

屏東縣政府申請補助計畫

屏東縣 100 年度
國家重要濕地保育行動計畫

崁頂濕地改善復育工程計畫
【東港溪崁頂濕地生態資源調查與巡守】

補助單位：經濟部水利署

委託單位：屏東縣政府

執行單位：民享環境生態調查有限公司

計畫主持人：周大慶

協同主持人：黃大駿、謝宗宇、陳東瑤

中 華 民 國 1 0 0 年 8 月 1 9 日

目 錄

壹、計畫緣起及目標	4
一、計畫緣起.....	4
二、目標.....	4
(一)遠程目標.....	4
(二)近程目標.....	4
貳、計畫區位及現況	7
一、濕地位置及範圍.....	7
二、實地勘查.....	8
參、文獻資料回顧	8
一、環境背景資料.....	8
(一)地質.....	8
(二)水文.....	10
(三)水質.....	10
(四)社會經濟.....	18
(五)生態環境.....	19
二、東港溪及炭頂濕地歷年大事紀整理.....	20
三、河川環境與水棲生物相關研究文獻回顧.....	21
(一)河流環境保育的重要性.....	21
(二)河流環境監測研究.....	22
(三)生物監測與生物指標.....	22
(四)指標生物概述.....	23
(五)指標生物的優點.....	26
(六)指標生物的研究方法.....	26
(七)指標生物與污染水體的分類.....	27
(八)臺灣指標生物研究的現況.....	28
四、濕地定義與國家重要濕地緣起.....	28
(一)國家重要濕地推薦須知.....	29
(二)申請成為國家重要濕地評分標準.....	29
五、濕地生態系統監測程序.....	29
(一)第一級地景評估.....	30
(二)第二級棲地快速評估.....	30
(三)第三級密集現地評估.....	30
肆、課題分析	30
一、污染防治課題.....	31
(一)課題內容.....	31
(二)對策.....	31
二、外來種入侵問題.....	31
(一)課題內容.....	31
(二)對策.....	31
三、違法佔用土地問題.....	32
(一)問題.....	32
(二)對策.....	32
四、人口外流問題.....	32
(一)問題.....	32
(二)對策.....	32
伍、工作執行方式	32
一、生態及水質調查.....	32

(一)調查採樣方法依據.....	32
(二)調查項目及頻度.....	33
(三)調查樣站設置標準.....	34
(四)採樣及調查方法.....	34
(五)數據分析及評估方法.....	38
二、污染源調查.....	41
(一)調查路線.....	41
(二)調查重點.....	41
(三)紀錄方法.....	41
三、土地利用現況調查.....	41
(一)GIS(地理資訊系統)簡介.....	41
(二)土地利用調查分析.....	41
四、現場標定座標及地圖繪製.....	41
五、成立社區志工巡守隊並與NGOs合作.....	42
(一)與NGOs合作.....	42
(二)巡守隊成立與巡守時間分配.....	43
(三)巡守要點.....	43
六、志工培育教育課程.....	43
七、工作會議.....	43
八、研擬後續經營管理草案，並檢討擴大國家重要濕地.....	44
(一)相關計畫及法令分析.....	44
(二)後續經營管理原則.....	44
(三)國家重要濕地的申請.....	44
九、導覽摺頁製作.....	44
陸、計畫期程與進度.....	45
柒、預期成果及效益.....	45
捌、參考文獻資料.....	46
一、與本計畫範圍相關研究文獻報告.....	46
二、法規參考類.....	46
三、相關網站.....	46
四、水質評估相關文獻.....	47
五、生物調查技術及鑑定類-陸域植物.....	49
六、生物調查技術及鑑定類-陸域動物.....	50
七、生物調查技術及鑑定類-水域生物.....	51
八、其他相關文獻.....	52
附件一、現勘照片.....	53
附件二、志工巡守報告單.....	54

表 目 錄

表 1、炭頂鄉戶數、人口分布與人口密度(2010 年).....	18
表 2、炭頂鄉平均人口成長數與人口成長率.....	18
表 3、東港溪及炭頂濕地歷年大事紀一覽.....	21
表 4、調查項目及時間.....	33
表 5、河川污染指標(RPI)等級分類表.....	40
表 6、可尋求合作單位一覽表.....	43
表 7、本計畫預計成立志工巡守隊摘要表.....	43
表 8、課程安排.....	43
表 9、會議與訓練課程安排.....	43
表 10、摺頁規格.....	45
表 11、工作進度表.....	45

圖 目 錄

圖 1、工作流程圖.....	6
圖 2、炭頂濕地範圍、預設調查樣站與周邊區域圖.....	7
圖 3、炭頂濕地及其周邊區域地質圖.....	9
圖 4、東港溪(港西抽水站)水溫、酸鹼值變化圖.....	12
圖 5、東港溪(港西抽水站)溶氧、導電度變化圖.....	13
圖 6、東港溪(港西抽水站)生化需氧量、化學需氧量變化圖.....	14
圖 7、東港溪(港西抽水站)懸浮固體、大腸桿菌變化圖.....	15
圖 8、東港溪(港西抽水站)氨氮、總磷變化圖.....	16
圖 9、東港溪(港西抽水站)硝酸鹽、亞硝酸鹽變化圖.....	17
圖 10、炭頂鄉人口年齡結構圖.....	18
圖 11、Geographic information System, GIS操作介面圖示.....	42

壹、計畫緣起及目標

一、計畫緣起

東港溪位於屏東縣境內，介於高屏溪與林邊溪間，主流發源於南大武山前麓，於東港鎮流入臺灣海峽。豐富的水資源，主要做為農業、公共及工業用水。

濕地一般定義為有水有土的地方，而濕地具有生物多樣性、休閒遊憩、學術教育、提供水源、調節洪流以及溫室氣體代謝等多項功能(林等人，2009)，炭頂濕地即具備這樣條件。炭頂濕地位於東港溪下游，此段水質約屬中度污染，但當地仍經常有水鳥類棲息，因此地方期望它能成為生態保育與休閒遊憩兼併的景點，於2011年已成為地方級重要濕地，現今積極規劃設為國家級重要濕地。至今有關濕地生態基礎資料仍需補足，另外尚須具備完善的生態棲地規劃及與社區結合的志工團隊，在分年分階段的推動下，使炭頂濕地發揮生物多樣性生態棲地、水質淨化、防洪調節、休閒遊憩等功能，以達預期目標。

二、目標

(一)遠程目標

本工程計畫分三階段推動：

1.第一階段

先針對此區域進行基礎生態資源調查，成立並培訓志工巡守隊，與當地非政府組織(NGOs)、學術單位及公家單位合作，以期達永續發展目標，並初擬濕地管理計畫草案，作為後續工程推動之基礎。本階段另需製作摺頁一萬份。

2.第二階段

進行濕地環境改善及復育，並有效規劃利用濕地，修訂前擬之濕地管理計畫草案，並選定場址進行先驅實驗性濕地復育工程。

3.第三階段

實作前階段所規劃之改善復育方案，以不妨礙防洪治水之原則下，實現濕地明智利用之功能，並由前述所形成的夥伴團隊著手推動濕地之經營管理，以達到濕地保育與社區發展共享共榮的雙贏目標。

(二)近程目標

本計畫預計從2011年7月至2011年12月，進行第一階段工程施作前之基礎生態監測調查、成立社區志工巡守隊以進行棲地巡守維護，為志工辦理教育課程，檢討是否擴大本場址國家重要濕地之範圍，並初步研擬濕地管理計畫草案(工作流程圖如圖1)。

1.生態監測調查

預計將進行維管束植物、底棲動物、兩棲爬蟲、鳥類、脊椎動物與浮游生物之調查監測，並進行簡易之水質檢測。

2.棲地巡守維護

針對區域內道路及週邊環境進行巡守與維護(125 人次)。

3.舉辦志工教育課程

舉辦講習課程使志工具備濕地基本觀念，以及志工服務所需精神。

4.初步研擬炭頂濕地管理計畫草案，並檢討是否擴大濕地範圍

透過基礎的生態資源資料之累積，研擬並規劃如何有效利用濕地資源，減低污染，達環境回復效果。志工巡邏隊長期培育與組織，並與民間團體合作，達永續發展目的。

5.製作導覽摺頁一萬份。

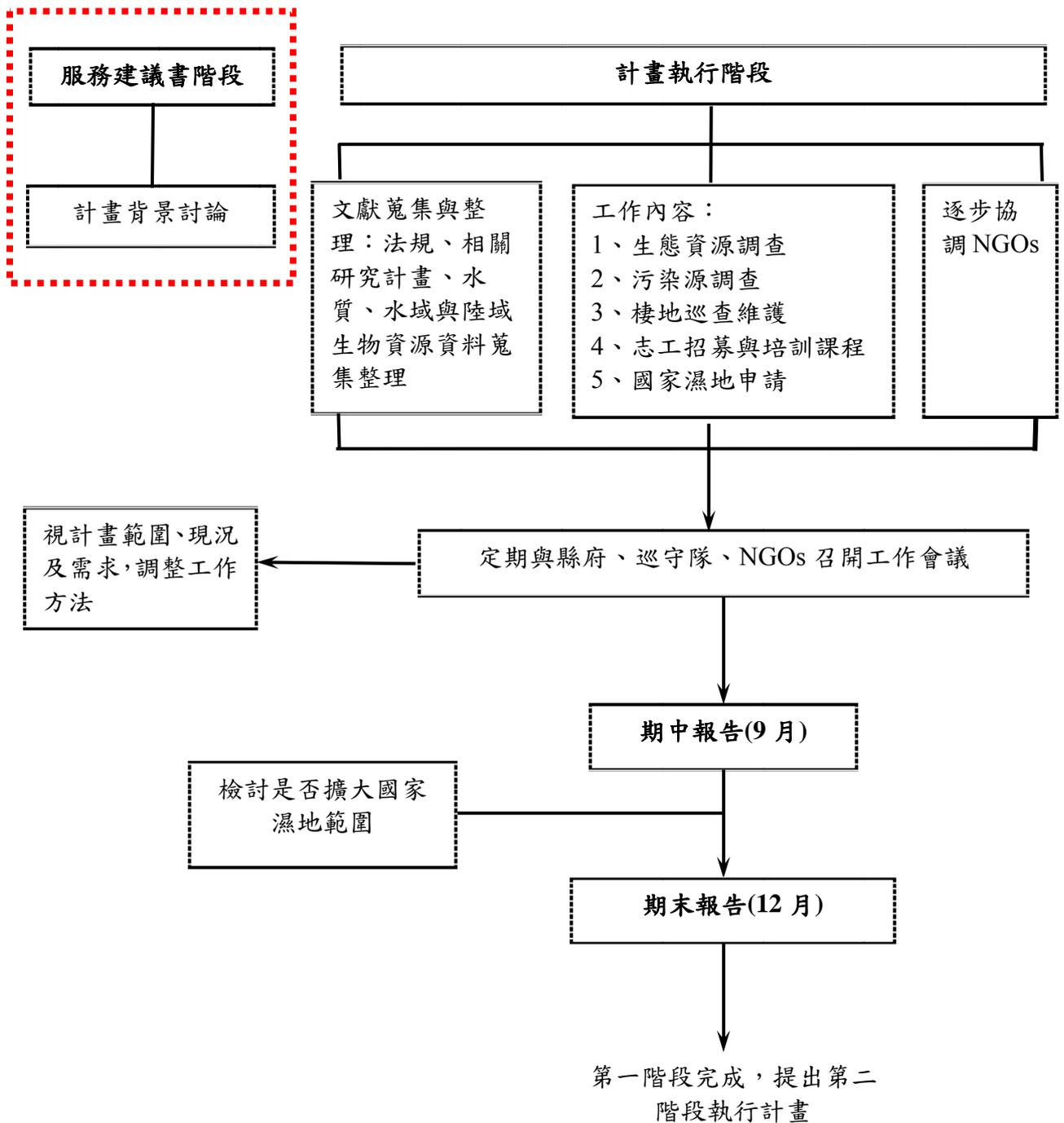


圖 1、工作流程圖

二、實地勘查

經民國 100 年 7 月 12 日現場勘查，東港溪主流兩側沿岸主要土地利用類型為農耕地、廢耕地以及魚塭，且大多為違法佔用；另有大片的草生地及草生灌叢，河流上及河岸兩旁水生植物叢生，主要為水甕菜、大萍以及布袋蓮，可能會有阻塞河道的狀況發生。部分支流疑似被截流而形成大片水池，其內生長大量水生植物。另有部分區域有垃圾棄置及焚燒情形。以上現勘照片如附件一。

參、文獻資料回顧

一、環境背景資料

(一)地質

根據東港溪河系情勢調查(陳等人, 2006)所示，東港溪流域有荖濃斷層經過，以西為現代沖積層，荖濃斷層線附近則分布有幾塊更新世的台地堆積，另外其他則屬於中新世之廬山層。根據中央地調所臺灣區域地質 GIS 圖層，本計畫範圍及其周邊主要為沖積層，如圖 3。

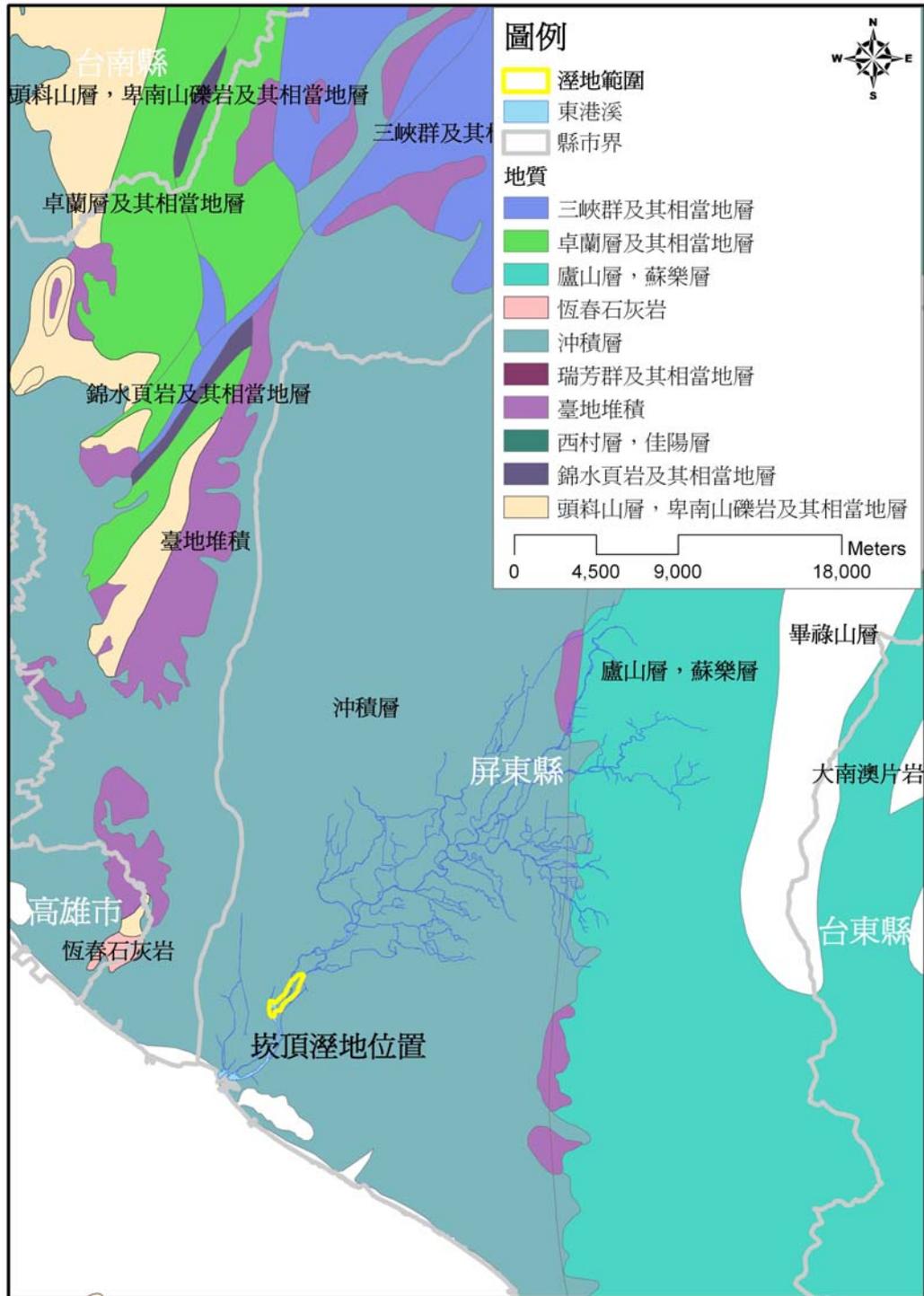


圖 3、崁頂濕地及其周邊區域地質圖

(二)水文

依據經濟部水利署第七河川局全球資訊網(2011年)資料，東港溪發源地為屏東縣南大武山前麓，共有 26 條主要支流，主流長度 44 公里，流域面積 472.2 平方公里，流經區域包括屏東市、屏東縣東港、潮州，林邊、新園、南州、炭頂、新埤、萬巒、竹田、麟洛、內埔、長治、鹽埔、瑪家、萬丹及泰武等鄉鎮市，於新園鄉、東港鎮出海。鄰近流域內有萬安溪、牛角灣溪、佳平排水、麟洛排水、溪州排水及牛埔排水等重要支流。

炭頂濕地位處東港溪下游，距出海口約 4~5 公里，東港溪感潮河段為出海口到港西抽水站，全長為 4.5 公里(洪，2005)。

(三)水質

依據行政院環境保護署「全國環境水質監測資訊網」(2011)，東港溪水質監測站設於港西抽水站。以下彙整 2006 年~2011 年，近五年港西抽水站水溫、酸鹼值、溶氧、導電度、生化需氧量、化學需氧量、懸浮固體、大腸桿菌、氨氮、總磷、硝酸鹽以及亞硝酸鹽監測結果繪製成如圖 4~9 所示(東港溪發源地至港西抽水站河段適用乙類水體標準)，以下摘要說明：

1.水溫

年均溫介於 27.1~28.7°C 之間，近五年最低溫為 2007 年 3 月 21.3°C，最高溫為 2006 年 7 月 32°C。

2.酸鹼值(pH 值)

近五年酸鹼度介於 7~8.2 之間，水質偏弱鹼性，符合乙類水體標準。

3.溶氧

2011 年環保署未公佈此測點溶氧量資料，因此資料有露缺。彙整近四年半資料，平均溶氧量為 4.11 mg/L。根據河川污染指標(RPI)，溶氧介於 2~4.5mg/L 之間屬於中度污染。

4.導電度

近五年平均導電度為 601 μ mho/cm 25°C，最小與最大數值介於 393~796 之間。

5.生化需氧量

近五年平均生化需氧量(BOD)為 4.8 mg/L，最小與最大數值介於 1.2~12.9 之間。根據河川污染指標(RPI)分析，介於輕度到中度污染之間。

6.化學需氧量

近五年平均化學需氧量(COD)為 21.1mg/L，最小與最大數值介於 8.5~44.7 之間。

7.懸浮固體

近五年平均懸浮固體為 20.1mg/L，最小與最大數值介於 8.1~56.3 之間。根據河川污染指標(RPI)分析，東港溪懸浮固體介於輕度到中度污染之間。

8.大腸桿菌

近五年平均大腸桿菌數為 166192 CFU/100mL，最小與最大數值介於 7500~1000000 之間。

9.氨氮

近五年平均氨氮為 4.9 mg/L，最小與最大數值介於 1.4~8.5 之間。根據河川污染指標(RPI)分析，屬於嚴重污染等級。

10.總磷

近五年平均總磷為 0.98 mg/L，最小與最大數值介於 0.25~1.96 之間。

11.硝酸鹽

近五年平均硝酸鹽為 0.97 mg/L，最小與最大數值介於 0.02~2.32 之間。

12.亞硝酸鹽

近五年平均亞硝酸鹽為 0.15 mg/L，最小與最大數值介於 0.01~0.3 之間。

綜合以上水質監測資料顯示，東港溪港西抽水站水質處於中度污染狀態，其中尤以氨氮監測數值偏高，達嚴重污染程度。經過現勘發現，炭頂濕地周圍農田範圍廣大，加上有人於此居住活動，因此推測污染可能原因為農業活動以及生活污水排放所引起。

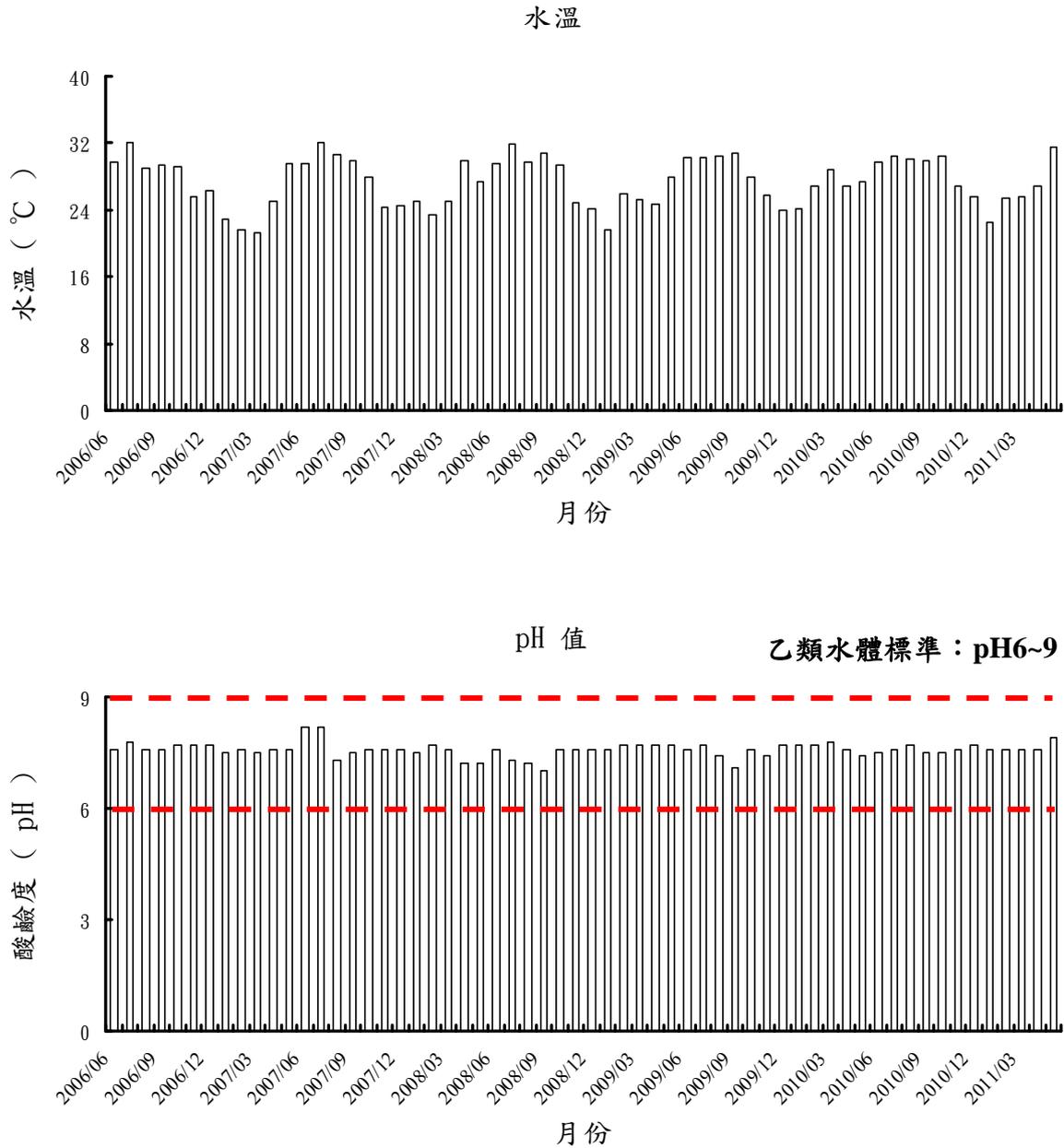


圖 4、東港溪(港西抽水站)水溫、酸鹼值變化圖

資料來源：環保署港西抽水站水質測站 (2006~2011 年)

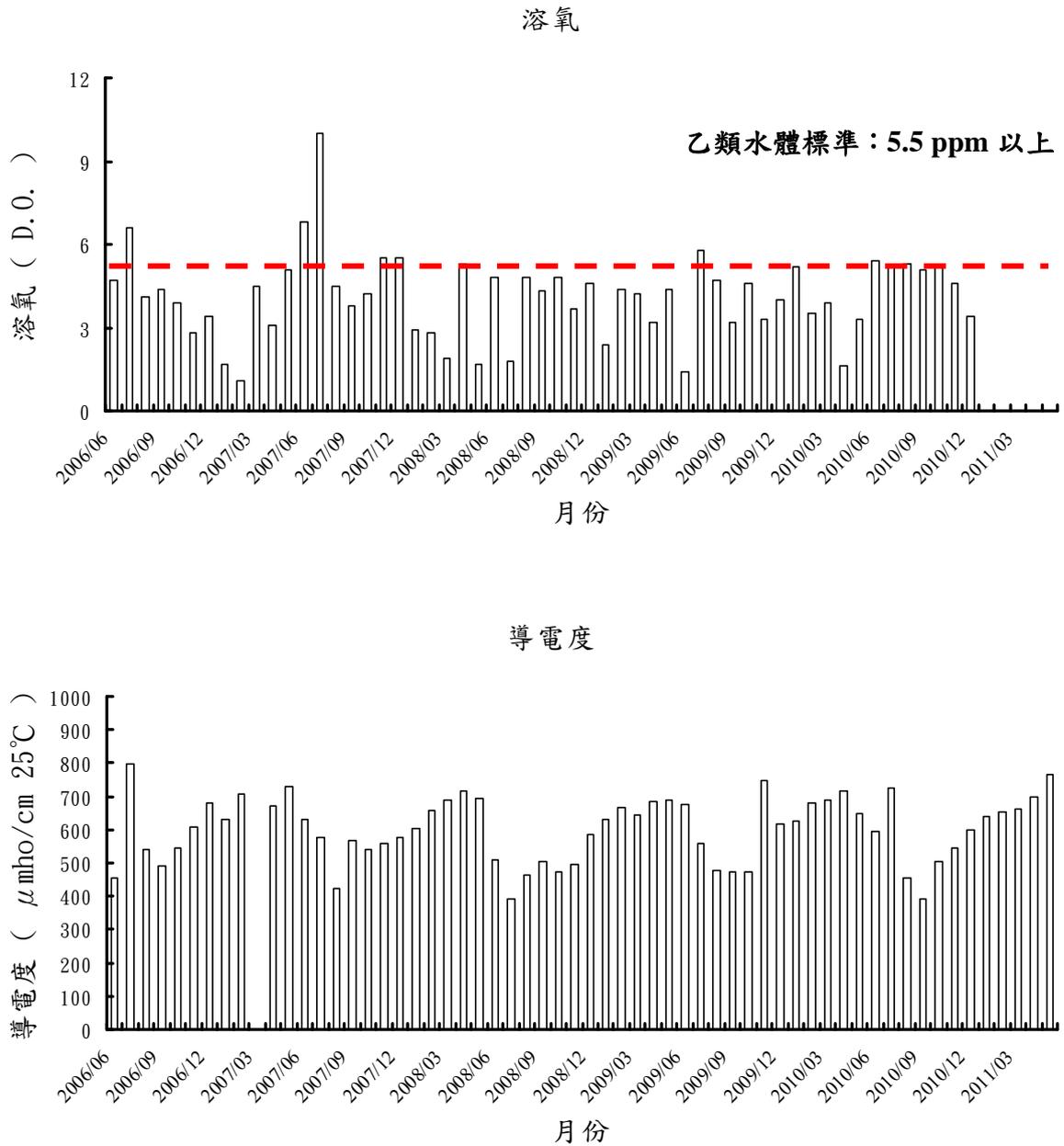
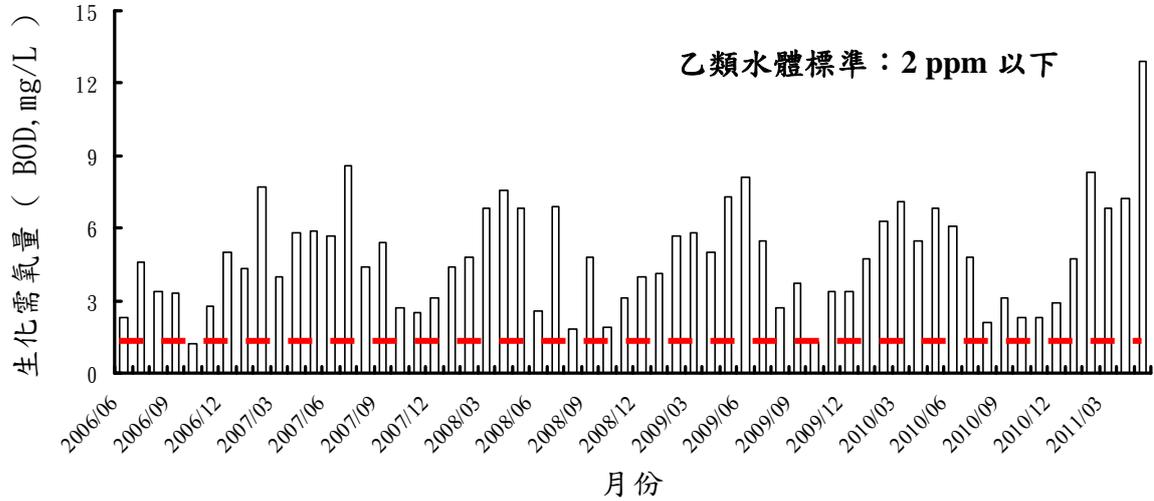


圖 5、東港溪(港西抽水站)溶氧、導電度變化圖

資料來源：環保署港西抽水站水質測站 (2006~2011 年)

生化需氧量



化學需氧量

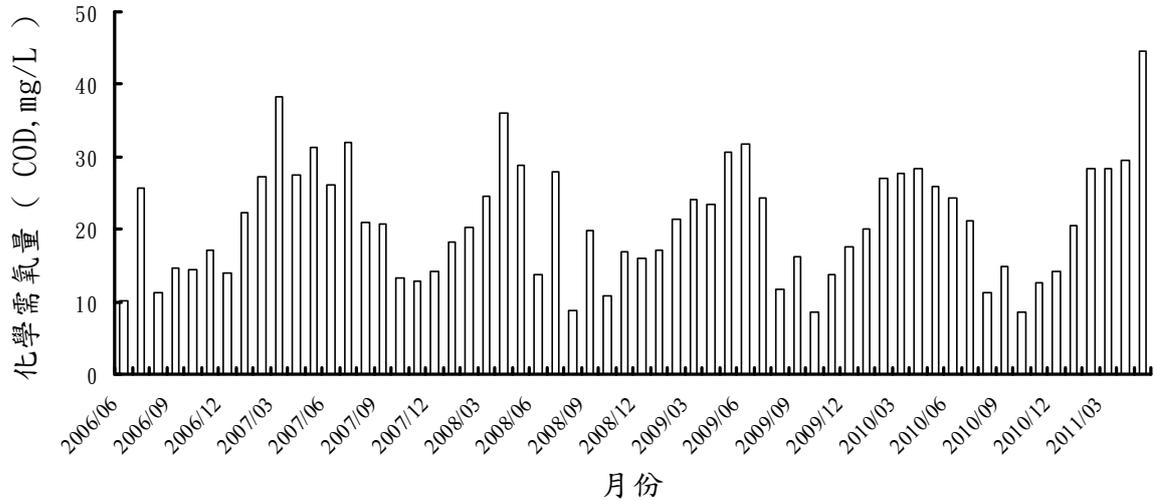


圖 6、東港溪(港西抽水站)生化需氧量、化學需氧量變化圖

資料來源：環保署港西抽水站水質測站 (2006~2011 年)

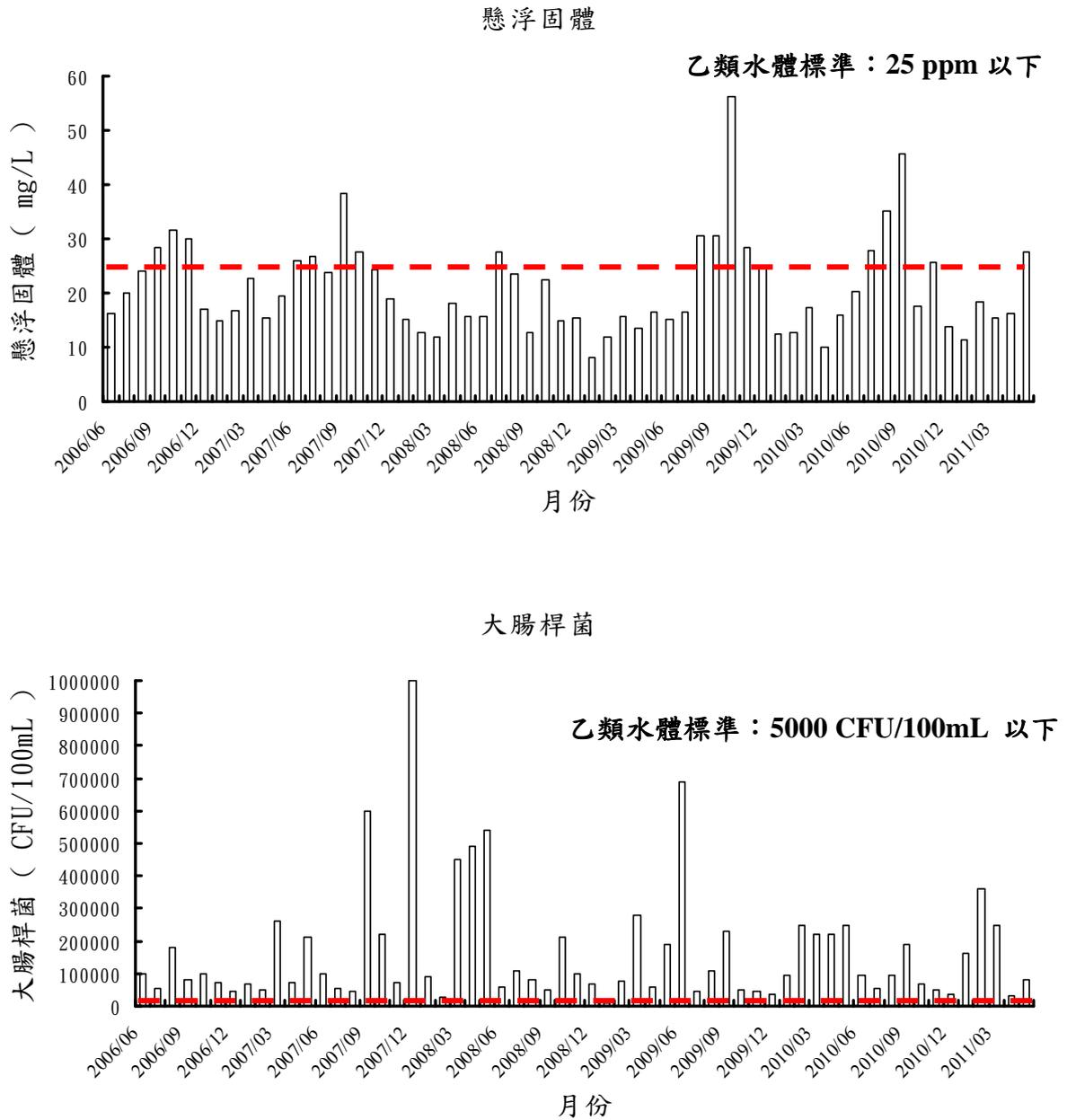


圖 7、東港溪(港西抽水站)懸浮固體、大腸桿菌變化圖
 資料來源：環保署港西抽水站水質測站 (2006~2011 年)

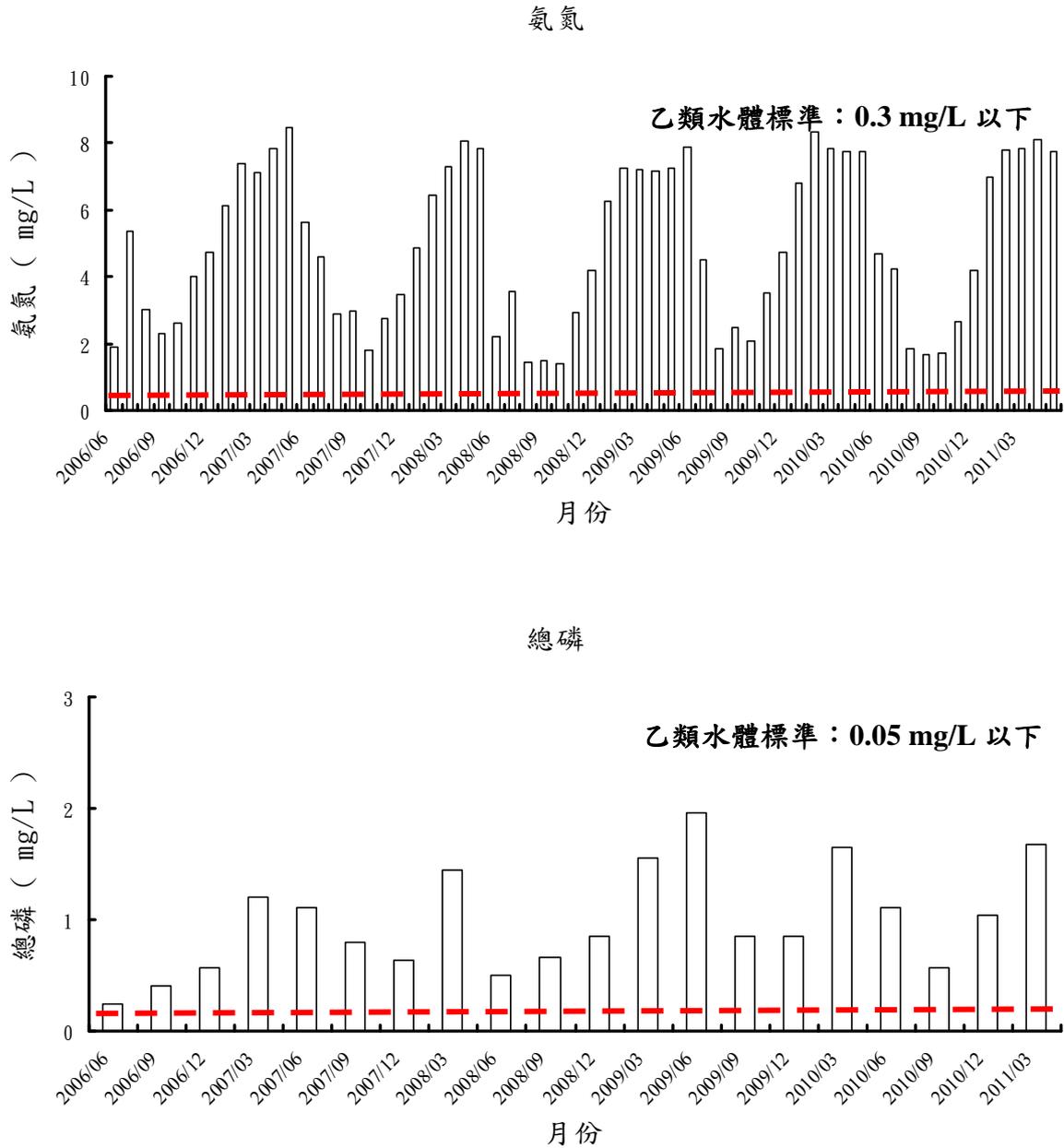


圖 8、東港溪(港西抽水站)氮氮、總磷變化圖
 資料來源：環保署港西抽水站水質測站 (2006~2011年)

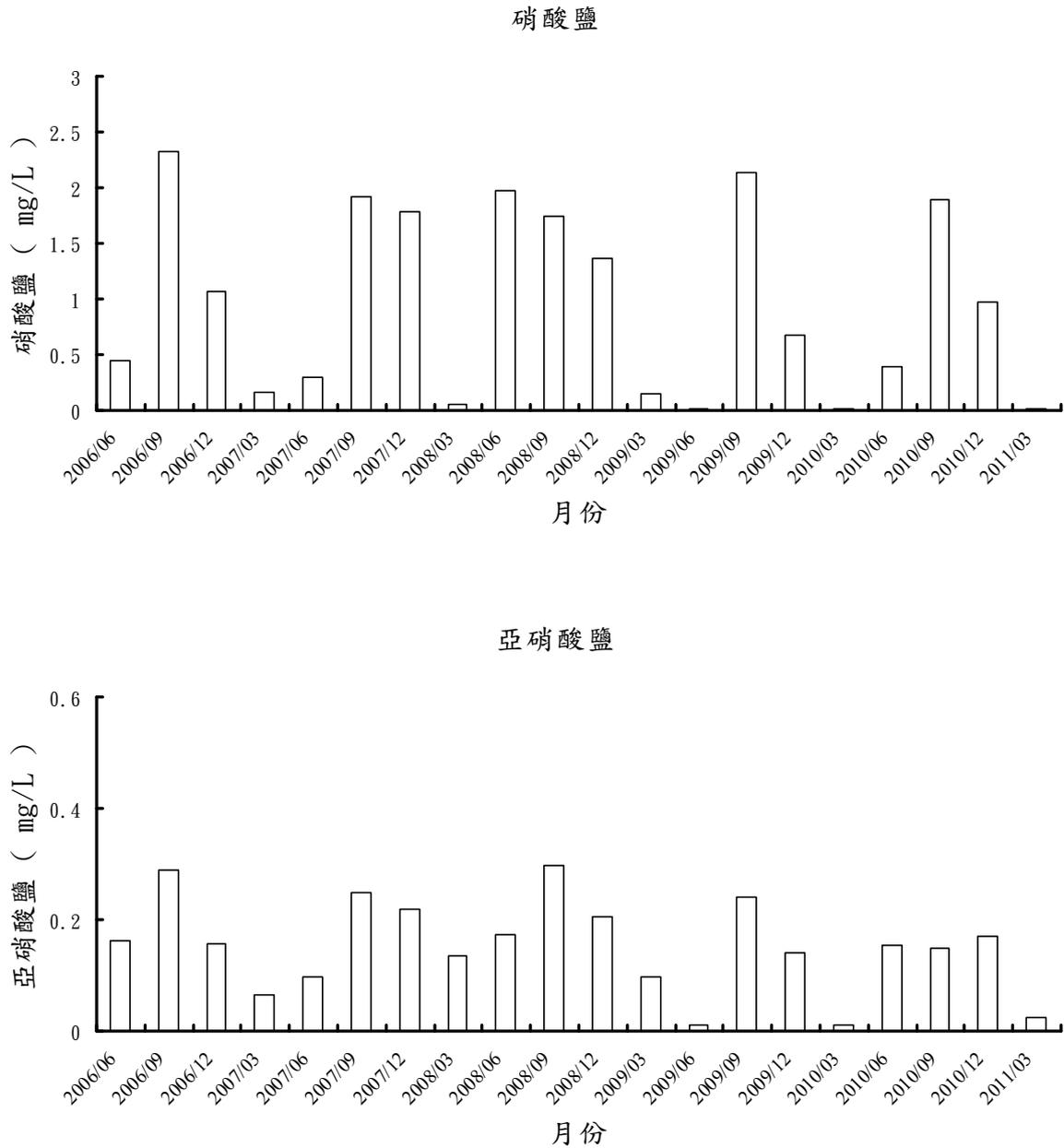


圖 9、東港溪(港西抽水站)硝酸鹽、亞硝酸鹽變化圖

資料來源：環保署港西抽水站水質測站 (2006~2011 年)

(四)社會經濟

1.人口及年齡分布

(1)人口分布現況

炭頂鄉人口數以男生居多(表 1)，在過去 10 年間(2000~2010)，炭頂鄉人口呈現正成長(1.2%)(表 2)。

表 1、炭頂鄉戶數、人口分布與人口密度(2010 年)

鄉鎮	戶數	人口數			人口密度(人/km ²)
		男	女	合計	
炭頂鄉	4232	8888	8491	17379	556

註：屏東縣政府民政處(2011)

表 2、炭頂鄉平均人口成長數與人口成長率

鄉鎮	人口數		年平均人口成長數	年平均人口成長率(%)
	2000 年	2010 年		
炭頂鄉	15305	17379	207	1.2

註：屏東縣政府民政處(2011)

(2)年齡分布現況

由圖 10 得知，炭頂鄉的人口年齡分布以孩童及 65 歲以上老人居多(屏東縣政府民政處, 2011)，顯見人口外流情形嚴重。

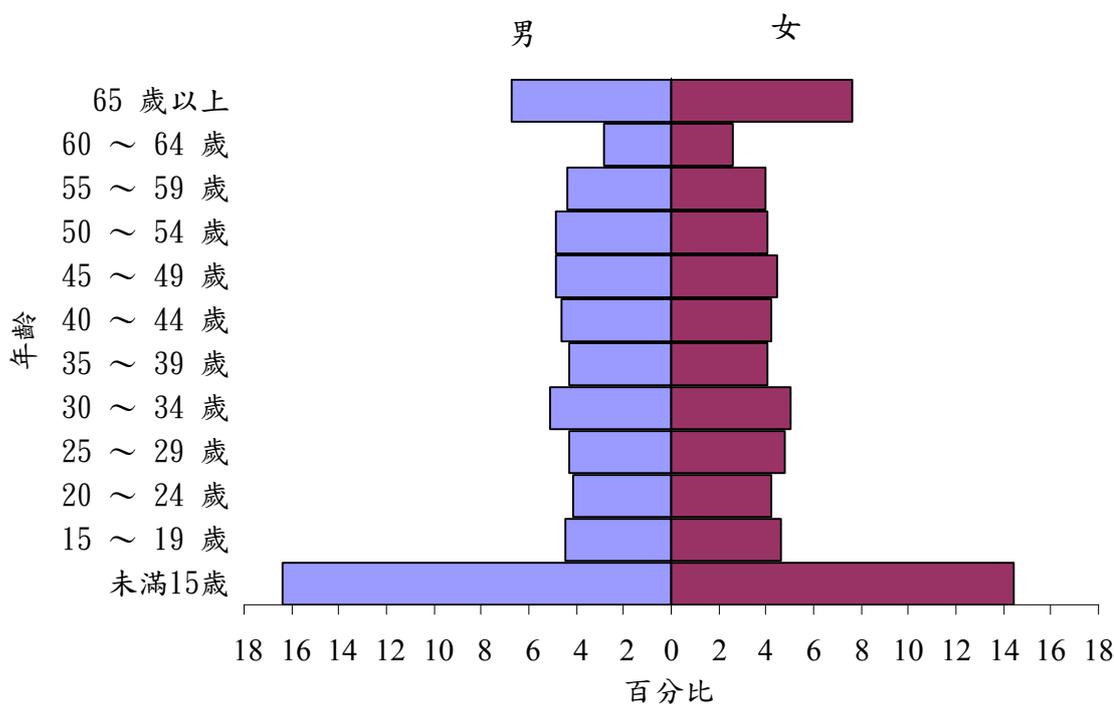


圖 10、炭頂鄉人口年齡結構圖

資料來源：屏東縣政府民政處(2011 年 6 月)

2. 產業結構

東港溪流經炭頂鄉，水源充足，加上廣闊平原，使得當地以農業為主，主要農產品有稻米、蔗糖、香蕉、蔬菜等。沿海地區養殖業盛行，因超抽地下水，當地有地層下陷情形。畜牧業則有肉牛、乳牛、山羊、乳羊、綿羊、毛豬與家禽等，亦成為當地重要產業之一。

(五) 生態環境

經蒐集國內相關於東港溪流域範圍內之生態相關文獻，共計 4 篇，分別為 1. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心於 1998 年度委託國立屏東科技大學鄭副教授文騰進行東港溪之河川生態調查研究(特有生物研究保育中心網站)、2. 經濟部水利署第七河川局於 2004 年 5 月至 2006 年 5 月委託國立屏東科技大學及國立海洋生物博物館所執行「東港溪河系情勢調查」(陳等人, 2006)、3. 行政院環境保護署監測資訊處委託中環科技事業股份有限公司所執行「九十四年河川環境水體整體調查監測計畫(東港溪、急水、曾文溪、新店溪、淡水河本流、鹽水河流域)」期末報告(中環科技事業股份有限公司, 2005)、4. 經濟部水利署第七河川局全球資訊網之「東港溪治理資料一覽表」(以下簡稱經濟部水利署第七河川局全球資訊網)，依上述文獻分別就東港溪之維管束植物、鳥類、底棲生物、兩棲爬蟲類、陸域昆蟲及魚類之過往生態調查，加以彙整並簡述如下：

1. 維管束植物

綜合特有生物研究保育中心網站及經濟部水利署第七河川局全球資訊網，東港溪流域之維管束植物種類為 70 科 189 種(特有生物研究保育中心網站)及 67 科 271 種(經濟部水利署第七河川局全球資訊網)，其中無法得知(特有生物研究保育中心網站)或無發現(經濟部水利署第七河川局全球資訊網)任何列入公告稀有或亟待保育之種類。

2. 鳥類

綜合特有生物研究保育中心網站及經濟部水利署第七河川局全球資訊網，東港溪流域發現之鳥類為 37 科 104 種(特有生物研究保育中心網站)及 28 科 65 種，其中特有生物研究保育中心網站指出，發現保育類之種類為彩鶇、畫眉、大冠鷲、鳳頭蒼鷹及黑鳶等 6 種，珍貴稀有保育類鳥種為大冠鷲、鳳頭蒼鷹、鵬頭鷹、澤鷲、黑鳶、紅隼及燕行鳥等 7 種，而其他應予保育類鳥種則有畫眉、彩鶇及紅尾伯勞等共計 3 種。

3. 底棲生物

A. 水棲昆蟲：綜合特有生物研究保育中心網站及中環科技事業股份有限公司(2005)研究報告，分別發現 9 目 22 科 33 種 557 隻(特有生物研究保育中心網站)及 7 目 18 科 26 種 287 隻(經濟部水利署第七河川局全球資訊網)，發現數量最多為蜻蛉目共 5 科 13 種 878 隻(特有生物研究保育中心網站)及雙翅目共 6 科 9 種 180 隻(經濟部水利署第七河川局全球資訊網)。

B. 蝦蟹類：綜合特有生物研究保育中心網站及中環科技事業股份有限公司(2005)研究報告，共發現蝦蟹類 6 科 15 種(特有生物研究保育中心網站)及 4 科 9 種(經濟部水利署第七河川局全球資訊網)，其中特有種 3 種，外來種則有 1 種(特有生物研究保育中心網站)，發現最多數量之種類依序為日本沼蝦 534 隻，大和沼蝦 35 隻及東方白蝦 24 隻(中環科技事業股份有限公司，

2005)。

C.螺貝類：綜合特有生物研究保育中心網站及中環科技事業股份有限公司(2005)研究報告，分別發現 8 科 11 種 118 隻(特有生物研究保育中心網站)及 6 科 9 種 53 隻(經濟部水利署第七河川局全球資訊網)，主要物種分別為福壽螺、臺灣類扁蝨、囊螺及臺灣椎實螺等，均屬淡水螺類(中環科技事業股份有限公司，2005)。

D.藻類：從特有生物研究保育中心網站得知，東港河流域主要以 Microcystis 及 Trichodesmium 兩屬藻類為主要物種，而此兩類物種均屬汙染水域之指標物種，往後調查值得特別注意。

4.兩棲爬蟲類

根據特有生物研究保育中心網站，於東港河流域發現兩棲類共 5 科 14 種，以澤蛙為數量最多之種類，共有 1 種屬珍貴稀有保育類野生動物，分別為臺北赤蛙。

爬蟲類方面，則發現 9 科 30 種，以外來種多線南蜥為最多，並於各棲地均可發現其蹤跡，影響當地原生蜥蜴之生存空間。另外並發現 4 種其他應予保育類兩傘節、眼鏡蛇、龜殼花、錦蛇。

5.陸域昆蟲

綜合特有生物研究保育中心網站及經濟部水利署第七河川局全球資訊網，共發現 77 種蝶類及 26 種蜻蛉目昆蟲(特有生物研究保育中心網站)，及 7 目 7 種(經濟部水利署第七河川局全球資訊網，未詳細載明記錄為何種昆蟲)，於水質較清澈之水域樣區，可發現短腹幽蟪、短尾幽蟪、白痣珈蟪及樂仙蜻蜓等性喜溪流之物種。

6.魚類

綜合上述 4 篇文獻，共發現 15 科 26 種(特有生物研究保育中心網站)，33 種(陳等人,2006),15 科 21 種 2,841 隻(中環科技事業股份有限公司,2005)及 30 種(經濟部水利署第七河川局全球資訊網)，其中以尼羅口孵魚數量為最多，其次依序為大肚魚、條紋二鬚魚巴、琵琶鼠、三星鬥魚、泰國鱧及中華花鰍等(經濟部水利署第七河川局全球資訊網)，另外特有種則有臺灣石魚賓、臺灣馬口魚、粗首鱸及斑帶吻鰕虎等 4 種(特有生物研究保育中心網站)，未記錄保育類物種。

二、東港溪及炭頂濕地歷年大事紀整理

依據上述水質監測資料顯示，東港溪下游港西抽水站，屬於中度污染。因炭頂濕地地處偏僻，易遭民眾亂丟垃圾，或是濫墾等情況，進而影響當地生態環境。另外東港溪近年來時有民眾遭鱷魚咬傷之新聞，這些鱷魚是由養殖場逸出，加上琵琶鼠、美國螯蝦及吳郭魚已成為當地外來入侵種，威脅本土生物生存空間。種種環境事件均影響炭頂濕地的生態環境，以下即整理歷年環境大事紀要如表 3 所示。

表 3、東港溪及炭頂濕地歷年大事紀一覽

日期	大事紀
2006/6/27	東港溪不僅有鱷魚流竄，最近還捕獲凶猛的大型鱷龜，嚇壞溪邊耕作的農民，鄉民也曾經在東港溪釣起食人魚，東港溪彷彿已經變成亞馬遜河，危機四伏，生態環境出現極大變化。
2006/8/22	屏東炭頂經營釣魚池的業著陳志順日前到力社村的東港溪畔抓魚蝦，在一處小窪地裡網到一隻怪魚，原以為是鮫魚，卻有著看似鱷魚的長嘴，經比對圖鑑才知是外來種的「雀鱔」，研判可能是民眾棄養的觀賞魚。
2008/2/23	新竹縣展望清運公司昨天首度清運垃圾南下炭頂焚化廠焚燒，廠方發現垃圾中挾帶醫療廢棄物，屏東縣環保局到場稽查後查扣，並停止這家公司後續作業。
2010/9/29	在東港溪捕獲的鱷魚，清一色都是眼鏡凱門鱷，研判是2005年颱風時，自一家鱷魚養殖場所流出，5年來，東港溪不斷傳出有鱷魚出沒，目前溪裡究竟潛伏著多少鱷魚，無法正確估算。眼鏡凱門鱷每次產卵可達40枚，在東港溪流域生活5年後，可能已經適應當地環境，順利繁殖出下一代，對本土物種構成威脅。
2010/9/29	有人在東港溪炭頂段撿拾蝸牛時，在溪旁遭鱷魚咬傷手臂，引起地方騷動。
2010/9/30	東港溪又捕到鱷魚，還咬傷民眾，屏縣消防局懷疑是5年前612水患被沖走的凱門眼鏡鱷，甚至可能是繁衍的下一代。
2010/10/6	東港溪不僅鱷魚橫行，還陸續捕獲肉食性的鱷龜及蛇龜，東港溪儼然已成為臺灣的亞馬遜河。

三、河川環境與水棲生物相關研究文獻回顧

(一) 河流環境保育的重要性

水是生命的源泉，河流的趨勢影響著人類文明的發展，而河川的生態價值在於可提供多元的潛在功能，這些功能支持著人類生存和經濟發展的物質基礎及保障，而河川兼具水源地、水路運輸、旅遊娛樂、物質循環與生態保護、調節微氣候及減緩熱島效應等功能。但河流也是最易受人類活動影響的生態系統之一，長久以來，人類對河川進行各種利用的過程也同時造成許多干擾，包括攔河築壩、分流、截彎取直、堵塞汊流、流量控制、河岸固化等物理性建設，使許多河流受到嚴重的人為影響，河川地利用，錯誤的整治方式，大量點源與非點源污染排入河流，造成河流水質及環境惡化、水土流失河床萎縮、水生生物銳減、河川災害頻繁，這一系列的問題導致了河流生態功能逐漸喪失，造成河流生態系統中能量和物質的傳遞功能的破壞，直接威脅或間接影響到了人類的生產和生活。因此，維持和恢復河流生態系統的健康成了當前河流管理的重要目標。河流生態復育是伴隨生物多樣性的生態復育觀點所出現的新概念，從河流復育及管理的角度而言，河流保育的概念有助於以科學的角度來喚醒社會對河流影響的關心，在河川保育和管理中強調生物和生態系統的關係，進而連繫人們對河川保育的概念。

河川保育的目標在於恢復河川的生物多樣性功能，即物理、化學和生物的完整性，Schofield and Davies (1996)認為河川的健康程度指的是，與沒有受到破壞的河流的相似程度，特別由生物多樣性和生態功能的方面著眼，強調了河流生態系統的自然狀態及完整性，也就是維持河川生態系統的自然結構和功能的目標，這就是河流生態保育的標準。因此，河川保育的基本工作是水質監測，最終目的是經由對水體的環境變化現狀、成因等進行定量的調查和測試，全面及時掌握水環境品質的動態變化特徵，為水資源保護、水環境管理，以及水污染防治和決策提供可靠依據。所以，水質監測是開展水資源環境監測、調查、評估和水污染預測、預報工作的基礎，是實施水資源保護系列措施的重要組成部分。

就河川系統而言，水體的最大破壞原因為人為污染，因此有關河流生態的評

估方式早開始於 19 世紀末期的歐洲，其對幾條已受嚴重污染的河流開始對水質做出評價。20 世紀河流保育的重點由水質保護轉而注重河流生態系統的復育，因此單由水質監測已經不符河流生態監測的需要，因為水質監測只是對河流生態的部分內容評估，不能完全代表河流生態的健康狀況，例如：包括引起水域生態系統功能的退化的一些關鍵因素，如水濱植被過渡帶的消失、污染物擴散、水流狀態改變、淤積、外來物種的入侵等問題。因此，有效的河流保育的關鍵內容也應隨著發生改變，進而轉向對河流生態系整體的評價，包括水質、底泥及生物相。

(二) 河流環境監測研究

Karr and Chu (2000) 整理了重要的河流健康評價和監測的生物學方法，包括生態完整性指數 (IBI) 和河流無脊椎動物預測和分類計畫 (RIVPACS)。生態完整性指數 IBI 最先應用於美國中西部，最初用於魚類群聚後又推廣到其他生物。RIVPACS 則在 1977 年時由英國淡水生態所的河流實驗室提出，主要是在於對保護位置的選擇，其中物種組成類型是其分析重點 (Schofield and Davies, 1996; Karr and Chu, 2000)。這兩種評價方法受到許多學者的支持，美國的許多地區採用 IBI 作為溪流生態狀況的評估的工具，並以此資料為支持水資源計畫決策的基礎。澳洲在 RIVPACS 的基礎上發展了適合澳洲當地的方法 AUSRIVAS，並於 1993 年以 AUSRIVAS 進行了第一次全國水資源健康評價 (Smith et al, 1999)。此外，河流健康評價指數還有藻類豐富度指數 (AAI)、矽藻的污染敏感性指數 (IPS)、底棲生物完整性指數 (BOIBI) 等。同時，許多國家還發展了河流健康的綜合評價方法，較具代表性的有美國、英國、澳大利亞和南非等國家。美國環保署 (EPA) 於 1989 年建立了快速生物評價協議，以生物群落資料作為生態健康的評估指標。1990 年，美國環保署 (USEPA) 開始環境監測評價計畫 (EMAP) 主要目的在於監測和評估河流和湖泊的狀態和趨勢。國家水質目錄 (NWQI) 為美國的《水清潔法》提供 2 年一次 (1996 年後 5 年一次) 的全國水質 (包括河流狀況) 的報告 (Hughes, 2000)。英國建立河流保護評價系統 (SERCON)，用來評估河流的生物和棲息地屬性，評價河流的自然保護價值 (Raven et al, 2000); 同時發展了河流棲息地調查方法 (RHS) 作為河流分類和未來棲息地評價的標準方法。此外，還有在美國、瑞士與義大利使用的河岸帶、河道、環境目錄 (RCE)，採用 16 個特徵值，應用於快速評價下游農業景觀地區小溪流的物理和生物狀態 (Petersen, 1992)。澳洲對河流生態的評估，包括水文地貌 (特別是棲息地結構、水流狀態、連續性)、物理化學參數、無脊椎動物和魚類群聚狀況、水質與生態毒理學等項目，同時也採用河流地貌類型 (GRS)、河流狀態調查 (SRS) 等多種評價方法。1996 年南非的水資源事務及森林部發起“河流健康計畫”，將棲息地完整性指數 (IHI) 用於評價棲息地與主要干擾因素影響的關係，包括飲水、水流調節、河床與河道的改變、本地岸邊植被和外來植被侵入的移除等內容 (Kleynhans, 1996)。

(三) 生物監測與生物指標

水域生態系統的任何變化都可能影響水生生物的生理功能、種類豐度、群聚組成及密度、群落結構與功能，以指標生物監測水質是檢測水污染的基本原理，並反映水環境品質狀況的標準和依據，而利用水生動物群落的結構變化及經由指標生物的生理、生化狀況的改變可反映出水質狀況，它直接反映了水域環境品質變化對生物的影響和危害程度，是落實水域環境監測的一種最直接而有效的手

段。因此，水生生物的生物學、生態學與生理學特徵成為反映水體狀況好壞的重要指標 (黃, 2001)。生物監測就是經由生物或其族群的數量、生物量、生產力、結構指標、功能指標及生理生態狀況的動態變化的監測，來描述河流生態系統的健康狀況。最常見生物監測方法是指標生物判別法，經由對水域生物如細菌、藻類、原生動物、海綿動物、浮游動物、環節動物、軟體動物、輪蟲、苔蘚動物、昆蟲甚至水生植物等，進行定性或定量的調查及鑑定，再依物種的出現有無來評估生態系統健康狀況，這是目前河流生態系統狀況的重要評估方式。近年來，研究指標生物選擇上的新發展是挑選活動範圍較大的指標物種，以用於地景的大尺度上評價河流健康。Kingsford (1999) 以空中監測收集河流系統周圍水鳥的數量變化資料及分布趨勢，以研究較大河漫灘河流的健康狀況，從而將河濱附屬濕地、河漫灘的健康加以整合。唐等 (2002) 整理歐美應用較簡單的生物指數與物種多樣性指數來逐步替代指示物種監測河流狀況，得到較多的應用，生物指數法多以魚類、附著藻類 (多為矽藻) 及無脊椎動物為監測與研究。由於魚類個體大，生長週期長，較易鑑別，且魚類群聚由不同食性種類組成，能夠反映水體狀態的變化。以魚類為對象的生物指數的代表是魚類生物完整性指數 (IBI) (Karr, 1981) 與魚類集合體完整性指數 (FAII) 等 (Kleynhans, 1999)。魚類生物完整性指數以年齡結構、營養結構、敏感魚類與耐污種的生存狀況、魚類的疾病或其他損傷情況綜合評判水體狀況。這種方法主要用於評估河流的現狀、趨勢與變化原因，在歐美有廣泛的應用。12 個歐盟國家發起了一項研究計畫，發展建立魚類的評價方法，為歐盟水框架指令 (WFD) 提供直接支援 (Oberdorff et al., 2002)。此外，底棲動物在營養結構中的地位由於移動慢，因此成為區域性的監測指標，早期有關河流大型無脊椎動物監測基礎上的健康狀況評價指數主要包括特倫特生物指數 (Woodiwiss, 1964)、計分制生物指數 (Chandler, 1970)、連續比較指數 (Cairns and Dickin, 1971)。河流無脊椎動物預測和分類系統 (RIV - PACS) (Wright et al. 1989)，近年來逐步發展起來的有澳大利亞河流評價計畫 (AusRivAS) (Smith et al, 1999)。這些也都先後被國內學者用來進行底棲動物監測河流的研究。

藻類的種類與數量組成是水體狀況的重要指標，因此有些是以藻類為主的生物指數。其中較有代表性的包括日本水道協會 (1970) 提出之污水生物指數、矽藻生物指數 (津田, 1964)、藻類豐富度指數 (Marsden et al. 1997)、污染敏感性指數 (IPS) (Sladeczek et al. 1986)、類屬矽藻指數 (GDI) (Kwandrans, 1998) 及營養矽藻指數 (Kelly and Whitton, 1998)。此外，常用的物種多樣性指數如馬格列夫多樣性指數、申農—威弗多樣性指數等方法對確定物種、判斷物種耐性的要求不須太嚴格因此應用起來較為簡便。

目前國內溪流的生物之水質指標評估方面仍在起步的階段，其中，以魚類為指標生物的有生物整合指標模式 (Index of biotic integrity, IBI)，以水生昆蟲污染耐受程度所發展之科級生物指標 (Family-level Biotic Index, FBI) (Hilsenhoff, 1988)、大型無脊椎生物所發展之快速生物評估法 III (Rapid Bioassessment Protocol III, RBP III)、河川附著藻類之腐水度指數 (Saprobity Index, SI) 及藻屬指數 (Generic Index, GI) 等方式為國內目前進行生物之水質指標評估較常使用的方式。

(四) 指標生物概述

最常見生物監測方法是指標生物判別法，經由對水域生物如各個分類階層的物種的組成來評估水域生態系統狀況，目前國內河流生態系統狀況的重要評估方

式包括藻類、浮游動物、底棲動物、水生昆蟲、魚類等進行定性或定量。

1. 浮游植物

浮游植物在水生態系統中的地位和作用是基礎且重要的，在自然水域中浮游植物的種類分布相當廣，同時對生存環境水質的變化較為敏感。當水體受到嚴重污染超過耐受性範圍，藻類群聚會衰減甚至消失。當污染物濃度的隨著時間或空間逸散降低和性質的變化，藻類又會重新生長繁殖。在正常條件下，不同的浮游藻類對水質污染程度的適應和營養鹽的要求不盡相同。因此，在環境監測、水體污染及淨化能力的評估工作中，藻類已成為水域環境的一項重要的生物指標。

2. 附著性藻類

附著性藻類是底質生物系統中的附著類群，附著藻類可做為水質指標如矽藻，因對水中的污染異常敏感，除可用來探測各種有機物污染程度外，更可由污染程度不同所造成的種類及相對豐富度，來建立水質分析標準。但可以經由觀察計數底質上附生的藻類多少來判斷出水中的營養鹽是否過量，可以與水質調查中的氮和磷等營養鹽指標綜合參考。

3. 底棲動物

底棲動物是指生活史的全部或大部分時間生活於水體底部的水生動物，在起源方面，底棲動物若依是否能直接利用水中溶解氧與否？可分為原生底棲動物和次生底棲動物兩大類型，原生底棲動物包括了常見的蠕蟲、底棲甲殼類、雙殼類軟體動物如蚌、蜆等類群。次生底棲動物是由陸地生活的祖先在系統發育過程中重新適應水中生活的動物，主要包括各類水生昆蟲、軟體動物的肺螺類如囊螺、椎實螺等。若以體型大小方面，常根據篩網孔徑的大小將它們劃分為不同的體型的類型，將不能通過 500 μm 篩網孔徑的動物稱為大型底棲動物；能通過 500 μm 篩網孔徑，但不能通過 42 μm 孔徑篩網的動物為小型底棲動物；能通過 42 μm 篩網孔徑的動物為微型底棲動物。在實際操作過程，一種物種的幼體可能是小型底棲動物，而成體可能是大型底棲動物，所以此分類法會忽略分類地位和生態習性。國內在大型底棲動物的研究有相當多的研究，但在小型底棲動物方面較少。

4. 水生昆蟲

水生昆蟲種類多，一般習慣將這個類群由底棲動物中分開討論，水生昆蟲個體較大、數量大，鑑定相關資料文獻相較於其它無脊椎動物完善。它對棲境有特定的要求，相對於魚類其活動範圍較小，對污染的逃避能力弱，加之對環境變化比較敏感而群落結構可對污染源作出靈敏的反應。因此，利用水生昆蟲進行水質監測和評價是水質生物監測中廣泛受到利用的方式之一，不同種類的水生昆蟲對水體污染的適應能力不同，有的種類只適宜在清淨水域中生活，而有些則可以生活在污染的水中。水生昆蟲種類組成和種群結構的變化標誌著水質變化的程度，因此利用水生昆蟲對水質污染的耐受性高低不同，就可以評估水體的污染狀況，正是基於這種原理。根據昆蟲耐受性和敏感性的差別，可用來進行水質監測的水生昆蟲有：蜉蝣目、毛翅目，這是分布廣泛、對水質敏感、應用最多的類群。另

外，鞘翅目、半翅目、雙翅目、鱗翅目、蜻蜓目、廣翅目、脈翅目、彈尾目等共 11 個目的 100 多種水生昆蟲，這些水生昆蟲可分為水生和半水生兩大類。而按傳統的形態分類法，除了無翅亞綱的彈尾目，有翅亞綱的水生昆蟲也分外翅部和內翅部。外翅部包括直翅目、半翅目、蜉蝣目、蜻蜓目、內翅部則有毛翅目、脈翅目、膜翅目、鱗翅目、長翅目、鞘翅目、廣翅目和雙翅目等都可用於水質監測。我國環境保護署環境檢驗所將水棲昆蟲列為重要的指標生物，做為評估河川水質的依據。水質污染情況可區分為四級，分別是貧腐水性 (oligosaprobic, os)、 β 中腐水性 (β -mesosaprobic, βm)、 α 中腐水性 (α -mesosaprobic, αm)，以及強腐水性 (polysaprobic)。行政院環境保護署環境檢驗所 (1997) 將臺灣河川底棲生物中的水棲昆蟲，依四種水域的代表之底棲生物列出；貧腐水性是指未受污染或稍受污染之河域，此種水質的河域大多位於河川之上游，代表性底棲生物包括石蠅、網蚊、扁蜉蝣、流石蠹、長鬚石蠹與渦蟲等； β 中腐水性是指輕度污染之河域，多位於河川之中、上游，代表性底棲生物為縞石蠹、扁泥蟲、雙尾小蜉蝣、石蛉與蜻蛉等； α 中腐水性是指中度污染之河域，多位於河川之中游，代表性底棲生物是姬蜉蝣、水蛭與水蟲等；強腐水性是指嚴重污染之河域，多位於河川之中、下游，此種河域水已變成黑褐色而且發出臭味，代表性底棲生物為紅蟲、管尾蟲及顫蚓 (田等，2004)。

在水質的評估的過程中，常以水域環境中的 COD、BOD 和濁度等作為傳統的理化檢測方法，但是在某些情況下不足以說明和反映水樣的毒性效應，還需要進行多樣性的生物監測。因此可經由生態系統及群聚的指標生物多樣性狀況來表示水體污染物對水環境內生物群聚的影響，來反應水污染的程度。水質的變化對水域系統及群落生態效應主要表現在以下幾個方面：某些指標物種的出現或消失，如是對某種污染物敏感或耐受的種類；水生動物群聚種類或族群數量的增減及結構的改變；單一族群的個體數量與結構的變化；自養/異養程度的變化；生產力高低程度的變化。如雙翅目搖蚊科昆蟲種類繁多且分布廣泛，是水域生物監測的重要指標物種，其幼蟲在水域生態系中占有重要地位，因此其幼蟲作為水體污染的指標示生物。而且具有許多優點如：搖蚊幼蟲可以監測各種沉積物中的毒性，是底棲動物的代表，這是魚類和藻類等毒性試驗生物材料所不能替代的。搖蚊幼蟲在各種不同水體中生活且容易採集，若須進行室內培養還可以得到統一標準的實驗材料，而生活史短實驗週期短，一般一次慢性實驗約需 30 天，比用魚蝦類作試驗更節約時間和經費。此外，搖蚊幼蟲個體小，所要求試驗毒物數量少，適合較小容器的流水或靜水等各種試驗。

5. 魚類

臺灣河川魚類相與國外河川之魚並不相同。故訂定適合本土魚類生物指標時，係依據國內以往河川魚類調查資料，有關魚類整理自民國 70 年包括淡水河系等河川魚類，並分析臺灣河川魚種分布及與水質關係研究 (王，1993；1999；2001；2002)，將臺灣河川分布的 200 餘種淡水魚篩選出 15 種作為河川水質魚類指標，包括淡水河系、高屏溪、二仁溪、大甲溪、中港溪、朴子溪、頭前溪、東港溪及雙溪等河川，以及河川水質年報資料，再參考日本學者津田及森下所訂之河川水質等級特徵作為判斷，用以判定河川水質等級。依水域汙染程度可將魚類分為五個水質等級，分別

為未受污染指標魚種(鯛魚)、輕度污染指標魚種(石(魚賓)、臺灣櫻口鰍)、普通污染指標魚種(溪哥)、中度污染指標魚種(烏魚、花身雞魚、環球海鯨、鯉魚、鯽魚)及嚴重污染指標魚種(大眼海鯢、吳郭魚、泰國鱧魚、大鱗鰻、琵琶鼠)約 15 種。

(五)指標生物的優點

應用生物監測方法時可以直接檢測出河川生態中已經發生的變化,或已經產生的影響而沒有顯示出影響因子的資訊。例如,監測底棲動物及浮游動物群落、種群及個體數量和形態學的改變來反映水域環境的污染程度;利用活體生物的急性毒性試驗反映污染物濃度;利用活體生物的慢性毒性試驗來反映致畸、致癌、致突變的毒性效應等。相較於傳統的物理及化學檢測方法,指標生物的優點:

1.可以反應多因子的汙染結果,自然環境中生物可能接觸到不止一種污染物,而是許多種污染物的混合起來,因此可能會發生協同效應,使危害程度加劇,而生物監測可以反映出環境污染對生物產生的綜合效應。

2.一些低濃度甚至是很微量的污染物進入環境後,生物即可在污染物能被檢測前便可顯示並可見症狀或反應,可以在早期發現汙染,及時預報。

3.某些監測生物對一些污染物非常敏感,環境內劑量小,長期作用產生的慢性毒性效應,用理化方法很難進行檢測,而生物監測卻能做到,它們能夠對這些精密儀器都測不到的微量污染產生反應,監測效果更加敏感可靠,並表現出相應的受害症狀。

4.生物監測較理化因子複雜的檢測方式簡易,且不受儀器和繁瑣的連續取樣性的局限。

5.反映長期的污染效果。理化監測只能代表取樣期間的污染情況,而生活於一定區域內的生物,卻可以將長期的污染狀況反映出來。

6.生物處於生態系統中,通過食物鏈可以把環境中的微量有毒物質等污染物質經由生物濃縮的機制而放大,當到達該食物鏈末梢時,可將污染物濃度提高達數萬倍。

7.便於綜合評價,理化監測只能檢測特定條件下,水域環境中污染的類別和含量等,而生物監測可以反映出多種污染物在自然條件下對生物的綜合影響,從而可以更加客觀、全面地評價水環境。

(六)指標生物的研究方法

水質的生物監測是利用水環境中滋生的生物群落組成、結構等變化來預測、評價當地水域環境的水質情況的水質監測科學。生物群落與水體水質變化關係密切,它們的種群組成、群落結構等的變化直接或間接地反映著水體狀況及其發展趨勢。自 20 世紀 70 年代以後,歐洲就開始使用水蚤、蚌類、藻類等生物來評估水質狀況,因為這些水生生物對污染很敏感,是環境發生變化的見證。學者們在研究中發現,原生動物種類和數量能夠隨著水體的污染程度變化而消長,屬於單細胞植物的藻類對生態條件變化也極其敏感,當水中污染程度上升時,其種類數目就會明顯減少,而生存的矽藻個體數則會明顯增加。

水域生物監測有許多研究方法，包括群聚生態、個體生物及生理學的層面，包括下列幾項目：

1.藉由野外現地調查，尋找水環境中的特有種和敏感種。在野外現場調查試驗，經由分析野外現場環境中水體污染物的成分和含量，比較相對水體中棲息的水生動物的群聚結構及數量的可以得到相對的水域中的敏感種及特殊水域中的特有種。

2.配合實驗室裏進行的急、慢性毒性試驗，可以確定某種污染物的生物急性及慢性毒性，並且為此污染物的排放及環境容量尋找理論依據。例如通過暴露試驗，可以獲得重金屬或有機污染物對於水生動物體內一些酶類的影響。

3.調查和試驗研究水體污染物對水生動物的生理、生化影響。例如經由對搖蚊幼蟲唾腺內多線染色體的形狀以及其體內細胞的核畸變的研究，可以獲得水體內污染物對搖蚊幼蟲體致畸、致突變的影響。

4.通過測定水生動物體內的殘毒含量，可以獲得水生動物對於水體污染物的生物濃縮能力，並確定合理的檢測指標。

當水體受到污染後，水體中水生生物的種群分布將受到限制，污染越嚴重，生物種類就越少，直至大型生物滅絕，因此生態學家建議採用生物指數作為衡量水體污染程度的一種指標，可由生態群落的種類和數量組成，以及對它們的生理生化和對毒物的積累特點等進行分析，對水體的污染性質和程度做出一個全面、正確的評估。目前有一系列的生物量化指標用於水質監測，包括生物的多樣性指標、相似性指標、群落的相對穩定性指標等，其中以大型無脊椎動物的生物指數模型最具有代表性，主要有：Shannon 種類多樣性指數 (H')、Margalef 指數 (d)、FBI 科級生物指數、個數在種間的均勻度指數 (J')。

(七)指標生物與污染水體的分類

根據各種類型的水質調查或監測標準來看，考慮不同生物地理區的特性，監測或調查項目會不斷地加以改變，分析方法也會逐步發展和完善，水域污染指標生物可以反應在一定的水質條件下生存，對水體環境品質的變化反應敏感而被用來監測和評價水體污染狀況的水生生物。Kolkwitz & Marsson (1908, 1909) 提出了污水生物系統 (saprobien system) 的指標生物概念，並把能夠表示河流污染特性的生物稱為水污染指示生物，後來的研究開始針對了這一概念補充和發展其它可以用來作為指標生物的物種。包括細菌、藻類如浮游及附著植物(矽藻、小球藻、柵藻)、浮游動物(原生動物、枝角類、無節幼體、橈足類)、浮游動物、水生微型動物、大型底棲無脊椎動物、搖蚊幼蟲、大型底棲動物魚類和高等水生植物、水生維管束植物等等均可用來作為水污染的指標生物。不同的生物類群對水域環境的指標功能各有優劣，水生微生物對水質指標快而直接，藻類組成主要反應上層水質的變化，底棲生物反應下層水體的和底質改善狀態，魚類群聚的變化主要反映整體消費者較高階食物鏈及生態毒物學中生物濃縮作用下，如重金屬累積的指標，水生植物可以反應水體及生物生長的底質狀態，這幾種生物都可以用來表現水質狀態。

水域環境則如河流底棲大型無脊椎動物 (水棲昆蟲、貧毛類、螺貝類與蝦蟹類等)，由於具有分布廣、種類多、活動力不強、生活史夠長 (相較於浮游動物)、可與河床沈澱物相互作用等特性，因此相當適合作為環境指標。在河川中

之清潔水域，通常以不能耐受污染之物種為主，當水質污染程度增加，這些不能耐受污染之物種逐漸消失，而由中等耐污程度之物種取代，至嚴重污染時，中等耐污程度之物種也消失，只剩下耐污物種存活。我們觀察物種因為污染程度而產生之演替現象，選擇其中反應明顯之代表性種類作為指標生物，應用於河川水質之評估。一般用來指示水體嚴重污染的生物：如顫蚓類、毛蠓、搖蚊幼蟲、裸藻等均能在低溶氧條件下生活。顫蚓類在溶氧為 15% 的水體中仍能正常生活，所以在有機物污染十分嚴重的水體的優勢種。美國學者提出以單位面積顫蚓的數量作為評價水體污染的指標，顫蚓數量愈多，表示水體污染愈嚴重。指示水體中度污染的生物，如居櫛水藻、囊螺、被甲柵藻、四角盤星藻、環綠藻、脆弱剛毛藻、蜂巢席藻和眼子菜等對低溶氧也有較好的耐受能力，還能在中度有機物污染的水體中大量出現。清潔水的代表生物，如石蠶、蜻蜓稚蟲（水蠶）、川蜷、錐蜷和臺灣鏟頭魚等，只能在溶氧很高、未受污染的水域中分布繁殖，最明顯的例子是七家灣溪的櫻花鉤吻鮭，對於水質污染的耐受性低，對水質及水溫等理化因子要求嚴格，有污染狀況便無法生存，直接反映在族群數量。一般來說，生物指標需對於環境的適應性是狹適性的，才可反映出環境的實際情形。

各種生物雖然都有一定的適應範圍，但生物種類和數量的分布並不單純決定於污染程度，其他條件如地理、氣候以及河流的底質、流速、水深等對生物的生存和分布也有重要影響，而且河流上游和下游的生物區系也存在天然差異。

(八)臺灣指標生物研究的現況

環保署於 1990 年出版「臺灣河川污染生物指標-底棲動物類」與「河川底棲生物手冊」(環保署, 1992), 推動生物性指標的概念與方法。此外, 唐先柏等(2003)曾於中港溪調查附著性藻類、魚類、底棲生物等, 建立中港溪生物指標系統; 郭與劉(2002)以鯉魚潭水庫浮游藻類評估群聚結構評估水質, 吳俊宗教授研究基礎藻類群聚結構, 討論臺灣藻類多樣性, 特別是矽藻指標與水環境之關係(吳及周, 1996; 1997; 吳及高, 1999; 1920; 吳等, 1998)。楊平世研究水棲昆蟲分類與生態之基礎, 建立探討臺灣河川水棲昆蟲之生物指標意義(楊及黃, 1992)。此外, 部份文獻針對單一流域建立指標生物, 如景美溪水棲昆蟲生態及生物指標(黃, 1994); 花蓮美崙溪水棲昆蟲生態及生物指標研究(黃, 1997); 七家灣溪水棲昆蟲相及生態研究(黃, 1987); 淡水河系之水棲昆蟲生態及指標生物研究(楊及黃, 1991); 臺灣河川污染水棲昆蟲指標生物研究(楊及黃, 1992); 以及整合高屏溪微生物、藻類、貝類、水生昆蟲、魚類污染生物指標多種生物類群的研究(趙等, 1992), 梁(2000)調查研究高屏溪中上游水生昆蟲群聚並建立河川水質多項評估系統。

四、濕地定義與國家重要濕地緣起

根據拉姆薩公約，對濕地之定義為：「不論天然或人為、永久或暫時、靜止泥沼地、泥煤地或水域所構成之地區，包括低潮時水深 6 公尺以內之水域。」

內政部於 2006 年成立國家重要濕地評選小組，以聯合國拉姆薩公約所定義之濕地，做為單位之推薦依據，而推薦單位需將推薦表格填妥，並交由內政部營建署城鄉發展分署海岸復育課受理即可，評選共分初選及複選兩階段，經評選委員評分，將該濕地列為「國際級」或「國家級」濕地，若未列入上述層級之濕地，均列入「地方級」濕地。

(一) 國家重要濕地推薦須知

炭頂濕地已於 2011 年被新增為地方級濕地，根據內政部營建署城鄉發展分署所公布『「2009 國家重要濕地」推薦須知』，炭頂濕地已達其推薦原則中第二點所示「推薦具初步資料之濕地」，因此本團隊接續之工作，將依內政部營建署城鄉發展分署所設定該濕地之

1. 重要性
2. 必要性
3. 實地調查重要資料
4. 過去重要保育或發展歷史事件
5. 濕地所在河川流域說明
6. 新推薦濕地與周邊濕地之關聯性
7. 永續性
8. 可能遭受的威脅事項等條件，進行完整之調查研究與記錄。

(二) 申請成為國家重要濕地評分標準

濕地評選項目及權重包括(林等人，2009)：

1. 生物多樣性，占 50%
2. 自然性、代表性及特殊性，占 30%
3. 規劃合理性，占 20%

五、濕地生態系統監測程序

本濕地若順利通過評選，成為國家級重要濕地，往後對於該濕地規劃性的長期監測勢必為重要課題之一，針對該濕地往後經營管理及生態復育有一套完整之資料庫，方能成為依據及擬定解決辦法。依據「濕地生態系多樣性監測系統標準作業程序」(林等，2009)，不同層級包括研究機構、政府機關、民間環境顧問公司、民間環保團體或是社區居民，均可依其所擁有之儀器、設備、人力與經費之考量下，進行不同層級之監測。茲參考「濕地生態系多樣性監測系統標準作業程序」一書圖文，將其節錄並簡述如下。

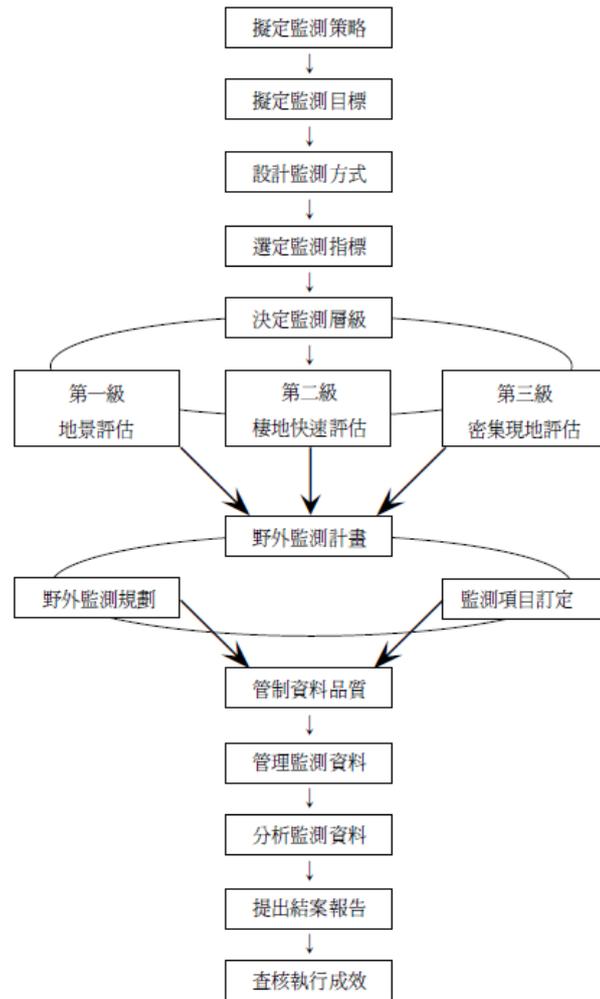


圖 11、濕地生物多樣性監測系統標準作業流程圖

資料引用：濕地生態系生物多樣性監測系統標準作業程序(林等，2009)

(一)第一級地景評估

此方法主要由地理資訊系統與遙測資料來獲取濕地狀況之地景特徵及現況之表象，可於短時間內了解地景層次之整體環境改變，需有現地資料作為輔助。

(二)第二級棲地快速評估

主要用無精密儀器可供使用情況下之評估，以定性方法快速評估濕地之狀況。

(三)第三級密集現地評估

包括規劃野外監測作業、環境監測項目、生物監測項目、資料統計分析及監測記錄與保存。

肆、課題分析

根據文獻蒐集，未來進行進行濕地生態資源調查、申請國家濕地以及濕地規劃

時，可能會遭遇以下幾點課題：

一、污染防治課題

(一)課題內容

1.沿途村落生活污水污染

東港溪水源豐富，常被當作公共民生用水、工業用水及灌溉用水，是否會有民生所排放污水流入是值得注意課題。

2.農業肥料及農藥污染

炭頂鄉產業以農業為主，根據不同季節、病蟲害以及需求，會施用不同類型的農藥和肥料。

3.垃圾隨意傾倒問題

炭頂濕地位偏僻之處，容易遭受民眾棄置垃圾，造成環境美觀受破壞，亦使當地環境髒亂，以及容易滋生病媒等問題。

(二)對策

1.本計畫將對區域範圍土地利用、生活污水之污染來源以及對河川污染的情形進行了解與調查。

2.期末階段將提供取締流程及方法，建議主管機關加強追查垃圾傾倒來源並取締。

3.偕同並輔導當地巡守隊加強巡守，並與主管機關之間建立通報流程。

4.藉由工作會議協調縣府輔導農民轉作等可行性。

二、外來種入侵問題

(一)課題內容

東港溪目前已被多種外來種入侵，包括多線南蜥、福壽螺、吳郭魚、琵琶鼠及美國螯蝦等生物，近幾年也因水災，使得養殖場鱷魚逃出進入東港溪，並發生多次咬傷民眾事件，因此許想辦法杜絕外來種，或是減少這些外來生物棲地擴張成為重要課題。

(二)對策

外來種生物防治有化學、物理及生物等方法。化學方法主要利用化學藥劑毒殺目的生物，此方法雖為直接有效，但亦會對本土生物造成危害。生物防治方法則是引進另一外來種的天敵，但此法仍有風險存在，因為此天敵亦可能成為外來種之一。目前可行方法，為防範養殖戶養殖生物逃出或流出，規範養殖廠須加設生物逃脫裝置，令加強取締民眾非法放生行為，來降低外來種生物擴散。

以福壽螺為例，化學防治常使用耐克螺及聚乙醛可濕性粉劑殺除，效果良好(陳等，2007)，但缺點是亦會對環境活其他生物造成危害。生物防治則可放養食

螺類的鯉魚，或是飼養鴨子來食福壽螺，但皆須注意這些防治生物的排泄物，易引起水域優養化。物理防治可鼓勵當地居民撿拾福壽螺，提供飼料場加工為飼料原料，或是提供家畜及水產養殖場當作飼料餵養。

三、違法佔用土地問題

(一)問題

炭頂濕地東港溪河岸兩旁，多處被民眾違法從事農業耕作，佔用公有地，對於景觀、生態均造成影響，亦違背未來提送國家重要濕地目的。

(二)對策

此次現勘有發現經濟部第七河川局已張貼公告，將依違法行為進行取締，以利後續濕地土地規劃。

提供 GIS 套繪土地利用，了解炭頂濕地周圍土地，所有權為私有或國家，以利進行保護區劃設、土地徵收、公有地撥用以及土地變更。

四、人口外流問題

(一)問題

炭頂鄉人口組成以未滿 15 歲及年滿 65 歲以上居多，年輕族群外流嚴重，地方青壯年人力資源相對較少，招募志工團隊勢必面臨困難。

(二)對策

積極尋找當地村里長及既有巡守隊(屏東縣河川巡守總隊)合作，以解決志工招募問題。

伍、工作執行方式

本年度屬於第一階段，工作目標有工程施作前之基礎生態監測調查、成立社區志工巡守隊以進行棲地巡守維護，為志工辦理教育課程，檢討是否擴大本場址國家重要濕地之範圍，並初步研擬濕地管理計畫草案，以及製作導覽摺頁一萬份。

一、生態及水質調查

(一)調查採樣方法依據

1.生態

生態調查方法主要係依據「河川情勢調查作業要點(草案)-修訂版」，並參考行政院環境保護署公告之「動物生態評估技術規範」(92.12.29 環署綜字第 0920094979 號公告)與「植物生態評估技術規範」(91.3.28 環署綜字第 0910020491 號公告)進行。

2.水質

主要依據行政院環境保護署環境檢驗所，公告各項目標準檢測方法進行採樣分析，分別條列如下：

主要依據行政院環境保護署環境檢驗所，公告各項目標準檢測方法進行採樣分析，分別條列如下：

環檢所(行政院環境保護署環境檢驗所)。2001。水中生化需氧量檢測方法。NIEA W510.54B。

環檢所(行政院環境保護署環境檢驗所)。2003。水中總溶解固體及懸浮固體檢測方法-103~105°C。NIEA W210.57A。

環檢所(行政院環境保護署環境檢驗所)。2005b。水中氨氮檢測方法—靛酚比色法。NIEA W448.51B。

(二)調查項目及頻度

1.生態

依據本計畫評選須知，生態部分需針對炭頂濕地區域內維管束植物、脊椎動物(鳥類、爬蟲類、兩棲類、魚類)、陸域昆蟲和底棲動物(蝦蟹類、螺貝類和水生昆蟲)進行調查。

而本團隊為反映當地完整生態環境，將主動增作部份項目，並依據上述技術規範修正生態調查項目如下：陸域生態包括維管束植物(蕨類、裸子植物、雙子葉植物及單子葉植物)、脊椎動物(鳥類、爬蟲類、兩棲類)及陸域昆蟲(針對蝴蝶類、蜻蛉目昆蟲)等進行調查；水域生物則包括魚類、底棲生物(蝦蟹類、螺貝類和水生昆蟲)、浮游藻類、附著藻類進行調查。

頻度則預計每月執行一次，各流域每季次調查至少進行一週。今年度預計於民國 100 年 8、10 月進行植物調查，其餘項目於 8、9、10、11 月各進行調查(如表 4)。

2.水質

水質因子測定可分為現場水質測定及實驗室水質分析兩大類。現場水質測定主要以 Hyerolav(mini sonde 4A, USA)測定現場水體溫度(後簡稱：溫度)、溶氧(DO, dissolved oxygen)、鹽度及酸鹼值(pH)等水質資料。

實驗室水質分析主要將測站水樣採回後做進一步的水質檢測分析，其檢測項目包括導電度、氧化還原電位(mV)、總懸浮固體(TSS, total suspended solids；環檢所，2003a)、生化需氧量(BOD；Biochemical Oxygen Demand；環檢所，2001)及氨氮(NH₄⁺；環檢所，2005b)。預計共執行 4 次，預計於民國 100 年 8、9、10、11 月進行採樣(如表 4)。

表 4、調查項目及時間

項目	月份			
	8	9	10	11
脊椎動物(鳥類、爬蟲類、兩棲類)	*	*	*	*
維管束植物(蕨類、裸子植物、雙子葉植物及單子葉植物)	*		*	
陸域昆蟲(蝴蝶類、蜻蛉目昆蟲)	*	*	*	*
水域生物(魚類、底棲生物-蝦蟹螺貝類、水生昆蟲、浮游藻類、附著藻)	*	*	*	*
水質-溫度、溶氧、鹽度、酸鹼值、導電度、氧化還原電位、總懸浮固體、生化需氧量、氨氮。	*	*	*	*

(三)調查樣站設置標準

陸域生態部份將以炭頂濕地及其周圍 500 公尺範圍作為調查標的；水域生態部分依據查詢文獻顯示，環保署於港西抽水站固定進行水質監測，另東港溪河系情勢調查報告(陳等人，2006)曾於港東二號橋設站，除延續此 2 水域樣站外，另於港東二號橋與港西抽水站之間設 2 水域站，因此本研究範圍，共設 4 水域樣站(如圖 1)。

(四)採樣及調查方法

以下針對各項生態、水質調查採樣項目分別敘述詳細方法。

1.陸域植物

(1)調查方式：於調查範圍內沿可及路徑進行維管束植物種類調查，包含原生、歸化及栽植之種類。如發現稀有植物，或在生態上、商業上、歷史上(如老樹)、美學上、科學與教育上具特殊價值的物種時，則標示其分布位置，並說明其重要性。

(2)鑑定及製作名錄：植物名稱及名錄主要依據「Flora of Taiwan」(Huang et al., 1993-2003)。將發現之植物種類一一列出，依據科屬種之學名字母順序排序，附上中名，並註明生態資源特性(徐國士，1987，1980；許建昌，1971，1975；劉崇瑞，1960；劉瓊蓮，1993)。稀有植物之認定則依據文化資產保存法(中華民國 94 年 2 月 5 日華總一義字第 09400017801 號)中所認定珍貴稀有植物，以及行政院環境保護署公告之「植物生態評估技術規範」(91.3.28 環署綜字第 0910020491 號公告)所附「臺灣地區稀特有植物名錄」。

(3)樣區設置：於各調查範圍各類植被，於適當位置選取 10 x 10 公尺木本樣區，記錄其中胸高直徑(DBH)大於等於 1 公分之木本植物名稱、胸高直徑及株數，以及林下地被層之植物種類及覆蓋度；以及 2x2 公尺草本樣區，進行覆蓋度計算。分析後以文字進行森林之結構層次、種類組成與主要優勢種類等描述。

2.陸域動物

(1)鳥類

A.調查方法：視現況採用圓圈法及群集計數法，每月調查於規劃調查範圍內進行一次調查。

B.調查時段：白天時段於日出後三小時內完成；夜間時段則於七點至九點完成。水鳥則搭配潮汐時間，於漲潮前兩小時內進行。

C.圓圈法記錄方法：調查人員手持 GPS 定位，並在一地點停留 6 分鐘，記錄半徑 100 公尺內目視及聽到的鳥種、數量、相距距離等資料；若鳥種出現在 100 公尺之外僅記錄種類與數量。主要以目視並使用 10×25 雙筒望遠鏡輔助觀察，並輔以鳥類之鳴唱聲進行種類辨識。有關數量之計算需注意該鳥類活動位置與行進方向，以避免對同一隻個體重複記錄。以鳴聲判斷資料時，若所有的鳴叫均來自相同方向且持續鳴叫，則記為同一隻鳥。夜間觀察時以大型探照燈輔以鳥類鳴聲進行觀察記錄。

D.群集計數法記錄方法：採用群集計數法(counting flocks)，由觀察者選定觀察定點後，以目視並使用 10×25 雙筒望遠鏡及高倍率 20×60 倍單筒

望遠鏡輔助觀察，並輔以鳥類之鳴唱聲進行種類辨識，記錄所發現之鳥種及數量。調查人員手持 GPS 標定定點座標。有關數量之計算需注意該鳥類活動位置與行進方向，以避免對同一隻個體重複記錄。以鳴聲判斷資料時，若所有的鳴叫均來自相同方向且持續鳴叫，則記為同一隻鳥。夜間觀察時以大型探照燈輔以鳥類鳴聲進行觀察記錄。

E. 輔助訪查：對當地居民或工人等進行訪查，了解是否有中大型鳥類活動，以作為參考資料。

F. 名錄製作及物種屬性判別：所記錄之鳥種依據 A. 中華民國野鳥學會鳥類紀錄委員會審定之「臺灣鳥類名錄」(2008)、B. 王嘉雄等所著「臺灣野鳥圖鑑」(1991)、C. 邵廣昭等主編的「2008 臺灣物種多樣性 II. 物種名錄」(2008)，以及 D. 行政院農業委員會於中華民國 98 年 3 月 4 日農林務字第 0981700180 號公告之「保育類野生動物名錄」，進行名錄製作以及判別其稀有程度、居留性質、特有種、水鳥別及保育等級等。

(2) 兩棲類及爬蟲類

A. 調查方法：採隨機漫步(Randomized Walk Design)之目視遇測法(Visual Encounter Method)，並以徒手翻覆蓋物為輔，每月調查於選定範圍內各進行一次調查。

B. 調查時段：日間時段約上午 8~10 時，夜間時段約 7~9 時。

C. 調查路徑及行進速率：沿調查範圍內可及路徑行進，行進速率約為時速 1.5~2.5 公里。

D. 記錄方法：

(A) 日間調查：許多爬蟲類都有日間至樹林邊緣或路旁較空曠處曬太陽，藉此調節體溫之習性，因此採目視遇測法為主，徒手翻覆蓋物為輔；兩棲類除上述方法，另著重於永久性或暫時性水域，直接檢視水中是否有蛙卵、蝌蚪，並翻找底質較濕之覆蓋物，看有無已變態之個體藏匿其下，倘若遇馬路上有壓死之兩爬類動物，亦將之撿拾、鑑定種類及記錄，並視情形以 70% 酒精或 10% 福甲醛製成存證標本。

(B) 夜間調查：同樣採目視遇測法為主，徒手翻覆蓋物為輔，以手電筒照射之方式記錄所見之兩爬類動物。若聽聞叫聲(如蛙類及部分守宮科蜥蜴)亦記錄之。

E. 名錄製作及物種屬性判別：所記錄之種類依據(A)邵廣昭等主編的「2008 臺灣物種多樣性 II. 物種名錄」(2008)，(B)呂光洋等所著「臺灣兩棲爬行動物圖鑑(第二版)」(2002)，(C)楊懿如所著「賞蛙圖鑑-臺灣蛙類野外觀察指南(第二版)」(2002)以及(D)行政院農業委員會於中華民國 98 年 3 月 4 日農林務字第 0981700180 號公告之「保育類野生動物名錄」，進行名錄製作以及判別其稀有程度、特有種及保育等級等。

(3) 蝴蝶類及蜻蛉目昆蟲

A. 調查方法：採用沿線調查法，每月調查於選定範圍內各進行一次調查。

B. 調查時段：於上午 8~10 時完成。

C. 調查路徑及行進速率：沿調查範圍內可及路徑行進，調查人員手持 GPS 定位所經航跡。行進速率約為時速 1.5~2.5 公里。

D.記錄方法：主要以目視、捕蟲網捕捉並使用 10×25 雙筒望遠鏡輔助觀察，進行種類辨識。

E.名錄製作及物種屬性判別：所記錄之種類依據(A)邵廣昭等主編的「2008 臺灣物種多樣性Ⅱ.物種名錄」(2008)，(B)徐瑋峰所著之「臺灣蝶圖鑑第一卷、第二卷、第三卷」(2000, 2002, 2006)，(C)濱野榮次所著「臺灣蝶類生態大圖鑑」(1987)，以及(D)行政院農業委員會於中華民國 98 年 3 月 4 日農林務字第 0981700180 號公告之「保育類野生動物名錄」，(E)汪良仲所著之「台灣的蜻蛉」(2000)，進行名錄製作以及判別其稀有程度、特有種及保育等級等。

3.水域生物

(1)魚類

A.採集方法：

設置 4 樣站，於設置樣站每月調查一次。魚類之採集方式視選定測站實際棲地狀況而定，適合本區環境的魚類調查方法以手抄網撈及手拋網捕捉為主要方式，另外放置蝦籠作為輔助。(A)手拋網尺寸為長度 3m，網目 2.5cm 寬，拋出距離 2~4m。取樣範圍在離岸 3~4m，水深 0.5~1m 處。範圍設定在面向下游所見河川左岸至少 100m 的距離內，每次拋網位置需間隔 25m，若在左岸作業有困難，則調查人員依現場情形調整調查位置，並在安全為第一考量下，選擇河岸底質較硬以及可站立之石塊上下網，每點下 2~3 網。所採集到的魚類，均進行種類鑑定及個體體長的測量，並同時對同河段進行釣客漁獲調查。(B)蝦籠誘捕：於籠內放置餌料（狗罐頭）以吸引魚類進入，於各測站分別設置 5 個籠具，並放置 3 夜。蝦籠規格包括直徑為 10 公分，長度 29 公分以及直徑 16 公分，長度 36 公分兩種。

B.保存：所有捕獲魚類除計數外，均以數位相機拍照背、腹側面特徵後當場釋放。

C.名錄製作及物種屬性判別：所記錄之種類依據(A)邵廣昭等主編的「2008 臺灣物種多樣性Ⅱ.物種名錄」(2008)，(B)中央研究院之臺灣魚類資料庫(<http://fishdb.sinica.edu.tw/>)，以及(C)行政院農業委員會於中華民國 98 年 3 月 4 日農林務字第 0981700180 號公告之「保育類野生動物名錄」，進行名錄製作以及判別其稀有程度、特有種及保育等級等。

(2)底棲動物

A.採集方法：

於設置樣站每月調查一次。每一調查樣站架設小型蝦籠 5 個（口徑約為 12 公分），以米糠誘餌後採集 6~24 小時後收回記錄。採集到之蝦蟹類紀錄其數量、體長及甲殼寬。使用蝦籠捕獲的資料與電魚所得到的資料分開紀錄，並進行不同採集方法捕獲資料之比較。

螺貝類的調查應併入水棲昆蟲調查之內。因此，螺貝類採集包含在水生昆蟲網（50cm×50cm×4 網）的範圍內可採者。若目視水生昆蟲網旁邊（靠水岸的）有螺貝類，以 1 平方公尺為樣區進行採樣。

環節動物的調查也應併入水棲昆蟲調查之內。因此，環節動物採集包含在水生昆蟲網（50cm×50cm×4 網）的範圍內可採者。若是在採樣

地發現大量的絲蚯蚓，則以 1 平方公分為樣區進行採樣，同時記錄絲蚯蚓分布範圍。

B.保存：可以鑑定種類當場記錄後釋放，無法鑑定物種則以數位相機拍照分類特徵同樣當場釋放，未能鑑定則以 5%之甲醛固定，攜回實驗室以顯微鏡觀察鑑定其種類及計數。

C.名錄製作及鑑定：所記錄之種類依據中央研究院生物多樣性研究中心之臺灣貝類資料庫(<http://shell.sinica.edu.tw/>)及邵廣昭等主編的「2008 臺灣物種多樣性 II.物種名錄」(2008)進行名錄製作。

(3)水生昆蟲

設置 3 樣站(同魚類樣站)，每月調查一次。主要依據 1993 年(82)環署檢字第 02198 號公告 NIEA E801.30T「河川底棲水生昆蟲採樣方法」進行採集，水棲昆蟲調查時間應把握幼蟲時期及羽化時期，調查時間應選擇流況安定時。採集及保存方法，分別敘述如下。

A.採集方法：於溪流湍急環境採樣時在沿岸水深 50 公分內，以蘇伯氏採集網，採集 4 網，此網之大小為長寬高各 50 公分，網框以不銹鋼片製成，網袋近框處以帆布製成，網袋部分為 24 目 (mesh，每公分 9 條網線，網孔大小為 0.595mm)之尼龍網製成，此外輔以手工濾網、D-形網、人工基質採樣器、水網等同時進行定性採集工具。水棲昆蟲採樣先在下游處置放一濾網，再將石頭取至岸邊，以防部分水棲昆蟲隨水流流走。較大型的水棲昆蟲以鑷子夾取，而較小型的水棲昆蟲則以毛筆沾水將其取出。本項採集避免於大雨後一週內進行採集，採集地點避開砂石場、電廠、堰壩下游。

B.保存：採獲之水棲昆蟲先以 5%甲醛固定，記錄採集地點與日期後，帶回實驗室鑑定分類。標本瓶上記錄採樣時間、地點及採集者名字。樣品在 10 日內完成鑑定及計數。

C.名錄製作及鑑定：水生昆蟲名錄製作依據邵廣昭等主編的「2008 臺灣物種多樣性 II.物種名錄」(2008)。分類主要參考津田(1962)、川合(1985)、松木(1978)、康(1993)、農試所(1996)、徐(1997)等研究報告。

(4)浮游藻類

採樣方法、保存以及分析方法，主要依據 2003 年(92)環署檢字第 0920067727A 號公告「水中浮游植物採樣方法—採水法」(NIEA E505.50C)進行，其詳細作法分別敘述如下。

採樣時單一測點取三點具代表性的表層水樣混合後，再取其中 3 公升水樣分別放入三瓶 1 公升之廣口塑膠瓶。並將每瓶水樣加入 3 mL 福馬林保存，並放入冰箱內帶回實驗室。鑑定前先將 3 瓶水樣混合均勻，取 50mL 水樣倒入過濾裝置後啟動抽氣幫浦，再將壓力控制在 50k Pa 以下進行過濾。當水樣剩下約 0.5 公分高度時，關掉幫浦，再將壓力降低至 12k Pa 繼續抽氣過濾至水乾。過濾後之濾膜夾起，放入載玻片之油滴上，再加 2 滴顯微鏡用浸油，置於無塵處使其乾燥。待濾紙成透明狀後，再加入 1 滴顯微鏡用浸油用蓋玻片蓋住，以顯微鏡觀察計數。

根據河川情勢調查作業草案所提供之方法，浮游性藻類樣品係以保特瓶取 2 公升水樣，靜置沈澱數分鐘，取上清液 1 公升(或視情況決定)

直接裝瓶。本項採集避免於大雨後一週內進行。採集到的樣品以 3% ~ 5% 之中性福馬林固定保存，再帶回實驗室後以濾膜過濾，並置於烘箱內以 50°C 烘 24 小時再製成玻片，進行鑑定分類。

此兩種方法將根據測點的實際情況，並在顧及採集人員的安全下，選擇適當之方法。

(5) 附著性藻類

附著性藻類樣品係取水深 10cm 處之石頭，以細銅刷或毛刷刮取 10cm×10cm 定面積上之藻類，之後打散、溶解、過濾。本項採集避免於大雨後一週內進行。採集到的樣品都以 3~5% 之中性福馬林固定保存，再帶回實驗室進行鑑種。

4. 水質採樣

(1) 採樣設備及方式

甘末爾 (Kemmerer) 採水器或不銹鋼伸縮式採樣器採集河道中間表水，另現場檢測底層上方 1 公尺之溶氧量及透明度。

(2) 樣品保存方法

水樣放入玻璃瓶或 PE 瓶，底泥樣品放入鐵福龍蓋之玻璃瓶，生物樣品放入已編號之 PVC 塑膠袋內，所有樣品放入 4°C 冷藏桶內保存。回實驗室後，水樣及底泥放入 4°C 冷藏，生物樣品放入 -20°C 冰櫃冷凍備用。而葉綠素 24 小時內過濾後冷藏保存。

(五) 數據分析及評估方法

1. 陸域植物

於每季調查之植物名錄資料輸入電腦，使用 Microsoft Excel 進行物種組成及歸隸特性統計，此外將植物樣區資料輸入電腦，對植種組成調查計算以下各值：

(1) 重要值指數及覆蓋度計算

利用 Excel 統計樣區內，木本植物各徑級之密度及其 IV 值；草本植物則計算各物種之覆蓋度。

A. 木本植物之重要值指數 (IV)

$$IV = (\text{相對密度} + \text{相對優勢度}) \times \text{利用相對底面積代表} \times 100/2$$

$$\text{相對密度} = (\text{某一物種的株數} / \text{所有測站內全部物種之株數})$$

$$\text{相對面積} = (\text{某一物種的面積} / \text{所有測站內全部物種之面積})$$

B. 草本植物之覆蓋度

$$\text{草本物種相對面積} = (\text{物種的面積} / \text{所有測站內全部物種之面積})$$

(2) 樣區歧異度分析

歧異度指數是以生物社會的豐富度及均勻程度的組合所表示。此處以 S、Simpson、Shannon、N1、N2 及 E5 六種指數表示之。木本植物以株數計算，草本植物則以覆蓋度計算。另有估計出現頻度，即某植物出現之樣區數除以總樣區數。

A. S 代表研究區域內的所有種數。

$$B. \lambda = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

ni：某種個體數

N：所有種個體數

λ：Simpson 指數，ni/N 為機率，表示在一測站內同時選出兩棵，其同屬於同一種的機率是多少。其最大值是 1；如果優勢度集中於少數種時，λ 值愈高。

$$C. H' = -\sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

H'：Shannon 指數，此指數受種數及個體數影響，種數愈多，種間的個體分布愈平均，則值愈高。但相對的，較無法表現出稀有種。

$$D. N_1 = e^{H'}$$

H'：Shannon 指數此指數指示植物社會中最具優勢的種數。

$$E. N_2 = \frac{1}{\lambda}$$

λ 為 Simpson 指數

此指數指示植物社會中最具優勢的種數。

$$F. Es = \frac{N_2 - 1}{N_1 - 1}$$

此指數可以明顯的指示出植物社會組成的歧異程度。指數愈高，則代表該植物社會組成歧異度高；反之，如果此社會只有一種時，指數為 0。

2. 陸域動物與水域生物

將現場調查所得資料整理與建檔，再將所有資料繪製成圖表，並適時提供相關優勢物種及稀有物種之圖片，以增進閱讀報告之易讀性，並依據其存在範圍、出現種類及頻率，嘗試選擇其指標生物，以供分析比較；相關之數據運算，平均值均採用算術平均值。多樣性指數分析則採用 Shannon-Wiener's diversity index (H')，均勻度指數則採用 Shannon-Wiener's evenness index (E)如下。

(1) 歧異度指數 Shannon-Wiener's diversity index (H')

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

$$P_i = \frac{N_i}{N}$$

Ni：為 i 種生物之個體數

N：為所有種類之個體數

H' 指數可綜合反映一群聚內生物種類之豐富程度及個體數在種間分配是否均勻。此指數越大時表示此地群落之物種越豐富，即各物種個體數越多越均勻，代表此群落歧異度較大，若此地群落只由一物種組成則 H' 值為 0。通常成熟穩定之生態系擁有較高的歧異度，且高歧異度對生態系的平衡有利，因此藉由歧異度指數的分析，可以得知調查區域是否為穩定成熟之生態系。

(2) 種類的豐度指數 Margalef species richness (SR)

$$SR = (S-1) / \ln N$$

SR 值表示群聚內種類數的豐富情形，指數值愈大則群聚內生物種類數愈多。

N：表示為該測站所有生物種類之總個體數

S：表示為該測站所出現生物之種數

其中種類豐富度指數d值越大表示其種類豐富度越高，水質也越好。

(3)優勢度指數 (C)

$$C = \sum (ni / N)^2$$

ni：表示為該測站第 i 種生物之個體數

N：表示為該測站所有生物種類之總個體數

(4)均勻度指數 Shannon-Wiener's evenness index (E)

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

S：為所出現的物種總數

E 指數數值範圍為 0~1 之間，表示的是一個群落中全部物種個體數目的分配狀況，即為各物種個體數目分配的均勻程度。當此指數愈接近 1 時，表示此調查環境的各物種其個體數越平均，優勢種越不明顯。

4.水質指標評估方法

(1)生態

目前國內溪流的生物之水質指標評估方面仍在起步的階段。本計畫將採用國內目前進行生物之水質指標評估較常使用的方式，包括以魚類為指標生物的生物整合指標模式(Index of biotic integrity, IBI)，以水生昆蟲污染耐受程度所發展之科級生物指標(Family-level Biotic Index, FBI)(Hilsenhoff, 1988)、大型無脊椎生物所發展之快速生物評估法 III (Rapid Bioassessment Protocol III, RBP III)、河川附著藻類之腐水度指數(Saprobity Index, SI)及藻屬指數(Generic Index, GI)等。

(2)水質

採用臺灣目前所用對於河川水質監測最廣泛的指標：河川污染指標(River Pollution Index, RPI)進行評估。這是由溶氧量(DO)、生化需氧量(BOD5)、氨氮含量(NH₃-N)與懸浮固體量(Suspended Solids)等四項測試值所組成。樣本在測試這些值後，再經由一個判斷表來給定各項的污染指數，四項指數相加再除以四即是RPI(詳細定義請見表 5)。目前所用的判別標準為RPI大於 6 為嚴重污染；3~6 之間為中度污染；而 2~3 為輕度污染；2 以下為未受污染。

表 5、河川污染指標(RPI)等級分類表

污染等級/項目	A(未稍受污染)	B(輕度污染)	C(中度污染)	D(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(BOD) mg/l	3.0 以下	3.0~4.9	5.0~15	15 以上
懸浮固體(SS) mg/l	20 以下	20~49	50~100	100 以上
氨氮(NH ₃ -N) mg/l	0.5 以下	0.5~0.99	1.0~3.0	3.0 以上

點數	1	3	6	10
積分	2.0 以下	2.0~3.0	3.1~6.0	6.0 以上

二、污染源調查

主要利用河川巡查方式進行污染源調查，河川巡查乃針對河川流域及排水路進行巡查工作，並配合民眾陳情，讓污染源調查更趨於確實、完整。其方法簡述如下：

(一)調查路線

於可及道路以及河床路段進行調查工作。

(二)調查重點

注意河川水質狀況、河岸邊是否有垃圾廢棄物。特別注意河岸邊是否有不明管線排放不明水體。

(三)紀錄方法

以 DV 攝影機以及相機作為採證工具，確實紀錄污染物類型，並利用衛星定位系統(GPS)紀錄其污染地點座標。

三、土地利用現況調查

土地利用現況調查除配合植被分布及自然度分布調查進行外，將利用遙感探測技術及 GIS 系統描繪現今土地利用現況，並視情形追溯以往的環境變遷。

(一)GIS(地理資訊系統)簡介

GIS 全名為 Geographic Information System，其最大的特點為將舊有的資料結合空間中的資訊再進行進一步的分析，藉以提供與環境空間上之重要資訊或其他變遷進行更有系統之整合或進行更進一步的分析。

(二)土地利用調查分析

利用屏東縣地籍 GIS 圖層，與本計畫所規劃的坎頂濕地以及週遭區域套繪後，了解坎頂濕地周圍土地，所有權為私有或國家，結果呈現包括使用範圍、所有權人、地號、管理者、面積(平方公尺)，以利進行保護區劃設、土地徵收、公有地撥用以及土地變更。

四、現場標定座標及地圖繪製

本計畫擬採用地理資訊系統(Geographic information System, GIS)，作為生態調查的調查路徑航跡、採樣位置、保育類生物標定及展示，詳見圖 9 所示。於調查過程則逐步建立統一讀取 GPS 座標系統的定位點位置規則，並記錄各採集地之 TM2 (TWD97)座標系統 x、y 軸座標。由研究人員經現場生態調查後，將所得之保育類、珍稀動物等的分布資料，採用全球衛星定位系統(Global positioning system，簡稱 GPS，調查過程則使用 Garmin 60CSx、Garmin Oregon550t 進行標定)，經過轉換而成

地理資訊系統(Geographic Information System, 簡稱 GIS)檔案。操作介面則採用 ArcGIS9.0, 如圖 11 所示。

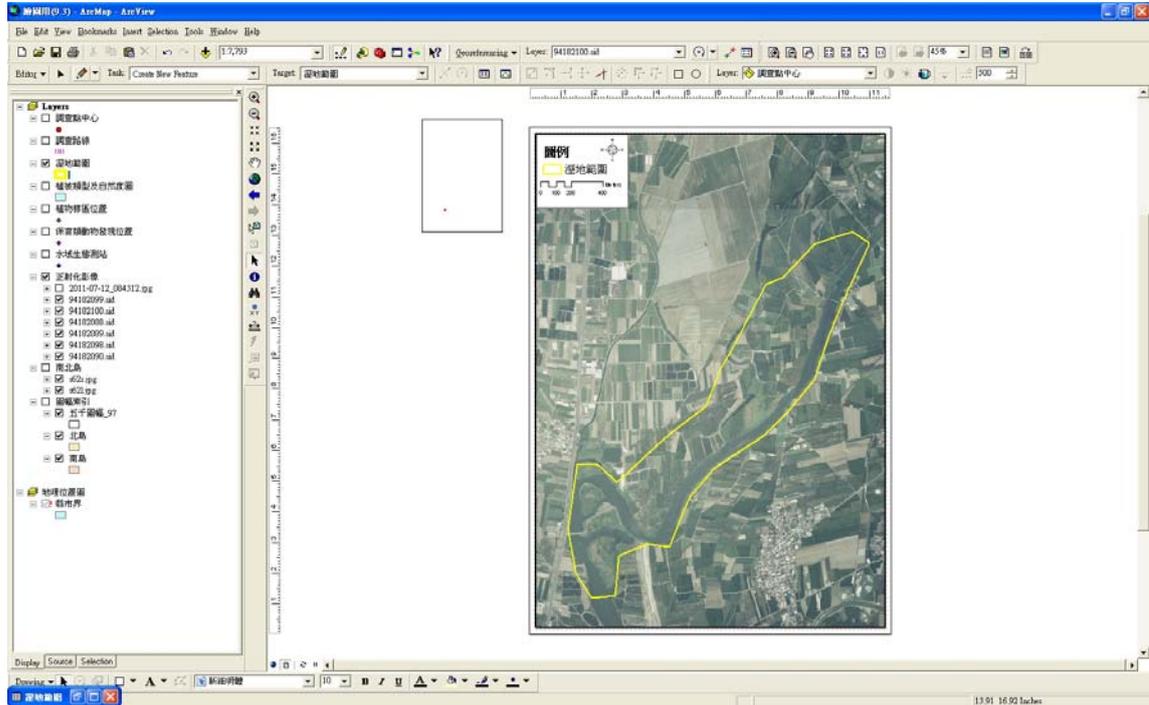


圖 11、Geographic information System, GIS操作介面圖示

五、成立社區志工巡守隊並與NGOs合作

(一)與 NGOs 合作

為求炭頂濕地永續的發展,可與當地非政府組織以及學術單位合作,擬請相關單位擔任顧問,提供建議並講授相關議題,訓練當地志工。如表 6 目前已知有下列單位可尋求合作:

表 6、可尋求合作單位一覽表

	單位	聯絡人	電話
NGOs	屏東野鳥學會	蕭總幹事	08-73xxx45
	臺灣藍色東港溪保育協會	張小姐	08-78xxx38
政府單位	港東村村長	羅明進	08-86xxx91
	屏東縣河川巡守總隊		08-76xxx88

(二)巡守隊成立與巡守時間分配

與當地巡守分隊合作，今年度巡守預計 9 月開始進行至 11 月止共 3 個月，共計 125 人次 (如表 7)。

表 7、本計畫預計成立志工巡守隊摘要表

項目	摘要
巡守頻度	100 年 9 月至 11 月，共計 3 個月。共計 125 人次
工作內容	棲地巡守、維護與棲地服務

(三)巡守要點

每次巡守需填寫志工巡守報告單(如附件二)，若發現非法行為，如有不明人士非法電毒魚、蓄意破壞濕地環境、傾倒垃圾等行為，則請巡守員記住該交通工具的特徵及車牌號碼，於無安全顧慮下主動蒐證(現場拍照、GPS 定位)，即時回報執法機關(當地警局)、縣政府及公司，並配合查察。另每月定期召開工作會議，進行問題檢討與改善，並發放巡守工資。

六、志工培育教育課程

志工訓練課程共舉辦四次，每次 1.5 小時，邀請團隊講師講授生態及環境資源及國內外濕地案例課程，各兩堂課(如表 8)。國內外濕地案例課程主要為了解濕地未來願景、學習如何管理及維護濕地、了解維護濕地對生態環境好處以及對當地經濟發展優勢，以達濕地永續發展目的。

表 8、課程安排

上課內容	時數	安排講師
生態及環境資源-陸域	1.5 小時	團隊講師
生態及環境資源-水域	1.5 小時	團隊講師
國內濕地案例	1.5 小時	團隊講師
國外濕地案例	1.5 小時	團隊講師

七、工作會議

定期召開工作會議(包括縣府與志工會議)，內容包括調查前會議、生態調查結果分析、9 月期中會議，提出問題與解決方針 (如表 9)。

表 9、會議與訓練課程安排

月份	上午	下午
8 月	與縣府工作會議	-
9 月	期中報告	訓練課程與巡守志工會議

10月	與縣府工作會議	訓練課程與巡守志工會議
11月	與縣府工作會議	巡守志工會議
12月	期末報告	-

註：但確切日期時間則視情況做調整。

八、研擬後續經營管理草案，並檢討擴大國家重要濕地

(一) 相關計畫及法令分析

為延續或與其他研究案相配合，著手收集當地過往及現今相關計畫，了解計畫內容及綱要，並針對與本案相關聯部份相銜接。

(二) 後續經營管理原則

為確實執行經營管理計畫，合理的資源使用，並利用解說教育及透過完善與健全之經營管理手段，達成自然資源維護之實質效益，因此參與管理或使用之單位必須瞭解主要之經營理念，以達永續利用之精神。主要之經營理念，茲說明如下：

1. 資源、教育與經濟的永續發展

主要以永續經營為目標，配合經濟學觀點，初期營造費用由政府負擔，完成之後委託代管。營運期間可以提供校外教學、休閒遊憩據點，以收取適當費用供清潔維護所需，以減輕政府財務負擔。

2. 生態資源維護與經營

生態環境的建立需要長時間的累積，成效並非立即可見。生態教育園區由濕地生物相互組成食物鏈和食物網的關係，它的形成是有一定的規則的，任何環境的變動都可能產生深遠的影響，故需審慎地經營。

3. 志工組織化

生態教育園區管理工作相當複雜，維護、管理、養護、教育、文宣等工作均需各方面人才及單位投入，建議組織由政府單位及專家學者組成，司考核及制訂發展方向，執行單位由地方團體擔任，負責推動維護教育文宣等工作。

(三) 國家重要濕地的申請

根據文獻回顧「濕地定義與國家重要濕地緣起」章節，今年度2011年已成為地方級濕地，欲成為國家重要濕地，仍需更完整的生態背景資料以及完善的規劃，找出當地特色，使炭頂濕地成為孕育自然資源重要之地，並評估是否擴大炭頂濕地範圍。

九、導覽摺頁製作

本計畫需製作摺頁一萬份，內容將以當地生物生態資源特色呈現，包括陸域與水域生物資源，並加入濕地及其週遭景點導覽地圖，使此摺頁兼具遊憩與生態教育功能。有關摺頁規格品質如表 10：

表 10、摺頁規格

規格	內容
尺寸	21 x 60 公分
數量	10,000 份
紙品	採國際認證環保紙，雙面彩色影印，摺 5 摺。
摺頁內容	生物生態資源，導覽地圖。

陸、計畫期程與進度

本案主要工作項目包括文獻資料蒐集、工作會議、生態資源調查工作以及資料分析等工作項目。工作流程如圖 1，詳細之工作進度詳見表 11。

表 11、工作進度表

編號	工作項目	預定工作時程(月份)				
		8	9	10	11	12
1	脊椎動物(鳥類、爬蟲類、兩棲類)	*	*	*	*	
2	維管束植物(蕨類、裸子植物、雙子葉植物及單子葉植物)	*		*		
3	陸域昆蟲(蝴蝶類、蜻蛉目昆蟲)	*	*	*	*	
4	水域生物(魚類、底棲生物-蝦蟹螺貝類、水生昆蟲、浮游藻類、附著藻)	*	*	*	*	
5	水質-溫度、溶氧、鹽度、酸鹼值、導電度、氧化還原電位、總懸浮固體、生化需氧量、氨氮。	*	*	*	*	
6	污染源調查	*	*	*	*	
7	工作會議	*		*	*	
8	文獻名錄彙整(東港溪河川情勢分析)	50%	100%			
9	土地利用現況調查(GIS 地籍套繪)	30%	100%			
10	濕地管理計畫草案&法規分析	30%	100%			
11	棲地巡守		45 人次	45 人次	35 人次	
12	志工培訓課程		2 堂	2 堂		
13	導覽摺頁	30%	60%	80%	100%	
14	期初報告	100%				
15	期中報告		※			
16	期末報告					※

備註：
 1. 預計 9/29 (五) 舉行期中報告。
 2. 總體工作進度在 10 月初，預計達 70%。
 3. 預計 12 月初舉行期末報告。

柒、預期成果及效益

- ✓ 建立炭頂濕地生態資源背景資料(包括生態監測、水質監測與污染源調查)。
- ✓ 成立社區志工巡邏隊，並舉辦培育課程，提升志工專業素養。
- ✓ 志工巡守工作 125 人次。
- ✓ 檢討是否擴大濕地範圍。

- ✓ 摺頁製作一萬份。
- ✓ 研擬濕地管理草案
- ✓ 與當地非政府組織合作，促使炭頂濕地的永續發展。

捌、參考文獻資料

一、與本計畫範圍相關研究文獻報告

- 中環科技事業股份有限公司。2005。九十四年河川環境水體整體調查監測計畫(東港溪、急水溪、曾文溪、新店溪、淡水河本流、鹽水溪流域)期末報告。行政院環境保護署監測資訊處。
- 陳朝圳、游進裕、丁澈士、方力行。2006。東港溪河系情勢調查計畫成果總報告書。經濟部水利署第七河川局。

二、法規參考類

- 行政院農業委員會。2009。保育類野生動物名錄。農林務字第0981700180號公告。
- 行政院環境保護署。2002。植物生態評估技術規範。91.3.28環署綜字第0910020491號公告。
- 行政院環境保護署。2003。動物生態評估技術規範。92.12.29環署綜字第0920094979號公告。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。1993。河川底棲水生昆蟲採樣方法(NIEA E801.30T)。環署檢字第02198號公告。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2001。水中生化需氧量檢測方法。NIEA W510.54B。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2003。水中浮游植物採樣方法—採水法(NIEA E505.50C)。環署檢字第0920067727A號公告。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2003。水中總溶解固體及懸浮固體檢測方法-103~105°C。NIEA W210.57A。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2005b。水中氨氮檢測方法—靛酚比色法。NIEA W448.51B。
- 黃增泉、吳俊宗、謝長富。1999。環境影響評估及環境影響說明書有關陸域植物生態之調查及撰寫規範---臺灣地區稀特有植物名錄。國立臺灣大學植物學系，共68頁。
- 經濟部水利署水利規劃試驗所。2009。河川情勢調查作業要點(草案)-修訂版。經濟部水利署水利規劃試驗所。

三、相關網站

- 國家重要濕地資料庫入口網。2010。98-100年國家重要濕地評選。網址：<http://wetland-tw.tcd.gov.tw/drupal/>。上網日期：2011-07-12。
- 行政院農委會特有生物研究保育中心。2011。河川魚類資料庫。網址：<http://tesri.coa.gov.tw/view.php?catid=1454>。上網日期：2011-07-12。
- 經濟部水利署第七河川局。2007。轄區介紹東港溪。網址：

http://www.wra07.gov.tw/allpage.php?content_info_id=9。上網日期：2011-07-12。

四、水質評估相關文獻

- Cairns, J. J., and Dickin, K. L. 1971. A simple method for the biological assessment of the effects of waste discharges on aquatic bottom-dwelling organisms. *J. Water pollut. Contr.* 43: 755 - 772.
- Chandler, J. R. 1970. A biological approach to water quality management. *Water pollut. Contr.* 69: 415 - 421.
- Fairweather, P. G. 1999. State of environment indicators of "river health": exploring the metaphor. *Freshwater Biology* 41: 211-220.
- Hilsenhoff, W. L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society.* 7(1): 65-68.
- Hughes, R. M., Paulsen, S. G. and Stoddard, I. (2000), EMAP- Surface Waters: a national, multi-assembly, probability survey of ecological integrity in the USA. *Hydrobiologia* 422/423:429-433.
- Karr, J. R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries.* 6: 21-27.
- Karr, J. R. and Chu, E. W. 2000. "Sustaining Living Rivers". *Hydrobiologia*, 422/423: 1-14.
- Kelly, M. G., and Whitton, B. A. 1998. Biological monitoring of eutrophication in rivers. *Hydrobiologia*, 384: 55-67.
- Kingsford R. T. (1999) Aerial survey of waterbirds on wetlands as a measure of river and floodplain health. *Freshwater Biology*, 41: 425 - 438.
- Kleynhans, C. J. 1999. The development of a fish index to assess the biological integrity of South African rivers. *Water SA.* 25: 265-278.
- Kleynhans, C. J. 1996. A Qualitative Procedure for the Assessment of the Habitat Integrity. Status of the Luvuvhu River *Journal of aquatic ecosystem health.* 5: 41-54.
- Kolkwita, R. and Marsson, M. 1908. Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Ber. dt. bot. Ges.* 26a: 505-519.
- Kolkwita, R. and Marsson, M. 1909. Ökologie der tierischen Saprobien. *Int. Rev. Hydrobiol.* 2:126-152
- Kolkwita, R. and Marsson, M. 1902. Grundsätzliches für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. *Mitt. K. Prüfanst. Wasserversorg. Abwasserbes. Berlin-Dahlem.* 1: 33.
- Kwandrans, J., Eloranta, P., Kawecka, B. and Wojtan, K. 1998. Use of benthic diatom communities to evaluate water quality in rivers of southern Poland. *J. App l. Phycol.* 10: 193-201.
- Marsden M, W., Smith, M. R. and Sargent, R. J. 1997. Trophic state of rivers in the Forth catchment, Scotland. *Aquat. Cons.* 2: 211-221.
- Norris, R. H., and Thoms, M. C. 1999. What is River Health? *Freshwater Biology.* 41: 197-209.
- Oberdorff, T., Pont, D., Hugueny, B. and Porcher, J. P. 2002. Development and validation of a fish-based index for the assessment of river health in France. *Freshwater Biology.* 47: 1720-1734.
- Petersen, R.C. JR. 1992. The RCE: a riparian, channel and environmental inventory for small streams in the agricultural landscape. *Freshwater Biology.* 27: 295-306.
- Raven, P. J., Holmes, N. T. H., Naura, M. and Dawson, F. H. 2000. Using river habitat

- survey for environmental assessment and catchment planning in the U.K. *Hydrobiologia*. 422/423: 359-367.
- Schofield, N. J. and Davies, P. E. 1996. Measuring the health of our rivers. *Water*. 5/6: 39-43.
 - Sladeczek V. D iatom as indicators of organic pollution. *Acta Hydrochim hydrobiol*, 1986, 14: 555 -566.
 - Smith, M. J., Kay, W. R., Edward, D. H. D., Papas, P. J., Richardson, K. St J., Simpson, J. C., Pinder, A. M., Cale, D. J., Horwitz, P. H. J., Davis, J. A., Yung, F. H., Norris, R. H. and Halse, S. A. 1999. AusRivAS: Using macroinvertebrates to assess ecological condition of rivers in Western Australia. *Freshwater Biology*. 41: 269-282.
 - Woodiwiss, F. S. 1964. The biological system of stream classification used by the Trent River Board. *Chem. Ind*. 5: 443-447.
 - Wright, J. F, Armitage, P. D. and Furse, M. T. 1989. Prediction of invertebrate communities using stream measurements. *Regul Rivers: Res Manag*. 4: 147-155.
 - 日本水道協會。1970。上水試驗法。東京:日本水道協會出版社。
 - 王漢泉。2002。臺灣河川水質魚類指標之研究。環境檢驗所調查年報 9: 207-236。
 - 王漢泉。1993。淡水河水系魚類分布及魚類生物指標之研究。環境檢驗所環境調查研究年報 1: 11-22。
 - 王漢泉。1999。朴子溪及頭前溪下游魚類監測分析。環境檢驗所環境調查研究年報 7: 213-220。
 - 王漢泉。1999。淡水河系魚類生物監測分析。環境檢驗所環境調查研究年報 7: 181-212。
 - 王漢泉。2001。東港溪高屏溪魚類生物監測分析。環境檢驗所環境調查研究年報 8: 169-186。
 - 田志仁、吳承恩、黃顯宗、汪碧涵。2004。以水棲昆蟲為指標生物評估台北外雙溪水質。自然保育季刊45: 38-46.
 - 行政院環境保護署環境檢驗所。1995。環境檢測方法-環境生物檢測。行政院環境保護署環境檢驗所，台北縣。
 - 行政院環境保護署環境檢驗所。1997。臺灣河川底棲生物手冊-水棲昆蟲。行政院環境保護署環境檢驗所，台北縣。
 - 吳俊宗、周晉文。1996。翡翠水庫浮游藻與水質關係研究(1)。中央研究院研究報告，50頁。
 - 吳俊宗、周晉文。1997。翡翠水庫浮游藻與水質關係研究(2)。中央研究院研究報告，85頁。
 - 吳俊宗、高麗珠、周晉文。1998。翡翠水庫浮游藻與水質關係研究(3)。中央研究院研究報告，68頁。
 - 吳俊宗、高麗珠。1999。翡翠水庫浮游藻與水質關係研究(4)。中央研究院研究報告，70頁。
 - 吳俊宗、高麗珠。2000。翡翠水庫浮游藻與水質關係研究(5)。中央研究院研究報告，139
 - 林曜松、梁世雄。1997。魚類資源調查技術手冊。農業委員會。台北市。
 - 林曜松、莊鈴川。1998。鳳山溪河川生態調查。臺灣省特有生物研究保育中心。
 - 津田松苗。1964。污水生物學，北隆館。
 - 唐先柏、李明賢、黃婷璟、顏佩雯、劉薇芝、陳美妃。2003。溪流生物指標之系統建立-以中港溪為例，第10屆大地工程研討會，臺灣中壢。1-5
 - 唐濤,蔡慶華,劉建康。2002。河流生態系統健康及其評價，應用生態學報 13 (9):

1191-1194。

- 梁世雄。2000。水生昆蟲相關調查及利用其建立河川水質多測項評估系統之研究-以高屏溪中上游為例。經濟部水資源局（計畫編號MOEA/WRB-8900023V2）。
- 黃玉瑤。2001。內陸水域污染生態學-原理與應用，北京:科學出版社。
- 黃國靖。1997。花蓮美崙溪水棲昆蟲生態及生物指標研究。行政院國家科學委員會專題研究報告。32頁。
- 黃國靖。1987。七家灣溪水棲昆蟲相及生態研究。國立臺灣大學植病所碩士論文。147頁。
- 黃國靖。1994。景美溪水棲昆蟲生態及生物指標研究。國立臺灣大學植病所博士論文。150頁。
- 楊平世、黃國靖。1991。淡水河系之水棲昆蟲生態及指標生物研究。行政院環保署委託研究報告。EPA-80-E3S5-0901。
- 楊平世、黃國靖。1992。臺灣河川污染水棲昆蟲指標生物研究。行政院環保署委託研究報告。EPA-81-E3S4-0901。
- 楊平世、黃國靖。1992。科學教育資料叢書(XXII)水棲昆蟲生態入門。臺灣省政府教育廳出版。152頁。
- 趙大衛、方力行、張學文、許清玫、劉學煌、劉仲康、劉和義。1992。高屏溪水域生態調查及其污染生物指標之建立。環保署研究報告 210 pp.
- 劉忠裕、方茹萍、吳靜玫、郭鍾秀。2002。以浮游藻類評估台，“以浮游藻類評估臺灣水庫水質可行性之探討”，水資源管理。2002研討會論文集，第141-156頁。

五、生物調查技術及鑑定類-陸域植物

- 呂勝由、施炳霖、陳志雄。1998。臺灣稀有及瀕危植物之分級彩色圖鑑（Ⅲ）。行政院農委會印行。
- 呂勝由、施炳霖、陳志雄。1998。臺灣稀有及瀕危植物之分級彩色圖鑑（Ⅳ）。行政院農委會印行。
- 呂勝由、郭城孟等編。1996。臺灣稀有及瀕危植物之分級彩色圖鑑（Ⅰ）。行政院農委會印行。
- 呂勝由、郭城孟等編。1997。臺灣稀有及瀕危植物之分級彩色圖鑑（Ⅱ）。行政院農委會印行。
- 呂福原、歐辰雄、呂金誠，1999。臺灣樹木解說（一）（二）（三）。行政院農業委員會。
- 李松柏。2007。臺灣水生植物圖鑑。晨星出版社。
- 徐國士。1980。臺灣稀有及有絕滅危機之植物。臺灣省政府教育廳。
- 徐國士。1988。臺灣野生草本植物。臺灣省政府教育廳。
- 徐國士等。1987。臺灣稀有植物群落生態調查。行政院農業委員會。
- 張永仁。2002。野花圖鑑。遠流出版社。
- 張碧員等。2000。臺灣野花365天。大樹出版社。
- 許建昌。1971。臺灣常見植物圖鑑，I-庭園路旁耕地的花草。臺灣省教育會。
- 許建昌。1975。臺灣常見植物圖鑑，VII-臺灣的禾草。臺灣省教育會。
- 郭城孟。1997。臺灣維管束植物簡誌（第1卷）。行政院農業委員會。
- 郭城孟。2001。蕨類圖鑑。遠流臺灣館。

- 陳玉峰。1995。臺灣植被誌(第一卷)：總論及植被帶概論。玉山社。
- 陳玉峰。2007。臺灣植被誌 第九卷，物種生態誌。前衛出版社。
- 陳玉峰。2007。臺灣植被誌 第六卷，闊葉林(二)(上、下)。前衛出版社。
- 陳俊雄、高瑞卿。2008。臺灣行道樹圖鑑。貓頭鷹
- 楊遠波、劉和義、呂勝由。1999。臺灣維管束植物簡誌(第2卷)。行政院農業委員會。
- 楊遠波、劉和義、林讚標。2001。臺灣維管束植物簡誌(第5卷)。行政院農業委員會。
- 楊遠波、劉和義、彭鏡毅、施炳霖、呂勝由。2000。臺灣維管束植物簡誌(第4卷)。行政院農業委員會。
- 楊遠波、劉和義。2002。臺灣維管束植物簡誌(第6卷)。行政院農業委員會。
- 劉和義、楊遠波、呂勝由、施炳霖。2000。臺灣維管束植物簡誌(第3卷)。行政院農業委員會。
- 劉崇瑞。1960。臺灣木本植物圖誌。國立臺灣大學農學院。
- 劉瓊蓮。1993。臺灣稀有植物圖鑑(I)。臺灣省林務局。
- 羅宗仁、鍾詩文。2007。臺灣種樹大圖鑑(上)(下)。天下文化。
- Heinrich W.1985.Vegetation of the Earth, and Ecological Systems of the Geobiosphere. Springer-Verlag.
- Huang, T. C. et al. (eds). 1993-2003. Flora of Taiwan, Vol. 1-6.

六、生物調查技術及鑑定類-陸域動物

- 方偉宏。2008。臺灣受脅鳥種圖鑑。貓頭鷹出版社。
- 方偉宏。2008。臺灣鳥類全圖鑑。貓頭鷹出版社。
- 王嘉雄、吳森雄、黃光瀛、楊秀英、蔡仲晃、蔡牧起、蕭慶亮。1991。臺灣野鳥圖鑑。亞舍圖書有限公司。
- 臺灣省特有生物研究保育中心。1998。兩棲類及爬蟲類調查方法研習手冊。
- 呂光洋、杜銘章、向高世。2002。臺灣兩棲爬行動物圖鑑(第二版)。中華民國自然保育協會。
- 呂光洋、陳添喜、高善、孫承矩、朱哲民、蔡添順、何一先、鄭振寬。1996。臺灣野生動物資源調查---兩棲類動物調查手冊。行政院農委會。
- 呂光洋。1990。臺灣區野生動物資料庫：兩棲類(II)。行政院農業委員會。台北。157頁。
- 林良恭、趙榮台、陳一銘、葉雲吟。1998。自然資源保護區域資源調查監測手冊。行政院農委會。
- 邵廣昭、彭鏡毅、吳文哲主編。2008。2008臺灣物種多樣性II.物種名錄。行政院農業委員會林務局。
- 徐堉峰。2000。臺灣蝶圖鑑第一卷。鳳凰谷鳥園。
- 徐堉峰。2002。臺灣蝶圖鑑第二卷。鳳凰谷鳥園。
- 徐堉峰。2006。臺灣蝶圖鑑第三卷。鳳凰谷鳥園。
- 張永仁。2007。蝴蝶100：臺灣常見100種蝴蝶野外觀察及生活史全紀錄(增訂新版)。遠流出版社。
- 楊平世。1996。臺灣野生動物資源調查之昆蟲資源調查手冊。行政院農業委員會。
- 楊懿如。2002。賞蛙圖鑑-臺灣蛙類野外觀察指南(第二版)。中華民國自然與生態

攝影學會。

- 濱野榮次。1987。臺灣蝶類大圖鑑。牛頓出版社。
- 潘致遠、丁宗蘇、阮錦松、林瑞興、蔡乙榮、歐陽建華、羅柳墀。2011。台灣鳥類名錄。中華民國野鳥學會鳥類紀錄委員會。

七、生物調查技術及鑑定類-水域生物

- 山岸高旺。1998。淡水藻類寫真集。內田老鶴圃。
- 川合禎次。1985。日本產水生昆蟲檢索圖說。東海大學出版會。東京。409pp。
- 中央研究院之臺灣魚類資料庫 <http://fishdb.sinica.edu.tw/>
- 水野壽彥。1980。日本淡水藻圖鑑。保育社。
- 王漢泉。1999。淡水河系魚類生物監測分析。行政院環境保護署環境檢測所。
- 臺灣省政府教育廳。1991。水棲昆蟲生態入門。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。1993。河川底棲水生昆蟲採樣方法(NIEA E801.30T)。環署檢字第02198號公告。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2003。水中浮游植物採樣方法—採水法(NIEA E505.50C)。環署檢字第0920067727A號公告。
- 沈世傑。1993。臺灣魚類誌。國立臺灣大學動物學系。
- 汪良仲。2000。台灣的蜻蛉。人人出版社。
- 林春吉。2007。臺灣淡水魚蝦(上、下)。天下文化出版社。
- 林斯正。1999。臺灣產蜻蜓科(蜻蛉目)幼蟲分類研究。私立東海大學生物系碩士論文。
- 林曜松、梁世雄。1996。臺灣野生動物資源調查之淡水魚資源調查手冊。行政院農業委員會。
- 松木和雄。1978。臺灣產春蜓科稚蟲分類之研究。臺灣省立博物館科學年刊 21:133-180。
- 邵廣昭、陳靜怡。2005。魚類圖鑑-臺灣七百多種常見魚類圖鑑。遠流出版社。
- 邵廣昭、彭鏡毅、吳文哲主編。2008。2008臺灣物種多樣性II.物種名錄。行政院農業委員會林務局。
- 施志昫、李伯雯。2009。臺灣淡水蟹圖鑑。晨星出版社。
- 施志昫等。1998。臺灣的淡水蝦。國立海洋生物博物館籌備處。
- 施志昫等。1999。臺灣的淡水蟹。國立海洋生物博物館籌備處。
- 津田松苗(編)。1962。水生昆蟲學。
- 徐歷鵬。1997。臺灣地區毛翅目昆蟲之分類研究。私立東海大學生物系博士論文。3706pp。
- 袁澣。1995。浮游生物學。南山堂出版社。
- 康世昌。1993。臺灣的蜉蝣目(四節蜉蝣科除外)。國立中興大學昆蟲學研究所博士論文。
- 梁象秋、方紀祖、楊和荃(編)。1998。水生生物學。水產出版社。
- 莊進源、郭崇義、林慧芳。1984。臺灣地區湖沼水庫浮游生物水質污染指標研究。行政院衛生署環境保護局。
- 曾晴賢。1990。臺灣淡水魚(I)。行政院農業委員會。
- 森若美代子、齊家。臺灣地區水庫浮游藻類圖鑑。行政院環境保護署環境檢驗所。
- 廣瀨弘幸、山岸高旺(編)。1977。日本淡水藻圖鑑。內田老鶴圃。

- 鄭先祐。1993。生態環境影響評估學。財團法人徐氏基金會。
- 鄭育麟。1991。環工指標微生物，復文書局。
- 賴景陽。1988。貝類(臺灣自然觀察圖鑑)。渡假出版社有限公司。
- Chihara Mitsuo and Masaaki Murano. 1997. An Illustrated Guide To Marine Plankton In Japan Eng. Tokai University Press. Tokyo. i-xxxvi, pp1574.
- Hilsenhoff, W. L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with family-level biotic index. J. N. Am. Benthol. Soc. 7(1):65-68.
- Sournia, A. 1978. Phytoplankton Manual, United Nations Educational, Scientific and cultural Organization. 337pp.

八、其他相關文獻

- 李如儀。2011。高美濕地及七股鹽田濕地等地區劃入台江國家公園範圍-生態資源調查暨經營管理先期規劃。台江國家公園管理處。
- 林幸助、薛美莉、陳添水、何東輯。2009。濕地生態系生物多樣性監測系統標準作業程序。農委會特有生物中心。
- 洪甄嬪。2005。高屏溪及東港河流域水體中PAHs濃度分佈之研究。大人技術學院環境管理所碩士論文。
- 陳昇寬、黃榮作、李兆彬。2007。福壽螺之生態及藥劑防治現況。台南區農業專訊62期。

附件一、現勘照片

	
被釣客釣起曬死的垃圾魚	家庭廢棄物
	
河岸垃圾	布袋蓮
	
河道上方有大量水生植物覆蓋	土地利用形式農耕地
	
違法佔有土地公告	河岸

附件二、志工巡守報告單

2011炭頂濕地志工巡查報告單	
一、巡查人員：_____	
二、巡查地點： <input type="checkbox"/> 港東二號橋 <input type="checkbox"/> 港溪抽水站 <input type="checkbox"/> 東港溪水域測站1 <input type="checkbox"/> 東港溪水域測站2	
三、巡查日期時間： 年 月 日 時 分至 時 分	
五、巡查事由：棲地巡守與棲地服務	
六、攜帶裝備及器材： <input type="checkbox"/> 無線電 <input type="checkbox"/> 手機 <input type="checkbox"/> GPS <input type="checkbox"/> 相機 <input type="checkbox"/> 其他	
東港溪河岸與濕地狀況	1、河岸與濕地狀況：良好 <input type="checkbox"/> 損壞 <input type="checkbox"/>
	2、河岸與濕地雜草生長狀況：良好 <input type="checkbox"/> 遭破壞 <input type="checkbox"/>
	3、其他事件描述：
違法事件查察	1、非法電毒魚：有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/>
	2、傾倒垃圾：有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/>
	3、濫墾或非法採集生物行為：有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/>
	4、其他非法行為：有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 描述：
其他事項	
異常現象通報電話	1.屏東縣政府環保局電話(08)7351911 2.屏東縣政府警察局電話(08)7322156 3.屏東縣政府東港分局炭頂分駐所電話 (08)8631404 4.民享環境生態調查有限公司 公司(04)22672431 # 26 或 35

填表人員簽名：_____