

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

佳作

081561

舊鐵橋之水—生生不息

學校名稱：高雄縣大樹鄉九曲國民小學

作者：	指導老師：
小五 林奉新	曾雅慧
小五 彭竑銘	邱炳勳
小五 林晉葦	
小五 黃獻輝	
小五 楊鎮蔚	

關鍵詞：人工濕地 水質淨化

摘要

高屏舊鐵橋人工溼地，是一個非常棒的休閒運動景點，這裡有專為行人及自行車規劃的步道、棒球場，使大家可以盡情的在這裡散步、慢跑、運動或是騎自行車。除此之外，另外這裡也利用原本是溪床的特性，規劃成全國最大型的人工溼地，利用濕地的淨化功能來淨化上游的家庭、農牧及工廠之廢水，並負有復育生態保育、教育等功能。

我們利用文獻的研究（資料收集）、訪問濕地解說員與當地居民、實地勘查、現場採樣以及實驗檢測等方法深入瞭解人工溼地對當地環境的影響及水質淨化的效果。

最後，我們將得到的資訊，製作成「舊鐵橋人工溼地立體模型」，當起小小解說員，希望推廣舊鐵橋人工溼地之美，幫助其他同學對於家鄉珍貴資源的認識與愛護。

壹、研究動機

假日時，家人常帶我到眾所皆知的「高屏舊鐵橋」玩，一進入鐵橋入口，看見綠色的草地上有人在散步、打球、騎單車、溜狗，讓人覺得身心頓時輕鬆。走著走著，走到了休閒步道上，突然聞到一股惡臭，往前看見了一溼溼的水池及一旁設立的人工濕地平面圖，內容寫著「人工濕地淨化池」，頓時心中產生疑問，什麼是人工濕地？與水質淨化有什麼關係？還有那股惡臭味是什麼味道？從哪裡排放的？這些問題有待我們解開。

貳、研究目的

高屏舊鐵橋是大樹鄉最新的觀光景點，除了讓遊客能喝喝咖啡、聽聽音樂外，溼地的設立還有其他功能嗎？為了更了解溼地的功能，我們列出了以下的研究目的。

- 一. 了解高屏舊鐵橋的歷史、高屏舊鐵橋人工濕地設置目的。
- 二. 了解舊鐵橋人工濕地淨化水質的原理。
- 三. 了解高屏溪九曲段污水的來源。
- 四. 利用實驗方法來測量濕地淨化池〔B區部份〕B1到B7的淨水功能。
- 五. 利用自製「舊鐵橋人工溼地立體模型」向同學解說，增進大家對高屏舊鐵橋人工溼地的了解。

根據上述研究目的，我們利用實地調查，拜訪解說員、居民，及實驗的方法來進行研究。

參、研究設備及器材

- 一、訪問過程使用的設備及器材：
訪問記錄單、筆、電池、照相機、底片、電腦……等。
- 二、探勘過程使用的設備及器材：
數位相機、電池、探勘記錄單、筆……等。
- 三、採樣過程使用的設備及器材：
自製取水器、照相機、採樣記錄單、筆、電池、乾淨取樣瓶數個、繩子、橡膠手套、塑膠袋、標籤紙、奇異筆……等。

四、實驗檢測過程使用的設備及器材：

(一)培養基的製備

RO 逆滲透水、18g Agar、24g BL、電磁爐、鍋子、無菌培養皿、防潮箱、市售75%酒精、口罩。

(二)細菌培養

做好的培養基、鐵絲、塑膠管、防潮箱、75%酒精、口罩、滴管、RO 逆滲透水、燒杯、試管、B 區水池樣本、大樹鄉竹寮山農地灌溉用水。

(三)酸鹼實驗之配置

紫色高麗菜、RO逆滲透水、鍋子、電磁爐、寶特瓶、試管、試管架、滴管、檸檬酸、小蘇打、錐形瓶、B區水池樣本、試管、試管架、量杯、紫色高麗菜汁、試管、B區水池樣本、大樹鄉竹寮山農地灌溉用水、石蕊試紙。

(四)導電度

3 號鹼性電池、電池座、電線、發光二極體、燒杯、B 區水池樣本、大樹鄉竹寮山農地灌溉用水、三用電表。

(五)濁度

白紙、鉛筆、滴管、B 區水池樣本、大樹鄉竹寮山農地灌溉用水、量筒。

肆、研究過程或方法

一、研究方法：

(一)藉資料收集法瞭解高屏舊鐵橋人工濕地的相關資料。

(二)藉訪問法瞭解高屏舊鐵橋的歷史與人工濕地的功用。

(三)藉實地勘查初步瞭解污水來源、人工濕地的分布情形及污水淨化的程序。

(四)藉採樣法取得高屏舊鐵橋人工濕地的污水樣本、B區各淨化池的樣本及大樹鄉竹寮山農地灌溉用水等資料。

(五)藉臭味、酸鹼性、濁度、導電度、細菌培養等水質檢測法檢驗人工濕地的淨水功能。

(六)完成相關研究後對同學進行舊鐵橋人工溼地的解說。

二、研究過程：

(一)資料收集：

1. 資料的收集與統整：

利用網路與圖書館查詢高屏舊鐵橋人工濕地的相關資料，經由資料統整及多次討論後決定進行濕地解說員及當地居民(本校兩位教師)的訪問並擬定訪問稿。

2. 訪問稿

訪問稿一（濕地解說員）：

(1) 舊鐵橋的歷史與人工濕地從前河床的景觀如何？

(2) 什麼是溼地與人工溼地？

- (3) 舊鐵橋爲什麼要建造人工濕地？人工濕地有什麼功能？
- (4) 人工濕地淨水原理是什麼？
- (5) 舊鐵橋的污染源來自哪裡？
- (6) 水生植物對於所有的污染都能吸收嗎？
- (7) 溼地間水池與水池是如何流動的？
- (8) 人工濕地水最後會流到哪裡？
- (9) 淨化池是利用什麼來控制水的流量？
- (10) 自來水取水道是不是取自溼地水池的水？

訪問稿二（當地居民---本校老師）：

- (1) 多久去舊鐵橋一次？去那裡做什麼？
- (2) 看過舊鐵橋人工溼地嗎？
- (3) 知道舊鐵橋人工溼地有什麼功用？
- (4) 爲什麼喜歡(或不喜歡)舊鐵橋？
- (5) 對舊鐵橋人工溼地有什麼建議之處？

3. 訪問紀錄：

（訪問對象：舊鐵橋施地解說員陳○○先生、本校黃○○老師與蔡○○老師）

4. 訪問結果，我們發現：

(1) 舊鐵橋的歷史與人工濕地從前河床的景觀如何？

高屏舊鐵橋是日據時代興建，有二十四座橋墩，二十四節鋼桁架構成，據說是當時東南亞最長的鐵路橋樑。由於高屏溪砂石長期被盜採，導至河床下降，鐵橋橋墩基座裸露，政府在民國七十二年起建造新鐵路橋，七十六年完成通車後，舊鐵橋走入歷史，後來內政部核定高屏舊鐵橋爲國定二級古蹟。

高屏溪河床早期多爲農民承租做爲農耕使用。

(2) 什麼是溼地、人工溼地？

濕地是指沼澤、沼泥地、泥煤地或水域等地區，無論是天然或人爲、永久或暫時、死水或活水、淡水或海水，或二者混合之半淡鹹水，其水深在低潮時不超過 6 公尺者稱爲溼地。「人工濕地」，是指由人類所營造出來的濕地環境。

(3) 舊鐵橋爲什麼要建造人工濕地？

隨著工業、農漁業發展與人口增加，高屏溪污染日益嚴重，有違法魚塢、地層下陷，河水鹽化、山坡地濫墾濫伐、垃圾污染、畜牧污染、砂石濫採、重金屬.....等污染。爲了整治高屏溪，高雄縣政府推動「高屏溪生態文化園區」規劃舊鐵橋人工濕地的開發。目前，高屏溪舊鐵橋人工溼地是全國最大的人工溼地。共分A及B區，A1 及B1、B2、B3 池的功能爲沉砂及曝氣，水池較小而深；A2~A5、B4~B6 池以淨水爲主要功能，因此以淺水草澤作爲濕地設計的主要型

態。A6 及B7 池以生態復育為主要功能，因此以浮葉植物為主之深水池塘作為濕地設計的型態。

(4) 人工濕地有什麼功能？

人工濕地主要有調節水患、淨化水質、涵養地下水、保護海岸線、提供各種生物棲息地、調節微氣候等功能。舊鐵橋溼地分成好幾區除了達到層層過濾淨化的功能外，在 B1~B3 池附近種植樹木，提供遊客遊憩休息，B5~B7 也就是後半段淨化池，為了提供候鳥類棲息，沒有種植樹木以免引來大型鳥類棲息而破壞候鳥生態。

(5) 人工濕地淨水原理是什麼？

高屏溪右岸舊鐵橋人工濕地主要是模仿天然濕地水文環境狀態的一種人造濕地，底部有土壤或其他物質提供植物附著生長，於濕地環境中種植各類型水生植物(如：挺水植物、沉水植物、浮葉植物、漂浮植物等)，藉由引水進入濕地流經土壤內，與植物根系接觸以達到淨化效果。除可淨化水質之外，更可提供生物棲息地與景觀美化的功能存在。

(6) 舊鐵橋的污染源來自哪裡？

主要來自大樹鄉竹寮社區的污水及永豐餘紙廠的廢水。竹寮溪溝為大樹鄉竹寮村主要排水，來自上游家庭、農牧、工廠之廢水。

(7) 水生植物會吸附所有的汙染嗎？

某些水生植物對於離子的吸附能力很強如空心菜、杏菜，但離子濃度高，植物也會長不好，所以濕地設計將永豐餘紙廠的廢水引進一半流入竹寮溪污水中，稀釋污水濃度，再進行淨化。

(8) 溼地間水池與水池是如何流動的?利用什麼來控制水的流量?

由河床上游地勢高往下游地勢低流動，不需靠人工動力。水池間利用堰板控制水的流量。從 B1 流至 B7 大約需 7 天。由於竹寮溪污水為重度污染而永豐餘廢水量為竹寮溪的十倍大，故設計永豐餘廢水一分為二，一半流入 A 區淨化池淨化；另一半先與竹寮溪會合，稀釋竹寮溪污水濃度後流入 B 區淨化。

(9) 人工濕地的水最後會流到哪裡?

人工濕地的水最後會流到曹公圳，再流往鳳山以利農田灌溉。

(10) 自來水取水道是不是取自溼地水池的水?

人工濕地尚未設立之前，上游家庭、農牧、工廠之廢水直接排入自來水公司取水道，污染澄清湖水源。設立人工濕地後，自來水公司取水道也改以埋設

自來水管，取自更上游的水或鑽深井，不是取自溼地淨化的水。

(11) 當地居民對舊鐵橋人工溼地有何觀感？

本校兩位住在當地的老師常常到舊鐵橋運動，最喜歡舊鐵橋清新的空氣與寬闊的綠地，遠處還可見到大武山，有山有水還有古蹟，傍晚還能在露天咖啡廣場喝喝咖啡、談天，欣賞舊鐵橋之美。除此之外，舊鐵橋還有豐富的生態，其中過境候鳥有 1000 多種，還有很多植物、昆蟲等等。老師希望大家能珍惜家鄉珍貴的資源，到那遊玩時不要破壞舊鐵橋的生態，如不要隨便放生、捕捉生物，最重要的是不要亂丟垃圾。希望大家能好好愛惜這大樹鄉的資產。

(12) 訪問解說員及老師活動照片



(二)實地勘查與採樣

1. 製作探勘計畫（內容包括：探勘人員、協助人員、探勘目的、探勘時間、探勘地點、探勘物品…等）。
2. 製作採樣計畫（內容包括：採樣人員、協助人員、採樣目的、採樣時間、採樣地點、採樣路徑地圖、採樣物品……等）。
3. 完成探勘記錄單。
4. 完成採樣記錄單。

探 勘 記 錄 單 一
一、探勘人員：林○○、彭○○、林○○、黃○○、楊○○
二、協助人員：曾○○老師、邱○○老師
三、探勘目的：爲了探勘高屏溪舊鐵橋人工溼地的地理環境及取樣地點

- 四、探勘時間：民國九十六年四月十一日（星期三）下午1：00出發。
- 五、探勘地點：高屏溪舊鐵橋人工溼地。
- 六、探勘物品：數位相機、電池、紙（探勘記錄單）、筆…等。
- 七、探勘項目：污水源頭、A區與B區的淨化池。
- 八、探勘結果：
- （一）我們可以利用臭味、酸鹼、導電、濁度、細菌培養等方法來檢驗水質是否達到淨化功能。
 - （二）A區淨化池正進行施工，永豐餘廢水道堵住，只能取B區的水研究
 - （三）A6水池→曹公圳攔河堰這一段水路未流通，可能是旱季關係，故無法取得A6樣品。

九、實地探勘活動照片：



B1淨水池



曹公圳



曹公圳整治工程



施工中的曹公圳



淨化池中的沙洲



A6淨化池



水中植物



遊客釣魚



遊客釣魚



水池間相連的水道



美麗的舊鐵橋

探 勘 記 錄 單 二

- 一、探勘人員：林○○、彭○○、林○○、黃○○、楊○○
- 二、協助人員：曾○○老師、陳○○解說員
- 三、探勘目的：探勘高屏溪舊鐵橋人工溼地的地質與生態環境。
- 四、探勘時間：民國九十六年四月二十五日（星期三）下午2：00出發。
- 五、探勘地點：高屏溪舊鐵橋人工溼地、大樹鄉農田。
- 六、探勘物品：數位相機、電池、紙（探勘記錄單）、筆…等。
- 七、探勘項目：污水源頭、B區的淨化池、淨化池堰板、地下水測量管
永豐餘排水道施工情形。
- 八、探勘結果：

- (一) 永豐餘廢水有一半與竹寮溪匯合流入B區水池。
- (二) 淨化池間利用堰板來控制水流量。
- (三) B2長滿荷花及空心菜，池邊發現有福壽螺卵塊。
- (四) 可利用地下水測量管進行地下水的測量。
- (五) 永豐餘排水道還未完工，A區水池依舊無法取樣。

實地探勘活動照片：

 <p>觀察水池生態</p>	 <p>測量地下水水位</p>
	 <p>放大鏡下小世界</p>
 <p>鬼針草—種子倒刺</p>	 <p>心形圖案種子</p>



觀察溼地生態



解說溼地生態



竹寮溪污水



竹寮溪污水



永豐餘廢水分爲二



永豐餘廢水匯入竹寮溪



解說板



B4 池中小島



5. 完成採樣記錄單。

採 樣 記 錄 單												
一、採樣人員：林○○、彭○○、林○○、黃○○、楊○○												
二、協助人員：曾○○老師、邱○○老師												
三、採樣目的：採B區淨化池的水，藉臭味、酸鹼性、濁度、導電度、細菌培養等水質檢測法檢驗人工濕地的水質是否改變。												
四、採樣時間 日期：民國九十六年四月十一日（星期三）												
地點	永豐餘廢水	竹寮溪污水	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	A6	A1~A5	竹寮山農業用水
項目												
採樣人員	林○○	林○○	黃○○	林○○	楊○○	彭○○	彭○○	楊○○	彭○○			林○○

時間	2:00	2:30	2:45	2:55	3:10	3:25	3:30	3:45	3:55			4:30
保存方法	常溫罐裝	常溫罐裝	常溫罐裝	常溫罐裝	常溫罐裝	常溫罐裝	常溫罐裝	常溫罐裝	常溫罐裝			常溫罐裝
備註	流入A1池水道施工中	很多垃圾有臭味	池邊長滿空心菜	湖面長滿荷花有福壽螺	發現福壽螺	看見許多水鳥在池邊休息		有人在釣魚，有候鳥棲息	有人在釣魚，有候鳥棲息	A6水池乾涸無法取樣	排入水道區施淨工化暫池時，堵無法取樣。	竹寮山下農地灌溉用水大多是使

五、準備物品：

自製取水器、照相機、採樣記錄單、筆、電池、乾淨取樣瓶數個、繩子、手套、塑膠袋、標籤紙…等。

六、採樣地點：B區B1~B7淨化池、大樹鄉農田

採樣活動照片：



取水採樣



取水採樣

取水採樣



取水採樣



採樣地點水池與水池相接處



永豐餘排水施工—A1水道阻塞



荷花



乾涸的A6池



合照留影



釣客

(四) 實驗室水質檢測

1. 臭度檢測法：

- (1) 實驗地點：教室。
- (2) 實驗人員：五年級某班學生共15人。
- (3) 記錄人員：黃○○
- (4) 準備無臭罐子10瓶。
- (5) 每瓶加入樣本水100cc。
- (6) 進行簡易初嗅步驟，請每人選出三瓶最臭的水並完成記錄表。
- (7) 實驗照片



2. 細菌培養—培養基的製備

- (1) 以 75%酒精將鍋子、雙手及周圍環境進行消毒。
- (2) 取 RO 逆滲透水 1200ml 混合 Agar 18g、BL 24g 攪拌均勻之後，分別裝入三個錐形瓶中〈每個裝約 400cc〉用雙層鋁箔紙包裝瓶口後，利用電磁爐隔水加熱，沸騰後繼續煮 20 分鐘熄火，靜置等溫度降至 75 度左右備用。
- (3) 雙手戴上隔熱手套，將冷卻到 75 度的錐形瓶取出，瓶口用酒精燈加熱消毒。將鋁箔紙打開，小心不要碰觸瓶口，取出無菌培養皿，將煮好的培養基倒入培養皿內約七分滿，蓋上蓋子，輕輕搖晃後，放入消毒過的防潮箱中。
- (4) 隔天小心的打開防潮箱(雙手及四週環境要先消毒),取出培養皿備用。
- (5) 實驗照片



隔水加熱，高溫滅菌



沸騰後繼續煮 20 分鐘



雙手器具及四周環境以酒精消毒



待溫度降至 75 度時取出



加熱滅菌



倒入約底部七分滿



做好的固態培養基

3. 細菌的培養

- (1) 將塑膠管裁切為大約是培養皿的半徑長度。
- (2) 將鐵絲繞過塑膠管的中空部份，並於末端繞成手把的形狀，以作為水質塗抹在培養基上的工具。
- (3) 將各池樣品用 RO 逆滲透水稀釋 1 倍、1000 倍、10000 倍備用。
- (4) 利用 75% 的酒精將實驗桌、器具及四週噴灑一遍，雙手洗淨並用酒精消毒
- (5) 將做好的固態培養基從防潮箱取出，放置桌上。
- (6) 以滴管吸取已經稀釋過的樣品，每次滴 1 滴於培養基上，並利用所製作的塗抹器，將其均勻塗抹在培養基上。
- (7) 另取未塗抹及 RO 逆滲透水塗抹過的培養基作為對照組。
- (8) 將塗過培養基，倒放在防潮箱內，放入消毒過的櫃子中。
- (9) 隔天早上(約培養 20 小時)打開觀察。
- (10) 利用透明方格紙(邊長約 1 公分)紀錄各培養皿菌落面積。
- (11) 實驗照片



器具高溫殺菌



稀釋樣本濃度(1、1000 倍、10000 倍)



滴入一滴樣本(約 0.05cc)進行培養



塗抹均勻



畫上標籤



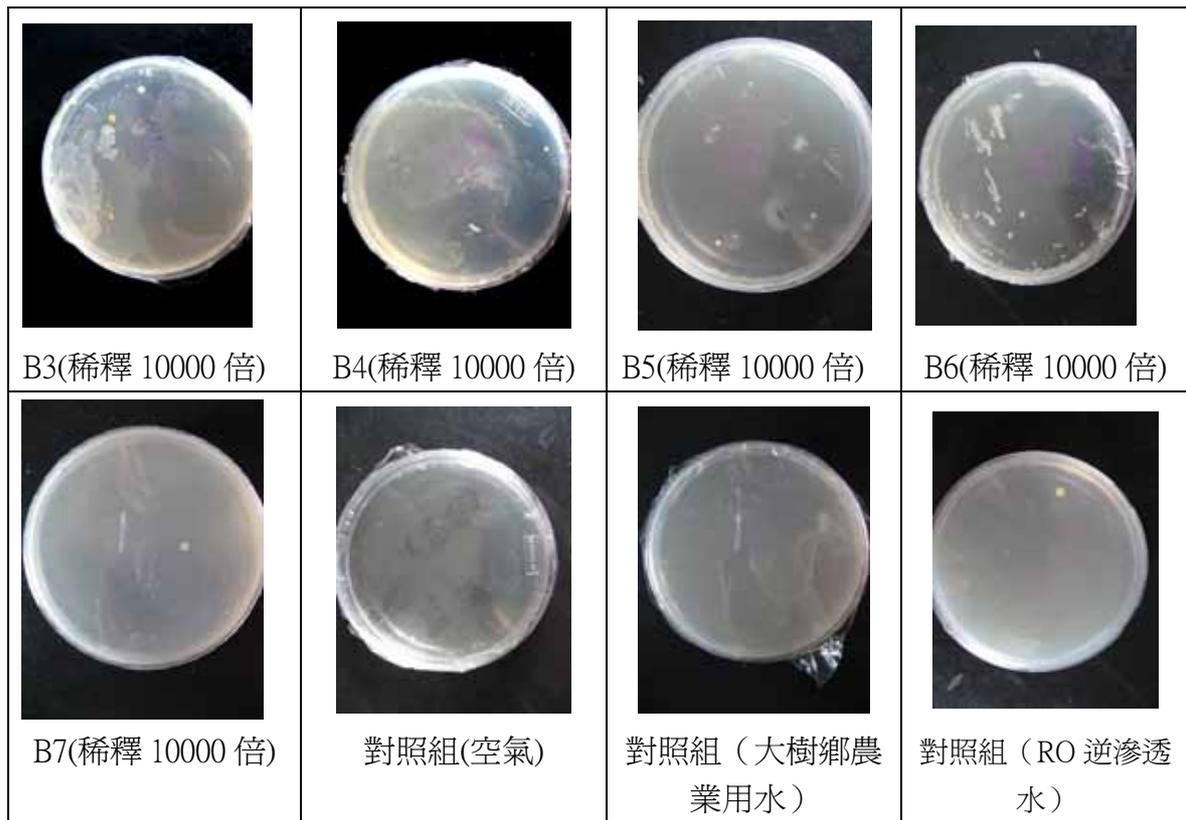
放入密封之防潮箱



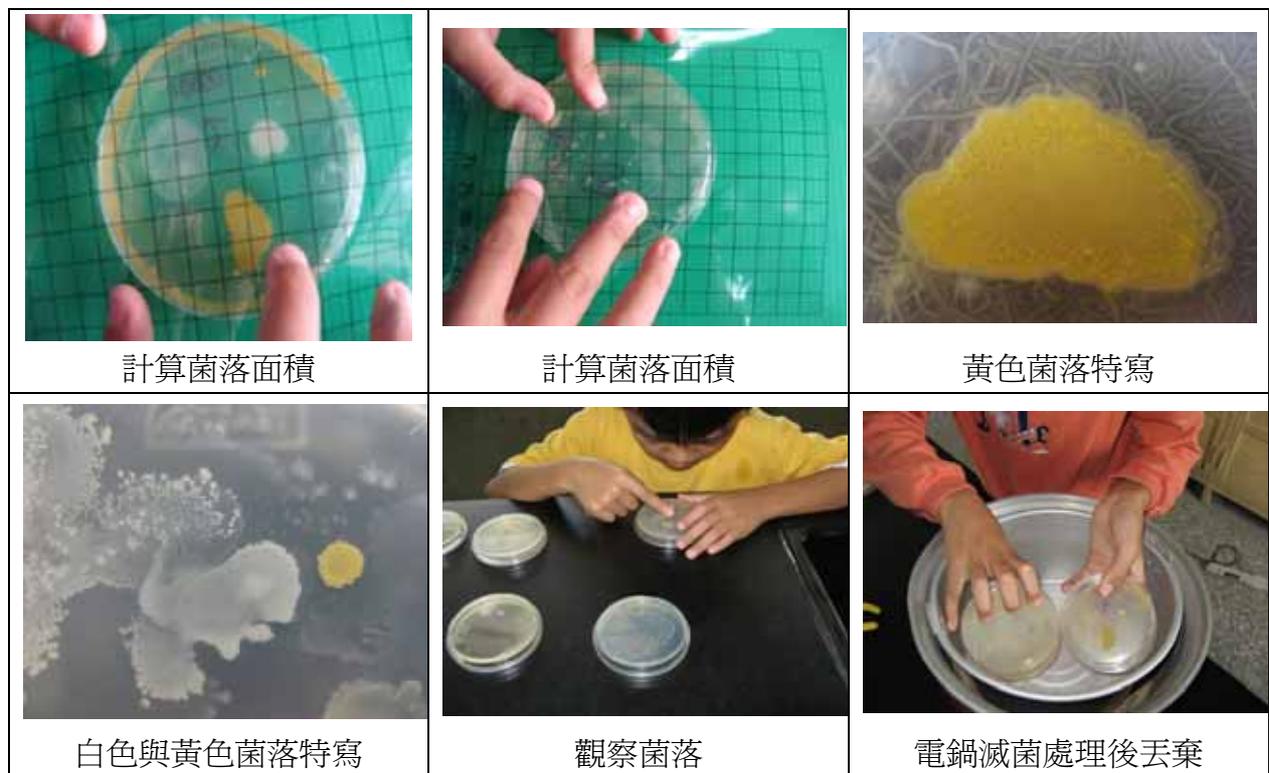
櫃子四周消毒

細菌培養結果：

			
竹寮溪污水(未稀釋)	永豐餘污水(未稀釋)	B4(未稀釋)	B5(未稀釋)
			
B6(未稀釋)	B7(未稀釋)	B1(稀釋 1000 倍)	B7(稀釋 1000 倍)
			
B3(稀釋 1000 倍)	B6(稀釋 1000 倍)	竹寮溪(稀釋 1000 倍)	B3(稀釋 1000 倍)
			
竹寮溪污水(稀釋 10000 倍)	永豐餘廢水(稀釋 10000 倍)	B1(稀釋 10000 倍)	B2(稀釋 10000 倍)



菌落計算



4. 酸鹼實驗－製備紫色高麗菜汁

(1) 將紫色高麗菜切碎後放入裝有 RO 逆滲透水的鍋子中悶煮，持續煮一段時間。讓紫色

高麗菜色素溶出並讓溫度降至室溫

(2) 取出紫色高麗菜殘渣，將汁液裝入備妥的空瓶內，放置冰箱以防止腐敗。

(3) 實驗照片



紫色高麗菜切碎

取出紫色高麗菜殘渣

裝瓶備用

5. 自製酸鹼檢測指標—紫色高麗菜汁在不同酸鹼值下的顏色

(1) 將檸檬酸粉、小蘇打粉放入裝有 RO 逆滲透水 (200ml) 的錐形瓶中，直到檸檬酸粉、小蘇打粉無法再溶解為止，即可得到飽和的檸檬酸水溶液、小蘇打水溶液。

(2) 取 12 支試管，各裝入 3ml 飽和小蘇打水溶液並依序編號。

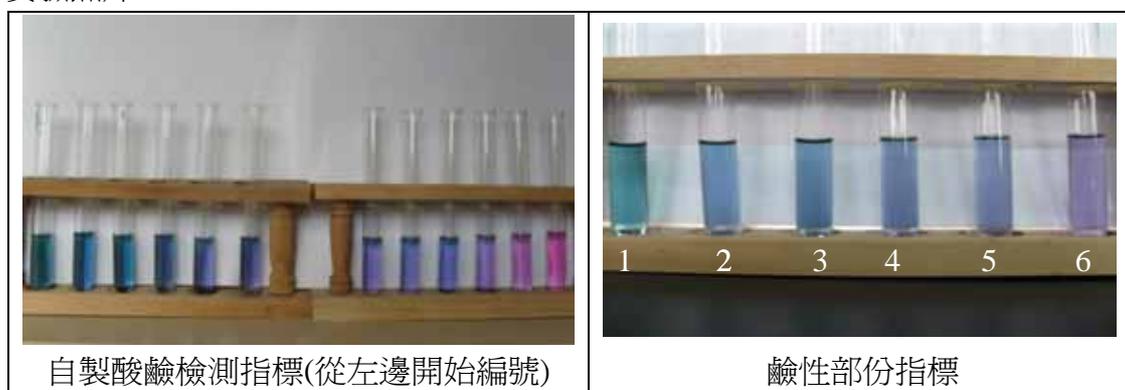
(3) 第 1 支試管維持飽和小蘇打水溶液，第二支試管開始利用滴管依序滴入 5、10、15、20、25、30……滴飽和檸檬酸水溶液。

(4) 輕輕搖晃試管使之均勻混合，各管依序加入 1ml 紫色高麗菜汁。

(5) 再次輕輕搖晃試管使溶液與紫色高麗菜汁均勻混合。

(6) 記錄各試管的顯色結果，作為紫色高麗菜汁在不同酸鹼值下的標準顯色。

(7) 實驗照片



自製酸鹼檢測指標(從左邊開始編號)

鹼性部份指標

6. 酸鹼實驗——人工溼地各池水質之檢測

(1) 用量杯將人工溼地各池取樣廢水取 15ml 置入各試管中。

(2) 在各試管中加入 5ml 紫色高麗菜汁，輕輕搖晃試管使之均勻混合。

(3) 記錄下混合好的溶液的顯色結果。

(4) 另外，亦將混合好的溶液與之前作好的紫色高麗菜汁標準顯色試管互相比對。記錄下比對結果。

(5) 利用石蕊試紙檢測各樣本顏色變化。

(6) 實驗照片



取出人工濕地各池水



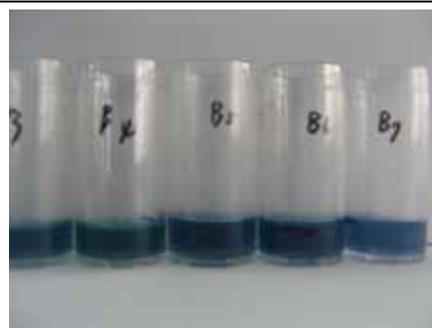
紫色高麗菜汁



各樣本與自製酸鹼檢測指標進行比對

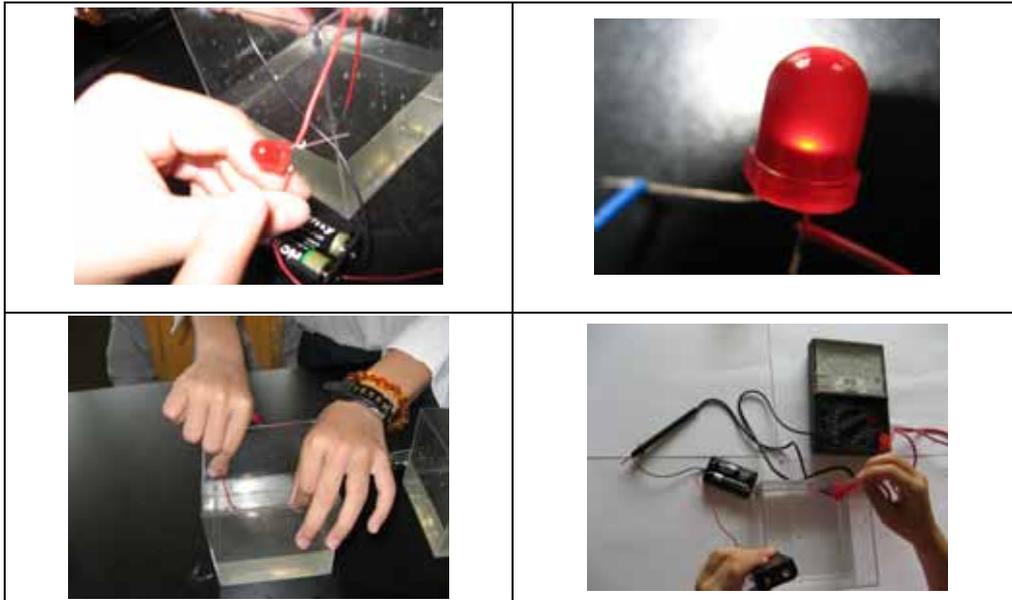


記錄



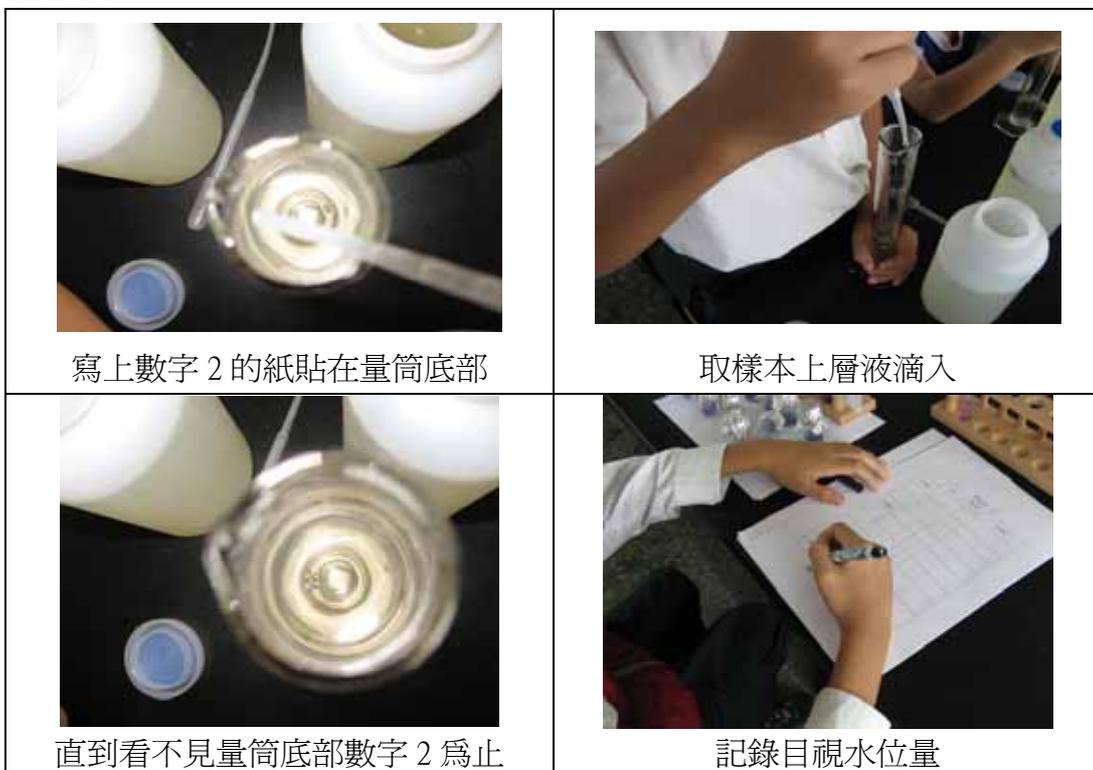
7. 導電度

- (1) 將發光二極體、電池座與電線以串聯組裝好。
- (2) 取 100ml 的人工溼地各池取樣水於燒杯中。
- (3) 接在正負極的電線放入水中，注意水中的電線不可相連接。
- (4) 觀察發光二極體的發光程度，紀錄結果。
- (5) 將上述裝置的發光二極體改成三用電錶，測各樣本電流量，紀錄結果。
- (6) 實驗照片。



8. 濁度

- (1) 取一張白紙，利用鉛筆輕輕劃出數字 2。
- (2) 利用透明膠帶將白紙貼在量筒底部。
- (3) 各池池水靜置 24 小時後,取上層液以滴管慢慢滴入量筒內直到看不見底部數字為止。
- (4) 記錄各池量筒水位高低。
- (5) 最後取出各樣品上層液 50c 送至某研究單位測量準確的濁度數值，再與我們的結果做比較。
- (6) 實驗照片



9. 小小解說家:

- (1) 利用珍珠板、竹籤、陶土、等製作製作「舊鐵橋人工濕地模型」。

(2) 利用「舊鐵橋人工濕地模型」進行舊鐵橋人工濕地淨化池相關資料的解說。

(3) 活動照片



伍、研究結果

一、 臭度檢測法：

臭度檢測記錄表

取樣地點 檢測員	永豐餘廢水	竹寮溪污水	人工溼地水池 B1	人工溼地水池 B2	人工溼地水池 B3	人工溼地水池 B4	人工溼地水池 B5	人工溼地水池 B6	人工溼地水池 B7	大樹鄉農業用水
1	✓	✓		✓						
2		✓	✓	✓						
3	✓	✓	✓							
4	✓	✓		✓						
5		✓		✓	✓					
6	✓	✓		✓						
7	✓	✓	✓							
8	✓	✓	✓							
9	✓	✓		✓						
10		✓	✓	✓						
11	✓	✓		✓						
12			✓	✓	✓					
13	✓	✓			✓					
14	✓	✓	✓							
15	✓	✓		✓						
次數合計	11	14	7	10	3	0	0	0	0	0

*：各檢測員對各池水質臭味選出 3 瓶最臭的打✓

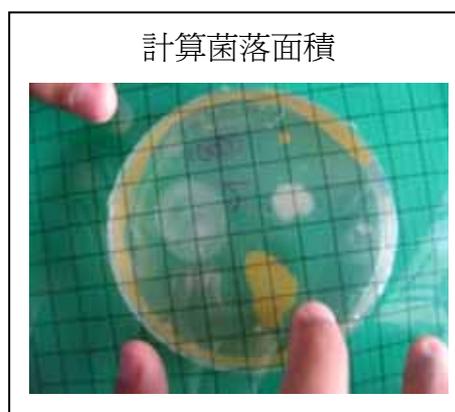
二、 細菌的培養

菌落面積紀錄表

取樣地點	稀釋倍數 菌落面積 (cm ²)	1 倍	1000 倍	10000 倍(彭、楊)					
				白色菌落			黃色菌落		
				彭	楊	平均	彭	楊	平均
永豐餘廢水	64	64	64	51	49	50	0	0	0
竹寮溪污水	64	64	64	56	56	56	6	6	6
人工溼地水池 B1	64	64	64	44	46	45	5	5	5
人工溼地水池 B2	64	64	64	50	50	50	4	4	4
人工溼地水池 B3	64	64	64	44	42	43	1	1	1
人工溼地水池 B4	64	64	64	33	35	34	0	0	0
人工溼地水池 B5	64	64	64	6	6	6	0	0	0
人工溼地水池 B6	64	64	64	4	4	4	0	0	0
人工溼地水池 B7	64	64	64	5	5	5	0	0	0
大樹鄉農業用水	64	64	64	5	4	4.5	0	0	0
對照組－空氣	0	0	0	0	0	0	0	0	0
對照組－RO 逆滲 透水	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
對照組－未塗抹	0	0	0	0	0	0	0	0	0

註:

1. 實驗採用直徑 9cm 的培養皿，總面積大約為 64cm²
2. 透明格紙上每格代表一平方公分

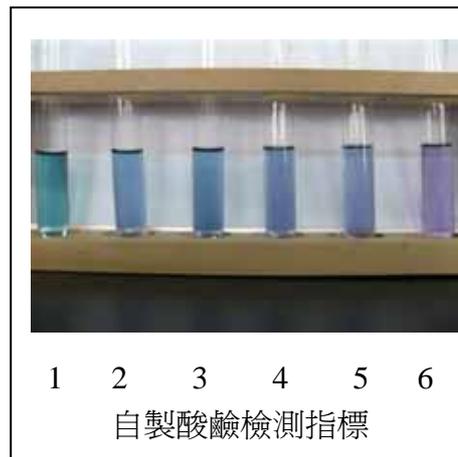


三、 酸鹼實驗

酸鹼顏色紀錄表

取樣地點	對照自製 酸鹼檢測 劑顏色	石蕊試紙顏色 變化	
		紅	藍
永豐餘廢水	4	變藍色	不變色
竹寮溪污水	4	變藍色	不變色
人工溼地水池 B1	3	變藍色	不變色
人工溼地水池 B2	3	變藍色	不變色
人工溼地水池 B3	4	變藍色	不變色
人工溼地水池 B4	4	變藍色	不變色
人工溼地水池 B5	4	變藍色	不變色
人工溼地水池 B6	3	變藍色	不變色
人工溼地水池 B7	4	變藍色	不變色
大樹鄉農地用水	9	不變色	不變色

*：數字為對照自製酸鹼檢測計顏色的編號



自製酸鹼檢測指標

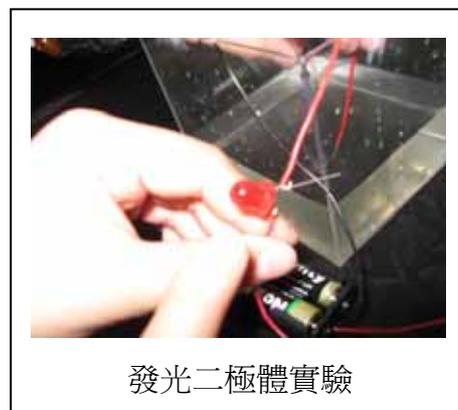


石蕊試紙實驗

四、 導電度

導電度記錄(將亮度分為三級—亮、微亮、不亮)

取樣地點	發光二極體 發光程度	三用電錶電 流量值(mA)
永豐餘廢水	亮	2.00
竹寮溪污水	亮	2.15
人工溼地水池 B1	亮	2.10
人工溼地水池 B2	亮	1.80
人工溼地水池 B3	微亮	1.20
人工溼地水池 B4	微亮	1.25
人工溼地水池 B5	微亮	1.30
人工溼地水池 B6	微亮	1.25
人工溼地水池 B7	微亮	1.25
大樹鄉農地用水	微亮	1.30



發光二極體實驗



三用電錶實驗

五、 濁度

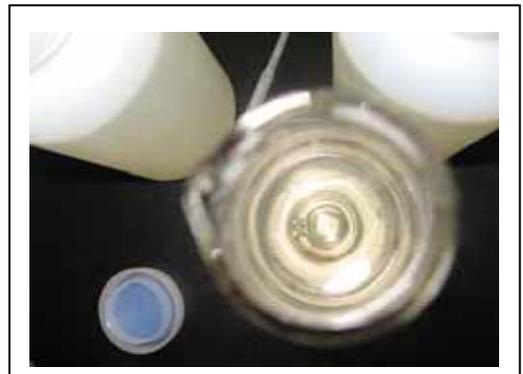
濁度記錄表

取樣地點	量筒水量 林 (c.c)	量筒水量 彭 (c.c)	量筒水量 平均(c.c)	實驗室準確濁 度值 (NTU)
永豐餘廢水	30	30	30	60
竹寮溪污水	23	27	25	66
人工溼地水池 B1	38	43	41	42
人工溼地水池 B2	32	34	33	50
人工溼地水池 B3	57	62	59	15
人工溼地水池 B4	64	64	64	10
人工溼地水池 B5	76	74	75	9
人工溼地水池 B6	92	88	90	7
人工溼地水池 B7	86	86	86	8
大樹鄉農地用水	90	88	89	7

* : 代表量筒底部數字無法目視的水量。

依記錄中相關數據完成線條圖：

- (1)圖一：臭味反應檢測表數據長條圖。
- (2)圖二：菌落數檢測表數據長條圖。
- (3)圖三：酸鹼值檢測表數據長條圖。
- (4)圖四：導電檢測表數據長條圖。
- (5)圖五：濁度檢測表數據長條圖。
- (6)圖六：實驗室濁度檢測表數據長條圖

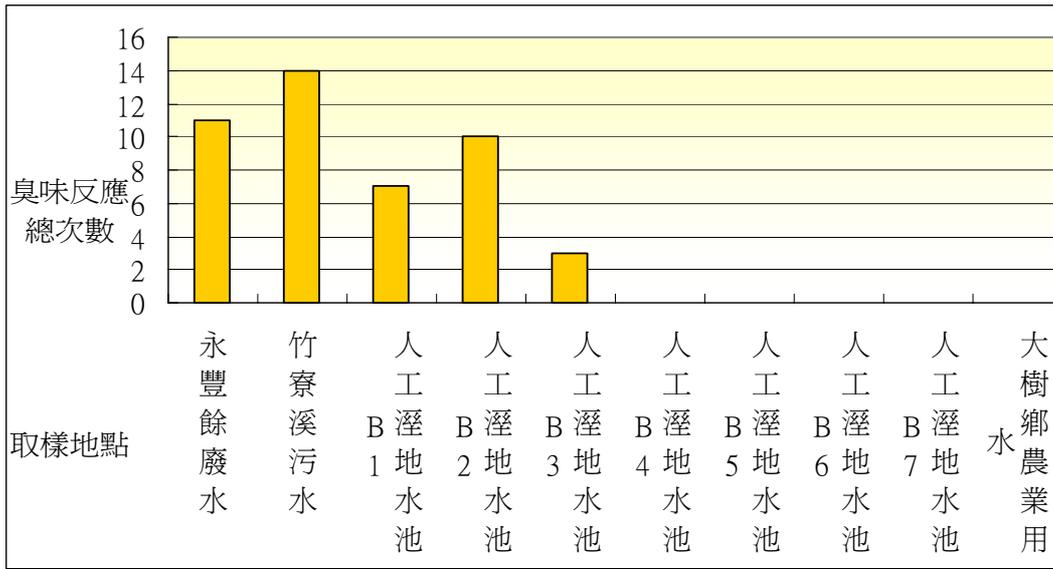


實驗結果分析：

(一)臭度檢測：

我們發現：

1. 多數同學認為永豐餘廢水、竹寮溪污水、B1、B2這四處的水臭，最多人認為竹寮溪最臭；B4、B5、B6、B7、大樹鄉農業用水等池水最不臭。
2. B2水比B1水臭

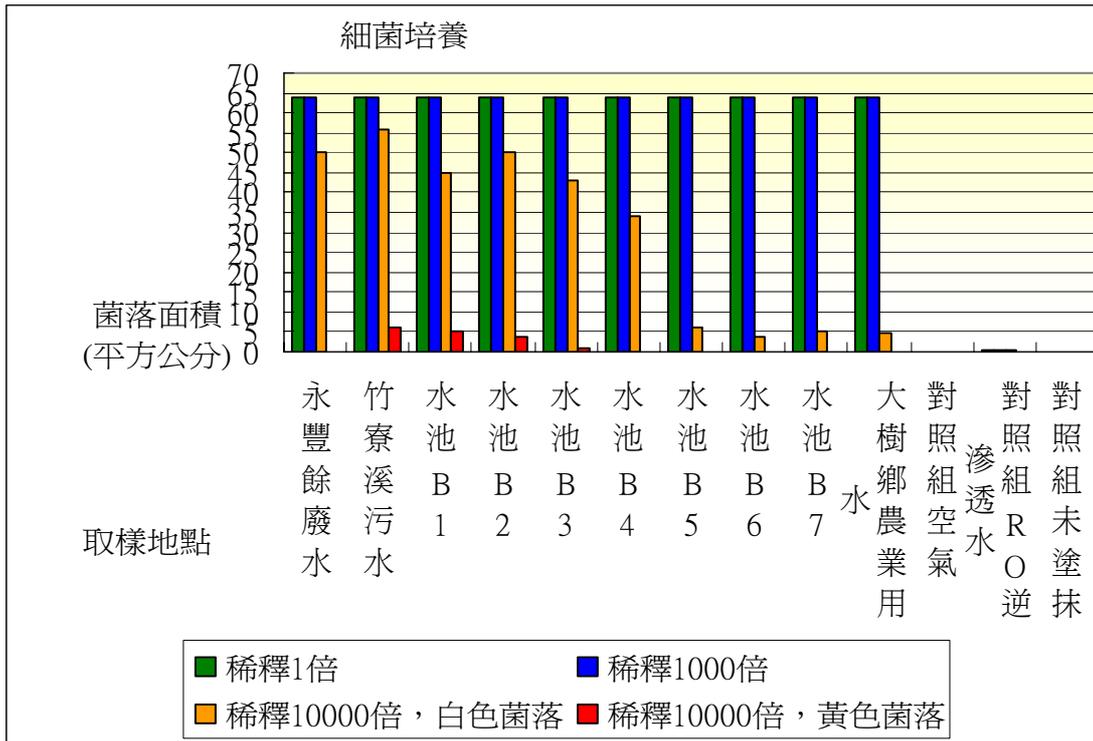


圖一：臭味反應檢測表數據長條圖

(二)細菌培養：

我們發現：

1. 未稀釋及稀釋1000倍的各樣本之培養基均長滿了菌，無法做比較。
2. 稀釋至10000倍時，各樣本的菌落面積從竹寮溪污水→永豐餘廢水→B2→B1→B3→B4→B5→B6→B7逐漸減少。顯示B區淨水池的細菌淨化效果極顯著。
3. B7與大樹鄉農地用水的菌落面積差不多，顯示淨化持最後排出的農業用水與其他地區農業用地下水細菌量相差不多。
4. 竹寮溪污水的菌落數面積比永豐餘廢水多，顯示竹寮溪污染較嚴重，是人工濕地主要淨化的對象。
5. 竹寮溪污水、B1、B2、B3長了白色菌落與黃色菌落，其餘永豐餘廢水、B4、B5、B6、B7只長白色菌落。
6. B2菌落面積比B1菌落面積大。
7. RO逆滲透水對照組的菌落面積約0.5平方公分。可知RO逆滲透水或實驗器材並非是完全無菌，可能使實驗產生誤差，但菌落面積約0.5平方公分應不至於影響結果。
8. 空氣對照組與未塗抹的培養基均未長菌。顯示培養基的細菌來源大多是從是樣本污水而來，極少部分來自RO逆滲透水。

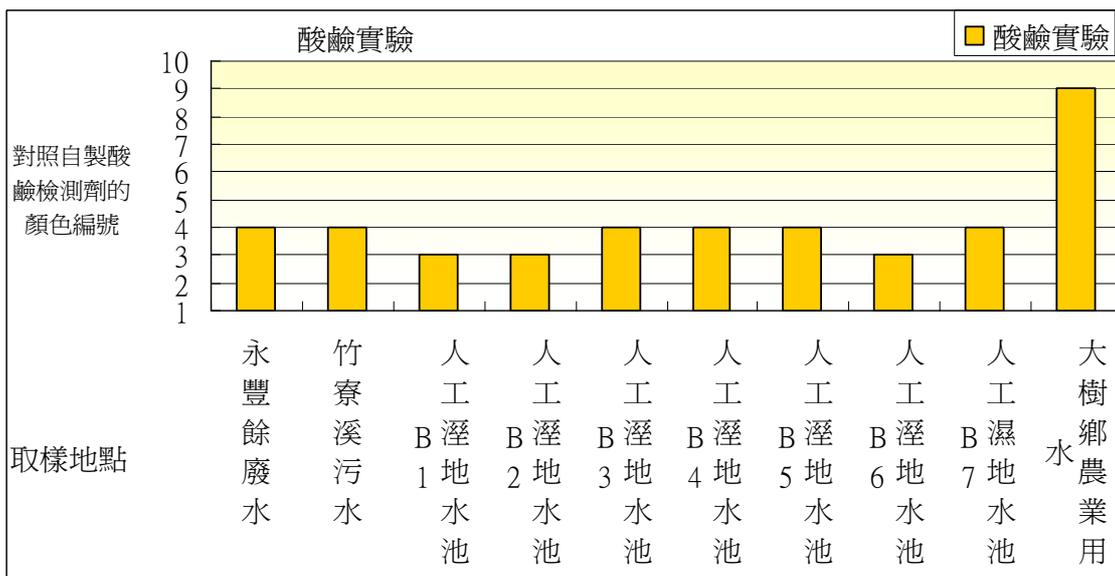


圖二：菌落數檢測表數據長條圖

(三) 酸鹼值檢測：

我們發現：

1. 各池的水，滴入紫色高麗菜後呈現偏藍的顏色，紅色石蕊試紙皆變藍色，應略呈鹼性，且各池與自製酸鹼顯色劑比色，顏色在3與4間，表示各水池酸鹼性變化不大。
2. 大樹鄉農田灌溉用地下水與自製酸鹼顯色劑比色，顏色在9，紅藍石蕊試紙皆不變色。

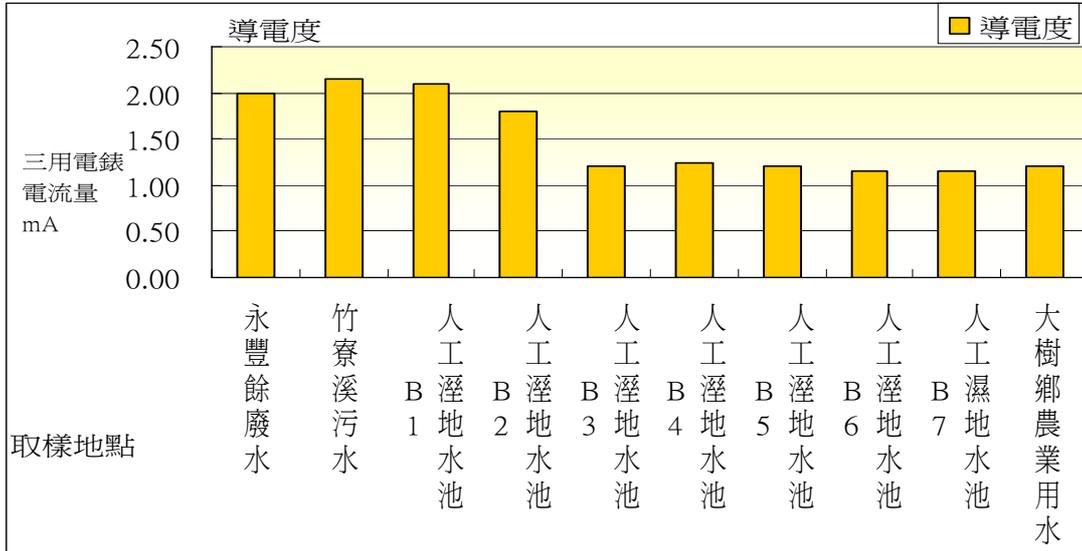


圖三：酸鹼值檢測表數據長條圖

(四)導電度檢測:

我們發現:

永豐餘廢水、竹寮溪污水、B1、B2 這四池的發光二極體呈現亮的,三用電錶電流量接近 2mA 表示水中含有較多的導電離子；B3、B4、B5、B6、B7 的發光二極體呈現微亮，三用電錶電流量接近 1mA，表示水中含有較少的導電離子。

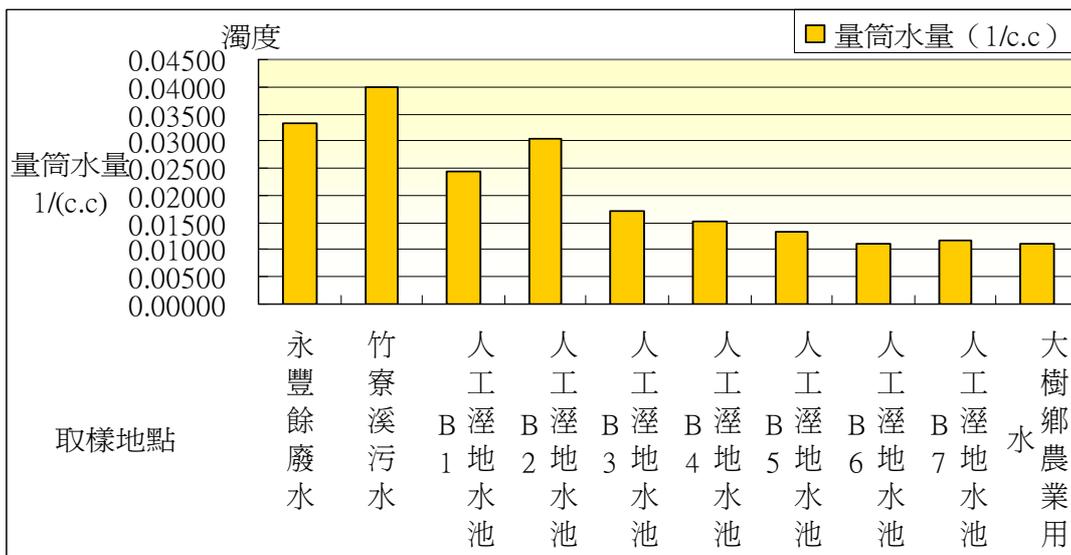


圖四：導電檢測表數據長條圖

(五)濁度:

我們發現:

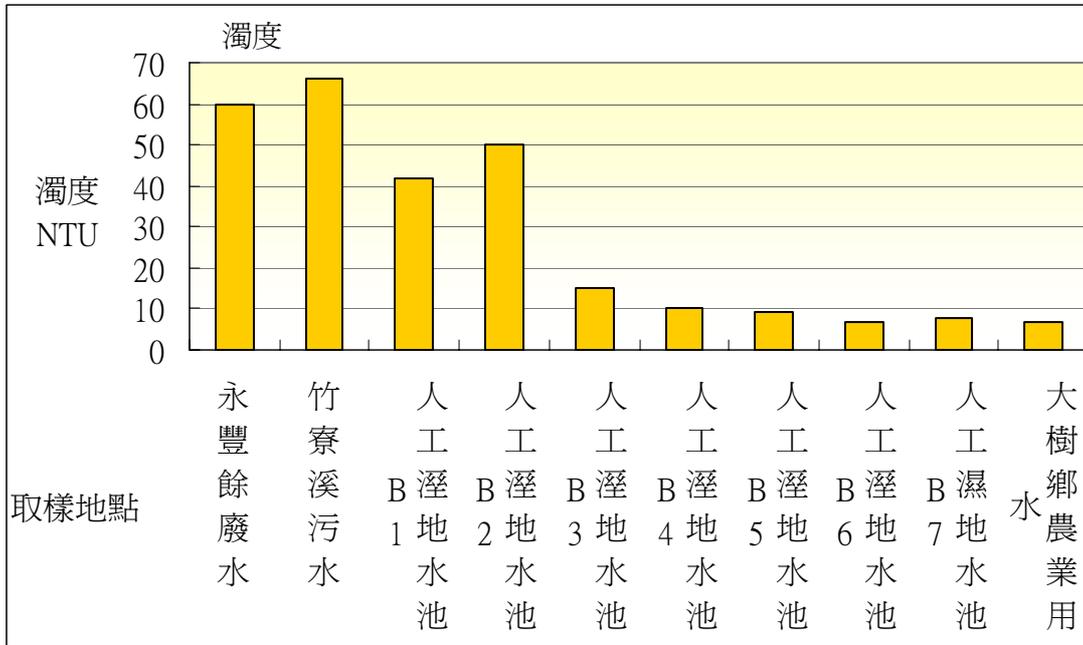
1. 竹寮溪污水→永豐餘廢水→B2→B1→ B3→B4→B5→B6→B7 的濁度檢測量筒水位高度逐漸增加，表示越後面的池水其水中懸浮粒子越來越少，使得水越澄清，量筒水位增高。
2. 以 (1/cc) 為單位，得到下列圖表，數值越大代表愈混濁，目視水位越低。



圖五：濁度檢測表數據長條圖

3. 與自來水公司濁度檢測數值相比

我們發現自製濁度器的檢測長條圖與自來水公司濁度檢測數值所呈現出的長條圖變化相似。



圖六：實驗室濁度檢測表數據長條圖

陸、討論

- 一、人工濕地樣本的臭味、細菌、濁度、導電的實驗結果有明顯的變化，但酸鹼變化較不明顯。
- 二、B7 池水與對照指標「大樹鄉竹寮山農業灌溉用水」來比較，臭味、細菌、濁度、導電等實驗，兩者結果無明顯差異，但酸鹼實驗則有明顯差異。根據資料推測應是人工溼地處理的污水來自工廠與家庭廢水,這些廢水含有鹼性物質如清潔劑...等,所以略呈鹼性。
- 三、根據環保署公佈的「農業灌溉用水標準」農業用水之 PH 值應介於 9-4.5 間，查資料得知飽和小蘇打水溶液 PH 約為 8.3、飽和檸檬酸水溶液 PH 約為 4.5，因此人工溼地淨化後水質符合農業灌溉用水標準。
- 四、我們自製的濁度器與自來水公司濁度測量比較，兩者繪製出的長條圖分布情形相似，顯示我們的簡易濁度測量工具是有效的。
- 五、由樣本的臭味、細菌、濁度等實驗來看，竹寮溪的污水污染較永豐餘廢水嚴重，故濕地設計採用一部分永豐餘廢水流入竹寮溪污水中，稀釋竹寮溪污水濃度後再排入B1池中。
- 六、由導電性來看，B3、B4、B5、B6、B7 其發光二極體較不亮，三用電錶電流量也較前幾池少，可證明其導電度逐漸下降，我們推測水中導電離子應是被

水中植物如空心菜...等吸附，以至於導電度下降。水中導電離子可能包含重金屬離子，所以水生植物的重金屬含量遠比其他地區植物高，因此溼地解說員建議民眾勿採集溼地植物食用。

- 七、淨化池 B2 的臭味、菌落與濁度數值皆超過淨化池 B1 數值，顯示淨化池 B2 汙染比淨化池 B1 嚴重，經我們實地調查與請教解說員後，猜測可能原因是 B2 池中長滿的水中植物(幾乎蓋滿湖面)，有的水中植物已枯萎腐敗，再加上水流速度很緩慢，導致水質變差。
- 八、我們的實驗進行並非在很精密的儀器下及無菌環境中進行，雖然已盡量降低人為影響並控制環境整潔(細菌培養實驗上)，但實驗結果可能還是會有誤差。

柒、結論

- 一、由我們的實驗數據顯示，人工濕地對於污水的臭味、細菌、濁度、導電有不錯的淨化效果，與大樹鄉竹寮山農田灌溉用水相比，皆顯示人工溼地淨化後的水質符合一般農業灌溉用水標準。
- 二、竹寮溪污水入口常有汙染物卡在水道上，不僅惡臭衝天還易使水流阻塞，無法流入淨化池達到淨水功能，是唯一美中不足之處。希望相關單位能時常派人疏通水道。
- 三、高屏舊鐵橋人工溼地除了有淨化水質的功能外，其優美的環境豐富的生態更是值得讓人細心品嚐回味。我們經由這次的科展研究成果，透過小小解說員活動，跟同學分享了舊鐵橋溼地之美，得到了許多收穫。

捌、參考資料及其他

- 一、高屏溪右岸舊鐵橋人工溼地 高雄縣政府。
- 二、高屏溪舊鐵橋人工溼地生態之美 高雄縣政府。
- 三、自然生態淨水系統宣導手冊 高雄縣政府環保局。
- 四、水的故事 莊進源著。
- 五、陳先生(解說員)訪問資料、黃老師與蔡老師訪問資料。
- 六、高屏溪右岸 舊鐵橋人工溼地 高雄縣政府 民96年3月29日取自：
<http://www.wetland.org.tw/kpc/303.htm>
- 七、社團法人台灣溼地保護聯盟 民96年3月29日取自：
<http://www.wetland.org.tw/>
- 八、高雄市生態工法網 民96年4月5日取自：
<http://pwse.kcg.gov.tw/ecology/fair.htm>
- 九、行政院農業委員會水土保持局 民96年4月5日取自：
<http://rural.swcb.gov.tw/countryside/countryside-miaoli01.asp?town=48&area=76&cid=10>
- 十、中華民國行政院環保署網站 民96年6月10日取自：
<http://w3.epa.gov.tw/epalaw/index.aspx>

【評語】 081561 舊鐵橋之水—生生不息

- 1.研究主題關心鄉土環境議題實驗，觀察日誌完整。
- 2.表達能力佳，操作技術純熟。
- 3.作品應增加科學實驗方法適切性，作者群亦加強邏輯思考之能力。