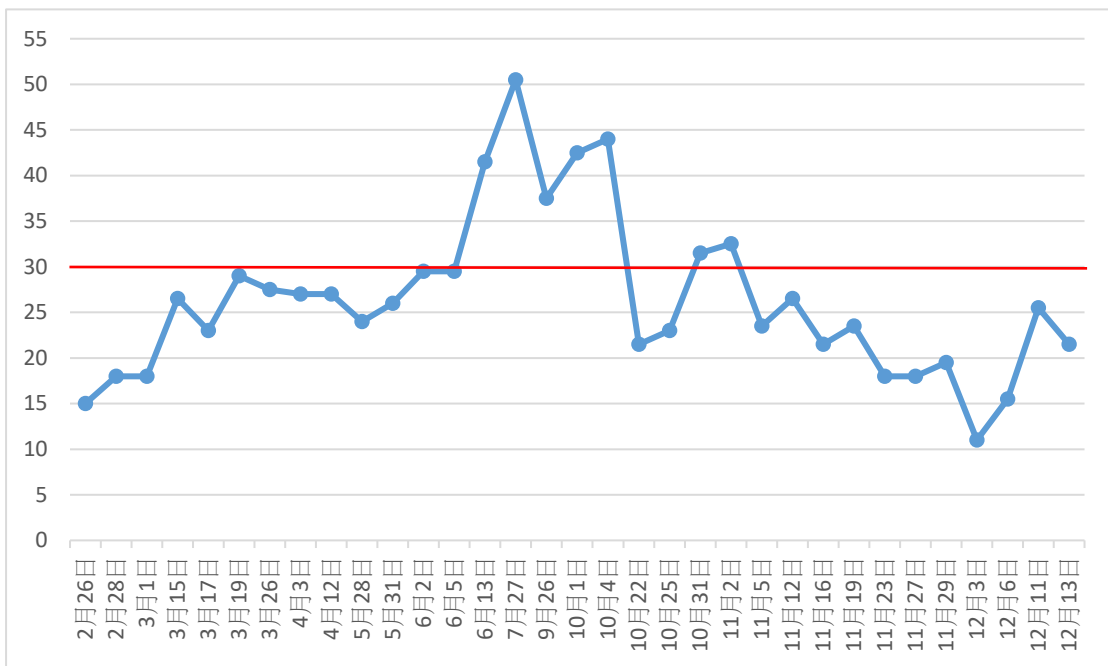
資料來源：本團隊繪製

圖 5-3 計畫區樣站水深紀錄



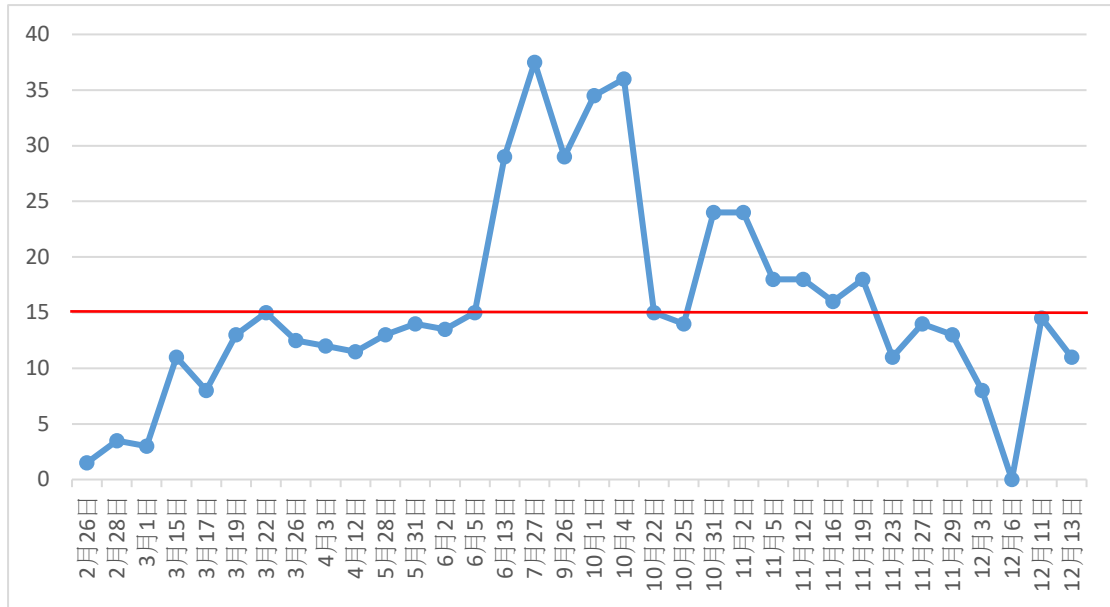
資料來源：本團隊繪製

圖 5-4 RP3 樣站水深紀錄



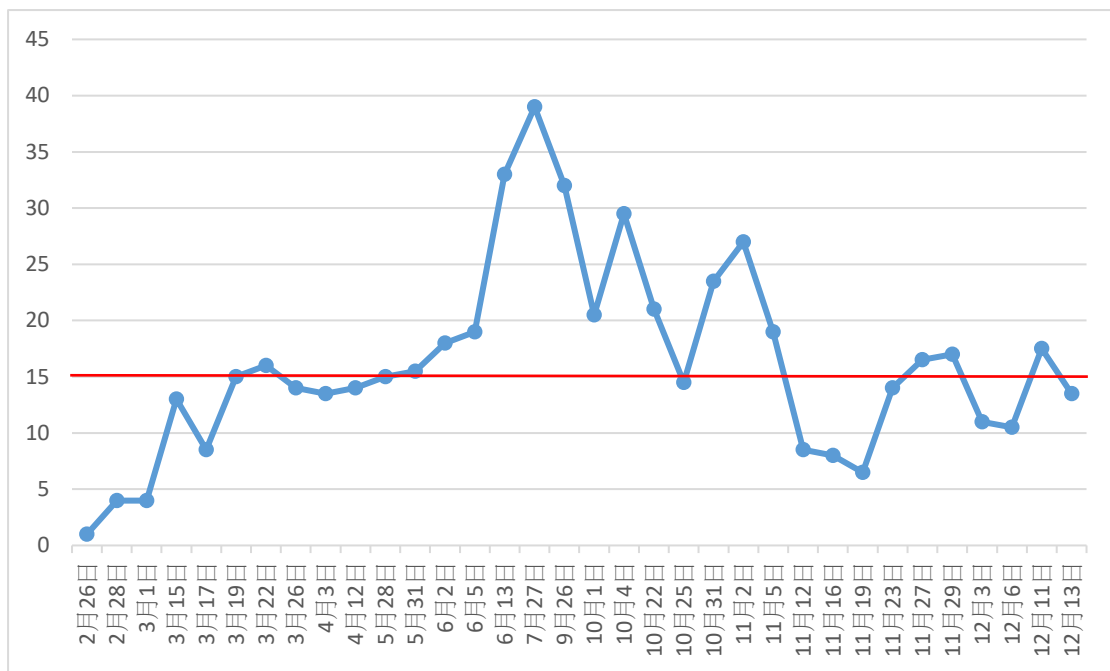
資料來源：本團隊繪製

圖 5-5 RP4 樣站水深紀錄



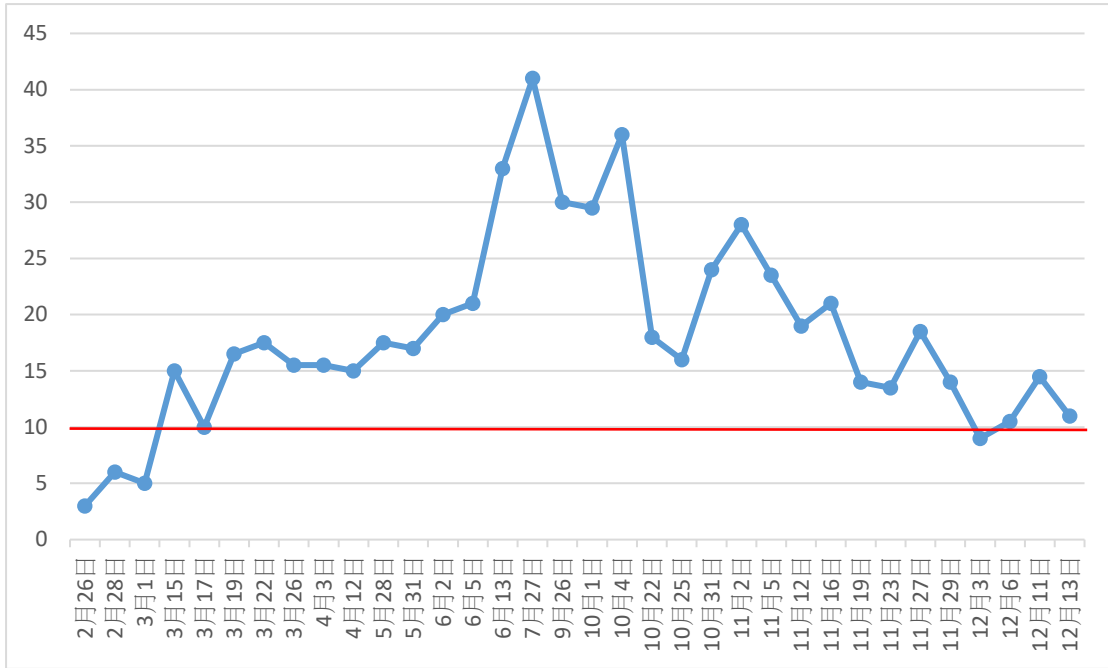
資料來源：本團隊繪製

圖 5-6 RP5 樣站水深紀錄



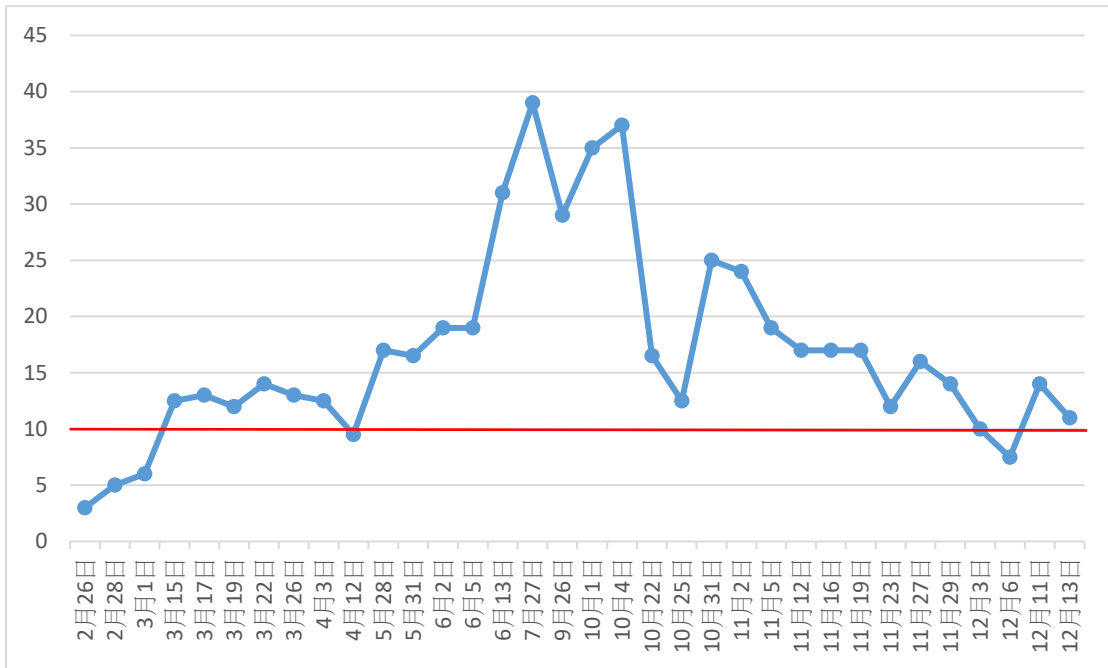
資料來源：本團隊繪製

圖 5-7 RP6 樣站水深紀錄



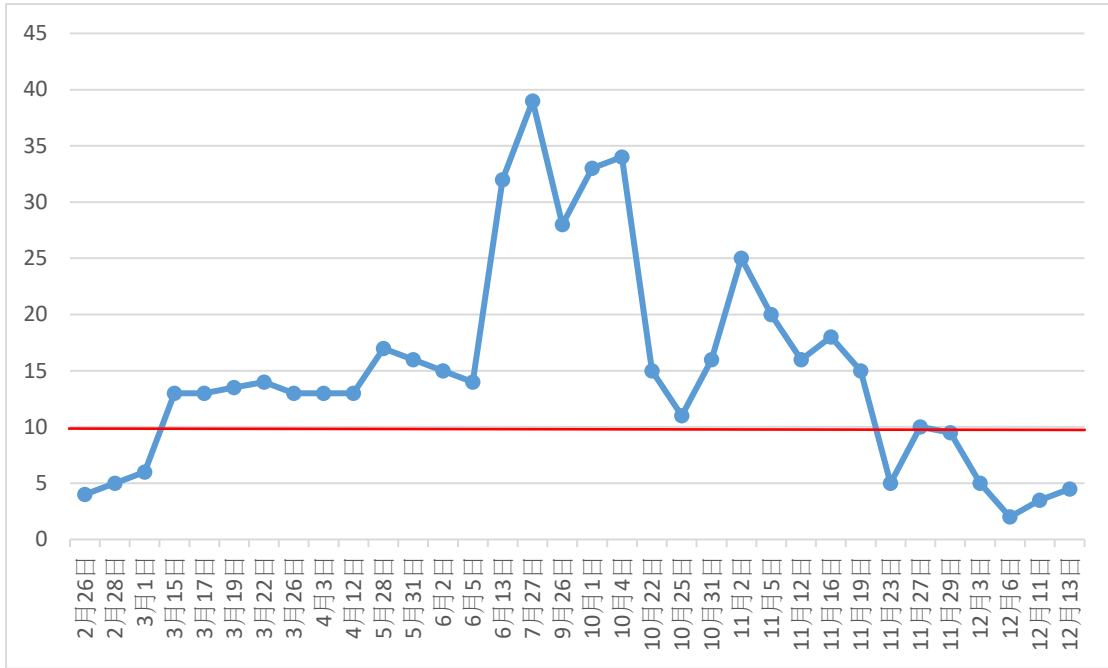
資料來源：本團隊繪製

圖 5-8 RP7 樣站水深紀錄



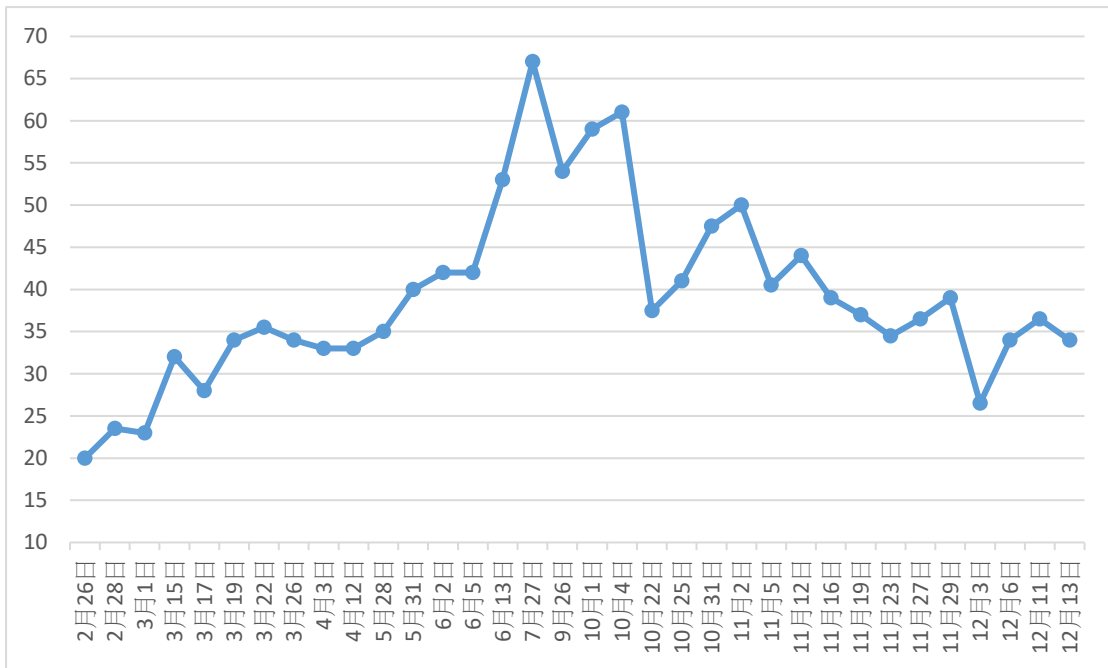
資料來源：本團隊繪製

圖 5-9 RP8 樣站水深紀錄



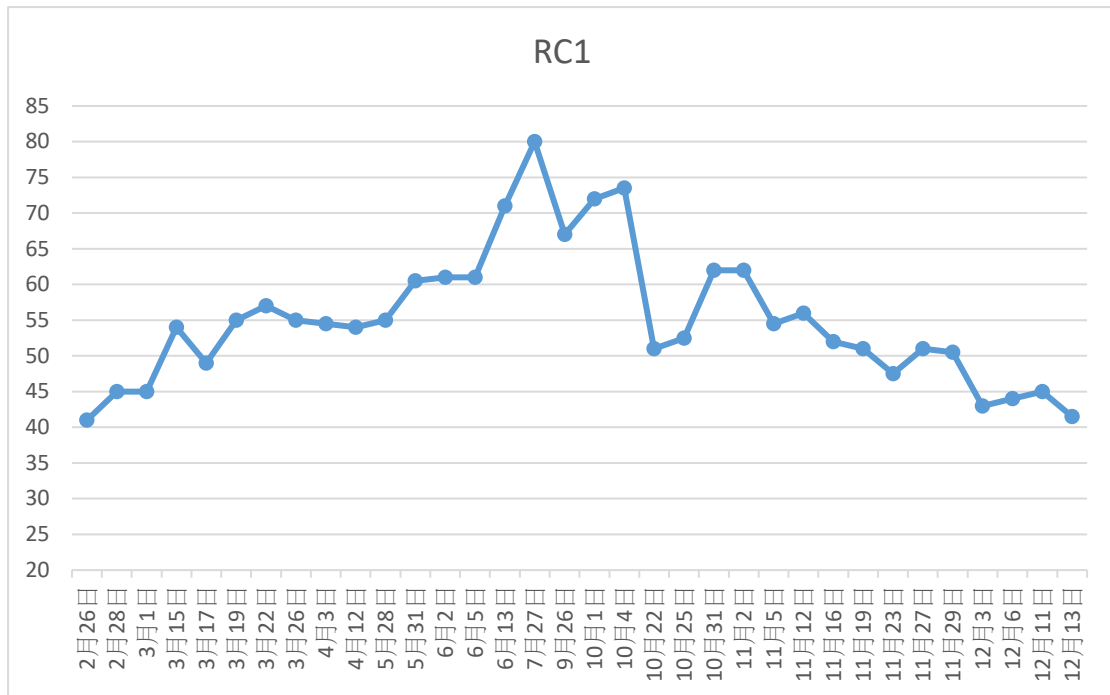
資料來源：本團隊繪製

圖 5-10 RP9 樣站水深紀錄



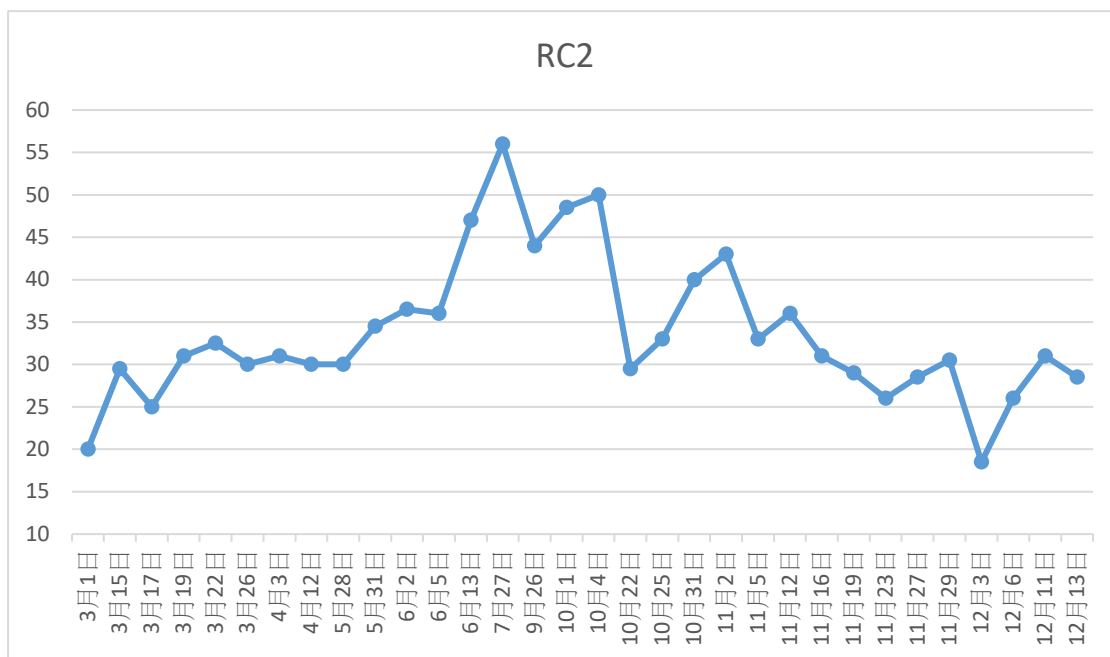
資料來源：本團隊繪製

圖 5-11 RP4A 樣站水深紀錄



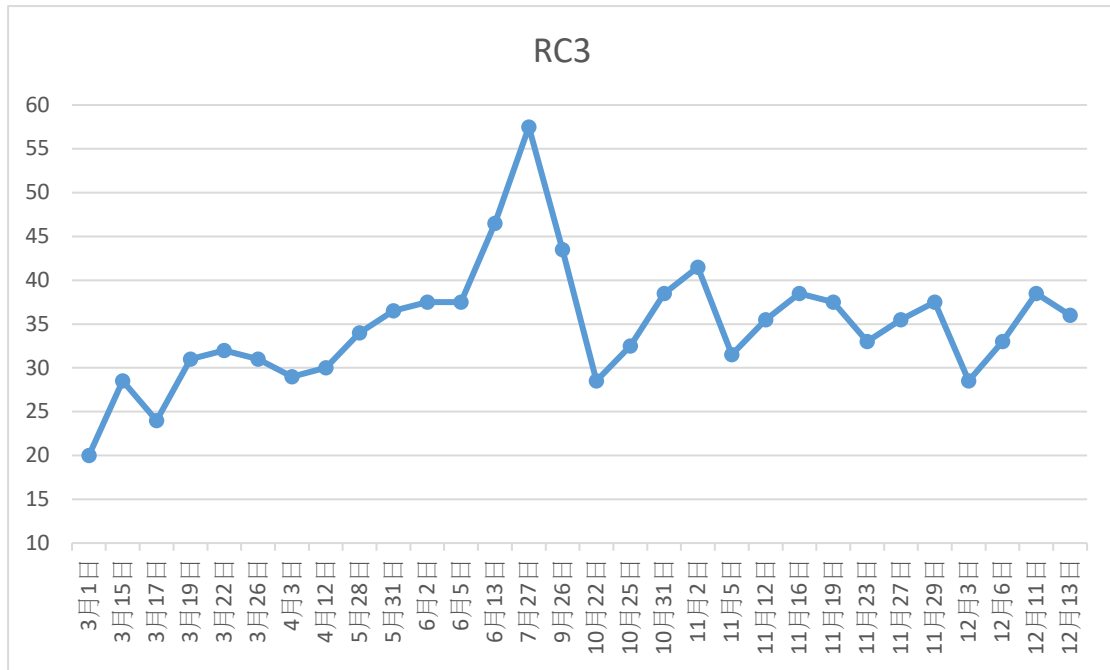
資料來源：本團隊繪製

圖 5-12 RC1 樣站水深紀錄



資料來源：本團隊繪製

圖 5-13 RC2 樣站水深紀錄



資料來源：本團隊繪製

圖 5-14 RC3 樣站水深紀錄

5.2 基地水深漲退分析

因城西濕地先經排水路與河道才連結至外海，故外海潮位漲退與濕地內水深的升降存在時間差。為了進一步了解外海潮水漲退與城西濕地水深漲退於時間上之關聯性，本團隊以 2018 年 4 月份所進行之兩次實地觀察，嘗試搭配中央氣象局安南區的潮汐預報每日滿潮及乾潮時間點之資訊做對照。

於 4 月 3 日安南區外海乾潮時間點為上午 4 點 29 分，實際觀察城西濕地水深的低點發生在 8 點 12 分，外海與魚塢水深低點發生的時間差為 3 小時 43 分鐘。此次乾潮過後，隨後滿潮時間點為上午 10 點 37 分，而外海跟魚塢水深高點的時間差則大於 3 小時 40 分鐘；另於 4 月 12 日安南區外海滿潮時間點為上午 7 點 43 分，而實際觀察外海與魚塢水深高點發生的時間差為 4 小時 24 分鐘。滿潮過後，下次乾潮時間點為上午 10 點 37 分，而外海跟魚塢水深低點的時間差則小於 3 小時()。由於潮汐的週期，即滿潮至乾潮或乾潮至滿潮的時間持續變化(表 5-2，以 4 月 3 日及 4 月 12 日為例)，進而令外海水深的高(低)點與魚塢內水深的高(低)之間的延遲時間不固定，但通常界在 3 至 4 個半小時。

表 5-1 潮汐與魚塭水深時間關係表

日期	滿/乾潮時間點	魚塭水深高/低點時間	時間差
4/3	04:29(乾潮)	08:12(低點)	3 小時 43 分
	10:37(滿潮)	14:17 以後(高點)	> 3 小時 40 分
4/12	07:43(滿潮)	12:07(高點)	4 小時 24 分
	10:37(乾潮)	13:37 以前(低點)	< 3 小時

表 5-2 4 月 3 日及 4 月 12 日潮汐週期

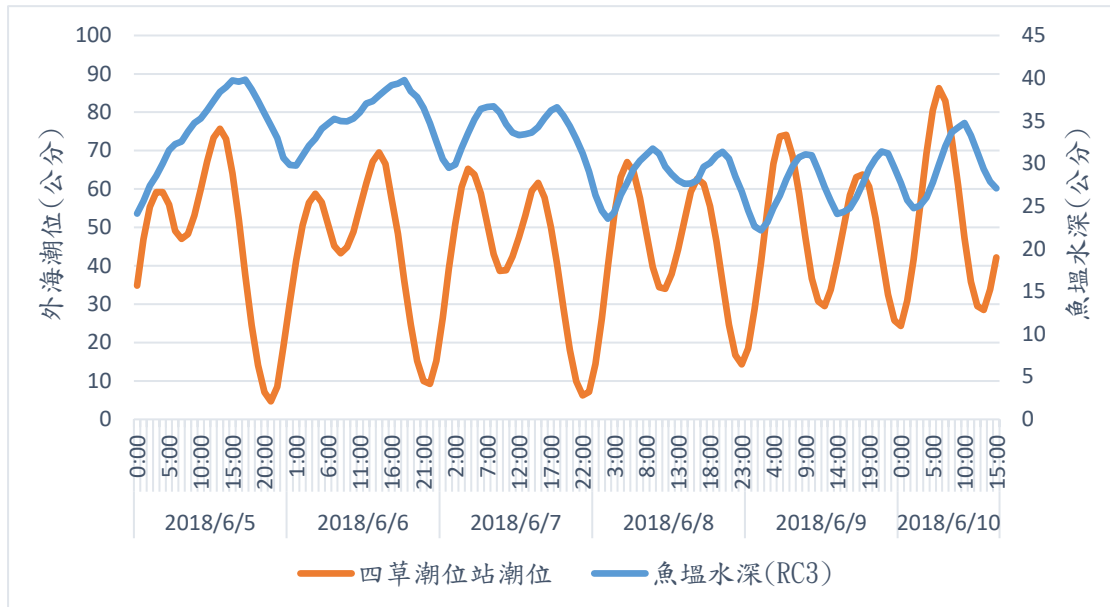
日期	乾/滿潮時間點	至下次滿潮/乾潮時間
4/3	04:29(乾潮)	6 小時 8 分
	10:37(滿潮)	6 小時 34 分
	17:11(乾潮)	-
4/12	01:09(乾潮)	6 小時 34 分
	07:43(滿潮)	5 小時 18 分
	13:01(乾潮)	6 小時 17 分
	19:18(滿潮)	-

因以人力實地觀察的調查時數有限，為了更進一步掌握魚塭進退水之模式，本團隊後於 6 月份在 RC3 樣站另以自計式水深計(HOBO U20 & U20L Water Level Logger)蒐集逐時水深數據，每小時記錄一次樣站的水深。其中 6 月 5 日至 6 月 10 之數據整理結果如圖 5-15，藍線為魚塭內 RC3 樣站之自計式水深計所得之實際水深紀錄值，對照右側 Y 軸之水深數值；橘線則為取經濟部水利署四草潮位站逐時潮位記錄所作，對照左側 Y 軸之數值，用以表示海水水深漲退之情形。四草潮位站設立於鹿耳門溪口，為距計畫區最近的潮位站，其潮位高度以相對臺灣高程基準(TWVD2001，以基隆港平均海水面為 0)表示。

由所記錄期間之中後半段於 6 月 7 日至 6 月 10 日的結果可以發現，魚塭水深及外海潮位變化的趨勢一致，外海潮汐漲退發生以後約 3 至 5 小時，魚塭水深亦隨之起伏，惟起伏幅度較小。然而，所記錄期間之前段於 6 月 5 日 0 點至 6 月 6 日 1 點期間內，外海共發生兩次乾潮(6 月 5 日 7 點 14 分與 6 月 5 日 20 點 49 分)，魚塭內水深的低點卻只出現一次(6 月 6 日 1 點)，而非隨潮汐有兩次的波動。進一步推估此現象發生的原因有二：其一為，6 月 5 日第一次外海滿潮至乾潮的潮差小(15 公分)，使得內陸的魚塭水深起伏更有限；其二為，滿潮過渡至乾潮的時間相對短(3 小時 42 分鐘)，因內外水深漲退存在的時

間延遲，當魚塭準備要退水時，外海又開始漲潮而導致水無法排出。

6月6日亦出現與前一日類似之情形。



資料來源：本團隊繪製

圖 5-15 潮汐與基地水深漲退關係

5.3 外海潮位之月份變化與基地水深

基地之水深除因每日兩次隨潮汐漲退改變高度以外，外海平均潮位高度隨著月份的不同亦會產生變化，進而影響城西濕地的水深。因安南區外海並無潮位站，故取鄰近將軍潮位站之資料作說明，潮位高度以相對臺灣高程基準(TWVD2001，以基隆港平均海水面為 0)表示。表 5-3 為中央氣象局將軍潮位站近記錄過去 39 年間每月潮位高度之平均值，由統計之結果可以發現將軍一帶平均潮位最高發生在每年國曆 8 月份，9 月份起平均潮位漸低，直至隔年 1 月份平均潮位達最低點，而後從 2 月份起平均潮位再升高至 8 月份止，周而復始地循環。

8 月份之平均潮位相較於 1 月份差距達 27 公分左右，外海平均潮位的隨月份的漲落亦與濕地各月份水深的不同有關聯性。

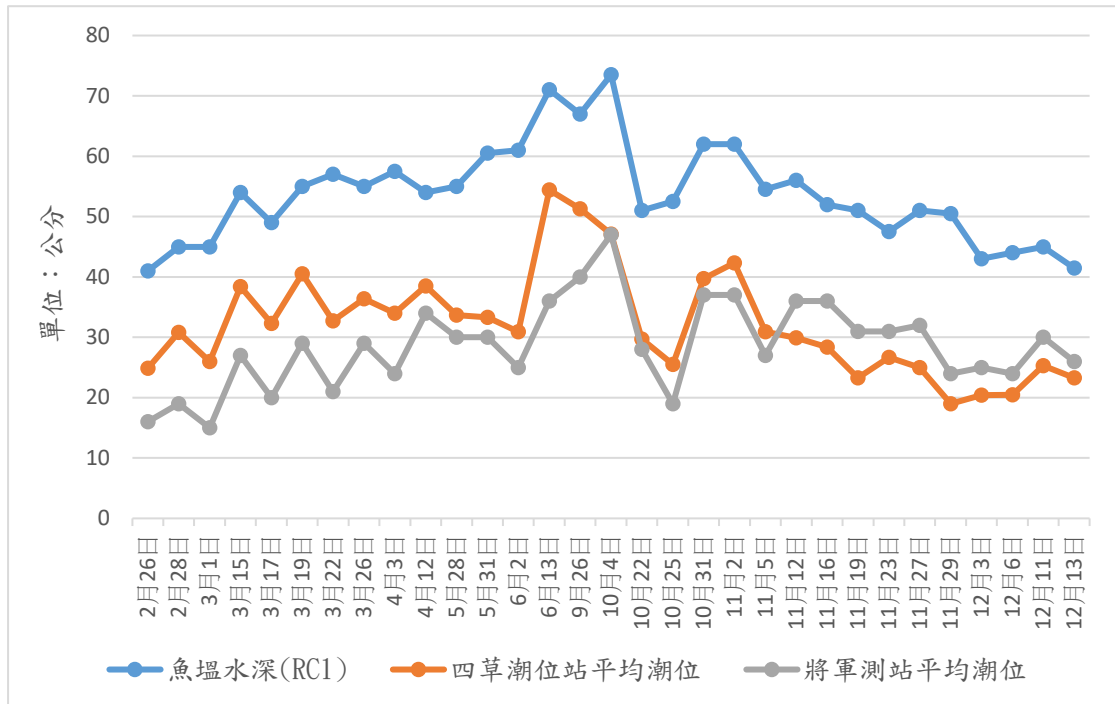
表 5-3 將軍每月潮汐統計表(1979-2017)

資料來源：中央氣象局

月份	平均潮位(m)	平均高潮位(m)	平均低潮位(m)
1	0.201	0.916	-0.565
2	0.227	0.933	-0.494
3	0.246	0.953	-0.435
4	0.299	0.967	-0.396
5	0.353	1.004	-0.371
6	0.4	1.049	-0.349
7	0.425	1.108	-0.298
8	0.472	1.175	-0.234
9	0.453	1.141	-0.231
10	0.405	1.094	-0.297
11	0.341	1.011	-0.414
12	0.247	0.95	-0.501

圖 5-16 將不同月份城西濕地之水深與外海潮位作對照。其中 7 月份及 8 月因降雨量大，濕地不及經單一出水口排水，較無法準確反映其水深與外海潮位之關係，故此兩月份之資料未列入比較。藍線為基地內 RC1 樣站 2018 年 2 月份至 12 月份進行調查之水深；灰線為進行基地水深調查當日將軍測站之平均潮位，同理，橘線則為四草測站之平均潮位。三者水深起伏的趨勢在部分時段雖略有不同，但整體而言濕地水深與外海潮位變化之趨勢皆為 2 月底至 10 月初漸高，至 10 月下旬以後降低。而部分時段濕地水深變化趨勢未與外海潮位完全一

致之主要原因推測為因每次調查基地水深的時間不固定，於高潮或低潮時調查之結果會有一定程度的落差，而將軍及四草潮位皆是取每日平均值。



資料來源：中央氣象局、經濟部水利署。本團隊繪圖

圖 5-16 平均潮位與基地水深關係

城西濕地水深漲退與外海潮位之關係，以短時間尺度而言，受每日兩次的潮汐影響；以長時間尺度而言，受外海平均潮位隨月份之變化決定，棲地營造計畫應將兩種尺度的潮汐影響一同納入考量，令計畫執行時的效果更加顯著。

第六章 水門試驗

本計畫規劃進行三階段的水門試驗，各階段目標不同，分為預試驗、非候鳥季正式試驗及候鳥季正式試驗。預試驗旨在釐清以木板作為水門擋板的擋水效果，選定較小的範圍作初步嘗試，於 2018 年 3 月份執行。非候鳥季試驗原欲於 8 月份執行，探討水門擋板架設阻擋水流自水門進出以後，以日曬降低魚塭水深之效果，但後因該月份連日降雨而取消試驗，留待候鳥季試驗時執行。候鳥季試驗自 9 月底起至 12 月陸續進行，一方面欲釐清透過日曬降低水深之效果，另一方面嘗試利用抽水機降低魚塭水深，在相對短的時間內創造出不同水深，搭配台江國家公園及其周緣緩衝區多樣性棲地營造與評估計畫(3/4)進行生物調查，了解不同水深環境生物利用魚塭之情形(表 6-1)，進一步探討經水門擋板之設置與透過抽水機或日曬的手段，水深是否可成功降低而營造生物友善之環境作為驗證試驗是否成功之標準。另外，除了水深調查以外，各階段之試驗亦搭配水質監測與台江國家公園及其周緣緩衝區多樣性棲地營造與評估計畫(3/4)之生態調查。水質數據的蒐集可用來檢視水門試驗前後水質的變化狀況，若於試驗時出現水質不佳的情形，保有操作水門調整水質的彈性；生態調查則可釐清棲地營造對提升生物利用之成效。

表 6-1 水門試驗統整

	試驗目的	試驗範圍及操作方式	預期目標	執行成果
預試驗 2018 年 3 月	初步測試水門擋板效果	以水門擋板阻隔 8、9 號魚塢，其餘魚塢維持自然感潮	水門擋板有效阻隔水流進出	確認單層木板結構無法完全阻水。後成功改善
非候鳥季試驗 2018 年 8 月	測試日曬降低水深之效果	-	關閉水門擋板後日曬能有效降低水深	無。合併至候鳥季試驗時執行
候鳥季試驗 2018 年 10、11、12 月	①測試日曬降低水深之效果 ②以抽水機降低水深，在較短時間內創造不同水深，了解不同水深鳥類利用之情形	①9 號魚塢設置水門擋板日曬，與維持自然感潮的 8 號魚塢作比較 ②6 號魚塢關閉水門抽水	①關閉水門日曬的 9 號魚塢水深降低速度比維持自然感潮的 8 號魚塢快，且池中央核心區域水深低於 20 公分 ②以抽水機控制 15 公分及 10 公分以下兩種水深	①水門擋板架設一個月後，9 號魚塢水深比 8 號魚塢平均低約 6 公分 ②成功控制水深在 10.5 至 16 公分之間並維持一周；未能將水深降低至 10 公分以下

6.1 預試驗

6.1.1 試驗方式

本團隊於 2018 年 3 月 15 日至 3 月 26 日進行為期 11 天的預試驗。由於當時基礎調查尚未完成，僅先就水門狀況、連通魚塭之水門數目、水深與面積四項因子作考量來決定試驗範圍，其中水深是由各樣站水尺位置之深度判定。依 3 月 1 日時的水深調查，排除水深相對較高的 3、4 號魚塭，面積較小的 4A、6 與 7 號魚塭，以及水門數目較多的 5 號魚塭，最終選定各方面條件相似的 8 號及 9 號兩池作為實驗的範圍(表 6-2)。隨後，於 3 月 15 日外海處於低潮、魚塭內水深相對較低時關閉 P8、P58、P9、P79 四座水門，嘗試控制兩池的水深及了解水門擋板擋水效果，並於 3 月 15 日、3 月 17 日、3 月 19 日、3 月 22 日及 3 月 26 日進行密集水深及水質調查，調查之頻率約為每 2 至 3 天一次。

表 6-2 預試驗範圍決定因子

	水門狀況	連通水門數目	樣站水深(公分)	面積(公頃)
3	一般	2	10	3.2
4	一般	3	18	3.9
4A	一般	2	23	0.2
5	一般	3	3	2.7
6	一般	1	4	1.4
7	P7 損壞嚴重	2	5	1.5
8	一般	2	6	3.2
9	一般	2	6	3.2

6.1.2 水深調查成果

表 6-3 預試驗水深、水質調查時間總表

日期	3/15	3/17	3/19	3/22	3/26
調查時間	12:55~ 13:28	16:31~ 17:52	15:50~ 16:30	15:45~ 16:24	15:07~ 15:45

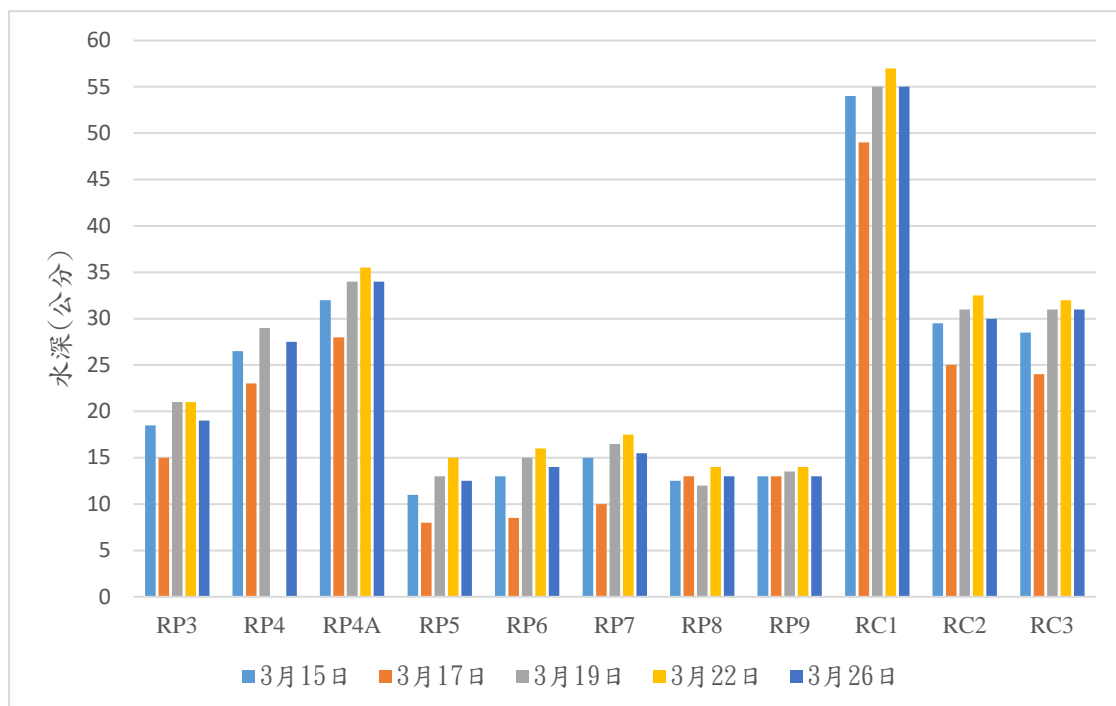
預試驗期間執行了五次水深調查，日期及時間如表 6-3。水深調查的成果如圖 6-1 所示，RP3 樣站的水深介於 15 至 21 公分之間；RP4 樣站僅有四筆資料，水深介於 23 至 29 公分；所有魚塢樣站整體水深最深者為 RP4A 樣站，介於 28 至 34 公分；RP5 樣站水深介於 8 至 15

公分；RP6 樣站水深介於 8.5 至 16 公分。圳路樣站 RC1 之水深介於 49 至 57 公分；RC2 樣站水深介於 25 至 32.5 公分；RC3 樣站水深介於 24 至 32 公分。執行水門試驗的 8 號及 9 號魚塢，RP8 樣站水深介於 12 至 14 公分，RP9 樣站水深則介於 13 至 14 公分。

因 8 號魚塢及 9 號魚塢關閉水門，RP8 及 RP9 樣站水尺的讀值在 11 天當中分別僅有 2 公分及 1 公分以內的變化。其餘樣站水深升降的程度與模式大致相同，3 月 15 日首次記錄水深，兩日後之 3 月 17 日水深降低，隨後於 3 月 22 日時達記錄之最高水深，3 月 26 日時又再次降低，11 天內最高水深與最低水深的差值為 6 至 8 公分。此外，據中央氣象局觀測資料查詢系統的紀錄，預試驗期間，3 月 15 日及 3 月 20 日安南區測站分別記錄到 15 及 49.5 毫米的降雨量(圖 6-2)。就 3 月 20 日較明顯、近 5 公分的降雨量而論，關閉水門進行試驗的 8 號與 9 號魚塢 3 月 19 日與 3 月 22 日兩日的水深差僅為 2 公分及 0.5 公分，未見近 5 公分的水深提升。

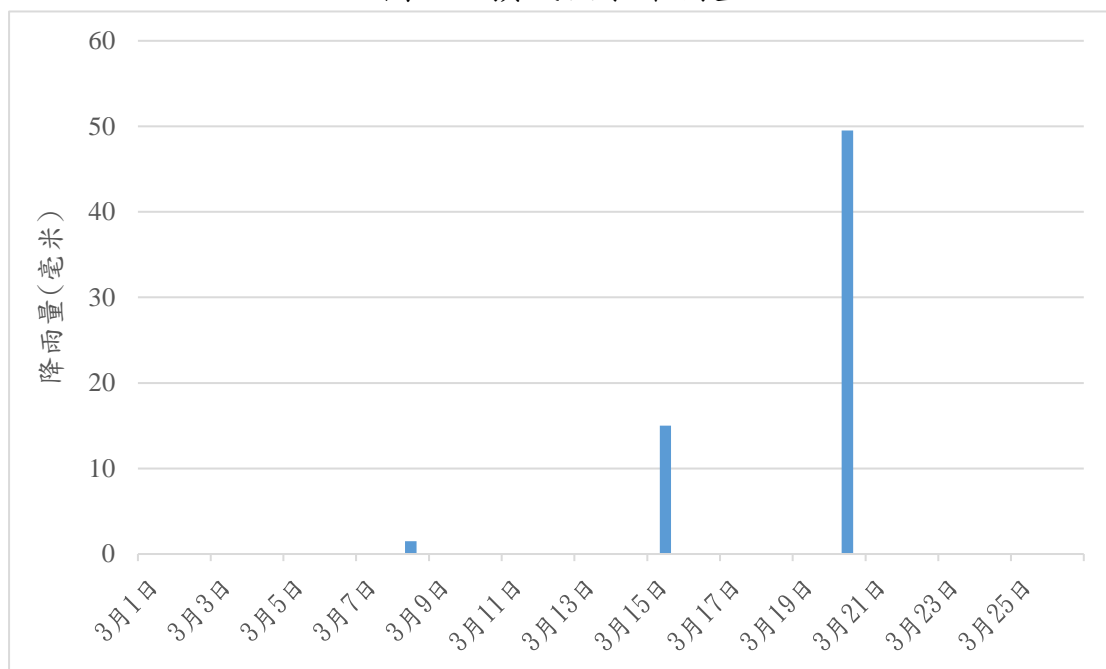
由預試驗水深調查的結果可知，研究區域之水深未完全反應降雨量之變化，透過現場多次觀察解析，了解水門擋板雖具一定阻隔水流的效果，可延緩魚塢水深起落及降雨水流進出魚塢的速度，但單層木板結構無法完全阻絕水的進出，水流仍會從木板與軌道之間以及兩片木板交疊之間的縫隙滲透。水門滲水之問題後經向具養殖經驗人士請

教，在水門架設兩層木板並於兩層木板中間填土後解決，候鳥季試驗時便無再發生水流自木板縫隙滲透狀況。



資料來源：本團隊繪製

圖 6-1 預試驗水深調查



資料來源：中央氣象局。本團隊繪圖

圖 6-2 三月份安南區降雨量

6.1.3 水質調查成果

預試驗期間共執行了五次水質調查，日期及時間如表 6-3。調查之項目為水溫、溶氧、pH 與鹽度，結果如表 6-4，以下逐一敘述。

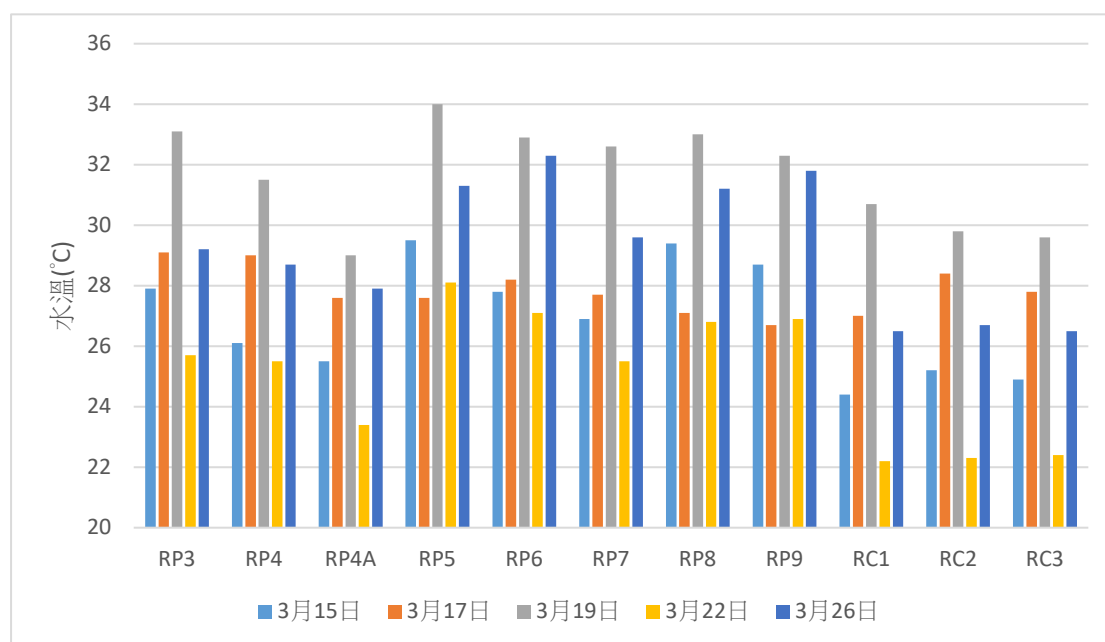
表 6-4 預試驗水質調查成果總表

	RP3	RP4	RP4A	RP5	RP6	RP7	RP8	RP9	RC1	RC2	RC3
水溫(°C)	25.7~ 33.1	25.5~ 31.5	23.4~ 29	27.6~ 34	27.1~ 32.9	25.5~ 32.6	26.8~ 33	26.7~ 32.3	22.2~ 30.7	22.3~ 29.8	22.4~ 29.6
溶氧(mg/L)	8.32~ 10.75	8.46~ 9.62	8.76~ 11.25	5.68~ 11.4	6.27~ 8.16	6.61~ 9.41	7.4~ 14.11	5.85~ 10.57	3.53~ 7.8	4.32~ 11.29	4.17~ 10
pH	8.63~ 9.22	8.51~ 9.06	8.39~ 8.65	8.5~ 9.17	8.48~ 8.61	8.42~ 8.94	8.72~ 9.03	8.08~ 8.8	5.25~ 8.75	8.02~ 8.78	8~ 8.86
鹽度(ppt)	32.53~ 39.01	32.72~ 38.27	32.37~ 37.29	34.4~ 37.85	32.56~ 37.58	30.15~ 37.69	32.78~ 39.58	22.13~ 38.44	32.37~ 38.78	32.3~ 37.59	32.25~ 38.03

1. 水溫：

圖 6-3 為試驗期間各樣站的水溫紀錄。魚塢樣站 RP3 水溫介於 25.7 至 33.1°C；RP4 樣站水溫介於 25.5 至 31.5°C；RP4A 水溫介於 23.4 至 29°C；RP5 樣站水溫介於 27.6 至 34°C；RP6 樣站水溫介於 27.1 至 32.9°C；RP7 樣站水溫介於 25.5 至 32.6°C。圳路樣站 RC1 水溫介於 22.2 至 30.7°C；RC2 樣站水溫介於 22.3 至 29.8°C；RC3 樣站水溫介於 22.4 至 29.6°C。執行水門試驗的 8 號及 9 號魚塢，RP8 樣站水溫介於 26.8 至 33°C，RP9 樣站水深則介於 26.7 至 32.3°C。

各樣站間水溫於不同日期有起伏，一樣站水溫的高或低取決於該樣站水深的深淺，水深愈深，溫度愈低，如 RP4A 及 RC1 樣站水深相對較深(圖 6-1)，同一日的水溫相較於其他樣站便相對較低；不同日期之間整體水溫的差異除了因每日的天氣狀況不同，也可能因於一日之中調查的時間點不同而有變化，愈接近中午調查，整體水溫愈高；反之，愈接近清晨或傍晚，水溫愈低。8 號及 9 號魚塢未見因水門關閉而出現特殊狀況。



資料來源：本團隊繪製

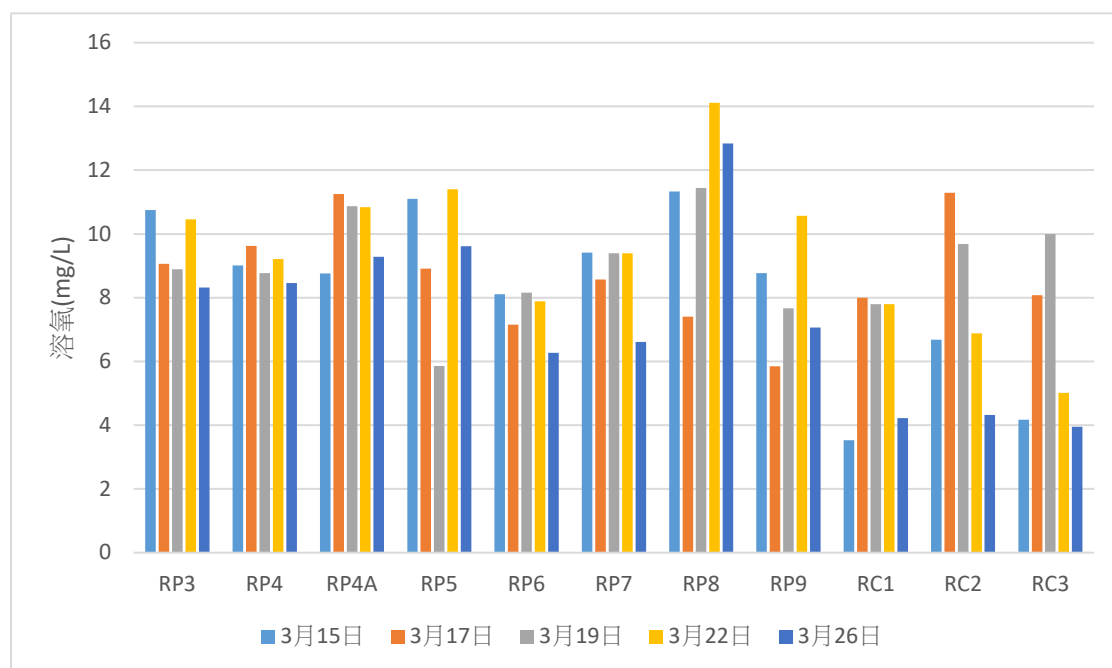
圖 6-3 預試驗水溫紀錄

2. 溶氧：

圖 6-4 為試驗期間各樣站的溶氧紀錄。魚塢樣站 RP3 溶氧介於 8.32 至 10.75 mg/L；RP4 樣站溶氧介於 8.46 至 9.62 mg/L；RP4A 樣站溶氧介於 8.76 至 11.25；RP5 樣站溶氧介於 5.86 至 11.4 mg/L；RP6

樣站溶氧介於 6.27 至 8.16 mg/L；RP7 樣站溶氧介於 6.61 至 9.41 mg/L。圳路樣站 RC1 溶氧介於 3.53 至 8 mg/L；RC2 樣站溶氧介於 4.32 至 11.29 mg/L；RC3 樣站溶氧介於 3.95 至 10 mg/L。執行水門試驗的 8 號及 9 號魚塢，RP8 樣站溶氧介於 7.4 至 14.4 mg/L，RP9 樣站溶氧則介於 5.85 至 10.57 mg/L。

整體而言，溶氧的數值較不固定。儘管溶氧數值的變化較大，但未見有樣站持續保持在低溶氧狀態，進而影響生物生存之情形。



資料來源：本團隊繪製

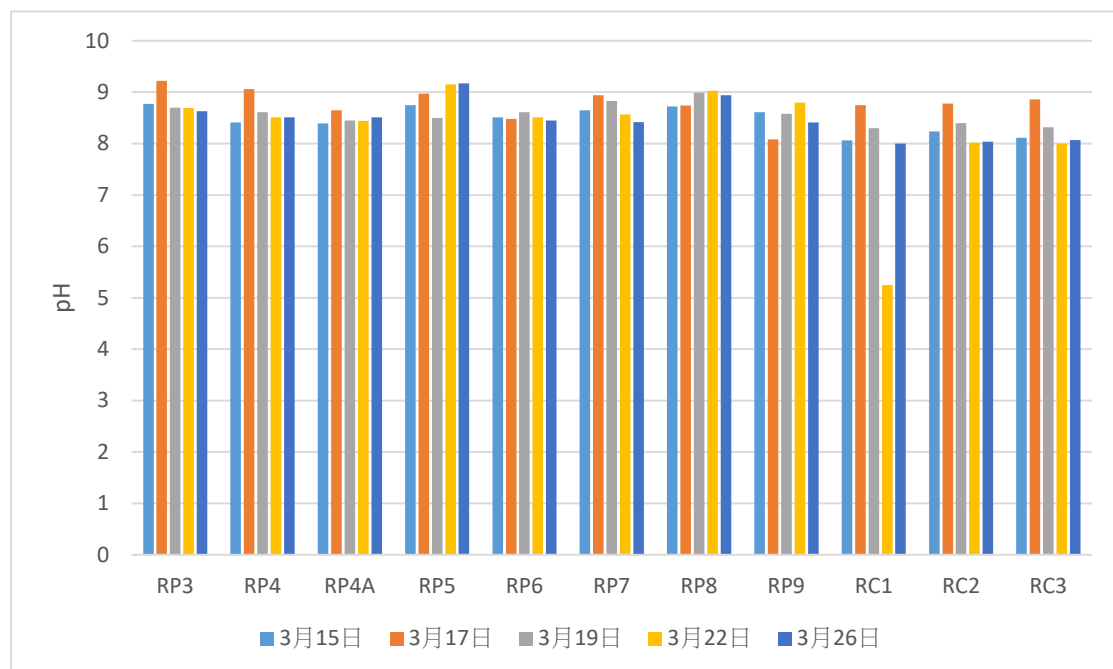
圖 6-4 預試驗溶氧紀錄

3. pH 值：

圖 6-5 為試驗期間各樣站的 pH 值紀錄。魚塢樣站 RP3 之 pH 值介於 8.63 至 9.22；RP4 樣站 pH 值介於 8.41 至 9.06；RP4A 樣站 pH 值介於 8.39 至 8.65；RP5 樣站 pH 值介於 8.5 至 9.17；RP6 樣站 pH

值介於 8.45 至 8.61；RP7 樣站 pH 值介於 8.42 至 8.94。圳路樣站 RC1 之 pH 值於 3 月 22 日時降至 5.25，其餘日期則介於 8 至 8.75；RC2 樣站 pH 值介於 8.02 至 8.78；RC3 樣站 pH 值介於 8 至 8.86。執行水門試驗的 8 號及 9 號魚塭，RP8 樣站 pH 值介於 8.72 至 9.03，RP9 樣站 pH 值則介於 8.08 至 8.8。

城西濕地水質的酸鹼度大致維持穩定，進行試驗的 8 號及 9 號魚塭 pH 值與其他樣站無太大差異。3 月 22 日時 RC1 樣站檢測到 pH 值降至只有 5.25，然而水源來自該圳路的 5 至 9 號魚塭並未見受其影響導致水質明顯變酸之情形，且 3 月 26 日時 RC1 樣站之 pH 值回復正常，因此推測此現象應為局部的偶發事件。



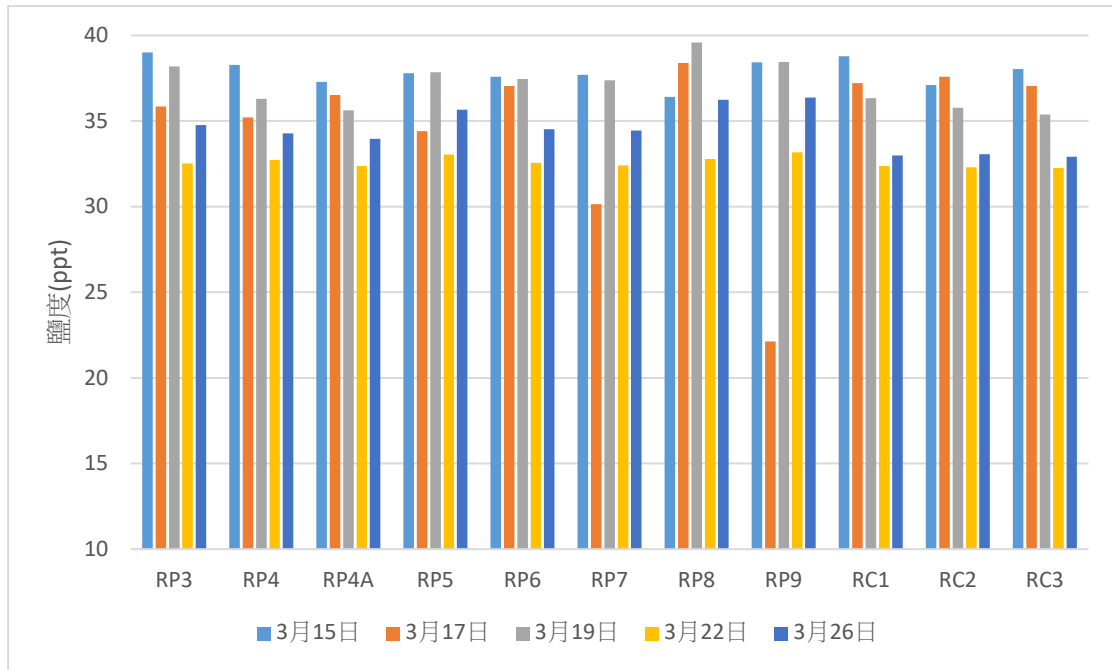
資料來源：本團隊繪製

圖 6-5 預試驗 pH 值紀錄

4. 鹽度：

圖 6-6 為試驗期間各樣站的鹽度紀錄。魚塭樣站 RP3 鹽度介於 32.53 至 39.01 ppt；RP4 樣站鹽度介於 32.72 至 38.27 ppt；RP4A 樣站鹽度介於 32.37 至 37.29 ppt；RP5 樣站鹽度介於 33.05 至 37.85 ppt；RP6 樣站鹽度介於 32.56 至 37.58 ppt；RP7 樣站鹽度介於 30.15 至 37.69 ppt。圳路樣站 RC1 鹽度介於 32.37 至 38.78 ppt；RC2 鹽度介於 33.07 至 37.59 ppt；RC3 樣站鹽度介於 32.91 至 38.03 ppt。執行水門試驗的 8 號及 9 號魚塭，RP8 樣站鹽度介於 32.78 至 39.58 ppt；RP9 樣站於 3 月 17 日時鹽度降至 22.13 ppt，其餘日期則介於 33.17 至 38.43 ppt。

除 3 月 17 日以外，一日之內鹽度在各樣站之間的差異不大，而不同日期之間鹽度雖然有些不同，但亦僅在 30 至 40 ppt 之間變動。8 號及 9 號魚塭雖有水門擋板阻隔，不過水深仍稍有起落(圖 6-1)，並無出現因魚塭內的水持續蒸發使得水深降低、鹽度明顯提高之情形，3 月 20 日 49.5 毫米之降雨亦未使鹽度顯著降低。3 月 17 日 RP9 樣站的鹽度降至僅 22.13 ppt，且 pH 值亦略有下降(圖 6-5)，其餘樣站同一時間並無相同狀況，因此推測可能原因為當時有淡水流入 9 號魚塭，不過因 9 號魚塭無另外的出(入)水口，淡水之來源不可確知。此後之調查無再發現相同現象。



資料來源：本團隊繪製

圖 6-6 預試驗鹽度紀錄

6.2 候鳥季試驗

6.2.1 試驗方式

候鳥季試驗分兩部分執行，第一部分為使用抽水機抽水降低水深，在較短的時間模擬魚塭經日曬水深逐漸降低的過程，了解過程中鳥類利用魚塭覓食的狀況。第二部分試驗欲嘗試關閉水門阻隔來自圳路之水流以後，經由日曬的方式是否能有效降低魚塭水深，同時與維持自然感潮的魚塭比較水深降低的速度。而試驗範圍之選擇，經考量水門狀況、魚塭連通水門數目、擋水門後是否有滲漏疑慮、魚塭之平均高程、水深、面積及距入(出)水口 C5 之距離幾項因子後，第一部分之試驗因抽水機抽水功率有限，選擇面積較小且水深中等的 6 號魚塭進行；第二部分試驗因需環境條件較相似的魚塭作比較，因此選擇 8 號及 9 號魚塭作為試驗的範圍(表 6-5)。因高程測量完成以後，了解樣站處單點的水深數值未必能反映池中央之水深，故水深候鳥季試驗水深之因子改由參考各口魚塭核心區之高程來判定(見 4.3 節)，高程越高則水深愈低。

第一部分之抽水試驗在關閉 6 號魚塭唯一入(出)水口 P6 水門以後，抽水機自 2018 年 11 月 3 日起至 11 月 20 日上午為止，每日運轉 8 至 10 小時，每天啟動及關閉抽水機時記錄水深，一天獲得兩筆 6 號魚塭之水深資料。抽水機運轉令水深漸低以後，最終目標營造 15 公

分及 10 公分以下兩種水深環境。水質調查頻率則為每周一至兩次，透過監測確認關閉水門後是否有水質不佳的情形發生。試驗原定於 11 月 22 日結束，但後因 11 月 20 日時水門擋板遭民眾抽取，以致水流通過水門令水深大幅上升而提前結束試驗。

第二部分之日曬試驗，本團隊自 2018 年 10 月 25 日上午 8 點半，於城西濕地水深剛過低點時關閉 9 號魚塢之 P79 與 P9 兩處水門，8 號魚塢因部分磚堤損毀，雨季時曾發現於圳路水深極高時水流會越過磚堤流進魚塢，故不擋水門維持自然感潮，留作 9 號魚塢日曬試驗之對照組，而試驗期間因外海潮位已較雨季時低，魚塢整體水深隨之下降，未曾再發生水流自磚堤破口進出之情形。試驗原定為期一個月，於 11 月 25 日結束，然而因 10 月 31 日至 11 月 2 日此段期間曾發生水門擋板高度不足使得水流自水門處流入之情形，故後由 11 月 23 日起架高水門擋板，並延續試驗至 12 月 13 日。10 月 25 日至 12 月 13 日間共有 14 比水深調查紀錄及 8 比水質調查紀錄。

表 6-5 候鳥季試驗範圍決定因子

	水門狀況	連通水門數目	滲漏疑慮	核心區高程	水深	面積(公頃)	距 C5 距離
3	一般	2	無	次高	次淺	3.2	中
4	一般	3	無	高	淺	3.9	近
4A	一般	2	無	-	深	0.2	近
5	一般	3	無	高	淺	2.7	近
6	一般	1	無	中	中	1.4	中
7	P7 受損嚴重	2	有	低	深	1.5	中
8	一般	2	有	中	中	3.2	遠
9	一般	2	無	次高	次淺	3.2	遠

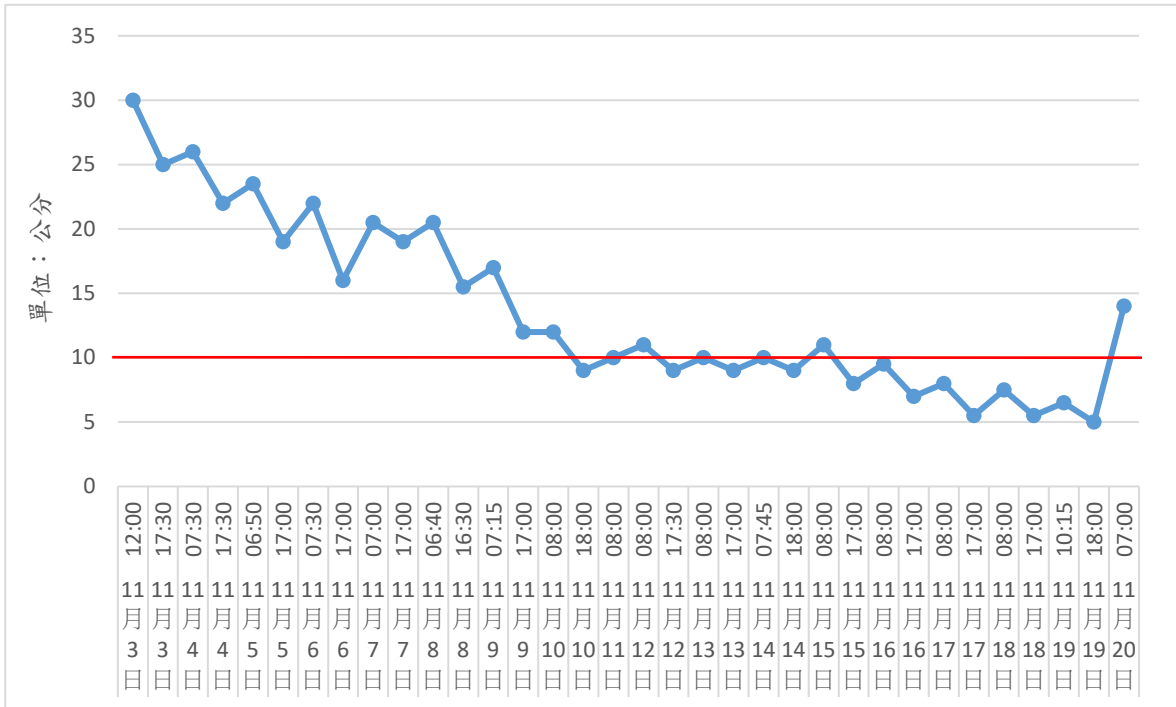
6.2.2 水深調查成果

6 號魚塭之抽水試驗自 11 月 3 日起至 11 月 20 日為止，池中央之平均水深逐日之變化如圖 6-7，圖中紅線代表若 6 號魚塭核心區整體水深需低於 15 公分，則 RP6 樣站處水深需在 10 公分以下。

試驗開始時，RP6 樣站水深為 30 公分，抽水機每日運轉 8 至 10 小時一周以後，至 11 月 10 日時水深首度降低至 10 公分，此段期間抽水機運轉時令水深每日下降約 4 至 6 公分不等。然而，因抽水後令 6 號魚塭之水深比周遭區域及海面相對更低，雖水門關閉以後水流幾乎不會再從圳路流入，6 號魚塭水面與海水水面之位能差仍使海水通過地表土層滲流入魚塭內，因此每天傍晚抽水機停止運轉以後，隔天早上便會觀察到水深有回升之情形，而回升的高度為 1.5 至 5 公分不等。11 月 11 日起至 11 月 14 日為止，整體水深在 9 至 11 公分之間變化，維持在 10 公分左右 4 天。11 月 15 日起至 11 月 19 日為止，嘗試把水深降低至 5 公分以下，但因魚塭水深降低以後抽水機吸水不易，無法有效進一步降低水深，水深仍在 5.5 至 9.5 公分之間變動。11 月 20 日時，水門擋板遭民眾抽取，水深回升至 14 公分而提前 2 天結束試驗。

透過水門擋板與設置抽水機，6 號魚塭核心區之水深有效降低至 15 公分以下，並且 11 月 10 日以後地表土層的滲水量減少，每晚抽

水機關閉以後，水深仍約維持在 15 公分以下至隔天。而核心區整體水深達 10 公分以下之結果，試驗期間則未能藉抽水達成。



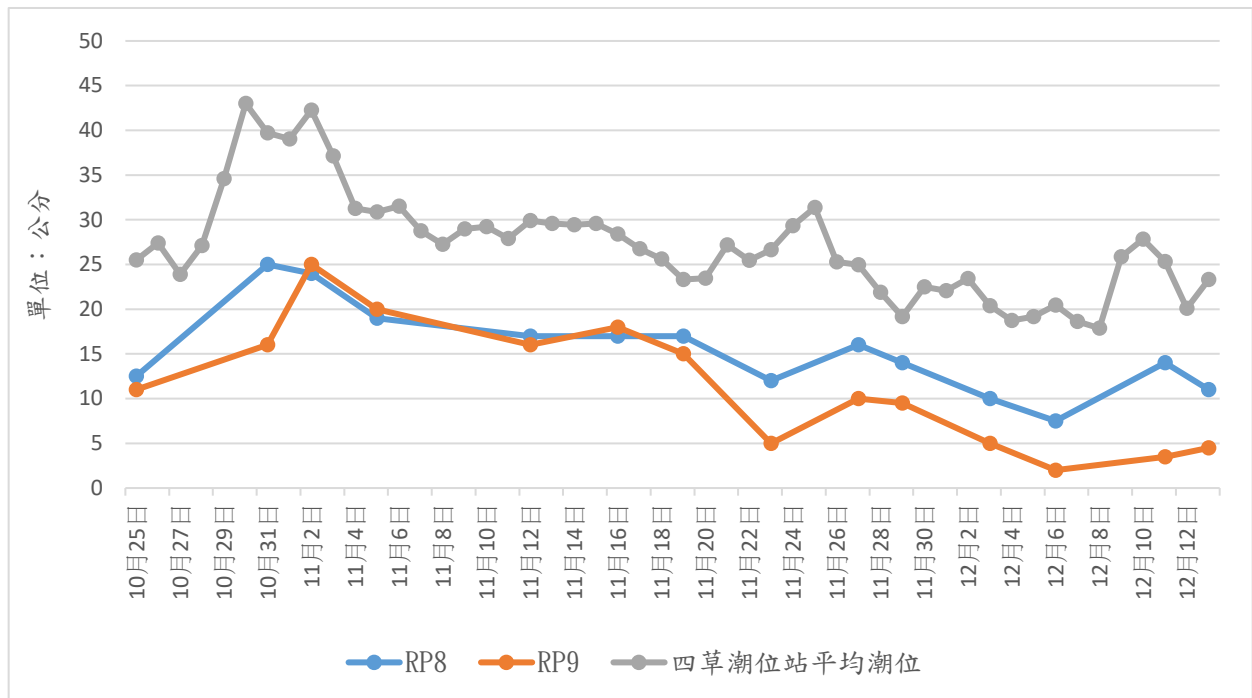
資料來源：本團隊繪製

圖 6-7 六號魚塢水深調查

8、9 號魚塢之日曬試驗共有 14 次水深調查紀錄，如圖 6-8。調查之日期與時間如表 6-6。試驗開始時 9 號魚塢之 RP9 樣站水深為 11 公分，10 月 31 日時上升至 16 公分，11 月 2 日時再升至 25 公分，11 月 5 日下降至 20 公分，12 日與 16 日分別則為 16 及 18 公分。而與之對照的 8 號魚塢 RP8 樣站首次記錄水深為 12.5 公分，與 RP9 樣站差距 1.5 公分。而後的五次水深調查，除了 10 月 31 日以外，其餘四次兩樣站之水深差距皆在正負 1 公分以內，水深變化模式大致相同。而 10 月 31 日兩樣站水深差距則為 9 公分。

表 6-6 候鳥季試驗 8、9 號魚塭水深調查時間總表

日期	10/25	10/31	11/2	11/5	11/12	11/16	11/19
調查時間	10:27~ 10:57	9:58~ 10:30	15:56~ 16:28	16:39~ 17:11	15:27~ 15:55	15:02~ 15:57	10:48~ 11:15
日期	11/23	11/27	11/29	12/3	12/6	12/11	12/13
調查時間	15:47~ 16:38	12:02~ 12:39	15:43~ 16:13	14:29~ 15:06	9:22~ 10:38	15:28~ 15:55	14:52~ 15:34



資料來源:本團隊繪製

圖 6-8 八、九號魚塭水深調查

10月25日擋水門時由於當時計畫區正值水深之低點，故水門擋板架設高度較低，後經比對資料及拍攝照片發現，11月2日水深急遽上升9公分乃因10月31日調查完畢以後至11月2日調查以前，圳路之流水越過高度不足之水門擋板而導致。而11月5日至11月19

日後續 4 次調查之水深是否有受到相同原因影響則因無照片作參考，不可確知。後於 11 月 23 日架高水門擋板。

11 月 19 日至 11 月 23 日此段期間，8 號魚塢及 9 號魚塢兩者水深產生 7 公分之明顯差異，23 日以後至 12 月 13 日為止，兩樣站之水深變化模式依然相近，不過持續保持 4.5 至 10.5 公分之水深差距。

儘管 11 月 23 日以前之試驗結果受水門高度不足影響，10 月 25 日至 10 月 31 日這段期間之數據仍有參考價值。由於 9 號魚塢之水門已用兩層擋板及填土封閉，自水門進出之水量極小，且試驗期間亦無顯著降雨量，9 號魚塢之水深並無如預期因日曬而漸低，31 日比起 25 日水深仍多出 5 公分，而 11 月 23 日架高水門擋板以後 9 號魚塢之水深亦仍有起伏。此現象顯示除了自水門出入之水流會顯著影響魚塢之水深以外，受外海潮位影響、自魚塢地表土層滲流入的水流之影響性亦同等關鍵。

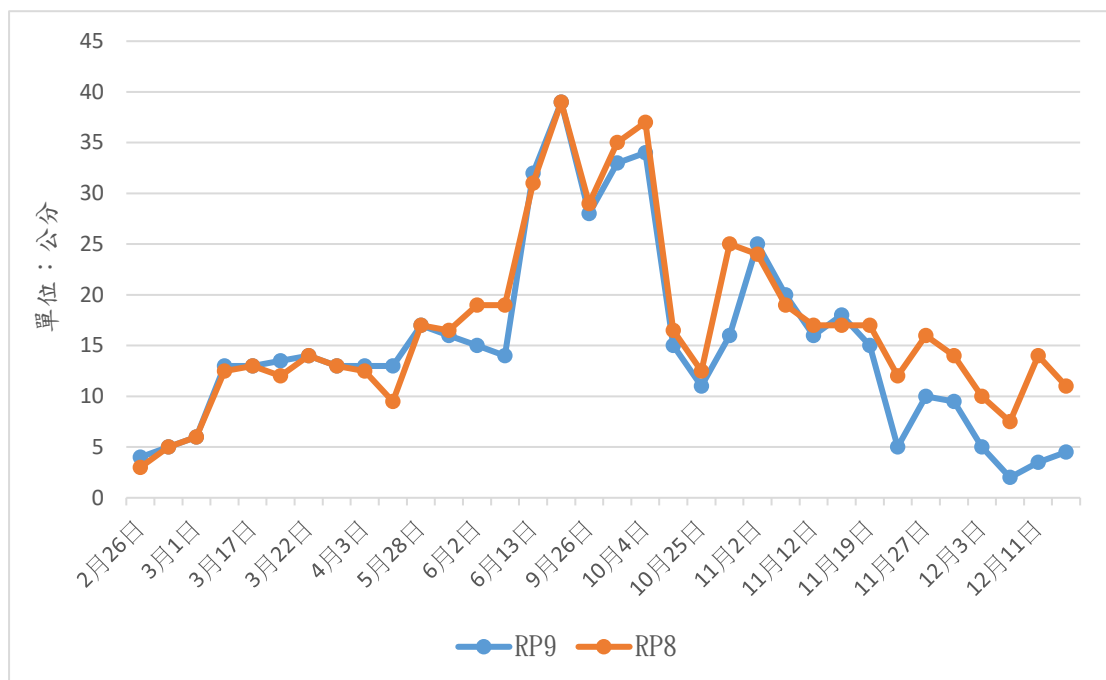
本團隊嘗試將試驗期間四草潮位站每日之平均潮位與 RP8、RP9 樣站水深作對照，潮位高度以相對臺灣高程基準(TWVD2001，以基隆港平均海水面為 0)表示。由圖 6-8 可發現 10 月 25 日時四草潮位站平均潮位僅 25.5 公分，在 10 月 31 日時上升到 40 公分，而 8、9 號魚塢於此期間亦產生對應之變化，8 號魚塢水深提高 12.5 公分，而 9 號魚塢雖有水門擋板，地表土層之滲水仍使水深提高 5 公分。11 月 2 日

至 11 月 19 日之調查，8、9 號魚塭水深維持平穩，與外海平均潮位升降之趨勢一致。然而 11 月 19 日至 11 月 23 日此段期間樣站之水深顯著下降之變化則未能由每日平均潮位反映，11 月 23 日以後才回歸相近趨勢。影響滲水量之因子，有待後續更深入的研究。

論阻擋水門之成效，由圖 6-9 對照 RP8、RP9 兩樣站全年之水深可了解，在 10 月 25 日候鳥季試驗進行以前，8、9 號魚塭全年水深變化模式相當相似，而非候鳥季試驗以後，8 號魚塭未曾再關閉水門，維持自然感潮，故合理推斷若 10 月 25 日以後 9 號魚塭未擋水門，其水深變化趨勢應與 8 號魚塭一致。而 9 號魚塭在水門關閉以後，10 月 25 日至 11 月 19 日尚看不出水深與 8 號魚塭的明顯差異，直至 11 月 23 日以後才有顯著落差。由於 11 月 23 日架高水門擋板前已完成水深調查，故 19 日至 23 日此段期間產生的水深落差並非架高水門擋板後產生的效果，亦非單純經蒸發作用導致，否則 11 月 23 日以後之調查兩樣站之水深差距應穩定且逐漸加大。造成水深差距的原因推測為日曬與外海平均潮位漸低共同影響，然而實際機制仍有待後續研究釐清。

此次試驗結果說明設立水門擋板之功效有二，其一為阻擋約一個月時間可降低魚塭平均約 6 公分的水深；其二為穩定魚塭之水深，令漲退潮時造成濕地水深的波動減小。水深降低可能幫助鳥類提升覓

食效率、水深波動之減小可能有助於減緩鳥類晨昏覓食時剛好遭遇漲潮帶來的高水位而無法有效利用棲地的狀況。此兩點若能於適當時機善加利用，應有助於營造城西濕地成為友善候鳥之環境。



資料來源：本團隊繪製

圖 6-9 八、九號魚塢全年水深對照

6.2.3 水質調查成果

候鳥季試驗期間目前執行 8 次了水質調查，日期及時間如表 6-7。

調查之項目為水溫、溶氧、pH 與鹽度，結果如，以下逐一敘述。

表 6-7 候鳥季試驗水質調查時間總表

日期	10/25	11/5	11/12	11/16	11/27	12/3	12/11	12/13
調查時間	10:27~ 10:57	16:39~ 17:11	15:27~ 15:55	15:02~ 15:57	12:02~ 12:39	14:29~ 15:06	15:28~ 15:55	14:52~ 15:34

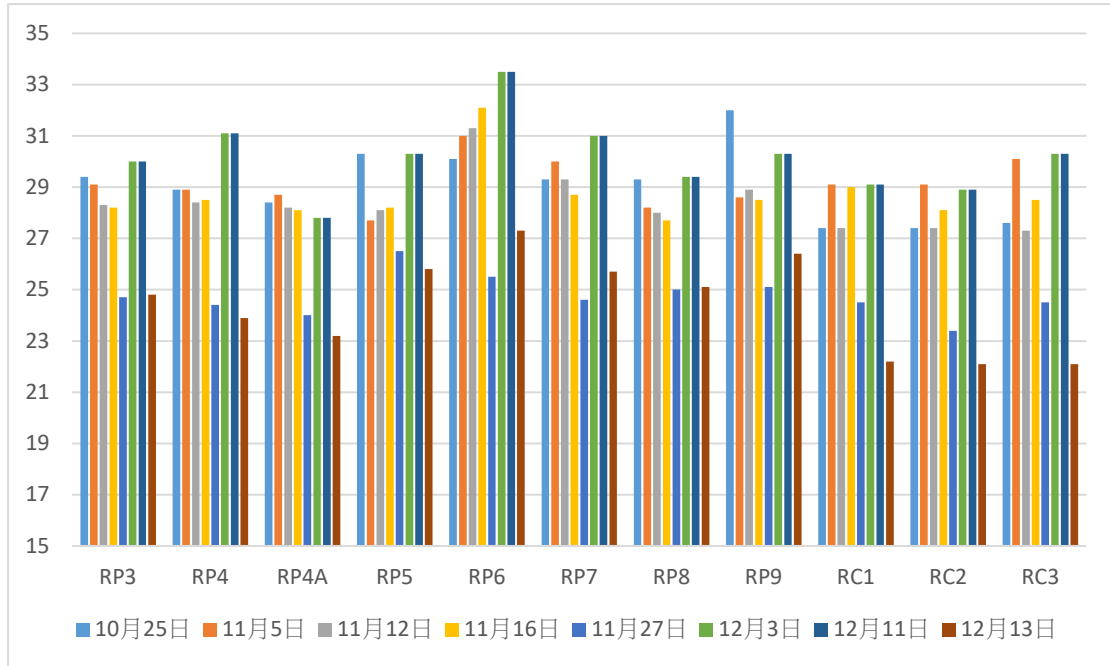
表 6-8 候鳥季試驗水質調查成果總表

	RP3	RP4	RP4A	RP5	RP6	RP7	RP8	RP9	RC1	RC2	RC3
水溫(°C)	28.2~ 29.4	28.4~ 28.9	28.1~ 28.7	27.7~ 30.3	30.1~ 32.1	28.7~ 30	27.7~ 29.3	28.5~ 32	27.4~ 29.1	27.4~ 29.1	27.3~ 30.1
溶氧(mg/L)	4.06~ 7.06	4.66~ 6.19	5.92~ 7.78	7.88~ 10.84	3.45~ 6.17	3.55~ 10.13	7.54~ 7.96	7.32~ 9.51	6.62~ 8.21	3.97~ 6.99	4.42~ 8.12
pH	7.85~ 8.42	7.97~ 8.52	8.11~ 8.19	8.25~ 8.73	7.11~ 8.19	7.79~ 8.43	8.28~ 8.41	8.05~ 8.35	8.28~ 8.64	8.05~ 8.37	8.09~ 8.63
鹽度(ppt)	28.61~ 33.32	30.73~ 33.04	31.01~ 33.01	31.84~ 33.76	30.06~ 39.16	32.78~ 36.35	32.41~ 34.02	33.56~ 35.8	33.33~ 35.03	32.04~ 33.04	31.74~ 33.71

1. 水溫：

圖 6-10 為試驗期間各樣站的水溫紀錄。魚塭樣站 RP3 水溫介於 24.7 至 30°C；RP4 樣站水溫介於 23.9 至 28.9°C；RP4A 水溫介於 24 至 28.7°C；RP5 樣站水溫介於 25.8 至 30.3°C；RP7 樣站水溫介於 24.6 至 31°C；RP8 樣站水溫介於 25 至 29.4°C。圳路樣站 RC1 水溫介於 22.2 至 29.1°C；RC2 樣站水溫介於 22.1 至 29.1°C；RC3 樣站水溫介於 22.1 至 30.3°C。抽水試驗期間 RP6 樣站水溫介於 30.1 至 32.1°C；日曬試驗期間 RP9 樣站水溫則介於 25.1 至 32°C。

各樣站間水溫於不同日期有起伏，一樣站水溫的高或低取決於該樣站水深的深淺、天氣狀況及調查時間。執行抽水試驗的 6 號魚塭在 11 月 3 日開始抽水令水深降低以後，水溫自 11 月 5 日至 11 月 16 日逐漸升高，增加 1.1°C，11 月 20 日結束試驗開啟水門以後水深增加，至 11 月 27 日起水溫明顯降低回到 25.5 度，試驗期間雖水溫因抽水而提高，但不致產生不利水生生物生存的情形而影響鳥類之利用。執行日曬試驗的 9 號魚塭在 10 月 25 日至 12 月 13 日的試驗期間水溫仍保持波動，亦未有異常之情形。



資料來源：本團隊繪製

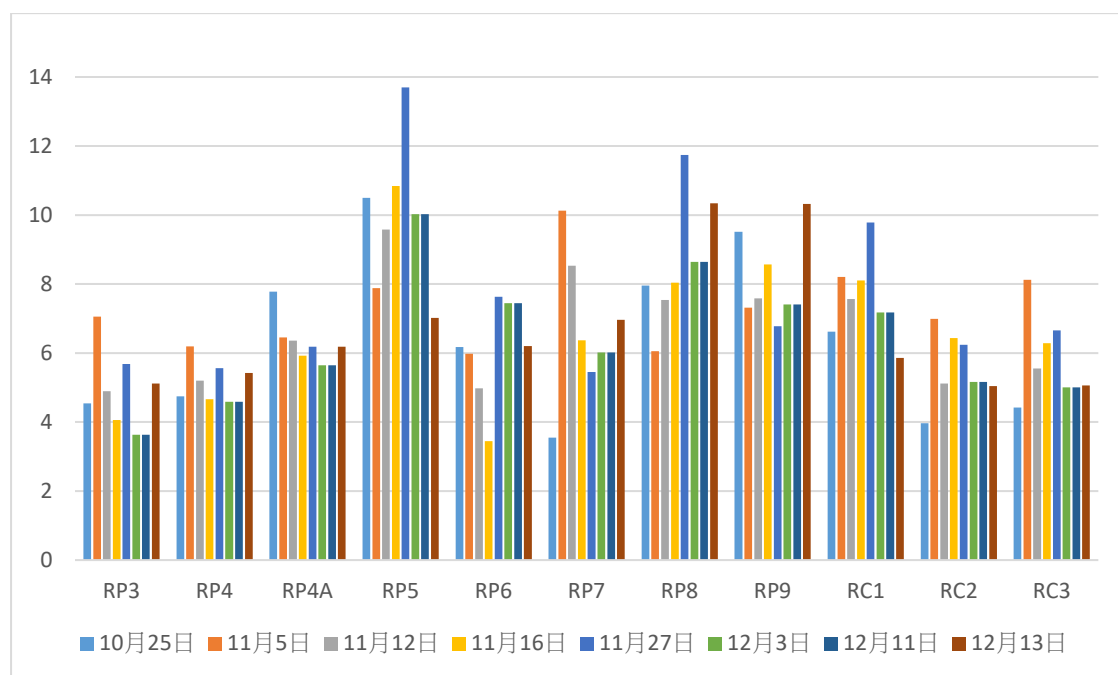
圖 6-10 候鳥季試驗水溫紀錄

2. 溶氧：

圖 6-11 為試驗期間各樣站的溶氧紀錄。魚塭樣站 RP3 溶氧介於 3.63 至 7.06 mg/L；RP4 樣站溶氧介於 4.66 至 6.19 mg/L；RP4A 樣站溶氧介於 5.65 至 7.78；RP5 樣站溶氧介於 7.02 至 10.84 mg/L；RP7 樣站溶氧介於 3.55 至 10.13 mg/L。圳路樣站 RC1 溶氧介於 5.86 至 9.78 mg/L；RC2 樣站溶氧介於 3.97 至 6.99 mg/L；RC3 樣站溶氧介於 4.42 至 8.12 mg/L。抽水試驗期間 RP6 樣站溶氧介於 3.45 至 6.17 mg/L；日曬試驗期間 RP9 樣站溶氧則介於 6.78 至 10.32 mg/L。

除 RP6 樣站，各樣站之溶氧數值保持變動，含進行日曬試驗的 9 號魚塭皆無異常之情況。6 號魚塭在 11 月 3 日開始進行抽水以後，

隨後三次調查溶氧數值逐漸下降，11月20日試驗終止水門開啟，11月27日後溶氧數值才提升。



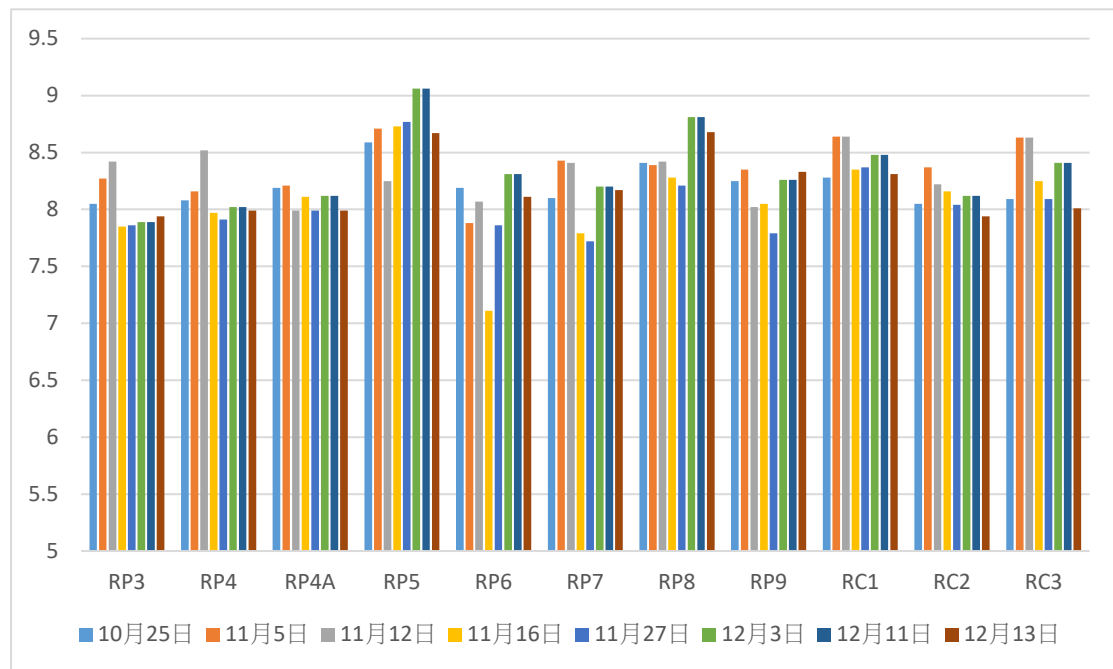
資料來源：本團隊繪製

圖 6-11 候鳥季試驗溶氧紀錄

3. pH 值：

圖 6-12 為試驗期間各樣站的 pH 值紀錄。魚塭樣站 RP3 之 pH 值介於 7.85 至 8.42；RP4 樣站 pH 值介於 7.91 至 8.52；RP4A 樣站 pH 值介於 7.99 至 8.21；RP5 樣站 pH 值介於 8.25 至 9.06；RP7 樣站 pH 值介於 7.72 至 8.43，RP8 樣站 pH 值介於 8.21 至 8.81。圳路樣站 RC1 之 pH 值介於 8.28 至 8.64；RC2 樣站 pH 值介於 7.94 至 8.37；RC3 樣站 pH 值介於 8.01 至 8.63。抽水試驗期間 RP6 樣站 pH 值介於 7.11 至 8.19；日曬試驗期間 RP9 樣站 pH 值則介於，7.79 至 8.35。

城西濕地水質的酸鹼度大致維持穩定，進行試驗的 9 號魚塢 pH 值與其他樣站無太大差異，而 6 號魚塢之 pH 值在 11 月 16 日時下降至 7.11，推測可能原因為水深經抽水機抽水快速降低以後，池中之動物如魚、蝦、蟹等在大量被鳥類覓食前數目仍然豐富，使得水中二氧化碳濃度提高，溶解為碳酸以後令 pH 值下降。11 月 20 日試驗終止水門開啟，11 月 27 日後 pH 值才提升。



資料來源：本團隊繪製

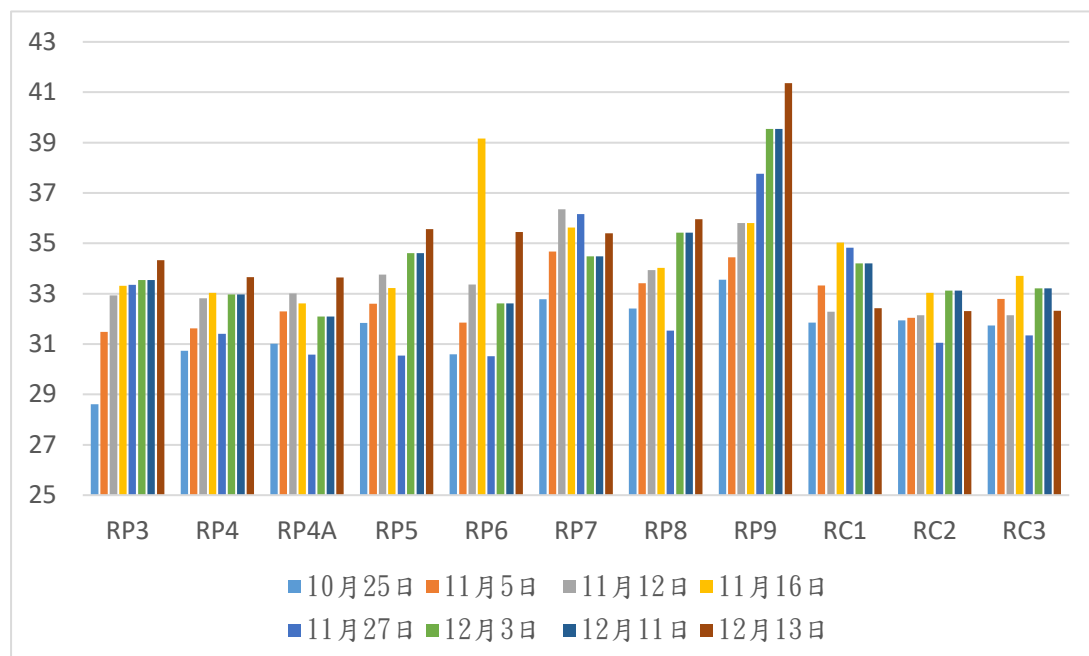
圖 6-12 候鳥季試驗 pH 值紀錄

4. 鹽度：

圖 6-13 為試驗期間各樣站的鹽度紀錄。魚塢樣站 RP3 鹽度介於 28.61 至 34.33 ppt；RP4 樣站鹽度介於 30.73 至 33.66 ppt；RP4A 樣站鹽度介於 31.01 至 33.64 ppt；RP5 樣站鹽度介於 31.84 至 35.56 ppt；RP7 樣站鹽度介於 32.78 至 36.35 ppt，RP8 樣站鹽度介於 32.41 至

35.96 ppt。圳路樣站 RC1 鹽度介於 31.85 至 35.03 ppt；RC2 鹽度介於 31.94 至 33.12 ppt；RC3 樣站鹽度介於 31.74 至 33.71 ppt。抽水試驗期間 RP6 樣站鹽度介於 30.06 至 39.16 ppt；日曬試驗期間 RP9 樣站鹽度則介於 33.56 至 41.36 ppt。

整體而言，未進行試驗的魚塭樣站因城西濕地整體水深漸低，鹽度因而漸高。執行抽水試驗的 6 號魚塭，11 月 16 日時鹽度明顯較其他保持自然感潮狀態之魚塭高，達 39.16 ppt。11 月 20 日試驗終止，水門擋板開啟後 11 月 27 日之調查鹽度因水深提升而降低，而後再因隨自然感潮整體水深降低而提高。執行試驗的 9 號魚塭，鹽度亦自 10 月 25 日放置水門擋板起一路上升，12 月 13 日時達 41.36 ppt。



資料來源：本團隊繪製

圖 6-13 候鳥季試驗鹽度紀錄

綜觀來說，候鳥季試驗期間，四項水質項目在 6 號魚塭皆因抽水而受到影響。水深漸低時，水溫及鹽度漸高，溶氧及 pH 則漸低。9 號魚塭於水門擋板設立以後，僅鹽度一項受試驗的影響較顯著，隨著整體水深漸低而提高。兩口魚塭水質之變化是否對魚塭內的食源生物或鳥類產生不良影響，須見台江國家公園及其周緣緩衝區多樣性棲地營造與評估計畫(3/4)之生物調查成果。

6.3 候鳥季水門操作策略

本計畫就今年度各項基礎調查及水門試驗之結果，針對城西濕地提出全區水門操作策略建議，以期作為未來此區執行棲地營造計畫時之參考。因計畫區範圍過去未曾實際進行過全區水門操作，茲就今年度試驗所掌握之條件、搭配可能假設，分別著重處理水質與食源分配的問題，提出兩種版本之水門操作策略，後續執行棲地營造計畫之團隊可再斟酌調整或選用。此外，雖現地的水深變化狀況每年會有大致固定的模式，然而因城西濕地之棲地營造計畫需要配合精確的水深資訊才能達到較好的效果，因此若進行候鳥季之棲地營造，建議進行水門操作前一個月，約於十月初時可先進行每周一至兩次的全區水深調查，初步掌握該年城西濕地水深情況，以利後續試驗時程上能作出更適切、準確的配合。

方案一：維護水質穩定性

由9號魚塭水質調查的結果可了解，水門擋板設立以後，魚塭內水體的鹽度會有持續提高的情形產生。雖鹽度上升以後是否會顯著影響食源生物及鳥類利用須等待台江國家公園及其周緣緩衝區多樣性棲地營造與評估計畫(3/4)完成生物調查才有辦法了解，但若能在營造濕地理想水深的同時令魚塭內的水與保持圳路保持一定程度的交換，

可使各個水質項目不致因水門操作而起伏過大。因此，此方案著重於維持水質之穩定性。

8 口魚塭可分為三個系統進行操作，5、8、9 號魚塭為一系統，水門操作期間為 11 月底至 12 月底，為期一個月；3、4 號魚塭為一系統水門操作期間為 11 月初至 1 月底，其中 4 號魚塭為期兩個月，3 號魚塭為期一個月；6、7 號魚塭為一系統，水門操作期間為 12 月底至 1 月底，為期一個月。

操作上將使 5 號魚塭核心區自 11 月底起水深漸低於 20 公分(圖 5-6)，8、9 號魚塭核心區則漸降接近 20 公分(圖 5-9。RP9 樣站則參考 RP8 樣站自然感潮之水深)，故規劃於 11 月底起擋三處水門(P5-1、P79、C7)，目標藉由 P5-2 水門作出入水口，三口魚塭內的水流可在 P58、P8、P9 水門之間自由流動，並與圳路保持一定程度交換。因 5 號魚塭鄰近 P58 水門處高程相對較高，核心區整體水深若穩定達 10 公分以下，則水流無法通過 P58 水門(圖 4-1，圖 4-9)，而又因城西魚塭整體水深至隔年 1 月份前仍會持續降低，預期 12 月底後水流可能無法再越過 P58 水門進行交換，故若以水質為考量，規劃此 5、8、9 系統之操作持續至 12 月底，作為候鳥季第一波食源魚塭。12 月底以後，可再視水質條件與食源被鳥類利用的狀況決定是否開啟水門回復自然感潮。

而次一系統之操作將使 4 號魚塢核心區自 11 月初起水深漸低於 20 公分(圖 5-5)，3 號魚塢則在 11 月底左右核心區水深穩定達 20 公分以下(圖 5-4)。此系統阻擋四處水門(P4-1、P4-2、P4A-1、P4A-2)，目標為藉由 P3 水門作為出入水口，讓兩口魚塢內的水流可在 P34 水門間自由流動，並與圳路保持一定程度交換。就高程而言，3 號魚塢核心區整體水深需在 5 公分以下，水流才無法越過 P34 水門(圖 4-1，圖 4-7)，因此認為 4 號魚塢至 12 月底左右水質條件仍能維持穩定，規劃由 11 月初起至 12 月底，令 4 號魚塢作為候鳥季第一波食源魚塢。阻擋 P4A-1 及 P4A-2 的目的為期望提高入流進 3 號魚塢的水量，而 3 號魚塢因鄰近的 4 號及 4A 兩口魚塢其水門關閉的緣故，因此預期水深能保持較自然感潮更深，維持住食源。12 月底以後，可開啟原先阻擋之四處水門，令 4 號及 4A 魚塢回復自然感潮，並關閉 P3 及 P34 水門，使 3 號魚塢在 1 月份時作為候鳥季第二波的食源魚塢。1 月底以後，可再視水質條件與食源被鳥類利用的狀況決定是否開啟水門回復自然感潮。

最後操作之系統 6、7 號魚塢核心區約自 12 月底水深漸低於 20 公分(圖 5-7，圖 5-8)。12 月底前，兩口魚塢維持自然感潮，並因 P5-1、P79、C7 三處水門關閉，預期兩口魚塢水深能保持較自然感潮更深，維持住食源。至 12 月底左右關閉 P6、P7 兩處水門，令 6、7 號魚塢

在 1 月時作為候鳥季第二波的食源魚塭。1 月底以後，可再視水質條件與食源被鳥類利用的狀況決定是否開啟水門回復自然感潮。

方案二：食源依時空分配

由 5.1 節全區水深調查成果可得知，自然感潮狀態下各口魚塭核心區之水深已可達 20 公分以下，而 9 號魚塭候鳥季試驗結果顯示阻擋水門一個月可使魚塭之水深較自然感潮低約 6 公分(圖 6-8)，因此此方案規劃配合各口魚塭水深下降之時程設置水門擋板，將 7 口魚塭(排除 4A)分為三組以三階段進行操作，期望能進一步降低水深提升鳥類的覓食效率。此外，城西濕地一帶之養殖魚塭約自每年 10 月底起陸續放水進行曬坪，至隔年 2 月份左右再引水重新養殖，因此對候鳥而言每年年初之時應為候鳥季中較難覓食的期間，此方案亦針對此因素作出應對，分配各口魚塭操作水門之時程。

由於 4 號魚塭於 11 月初時核心區的水深已接近 20 公分(圖 5-5)，故規劃於 11 月初時關閉連通該口魚塭之水門(P4-1、P4-2、P34)，以期 12 月初以後令核心區之水深能有效控制於 15 公分以下，維持一個月的時間作為食源魚塭，最終於 12 月底、1 月初左右視情況開啟水門回復自然感潮。

而 3 號及 5 號魚塭核心區的水深在 11 月底左右接近 20 公分(圖 5-4，圖 5-6)，故規劃於 11 月底時關閉連通兩口魚塭之水門(P3、P34、

P5-1、P5-2、P58)，以期 12 月底以後令核心區之水深能有效控制於 15 公分以下，維持一個月的時間作為食源魚塭，最終於 1 月底、2 月初左右視情況開啟水門回復自然感潮。

至於 6、7、8、9 號魚塭核心區之水深在 12 月底左右接近 20 公分 (圖 5-7，圖 5-8，圖 5-9。9 號魚塭水深為參考 8 號魚塭估計)，故規劃於 12 月底時關閉連通四口魚塭之水門(P6、P7、P79、P58、P8、P9)，以期 1 月底以後四口魚塭核心區之水深能有效控制於 15 公分以下，維持一個月的時間作為食源魚塭，最終於 2 月底、3 月初左右視情況開啟水門回復自然感潮。

第七章 結論與建議

7.1 結論

城西濕地在廢養以後成為一片自然感潮濕地，其地理位置特殊，周遭環境如四草、七股曾文溪口等具豐富生態資源，每年冬季更是冬候鳥重要渡冬棲息地，而過去的生態調查發現城西濕地亦有充足之食源生物可提供鳥類利用，然因濕地水深狀況不穩定(王一匡，2016、2017)，故若能妥善管理濕地水深進行棲地營造，城西濕地應有機會吸引更多水鳥，提升濕地之生態功能。為解棲地營造之可行性，本計畫執行包含基地設施、基地地形、水文等基礎調查，以及兩次水門試驗。

基地設施包含水門、圳路與魚塭磚堤等。計畫區範圍內共有 20 座水門，水門之結構為以磚頭堆疊兩側並砌上水泥塗面，磚牆上留有數條軌道用來放置水門擋板。然而經調查目前僅存 6 座水門保有較完整之水泥塗面，其餘 14 座水門之水泥塗面有較嚴重剝落或損毀之情形。儘管如此，大部分水門在水門擋板經仔細測量與裁切以後，堆疊兩層並於兩層擋板中間填土，仍可以有效阻隔水流。而 P7 水門受損最嚴重，磚牆結構受損令水門下寬上窄，水門擋板放置於水門底部時無法固定在軌道中，關閉水門阻隔水流不易。

城西濕地之地形整體變化幅度不大，各口魚塭地勢差異約為 5 至 10 公分。若就池中央的核心區域作比較，各口魚塭地勢可分為高、次高、中、低四個類別。整體地勢最高者為 4 號及 5 號魚塭，核心區域高程區間介於海拔 0.1 至 0.25 公尺；次高者為 3 號及 9 號魚塭，核心區域高程區間介於海拔 0.05 至 0.2 公尺，且海拔在 0.1 至 0.15 公尺的面積比例皆占總面積的近 50%；再次者為 6 號及 8 號魚塭，核心區域高程區間亦介於海拔 0.05 至 0.2 公尺，不過海拔在 0.1 至 0.15 公尺的面積比例僅分占總面積的 39% 與 36%；整體地勢最低者為 7 號魚塭，核心區域高程區間介於海拔 0 至 0.15 公尺。在相同的水文條件之下，4、5 號魚塭具面積最廣的淺水域環境，3、9 號魚塭居次，6、8 號魚塭再次之，而 7 號魚塭的水深則相對較深。考量水深控制水深進行棲地營造計畫時，地表高程資料為一重要參考資訊，透過測量魚塭內單一點之水深後對照該點之海拔高度，便可掌握該口魚塭不同區域的水深狀況。而因計畫區全區地勢起伏不大，環境變異性低，不適當的水深條件可能降低環境中物種整體的多樣性，或只允許部分類群的水鳥前往停棲、覓食，因此設立棲地營造目標時需詳加考量城西濕地之地勢與水深條件。

水文方面，由計畫區自 2018 年 2 月底起至 12 月中為止的調查可了解，城西濕地整體水深在年初時達低點，隨後持續升高，7 月以後

達全年之高點，而後在 10 月份有顯著之下降，並持續降低至隔年年
初。若維持自然感潮狀態，各口魚塭核心區的水深皆有機會降至 20
公分以下，只是持續時間的長短不一。若每年同一時間外海平均潮位
的差異不大，3 號魚塭自 11 月底起至隔年 3 月中，核心區水深可穩
定達 20 公分以下；4 號魚塭為 11 月初至隔年 3 月中；5 號魚塭為 11
月底至隔年 3 月中；6 號魚塭為 12 月底至隔年 3 月初；7 號魚塭為 12
月底至隔年 3 月初；8 號魚塭為 12 月底至隔年 3 月初；9 號魚塭為 12
月底至隔年 3 月初。

計畫區之水深主要受潮汐影響。城西濕地每日隨潮汐水深有兩次
漲退，經實際觀測後對照中央氣象局安南區潮汐預報，安南區外海達
滿(乾)潮以後，城西濕地之水深需再經 3 至 4 個半小時才達高(低)點，
存在時間延遲。而因每次滿潮過渡至乾潮或乾潮過渡至滿潮的時間長
度不固定，若外海乾潮過渡至滿潮的時間小於魚塭水深反應外海潮汐
延遲之時間，城西濕地便可能發生無法排水的情形。一日兩次潮汐反
映濕地水深短時間尺度的波動，整體水深平均值的變化，則需以較長
的時間尺度作探討。參考中央氣象局將軍區的潮位站統計資料發現，
將軍區外海平均潮位每年國曆 1 月時最低、8 月時最高，1 月份至 8
月份海面的整體水深漸升，而 8 月份至隔年 1 月則漸降，周而復始。
將將軍區平均潮位對照城西濕地 2 月底起至 10 月底之水深調查紀錄，

可以發現類似趨勢。針對候鳥季的棲地營造計畫而言，每年 10 月至隔年 3 月冬候鳥大量來台停留，恰逢外海平均潮位和魚塭整體水深較低之時，故若欲營造低水深環境，此條件為一利多。

水門試驗共分兩階段執行，第一階段為 2018 年 3 月份的預試驗，為期 12 天，目標了解水門擋板之效果；第二階段為 10、11 月份的候鳥季試驗，目標有二，其一為了解水門關閉阻斷水流以後，日曬是否能有效令魚塭水深降；其二為利用抽水機創造 15 公分及 10 公分以下兩種水深環境，搭配台江國家公園及其周緣緩衝區多樣性棲地營造與評估計畫(3/4)之生物調查了解此兩種不同水深條件下生物利用魚塭之情形。由預試驗之水深調查結果得知單層水門擋板結構僅能延緩水流自圳路進出魚塭的速度，無法完全阻隔水流。預試驗後幾經嘗試，後以兩層水門擋板加上於兩層擋板間填土之方式確保水流不從水門進出。候鳥季試驗 6 號魚塭進行抽水一周以後，池中央核心區域水深由 35 公分以下下降至 15 公分以下，隨後水深在 10.5 至 16 公分之間變動，維持 10 天，而後未能成功令核心區水深達 10 公分以下。進行日曬試驗、關閉水門的 9 號魚塭水深整體有逐漸下降之趨勢，不過仍然保有起落，且水深變化的模式與與之對照、維持自然感潮的 8 號魚塭大致相同，顯示除了由水門進出之水流會影響魚塭水深以外，來自地表土層的滲水在水門關閉後扮演更關鍵決定水深之角色。水門擋板

設立約一個月後，9 號魚塭之水深比 8 號魚塭平均低約 6 公分，而水深降低的機制尚不能明確掌握，有待後續研究。

預試驗期間總共進行五次水質調查，進行試驗的 8、9 號魚塭因水流仍可從水門以較慢的速度進出，除 3 月 17 日之調查發現 9 號魚塭鹽度明顯降低以外，其餘項目之調查大部分時候水溫、溶氧、pH 值及鹽度四項數值與皆隨時間變化，與其餘維持自然感潮的魚塭模式相同。候鳥季試驗共進行 8 次水質調查，執行抽水試驗的 6 號魚塭在水溫隨水深降低經日曬而升高；溶氧隨水深降低而減低；pH 值隨水深降低而減低，推測因水深快速降低，水生生物未及在短時間內被大量覓食，使水體內二氧化碳濃度升高溶解為碳酸導致；鹽度隨水深降低而增高，推測原因為水深降低後令 6 號魚塭之蒸發量較其他魚塭大而導致。同樣封閉水門進行日曬試驗的 9 號魚塭水質條件僅鹽度隨水深降低而增高，其餘項目無特殊狀況。鹽度持續增高是否對魚塭之食源生物或鳥類產生不利影響，須由台江國家公園及其周緣緩衝區多樣性棲地營造與評估計畫(3/4)之生物調查結果得知。

7.2 建議

- 建議一：基礎設施修復與維護

基地設施可考量修復者包含 7 號魚塢之 P7 水門及 8 號魚塢之磚堤。P7 水門兩側之磚牆底部損毀，以致水門整體結構上窄下寬，水門擋板由軌道上方放置後至底部時會因寬度不足而無法有效固定於軌道的凹槽，令設置擋板達到阻隔水流的成效難度較高。8 號魚塢之磚堤有崩塌之情形，自 6 月份起至 11 月份，計畫區內水深較高時，經常觀察到圳路之水流越過磚堤之破口漫淹進魚塢內之情形。由於十月份開始已為候鳥季，未來若欲於此時開始在 8 號魚塢進行水深控制，磚堤損壞可能令操作上產生困難。

夏季時，計畫區內植物生長速度快，人員於通往各口魚塢之堤岸上行走不易，也曾遭遇樹木受颱風強風吹襲後折斷以致無法通行之狀況，故建議可定期巡查計畫區內堤岸上草木生長狀況，作適當修剪。

- 建議二：水門擋板運用方式

水門擋板有效阻隔水流之方式為放置兩層擋板於水門之軌道，並於兩層擋板之間填土。可參考本報告 4.1 小節了解各水門寬度。而多數水門之水泥塗面雖損壞，但經填土以後可彌補水流由擋板及牆面縫隙滲漏之情況。此外，由於計畫區時常有民眾出入獵捕水生動物，候

鳥季試驗期間曾發生木板遭人竊取之情況，故可考量設置防止水門遭民眾私自拿取之裝置。

● 建議三：水門操作策略

本團隊提出兩種水門操作方案，方案一著重維持水質的穩定性，方案二則望達到將計畫區食源依時空分配之效果，具體細節可見 6.3 節，而其操作方式分別整理成表 7-1 與表 7-2。

因一方面過去尚未有進行全區操作之經驗，另一方面城西濕地之水深變化每年可能略有不同，因此亦建議可於每年 10 月初起進行每周一至二次的全區水深調查，水門操作開始操作水門進行棲地營造之確切時間可再視該年度水深變化情形決定，其他如水門擋板設立的時間長度、不同魚塢執行操作的時間點等等，亦可能需要配合候鳥季期間持續的水質、水深調查來斟酌調整。

表 7-1 方案一水門操作時間表

	11 月初	11 中	12 月底	1 月初
5、8、9 號魚塢		關閉水門 P5-1、P79、C7	開啟水門 P5-1、P79、C7	
3、4 號魚塢	關閉水門 P4-1、P4-2、P4A-1、 P4A-2		開啟水門 P4-1、P4-2、P4A-1、 P4A-2 關閉水門 P3、P34	開啟水門 P3、P34
6、7 號魚塢			關閉水門 P6、P7	開啟水門 P6、P7

表 7-2 方案二水門操作時間表

	11 月初	11 月底	12 月底	1 月底	3 月初
4 號魚塢	關閉水門 P4-1、P4-2、 P34		開啟水門 P4-1、P4-2		
3、5 號魚 塢		關閉水門 P3、P34、P5-1、 P5-2、P58		開啟水門 P3、P34、P5-1、 P5-2	
6、7、8、9 號魚塢			關閉水門 P6、P7、P79、 P58、P8、P9		開啟水門 P6、P7、P79、 P58、P8、P9

附錄一、台南市永康區蒸發量

測站：永康

經度：120°13'43" E 緯度：23°02'22" N

項目：A 型蒸發量(mm)

Year/Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sum
1996	73.8	87.7	124.4	87.1	107.4	141.3	124.3	109.7	95.8	88.4	81	79.8	1200.7
1997	64.9	56	97.4	115.4	123.5	99.7	130.1	104.5	105.2	93.7	86.4	69.9	1146.7
1998	76.9	60.5	86.4	124.6	113	110	135.8	143.3	118.3	93.8	95.1	60.5	1218.2
1999	68.6	88.3	127.3	123.9	104.6	122.6	97.7	107.4	111.4	92	90.2	68.4	1202.4
2000	68.3	64.2	102.8	102.7	135.7	138.5	116.7	112.3	125.9	108.4	71.3	75.8	1222.6
2001	63.1	*41.6	120.8	113.1	94.5	114.6	*109.6	124.8	92.9	104.3	92.4	*68.2	1139.9
總和	415.6	398.3	659.1	666.8	678.7	726.7	714.2	702	649.5	580.6	516.4	422.6	

資料來源：中央氣象局

附註：時間及地理距離上可取得之蒸發量資料最近者為中央氣象局永康測站於 1996 至 2001 年之觀測結果。因蒸發量需人工觀測，氣象局距城西濕地最近之人工測站為台南測站，但因腹地小而無設置蒸發皿。而永康測站 2002 年以後停止觀測蒸發量。

附錄二、期中審查意見回覆

期中報告書面審查意見回覆表

審查意見	意見回覆
蘇惠珍委員	
1. P. 45 圖 28，建議加上網格(X 軸)，會更清楚。	感謝建議，已補上，如 P36，圖 19。
2. 從團隊的調查紀錄看來，以 C5 為界的#3、4 池和#5-9 池可區分為兩個區域，而#8、9 兩池是最遠也是反應最慢之情況是合理的，若僅做水深調控亦是比較容易調控。但在反應時間上，由 C5 至#3、4 池及 C5 至#8、9 池顯然時間不同，因此在實際潮差時間可能也不相同。	各池依離入(出)水口 C5 距離不同，與外海潮汐的延遲時間確實會有差距，但因計畫區之範圍不大，如以#5-9 區距離最遠的 6 號及 9 號魚塢為例，P6 水門與 P9 水門兩者僅距約 300 公尺，因此各池延遲時間的差距應不大。
3. 若文獻回顧提到鹽度影響水鳥，那此處鹽度都近於海水，除水深調控外，是否還需鹽度控制。	計畫區全年鹽度變化狀況監測以及水門試驗進行時之相關水質數據皆有記錄，若發現鹽度或其他水質條件有不利生物利用之情形產生，會與王一匡老師團隊討論並提出改善建議。
4. 報告中提及「外海」之定義為何?是計畫區外的海側還是潮測站。	全文自 3.2 小節第一次提及外海，參照圖 5 可得知外海指計畫區外安南區之海測，見 P15。但因安南區並無潮位站，5.2 節所引用之資料來自將軍潮位站，已於文中補充說明，見 P37。

審查意見	意見回覆
洪孟祺委員	
1. P. 6 文獻回顧提及鹽度在小於 100ppt 及大於 200ppt 時，底棲動物數目最豐富，但實際上，上述 2 種鹽度情況，底棲動物樣態不一樣，鹽度在小於 100ppt，底棲動物物種多樣性高；鹽度大於 200ppt 則是底棲動物生物量高但相對多樣性低，建議應再詳述。	原始文獻之敘述確認引用無誤並改寫敘述方式，其意在強調不同鹽度令環境中的動物相組成不同。見 P7。
2. 文獻回顧針對城西濕地過往生態調查部分，是否還有其他調查文獻可供背景敘述。	文獻回顧章節著重於描述以人為手段營造棲地環境之可能性，生態調查放在第三章研究地區，並補上鳥類食源生物的資料。見 P16、P17。
3. 章節 4.3 基地地形測量(高程測量)部分，建議校正為正高，另針對潮汐潮差參考基準建議再以安平潮位站資訊比對校準。	感謝建議，高程部分已校正為正高。潮位資料由於氣象局在安南區及安平區並無測站，故在期中報告以後取將軍測站之實際觀測值作依據。
4. 目前第 5 章圖表部分均以柱狀圖呈現，建議可改採折線圖以利於呈現時間與各項調查數值相對關係。	感謝建議。期中報告之第五章至期末報告已更動為第六章。經嘗試以後發現因預試驗水深及水質調查之各個圖中總共有 11 個樣站，若以折線圖呈現則各樣站之數值交疊不易閱讀，故維持以柱狀圖呈現。候鳥季試驗之水深調查成果則參照建議改以折線圖。
5. 建議敘明調查中所使用各項儀器型號。	水質儀之型號已於報告中敘明。
6. 高程敘述建議採標高或海拔高度方式，應更利於理解水流流動方向。	感謝建議，已更正。

<p>7. P. 45 圖 28 呈現外海水深及魚塭水深潮差漲落，且內文也說明部分時間點魚塭水深只有 1 次波動。考量試驗樣區(城西濕地)只有單一入水口(C5)，圖 28 所發現只有 1 次漲落波動，可能就是受限入水孔口大小，導致入流量限制無法完全反應外海潮差。</p>	<p>由於魚塭的水深反應外海潮汐的影響經調查通常有 3 個半至 5 小時的延遲，因此若安南區外海滿潮過渡至乾潮的時間小於延遲的時間，就有機會發生水無法排出的現象。</p>
<p>8. 目前期中報告內容尚無法全然易於瞭解操作試驗內容，建議可在第 5 章補充簡易方法論敘述、情境列表及最後參考基準是哪幾項要素之說明，應可更清楚呈現。</p>	<p>感謝建議。期末報告針對水門試驗相關內容補充統整之表格，如 P41，表 4；P44，表 5；P56，表 7，期能令讀者更易於了解試驗內容。</p>
<p>9. 本計畫目標最終需提供台管處水門操作建議，目前關鍵要素主要以水門擋水效率(滲漏性)，或許可針對城西濕地入水孔口(RP4A)處適當操作，減少外部潮水入流，應可減少水門滲漏造成影響。</p>	<p>感謝建議。水門滲漏問題後經嘗試用兩層木板阻擋並於木板間填土後解決。</p>
<p>10. 水門操作試驗目前團隊是規劃以什麼標準驗證操作是否成功?哪幾項情境是比較妥適操作?例如鹽度是相當重要基準，以入水口(RP4A)為例，其水體交換率最佳，而鹽度是最接近海水，因此其底棲動物分布狀況理論上也是最佳的，相對樣池 8、9 則因位於水路最末端，水體交換最差，依現有圳路所能提供水體交換狀況如何，也許可作為後續情境研</p>	<p>水門試驗各階段之目標不同，預試驗期望驗證水門擋板之擋水效果；而以候鳥季試驗之最終目標而言，不論是透過抽水機或日曬，「水深」成功降低與否、能否經水門擋板之設置營造生物友善之環境為驗證試驗是否成功之標準。</p>

擬依據。	
------	--

審查意見	意見回覆
郭東輝委員	
1. 本計畫執行區域為城西濕地，位處曾文溪口濕地、城西濕地區及四草野保區之中間，對於黑面琵鷺覓食所需十分重要。將來若可棲地改善增加黑面琵鷺魚源，相信對於黑面琵鷺度冬族群，在台江國家公園範圍所使用頻率可明顯提升。	感謝委員提醒。
2. 本計畫對於城西濕地水文基礎資料已收集完備，將進入度冬候鳥期試驗階段，期待計畫完成後對將來棲地改善增加魚源有所助益。	感謝委員提醒。

審查意見	意見回覆
企劃經理課黃珣珺技正	
1. 本計畫針對水深控制所營造棲地，可提供吸引不同鳥類利用，相關經驗成果可提供本處七股鹽田水文管理計畫參考。	感謝委員提醒。

審查意見	意見回覆
保育研究課王建智課長	
1. RP4A 處看起來為城西濕地水源入口，若直接關閉，可能影響其他鄰近漁民引水需求，建議再綜整評估。	本計畫未對入水口 C5 水門提出關閉建議。另，經調查，城西濕地路與鄰近遭佔用魚塭之圳路已阻隔，各池之試驗應無影響漁民引水之疑慮。
2. 在年度下旬水門操作試驗，建議可維持部分樣池為高水深	考量計畫時間與經費等可行性，本年度計畫候鳥季試驗時僅設計

<p>或自然感潮(例如樣池 5-7、3-4 等易受干擾區域),部分樣池降低水深(如樣池 8、9 等較內部相對少干擾)等原則,進行試驗設計。</p>	<p>低水深與自然感潮兩種情境。5.2 節提及魚塭之水深會隨月份的不同而變化,每年候鳥季時,恰逢魚塭整體水深漸低之時,此時欲維持高水深是否可行仍有待後續的研究與嘗試。</p>
---	---

審查意見	意見回覆
<p>保育研究課林哲宇技士</p>	
<p>1. 水門擋水功效應係調控水深之關鍵,團隊已調查收集各水門狀況,請再思考並試驗修復後水門功效,以執行年度下旬正式試驗。</p>	<p>感謝建議。水門滲漏問題後經嘗試用兩層木板阻擋並於木板間填土後解決。</p>
<p>2. 本處現有移動式柴油引擎抽水幫浦 2 具,若團隊有需要可提供水深操作測試。</p>	<p>感謝台江國家公園對本計畫提供之協助。</p>
<p>3. 高程測量結果與水門位置比對原則是相符的,有幾處再請團隊留意:7 號池西南側有 1 處絕對高程為 19.69-19.75;5 號池東南角鄰近水尺處有 1 高程低於 19.58,以上幾處是否可能為破口?</p>	<p>5 號魚塭及 7 號魚塭除水門以外並無其他破口,該兩處為採樣時偶遇魚塭內地勢較低的地點。另,高程圖已重新校正並更新為以正高表示,見 P27~P32。</p>
<p>4. 水門操作試驗,除透過擋水達成降低水深效果,也請團隊據高程資料及潮差資料,評估如何透過開關水門等方式維持魚塭高水深。</p>	<p>5.2 節提及魚塭之水深會隨月份的不同而變化,每年候鳥季時,恰逢魚塭整體水深漸低之時,此時欲維持高水深是否可行仍有待後續的研究與嘗試。</p>
<p>5. 延續上述,年度下旬操作試驗,採分樣池輪流降水深之原則進行試驗設計,例如先針對 5-7 等 3 樣池關水門、降水深(必要時也可考慮使用抽水</p>	<p>感謝建議。城西濕地之平均水深未來兩個月應會持續降低,除已執行試驗的魚塭以外,各樣池應還有執行棲地營造之機會,本團隊樂意參與後續之討論。</p>

<p>機)，續針對 8-9 樣池操作，最後對 3-4 樣池操作。相關試驗設計細節，可於會後透過工作會議方式討論。</p>	
--	--

附錄三、期末審查意見回覆

期末報告書面審查意見回覆表

審查意見	意見回覆
蘇惠珍委員	
1. 未來對於計畫區正要朝向恢復自然感潮潮間帶或維持人工魚塭方式經營，需要有階段性的目標。	感謝建議。配合今年度之調查成果，此份報告提出兩種水門操作策略建議(見 6.3 節及 7.2 節)，應可利用既有設施先行嘗試棲地營造之效果，再評估人為手段須介入的程度。
2. P. 65 所謂鹽度持續變化達惡化程度，這裡所謂的「惡化」指的是什麼？	感謝提醒。「惡化」意指影響到食源生物或鳥類的生存，已修正敘述，見 P82。
3. 本計畫水文試驗項目，可以從水文收支概念，將各項目定位描述清楚，例如日曬代表是蒸發量，土壤滲水是地下水出滲流還是？如此可以清楚在枯、豐季，漲退潮等不同時期，是由哪個項目主導水深變化。	感謝建議。水文收支項目已新增於 5.1 節，見 P37。本計畫執行過程中曾嘗試就水門試驗部分做水文收支分析，但數據收集過程中了解如地下滲水量同時受如潮位、魚塭水深、氣壓、時間等多項因子共同作用，較難以準確量化。蒸發量之資料則新補充在附錄一作參考，見 P96。
4. 水鳥棲地營造除了水深操作，還有食物來源，由今年試驗成果，建議明年可否在此劃分聯合操作區，例如 3、4 為一區，5-7 為一區，8、9 為一區，可以進行自然感潮(帶來食物)，進而操作水深(透過固定頻率操作水門方式)。	感謝建議。配合今年度之調查成果，此份報告提出兩種水門操作策略建議，並納入分區之概念，見 6.3 節及 7.2 節。

審查意見	意見回覆
洪孟祺委員	
1. 圖表編號建議分章編碼，以利查找閱讀。	感謝建議，已修正。
2. 第四章建議補充調查水道與水門底部高程、尺寸等諸元，以利後續水文操作方案之研擬與評估。	感謝建議。水門尺寸於 4.1 節當中已描述，見 P19~P21。水道及水門底部高程則未及再安排前往調查。
3. P. 36-P. 37 圖 19 與表 3 中，高程測量基準與潮位基準不同，兩者是否已作修正？	感謝提醒。本報告所引用之潮位觀測資料皆已修正為以相對臺灣高程基準(TWVD2001，以基隆港平均海水面為 0)表示。
4. 第 6.2.3 節水質調查中，因 DO、pH 受日照程度影響大，建議加註時間或調查時間一致。另，表 8 建議以 box plot 整理繪製，以利閱讀與理解。	感謝建議。預試驗及候鳥季試驗之水質調查時間皆已補上，如表 6-3、表 6-7。另，水質調查結果已於後續內容中描述，故無再做盒鬚圖之分析。
5. 本計畫使用之抽水機為電力或柴油驅動？對鳥類棲地利用之干擾程度？	抽水機為柴油驅動，就使用過程中之經驗抽水時會產生噪音，但不足以干擾鳥類之停棲。抽水期間鳥類利用魚塭之狀況可參考台江國家公園及其周緣緩衝區多樣性棲地營造與評估計畫(3/4)之生物調查報告。
6. 城西緊鄰防風林，與西南沿海常見之鹽田濕地有所差異，就地景組成所吸引之度冬鳥類群聚組成可能與鹽田不同。又，根據 P.5 圖 1，各同功群鳥類喜好水深不一，水文操作之目標對象與棲地目標水深之設定，本報告似未見相關分析。	感謝提醒。本計畫之水門操作策略建議期望計畫區魚塭核心區整體之水深達 15 公分以下。依 4.3 節高程測量之結果，核心區為三個高程區間組成，每個區間為 5 公分間隔，整體之水深達 15 公分以下意即該口魚塭核心區會有 5、10、15 三種不同水深，應有機會提供不同同功群鳥類利用。

<p>7. 過去相關座談場合有民眾表示，安南區地質屬沙地，池底滲漏量大，本計畫是否有觀測分析？</p>	<p>本計畫並無泥沙、地質相關分析。池底滲漏程度可由候鳥季試驗成果簡單了解，如圖 6-7、圖 6-8。</p>
<p>8. 本次報告書尚未有操作方案、水質、水深、各同功群鳥類利用之關聯分析，誠屬可惜。</p>	<p>感謝提醒，水門操作策略已新增在此份報告 6.3 節及 7.2 節。</p>

審查意見	意見回覆
郭東輝委員	
<p>1. 本計畫範圍屬於四草野生動物保護區 A3 區，為自然感潮魚塢，這裡的水門管制應可讓這些魚進入魚塢，但魚塢內的魚量與水深不相等，需要有更基礎資礎調查對於出入之魚量作一了解，以利將來經營管理。</p>	<p>感謝提醒。食源生物量之資訊應可參考台江國家公園及其周緣緩衝區多樣性棲地營造與評估計畫(3/4)針對城西濕地之生物調查結果。</p>
<p>2. 建議事項提及 12 月-2 月為適合水深操作時機，適合度冬黑面琵鷺度冬期間迫切的食物補充。</p>	<p>感謝提醒。配合今年度之調查成果，此份報告提出兩種水門操作策略建議(見 6.3 節及 7.2 節)，後續應可參考及嘗試執行了解棲地營造成效。</p>

審查意見	意見回覆
企劃經理課鄭脩平課長	
<p>1. 計畫區域(城西濕地)部分魚塭屬本處所管有土地，在操控性上本處可掌控權比較高，建議也可採地形調整的方式營造棲地。</p>	<p>感謝建議。經調查城西濕地候鳥季時維持自然感潮水深已可達 20 公分以下，故目前僅規劃透過水門擋板之效果協助降低至 15 公分以下以提升鳥類之覓食效率及棲地利用率，無提出其他工程手段之建議。未來若要進一步探討其他棲地操作與管理之可能性，可再朝地形調整之方向討論。</p>

審查意見	意見回覆
保育研究課王建智課長	
<p>1. 目前計畫成果建議 4、5 號池是適於操作水深，惟建議受託單位可考量鄰近 3 號池邊仍有數池魚塭有養殖利用行為，將 3 號池設為緩衝，避免其他樣池水深操作影響既有養殖魚塭之水深。</p>	<p>感謝提醒。完整之水門操作策略建議可見 6.3 節。經調查，3 號魚塭外側之圳路與鄰近魚塭之圳路已遭人用土堤隔開，故計畫區之水流與鄰近有養殖利用之魚塭不相互影響。</p>
<p>2. 計畫建議適合操作水深時間為 12 月-2 月，符合本處觀察私人養殖魚塭修養放水期(10 月-12 月)後之食源空窗期，若後續試驗可於 12 月-2 月成功降低水深並營造為適合黑面琵鷺等冬候鳥利用棲地，對黑面琵鷺保育是有相當意義的，也可持續投入預算經費持續調查試驗的。</p>	<p>感謝提醒。此份報告提出兩種水門操作策略建議，其中方案二較能平均分配候鳥季期間之食源(見 6.3 節)，後續應可搭配相關資訊作參考，決定棲地營造計畫實際執行方式。</p>

審查意見	意見回覆
保育研究課林哲宇技士	
1. P.12 等頁對試驗區域(城西濕地特別景觀區)簡稱為城西濕地，建議簡稱為城西濕地。	感謝建議，已將「城西魚塭」皆修正為「城西濕地」。
2. 4.3 基地地形測量之各池狀況目前是以圖及內文說明結果，也請再增加以表格顯示各池各種高程所佔比例狀況，以及目前水尺所在高程位置。	感謝建議，已新增各高程所佔比例、水尺(樣站)位置以及水尺位置之高程。見 4.3 節。
3. 各次水深、水質調查成果，請補充紀錄日期及時間。	感謝建議，已新增表 6-3 及表 6-6 說明各次水深、水質調查時間。
4. 候鳥季試驗以 6、9 為操作池，但其他對照池的水深變化狀況也請補充(目前水質各池都有)。	感謝建議，已新增 5.1 節敘述全區水深。
5. 以 P.58 圖 30 來看，RP9 的水深後續維持 15-20 公分間，11 月 23 日重新關閉水門後，水深變化狀況如何值得持續觀察，建議可在圖 30 加入外海潮位資訊。	感謝建議。期末報告之圖 30 已附上將軍潮位站每日平均潮位資訊，成果報告則改為距離城西濕地最近的四草潮位站觀測潮位，見圖 6-8。
6. 7 號池在 9 月底試驗時也有阻擋水門，依照王一匡老師團隊 11 月 22 日也記錄大量鷺鷥利用，因此若比較鹽度紀錄，RP6、7、9 的鹽度到後期都比其他開放水體池要高，是否可視為 6、7、9 池因水體封閉，也受日曬蒸發，使水中鹽度上升？	就阻擋水門時間最長的 9 號魚塭而言，可以明顯觀察到鹽度因水門關閉、水深漸低而提高，表示魚塭之水體的確有受日曬蒸發影響。試驗期間水深下降之原因目前推測為日曬及外海平均潮位漸低共同影響，實際機制有待後續研究。

<p>7. 建議可與鳥類利用狀況比較，並依試驗結果在成果報告提出具體操作水門或執行水深營造的策略。</p>	<p>水門操作策略建議(見 6.3 節及 7.2 節)，後續應可參考及嘗試執行了解棲地營造成效。</p>
---	--

審查意見	意見回覆
環境維護課鄭允翔技士	
<p>1. 有關潮位站資訊，六河局於安平區也設有潮位站，建議可視需要索取。</p>	<p>感謝建議。除了表 5-3，此份報告其餘潮位已修正為具計畫區最近的四草潮位站觀測紀錄。四草潮位站位於鹿耳門溪口，應更能精確反映外海潮位與魚塭水深之關係。</p>
<p>2. 有關試驗區域滲水，建議可再了解是地下水滲水或是鄰近魚塭、潮溝間之滲水。</p>	<p>感謝建議。地下滲水之來源、滲流量、滲流機制等資訊有待後續研究。</p>

附錄四、參考文獻

- Acreman MC, J Fisher, CJ Stratford, DJ Mould, JO Mountford. 2007. Hydrological science and wetland restoration: some case studies from Europe. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 11 (1): 158–169
- Bancroft CT, Strong AM, Sawicki RJ, Hoffman W, Jewell SD (1994) Relationships among wading bird foraging patterns, colony locations, and hydrology in the Everglades. In: Davis SM, Ogden JC (eds) *Everglades: The ecosystem and its restoration*
- Bancroft GT, Gawlik DE, Rutchey K (2002) Distribution of wading birds relative to vegetation and water depths in the Northern Everglades of Florida, USA. *Waterbirds* 25:265–277
- Baschuk, M.S., Koper, N. , Wrubleski, D.A., Goldsborough G. Effects of water depth, cover and food resources on habitat use of marsh birds and waterfowl in boreal wetlands of Manitoba, Canada *Waterbirds*, 35 (2012), pp. 44-55
- Battisti, C., Aglitti, C., Sorace, A., Trotta, M. “Water level decrease and its effects on the breeding bird community in a remnant wetland in Central Italy” *Ekológia* (Bratislava). Vol. 25, No. 3, p. 252–263, 2006
- Causarano, Francesca, and Corrado Battisti. “Effect of Seasonal Water Level Decrease on a Sensitive Bird Assemblage in a Mediterranean Wetland.” *Rendiconti Lincei*, vol. 20, no. 3, 2009, pp. 211–218., doi:10.1007/s12210-009-0045-9
- Colwell MA, Taft OW (2000) Waterbird communities in managed wetlands of varying water depth. *Waterbirds* 23:45–55
- Connor KJ, Gabor S (2006) Breeding waterbird wetland habitat availability and response to water-level management in Saint John River floodplain wetlands, New Brunswick. *Hydrobiologia* 567:169–181
- Davidson NC, Evans PR (1986) The role and potential of man-made and man-modified wetlands in the enhancement of the survival of overwintering shorebirds. *Colonial Waterbirds* 9:176–188
- Davis CA, Smith LM (1998) Ecology and management of migrant shorebirds in the Playa Lakes region of Texas. *Wildlife Monographs* 140:1–45
- Darnell T, Smith EH (2004) Avian use of natural and created salt marsh in Texas, USA. *Waterbirds* 27:355–361
- Dimalexis A, Pyrovetsi M (1997) Effect of water level fluctuations on wading bird foraging habitat use at an irrigation reservoir, Lake Kerkinis, Greece. *Colonial Waterbirds* 20:244–252

- Euliss NH Jr, LaBaugh JW, Fredrickson LH, Musher DM, Laubhan MK, Swanson GA, Winter TC, Rosenberry DO, Nelson RD (2004) The wetland continuum: a conceptual framework for interpreting biological studies. *Wetlands* 24:448–458
- Froneman A, Mangnall MJ, Little RM, Crowe TM (2001) Waterbird assemblages and associated habitat characteristics of farm ponds in the Western Cape, South Africa. *Biodiversity and Conservation* 10:251–270
- Hannam KM, Oring LW, Herzog MP (2003) Impacts of salinity on growth and behavior of American Avocet chicks. *Waterbirds* 26:119–125
- Hartke KM, Kriegel KH, Nelson GM, Merendino MT (2009) Abundance of wigeongrass during winter and use by herbivorous waterbirds in a Texas coastal marsh. *Wetlands* 29:288–293
- Hoover JP (2009) Effects of hydrologic restoration on birds breeding in forested wetlands. *Wetlands* 29:563–573
- Losito MP, Baldassarre GA (1995) Wetland use by breeding and postbreeding female mallards in the St. Lawrence River Valley. *Wilson Bulletin* 107:55–63
- Ma, Zhijun, Cai, Yinting, Li, Bo and Chen, Jiakuan. 2010. Managing Wetland Habitats for Waterbirds: An International Perspective. *Wetlands*, 30:15–27
- Maeda T (2001) Patterns of bird abundance and habitat use in rice fields of the Kanto Plain, central Japan. *Ecological Research* 16:569–585
- Masero JA, Pérez-Hurtado A, Castro M, Arroyo GM (2000) Complementary use of intertidal mudflats and adjacent Salinas by foraging waders. *Ardea* 88:177–191
- Middleton B. 1999. *Wetland Restoration – Flood Pulsing and Disturbance Dynamics*. John Wiley & Sons, Inc, Canada.
- Ntiamo-Baidu Y, Piersma T, Wiersma P, Poot M, Battley P, Gordon C (1998) Water depth selection, daily feeding routines and diets of waterbirds in coastal lagoons in Ghana. *Ibis* 140:89–103
- Ogden JC (1991) Nesting by wood storks in natural, altered, and artificial wetlands in central and northern Florida. *Colonial Waterbirds* 14:39–45
- Ogden JC (1994) A comparison of wading bird nesting colony dynamics (1931–1946 and 1974–1989) as an indication of ecosystem conditions in the Southern Everglades. In: Davis SM, Ogden JC (eds) *Everglades: The ecosystem and its restoration*. St. Lucie, Delray Beach, pp 533–570
- Okruszko T, H Duel, M Acreman, M Grygoruk, M Flörke, C Schneider. 2011. Broad scale ecosystem services of European wetlands—overview of the current situation and future perspectives under different climate and water management scenarios. *Hydrological Sciences Journal* 53:1501–1517

- O'Neal BJ, Heske EJ, Stafford JD (2008) Waterbird response to wetlands restored through the conservation reserve enhancement program. *Journal of Wildlife Management* 72:654–664
- Owen M, Black JM (1990) *Waterfowl ecology*. Blackie and Son Ltd., Glasgow
- Paracuellos M (2006) How can habitat selection affect the use of a wetland complex by waterbirds. *Biodiversity and Conservation* 15:4569–4582
- Post W (1998) Reproduction of least bitterns in a managed wetland. *Colonial Waterbirds* 21:268–273
- Paracuellos M, Telleria JL (2004) Factors affecting the distribution of a waterbird community: the role of habitat configuration and bird abundance. *Waterbirds* 27:446–453
- Purdue JR, Haines H (1977) Salt water tolerance and water turnover in the snowy plover. *The Auk* 94:248–255
- Rubega MA, Robinson JA (1997) Water salinization and shorebirds: emerging issues. *International Wader Studies* 9:45–54
- Sánchez-Zapata JA, Anadón JD, Carrete M, Giménez A, Navarro J, Villacorta C, Botella F (2005) Breeding waterbirds in relation to artificial pond attributes: implications for the design of irrigation facilities. *Biodiversity and Conservation* 14:1627–1639
- Taft OW, Haig SM (2005) The value of agricultural wetlands as invertebrate resources for wintering shorebirds. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 110:249–256
- Taft OW, Colwell MA, Isola CR, Safran RJ (2002) Waterbird responses to experimental drawdown: implications for multispecies management of wetland
- Takekawa JY, Miles AK, Schoellhamer DH, Athearn ND, Saiki MK, Duffy WD, Kleinschmidt S, Shellenbarger GG, Jannusch CA (2006) Trophic structure and avian communities across a salinity gradient in evaporation ponds of the San Francisco Bay estuary. *Hydrobiologia* 567:307–327
- VanRees-Siewert KL, Dinsmore JJ (1996) Influence of wetland age on bird use of restored wetlands in Iowa. *Wetlands* 16:577–582
- Warnock N, Page GW, Ruhlen TD, Nur N, Takekawa JY, Hanson JT (2002) Management and conservation of San Francisco Bay salt ponds: effects of pond salinity, area, tide, and season on Pacific flyway waterbirds. *Waterbirds* 25(Suppl. 2):79–92
- White CL, Main MB (2004) Habitat value of golf course wetlands to waterbirds. *USGA Turfgrass and Environmental Research Online* 3(16):1–10
- Winter TC, Woo MK (1990) Hydrology of lakes and wetlands. In: Wolman MG, Riggs HC (eds) *The geology of North America, Vol. 1: Surface water hydrology*. The Geological Society of America, Boulder, pp 159–187

Zedler JB. 2001. Handbooks for Restoring Tidal Wetlands. CRC Press LLC.

Zedler JB, S Kercher. 2005. Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. *Environment and Resources* 30: 39–74

1. 內政部，2009，台江國家公園計畫
2. 內政部，2018，台江國家公園計畫(第 1 次通盤檢討)計畫書
3. 內政部，2018，四草重要濕地(國際級)保育利用計畫書
4. 王一匡，2016，台江國家公園及其周緣緩衝區多樣性棲地營造與評估計畫(1/4)，台江國家公園
5. 王一匡，2017，台江國家公園及其周緣緩衝區多樣性棲地營造與評估計畫(2/4)，台江國家公園
6. 王筱雯，2012，好美寮及布袋鹽田濕地水文生態空間整體保育規劃及環境營造計畫，嘉義縣政府
7. 王筱雯，2014，布袋鹽田濕地及好美寮濕地水文生態環境與泥沙永續管理計畫(II)，嘉義縣政府
8. 臺南市政府，2010，鹿耳門排水系統治理計畫

附錄五、2018 濕地大會海報



台江國家公園計畫
城西濕地水位試驗及水鳥棲地營造

王慶雲、郭新鴻
國立成功大學水利與海洋工程學系

王一至、陳凱偉
國立成功大學農藝暨環境教育學系

研究目的

城西濕地位於台南區城西，台江國家公園城西濕地特別景觀區之範圍內，鳥棲原作為農田，廢棄以後，因鳥棲與附近的城西休養林一帶人為干擾少，加上地緣位置鄰近四星及七星的野生動物保護區，遂成為野生動物利用之棲地。而冬季時，奇遷的冬候鳥亦在此停宿，過去社區作為鳥棲棲地時，所設置之水門與水路透過外國農夫之經驗，可讓海水的高漲潮進行引水及抽水。然而，目前未有整體性的經營管理，加上原有之水門設施已損壞，難有效調節該區域內的水位，根據先前的研究指出可能因此出現水位過深，不適合水鳥利用之情形，為了尋求棲地品質提升之可能性，本研究進行水文、水質、地質等方面的基礎調查，以及透過水門操作試驗調節水位，並探討水鳥生態調查、濕地水文與生態之關聯性，再藉由評估區域內棲地品質恢復或提升之可能，期望透過營造棲地改善生物利用該棲地之目標。

計畫目標

- 了解城西濕地水文水質基礎資料，作為後續監測棲地變化參考。
- 透過水門操作試驗，評估了該區域內棲地品質及濕地生態功能恢復或提升之可能，以改善該區域之生態生物利用該棲地之目標。
- 提供運用水利設施改善棲地經營管理方式之建議。

研究結果

- 系統水位變化與潮汐關係：

計畫區之水位主要受潮汐影響，根據尺度而言，台南區外海海潮(乾)潮以後，城西濕地水位需兩個2至4.5小時才達高(低)潮，存在時間延遲。根據尺度而言，將該區外海平均潮位每半年度1月份至3月份海面的整體水位上升，而3月份至6月則漸降，周而復始(如下表)，將該區平均潮位與城西濕地2月底起至10月底之水位調查結果，可以發現兩者趨勢(如下圖)。

月份	平均潮位(m)
1	0.201
2	0.227
3	0.246
4	0.299
5	0.333
6	0.4
7	0.425
8	0.472
9	0.453
10	0.405
11	0.341
12	0.247
- 提高水位試驗初步結果：

6號鳥棲自2018年11月3日進行抽水一週以後，池中水位由35公分下降至15公分，隨後水位在10.5至16公分之間波動。連續9天至11月18日，曾試日曬之9號鳥棲水位則未見顯著下降。試驗期間共紀錄鳥棲104423隻870隻次，3種優勢鳥類數量分別為：黑腳鵝194隻次、蒼鵝110隻次、大白鵝103隻次，小白鵝84隻次與綠鵝64隻次，3種優勢鳥類相對豐度總合為82.3%，試驗期間總計每種鳥類平均鳥數為9.411隻，平均鳥類豐度為95.7425.8隻，鳥類數以6號鳥棲14種最高，鳥類豐度也以6號鳥棲234隻次最高。

研究地區

本研究研究地區位於台南市城西區城西，為台江國家公園所劃設之城西濕地特別景觀區(特三區)內，國家公園成立之初，為保護將有濕地生態資源而劃設，城西濕地特別景觀區範圍共約106公頃，而本研究之研究之鳥棲則為其中約20公頃的範圍，共有3口鳥棲，編號為1-3-1、3-1、3-2號鳥棲。



研究方法

- 基地地形測量：

以RTK測量計畫區鳥棲之地表高程，架設一口鳥棲全區之地表高程以後，測量與經第一路的水源便可掌握不同區域的水位狀況。
- 水文基礎調查：

分兩階段尺度探討計畫區外海潮沙灘濕地內水位變化之關係，短時間尺度為研究每日兩止潮沙外海(乾)潮時間濕地內水位最高(低)點之地理時間；長時間尺度則探討外海平均潮位隨月份變化與濕地水位之關係。
- 水位試驗：


於候鳥遷徙期間兩口鳥棲之水門，6號鳥棲以抽水機在短時間內降低水位，了解不同水位環境鳥類利用之情形；9號鳥棲則以日曬降低水位之效果。
- 生態調查：

水門試驗開始前針對該區內鳥類食源生物(昆蟲、魚、蝦、蟹)進行調查，試驗進行時進行鳥類調查，試驗結束後進行食源生物回復調查。



初步結論

6號鳥棲以抽水機營造能用環境見低的水位成功吸引眾多數目的鳥類前往利用，說明城西濕地具執行棲地營造計畫之條件，關鍵在於如何有效降低水位。9號鳥棲在水門關閉以後水位未能因日曬而下降時有條件起伏，推測原因為因計畫區已十分靠近外海，當海水高度較計畫區水位高時會產生水位能差，令海水自地表土層滲入鳥棲內，此現象有待後續之觀察與研究。城西濕地每日之水位隨潮汐的漲潮、退潮而起伏，然而整體平均之水位仍受外海平均潮位每月不同所決定，因此每年元旦前後一月前後外海平均潮位最低之時，濕地水位隨之下降，此時應是執行棲地營造計畫的最佳時機。



基礎調查

基地地形測量、水文基礎調查

→

水位試驗

抽水、日曬

↕

食源生物量調查

昆蟲、魚、蝦、蟹

→

鳥類調查

→

食源生物回復調查

昆蟲、魚、蝦、蟹

