

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科

080801

這是我們喝的水嗎？！

學校名稱：連江縣立東引國民小學

|        |       |
|--------|-------|
| 作者：    | 指導老師： |
| 小六 曾于真 | 葉香齡   |
| 小六 葉家勝 | 池玉林   |
| 小五 王俊霖 |       |

關鍵詞：生態工法、濁度

# 作品名稱：這是我們喝的水嗎？！

## 【摘要】

東引島面積僅 3.8 平方公里，東湧水庫的蓄水是我們賴以維生的珍貴資源，卻面臨水庫優養化與集水區內的民生廢水汙染問題。若能使用生態工法，重建集水區與溼地，便可利用植物特性改善集水區環境，達到改善水質的目標，提升當地軍民的飲用水品質。

挺水性與浮水性植物的密集根系，可吸收水中溶解的物質並攔截懸浮性物質。因此選取東引島上現有物種，水芋、細葉碎米薺、浮萍與布袋蓮，經由實驗結果得知，植物淨化水質的能力，挺水性以細葉碎米薺最好，浮水性以布袋蓮最佳。



## 壹、 研究動機

東引一國之北疆，是馬祖列島中最偏遠的小島。這裡四季雨量分配不均，水源儲存不易，地下水資源稀少，且無河川、湖泊，幸好軍方建設了一座水庫，利用山谷地形儲存水源，成為島上軍民生用水的主要來源。

校外教學時，我們看到東湧水庫的水呈現混濁的青綠色，走近一看，不僅發現許多不明物質漂浮在水上，經過攔砂壩，還聞到一股臭味！老師說：「你們相信以前水庫不是這樣嗎？老師小時候，水庫的水甚至能夠像海一樣藍！」但是，怎麼可能呢？

平常很少來水庫的我們，不太相信眼前的水庫會像不遠處的海水。

回到學校後，老師特地翻出了 92 年的馬祖鳥類圖鑑，指著上面的照片，大家圍過去，才相信老師說的話，水庫真的像海水一樣湛藍。可是，想到現在浮著怪東西的水庫，難道我們只能喝這樣的水嗎？沒有辦法恢復或是改善嗎？

於是經過一番討論，如何改善水庫的水質，不約而同成了我們科展研究的主軸。



## 貳、 研究目的

- 一、 調查水庫周邊環境及污染源。
- 二、 比較東湧水庫表水、自來水和台北、金門、澎湖等地的差異。
- 三、 分析不同植物降低總固體物之效能。
- 四、 分析不同植物降低濁度之效能。
- 五、 了解植物對水質的其他影響(pH 值)。
- 六、 以生態工法整治集水區之規劃設計圖，藉以改善水庫水質。

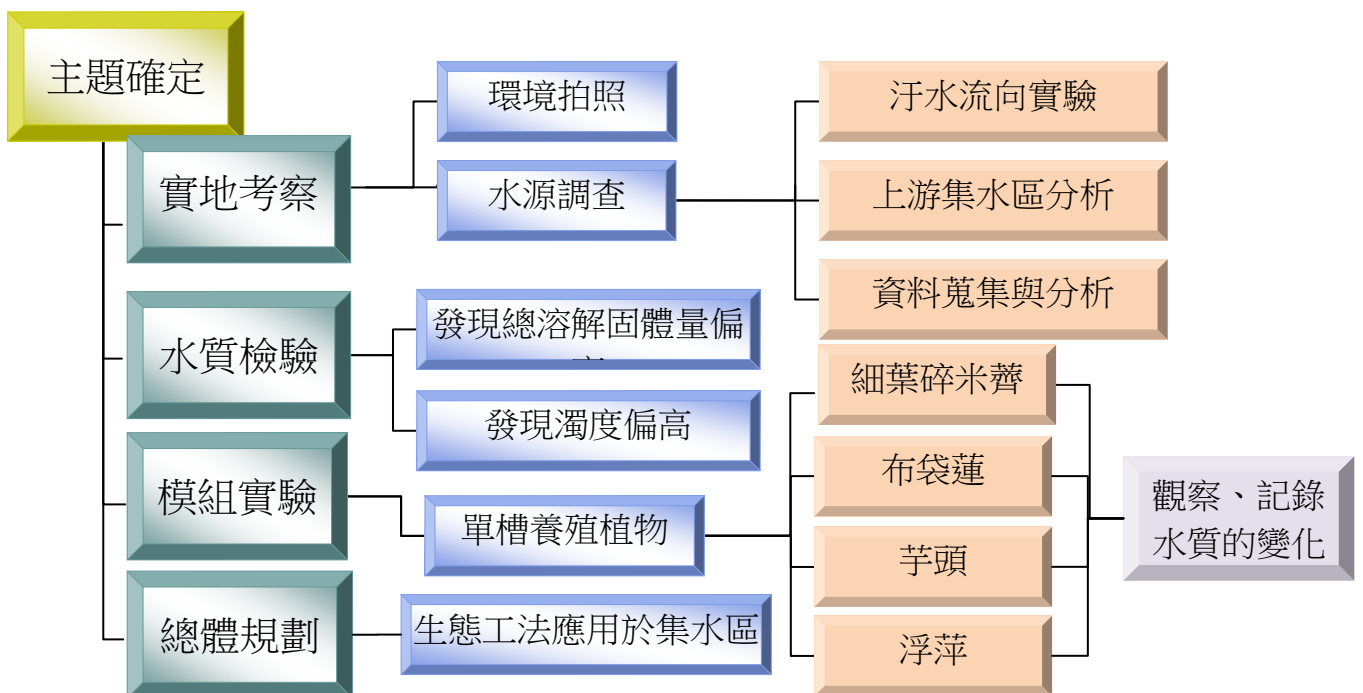




### 參、 研究設備及器材

| 濁度檢測儀   | 總溶解固體量檢測儀  | 餘氯檢測儀   | pH 檢測劑   |
|---|--|---|--|
|            |   |   |   |
| <p>▲濁度的來源包括黏粒、矽粒、細微有機物、浮游生物或微生物等，濁度高會影響水體外觀，進而影響沉水性植物的光合作用。濁度測定可由濁度計，利用光線入射水體時被散射的程度量測。</p> | <p>▲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。其濃度會影響飲用水之可口度。</p>           | <p>▲餘氯為水經加氯或氯化物作消毒處理後，仍存在之有效剩餘氯量，容許範圍是 0.2-1.0mg/L，過低無法抑菌，過高也有害。</p>                | <p>▲在需檢測的水樣品中投入藥劑，依據顏色變化，判定水的 pH 值。</p>  |
| 塑膠 pp 箱養殖槽<br>(36cm*22cm*15cm)  | 針筒、塑膠軟管  | 200 塑膠量杯  | 水桶、繩子、保鮮膜  |
|           |  |  |  |

### 肆、 研究方法及過程

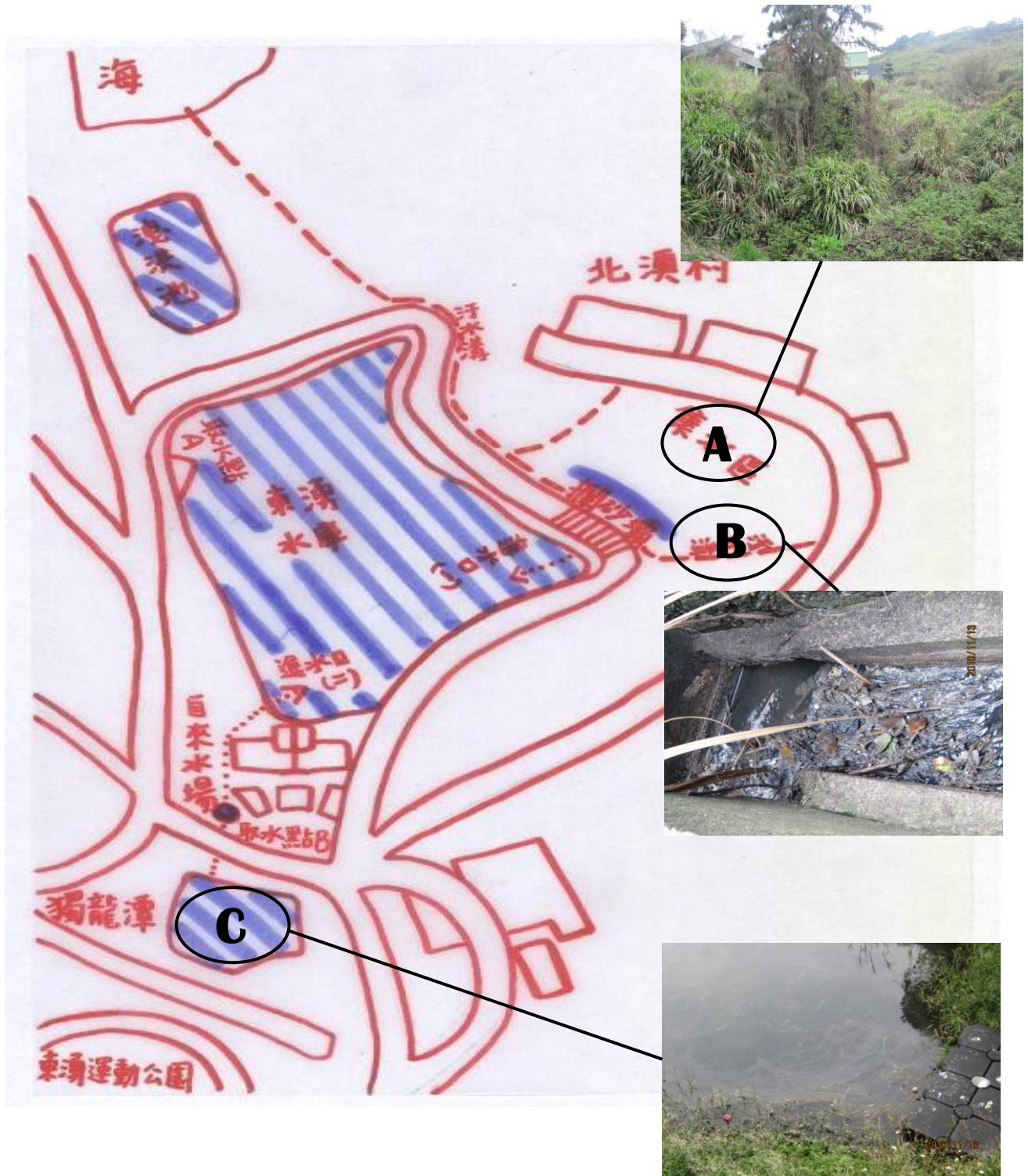


## 伍、 研究結果

### 一、水庫周邊環境調查

#### (一)環境調查與繪製地圖

經過實地勘查水庫周邊環境，我們繪製了簡易地圖，並將水庫可能的污染源以及環境問題標出如下：



圖(一)



1.A 區：照片由攔砂壩往上拍攝集水區，在北澳村正下方的山坳，茅草茂密、垃圾散布，另一角可明顯看見潺潺水流從山坳流向攔砂壩。

2.B 區：攔砂壩右側污水溝，發出陣陣惡臭，漂浮著泡沫、廚餘，可見經年累積的油脂污物，左側也有一個污水溝，也流著較少量的汙水。

3.C 區：東湧水庫上方另有一座獨龍潭，潭水源自東湧運動公園下的兩條水溝，雖然一年四季有源源不絕的水流注入潭中，再經由水廠旁的小蓄水池進入水庫，但獨龍潭裡經常泥沙淤積、飄浮著疑似油污與藻類的黑色不明物體。

可以顯見水庫集水區內有許多尚待改善的汙染源，經過整理可歸納為兩大類：家庭廢水及廢油料汙染。

## (二)汙水流向勘查與實驗。



圖(二)

我們很擔心攔砂壩旁的污水溝是否有汙水(或部分)流入水庫，因此做了汙水流向的實驗，說明

如下：

1.A 區：用長樹枝測量水溝深度(約 1 公尺)，並由氣味和樹枝頂端沾附的污物推測，攔砂壩左右側兩條污水溝，沿著水庫步道和山邊，排向北澳口海岸。

2.B 區：(1) 樹葉上做記號，觀察是否從攔砂壩下的出水口(與實驗點距離五公尺)直接流入水庫，以及是否會在海邊排水口找到編號的樹葉。

(2) 在污水溝中持續倒入食用紅色色素(紅花米)，觀察是否從攔砂壩下的出水口(與實驗點距離五公尺)直接流入水庫。

雖然由觀察與實驗中得知惡臭廢水並未直接(全部)流入水庫，但是攔砂壩左右兩側污水溝就在集水區內且未加蓋，在大雨時污水依舊會溢滿而出。另外，沿山邊而走的排水溝是水庫剛建成之時就完成的水泥溝槽，也有滲漏汗水之虞。

### (三)新聞資料整理

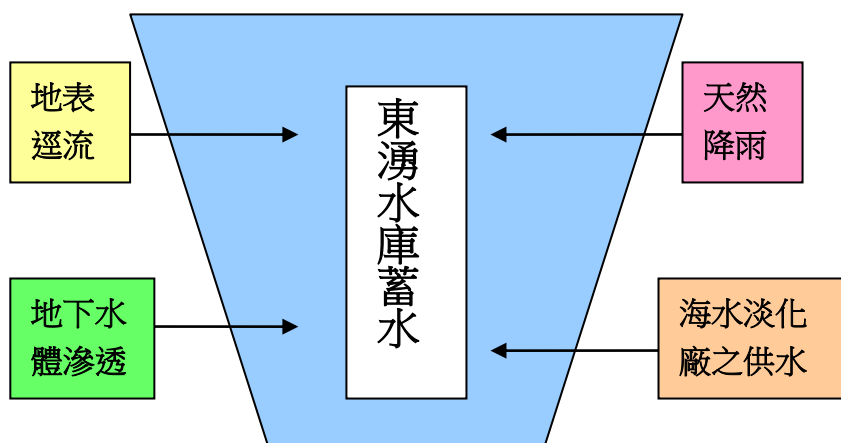
| 99<br>年                              | 發佈<br>日期   | 出<br>處                     | 重 點<br>摘 要   |
|--------------------------------------|------------|----------------------------|--|
| 馬<br>祖<br>地<br>區<br>水<br>庫<br>新<br>聞 | 1 月<br>6 日 | 壹<br>周<br>刊                | 標題:「藻毒入侵全國水庫，官方隱瞞石門毒水致癌」。<br>摘要：報導指出馬祖各水庫「微囊藻毒」都超過標準，研究人員認為， <u>離島水庫檢測結果容易超標的原因，是因為水庫蓄水量小，又鄰近人口稠密區，農林及污水容易直接流進水庫，提供藻類容易滋生的環境。</u>  |
|                                      | 4 月<br>8 日 | 行<br>政<br>院<br>環<br>保<br>署 | 標題：行政院環保署公布 98 年全國飲用水水質查驗結果，指出連江縣水質不合格 4 件。<br>摘要： <u>連江地區不合格比例較高，該地區水源多來自平地水庫，水質易受地表污染影響，水源水質不佳，餘氯不足 2 件、總三氯甲烷過多 1 件、總菌落數及大腸桿菌過多 1 件。</u><br>政府回應：前述水庫水質不佳之主因，係為 <u>東引東湧水庫原水水質受上游污水污染，已請軍方進行上游營區生活污水改善。</u> |
|                                      | 8 月<br>3 日 | 連來<br>江水<br>縣廠<br>自        | 標題：南竿勝利水庫、東引東湧水庫上游集水區汙染改善<br>摘要： <u>東湧水庫的集水區汙染，主要是早期軍方與後來縣府所興建的汙水管阻塞，讓漏接戶的汙水溢流到土溝。為改善東湧水庫上游水質，縣府與自來水廠七月向營建署提報需求，將東引北澳地區的軍民漏接戶導入汙水下水道。</u>  |

從新聞資料中我們發現，行政院環保署、連江縣政府環保局及連江縣自來水廠三方，皆

指出本島(東湧)水庫易有汙水污染，水源水質不佳，影響水庫內蓄水水質的問題，與我們實地勘察、推測之結果相符。

另外我們繪製東湧水庫集水模式示意圖，呈現東湧水庫內的水體來源。

東湧水庫集水模式示意圖



## 二、水質檢驗結果

勘察發現水庫集水區的汙染問題後，我們想知道集水區汙染對於自來水是否有所影響。因此連續一個月，我們針對東湧水庫表水、源水、自來水做取樣，並對照行政院環保署的自來水水質抽驗資料、水庫水質監測預指標資料，與台北、澎湖、金門三地抽樣比較。

結果如下：

| 11<br>月<br>檢<br>測<br>自<br>來<br>水<br>結<br>果<br>與<br>比<br>較<br>表 | 項目                         | 總固體物<br>(mg/L) | 濁度<br>(NTU) | 餘氯<br>(mg/L) | 1. 東引地區自來水樣品的總固體物，比同是離島的金門來的高。<br>2. 東引地區自來水樣品的餘氯比其他地區都低。(容許範圍是 0.2-1.0mg/L，過低無法抑菌，過高也有害。)<br>3. 東引地區自來水樣品的濁度較台北、金門、澎湖水質抽驗資料都偏高。 |
|--|----------------------------|----------------|-------------|--------------|--|
|  | 東引樂華村 01-1113              | 276            | 0.70        | 0.11         |  |
|  | 東引中柳村 02-1120              | 366            | 1.17        | 0.44         |  |
|  | 東引中柳村 02-1126              | 366            | 1.17        | 0.44         |  |
|  | 東引中柳村 03-1126              | 300            | 0.63        | 0.01         |  |
|  | 東引自來水廠 04-1120             | 341            | 2.15        | 0.51         |  |
|  | 東引自來水廠 04-1126             | 385            | 0.43        | 0.64         |  |
|  | 台北市中山區 01310991100009-1102 | --             | 0.1         | 0.57         |  |
|  | 台北市北投區 01310991100020-1110 | --             | 0.1         | 0.58         |  |
|  | 金門縣金湖鎮 24310991100014-1102 | 193            | 0.0         | 0.37         |  |
|  | 金門縣金寧鄉 24310991100007-1101 | 150            | 0.0         | 0.2          |  |
| 金門縣金城鎮 24310991100005-1101                                     | 356                        | 0.0            | 0.2         |              |  |
| 澎湖縣馬公市 23310991100006-1104                                     | --                         | 0.3            | 0.59        |              |  |
| 澎湖縣湖西鄉 23310991100001-1105                                     | --                         | 1.1            | 0.31        |              |  |



| 12月份<br>檢測<br>水庫<br>表水<br>、<br>源水<br>與<br>比較<br>表 | 項目<br>樣品          | 總固體物<br>(mg/L) | 濁度<br>(NTU) | 餘氯<br>(mg/L) | 1. 東湧水庫表水與翡翠水庫表水(深度0.5m)相比，東湧水庫表水濁度明顯偏高，進水口(一)、(二)呈現更高的數值。<br>2. 東湧水庫進水口(二)的濁度9.99為儀器的濁度檢測範圍為0~9.99之間，因此實際數值可能更高。 |
|---|-------------------|----------------|-------------|--------------|---|
|   | 水庫表水(深度0.5m)-1203 | 353            | 5.80        | 0            |   |
| 水庫表水(深度0.5m)-1211                                 | 340               | 7.82           | 0           |              |   |
| 水庫表水(深度0.5m)-1217                                 | 319               | 8.67           | 0           |              |   |
| 進水口(一)-1211                                       | 391               | 7.90           | 0           |              |   |
| 進水口(一)-12-17                                      | 393               | 7.81           | 0           |              |   |
| 進水口(二)-1211                                       | 385               | 9.99           | 0           |              |   |
| 進水口(二)12-17                                       | 377               | 9.99           | 0           |              |   |
| 翡翠水庫一(深度0.5m)-1105                                | --                | 4.5            | --          |              |   |
| 翡翠水庫一(深度0.5m)-110211                              | --                | 1.4            | --          |              |   |
| 翡翠水庫五(深度0.5m)-110211                              | --                | 1.9            | --          |              |   |
| 金門蓮湖(深度0.5m)-1109                                 | --                | 7.4            | --          |              |   |
| 金門田浦(深度0.5m)-1108                                 | --                | 17.0           | --          |              |   |
| 澎湖七美水庫(深度0.5m)-1105                               | --                | 38             | --          |              |   |
| 澎湖西安水庫(深度0.5m)-1106                               | --                | 6.3            | --          |              |   |

### 三、以植物特性改善水庫水源

經由蒐集資料得知，挺水性植物如香蒲、野慈姑，浮水性植物大萍、布袋蓮，沉水性植物水蘊草，水面匍匐性植物過長沙，均有良好的淨水功效。

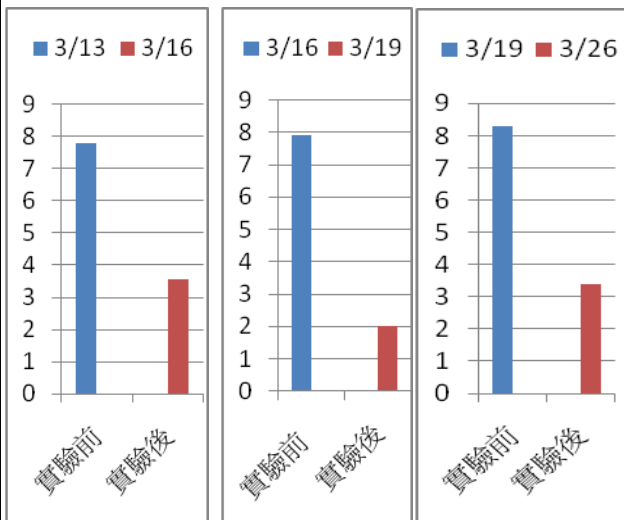
考慮外來種不宜隨意引進的生態觀點，我們嘗試將東引現有的物種，水芋、細葉碎米薺、浮萍，加上學校水生池的布袋蓮，以人工方式養殖試驗，以了解是否也能有效改善集水區、進水口的水質，並以降低濁度至2為目標。



(一)以水庫表水種植四種植物結果。

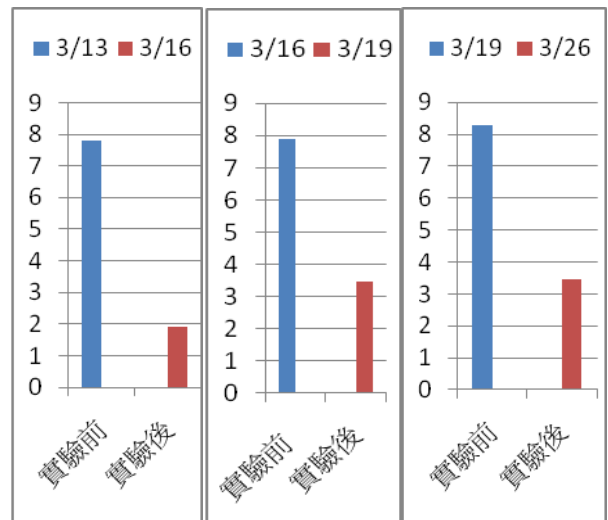
由上圖比較，四種植物的濁度降低成效，以細葉碎米薺最高、布袋蓮居次、浮萍第三，然而經討論水芋呈現反效果的原因，可能是水芋種植時需要細泥，而細泥會提高濁度。

圖三：布袋蓮的濁度降低成效示意圖。



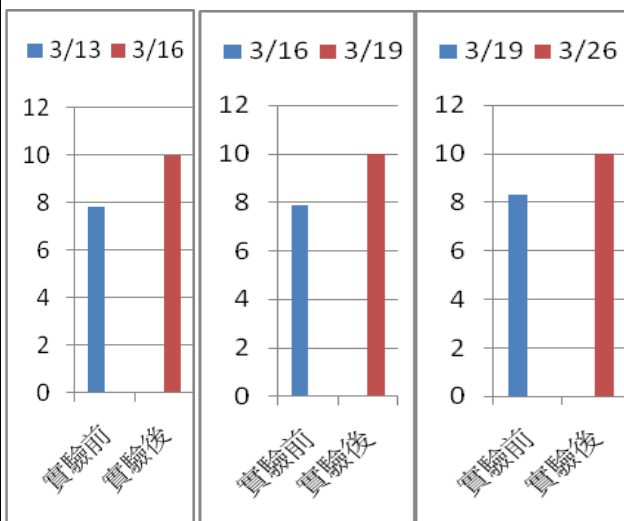
單位：mg/L

圖四：浮萍的濁度降低成效示意圖。



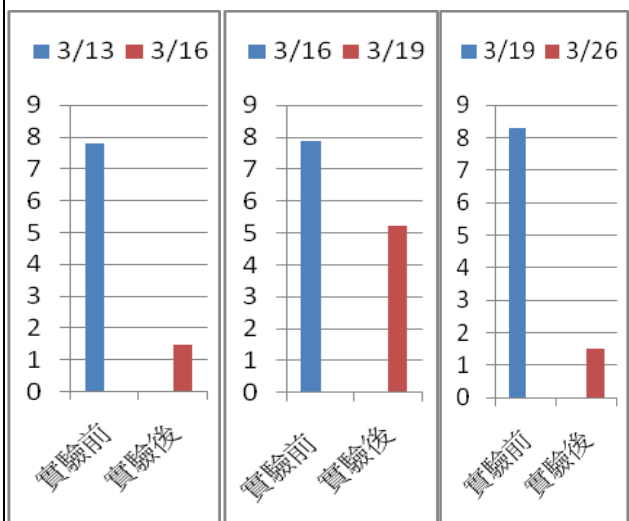
單位：mg/L

圖五：水芋的濁度降低成效示意圖。



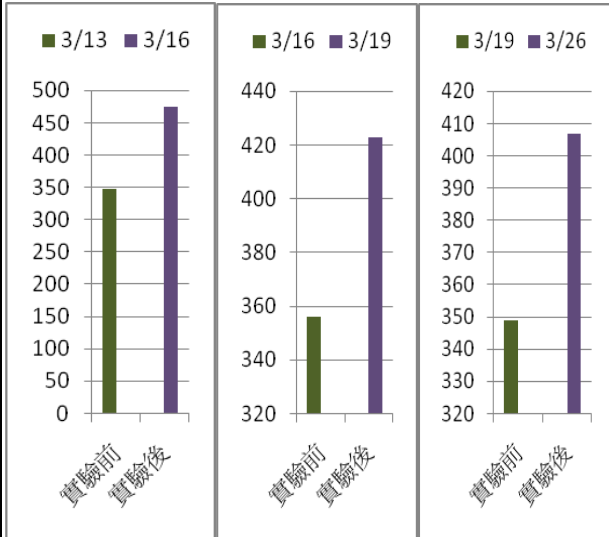
單位：mg/L

圖六：細葉碎米薺的濁度降低成效示意圖。



單位：mg/L

圖七：布袋蓮的總固體物降低成效示意圖。



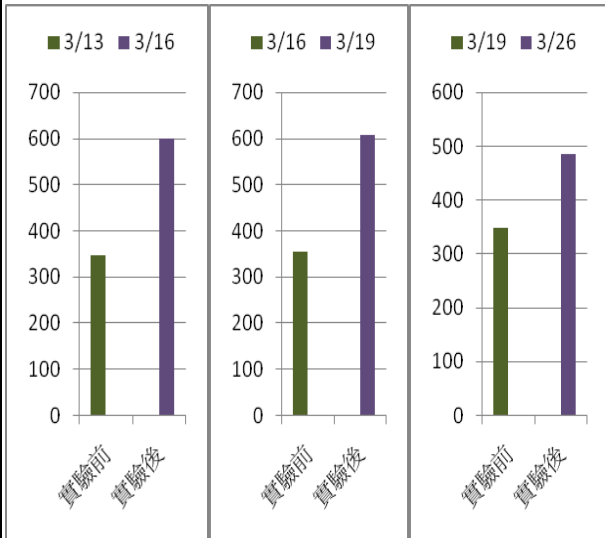
單位：mg/L

圖八：浮萍的總固體物降低成效示意圖。



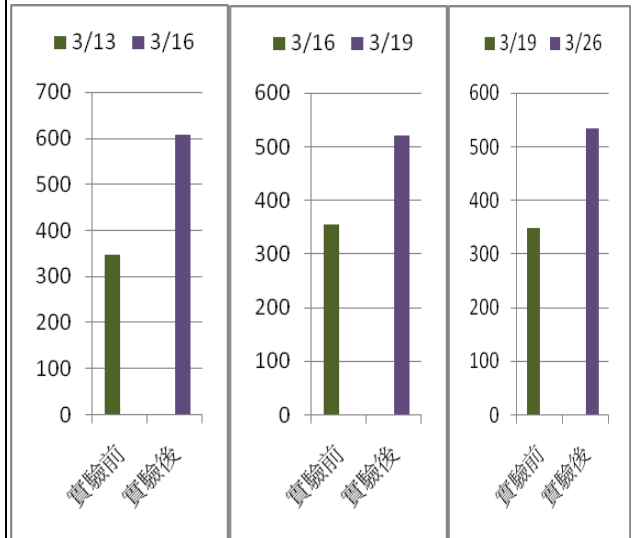
單位：mg/L

圖九：水芋的總固體物降低成效示意圖。



單位：mg/L

圖十：細葉碎米薺的總固體物降低成效示意圖。



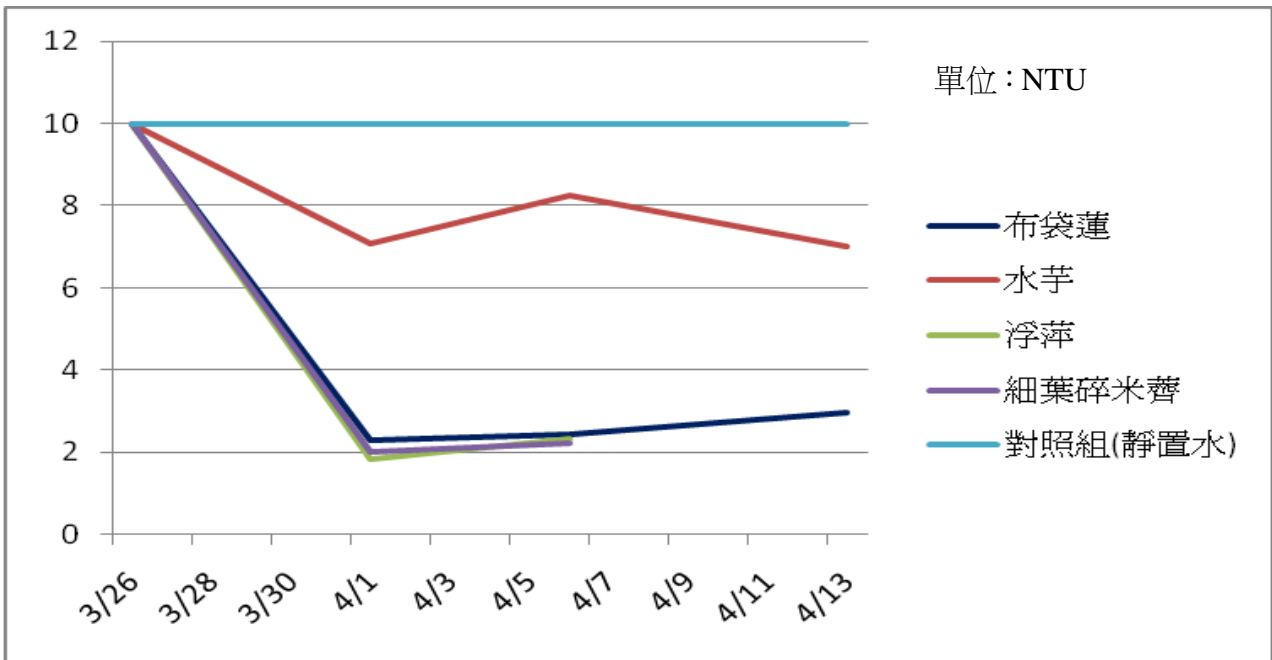
單位：mg/L

由上表得知，呈現上升的數值，可能為實驗循環的時間太短，植物還來不及起作用。



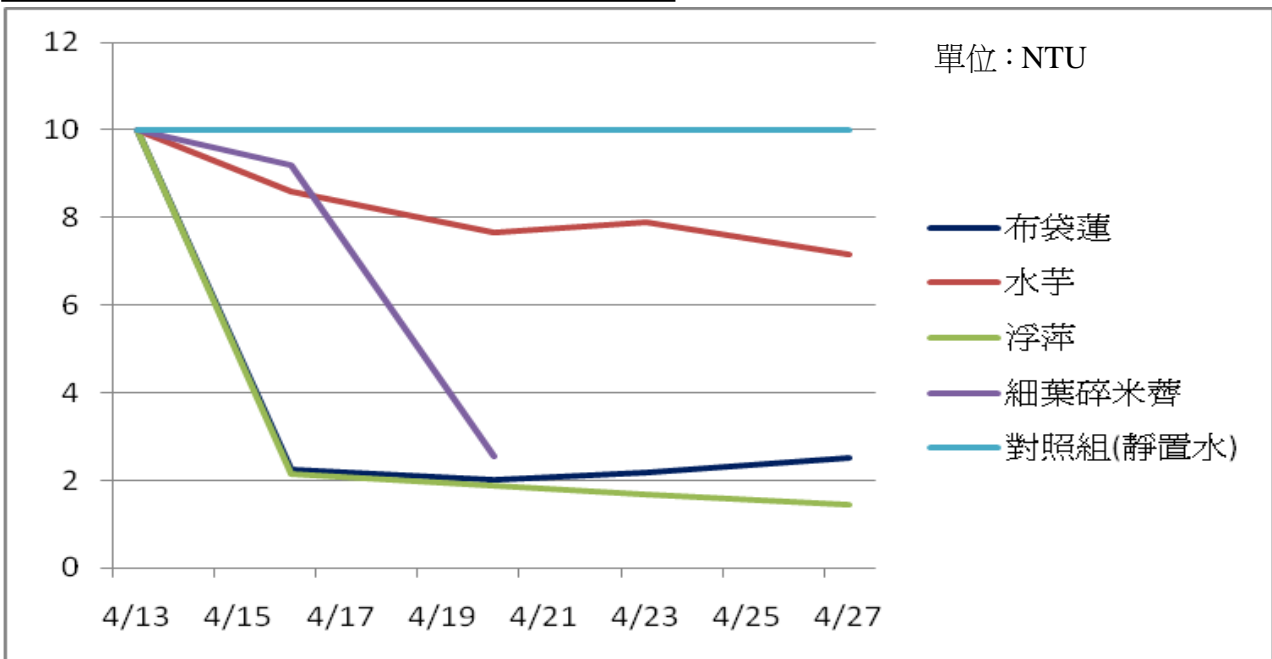
(二) 以進水口(一)種植四種植物結果。

圖十一：3/26--4/13 四種植物的濁度改善示意



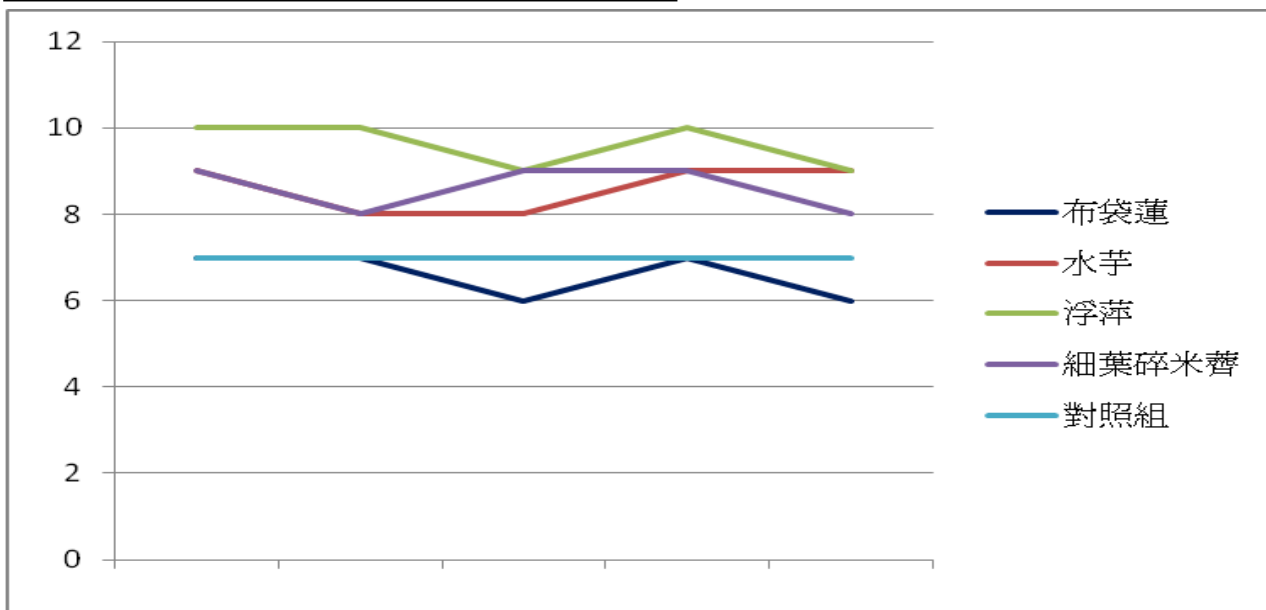
- (1) 對照組為靜置、未種植植物的水。
- (2) 布袋蓮呈現穩定的水質濁度改善效果。
- (3) 水芋的改善效果呈現波動，並不穩定。
- (4) 浮萍改善水質濁度效果佳，但因大量繁殖，水中斷根增加，後期無法有效檢測。
- (5) 細葉碎米薺在一開始發揮比布袋蓮更好的效果，後期因枯萎死亡，無法呈現效果。

圖十二：4/13—4/27 四種植物的濁度改善示意



- (1) 對照組為靜置、未種植植物的水。
- (2) 布袋蓮依舊能夠穩定的降低濁度。
- (3) 水芋的生長情況改善，開始慢慢的發揮降低濁度的作用。
- (4) 浮萍在後期發現改善濁度的效果也相當好。
- (5) 因上一批細葉碎米薺枯萎，重新移植的細葉碎米薺比其他植物晚了數日才檢測出明顯的成效，但二十一日以後，面臨生長期結束的問題，植株不健康，無法發揮效果，原生地也已找不到健康的植株能夠更換。

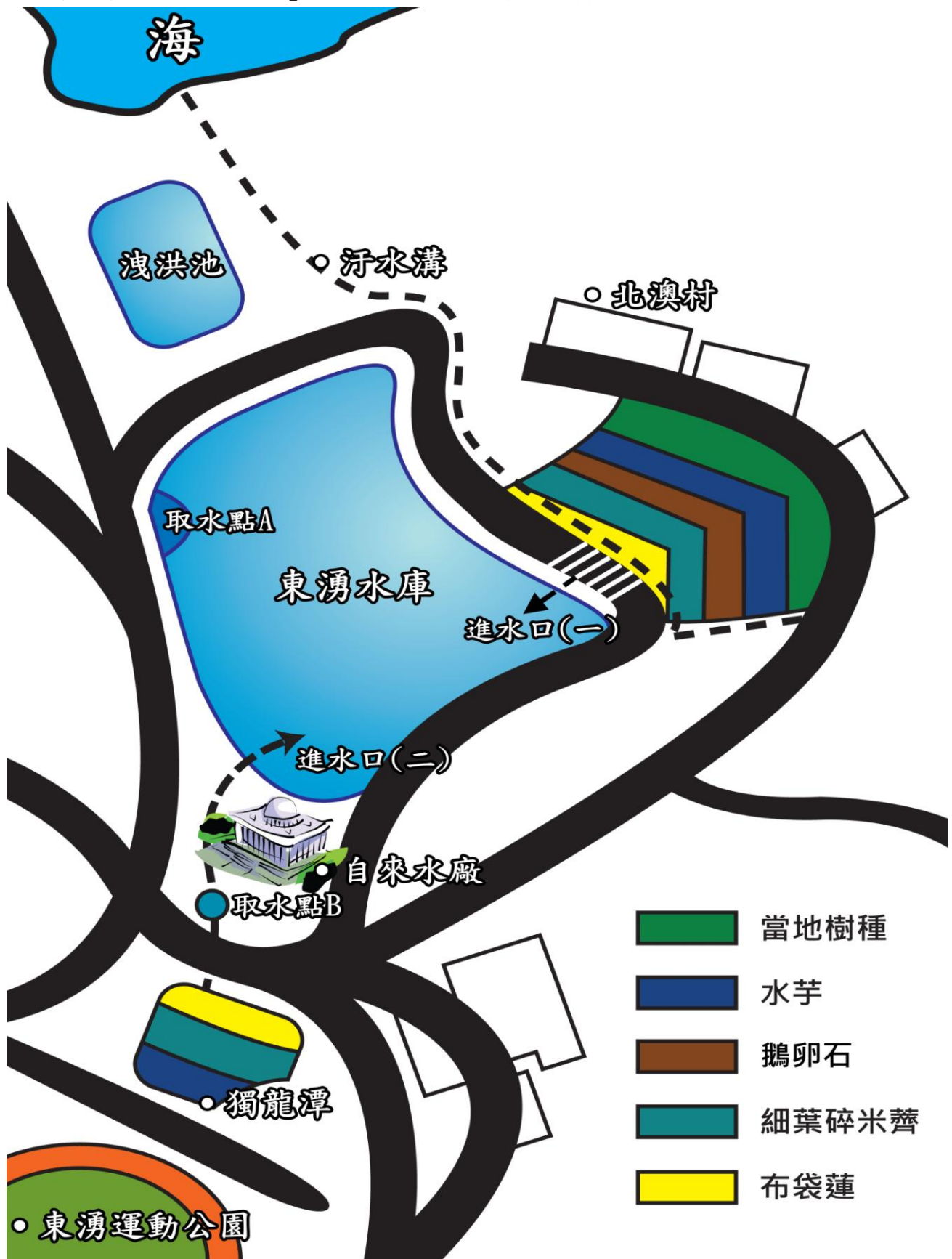
圖十三：四種植物影響水質 pH 值示意圖



偏鹼性水質對於人體較有好處，我們意外的發現種植植物能使水質的 Ph 值偏高，算是意外的驚喜。

#### 四、以生態工法為水庫集水區設計之總體規劃。

生態工法定義如下：「生態工法(Ecototechnology)係指人類基於對生態系統的深切認知，為落實生物多樣性保育及永續發展，採取以生態為基礎、安全為導向，減少對生態系統造成傷害的永續系統工程皆稱之。」-----公共工程委員會生態工法諮詢小組。





東湧水庫集水區整治－生態工法設計說明：

### (一) 現地材料選用

1. 集水區現地可用石材較為缺乏，必須從東引島上他處運入大石塊和鵝卵石及碎石，以斜坡設計，呈現梯田狀堆疊，可自然淨化水質。
2. 集水區內大部分為芒草，極少量木麻黃、番石榴和綠竹，須先清理芒草、整地後，層層種植當地樹種，植林造林。
3. 將水芋、細葉碎米薺、布袋蓮等當地可取材的植物，分區種植在庫前溼地，利用挺水性與浮水性植物的密集根系，可吸收水中溶解的物質並攔截懸浮性物質。

### (二) 符合生態環境需求

1. 生態工程設計考量當地溪流及周遭生物棲地，配合當地氣象、水文及土壤特性，以原生種植物進行生態綠美化等附加需求。
2. 工程施工時，配合當地氣象、水文條件，迴避南海溪蟹繁殖、候鳥遷徙之生態敏感季節，並由生態評估單位現場紀錄及指導，減輕棲地干擾。

## 陸、 綜合討論

- 一、東引冬季溫度為 0-6 度，以水槽養殖植物時，無論室內室外皆不易存活，實驗失敗，三月份氣候回暖，水槽中的植物生長健康，水質的改善始有明顯的成效。
- 二、因為沒有更佳的科學設備，我們無法證明污水溝四周土壤或獨龍潭水面上的不明漂浮物，是否含有重金屬、過量的磷與其他化學殘留，是比較可惜的地方，期望未來能做更深入的探討。
- 三、布袋蓮乃強勢外來種，繁衍迅速，不適合直接種植在水庫表面，以免繁衍過剩，影響其他原生動植物或遮蔽日照、降低水中含氧量，應該在集水區溼地分區種植，較為適當。
- 四、細葉碎米薺對於降低濁度成效頗佳，但其生長週期短，在東引 4 月中旬後便結束生長期，若要長期使用它來改善水質，必須再尋找能夠接替此任務的植物，以生態工法建立起植物的自然循環。
- 五、水芋的實驗結果，到第二到三週才開始看見成效，因此延長水芋的種植與觀察期，並且在夏初秋末生長繁茂，對於磷、氮肥需求量較高時持續觀察，應會出現不同的結果。
- 六、浮萍繁殖的速度太快，且水面覆蓋廣而密集，根經常斷落在水中，抽取時稍不注意便會影響濁度的測量結果，還需研討改善方式。
- 七、原先預計以多層導流模式測試植物淨化水質是否有加乘效果，但因時間不足，暫且將此實驗留待後續進行。

## 柒、 結論

- 一、經由實地勘查與實驗得知，東湧水庫上方獨龍潭確實存在不明污染物，水庫攔砂壩左右兩條污水溝未加蓋，大雨時溢滿而出會滲漏進集水區，水庫原水水質受上游污水污染。
- 二、東引地區自來水樣品的總固體物，比同是離島的金門來的高（台北、澎湖無數據對照）。
- 三、東引地區自來水樣品的餘氯比台北、金門、澎湖三地的抽樣品低。
- 四、東引地區自來水樣品的濁度較台北、金門、澎湖水質抽驗資料偏高。
- 五、東湧水庫表水與翡翠水庫表水(深度 0.5M)相比，東湧水庫表水濁度明顯偏高，進水口(一)、(二)則呈現更高的數值。
- 六、植物生長的健康與否，能夠決定降低濁度的效能。
- 七、布袋蓮相較於其它的植物，改善水質的表現較穩定。
- 八、在本實驗中，水中根系發達，植物體成長速度快的植物，改善水質的成效較顯著，如浮萍與布袋蓮。
- 九、在本實驗中，水芋、細葉碎米薺、浮萍、布袋蓮，挺水性以細葉碎米薺最好，浮水性以布袋蓮最佳。
- 十、經由我們所設計之實驗，可達成我們的目的降低濁度至 2 左右。
- 十一、實驗中使用的四種植物都可以改善水質的濁度，若將我們規畫的生態工法運用於水庫集水區內，相信可有效改善水質，達成永續發展的目標。

## 捌、 參考資料

- 一、 張文亮《水生植物在人工濕地水質淨化功效之評估及管理》
- 二、 郭金棟《海岸整治與生態工法應用之案例介紹》
- 三、 福建省連江縣政府《馬祖植物誌》
- 四、 行政院環境保護署 環境品質資料倉儲系統 <http://edw.epa.gov.tw/topicWater.aspx>
- 五、 全國環境水質監測資訊網，99 年度離島水庫卡爾森指數彙整 <http://wqshow.epa.gov.tw/>
- 六、 抑制藍藻水花暴發太湖種草改善水質 <http://env.people.com.cn/BIG5/1073/3562010.html>
- 七、 台灣生態工法發展基金會 <http://www.eef.org.tw/b01-2.ht>
- 八、 后番子坑溪生態工法教學園區生態資訊網 <http://ecoeng.swcb.gov.tw/D/index.htm>

## 【評語】 080801

本件作品探討在地的環境問題，作者實地走訪水源區調查污染源，也瞭解當地水生植物種類，選擇作為淨水功效的檢測材料，儀器則向自來水廠借用，運用公家資源和專家合作，共同關心水資源環境，值得鼓勵，但關於水資源改善效果的檢測方法，可進一步查詢資料，詢問老師和專家，作為後續研究改進的重點。