



認識 嘉南藥理科技大學 人工濕地

國家重要濕地嘉南藥理科技大學生物觀察手冊

兼具污水處理與再利用、節能減碳、物質循環與資源回收、
生態保育、研究與教學、生態休憩等功能的校園濕地

嘉南藥理科技大學 生態工程技術研發中心 編印
100年度國家重要濕地保育行動計畫 補助編印
2011年12月1日

目錄

catalog

一、前言.....	1
二、濕地系統的組成.....	3
三、污水淨化及回收再利用的功能.....	11
四、節能減碳的功能.....	13
五、物質循環及資源回收的功能.....	15
六、生物多樣性與生態保育的功能.....	17
七、研究與教學的功能.....	19
八、生態休憩功能.....	24
九、濕地系統的維護管理.....	26
十、校園濕地生物的觀察.....	29
十、Q&A.....	37
十一、結語.....	40



一、前言

濕地(wetlands)乃指陸地與水域間全年或間歇地被水淹沒的土地，為地球上最豐沛的生態系統，她可提供鳥類庇護、覓食及生育時的棲息地，也是魚類、甲殼類及其他野生動物的棲息處。濕地另具有淨化水質、補注地下水、調節洪流、遊憩性、社會性及教育性等功能。而人工濕地(constructed wetlands)乃是建造於陸地上的人造濕地，為模擬天然濕地條件並結合廢水工程知識所發展的一種生態技術，主要被應用於廢水處理及水污染防治上來提升水體的品質，在適當的規劃管理下，人工濕地亦能發揮如天然濕地的生態保育、景觀美化、教育及休憩的功能。

嘉南藥理科技大學(以下簡稱本校)人工濕地系統是接受教育部92年度「永續校園局部改造計畫」的補助，基於綠色、生態、環保、健康、節能減碳、物質循環及資源回收的永續發展理念，完成了兼具校園污水淨化及再利用、學術研究、教學、及增進校園生態多樣性與景觀的人工濕地系統之規劃設計。此設計成果獲得本校當年王昭雄校長的鼎力支持而投入經費建造，並獲得內政部營建署94年「民間建築物綠建築設計及改善示範工作計畫」的經費補助，於2005年11月完成人工濕地系統的建造，開始污水處理的運轉。隨後，再獲98年「民間建築物綠建築設計及改善示範工作計畫」及99、100年「永續校園局部改造計畫」的補助，以及100年度國家重要濕地保育行動計畫之補助，擴展人工濕地處理水的再生利用。由於功能顯著，本校人工濕地於2007年12月被內政部營建署評選為地方級的「國家重要濕地」，收錄在「台灣濕地地圖」中。同時也是「永續校園」、「綠建築」、「生態工程」、「污水淨化及再生利用」、「水資源保育」等相關計畫的重要實務示範場址。為了讓師生與社區民眾參訪者對本校濕地系統有更深入的了解，特別編印此宣導手冊，並希望能吸引更多民眾對此生態工法的興趣，及對環境保護及生態保育的關注。



圖1 嘉南藥理科技大學人工濕地的鳥瞰圖，她已被列為台灣75個重要濕地中編號第58個濕地，屬於地方級的重要濕地。



圖2 人工濕地原來的場址為一處養鴨農場。

二、濕地系統的組成

人工濕地場址坐落於本校東側，鄰近棒球場，佔地面積約1.1公頃，原來為一處養鴨農場，在因地制宜、就地取才的生態技術原則下改造為人工濕地。濕地系統由六個主要單元所組成：

(1)表面下流動(SSF)人工濕地：表面積約1,450平方公尺其平面宛如腸道，為一個礫石床所形成之高密度植生群落單元，廢水在礫石表層下流動，水中的污染物在植生的礫石間隙中可經由過濾、吸收、及微生物的分解作用加以截留或去除。此單元種植挺水性植物，包括：蘆葦、香蒲、風車草、培地茅、荸薺等。88水災後，引流進人工濕地的污水中經常含有大量的懸浮固體物，為了降低SSF濕地的懸浮固體物污染負荷，100年度在SSF濕地的前端設置一座簡易的沉降槽單元，藉以沉降污水中的懸浮固體物，減少SSF濕地的懸浮固體負荷。

(2)表面流動(FWS)人工濕地：表面積約2,200平方公尺其平面亦如腸道，為高密度植生群落所形成的淺水深(約0.3公尺)濕地，廢水於濕地底層表面流動，流經水生植物根、莖組織所形成的間隙，污染物經由沉降、過濾、吸收、及微生物的分解作用加以截留或去除。此單元種植的挺水性植物及著根浮葉性水生植物包括：蘆葦、香蒲、日本紙莎草、粉綠狐尾藻、大安水蓼衣、睡蓮、台灣萍蓬草、白花水龍等。

(3)景觀生態池：面積約3,800平方公尺，為平均水深約1.0公尺的水塘，其主要用途為貯存經濕地處理後之處理水，以作為後續生態景觀營造以吸引生物群聚繁殖，再者池中進行生態養殖可將水中的殘餘營養物回收轉化為水產食物蛋白。

(4)水回收再利用設施：生態池出流端設置淨化水收集井、抽水機及管線系統，將濕地淨化後的再生水回收利用於校園廣場及棒球場上的植栽及草地澆灌上。另外，在生態池進流端設置一座混凝土水槽，接收FWS濕地出流水，再以抽水機送至校園教學大樓的砂濾及加氯設施，進一步再生後，提供教學大樓沖廁使用。

(5)太陽能光電照明：太陽能光電板設置於花架上，轉換太陽能為電能，驅動濕地週遭的夜間照明。

(6)休憩花架：利用舊建築廢材，改造建構為花架及座椅提供參訪者遮陽休憩。

。

(7)透水鋪面：分別在本區進、出口步道及花架區域路面鋪設碎石或廢磚塊(屬舊建築廢材)，使降雨時能增加雨水下滲、減少逕流，促進基地保水效能。

(8)氣象及水文資料

監測站：包括監測

濕地場址氣

溫、溼

度、雨

量、蒸發、

污水流量、水質等

氣象及水文參數的監測

與資料蒐集傳輸設備，以獲得

研究所需的相關數據。



圖3 本校人工濕地系統的平面圖，1：污水進流口，2：表面下流動(SSF)濕地，3：SSF濕地出口，4：表面流動(FWS)濕地，5：FWS濕地出口，6：景觀生態池，7：生態池出口，8：水回收再利用高壓幫浦及管線，9：太陽能光電設施，10：休憩花架，11：氣象及水文監測站，淺紫色區域則為透水鋪面鋪設範圍。



圖4 污水進流口：簡易沉降槽(上)：經過沉降槽後的污水由此處流入人工濕地，然後重力方式流經後續單元(下)。



圖5 表面下流動(SSF)濕地：水在礫石表面下層流動而被淨化，礫石層表面則是挺水性水生植物生長，可稱為污水花園。SSF濕地的污水淨化功能一般優於FWS濕地。

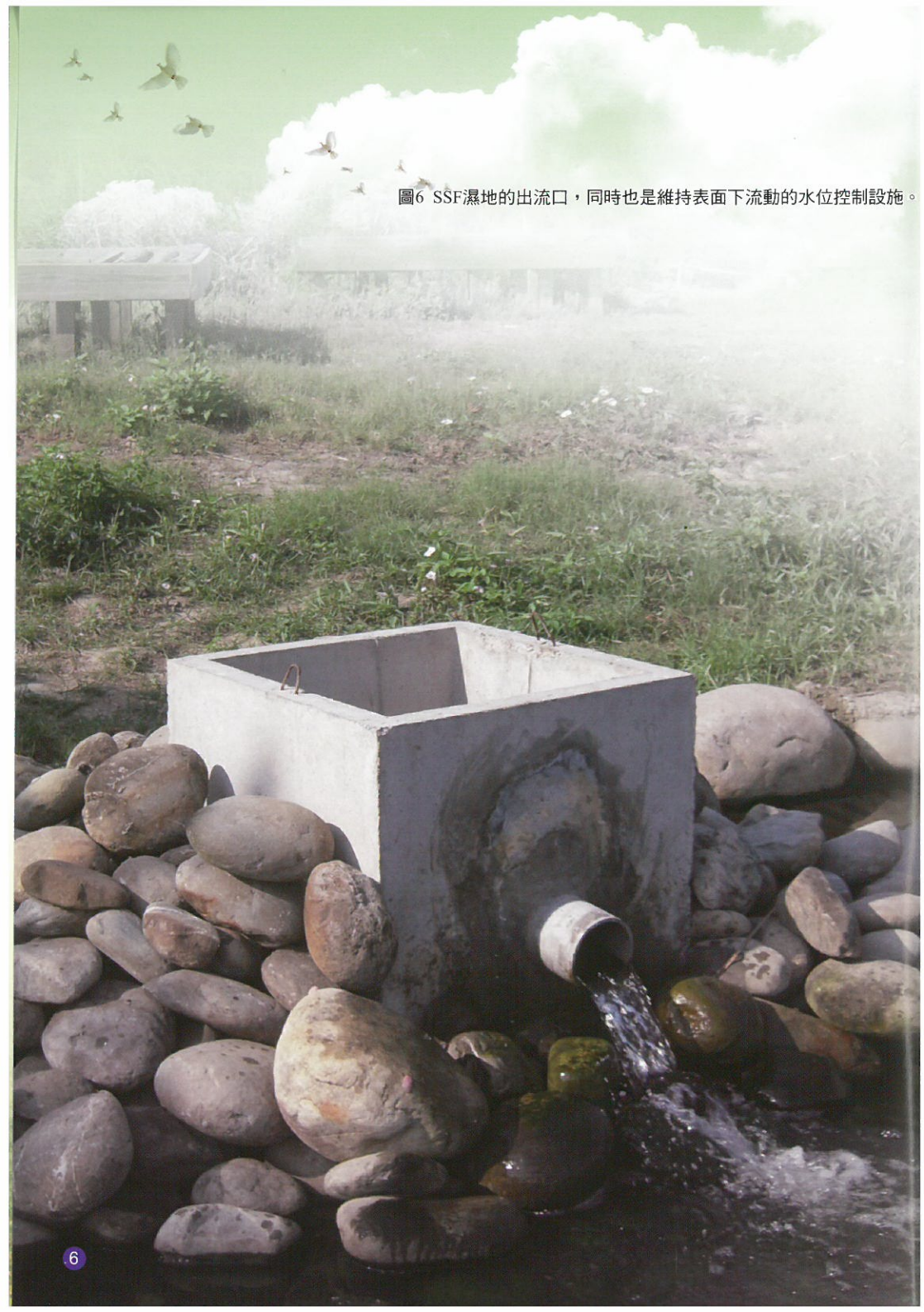
A photograph of a concrete outlet structure for a Surface Flow Wetland (SSF). The structure is a rectangular concrete box with a pipe protruding from the side, through which water is flowing. The structure is surrounded by a bed of smooth, rounded stones. In the background, there is a grassy area with some wooden structures and a bright sky with white clouds and several birds flying. The overall scene is bright and natural.

圖6 SSF濕地的出口，同時也是維持表面下流動的水位控制設施。



圖7 表面流動(FWS)人工濕地：為模擬天然濕地條件的污水處理濕地，其生態保育功能優於SSF濕地。



圖8 FWS濕地出口：人工濕地淨化後的清澈水由此處流至生態池，右方為流量及水質即時監測設備。



圖9 景觀生態池：兼具蓄水、滯洪、生態、養殖、景觀的功能。



圖10 休憩花架：主要建材是回收自原鴨寮的舊建築廢材。



圖11 太陽能光電設備：每年可產生約500 kWh的電量，可提供園區內部份夜間照明。

圖12 人工濕地場址內的部份夜間照明由太陽能提供。





圖13 氣象資料監測站：提供研究所需資料，必要的電源來自太陽能。



圖14 以廢磚塊(左)及碎石(右)為材料的透水面鋪。

三、污水淨化及回收再利用的功能

本校人工濕地主要的設立目的為校園污水的淨化及回收再利用。來自學生宿舍及教學大樓產生的生活廢水，首先經由兩座機械式廢水處理廠進行二級處理後，其排放水流經下水道管渠與截流站後，由抽水機送至人工濕地進行三級處理。人工濕地的設計污水處理量可達每日500立方公尺，實際操作進流污水量平均每日340立方公尺。

由民國95至97年底的水質監測的結果顯示，人工濕地可有效去除水中的主要污染物，平均去除效率達：總懸浮固體物74%、生化需氧量 80%、總氮 55%、總磷 33%。人工濕地處理後的平均水質也與設計目標相符，懸浮固體物 < 10 mg/L、生化需氧量 < 5 mg/L、大腸菌類 < 900 CFU/mL、總氮 < 11 mg/L、及總磷 < 1.1 mg/L，此水質遠優於環保署制定的「放流水標準」中的二級標準(懸浮固體物 < 30 mg/L、生化需氧量 < 30 mg/L、大腸菌類 < 2,000 CFU/mL)，並可達到最嚴格的營養鹽放流水標準(總氮 < 15 mg/L、及總磷 < 2.0 mg/L)。濕地系統每年可去除的污染量可達約2.5公噸懸浮固體物、2.0公噸生化需氧量、1.5公噸的氮、62公斤的磷，對環境的污染削減具有顯著的貢獻，並替本校善盡了社會責任。

濕地淨化後的處理水符合環保署公告的「生活污水回收再利用建議事項」有關景觀、澆灌、灑水抑制揚塵、洗車或清洗地板等用途的建議值，直接使用於本校棒球場及校園廣場的植栽及草地澆灌上，節省約每日50立方公尺的自來水。另有部分濕地處理水，再經砂濾及加氯消毒使能符合沖廁用途的建議值，並使用於兩棟教學大樓的沖廁，節省約每日40立方公尺的自來水。其餘部分則回收於景觀生態池中。目前，再生水(中水)回收使用的部分每年可節省的自來水費約32萬元。然而，人工濕地每日可產生300立方公尺以上的再生水，未來若能全數回收使用於校園廁所沖洗及花木澆灌取代自來水使用，則每年可節省自來水費可達120萬元以上。

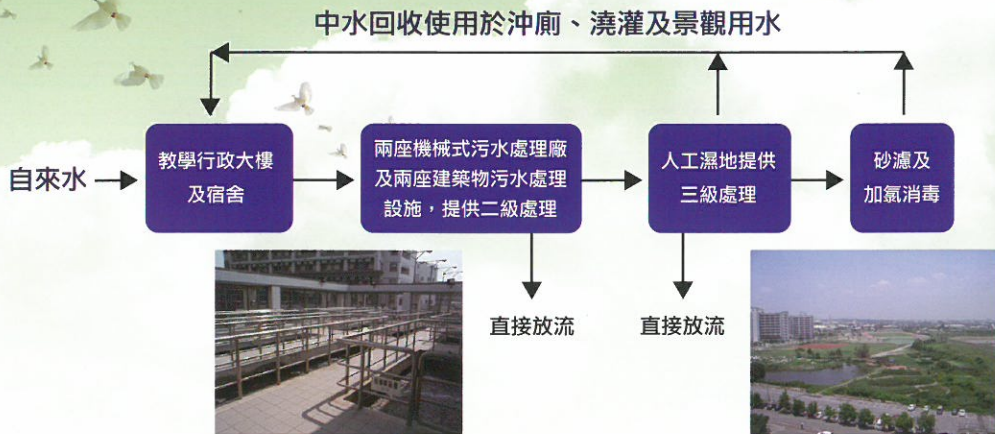


圖15 本校污水處理及再生水(中水)回收利用示意圖

表 1 本校人工濕地處理校園污水進流水與出流水水質及處理效能

水質參數	懸浮固體物 (mg/L)	BOD (mg/L)	總氮 (mg/L)	總磷 (mg/L)	總大腸桿菌數 (CFU/mL)
進流水	27	20	22.3	1.5	1.3×10^4
出流水	7	4	10.1	1.0	8.5×10^2
去除效率(%)	74	80	55	33	93
去除速率(kg/day)	6.8	5.44	4.15	0.17	
面積去除速率(g/m ² /d)	1.79	1.43	1.09	0.04	



圖16 未處理的進流水呈灰色混濁(左)，濕地淨化後的出流水呈清澈透明(右)。



圖17 人工濕地淨化後的水經加壓管線回收再利用棒球場及操場草皮的澆灌。



圖18 人工濕地淨化後的水經砂濾及加氯消毒使能符合沖廁用途。




圖19 人工濕地生產的再生水使用於沖廁用途。

四、節能減碳的功能

人工濕地系統中除了抽水機以外，無設置其他機械設備、無須添加化學藥品、無污泥產生、也無須由專業技術人員操作，因此在污水處理的成本上可節省電力、藥品、污泥處置及人事等細項費用。不過濕地系統仍然需要植物採收、除草、人員巡視、抽水等基本費用。以處理每立方公尺生活污水的單位操作成本進行比較，小規模(污水處理量小於每日1,000立方公尺)的傳統機械式污水三級處理廠至少需10元，本校人工濕地系統處理污水僅需約3元，整年節省了約87萬元的污水處理營運成本。假設電費支出約佔機械式污水處理廠操作成本的30%，則本校人工濕地每年可節省約37萬元的電力能源使用，相當於每年減少113公噸的二氧化碳排放。

圖20 人工濕地水質淨化過程沒有使用任何機械設備及化學藥品，達到節能減碳的目的。





濕地是生物生產力最旺盛的生態系統，濕地中的水生及陸生植物進行光合作用並吸收大氣二氧化碳形成有機碳積蓄於濕地中，因此濕地與森林一樣都為地球碳物質循環的重要儲存場所。文獻報導曾調查歐洲的人工濕地碳物質的收支平衡，結果顯示人工濕地每平方公尺每年可積蓄的碳質量達1.5~2.2公斤。若根據此項數據，且只估算水體部分，則本校人工濕地系統可積蓄至少42~61公噸的二氧化碳。另外，前述人工濕地產生的再生水如果能全數回收使用，因而節省自來水量的使用，則相當於每年減少24公噸的二氧化碳排放。總計本校人工濕地具有減少排放及吸收二氧化碳的潛能達到每年298公噸。

圖21 密植的水生植物因光合作用吸收二氧化碳，使人工濕地成為碳的積蓄場所。





圖23 人工濕地所採收的植物可作為綠肥。



圖24 生態池具有發展生態養殖的潛力，圖為從生態池所捕撈的魚群。

六、生物多樣性與生態保育的功能

濕地可提供相當高的生產力支持其他生物的食物來源，藉由食物鏈及食物網的關係，吸引許多種類的動、植物，並進一步棲息在濕地環境中，形成生物多樣性的生態系統。根據本校教師在民國95~96年期間所進行有關「嘉南藥理科技大學人工濕地動物及植物群聚之調查」的研究報告指出，在人工濕地系統區域內曾觀察到浮游動物20種、底棲動物18種、魚類5種、昆蟲40餘種、兩棲爬蟲類6種、哺乳類3種、鳥類17種；維管束植物種類共計有47科，77屬，86種，其中水生植物有19種，濕地區域內的生物豐富度及多樣性都遠高於本校校園內的其他區域。根據觀察，目前濕地中食物鏈及食物網之相互關係漸趨複雜，這意味著越來越多外來生物到此地休息，甚至於居留。因此，本校人工濕地除了對內增進校園生物多樣性以外，對外週遭環境亦發揮了生態保育及復育的貢獻。

此外，本校生態中心也成立「人工濕地水生植物資料庫及資源網」，對外提供水生植物幼苗的索取，只要提出申請經審核後即可自助方式提供免費的水生植物。

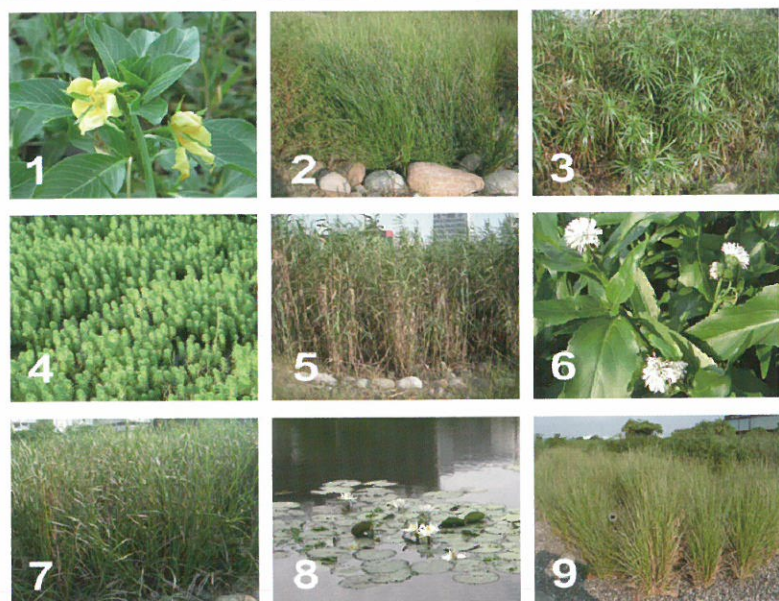


圖25 本校人工濕地中的水生植物，1：台灣水龍，2：葶薈，3：風車草，4：粉綠狐尾藻，5：蘆葦，6：光葉水菊，7：香蒲，8：齒葉睡蓮，9：培地茅。



圖26 本校人工濕地觀察到的動物相，1：八條瓢蟲、圖2：鳳蝶幼蟲，3：綠繡眼，4：蓬萊草蜥，5：甘藷金花蟲，6：蟬，7：蜻蜓，8：龍蝨，9：田螺。

七、研究與教學的功能

人工濕地本身具有生態技術、環境技術、生態保育、環境保護、生態旅遊、綠建築及永續發展等領域的研究價值及教育意義。因此，本校人工濕地自建造以來陸續有不少老師以該濕地系統作為學術或產學研究對象，研究項目包括：水質淨化功能、污染物的宿命、生態調查、生物指標的建立、溫室氣體產生的影響、生態養殖的應用、綠建築的應用、生態旅遊評估等，5年來以本校人工濕地為研究項目向公民營機構所爭取到的研究計劃及工程補助案總數超過30件、金額超過5,000萬元、參與研究的老師超過15名、專題生及研究生達70名、產出的學術論文超過40篇。其中，直接投入在濕地場址的工程(透水鋪面、太陽能光電照明、休憩花架、再生水利用)及水質監測設備的政府補助經費總額達1,500萬元。

有不少教師將上述研究成果導入教學及教材研發，以本校人工濕地為教學素材、實驗設施、實習場址、研討案例、或戶外教學場址，增進學生在環境生態方面的學習成效，至目前為止本校已有環境工程與科學、環境資源管理、觀光事業管理、生物科技等系所計34門課程之授課內容，以本校人工濕地為教學資料來源。

此外，更有許多國外學術團體或單位，及國內政府單位、學校單位、或民間團體等，慕名而來進行教學及學習參訪或生態之旅，5年來總計吸引了校外參訪的團體超過80個、累計超過2,000人次。



圖27 研究生在人工濕地內監測水質(上)、計量底棲昆蟲(中)及量測溫室氣體的產生(下)。



圖28 環工系「自然生態處理技術」(上)、環管系「水域生態調查」(中)及生科系「生物技術實驗」(下)等課程以人工濕地作為戶外教學及實習場址。



圖29 來自泰國及國內的學者專家參訪本校人工濕地。



圖30 國內的學者專家參訪本校人工濕地。



圖31 屏東科技大學師生參訪本校人工濕地進行戶外教學。



圖32 台東縣關山鄉社區民眾選擇本校人工濕地為知性之旅的一站。



八、生態休憩的功能

人工濕地區域內為本校校園中人口密度最低、生物物種密度最高、最寧靜、最不被干擾、最接近自然的生態環境，因此濕地場址是師生們在課餘或空閒時，從事生態觀察、自然體驗、沉澱心靈、交友談心、看書閱讀等靜態休閒活動的最佳去處。生態中心為配合校慶活動自97年起每年在人工濕地場址舉辦「嘉藥釣魚王大賽」，師生參加十分踴躍，不僅得到釣魚的休閒娛樂效果，也藉此達到認識濕地、學習生態的教育目的。

最近，生態中心也接獲校內不少單位的同學申請在人工濕地場址進行烤肉活動，從節能減碳的觀點及考量動態活動容易對生態系統造成傷害及衝擊，此項活動原則上並不被鼓勵，但是另一方面又考慮同學的需求，因此折衷的做法是：(1) 每次活動限制不超過100人，(2)活動的過程避免喧鬧、不使用音響、不傷害(捕捉、攀折、追逐)動植物、不留下垃圾、小心燭火，(3)活動前申請及活動後回報。



圖33 生態中心97年舉辦的釣魚王大賽。



圖34 釣魚大賽的個人最佳成績—6.8公斤。



圖35 學生在濕地場址的烤肉活動須在不傷害及影響生態系統的原則下進行。



九、濕地系統的維護管理

人工濕地的維護管理需根據生態技術的設計目標及生態系統的需求，依照計畫進行，應儘量降低人為的干擾。人工濕地須要維護管理的工作不多、專業層次不高，包括：人員巡視、除草及植物採收等。人員巡視的工作有：檢視抽水機運轉是否正常、檢視水管是否堵塞及濕地水位是否正常、清除雜物、觀察指標生物是否正常等。除草的目標則是割除濕地陸域、步道、岸邊及濕地內的野草，使能維持濕地的基本景觀、使步道能順暢行走，並避免入侵型或外來種雜草(如空心菜、小花蔓澤蘭、牽牛花等)影響濕地水生植物的生長。人員巡視及除草為經常性的工作，通常委託給兼職或專職的固定人員完成，該人員只需簡單的工作重點提示，無須專業訓練。植物採收則是針對過量生長的水生植物活株或死株進行移除，此項工作不像除草需經常性進行，植物採收則是計畫性或季節性進行。因此，濕地的維護管理幾乎是靠人力的工作。目前，濕地場址的巡視檢查工作由專題生及研究生負責，除草、水生植物採收及景觀維護則與社區結合，委託鄰近具有濕地維護經驗及興趣的二行里長及里民完成。



圖36 牽牛花及小花蔓澤蘭等入侵型雜草如無法有效控制，會影響濕地水生植物的生長。



圖37 生態中心師生動員割除人工濕地入侵雜草。



圖38 本校臨近二行里與里民共同參與維護人工濕地(左)；本校人工濕地每年均計畫性的進行水生植物採收及雜草清除(右)。



圖39 水生植物採收兩週後，植物又很快速的生長。

十、校園濕地生物的觀察

濕地中生物組成與污染程度有直接的關係，能反應不同的污染程度，這些生物包含藻類、浮游動物、水生昆蟲、軟體動物、環節動物等。然而，藻類及浮游動物必須使用顯微鏡才觀察的到，較為不便。其餘種類利用肉眼即可看見，在採樣及觀察上都比較方便；再加上它們是固定棲息於濕地池底或水岸，因此較能代表該處濕地的水質。常用的濕地污染生物指標即採用水生昆蟲、軟體動物和環節動物等常見生物，此類生物通稱「底棲無脊椎動物」，其是最好的濕地健康指標，因為牠們長期生存在水中，由於身體沒有很好的調節機制，所以僅能夠生活在特定的水質環境。所以我們可以透過不同種類的底棲無脊椎動物存在與否，來判斷濕地水質。底棲無脊椎動物的種類和數量除了受濕地水質的影響外，濕地附近的植物種類、數量、濕地的底質等均可能影響它們的種類與數量。通常濕地的植物繁茂，或底質是石粒、泥底會有較多的底棲無脊椎動物。在沒有植物或植物種類單純的濕地，水生昆蟲種類或數量很少。除了底棲無脊椎動物外，魚類也是濕地健康評估上常用的指標生物。另外，生物種類的多寡亦是一個很好的指標。在乾淨的濕地，還可以抓到溪蝦與螃蟹，這些地區的生物種類繁多，但各種的數量並不多（可以說是「生物歧異度高」）。在較髒的濕地，僅可以發現吳郭魚和紅蟲的蹤跡，但其他種類較少（生物歧異度低）。因此，判斷生物種類的多寡也是檢測水質好壞的一個指標。

本校人工濕地之規模乃屬國內個大專院校中首見，自從94年完工以來已受各方肯定。在多方面的維護與經營下，至今除人為輸入動植物外，漸漸有許多外來族群在此處定居。目前調查以人工濕地為生的共鳥類30種、兩生類2種、爬蟲類2種、魚類5種、甲殼類2種及軟體動物8種。經幾年調查資料顯示，這些生物群落變化與人工濕地水質亦有明顯改變的趨勢，並將常見水生生物定為人工濕地之指標生物。水生生物依照水質不同的污染程度出現種類及判別如下：

- 貧腐水性：沼蝦、石蠶類、石田螺
- β 中腐水性：小椎實螺、網蝽、蜻蛉類、瘤蝨
- α 中腐水性：水蛭、囊螺、福壽螺
- 強腐水性：紅蟲、顫蚓

水生生物依照水質不同的污染程度出現種類及判別如下：

貧腐水性

沼蝦、石蠶類、石田螺



Malacostraca 軟甲綱
Decapoda 十足目
Palaemonidae 長臂蝦科
日本沼蝦 *Macrobrachium nipponense*

體長約4~8公分，雜食性，抱卵期為5月至9月，盛產期為7月到8月。世界分布於韓國、臺灣、中國大陸、日本。台灣各地淡水域皆有分布。棲息於溪流、河川的草叢或石礫間。



INSECTA 昆蟲綱
TRICHOPTERA 毛翅目
Hydropsychidae 網石蛾科(紋石蛾科)
小縞石蠶 *Cheumatopsyche* sp.

大型的水棲昆蟲，石蠶幼蟲多會築巢，且巢之形狀與材料隨種類不同。棲息環境為流速快且有機質高，並有石頭可供附著之水域。主要以藻類與有機碎屑為食。



Gastropoda 腹足綱
Mesogastropoda 中腹足目
Viviparidae 蘋果螺科
石田螺 *Sinotaia quadrata quadrata*

分佈於台灣全島，常見全省湖泊、河川、池塘、水田、水渠及低海拔溪溝中，可食用，亦可作為魚或鴨養殖的天然飼料，因其經濟效益而經常混養於淡水養殖池，所以產量多。特性為棲息環境不佳的族群個體殼頂會有腐蝕狀況。棲地為水流平緩富有機底質水域，草食或腐食性，以齒舌刮取水生植物的莖葉以及底質附著藻類物或微生物為食，其中以矽藻為主。

β 中腐水性

小椎實螺、網蝽、蜻蛉類、瘤蝽



Gastropoda 腹足綱
Basommatophora 基眼目
Lymnaeidae 椎實螺科
小椎實螺 *Austropeplea ollula*

殼小型，呈長橢圓形，多為黃色或褐色。
分佈於台灣全島，常見。棲息於稻田、
池塘、溝渠、淺溪、湖泊和濕地上。
常附著於水生植物莖葉上。



Gastropoda 腹足綱
Mesogastropoda 中腹足目
Thiaridae 錐蝽科
網蝽 *Melanoides tuberculatus tuberculatus*

台灣淡水裡常見的物種，分布區域廣泛，
台灣全島、蘭嶼及綠島可見。棲息於
流動水的溪流或溝渠及水圳中，喜沙泥
質水淺區。不常見與藻類共生。通常塔
尖的部位有腐蝕現象，當水質清澈少污
染時通常塔尖會較為完整。



Insecta 昆蟲綱
Odonata 蜻蛉目
Gomphidae 春蜓科

水蠶為蜻蜓或豆娘的仔稚蟲，呈暗褐色或暗綠色，以小魚、蝌蚪和小型水生昆蟲為食。仔稚期依種類為二月至八月不等。在台灣分佈於平地至低海拔山區。常見棲地類型為池塘、沼澤或水田等。



Photo by Da-Ji Huang
(Laboratory of Bio-pollution)

Gastropoda 腹足綱
Mesogastropoda 中腹足目
Thiaridae 錐蝸科
瘤蝸 *Tarebia granifera*

外殼為塔型，暗褐色或棕色，有顆粒狀螺肋。分佈於台灣全島。常見於全台河川、溪流、灌溉渠道、水田、池塘以及湖泊，是台灣淡水螺分布最廣的物種。食物以底藻與水生動植物的碎屑為食，屬雜食性貝類，雌雄異體，卵胎生。受精卵於雌性體內的育兒袋發育成為獨立生活的小螺。與大多數淡水螺一樣，也是血吸蟲等的中間宿主。

α 中腐水性

姬蜉蝣、水蛭、囊螺、扁蝨、福壽螺



HIRUDINEA 蛭綱
Rynchobdella 有吻蛭目
Glossiphoniidae 舌蛭科

軀體呈扁平狀，前後端各有一吸盤，前吸盤有吻，後吸盤圓大僅做為吸附他物之用，可協助前吸盤做尺蠖狀運動。雌雄同體、異體受精。常棲息於湖泊、池塘以及河川等流動水體里、主要附著於水中石塊或水草上，也常見於兩棲類以及螺類體上，以腐敗有機質為食。



Gastropoda 腹足綱
Mesogastropoda 中腹足目
Ampullariidae 蘋果螺科
福壽螺 *Pomacea canaliculata*

殼形近卵圓形，殼表光滑大多呈綠褐色，但色彩變異大。分佈於南北半球、熱帶及亞熱帶地區之淡水或半淡鹹水中，台灣全島常見。台灣之福壽螺為雜食性，但偏向於植物食性，食性甚廣，包括水生植物、陸生蔬菜類及魚類屍體等均在攝食範圍。棲息於湖沼、濕地、池塘、水田、水圳、溝渠等水域。



Gastropoda 腹足綱
Basommatophora 基眼目
Physidae 囊螺科
囊螺 *Physa acuta*



外形與椎實螺科非常相似，但螺塔比小錐實螺高，且椎實螺科為右旋螺，囊螺科為左旋螺。殼高約1公分，呈長橢圓形。殼的顏色為深灰色接近黑色，微透明，有些殼上具黃色小型斑點。臍孔不明顯，無口蓋。分佈於台灣全島。常見於污染的水域，如臭水溝，以污泥腐植質為食，可視為生物指標的依據。



強腐水性

紅蟲(搖蚊)、顫蚓蟲



INSECTA 昆蟲綱
DIPTERA 雙翅目
Chiromidae 搖蚊科
Chironomus spp.

形態特徵類似孑孓，呈紅色，有觸角。棲息於有機質高，水流速度中等至緩慢的水域中，喜泥質底質。分佈範圍廣，種類多，對污染的耐受性高。



Clitellata 環毛綱
Tubificida 顫蚓目
Tubificidae 顫蚓科
顫蚓蟲 *Tubifex* sp.

形態特徵是體呈線狀類似蚯蚓，全身多剛毛，它生活於嚴重污染水域河床上，聚集在水流動的地方。有時身體的一部分在泥中，另一部分在水中，一旦碰觸牠便立刻鑽入泥裡。它以河床之沉積有機物為生，可在溶氧極低的河底生存，甚至溶氧為零時亦可生存。數量極多，常聚集生存。常有人撈集顫蚓類販賣，供作飼養熱帶魚之餌料。分佈範圍大，種類數多，對污染的忍受性很高。台灣各地水塘、河道、溝渠等均有分布。

十、Q&A

Q1：少數幾位同學或師生欲前往人工濕地散步談心，需要提出申請嗎？

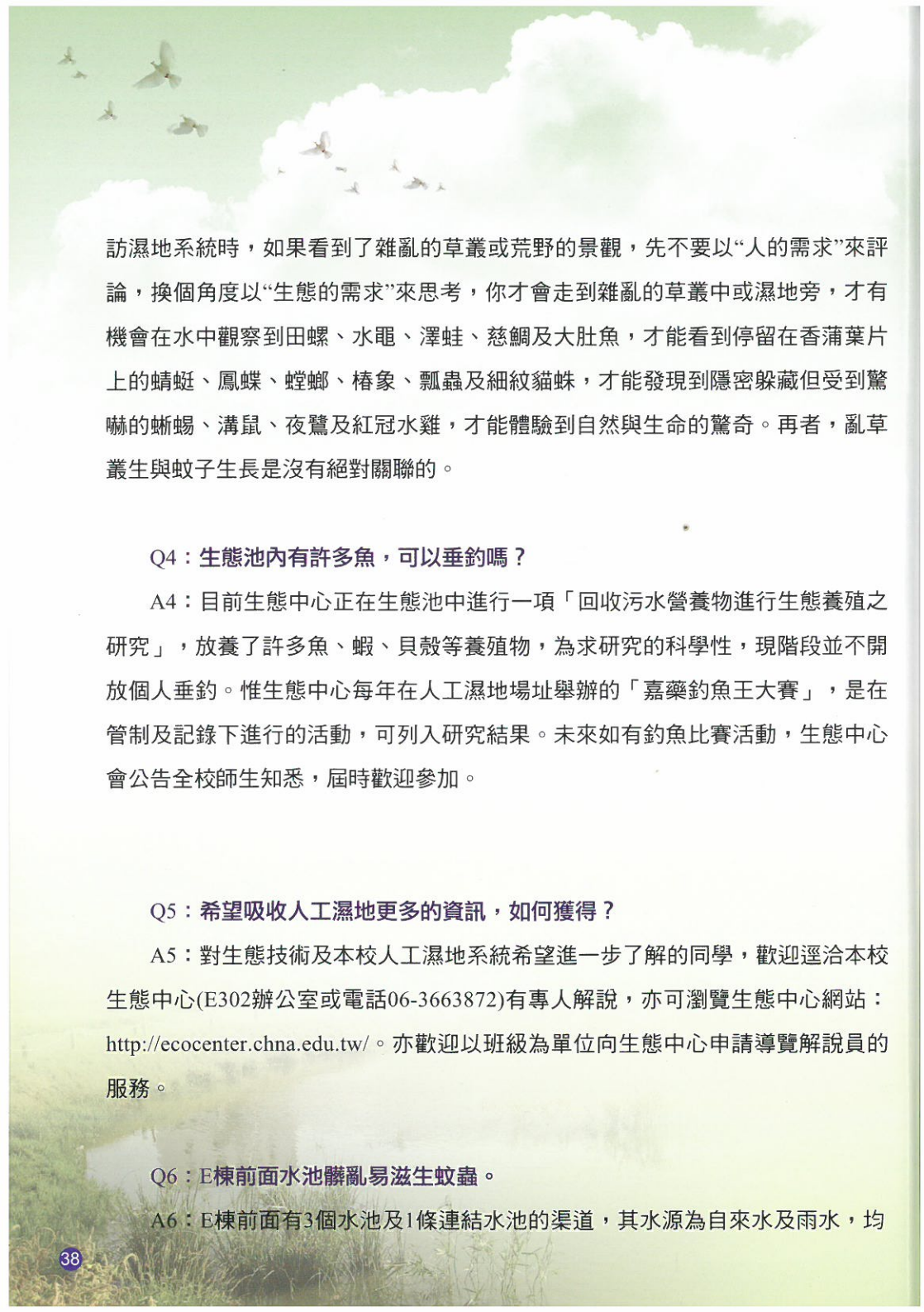
A1：人工濕地系統為本校校園環境及景觀的一部份，師生在任何時間都可以自由前往，無需申請。須提出申請者乃是舉辦團體活動時需依照學務相關規定提出申請，而團體活動由於可能超過濕地系統的負荷承載因而需會辦生態中心，進行管制。

Q2：人工濕地會不會滋生蚊蟲、傳染疾病，造成公共衛生的問題？

A2：眾所皆知凡積水處必為蚊子繁殖場所，但是本校人工濕地在安全的污水負荷操作下，均能維持好氧環境蚊子較不喜好生長。尤其濕地生態系統的食物網完整，陸域及水中存在著許多蚊子的剋星，例如：大肚魚、水蘊及其他水棲昆蟲捕食水中的孑孓，青蛙、蟾蜍及陸域昆蟲捕食蚊子。生態中心自民國95年3月至97年5月約每兩週調查一次人工濕地中的孑孓數量，在總共40次採樣的結果中僅在95年4月及97年1月的2次採樣事件中發現有孑孓的出現，出現頻率相當低，尤其沒有發現會傳播疾病的埃及斑蚊、白線斑蚊、三斑家蚊、白頭家蚊、矮小瘧蚊的蹤跡。3年來參與本校濕地相關研究計畫及參訪過本校濕地的校內外師生，也不曾反映過在濕地系統範圍內被蚊子叮咬的情事。

Q3：人工濕地內亂草叢生，是否應該增強景觀維護？

A3：為了達到多功能的環境生態及永續性的效益，人工濕地場址的管理維護有別於其他校園景觀，不會投入過多的人為管理及干擾(如經常性割草及植物採收)，反而須以低度的管理方式才能形成穩定的生態系統。試想如果濕地系統經常保持像棒球場中整齊劃一的草皮，濕地如何形成多樣性的自然生態？因此，下次造



訪濕地系統時，如果看到了雜亂的草叢或荒野的景觀，先不要以“人的需求”來評論，換個角度以“生態的需求”來思考，你才會走到雜亂的草叢中或濕地旁，才有機會在水中觀察到田螺、水黽、澤蛙、慈鯛及大肚魚，才能看到停留在香蒲葉片上的蜻蜓、鳳蝶、螳螂、椿象、瓢蟲及細紋貓蛛，才能發現到隱密躲藏但受到驚嚇的蜥蜴、溝鼠、夜鷺及紅冠水雞，才能體驗到自然與生命的驚奇。再者，亂草叢生與蚊子生長是沒有絕對關聯的。

Q4：生態池內有許多魚，可以垂釣嗎？

A4：目前生態中心正在生態池中進行一項「回收污水營養物進行生態養殖之研究」，放養了許多魚、蝦、貝殼等養殖物，為求研究的科學性，現階段並不開放個人垂釣。惟生態中心每年在人工濕地場址舉辦的「嘉藥釣魚王大賽」，是在管制及記錄下進行的活動，可列入研究結果。未來如有釣魚比賽活動，生態中心會公告全校師生知悉，屆時歡迎參加。

Q5：希望吸收人工濕地更多的資訊，如何獲得？

A5：對生態技術及本校人工濕地系統希望進一步了解的同學，歡迎逕洽本校生態中心(E302辦公室或電話06-3663872)有專人解說，亦可瀏覽生態中心網站：<http://ecocenter.chna.edu.tw/>。亦歡迎以班級為單位向生態中心申請導覽解說員的服務。

Q6：E棟前面水池髒亂易滋生蚊蟲。

A6：E棟前面有3個水池及1條連結水池的渠道，其水源為自來水及雨水，均

無污染性，最近三年來，該池水的水質一直都在本校生態工程技術研發中心(簡稱生態中心)的控制及監測中，從未出現孑孓或蚊蟲滋生的現象，請無須擔憂。

生態中心自95年初為了提升該池水的品質，特別以生態技術的工法，在渠道放置牡蠣殼及礫石濾床並植栽景觀性水生植物，並在池中設置植生浮島，進行循環水操作，並放養食蚊魚，構成校園內一處小型的水體生態系統，兼具提昇池水水質及校園生態多樣性功能。然而，自然生態的週期循環仍然會產生枯萎的植物組織及落葉雜草，為生態系統的一部份，這僅會影響某些視覺景觀(然而視覺觀感是見人見智的)，並不會影響池水水質或滋生蚊蟲。針對枯萎植栽或落葉雜草，生態中心會經常指派學生整理、清除，以維持基本的景觀，但是不會進行過度的修剪以不干擾生態系統的功能。



圖40 本校人工濕地存在數量相當多的大肚魚(*Gambusia affinis*)是抑制孑孓生長的有效利器。



十二、結語

本校人工濕地不只是校園中的綠化景觀，還具有污水處理與再利用、節能減碳、資源回收利用、生態保育、研究與教學、休憩等多項功能，是本校的自然景觀特色及可貴資產。以投入成本及產出效益觀之，目前上述功能已發揮的綜合效益，已超過人工濕地系統的初期設置成本及每年的維護管理成本，未來隨著濕地系統越趨穩定，越多師生參與濕地的研究教學及使用濕地作為休憩場所，越多的再生水及資源回收，人工濕地的效益將逐漸擴大。

為了達成上述多功能的效益，濕地場址有別於其他校園景觀，不會投入過多的人為管理及干擾(如經常性割草及植物採收)，也不能完全以“人的需求”作為管理方法的選擇，反而須以低度的管理方式才能形成穩定的生態系統。試想如果濕地系統經常保持像棒球場中整齊劃一的草皮、或像花園中爭奇鬥豔花群的單一景觀、或無限制的開放師生舉辦活動，濕地如何形成多樣性的自然生態？因此，下次造訪濕地系統時，如果看到了雜亂的草叢或荒野的景觀，先不要以人的需求來評論，換個角度以“生態的需求”來思考，你才會走到雜亂的草叢中或濕地旁，才能觀察到水質淨化的過程，才有機會在水中觀察到田螺、水黽、澤蛙、慈鯛及大肚魚，才能看到停留在香蒲葉片上的蜻蜓、鳳蝶、螳螂、椿象、瓢蟲及細紋貓蛛，才能發現到隱密躲藏但受到驚嚇的蜥蜴、溝鼠、夜鷺及紅冠水雞，才能體驗到自然與生命的驚奇。

表2 本校人工濕地投入成本及產出效益的總結

項目		量化指標
投入成本	土地	1.1 公頃
	建造成本	5,000,000元
	維護管理(巡視、除雜草、水生植物採收)	每年150,000元
產出效益	營建署工程補助(含太陽能光電照明、休憩花架、透水鋪面、再生水回收等)	6,000,000元
	教育部設備補助(氣象及水文資料監測站、再生水回收)	9,000,000元
	污水淨化及回收再利用	1.每年可削減的污染物量：懸浮固體物2.5公噸、生化需氧量2.0公噸、總氮1.5公噸的、總磷62公斤。 2.每日90立方公尺使用於2棟教學大樓沖廁、棒球場及校園廣場澆灌上，約每年節省的自來水費32萬元。 3.若能全數回收，每年可節省自來水費達120萬元以上。
	節能減碳	1.每年節省約87萬元的污水處理成本及約37萬元的電力使用(相當於每年減少113公噸的CO ₂ 排放)。 2.每年可積蓄42~61公噸的CO ₂ 。 3.再生水每年可減少24公噸的CO ₂ 排放。
	物質循環及資源回收	1.95~97年產生約1.4公噸的綠肥。 2.95~97年累積1.5公噸的漁獲。
	生物多樣性與生態保育	1.動物相：浮游動物20種、底棲動物18種、魚類5種、昆蟲40餘種、兩棲爬蟲類6種、哺乳類3種、鳥類17種。 2.植物相：維管束植物種類共計有47科，77屬，86種。
	研究與教學	1.95~99年產學計劃數超過30件、補助金額超過5,000萬元、參與研究的老師超過15名、專題生及研究生達70名、產出的學術論文超過40篇。 2.作為30門課程的教學資料來源。 3.95~99年吸引了校外參訪的團體超過80個、累計超過2,000人次。
	生態休憩	1.生態觀察、自然體驗、沉澱心靈、看書閱讀。 2.釣魚比賽、烤肉活動(需申請)。



出版：嘉南藥理科技大學生態工程技術研發中心

地址：台南市仁德區保安里二仁路一段60號

電話：06-3663872 傳真：06-3663871

網址：<http://ecocenter.chna.edu.tw>

撰文：林瑩峰、荊樹人、黃大駿

攝影：黃大駿、邱郁文、施凱鐘、黃俊嘉

印刷：展聖企業股份有限公司

出版日期：2011年12月1日(第三版)