

澎湖縣政府

澎湖縣山水堤防降堤後生態、景觀與自然資源效益監測評估委託專業服務

(總結報告書)

國立宜蘭大學

中 華 民 國 1 0 2 年 0 1 月

目錄

摘要.....	11
第壹章 緒論.....	13
第貳章 文獻回顧.....	14
2-1 海堤建設時空背景.....	14
2-2 海堤生態價植.....	14
2-3 現今溼地.....	15
2-4 溼地價值.....	16
2-5 汙染物去除機制及方法.....	18
2-6 溼地應用成效.....	21
2-7 人工溼地組成.....	22
2-7-1 植物選取.....	23
2-7-2 現今人工溼地型態.....	25
2-8 溼地經營管理.....	27
第叁章 計畫目標與問題解決.....	29
第肆章 研究地點.....	31
第伍章 預定進度.....	33
第陸章 工作內容及方法.....	36
第柒章 研究調查項目.....	37
第壹節、澎湖山水海岸區域位置確認調查.....	37
第貳節、內外溼地環境評估.....	38
第叁節、水文水質調查.....	42
第肆節、山水沙灘地區陸域生物調查.....	48
第伍節、遊客環境衝擊評估.....	54
第捌章 研究結果.....	57
第壹節、澎湖山水海岸區域位置確認調查.....	57
1-1 擬定調查區域.....	57

1-2 地形地貌環觀測紀錄.....	57
1-3 山水沙灘地形地貌變化監測.....	58
第貳節、內外溼地微氣候調查.....	60
2-1 防風效益評估比較-風速變化調查.....	60
2-2 溫濕度變化調查.....	60
2-3 土壤含水量變化調查.....	64
2-4 地表沙源攔截試驗.....	65
2-5 內外溼地表面層土壤滲透性調查.....	66
第叁節、水文水質調查.....	67
3-1 水溫(Water temperature, °C)	67
3-2 酸鹼度(pH)	71
3-3 溶氧(Dissolved Oxygen, mg/L)	74
3-4 濁度(Turbidity, NTU)	77
3-5 鹽度(Salinity, ppt)	81
3-6 導電度(Electrical conductivity, ms/cm)	85
3-7 氧化還原電位(Oxidation Reduction Potential, mV).....	89
3-8 總溶解固體量(Total Dissolved Solids)	91
3-9-水質硬度(Water hardness)	94
3-10 氯鹽(Chloride)	95
3-11 大腸桿菌數(Escherichia coli)	96
3-12 氨氮 (Ammonia nitrogen)	97
3-13 生化需氧量 (Biochemical oxygen demand , BOD5)	97
3-14 總磷 (Total Phosphate)	98
3-15 行政院環保署山水沙灘水質數據比對分析.....	98
3-16 綜合分析.....	100
第肆節、山水沙灘地區陸域生物調查.....	103
4-1 植物調查.....	103
4-2 動物調查-昆蟲調查.....	120
4-3 動物調查-魚蟹貝調查.....	124
4-4 動物調查-兩棲爬蟲暨哺乳類調查.....	129
4-5 動物調查-兩棲爬蟲暨哺乳類調查.....	129
4-6 動物調查-鳥類調查.....	130
4-7 動物調查-海域生物調查.....	134
第伍節、遊客環境衝擊評估.....	137
5-1 澎湖山水溼地遊客人數調查.....	137
5-2 澎湖山水溼地維護人員訓練與工作要項.....	139
5-3 澎湖山水溼地問卷調查.....	141

第玖章、總 結.....	145
第拾章、參考文獻.....	151
第拾壹章、附件.....	161
第拾貳章、審查意見表回覆表.....	186

表目錄

表 1.	以溼地位置所能提供景觀與相關價值為例(Mitsch and Gosselink, 2000)	17
表 2.	溼地在 3 個一般不同類別尺度之價值(Mitsch and Gosselink, 2000).....	17
表 3.	溼地的功能與價值(邱文彥, 1999)	18
表 4.	自然系統的處理機制(林, 2005.)	19
表 5.	人工溼地系統種植的大型水生植物 5 種分類(洪, 2002 ; 何, 2003 ; 林, 2008)	24
表 6.	美國工兵署推薦人工溼地水生植物物種(行政院環保署水質淨化現地處理)	24
表 7.	山水溼地水質調查座標位置概述.....	44
表 8.	台灣河川污染指標與污染程度分類(行政院環保署-wed)	47
表 9.	陸域地面水體分類與水質標準(中華民國環保法規資料中心-wed).....	47
表 10.	歧異度優劣等級表.....	51
表 11.	均勻度優劣等級表.....	52
表 12.	鳥類均勻度優劣等級表.....	53
表 13.	澎湖山水內外溼地微氣候調查 t 檢定分析表(2012/01/08).....	61
表 14.	每月於澎湖山水溼地 4 點監測位置內水質硬度變化之比較.....	95
表 15.	每月於澎湖山水溼地 4 點監測位置內氯鹽變化之比較.....	96
表 16.	澎湖山水溼地特定樣區水質中大腸桿菌數調查表(2012/10/2 採樣).....	97
表 17.	澎湖山水溼地特定樣區水體氨氮含量調查表(2012/09/23 採樣)	97
表 18.	澎湖山水溼地特定樣區水體生化需氧量調查表(2012/09/23 採樣).....	98
表 19.	澎湖山水溼地特定樣區水體總磷含量調查表(2012/09/23 採樣).....	98
表 20.	澎湖山水溼地 9 月份 4 點指定區域污染指標、程度分結果.....	101
表 21.	澎湖山水溼地水質 8 項採樣指標 Pearson 相關分析表.....	102
表 22.	2012/02/03 於澎湖山水溼地進行植被目視調查.....	103
表 23.	以 Simpson 歧異度指數(D)計算 3、4、9 月份四點樣區歧異度指數...	117
表 24.	澎湖山水溼地目視調查之喬灌木種類.....	117
表 25.	山水內外溼地昆蟲數量調查(調查時間 2012/01/07~08)	121
表 26.	山水內外溼地昆蟲數量調查(調查時間 2012/09/04~05)	121
表 27.	山水內外溼地昆蟲目視調查(2012/06~2012/10)	123
表 28.	山水內外溼地魚蟹貝類調查.....	124
表 29.	澎湖山水沙灘海域螺貝類調查(2012/09/18 採樣)	126
表 30.	山水內外溼地兩棲爬類目視調查(2012/07~2012/10)	129
表 31.	山水內外濕哺乳類調查(2012/07~2012/10)	129

表 32.	澎湖山水溼地鳥類文獻調查一覽表.....	130
表 33.	澎湖山水溼地鳥類調查.....	132
表 34.	澎湖山水海域生物調查.....	135
表 35.	澎湖山水海域潮間帶生物目視調查(2012/10/28)	135
表 36.	澎湖山水溼地維護人員一週工作項目.....	139
表 37.	山水溼地各評估項目未來建議與應用.....	147

圖目錄

圖 1.	池塘/溼地污水處理系統(A:有漂浮植物的池塘;B:水平流動溼地系統或池塘有挺水植物;C:水平流動溼地系統;D: 垂直流動溼地系統)(Stottmeister et al., 2003)	27
圖 2.	華江志工成長五階段目標架構(引自蔡碧芝等, 2009)	28
圖 3.	研究地點.....	31
圖 4.	山水內外溼地.....	32
圖 5.	研究流程圖.....	36
圖 6.	土壤採樣.....	40
圖 7.	地表沙源攔截試驗調查位置.....	41
圖 8.	實驗室模擬溼地表土層滲透試驗示意圖.....	41
圖 9.	內溼地現場水質調查.....	43
圖 10.	澎湖山水內外溼地水質調查位置圖.....	45
圖 11.	澎湖山水內外溼地水質調查位置圖(平面圖)	46
圖 12.	植被覆蓋度調查示意圖.....	50
圖 13.	澎湖山水溼地地形高程變化.....	58
圖 14.	澎湖山水沙灘於颱風、東北季風與南風漲潮位置劃分調查.....	59
圖 15.	以紅外線熱影像儀分析內外溼地大氣溫度變化.....	62
圖 16.	澎湖山水溼地 7 種點位樣區 14:00~15:00 大氣溫度平均變化比較.....	63
圖 17.	澎湖山水溼地 7 種點位樣區大氣溫度變化趨勢圖.....	63
圖 18.	七點點位樣區土壤含水量變化圖.....	65
圖 19.	七點點位樣區地表揚塵黏著量變化圖.....	66
圖 20.	比較山水內外溼地池下土壤滲透所需時間變化圖.....	67
圖 21.	澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體溫度變化調查.....	67
圖 22.	三月~十月澎湖山水內外溼地水體溫度季平均變化圖.....	70
圖 23.	澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體 pH 濃度變化調查.....	72
圖 24.	三月~十月澎湖山水內外溼地水體 pH 值季平均變化圖.....	73
圖 25.	澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體溶氧(DO)濃度變化調查.....	75
圖 26.	三月~十月澎湖山水內外溼地水體溶氧(DO)季平均變化圖.....	76
圖 27.	澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體濁度(NTU)變化調查.....	79
圖 28.	三月~十月澎湖山水內外溼地水體濁度(NTU)季平均變化圖.....	80
圖 29.	澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體鹽度(ppt)變化調查.....	83
圖 30.	三月~十月澎湖山水內外溼地水體嚴度(ppt)季平均變化圖.....	84
圖 31.	澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體導電度(EC)變化調查.....	87
圖 32.	三月~十月澎湖山水內外溼地水體導電度(EC)季平均變化圖.....	88

圖 33.	澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體氧化環原電位(ORP)變化調查.....	90
圖 34.	澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體總溶解固體量(TDS)變化調查.....	92
圖 35.	三月~十月澎湖山水內外溼地水體總溶解固體量(TDS)季平均變化圖.....	93
圖 36.	已優氧化之外溼地池水未經淨化過濾就直接排入大海.....	94
圖 37.	比對環保署澎湖山水沙灘海域水溫度與濁度變化圖.....	99
圖 38.	比對環保署澎湖山水沙灘海域 pH 度與溶氧變化圖.....	100
圖 39.	三月澎湖山水外溼地不同植群覆蓋度百分比.....	106
圖 40.	四月澎湖山水內溼地黃槿林下植群覆蓋度百分比.....	107
圖 41.	四月澎湖山水外溼地與木麻黃林下植群覆蓋度百分比.....	109
圖 42.	四月澎湖山水內溼地植群覆蓋度百分比.....	110
圖 43.	九月澎湖山水內溼地內溼地植群覆蓋度百分.....	112
圖 44.	九月澎湖山水沙灘與木麻黃林下植群覆蓋度百分比.....	113
圖 45.	九月澎湖山水外溼地植群覆蓋度百分比.....	115
圖 46.	澎湖山水外溼地植被變化調查圖.....	119
圖 47.	九月、一月、三月澎湖山水山灘海域遊憩人數.....	137
圖 48.	不同時段澎湖山水山灘與內外溼地遊客人數調查 (2012/05/01~2012/05/25)	138
圖 49.	暑假(7、8 月)不同時段澎湖山水山灘與內外溼地遊客人數調查.....	139
圖 50.	民眾暨遊客對山水溼地設置的目的功能所認知程度之百分比.....	141
圖 51.	民眾暨遊客最喜歡山水溼地的部分結果之百分比.....	142
圖 52.	民眾暨遊客最不喜歡山水溼地的哪一部分之百分比.....	142
圖 53.	民眾暨遊客對山水溼地的普遍印象之百分比.....	143
圖 54.	民眾暨遊客給予山水溼地的未來建議項目	143
圖 56.	民眾暨遊客主要在山水溼地所從事的活動項目	144

摘要

澎湖山水溼地過去因國土安全與民眾財產保障為首要考量而興建海岸堤防，但現今環境科學進步、環保生態意識抬頭下，漸對堤防的存廢與溼地，有新的體會，為了景觀、溼地棲地復育、海岸保全、汙水淨化與生態教育、旅遊，以全方位為規劃導向，澎湖縣政府於 2006 年開始內溼地重建、補植、修復，經數年養護，區域內植群逐漸茂密，舒緩大氣環境急遽變化，外溼地也在 2012 重建，初期，地表裸露面積甚大，新植喬灌木稀疏，但歷經半年「自我復育」，裸露面積大幅降低，但大型喬灌木仍不足，外溼地強陣風的吹襲仍顯頻繁，對於遊客遊憩與生物復育或自然資源保育與防災仍為一艱困挑戰。

溼地水體檢測顯示，目前內、外溼地整體平均水質屬於中度污染層級，主要受水源不足、與相鄰住家豢養之家禽與漁產加工廢水排放所致，造成處理後淨水，二度污染，當務之急應轉換汙水排放的動線流程，將淨水場處理後的淨水，順勢排入內溼地第一與第三樣區，再銜接外溼地，而家禽飼養區域(第二樣區)應直接導引至沉澱池連同社區家庭廢水，以淨水場淨化後再排出，以達到山水溼地水質全面淨化的目標。外溼地於 101 年 8 月進行排洪管銜接外海的挖掘工程，未經處理之汙水直接排入大海，衝擊有二，一為高含量的大腸桿菌嚴重威脅山水海域遊憩品質，二為外溼地的淡水環境逆轉為鹹水環境，山水溼地的定位出現疑惑，對於全國頂級之黃金沙灘的水域遊憩形成嚴重威脅，水源的污染可能來自外溼地與直接排放的路徑，需早日確認時空的影響範圍，對症下藥，才能力挽狂瀾。

植群調查顯示，2~3 月外溼地以番杏為主要優勢草種，覆蓋度指數也最高，緊鄰池畔則以羊蹄為首，區域內覆蓋度指數趨近於 100%，至 4 月止，植群草種科別種數內溼地皆遠大於外溼地。春夏季交替內溼地植群優勢度由番杏漸轉為加拿大蓬、百慕達草和鱧腸。夏季外溼地池岸羊蹄已枯萎死亡，由龍爪茅、大花咸豐草、或鹽地鼠尾粟覆蓋占據。此外內、外溼地因水生植物數量稀少，可引進原生水生植物，以提高溼地水質淨化能力。生物調查顯示內溼地因水源穩定，植被數量物種豐富，可提供較多昆蟲及兩生類絕佳棲息、隱蔽、覓食機會，而外溼地因為新闢，植被較為稀疏裸露，雖後期逐漸被自發的植被蓋滿，仍屬單純的先驅植物社會，就食物鏈關係，昆蟲、兩生類等自然也少，非關堤防的存廢。但外溼

地因面積廣大、深度剛好，且遠離人煙，似乎滿足許多種候鳥與留鳥的棲息條件，第一年冬季鳥類調查遠高於內溼地，共記錄 21 種。魚蟹類調查以內溼地第二採樣區補獲數最高，以紅蟳和大肚魚為主。山水海域則以星斑臭肚魚發現次數最多，蟹類岩岸以白紋方蟹為主，沙灘則為痕掌沙蟹最普遍，而貝類共記錄 37 科 74 種以上，兩棲爬類目視調查共 6 科 7 種，其中包括保育類蓬萊草蜥蜴。

山水溼地環境維護與遊客衝擊評估顯示，夏季遊客人數最多，冬季反之，山水沙灘是當地的主要遊憩熱點，溼地區因此並未發現遊憩造成的環計衝擊問題。內溼地的興建增添當地民眾遊憩休閒的選擇機會，因此獲正面評價，外溼地因冬季風勢強勁，降低遊客民眾前往意願，而民眾對於山水溼地的生態、遊憩與國土保安的溼地價值認知，略顯不足，對於往後溼地的規劃轉型與維護有必要作環境教育的深根化。

關鍵字：澎湖、溼地、堤防、山水沙灘、生態調查、水質、生態服務

Summary

Security of seashore and citizen's properties used to be the priority of development/construction of Penghu Island. Now environmental science and consciousness/awareness of environmental protection indicates ways to build seashore defense may not necessarily to be such an eyesore hard landscape. Seashore landscape, habitats restoration, seashore security and conservation, treatment of polluted water, recreation should be approached and planned holistically. Penghu county government constructed inner wet land of Shan shuei since 2006 while outer wet land of Shan shuei wasn't restored until 2012. Vegetation particularly newly planted trees and bushes were far from enough, bare ground area were huge in proportion of whole sites at the beginning, Luckily "self/volunteer regeneration" re-colonized the area afterwards but larger trees and bushes remained insufficient. Regular strong gale in outer wetlands area is a great challenge to visitors, alleviation of natural disaster and biological restoration.

The water quality examination showed water either of inner or outer wetlands medium polluted. It was mainly due to scarce water resource and polluted by raised poultries by the wetlands and untreated drainage water from seafood processing factory/house nearby. The treated water was originally clean but polluted again following water flow from 1st to 2nd inner wetlands (pond). The water from 2nd inner wetlands/pond should be isolated and be directed flow to community drainage system to avoid pollution on treated waste water or poultry raising and food processing should be assisted to properly treat their waste water before drainage. A flood drainage pipe construction in outer wetlands was installed on August 2012 that led the untreated water directly flow into sea. Two environmental impacts aroused that the indicator of microbiological index of E. coli showed water badly polluted and outer wetlands was salinized. The national best golden seashore is under threat of pollution and ironically the source of polluted water was after treatment by wetlands and waste water treatment plant. Problems should be decisively picked and solved and priority of establishment goals of wetlands and recreational beaches should be clearly defined.

Vegetation survey showed annual herb species dominated the habitats of inner and outer wetlands area varied month by month but flora bio-diversity showed better condition in inner wetlands. In addition, the aquatic plants in both wetlands were poor in species and population. More aquatic plants should be introduced to improve efficiency of water treatment. The fauna showed a richer community in inner wetlands in contrast with outer inland possibly due to flora bio-diversity (food web) difference in both sites. A recent disturbing in outer wetlands caused bleakness and short of vegetation temporarily was main reason and expected to be improved as time passes by. The less biodiversity in outer wetlands may not be resulted from hard seashore defense but the poorer flora composition and harsher environment. Although bio-diversity is worse in outer wetlands, there was more water fowls observed there due to its open atmosphere, less human disturbing and larger water area. 21 species of birds were recorded. Aquatic animal observed in inner wetlands showed only two fish species and 2 crab species, but more species were found in the nearby sea. There were total 74 species of seashells found on the seashore beach and one conserved species of lizard was found in the outer wetlands.

Assessment on environmental management and impacts of recreation in Shan shuei wetland showed visitors were only observed in the afternoon of summer but dropped drastically in the winter. Sand beach of Shan Shuei was the main hot spot in terms of recreational use, thus no recreational impacts were observed in wetlands areas. Construction of inner wetlands provided extra opportunities of recreational sites thus positive response from visitors were observed. In contrast, the harsh environment of outer wetlands might deter visitor yet most visitors showed their satisfaction on the recreation facility of general wetlands environment. Survey of questionnaire showed an enthusiastic expectation of ecological restoration of Shan shuei wet land but the overall eco-service of wet land park was not comprehensively conceived by the visitors which suggested deeper environmental education is necessary.

Key words: Penghu, wetlands, sea defense, Shan shuei beach, ecological survey, water quality, eco-service

第壹章 緒論

山水溼地位於馬公市山水里山水黃金沙灘西側，緊鄰山水聚落，為山水里聚落排水渠道匯集處，面積約 1.7 公頃。自防波堤興建後，溼地水域逐漸縮小，92～93 年澎湖縣政府針對堤內溼地區域進行整體規劃、復育工程及生活污水改善等相關工程，已逐步復育堤內區域之溼地生態，但海堤外溼地被現有海堤所阻隔，已造成棲地些許破碎化，就過去青螺溼地紅樹林為例，曾因魚塭建造開發造成紅樹林覆蓋面積逐年下降，而在縣府也立即進行棲地復舊，已維持青螺溼地生態遊憩基本之價值；因時空背景需要興建堤防下，溼地整體景觀品質及生態復育效果似乎受到影響與阻礙，而依據當地野鳥與溼地協會學者指出，外溼地紅樹林覆蓋面積似乎有逐年下降之趨勢，可能受海岸堤防興建、地質或氣候之影響，仍暫無可闡述說明之。而相對於內外溼地水質淨化成效有無負面之衝擊仍不可而知。

而為擴大溼地復育範圍面積與提升整體區域復育成效，縣府 99 年度爭取堤外溼地營造工程，翻閱過去澎湖山水溼地興建工程，山水溼地便以處理家庭用廢水為主要建造項目之一，但該區域緊臨觀光海域地帶，若水質淨化成效不佳，易經地表滲透、逕流而污染地下水與臨海區域，造成當地遊憩品質下降。此外，近年因生態環保意識抬頭，對於景觀與遊憩品質，因部分海堤降堤工程後，所造成內外溼地生態有無正向之影響，仍無直接數據說明。且於外溼地復舊營造工程期間，對於生態調查監測、流失、品質等評估，也無完善數據驗證，可提供縣府未來決策參考應用，復舊完成後之溼地生態、商業價值也無後續佐證說明，此外內外溼地對於汙水淨化之能力表現也無直接數據驗證說明其成效。

因此針對上述相關議題，本研究將整理出 4 點面相，包涵 1.國土保全與沙灘養護、2.防災與公共衛生與生活環境品質功能評估、3.自然資源保育功能評估、4.景觀遊憩價值評估，進行系列相關研究，針對不同面相進行探討，點出海岸堤防降堤後是否造成生態環境之衝擊影響，以提供縣府未來東向海堤降堤甚至存廢與否參考決策使用。

第貳章 文獻回顧

2-1 海堤建設時空背景

隨著地球人口不斷攀升，超過 60% 的人口生活在沿海地區，預測未來 10 年增加超過 75%，也因此不斷朝沿海地區遷移擴張，但近年來因全球暖化造成氣候變遷和海平面上升，自然棲地加速破壞和資源消耗與人群迅速擴大，對生態系造成重大影響也威脅著諸多國家國土生命財產安全，(Airoldi and Beck, 2007)。氣候變遷下衍生環境難民估計未來 50 年後可能暴增至 2 億人口(台灣環境資訊協會-wed)。位於蘇格蘭潮間帶三個沿岸區域長度調查指出隨著海平面上升 0.3m，每 10s/km 長度，將減少 10~27%，潮間帶沿岸平均斜率增加 0~3°，和海岸傾斜區域最低至少增加 $\geq 45^\circ$ 。當上升 1.90 米，面積將減少 26~50%，沿岸斜率增加 1~3°，海岸傾斜區域 $\geq 45^\circ$ 將至少增加一倍(Jackson and McIlvenny, 2011)。在泰國，社區民眾認為，水土流失是因人類活動加劇所造成的一種自然現象，如魚蝦養殖、採砂和不良沿海結構建設。比對過去航照圖估計，海灘沙丘每年約以 5m 距離受到風暴波浪所侵蝕(Saengsupavanich et al., 2009)。在前因作用下，促使世界各國政府過去積極大量投入海岸堤防興建工程，以確保國土財產安全(陳和蔡, 1994)。澎湖山水社區海堤興建便為一例，同時也因應軍事國防之用。

人類改變沙質海岸約至少 2 世紀前，也隨著科技日新月異，沿海地區蓬勃發展建設帶動經濟進步，導致廣泛沙灘生態系受到更嚴重衝擊改變 (Nordstrom, 2000)。海岸線可提供多樣化物理棲息環境，如今已可能影響潮間帶生物多樣化的變化(Jackson and McIlvenny, 2011)。由於人為壓力下威脅沿海生態系統結構(如沙灘)，硬體工程(海堤和護岸)興建對於沙灘生態系統流動可能有相當大的衝擊影響(Schlacher et al., 2006；Dugan and Hubbard, 2006；Walker et al., 2008)。

2-2 海堤生態價值

然而隨著資訊文明、生態環保與遊憩品質意識抬頭擴張，海岸堤防國土安全防禦用途已非現今時代所單一追求目標，兼顧生態品質復育是近年全球環境永續發展的新興議題。但陸地和海洋棲息地往往容易受到人為改變，如海岸堤防，諸多筆者也已精闢驗證說明。它可能造成生態系統重大變化其中巨大海堤所造成生

態環境負面影響包含:(1)造成棲息地消失;(2)造成潮間帶減少損失;(3)沉積物改變;(4)降低大型無脊椎動物和鳥類多樣性豐富度;(5)海灘物理性空間變化和沉積物大小顆粒排列改變,若海堤延伸至海,將擾亂沉積物運輸(Dugan and Hubbard, 2006; Walker et al., 2008)。

過去沙質海岸能提供生態系統廣泛幫助,包含(1)泥沙儲存和運送;(2)於暴雨和海嘯中波浪減緩與緩衝;(3)動態反映海平面上升(在一定限制內);(4)分解有機材料和汙染物;(5)水質過濾和淨化;(6)營養物質礦化及循環再造;(7)維護生物多樣性和遺傳資源;(8)魚類幼苗育苗區;(9)海龜和水鳥築巢;(10)鳥類和陸域野生動物捕食資源;(11)提供景觀和娛樂機會;(12)魚餌或糧食生物;(14)聯繫陸地和海洋生態環境(Omar et al., 2009)。但也隨硬體工程興建,將干擾影響沙灘棲息地可能無法提供大型底棲動物群落中、長期的生存。

綜觀文獻回顧,海岸堤防興建似乎為時代變遷下產物,但對環境生態貢獻價值偏低且不足,比對澎湖縣山水海岸堤防也理當因應而生,但近年顧及民眾與社會需要,已著手拆除部分堤防,堤防所對沿海沙灘的負面生態效益,相關學者文獻已有精闢說明,對於緊鄰海堤兩旁內、外溼地其生態物種復育與水質淨化之成效差異,將為本計畫釐清探討重點。

2-3 現今溼地

“溼地”一詞是指被淺層和暫時或間歇性水體所覆蓋之低地。有時候也被命名為草澤、林澤、酸澤、河岸及低地、湖壺、泥沼和河水溢流地(莊雅軒, 2004; 藤佳霖, 2011)。溼地是土地和水之間過渡帶(Amelia, 2001)。於 Ramsar 公約第一條“溼地”定義包含沼澤區域、泥碳地與有水地區其無論天然或人工、永久或臨時、靜止或流動、活水、死水或鹽水甚至包含海洋水域,以低潮時水深不超過 6 米為主(Amezaga et al., 2002)。而國際自然保育聯盟(IUCN)認為溼地是:「有水生植物生長的地方」。在美國漁業及野生動物署(United States Fish and Wildlife Service, USFWS(1997)對於溼地定義則以需具有優勢的水生植物(hydropytic aquatic vegetation)與在表土一定深度下之土壤必須含水(hydric soil),亦指該含水濕土處於還原狀態或厭氧狀態,以及在最低限度期間或頻率內必須為水淹沒或土壤飽和之水(water regin)。而國內行政院農業委員會所發行《自然保育通訊月刊》第 13 期中提出,溼地應具備(1)週期性的,以水生植物為主,(2)主要是無法排水的積

水土壤；(3)基質不是土壤，而是每年生長季節的某些期間內，含有飽和的水分，或者積有淺水的土地。

根據 Odum (1971) 的研究指出，溼地的總生產量，是一般良田的兩倍半到四倍，因此對水中魚類、甲殼類動物、水禽及其他鳥類，皆具有維繫族群的功能、供應食物來源、提供棲息地，並成為繁衍下一代的最佳場所。在美國中西部和 Scandinavia 幾個例子顯示，溼地景觀具有提升優化 3%~7% 生態系統價值(溫帶地區平均為 5%)，如景觀防洪和水的質量提升(Mitsch and Gosselink, 2000)。由無數河口、潟湖、沙洲、沼澤和海埔地組成的廣大溼地面積，可以截留河水所帶來豐富有機質，水流和緩、養份匯聚，再加上淡、鹹水交界的特性，因此，使得溼地的生產力高於一般生態系統，其總生產力是良田的兩倍半到四倍 (Odum, 1989)。然而，矛盾的是溼地功能卻在人類環境發展下而容易遭受忽略淹沒，降低其存在價值(Mitsch and Gosselink, 2000)。雖近年來由於環保意識抬頭，溼地問題已逐漸受到重視，然除了少數溼地已規劃為保育區並加以保護，其餘大多數的溼地，仍時時面臨遭受破壞的危機 (卓, 1999)。

現今濱海溼地管理問題和困難度，主因涉及土地用途和法規限制。指出人為間接不良干擾可能破壞溼地面積和河口其他地區環境，而造成侵蝕和淤積可能，降低溼地調節地表水和養分流動能力。在河中泥沙表面侵蝕流動，增加溼地泥沙輸入量而提高濁度，降低光合速率。混著沉積物於物理沉澱下也損害水中生物 (Coiacett, 1996)。潮汐變化速度更影響海岸侵蝕與河口濁度，相對於植物固沙和輸沙能力也將受到影響 (Coiacett, 1996)。當溼地植被面積遭受破壞消失，不僅降低河口生物食物鏈和水鳥及其他動物棲息環境，連帶對於物種組成、密度和活動變化可能改變其棲息地價值，將造成不同程度影響 (Coiacett, 1996)。

海岸地區由於地處海水、河水及陸地交界，造成許多特殊的地形，例如：沙岸、河口、沙丘、離岸沙洲、沙灘、溼地等，在先進國家如加拿大、美國、日本等，對海岸管理方式大多採取低度開發或審慎保留的態度 (薛和藍, 1995；韓, 1998)。現今溼地存在之功能價值，已證實能促進人類發展速度(農業和城市)，且人工溼地的生態工程更被認為是有助於實現低碳目標之生態工法之一 (Chen et al. 2011)。其存在對於全球化的今日將有其必要性。

2-4 溼地價值

在北美超過 2000 個沿海溼地組成北美五大湖之一 Laurentian 湖流域，提供大量水生和陸地物種重要棲息地；研究顯示，人為活動(城市化和農業發展)對於溼地水質、健康、惡化與生物完整性有直接關連性(Cvetkovic and Chow-Fraser, 2011)。但隨著工商業建設興起，在人類開始大量干擾下，溼地間所有生態系逐漸衰退(Spieles and Mitsch, 2000)。但學者 Boylan and Maclean 於 1997 年提出估計全國將近 46%物種依賴溼地得以生存，若溼地持續退化或消失，將可能造成國家生態多樣性負面之影響。Whigham(1999)也道出因溼地消失將造成生物多樣性和生態系統下降。當溼地不斷遭受破壞，會導致生物多樣性與景觀價質消失。其次溼地復育工作不斷失敗，也將直接或間接影響生物多樣性。由於水生群落多樣性平衡變化取決於物種間移出、溼地面積與水禽增減，當所橫貫地表溼地消失後將增加水禽棲息地間距離與程度(Colinvaux and Steinitz, 1979; Dodson, 1992)。長距離遷徙對於當地水生生物將有重大影響是可預期的。

溼地對於生態或人文所存在的價值，於過去諸多學者皆有詳加說明之，其具有調節洪水、防潮害、穩定海岸線、防風暴、防止海水滲入地下淡水系統、淨化被汙染的水及補注地下水、提供環境教育及科學研究場所等功能(鄧枝安等, 2011; Mitsch and Gosselink, 2000; Spieles and Mitsch, 2000; Amelia, 2001; 邱, 1999) (表 1、2、3)。更因具有豐富生物多樣性，提供魚類和脊椎動物大量聚集，能更吸引爬行動物如鱷魚和水蛇，達入侵動物病蟲害之控制(Kadlec and Knight, 1996)。

表 1.以溼地位置所能提供景觀與相關價值為例(Mitsch and Gosselink, 2000)

景觀位置	增加之價值
流動溼地	漁業，有機品出口
河岸溼地	岩屑形成；攔沙；生物廊道；防洪；氮和磷的保留；鳥類遷徙
水池隔絕	地下水補給；防洪；水禽和兩棲類
沿海溼地	近海漁業生產力；水禽；風暴緩衝區

表 2.溼地在 3 個一般不同類別尺度之價值(Mitsch and Gosselink, 2000)

生態尺度	益處
人口	動物皮草收成；水禽和其他禽鳥；鳥類和貝類；木材和其他植被收成；瀕臨:受威脅物種
生態系統	防洪防災；風暴減弱；含水層補給；水質改善；美學；膳宿使用
生物圈	氮循環；碳循環；硫循環；磷循環

表 3. 溼地的功能與價值(邱文彥, 1999)

社會經濟價值	環境品質價值	魚類及野生動物價值
洪水控制	水質保持	提供魚類及甲殼類棲息地
海浪損害的防護	汙染過濾	提供水鳥及其鳥類棲息地
海岸侵蝕之控制	沉澱物去除	提供野生動物棲息地
地下水與水源控制	製造氧氣	
木材及其他自然資源	營養物循環	
能源資源(泥碳)	化學及營養吸收	
家畜放牧	水棲動物的生產力	
釣魚及貝類採收	微氣候的調節	
獵捕	世界氣候(臭氧層)的調節	
遊憩資源		
景觀美質		
教育及科學研究		

2-5 汙染物去除機制及方法

溼地能將各種有毒及化學物質滯留於其中，經由過濾、分解淨化後排出，其過濾功能主要是透過溼地植物之根系吸收及土壤的緩衝力來完成，故又被稱為「大地之腎」(Mitsch, 1993)。當汙水進入人工溼地，會於不同機制作用下進行降解，其中污水中植物主要去除汙染機制包括-物理性 (Physical)、化學性 (Chemical)、生物性 (Biological) 及非直接去除 (Indirect) 等(林, 2005.) (表

4)。

表 4.自然系統的處理機制(林, 2005.)

原理	作用	發生位置	被去除的汙染物
物理性	沉降	漫流水層及砂礫層間	砂土 濁度 附著於濁度上的 微生物細胞
	過濾	基質或植物體間隙	砂土 濁度 附著於濁度上的 微生物細胞
	氧傳送	空氣-水接觸表面植物根系周圍	提供水中溶氧
	揮發	水中 pH 高於 9.0 時	氨氮去除
	輻射	太陽照射的水面	致病菌
化學性	化學沉澱	所有系統	磷酸鹽、金屬
	吸附	底泥、土壤或礫石表面 植物組織表面	磷酸鹽 金屬
	離子交換	底泥、土壤或礫石表面 植物組織表面	金屬離子
生物性	好氧分解	植物及礫石表面、底泥內 的好氧微生物	生物需氧量、化學需氧量 去除
	厭氧分解	植物及礫石表面、底泥內 的厭氧微生物	生物需氧量、化學需氧量 去除
	礦化作用	水解性微生物	有機氮、有機磷、有機硫 轉換
	無機鹽氧化還原反應	硝化菌、硫氧化菌	氨氮去除
	同化作用	植物、微生物、動物	營養物去除、食物鏈
	光合作用	植物及藻類	提供氧及有機物、食物鏈

除了以上三種處理方式，另外還包括植物的吸收攝取作用。在 Tchobanoglous(1993)的研究報指出，將去除機制共分成六項為細菌轉化(Bacterial conversion)、氣體吸收/脫附 (Gas absorptionn/Gas desorption)、沈澱

(Sedimentation)、自然衰減(Natural decay)、吸附(Adsorption)、揮發(Volatilization)、及化學反應(Chemical reaction)。不同的污染物質，亦會有不同的去除機制，污染物之去除機制分別有沈澱/過濾、同化吸收、硝化、脫硝、微生物降解、微生物氧化/還原作用(簡, 2005)。

而水質中 TSS(總懸浮固體)為利用植物根系和飽和狀態的基質阻擋截留，或藉由生物膜上重力、滲透、吸附作用而被分離。可溶性有機物則透過植物根系生物膜吸附、吸收及微生物代謝過程分解去除。有機氮則以微生物分解轉化，生成可溶性 NH_4 一部分轉化為氨揮發至大氣中，而植物吸收對於總氮的去除率分別達 60%-70% 和 20%-30%。而磷的去除是透過植物吸收、微生物的累積同化和基質的吸附沉澱等共同作用完成，在小型人工溼地的整個運輸過程中，根表附鐵膜的植物系統磷平均去除效率為 85%。重金屬去除主要是由土壤中有機質與重金屬發生絡合反應(彭和嚴, 2011；籍等；1998；柯 1999)。

此外，溫度的降低也影響人工溼地汙水淨化的效率(翁等, 2005；水質自然淨化工程規劃設計課程講義/行政院環保署-wed)。當水溫低於 10°C 時人工溼地的處理效率也會明顯下降，在 4°C 以下時溼地中的硝化作用趨於停止(王和黃, 2009)。而感潮區、早期鹽灘區或是淺層地下水鹽分較高的地方，土壤的鹽分濃度過高，使用這種地方作為溼地，將抑制生物膜的增生與淡水性水生植物的生長，成為許多淡水型溼地或都市污水處理用溼地的陷阱，降低溼地水質淨化能力。為了避免鹽害，使得水生植物的選種與管理更困難。

鹽害對植物生育的影響，最常用的理論是 Mass-Hoffman (1977) 的理論式，Mass-Hoffman 理論是植物對鹽害的反應有一臨界值，過了該臨界值水生植物的相對產量 (relative yield) 等比率降低，其關係式如下：

$$\text{RY} = 100 - B (\text{EC} - \text{ECC})$$

RY 為相對產量 (%)，EC：臨界電導度值，B 為減產斜率。ECC 對挺水性水生植物是飽合土壤水份抽出液的電導度值

布袋蓮(*Eichhornia crassipes*)為中度耐鹽的水生植物，在一般的污水中可以生長良好，因此其受到鹽害逆境的限值 $\text{ECC } 2250 \mu\text{S/cm}$ 可作一管理上的限值。水中電導度若超過 $2250 \mu\text{S/cm}$ ，應考慮人工溼地水生植物栽種與管理鹽害的問題，或栽種較耐鹽分的水生植物，如香蒲與蘆葦(水質自然淨化工程規劃設計課

程講義/行政院環保署-wed)。

水生植物族群混種栽培應用，無論相互間競爭、偏利或中性，但都能促進水中氮、磷的淨化作用。政院環保署於 2006 年，於台灣大學安康農場溫室內進行香蒲、燈心草與過長沙的混種試驗顯示，可增加植株對磷的吸收率 63~90%，氮的吸收率 48~99%，並且促進微生物的活動，進而增加水中磷的分解率 36~81%，水中氮的分解率 50~53%，混種對水質淨化效果顯著(水質自然淨化工程規劃設計課程講義/行政院環保署-wed)。而運用生態漸變區而達生態分區重疊的效果，最易達到水生植物的混合生長，也利用不同水生植物的交感(interaction)而達到各種族群的平衡，達到整個人工溼地生物群落的穩定性。分析不同生物交感作用，最常用的理論是 Lotka-Volterra 公式：

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(\frac{K_1 - N_1 - \alpha N_2}{K_1} \right)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(\frac{K_2 - N_2 - \beta N_1}{K_2} \right)$$

N_1 、 N_2 為二物種的生長量， r_1 、 r_2 為二物種的生長率， K_1 、 K_2 為二物種的巔盛生長量， α 、 β 為二物種交感係數。 α 、 β 若為正值代表物種之間競爭(competition)，若為負值表示物種偏利(commensalism)，若為 0(或接近 0)代表物種不具交感，呈中性關係(neutralism)。

2-6 溼地應用成效

在數十年裡人工溼地(Constructed Wetlands/CW)技術發展迅速，分佈運用於歐洲和北美之廢水處理。直到 2004 年於歐洲和美國便有 5000 及 1000 個以人工溼地進行汙水處理運用(美國環保局/人工溼地-wed)。溼地能作為水中營養物抑制或改變，從而降低水質優氧化(Spieles and Mitsch, 2000)。人工溼地對汙水處理有很好的淨化效果，生物需氧量(BOD)、化學需氧量(COD)、濁度(SS)、總氮(TN)和總磷(TP)的去除率分別可達到 85~95%、>80%、>90%、>60%和>90%(除和周, 2002)。在人口稠密都市地區，更能提高生態地區生物多樣性，此外又能保持降低 BOD 含量，以減少擾人氣味(Amelia, 2001)。現今已成為處理城市汙水三級處理常用工具。

人工溼地以不同挺水水生植物淨化都市汙水之研究，當分別流過蘆薈、寬葉香蒲等單一植物之溼地，其流水濃度氮濃度為 24.7mg/L，其流水濃度分別為

5.3mg/L、7.7mg/L，去除率分別為 81%、74%(Cerberg et al., 1986)。於荷蘭便利用蘆薈在分隔 4 個 0.25 公頃水平隔間進行汙水淨化。一般估計一年 1 公頃承載量 COD 16700Kg、BOD5 6700Kg、氮 2400kg、磷 3535Kg，對於 COD 和 BOD5 去除率高達 81%和 96%(Meuleman et al., 2003)。

於綠建築之人工溼地(Constructed wetlands,CW)生態工法，作為污水之二級處理設施。在人工溼地部分，有機污染物去除效能生化需氧量(BOD5)為 84.2%、化學需氧量(COD)為 63.4%、總懸浮固體(TSS)為 77.2%、總大腸桿菌群(Total coliform,TC)，去除效率為 88.1%，淨化後水質符合我國「放流水標準」(歐文生等, 2006)。而台南成功大學運用人工溼地淨化效能結果顯示，總懸浮固體(TSS)平均去除效率 74%，生物需氧量(BOD5)平均去除效率 80%，化學需氧量(COD)平均去除效率 56%，總氮(TN)平均去除效率 46%，總磷(TP)均去除效率 51%，去除效果皆達符合標準(施, 2005)。過去為期 5 天超過 1300 次數據紀錄中，生物需氧量(BOD)、總懸浮固體(TSS)、氨氮(NH₄-N)、總氮(TN)、總磷(TP)、化學需氧量(COD)之去除率和大腸桿菌含量偏高，但在人工溼地進行動物廢水處理，平均濃度降低效率分別為：BOD5 的 65%、TSS 的 53%、NH₄-N 的 48%、總氮 42%，和 TP 的 42%(Knight et al., 2000)。

利用溼地系統是一個適理解決汙水之問題。其易於操作、維護及低成本下(Ayaz and Akca, 2000；Selma et al., 2001；Chen et al., 2008; Haberl,1999; Kivaisi, 2001; Vymazal, 2005；Amelia, 2001；Zhanga et al., 2009)。能取代小村落內化糞池汙水處理或大型市鎮的污水處理系統(Solano et al., 2004；Haberl, 1999)。此外，所獲得特定生物量也可以被利用作為小型鍋爐的燃料。Solano 等(2004)便提出香蒲和蘆葦於水質淨化能力間雖無顯著差異，但香蒲擁有近 2 倍生物產能，且皆能再做燃料。在香港或倫敦，溼地為鳥類重要居住場所，更富有環境教育之意涵(Knight et al., 2000)。成功的溼地設計應具有足夠預備處理，以確保溼地生物群之健康，其更需具有廣大腹地、充足陽光與少風環境與適當管理維護，以滿足生物體需求量與維持汙水淨化能力(林, 2008)。

2-7 人工溼地組成

要構成一個溼地，主要有三大要素包括水域(Waterregime)、溼土(Hydric soil)、與水生植群(Hydrophytic Vegetation)(水質自然淨化工程規劃設計課程講

義/行政院環保署-wed；簡, 2005)。水的引導、停留、排放，水量的多寡，水質的特性，水源的穩定，構成溼地的水文特性。溼地面積、水深、水流停滯時間、水質淨化速率、污水負荷量與日後維護管理的方式，都受水文條件的影響；不同土壤質地影響溼地水體滲漏(土壤質地需細)、植物生長(土壤需肥沃)、降低周邊逕流(土壤需富含有機質)與生物膜的附著(土壤表面積要大)，不同質地選址使用，左右溼地水質淨化成效，但卻也最常被忽略(水質自然淨化工程規劃設計課程講義/行政院環保署-wed)。

水生植群更是人工溼地污水處理系統的一個重要組成之一。Sullivan(2001)美國環保署提出溼地水生植物栽種與管理，是建立穩定溼地的基礎，也是發展生態系統自我維護功能的主要方式。植物的淨化能力主要與植物的生物量、根系的發展程度、根系的輸氧能力等因素有關，植物因為具有根區效應，可藉由將氧氣傳輸至根部，使得附近土壤成為好氧區，而其它區域的土壤則為厭氧區，再由根部附近的微生物進行同化作用及異化作用，進行硝化及脫硝作用(Angelo and Redd, 1994；Brix, 1997)。此效果會促使溼地中的營養鹽物質去除，而能達到淨化水質的效果。若水生植物的地下莖數目越多，則溼地土壤好氧區的形成也越多，而所提供的氧氣也增加許多，也更能利於硝化作用的產生，微生物的同化作用及化學氧化還原反應的形成。水生植物根區的多寡將影響傳輸氧氣的效率，也將會影響到硝化反應的發生，因此影響水中氨氮的去除效果(Zhu and Sikora, 1995)。一般來說植物生物量較大，根系較發達、根系的輸氧能力比較強，其淨化能力就比較強(宋和錢, 2010)。

2-7-1 植物選取

現今人工溼地系統種植的大型水生植物（macrophytes）可分為下列5種(洪, 2002；何, 2003；林, 2008) (表5)。而美國工兵署(Army Corp of Engineers)針對人工溼地水質淨化所栽種的水生植物種類中，根據Kadlec and Wentz (1974)所建議共提出24種(表6)，但文中推薦的物種，在台灣仍不可完全照抄運用，其受限許多在美國優勢性的物種，在台灣並不存在，或是不具優勢，這是地理、氣候因素影響水生植物的分佈所致。而且該資料是在美國的現地調查，在人工溼地較常出現的水生植物，對於在不同處理BOD或氮、磷，或增加溶氧等不同的重點項目，其合適性仍屬籠統，在台灣採用上，需本土性的試驗作驗證，或挑選台灣原生

種或已完全馴化之水生植物(水質自然淨化工程規劃設計課程講義/行政院環保署-wed)。此外，大多數的水生植物皆能適應乾淨的水域，能適應污染環境的植物不多，往往人工溼地栽種許多種水生植物，仍因植物不適應水質環境，最後只剩少數幾種耐污染的水生植物存留。

表 5.人工溼地系統種植的大型水生植物 5 種分類(洪, 2002；何, 2003；林, 2008)

1.挺水性植物 (emergent macrophytes)：

常用的水生植物有蘆葦 (*Phragmites spp.*)、香蒲 (*Typha spp.*)、燈心草 (*Juncus spp.*)、蘆草 (*Cyperus spp.*) 及狼尾草 (*Pennisetum spp.*) 等。

2.浮水性植物 (free-floating macrophytes)：

常用的水生植物有布袋蓮 (*Eichhornia crassipes*)、浮萍 (*Lemna spp.*) 及水芙蓉 (*Pistia stratiotes*) 等。

3.著根浮水植物 (bottom-rooted floating macrophytes)：

葉片為浮水性，根部著生於底泥中。

4.挺水植物浮水型 (emergent macrophytes with floating mat)：

一些挺水植物聚生在一起之後，根部交叉生長，同時累積植物殘渣後形成類似墊片物而浮在水中，包括蘆葦、香蒲及石蓮花 (*Hydrocotyle umbellata*) 等。

5 沉水植物型：(submerged macrophytes)：

常用的水生植物有水草

表 6.美國工兵署推薦人工溼地水生植物物種(行政院環保署水質淨化現地處理-wed)

型 名稱	性態	註明
挺 花蔺 <i>Butomus umbellatus</i>	多年生	台灣少見
水 水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>	一年生	台灣多見，多長在水田、溼地
性 旱苗蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i>	一年生	台灣多見，能耐旱田與溼地的水份變化
狹葉香蒲 <i>Typha latifolia</i>	多年生	台灣少見
香蒲 <i>Typha angustifolia</i>	多年生	台灣多見
賓州蓼 <i>Polygonum pensylvanicum</i>	一年生	台灣少見

	黑三稜科 <i>Sparganium eurycarpum</i>	多年生	台灣少見，台灣常見的近似種為東亞黑三稜(<i>Sparganium fallax</i> Graebner)
	戟蘭 <i>Sagittaria latifolia</i>		台灣少見
	美國慈姑 <i>Sagittaria sagittifolia</i>		台灣少見，台灣常見的近似種為中國慈姑
浮水 性	浮萍 <i>Lemna minor</i>	一年生	台灣常見，也是重要水禽類雁鴨食物。
	大萍 <i>Spirodela polyrhiza</i>	一年生	台灣過去常見，目前在水田罕見。
沉水 性	瀉澤科 <i>Alisma plantage-aquatica</i>	多年生	台灣少見，台灣常見的近似種為澤瀉。
	金魚藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	多年生	台灣過去常見，現在野外少見野生族群。
	水草類 <i>Elodea</i> spp.	多年生	多種完全沉水性植物，台灣常見在優養水域。
	異蕊花屬 <i>Heteranthera dubia</i>	—	屬雨久花科 (<i>Pontederiaceae</i>)，台灣少有。
	狐尾藻 <i>Myriophyllum exalbescens</i>	多年生	台灣少見，常見的類似種類為粉綠狐尾藻(<i>Myriophyllum aquaticum</i>)等五種，優養水域常見。
	小茨藻 <i>Najas minor</i>	一年生	台灣常見，多生長在水田、溝渠。
	萍蓬草 <i>Nuphar lutea</i>	多年生	台灣少見，另有台灣萍蓬草 (<i>Nuphar shimaddai</i> Hayata)。
	馬藻 <i>Potamogeton crispus</i>	多年生	台灣常見，生長在略有水流水域，許多水生昆蟲，魚類在其密生莖葉中。
	龍鬚草 <i>Potamogeton pectinatus</i>	多年生	台灣常見，生長在灌溉水道中。
	鹿角苔 <i>Riccia fluitans</i>	—	台灣少見。
	鹿角苔 <i>Riccicarpus natans</i>	—	台灣少見。
	水鰲 <i>Vallisneria americana</i>	多年生	台灣常見，在優養水中具優勢性。
	角果藻 <i>Zannichellia palustris</i>	—	台灣常見，具耐鹽性。

2-7-2 現今人工溼地型態

人工溼地進行廢水處理可單獨或組合相關系統使用。它特別適合運用於發展中國家的小社區，以清除潛在病原體提供健康效益相當可觀。溼地系統應用，又以英國近年發展最快(Shutes, 2001)。目前應用人工溼地作為水質淨化的工程主要有兩種，分別為表面流動人工溼地(Free Water Surface，簡稱 FWS)與地下流動人工溼地(Subsurface Flow System，簡稱 SFS)。前者水流在地面之上，水深在 0.1~0.6 公尺，底部鋪設低滲水性防漏層，防漏層上鋪設土壤 0.1~0.3 公尺，以挺水性植物與飄浮性植物搭配，營建緩水流的生態系。後者水流在地面之下，以防蚊蟲滋生，人工溼地深度在 0.1~1 公尺之間，內置礫石，以讓污水快速通過，與石礫表面的生物膜接觸，達到污水淨化的果效，由於水流停滯在系統內較短，所以污水淨化的水量較大，不過污水淨化的比率較低，一般是用在污水中懸浮固體低於 80mg/l 的狀況，否則系統易阻塞；而地下流式人工溼地又依水流流動方向分為兩種「垂直接流動系統」(Vertical Flow System)、與「水平流動系統」(Horizontal Flow System)，「垂直接流動系統」靠重力流動，適用於平坦的地方，「水平流動系統」藉由地形坡度，使水流由高往低處流動，以進行溼地水質淨化(水質自然淨化工程規劃設計課程講義/行政院環保署-wed)(圖 1)。

Life cycle assessment (LCA)表明，人工溼地於資源消耗與溫室氣體排放所造成環境衝擊較小，其中以垂直接流動系統對於污水中總含 N 量去除，較具有影響能力(Fuch et al., 2011)。而垂直接流動系統是一個高效率低耗能技術，對於污水中硝化和反硝化反應具有極大的影響力。其所需土地面積相對低於水平流動溼地系統(Fuch et al., 2011)。以各式水平流式溼地系統與挺水植物，進行大腸桿菌調查，參數調查包括，水生植物的存在與否，常見有蘆葦和栽培介質(石礫或土壤)。就中等規模試驗，大腸桿菌平均去除率分別為 41-72%和 96.6-98.9%(Decamp and Warren, 2000)。2004 年於中國北京 Longdao 河附近建立垂直接流動人工溼地(CW)。於超過一年監測證明，人工溼地是很好解決處理污水和恢復 Longdao 河域附近生態系。於冬季時期更具穩定清除降低污染河域中營養物質(Chen et al., 2008)。多樣化淨化方法並非僅單一獨立，配合當地的土壤特性、水文特性、污水特性，採用不同工法交錯搭配，可營造多樣親水性與半乾濕的生態系，更能提供多樣化生物、遊客前來聚集。

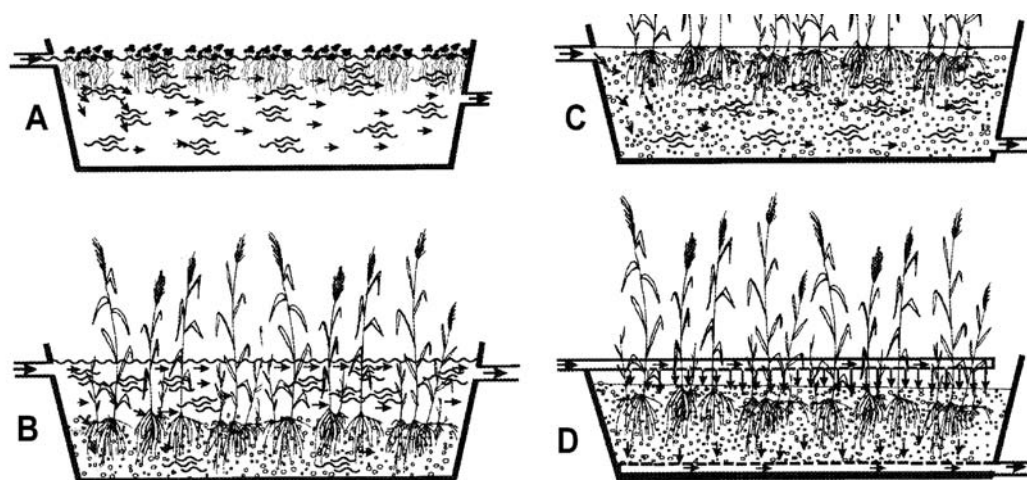


Fig. 2. Pond/wetland systems for wastewater treatment (A, pond with free-floating plants; B, horizontal surface flow wetland or pond with emergent water plants; C, horizontal subsurface flow wetland; D, vertical flow wetland).

圖 1.池塘/溼地污水處理系統(A:有漂浮植物的池塘；B:水平流動溼地系統或池塘有挺水植物；C:水平流動溼地系統；D: 垂流流動溼地系統)(Stottmeister et al., 2003)

2-8 溼地經營管理

溼地能提供生態環境或人文之優異附加價值，而溼地系統管理和維護，更需仰賴訓練有素與經驗豐富的工作人員，使溼地得以永續發展作用。此系統需仰賴理解生物、化學和水文知識為根據(Shutes, 2001)。而國內溼地相關環境認知中，研究者發現「教育程度」大學以上、「年齡」較長者、「社經地位」收入較高、「年齡」、「修習生態課程如溼地解說」、「參加保育社團及活動」，越常走訪溼地對於溼地認知達顯著差異(林庭寧, 2005；王炫雄, 2006；賴瑩雪, 2009)。而學者蔡碧芝等(2009)對於推動社區志工參與溼地經營管理，也各提出五個階段之監測志工培訓目標，分別為(1)體驗自然之美、(2)認識華江溼地、(3)感受華江溼地生物多樣性、(4)瞭解華江溼地監測意義、(5)復育華江溼地，希望從自然之美導引志工入門，藉由循序漸進地設計不同的監測活動與培訓課程，來促成當地社區的成長以達到能夠獨立從事溼地保育的目標(圖 2)。

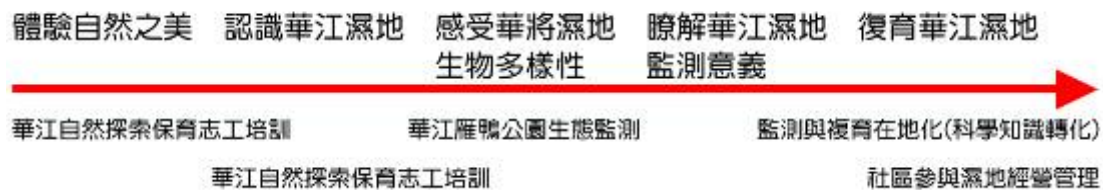


圖 2.華江志工成長五階段目標架構(引自蔡碧芝等, 2009)

Bell 等(2008)提出，讓服務志工知道自身辛苦調查獲得的資料是「有用的」。並盡可能讓社區志工瞭解監測調查的結果資料是有其目的及目標的(Sharp and Conrad, 2006.)，並協助提供出版志工調查資料(Louv, 2005)。全面推動社區參與溼地監測，社區生態之志工培訓課程應加強志工實際操作經驗的累積，並結合自然探索教育，循序漸進地為社區志工培養其長期監測的知能與參與監測服務的意願(蔡寧又等, 2011)。

人類改變沙質海岸約至少 2 世紀前。隨著科技日新月異，沿海地區蓬勃發展建設帶動經濟進步，導致廣泛沙灘生態系受到更嚴重衝擊改變 (Nordstrom, 2000)。海岸線可提供多樣化物理棲息環境，能影響潮間帶生物多樣化的變化 (Jackson and McIlvenny, 2011)。而堤防興建與降堤對於當地環境有無影響仍無相關數據可考。如今，山水海岸無論堤防或溼地，其皆緊鄰沿海及陸域之間，為地球上兩大生態體系過渡帶，也即為生物圈變異最劇烈地段(陳, 1990)。其環境敏感地帶，若不當規劃設計，海岸生態體系一遭破壞，除難以恢復外，棲地復原更須仰賴更多社會成本，過去海岸堤防修築前，當地生物多樣性已不可考，但伴隨生態意識與景觀視覺品質需求提升，當今縣府毅然拆除部分海堤與擴建溼地範圍，所造成生態物種更動，對於長遠景觀生態絕對能給予正面評價，但對於當地生物資源所造成現有威脅程度，與環境永續維護，將為本計畫所追尋目標。

第叁章 計畫目標與問題解決

因時代背景需要，山水海岸堤防和溼地因應而生。隨環保意識抬頭，海域遊憩品質提升，為順應民意需求縣府已著手拆除部分堤防。海岸區域為環境敏感地帶，極可能因人為干擾加重該區環境負荷量，但人工硬體防禦措施於生態系所扮演存價值仍略顯偏低，而生態效益指數是否伴隨拆除硬體長度隨之提升，也為現今文獻報告所欠缺不足，而溼地所存在之價值已有相當正面評價回覆，故本案為能永續發展及整備山水地區海岸溼地環境，擬針對該區域進行整體海岸溼地防護計畫，並以具體擬定短、中、長期的行動計畫，山水溼地的建置，對澎湖的低碳島目標顯露三道曙光與議題：

（一）國土保全與沙灘養護

1. 本溼地對山水沙灘保砂防退的貢獻評估（尤其是降堤後的水陸消長趨勢）

（二）防災與公共衛生與生活環境品質功能評估

1. 本溼地對社區洪泛排洪的價值評估
2. 評估人工溼地水質淨化能力可否取代社區傳統污水處理廠的設置？
3. 夏季病媒蚊指數評估
4. 風砂與微氣候的改善價值評估

（三）自然資源保育功能評估

1. 本溼地對地下水保育與海岸遊憩的價值評估
2. 海堤降低或拆除對環境保全的衝擊與生態棲地價值提升的評估
3. 近海或潮間帶的魚蝦貝海洋漁場的維護與產量/值提升

（四）景觀遊憩價值評估

1. 本廢水處理溼地是否對黃金沙灘造成水質疑慮（如大腸桿菌）
2. 本溼地對社區觀光產業與景觀遊憩的磁吸效能
3. 本溼地對觀光客分散（空間：分流至溼地公園，減少集中於沙灘；時間：增加冬天遊憩機會），提升遊憩的生態承載量意義？
4. 景觀調和性、自然度、多樣性、遊憩資源提升價值評估

主要工作為下列幾項：

1. 掌握澎湖縣內自然海岸區域與人工防波堤海岸區域位置，分析模擬環境背景海拔高度等。
2. 彙整國內外案例或相關文獻，探討山水海岸防波堤和溼地所存在社會與生態環境價值。
3. 針對人工與天然海岸環境進行生物資源調查比對分析，以統計分析尋找種間優異族群與指標生物。
4. 於區域性水文調查及監測、溼地及潮間帶生物多樣性調查、海岸溼地植被復育更新工程等，有策略性、計畫性及系統性地逐步改善山水地區之汙水排放、監測溼地環境水質，以及當地動植物生態環境之調查、監測與紀錄。
5. 以擴大就業方案，指導或聘用當地民眾長期調查與維護管理。
6. 協調各單位機構，協助轉植計畫運作及相關工作之諮詢或進行。

第肆章 研究地點

澎湖群島古稱「西瀛」、「平湖」，是台灣海峽一群蕞爾小島，與台灣本島相距約 44Km，整座群島則是散落在南北長約 60 餘公里，東西寬約 40 餘公里海面上(蕭, 2007)。位於北緯 23°12 至 23°47'，東經 119°19 至 119°43'，島嶼數為 90 座，極東：查母嶼；極西：花嶼；極南：七美嶼；極北：大踺嶼，北回歸線 23°27' 穿過群島之中的虎井嶼之南。

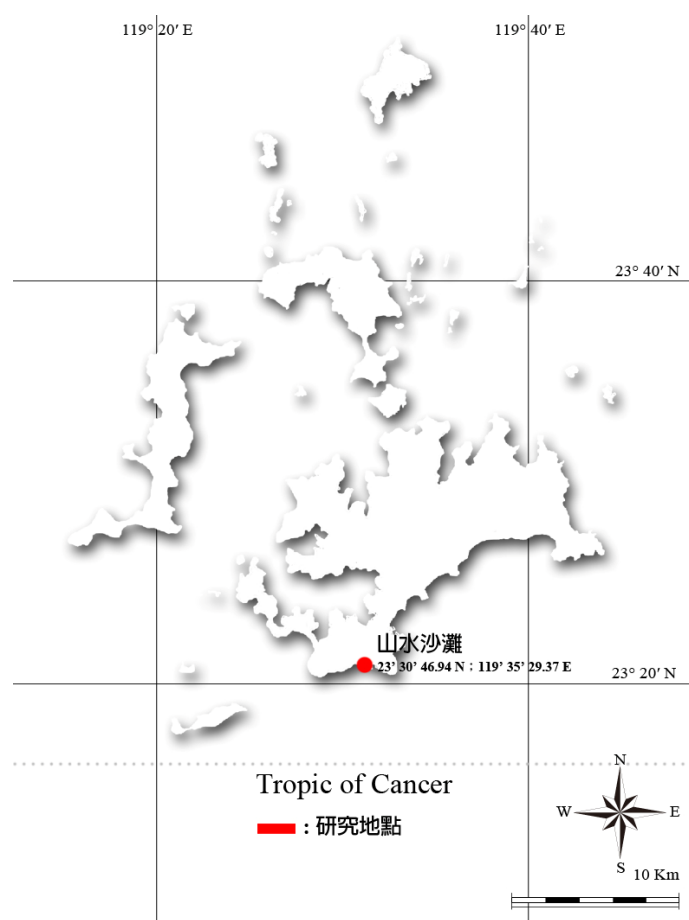


圖 3.研究地點

依據『澎湖群島島嶼數量委託清查計畫』清查結果，90 座島嶼陸地總面積約為 127.9636 平方公里，較日治時期測量之 126.864 平方公里多 1.0996 平方公里。群島有人居住的島嶼有 19 座，合計面積 124.9392 平方公里，無人居住的島嶼有 71 座，合計面積 3.0244 平方公里。而研究地點以山水海岸 23°30'46.94"N；119°35'29.37"E 為主要研究地點(圖 3、4)。



圖 4.山水內外溼地 (本研究室拍攝)

第五章 預定進度

為順利達成工作計畫所訂定之各項作業目標，乃規劃須推動之工作與適當內容，並將據此計畫之月份工作項目，茲分項說明如下：

重要工作項目	工作比重	預定進度	時間				備註
			1-3 月	4-7 月	7-8 月	8-12 月	
資料文獻蒐集	5	工作內容	文獻蒐集	文獻蒐集	文獻蒐集	文獻蒐集	
		累計百分比	60	80	95	100	
衛星影像圖進行山水海岸環境地理分析	5	工作量或內容	配合前人研究與衛星影像圖層搭配，瞭解三點樣區地理位置及相關環境敘述分析，期初報告撰寫	擬定調查區域，期中報告整理與撰寫	地形環境描繪(含山水溼地、三 0 高地等山水里區域)	期末報告撰寫與整理	
		累計百分比	40	70	90	100	
山水沙灘地形地貌變化(消長)監測	5	工作量或內容	全年各月漲退潮線變化	全年各月漲退潮線變化	颱風沙灘堤岸流失變化	颱風沙灘堤岸流失變化	
		累計百分比	40	70	90	100	
山水沙灘內外溼地地表與地下水水質水量監測	10	工作量或內容	每月沙灘內外溼地地表與地下水水質水量監測	每月沙灘內外溼地地表與地下水水質水量監測與數據整理	每月沙灘內外溼地地表與地下水水質水量監測	期末報告撰寫與整理	
		累計百分比	40	70	90	100	
山水沙灘內外溼地生態與環境機能評估	15	工作量或內容	生物調查，防風效益評估比對，與調查地點搜尋比對，期初報告撰寫	生物調查，防風效益評估比較，與土壤含水量，期中報告整理與撰寫	生物調查，防風效益評估比較，與微氣候調查及沙源攔截效益評估	生物調查，溼地內外微氣候調查分析與期末報告撰寫	
		累計百分比	10	30	70	100	

重要工作項目	工作比重	預定進度	時間				備註
			1-3 月	4-7 月	7-8 月	8-12 月	
陸地植被調查	15	工作量或內容	棲地土壤種子庫、植被調查，期初報告撰寫	棲地土壤種子庫、植被、植物、昆蟲與兩生爬行動物調查與期中報告整理撰寫。	棲地土壤種子庫、植物和鳥類調查	期末報告撰寫	
		累計百分比	20	60	90	100	
山水海岸近海生物生態調查	10	工作量或內容	位置地點確定與陷阱設計模擬，期初報告撰寫	以垂釣、捕撈、陷阱、乘坐漁船或影像攝影分析海中生物種類，與期中報告撰寫	以訪談方式瞭解試驗樣區曾出現物種	期末報告撰寫與數據統計分析	
		累計百分比	30	60	85	100	
遊客環境衝擊評估	10	工作量或內容	紀錄遊客數量與環境破壞與事後管理維護所需時間	紀錄遊客數量與環境破壞與事後管理維護所需時間	紀錄遊客數量與環境破壞與事後管理維護所需時間	評估四季遊客造成衝擊程度與可能影響	
環境維護與工作分派協調	5	工作量或內容	植物修剪、木棧道修補、颱風豪雨後枯木整理、沙灘與溼地內外環境清潔與內外溼地內植栽補植或移除	植物修剪、木棧道修補、颱風豪雨後枯木整理、沙灘與溼地內外環境清潔與內外溼地內植栽補植或移除	植物修剪、木棧道修補、颱風豪雨後枯木整理、沙灘與溼地內外環境清潔與內外溼地內植栽補植或移除	植物修剪、木棧道修補、颱風豪雨後枯木整理、沙灘與溼地內外環境清潔與內外溼地內植栽補植或移除	
		累計百分比	30	60	85	100	

重要工作項目	工作比重	預定進度	時間				備註
			1-3 月	4-7 月	7-8 月	8-12 月	
生態資源調查人員輔導	15	工作量或內容	輔導當地民眾配合參與並指導試驗流程	輔導當地民眾配合參與試驗調查與環境管理維護工作	輔導當地民眾配合參與試驗調查與環境管理維護工作	輔導人員引導報告撰寫與模擬調查學習進度	
		累計百分比	10	30	70	100	
期中期末報告書	5	工作量或內容	期中報告書	期中報告書	期末報告書	期末報告書	
		累計百分比	5	30	50	100	
累計總進度	100	百分比	24.37	50.00	77.50	100	

第陸章 工作內容及方法

本計畫擬定四大工作重點及執行流程，制訂各項工作之方法並分節敘述之，如下(圖 5)。

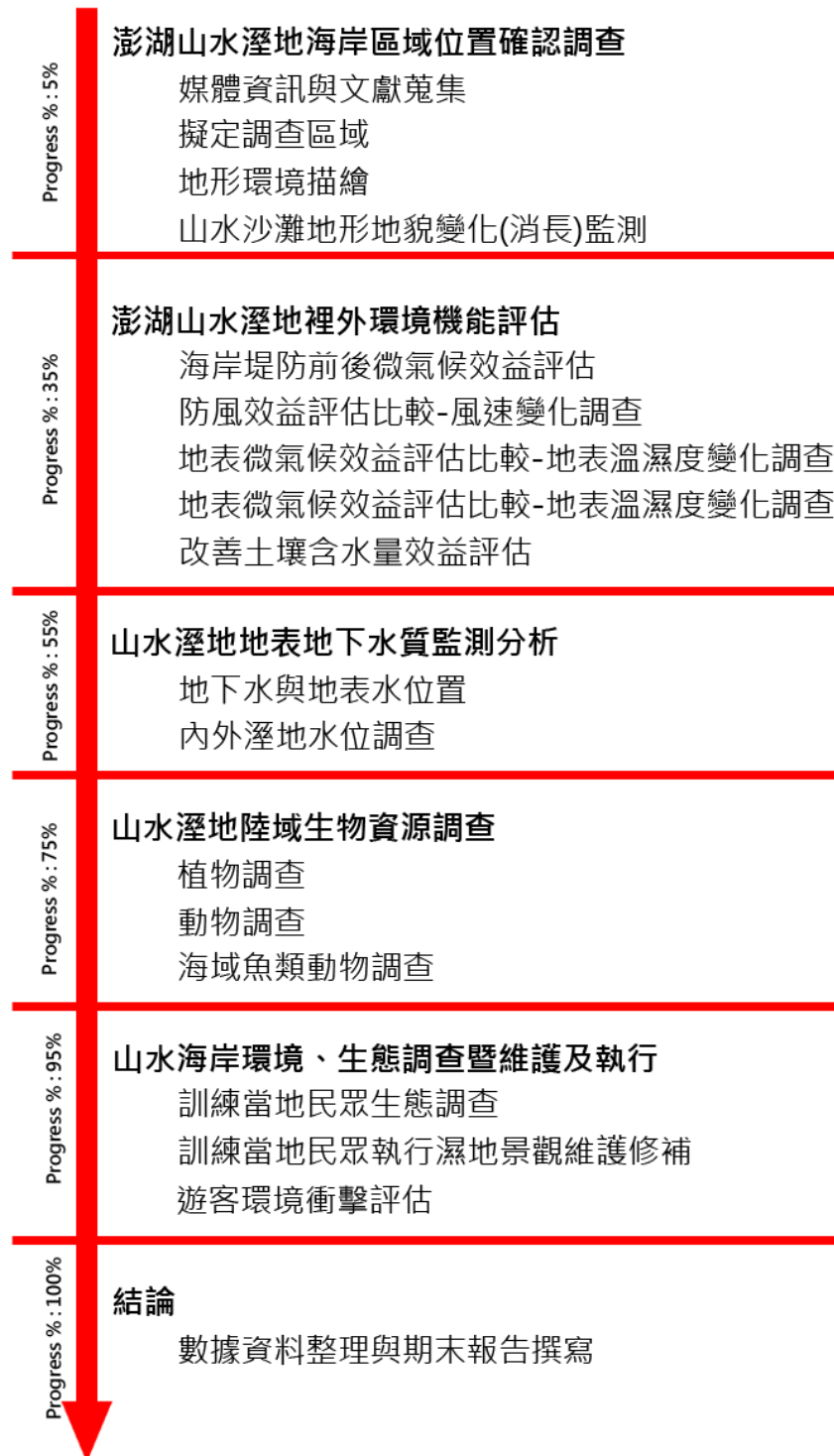


圖 5.研究流程圖

第七章 研究調查項目

第壹節、澎湖山水海岸區域位置確認調查

一、前言

溼地對於生態或人文所扮演存在價值，過去諸多學者皆有詳加說明之，其具有調節洪水、防潮害、穩定海岸線、防風暴、防止海水滲入地下淡水系統、淨化被污染的水及補注地下水、提供環境教育及科學研究場所等功能(鄧枝安等, 2011；Mitsch and Gosselink, 2000；Spieles and Mitsch, 2000；Amelia, 2001；邱, 1999)。人工溼地於植物作用下，能幫助熱帶和溫帶氣候水污染防制處理，且具有環境教育的潛力。在香港或倫敦，溼地更為鳥類重要居住場所。引用低成本溼地系統進行污染處理及環境管理為現今全球趨勢(Shutes, 2001)。但矛盾的是溼地功能卻在人類環境發展下而容易遭受忽略淹沒，降低其存在價值(Mitsch and Gosselink, 2000)。

澎湖山水溼地為山水里聚落排水渠道匯集處，面積約 1.7 公頃，自防波堤興建後，溼地水域逐漸縮小，溼地價值受到時代建設衝擊逐年流失，雖隨著環境生態、遊憩品質提升，縣府開始著手拆除山水部分海岸堤防，希望達到內外溼地景觀品質及生態復育提升與串聯，並藉由溼地水質淨化，提升當地生態物種棲地品質，但堤防與溼地拆除擴展興建，仍易造成棲地環境破碎化，無形增加環境生態負荷量，短時間內將造成物種遷徙變化，提供非原生物種於生物群落中增加其適應的機會(Ambrogi and Savini, 2003)。造成生態二次傷害。

如今，山水溼地堤防降堤後與溼地立面擴建，對於當地物種、生態、水質調查仍無直接相關數據說明，過去時代建設產物絕非首要爭論重點，如何針對溼地擴建與降堤對於當地生態品質衝擊影響，將為現今計畫首要目標，因此本章節先以文獻回顧方式進行探討，並擬定實驗地點，提供後續相關實驗之用，以降低研究蒐尋時間與成本耗費。

二、材料與方法

2-1 媒體資訊與文獻蒐集

蒐集澎湖在地相關報章雜誌、縣誌等有關山水溼地文獻資料，瞭解溼地興建前後生物植群變化，釐清該建設當地民眾所提供實質與非實質效益與衝擊。

2-2 擬定調查區域

以山水溼地，配合前人研究與衛星影像圖層(Google Earth)，瞭解溼地地理分佈，圈選適當試驗地點與樣品採樣區域以 GPS 全球定位系統紀錄樣區分佈範圍。

2-3 地形地貌環境觀測紀錄

地點圈選確認，再以 Surfer 8 地形繪製軟體進行模擬，可瞭解海拔高度變化、風勢走向等，以供後續植被調查數據之使用。

2-4 山水沙灘地形地貌變化監測

於全年各月進行漲退潮線變化調查，並以拍照或文字描述紀錄，並特於颱風或東北季風時期記錄海水滿漲區域位置。

第貳節、內外溼地環境評估

一、前言

依據本計畫之目標需求，翻閱相關文獻報導，對於山水溼地修建前後微氣候數值變化並無相關資料佐證說明，而 2011 年外溼地於擴展興建後，地表植群裸露嚴重，牽動當地微氣變化，也間接衝擊當地生態物種，因此於山水內、外溼地，建立小型氣象站，觀測內外溼地地表溫度、濕度、含水量、風速變化，瞭解相互差異。

二、材料與方法

2-1 防風效益評估比較-風速變化調查

溼地所提供地下水源涵養與有機質累積蘊藏，促進地表植群生長繁衍，而大量沉積物堆積與植被覆蓋可降低強風與風蝕作用(Wang, 1990)。因此針對溼地周圍進行地表風速 24 小時監測，各別採用日製 WEATHER WIZARDⅢ 與美國

ONSET 公司製造 HOBO Weather Station User's Guide 風速風向儀，風速架設高度距地表約 1.5m，架設海拔高度約 1m，釐清溼地各棲地環境風速間強弱變化差距(圖 6)。

2-2 地表微氣候效益評估比較-地表溫濕度變化調查

以溼地為樣區中心進行放射性採樣，地表溫、濕度測量採用美製 HOBO Temperature/RH Smart Sensor 進行與日製 SK-SATO DATA LOGGER(型號:SK-L200TH II α TEMP./ HUMI.)，大氣溫濕度測量高度統一為 1.5m，地表溫濕度距離地面約 2cm。並於基地現場以紅外線熱影像測溫儀進行地表溫度調查分析。紅外線熱影像測溫儀由 NEC Aio Infrared Technologies Co., Ltd.生產製造的 Thermo Tracer TH77162，拍攝期間並配合可見光源影像拍攝紀錄，以利後期區域位置標定。

2-3 土壤含水量效益評估

以山水溼地與海岸線進行垂直採樣調查，每間距 20m 進行地表下 10cm 表土採樣，由於特定區域土壤含水量甚低與監測設備不足，含水量測量採用傳統方式，取不同棲地土壤表層(10cm) 放置夾鏈袋帶回實驗室後，利用秤重烘乾方式計算各樣本含水量，試體烘乾方式採 105°C，烘乾 48 小時，計算方式採重量法(圖 6)(郭, 1976)公式如下：

(風乾土與秤量皿合量)－(秤量皿重量)=風乾土重量

(烘乾土與秤量皿重量)－(秤量皿重量)=烘乾土重量

$$\text{Soil water contents} = \frac{(x - y)}{y} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

x 為風乾土重量；y 為烘乾土重量



圖 6.土壤採樣 (本研究室拍攝)

2-4 地表沙源攔截試驗

過去於花蓮溪進行河灘地揚塵監測，單一 100m 內不同植群與環境結構，滯塵效果便不盡相同(蔡, 2007)。山水溼地所具有多樣棲地環境(海岸、沙灘、喬木林、灌木林與溼地)，於各棲地地表風速、植被或土壤粒徑變化也應有相當程度差異，當地表含水量、風速與土壤粒徑遭受限制，便牽動地表沙源移動量，因此針對溼地周遭範圍進行地表沙源攔截調查，評估各棲地間差異表現，含括沙灘地、馬鞍藤植被區、外溼地與內溼地合計 5 點採樣區，每採樣點各 3 重複(圖 7)。

本實驗改良大氣黏著衝擊器(The Atmospheric adhesive impactor) (AAI) (鄭, 1998)，採集地表因強風所揚起之微粒(Windblown particles)，其構造物主要於距地表 30cm 處進行採樣，以短時間採集而設。黏著貼紙為國產白色 PVC 貼紙，受限貼紙黏塵量、時間性、溫度等相關環境人為因素影響，採樣時間不超過 48 小時，放置地點選同等區域、位置、高度、風向，採樣大小規格為長 150mm，寬 50mm，試驗結束，黏著貼紙取下放置夾鏈袋中，帶回實驗於防潮箱乾燥 24 小時後，秤重再計算各貼紙重量。



圖 7.地表沙源攔截試驗調查位置

2-5 內外溼地表層土壤滲透性調查

參閱(邱(2003)積水入滲試驗，於內外溼地進行池底土層下約 30cm 土壤採樣，至實驗室後再取 500g 放置 150°C 烘箱烘烤 48 小時，以去除土壤含水量，以達水分量化之標準，完畢後再各取 300g 土壤再填入 P E T 塑膠瓶中，並逐步倒入 300ml 自來水，至水完全滲入土壤流出後，時間暫停停止，並紀錄土壤滲透所需耗費時間(圖 8)。

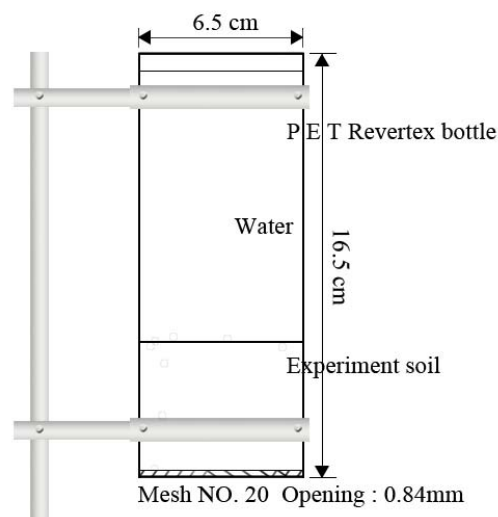


圖 8.實驗室模擬溼地表層土壤滲透試驗示意圖

第叁節、水文水質調查

一、前言

以生態系統看來，溼地對於公眾具有洪災消減、暴雨緩和、涵水層補注、水質改善、美學及一般生存上之價值(鄧等, 2011；Mitsch and Gosselink, 2000；Spieles and Mitsch, 2000；Amelia, 2001；邱文彥, 1999)。溼地淨化水質發展的起初是將污水排入「天然溼地」(natural wetlandss)，使其發揮淨化水質的果效，而後逐漸在非天然溼地的區域建造「人工溼地」(constructed wetlandss)，仿效天然溼地的生態功能來淨化水質。而引用低成本溼地系統進行污染處理及環境管理為現今全球趨勢(Shutes, 2001)。最近科學發現，大型水生植物能協助人類分解處理畜牧廢水，去除疾病和微生物汙染物(Kadlec and Knight, 1996)。於 20 世紀 70 至 80 年代，人工溼地幾乎完全運用於國內市政污水處理，至 90 年代後，人工溼地已被用於各種廢水、包括垃圾填埋場，地表逕流(如城市、公路、機場和農業)，食品加工(如釀酒場、奶酪和牛奶生產)，工業(如化工、造紙和煉油場)，農場，礦山污水處理(Vymazal, 2009；Knight et al., 2000)。

澎湖山水溼地早年以淨化山水鄰近社區家庭用廢水，但因時代背景需要修建海岸堤防，以致溼地面積範圍逐漸縮小，水質淨化能力大打折扣，且也隨環保意識抬頭，縣府著手進行降堤、擴建等重大興建工程，希望提高溼地水質淨化與遊憩附加價值，然而過去設計疏忽，促使溼地水質淨化與環保署人工溼地管理規範，似乎反其道而行，乃不爭之事實。而內外溼地近年也如期完工運作，完工後的河川水質淨化工程更應著重於維護管理問題以及水質持續監測(邱, 2004)，才能確保其淨化水質的目標。因此本章節針對各溼地水質淨化參數指標進行調查，評估溼地成效表現，並查閱環保署人工溼地規範，釐清山水溼地現今所直接面臨問題與後續改善方法，以提供縣府參考運用。

二、材料與方法

針對溼地附近地下水與地表水進行地下水水質量測，分析儀器採用 HORIBA 多參數水質測量儀 U-53，可提供水體濁度、pH 值、溶氧、氧化還原電位、水溫、導電度、鹽度與總溶解固體量之 8 種參數。而水質硬度則採用 INSTRUTION 公

司製造水硬度分析儀(型號:HI 96375 Hardness ISM)。氯鹽則使用 INSTRUTION 公司製造氯鹽分析儀(型號:HI 96753 CHL ORIDE)。上述 10 項參數盡以每月進行一次量測，測量地點皆位於內、外溼地進水口與出水口處(圖 9、10、11)，調查期間將配合環境地形高度變化再予以遞增或刪減，每次量測各取三重複，而大腸桿菌、總磷、氨氮及生化需氧量(BOD₅)，因受限儀器經費不足，僅挑選特定點位區域進行採樣，並統一送往宜大水質檢驗中心進形檢測，待年度調查結束後以 SPSS 13 進行數據統計分析。

現場水體採樣則參考林幸助等(2010)溼地生態系生物多樣性監測系統標準作業程序，並補充計畫所需調查要項如下：

1. 水質 pH 檢測於現場進行，地表水取樣原則是使採集樣品既沒有污染，也沒有因不當處理而產生改變。
2. 若需涉水橫渡溼地樣區，應避免採樣時擾動底下沉積物，影響採樣品質。
3. 除非需要，避免接近人工結構物（如水壩，堰或橋樑）採樣，否則可能因為人工結構物附近不自然的水體流動形態而使樣品數據失去代表性。
4. 使用手動採樣或樣品收集器的人工採樣，需立即在現場實地進行分析。使用自動設備進行長時間重複採樣時，常需要觀察歷經一特殊事件（如：颱風）後是否能維持正常運作。
5. 直接取樣時，須慢慢移除容器蓋，打開容器後，慢慢將容器沉入水中。或倒置瓶子，將開口朝向水流方向，讓水慢慢地流入容器中，直到裝滿容器為止。容器裝滿水後應迅速離開水體。
6. 對於潮汐、天候變化對溼地水位影響應於颱風時隨機增加調查次數，觀測內外溼地水位變化，其中針對夏季颱風期間，委託當地民眾，觀測海水入侵淹沒溼地情形，並於風災後立即量測內外溼地水質導電度變化。
7. 採樣區域內外溼地合計 12 個採點，如下(表 7)。
8. 現紀錄月份共含 2、3、4、6、7、8、9 及 10 月份，調查結果依序統計列出，呈述於附表 1 中，本文針對冬季(2/16 採樣日)春季(3/28 採樣日)、盛夏(8/28 採樣日)與秋季(10/28 採樣日)進行圖示說明，釐清山水溼地四季變化中，各進出水口溼地淨化成效反應，以提供後續修正改善應用。

表 7.山水溼地水質調查座標位置概述

採樣地點	環境地點描述	座標
Site-1	沉澱池內進水口	23°30'51.48"N ; 119°35'21.32"E
Site-2	內溼地第 1 採樣區	23°30'52.59"N ; 119°35'22.78"E
Site-3	內溼地第 2 採樣區進水口(緊鄰養鴨區)	23°30'50.48"N ; 119°35'24.12"E
Site-4	內溼地第 2 採樣區出水口(緊鄰養鴨區)	23°30'51.26"N ; 119°35'24.57"E
Site-5	內溼地第 3 採樣區後(冬季乾涸)	23°30'50.97"N ; 119°35'24.33"E
Site-6	外溼地左側	23°30'49.04"N ; 119°35'21.98"E
Site-7	外溼地前側	23°30'49.49"N ; 119°35'23.51"E
Site-8	外溼地右側	23°30'48.25"N ; 119°35'22.80"E
Site-9	外溼地最末	23°30'48.10"N ; 119°35'20.73"E
Site-10	外溼地排水道	23°30'55.77"N ; 119°35'30.93"E
Site-11	山水海域	23°30'42.09"N ; 119°35'20.89"E
Site-12	地下水	23°30'55.77"N ; 119°35'30.93"E



圖 9.內溼地現場水質調查 (本研究室拍攝)



圖 10.澎湖山水內外溼地水質調查位置圖 (本研究室拍攝)



圖 11.澎湖山水內外溼地水質調查位置圖(平面圖)

並依據行政院環保署河川水質污染指標（River Pollution Index，簡稱 RPI），與陸域地面水體分類與水質標準，進行溼地水質污染程度評估。(水質自然淨化工程規劃設計課程講義/行政院環保署-wed)(表 8、9)。河川污染指數（River Pollution Index, RPI）由 Prati 等人於 1971 年為了評估河川之水體水質，選出其認為經常監測之 13 項水質參數，利用單項水質參數之污染點數，或利用算術平均數的方式計算出總污染值，首先提出一種分類河川污染程度的指數，藉以判斷污染程度。是目前國內環保署公告水體污染程度及大部分之規劃報告經常應用之水質指數，屬於水質指數中特殊用途指數(筏子溪生態監測計畫, 2009；林, 2002))。主由生化需氧量、溶氧量、氨氮及懸浮固體等四項理化水質參數組成，用以根據其數值來對污染程度及分類，計算方式如下：

$$RPI = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^S Si \dots\dots\dots (2)$$

Si: 為水質參數污染值，i 為水質項目，RPI 為河川污染程度指數，介於 1~10 間。

目前國內環保及相關單位在 RPI 的使用上，普遍仍以早期引自日本之河川污染分類法為主，因此本研究在理論模式中，水質項目評估指標的選擇上，亦使用此分類指標，間接反映溼地污染狀況。

表 8.台灣河川污染指標與污染程度分類(行政院環保署-wed)

水質/項目	未(稍)受污染	輕度污染	中度污染	嚴重污染
溶氧量(DO) mg/l	6.5 以上	4.6~6.5	2.0~4.5	2.0 以下
生化需氧量(BOD5) mg/l	3.0 以下	3.0~3.9	5.0~15	15 以上
懸浮固體(SS) mg/l	20 以上	20~49	50~100	100 以上
氨氮(NH3-N) mg/l	0.5 以下	0.5~0.99	1.0~3.0	3.0 以上
點數(n)	1	3	6	10
污染指標積分值	2.0 以下	2.0~3.0	3.1~6.0	6.0 以上

表 9.陸域地面水體分類與水質標準(中華民國環保法規資料中心-wed)

分級	基準值				
	氫離子濃度 (pH)	溶氧量 (DO) (mg/L)	生化需氧量 (BOD) (mg/L)	懸浮固體(SS) (mg/L)	大腸桿菌群 (CFU/100ML)
甲	6.5-8.5	6.5以上	1 以下	25 以下	50個以下
乙	6.0-9.0	5.5以上	2 以下	25 以下	5000個以下
丙	6.0-9.0	4.5以上	4 以下	40 以下	10000個以下
丁	6.0-9.0	3以上	—	100 以下	-
戊	6.0-9.0	2以上	—	無浮油漂浮物	-

註：陸域地面水體分類分為甲、乙、丙、丁、戊五類，其適用性質如下：

一、甲類：適用於一級公共用水、游泳、乙類、丙類、丁類及戊類。

二、乙類：適用於二級公共用水、一級水產用水、丙類、丁類及戊類。

三、丙類：適用於三級公共用水、二級水產用水、一級工業用水、丁類及戊類。

四、丁類：適用於灌溉用水、二級工業用水及環境保育。

五、戊類：適用環境保育

第肆節、山水沙灘地區陸域生物調查

一、前言

早期海岸乃著重於海岸「線」保護，利用建築護岸、海堤、消波等方法，以防止波浪越波、遏止海水入侵及土壤流失。但 Clark and Edwards(1999)則提出天然海岸比人工海岸具有更複雜且多樣化的孔隙結構，可容納多樣的物種。而岩岸 (rock shores)、消波塊(breakwaters)與海堤(seawalls)上之生物群聚皆有差異。過去文獻大多以固著性生物為主(甘, 1999)。現今山水溼地降堤興建雖已人造模擬棲地環境，提供物種棲息孔隙，以串聯內外溼地物種平衡性，但所反映成效仍暫不可言喻，有待時間證明。

環境敏感地帶受到人為改變，如海岸堤防興建，易造成當地生態系統改變。山水溼地歷經 2009 增建修治與 2011 年外溼地擴建，在遠景規劃中能提供生態、環境與遊憩之價值，但棲地植被與動物生態所遭受破壞異動，仍需時間「撫平」，過去於溼地興建過程前，所執行生物數種調查已不可考，因此將以山水溼地為調查軸心點，進行至海岸線生物調查，瞭解不同棲地所造成生態物種差異，以提供未來縣府相關營建議題參考使用。

二、材料與方法

2-1 植物調查

試驗地點：山水溼地

於山水海岸與溼地進行橫向與縱向目視及採樣調查，記錄該區域植群優勢種類、類型、特徵及植物分佈概況。取 1m×1m 自制方格平放於採樣區上，評估計算各植被草種覆蓋面積，並計算植被優勢度、Simposn 多樣性指數與覆蓋度百分比(圖 12)，若有遇未知草種，以拍照並採集新鮮葉片，帶回實驗室配合文獻及植物標本館(<http://tai2.ntu.edu.tw/index.php/>台灣植物資訊整合查詢系統)，逐一核對查詢。

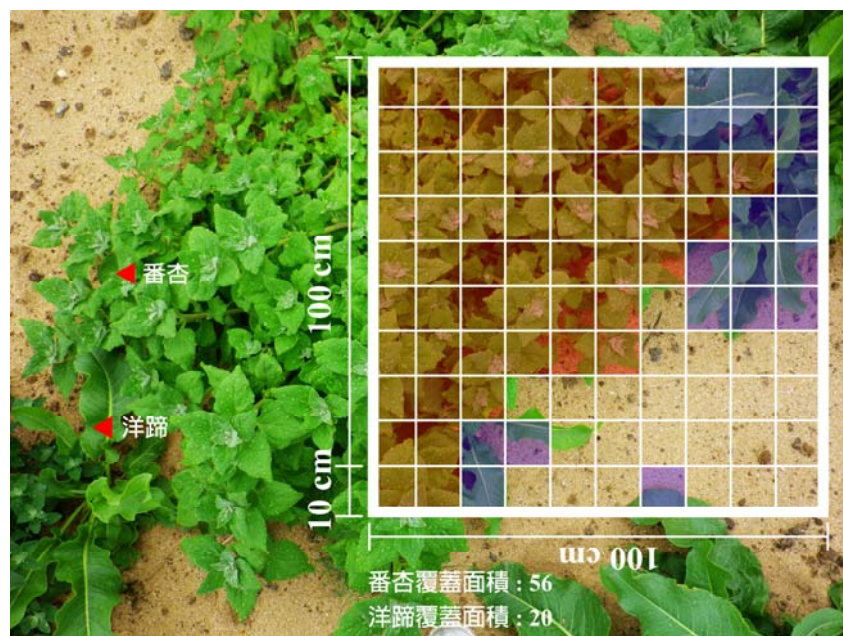


圖 12.植被覆蓋度調查示意圖 (本研究室繪製)

基本調查方式如下：

- 1、掌握山水社區溼地內人造與天然環境地理位置，並區隔商業綠化植栽與天然原生樹種。
- 2、如發現澎湖特、稀有種，立即進行拍照比對，觀察記錄植群大小、環境現況，建立調查基本圖。
- 3、沿著馬路及堤防坡地南北各延伸 50 公尺地區加以辨認，並配合地面實際觀察，以確定主要植物種類，進行植被組成調查。調查依植物狀況設立樣區，

以 1 m×1m 面積為主取樣調查，每一環境樣區各採樣 30 次以上。

4、調查樣區內植物的種類、分佈密度、生長高度、群居狀況及稀有種類，並依所得資料分析說明各種植物群落的組成及結構情形，作為評估的標準。

5、植被優勢度、Simposn 多樣性指數與覆蓋度百分比分析法採用劉和蘇(1983)之方法進行運算，公式如下：

$$\text{社會之優勢度} = \sum (ni/N)^2 \dots\dots\dots(3)$$

式中 ni/N 即為每一組成植物介量之可能率(Probability)，可以 P_i 表示，故 $C = \sum (P_i)^2$ 。如社會中只有一植物，則 $C=1$ ，如社會係由無數植物組成，介量各佔一極小之可能率，則 C 趨近於 0。此指數大者，有明顯優勢種。若值小者，優勢度分散。沒有明顯優勢度可言。

Simposn 多樣性指數

$$= 1 - C = 1 - \sum (ni/N)^2 = \sum (P_i)^2 \dots\dots\dots(4)$$

C:Simposn 優勢度指數， ni :某物種之植物優勢度， N :所有植物優勢度總和， P_i :為機率。 D 值越高，歧異度越大。

$$\text{覆蓋度百分比} = (ni/n) \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

2-2 動物調查

2-2-1 溼地水中生物、陸域昆蟲暨兩生爬行動物調查

參閱劉(1995)東沙國家公園陸域生物調查，於山水溼地內外地區，採多樣區法 (Multiple plot method)，各別溼地內外設置 6~10 個掉落式陷阱，並著手定距離掃網捕抓與目視、手採觀察。為避免非本樣區昆蟲誘引爬入，放置時放置時間約 24~48 小時，調查同時進行目視手採，觀察棲地物種活動時間、範圍、覓食情況，並依各採樣方法分析各類昆蟲組成數量，各調查方式如下(圖 16)：

1. 口頭訪查：以訪談方式瞭解澎湖主島曾經出現或可能物種，並提供圖鑑指認，作為物種確認。
2. 掉落式陷阱 (pitfall trap)：取廣口瓶 (瓶口 6.2cm，瓶高 13.5cm) 埋於欲調查銀合歡林地與仙人掌植群中，瓶口與地平線等高，讓爬行性昆蟲可以毫無障礙爬入瓶中，瓶內放置麵包屑與多種水果包含鳳梨、哈密瓜、蓮霧、荔枝、番石榴、香蕉、碎肉，兩種棲地環境各放置六重複，放置時間約 24~48 小時，

取出後紀錄瓶內物種數目與種類，再以多變量分析驗證說明。

3. 燈光誘集：以一般市售探照燈，進行夜間採集觀察。主要針對趨光性昆蟲為主，並於夜間 7~9 時，以強力手電筒，在樣區內收集青蛙及蝌蚪，並輔以叫聲，紀錄兩棲類之數量及種類。
4. 掃網、撈網：於各試驗樣區，進行點、線狀進行掃網採集。進行非定量目視觀察。
5. 調查結果分析參考郭和張(2002)海岸生態復育之結構物的研發及應用研究-以新竹港南海岸為例與章(2007) 武洛溪人工溼地設置對周遭生態環境影響之研究中，生物多樣性及相似性分析方法，計算豐富度、歧異度、均勻度、相似度係數和多樣性指數(Odum, 1971；Marglef, 1958；Krebs, 1989)，計算方式如下：

1.豐富指數(Marglef' diversity index, D_{mg}) (Marglef, 1958)

$$D_{mg} = \frac{(S-1)}{\ln N} \dots\dots\dots (6)$$

N:樣區內所有生物種類總個體的數量

S:所出現物種的總數

2.夏農-威佛歧異度分析(Shannon-Weiner index, H')

$$H' = -\sum (P_i \times \ln P_i) \dots\dots\dots (7)$$

其中

$$P_i = N_i / N \dots\dots\dots (8)$$

N_i :為 i 種生物之個體數

N:為所有種類之個體數

表 10.歧異度優劣等級表

	歧異度較低	歧異度普通	歧異度較佳
H' 值範圍	2 以下	2~3	3 以上

(章佳騏, 2007)

3.均勻度分析(Shannon' s evenness index, E)

$$E = \frac{H'}{\ln S} \dots\dots\dots (9)$$

S:為所出現物種的總數

H' =夏農韋納歧異度指數(Shannon-Weiner index)

表 11. 均勻度優劣等級表

	均勻度較差	均勻度普通	均勻度較佳
E 值範圍	0.4 以下	0.4~0.7	0.7 以上

(章佳騏, 2007)

4. 傑卡德相似度指數分析(Jaccard index, C_J)

$$C_J = \frac{a}{a+b+c} \dots\dots\dots(10)$$

a: 在兩個樣區中所有的物種數

b: 僅存在於第一個樣品中的物種的種類數

c: 僅存在於第二個樣品中的物種的種類數

2-2-2 鳥類調查

參考林等(2009)溼地生態系生物多樣性監測系統標準作業程序，於山水溼地內調查鳥類出現之種類組成、數量、出現時間與季節以及出現地點。一般常使用的調查方法主要有穿越線法、定點計數法及群集計數法。

1. 穿越線法：在調查區內選定一條以上固定方向的穿越線，此穿越線可為溼地內的步道或溪流的兩岸，調查時應以穩定的速度沿著穿越線前進，以目視配合望遠鏡觀察沿途兩側所發現的鳥種及數量，記錄鳥類出現位置與棲地環境，並估計與穿越線的垂直距離。
2. 定點計數法：在調查區內選定數個固定的觀測點，調查人員在固定的時間以目視配合望遠鏡觀察觀測點四周的鳥種與數量，記錄鳥類出現位置與棲地環境，並估計與觀測點的距離。
3. 群集計數法：群集計數法特別適用於有大量鳥類聚集的海岸及內陸溼地的水域環境。此法與定點計數法相同，差異在於觀測是針對鳥類聚集的特定區域進行。調查時先於樣區內選定一個觀察定點後，以望遠鏡來記錄固定的目標區域中的鳥種，並估計其數量。
4. 由於鳥類之調查皆以現地觀測的方式進行，在調查完畢後無法再由其他人員重複驗證，因此觀測人員的訓練及對鳥類鑑識能力的差異，對於資料的品質影響甚大。在規劃調查作業時，不同時間、地點的觀測人員應有相當的訓練，並與在地溼地或野鳥協會進行專業查詢拜訪，以更精確調查方式評估試驗地區。
5. 鳥類生態分析：根據林(2005)於公園環境與鳥類群聚關係之研究中與中華民國

國野鳥協會 1994 年至 1995 年在關渡地區所作鳥類數量紀錄，各參考其種類豐富度(species richness)、豐富度指數(Margalef's richness index, MRI)、歧異度指數(Shannon-Weiner diversity index)和 Jaccard 種相似度指標(J)，計算方法如下：

種類豐富度(Species richness)

S ：溼地內所有觀測點的鳥種數量

豐富度指數(Margalef's richness index, MRI)

$$MRI = \frac{S-1}{\log(N)} \dots\dots\dots(11)$$

MRI:豐富度指數

S :鳥種數量(豐富度)

N :鳥隻個體數之總和

Shannon 歧異度指數(Shannon-Weiner diversity index)

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \times \log(P_i) \dots\dots\dots(12)$$

H' : 歧異度指標將(1)鳥種數量的多寡、(2)各鳥種的分佈是否均勻，列入考慮(Lloyd and Ghelardi 1964 cited from Tramer 1969)；換句話說，當鳥種越多、分布越均勻，歧異度指標就會越高(Krebs 1985)。若一個群落有更多的物種，且分佈更為均勻，則異質性越高

P_i :溼地內第 i 鳥種隻數所佔所有鳥總隻數的比例

S : 溼地內所有觀測點的鳥種數量(豐富度)

Shannon 均勻度指數(Shannon- Evenness index)

$$E = \frac{H'}{\ln S} \dots\dots\dots(13)$$

S :為出現的物種總數

表 12.鳥類均勻度優劣等級表

	均勻度較差	均勻度普通	均勻度較佳
E 值範圍	0.4 以下	0.4~0.7	0.7 以上

(章佳騏, 2007)

Jaccard 種相似度指標(J)

$$J = \frac{j}{(A+B-j)}$$

J : A 、 B 兩環境型的鳥類相似性指標，介於 0 與 1 間，1 表最大相似性

A : A 環境內出現的鳥種數

B : B 環境內出現的鳥種數

j : 兩環境型共同出現的種數

當兩樣區共有的種類數越高，即相似度指數愈高，兩樣品的物種組成愈相似。當兩群聚中無共同物種($c=0$)的時候，則相似性指數為 0，若兩群聚中物種種類完全相同，則相似性指數為 1。

2-2-3 海域生物調查

澎湖地區四面環海，沿海地區蘊藏豐富海洋生物，學者 Partchett 等(2008)指出，天然的複雜棲地結構有助於魚類群聚之穩定。而位於山水溼地外海區域與三 0 高地，在無人工硬體建設下，棲地環境自然完整，降低棲地破碎化，相對減少外來生物入侵，穩定平衡該海域生物多樣性(Bulleri, 2005)。過去已於該海域進行試驗調查，延傳前人經驗，將以更系統化調查方式進行海洋生物之研究。以完整提供縣府決策使用。

1. 文獻回顧：整理過去澎湖山水沙灘沿岸生物種類與同物異名表。
2. 口頭訪查：以訪談方式瞭解澎湖主島曾經出現或可能物種，並提供圖鑑指認，作為物種確認。
3. 參考陳正平(1998)綠島海洋生物調查方法於天然與人工海域進行海洋生物普查，了解海洋生物分佈現況。共同地點作業涵蓋:潮間帶(目視法或採集法)及亞潮帶 10m 及 25m(潛水穿越線法)，進行記錄調查。
4. 2007/09/27 於山水山灘臨海區域進行第一次近海生物資源調查，以一般市售白色蝦籠填放廢棄魚碎肉，置於約 30m 處，並以潛水方式進行魚類總數目視調察，初步勘驗該區域魚類生態豐富，但蝦籠放置因遭受大浪沖蝕，回收率僅 1/10，與當地民眾訪談後與文獻調查，應以岩釘及更大型訂製魚籠進行捕捉，方能評估該海域豐富性。
5. 計畫經費允許可乘坐漁船進行海底生物資源捕撈調查。

第五節、遊客環境衝擊評估

一、前言

山水沙灘為澎湖旅遊熱門景點，山水溼地修建完成後也提供當地民眾遊客休閒遊憩去處，但人潮聚集易造成環境破壞與當地生物資源衝擊之可能性，針對山水沙灘或溼地遊客對於環境的態度過去並無相關數據說明，此外於四季中遊客人

數密度及時間分佈，仍暫無直接相關數據能予以應用，若需設立警告標語所設位置仍無可考，因此本計畫針對四季(春、夏、秋)進行觀光客數量調查與破壞程度評估，又以夏季為重點觀測時期，希望能建立遊客參訪密度分佈。

而問卷調查也以夏季為首要執行月份，將以循序漸進設計系列相關溼地景觀、生態教育、國土安全(如升堤或降堤)等衍生問題，了解遊客民眾內心看法與認知程度，將可提供縣府未來執行東側降堤民眾心態參考依據。調查時間以夏季人潮聚集期間進行問卷調查，調查份數約 100 份，調查對象為民眾 50 份遊客 50 份為主，只增不減，調查結束後將以 SPSS 13.0 進行統計分析。

而配合整年度計畫，輔導當地民眾配合參與並指導試驗流程，並針對山水溼地內環境生態進行管理維護，徵選 1~2 名國小以上基礎學歷，又富有外海捕漁工作者尤佳，以提供相關溼地內外管理維護與生態資源調查輔導，從事作業如下，其目的為獲取遊客人數、背景以及對於山水海岸、溼地之看法。

二、材料與方法

2-1 遊客環境衝擊評估

試驗地點：山水海岸內外溼地

1. 文獻回顧：找尋山水社區於堤防、溼地建立前後觀光客人數變化
2. 遊客數調查：以假日觀察重點，記錄遊客數量，每季各完成 2 次以上，以評估四季遊客變化量。
3. 於週一或連續假期後，至園區內或沙灘觀察有無遭受破壞或垃圾堆置，並記錄破壞程度數量。
4. 以訪談方式了解遊客與當地民眾對於山水沙灘環境、生態之價值與認知。

2-2 山水陸域生物資源調查人員訓練及管理維護

1. 樹木修剪、割草(每季依實際生長情況調整)。
2. 未避免發生有機溶劑滲透溼地土壤，木棧不再進行油漆維護；若有毀損採人力、物力可及範圍進行修補維護。
3. 枯樹整理補植(尤以東北季風或颱風過境後)。
4. 垃圾整理撿拾(每天至少 1 次)。
5. 沙灘(內外溼地)整理如風車、水車、步道、水池和賞鳥亭，尤其是東北季風颱風期間。

6. 內外溼地植栽非當地原生樹種枯亡後，立即移除並不再重新補植，建立更完整澎湖原生生態系。
7. 輔導訓練水質定期採樣調查分析。
8. 水質取樣涵蓋內、外溼地、汙水處理廠、週邊地下水井，每月取樣一次並觀察紀錄。
9. 每季土壤生物取樣紀錄。
10. 候鳥及留鳥每日觀測紀錄，其他動物季節性遷徙紀錄觀察。
11. 颱風期間特別觀察紀錄越堤海浪對沙灘環境及生物破壞情形。
12. 遊客行為與空間分佈觀測紀錄，並對遊客環境生態破壞行為制止規勸。
13. 山水內外溼地遊客人數、密度與時間調查。

第捌章 研究結果

第壹節、澎湖山水海岸區域位置確認調查

1-1 擬定調查區域

於 2012/01/07 至澎湖山水溼地現場進行現場勘驗，該溼地位於山水社區西南方位，以堤防作為內外溼地分隔線，內溼地於 2009 年進行修建整治，擴展溼地面積範圍，並增設木棧步道、涼亭等相關人造設施(23°30'50.74"N；119°35'24."E 與 23°30'52.52"N；119°35'22.34"E)；外溼地於堤防西南向，為提升溼地附加價值，縣府於 2011 年再次擴張興建，將整體溼地提升至最大面積以求水質淨化之最好成果(23°30'48.46"N；119°35'22.12"E)。重建後隨著時間演進，如何改變環境基質、生物物種與水質淨化能力？本研究針對內、外溼地進行監測研究坦討分析，於各溼地進行水質、微氣候、生物等相關數據採樣監測比對，採樣地點方法也於後續各節詳述說明。

山水溼地擴建如期執行完成，內溼地歷經 3 年園區維護管理，地面植被覆蓋完整，提供多樣化生物棲蔽場所，而外溼地在人為拓建下，溼地沿岸植被稀疏裸露，無形增加地表揚塵熱點區域，也可能影響生物復育棲息之機會。然而就溼地設計，比對行政院環保署所制定人工溼地參考手冊(2007)中人工溼地在淨化水質過程(wed)與張文亮(2006) 在河川水質自然淨化工法規劃設計與建造講習會之準則，人工溼地平均應有 20-60cm 之水深，讓流入的污水與底床的微生物有更多接觸的機會，而種植多種耐污染性、耐淹水性的水生植物，主要的目的是讓微生物可以在水生植物的植株與根系上，有更多附著的空間，以增加污水與微生物接觸機會，而溼地水流應呈現緩慢的流動狀態，進而發揮水質淨化的效果(<http://wqp.epa.gov.tw/-wed> 行政院環保署水質淨化現地處理)。水生植物之疏密、水深調控與水體流動，皆牽動水質淨化處理成效，系列指標也凸顯該溼地水質淨化設計流程不佳，因此本研究將針對文獻規範，提供相關補植新建措施，作為縣府未來改建規劃參考依據，以建立兼具生態、環保、遊憩之人造溼地環境。

1-2 地形地貌環境觀測紀錄

以 GPS 與 google Earth 比對計算當地海拔高度變化，再經 Surfer 8 地形繪製軟體進行模擬(圖 13)，試驗樣區平均海拔高度介於 0m~10m，地形高程變化以距離海岸呈現反比下降，調查樣區整體高程變化差異不大，溼地水體走向缺少重力條件，在過濾池、沉澱池與曝氣池等相關水質淨化設施之規劃或改建，需更留意，避免造成水體逆留，降低汙水淨化能力，或需再仰賴抽水設備，而增加操作成本。

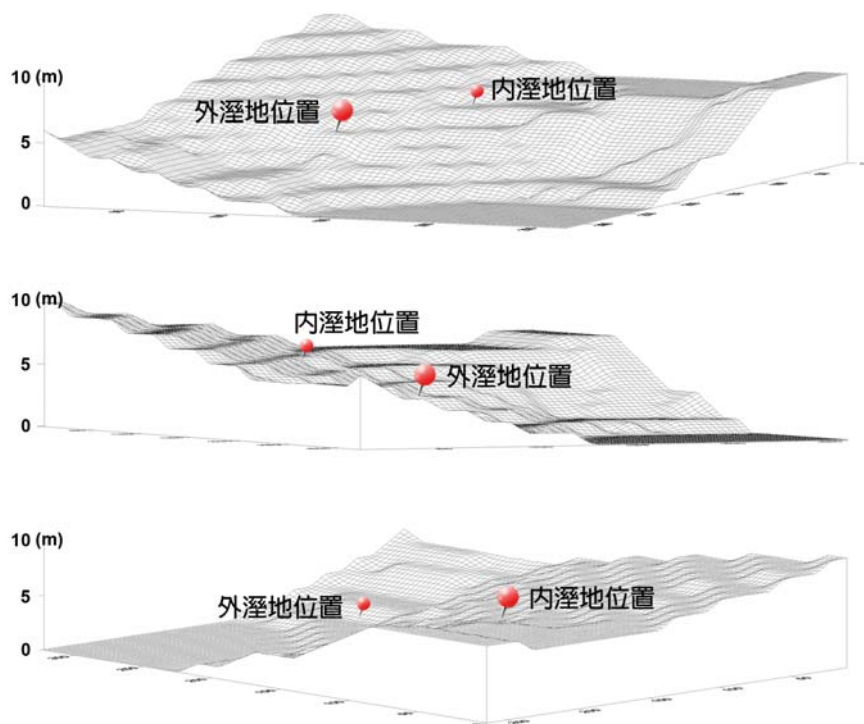


圖 13.澎湖山水溼地地形高程變化 (本研究室繪製)

1-3 山水沙灘地形地貌變化監測

經現場兩名駐地人員，於颱風、東北季風及南風期間，進行潮汐變化記錄調查，2011/8/29 漲潮線距離海岸堤防約 90.0m，若受東北季風影響下，山水沙灘平均漲潮線平均距離堤防約 81.0m，同年 8/30 受輕颱南修在外圍環流影響下，於上午 11:10 分海水滿漲時距離堤防僅差 48.0m，尚未造成民眾生命財產威脅，但對於山水海岸線第一道沙丘植群生長，有一定程度之影響，如銀合歡在颱風過後出現枯黃，但原生濱海樹種則不受影響。主因颱風與季風強風吹襲下，易造成海水於漲潮時溢流至外溼地，造成溼地水體導電度提高，而沙岸的退縮也提高海水鹽沫直接衝擊之範圍，影響園區內植群生長(圖 14)。

2012 年 7 月颱風豪雨過後，山水海域岩岸旁銀合歡群，就極可能因過於接近海域潮間帶，在漲潮時強風助長下造成海水鹽沫於樹體殘留堆積，導致植群大

量枯黃。銀合歡早期引進便以耐旱、耐鹽暨防風等環境優勢著稱，但過於鄰近海域地段仍無法承受海水鹽沫所造成逆境侵襲，相對一般樹種與傳統商業樹種更難存活，颱風大浪可能掏洗沙灘，造成沙岸退縮，沙丘植群為傳統防衛媒介，拆除堤防，植群、地貌的消長變化為最主要重點，目前除銀合歡短暫性枯黃，尚未發現沙灘明顯改變，初步釐清颱風、東北季風與南風海水漲潮位置，外溼地的植被顯然須擔負硬體堤防的「護土」機能。



圖 14.澎湖山水沙灘於颱風、東北季風與南風漲潮線調查 (本研究室拍攝)

第貳節、內外溼地環境評估

2-1 防風效益評估比較-風速變化調查

2012/01/08 於山水內、外溼地，初次地面風速調查顯示，外溼地平均風速為 6.0 m/s^{-1} ，最高瞬間風速達 8.6 m/s^{-1} ，而內溼地因喬灌木茂密，地表平均風速約 2.7 m/s^{-1} ，最高僅達 4.9 m/s^{-1} ，以獨立樣本 t 檢定統計顯示，Sig. $0.00 < 0.05$ 皆達顯著差異 ($F=95.462$ ， $p=0.000 > 0.05$) ($F=21.705$ ， $p=0.000 > 0.05$)。2012/03/17 外溼地平均風速為 1.5 m/s^{-1} ，仍遠大於內溼地 0.3 m/s^{-1} ，內外溼地平均最高風速可相差 1.1 m/s^{-1} 。至 04/29 調查顯示，外溼地平均風速 2.6 m/s^{-1} ，內溼地為 0.9 m/s^{-1} ，最高風速相差 1.72 m/s^{-1} ，強陣風影響下造成外溼地與內溼地大氣平均溫度相差 1.9°C ，而大氣濕度相差 18.64%。於 9 月夏末初秋時期，外溼地平均風速平均 3.0 m/s^{-1} 仍大於內溼地 1.5 m/s^{-1} ，最高風速相差 1.4 m/s^{-1} (表 13)。

2-2 溫濕度變化調查

2012/01/08 外溼地因無大型喬灌木叢保護，強勁陣風易降低大氣平均溫度，平均溫度為 15.2°C ，內溼地則為 16.3°C ，平均濕度各為 76.0%與 94.0%，而地表溫度則因植被覆蓋，減緩溫度劇烈變化，平均僅相差 0.1°C ，為 5 項指標中未達顯著之項目。2013/03/17 調查顯示，大氣溫度、濕度皆以內溼地 23.0°C 和 80.8%，大於外溼地大氣溫度、濕度 22.5°C 與 64.5%。至夏末初秋，外溼地植被拓展復育，過往監測區域裸露不再，但內外溼地大氣溫度雖仍有顯著差異，但均溫僅相差 0.5°C ；大氣濕度變化中，因內外監測區域皆緊鄰溼地池岸邊，外溼地因氣流移動快速，可能造成濕度蒸發吹離，雖較處低溫，但仍有差異 (表 13)。

2012/09/01 以紅外線熱影像分析儀調查顯示 (圖 15)，內溼地因地表植被覆蓋完整，午後 14:25 第一次影像拍攝僅木棧道與景石溫度較高，表面均溫度高達 50°C 以上，而草毯冠層平均約 30°C 以下，至傍晚 18:17 進行第二次拍攝，園區景觀元素，僅景石表面溫度最高，木棧步道表面溫度也由 40°C 以上降至 30°C 以下，植群草種則略下降 $5^\circ\text{C} \sim 10^\circ\text{C}$ ，正午與傍晚均溫維持 $24^\circ\text{C} \sim 27^\circ\text{C}$ ，整體環境溫度也較符戶外遊憩舒適需求。至於外溼地裸露地區與沙灘地因欠缺植被拓展覆蓋，正午地表最高溫可高達 45°C 以上，黃槿林下大氣溫度也介於 $30 \sim 35^\circ\text{C}$ 之間，到傍晚 18:00 過後，岩石裸露區域仍達 30°C 以上，裸露地表仍持續熱源釋放，至區域內溫度仍悶熱。

再針對馬鞍藤、沙灘、外溼地右側、左側、內溼地左側無葉欖柳下、池岸前側與池岸右側，進行 14:00~15:00 大氣溫度點位監測調查(圖 16)，以沙灘地 39.5℃，與馬鞍藤植被地區 38.7℃，為 7 點採樣區測得大氣溫度最高，其次為內溼地左側暨池岸前側平均溫度約 36.7℃和 36.9℃，再為內溼地池岸右側與外溼地左側，溫度最低為外溼地池岸右側，14:00~15:00 平均溫度約 32.8℃。再採連續監測顯示，沙灘地與馬鞍藤植被區，至 17:30 分平均溫度介於 33℃~35℃，其他 5 點測區平均溫度 30℃~33℃，直至 18:00 過後樣區才逐漸趨近平衡 (圖 17)。

表 13.澎湖山水內外溼地微氣候調查 t 檢定分析表(2012/01/08)

調查時間:2012/01/07-2012/01/08					
調查地點	外溼地	內溼地	平均相差	F	顯著性
平均風速 (m/s)	6.0	2.7	3.3	95.462	0.000
平均最高風速(m/s)	8.6	4.9	3.7	21.705	0.000
平均大氣溫度 °C	15.2	16.3	-1.0	2.252	0.000
平均大氣溼度 (%)	76.0	94.0	-18.01	336.621	0.000
平均地面溫度 °C	16.6	16.7	-0.1	14.187	0.118
調查時間:2012/03/16-2012/03/17					
平均風速 (m/s)	1.5	0.3	1.2	341.617	0.000
平均最高風速(m/s)	1.9	0.8	1.1	7.633	0.000
平均大氣溫度 °C	22.5	23.0	-0.5	56.188	0.000
平均大氣溼度 (%)	64.5	80.8	-16.3	389.827	0.000
平均地面溫度 °C	23.6	23.4	0.2	40.623	0.238
調查時間:2012/04/28-2012/04/29					
平均風速 (m/s)	2.6	0.9	1.68	326.487	0.000
平均最高風速(m/s)	3.4	1.6	1.72	111.101	0.000
平均大氣溫度 °C	26.0	28.0	-1.99	264.297	0.000
平均大氣溼度 (%)	66.5	85.1	-18.64	8.926	0.000
平均地面溫度 °C	29.2	32.9	-3.67	124.766	0.000
調查時間:2012/09/01-2012/09/02					
平均風速 (m/s)	3.0	1.5	1.469	103.181	0.000
平均最高風速(m/s)	4.3	2.6	1.637	63.861	0.000
平均大氣溫度 °C	32.7	33.2	-0.512	21.486	0.000
平均大氣溼度 (%)	40.9	68.7	-27.937	33.928	0.000
平均地面溫度 °C	38.2	35.9	2.237	95.61	0.000

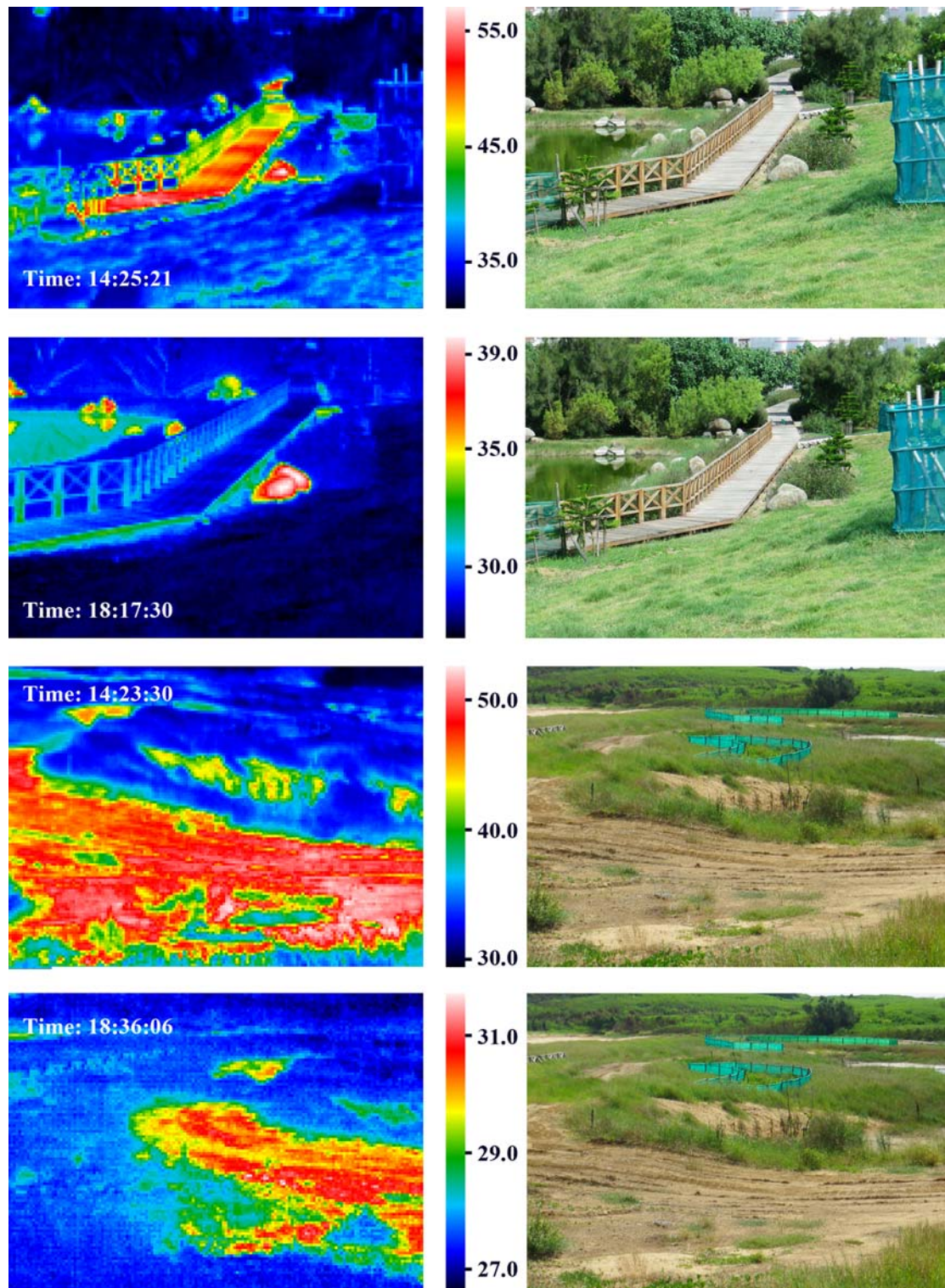


圖 15.以紅外線熱影像儀分析內外溼地大氣溫度變化 (本研究室拍攝)

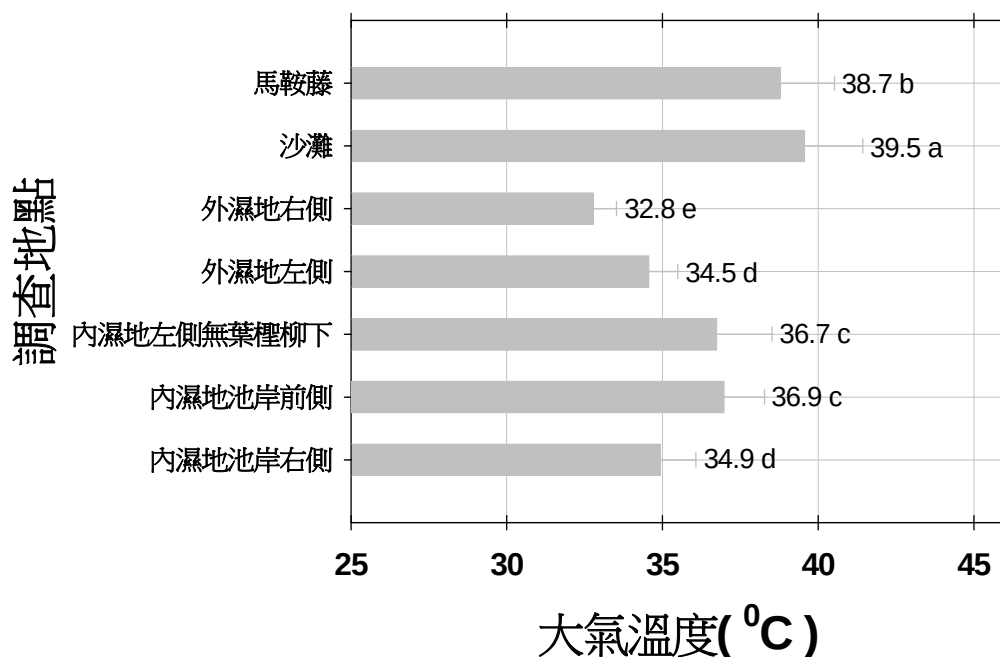


圖 16.澎湖山水溼地 7 種點位樣區 14:00~15:00 大氣溫度平均變化比較

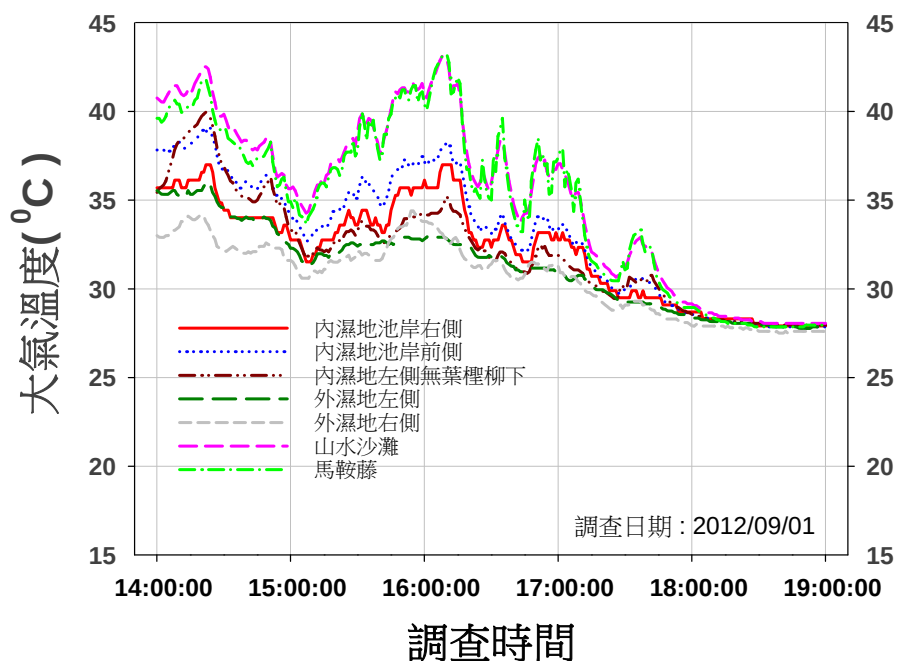


圖 17.澎湖山水溼地 7 種點位樣區大氣溫度變化趨勢圖

沙灘裸露地因欠缺植被覆蓋，夏季陽光曝曬反射，大氣溫度不斷上升，馬鞍藤雖能提供裸露區域植被覆蓋，降低地表正午高溫曝曬，但所提供大氣溫度調降效果仍相當有限，而內溼地無葉欉柳林下又有多種喬木覆蓋，能有效減少林蔭下艷陽之直接曝曬，相對大氣溫度也略顯偏低，而在緊鄰水池臨岸測點處，無論內

外溼地 4 點測區，因水體比熱大使大氣溫度趨於穩定不易忽高忽低變化。

外溼地在人工拓建干擾後，無植被遮蔭下，相較於內溼地大氣溫度變化本較為劇烈，在欠缺大型喬灌木植群覆蓋掩蔽下，地表植群豐富度仍遠不及內溼地，當冬季季風南下，易增加棲地強陣風發生頻率，間接影響地表微氣候升降變化。但溼地歷經半年「自我復育」(volunteer regeneration) 後，植被拓展穩定，裸露面積逐月下降，整體溫濕度變化內外趨近於平衡，唯獨風速仍達差異顯著。

外溼地因欠缺大型喬灌木植被掩蔽，仍易遭受強陣風與鹽沫吹襲，可能影響植栽移植存活率與昆蟲等生物之復育，對遊憩品質也有顯著衝擊(現地民眾訪談)。然而廣闊外溼地環境與稀少人煙(因為不舒適)，卻能吸引候鳥棲息(鳥類物種調查)。遊憩與生態之平衡對於溼地未來修繕時，除了考慮遊憩需求，園區林蔭遮蔽、環境調控與植栽補植確有必要，但也同時須衡量生態與環境永續的面向，溼地生態現況，營造生態環境穩定性，多面向與綜合性的溼地價值更為重要，環境衝擊之改善只是議題之一。

2-3 土壤含水量變化調查

區域內土壤含水量檢測調查，山水沙灘、外溼地裸露地區與馬鞍藤植被區，因無植被冠層覆蓋與沙質土，自身保水能力相對偏低，澎湖夏季高溫炎熱，地表溫度平均高達 35℃ 以上，相對易造成土壤水分蒸發流失，地溫升高快速，三點樣區平均含水量各為 2.82%、1.98%與 3.87%；而內溼地左側無葉欖柳林下，林木冠層降低陽光直射曝曬率，含水量平均約 7.80%，最後內外溼地池岸右側與外溼地池岸左側，因緊鄰溼地邊，表層水與地下水相對溢流蔓延較易，且地表植被又相互遮蔭，降低土壤水分蒸發流失，相對土壤含水量也較高(圖 18)。

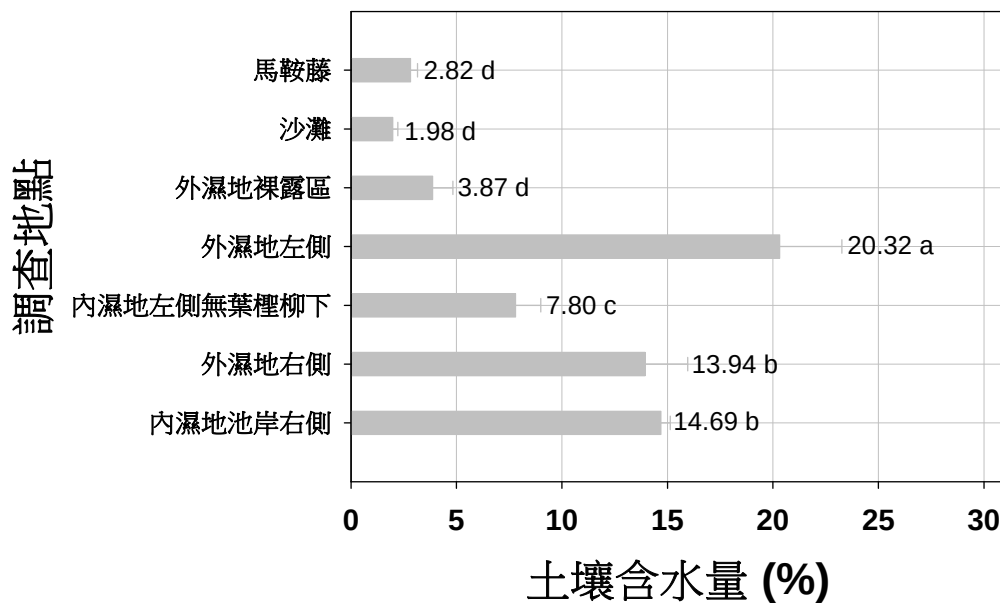
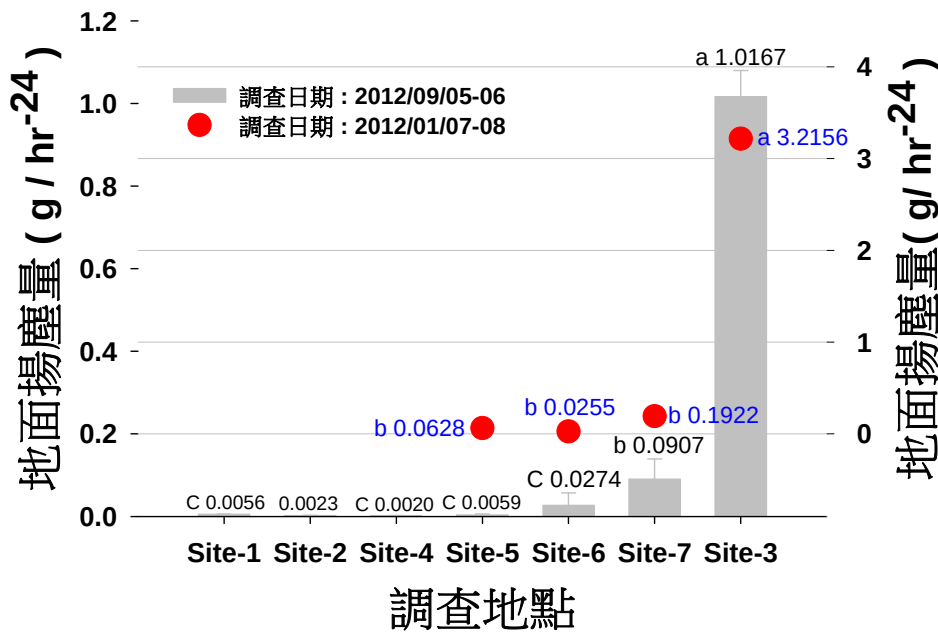


圖 18.七點點位樣區土壤含水量變化圖

2-4 地表沙源攔截試驗

以大氣黏著衝擊器(The Atmospheric adhesive impactor) (AAI) 調查顯示位處沙灘裸露地區(Site-3)，因無原生植被覆蓋，土壤水分乾燥偏低，當日平均風速達 7m/s^{-1} 以上。當平均風速在 4.0m/s^{-1} 以上即可引起地表沙源傳動(Chen et al., 1996)。也已符揚塵發生首要條件標準，因此為 5 點樣區攔截飛沙量最高區域，平均為 $1.0166(\text{gm}^{-2} \text{h}^{-24})$ ，其次為緊鄰沙灘旁馬鞍藤植被區(Site-7)，平均重量為 $0.0908(\text{gm}^{-2} \text{h}^{-24})$ ；剩餘 5 點區域，包含外溼地沿岸前側(Site-6)、外溼地沿岸右側(Site-4)至外溼地裸露地區(Site-5)，再歷經半年養護復育，地表植被覆蓋密集，裸露面積已大幅降低減少，相對降低地表揚塵發生率，其中外溼地裸露面積比對年初相同點採樣，平均地表揚塵有極顯著改善 ($0.0628(\text{gm}^{-2} \text{h}^{-24}) > 0.0059(\text{gm}^{-2} \text{h}^{-24})$) (圖 19)。

而內溼地池岸邊(Site-2)，原本便具有大量植被覆蓋，且緊鄰溼地旁，土壤含水量偏高，當土壤含水量越大，土壤顆粒的起動風速越大，土壤抗風蝕的能力越強(楊等, 2001)。而無葉欉柳林下(Sit-1)，林內紀錄平均風速約 $0.2\sim 0.5\text{m}^{-\text{s}}$ ，地表雖無豐富植被著生覆蓋，但掉落莖葉仍增加地表粗糙度降低風蝕發生率，因此所採集黏著貼紙，經鄧肯統計也無顯著差異，地表揚塵採集量也相對最低，平均約為 $0.005(\text{gm}^{-2} \text{h}^{-24})$ 。



Site-1 無葉欉柳林下；Site-2 內溼地水邊；Site-3 沙灘裸露區；

Site-4 外溼地沿岸右側；Site-5 外溼地裸露區；Site-6 外溼地沿岸前側；Site-7 馬鞍藤植被區

圖 19.七個調查樣區地表揚塵黏著量變化圖

山水溼地位處環境敏感地帶，人為干擾破壞易造成環境衝擊負擔，在內溼地歷經 3 年養護，植被已生長茂密，微氣候調節效果相對優於外溼地，揚塵發生率也相對偏低，外溼地於冬季低溫期地表水分蒸發有限，又緊臨溼地池岸，離水源較近，相對降低揚塵發生率，但因溼地擴建時遺留之裸露地廣闊，在東北季風吹襲下易造成地表揚塵，至夏季連日乾旱無雨，強風助瀾下仍易形成飛沙熱點區域。

據長期影像定位紀錄顯示，外溼地於人工擴建完成後，不再有重機具運載走動，外在人為干擾趨近平緩，也提供當地原生植被母本，次世代種子再生復育繁衍機會，裸露面積經目視調查顯示與年初比較明顯減少，相對也反映於 9 月份地表揚塵採樣數值表現上。

2-5 內外溼地表層土壤滲透性調查

以滲透試驗模擬溼地汙水，入滲表層土壤下所需時間及滲透之情況，經調查顯示，以內溼地第二採樣區池下採集土壤所需滲透時間最久，以 300g 裝入試驗瓶約 10cm 厚土壤，再加入 300ml 試驗水，其完全滲透完畢，需花費 50.45 分鐘，其二為第三採樣區滲透時間約 33.25 分鐘，而第一採樣區約 7.5 分鐘，而外溼地左、右側各為 14.66 與 2.90 分鐘，若以沙灘沙質土壤作為試驗對照，平均滲透所

時間約 0.61 分鐘(圖 20)，顯示所有樣點滲透速率皆慢於一般沙灘。

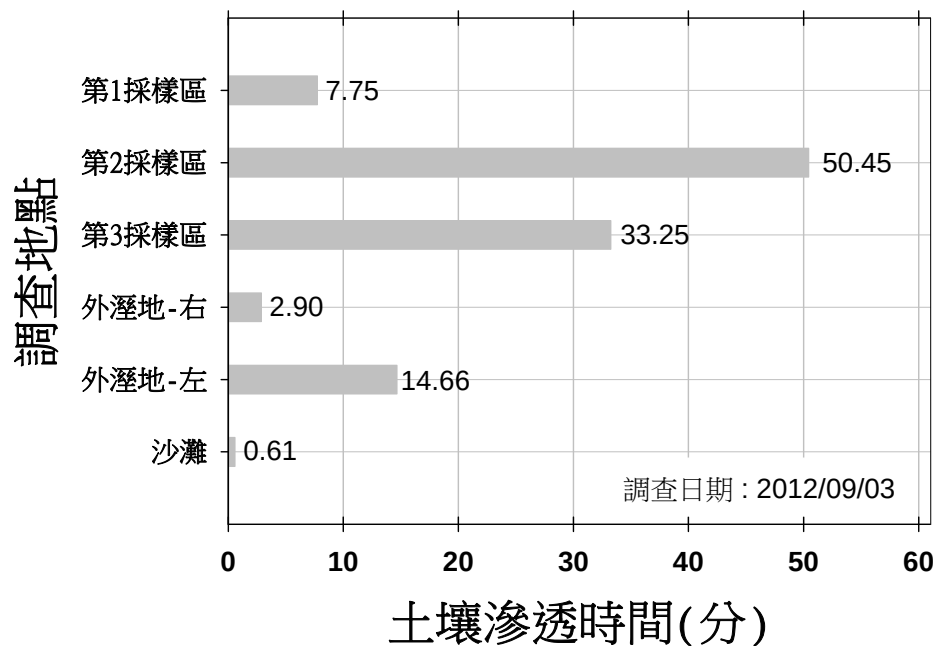


圖 20.比較山水內外溼地池下土壤滲透所需時間變化圖

池底土壤滲透快慢，不僅影響池水水位高低變化，也影響廢水（或滯留雨水）滲透入土壤層中的水量，試驗中第二、三樣區所需滲透時間最長，比對現場環境特徵確實相符，第二樣區終年有水，可充分作為防洪蓄水之用途，但卻可能造成旱季時期溼地池水若無外來淨水補給將易成死水，造成溼地池水發臭難聞。

而外溼地左、右兩側所需滲透時間相對於內溼地，除第一採樣區乃略快，其地表汙水若無充分時間與完善水質淨化設施，將可能直接滲入土壤底下進入地下水層，造成地下水汙染。而內溼地第一採樣區，其乃皆受山水社區淨水廠處理後淨水，池下土壤滲透快速，正可提供地下水補，供給當地農業用水使用。

第叁節、水文水質調查

3-1 水溫(Water temperature, °C)

依據行政院環保署水質淨化處理(wed)，氣候溫度改變影響水溫變化，而水溫則影響水的密度、黏度、蒸氣壓、表面張力等物理性質，在化學方面亦影響硝化、脫硝、固氮及氣體溶解及同化等作用進行，低水溫降低水中氮的含量與生物需氧量(簡, 2005；李, 1978)。若水溫過高又會使水中溶氧降低，在生物方面則又

可能影響微生物的活性及其代謝速率等(行政院環保署水質淨化現地處理-wed；林, 2008)。以高等生物而言，水溫也影響物種存活與繁衍，如水筆仔在中部以北因冬季溫度較低，就不易發現。

2012/02/16 溼地水溫初次調查顯示，因受強勁東北季風影響大氣溫度下降偏低，溼地系統平均溫度約介於 14°C ~ 15°C 之間，第二採樣平均約 15.7°C 、沉澱池進水口為 14.9°C ，而外溼地左、前與末側各為 15.1°C 、 14.8°C 及 15.0°C 。

2012/03/16 溼地抽樣調查顯示，外溼地前、右及最後監測區域內，平均溫度約 27.5°C ~ 27°C ，其次為內溼地第一、二採樣區，水體溫度約 26.7 、 25.8 ，其餘 4 點監測樣區，平均溫度約 24.9°C ~ 19.11°C 之間(圖 21)。

8 月份普遍以內溼地水體溫度最高，又以第二採樣區域出水口 30.6°C 最高，其次為沉澱池、第一採樣區、第二採樣區進水口，而外溼地 4 點點位與地下水平均介於 29.8 ~ 29.4°C ，水溫顯著偏低(圖 21)。

10 月份，則以地下水水體溫度最高，其次為第二採樣區出水口、沉澱池進水口、山水海域、第三採樣區後、第二採樣區進水口與第一採樣區，而外溼地 5 點採樣區域平均水溫度約為 21.8 ~ 20.9°C ，水體溫度略顯偏低(圖 21)。

4 月至 10 月三季內外溼地水體平均溫度統計顯示，水溫以地下水平均 28.7°C 最高，最低為內溼地第三採樣區後，其餘 9 點抽樣點位並無顯著差異，年度平均溫度介於 27.8°C ~ 26.2°C (圖 22)。

水溫在水質環境判斷是一個重要檢驗項目，水體溫度受大氣溫度、溼地面積大小與植群分佈而異，冬季內外溼地水體溫度差異以現有資訊仍無法精確解釋原因，可能是外溼地面積廣闊，溼地蓄水量較大，於冬季寒流低溫時不易造成水溫驟降之變化，而池面寬廣所接受太陽輻射面較高，相對水體溫度也較為偏高，至盛夏時期(8 月)內外溼地各區點位，相互間並無顯著明顯差異，僅沉澱池因於 7 月底時，以鐵網繩索加蓋後，受太陽輻射且不通風易造成熱量蓄積，以致水體溫度達 30°C 以上高溫。至秋季霜降後(10 月)，東北季風開始吹襲南下，又 7 月颱風豪雨後便無顯著降雨跡象，9 月降雨僅累積 0.3mm ，外溼地水位下降，湖面逐漸乾涸，於陣陣強風吹襲下，可能造成水面熱源散失而使水溫下降。

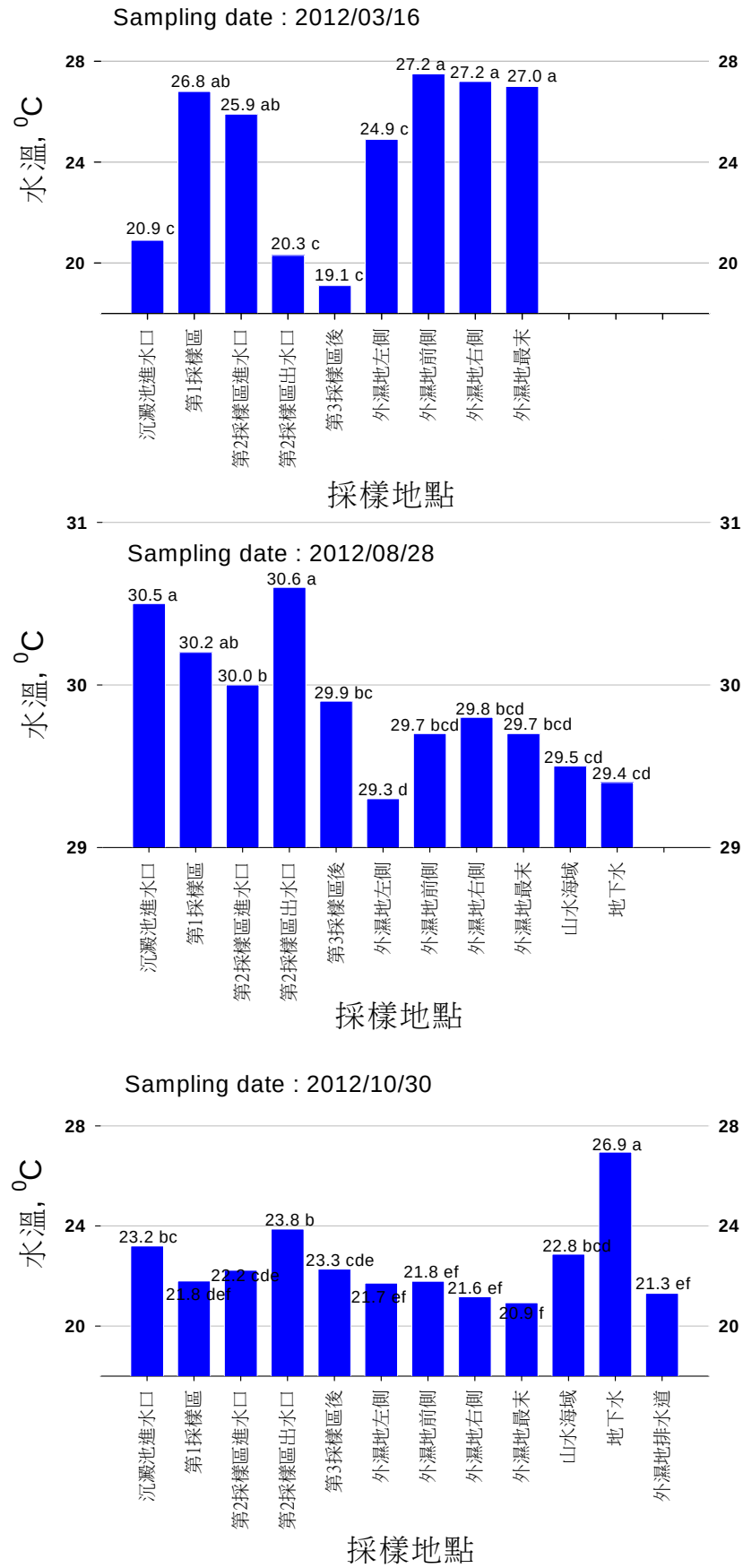
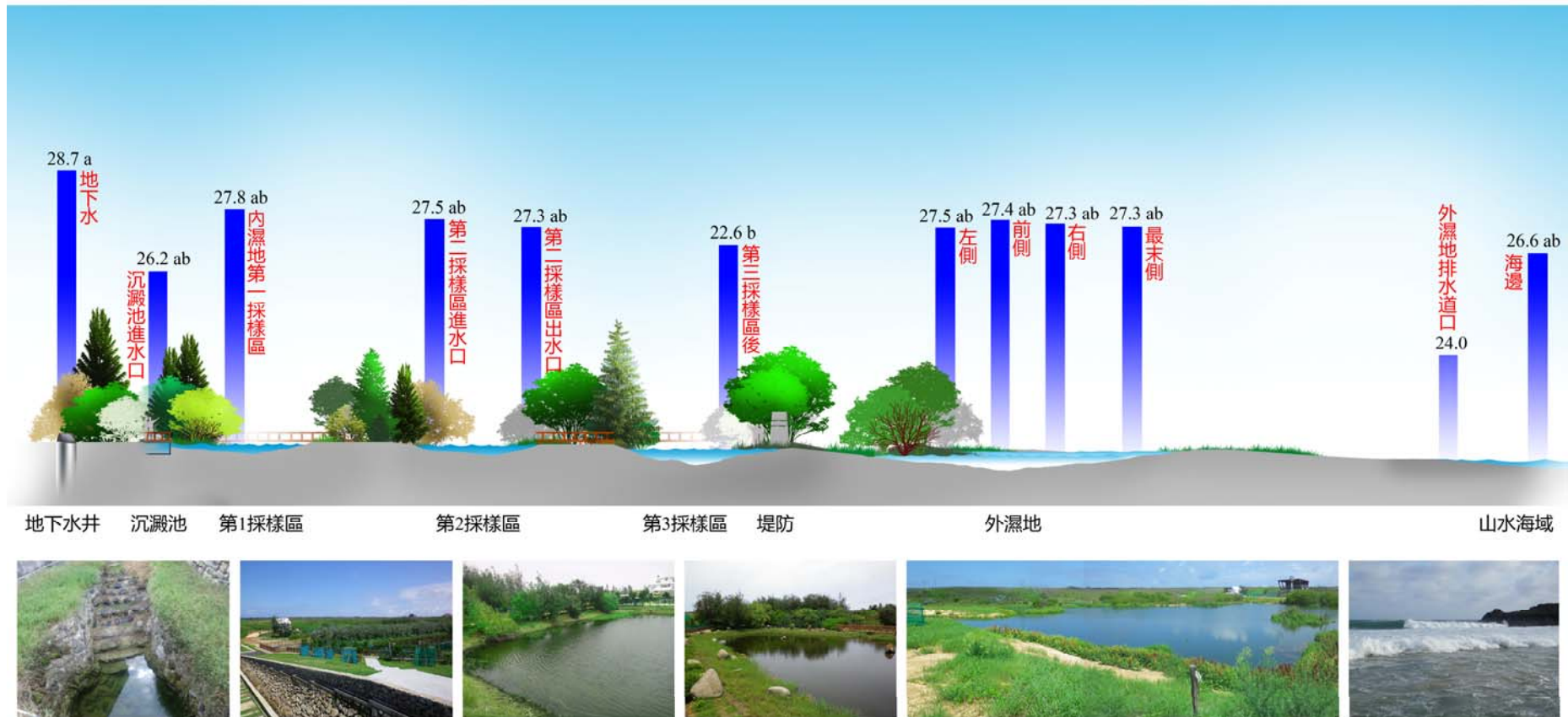


圖 21.澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體溫度變化調查



3-2 酸鹼度(pH)

2012/02/06 溼地系統初次調查顯示，以外溼地 3 點採樣區內 pH 值最高平均 10.7，內溼地平均約 8.3。而 3 月初春內外溼地抽樣調查顯示，外溼地 pH 值平均約在 9.6~9.5 之間，而第 2 採樣區進水口與第 1 採樣區，平均 pH 值約在 8.7~9.0 之間，其餘大致維持在 7.5~7.8 之間呈弱鹼性(圖 23)。

至 8 月夏季各，沉澱池汙水測得 pH 值為 8.4，於淨水場淨化後排至第一樣區內平均為 8.9，流至第二、三樣區，至外溼地平均約為 8.8，水體 pH 值呈現弱鹼性。2012/10/30 溼地 pH 值調查顯示，以內溼地四點採樣區域 pH 最高，平均約為 9.5~9.8，而外溼地 pH 值普遍介於 8.7~9.1 之間，而海邊、地下水與外溼地排水道則平均各約為 8.5(圖 23)。

內外溼地 pH 值三月~十月平均結果顯示，溼地水體 pH 值趨近於鹼性水，實際又以外溼地前側、右側與第一採樣區內較高，平均約 8.9，其餘 8 點區域皆介於 7.9~8.8 之間，但三季整體點位區域平均並無達顯著差異結果(圖 24)。

溼地系統中，氮的去除機制藉由氮循環達成，該循環是經由一連串電子轉移及轉換氮型態的礦化、硝化、脫硝、固氮及同化等作用來完成，而硝化作用為其環節之一。簡(2005)認為硝化菌對 pH 的條件極為敏感，硝化作用執行時會消耗降低水中 pH 值。pH 又以 7.5~8.0 範圍最適合硝化菌生長，當 pH 降至 5 以下，則硝化反應完全中止，微生物生長普遍介於中性左右(pH=7)(李,1978；謝, 2011)。而冬、春兩季仍以內溼地測點區域最符文獻標準(約 7.8~7.5 之間)，為最能滿足硝化菌活動生長條件。

溼地系統中，水體 pH 值會受到碳源(碳生化需氧量衰退、光合作用吸收二氧化碳)和生物活動(硝化、脫硝)等影響而改變(林, 2008)。夏、秋時期，溼地內水生植群仍稀少，植群根效應所帶動相關生化反應，是否因此導致水體 pH 值提高，有待驗證，但溼地乃開放水域，樣區內水鳥家禽棲息飼養，鳥禽排泄物都可能提高水體 N、P 含量，此外大氣溫度、光度充足強烈，有利於藻類增生，當植物藉由光合作用之進行，所消耗二氧化碳遠大於細菌呼吸產生的量，也較易提高池內 pH 變化(顏, 2006)。也因大氣中二氧化碳擴散至水中含量有限，碳酸根解離會伴隨二氧化碳減少，藻類在水層中增加氫氧根離子而導致酸鹼值增加(Vijayaraghavan et al., 2003；李, 1978；歐等, 2006；Tadesse et al., 2004)。

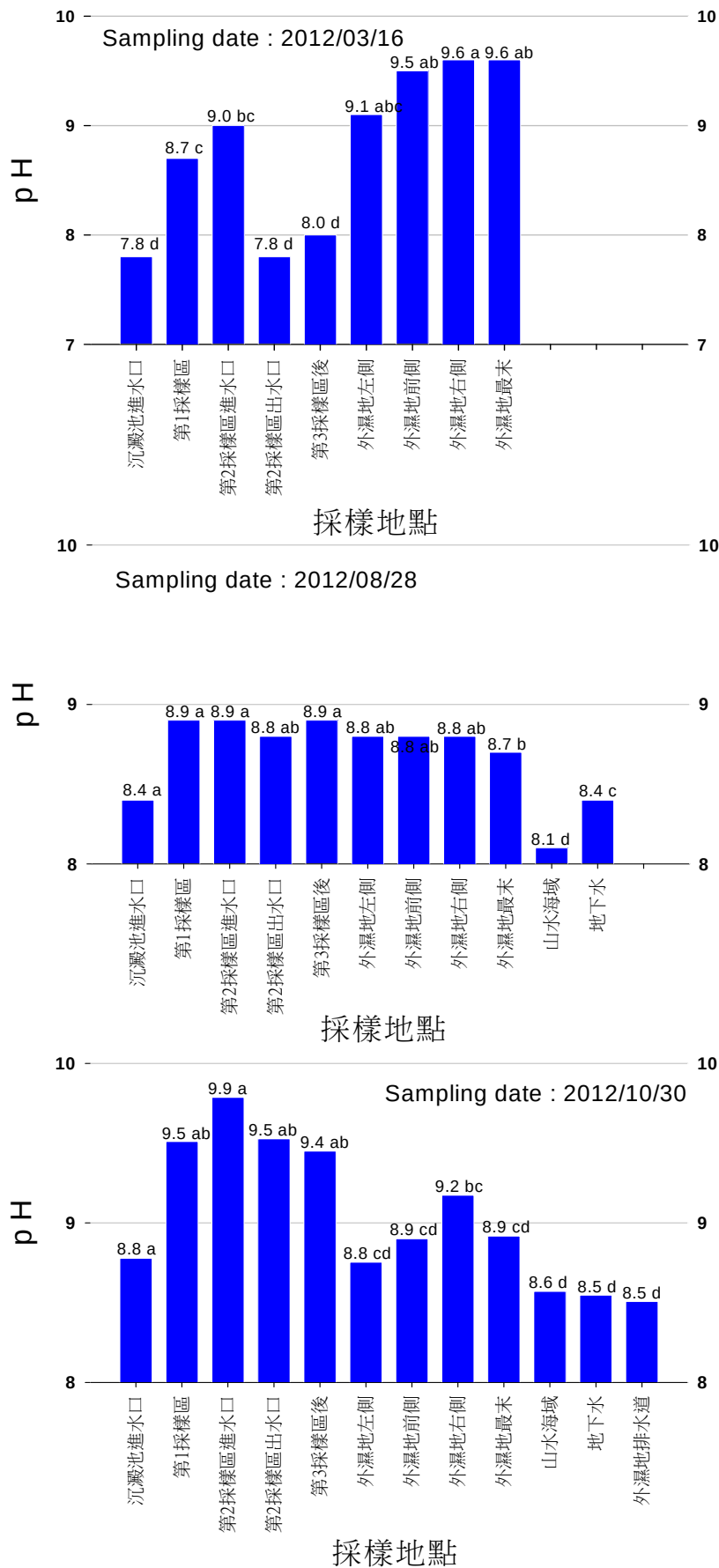


圖 23.澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體 pH 濃度變化調查

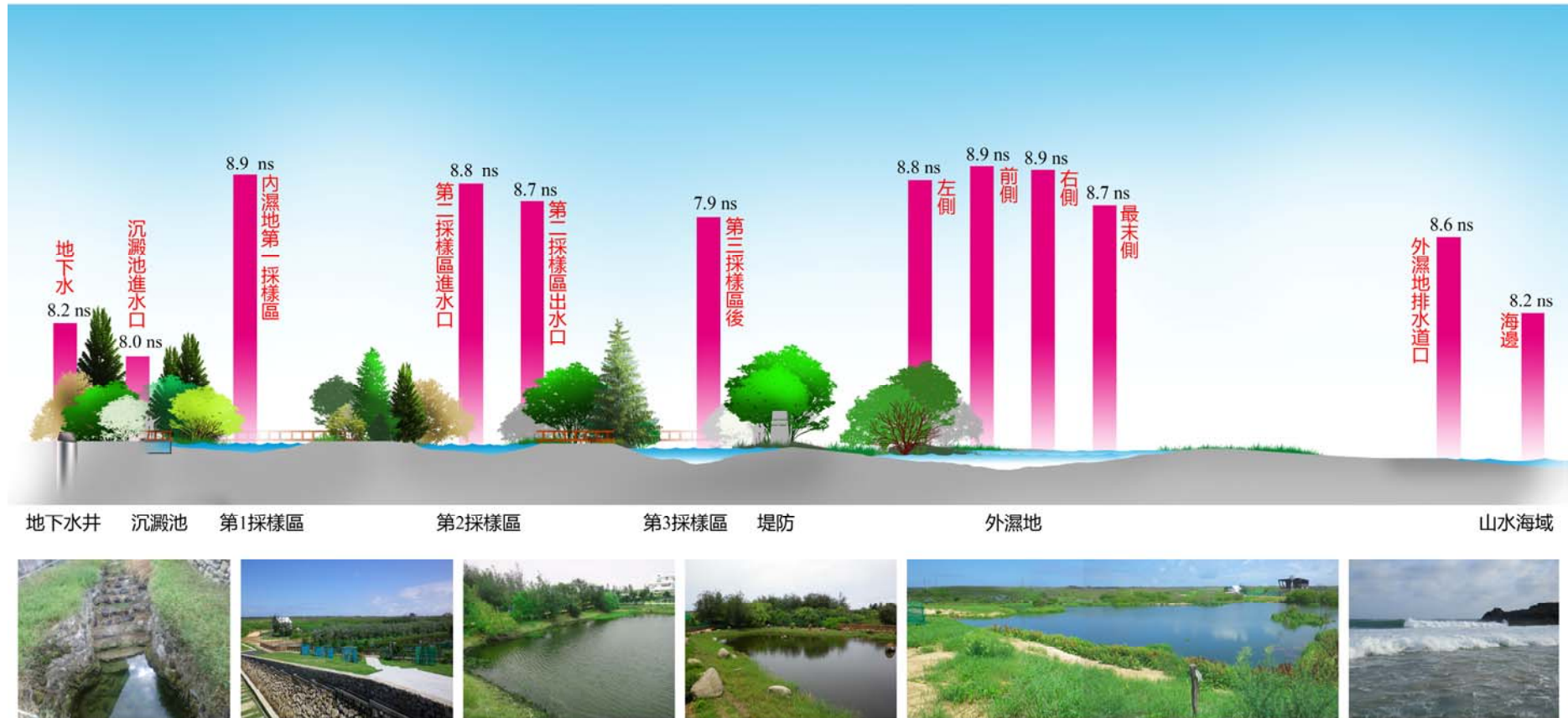


圖 24. 三月~十月澎湖山水內外溼地水體 pH 值季平均變化圖(本研究室繪製、拍攝)

3-3 溶氧(Dissolved Oxygen, mg/L)

當水受到有機物質污染時，水中微生物在分解有機物時會消耗水中的溶氧，造成水中溶氧降低甚至缺氧(行政院環保署水質淨化現地處理-wed)。當溶氧越高代表環境中水質較佳，溶氧的多寡對水中生物的生長影響甚大，溶氧過低所造成缺氧現象，將導致水中生物無法生存且易產生臭味，根據美國環保署資料顯示，當溶氧大於 5ppm 時大多數動物都可以生長繁衍，當小於 2ppm 時即會產生缺氧，導致物種遷徙或死亡，因此可以推測溼地水中生物的生存狀況(林等, 2009；美國環保署-wed)。

2012/02/16 溼地內溶氧含量調查顯示，外溼地 3 點測區平均為 13.3mg/L，大於內溼地各區溶氧兩倍之多，污染指標分類為未(稍)受污染，而內溼地第二採樣區因緊鄰養禽池畔、漁產加工廠，直接或間接影響水體溶氧含量。

2012/03/16 內外溼地水體溶氧量 10 點抽樣調查顯示，以第 2 採樣區進水口、外溼地最末、前、右及左，水體溶氧量平均介於 14.96 mg/L ~11.65mg/L 間，而第 3 採樣區後段、第 1 採樣區、第 2 採區出水口，平均溶氧量約 8.94 mg/L ~7.66 mg/L 之間，最後為沉澱池與外溼地進水口水體溶氧量皆小於 4.5 mg/L 以下(圖 25)。8 月以地下水溶氧量最高達 12.5mg/L，其次為山水海域 9.4mg/L，而各溼地，沉澱池進水口平均溶氧量約為 7.1mg/L，至第一採樣區上升至 7.5 mg/L，但至第二、三採樣區進出水口確有下降之趨勢，若比對行政院環保署-河川汙染指標(RPI)，整體溶氧量(DO)mg/L 仍呈現較高狀態，普遍介於未(稍)受汙染至輕度汙染。而外溼地水中溶氧量，又以外溼地前側和最末 5.9mg/L 與 6.2mg/L 最低，汙染程度分級為輕度至未受汙染之標準(圖 25)。

10 月份除外溼地 5 點採樣區，水體溶氧量介於 11.7~9.7 mg/L 之間，並達顯著差異水準，內溼地溶氧量則約介於 8.9~7.2 mg/L 間，同樣於汙水廠淨水處理後，當流經二、三採樣區後水體溶氧量卻反略為下降，但水體溶氧量仍符合環保署未(稍)受汙染之分類標準(圖 25)。

三季平均 3 月~10 月水體溶氧含量統計顯示，以地下水溶氧、外溼地末側與前側水體溶氧最高，而另 8 點採樣區，又以沉澱池進水口最差為 6.3 mg/L，其餘相互間並無顯著差異，但仍以外溼地溶氧含量略為偏高，第二採樣區內又略為下降，可見社區汙水處理前、家禽與住家排放廢水的確造成溶氧下降，但外溼地則無水鳥排洩導致水源污染溶氧降低的疑慮(圖 25)。

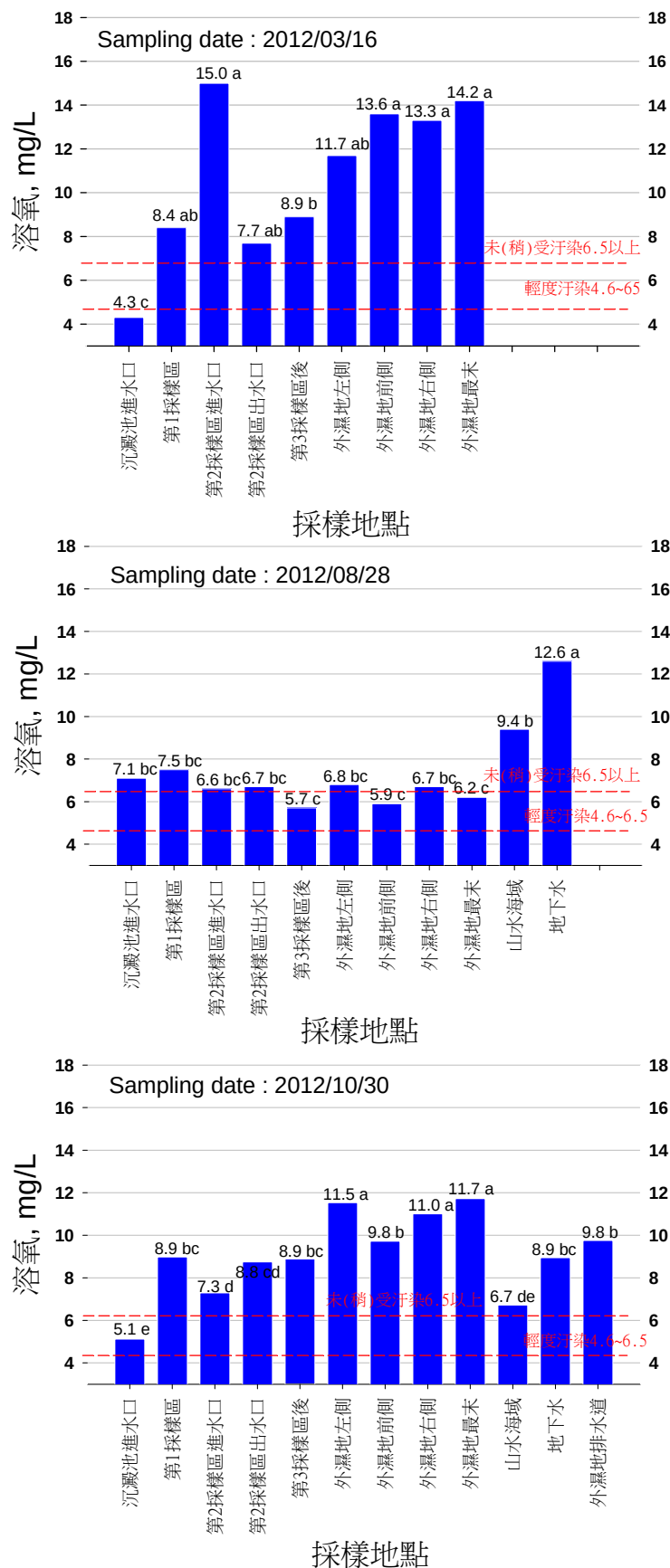


圖 25.澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體溶氧(DO)濃度變化調查

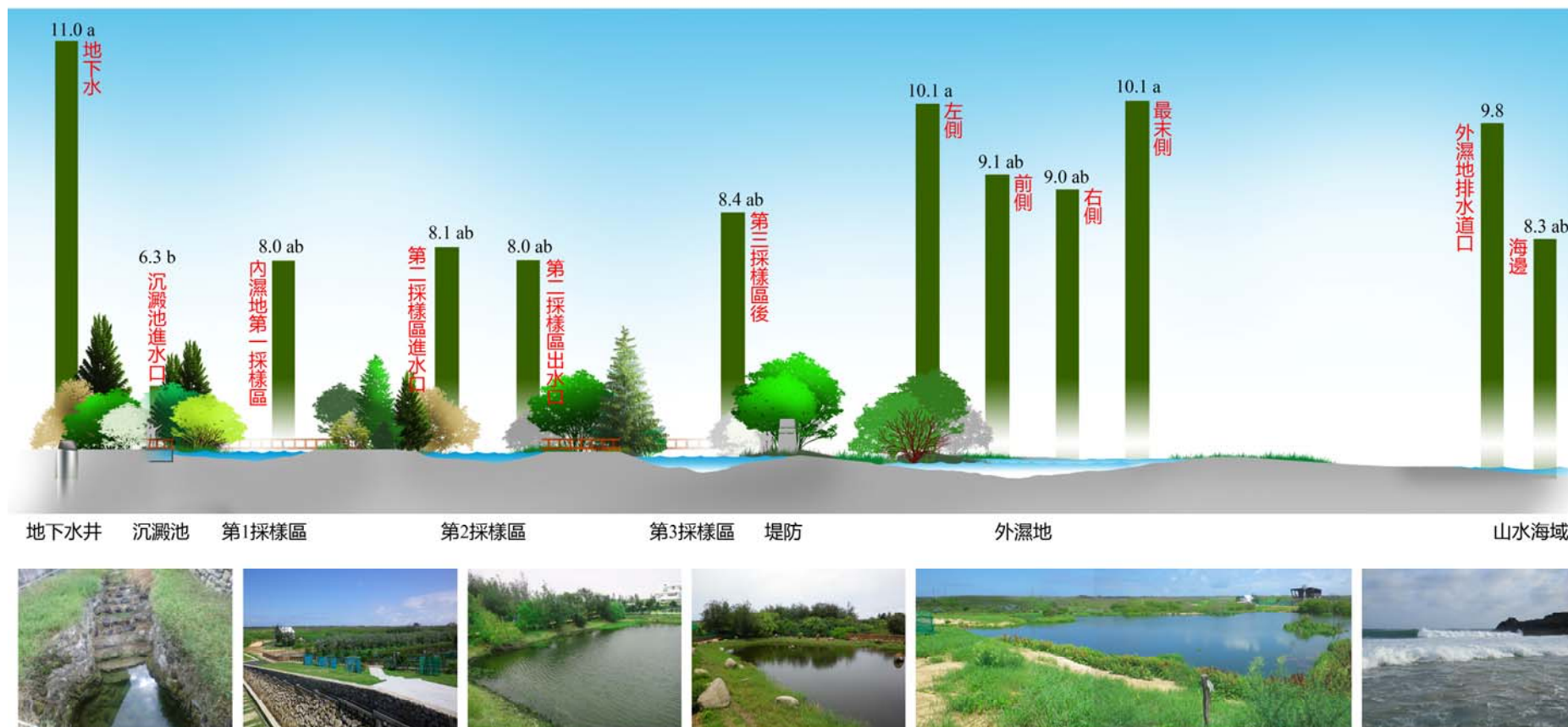


圖 26. 三月~十月澎湖山水內外溼地水體溶氧(DO)季平均變化圖 (本研究室繪製、拍攝)

有機污染物排入水體後，在氧化過程中會消耗水中的溶氧，若是有機污染物負荷過高，會造成水體變成厭氧狀態，而在封閉型水域例如：湖泊或是水庫等(陳等, 2008)。此極可能是造成內溼地第二、三採樣區內溶氧下降主因之一，也凸顯內溼地水質淨化的問題，此外，對溼地魚蟹之生物調查，二、三採樣區內為山水溼地為生物多樣性最豐富的區域，高承載聚集可能影響溼地溶氧量。

水中溶氧多寡受生物、物理與化學的影響而變動。經 Duncan's 統計結果顯示，外溼地採樣區內溶氧量雖普遍顯著偏高，甚至高達未受汙染之檢驗標準，可能因為外溼地腹地廣闊，又為開放水域，風速相對偏高。當風速快時造成波浪並帶動水流，亦可增加水中溶氧，此外溫度較高時水中溶氧較低(飼料營養雜誌第 7 冊)。且正值人工開拓完成初期，池內並無太多水生植物覆蓋，利於光線直射於水體，再加上水鳥棲息覓食排泄，水中營養鹽分較為充足，易造成水中藻類增生，至白天藻類行光合作用下，使水中溶氧增加，此外溼地內雖無水生植群發現紀錄，但岸旁仍有禾草如雙穗雀稗，亦能提高水中溶氧含量比。

但也有部分點位，水體溶氧含量卻顯著下降，是否因採樣位置乃每月固定一致，雨季過後水位逐漸下降，受地形限制，導致區隔出小型封閉水域，因無任何外來水源溢注而成為死水，以致水體溶氧逐漸降低？溶氧量降低也將造成水中 BOD 值升高，顯示汙染程度趨於嚴重(陳等, 2009)。

3-4 濁度(Turbidity, NTU)

濁度係表示光入射水體時被散射程度，濁度的來源包括粘粒、粉粒、細微有機物、浮游生物或微生物等(許等, 2007)。內外溼地水體濁度 10 個取樣點於 3 月份調查顯示，以外溼地前側水體濁度最高，依序為右側 129.00 NTU、左側 116.33 NTU、溼地後側 95.7 NTU，而其他 5 點採樣區域平均水體濁度皆小於 30.16 NTU 以下並達差異顯著水準(圖 27)。

8 月除內溼地沉澱池進水口，水體濁度平均約為 209.0NTU，而經汙水廠淨化處理後排放至第一採樣區，水體濁度已下降至 27.9NTU，但隨著流經第二、三採樣區域水體濁度卻反而逐漸上升，第 3 採樣區後側平均又高達 130.00NTU；而外溼地在近年度調查中，水體濁度普遍皆相對偏高，其中又以 7 月 3 取樣點平均高達 200NTU 以上(圖 27)。

10 月外溼地水體濁度仍偏高，其中又以前側平均為 639.6NTU 最高，其次為右

側、左側與末端，平均水濁度皆高達 400NTU 以上，而內溼地水質，經污水廠淨化處理後，濁度僅有 28.1NTU，但流經二、三採樣區後卻反而上升 2 倍以上之多，甚至高達 9 倍，淨水廠淨化成效大打折扣，更違背溼地水質淨化設計目標，溼地的維管設計不得不需考慮修正改善(圖 27)。

山水溼地 11 個取樣點，三季水體濁度經 Duncan 統計結果顯示，外溼地前、左、右、末側與沉澱池進水口，水體濁度最高，沉澱池進水口本為社區廢水集中地，水體混濁屬正常，而外溼地受野鳥棲息池面優養化與豪雨社區廢水直接湧入及水岸土壤侵蝕導致水體混濁，再依第二採樣區進水口、第三採樣區、第二採樣區出水口、第一採樣區，依序為 52.3、41.5、34.2 及 27.9，結果不符溼地淨化目標，水質最清澈者，僅剩山水海域與地下水水域(圖 28)。

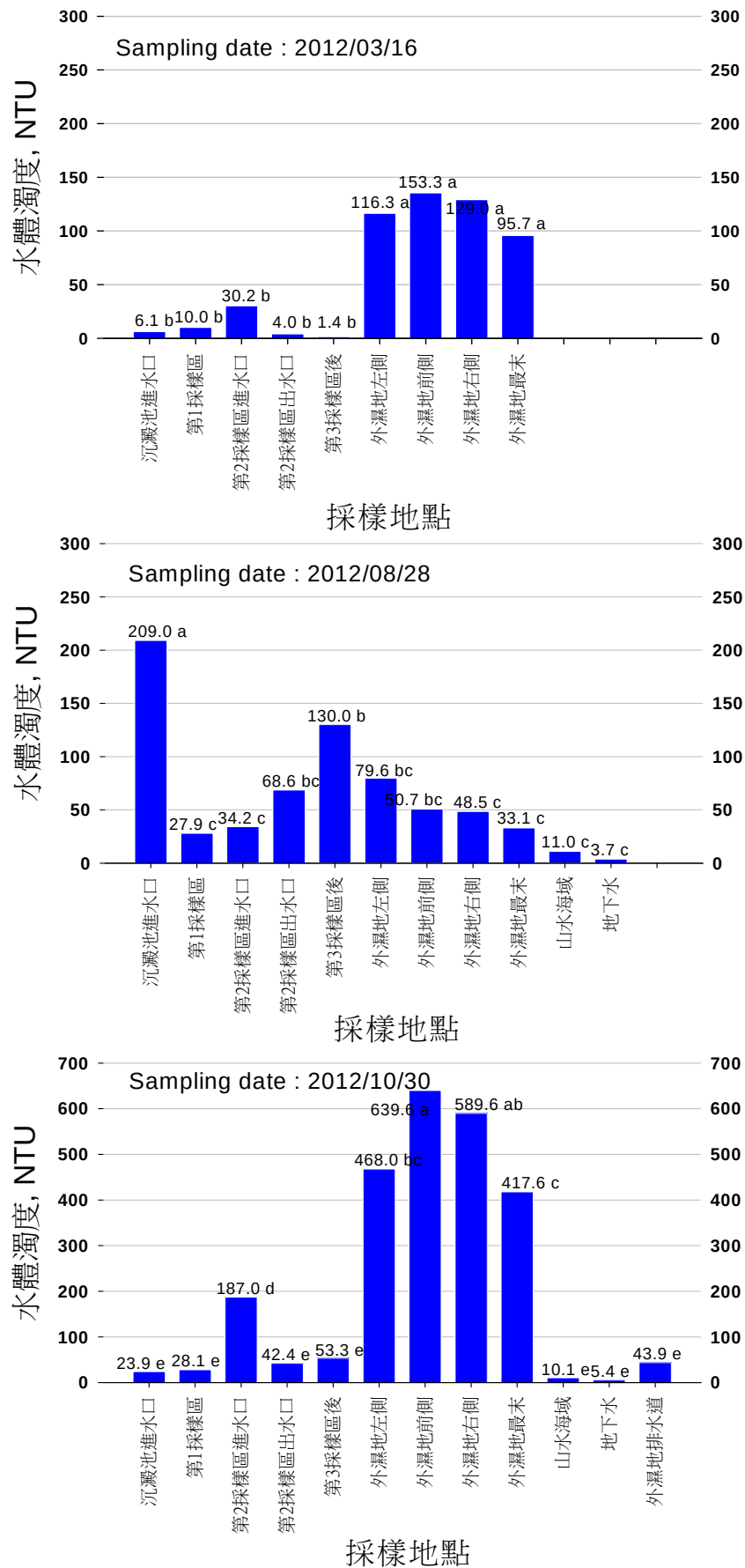


圖 27.澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體濁度(NTU)變化調查

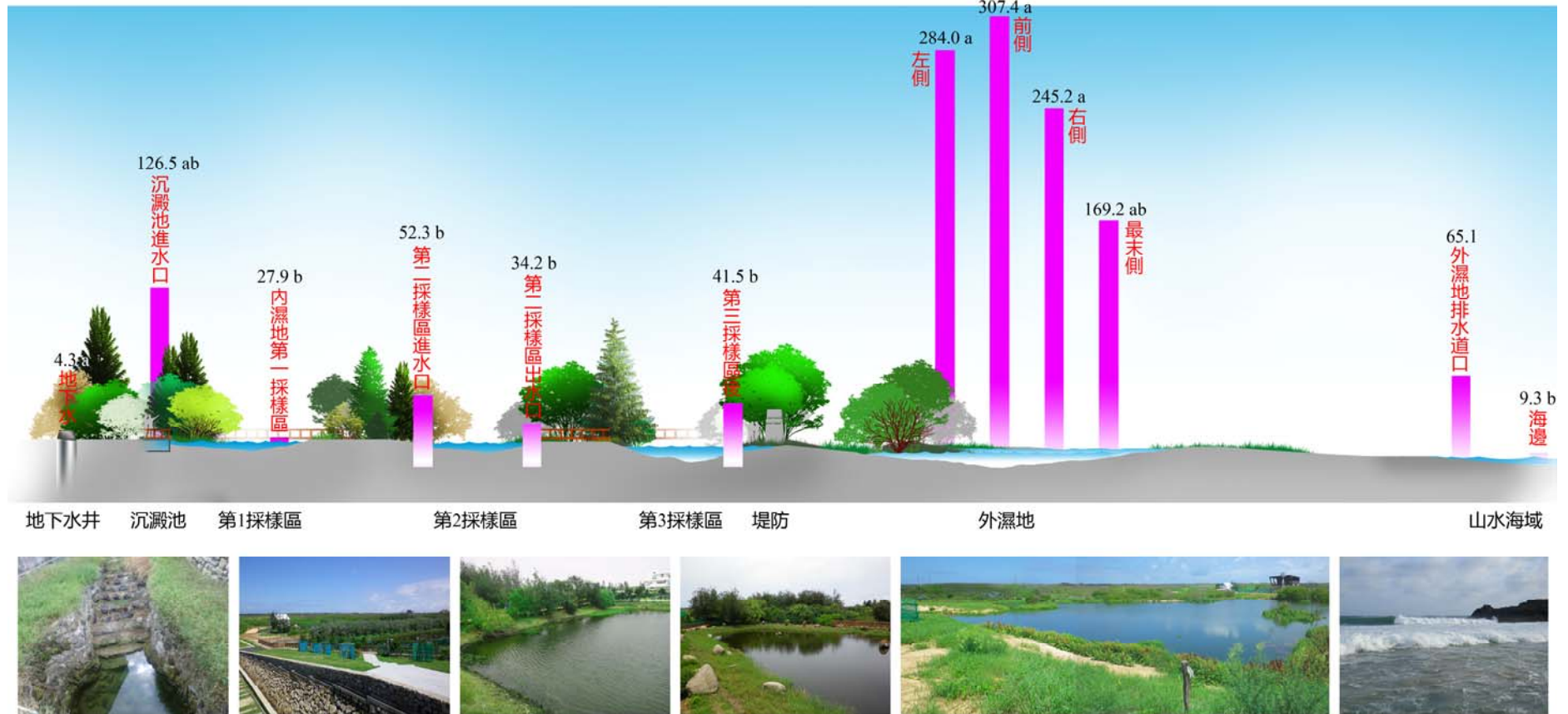


圖 28. 三月~十月澎湖山水內外溼地水體濁度(NTU)季平均變化圖 (本研究室繪製、拍攝)

山水溼地系統中，外溼地因腹地面積廣闊，水棲鳥類棲息進駐頻繁，旱季溼地水深低淺，池水、底土易受擾動懸浮，此外生物排泄物、屍體分解沉澱，提供藻類增生所需養分，而藻類大量繁殖雖能大幅增加水中溶氧量(歐等, 2009)。卻也提高池內浮游生物存活率及數量，當大於環境容許量時也將會影響水質濁度變化(許等, 2007)。此外夏季檢測時間正逢雨季，外溼地同時具滯洪功能，而豪雨期間水岸土壤受蝕流入，也可能導致水質濁度攀升。

再比對各進出水口，溼地人工系統水質淨化結果成效，溼地出水口濁度普遍遠高於進水口，有違溼地設置目的，經污水廠員工訪談與推論得知，位於第 1 採樣區乃汙水處理廠所處理後排放地，溼地內水體濁度偏低，確實反映於統計學理上，而第一採樣區池水經地形溢流至第二採樣區後，因家禽飼養與漁產加工廢水排放，提高水中氮化物和磷酸鹽類，反促進藻類大量增生繁殖，間接影響該區水體濁度變化，連帶影響到第三採樣區域內之水體濁度變化。冬天植物體因死亡後剝落，並在水中分解產生懸浮之顆粒，也會增加懸浮固體量，影響水體外觀並阻礙光的穿透，相對影響水生植物的光合作用與水體濁度變化。其殘骸更連帶會大量消耗水中的溶氧(Mashauri et al., 2000；Lin et al., 2002)。若濁度持續上升還會使魚類的呼吸作用受阻，影響魚類的生長與繁殖，甚至使其窒息而死亡（行政院環保署水質淨化現地處理-wed；許等, 2007）。

過去山水溼地因地形高度變化甚低，造成溼地淨水沉澱流向不明，而家禽飼養與漁產加工廢水排放，卻二度汙染過濾後之淨水，造成濁度異常提高，當地民眾認為，若要執行廠房遷移與家禽飼養限制，投入經費、人力與時間可能過高，若如台灣本島連續取締禽畜與加工業排水汙染方式，可迫使其遷移或棄養，小規模產業對社區衝擊極小，產業規模大者本來就有能力依政府規定作廢水處理，否則必須考慮廢水接管至既有社區汙水排放系統。另外需考慮配合栽種當地原生水生植物以進行汙水二次淨化，以達社區汙水全面淨化之成效。外溼地因水源來自內溼地，而內溼地水源則來自社區廢水，冬季民生用水降低，天然降雨更少，除非引用其他水路之地表水，否則必須接受外溼地作為乾式滯留池的腳色宿命。事實上 2012 冬季外溼地乾涸期，相對水鳥棲息量大減，而殘餘水體亦呈現清澈狀態。

3-5 鹽度(Salinity, ppt)

溼地水質鹽度變化，影響生物體細胞漲破萎縮、蛋白質分解合成、核酸代謝等。植物間抗鹽能力差異大，其中以紅樹茄藤-(五梨跤)(*Rhizophora mucronata* Lam.)最具抗性，在海水可以生存，而海茄冬(*Avicennia germinans*)可以超過海水濃度的鹽分下生存。一般而言，海水的鹽度於 30 到 35 之間不等。目前海洋平均鹽度為 34.7(千分之一)。而位於海口等沼澤、溼地的半鹽淡水環境，鹽度則為 10~20(千分之一)。若為內陸地區的河水域湖泊，鹽度則為 0(千分之一)左右(謝, 2011)。

2012/02/16 溼地系統內水質鹽度以第 2 採樣區出水口 1.9ppt 最高，極可能受家飼養與漁產加工廢水所致，其次為沉澱池進出水口約 0.7ppt，外溼地則平均介於 0.5ppt。

03/16 內外溼地水體鹽度 10 點採樣區抽樣調查顯示，以養鴨區內進水口最高達 3.46ppt，其次為沉澱池進水口與第二採樣區出水口，平均水體鹽度介於 2.5ppt 之間，而鹽度最低則統一分佈於外溼地前、右及末側。

盛夏 8 月時期，海水平均鹽度為 9.1ppt，沉澱池進水口平均為 3.7ppt，水質淨化後可趨緩下降至 1.9ppt，但隨流經第二、三採樣區後，水體鹽度卻也逐漸上升到 3.6 ppt、8.0 ppt 與 5.0 ppt。而外溼地四點位平均水體鹽度可達 7.4ppt 以上，已直逼海水鹽度。

10 月秋季除山水海域水體鹽度可達 30.2ppt 外，外溼地水體鹽度卻仍 7.9ppt 以上，依序為外溼地排水道 23.4ppt、前側 11.2ppt、右側 9.1ppt、左側 8.5ppt 與外溼地最末側 7.9ppt，而內溼地卻仍呈現淨化水質流經二、三採樣區域後，雖並無顯著差異水準，但實質水體鹽度卻不減反增，至第三樣區仍可達 2.0ppt(圖 29)。

春、夏、秋季澎湖山水溼地水體鹽度平均調查顯示，無庸置疑以山水海域水體鹽度最高，而外溼地 4 點採樣區內，可能受相關環境、物理、化學現象所致，而造成水體鹽度上升；內溼地三季平均水鹽度皆介於 3.5~2.1ppt 較低，卻有違溼地水質淨化目標，可能受家禽、漁產加工廢水所致(圖 30)。外溼地自 8 月起，安置排洪管銜接海域與外溼地，加上排水渠道聯通，可明顯看出海水的鹽分可能已污染外溼地，鹽度在時間與空間的梯度變化關連性(比較 3,8,10 月數據)(圖 29)，如何排除外溼地的滯留雨水？實無必要設置排洪管。

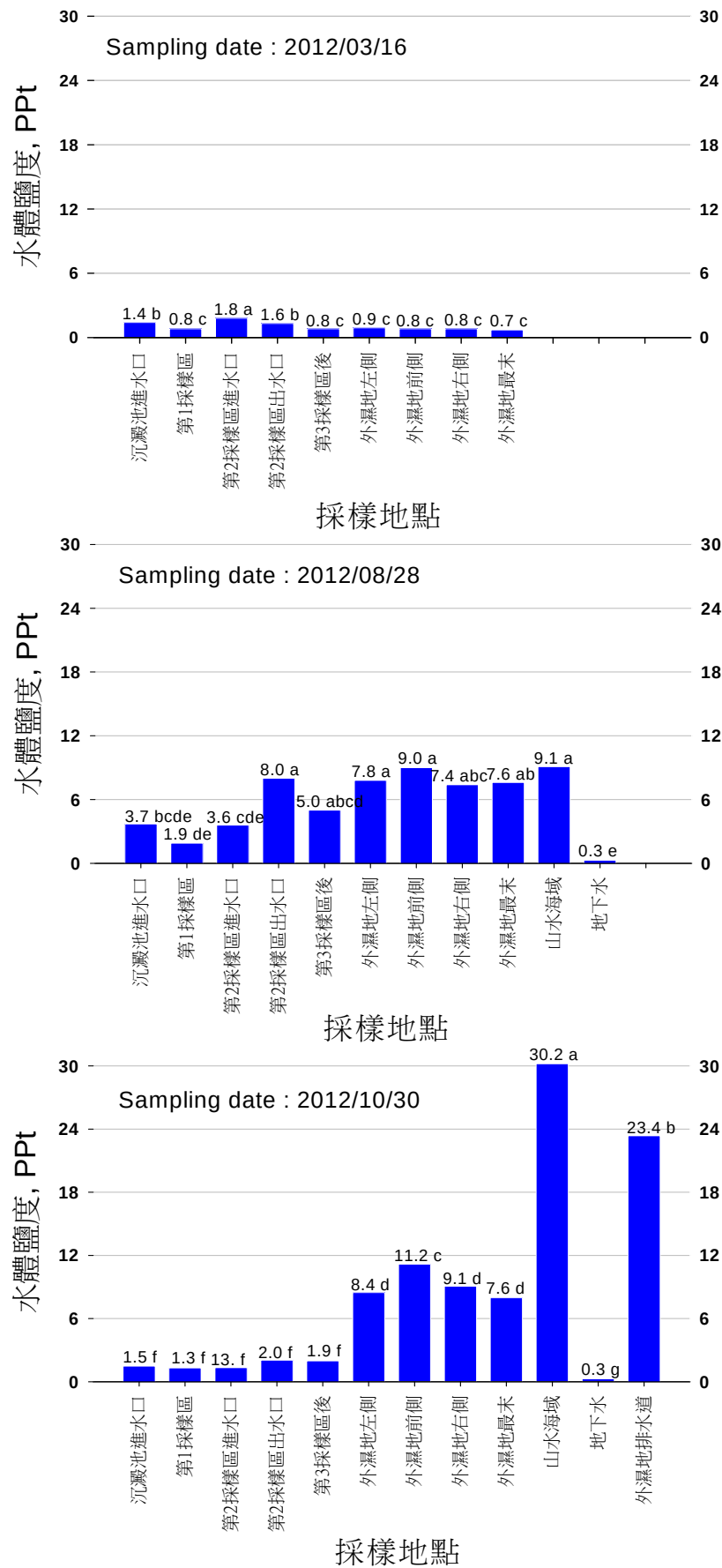


圖 29.澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體鹽度(ppt)變化調查

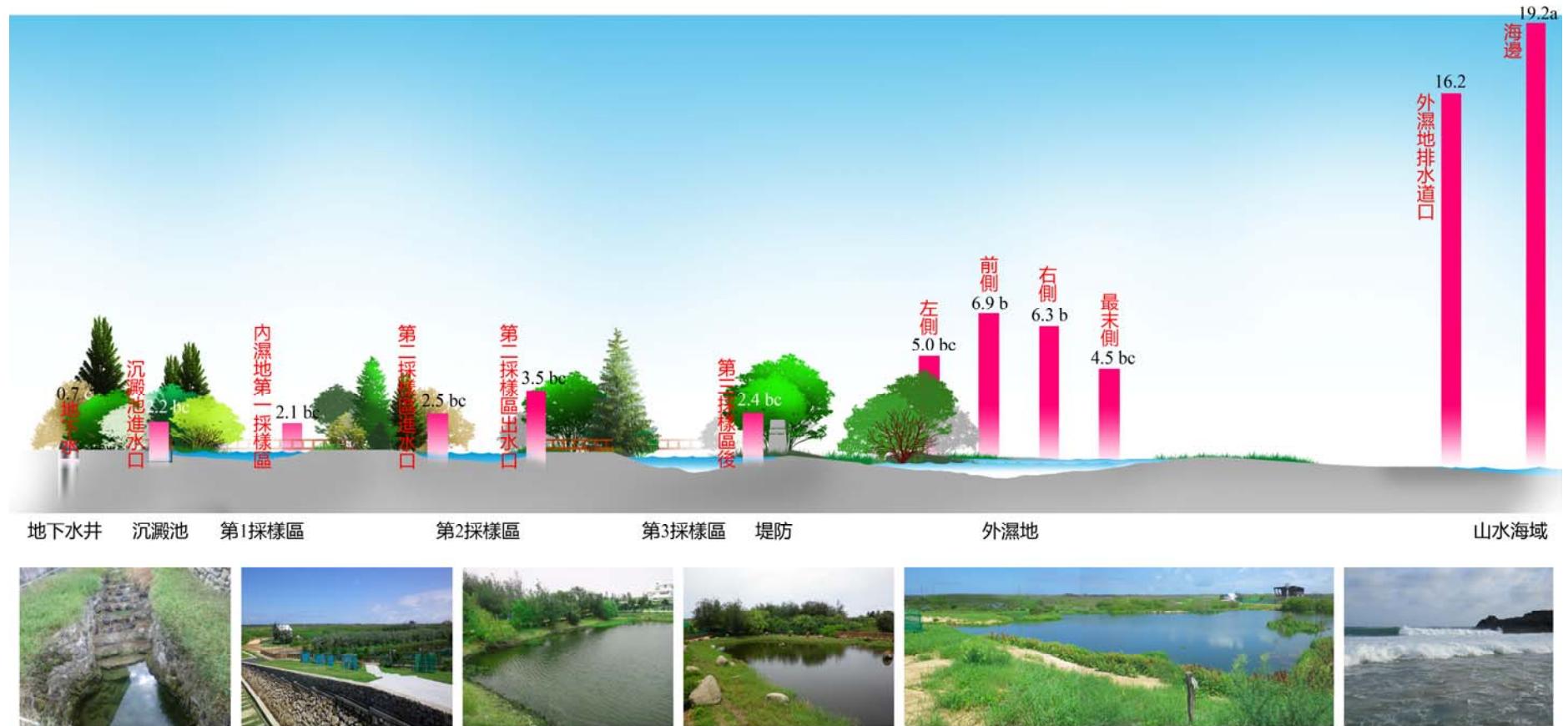


圖 30. 三月~十月澎湖山水內外溼地水體鹽度(ppt)季平均變化圖 (本研究室繪製、拍攝)

縣府雖藉由人工汙水處理，以處理山水社區民生汙水，再排放至內溼地以達淨水循環，但數值顯示淨水流經二、三採樣區域，水體鹽度卻再度上升，極可能二、三採樣區域因位處養禽類區段與漁產加工汙水排放區域，禽類飼養排泄物，加工用後廢棄汙水，都是造成溼地水體鹽度再度上升主因之一。

河川下游的感潮河段受潮汐的作用，海洋海水與河川淡水注入的影響，其鹽度變化較河川中游或上游的非感潮河段為激烈。若感潮河段河水鹽度明顯降低，顯示有大量淡水的注入，而淡水除了下雨所帶來之雨水外，還包括各類污染源，如工業、家庭、農業或其他類排放之廢水(高雄市愛河資訊網 <http://pwb.kcg.gov.tw/Love/water.htm>)。山水溼地非一般河川下游泥沙匯集所成溼地，淡水補給仍需仰賴雨水或內溼地溢流灌注，如今溼地內水體鹽度增高，受到內溼地汙水溢流出所致，仍過於牽強，而外溼地雖無家禽農畜飼養，但候鳥棲息進駐鳥糞排放，都可能是造成外溼地水質鹽度增高主因之一，主要應該是因 8 月時排洪管設置直接連通外海與外溼地，與颱風季節期間海水倒灌逆流，外溼地長期欠缺淡水補給導致水位持續下降而造成溼地鹽度增高的推論似無證據。

3-6 導電度(Electrical conductivity, ms/cm)

台灣的河川短促，建在河濱的人工溼地若是在中、下游段，就容易受到潮汐鹽份的影響，進而鹽化人工溼地，對水生植物造成鹽害(人工溼地之維護管理課程講義/行政院環保署水-wed)。導電度太高對灌溉有不良的影響，因此檢測各點地區導電度與鹽度，將有助於了解當地環境動物植群適宜性，以利後期溼地植栽設計規劃應用(行政院環保署-全國水質監測網-wed；謝, 2011)。

當導電度越大表示水中電解質越多，2 月水體導電度以第 2 採樣區出水口 (Site-7) 3.66ms/cm 濃度最高，其次為沉澱池進水口 1.36ms/cm 與出水口 1.32ms/cm，外溼地導電度平均介於 1.20~0.96ms/cm 之間。

再以 SPSS 13.0 單因子變異數分析之 Duncan's 檢定結果，三月 9 個採樣點導電度皆具顯著差異水準。以內溼地第 2 採樣點進水口水體導電度最高，高達 3.46ms/cm，其次沉澱池進出水口與第 2 樣區出水口，水體導電度介於 2.64ms/cm~2.47ms/cm 之間，而外溼地前、後、左、右、末與第 1 樣區，平均導電度介於 1.86 ms/cm ~1.49 ms/cm。(圖 31)

8 月調查顯示，內外溼地以外溼地左、右、前、末側水體導電度最高，其次

為第二採樣區進出水口、第三採樣區與沉澱池進水口，而導電度最低為第一採樣區域。(圖 31)

10 月取樣分析水體導電度與水體鹽度檢測結果一致，外溼地水體導電度仍顯著偏高，但其中較為留意乃外溼地排水渠道，其檢驗結果水體導電度竟直逼海水，推估為海水漲潮鹽化所致；而內溼地水體導電度普遍介於 2.4~4.9ms/cm 之間，但仍呈現出淨化過的水流經第二、三樣區後，水體導電度再呈現上升之現象(圖 31)。

在三季內外溼地水體導電度平均調查顯示，除山水海域外，就以外溼地 4 點樣區最高，平均介於 9.8ms/cm~12.4ms/cm 之間，而內溼地則又以第二採樣區出水口水體導電度最高，但至第三樣區後導電度卻有再下降之趨勢，查閱附件 1-6 水體導電度年度調查中，在旱季時期第三樣區乃為獨立樣區，無外在汙染下，導電度明顯偏低下降，但雨季時期因第二樣區溢流至第三樣區，造成導電度數值提高，水質的二次汙染，其也再一次凸顯溼地的不當設計問題(圖 32)。

導電度表示水傳導電流能力，導電度與水中離子總濃度、移動性、價數、相對濃度及水溫等有關。通常導電度與鹽度呈現正比，由於大部分鹽類都可電離，因此導電度也可表示水中總溶解固體的多寡，比對 3 次數據結果也符其學說，與鹽度皆呈正向相關，而所造成水質導電濃度提高，可能與家禽或漁產加工廢水排放有連帶關係，畢竟緊鄰第 1 採樣區內水體導電濃度仍較為偏低，但經第二樣區卻皆為顯著上升，凸顯家禽或漁產加工廢水所造成溼地導電濃度提高可能性。而外溼地雖無家禽飼養所造成相關環境汙染負荷之疑慮，顯然與排洪設施施作有關(圖 31)。

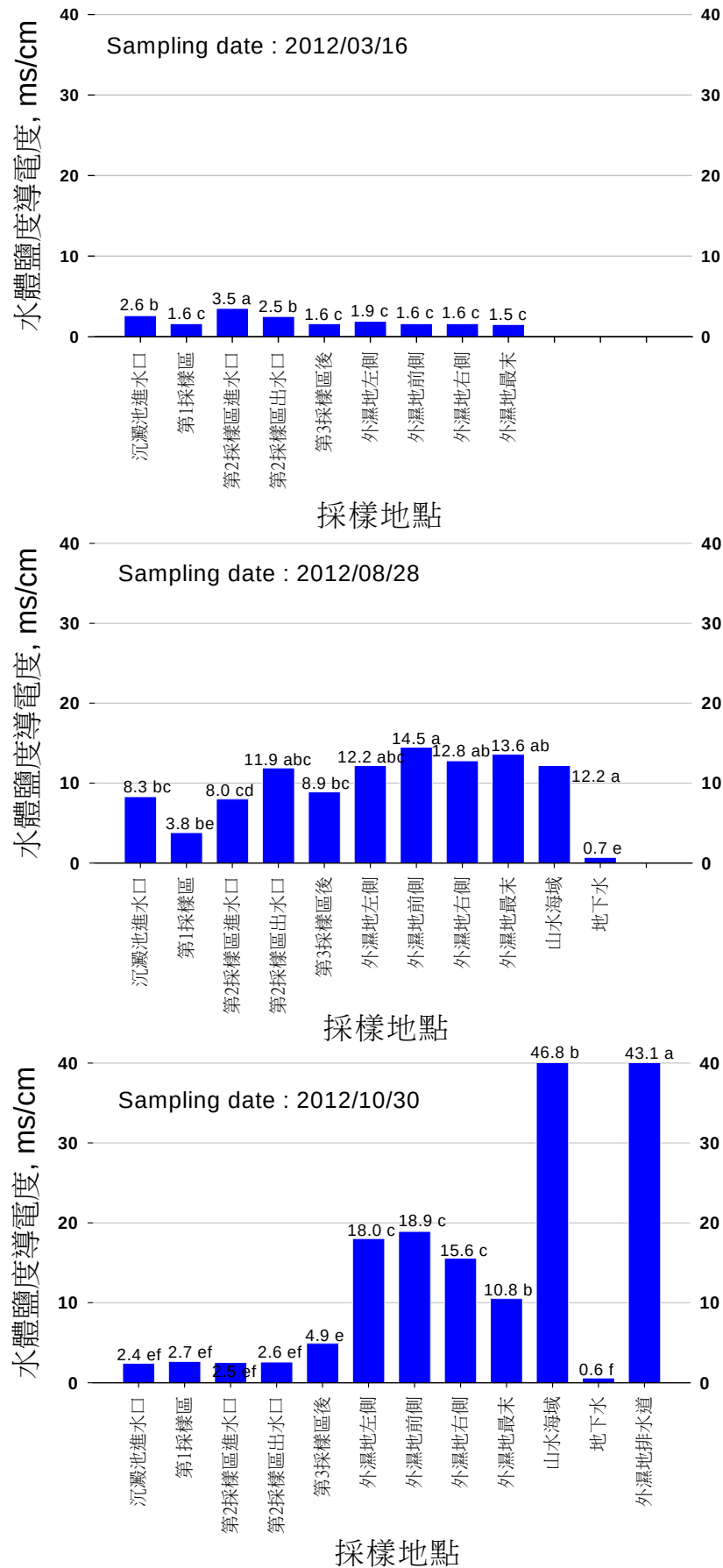


圖 31.澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體導電度(EC)變化調查

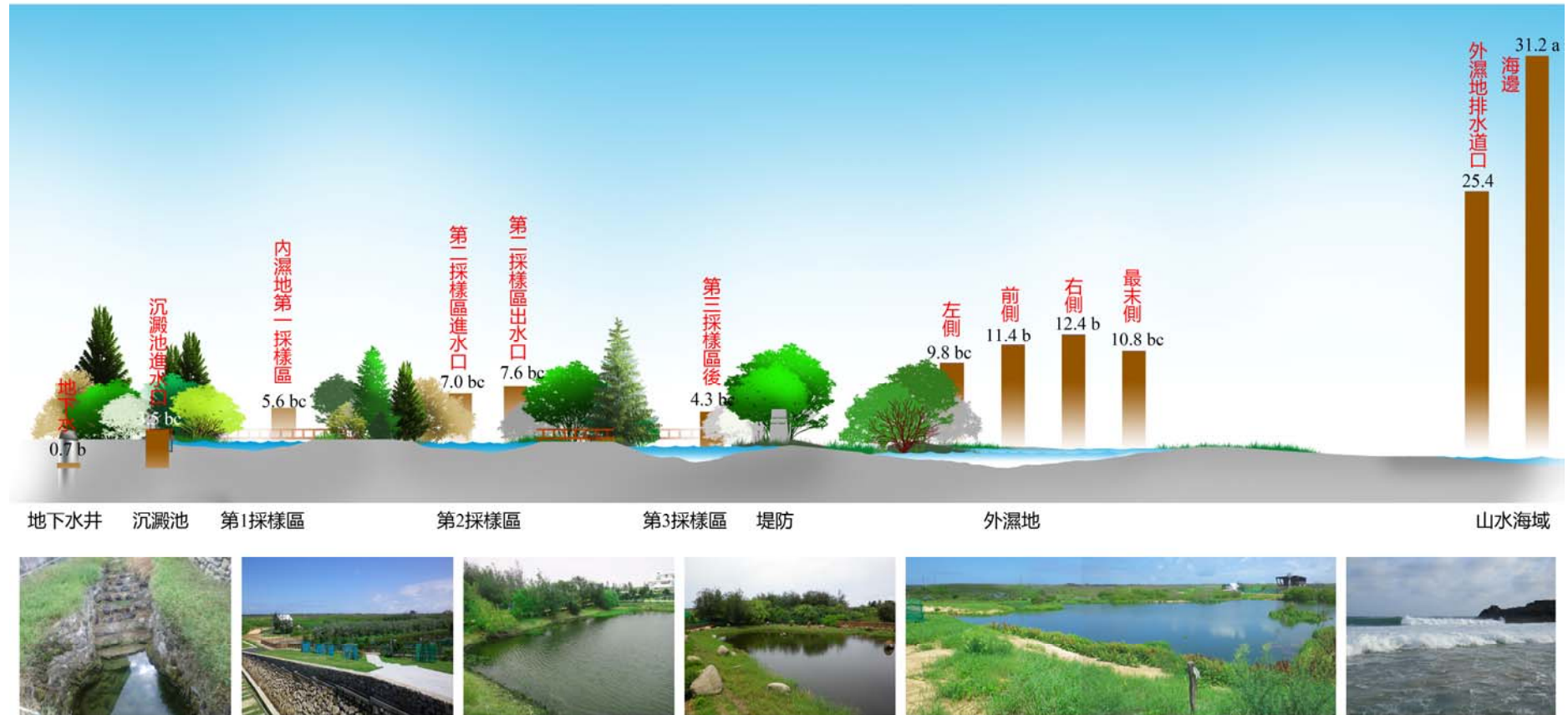


圖 32. 三月~十月澎湖山水內外溼地水體導電度(EC)季平均變化圖 (本研究室繪製、拍攝)

3-7 氧化還原電位(Oxidation Reduction Potential, mV)

氧化還原電位，乃是利用離子或原子失去電子得到正電位的氧化作用，或離子或原子得到電子成為負電位的還原作用。當 ORP 值越高，則顯示水中污染越低，水中有較多分子被氧化，有適當的氧氣，水質越好，若一旦氧氣減少，此時厭氧微生物就會逐漸取代好氧微生物成為優勢，其氧化還原電位變低，水質淨化機制失去原有的平衡(可能是殘餌變多或硝化細菌大量死亡)，是水質惡化警訊(行政院環保署-wed；國立海洋科技博物館潮境工作站設備系統資料庫-wed；蔡, 2011)。ORP 和微生物生長情形也有密切關係，對照 ORP 數值和微生物生長環境之關係，ORP 數值為+100~+200mV 間，最適合好氧菌生長(Burbank, 1989)，ORP 數值在+40VmV 以上適合好氧菌生長，+40~-100mV 適合兼氣性菌生長，-100mV 以下，適合厭氧菌生長(呂, 2001；蔡, 2011)。

2012/03/16 內外溼地水體氧化還原電位 11 點採樣點抽樣調查顯示，內溼地第 3 樣區後側之氧化還原電位以 242.3mV 為 11 採樣點內最高、其次為第二採樣區出水口約為 211.0mV、沉澱池 209.3mV 與進水口約 182.0mV，而其餘 5 點點位平均介於 156.3~123.0mV，相互間並無達顯著差異結果(圖 31,32,33)。

8 月除以地下水與山水海域氧化還原電位最高外，便以第二採樣區出水口與第一採樣區最高，各為 87.0mV 與 77.3mV，其餘樣區皆以外溼地氧化還電位最低，平均介於-56.7~-110.7mV 之間，但其中最低者為沉澱池進水口，ORP 值為-172.7mV，顯示該區遭受嚴重污染(圖 31,32,33)。

至 10 月份相較於外溼地，內溼地水體氧化還原電位仍相對偏高，並達顯著差異水準，其中又以第二採樣區出水口最高約 129.0mV，其次為地下水 128.6mV、沉澱池 90.7mV、第二採樣區進水口 85.7mV、第一採樣區 65.3mV 和第三採樣區後 52.3mV；而外溼地 5 點採樣區水體氧化還原電位平均介於 19.0mV 以下，其中又以左側最低達-117.6mV，水質已普遍遭受外在污染(圖 34)。

而比對文獻結果顯示，天寒時無問題，如 3 月採樣內外溼地 ORP 普遍仍高達 120mV 以上，已相當符合最適合好氧菌生長+100~+200mV 間(Burbank, 1989)。但至夏、秋時期，水中 ORP 值卻皆顯著下降，外溼地更低於 0mV 以下。當電位位於+40~-100mV，適合兼氣性菌生長，若低於-100mV 以下，因有機廢物的堆積，氧化還原不足，表示水質惡化嚴重(章, 2007)。外溼地的排洪設施再一次証明其負面衝擊(圖 31,32)。

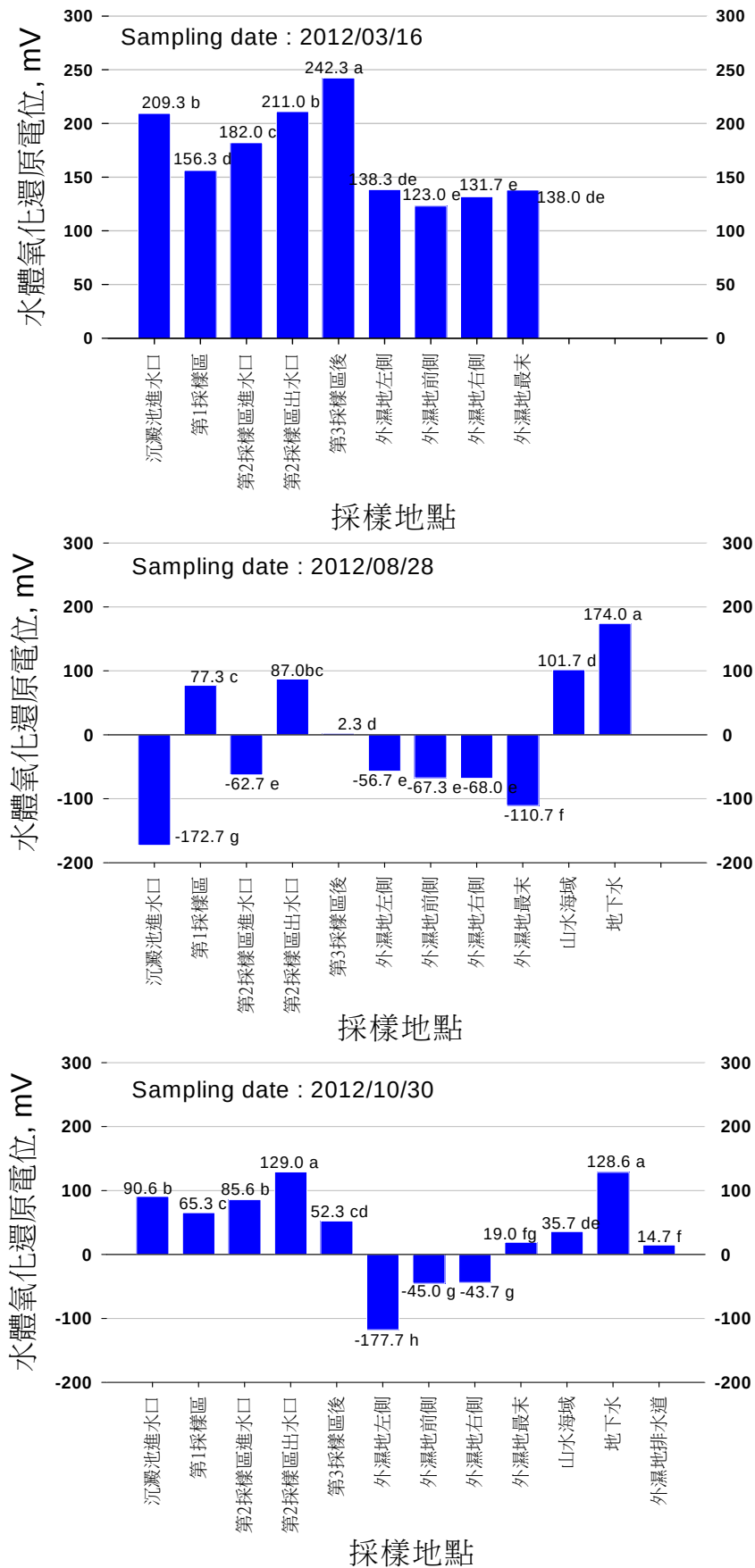


圖 33.澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體氧化還原電位(ORP)變化調查

3-8 總溶解固體量(Total Dissolved Solids)

總溶解固體量(Total Dissolved Solids, TDS)，指「水中之總溶解的固體物質」或是「在水中溶解的固體物質總量(包括溶解性碳酸氫離子、氯鹽、硫酸鹽、鈣、鎂、鈉與鉀等；揮發及非揮發性固體)」。

根據環保署針對飲用水水質項目對人體健康的影響指出，總溶解固體量主要影響在味覺口感方面，一般認為低於 0.6g/L 之水質口感最佳，所以一般將其視為影響適飲性的指標項目，通常超過 1.2g/L 時，才會令消費者無法接受(行政院環保署-2003)。而 TDS 並非直接反應於水質潔淨品質。但當數值越趨近於 0，表示水中雜質或是礦物質含量低甚至無，大於 0 則表示有雜質或礦物質存在，TDS 若為 0 即為純水，而現今環保署飲用水水質標準，針對總溶解固體量則修正為 500 毫克/公升。

2 月份初次調查顯示，總溶解固體量又以第二採樣區出水口最高可達 2.34g/L，其次為沉澱池進水口約 0.88 g/L，而外溼地三點測區各為 0.6g/L、0.8g/L 和 0.6g/L。

2012/03/16 內外溼地水體總溶解固體量 9 點點位調查顯示，以第二採樣區進水口最高，平均約為 2.2g/L，其次為沉澱池進水口、第二採樣區出水口，其餘 6 點採樣區平均約 1.0g/L(圖 34)。

盛夏 8 月時期，以第二採樣區出水口與外溼地右側及末側，平均約為 14.4g/L，其次為第二採樣區進水口、外溼地前側及山水海域，最後為外溼地左側、內溼地第一採樣區、沉澱池進水口、第三採樣區(圖 34)。

10/31 日秋季採樣顯示，除山水海域與外溼地排水道以 31.9g/L 與 32.4 最高外，就以外溼地 4 點採樣區域總溶解固體含量最高，平均約 6.6g/L~11.3g/L，至內溼地 5 採樣區域平均約為 1.6~2.0g/L，為山水溼地系統含量最低區域，(圖 34)。

總溶解固體量三季平均中，以山水海域含量最高高達 16.4g/L，其次為外溼地右側與前側，11 採樣點仍以外溼地總溶解固體量較高，內溼地略低，最低乃地下水體；溼地過濾系統中外溼地已有相當外在環境干擾，水體總溶解固體量含量偏高是有所預期想像，而內溼地淨化系統中第二採樣區，似乎呈現二次污染源區，造成系列負面反應，外溼地與內溼地的水質總溶解固體過高的季節與原因如同其他水質問題，結果並不意外 (圖 35)。

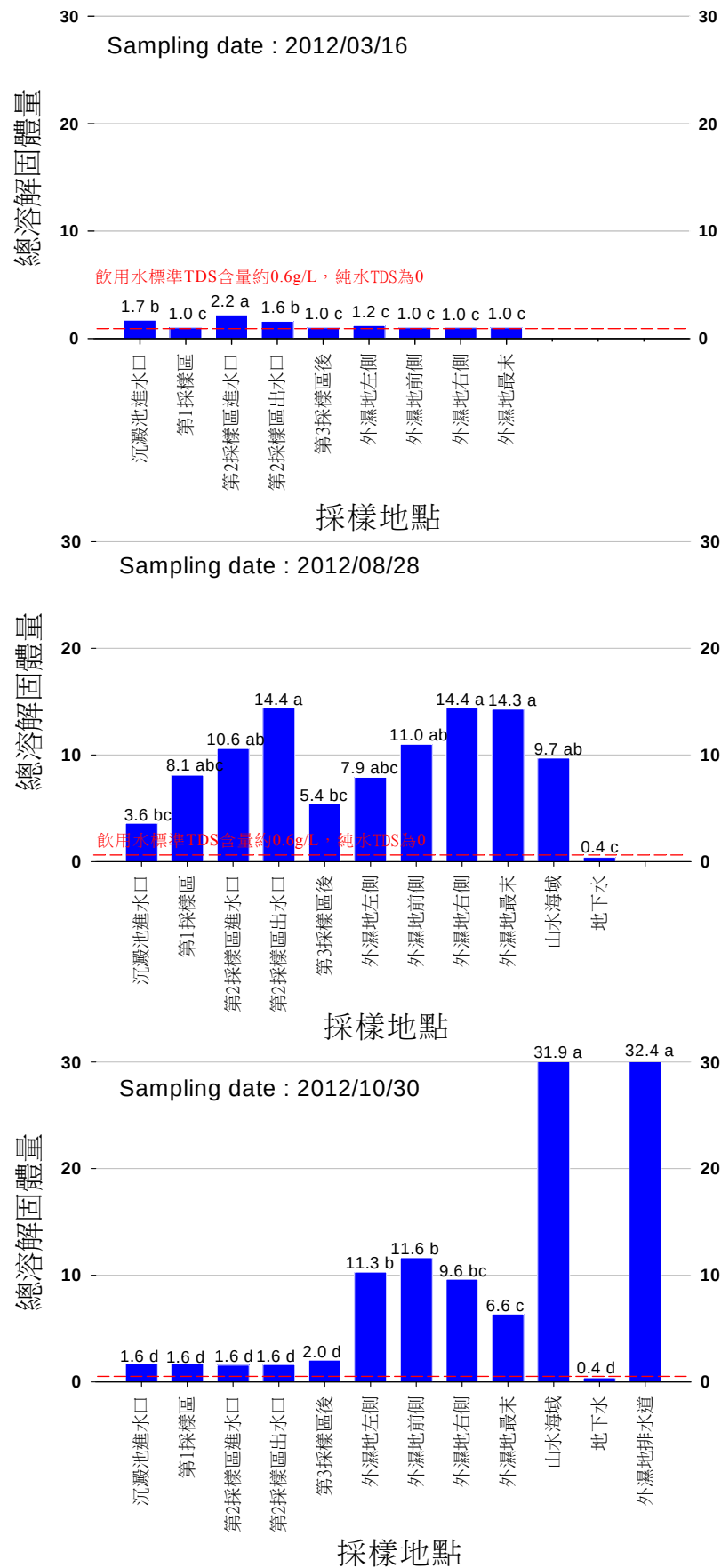


圖 34.澎湖山水內外溼地於春、夏、秋季水體總溶解固體量(TDS)變化調查

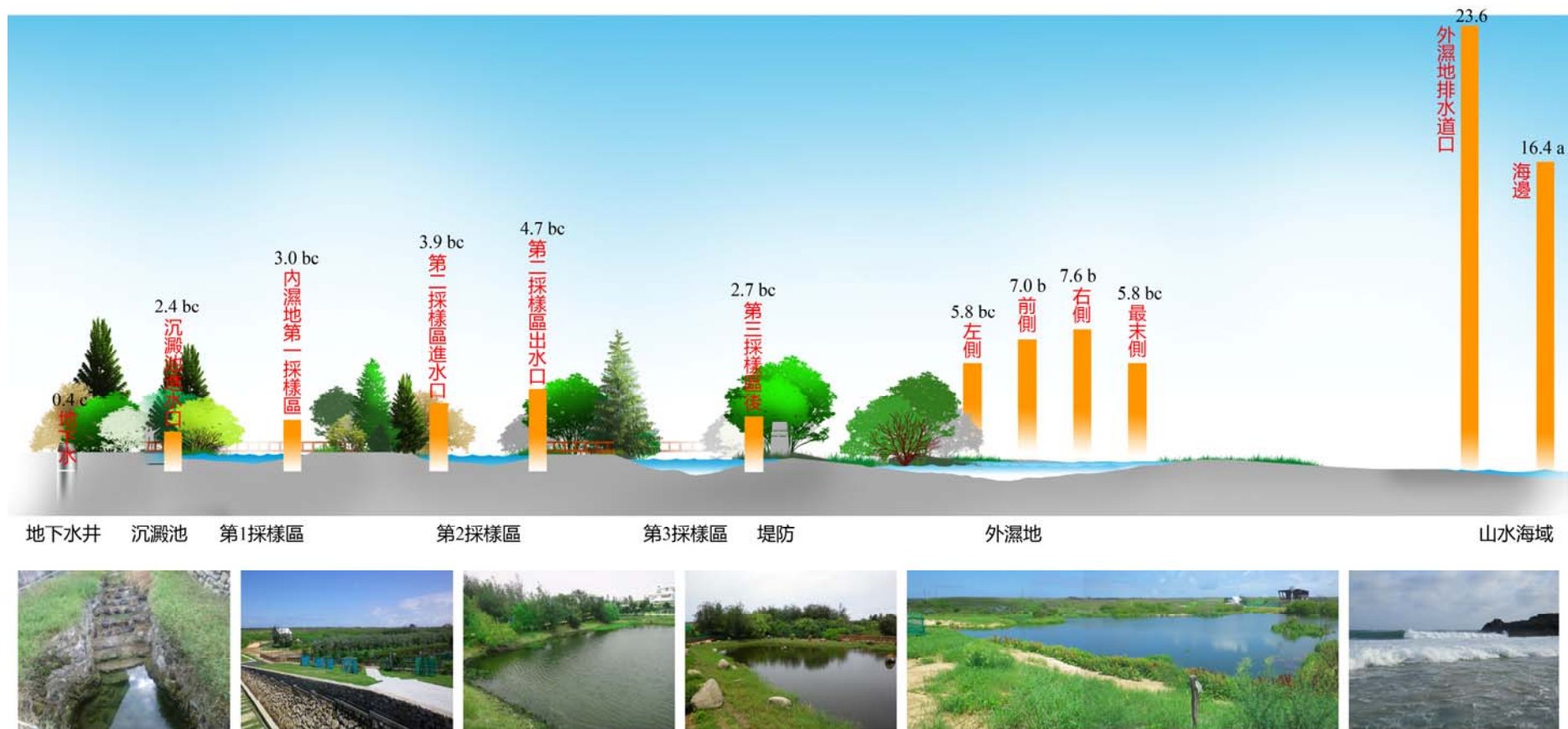


圖 35. 三月~十月澎湖山水內外溼地水體總溶解固體量(TDS)季平均變化圖 (本研究室繪製、拍攝)

整體評估顯示，山水溼地系統水質 TDS 含量變化，當淨水廠處理後之淨水，再流經第二採樣區後，水體 TDS 含量卻再度提高，即表示水中雜質或是礦物質含量上升，極可能受到當地家禽飼養所造成池面擾動或漁產加工廢水排放所致，但第三採樣區末側，卻因池面所承載家禽、人為干擾，水中雜質逐沉澱下降，以致檢測時水體 TDS 含量再略為下降。而外溼地於水質濁度升高變化，已有相關可能解釋說明，除因封閉水域且外溼地水位深度較內溼地低淺，候鳥於移動覓食往往造成底池池面泥沙水面擾動，造成池底泥沙擾動，溼地沿岸泥沙裸露，降雨後也易造成土壤沖刷至池岸內，都是間接導致溼地 TDS 含量升高變化。而需特別關注，外溼地緊臨外海排水渠道，水質監測 TDS 含量皆相對偏高，雖大海具有極大「包容性」，不論有無大腸桿菌或微生物污染之虞，單就溼地排出池水之顏色，便已造成山水海域視覺衝擊影響，不得不面對處理(圖 36)。



圖 36.已優氧化之外溼地池水未經淨化過濾直接排入大海 (本研究室拍攝)

3-9-水質硬度(Water hardness)

水質硬度是以溶解於水中鈣鹽和鎂鹽的總量(行政院環保署-wed)。最主要為鈣及鎂，其餘為鋇、鋇、鋁、鐵、錳等多價離子。水中總硬度的存在，亦受其他因素的影響，如 pH 值、總鹼度等。

2012/04/28 初步調查顯示(表 14)，四個抽樣點中以內溼地第 2 採樣區與第 3 樣區前側，水質硬度最高為 245mg/L，而外溼地前以 125 mg/L 次之，最後為第 1

樣區內水質硬度與緊鄰 2、3 樣區相差近 2.5 倍之多；7 月以第一採樣區 180 mg/L 水質硬度最高，其三點採樣點皆小於 38mg/L 以下；8 月份則以第一採樣區水質硬度最低，其三點點位各為 180mg/L、175mg/L 與 150mg/L；9 月又以第一樣區水質硬度最高，其介於 135 mg/L、140 mg/L、160 mg/L；10 月以第二採樣區水質硬度最高 220 mg/L，其次為第一採樣區 195 mg/L，而外溼地前側與排水道口，水質硬度約 145 mg/L 及 150 mg/L。第一採樣區為淨水廠之出水口，水質硬度最高，5 次取樣中不規則出現兩次最高，兩次最低，可見傳統的水質淨化不包括硬度處理。海水含大量鎂，外溼地尤其緊臨出海口處，水質硬度高是正常現象（表 14）。

表 14.每月於澎湖山水溼地 4 點監測位置內水質硬度變化之比較

水質硬度 ,mg/L	調查月份				
	4 月	7 月	8 月	9 月	10 月
內溼地第 1 採樣區	95	180	88	205	195
內溼地第 2 採樣區	245	72	180	160	220
內溼地第 3 採樣區後	245	74	175	140	-
外溼地前側	125	83	150	135	145
外溼地排水道	-	-	-	-	150

3-10 氯鹽(Chloride)

氯鹽係指水中之氯離子，一般在天然淡水中的含量不多，其來源主要為海水入侵、鹽層滲出及工業廢水等(行政院環保署水質監測資訊網-wed)。氯鹽濃度高具有腐蝕性，對於作物會造成生長妨礙。在評估沿海地區因地下水超抽而造成海水入侵之影響時，氯鹽可做為重要評估指標項目之一。氯離子為維持人體細胞正常滲透功能所必須，在正常範圍內對人體無害，但濃度高時對腎臟病患者有影響。而初次調查顯示內外溼地氯鹽含量遠大於內溼地各三個取樣點，平均相差 10 倍之多，顯示外溼地已受到海水入侵鹽化，需注意海水防堵抑制，減緩土壤鹽化發生率(表 15)。

表 15.每月於澎湖山水溼地 4 點監測位置內氯鹽變化之比較

水體氯鹽含量 ,mg/L	調查月份		
	8 月	9 月	10 月
內溼地第 1 採樣區	1200	1100	60
內溼地第 2 採樣區	1450	1330	120
內溼地第 3 採樣區後	1530	1590	1200
外溼地前側	16100	14500	-
外溼地排水道	-	-	8150

- : No investigation

第 1 採樣區因為山水汙水淨化場所排放淨水，水質氯鹽含量相對潔淨偏低屬正常，但流經第 2 和第 3 採樣區時卻因承接養禽類與加工廢水，水體遠大於第 1 採樣區，溼地淨化成效受限，也有違溼地水質淨化設計目的。而第 4 樣區與內溼地採樣區在當季互為獨立個體環境(主因無內溼地水體溢流出)，因環境方位成為候鳥棲息主要棲息地點，鳥類排泄物汙染，都易造成水中氯鹽偏高，但主要仍是來自於連通外海溼地排水渠道。外溼地緊臨山水海域，颱風季風期間，海水倒灌逆流原本無可避免，如今又增設排洪管，無疑雪上加霜。

3-11 大腸桿菌群(*Escherichia coli*)

大腸桿菌群顧名思義，為一群常見寄生於動物腸道的短桿狀細菌，糞便中即含有大量的大腸桿菌群。這些細菌大部分並不一定引起疾病，但可以用來做為水體受到糞便污染的一種指標。大腸桿菌在水中無法直接繁殖，而溫血動物糞便中普遍含有這類細菌，因此若於水中檢測出大量大腸桿菌，表示水體在短時間內曾受人類或動物排泄物污染。由於大腸桿菌與其他致病菌同樣來自溫血動物，而其在水中的生存時間較致病菌長，若在水中未檢驗出大腸桿菌群，則這個水體含有其他致病菌的機會更小，因此大腸桿菌群為評估水體品質的一項常用生物指標(行政院環保署水質監測資訊網-wed)。

四點檢測區域大腸桿菌群皆超標（破表），當超過 200 菌落數便難以計算以 TNCT 統稱代替，若比對中華民國飲用水標準(Drinking Water Regulations)，大腸桿菌群(個/100ml)需小於 6 以下(台北自來水事業處-wed)。其也說明山水溼地內水質汙染嚴重。

所致原因最可能為家禽、候鳥糞便排放，以致水中大腸桿菌菌種數提高，而

另一重點，外溼地渠道因緊臨出海口，上游段已遭受嚴重汙染，相對出海口大腸菌數也居高不下，對於出海口週圍海岸遊憩乃是一大威脅衝擊(表 16)。

表 16.澎湖山水溼地特定樣區水質中大腸桿菌數調查表(2012/09/23 採樣)

地點	第一採樣區 進水口	第二採樣區	外溼地	外溼地 渠道出海口
大腸桿菌 (CFU/100mL)	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC

TNTC：菌落產生太多以致計算困難

3-12 氨氮 (Ammonia nitrogen)

含氮有機物主要來自動物排泄物及動植物屍體之分解，分解時先形成胺基酸，再依氨氮、亞硝酸鹽氮及硝酸鹽氮程序而漸次穩定(行政院環保署水質監測資訊網-wed)。

針對四點區域調查顯示(表 17)，第二採樣區與外溼地因為家禽飼養與候鳥遷徙進駐區域，動物排泄物、低等生物遭受覓食殘屑，皆可能影響第二與外溼地採樣區，平均約 1.3 mg/L 與 1.0mg/L，已達中度汙染標準，其次為第一採樣區進水口為 0.9mg/L，而最後為第一採樣區與外溼地渠道出海口，其該區域本身候鳥棲息進駐偏低，又 9 月乃澎湖旱季，污染水源無法相互流動汙染，至測得氨氮含量才明顯下降，單一指標屬未(稍)受汙染之分級標準。氨氮檢測結果顯示，傳統的污水處理並無有效去除，有待溼地水生植物的淨化。

表 17.澎湖山水溼地特定樣區水體氨氮含量調查表(2012/09/23 採樣)

地點	第一採樣區 進水口	第二採樣區	外溼地	外溼地 渠道出海口
氨氮(mg/L)	0.9	1.3	1.0	0.2

3-13 生化需氧量 (Biochemical oxygen demand, BOD5)

生化需氧量係指水中易受微生物分解的有機物質，在特定時間及溫度下，被微生物的分解氧化作用所消耗的氧量。生化需氧量可表示水中生物可分解的有機物含量，間接也表示了水體受有機物汙染的程度(行政院環保署水質監測資訊網-wed)。而四點樣區調查結果顯示(表 18)，第一採樣區進水口、第二採樣區與外

溼地皆屬於中度汙染，汙染分類標準正介於 5.0~15 mg/L 之間，而最為嚴重竟為外溼地渠道出海口，BOD5 竟高達 21.5 mg/L，已達嚴重汙染，但慶幸外溼地於雨季過後便無溼地汙水溢流之疑慮，暫且減緩出海口水質汙染之問題，應立即重新填補規劃，再准予排放，避免汙染源擴大。

表 18.澎湖山水溼地特定樣區水體生化需氧量調查表(2012/09/23 採樣)

地點	第一採樣區 進水口	第二採樣區	外溼地	外溼地 渠道出海口
生化需氧量 (mg/L)	6.1	9.5	9.1	21.5

3-14 總磷 (Total Phosphate)

總磷係由正磷酸鹽、聚(焦)磷酸鹽及有機磷所組成，水中的磷幾乎全部以磷酸鹽(phosphate)型式存在，為構成土壤養分及動植物原生質的要素(行政院環保署水質監測資訊網-wed)。而調查結果顯示(表 19)，以第二採樣區域內總磷含量最為偏高，達 1.51 mg/L，而其次為外溼地渠道出海口，也高達 1.39mg/L，第一採樣區 0.95 mg/L，最後為外溼地 0.56 mg/L。磷是植物生長的重要養分，當過量的磷進入水體，將造成藻類大量繁殖及死亡，並會因其腐敗分解大量耗氧，導致水中溶氧耗盡(行政院環保署-wed)。而再比對監測溶氧(DO)含量，無論三季取樣或年度平均，外溼地溶氧含量皆略顯偏高，與總磷調查結果似乎因果吻合，間接壓縮當地物種基本生存條件。

表 19.澎湖山水溼地特定樣區水體總磷含量調查表(2012/09/23 採樣)

地點	第一採樣區 進水口	第二採樣區	外溼地	外溼地 渠道出海口
總磷(mg/L)	0.95	1.51	0.56	1.39

3-12 行政院環保署山水沙灘水質數據比對分析

比對行政院環保署山水沙灘海域，水質監測結果-wed，針對水體溫度、濁度、pH 值與溶氧含量進行比對分析，對照夏季自行採樣時期，並同步對照外溼地排水口各項水體指標數。首先水體溫度自 2009 年至 2012 水體溫度乃呈現上升之趨

勢；而水體濁度於 2010 年前普遍介於 0.65~7 NTU 之間，但至 2012 年 9 月測得濁度已上升至 11NTU，而對應 2012/9/28 外溼地出排水道口，水體濁度更高於 86.4NTU，是否造成山水沙灘水體濁度上升主因之一，暫無絕對驗證說明，但外溼地排水河道乃於 2012 年 8 月動工完成，9 月自行採樣沙灘海域濁度確實有上升之結果，因而初步合理懷疑其關連性(圖 37)。

水體溶氧含量，夏季取樣結果從 2009~2010 年，水體溶氧含量平均介於 6.9~6.3 mg/L 間，2012 年 9 月自行抽樣檢測為 6.3mg/L，溶氧含量雖無顯著差別，但有逐漸下降之趨勢，而同年外溼地排水口，溶氧量卻僅殘 5.8 mg/L，乃介於環保署水質汙染分級之輕度汙染，雖大海具有極大包容效果，單一渠道污水排放所造成汙染如此顯著值得注意，但如前文山水海域乃遊憩觀光海域，若證實水質乃逐年下降，確實對於當地產業發展有相當大的衝擊影響(圖 38)。

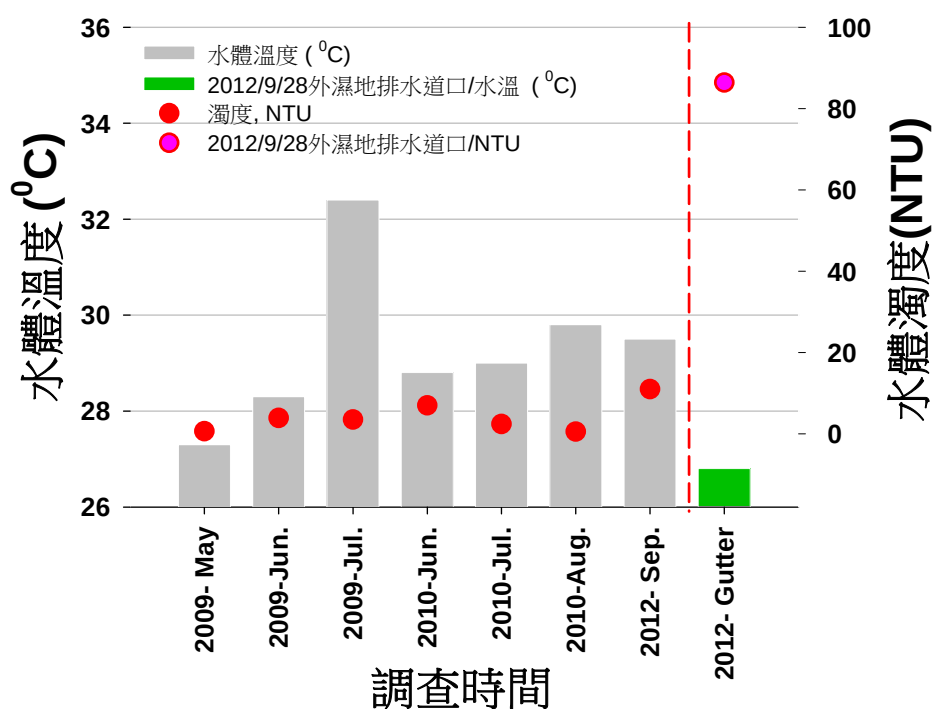


圖 37.比對環保署澎湖山水沙灘海域水體溫度與濁度變化圖

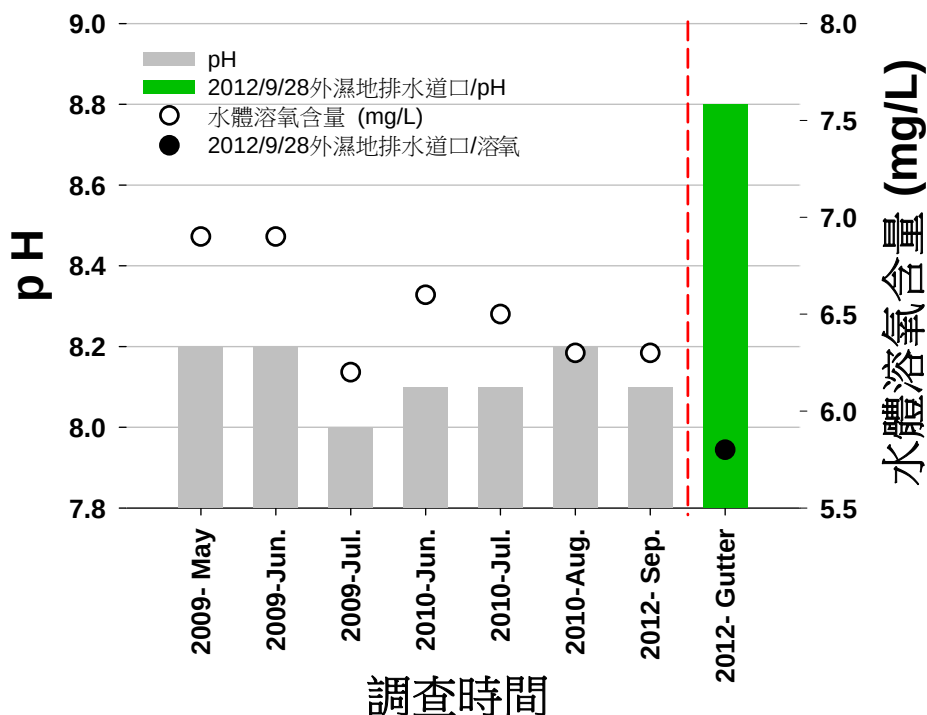


圖 38.比對環保署澎湖山水沙灘海域 pH 度與溶氧變化圖

3-13 綜合討論

以 Pearson 關聯表分析 (表 21) 顯示，溼地水質變化不僅相互間有顯著差異，而且也受大氣環境影響，當大氣溫度上升時便帶動水體溫度，水體因高溫蒸發，水量變小，濃度提高，另一方面，水溫上升也能促進水中藻類生長，若又無降雨或池外淨水挹注，可能造成溼地水體優氧化，間接造成水中溶氧量降低，而當水體濁度升高，也影響總溶解固體量。

在三季取樣平均中，外溼地於夏季水體導電度與鹽度皆偏高，除環境位置地理因素外，排水渠道所造成海水倒流所致鹽化現象應為一大原因，日照時數與大氣溫度與兩者指數呈現極顯著相關，以大氣溫度越高日照時數越長，水中鹽度導電度越差，其推論為因池面水域乾枯。此外至 8 月後候鳥開始遷徙進駐，當無外來淨水補給，水體不斷蒸發與鳥糞排泄物沉澱堆積，都有可能造成外溼地水體鹽化發生。

依據行政院環保署河川污染程度指數(RPI)標準來看，9 月份所採集 4 點樣區中(第一採樣區出水口、第二採樣區、外溼地、外溼地渠道出海口)調查結果顯示，第一採樣區、第二採樣區與外溼地渠道出海口均約 3.25、4.75 及 4.50，污染指標積分值介於中度污染(Polluted)，外溼地採樣區域則平均約 6.255，積分值正介於

6.0 以上屬於嚴重汙染(表 20)。

調查指數中第一採樣區，本為山水淨水廠淨化排出之淨水，水質應屬潔淨，但其中生化需氧量偏高，而導致最後指標積分值偏高，而第二採樣區本就為家禽與漁產加工汙水排放區域，而外溼地渠道排水口上游就已汙染嚴重，分類結果屬中度汙染是可想而知的，而外溼地在多重干擾下，造成溼地水質混濁已屬嚴重汙染。

表 20.澎湖山水溼地 9 月份 4 點指定區域汙染指標、程度分結果

	第一採樣區	第二採樣區	外溼地	外溼地 渠道排水口
溶氧量(DO) mg/l	1	1	3	1
生化需氧量(BOD5) mg/l	6	6	6	10
懸浮固體(SS) mg/l	3	6	10	6
氨氮(NH ₃ -N) mg/l	3	6	6	1
平均值	3.25	4.75	6.25	4.5
汙染程度分類結果	中度汙染	中度汙染	嚴重汙染	中度汙染

表 21.澎湖山水溼地水質 8 項採樣指標 Pearson 相關分析表

		水溫	pH	氧化還原電位	導電度	濁度	溶氧	總溶解固體量	鹽度	大氣溫度	降雨量	日照時數	降雨天數
水溫	Pearson Correlation	1	-.301	-.148	.004	-.459**	-.236	-.025	-.162	.380*	.730**	-.163	.851**
	Sig. (2-tailed)		.053	.351	.980	.002	.132	.877	.305	.013	.000	.301	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
pH	Pearson Correlation	-.301	1	-.017	-.005	.180	.434**	.004	.014	-.036	-.316*	.161	-.575**
	Sig. (2-tailed)	.053		.915	.977	.255	.004	.980	.930	.819	.042	.308	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
氧化還原電位	Pearson Correlation	-.148	-.017	1	-.607**	-.410**	.427**	-.607**	-.590**	-.617**	-.104	-.652**	-.026
	Sig. (2-tailed)	.351	.915		.000	.007	.005	.000	.000	.000	.510	.000	.869
	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
導電度	Pearson Correlation	.004	-.005	-.607**	1	.519**	-.259	.989**	.851**	.526**	.203	.337*	-.138
	Sig. (2-tailed)	.980	.977	.000		.000	.097	.000	.000	.000	.197	.029	.383
	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
濁度	Pearson Correlation	-.459**	.180	-.410**	.519**	1	.072	.563**	.731**	.197	-.392*	.500**	-.509**
	Sig. (2-tailed)	.002	.255	.007	.000		.651	.000	.000	.212	.010	.001	.001
	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
溶氧	Pearson Correlation	-.236	.434**	.427**	-.259	.072	1	-.246	-.219	-.495**	-.072	-.397**	-.364*
	Sig. (2-tailed)	.132	.004	.005	.097	.651		.116	.163	.001	.650	.009	.018
	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
總溶解固體量	Pearson Correlation	-.025	.004	-.607**	.989**	.563**	-.246	1	.901**	.521**	.169	.365*	-.175
	Sig. (2-tailed)	.877	.980	.000	.000	.000	.116		.000	.000	.284	.018	.267
	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
鹽度	Pearson Correlation	-.162	.014	-.590**	.851**	.731**	-.219	.901**	1	.460**	-.003	.465**	-.306*
	Sig. (2-tailed)	.305	.930	.000	.000	.000	.163	.000		.002	.986	.002	.049
	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
大氣溫度	Pearson Correlation	.380*	-.036	-.617**	.526**	.197	-.495**	.521**	.460**	1	.439**	.676**	.201
	Sig. (2-tailed)	.013	.819	.000	.000	.212	.001	.000	.002		.004	.000	.202
	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
降雨量	Pearson Correlation	.730**	-.316*	-.104	.203	-.392*	-.072	.169	-.003	.439**	1	-.248	.603**
	Sig. (2-tailed)	.000	.042	.510	.197	.010	.650	.284	.986	.004		.114	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
日照時數	Pearson Correlation	-.163	.161	-.652**	.337*	.500**	-.397**	.365*	.465**	.676**	-.248	1	-.314*
	Sig. (2-tailed)	.301	.308	.000	.029	.001	.009	.018	.002	.000	.114		.043
	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
降雨天數	Pearson Correlation	.851**	-.575**	-.026	-.138	-.509**	-.364*	-.175	-.306*	.201	.603**	-.314*	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.869	.383	.001	.018	.267	.049	.202	.000	.043	
	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

第肆節、山水沙灘地區陸域生物調查

4-1 植物調查

4-1-1 二月分植物調查

2012/02/03 於澎湖山水進行內外溼地植被調查，共合計 15 科 35 種，內溼地分別為禾本科(Gramineae) 13 種，為孟仁草、白茅、狗尾草、紅毛草、牛筋草、龍爪茅、鹽地鼠尾粟、日本結縷草、百慕達草、雙穗雀稗、升馬唐、馬唐和短穎馬唐。菊科(Compositae) 5 種，包含濱薊、長柄菊、銀合歡、大花咸豐草與加拿大蓬。

而錦葵科 (Malvaceae)、豆科(Fabaceae)、莧科(Amaranthaceae) 和大戟科(Euphorbiaceae)各有 2 筆目視記錄，依序為圓葉金午時花、冬葵子；濱江豆 *Vigna marina* 與山地豆；刺莧及野莧大飛揚草和紅乳草。

最後旋花科(Convolvulaceae) 馬鞍藤、莎草科(Cyperaceae)香附子、木麻黃科(Casuarinaceae)木麻黃、番杏科(Aizoaceae)番杏、蒺藜科(Zygophyllaceae) 蒺藜、香蒲科(Typhaceae)水燭、馬鞭草科(Verbenaceae)海茄冬、茄科(Solanaceae) 龍葵與酢醬草科(Oxalidaceae) 酢醬草皆各 1 筆紀錄調查。

外溼地禾本科 2 種，分為鹽地鼠尾粟、百慕達草；莧科 2 種為刺莧及野莧；菊科:濱薊、莧科:野莧與刺莧、大戟科:大飛揚草、旋花科:馬鞍藤、莎草科:香附子、番杏科:番杏、香蒲科:水燭、使君子科:欖李、馬鞭草科:海茄冬、仙人掌科:團扇仙人掌、馬齒莧科:馬齒莧、龍葵、蓼科:羊蹄、罌粟科: 薊罌粟與藍雪花科: 黃花磯松各單一 1 種(表 22)，其中黃花磯松又僅於 30 高地調查發現，但統一歸檔於外溼地樣區。

表 22. 2012/02/03 於澎湖山水溼地進行植被目視調查

科名級學名	中名	內溼地	外溼地
禾本科 Gramineae			
<i>Chloris barbata</i> Sw.	孟仁草	V	-
<i>Imperata cylindrica</i> L.	白茅	V	-
<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv	狗尾草	V	-
<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C. E. Hubb.	紅毛草	V	-
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	牛筋草	V	-
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Beauv.	龍爪茅	V	-
<i>Sporobolus virginicus</i> (L.) Kunth	鹽地鼠尾粟	V	V

<i>Zoysia japonica</i>	日本結縷草	V	-
<i>Cynodon dactylon</i> L.	百慕達草	V	V
<i>Paspalum distichum</i> L.	雙穗雀稗	V	-
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	升馬唐	V	-
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	馬唐	V	-
<i>Digitaria setigera</i> Roth	短穎馬唐	V	-
菊科 Compositae			
<i>Cirsium japonica</i> DC.	濱薊	V	V
<i>Tridax procumbens</i> L.	長柄菊	V	-
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	銀合歡	V	-
<i>Bidens pilosa</i> L. var. <i>radiata</i> Sch.	大花咸豐草	V	-
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	加拿大蓬	V	-
錦葵科 Malvaceae			
<i>Sida cordifolia</i> L.	圓葉金午時花	V	-
<i>Abutilon indicum</i> (L.) Sweet	冬葵子	V	-
豆科 Fabaceae			
<i>Vigna marina</i> (Burm.) Meer	濱豇豆	V	-
<i>Alysicarpus vaginalis</i> (L.) DC.	山地豆	V	-
莧科 Amaranthaceae			
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	刺莧	V	V
<i>Amaranthus viridis</i> L.	野莧	V	V
大戟科 Euphorbiaceae			
<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Millsp.	大飛揚草	V	V
<i>Euphorbia thymifolia</i> (L.) Millsp.	紅乳草	V	-
旋花科 Convolvulaceae			
<i>Convolvulus brasiliensis</i> L.	馬鞍藤	V	V
莎草科 Cyperaceae			
<i>Cyperus rotundus</i> L.	香附子	V	V
木麻黃科 Casuarinaceae			
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	木麻黃	V	-
番杏科 Aizoaceae			
<i>Tetragonia tetragonoides</i> (Pall.) Ktze.	番杏	V	V
蒺藜科 Zygophyllaceae			
<i>Tribulus terrestris</i> L.	蒺藜草	V	-
香蒲科 Typhaceae			
<i>Typha angustifolia</i> L.	水燭	V	V
使君子科 Combretaceae			
<i>Lumnitzera racemosa</i>	欖李	-	V

馬鞭草科 Verbenaceae			
<i>Avicennia marina</i> (Forsk.) Vierh.	海茄冬	V	V
仙人掌科 Cactaceae			
<i>Opuntia dillenii</i>	團扇仙人掌	-	V
馬齒莧科 Portulacaceae			
<i>Portulaca oleracea</i> L.	馬齒莧	-	V
茄科 Solanaceae			
<i>Solanum nigrum</i> L.	龍葵	V	V
蓼科 Polygonaceae			
<i>Rumex japonicus</i> H.	羊蹄	-	V
酢醬草科 Oxalidaceae			
<i>Oxalis corniculata</i> L.	酢醬草	V	-
罂粟科 Papaveraceae			
<i>Argemone Mexicana</i> L.	薊罂粟	-	V
藍雪科 Plumbaginaceae			
<i>Limonium sinense</i> (Girard) Ktze.	黃花磯松	-	V
合計		35	17

-:無調查紀錄

4-1-2 三月分植物調查

2012/03/16 再於內外溼地執行地表植被覆蓋度、優勢度與多樣性指數計算，並區分外溼地、沙灘地、內溼地木麻黃林下與內溼地黃槿林內四種環境樣區，發現草種各合計 24 種、5 種、4 種與 39 種，在外溼地 24 種植被調查中以番杏(*Tetragonia tetragonoides*)植群地表覆蓋百分比最高，高達 31.91%，其次為狗尾草 10.31%、鹽地鼠尾粟 9.80%、變葉藜 9.71%、龍葵 7.15%、羊蹄 5.16%、大花咸豐草 5.02%，其餘 17 種植群(地表覆蓋百分比皆小 5%。小葉灰藿、牛筋草、刺莧、孟仁草、海綠、升馬唐、馬鞍藤、野莧、日本結縷草、酢漿草、濱薊、薊罂粟、賽葵、龍爪茅和濱排草。於沙灘地植群調查以馬鞍藤覆蓋百分比最高達 63.64%，依序為鹽地鼠尾粟 28.59%、番杏 4.76%、濱剪刀股 2.44%，最後西洋浦公英 0.57%。內溼地木麻黃林下，植群多樣性指數偏低，植被覆蓋百分比僅以番杏最高，再依序為變葉藜、龍葵與酢醬草(圖 39)。

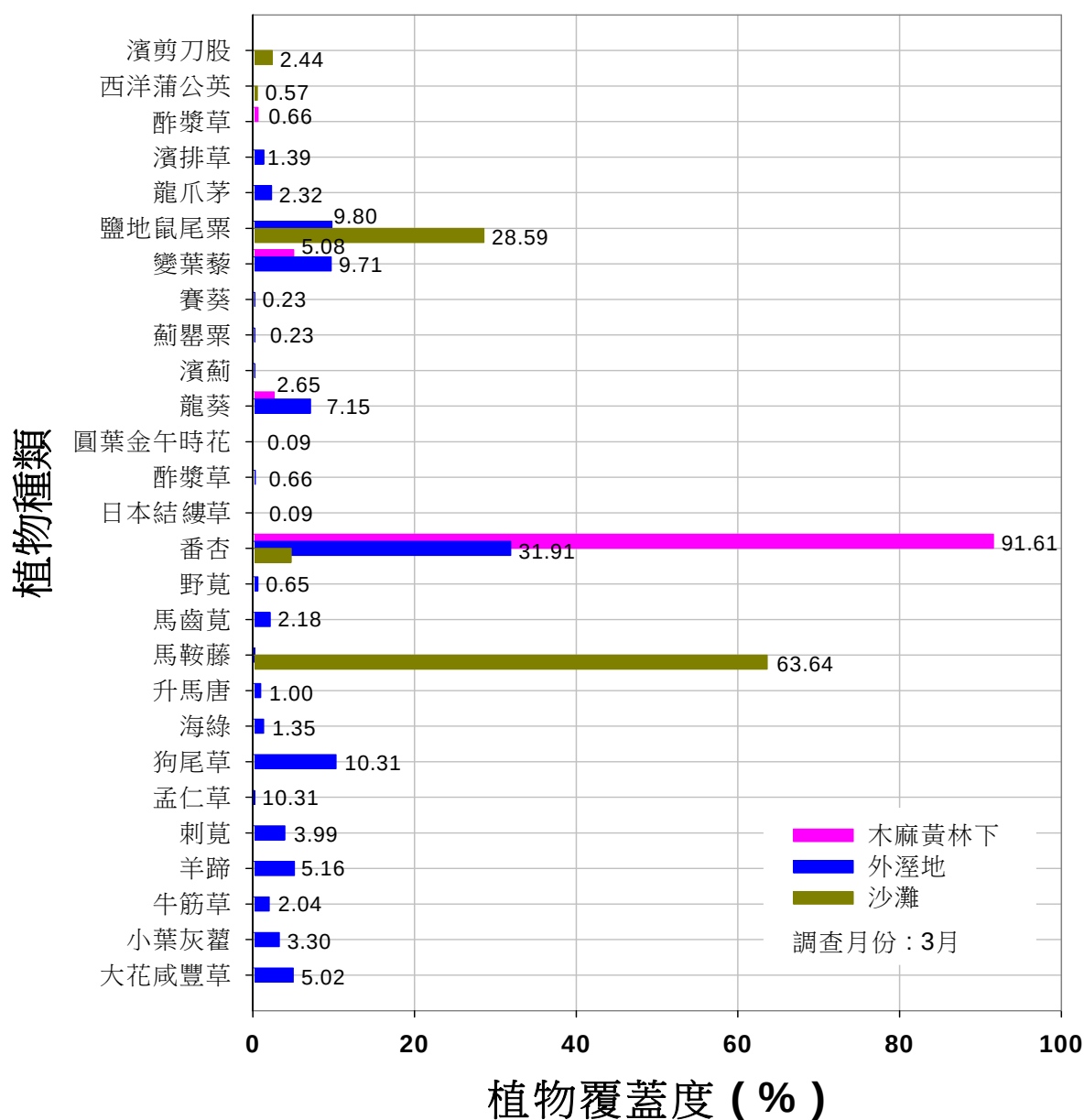


圖 39.三月澎湖山水外溼地不同植群覆蓋度百分比

而內溼地黃槿林下所紀錄草種合計 39 種，也以番杏植群覆蓋度達 34.38% 最高，為內溼地園區內林下最為優勢草種之一，而百慕達草與龍葵各佔 15.39% 和 12.07%，酢醬草、圓葉金午時花、鋪地黍平均佔有 5~6%，其餘 33 種植群草種中以大花咸豐草、大飛揚草、小葉灰藿、小葉碎米薺、山地豆、日本結縷草、水燭、牛筋草、加拿大蓬、台灣蒲公英、鹽地鼠尾粟、車前草、刺萵、孟仁草、長柄菊、紅乳草、冬瓜、香附子、海綠、馬尼拉芝、升馬唐、馬齒莧、野萵、紫背草、酢醬草、番杏、紫背草、酢醬草等，皆小於 5% 以下(圖 40)。

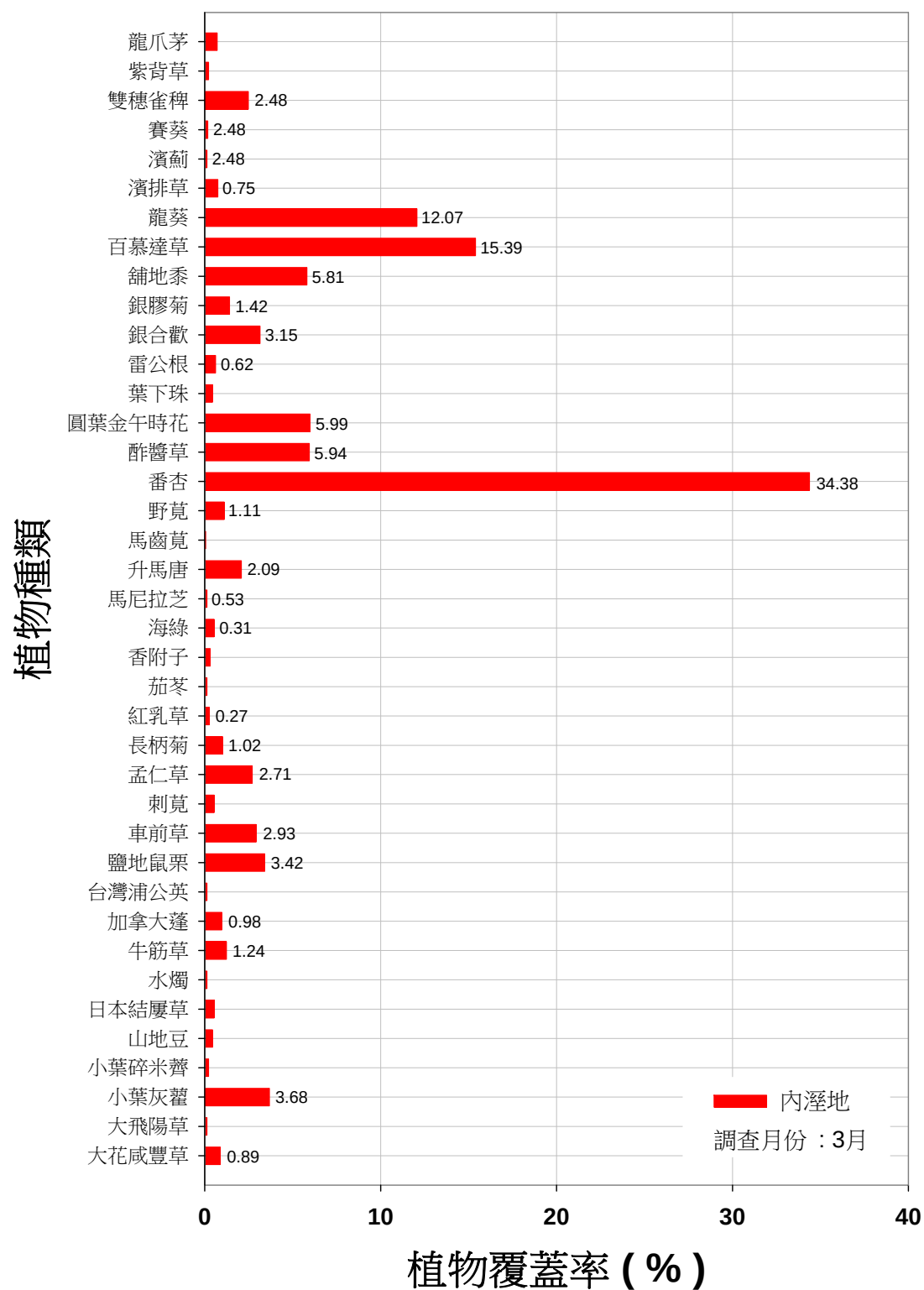


圖 40.三月澎湖山水內溼地黃槿林下植群覆蓋度百分比

2012 年 3 月外溼地植群優勢度計算分析顯示(附件 2-1)，以番杏 0.10442 優勢度最高，其次狗尾草 0.01090、鹽地鼠尾栗 0.00985、變葉藜 0.00966、龍葵

0.00525、羊蹄 0.00272、大花咸豐草 0.00258 與鋪地黍 0.00263，而其餘 16 種優勢度指數皆小於 0.002 以下。而沙灘植群調查，植群優勢度指數轉以馬鞍藤 0.40505，為該棲地優勢草種，其次為鹽地鼠尾粟 0.08173，再依序則為番杏、濱剪刀股與西洋蒲公英。過去馬尼拉芝型植物社會是澎湖濱海地區最普遍易見的植被類型(楊等, 1991)。翁(1995)及呂(1998)在針對澎湖地區的禾草調查中，亦支持馬尼拉芝是濱海最具優勢草種的看法，並進一步指出較低濕的鹽分地以鹽地鼠尾粟為大宗，與外溼地植群調查結果類似一致，其中冬末春初時期鄰水區域又以羊蹄、鹽地鼠尾粟等禾本科為最大優勢草種，雙子葉更以番杏為主要優勢草種。

而內溼地於年初調查已初步證實草種種數遠優於外溼地，植群優勢草種也以番杏為主，含木麻黃林下，番杏優勢度也高達 0.09208 與 0.83927，其次百慕達草 0.01846 與龍葵 0.01134，圓葉金午時花、酢醬草、鋪地黍及小葉灰藿，植群優勢度平均約 0.002~0.001 之間，而其餘草種優勢度指數皆小於 0.001 以下，其中如水燭、小葉碎米薺、台灣浦公英、紫背草、濱薊、賽葵或茄苳，因樣區內發現株數分佈相當稀少，數據指數甚低於 0.00000。

4-1-3 四月分植物調查

4 月內外溼地地表植被覆蓋調查顯示(圖 41)，外溼地仍以番杏占整體植被覆蓋度最高，高達 35.71%，再依序為羊蹄、變葉藜、鹽地鼠尾粟、刺莧、膜稗草、百慕達草、雙穗雀稗、大花咸豐草、龍葵、圓葉金午時花與猩猩木平均覆蓋度介於 15.67%~2.28%，而剩餘 9 種地表覆蓋度皆小於 1.00%以下，外溼地當月植被調查共合計 22 種。

木麻黃林下地表植被仍欠缺稀疏，經目視調查僅有 7 種常見優勢草種，為鋪地黍、加拿大蓬、香附子、番杏、酢醬草、銀合歡和龍葵，各覆蓋度依序為 17.65%、21.36%、10.84%、44.89%、10.53%、3.10%以及 8.36%。

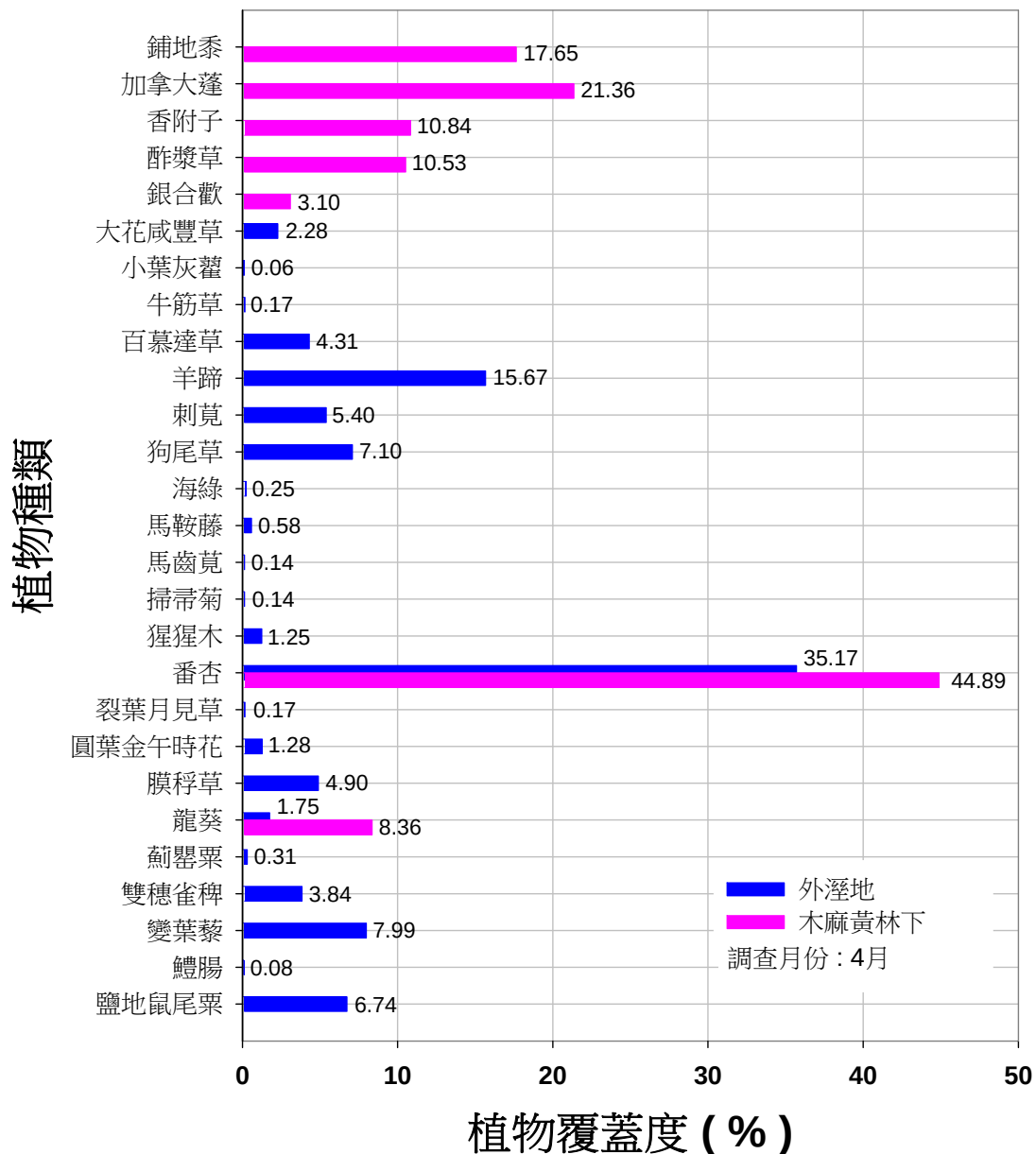


圖 41.四月澎湖山水外溼地與木麻黃林下植群覆蓋度百分比

在緊鄰木麻黃旁之黃槿林下，植群豐富度仍高達 16 科 34 種，遠大於外溼地 12 科 22 種及木麻黃林下 7 科 8 種，植群較為多樣豐富，過去 3 月以番杏為主要地表覆蓋植物，於當月已逐漸由加拿大蓬及百慕達草取代，覆蓋面積各為 23.07%與 22.22%，此外鱧腸又佔整體覆蓋率高達 16.06%，位居該區覆蓋度第 3 大優勢草種，原先龍葵覆蓋度已從 12.07%下降至 3.38%，而其餘如大花咸豐草、小葉灰藿、兩耳草、香附子、掃帚菊、番杏、圓葉金午時花、蓋氏虎尾草與刺莧，植群平均覆蓋度介於 8.57%~1.17%，至於其他 21 種植群覆蓋率皆小於 1.00%以下，分為蠅翼草、山地豆、日本結縷草、毛馬齒莧、水燭、車前草、

長柄菊、紅乳草、海綠、馬鞍藤、馬齒莧、假千日紅、紫背草、酢漿草、皺葉煙草、雷公根、膜稈草、龍爪茅、雙穗雀稗、鹽地鼠尾粟與傷寒草(圖 42)。

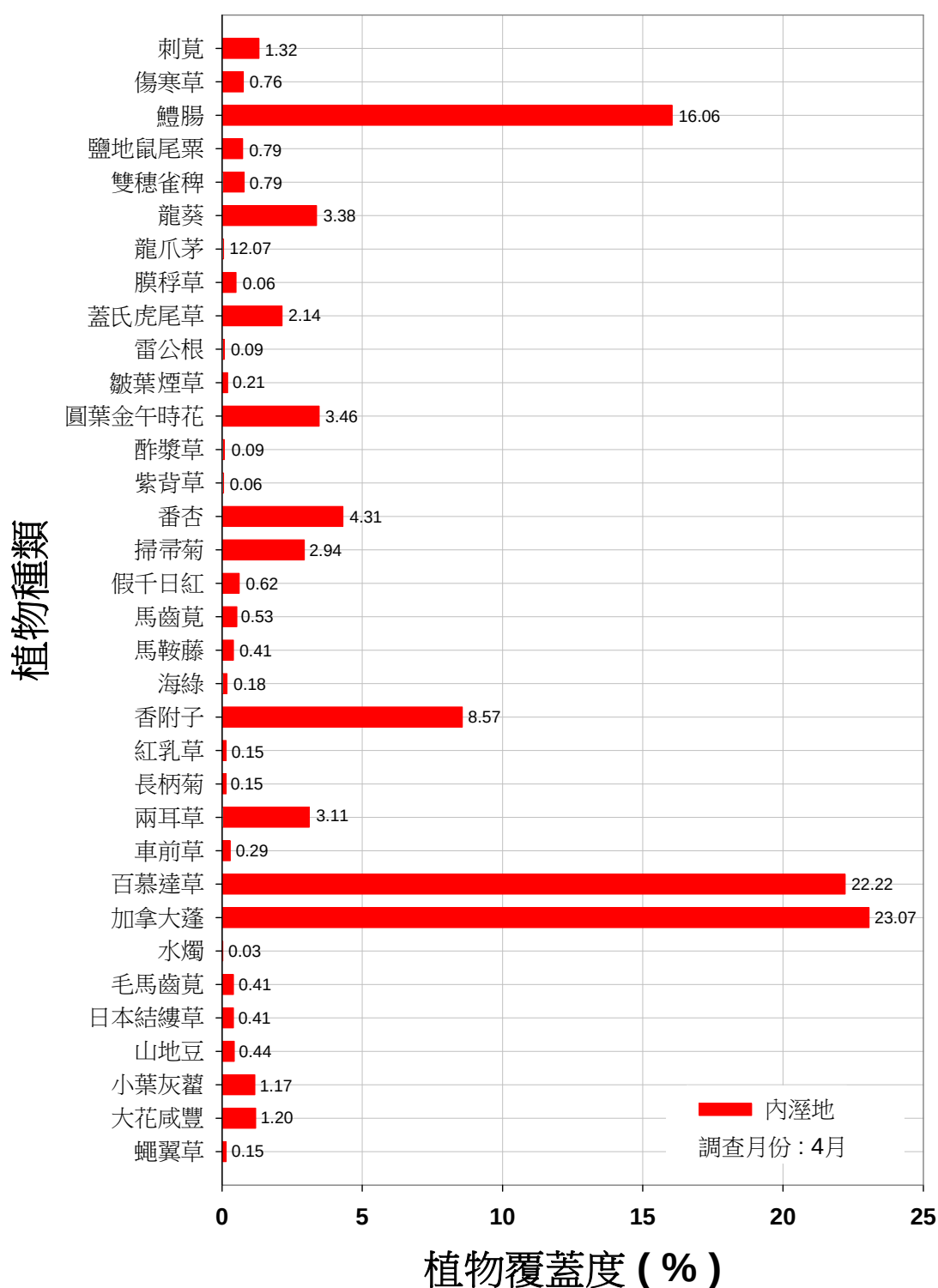


圖 42.四月澎湖山水內溼地植群覆蓋度百分比

至 4 月外溼地優勢草種仍以番杏優勢度最高高達 0.02458，其次為羊蹄、

變葉藜與鹽地鼠尾粟，而其中膜稈草、大花咸豐草、狗尾草、百慕達草、雙穗雀稗、圓葉金午時花、馬鞍藤、龍葵、薊罌粟、猩猩木與海綠植群優適度已明顯偏低，但仍介於 0.00240~0.00001 之間，而剩餘如牛筋草、掃帚菊、鱧腸、馬齒莧或小葉灰藿優勢度皆小於 0.000001 以下。而內溼地木麻黃林下，也以番杏優勢度最高，加拿大蓬與鋪地黍次之，而其餘 5 種植物皆低於 0.02 以下(附件 2-2)。

最後為內溼地植群樣區，以加拿大蓬與百慕達草所佔整體優勢度最高平均為 0.0535，依序為鱧腸 0.02689、香附子 0.00766、番杏 0.00194、圓葉金午時花 0.00125、龍爪茅 0.00119 與兩耳草 0.00101，而剩餘 22 種植物優勢皆小於 0.001 以下，與植群覆蓋度結果相似。

4-1-4 九月分植物調查

9 月分植群調查結果顯示，內溼地植群調查物種數暫計 64 種，其中以百慕達草覆蓋度指數最高達 72.26%，其次為香附子 40.16%、水生黍 34.06%、鋪地黍 30.11%，植群覆蓋度高低轉變已由 4 月番杏和加拿大蓬轉為百慕達草與香附子，於優勢度指數也各以 0.04229、0.16570、0.01306、0.00734 大於其他 60 種野生草種，其餘除四生臂行草小於 10%以下；在介於 5%~10%之間有，雙穗雀稗 6.58%、龍爪茅 5.17%、蓋氏虎尾草 6.39%、飛揚草 5.76%、山地豆 7.17%、小葉牻牛兒苗 7.65 與楊寒草 5.54%；1%~5%間有鱧腸 4.99%、蠅翼草 2.03%、繩麻黃 3.14%、繖花龍吐珠 3.18%、斷節莎草 3.14%、賽葵 2.92%、賽芻豆 1.11%、鴨舌癩 2.92%、蔓陀螺 1.29%、圓葉金午時花、黃鵪菜 1.29%、黃細心 1.70%、馬蹄金 1.26%、紫背草 3.03%、天人菊 1.11%、假馬齒莧 3.32%、假千日紅 3.69%、馬鞍藤 1.66%、馬唐 3.25%、琉璃繁縷 3.69%、海馬齒 2.51%、紅乳草 4.73%、洋洛葵 2.69%、長梗滿天星 2.40%、長柄菊 3.80%、金午時花 4.73%、孟仁草 1.18%、刺楸草 3.69%、刺莧 2.77%、李氏禾 3.69%、耳葉鴨拓草 3.29%、白花牽牛 2.44%、田烏 5.02%、台灣野稗 2.07%、台西大戟 4.36%、水燭 2.07%、水蜈蚣 2.07%、升馬唐 2.40%、大葉山螞蝗 3.07%、山豆根 2.03%、大花咸豐草 1.11%、三角西番蓮 1.29%與傷寒草 5.54%，優勢度指數皆>0.001 以下，而小於 1%以下則含變葉藜、葉下珠、黃槿、野莧、掃帚菊、茄苳、狗尾草、刺茄、毛西番蓮及小葉灰藿，其優勢度指數相對更低於 0.0001 以下(圖 43)。

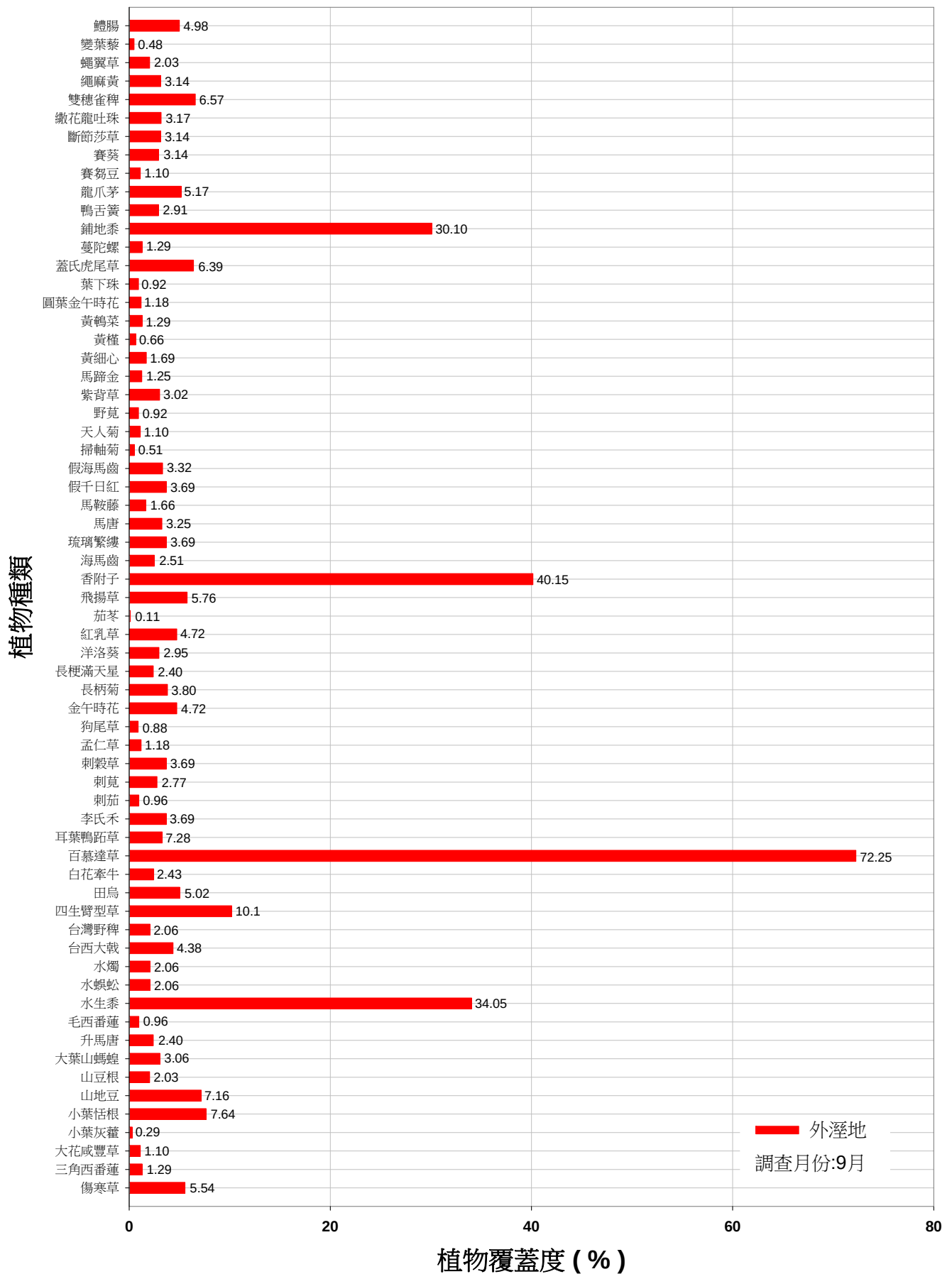


圖 43.九月澎湖山水內溼地內溼地植群覆蓋度百分比

內溼地木麻黃林下紀錄草種共計 8 種，分別為霍香薊、黃槿、馬唐、香附子、洋洛葵、金午時花、台西大戟、加拿大蓬與大花千斤藤，又以洋洛葵覆蓋率 28.51% 最高，植物優勢度指數為 0.08392，其次為香附子、台西大戟與大花千斤藤，三者優勢度指數皆為 0.01929，霍香薊優勢度指數為 0.01235，最低為加拿大蓬僅 0.39%，優勢度指數僅 0.00002。

山水沙灘調查顯示，以馬鞍藤 54.92% 覆蓋率最高，植物優勢度指數達 0.30170，其次為鹽地鼠尾粟 41.15%，最低為白花牽牛與濱剪刀股，覆蓋度與優勢度各為 0.27996 及 0.00001 (圖 44)。

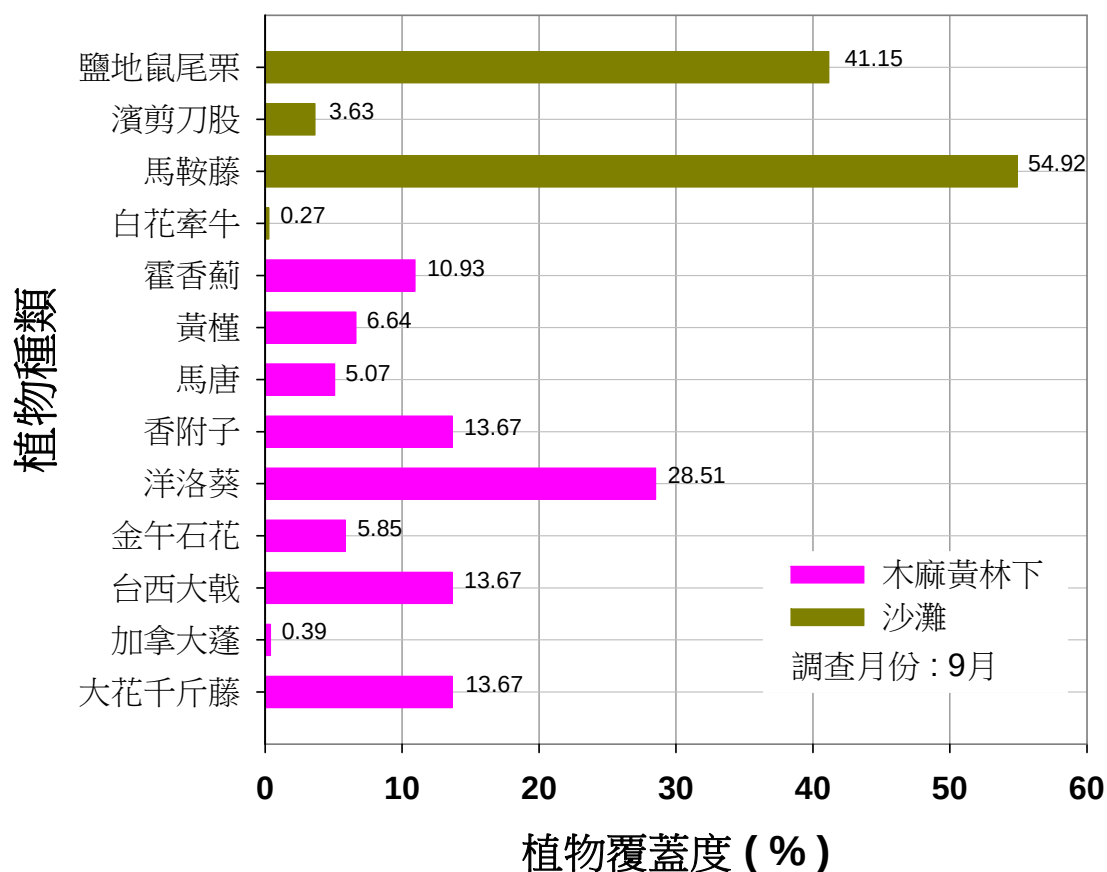


圖 44.九月澎湖山水沙灘與木麻黃林下植群覆蓋度百分比

外溼地在歷經半年「自我復育」，植群物種多樣性逐日提升，植群豐富度近逼內溼地，8 月至 9 月目視取樣調查顯示，植群抽樣調查共合計 46 種，其中又以鹽地鼠尾粟與龍爪茅高達 67% 以上，植群優勢各為 0.03467 與 0.03496，其次為鋪地黍 32.36% 優勢度為 0.00797，再依序為狗尾草 17.38%、馬鞍藤 16.11%、牛筋草 14.14%、大花咸豐草 10.62%，優勢度指數則介於 0.00230~0.00086 之間，

而其餘 39 種草種覆蓋度指數皆小於 10%以下，含變葉藜、雙穗雀稗、賽葵、賽芻豆、濱排草、濱缸豆、濱刀豆、鴨拓草、蓖麻、黃細心、黃花磯松、裂葉昭和草、細葉金午時花、掃軸菊、馬齒莧、馬唐、香附子、長柄菊、金午時花、孟仁草、刺莧、黃鵪菜、李氏禾、耳葉鴨拓草、百慕達草、白花牽牛、田菁、台灣野稗、水蜈蚣、天人菊、山螞蝗、山地豆、小葉恬根和一枝香，植物優勢度指數相對低於 0.00085 以下，而在 <1%以下有濱大戟、圓葉金午時花、猩猩草、假馬齒莧及羊蹄，植物優勢度指數更低於 0.00001 以下(圖 45)(附件 2-3)。

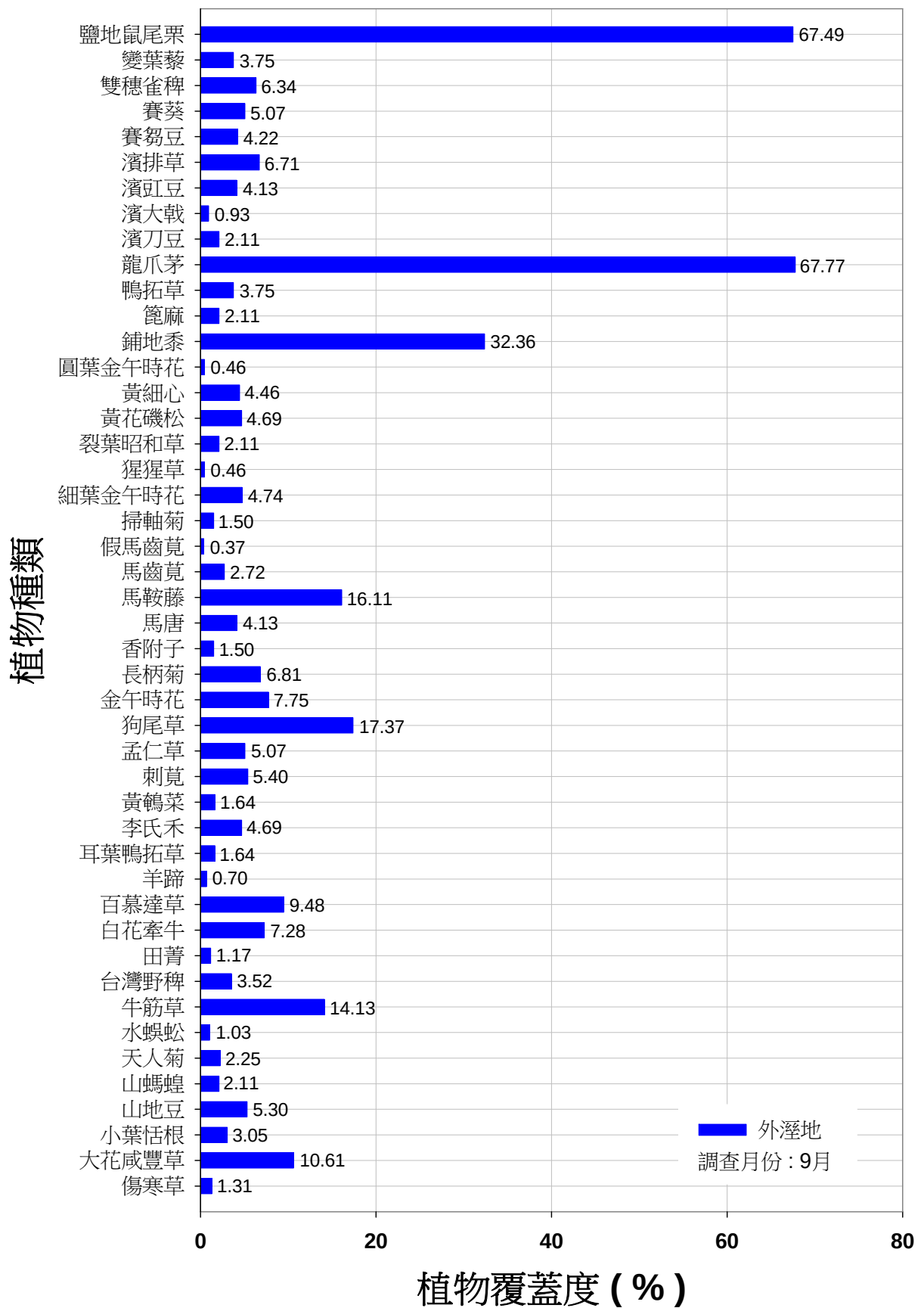


圖 45.九月澎湖山水外溼地植群覆蓋度百分比

在 3 次採樣中於 3 月累計四點樣區內各草種優勢度指數(表 23)，各以 0.10517、0.48967、0.82426 與 0.14000，其中又以木麻黃林下累積優勢度指數最高。而 4 月仍以木麻黃林下以 0.22327 大於外溼地 0.17691 與內溼地 0.14893，雙月份調查皆以外溼地和內溼地最低，也說明木麻黃林下植群優勢度明顯，優勢草種單一，而內外溼地植群多樣分散，無明顯優勢度可言。

依據 Simpson 歧異度指數(D)計算四點樣區指數，在時間推移「撫平」下，內外溼地植群歧異度指數最高，各為 0.84982 與 0.86432 其次為沙灘地 0.51032，4 月則依序為 0.82308(外溼地)與 0.7767(內溼地)，而樣區中木麻黃林下植群稀疏，歧異度指數相對以 0.15741(3 月)和 0.77673(4 月)，與銀河歡類似毒它或競爭關係嚴重影響生物多樣性，雖樹種栽培面積範圍甚小，可能造成環境負荷相對較低(表 23)，未來仍應列為更換樹種。

9 月以 Simpson 歧異度指數(D)計算四點樣區指數，內外溼地在自然復育與人為養護下，植群物種豐富度正逐漸提升，植群歧異度指數正逐漸拉近平衡，皆可高達 0.9 以上，其中木麻黃林下由夏季 0.7767 上升至 0.83510，而沙灘因受多重因素交叉影響，植群歧異度變化與年初、年中並無顯著差異，仍僅維持 0.5 左右(表 23)。

優勢種或多或少，視當地環境條件而異，如植物相豐富，物理環境良好，則優勢分配較均勻，優勢種數目較多。反之如植物貧乏，物理環境趨於極端，則優勢度集中於少數一、二種植物，優勢種數目不多(劉和蘇, 1983)。澎湖在冬季東北季風影響下，強風低溫逆境造成植物拓展覆蓋不易，冬末春初初次採樣調查，內溼地野生植群種類、數量、多樣性指數皆遠優異於外溼地植被，除受環境限制外，人為干擾以致植物母本欠缺，應為造成內外溼地植被基礎覆蓋差異首因之一。

但外溼地在無人為干擾下，逐月自我再生，至 9 月止棲地植群歧異度指數與內溼地已近無顯著差異結果，內外溼地植群豐富度與歧異度，似乎逐漸一致，若以影像定點拍攝，外溼地植群面積正快速拓展覆蓋，原先所假設相關逆境衝擊，可能連帶降低舒緩，提供更多樣植群「落地生根」，當植群物種多樣性越高，將越能提供更多元消費者進駐意願，更能穩定該區生態健全性與完整性，外溼地生態快速演替中，仍需進行些微景觀維護，避免外來植物繁衍，以提升環境遊憩方便性與安全性，但更需注意基地的路徑規劃，避免遊客過度接近干

擾現地生物物種與自然演替，提供天然優質休憩環境。

表 23.以 Simpson 歧異度指數(*D*)計算 3、4、9 月份四點樣區歧異度指數

科 名 / 中 名	外溼地	沙灘地	內溼地/ 木麻黃林下	內溼地/ 黃槿林下
3 月份調查				
累積優勢度指數(<i>C</i>)	0.15017	0.48967	0.82426	0.14000
Simpson 歧異度指數(<i>D</i>)	0.84982	0.51032	0.15741	0.86432
4 月份調查				
累積優勢度指數(<i>C</i>)	0.17691		0.22327	0.14893
Simpson 歧異度指數(<i>D</i>)	0.82308		0.77673	0.85107
9 月份調查				
累積優勢度指數(<i>C</i>)	0.08940	0.47249	0.16490	0.06723
Simpson 歧異度指數(<i>D</i>)	0.91059	0.52761	0.83510	0.93277

過去內溼地以商業園林設計規劃為主軸，園區整體環境仍以傳統景觀植栽喬灌木為主，喬木目視調查共計 12 種、灌木合 10 種；外溼地灌木合計 5 種，下表 24:

表 24.澎湖山水溼地目視調查之喬灌木種類

中名	科名	學名
內溼地/喬木種名		
黃槿	錦葵科	<i>Hibiscus tiliaceus</i>
繖楊		<i>Thespesia populnea</i>
銀葉鈕扣樹	使君子科	<i>Conocarpus erectus</i> var. <i>sericeus</i>
大葉欖仁		<i>Terminalia catappa</i>
木麻黃	木麻黃科	<i>Casuarina equisetifolia</i>
巴西乳香	漆樹科	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi
厚葉石斑木	薔薇科	<i>Rhaphiolepis umbellate</i> var. <i>integerrima</i>
肯氏南洋杉	南洋杉科	<i>Araucaria cunninghamii</i>
象牙木	柿樹科	<i>Balfourodendron riedelianum</i>
銀葉板根	梧桐科	<i>Heritiera littoralis</i> Dryand
小葉南洋杉	南洋杉科	<i>Araucaria heterophylla</i>
無葉檉柳	檉柳科	<i>Tamarix aphyia</i>
內溼地/灌木種名		

金露花	馬鞭草科	<i>Duranta repens</i>
草海桐	草海桐科	<i>Scaevola sericea</i>
芙蓉菊	菊科	<i>Crossostephium chinense</i>
威氏鐵莧		<i>Acalypha wilkesiana</i>
紅葉鐵莧	大戟科	<i>Acalypha wilkesiana</i>
紅花芙蓉		<i>Leucophyllum frutescens</i>
山芙蓉	錦葵科	<i>Hibiscus taiwanensis</i>
文珠蘭	石蒜科	<i>Crinum asiaticum</i>
厚葉女貞	木犀科	<i>Ligustrum japonicum</i>
羅比親王海棗	棕櫚科	<i>Phoenix loureiri</i>
外溼地/喬木種名		
黃槿	錦葵科	<i>Hibiscus tiliaceus</i>
大葉山欖		<i>Terminalia catappa</i>
欖李	使君子科	<i>Lumnitzera racemosa</i>
海茄苳	馬鞭草科	<i>Sceura marrina</i> Forsk

草毯則以日本結縷草及百慕達草最為大宗，原生植被才能提供生態棲息環境與食物來源，而整潔有序的環境外觀則提供當地民眾、旅客優質休閒遊憩場所，經由訪談調查，發現民眾對於內溼地植群規劃並無生態背景知識因而對齊物種選擇與配置，無負面看法。

內外溼地水生植物調查，在 2005 年仕品規劃設計有限公司於山水溼地執行第一次植群調查中，水生植物主以香蒲為遍生之植栽，另一為水芹菜、荸薺、睡蓮與長梗滿天星。而至 2012 年 4 月以後調查顯示內外溼地水生植物僅剩少數水燭、斷節莎草、李氏禾、長梗滿天星、水生黍與雙穗雀稗，其中又以雙穗雀稗與水生黍植群緊鄰池岸最為優勢，其餘一般商業常用水生植物無論物種數或族群數都相當低，甚至已完全枯萎死亡如睡蓮，9 月份則剩下少許水燭。

山水溼地過去能以生態遊憩教育暨社區汙水淨化為主要設計導向，依照行政院環保署溼地規劃手冊，水生植物為溼地汙水淨化組成項目之一，更可提供生態教育之附加價值，如今溼地內因季節、人為管理已造成溼地水生植群大量流失枯亡，也逐漸失去原先設計之構想，似乎僅呈像單一蓄洪池或沉澱池的外表，確實相當可惜，唯慶幸外溼地在開墾擴建後，並無再大興土木，原消失地面植群正逐漸復育再生，寬廣的溼地範圍也確實提供珍貴候鳥優質棲息環境，對於生態價值仍具有正面之效果，確實不易(圖 46)。



圖 46.澎湖山水外溼地植被變化調查圖 (本研究室拍攝)

4-2 動物調查-昆蟲調查

於山水溼地以掉落式陷阱捕捉第一次調查結果顯示(表 24)，內溼地 6 點採樣區，第 1 採樣區以歐洲缺翅姬蜚蠊/蜚蠊目(Blattaria /26 隻)、小黃家蟻/膜翅目(Hymenoptera/45 隻)與鼠婦/等足目(Isopoda /15 隻)；第 2 與第 3 採樣區擬步行蟲-沙潛/鞘翅目(Coleoptera/63 及 17 隻)；而第 4 採樣區擬步行蟲-沙潛/鞘翅目(Coleoptera/7 隻)、鼠婦 1 隻、歐洲缺翅姬蜚蠊 1 隻；第 5 採樣區擬步行蟲-沙潛 2 隻、姬蠊/蜚蠊目(Blattaria)(待分類)16 隻；最後第 6 採樣區，共有擬步行蟲

-沙潛 11 隻、蠟螋/革翅目(Dermaptera /7 隻)與小黃家蟻/膜翅目(Hymenoptera/16 隻)(表 29)。

外溼地第 1 採樣區僅鼠婦 2 隻；第 3 採樣區鼠婦 1 隻；第 4 採樣區擬步行蟲-沙潛 3 隻與橫疣蛛/蜘蛛目(Araneae/1 隻)；第 5 採樣區紫胸黃紋步行蟲/鞘翅目(Coleoptera/1 隻) 及小黃家蟻 56 隻；第 6 採樣區小黃家蟻 27 隻；至於第 2 採樣區並無捕捉到掉落的昆蟲。

內溼地豐富度指數以 0.9216 大於外溼地 0.2216，夏農-威佛歧異度與均勻度分析也各以 2.1230 及 0.6348 高於外溼地，指數皆呈現中等程度，表示此處的昆蟲個體數分配較為平均，沒有明顯優勢種，但外溼地受限環境植被影響，均勻度低於 0.4 以下，昆蟲個體數分配不均，其中又以小家蟻合計 83 隻為主要優勢種，為間接主要稀釋均勻度指數原因之一。而 Jaccard 相似度指數也僅 0.57，顯示兩樣區昆蟲種類數量有些微差異，依此判斷降堤後，將可逐漸去除棲地碎裂化(habitat fragmentation)的衝擊。

至夏末秋初 9 月調查結果顯示(表 25)，內溼地所捕抓昆蟲物種包含歐洲缺翅姬蜚蠊、小黃家蟻、姬蜚(待分類)、鼠婦、台灣姬螳螂與姬蛛，其中以小黃家蟻調查數量最高達 236 隻，而外溼地則包含小黃家蟻、黃尾放屁蟲/鞘翅目(Coleoptera)及水狼蛛(待分類)。

在整體豐富度指數仍以內溼地較優異於外溼地採樣區，以 0.7949 大於外溼地 0.5112，但相較於年初，豐富度指數卻略為偏低下降，極可能受到夏季豪雨期間，內外溼地池水溢流淹沒陸域區域，造成躲藏於枯枝樹叢蟲類生物遷徙或溺斃死亡，而影響 9 月月初調查數據結果，間接造成夏農-威佛歧異度分析指數下降，內溼地為 1.4745，而外溼地為 0.8602，兩區歧異度皆明顯偏低，而連帶均勻度方面兩區皆為 0.2 左右，物種均勻度也相對較低，於調查結果中皆以小黃家蟻為主要優勢種；最後 Jaccard 相似度指數則僅約為 0.47，單以掉落式陷阱捕抓調查結果顯示，內外溼地昆蟲相似度初步認定其相似度較低。比較宜蘭無尾港溼地(2005 年調查)，不論內外溼地，其步行蟲種類與其他昆蟲種類少了許多，種類也有許多差異。

表 25.山水內外溼地昆蟲數量調查(調查時間 2012/01/07~08)

採樣 地點	種	類	目	名	學	名	內溼地	外溼地
1	歐洲缺翅姬蜚蠊	Blattaria		<i>Loboptera decipiens</i>		26	-	
	小黃家蟻	Hymenoptera		<i>Monomorium pharaonis</i>		45	-	
	鼠婦	Isopoda		<i>Armadillidium vulgare</i>		15		2
2	擬步行蟲-沙潛	Coleoptera		<i>Gonocephalum recticolle</i>		63	-	
3	鼠婦	Isopoda		<i>Armadillidium vulgare</i>		17		1
4	擬步行蟲-沙潛	Coleoptera		<i>Gonocephalum recticolle</i>		7		3
	鼠婦	Isopoda		<i>Armadillidium vulgare</i>		1	-	
	歐洲缺翅姬蜚蠊	Blattaria		<i>Loboptera decipiens</i>		1	-	
	橫疣蛛	Araneae		<i>Hahn timeria corticicola</i>		-		1
5	擬步行蟲-沙潛	Coleoptera		<i>Gonocephalum recticolle</i>		2	-	
	姬蜚蠊	Blattaria		<i>Blattella</i> sp.(待分類)		16	-	
	紫胸黃紋步行蟲	Coleoptera		<i>Chlaenius virgulifer</i>		-		1
	小黃家蟻	Hymenoptera		<i>Monomorium pharaonis</i>		-		56
6	蠼螋	Dermoptera		<i>Elaunon bipartitus</i>		7	-	
	擬步行蟲-沙潛	Coleoptera		<i>Gonocephalum recticolle</i>		11	-	
	小黃家蟻	Hymenoptera		<i>Monomorium pharaonis</i>		16		27
合計						227		91
豐富指數(Marglef' diversity index, D_{mg})						0.9216		0.2216
夏農-威佛歧異度分析(Shannon-Weiner index, H')						2.1230		0.6438
均勻度分析(Shannon's evenness index, E)						0.39		0.14
傑卡德相似度指數分析(Jaccard index, C_J)						0.57		

-:無該物種捕捉紀錄

表 26.山水內外溼地昆蟲數量調查(調查時間 2012/09/04~05)

採樣 地點	種名	目名	學名	內溼地	外溼地
1	歐洲缺翅姬蜚蠊	Blattaria	<i>Loboptera decipiens</i>	3	-
	小黃家蟻	Hymenoptera	<i>Monomorium pharaonis</i>	133	25
	姬蜚蠊	Phyllodromiidae	(待分類)	11	-
2	小黃家蟻	Hymenoptera	<i>Monomorium pharaonis</i>	236	-
3	小黃家蟻	Hymenoptera	<i>Monomorium pharaonis</i>	78	-
4	黃尾放屁蟲	Coleoptera	<i>Pheropsophus occipitalis</i>	-	1
	歐洲缺翅姬蜚蠊	Blattaria	<i>Loboptera decipiens</i>	3	-

5	鼠婦	Isopoda	<i>Armadillidium vulgare</i>	3	-
	小黃家蟻	Hymenoptera	<i>Monomorium pharaonis</i>	65	23
6	台灣姬螳螂	Mantodea	<i>Acromantis formosana</i>	1	-
	姬蛛	Araneae	(待分類)	1	-
	擬環紋豹蛛	Araneae	<i>Pardosa pseudoannulata</i>	-	1
	歐洲缺翅姬蜚蠊	Blattaria	<i>Loboptera decipiens</i>	5	-
合計				539	50
豐富指數(Marglef' diversity index, D_{mg})				0.7949	0.5112
夏農-威佛歧異度分析(Shannon-Weiner index, H')				1.4745	0.8602
均勻度分析(Shannon's evenness index, E)				0.23	0.21
傑卡德相似度指數分析(Jaccard index, C_J)				0.47	

-:無該物種捕捉紀錄

至 6~10 月期間，再於內外溼地採樣地區以掃網、目視暨步巡進行昆蟲鑑別確認，以彌補陷阱捕抓因區域性與時間性之缺點，經調查顯示(表 26)，內外溼地整體昆蟲種類共計 35 種，分別為直翅 65 種、螳螂目 1 種、半翅目 4 種、蜚蠊目 5 種、蜻蛉目 5 種、雙翅目 4 種、鞘翅目 3 種、鱗翅目 4 種及蜘蛛目 2 種，其中內外溼地皆紀錄發現有台灣稻蝗、條背土蝗、台灣大蝗、紅后負蝗、螽斯、水黽、賓夕凡尼亞木蠊、青紋細螳、薄翅蜻蜓、杜松蜻蜓、侏儒蜻蜓、台灣青銅金龜、紋白蝶及弄蝶。

其中內溼地中以台灣大蟋蟀、大螳螂、姬螳螂、黃斑椿象、地長椿象、土椿象、歐洲缺翅姬蜚蠊、姬蛛(待分類)、紅頭麗蠅、肉蠅、家蠅、白線斑蚊、六條瓢蟲綠、艷白點花金龜、淡黃蝶、中國蜂、姬蛛與長圓金蛛其合計 19 種，為外溼地調查物種中所欠缺，而內溼地則僅以猩紅蜻蜓和擬環紋豹蛛暫無紀錄蹤跡。

動物之生物多樣性伴隨棲地植被物種變化而改變，回顧現今調查結果，外溼地生態環境因正處於人為干擾後自我復育階段，從植被缺乏且單調與地表裸露的環境，隨時間逐漸拓展植被覆蓋率，但仍缺大型喬、灌木林層保護，仍受強風吹襲及高溫曝曬，廣闊面積雖為候鳥群聚地，但易曝露活動行蹤而遭受天敵捕食，種種環境物理因素，造成外溼地於各種調查結果皆明顯偏低，反觀內溼地於 2005 年建設完畢後，已歷經 6 年自然復育，園區內各種喬灌木植群林立，不僅能避免微氣候的驟然變化，更能提供多樣食草與隱蔽環境，降低外來天敵

捕食，昆蟲調查隻數與種類也確實能呼應試驗假設。

表 27.山水內外溼地昆蟲目視調查(2012/06~2012/10)

目	名 科	名 種	名 內	溼 地	外 溼 地
直翅目	蝗蟲科	台灣稻蝗	V		V
		條背土蝗	V		V
		台灣大蝗	V		V
	負蝗科	紅后負蝗	V		V
	蟋蟀科	台灣大蟋蟀	V		-
	螽斯科	螽斯	V		V
螳螂目	螳螂科	大螳螂	V		-
		姬螳螂	V		-
半翅目	椿象科	黃斑椿象	V		-
		地長椿象	V		-
		土椿象	V		-
	水黽科	水黽	V		V
蜚蠊目	蜚蠊科	家屋斑蠊	V		-
		德國姬蠊	V		-
		賓夕凡尼亞木蠊	V		V
		歐洲缺翅姬蜚蠊	V		-
		姬蠊(待分類)	V		-
蜻蛉目	豆娘科	青紋細蟌	V		V
	蜻蜓科	薄翅蜻蜓	V		V
		杜松蜻蜓	V		V
		猩紅蜻蜓	-		V
		侏儒蜻蜓	V		V
雙翅目	麗蠅科	紅頭麗蠅	V		-
	肉蠅科	肉蠅	V		-
	家蠅科	家蠅	V		-
	家蚊科	白線斑蚊	V		-
鞘翅目	瓢蟲科	六條瓢蟲	V		-
	金龜子科	綠艷白點花金龜	V		-
	金龜子科	台灣青銅金龜	V		V
鱗翅目	粉蝶科	紋白蝶	V		V
	粉蝶科	淡黃蝶	V		-
	弄蝶科	弄蝶(待分類)	V		V
	蜜蜂科	中國蜂	V		-

	燈蛾科	燈蛾	V	V
蜘蛛目	姬蛛科	(待分類)	V	-
	狼蛛科	水狼蛛	-	V
		長圓金蛛	V	-
合 計		35	32	15

V:目視記錄發現

4-3 動物調查-魚蟹貝調查

2012/06/23 內外溼地第一次魚蟹抽樣調查顯示(表 27)，四點取樣區以大肚魚所捕獲量最高，平均各為 263 隻、150 隻、140 隻與 119 隻，其次為福壽螺 36 隻、20 隻、23 隻與 19 隻、吳郭魚 20 隻、6 隻、6 隻及 46 隻，而澤蟹和石蟹僅於外溼地捕獲各為 6 隻與 1 隻。

至 7 月調查顯示，四點採樣區域平均仍以第 2 採樣區域魚蟹累計數量最高，其次第 3 採樣區，最後為第 1 暨第 4 採樣區。8 月份第三次取樣調查顯示，第一採樣區捕獲生物量平均為 44 隻，第二採樣區合計 59 隻，第 3 採樣區共 48 隻、第 4 採樣區總計 32 隻，而生物種類再以大肚魚計 72 隻佔 7 種捕獲數量之首，其次為吳郭魚、澤蟹、福壽螺、蟹與彈塗魚。

9 月份第四次調查顯示，以第一採樣區魚蟹捕獲數量 36 隻最高，其次為第 3 採樣區 33 隻、第二採樣區 26 隻，最後為外溼地平均 21 隻，而生物優勢種由澤蟹 47 隻取代大肚與吳郭魚平均共計 25 隻，其次為福壽螺 16 隻與虱目魚 3 隻。

10 月最後一次調查顯示，魚類仍以大肚魚為首要棲息魚種，其次為吳郭魚，螺類與蟹類仍以福壽螺與澤蟹為捕獲物種，而各點位第一、二、三與外溼地採樣區吳郭魚平均各捕獲 5 隻、大肚魚以第一暨第二樣區 10~11 隻，其餘皆 2~6 隻、福壽螺平均約 3 隻、澤蟹以第三採樣區最高平均約 14 隻，最低為第一採樣區 7 隻，而虱目魚僅外溼地有所捕獲 2 隻。

表 28.山水內外溼地魚蟹貝類調查

科	名 種	類	第 1 區	第 2 區	第 3 區	外溼地	合計
調查時間 2012/06/24~26							
慈鯛科	吳郭魚		20	6	6	46	78
花鱗科	大肚魚		263	150	140	119	672

蘋果螺科	福壽螺	36	20	23	19	98
澤蟹科	澤蟹	-	-	-	6	6
	石蟹	-	-	-	1	1
合 計	5 種	319	176	169	191	
調查時間 2012/07/23~26						
慈鯛科	吳郭魚	13	23	13	24	73
花鱗科	大肚魚	36	65	53	28	182
蘋果螺科	福壽螺	17	18	32	11	78
	石蟹	-	-	-	1	1
澤蟹科	澤蟹	-	2	5	-	7
海蟑螂科	海蟑螂	-	-	-	3	3
合 計	6 種	66	108	103	67	
調查時間 2012/8/29~31						
慈鯛科	吳郭魚	9	11	9	10	39
花鱗科	大肚魚	19	32	21	-	72
蘋果螺科	福壽螺	5	6	8	5	24
澤蟹科	澤蟹	10	10	10	14	44
鰲科	鰲	1	-	-	-	1
蝦虎魚科	彈塗魚	-	-	-	3	3
合 計	7 種	44	59	48	32	
調查時間 2012/9/28~30						
慈鯛科	吳郭魚	6	7	5	7	25
花鱗科	大肚魚	7	9	9	0	25
蘋果螺科	福壽螺	10	3	3	0	16
澤蟹科	澤蟹	13	7	16	11	47
虱目魚科	虱目魚	-	-	-	3	3
合 計	7 種	36	26	33	21	
調查時間 2012/10/24~27						
慈鯛科	吳郭魚	5	5	5	6	21
花鱗科	大肚魚	11	10	6	2	29
蘋果螺科	福壽螺	2	3	3	3	11
澤蟹科	澤蟹	7	12	14	8	41
虱目魚科	虱目魚	-	-	-	2	2
合 計	7 種	25	30	28	19	

N:3

同年 9 月 11 在山水沙灘撿拾螺貝類，並進行圖鑑辨識分類，以間接推測該

區域過去所存在貝類生物，鑑別結果顯示共合計 37 科 74 種，為頂蓋螺科(毛蓋螺)、織紋螺科(光滑織紋螺)、簾蛤科(圓球簾蛤、竹籃簾蛤)、鳥尾蛤科(平助鳥尾蛤、銀蛤、半鱗鳥尾蛤)、海扇蛤科(多彩海扇蛤)、狐蛤科(大白狐蛤)、魁蛤科(半扭魁蛤)、馬珂蛤科(斑點馬珂蛤)、蜑螺科 3 種(粗紋蜑螺、黑助蜑螺、漁舟蜑螺)、蝾螺科(瘤珠螺)、櫻蛤科(月光櫻蛤)、算盤蛤科(算盤蛤)、鐘螺科 5 種為最大科種、海蜷螺科與唐冠螺科 3 種，其餘介於 2 種~1 種，該次採樣共鑑別出 37 科 74 種(表 28)。

表 29.澎湖山水沙灘海域螺貝類調查(2012/09/18 採樣)

科	名 中	名 學	名
頂蓋螺科	毛蓋螺	<i>Pilosabia trigona</i>	
織紋螺科	光滑織紋螺	<i>Nassarius (Zeuxis) dorsatus</i>	
	圓球簾蛤	<i>Periglypta puerperal</i>	
	竹籃簾蛤	<i>Periglypta clathrata</i>	
簾蛤科	粗肋橫漣蛤	<i>Paphia euglypta</i>	
	唱片簾蛤	<i>Circe scripta scripta</i>	
	文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>	
	平助鳥尾蛤	<i>Trachycardium enode</i> (Sowerby)	
鳥尾蛤科	銀蛤	<i>Anornia chinensis</i>	
	半鱗鳥尾蛤	<i>Trachy cardium alfernofum</i> (Sowerloy)	
海扇蛤科	多彩海扇蛤	<i>Chlamys irregularis</i>	
狐蛤科	大白狐蛤	<i>Lima vulgaris</i>	
	半扭魁蛤	<i>Trisidos semitorta</i>	
	結毛蚶	<i>Tegillarca nodifera</i>	
魁蛤科	青鬚魁蛤	<i>Barbatia virescens</i>	
	古毛蚶	<i>Anadara antiquata</i>	
	舟毛蚶	<i>Anadara scapha</i>	
馬珂蛤科	斑點馬珂蛤	<i>Oxyperas bernardi</i>	
	粗紋蜑螺	<i>Nerita undata</i>	
蜑螺科	黑助蜑螺	<i>Nerite costate</i>	
	漁舟蜑螺	<i>Nerita albicilla</i>	
	瘤珠螺	<i>Lunella granulate</i>	
蝾螺科	白星螺	<i>Astrarium haematragum</i>	
	礫石蝾螺	<i>Collonista glareosa</i>	
滿月蛤科	滿月蛤	<i>Codakia tigerina</i>	

櫻蛤科	月光櫻蛤	<i>Tellina staurella</i>
海扇蛤科	高貴海扇蛤	<i>Chlamys senatoria nobilis</i>
算盤蛤科	算盤蛤	<i>Cardita variegata</i>
寶螺科	紅花寶螺	<i>Cypraea helvola</i>
捲管螺科	白筍捲管螺	
扭法螺科	扭法螺	<i>Distorsio anus</i>
	台灣昌螺	<i>Umbonium taiwanicum</i>
	中華峨螺	<i>Nassaria sinensis</i>
	齒輪鐘螺	
鐘螺科	血斑鐘螺	
	陀螺鐘螺	<i>Calliostoma haliarchus</i>
	素面黑鐘螺	<i>Chlorostoma xanthostigma</i>
	黑鐘螺	<i>Chlorostoma argyrostomum</i>
	燒酒海蜷	<i>Batillaria zonalis</i>
海蜷螺科	栓海蜷	<i>Cerithidea cingulata</i>
	黑瘤海蜷	<i>Batillaria sordida</i>
	唐冠螺	<i>Cassis cornuta</i>
唐冠螺科	梨形鬘螺	<i>Phalium glabratum bulla</i>
	玉珠鼓螺	<i>Galeoocorys leucodoma</i>
蟹守螺科	海蜷蟹守螺	<i>Clypeomorus batillariaeformis</i>
錐螺科	錐螺	<i>Turritella terebra</i>
	小草莓鐘螺	<i>Clanculus margaritarius</i>
	松葉笠螺	<i>Cellana nigrolineata</i>
	多邊形笠螺	<i>Cellana eneagona</i>
笠螺科	花笠螺	<i>Cellana toreuma toreuma</i>
	斗笠螺	<i>Cellana grata</i>
	龜甲笠螺	<i>Cellana testudinaria</i>
	草莓結螺	<i>Morula uva</i>
骨螺科	白齒岩螺	<i>Drupa ricinus</i>
	瘤岩瘤	<i>Thais bronni</i>
	角岩螺	<i>Mancinella tuberosa</i>
鮑螺科	扁鮑螺	<i>Haliotis planata</i>
法螺科	斑馬法螺	<i>Gyrineum gyrinum</i>
	台灣蝶螺	
蝶螺科	高腰蝶螺	<i>Turbo bruneus</i>
芝麻螺科	芝麻螺	<i>Planaxis sulcatus</i>
青螺科	花邊青螺	<i>Collisella heroldi (Dunker)</i>
	花帽青螺	<i>Patelloida pygmaea (Dunker)</i>

	射線青螺	<i>Collisella striata</i>
	鵝足青螺	
	金絲岩螺	<i>Mancinella mancinella</i>
鳳凰螺科	聳肩鳳凰螺	<i>Strombus minimus</i>
翁戎螺科	龍宮翁戎螺	<i>Pleurotomaria rumphii</i>
織紋螺科	疣織紋螺	<i>Nassarius papillosus</i>
玉黍螺科	粗紋玉黍螺	<i>Littorina scabra scabra</i>
芋螺科	浦島芋螺	<i>Conus urashimanus</i>
筍螺科	鉛筆筍螺	<i>Hastula penicillata</i>
	堅實筍螺	<i>Hastula solida</i>
海蜷科	鐵尖海蜷	<i>Cerithidea djarjariensis</i>
玉螺科	寬帶玉螺	
鹿角珊瑚科	萼柱珊瑚	<i>Stylophora pistillata</i>

山水內外溼地魚蟹類，經 4 次抽樣調查顯示，單一物種數平均以第 2、第 3 採樣區捕獲生物數最多，可能受到該區家禽飼養下造成水質優養化，提供水中浮游生物大量繁殖增加，充足食物源大幅提升水中魚蟹生長繁殖機會，此外內外溼地因樹叢環繞，面積較小，靠近人類，水較深，影響候鳥棲息之機會，相對降低池中生物遭獵殺捕食率，水中生物種數較外溼地高。

魚、蟹、貝類生存與水質關係密切，依現地採樣山水溼地部分樣區已遭受輕微汙染，加上棲地環境特質，原生魚類再度引進移入本區有待評估，應該機會很高。目前水生動物物種單調，如何增加溼地魚蝦蟹貝類的多樣性？或許也有助於水質淨化，如青蚌、圓蚌、台灣蜆也能淨化水質如濁度。

此外，外溼地於 7 月底進行連通海域渠道挖掘作業，以希望控制外溼地水位，避免豪雨過後造成溼地週圍溢流淹漫，但於 8 月期間後卻連續於 2 個月皆於區域內捕獲虱目魚。虱目魚屬廣鹽性熱帶魚類，分佈在南太平洋、印度洋等溫暖海域的沿岸內灣(楊和陳, 1971)。今於外溼地捕獲也凸顯了 1、外溼地水質已有鹽化之現象(此於水質檢驗調查已證明)。2、連通渠道若已能提供鹽水魚類入侵進駐，那海水倒灌應為事實，造成外溼地土壤鹽化，連帶降低地下水淡水含氧量與壓縮當地原生植群生長之環境。

4-4 動物調查-兩棲爬蟲類調查

山水內外溼地兩棲暨哺乳類目視調查顯示(表 29)，共合計發現物種暫計 2

目 6 科 6 種，內溼地共記錄有盤古蟾蜍、黑眶蟾蜍、麗紋石龍子、蜴虎與斯文豪氏攀蜥，外溼地則含盤古蟾蜍、黑眶蟾蜍及蓬來草蜥。

溼地樣區內爬蟲動物之種類仍較為單純，且數量亦少，除了與棲地型態有關外，人為外在干擾開發導致爬蟲動物之藏身處減少均可能會影響爬蟲動物之生存。

表 30.山水內外溼地兩棲爬類目視調查(2012/07~2012/10)

目	名 科	名 種	名	內溼地	外溼地
無尾目	蟾蜍科	盤古蟾蜍		V	V
	赤蛙科	黑眶蟾蜍		V	V
合 計				3 種	
有鱗目	石龍子科	麗紋石龍子		V	-
	守宮科	蜴虎		V	-
	飛蜥科	斯文豪氏攀蜥		V	-
	草蜥科	蓬來草蜥		-	V
合 計				4 種	

4-5 動物調查-哺乳類調查

再以陷阱捕獲與目視調查，山水內外溼地哺乳類共計 3 目 3 科 4 種，內溼地調查有褐鼠 3 隻、錢鼠 2 隻，目視調查東亞家蝠 3 隻；外溼地褐鼠 1 隻、東亞家蝠 2 隻(表 30)。上述發現物種皆乃人類居家環境常見物種，野生哺乳類確實相當稀少，此結果反映出棲地多樣化與其相對寄存的種類之間的相關性，當然也可能受到調查方式、調查頻度及所選的樣區有關，畢竟哺乳動物各目物種習性均不相同，有的日行性，有的夜行性，部分樹棲，部分地棲或穴居，調查者僅能依預期動物的習性進行樣區選取，而導致所獲結果有所差異。

表 31.山水內外濕哺乳類調查(2012/07~2012/10)

目	名 科	名 種	名	內溼地	外溼地
齧齒目	鼠科	褐鼠		3	1
食蟲目	尖鼠科	錢鼠		2	-
翼手目	蝙蝠科	東亞家蝠		3	2
合 計				4 種	

4-6 動物調查-鳥類調查

澎湖位處東亞候鳥遷移路線的中繼站，又有很多的無人島及水庫、溼地，所以每當候鳥移棲的季節，總有大量的各種鳥類會來到澎湖。依過去文獻、媒體與當地民眾、學者訪談與在地研究人員調查驗證的結果，山水溼地出沒鳥種數共有 16 科 34 種，如下表：

表 32.澎湖山水溼地鳥類文獻調查一覽表

科	名 種	名
鷺科	蒼鷺、池鷺、牛背鷺、小白鷺、中白鷺、大白鷺、岩鷺、夜鷺	
朱鷺科	黑面琵鷺(保育類) ¹ 、白面琵鷺(保育類) ² 、東方白鸕(保育類)	
雁鴨科	小水鴨、琵嘴鴨	
隼科	紅隼(保育類)	
鴿科	東方環頸鴿(保育類)、金斑鴿、高蹺鴿	
鸕科	黑腹濱鸕、磯鸕、中杓鸕、田鸕、青足鸕	
鷗科	燕鷗、鳳頭燕鷗、小燕鷗、黑腹燕鷗	
鳩鴿科	珠頸斑鳩	
雲雀科	小雲雀(特有種)	
燕科	家燕	
鵲鴿科	黃鵲鴿、日本白鵲鴿	
鴨科	白頭翁	
伯勞鳥科	紅尾伯勞(保育類)	
繡眼科	綠繡眼	
鷓鴣	黑臉鷓	
文鳥科	麻雀、斑紋鳥	

^{1、2}:2011 年 11 月初經電子媒體報導，證實記錄數蹤跡。

於 2012/01/07 內溼地鳥類目視調查中(表 31)，僅合計紅尾伯勞鳥/伯勞鳥科與小白鷺鷺/鷺科各 1 隻，麻雀/文鳥科 2 隻。於外溼地則共有大白鷺鷺、中白鷺鷺和小白鷺鷺/鷺科各 1 隻、磯鸕/鸕科 12 隻(外溼地內與山水沙灘皆有目視紀錄)、日本白鵲鴿/鵲鴿科/5 隻、家燕/燕科/4 隻、小水鴨/雁鴨科 1 隻，最後為燕鷗/鷗科/和麻雀/文鳥科各 2 及 3 隻。當次四項指數皆以外溼地最高。

至 3 月春初時期，外溼地合計發現鳥類共 14 種 83 隻，其中又以家燕 16 隻佔最大多數其次小水鴨 14 隻，再依序為中白鷺鷺、田鸕、日本白鵲鴿、濱鸕、

釋鵲皆有 5 隻以上觀察紀錄而東方白鸛 1 隻。各項指標計算顯示，外溼地仍有較高豐富度指數，但鳥類歧異度與均勻度則呈現偏低範圍，可能受到樣區內如家燕、小水鴨、中白鷺鷥等，單一鳥種數偏高致拉低兩種指標數。而內溼地與年初調查結果一致，合計 3 種 9 隻，各以日本白鸛 5 隻、麻雀 3 隻與翠鳥 1 隻，於整體指數更不及外溼地調查結果。

4 月調查顯示，當月候鳥紀錄蹤跡稀少，普遍僅剩當地留鳥，外溼地僅目視紀錄白鷺鷥、蒼鷺、家燕、麻雀與東方環頸鴿 6 種鳥種，其中又以中白鷺鷥 6 隻為該次調查最主要鳥種，至於內溼地鳥種豐富度僅各佔 3 種，為中白鷺鷥、白頭翁與白腹秧雞，豐富度與外溼地相差 3 種，內外溼地歧異度與均勻度指數為 0.4342 與 0.219，層級分類皆屬較差層級。

至 9 月夏末初秋，候鳥回流外溼地鳥類種/數逐漸明顯攀升，目視有中白鷺鷥、家燕及麻雀，候鳥紀錄則含濱鵲、小雲雀、白翅燕鷗、白頭翁、高翹鴿與東方環頸鴿，又以小雲雀、東方環頸鴿和高翹鴿達 6 隻已上，而內溼地除麻雀與中白鷺鷥，也同時含小雲雀 2 隻和黃鸛 1 隻，豐富度指數為 1.3028<外溼地 2.0246，而歧異度指數，儘管外溼地雖具有多種水鳥棲息分佈，但麻雀於樣區內所佔比例甚大，儘管有白翅燕鷗或腳翹鴿等較具稀有指標性候鳥水鳥的存在，其指標數也不致太高，內外溼地歧異度指數皆呈現較低水平(表 32)。

年度調查結果顯示，伴隨季節交替候鳥遷徙回巢，內外溼地鳥種豐富度指數、歧異度指數及均勻度普遍以外溼地最高，樣區相似度指標仍有顯著差異，查閱相關文獻顯示，過去影響水鳥棲息有 2 大主要原則，一、為被捕食率低，捕食者的捕食可能導致水鳥驚飛，而捕食者的攻擊行為可能易讓水鳥受傷，甚至達一定程度時，水鳥會放棄原有休息地，其二為降低能量消耗，水鳥會選擇距離覓食地近的地方作為休息地點(Piersma et al. 1993 ; Roger et al., 2006)。而澎湖野鳥協會調查員鄭謙遜也表示，雖然澎縣府建設處近日進行山水溼地重建保育，相關珍貴保育類候鳥種如黑面琵鷺，應可能是飛累了，剛好有溼地就飛下來覓食，但因附近干擾多，同時溼地面積小，食物有限，恐將停留不久。

而 Handel 和 Gill(1992)研究發現風速會影響黑腹濱鵲休息地的選擇。而水鳥為了避免能量上的消耗，會選擇可遮蔽寒風吹襲的場所 (Peters and Otis 2007)。然而，外溼地於人工開挖以來，植群覆蓋率確實遠不及內溼地，但開闊的面積能提供更多休息地區，也能較易偵測獵食者(Burton et al., 1996; Rehfish

et al., 2003)。林等(2010)也指出，在近 6 公頃溼地面積範圍，能提高水鳥危機應變時間與逃脫動向，更可藉由稀釋效應來降低被捕食機率(Roberts 1996; Lima 1998)。而間接造成外溼地鳥類調查數量遠大於內溼地可能主因之一。此外內溼地面積相對狹小，人工步道涼亭規劃設立，滿足遊客民眾休閒遊憩需求，但對休息的水鳥來說，為其主要干擾因子，也相對降低其吸引力(Davidson and Rothwell, 1993)。也反映於鳥類相似性指標上。

因計畫執行期間為 2011/12/31 起，於澎湖鳥類文獻查詢期間發現，已列入瀕臨絕種、一級保育類動物的有東方白鸛、黑面琵鷺與二級稀白面琵鷺，於去年 2011 年 11 月初共合計發現 9 隻~10 隻。依據澎湖野鳥協會調查組長鄭謙遜最早之紀錄為 1994，僅 1、2 隻，比對現今其實相當難得，此也凸顯山水溼地重建保育略有起色，但也可能為飛累了，剛好就地覓食，此外因附近干擾多，同時溼地面積小，食物有限，恐將停留不久，溼地保育仍再需時間驗證。但山水沙灘海域近年於縣府觀光推動下，遊客人數日益趨增，假日調查於下午單一時段更可高達百人以上，此外溼地本較為狹小也無完善步道隔離，外在干擾對於鳥類無疑是一大威脅，因此如何維持這些棲地，以提供鳥類多樣性的生存空間，是政府及民間所需共同努力的目標。

生物多樣性變化高低建立於棲地、植群多樣性之上，植群多樣性為自然食物網根基，以目視調查外溼地植群分佈物種確實欠缺不足，易導致生態食物鏈失衡，連帶衝擊昆蟲物種數量表現，因此現階段完工後，應朝向降低外溼地裸露面積與增加與植被物種多樣性，並減少海堤所造成棲地破碎化的衝擊(Stephenson, 1999；James, 2000；Brown and McLachlan, 2002；Chapman and Bulleri, 2003)，建立陸域生物更完整生物廊道，以達到內外溼地生態環境串連。

表 33.澎湖山水溼地鳥類調查

鳥名	科名	學名	1 月		3 月		4 月	
			內溼地	外溼地	內溼地	外溼地	內溼地	外溼地
紅尾伯勞鳥	伯勞科	<i>Lanius cristatus</i>	1	-	-	-	-	-
小白鷺鷥	鷺鷥科	<i>Egretta garzetta</i>	1	1	-	-	-	-
中白鷺鷥	鷺鷥科	<i>Egretta intermedia</i>	-	1	-	9	1	6
大白鷺鷥	鷺鷥科	<i>Egretta alba</i>	-	1	-	2	-	-
蒼鷺	鷺鷥科	<i>Ardea cinerea</i>	-	-	-	4	-	1
濱鷸	鷸科	<i>Calidris alpina</i>	-	-	-	6	-	-

田 鷸 鷸 科	<i>Common Snipe</i>	-	-	-	8	-	-
稗 鷸 鷸 科	<i>Calidris ruficollis</i>	-	-	-	6	-	-
磯 鷸 鷸 科	<i>Tringa hypoleucos</i>	-	12	-	-	-	-
小 雲 雀 鷸 科	<i>Calidris subminuta</i>	-	-	-	3	-	-
日本白鵪鶉 鵪 鵪 科	<i>Motacilla alba</i>	-	5	5	7	-	-
家 燕 燕 科	<i>Hirundo rusyica</i>	-	4	-	16	-	4
小 水 鴨 雁 鴨 科	<i>Anas crecca</i>	-	1	-	14	-	-
燕 鷗 鷗 科	<i>Sterna hirundo</i>	-	2	-	-	-	-
白 頭 翁 鵯 科	<i>Pycnonotus sinensis</i>	-	-	-	3	1	-
麻 雀 文 鳥 科	<i>Passer montanus</i>	2	3	3	2	-	2
高 蹺 鴿 反嘴鴿科	<i>Himantopus himantopus</i>	-	-	-	2	-	-
東 方 白 鸛 鸛 科	<i>Ciconia boyciana</i>	-	-	-	1	-	1
翠 鳥 翡 翠 科	<i>Alcedo atthis</i>	-	-	1	-	-	-
白 腹 秧 雞 秧 雞 科	<i>Amaurornis phoenicurus</i>	-	-	-	-	1	-
東方環頸鴿 鴿 科	<i>Charadrius alexandrinus</i>	-	-	-	-	-	3
合計		4	30	9	83	3	17
鳥種豐富度(Species richness)		3	9	3	14	3	6
豐富度指數(Margalef's richness index, MRI)		2.1640	2.6704	0.9102	2.9419	1.8204	1.7647
歧異度(Shannon-Weiner diversity index)		0.44	0.78	0.41	1.02	0.48	0.62
均勻度指數		0.31	0.22	0.18	0.23	0.4342	0.219
Jaccard 種相似度指標 (J)		0.2000		0.1333		0.2857	

-:無該物種捕捉紀錄

表 33-1.澎湖山水溼地鳥類調查

鳥 名 科 名 學	9 月			
	內溼地	外溼地		
紅尾伯勞鳥 伯 勞 科 <i>Lanius cristatus</i>	-	-		
小 白 鷺 鷺 鷺 科 <i>Egretta garzetta</i>	-	-		
中 白 鷺 鷺 鷺 科 <i>Egretta intermedia</i>	1	8		
大 白 鷺 鷺 鷺 科 <i>Egretta alba</i>	-	-		
蒼 鷺 鷺 鷺 科 <i>Ardea cinerea</i>	-	-		
濱 鷸 鷸 鷸 科 <i>Calidris alpina</i>	-	2		
田 鷸 鷸 鷸 科 <i>Common Snipe</i>	-	-		
稗 鷸 鷸 鷸 科 <i>Calidris ruficollis</i>	-	-		
磯 鷸 鷸 鷸 科 <i>Tringa hypoleucos</i>	-	-		
小 雲 雀 鷸 鷸 科 <i>Calidris subminuta</i>	2	6		

日本白鵲鴿	鵲鴿科	<i>Motacilla alba</i>	-	-		
黃鵲鴿	鵲鴿科	<i>Motacilla flava</i>	1	-		
家燕	燕科	<i>Hirundo rusyica</i>	-	4		
小水鴨	雁鴨科	<i>Anas crecca</i>	-	-		
燕鷗	鷗科	<i>Sterna hirundo</i>	-	-		
白翅燕鷗	鷗科	<i>Sterna leucoptera</i>	-	1		
白頭翁	鵲科	<i>Pycnonotus sinensis</i>	-	2		
麻雀	文鳥科	<i>Passer montanus</i>	6	18		
高蹺鴿	反嘴鴿科	<i>Himantopus himantopus</i>	-	5		
東方白鸛	鸛科	<i>Ciconia boyciana</i>	-	-		
翠鳥	翡翠科	<i>Alcedo atthis</i>	-	-		
白腹秧雞	秧雞科	<i>Amaurornis phoenicurus</i>	-	-		
東方環頸鴿	鴿科	<i>Charadrius alexandrinus</i>	-	6		
合計			10	52		
鳥種豐富度(Species richness)			4	9		
豐富度指數(Margalef's richness index, MRI)			1.3028	2.0246		
歧異度(Shannon-Weiner diversity index)			0.36	0.40		
均勻度指數			0.16	0.10		
Jaccard 種相似度指標 (J)				0.30		

4-7 動物調查-海域生物調查

2012 年 6~10 月山水海域生物調查顯示，共記錄 12 科 13 種，6 月捕獲有星斑臭肚魚、五眼斑鯃、大斑裸胸鯔、痕掌沙蟹與黑瘤蟹守螺各 1 隻，六斑刺河豚 2 隻，7 月捕抓有星斑臭肚魚 2 隻、大斑裸胸鯔、寄居蟹各 1 隻及痕掌沙蟹 2 隻，8 月星斑臭肚魚 3 隻、花身雞魚 1 隻、寄居蟹 4 隻、白紋方蟹 2 隻、痕掌沙蟹 5 隻，9 月抽樣以星斑臭肚魚 1 隻、寄居蟹 2 隻、痕掌沙蟹 3 隻黑瘤蟹守螺 3 隻最後黑鐘螺 2 隻，10 月斑臭肚魚 2、長鰭臭肚魚 1、寄居蟹 3 隻、痕掌沙蟹 4 隻、珠螺 2 隻最後為白棘三列海膽 1 隻(表 33)。

再於 2012/10/28 進行山水沙灘潮間帶魚蟹貝類目視調查，共紀錄發現 12 種魚、蟹、貝和藻類，魚類含星斑臭肚魚與六斑刺河豚；蟹類主以白紋方蟹與寄居蟹，而痕掌沙蟹又為山水沙灘最常發現之蟹類；螺貝類有帽子貝、珠螺、黑瘤蟹、守螺、扁螺；藻類有礁膜(青海菜)；軟體動物有沙蟲；甲殼類則有海蟑螂 (表 34)。

表 34.澎湖山水海域生物調查

科名	種名	學名	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
臭肚魚科	星斑臭肚魚	<i>Siganus guttatus</i>	1	2	3	1	2
	長鰭臭肚魚	<i>Siganus canaliculatus</i>	-	-	-	-	1
鰺科	花身雞魚	<i>Therapon jarbua</i>	-	-	1	-	-
	銀魚		-	-	-	-	-
二齒魷科	六斑刺河豚	<i>Diodon holocanthus</i>	2	-	-	-	-
牙鯃科	五眼斑鯃	<i>Pseudorhombus</i>	1	-	-	-	-
		<i>pentophthalmus</i>					
鯧科	大斑裸胸鯧	<i>Gymnothorax favagineus</i>	1	1	-	-	-
寄居蟹科	寄居蟹	<i>Paguridae</i>	-	1	4	2	3
方蟹科	白紋方蟹	<i>Grapsus albolineatus</i>	-	-	2	-	-
沙蟹科	痕掌沙蟹	<i>Ocypode stimpsoni</i>	1	2	5	3	4
蟹守螺科	黑瘤蟹守螺	<i>Cerithium carbonarium</i>	1	-	-	3	-
鐘螺科	黑鐘螺	<i>Chlorostoma</i>	-	-	-	2	-
		<i>argyrostoma</i>					
		<i>argyrostoma</i>					
腹足目螺科	珠螺	<i>Lunella coronata coronata</i>	-	-	-	-	2
毒棘海膽科	白棘三列海膽	<i>Tripneustes gratilla</i>	-	-	-	-	1
合計	13 種		7	4	15	11	13

表 35.澎湖山水海域潮間帶生物目視調查(2012/10/28)

科名	中文名	學名
方蟹科	白紋方蟹	<i>Grapsus albolineatus</i>
	帽子貝	<i>Therapon jarbua</i>
腹足目螺科	珠螺	<i>Lunella coronata coronata</i>
扁螺科	扁螺	<i>Adeorbis plana</i>
寄居蟹科	寄居蟹	<i>Paguridae</i>
蟹守螺科	黑瘤蟹守螺	<i>Cerithium carbonarium</i>
鐘螺科	黑鐘螺	<i>Chlorostoma argyrostoma argyrostoma</i>

海蟑螂科	海蟑螂 掘赤蟲	<i>Ligiidae</i>
二齒魷科	六斑刺河豚	<i>Diodon holocanthus</i>
臭肚魚科	星斑臭肚魚	<i>Siganus guttatus</i>
綠藻礁膜科	礁膜(青海菜)	<i>Monostroma latissimum</i>
合	計	12 種

以蝦籠陷阱進行海域與潮間帶生物目視紀錄捕撈，以建立山水海域生物棲息物種數，因為位置、深度、時間、生物習性、餌料種類，捕捉到的種類有其限制，但作為相對參考值與基礎資料，仍有其價值。連續月份監測以星斑臭肚魚為最常見魚種，每月皆有紀錄發現，岩岸礁石為痕掌沙蟹、黑鐘螺及黑瘤蟹守螺聚集依附地，沙灘則以白紋方蟹最為普遍常見，至於海域物種豐富度與歧異度差異證明仍需仰賴後續長期監測，並可能配合近海魚船捕撈作業，較能全面評估沿岸水族生物。

第五節、遊客環境衝擊評估

5-1 澎湖遊客人數調查

冬季期間山水溼地受東北季風影響下風速強勁寒冷平均溫度約 14~15°C，外溼地與沙灘並無當地民眾與遊客使用，而內溼地因植被覆蓋與遊憩服務設施較完整，有較多遊客。相關調查期間同時紀錄內溼地共有 3 名遊客 7 名當地民眾，外溼地則僅 1 名當地民眾，而冬季時期，遊客民眾使用人數與夏季時期差異甚大，而至春初時期，沙灘遊憩旅客民眾逐漸上升(圖 47)。

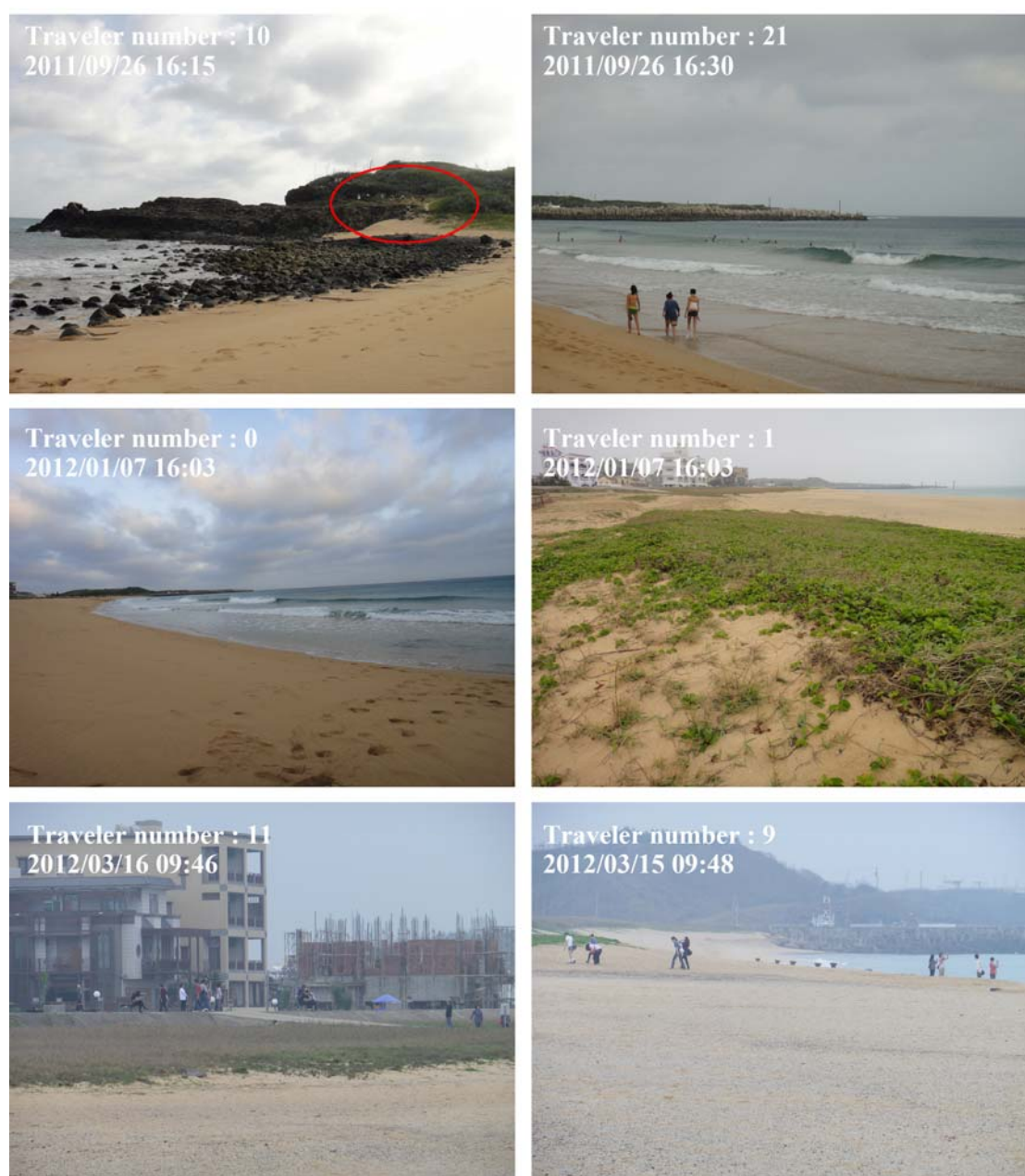


圖 47.九月、一月、三月澎湖山水山灘海域遊憩人數 (本研究室拍攝)

在於 2012/5/1~2012/5/25 進行內外溼地暨沙灘海域不同時段遊客人數調查，調查結果顯示，山水沙灘為山水社區重要名勝景點，伴隨澎湖旅遊季節逼近，遊客人數日增，該季節時段，沙灘遊客造訪人數的確遠大於內外溼地，並達顯著差異結果，此結果並不意外，而遊客造訪人數普遍集中於下午時段，單日記錄中最高可達 65 人次(圖 48)。

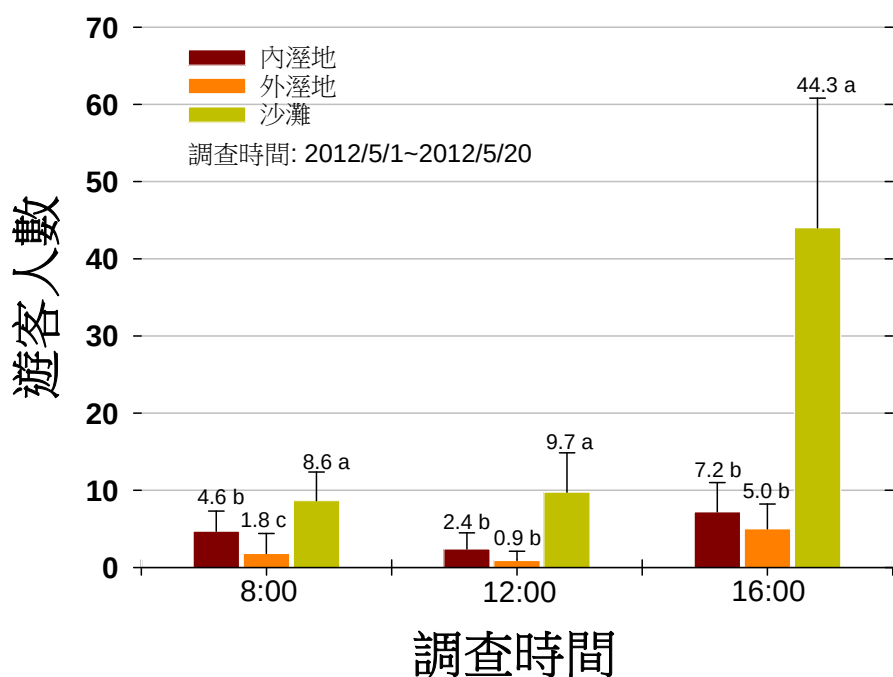


圖 48.不同時段澎湖山水沙灘與內外溼地遊客人數調查比較
(2012/05/01~2012/05/25)

至暑假 7、8 月份內外溼地遊客人數調查，上午 8 點山水沙灘平均約 11 人，外溼地平均 4 人，內溼地 8 人，至正午 12 點沙灘海域上升 11 人，外溼地 3 人，內溼地園區平均 5 人，在下午 16:00 分目視統計，山水沙灘單一時段平均使用人數 69 人，單日最高人數可高達 102 人，外溼地與內溼地僅上升至 7 人與 10 人，並達顯著差異水準(圖 49)。

內溼地園區規劃完工較久，生態、景觀與遊憩設施相對較成熟完備，加上可即性（access）較便利，在在影響遊客數。反觀外溼地仍處於環境復育養成階段，基本遊憩設施欠缺，相對也降低遊客前注意願，但也因較低人為干擾踐踏影響，正能給予外溼地於人工擴建後，植群再生與自我復育機會，外溼地近年又有黑面琵鷺、白面琵鷺與東方白鶴等保育鳥種過境棲息，對於溼地魅力無

異雪中送炭，而山水沙灘本原為澎湖指標性沙灘之一，於春末至秋初遊客人數居高不下，針對遊客承載量所造成環境生態汙染破壞，因沙灘已受堤防保護，而溼地遊客數尚有限，未觀察到問題，如墾丁國家公園潮間帶的遊客數目與其豐富生物多樣性的衝突問題，可能已經過去（在生物資源耗盡前），但節慶餘後公共垃圾量確實有明顯增加，仍需持續進行人員配給與管理維護，方可保留山水沙灘自然、美麗的一面。

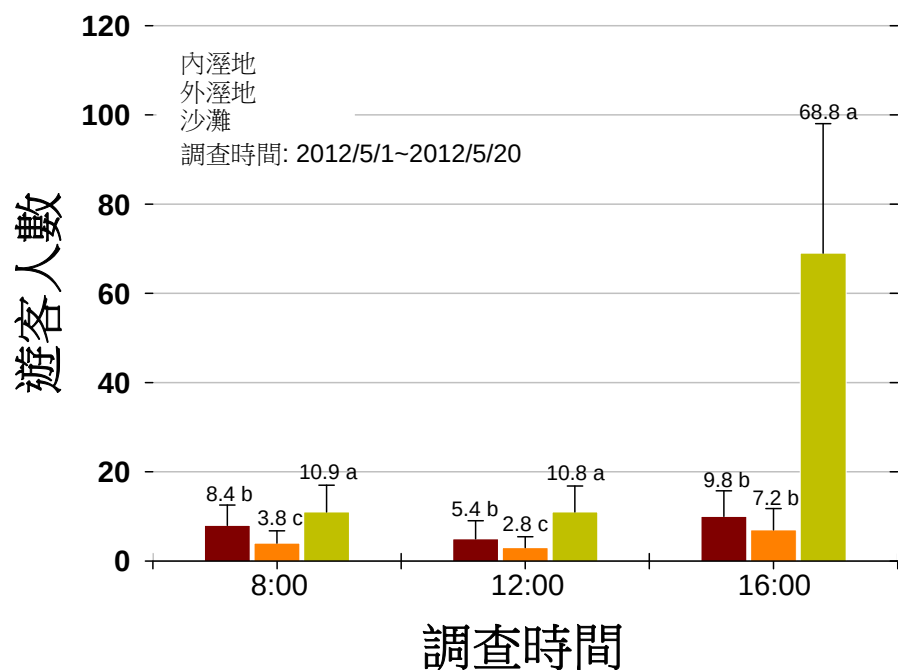


圖 49. 暑假(7、8月)不同時段澎湖山水山灘與內外溼地遊客人數調查

5-2 澎湖山水溼地維護人員訓練與工作要項

而人員管理訓練，當地兩位參與本計劃的民眾吳文進與陳也好已順利完成今年任務。並依照擬定管理方法完成溼地第一線的維護、保育、調查工作，在地人的學習意願、配合度高，對於在地的溼地生態、環境品質提升，與目標認同，未來將扮演溼地環教與宣導種子角色，下表為在地人員全年每週工作項目(表 36)。

表 36. 澎湖山水溼地維護人員一週工作項目

星期	工 作 項 目	備 註
一	1. 內外溼地垃圾整理撿拾 2. 園區內植物設施有無毀損破壞，並知會紀錄	

	3. 候鳥及留鳥每日觀測紀錄 4. 對遊客環境生態破壞行為制止規勸 5. 候鳥及留鳥每日觀測紀錄 6. 颱風期間特別觀察紀錄，越堤海浪對沙灘環境及生物破壞情形	
二	休息日(輪休) 1. 內外溼地垃圾整理撿拾	
三	1. 內外溼地垃圾整理撿拾 2. 水質取樣涵蓋內、外溼地、汙水處理廠、週邊地下水 3. 候鳥及留鳥每日觀測紀錄 4. 颱風期間特別觀察紀錄，越堤海浪對沙灘環境及生物破壞情形	水質調查每月取樣一次並觀察紀錄
四	1. 內外溼地垃圾整理撿拾 2. 內外溼地植栽非當地原生樹種枯亡後，立即移除並不再重新補植 3. 候鳥及留鳥每日觀測紀錄 4. 近海沿岸海域生物陷阱放置 5. 颱風期間特別觀察紀錄，越堤海浪對沙灘環境及生物破壞情形 6. 記錄內外溼地與沙灘遊客人數密度	海域生物調查 每月取樣一次
五	1. 樹木修剪、割草整理 2. 內外溼地植栽非當地原生樹種枯亡後，立即移除並不再重新補植 3. 候鳥及留鳥每日觀測紀錄 4. 颱風期間特別觀察紀錄，越堤海浪對沙灘環境及生物破壞情形	配合植物、季節(東北季風或颱風後)需要進行樹木修剪、割草
六	1. 遊客行為與空間分佈觀測紀錄，並對遊客環境生態破壞行為制止規勸 2. 樹木修剪、割草 3. 候鳥及留鳥每日觀測紀錄 4. 觀察紀錄越堤海浪對沙灘環境及生物破壞情形 5. 記錄內外溼地與沙灘遊客人數密度	配合植物、季節(東北季風或颱風後)需要進行樹木修剪、割草
日	1. 遊客行為與空間分佈觀測紀錄，並對遊客環境生態破壞行為制止規勸 2. 候鳥及留鳥每日觀測紀錄 3. 颱風期間特別觀察紀錄，越堤海浪對沙灘環境 4. 記錄內外溼地與沙灘遊客人數密度	

5-3 澎湖山水溼地問卷調查

針對澎湖山水溼地進行 50 份問卷調查結果：

針對溼地設置目的與功能，共設計 11 個選項，統計結果顯示，普通公園佔 29.5%、紅樹林復育佔 23.0%、人工溼地淨化水質佔 34.4%、沙灘保育佔 16.4%、山水地區地下水涵養補注佔 6.6%、雨季蓄洪佔 0.0%、遊憩娛樂佔 9.8%、海岸漁業資源保育佔 0.0%、環境機能如降溫抑制揚塵佔 4.9%、改善提升景觀美感佔 3.3%，遊客民眾對於溼地設置目的功能，一般都了解其具有溼地水質淨化之功能，已符合縣府初期設置目標期待，但大多民眾仍認定其為單一社區公園，對於紅樹林與沙灘保育也僅少數遊客熟民眾熟悉了解，其餘選項更普遍未達 10.0%，整體言，遊客不明白其生態服務（Eco-service）之價值。

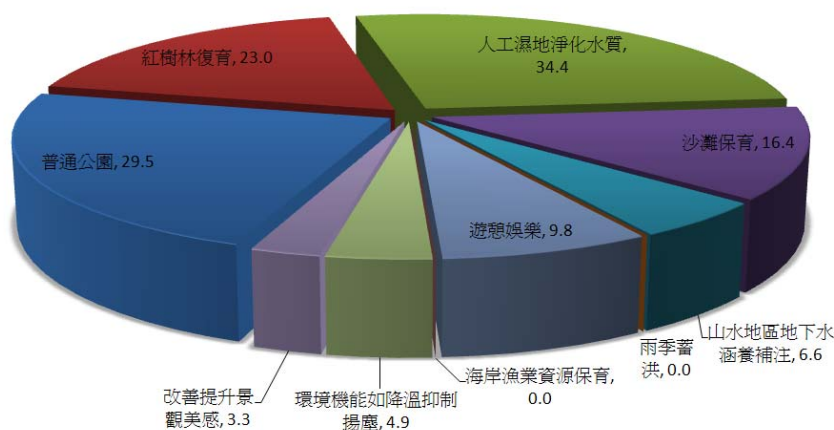


圖 50.民眾暨遊客對山水溼地設置的目的功能所認知程度之百分比

當地民眾或遊客對於山水溼地最喜歡部分，以交通便利佔與溼地公園 26.2 最高，其次為賞鳥環境 23.0%，潔淨遊憩金黃沙灘佔 21.3%，傳統固有的社區融入其中及原始自然風貌佔 9.8%，剩餘五種選項皆小於 6.6% 以下，甚至趨近於 0，代表許多環境效能尚未彰顯，也尚未被民眾感受到。

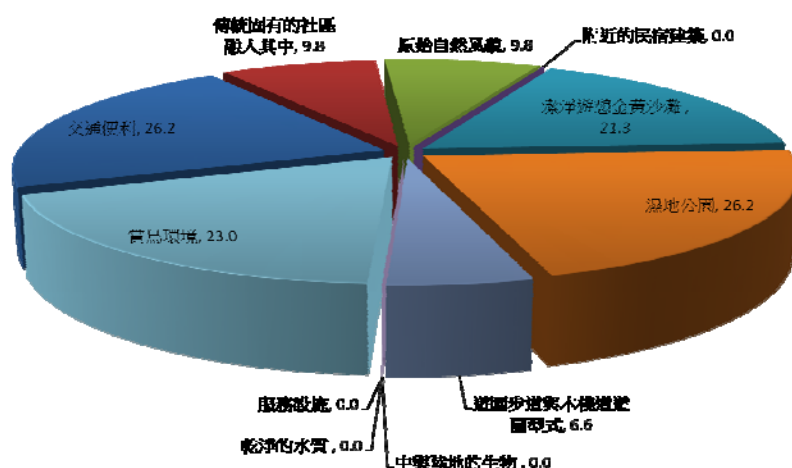


圖 51. 民眾暨遊客最喜歡山水溼地的部分結果之百分比

而遊客民眾對於山水溼地最不滿意之 11 點選項中，以溼地水中缺少豐富的生物佔最大百分率達 36.1%，其次為園區內水質太髒佔 21.3%，而缺少遮蔭樹木，太熱與凌亂的建築與攤販仍佔有 19.7%和 16.4%，其餘選項如凌亂的自然環境、木棧道遊園型式、沙灘普遍較為偏低，較少人感到厭惡質疑。

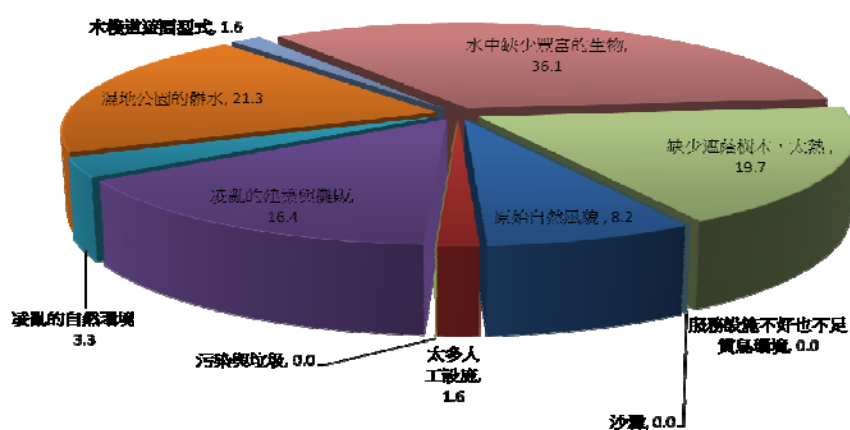


圖 52. 民眾暨遊客最不喜歡山水溼地的哪一部分之百分比

一般遊客與民眾對山水溼地的印象中，經問卷調查顯示，以自然優美佔 32.8%最高，其次為面積太小佔 23.0%、植物與棲地種類太少佔 21.3%，其餘 11 種選項皆小於 9.8%以下，依序為潮間帶很貧乏、野生動物少的可憐、植物生長

不良、建築太新/多、缺乏維管、很有趣好玩、過多人工設施、外來植物太多、海堤妨礙視野、鄰近溼地的建築太靠近與外溼地的水很髒。

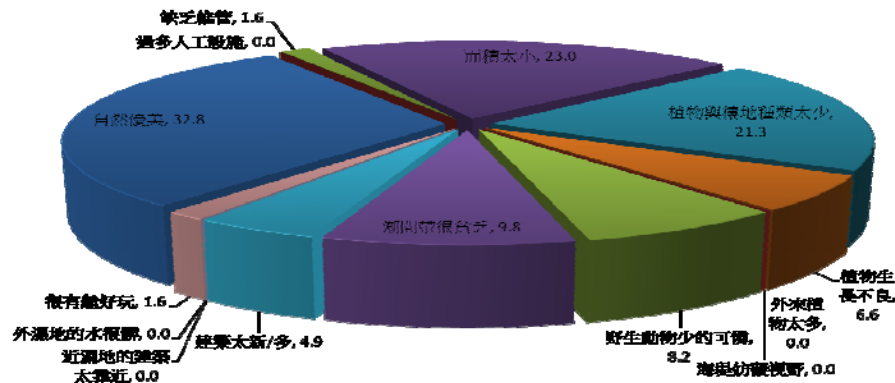


圖 53. 民眾暨遊客對山水溼地的普遍印象之百分比

遊客與當地民眾對於山水溼地建議，一般都期待能強化自然保育，其次為增加觀賞與機能植物、擴大紅樹林範圍或保護範圍，而減少人為干擾回歸自然原始、增加服務設施及結合地方產業活動各佔整體 8.2%~3.3%之間，而剩餘 4 點選項則無人勾選，如拆除堤防增進視野、增加食宿選項、加強解說和去除外來植物，其可能牽扯專業領域知識，故影響此項作答結果。

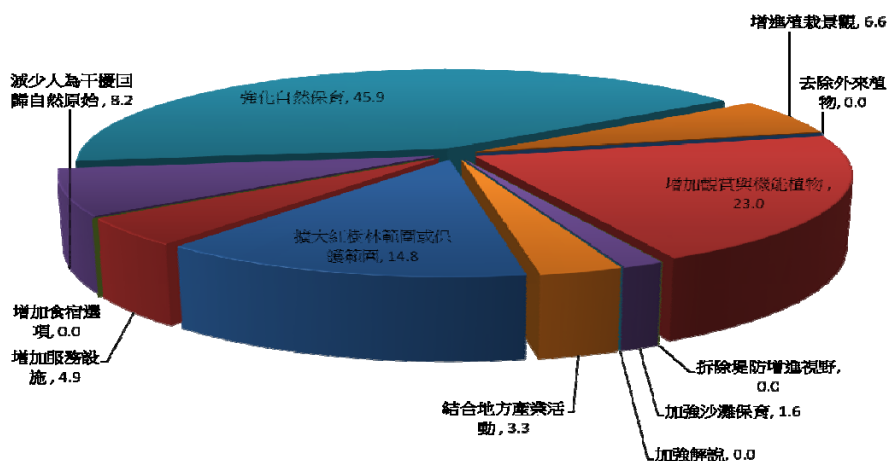


圖 54. 民眾暨遊客給予山水溼地的未來建議項目

針對遊客民眾於山水溼地主要從事遊憩活動，已列舉 10 種選項，而問卷調

查統計顯示，以觀景、看海為遊客民眾至山水溼地最主要從事活動之一，佔整體 45.9%，其次為散步 34.4%、游泳和聊天 9.8%、攝影暨沉思 1.6%，其餘觀查野生動植物、捉或釣魚蝦、吃東西喝飲料及衝浪或海上摩托車皆為 0%。

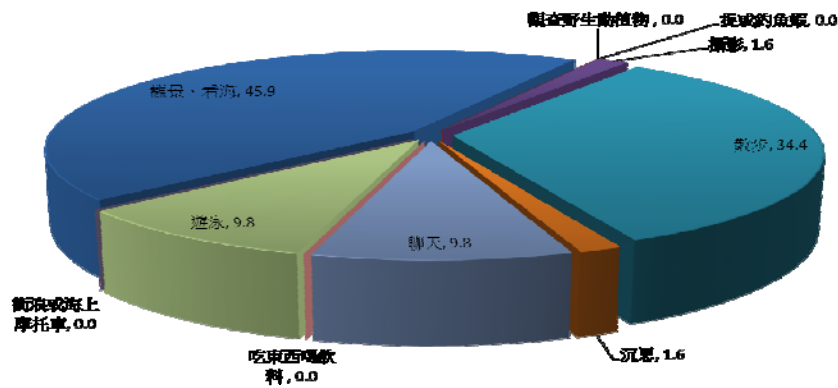


圖 55. 民眾暨遊客主要在山水溼地所從事的活動項目

澎湖山水溼地於縣府規劃下，溼地遊憩景觀價值呈正向結果，民眾整體滿意度仍給予高度評價，相關缺失如涼亭設計位置數量或入口指標不明，與對溼地生態價值仍未完全獲得民眾肯定了解需再大力推廣宣導，當有了基礎的認知後，更能有效推動山水溼地生態限制規範。而溼地水質問題於本次問卷調查中一直引人詬病，而配合水質調查也確如此，此外池中缺乏豐富生物，也與生物調查完全呼應，這都是值得後續修正改善，而民眾與遊客對於縣府未來建議也希望能朝向自然保育方針為主，也希望提升觀賞與機能植物，擴大紅樹林保護範圍，也間接驗證縣府推廣宣導有初步成效，生態保育維護值得繼續向前執行。而未來若有機會時間，將增加問卷調查數量再更細分內外溼地相關價值疑問，以獲取更完整數據資料，提供更客觀統計參考值，供縣府參考使用。

第玖章、總 結

澎湖山水海岸區域位置確認調查

試驗地點位於山水溼地，過去因時空背景需要興建海岸堤防，造成棲地破碎化，於現今生態意識抬頭下，進行降堤工程，並建造人工溼地以淨化山水社區家庭用廢水，山水溼地依據堤防可區隔為內溼地與外溼地，而內溼地於 2005 已經由委託景觀公司進行規劃設計，於 2~3 年養護下植群林密，但外溼地才於 2012 年完工，植栽正值養護培養階段，施工所造成環境破壞，仍需仰賴時間「撫平修復」。而內外溼地地形平緩，無顯著地形高程差異，造成現今溼地內汙水進出水口動向，有違行政院環保署溼地規範配置，造成過濾後之淨水，再受到家禽廢水汙染，矛盾設計與溼地內水生植物稀疏欠缺，造成山水溼地水質淨化成效大打折扣。

溼地內外微氣候效益評估

內溼地歷經 2~3 年養護，植群物種林密豐富，減緩該區微氣候變化，而外溼地 2011 年擴建完工，地表裸露面積甚大，喬灌木植群分佈稀疏，但歷經半年棲地自我「復育」，地表植被快速拓展，裸露地區大幅降低，確實降低地表大氣溫濕度驟然變化，但在無大型喬、灌木保護下，外溼地強陣風的吹襲仍顯頻繁，強陣風吹襲對於遊客遊憩滿意度與前往意願為一大衝擊，冬季尤為明顯。其植栽補植、防風林、遊憩涼亭修建，對於溼地現況，尚非首要事項，內溼地遊憩休閒設施已能滿足民眾及遊客休憩使用，外溼地保育現有環境，營造環境多樣性，吸引多樣物種棲息進駐，誘引更多候鳥遷徙進駐，以提升溼地生態之價值。

水文水質調查

澎湖山水溼地依水流路徑大至可區隔 1、2、3、4 採樣區，第 1 採樣區因為山水汙水淨化場所排放淨水，水質相對潔淨乃無庸置疑，但流經第 2 和第 3 採樣區時因承接養鴨與漁產加工廢水，水體濁度遠大於第 1 採樣區，鹽度更甚 1 和 4 樣區內，溼地水體淨化沉澱動線相互矛盾，也影響著第 3 樣區溼地水體。現今因土地權限劃分，引導居民放棄家禽飼養與汙水排放仍需再努力，當務之急可轉換汙水排放動線流程，將汙水處理站處理後淨水，順勢排入內溼地第 1

樣區，第三樣區，再銜接外溼地。而家禽飼養區域(第二樣區)應直接導引至沉澱池連同家庭廢水，以淨水廠設備淨化後再排出，以達到山水溼地水質全面淨化。而外溼地於 8 月份進行陸域水道工程挖掘，是為避免外溼地雨季滿出溢流而設，但現今外溼地於各項水質標準普遍落於輕微污染範圍，未經處理直接排出，高含量大腸桿菌也正威脅山水海域遊憩品質，而渠道開通易造成海水入侵滲透，對於當地物種生物為一大衝擊，應立即進行渠道封閉，待水質淨化達遊憩用水標準再予排出較妥當。

山水沙灘地區陸域生物調查

植群調查顯示，冬春時期外溼地仍以番杏為主要優勢草種，覆蓋度指數也最為偏高，而緊鄰池畔又以羊蹄為主要優勢草種，該區域覆蓋度指數趨近於 100%，而內溼地在縣府委託計畫養護下，喬、灌木植群茂密林立，至 4 月止植群草種科別種數皆遠大於外溼地草種數量，春夏季交替內溼地植群優適度由番杏漸轉為加拿蓬、百慕達草和鰐腸。夏季外溼地池岸羊蹄已枯萎死亡，由龍爪茅、大花咸豐草、或鹽地鼠尾粟覆蓋占據。此外，內外溼地水質淨化因水生植物死亡而欠缺不足，對於水質淨化淨化大打折扣，前文已列出系列水體植物水質淨化能力分析表，未來經費允許下可進行補植(如香蒲、燈心草、海茄冬、欖李)，方能提高溼地水質淨化能力。而外溼地以影像紀錄拍攝顯示，裸露地區逐漸受當地植被拓展覆蓋，裸露逐漸下降，覆蓋速率遠大於試驗假設，對於未來生物數量種類應有相對差異影響。過去調查中，內溼地植被數量物種豐富，提供昆蟲及兩生類絕佳棲息隱蔽覓食場所，而外溼地植群自我再生復育中，植被密度稀疏，降低昆蟲兩生類進駐意願，但外溼地因面積廣大，無過於林密遮蔽物，似乎滿足候鳥與留鳥棲息條件，鳥類調查遠高於內溼地，而隨季節交替轉變，內外溼地候鳥比例數量逐漸呈無顯著差異水準，但仍以外溼地較高。而內外溼地魚蟹類捕抓，單一物種數平均皆以第 2、第 3 採樣區捕獲生物數最多，普遍以紅蟳、大肚魚為首，可能受家禽飼養造成水質優養，提供水中浮游生物大量繁殖增加，此外 2、3 樣區候鳥進駐數量少，也大幅降低天敵威脅，魚蟹數遠大於其他樣區。而山水海域又以星斑臭肚魚發現次數最多，蟹類岩岸以白紋方蟹為主，沙灘則為痕掌沙蟹最為普遍，在貝類共記錄 23 科 21 種。

山水溼地環境維護與遊客衝擊評估

於冬季與夏季調查期間觀測人數變化差異甚大，山水海岸夏季時期旅客眾多，冬季則零星數名，於第一次訪談目視中(2012/01/08)與問卷調查結果，內溼地的興建增添當地民眾遊憩休閒優異處所之一，也給予正面評價，僅外溼地因冬季風勢強勁，降低遊客民眾前往意願。而隨澎湖旅遊旺季到來，山水沙灘、溼地與三 0 高地遊憩人數逐漸上升，於假日活動遊客人數逐漸倍增，在區域管理維護乃需持續投入人力物力，以維持當地環境整潔。

而一般民眾對溼地生態價值仍未完全獲得民眾肯定了解需再大力推廣宣導，當有了基礎的認知後，更能有效推動山水溼地生態限制規範。而溼地水質、生物多樣性等相關問題於本次問卷調查中一直引人詬病，配合水質生物捕撈調查也確如此，這都值得縣府後續修正改善。此外園區旁凌亂的建築與攤販，也影響當地視覺景觀之衝擊。而民眾與遊客對於縣府未來建議也希望能朝向自然保育方針為主，也希望提升觀賞與機能植物，擴大紅樹林保護範圍，也間接驗證縣府推廣宣導有初步成效，生態保育維護值得繼續向前執行。

總結報告表

在近整年環境調查中，已各初步釐清溼地生態物種各所佔比例與能提供水質淨化之成效與矛盾點所在，也針對第叁章中所提出 4 大項目，所需解決探討之問題也再列表陳述，以利縣府未來決策參考應用。

表 37.山水溼地各評估項目未來建議與應用

評 估 項 目	建議與應用
國土保全與沙灘養護	
1. 本溼地對山水沙灘保砂防退的貢獻評估。	時間太短，仍看不出影響，目前並未真正完全破堤，只是降低堤防高度，但值得持續觀察影響。另一方面外溼地紅樹林面積增加有限，自然海灘腹地不變。
防災與公共衛生與生活環境品質功能評估	
1. 本溼地對社區洪泛排洪的價值評估。	山水溼地雖緊鄰山水社區卻更靠近海域，社區洪泛排洪應不構成威脅問題，在夏季豪雨期間，溼地確實達到滯洪之效果。 夏季豪雨目視發現，內溼地原陸岸區域已完全淹沒，確實發揮了滯洪之功能，避免淡水資源流失

<p>2. 評估人工溼地水質淨化能力可否取代社區傳統污水處理廠的設置？</p>	<p>現今山水溼地所面臨問題有：(1)因地形平緩水流走向錯位，造成淨水又二度遭受汙染。(2)水生植物欠缺無法藉由水生植物淨化之效果有限。(3)同時兼具觀光遊憩，水質惡臭難聞必遭投訴抱怨。(4)溼地面積偏小，若僅靠此溼地來達山水社區汙水淨化，實在太過勉強，最後反延伸出額外水源汙染之問題。</p> <p>結論建議：</p> <p>以現有溼地狀況條件，還是需以傳統污水處理廠的處理為主，溼地淨化為輔。</p>
<p>3. 夏季病媒蚊指數評估。</p>	<p>內外溼地本身已無浮水型水生植物栽植，且水中含有一些肉食性的淡水魚類，已確實降低病媒蚊孳生的隱憂，但溼地內水流流速平緩靜止，區域池畔邊有半水生植物，此卻反易造成蚊媒孳生，仍需再加以改善。</p> <p>建議：</p> <p>區域內地形平緩，水源補給欠缺，要達到水流快速位移流動，絕非可行，可朝向岸邊半水生植群進行簡易修剪清除，避免水域內過量拓展繁殖，造成水源流動阻塞，以降低蚊蟲孳生率。</p>
<p>4. 風砂與微氣候的改善價值評估。</p>	<p>微氣候調查顯示，外溼地歷經拓墾開挖與大型喬木樹種欠缺，造成地表風速強勁，工程機具搬運擠壓所造成地表裸露，連帶提升揚塵好發率。但半年後植被開始復育重生，已確實降低地表裸露面積，相對降低地表沙源傳動率，但地表風速仍然強勁偏高，高強勁風速是衝擊遊憩品質重要一環，而內溼地經過 2 年養護植群樹種復育良好，大氣微氣候趨近穩定，也反映於遊客人數、滿意度與生物調查結果上。(P61-67 有在加詳述，故不再贅言)</p> <p>建議：</p> <p>以觀光遊憩為建設起點，外溼地確實需進行防風林、灌木與地被補植，但卻可能犧牲該區域內獨特性與特殊性，較不推薦執行，本計畫仍傾向建議維持區域環境多樣性，營造自然復育生態環境。</p>
<p>自然資源保育功能評估</p>	
<p>1. 本溼地對地下水保育與海岸遊憩的價值評估。</p>	<p>外溼地有海水在豪雨時直接導入，使整體總氯、電導度、鹽分均增高，數據顯示與疏洪管線連通外海有關。此舉不利於地下水涵養，目前以山水社區水井為指標，水質、水位雖仍未出現變化，未來需要</p>

	持續觀察其可能影響。
2. 海堤降低或拆除對環境保全的衝擊與生態棲地價值提升的評估。	2011-2012 僅有兩次颱風豪雨，但仍未觀察到明顯越堤現項。海堤降低以堤內、外物種的共通性為判斷指標顯示相似度低，可能是空間環境條件的差異造成，但也可能是堤防造成的棲地碎裂化引起，需持續調查。理論上若為後者，隨時間演進，同質化（物種一致）會提升。
3. 近海或潮間帶的魚蝦貝海洋漁場的維護與產量/值提升。	據蝦籠取樣與釣客漁獲訪查，產量與多樣性不高，本年為第一年，目前因無背景數據尚無法確認，2013 以同樣取樣方法可以進一步對照。外溼地開挖前，曾經由潛水員潛入海中觀察珊瑚礁與熱帶魚的狀況，當時的結果是正面的，而且與墾丁南灣比較也不遜色。海岸若缺乏植被，易造成淤沙淹蓋珊瑚，建議雨季與非植物生長季避免大規模開挖擾動，需持續觀察。除此之外，目前降堤範圍太短而且亦非去堤，陸域與水域生物與基質可以更廣泛接觸才有機會改變提升近海或潮間帶的生物多樣性與族群數量，而且陸域的植物也需全面復育原生植被消除外來植物。

景觀遊憩價值評估

1. 本廢水處理溼地是否對黃金沙灘造成水質疑慮(如大腸桿菌)。	<p>山水溼地距離山水沙灘極為接近，若想營造兼具賞鳥、民生、沙灘遊憩之環境，有相對代價，鳥類與家禽飼養糞便排糞，為大腸桿菌增生一大主因，水質調查結果顯示，現今大腸桿菌含量相對偏高「暴表」，環保署水質檢測標準也列為「中度汙染」範圍，而在去年 9 月又進行外溼地疏洪道開挖，溼地中已遭受汙染之地表水在未經處理下便可直接流入大海，對於山水海域遊憩觀光品質為一大衝擊。</p> <p>建議：</p> <p>外溼地疏洪道建議封閉，並勸導移除汙染源(養禽區)，改變整個溼地水質淨化的水源流向，避免淨水又遭受二次汙染，此外該溼地相關設施定位需再深思，若想兼具賞鳥、水質淨化、蓄洪防災或景觀遊憩，於相對矛盾或競合處，仍需以主要目標為首選考量，潔淨的黃金沙灘無可取代，尤其在旅遊旺季，外溼地夏天無候鳥，但水質若此時有汙染絕對不宜</p>
---------------------------------	--

	直接排入海洋，季節性的環境情境變化，十分微妙需要更大規模且持續監測水質。
2. 本溼地對社區觀光產業與景觀遊憩的磁吸效能。	<p>在問卷調查與訪談結果顯示，遊客與當地民眾對於山水溼地擁有方便交通、賞鳥環境、美麗金黃沙灘等都給予高度肯定與認同，對於社區觀光產業與景觀遊憩確實成功邁向第一步，值得後續鼓勵推動。</p> <p>建議：</p> <p>在問卷調查中遊客民眾希望未來能(1)擴大紅樹林範圍或保護範圍，減少人為干擾回歸自然原始。(2) 增加服務設施。(3)結合地方產業，達到農村三生一體之目標。但遊憩建設與景觀營造應以提升遊客體驗自然景觀為原則 (To enhance enjoyment of natural beauty)，所以仍需注意避免硬體結構物的增建。</p>
3. 本溼地對觀光客分散（空間：分流至溼地公園，減少集中於沙灘；時間：增加冬天遊憩機會），提升遊憩的生態承載量意義？	山水溼地遊客以沙灘戲水為大宗，溼地遊憩則以團體導覽為大宗，使用時間日夜與季節也有差別。旅遊淡季，尤其是外溼地有水時，是候鳥賞鳥旺季。對區域的旅遊完整性與遊憩體驗的豐富性、分散遊客、提升遊憩承載量皆有助益。
4. 景觀調和性、自然度、多樣性、遊憩資源提升價值評估。	目前顯示本溼地的生物多樣性，在理論值雖不優異，而且稀有或瀕危的物種亦極少，但整體的水（淡與鹹）、陸、空物種在很小的基地內共存，且可即性（access）又高，對遊憩價值仍屬珍貴。生物多樣性會隨時間增加，因此後續仍需持續調查。

第拾章、參考文獻

1. 王炫雄. 2006. 高美溼地鄰近居民對溼地環境認知與保育態度之研究. 東海大學景觀系碩士論文.
2. 王淑君、黃章富. 2009. 論人工溼地在城市污水處理中應用研究. 淮陽職業技術學院學報 22(2): 156-157.
3. 山水溼地教育園區委託規劃設計. 2005. 仕品規劃設計股份有限公司.
4. 宋茂成、錢茜. 2010. 人工溼地處理污水機制及影響因素. 污染防治技術 23(6): 38-40.
5. 李公哲. 1978. 水質管理之原理. 國立編譯館. 台北市.
6. 李志源、林景行、陳志彰、李元圃. 1999. 「人工溼地改善優養化湖庫水質之績效」. 第五屆水再生及再利用研討會論文集. 台北. 18-27.
7. 李黃允. 2001. 以二階段人工溼地去除生活污水中營養鹽. 國立中山大學環境工程研究所.
8. 卓政德. 1999. 人工溼地應用於台灣海岸地區策略之研究. 國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文.
9. 甘昆平. 1999. 台灣東北角天然岩岸與人工海岸(水泥消波塊)魚類群聚之比較. 國立海洋大學海洋生物研究所碩士論文.
10. 何茂賢. 2003. 以人工溼地系統處理受污染河水中營養鹽之探討, 嘉南藥理科技大學環境工程衛生系碩士論文.
11. 呂志宏. 2001. 有機廢水之硝化與脫硝處理研究. 大同大學生物工程研究所碩士論文.
12. 吳姍樺、王震哲、陳子英、劉和義. 2008. 外來入侵植物全國現況調查前導規劃(期末報告). 行政院農委會林務局.
13. 林明峰. 2002. 都會區域排水感潮河段水質指數建立之探討-以高雄愛河為例. 屏東科技大學環境工程與科學系碩士論文.
14. 林庭寧. 2005. 遊客對於高美溼地環境認知與保育態度之研究. 東海景觀大學景觀系碩士論文.
15. 林幸助、薛美莉、陳添水、何東輯. 2010. 溼地生態系生物多樣性監測系統

- 標準作業程序. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心. 南投縣.
16. 林怡潔. 2008. 人工溼地水棲昆蟲相調查及生物指標建立. 嘉南藥理科技大學環境工程與科學系碩士論文.
 17. 林郁靜. 2008. 以實驗方法探討人工溼地之水質淨化效益. 國立中央大學土木工程研究所碩士論文.
 18. 邱文彥. 1999. 台灣溼地環境生態教育. 環境教育季刊. 39 : 23-32.
 19. 邱南毅. 2003. 降雨條件影響入滲之研究. 國立成功大學地球科學研究所碩士論文.
 20. 施孟亨. 2006. 「成大人工溼地維護管理之研究」, 國立成功大學建築研究所環境控制組碩士論文.
 21. 洪國鑫. 2002. 高水力負荷下溼地污染物模式分析, 國立成功大學環境工程學系碩士論文.
 22. 翁美姬、劉鵬、須根娣. 2005. 人工溼地進行汙水處理的研究進展. 安徽農業科學. 33(7) : 1251-1253.
 23. 章佳騏. 2007. 武洛溪人工溼地設置對周遭生態環境影響之研究. 國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程系碩士論文.
 24. 許中立、張綸纖、許正葳、簡維信. 2007. 應用人工溼地處理養殖廢水效應之探討. 坡地防災學報. 7(2): 1-8.
 25. 莊雅軒. 2004. 談水草澤溼地水文對生態環境影響之初步研究-以屏東科技大學為例. 國立屏東科技大學土木工程系碩士論文.
 26. 郭一羽和張憲國. 2002. 海岸生態復育之結構物的研發及應用研究-以新竹港南海岸為例. 經濟部水利署 91 年委辦計畫. p. 72-74.
 27. 陳玉峯. 1980. 墾丁國家公園研究論叢之一墾丁國家公園海岸植被. 墾丁國家公園管理處. 臺中市. 17.
 28. 陳鴻烈、蔡大偉、呂銘淵. 2009. 應用迴歸分析法於最佳水質指標選擇之研究. 農林學報. 58(4): 307- 322.
 29. 陳正平. 1998. 綠島海洋生物調查. 內政部營建署海洋國家公園管理處委辦研究報告.
 30. 彭瑩和嚴力蛟. 2011. 人工溼地淨化汙水機制及發展方向探索. 綠色科技 2 : 106-11.2

31. 楊之遠、柳中明、彭立新、錢正安. 2001. 大陸沙塵暴的過去、現在和未來: 大陸沙塵暴對台灣地區空氣品質影響與預測研討會論文集. 1: 1-20.
32. 楊鴻嘉和陳同白. 1971. 台灣重要魚介圖說. 漁業彙刊第 10 號. 中國農村復興聯合委員會. 4.
33. 楊遠波、邱文良、林則桐. 1991. 澎湖植相與植物社會之調查. 澎湖防風林生態造林之研究八十年度研究彙報. 台灣省林業試驗所.
34. 劉玉雪、吳浚霖、陳秀美、鐘惠珠. 2010. 本土性水生植物對水中汙染物質去除成效研究. 農業工程學報 55(4): 55-69.
35. 劉小如. 1995. 東沙國家公園陸域生物調查. 內政部營建署委託辦理報告. 臺北市
36. 劉婧、陳昕、羅安程、王珊珊、鞠偉偉. 2011. 溼地植物根表鐵膜在污水磷去除中的作用. 浙江大學學報 37(2): 224-230.
37. 歐文生、林憲德、荊樹人. 2006. 「景觀化人工溼地淨化校園污水效益與公共衛生之研究」. 中華民國建築學會 56: 183-202.
38. 蔡碧芝、陳章波、朱蕙芳、范義彬、黃馨蔥、謝蕙蓮. 2009. 推動社區志工參與溼地經營管理-以淡水河大漢新店溼地為例. 2009 環境教育實務交流及學術研討會.
39. 蔡寧又、陳章波、范義彬、黃馨蔥、謝蕙蓮. 2011. 以自我評估法檢視華江溼地生態監測志工之培訓成效. 環境教育研究 8(2): 63-98.
40. 蔡德華. 2011. 基礎化工. 東大圖書公司. 臺北市.
41. 蔡崇憲. 2007. 風飛沙景觀解析與對策: 國立宜蘭大學園藝系研究所碩士論文.
42. 顏宛珍. 2006. 以人工溼地處理校園化糞池出流水之研究. 國立台灣科技大學化學工程系碩士論文.
43. 鄧枝安、蔡允棟、林文賜. 2011. 嘉義縣鰲鼓溼地環境保育與休閒產業開發方案評估之研究. 水土技術 6(1): 31-44.
44. 鄭福田. 1988. 空氣採樣及分析的方法(下). 渤海堂文化事業有限公司. 臺北市 139-142.
45. 賴瑩雪. 2009. 五股溼地遊客自然保育知識、態度與行為之研究. 國立海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文.

46. 薛憲文和藍文彥. 1995. 海岸管理與海岸地理資訊系統—以台南縣七股地區漁業與人口資料為例. 七股地區之社經現況與生態環境研討會論文集.
47. 韓乃鎮. 1998. 臺灣治海源地調查. 民生報社. 臺北.
48. 謝效余. 2001. 水平流式升物濾床串連地下流式人工溼地處理養豬廢水可行性之研究. 國立中山大學海洋環境及工程學系碩士論文.
49. 簡淑娟. 2005. 人工溼地系統處理污水污染物去除和氧化還原電位關係之探討. 嘉南藥理科技大學環境工程與科學系碩士論文.
50. 劉棠瑞和蘇鴻傑. 1983. 森林植物生態學. 台灣商務印書館. 臺北市.
51. 藤佳霖. 2011. 五股溼地附近里民對溼地環境認知-以成州里為例. 臺北市立教育大學環境教育與資源研究所碩士論文.
52. 籍國東、姜兆春和趙麗輝. 1998. 我國污水資源化的現狀分析與對策探討. 環境科學進展 7(5) : 85-95.
53. Amelia K. K. 2001. The potential for constructed wetlandss for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review. Ecological Engineering 16: 545-560.
54. Ambrogi, A. O. and D. Savini. 2003. Biological invasions as a component of global change in stressed marine ecosystems. Marine Pollution Bulletin 46: 542-551.
55. Airoidi, L. and Beck, M.W., 2007. Loss status and trends for coastal marine habitats of Europe. Oceanography and Marine Biology. An Annual Review 45: 345–405.
56. Ayaz C.S. and Akca L. 2000. Treatment of wastewater by constructed wetlands in small settlement. Water Science and Technology. 41(1) : 69-73.
57. Angelo D‘ E.M. and Reddy K. P., 1994, Diagenesis of organic matter in a wetlands receiving hypereutrophic lake water : II. Role of inorganic electron acceptors in nutrient release. J. Environ. Qual 23: 937-943.
58. Boylan, KD. and Maclean, DR. 1997. Linking species loss with wetlands loss. Nat Wetlandss Newsl 19(6) : 1.13-17.
59. Bulleri, F. 2005. Role of recruitment in causing differences between intertidal assemblages on seawalls and rocky shores. Marine Ecology Progress Series 287:

- 53-64.
60. Burton, N. H. K., Evans, P. R. and Robinson, M. A. 1996. Effects on shorebird numbers of disturbance, the loss of a roost site and its replacement by an artificial island at Hartlepool, Cleveland. *Biological Conservation* 77 : 193-201.
61. Brix, H., 1997. Do Macrophytes Play a Role in Constructed treatment Wetlandss , *Wat. Sci. Tech.* 35(5) :11-17.
62. Bougard, D., N. Bernet, D. Cheneby and J.-P. Delgenes. 2006. Nitrification of a High-Strength Wastewater in an Inverse Turbulent Bed Reactor: Effect of Temperature on Nitrite Accumulation. *Process Biochemistry* 41(1): 106-113.
63. Bergen, S.D., S.M. Bolton, and J. L. Fridley. 2001. Design principles for ecological engineering. *Ecol. Eng* 18: 201–210
64. Basco D. R., D. A. Bellomo, J. M. Hazelton, and B. N. Jones. 1997. The influence of seawalls on subaerial beach volumes with receding shorelines. *Coastnl Engmwing* 30: 203-233.
65. Chapman M.G. and A.J. Underwood. 2011. Evaluation of ecological engineering of “armoured” shorelines to improve their value as habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 400: 302-313.
66. Cerberg, R.M., B.V. Elins and S.R. Lyon. 1986. Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlandss. *Water Science Technology* 20(3) : 363-36.
67. Colinviaux, P., Steinitz, M., 1979. Species richness and area in Galapagos and Andean lakes: equilibrium phytoplankton communities and a paradox of the zooplankton. *Limnoplankton Diversity in Ecuador* 697–711.
68. Chen, G.Q.,L. Shao,Z.M. Chen, Z. Li, B. Zhang, H. Chen and Z. Wu. 2011. Low-carbon assessment for ecological wastewater treatment by a constructed wetlands in Beijing. *Ecological Engineering* 37 : 622-628.
69. Chen, Z.M., B. Chen, J.B. Zhou, Z. Li, Y. Zhou, X.R. Xi, C. Lin, and G. Q. Chen. 2008. A vertical subsurface-flow constructed wetlands in Beijing. *Commun. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* 13 : 1986–1997.

70. Cvetkovic, M., P. Chow-Fraser. 2011. Use of ecological indicators to assess the quality of Great Lakes coastal wetlandss. *Ecological Indicators* 11 : 1609-162.
71. Dugan, J.E., and D.M. Hubbard. 2006. Ecological responses to coastal armouring on exposed sandy beaches. *Shore & Beach* 74: 10-16.
72. Dodson, S., 1992. Predicting crustacean zooplankton species richness. *Limnol. Oceanogr* 37 : 848–856.
73. Davidson, N. C. and Rothwell, P. 1993. Human disturbance to waterfowl on estuaries: Species issue of the Wader Study Group Bulletin 68: 1-106.
74. Decamp, O., and A. Warren. 2000. Investigation of *Escherichia coli* removal in various designs of subsurface flow wetlandss used for wastewater treatment. *Ecological Engineering* 14 : 293-299.
75. Fuch, V. J., J. R. Mihelcic, J. S. Gierke. 2011. Life cycle assessment of vertical and horizontal flow constructed wetlandss for wastewater treatment considering nitrogen and carbon greenhouse gas emissions. *Water Research* 45 : 2073-2081.
76. Glasby, T.M., 1998. Estimating spatial variability in developing assemblages of epibiota on subtidal hard substrata. *Mar. Freshw. Res* 49: 429-437.
77. Haberl, R. 1999. Constructed Wetlandss: A Chance to solve wastewater problems in developing countries. *Water Science and Technology* 40(3): 11-17.
78. Haberl R. 1999. Constructed wetlandss: A chance to solve wastewater problems in developing countries Original Research Article. *Water Science and Technology* 40 : 11-17.
79. Jackson. A.C., and J. McIlvenny. 2011. Coastal squeeze on rocky shores in northern Scotland and some possible ecological impacts. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 400: 314-321.
80. Kadlec, RH. and Knight, RL. 1996. *Treatment wetlandss. USA: Lewis.* 950.
81. Kivaisi, A. K., 2001. The potential for constructed wetlandss for wastewater treatmentand reuse in developing countries. *Ecological Engineering* 16(4) : 545-560.
82. Kadlec, J.A., and W.A. Wentz. 1974. *Stata-of-the-art survey and evaluation of marsh plant establishment techniques: induced and nature. Vol. 1: Report of*

- research. U.S. Army Corps Eng. Rep. D-74-9. U.S.A.
83. Kadlec , R. H. and Knight , R. L. 1996.“Treatment wetlandss.”2nded. ,Lewis.
84. Lin, Y. F., S. R. Jing, T. W. Wang and D. Y. Lee. 2002. Effects of Macrophytes and External Carbon Sources on Nitrate Removal from Groundwater in Constructed Wetlandss. *Environmental Pollution* 119(3): 413-420.
85. Louv, R. 2005. *Last child in the woods*: Saving our children from nature-deficit disorder. Chapel Hill, North Carolina: Algonquin Books.
86. Lima, S. L. 1998. Stress and decision making under the risk of predation: recent developments from behavioral, reproductive and ecological perspectives. *Advances in the Study of Behavior* 27: 215-290.
87. Lin, Y. F., S. R. Jing, T. W. Wang and D. Y. Lee. 2002. Effects of Macrophytes and External Carbon Sources on Nitrate Removal from Groundwater in Constructed Wetlandss. *Environmental Pollution* 119(3): 413-420.
88. Meuleman, A. F.M., R. van Logtestijn, G. B. J. Rijs. 2003. Water and mass budgets of a vertical-flow constructed wetlands used for wastewater treatment. *Ecological Engineering* 31: 31-44.
89. Mitsch, W.J. and Gosselink, J.G. 2000. *Wetlandss*, 2nd ed., Van Nostrand Reinhold, New York.
90. Mashauri, D. A., D. M. M. Mulungu and B. S. Abdulhussein. 2000. Constructed Wetlands at The University of Dar Es Salaam. *Water Research* 34(4): 1135-1144.
91. Moreira, J., 2006. Patterns of occurrence of grazing molluscs on sandstone and concrete seawalls in Sydney Harbour (Australia). *Mollusc. Res* 26: 51-60.
92. Mashauri, D. A., D. M. M. Mulungu and B. S. Abdulhussein. 2000. Constructed Wetlands at The University of Dar Es Salaam. *Water Research* 34(4): 1135-1144.
93. Nordstrom, K.F., 2000. *Beaches and Dunes on Developed Coasts*. Cambridge University Press, UK, 388.
94. Odum, E. P. 1989. *Ecology and our endangered life-support systems*. Sunderland, Mass.: Sinauer Assoc. Inc.

95. Omar, D., A. McLachlan, D. S. Schoeman, T. A. Schlacher, J. Dugan, A. Jones, M. Lastra, and F. Scapini. 2009. Threats to sandy beach ecosystems: A review.
96. Odum, E.P., (1971) Fundamentals of Ecology. 3rd. ed. W.B.Saunders.
97. Pollock, S. V., S. L. Colombo, Jr. D. L. Prout, A. C. Godfrey and J. V. Moroney. 2003. Rubisco Activase is Required for Optimal Photosynthesis in the Green Alga *Chlamydomonas Reinhardtii* in a Low-CO₂ Atmosphere. *Plant Physiology* 133(4): 1854-1861.
98. Partchett, M., M. Berumen, M. Marnane, J. Eagle and D. Partchett. 2008. Habitat associations of juvenile versus adult butterflyfishes. *Coral Reefs* 27 : 541-551.
99. Piersma, T., Hoekstra, R., Dekinga, A., Koolhaas, A., Wolf, P., Battley, P. and Wiersma, P. 1993. Scale and intensity of intertidal habitat use by knots *Calidris canutus* in the western Wadden Sea in relation to food, friends and foes. *Netherlands Journal of Sea Research* 31: 331-357.
100. Rehfish, M. M., Insley, H. and Swann, B. 2003. Fidelity of overwintering shorebirds to roost on the Moray Basin, Scotland: implications for predicting impacts of habitat loss. *Ardea* 91: 53-70.
101. Roberts, G. 1996. Why individual vigilance declines as group size increases. *Animal Behaviour* 51: 1077-1086.
102. Russell, G., 2000. The algal vegetation of coastal defences: a case study from NW England. *Bot. J. Scot* 52: 31-42.
103. Roger, D. I., Piersma, T., Hassell, C. J. 2006. Roost availability may constrain shorebird distribution: Exploring the energetic costs of roosting and disturbance around a tropical bay. *Biol. Conserv* 133: 225-235.
104. Saengsupavanich C., S. Chonwattana, T. Naimsampao. 2009. Coastal erosion through integrated management: A case of Southern Thailand. *Ocean & Coastal Management* 52: 307-316.
105. Schlacher, T.A., D. S. Schoeman, M. Lastra, A. Jones, J. Dugan, F. Scapini, and A. McLachlan, 2006. Neglected ecosystems bear the brunt of change. *Ethology Ecology & Evolution* 18: 349-351.

106. Solano, M.L. 、 Soriano P. and M.P. Ciria. 2004. Constructed Wetlandss as a Sustainable Solution for Wastewater Treatment in Small Villages. *Biosystems Engineering* 87(1) : 109-11.
107. Spieles, D. J. and Mitsch W. J. 2000. The effects of season and hydrologic and chemical loading on nitrate retention in constructed wetlandss: a comparison of low- and high-nutrient riverine systems. *Ecological Engineering* 14 : 77-91.
108. Shutes, R.B.E. 2001. Artificial wetlandss and water quality improvement. *Environment International* 26: 441-447.
109. Selma, C. and Akca L. 2001. Treatment of wastewater by natural system. *Environment International* 26 : 189-19.
110. Sharp, A. and Conrad, C. 2006. Community based ecological monitoring in Nova Scotia: Challenges and opportunities . *Environmental Monitoring and Assessment* 113: 395-409.
111. Stottmeister, U., A. Wießner, P. Kusch, U. Kappelmeyer, M. Kastner, O. Bederski, R.A. Müller, H. Moormann. 2003. Effects of plants and microorganisms in constructed wetlandss for wastewater treatment. *Biotechnology Advances* 22 : 93-117.
112. Sullivan, G., 2001. Establishing vegetation in restored and created coastal wetlandss. Chapter 4. *Handbook for Restoring Tidal Wetlandss*. CRC Press. U.S.A. 119-155.
113. Tchobanoglous, G., 1993. Constructed wetlandss and aquatic plant system : research, design, operational, and monitoring issues. In G.A. Moshiri, Ed.
114. Tadesse, I., F. B. Green and J. A. Puhakka, 2004. Seasonal and Diurnal Variations of Temperature, pH and Dissolved Oxygen in Advanced Integrated Wastewater Pond Systems Treating Tannery Effluent”. *Water Research* 66(3): 645-654.
115. Vaselli S., F. Bulleri, and L. Benedetti-Cecchi. 2008. Hard coastal-defence structures as habitats for native and exotic rocky-bottom species. *Marine Environmental Research* 66: 395-403.
116. Vijayaraghavan, S. and D. Y. Goswami. 2003. Photocatalytic Oxidation of

- Toluene in Water from an Algae Pond with High Dissolved Oxygen Content”,
Journal of Solar Energy Engineering. Transactions of the ASME. 125(2):
230-232.
117. Vymazal, J. 2005. Constructed wetlandss for wastewater treatment. Ecological
Engineering 25(5) : 475-477.
118. Vymazal, J. 2009. The use constructed wetlandss with horizontal sub-surface
flow for various types of wastewater. Ecological Engineering 35 : 1-17.
119. Whigham, D. F. 1999. Ecological issues related to wetlands preservation,
restoration, creation and assessment. The Science of the Total Environment 240:
31-40.
120. Walker, S. J., T. A. Schlacher, and L. M. C. Thompson. 2008. Habitat
modification in a dynamic environment: The influence of a small artificial
groyne on macrofaunal assemblages of a sandy beach. Estuarine, Coastal and
Shelf Science 79: 24-34.
121. Zhanga, D., R. M. Gersberg, and T. S. Keat. 2009. Constructed wetlandss in
China. Ecological Engineering 35: 1367-1378.
122. Zhu T. and F. J. Sikora. 1995. Ammonium and nitrate removal in vegetated and
unvegetated gravel bed microcosm wetlandss. Wat. Sci. Tech 32(3): 219-228.

網址:

1. 美 國 國 家 環 境 保 護 局
-www.epa.gov/owow/wetlandss/watersheds/cwetlandss.html.-wed
2. USEPA. Constructed treatment wetlands.Zhanga, D., R. M. Gersberg, and T. S.
3. 行 政 院 環 保 署 水 質 淨 化 現 地 處 理 -
<http://wqp.epa.gov.tw/ecological/ClassRoom.aspx?Num=01>
4. 美國環保局-<http://water.epa.gov/type/wetlandss/restore/cwetlandss.cfm>
5. 中華民國環保法規資料中心 <http://law.epa.gov.tw/zh-tw/>
6. 政 院 環 保 署 - 全 國 水 質 監 測 網
<http://wq.epa.gov.tw/WQEPA/Code/Business/Vocabulary.aspx>
7. 台 北 自 來 水 事 業 處
<http://www.twd.gov.tw/ct.asp?xItem=9579531&ctNode=47834&mp=114001>

8. 國立海洋科技博物館潮境工作站設備系統資料庫 (2003) 氧化還原電位計
http://www.nmmst.gov.tw/nmmst/work_4_6_2_2.jsp?serial=19&range_no=15

第拾壹章、附件

附件 1-1

每月於澎湖山水溼地不同監測位置內水溫變化之比較

	Fed.	Mar.	Apr.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
沉澱池進水口	14.9	20.9 c ^z	25.9e	28.1 d	29.7 c	30.5 a	25.1 de	23.2 bc
內溼地第 1 採樣區	-	26.8 ab	29.8 ab	30.5 bc	30.8 b	30.2 ab	24.7 e	21.8 def
第 2 採樣區進水口	-	25.9 ab	28.3 d	30.3 c	31.4 a	30.0 b	24.6 e	22.2 cde
第 2 採樣區出水口	15.7	20.3 c	29.0 c	31.2 ab	31.3 a	30.6 a	25.1 de	23.8 b
第 3 採樣區後	-	19.1 c	29.7 ab	31.5 a	31.4 a	29.9 bc	24.6 e	22.3 cde
外溼地左側	15.1	24.9 b	30.0 a	30.0 c	28.6 e	29.3 d	26.4 bc	21.7 ef
外溼地前側	14.8	27.5 a	30.3 a	29.7 c	28.7 de	29.7 bcd	24.7 e	21.8 def
外溼地右側	-	27.2 a	30.0 a	30.0 c	28.9 d	29.8 bcd	24.6 e	21.62 ef
外溼地最末	15.0	27.0 a	29.2 bc	30.1 c	28.5 e	29.7 bcd	25.8 cd	20.9 f
山水海域	-	-	-	27.0 e	27.9f	29.5 cd	26.1 bc	22.8 bcd
地下水	-	-	-	28.3 d	30.5 b	29.4 cd	28.5 a	26.9 a
外溼地排水道	-	-	-	-	-	-	26.8 b	21.3 ef

^z: Means with the same letter within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

n:3

- : No investigation

附件 1-2

每月於澎湖山水溼地不同監測位置內 pH 變化之比較

	Fed.	Mar.	Apr.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
沉澱池進水口	8.3	7.8 d ^z	7.2 f	7.9 e	8.0 d	8.4 c	8.6 cd	8.8 cd
內溼地第 1 採樣區	-	8.7 c	7.8e f	9.1 a	8.6 b	8.9 a	9.8 a	9.5 ab
第 2 採樣區進水口	-	9.0 bc	7.2 f	8.8 b	8.6 b	8.9 a	9.9 a	9.9 a
第 2 採樣區出水口	8.7	7.8 d	8.2 d	9.1 a	8.7 a	8.8 ab	9.4 ab	9.5 ab
第 3 採樣區後	-	8.0 d	8.3 d	8.1 d	8.4 b	8.9 a	9.7 a	9.5 ab
外溼地左側	10.9	9.1abc	9.1 b	8.5 c	8.3 bc	8.8 ab	9.6 a	8.8 cd
外溼地前側	10.7	9.5 ab	9.5 a	8.5 c	8.4 b	8.8 ab	9.1 bc	8.9 cd
外溼地右側	-	9.6 a	9.1 b	8.4 c	8.4 b	8.8 ab	9.0 bc	9.2 bc
外溼地最末	10.3	9.6 ab	8.7 c	8.6 bc	8.1 cd	8.7 b	8.8 cd	8.9 cd
山水海域	-	-	-	8.1 d	8.2 cd	8.1 d	8.5 cd	8.6 d
地下水	-	-	-	8.2 d	7.8 e	8.4 c	8.4 d	8.5 d
外溼地排水道	-	-	-	-	-	-	8.8 cd	8.5d

^z: Means with the same letter within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

n:3

- : No investigation

附件 1-3

每月於澎湖山水溼地不同監測位置內 DO/mg/L 變化之比較

	Fed.	Mar.	Apr.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
沉澱池進水口	5.0	4.3 c ^z	7.0 bc	8.5 d	6.8 ab	7.1 bc	5.6 e	5.1 e
內溼地第 1 採樣區	-	8.4 ab	5.7 c	10.9 bc	5.6 ab	7.5 bc	9.1 cd	8.9 bc
第 2 採樣區進水口	-	15.0 a	5.6 c	10.2 bed	3.9 c	6.6 bc	8.8 cd	7.3 d
第 2 採樣區出水口	6.9	7.7 ab	7.9 bc	11.2 b	3.7 c	6.7 bc	10.6 bc	8.8 cd
第 3 採樣區後	-	8.9 b	8.2 bc	14.7 a	3.8 c	5.7 c	10.0 c	8.9 bc
外溼地左側	15.6	11.7 ab	9.2 ab	10.8 bc	7.5 ab	6.8 bc	13.5 a	11.5 a
外溼地前側	10.2	13.6 a	11.8 a	11.5 b	6.4 ab	5.9 c	5.4 e	9.8 b
外溼地右側	-	13.3 a	8.2 bc	11.6 b	5.4 c	6.7 bc	6.8 de	11.0 a
外溼地最末	14.1	14.2 a	8.9 abc	11.3 b	6.3 ab	6.2 c	12.7 ab	11.72 a
山水海域	-	-	-	9.2 cd	9.5 b	9.4 b	6.8 de	6.7 de
地下水	-	-	-	8.4 d	16.2 a	12.6 a	8.9 cd	8.9 bc
外溼地排水道	-	-	-	-	-	-	10.0 c	9.8 b

^z: Means with the same letter within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

n:3

- : No investigation

附件 1-4

每月於澎湖山水溼地不同監測位置內濁度變化之比較

	Fed.	Mar.	Apr.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
沉澱池進水口	-	6.1 b ^z	6.4 cb	263.0 a	152.1 b	209.0 a	225.2 c	23.9 e
內溼地第 1 採樣區	-	10.0 b	2.3 cb	47.6 cd	47.2 cd	27.9 c	32.0 d	28.1 e
第 2 採樣區進水口	-	30.2 b	0.3 d	22.1 d	53.7 cd	34.2 c	38.8 d	187.0 d
第 2 採樣區出水口	-	4.0 b	5.1 cb	19.3 d	44.7 cd	68.6 bc	55.9 d	42.4 e
第 3 採樣區後	-	1.4 b	14.4 c	18.6 d	49.2 cd	130.0 b	69.3 d	53.3 e
外溼地左側	-	116.3 a	65.8 a	205.0 b	411.7 a	79.6 bc	642.0 a	468.0 bc
外溼地前側	-	135.3 a	51.5 b	87.0 c	457.3 a	50.7 bc	730.7 a	639.6 a
外溼地右側	-	129.0 a	48.3 b	62.2 cd	202.0 b	48.5 c	637.3 a	589.6 ab
外溼地最末	-	95.7 a	42.7 b	46.2 cd	80.8 c	33.1 c	468.3 b	417.6 c
山水海域	-	-	-	9.0 d	10.1 d	11.0 c	6.6 d	10.1 e
地下水	-	-	-	4.6 d	3.4 d	3.7 c	4.7 d	5.4 e
外溼地排水道	-	-	-	-	-	-	86.4 d	43.9 e

^z: Means with the same letter within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

n:3

- : No investigation

附件 1-5

每月於澎湖山水溼地不同監測位置內鹽度變化之比較

	Fed.	Mar.	Apr.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
沉澱池進水口	0.7	1.4 b ^z	0.3 d	2.7 bc	4.9 b	3.7 bcde	1.2 d	1.5 f
內溼地第 1 採樣區	-	0.8 c	0.4 c	2.0 c	4.9 b	1.9 de	1.6 d	1.3 f
第 2 採樣區進水口	-	1.8 a	0.4 c	3.6 bc	4.4 b	3.6 cde	3.0 d	1.3 f
第 2 採樣區出水口	1.9	1.3 b	0.8 b	4.0 bc	6.7 ab	8.0 a	2.3 d	2.0 f
第 3 採樣區後	-	0.8 c	0.9 a	2.4 bc	5.5 ab	5.0 abcd	2.6 d	1.9 f
外溼地左側	0.5	0.9 c	0.3 d	3.8 bc	4.7 b	7.8 a	9.3 c	8.4 d
外溼地前側	0.5	0.8 c	0.3 d	5.5 b	5.1 ab	9.0 a	16.7 b	11.2 c
外溼地右側	-	0.8 c	0.3 d	5.4b	4.7 b	7.4 abc	16.7 b	9.1 d
外溼地最末	0.5	0.7 c	0.3 d	4.6 bc	5.1 ab	7.6 ab	5.3 cd	7.6 d
山水海域	-	-	-	8.9 a	8.3 a	9.1 a	24.5 a	30.2 a
地下水	-	-	-	2.4 bc	0.3 c	0.3 e	0.3 d	0.3 g
外溼地排水道	-	-	-	-	-	-	15.1 b	23.4 b

^z: Means with the same letter within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

n:3

- : No investigation

附件 1-6

每月於澎湖山水溼地不同監測位置內導電度變化之比較

	Fed.	Mar.	Apr.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
沉澱池進水口	1.4	2.6 b ^z	0.5 e	5.1 cd	9.0 ab	8.3 bc	2.3 de	2.4 ef
內溼地第 1 採樣區	-	1.6 c	0.9 c	3.9 de	8.9 ab	3.8de	3.1 de	2.7 ef
第 2 採樣區進水口	-	3.5 a	0.9 c	6.2 bcd	8.2 b	8.0 cd	5.6 d	2.5 ef
第 2 採樣區出水口	3.7	2.5 b	1.7 b	7.3 bcd	11.9 ab	11.9 abc	4.2 de	2.6 ef
第 3 採樣區後	-	1.6 c	1.8 a	5.9 bcd	9.5 b	8.9 bc	4.8 de	4.9 e
外溼地左側	1.0	1.9 c	0.7 d	7.1 bcd	8.5 b	12.2 abc	19.1 c	18.0 c
外溼地前側	1.20	1.6 c	0.7 d	9.8 ab	9.3 ab	14.5 a	21.9 c	18.9 c
外溼地右側	-	1.6 c	0.7 d	9.7 ab	8.7 ab	12.8 ab	27.1 b	15.6 c
外溼地最末	0.96	1.5 c	0.6 d	8.3 bc	9.1 ab	13.6 ab	22.5 c	10.5 d
山水海域	-	-	-	13.4 a	14.1 a	12.2 a	39.0 a	46.8 b
地下水	-	-	-	0.9 e	0.8 e	0.7 e	0.6 e	0.6 f
外溼地排水道	-	-	-	-	-	-	31.3 b	43.1 a

^z: Means with the same letter within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

n:3

- : No investigation

附件 1-7

每月於澎湖山水溼地不同監測位置內 ORPMV 變化之比較

	Fed.	Mar.	Apr.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
沉澱池進水口	-	209.3 b ^z	177.0 a	75.0 cd	-229.7 f	-172.7 g	-63.0 e	90.6 b
內溼地第 1 採樣區	-	156.3 d	154.0 d	83.7 bcd	-149.7 e	77.3 c	5.3 d	65.3 c
第 2 採樣區進水口	-	182.0 c	190.0 a	61.3 de	-181.7 e	-62.7 e	133.0 b	85.6 b
第 2 採樣區出水口	-	211.0 b	166.3 c	100.0 b	-78.7 d	87.0 bc	170.3 a	129.0 a
第 3 採樣區後	-	242.3 a	139.3 e	68.0 cde	-130.2 e	0.0 d	15.7 cd	52.3 cd
外溼地左側	-	138.3 de	87.0 g	77.3 bcd	-27.0 c	-56.7 e	18.7 cd	-177.7 h
外溼地前側	-	123.0 e	89.7 g	67.0 cde	-38.0 cd	-67.3 e	-40.7 e	-45.0 g
外溼地右側	-	131.7 e	98.7 f	85.3 bc	-40.0 cd	-68.0 e	9.0 d	-43.7 g
外溼地最末	-	138.0 de	101.3f	83.3 bcd	87.3 b	-110.7 f	18.3 cd	19.0 fg
山水海域	-	-	-	124.3 a	101.0 b	101.7 b	53.0 c	35.7 de
地下水	-	-	-	46.0 e	144.3 a	174.0 a	197.7 a	128.6 a
外溼地排水道	-	-	-	-	-	-	32.7 cd	14.7 f

^z: Means with the same letter within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

n:3

- : No investigation

附件 1-8

每月於澎湖山水溼地不同監測位置內 TDS/g/L 變化之比較

	Fed.	Mar.	Apr.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
沉澱池進水口	0.9	1.7 b ^z	0.4 c	2.8 cd	5.5 a	3.6 bc	1.4 c	1.6 d
內溼地第 1 採樣區	-	1.0 c	0.5 b	2.5 cd	5.4 a	8.1 abc	2.1 c	1.6 d
第 2 採樣區進水口	-	2.2 a	0.6 b	4.1 bc	5.0 a	10.6 ab	3.5 c	1.6 d
第 2 採樣區出水口	2.34	1.6 b	1.1 a	4.6 bc	7.3 a	14.4 a	2.6 c	1.6 d
第 3 採樣區後	-	1.0 c	1.1 a	4.0 bc	6.2 a	5.4 bc	3.0 c	2.0 d
外溼地左側	0.6	1.2 c	0.4 c	4.1 bc	5.1 a	7.9 abc	12.0 b	11.3 b
外溼地前側	0.8	1.0 c	0.4 c	5.9 ab	5.4 a	11.0 ab	13.8 b	11.6 b
外溼地右側	-	1.0 c	0.3 c	6.0 ab	5.3 a	14.4 a	16.7 b	9.6 bc
外溼地最末	0.6	1.0 c	0.4 c	7.2 a	6.0 a	14.3 a	5.4 c	6.6 c
山水海域	-	-	-	8.1 a	8.5 a	9.7 ab	24.0 a	31.9 a
地下水	-	-	-	0.6 d	0.4 b	0.4 c	0.4 c	0.4 d
外溼地排水道	-	-	-	-	-	-	14.9 b	32.4 a

^z: Means with the same letter within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

n:3

- : No investigation

附件 2-1

2012/03/15 澎湖山水溼地植被優勢度與歧異度指數計算調查

科名/中名	外溼地	沙灘地	內溼地/ 木麻黃林下	內溼地/ 黃槿林下
禾本科 Gramineae				
孟仁草	0.00000			0.00057
白茅				
狗尾草	0.01090			
紅毛草				
牛筋草	0.00043			0.00012
龍爪茅	0.00055			0.00004
鹽地鼠尾粟	0.00985	0.0817		0.00091
日本結縷	0.00000			0.00002
百慕達草				0.01846
雙穗雀稗				0.00048
升馬唐	0.00010			0.00034
短穎馬唐				
鋪地黍				0.00263
馬尼拉芝				0.00000
菊科 Compositae				
濱薊	0.00001			0.0000
長柄菊				0.00008
銀合歡				0.00077
大花咸豐草	0.00258			0.00006
加拿大蓬				0.00007
西洋浦公英		0.00003		
台灣浦公英				0.00000
銀膠菊				0.00016
紫背草				0.00000
濱剪刀股		0.00070		
錦葵科 Malvaceae				
圓葉金午時花	0.00000			0.00279
冬葵子				
賽葵	0.00001			0.0000
豆科 Fabaceae				
山地豆				0.00002
莧科 Amaranthaceae				

刺莧	0.00164			0.00002
野莧	0.00004			0.00010
大戟科 Euphorbiaceae				
大飛揚草				0.0000
葉下珠				0.00003
茄苳				0.00000
紅乳草				0.00001
旋花科 Convolvulaceae				
馬鞍藤	0.00000	0.40505		
莎草科 Cyperaceae				
香附子				0.00001
木麻黃科 Casuarinaceae				
木麻黃				
番杏科 Aizoaceae				
番杏	0.10442	0.00227	0.83927	0.09208
馬齒莧科 Portulacaceae				
馬齒莧	0.00049			0.00000
茄科 Solanaceae				
龍葵	0.00525		0.00070	0.01134
蓼科 Polygonaceae				
羊蹄	0.00273			
酢醬草科 Oxalidaceae				
酢醬草	0.00001		0.00004	0.00275
罌粟科 Papaveraceae				
薊罌粟	0.00001			
繖形花科 Apiaceae				
雷公根				
十字花科 Brassicaceae				
小葉碎米薺				0.0000
櫻草科 Primulaceae				
濱排草	0.00020			0.00004
海綠	0.00019			0.00002
車前草科 Plantaginaceae				
車前草				0.00067
香蒲科 Typhaceae				
水燭				0.00000
藜科 Chenopodiaceae				
小葉灰藿	0.00112			0.0010

變葉藜	0.00966	0.00258
-----	---------	---------

附件 2-2

表 28.2012/04/28 澎湖山水溼地植被優勢度與多樣性指數計算調查

科名/中名	外溼地	內溼地/ 木麻黃林下	內溼地/ 黃槿林下
禾本科 Gramineae			
狗尾草	0.00229		
牛筋草	0.00000		
龍爪茅			0.00119
鹽地鼠尾粟	0.00454		0.00006
日本結縷草			0.00002
百慕達草	0.00186		0.05149
雙穗雀稗	0.00148		0.00007
鋪地黍		0.02249	0.00003
膜稈草	0.00240		
兩耳草			0.00101
蓋氏虎尾草			0.00048
菊科 Compositae			
長柄菊			0.00000
銀合歡		0.00069	
大花咸豐草	0.00211		0.00015
加拿大蓬		0.03296	0.05551
紫背草			0.00090
掃帚菊	0.00000		0.00090
鱧腸	0.00000		0.02689
錦葵科 Malvaceae			
圓葉金午時花	0.00016		0.00125
豆科 Fabaceae			
山地豆			0.00002
長豆		0.00006	
蠅翼草			0.00000
莧科 Amaranthaceae			
刺莧			
假百日紅			0.00004
大戟科 Euphorbiaceae			
紅乳草			0.00000

旋花科 Convolvulaceae				
馬鞍藤	0.00003			0.00002
莎草科 Cyperaceae				
香附子		0.00848		0.00766
茄科 Solanaceae				
皺葉煙草				0.00000
番杏科 Aizoaceae				
番杏	0.12765	0.14554		0.00194
馬齒莧科 Portulacaceae				
馬齒莧	0.00000			0.00003
毛馬齒莧				0.00002
茄科 Solanaceae				
龍葵	0.00031	0.00505		
蓼科 Polygonaceae				
羊蹄	0.02458			
酢醬草科 Oxalidaceae				
酢醬草		0.00800		0.00000
罌粟科 Papaveraceae				
薊罌粟	0.00001			
繖形花科 Apiaceae				
雷公根				0.00000
大戟科 Euphorbiaceae				
猩猩木	0.00016			
櫻草科 Primulaceae				
濱排草				
海綠	0.00001			
車前草科 Plantaginaceae				
車前草				0.00001
香蒲科 Typhaceae				
水燭				0.00000
藜科 Chenopodiaceae				
小葉灰藺	0.00000			0.00014
變葉藜	0.00639			

附件 2-3

表 27.2012/09/1 澎湖山水溼地植被優勢度與歧異度指數計算調查

科名/中名	外溼地	沙灘地	內溼地/ 木麻黃林下	內溼地/ 黃槿林下

禾本科 Gramineae

孟仁草	0.00020		0.00001
白茅			
狗尾草	0.00230		0.00001
紅毛草			
牛筋草	0.00152		
龍爪茅	0.03496		0.00022
鹽地鼠尾粟	0.03467	0.16936	
日本結縷			
百慕達草	0.00069		0.04229
雙穗雀稗	0.00031		0.00035
升馬唐			0.00005
馬唐	0.00013	0.00266	0.00009
短穎馬唐			
鋪地黍	0.00797		0.00734
馬尼拉芝			
水生黍			0.16570
刺穀草			0.00011
台灣野稗	0.00009		0.00003
四生臂形草			0.00084
李氏禾	0.00017		0.00011
蓋氏虎尾草			0.00033

菊科 Compositae

傷寒草	0.00001		0.00025
裂葉昭和草	0.00003		
濱薊			
長柄菊	0.00035		0.00012
銀合歡			
大花咸豐草	0.00086		0.00001
鱧腸			0.00020
加拿大蓬		0.00002	
掃軸菊	0.00002		0.00000
黃鵪菜	0.00002		0.00001
西洋浦公英			
台灣浦公英			
天人菊	0.00004		0.0001
銀膠菊			
紫背草			0.00007

濱剪刀股	0.00132		
錦葵科 Malvaceae			
金午時花	0.00046	0.00354	0.00018
圓葉金午時花	0.00000		0.00001
細葉金午時花	0.00017		
冬葵子			
賽葵			
黃槿		0.00455	0.00000
豆科 Fabaceae			
山地豆			
小葉牻牛	0.00007		0.00047
山地豆	0.00021		0.00042
山豆根			0.00003
大葉山螞蝗	0.00003		0.00008
賽芻豆	0.00014		0.00001
田菁	0.00001		
濱刀豆	0.00003		
濱豇豆	0.00013		
莧科 Amaranthaceae			
刺莧	0.00022		0.00006
野莧			0.00001
長梗滿天星			0.00005
假千日紅			0.00011
大戟科 Euphorbiaceae			
大飛揚草			0.00027
葉下珠			0.0001
茄苳			
紅乳草			0.00018
台西大戟		0.01929	
旋花科 Convolvulaceae			
馬鞍藤	0.00198	0.30170	0.00002
白花牽牛	0.00040	0.00001	0.00005
大花千斤藤		0.01929	
馬蹄金			0.00001
莎草科 Cyperaceae			
香附子	0.00002	0.001929	0.01306
斷節莎草			0.00008
木麻黃科 Casuarinaceae			

木麻黃		
番杏科 Aizoaceae		
番杏		
海馬齒		
馬齒莧科 Portulacaceae		
馬齒莧	0.00006	
茄科 Solanaceae		
龍葵		
蓼科 Polygonaceae		
羊蹄	0.00000	
酢醬草科 Oxalidaceae		
酢醬草		
罌粟科 Papaveraceae		
薊罌粟		
繖形花科 Apiaceae		
雷公根		
十字花科 Brassicaceae		
小葉碎米薺		
櫻草科 Primulaceae		
濱排草	0.00034	
海綠		0.00011
車前草科 Plantaginaceae		
車前草		
假馬齒莧	0.00000	0.00009
香蒲科 Typhaceae		
水燭		
藜科 Chenopodiaceae		
小葉灰藺		0.00000
變葉藜	0.00011	0.00000
洛葵科 Basellaceae		
洋洛葵	0.08392	0.00007
菊科 Asteraceae		
霍香薊	0.01235	
西番蓮科 Passifloraceae		
三角西番蓮		0.00001
毛西番蓮		0.00001
香蒲科 Typhaceae		
香浦		0.00003

大戟科 Euphorbiaceae		
台西大戟		0.00015
茄苳		0.00000
猩猩草	0.00000	0.00000
蓖麻		0.00003
濱大戟	0.00001	
莧科 Celosia		
田烏		0.00020
鴨跖草科		
Commelinaceae		
耳葉鴨跖草	0.00002	0.00009
茄科 Solanaceae		
刺茄		0.00001
蔓陀螺		0.00001
莎草科 Cyperaceae		
水蜈蚣	0.00001	0.00003
紫茉莉科 Nyctaginaceae		
黃細心	0.00015	0.00002
馬鞭草科 Verbenaceae		
鴨舌癩		0.00007
錦葵科 Malvaceae		
賽葵	0.00020	0.00007
茜草科 Rubiaceae		
繖花龍吐珠		0.00008
麻黃科 Ephedraceae		
繩麻黃		0.00020
藍雪科 Plumbaginaceae		
黃花磯松	0.00017	
鴨跖草科		
Commelinaceae		
鴨拓草	0.00011	

附件 3-1



圖 20.澎湖山水內外溼地主要優勢草種 (本研究室拍攝)

附件 3-2



圖 21.澎湖山水內外溼地主要優勢草種 (本研究室拍攝)

附件 3-3



圖 22.澎湖山水內外溼地主要優勢草種 (本研究室拍攝)

附件 3-4



圖 23.澎湖山水內外溼地主要優勢草種 (本研究室拍攝)

附件 3-5



圖 24.澎湖山水內外溼地主要優勢草種 (本研究室拍攝)

附件 3-6



圖 25.澎湖山水溼地商業應用喬灌木植物 (本研究室拍攝)

附件 3-7



圖 26.澎湖山水溼地水生植物 (本研究室拍攝與網路搜尋)

附件 4

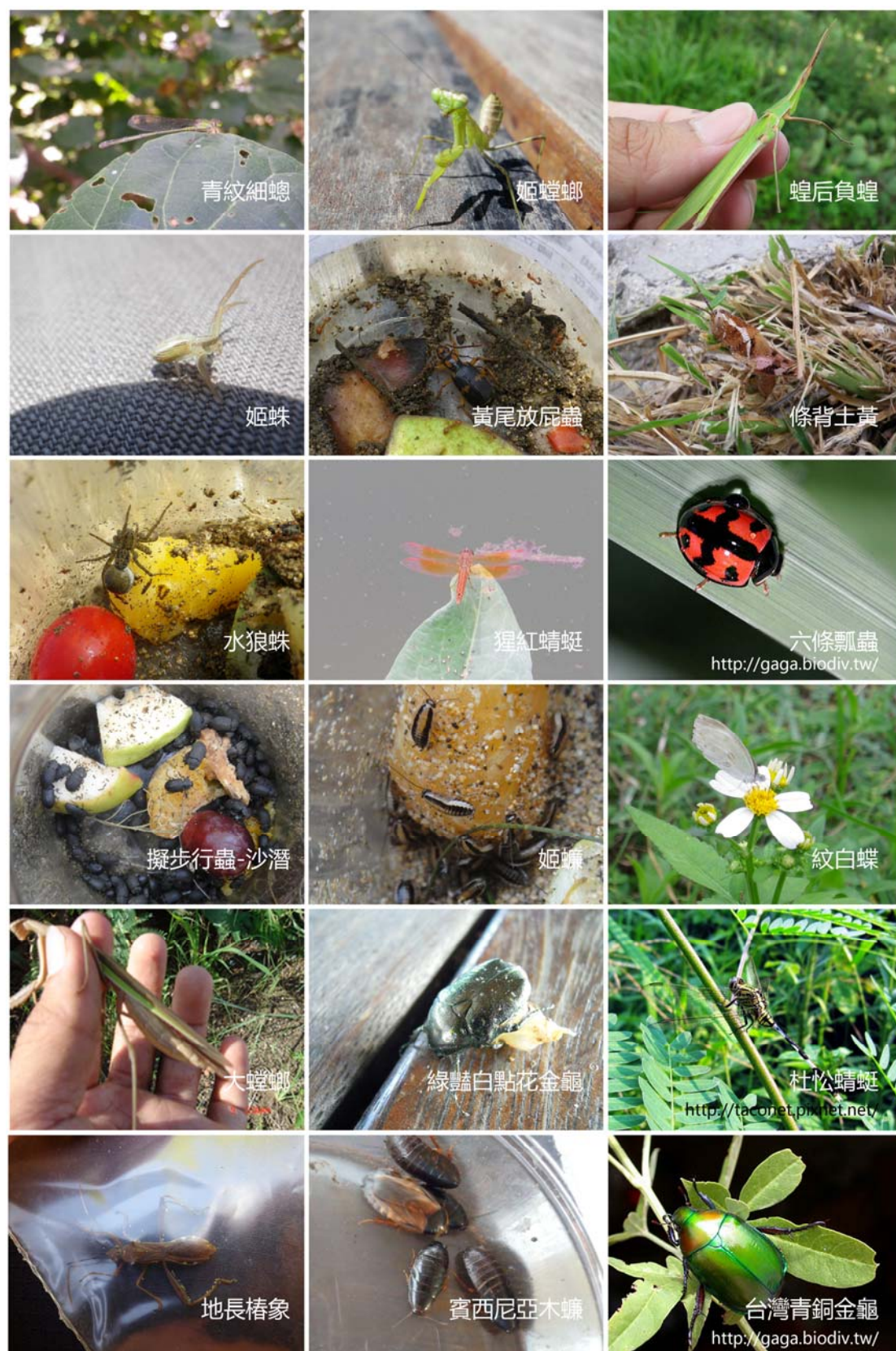


圖 25.澎湖山水溼地調查昆蟲種類 (本研究室拍攝整理)

附件 5-1



圖 25.澎湖山水沙灘海域溼地貝類調查 (本研究室拍攝)

附件 5-2

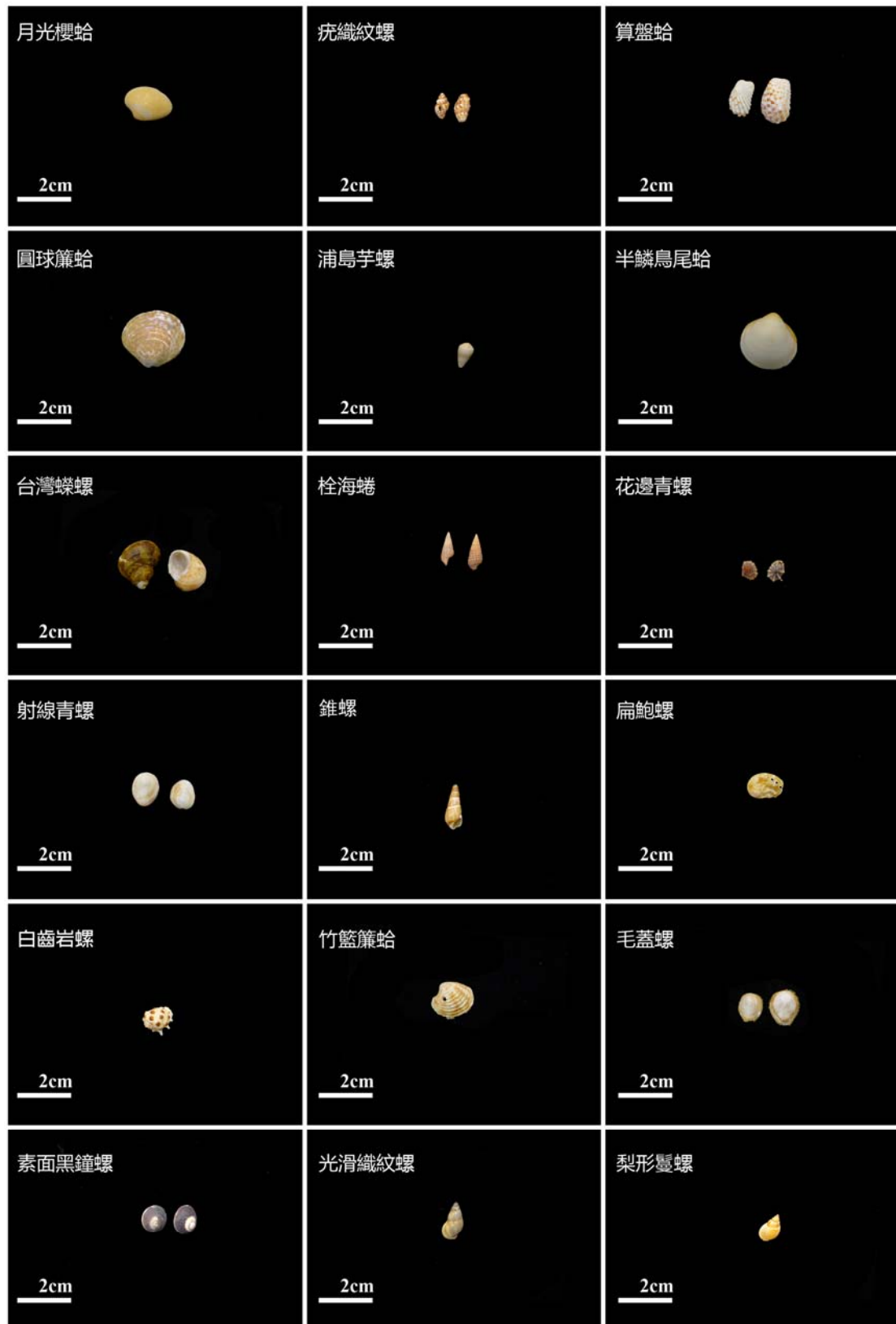


圖 25.澎湖山水沙灘海域溼地貝類調查 (本研究室拍攝)

附件 5-3



圖 25.澎湖山水沙灘海域溼地貝類調查 (本研究室拍攝)

附件 6

澎湖縣山水堤防降堤後生態、景觀與自然資源效益監測評估」委託專業服務

問券填寫場所：

問卷編號：

填寫日期：☐假日 ☐非假日

問卷者基本身分：

☐：男性 ☐：女性

年齡：☐20 歲以下 ☐20~30 歲 ☐30~40 歲 ☐40~50 歲 ☐50 歲以上

職業：_____

您的居住地縣市鄉鎮村：_____

您的學歷背景：☐國小 ☐高中 ☐大學 ☐研究所 ☐博士

您的年收入：☐40 萬元以下 ☐40 萬~60 萬 ☐60 萬~80 萬 ☐80 萬已上

到澎湖的目的：☐在地人 ☐旅遊 ☐訪親友 ☐返鄉 ☐出差 ☐度假 ☐工作

☐其他：_____

到山水溼地的原因：

1、對山水溼地設置的目的功能，據您理解？（可複選），若可請依重要性滿分 10 分，不重要 0 分）

☐普通公園 ☐紅樹林復育 ☐人工溼地淨化水質 ☐沙灘保育 ☐山水地區地下水涵養補注 ☐雨季蓄洪 ☐遊憩娛樂 ☐海岸漁業資源保育 ☐環境機能如降溫抑制揚塵 ☐改善提升景觀美感

2、您最喜歡山水溼地的哪一部分？(可複選)

☐交通便利 ☐傳統固有的社區融入其中 ☐原始自然風貌 ☐附近的民宿建築
☐潔淨遊憩金黃沙灘 ☐溼地公園 ☐遊園步道與木棧道遊園型式 ☐水中與陸地的生物 ☐乾淨的水質 ☐服務設施 ☐賞鳥環境 ☐其他：_____

3、您最不喜歡山水溼地的哪一部分？(可複選)

☐原始自然風貌 ☐太多人工設施 ☐污染與垃圾 ☐凌亂的建築與攤販 ☐凌亂的自然環境 ☐溼地公園的髒水 ☐木棧道遊園型式 ☐水中缺少豐富的生物 ☐缺少遮蔭樹木，太熱 ☐服務設施不好也不足賞鳥環境 ☐沙灘
☐其他：_____

4、對山水溼地的印象？(可複選)

☐自然優美 ☐過多人工設施 ☐缺乏維管 ☐面積太小 ☐植物與棲地種類太少
☐植物生長不良 ☐外來植物太多 ☐海堤妨礙視野 ☐野生動物少的可憐 ☐潮間帶很貧乏 ☐建築太新/多 ☐鄰近溼地的建築太靠近且風格凌亂沒地方特色

☐外溼地的水很髒 ☐很有趣好玩 ☐其他：_____

5、對山水溼地的建議？(可複選)

☐擴大紅樹林範圍或保護範圍 ☐增加服務設施 ☐增加食宿選項 ☐減少人為干擾回歸自然原始 ☐強化自然保育 ☐增進植栽景觀 ☐去除外來植物 ☐增加觀賞與機能植物 ☐拆除堤防增進視野 ☐加強沙灘保育 ☐加強解說 ☐結合地方產業活動 ☐其他：_____

6、您在山水溼地的活動是？(可複選)

☐觀景、看海 ☐觀查野生動植物 ☐捉或釣魚蝦 ☐攝影 ☐散步 ☐沉思 ☐聊天 ☐吃東西喝飲料 ☐遊泳 ☐衝浪或海上摩托車 ☐其他：_____

7、對溼地的期待：

第拾貳章、審查意見表回覆表

「澎湖縣山水堤防降堤後生態、景觀與自然資源效益監測評估」委託專業服務
期初審查意見回覆表

日期:2012/1/17 14:00

開會地點:澎湖縣政府建設處 4 樓會議室

提議單位	建議計畫修正意見	頁數	規劃單位回復情形
王委員志強	1. 增列動機與緣起，或於前言中述明本案之緣由。	P11	1.遵照辦理修正。
	2. 各項研究調查分項，可整合於同一章節，結果亦同。	P55 起	2.遵照辦理修正。
	3. 堤防拆除前後環境差異及文獻探討著墨。	P12 起	3.遵照辦理修正。
	4. 述明水質調查的確切地點及時間。	P66	4.分析儀器採用 HORIBA 多參數水質測量儀 U-53，可提供水體溫度、濁度、pH 值、DO、ORP、TDS 氯鹽、總硬度、水溫及總溶解固體量之 10 樣參數。於每月底各量測 1 次，測量地點位於社區汙水入口、內溼地(三處)、外溼地進水口與出水口處及山水岩岸海水，年度調查結束後以 SPSS 13 進行統計分析。
	5. 電導度及溶氧量之調查(BOD)取樣的必要性。	P96	5.依據環保署水質淨化現地處理網站-wed 表示，通常導電度愈高，表示水中電解質含量較多。由於大部分鹽類都可電離，因此導電度也可表示水中總溶解固體的多寡，導電度太高對灌溉有不良的影響。而 BOD 生化需氧量可表示水中生物可分解的有機物含量，間接也表示了水體受有機物污染的程度。BOD 檢測需要實驗室其他設備、時效與專業經驗，目前總研究經費與社區參與人力物力，恐無力擔當，但將納入考量。目前溶氧暫以 DO 為對象

	<p>6. P31 植物調查，樣區設置調查務必於 101 年 3 月前設立調查完成，方得以比較覆蓋度之資料。</p> <p>7. 山水溼地維護人員一周工作 (表單、方法、方式)先行訓練或調查人員先行進行調查。</p> <p>8. 遊客調查 (人數、結構式問卷、非結構式問卷) 修正調查時間及方式。</p> <p>9. 建議植栽。</p> <p>10. 各項調查結果以表格呈現。</p> <p>11. 簡報內簡體字建議改為繁體字。</p> <p>12. P.39.40.44.植物學名(科體)及重覆部分，請修正。</p> <p>13. P43.化學式中分子或半子數標記(下標)，離子標示 H^{+}、OH^{-} 須上標，請修正。</p> <p>14. 欖李並非最耐鹽紅樹種類，在海水鹽度約 50%以上，紅樹林植物無法生長。</p> <p>15. 生態調查人員輔導、環境維護，農漁局及溼地學會可提供諮商及協</p>	<p>P102-108</p> <p>P137-138</p> <p>P138</p> <p>P58 起</p> <p>P11</p>	<p>1.遵照辦理，已於 2 月初調查完成。</p> <p>1.遵照辦理，已與維護人員進行維護方法、方式指導訓練，並於 2011 年 10 月底便執行溼地維護工作。</p> <p>2.已完成基礎問卷調查結構方向(附件 2)，未來若時間、季節與人力資源允許下，將納入設計補充說明。</p> <p>3.而溼地陸域植物建議可增植過長沙、番杏、馬鞍藤、過江藤、濱排草、單花澎湖菊(天蓬草舅)、草海桐、澎湖原生樹種白水木等。此外，濕生木本植物帶主要是由抗淹性較強之灌木或喬木所形成，台灣常見之樹重有水柳、海桐、赤楊等(郭瓊瑩，1995)</p> <p>1.遵照辦理修正。</p> <p>5.遵照辦理修正。</p> <p>6.遵照辦理修正。</p> <p>7.遵照辦理修正。</p> <p>8.感謝指正，遵照辦理修正，已納入考量。而二月調查於外溼地有紅樹林存在分佈，需進行後續水質水電導度檢測分析，以在釐清佐證說明</p> <p>9.感謝大力協助，將著手遵循建議請求相關單位提供歷史文獻，另外將拜訪如鄉公所、里長、</p>
--	--	---	---

	助。		關學術單位等在地人員，找尋更多相關文獻資料。
本府農漁局	1. 調查數據前後對照及運用，應提供更明確之建議。	P56-57	1.遵照辦理，已納入考量，並拜訪搜尋當地溼地、野鳥協會專業人士，以獲取歷年相關生物文獻資料以作為後續比對分析並作合理之研判建議，以供縣府決策參考。
	2. 特殊天候條件下環境及水文變化建議加強監測以建立詳細資料。		2.對於潮汐、天候變化對溼地水位影響應於颱風時隨機增加調查次數，觀測內外溼地水位變化，其中針對夏季颱風期間，委託當地民眾，觀測海水入侵淹沒溼地情形，並於風災後立即量測內外溼地水質導電度變化
	3. 未來相關設施之建置與否應有限制及規範。	P21-23	3.遵照辦理，已納入考量。執行規範與建議，主要參閱行政院環保署水質淨化現地處理網站-wed 中工程技術資料，其提供 1.水質自然淨化工法彙編、2.水質自然淨化工法操作維護彙編、3.水質自然淨化工程規劃設計課程講義、4.水質自然淨化—人工溼地規劃設計操作管理參考手冊等相關溼地維護、建立資訊，以提供縣府參考比對運用。
	4. 有關藉由水生植物淨化溼地水質乙節，建議規劃單位分析、評估適合該區培育之水生植物並納入計畫書建議事項。		4.遵照辦理，已納入考量。文獻回顧顯示現今人工溼地系統種植的大型水生植物水質淨化能力表現，並評估內外溼地栽培應用可行性。文獻與現場調查發現，過去溼地內已有設計運用香蒲作為水質淨化用途，而張和蕭(2005)指出香蒲對於水體 BOD 去除率具有相當成效表現，如今溼地調查該植物稀疏不再，值得再次復育栽種。

「澎湖縣山水堤防降堤後生態、景觀與自然資源效益監測評估」委託專業服務

期中審查意見回覆表

日期:2012/12/27 14:00

開會地點:澎湖縣政府建設處 4 樓會議室

提議單位	建議計畫修正意見	頁數	規劃單位回復情形
王委員志強	1、P22、23 之計畫目標及主要 工作與 P26 之預定進度工作項目內容不一致，請執行單位考量計畫目標內需執行之工作。	P27-26	1、P22 之計畫目標為個人對該基地環境背景角色所預想之遠程目標非合約內容與驗收項目，也不可能在 1 年的計畫時程完成。P23 主要工作六項才是合約中之工作內容。P26 之預定進度工作項目內容是以 P23 主要工作項目六項為大綱之細部執行方法，但有現場無法提供基礎設施（如地下水井），與當地現場調查時遭遇執行安全問題（颱風期間測越堤線）等需調整工作方式。
	2、P57 關於各採樣區之濁度問題，是否有所建議？	P76-79	2、溼地地形高度變化甚低，造成溼地淨水流向動向不明，而家禽飼養與漁產加工廢水排放，也再汙染過濾後之淨水造成濁度提高，經當地民眾訪查得知，若要執行廠房遷移與家禽飼養限制，所獲呈效相當有限，因此可藉由硬體工程如簡易地下涵管埋設，以克服原先因海拔高度所造成設計之缺失，也即第 2 採樣區(家禽飼養區域)應與原先社區廢水道串連，直接排放至沉澱池進行人工汙水處理，處理後再排放至第 1、3 採樣區域，此外配合栽種當地原生生水植物以進行汙水初次或二次攔截淨化。而外溼地應海拔高度與海岸堤防興建造成外溼地引水不易，雨季過後易造成池面死水藻類增生濁度增加，因此除上述涵管埋設(連通第 3 採樣區)達到溼地水體層層淨化循環，避免死水淤積，再搭配當地原生生水植物栽種應可有效降低外溼地水體濁度。
	3、P75 植被調查之優勢度指數使用請再詳查。	P115	3、遵照辦理修正。
	4、報告書內植物學名(含不含命名	P22-23	4、遵照辦理修正。

	<p>者、斜體)等須統一，中文名誤植部分修正。</p> <p>5、引用文獻之撰寫格式、遺漏等請修正。</p>	<p>p12、14、18、24、71、73、146-156</p>	<p>5、遵照辦理修正(文獻引用格式為參照台灣園藝稿約文獻引用標準)。</p>
梁委員	<p>1、布袋蓮為世界百大入侵物種，不適宜作為人工溼地栽種植物。</p> <p>2、未見水生植物之調查資料，請補充說明。</p> <p>3、夏季遊客活動對生物資源及水源之可能衝擊建議亦可一併評估，可予以預先防範。</p> <p>4、學名請以斜體呈現表達。</p>	<p>P117、175</p> <p>P135、137</p> <p>P22、23、</p>	<p>1、今人工溼地系統種植的大型水生植物(macrophytes)可分為下列5種(洪, 2002；何, 2003；林, 2008)(表5)。而布袋蓮更為常用汙水淨化之浮水性植物，其優異汙水淨化能力，諸多文獻已有調查報告，但若欠缺管理下，往往造成植群蔓延，造成溼地生態水體二次汙染，已於報告中適時修正，避免造成縣府決策誤會失當。目前澎湖的溼地其實已有大量族群，在封閉性水體，單純作為淨化工具是可行。若未來有需著手應用，應以圍網進行植生面積限制，以避免拓展蔓延。</p> <p>2、內外溼地水生植物調查，在2005年仕品規劃設計有限公司於山水溼地執行第一次植群調查中，水生植物主以香蒲為遍生之植栽，另一為水芹菜、荸薺、睡蓮與長梗滿天星。而至2012年4月調查顯示內外溼地水生植物僅剩水燭、斷截莎草、李氏禾、長梗滿天星與雙穗雀稗，其中又以雙穗雀稗植群緊鄰池岸最為優勢，其餘水生植群無論「種」或「數」都相當偏低不足，甚至已完全枯萎死亡如睡蓮和水燭。</p> <p>3、遵照辦理，已納入考量。於澎湖遊客衝擊中，初步已著手進行內外溼地與沙灘地區遊客人數、密度及時間點調查，並配合問卷方式了解參訪者背景，並通知駐地管理者，於假日後記錄有無相關軟硬體設施折毀損壞，並加以記錄，以長期記錄評估運算，推測遊客所對於環境負荷衝擊之大小，也可同步評估有無設立警報標語之必要。</p> <p>4、遵照辦理修正。</p>

	5、相關性高之水質變數，可考慮取其中較具代表及較易以簡易儀器監測之為代表，建議未來計畫結束後，作為長期監測使用。	103-104	5、遵照辦理修正。為配合期初、期中報告需初步先已各月份數據圖表進行呈現，待至期末審查將進行整年度數據並加以運算評估，同時將針對相似點位進行刪減，並配合行政院環保署溼地規範與一般研究報告採樣針對各進出水口為首要推薦長期監測位置，以降低數據複雜性。
陳委員順建	<p>1、有關補植香蒲、燈心草、水芙蓉、布袋蓮之挺水、浮水植物是否考慮到臨近地區罕見缺乏，及其普遍性或本土性。</p> <p>2、溼地土壤性質應列入評估，了解廢水滲入表層土壤之滲透性是否小於 5mm/h，及土壤下層廢水滲透情形。</p> <p>3、溼地操作系統放流水水質及處理效能的方法為流量控制。建議至少每日須一次測量或估算進流、出流之位置及流量。流量是了解汙染物在溼地中淨化效能的重要依據，至少對進流水及出流水採樣分析水質、測量水深及觀察生物指標。在採樣頻率上溫度、溶氧、pH、導電度至少每週一次，生化需氧量(BOD5)總懸浮固體(TDS)、氯離子(CL)、總磷(Tp)至少每月一次。</p> <p>4、有關溼地在生態保育及景觀美化額外效益下，如何獲得多樣性的植物群落，及溼地動植物群落是否正常維持生態系統整體性。規劃單位之看法？及後續因應對</p>	<p>P64</p> <p>P66 起</p>	<p>1、布袋蓮於目前澎湖的溼地其實已有大量族群，且於沉澱池可增加入流顆粒的沉降與脫氮作用，而大萍、燈心草與香蒲皆具有促進生化需氧量的分解，也皆是澎湖可見水生植物，或以人工浮島建造如蘆葦這類水生植物上的浮動結構，並結合框架錨定等組合。</p> <p>2、已納入設計考量。將於內外溼地進行土壤採樣，並參閱(邱(2003)積水入滲試驗試驗土壤每次各取 100g 填入 P E T 塑膠瓶中，並逐步倒入共 660ml 自來水，塑膠瓶中盡量保持滿水位狀態，至水完全滲入土壤後時間記錄截止，將於期末報告一併呈現。</p> <p>3、已納入設計考量。近期內將再採購 Glonal Flow Probe FP101-FP201 Instruction Manual USA 流速計，並立即指導駐地研究員記錄，調查區域乃針對 4 點樣區各進出水口位置，並針對環境地形高度變化再予以遞增或刪減。翻閱行政院環保署與國內溼地相關學術文獻資料，針對溫度、溶氧、pH、導電度，生化需氧量(BOD5)、總懸浮固體(TDS)、氯離子(CL)、總磷(Tp)，已開始進行初步採樣，而再配合經費計畫需要，將再增添調查次數。</p> <p>4、山水溼地乃屬多功能溼地，其兼具社區汙水淨化、地下水補給涵養、候鳥中繼棲息、環境教育與觀光旅遊等，對於當地生態衝擊維護必有程度上之困難度，植群物種多樣性乃需靠時間交替演化而成，於物競天</p>

	策。 5、全年各月漲退潮線變化是否如期監測，期成果之顯示。	P56-57	擇下所造成生態衝擊也將為最低。山水溼地位處環境敏感地帶，植群生物多樣性，仍需仰賴自然交替演化而成，人僅能扮演生態輔佐之推手，在不危及遊客民眾之安全下，進行簡易補植維護及管理，以在短時間內增加食物鍊生產者(Producer)數量，進而帶動初、次、三級消費者數量。 5、正如期監測中，而配合中央氣象局潮汐變化時間表，挑選東北季風、颱風與南風期間，至山水沙灘現場量測拍攝記錄。
農漁局	1、本(101)年山水外溼地有東方白鸛過境停留，期中報告所撰銀埃及聖環請再確認。 2、1月份應無鳳頭燕鷗停留再確認。 3、101冬季有黑面及白面琵鷺現身溼地，請向本地野鳥學會確認。	P128、131 P131 P128	1、再次比對記錄相片已確定為東方白鸛，已進行重新修正。 2、與同日調查組員並調閱文獻，應為燕鷗非鳳頭燕鷗，已重新更正。 3、該計畫執行時間為2012/12/31開始生效，調閱網路電子媒體與遊客照片，黑面及白面琵鷺現身溼地蹤跡於2011年11月初，期間暫無知會駐地人員進行記錄，而黑面及白面琵鷺甚至東方白鸛現身溼地，乃不爭之事實，因此除東方白鸛其將以文獻調查回顧予以呈現。
旅遊處	1、圖表請註記資料來源。 2、調查次數是否具代表性。	P15、16、17、22	1、遵照辦理修正。 2、本計畫為年度計畫，生物水體調查次數，皆參照行政院環保署或國內相關學術期刊報告進行，調查次數於基礎已四季轉變各佔一次，而配合實驗進度需要，如水質監測或生物調查，調查次數必超過4次以上，才符合統計學理標準。
建設處	1、報告書所圖表，請盡量曲線、條狀方式呈現以便於閱讀比較。 2、採樣區建議以平面手法表達，採樣頻度應就各採樣區(點)包括特殊天後鹽度之變化建議逐次詳述。 3、問卷調查目的、時間及抽樣方式	P44、159 P1382-142	1、遵照辦理修正。相關資料(如水質調查)正如期補充說明，至期末審查將以簡易圖表呈現。 2、遵照辦理修正。已再新增補充。 3、問卷設計補充，並非合約計畫內容，乃呼

	請補充詳實。		應王委員所提出意見，並經審議後再增加執行，期目的為獲取遊客人數、背景、目的以及對於山水海岸、溼地之看法，並循序設計內外溼地景觀、生態教育、國土安全(升堤或降堤)等問題，了解遊客民眾內心看法，可提供縣府未來執行東側降堤民心態參考依據。調查時間以夏季人潮聚集期間進行問卷調查，調查份數約 100 份，調查對象民眾 50 份遊客 50 份為主，只增不減，調查結束後將以 SPSS 進行統計分析。
主席結論	<p>1、外溼地軸度面積後續可能朝擴充、海水引注及雨汙水共構面向操作，請規劃單位協助評估及建議方案。</p> <p>2、期中報告書則同意備查，會議審查意見請規劃單位參酌修正後納入期末報告一併審查。</p> <p>3、散會</p>		<p>1、將納入設計考量。經文獻比對與近半年現地勘驗，山水溼地所屬生態、功能和目的尚未明確，研究指出無論溼地淨化、防災滯洪或環境教育等，都有其標準規範，部分核心指標難以相互凌駕應運，山水溼地兼具多樣生態、水利、教育之功用，但皆基礎階段，如今應先對溼地功能定位評估，並比對各項功能指標依據，方能供縣府未來再擴充、海水引注及雨汙水共構面向操作參考應用，也為本計畫目標之一。</p> <p>2、遵照辦理修正，已重新編列補充。</p>

「澎湖縣山水堤防降堤後生態、景觀與自然資源效益監測評估」委託專業服務
期中審查意見回覆表
日期:2012/12/27 09:30
開會地點:澎湖縣政府建設處 4 樓會議室

提議單位	建議計畫修正意見	頁數	規劃單位回復情形
王委員王志強	<p>1、調查內容多,可提供山水溼地生態資源之現況資料,並提供未來監測經營管理之參考。</p> <p>2、第玖章總結部分,建議採結論及具體建議,依第三章計畫目標與問題解決,分別提出供委託單位參考。</p> <p>3、P102、103 之植物學名(含命名者)多有誤植,請參酌修正。</p> <p>4、P117 第 7 行之植物學名「其中又以海茄苳密植」應為「攬李」請修正,P81 第二行紅樹茄藤-(五梨跤)屬名 <i>Rhizophora</i>。</p> <p>5、P161 附件 2-1 之優勢度及其指數計算請再查明。</p> <p>6、報告書內文字撰寫誤植或缺漏,請執行單位修正。</p> <p>7、外溼地於冬季水量缺少,有何因應之措施。</p> <p>8、建議提出未來委託單位應執行之後續監測調查項目。</p>	<p>P147</p> <p>P103-105</p> <p>P118</p> <p>P164</p> <p>P150</p>	<p>1、謝謝委員指導糾正。</p> <p>2、皆遵照辦理補充。</p> <p>3、遵照辦理修正。</p> <p>4、已遵照辦理修正,並以表重述整理呈現。</p> <p>5、遵照辦理修正,依據蘇鴻傑森林植物生態學並經陳子英教授確認無誤。</p> <p>6、遵照辦理修正。</p> <p>7、在整年度調查中外溼地水量於冬季確實流失快速,確實可能失去候鳥進駐意願,但外溼地相對位置,所提供貢獻與機能絕非僅單一賞鳥觀光環境營造,其地下補給、海岸線緩衝帶皆更具深遠其意義與價值,應無需再特意進行溼地水源補給或底層夯實處理,此外冬季時期池面乾枯,也可提供底層土壤曝曬減少病菌滋生。但若還需進行溼地水源減緩保存,底層土壤夯實、黏土填補與社區淨化後汙水排入乃是推薦方法。</p> <p>8、於近年度調查中,已針對溼地水質、植物、動物有初步調查,也建立起基礎數據資料,但相關數據呈現仍可能受人力資源限制以致數據有所誤差,應再持續進行監測。而監測項目包含(1)水質監測:若有進行汙水渠道轉換或疏洪道封閉,便至少需調查水體溶氧</p>

			<p>量、生化需氧量、懸浮固體與氨氮，以評估溼地水質淨化成效，此外需持續進行地下水井監測看有無遭受汙染或鹽化。(2)植物監測:持續進行春、夏、秋、冬季植群調查，且需再擴展至三 0 高地，並進行點位拍照紀錄並區分級類。(3)動物調查:為降低因人力與時間所造成數據誤差，需再持續近年年度調查，溼地內生物可繼續採用蝦籠進行陷阱捕抓或目視紀錄，若海域或潮間帶就需使用大型蝦籠或漁網進行撈捕調查或委託漁船捕撈或釣客訪談詢問調查。</p>
梁委員世雄	<p>1、監測項目多，對於提出意見多有回應及執行。</p> <p>2、文字因電腦打字有很多錯別字，請修正，如 P139 第四行「近」「忽」，第七行「揭」小應為揭小，「r 即代表」意思為何？，請說明。</p> <p>3、圖 50-55 之圖說請重新整理。目前圖說為以問卷問題呈現，非一般圖說格式。</p> <p>4、外溼地之生物調查較少，可能與投入人數較少或區域較大有關，另該區域數嚴重污染，若污染源不減少或移除，以自然狀並不容易自淨，若污染物質積存底質，未來處理將更為困難，宜設法因應。</p> <p>5、報告內對於經營管理之建議，應整合為單一節以簡易清楚之繕寫方式，分段調列表達。建議以生態及自然資源保育，景觀保存與維護，</p>	<p>P141</p> <p>P141-144</p> <p>P147</p>	<p>1、皆遵照辦理修正，也謝謝委員精闢見解提醒。</p> <p>2、錯別字已遵照辦理修正；h^{r-24} 正；為誤植錯誤應為 h^{-24}(24 小時)；r 為回歸計算中獨變項對依變項的整體解釋力。</p> <p>3、已遵照辦理修正，轉以「圓餅圖」呈現。</p> <p>4、在近整年度調查中，外溼地生物調查數量較少，與所投入人力資源較少確實為主要相關之一；山水溼地水資源匯集，過去便主要來自地下湧泉水與天然降雨並無外來溪水引入，其近封閉獨立溼地水域，若無後天人為引入，溼地水中生物多樣性應難有劇變增加。現今溼地水質淨化乃仰賴山水淨水場與溼地自淨系統，但不當溼地設計已造成溼地自淨效果大打折扣，未來應將第 2 樣區汙水與家庭廢水直接排入沉澱池，經人工淨化後再排入第 1 採樣區或外溼地內，此外再封閉外溼地疏洪道，避免海水倒灌以至溼地水體鹽化發生，或未經淨化之汙水反輕易流入海域中，反造成山水海域二次汙染。</p> <p>5、已遵照辦理修正，並針對生態及自然資源保育，景觀保存與維護，景觀機能管理及遊客管理進行重新整理。</p>

	<p>景觀機能管理及遊客管理等，提出建議與應用且可行方有利執行。</p> <p>6、當地訓練之兩位人員，建設處應思考如何安置以續行溼地之監測及管理工作？以免浪費此可貴人力資源。</p> <p>7、如果未來須設置解說中心，應先請執行單位提供相關標本及照片等軟體內容，以豐富解說中心之內涵。</p>		<p>6、當地訓練之兩位人員，經 1 年指導對於數據解讀與分析還需再指導，但基礎生態、水質都已俱備基本知識與技巧操作，可安排此二人仍持續進行監測及管理，並協助輔導考取環境志工、導師等相關證照，以提供未來解說中心人力資源訓練、運用與分配。</p> <p>7、於近整年調查已收集相關魚、蟹、貝、植物等相關照片，又以植物最為豐富完整，生物類還需仰賴更長時間監測及調查，若未來有設置解說中心，委託單位必協助資料傳授與指導志工導師整理彙整。</p>
農漁局	<p>1、P126 虱目魚應為廣鹽性。</p> <p>2、日本鵲鴿改為日本白鵲鴿。</p>	P128 P130、 133-134	<p>1、遵照辦理修正。</p> <p>2、遵照辦理修正。</p>
旅遊處	<p>1、報告書相關圖表請著名來源出處。</p> <p>2、後續外溼地週邊棧道、步行道之設置是否對溼地現有生態之衝擊及影響程度，請補充。</p>		<p>1、遵照辦理修正補充。</p> <p>2、近年山水溼地為營造賞鳥棲地環境，逐一投入心血建設，乃值得肯定，因候鳥皆為極度敏感性動物，些微人為走動干擾，便造成驚嚇飛走。但原溼地面積狹小，且本身緊鄰山水海域與居家住宅，在有限範圍內外溼地若在增設棧道或步行道面積範圍，是直接衝擊溼地鳥類生存環境與空間；此外問卷中遊客對於溼地賞鳥環境也給予高度認可肯定，若因步道拓展增設，直接影響是棲地環境第二次干擾破壞(當地原生植物再度遭到踐踏擠壓死亡)與更加逼近候鳥警戒區域，反可能造成未來候鳥棲息進駐意願。而遊憩步道設計如何完整容入環境區域內，本身便是一大考驗，不當塗抹規劃確反而扼殺溼地自然環境視覺品質，需謹慎評估。</p>