

# 中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 地球科學科

最佳團隊合作獎

080510

內城環山水圳的美麗與哀愁

-探討休閒農業區的水污染問題

學校名稱：宜蘭縣員山鄉七賢國民小學

作者：	指導老師：
小六 林佳芸	黃瓊瑤
小六 王偉哲	王元璋
小六 邱一晨	
小六 李孟均	
小六 謝瑋恩	
小六 李佳芳	

關鍵詞：水質檢測、水污染、休閒農業

# 內城環山水圳的美麗與哀愁—探討休閒農業區的水污染問題

## 摘要

自 97 年 9 月至 98 年 4 月，我們在內城圳設置 5 個監測站，以水質檢試劑測試內城環山水圳的水質，發現從上游到下游有許多污染源，造成各種不同程度的污染情形。調查發現除第一監測站是無污染的水質外，其他四個採樣點都有各種程度的污染情形，各種檢試值也產生不同的變化。顯示農業活動仍然會造成水污染，仍需要進行污水處理，才能使休閒農業區引以為傲的青山綠水能永續經營。

## 壹、 研究動機

橫山頭休閒農業區是鄉內的休閒農業示範區域，有許多遊客會到這裡進行休憩活動，「水」與「綠」是橫山頭休閒農業區最大的資產，本區沿著山邊水圳闢有環山親水生態步道，規劃賞景據點與遊憩區域。然而沿著水圳我們卻發現由山上引水出來的水源地是純淨無污染的，順流而下卻逐漸有不同程度的污染情形，因此我們決定以「水質檢測」的方式來調查水圳的污染情形。

## 貳、 研究問題

- 一、內城圳的環境與污染源為何？
- 二、水質檢試劑的意義與測量方式？
- 三、各監測站的水質檢試結果如何？
- 四、以水質檢試值分析水污染原因為何？
- 五、採集水棲生物以「生物指標」來檢視各河段的水質如何？

## 參、研究設備及器材

- 一、水質檢測所需材料：  
酸鹼值檢試劑、總硬度檢試劑、硬度檢試劑、二氧化碳檢試劑、溶氧檢試劑、碳酸鹽硬度檢試劑、亞硝酸鹽檢試劑、銨檢試劑、鐵質檢試劑、硝酸鹽檢試劑和磷酸鹽檢試劑、色表、量筒、採樣瓶、取水容器
- 二、觀察與紀錄所需器材：  
紀錄表、筆、數位相機
- 三、採集水棲昆蟲所需材料：  
直徑 38cm 的水網、軟性鑷子、觀察箱
- 四、觀察水棲昆蟲所需材料：  
圖鑑、放大鏡、顯微鏡

## 肆、 研究步驟與方法

- 一、研究進度

研究時程 研究步驟	97年					98年			
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
討論及確定主題	■								
確定採樣點及調查污染來源		■							
水棲昆蟲認識 認識水質檢試		■	■	■					
實地採集及採樣測試			■	■	■	■	■	■	■
撰寫研究報告									■

## 二、研究方法

### (一) 選定監測站及調查污染來源

由內城環山水圳上游自下游，約每隔 500 公尺到 800 公尺選擇一個遊憩據點當作監測站，依序是第一監測站「水源地」、第二監測站「渡船頭」、第三監測站「桃花源」、第四監測站「馬場」、第五監測站「鼻仔頭」。調查採樣點之間的人為污染來源。

### (二) 監測站水質檢測

以水質檢試劑測試各監測站之酸鹼值、總硬度、硬度、二氧化碳、溶氧、碳酸鹽硬度、亞硝酸鹽、銨、氨、鐵質、硝酸鹽和磷酸鹽的含量

### (三) 水質檢測結果分析

將各種檢試數據賦予意義，做各種比對，了解各監測站之間的水污染情形及水污染來源

### (二) 水棲生物採集

以直徑 37 公分的捕撈網撈取水中生物或翻動淺水處的石塊尋找水棲生物，各定點每次補撈 30 分鐘

### (三) 「生物指標」水質分析

以撈捕到的水棲生物依照「底棲生物水體水質分級表」，來分析各採樣點的水質

## 伍、研究結果與討論

### 一、內城環山水圳及監測站的人類活動及污染源分析

#### (一) 調查點地圖



#### (二) 調查分析結果

	照片	遊憩設施	環境及污染來源
第一監測站		1.沿水圳設有步道	1.由山間引出，上游無人為污染，偶有動物屍體或排泄物造成暫時性的水質變化 2.步道鮮有人知，遊客不多，較無人為製造垃圾

	照片	遊憩設施	環境及污染來源
第二監測站		<ol style="list-style-type: none"> <li>1.設有景觀橋樑</li> <li>2.設有休憩涼亭</li> <li>3.設有親水設施</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.上游有大片香魚養殖區，養殖廢水排入</li> <li>2.農田廢水排入</li> <li>3.遊客隨手丟棄之垃圾</li> </ol>
第三監測站		<ol style="list-style-type: none"> <li>1.設置有小公園</li> <li>2.設置有水圳步道</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.上游有兩座養雞場，約養有 10000 隻雞，其廢水排入水圳</li> <li>2.有 14 戶聚落，家庭廢水排入</li> <li>3.定期岸邊噴灑除草劑</li> <li>4.遊客隨手丟棄之垃圾</li> </ol>
第四監測站		<ol style="list-style-type: none"> <li>1.設置有水圳步道</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.山壁有清澈支流注入</li> <li>2.農田灌溉廢水排入</li> <li>3.釣客製造之廢棄物</li> <li>4.定期岸邊噴灑除草劑</li> <li>5.遊客隨手丟棄之垃圾</li> </ol>
第五監測站		<ol style="list-style-type: none"> <li>1.設有親水設施</li> <li>2.設有烤肉區域</li> <li>3.設置有水圳步道</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.有三條支流在此匯集</li> <li>2.農田灌溉廢水排入</li> <li>3.有養馬場一座、民宅 10 戶、民宿一家</li> <li>4.上游有三座養豬場，約養有 300 頭豬</li> <li>5.遊客隨手丟棄之垃圾</li> </ol>

※討論

- 1.內城圳是橫山頭休閒農業示範區重要的遊憩據點，設置有多處遊憩設施，因公德心不足，幾乎每處據點都有遊客隨手丟棄之垃圾，造成水體污染。
- 2.此地有三種養殖場，香魚池、養雞場、養豬場，養殖場廢水造成水體污染。
- 3.沿水圳民宅雖不多，但家戶廢水排入水圳仍會造成水體污染。
- 4.我們依照產業形式及遊憩據點，距離約 500 到 800 公尺設一監測站，共設有五處採集點。

(三)、監測站水文資料分析

	流速	寬度	水深	水生植物	水底狀況	採集方式
第一監測站	51cm/秒	62cm	16~43cm	1.綠藻 2.褐藻 3.絲狀藻 4.鹿角苔	水泥底 偶有碎石	以取水桶取二公升的水進行水質檢試
第二監測站	10cm/秒	5.7m	0~45cm	1.野薑花 2.燈心草 3.象耳葉澤瀉 4.菁芳草 5.香蒲	有 15 公分以上的底泥	以取水桶取二公升的水進行水質檢試
第三監測站	6cm/秒	6.7m	40~80cm	1.大萍	河底為超過直徑 50 公分的大石頭	以取水桶取二公升的水進行水質檢試
第四監測站	35cm/秒	5.8m	2~37cm	1.大萍 2.粉綠狐尾藻 3.水蘊草	有大大小小的卵石	以取水桶取二公升的水進行水質檢試
第五監測站	29cm/秒	6.7m	15~67cm	1.大萍 2.粉綠狐尾藻 3.水蘊草	1.有約 10 公分的底泥 2.有大小石塊	以取水桶取二公升的水進行水質檢試

※討論：

- 1.第一監測站水勢依山勢而下，水流湍急，完全水泥化，水看來清澈透明無污染。
- 2.水圳至第二監測站變寬也變淺，水流至此流速變慢，產生很厚的底泥，此處有人為栽培野薑花、香蒲、象耳葉澤瀉、燈心草等挺水水生植物，但族群生長不甚良好，亦有親水性菁芳草由岸邊蔓生到淺水處，水流至此變成濁綠色也有腥味傳出。

3.水圳至第三監測站水面距地面約有二公尺，水底多大石頭，流速更慢，水色看來更深，腥味也更濃。

4.第四監測站水圳底部原為水泥底，在去年特地以器械挖開，底部現有大小卵石，水流至此落差，水流較急，有山邊清澈支流匯入，水質看來清澈但仍有稍微的腥味，有大量白化的藻類，有水生植物粉綠狐尾藻、水蘊草及大萍但生長情形並不茂盛。

5.第五監測站設置有親水公園，有四條支流匯注，除主河道外尚有大小水池多處，主河道有底泥及大小石塊，水中長有粉綠狐尾藻、大萍及水蘊草但生長情形亦不茂盛

## 二、水質檢測項目及測量方式

### (一) PH(酸鹼值)測試

酸鹼值的測試可以告訴我們水中的酸性與鹼性，檢測的度數從 1~10 度。酸鹼值代表了水質中重要的化學成份；酸與鹼的平衡，當 PH 值為 7 時呈中性，低於 7 時為酸性，高於 7 時為鹼性。定期測試水中的 PH 值是很重要的，因為水中生物對 PH 值的劇烈變化是非常敏感的。

#### ※測試方法：

取 5 毫升水體，加入 4 滴測試劑，然後輕輕搖晃量杯，再將量杯放置在色卡上方檢視以求讀出水中酸鹼值。

### (二) GH(總硬度)測試

總硬度是水中鈣、鎂離子的含量，為水質的一項重要指標，大多數的水棲生物或水草都只能在其最適合的硬度範圍環境下生存。1°dGH 相當於 100 毫升蒸餾水中含有 1 毫克的氧化鈣含量。

#### ※測試方法：

取 5 毫升水體後，一滴一滴的加入測試劑，然後輕輕搖晃量杯，直到水體由棕色轉為綠色為止的滴數，即為水質中的總硬度度數。

### (三) KH(碳酸鹽硬度)測試

KH 值為碳酸鹽硬度，在水中有相當之重要性，會直接影響 PH 值(酸鹼值)，以水棲生物來衡量，2~8°d KH 為適合生長限度。

#### ※測試方法：

取 5 毫升水體後，一滴一滴的加入測試劑，然後輕輕搖晃量杯，直到水體由綠色轉為黃色為止的滴數，即為水質中的碳酸鹽硬度度數。

### (四) NO<sub>2</sub>(亞硝酸鹽)測試

水中的亞硝酸鹽主要從氨/銨轉變而來，是細菌分解蛋白質的中間產物。極低的亞硝酸鹽劑量（如 0.1 mg/l 以上），就會對魚體產生毒性。因此常常檢測水中之亞硝酸鹽是非常重要的，而水中的亞硝酸鹽濃度最好維持在 0mg/l 或趨近 0mg/l。

#### ※測試方法：

取 5 毫升水體後，分別加入 5 滴 1 號和 2 號試劑，蓋上蓋子輕輕搖晃，打開蓋子後靜置 5 分鐘再跟色卡比較求出 NO<sub>2</sub> 的數據。

### (五) NO<sub>3</sub>(硝酸鹽)測試

硝酸鹽是細菌分解蛋白質的最終產物，具有氮循環中最高的氧化態，即是硝化細菌氧化氨、亞硝酸鹽所產生的產物，而其來源就是動物的排泄物、殘餌、動物的屍體。硝酸鹽是藻類以及水草的營養來源，當硝酸鹽濃度太高而水生植物生長不茂盛時，就會

導致藻類大量滋生，且水棲生物長期生長在硝酸鹽濃度較高的水中，對水棲生物的健康會造成不良影響，同時太高濃度的硝酸鹽也會抑制水草對鈣、鎂、鐵的吸收，導致水草營養不良，所以一般水中最好維持在 5mg/l 以下。

※測試方法：

取 20 毫升水體後，分別加入 6 滴 1 號試劑以及 1 匙的 2 號粉末試劑，蓋上蓋子用力搖晃 15 秒鐘，打開蓋子加入 6 滴 3 號試劑，蓋上蓋子稍微搖晃後再打開蓋子，等待 5 分鐘後對照色卡以求硝酸鹽濃度。

(六) NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>(銨/氨)測試

銨(NH<sub>4</sub>)代表著氨在蛋白質分解時，無法更進一步分解的型態；在水中為高酸鹼值的情形下，有很多無害的銨是被轉換為氨，氨對水中動植物來說具有強烈的毒性。

※測試方法：

取 10 毫升水體加入 6 滴 1 號試劑，蓋上蓋子輕輕搖晃後，在加入 6 滴 2 號試劑，蓋上蓋子輕輕搖晃，在加入 6 滴 3 號試劑，搖晃後打開瓶蓋，靜置 5 分鐘後檢視比色卡，以求出測得的氨。

(七) PO<sub>4</sub>(磷酸鹽)測試：

磷酸鹽是藻類重要的營養鹽，在自然界中，腐爛的各種有機值是其來源，而人類所排放的養殖廢水中來自飼料的廢棄物也會產生高濃度的磷酸鹽，當水中磷酸鹽過高時，會對較敏感的魚隻有所影響，且當水中的磷酸鹽超過 1 mg/l 時，則會使藻類大量滋生，與水生植物產生競爭，影響水質。

※測試方法：

取 10 毫升水體加入 6 滴 1 號測試劑，以旋轉的方式輕輕搖晃再加入 6 滴 2 號試劑以旋轉的方式輕輕搖晃後加入 1 匙 3 號粉末試劑，蓋上蓋子輕輕搖晃，確實等待 5 分鐘後比照色卡數據。

(八) FE(鐵)測試

水生植物需要二價鐵離子及三價鐵離子來進行生理代謝，而鐵離子的存在狀態會隨水中的 PH 值而改變；在酸性環境中，二價鐵離子較容易存在。

※測試方法：

取 5 毫升水體加入 2 匙 1 號測試粉末，蓋上蓋子輕輕搖晃，勿讓 1 號粉末完全溶解，後加入 5 滴 2 號試劑，輕輕搖晃，靜置 10 分鐘後對照色卡。

(九) CO<sub>2</sub>(二氧化碳)測試

CO<sub>2</sub>是水生植物行光合作用，形成相關產物的原料，某些水體中因為缺乏CO<sub>2</sub>，所以當地水生植物無法正常生長，當這些天然的過濾器無法正常運作，當然也會對水質產生若干影響。

※測試方法：

取 10 毫升水體滴入 5 滴 1 號測試劑，然後開始滴入 2 號測試劑，注意每加一滴 2 號測試劑都需要溫和搖晃均勻，小心觀察顏色變化，且必須等到顏色退去後才能再加第二滴，當加至水色變為粉紅色且持續 30 秒不再消失，便可記下 2 號測試劑的總滴數，每一滴等於CO<sub>2</sub>濃度 2mg/l。

(十) O<sub>2</sub>(溶氧)測試

水中溶氧取決於溫度及壓力(依亨利定律，亨利常數隨溫度改變，氣溫越高溶氧越低)而水中含氧的影響因素很多，如藻類、魚群數量、營養鹽(分解耗氧)等

### ※測試方法

取 15 毫升水體，分別加入 5 滴 1 號及 2 號測試劑，蓋上蓋子搖晃後等待 30 秒，打開蓋子加入 5 滴 3 號測試劑，迅速蓋上蓋子搖晃約 10 秒後比照色卡。

三、水質檢試結果：期間我們一共做了八次調查，以下是我們的調查紀錄：

#### (一) 九月份調查紀錄

	第一 監測站	第二 監測站	第三 監測站	第四 監測站	第五 監測站	分析
PH 酸鹼值	7.4	7	6	6.6	6.4	正常水域在 6~7 之間
TDS 溶解 固體總含 量	47	48	67	52	109	大於 100 易影響水生動物生長，而水質飲用水為 40mg/l(國際 nsf 標準質)，40mg/l 以上建議停止飲用
O <sub>2</sub> 溶氧量	13mg/l	>14mg/l	12mg/l	14mg/l	10mg/l	急流會使溶氧增加，二氧化碳逸散，溶氧過多，易造成魚類氣泡病，水生植物水下葉不利生長(0.5~5 適合)
CO <sub>2</sub> 二氧化碳	5mg/l	6mg/l	5mg/l	5mg/l	4mg/l	CO <sub>2</sub> 含量太高造成含氧不足，不利氧化還原會造成代謝不良，且有動物易窒息的情況發生
GH 總硬度	5°	6°	7°	10°	9°	>7° 不適合飲用
Fe 鐵含量	0.25mg/l	0.3mg/l	0.4mg/l	0.1mg/l	0.25mg/l	鐵含量直接影響水生植物進行醣交換的速率
KH 硬度	7°	8°	8°	9°	13°	>7° 不適合飲用
PO <sub>4</sub> 磷酸鹽	趨近 0	0.25mg/l	0.5mg/l	0.5mg/l	1mg/l	營養鹽主要來自飼料殘留 趨近於 0 為安全值，>0.5mg/l 產生毒性
NH <sub>4</sub> 銨	趨近 0	0.25mg/l	0.25mg/l	0.25mg/l	0.5mg/l	來自排泄物，若能轉化為氣體氨則無毒，固體(胺)則有毒 趨近於 0 為安全值
NO <sub>2</sub> 亞硝酸鹽	趨近 0	0.1mg/l	0.1mg/l	0.1mg/l	0.2mg/l	是硝酸鹽氮循環過程中停滯所產生的產物
NO <sub>3</sub> 硝酸鹽	趨近 0	3mg/l	3mg/l	3mg/l	3mg/l	來自排泄物，趨近於 0 為安全值
水溫	23°C	23°C	24°C	24°C	24°C	溫度影響著所有水質變化

#### (二) 十月份調查紀錄

	第一	第二	第三	第四	第五	分析
--	----	----	----	----	----	----

	監測站	監測站	監測站	監測站	監測站	
PH 酸鹼值	7.4	6.6	6.4	7	6.8	正常水域在 6~7 之間
TDS 溶解 固體總含 量	45	47	65	148	187	大於 100 易影響水生動物生長， 而水質飲用水 40mg/l(國際 nsf 標 準質)，40mg/l 以上建議停止飲用
O <sub>2</sub> 溶氧量	13mg/l	14mg/l	13mg/l	12mg/l	11mg/l	急流會使溶氧增加，二氧化碳逸散， 溶氧過多，造成魚類氣泡病，水生植 物水下葉不利生長(0.5~5 適合)
CO <sub>2</sub> 二氧化碳	5mg/l	8mg/l	5mg/l	4mg/l	4mg/l	CO <sub>2</sub> 含量太高造成含氧不足，不利氧化 還原會造成代謝不良，且有動物易窒 息的情況發生
GH 總硬度	4°	6°	7°	10°	9°	>7° 不適合飲用
Fe 鐵含量	0.25mg/l	0.25mg/l	0.5mg/l	0.25mg/l	0.25mg/l	鐵含量直接影響水生植物進行醱交換 的速率
KH 硬度	7°	8°	8°	9°	13°	>7° 不適合飲用
PO <sub>4</sub> 磷酸鹽	趨近 0	0.25mg/l	0.25mg/l	0.25mg/l	0.5mg/l	營養鹽主要來自飼料殘留 趨近於 0 為安全值，>0.5mg/l 產生毒 性
NH <sub>4</sub> 銨	趨近 0	趨近 0	趨近 0	趨近 0	0.25mg/l	來自排泄物，若能轉化為氣體氨則無 毒，固體(胺)則有毒 趨近於 0 為安全值
NO <sub>2</sub> 亞硝酸鹽	趨近 0	0.05mg/l	0.1mg/l	0.1mg/l	0.2mg/l	是硝酸鹽氮循環過程中停滯所產生的 產物
NO <sub>3</sub> 硝酸鹽	趨近 0	趨近 0	1mg/l	1mg/l	1mg/l	來自排泄物，趨近於 0 為安全值
水溫	23°C	24°C	25°C	26°C	25°C	溫度影響著所有水質變化

(三) 十一月份調查紀錄

	第一 監測站	第二 監測站	第三 監測站	第四 監測站	第五 監測站	分析
PH 酸鹼值	8.5	7.8	7.6	7.2	6.8	正常水域在 6~7 之間
TDS 溶解 固體總含量	61 mg/l	82 mg/l	75 mg/l	77 mg/l	69 mg/l	大於 100 易影響水生動物生長， 而水質飲用水 40mg/l(國際 nsf 標 準質)，40mg/l 以上建議停止飲用
O <sub>2</sub>	14mg/l	>14mg/l	12mg/l	12mg/l	10mg/l	急流會使溶氧增加，二氧化碳逸散，溶

溶氧量						氧過多，造成魚類氣泡病，水生植物水下葉不利生長（0.5~5 適合）
CO <sub>2</sub> 二氧化碳	4mg/l	6mg/l	5mg/l	5mg/l	4mg/l	CO <sub>2</sub> 含量太高造成含氧不足，不利氧化還原會造成代謝不良，且有動物易窒息的情況發生
GH 總硬度	4°	5°	4°	4°	4°	>7° 不適合飲用
Fe 鐵含量	0.25mg/l	0.25mg/l	0.5mg/l	0.25mg/l	0.25mg/l	鐵含量直接影響水生植物進行醱交換的速率
KH 硬度	3°	4°	4°	3°	5°	>7° 不適合飲用
PO <sub>4</sub> 磷酸鹽	趨近 0	0.4mg/l	0.3mg/l	1.0mg/l	1.mg/l	營養鹽主要來自飼料殘留 趨近於 0 為安全值，>0.5mg/l 產生毒性
NH <sub>4</sub> 銨	趨近 0	1mg/l	3mg/l	2mg/l	5mg/l	來自排泄物，若能轉化為氣體氨則無毒，固體(胺)則有毒 趨近於 0 為安全值
NO <sub>2</sub> 亞硝酸鹽	趨近 0	0.2mg/l	0.2mg/l	趨近 0	趨近 0	是硝酸鹽氮循環過程中停滯所產生的產物
NO <sub>3</sub> 硝酸鹽	趨近 0	3mg/l	3mg/l	趨近 0	趨近 0	來自排泄物，趨近於 0 為安全值
水溫	23°C	23°C	24°C	24°C	24°C	溫度影響著所有水質變化

(四) 十二月份調查紀錄

	第一 監測站	第二 監測站	第三 監測站	第四 監測站	第五 監測站	分析
PH 酸鹼值	8.2	7	7	7.2	7	正常水域在 6~7 之間
TDS 溶解 固體總含量	97	98	71	87	81	大於 100 易影響水生動物生長，而水質飲用水 40mg/l(國際 nsf 標準質)，40mg/l 以上建議停止飲用
O <sub>2</sub> 溶氧量	14mg/l	>14mg/l	14mg/l	14mg/l	10mg/l	急流會使溶氧增加，二氧化碳逸散，溶氧過多，造成魚類氣泡病，水生植物水下葉不利生長（0.5~5 適合）
CO <sub>2</sub> 二氧化碳	4mg/l	6mg/l	8mg/l	4mg/l	6mg/l	CO <sub>2</sub> 含量太高造成含氧不足，不利氧化還原會造成代謝不良，且有動物易窒息的情況發生
GH 總硬度	6°	7°	7°	9°	8°	>7° 不適合飲用

Fe 鐵含量	0.255mg/l	0.5mg/l	0.3mg/l	0.25mg/l	0.25mg/l	鐵含量直接影響水生植物進行醱交換的速率
KH 硬度	6°	8°	9°	7°	10°	>7° 不適合飲用
PO <sub>4</sub> 磷酸鹽	趨近 0	0.5mg/l	0.5mg/l	0.25mg/l	0.5mg/l	營養鹽主要來自飼料殘留 趨近於 0 為安全值，>0.5mg/l 產生毒性
NH <sub>4</sub> 銨	趨近 0	趨近 0	趨近 0	趨近 0	趨近 0	來自排泄物，若能轉化為氣體氨則無毒，固體(胺)則有毒 趨近於 0 為安全值
NO <sub>2</sub> 亞硝酸鹽	0.1 mg/l	0.1mg/l	0.1mg/l	0.1mg/l	0.1mg/l	是硝酸鹽氮循環過程中停滯所產生的產物
NO <sub>3</sub> 硝酸鹽	趨近 0	趨近 0	趨近 0	趨近 0	趨近 0	來自排泄物，趨近於 0 為安全值
水溫	19°C	22°C	22°C	22°C	22°C	溫度影響著所有水質變化

(五) 一月份調查紀錄 氣溫 10°C 連續七天寒流

	第一 監測站	第二 監測站	第三 監測站	第四 監測站	第五 監測站	分析
PH 酸鹼值	7.8	7	7	7.5	7.5	正常水域在 6~7 之間
TDS 溶解 固體總含量	48	61	71	81	103	大於 100 易影響水生動物生長，而水質飲用水 40mg/l(國際 nsf 標準質)，40mg/l 以上建議停止飲用
O <sub>2</sub> 溶氧量	14mg/l	> 14mg/l	14mg/l	12mg/l	10mg/l	急流會使溶氧增加，二氧化碳逸散，溶氧過多，造成魚類氣泡病，水生植物水下葉不利生長(0.5~5 適合)
CO <sub>2</sub> 二氧化碳	4mg/l	6mg/l	10mg/l	10mg/l	10mg/l	CO <sub>2</sub> 含量太高造成含氧不足，不利氧化還原會造成代謝不良，且有動物易窒息的情況發生
GH 總硬度	4°	6°	7°	8°	7°	>7° 不適合飲用
Fe 鐵含量	0.25mg/l	0.5mg/l	1mg/l	0.3mg/l	0.25mg/l	鐵含量直接影響水生植物進行醱交換的速率
KH 硬度	3°	4°	6°	6°	8°	>7° 不適合飲用
PO <sub>4</sub> 磷酸鹽	趨近 0	0.25mg/l	0.5mg/l	0.25mg/l	1mg/l	營養鹽主要來自飼料殘留 趨近於 0 為安全值，>0.5mg/l 產生毒性
NH <sub>4</sub>	趨近 0	1mg/l	0.5mg/l	0.5mg/l	5mg/l	來自排泄物，若能轉化為氣體氨則無

銨						毒，固體(銨)則有毒 趨近於 0 為安全值
NO <sub>2</sub> 亞硝酸鹽	趨近 0	<0.3mg/l	<0.3mg/l	<0.3mg/l	<0.3mg/l	是硝酸鹽氮循環過程中停滯所產生的 產物
NO <sub>3</sub> 硝酸鹽	趨近 0	趨近 0	趨近 0	趨近 0	趨近 0	來自排泄物，趨近於 0 為安全值
水溫	17°C	18°C	18°C	18°C	19°C	溫度影響著所有水質變化

(六) 二月份調查紀錄 連續三日下雨與量大 調查日轉晴

	第一 監測站	第二 監測站	第三 監測站	第四 監測站	第五 監測站	分析
PH 酸鹼值	8.3	7.6	7.3	7.6	7.5	正常水域在 6~7 之間
TDS 溶解 固體總含量	61	82	63	80	103	大於 100 易影響水生動物生長， 而水質飲用水 40mg/l(國際 nsf 標 準質)，40mg/l 以上建議停止飲用
O <sub>2</sub> 溶氧量	14mg/l	11mg/l	11mg/l	11mg/l	11mg/l	急流會使溶氧增加，二氧化碳逸散，溶 氧過多，造成魚類氣泡病，水生植物水 下葉不利生長(0.5~5 適合)
CO <sub>2</sub> 二氧化碳	4mg/l	6mg/l	6mg/l	6mg/l	6mg/l	CO <sub>2</sub> 含量太高造成含氧不足，不利氧化還 原會造成代謝不良，且有動物易窒息 的情況發生
GH 總硬度	6°	9°	5°	6°	6°	>7° 不適合飲用
Fe 鐵含量	趨近 0	0.5mg/l	1.0mg/l	>1.5mg/l	0.25mg/l	鐵含量直接影響水生植物進行醣交換的 速率
KH 硬度	4°	7°	10°	5°	6°	>7° 不適合飲用
PO <sub>4</sub> 磷酸鹽	0.5mg/l	1mg/l	1mg/l	0.5mg/l	0.7mg/l	營養鹽主要來自飼料殘留 趨近於 0 為安全值，>0.5mg/l 產生毒性
NH <sub>4</sub> 銨	0.5mg/l	3mg/l	3mg/l	1mg/l	3mg/l	來自排泄物，若能轉化為氣體氮則無 毒，固體(銨)則有毒 趨近於 0 為安全值
NO <sub>2</sub> 亞硝酸鹽	趨近 0	是硝酸鹽氮循環過程中停滯所產生的產 物				
NO <sub>3</sub> 硝酸鹽	趨近 0	來自排泄物，趨近於 0 為安全值				
水溫	19°C	22°C	21°C	22°C	22°C	溫度影響著所有水質變化

(七) 三月份調查紀錄 天氣陰、五日微雨

	第一	第二	第三	第四	第五	分析
--	----	----	----	----	----	----

	監測站	監測站	監測站	監測站	監測站	
PH 酸鹼值	8.6	7.6	7.6	7.8	7.6	正常水域在 6~7 之間
TDS 溶解 固體總含量	61	66	80	96	80	大於 100 易影響水生動物生長，而水質飲用水 40mg/l(國際 nsf 標準質)，40mg/l 以上建議停止飲用
O <sub>2</sub> 溶氧量	14mg/l	>14mg/l	10mg/l	14mg/l	14mg/l	急流會使溶氧增加，二氧化碳逸散，溶氧過多，造成魚類氣泡病，水生植物水下葉不利生長 (0.5~5 適合)
CO <sub>2</sub> 二氧化碳	4mg/l	2mg/l	8mg/l	2mg/l	6mg/l	CO <sub>2</sub> 含量太高造成含氧不足，不利氧化還原會造成代謝不良，且有動物易窒息的情況發生
GH 總硬度	2°	4°	2°	2°	3°	>7° 不適合飲用
Fe 鐵含量	0.1mg/l	0.25mg/l	0.7mg/l	0.3mg/l	0.3mg/l	鐵含量直接影響水生植物進行醱交換的速率
KH 硬度	2°	3°	3°	4°	4°	>7° 不適合飲用
PO <sub>4</sub> 磷酸鹽	趨近 0	1mg/l	1mg/l	1mg/l	1mg/l	營養鹽主要來自飼料殘留 趨近於 0 為安全值，>0.5mg/l 產生毒性
NH <sub>4</sub> 銨	趨近 0	3mg/l	3mg/l	1mg/l	1mg/l	來自排泄物，若能轉化為氣體氨則無毒，固體(胺)則有毒 趨近於 0 為安全值
NO <sub>2</sub> 亞硝酸鹽	趨近 0	趨近 0	趨近 0	趨近 0	趨近 0	是硝酸鹽氮循環過程中停滯所產生的產物
NO <sub>3</sub> 硝酸鹽	趨近 0	5mg/l	5mg/l	5mg/l	5mg/l	來自排泄物，趨近於 0 為安全值
水溫	20°C	23°C	25°C	25°C	24°C	溫度影響著所有水質變化

(八) 四月份調查紀錄

	第一 監測站	第二 監測站	第三 監測站	第四 監測站	第五 監測站	分析
PH 酸鹼值	7.5	7.2	7	7	7	正常水域在 6~7 之間
TDS 溶解 固體總含量	63	74	68	72	74	大於 100 易影響水生動物生長，而水質飲用水 40mg/l(國際 nsf 標準質)，40mg/l 以上建議停止飲用
O <sub>2</sub> 溶氧量	14mg/l	>14mg/l	13mg/l	13mg/l	12mg/l	急流會使溶氧增加，二氧化碳逸散，溶氧過多，造成魚類氣泡病，水生植物水下葉不利生長 (0.5~5 適合)

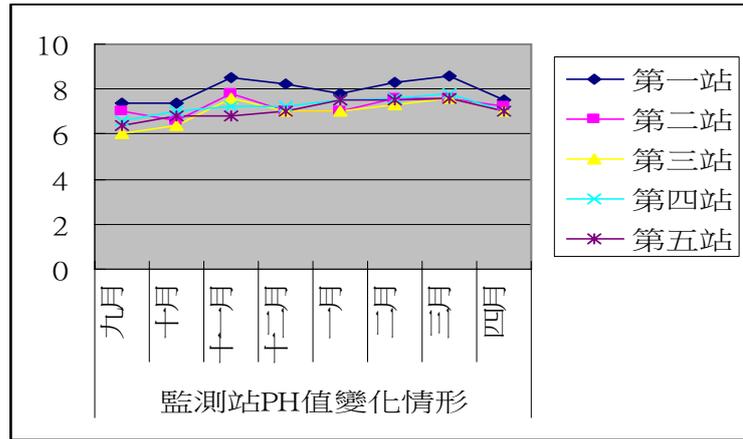
CO <sub>2</sub> 二氧化碳	3mg/l	9mg/l	5mg/l	3mg/l	3mg/l	CO <sub>2</sub> 含量太高造成含氧不足，不利氧化還原會造成代謝不良，且有動物易窒息的情況發生
GH 總硬度	5°	3°	4°	5°	4°	>7° 不適合飲用
Fe 鐵含量	0.25mg/l	0.4mg/l	0.7mg/l	0.25mg/l	1mg/l	鐵含量直接影響水生植物進行醣交換的速率
KH 硬度	3°	3°	4°	4°	6°	>7° 不適合飲用
PO <sub>4</sub> 磷酸鹽	趨近 0	1.5mg/l	1.5mg/l	1.5mg/l	1.8mg/l	營養鹽主要來自飼料殘留 趨近於 0 為安全值，>0.5mg/l 產生毒性
NH <sub>4</sub> 銨	趨近 0	3mg/l	3mg/l	3mg/l	4mg/l	來自排泄物，若能轉化為氣體氨則無毒，固體(胺)則有毒 趨近於 0 為安全值
NO <sub>2</sub> 亞硝酸鹽	趨近 0	趨近 0	趨近 0	趨近 0	趨近 0	是硝酸鹽氮循環過程中停滯所產生的產物
NO <sub>3</sub> 硝酸鹽	趨近 0	8mg/l	3mg/l	3mg/l	3mg/l	來自排泄物，趨近於 0 為安全值
水溫	21°C	26°C	26°C	23°C	25°C	溫度影響著所有水質變化

※討論：

1. PH 酸鹼值自第一監測站往往是偏向鹼性水而在第二監測站後逐漸酸化，表示水經過各地區後受到各式污染源所影響而漸漸偏向酸性水，到第四監測站又提升，因水源支流較多，有著許多直接從源頭流下的乾淨鹼性水流入主河道中，第五監測站又降低，顯示有使河川酸化物質(例如周圍經過農業使用後排出的廢水)排入。
2. TDS 是監測河川微小懸浮物的指標，但也因下游處水域較淺，溫度也容易升高，水溫升高，隨著碳酸鈣、碳酸鎂濃度提高，導電率加大，會使得 TDS 數據升高，我們發現懸浮物通常愈往下游則量漸增。
3. O<sub>2</sub>在測試期間發現五個監測站都有很高的含量，研判是鄉漁養殖池的水車不斷動作，增加瀑氣作用增加了養殖水中含氧量，而廢水排出後造成O<sub>2</sub>值增加。
4. 磷酸鹽、銨、硝酸鹽及亞硝酸鹽在第二站以下也都有檢測出，顯示養殖場及家庭廢水確實會帶來水污染。
5. GH 總硬度及 KH 硬度也有往下游逐漸增加之趨勢，顯示養殖廢水中含有碳酸鹽及鈣、鎂離子。
6. 鐵質含量也隨地點有不同的數值產生，顯示有含鐵質廢水流入。

四、水質檢試結果分析

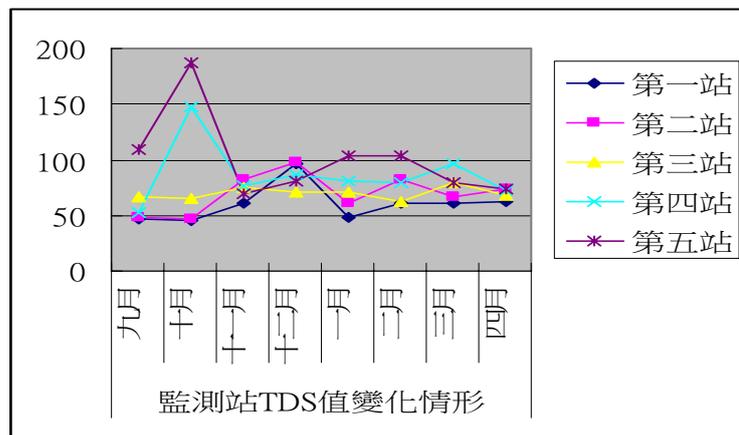
(一) PH 值測試結果分析



※討論：

- 1.第一站的水自山中湧出，檢測後發現酸鹼值最高，是鹼性水；往下游逐漸酸化，經圖表顯示第三站是酸化最嚴重的水域，顯示香魚養殖場及養雞場會排放造成河川酸化的物質(研判其中污染源為：殘餌造成的腐敗物質流入水中，動物屍體粉解後的屍水，排泄物等等會直接酸化水流的物質所造成)。
- 2.原始水域 PH 值是鹼性的，台灣原生種水棲生物也習慣在 PH 值鹼性的水域中生活，PH 值酸化除了會造成較敏感的水棲生物無法存活，而有著淨化水質的水生植物，同樣也會因為 ph 的變化造成代謝不良，生長停滯，無法有效進行光合作用等等，不但無法淨化水質，腐敗的水草也會形成污染源之一。
- 3.水生植物細胞液 PH 值約在 6.5 左右，偏鹼的水域環境會使水生植物生長受限，因此在本次調查中發現，在第一站因為瀑氣作用多，含氧量極高，且水流強勁，加上完全的水泥化，使得此地雖然擁有優良的水質，卻幾乎沒有水生植物存在。

(二) TDS 值測試結果分析

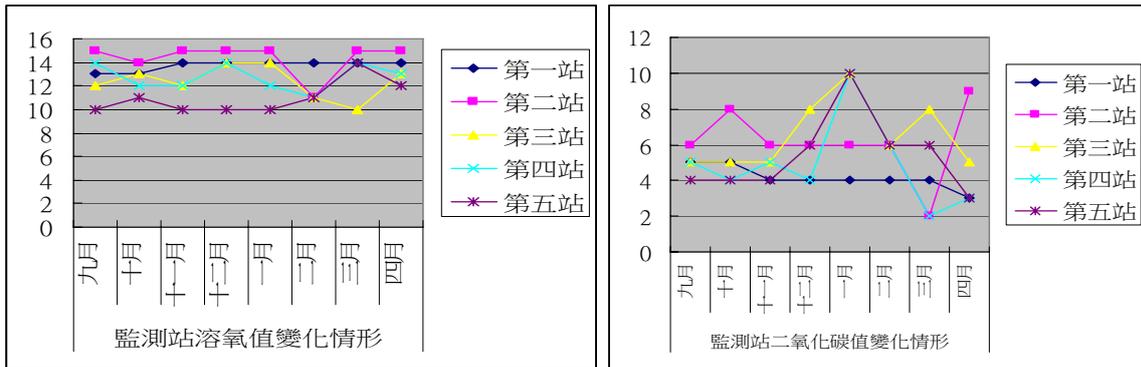


※討論：

1. TDS 為水中微小懸浮物質的指標，由折線圖可以看出大致也是愈往下游逐漸增高，第三站數值下降的可能原因為第三站幾乎是靜止水域，懸浮物質沉澱也因下游處水域較淺，溫度也容易升高，水溫升高，隨著碳酸鈣、碳酸鎂濃度提高，導電率加大，會使得 TDS 數據升高。

2. 十月份數值暴增，因為檢試時間正好在颱風過後，各站水流湍急，沖刷之下造成懸浮物值增加。

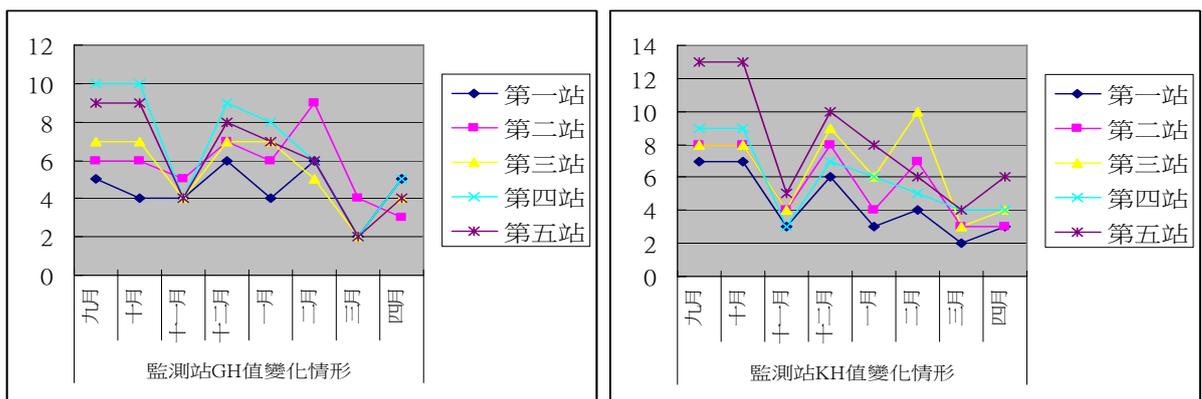
(三) O<sub>2</sub>與CO<sub>2</sub>值測試結果分析



※討論：

1. 第一站與第三站水流速快，經曝氣作用造成溶氧量高，第二站則因香魚養殖場不斷的打氧氣，排出廢水造成第二站的溶氧量是五個監測站中最高的。
2. O<sub>2</sub>值大於 10mg/l 會使CO<sub>2</sub>值降低，不利水生植物生長，五個監測站O<sub>2</sub>值幾乎都大於 10mg/l，因此也能觀察到水圳中水生植物生長的情形並不理想。
3. 二月份香魚養殖場在清理池子沒有打氧氣，造成當月第二站O<sub>2</sub>值明顯下降。
4. CO<sub>2</sub>來自水中生物呼吸作用排放與空氣中co<sub>2</sub>的溶入，但測試結果除第一站CO<sub>2</sub>值穩定，其他各站CO<sub>2</sub>值都很不穩定，原因尚待探。

(五) GH 值與 KH 值測試結果分析

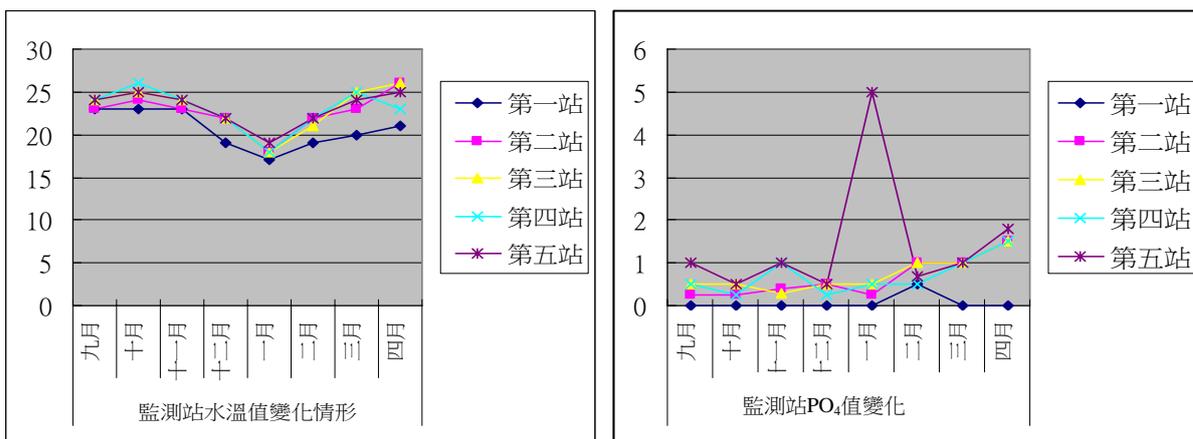


※討論：

1. GH 硬度與 KH 硬度都有從第一站往下游遞增情形，顯示水的硬度增加；鈣、鎂離子與碳酸鹽含量也增加，九月、十月、十二月、二月有三個高峰期，研判是採樣前都有很大的降雨量，沖刷山壁造成崩塌，山中含有石灰質含量較高的石材若入水域中，研判此導致水中硬度增加。
2. 排泄物、飼料殘餘也會造成水中硬度增加，因此測試前若正好遇到養殖場廢水排放

也會導致硬度增加。

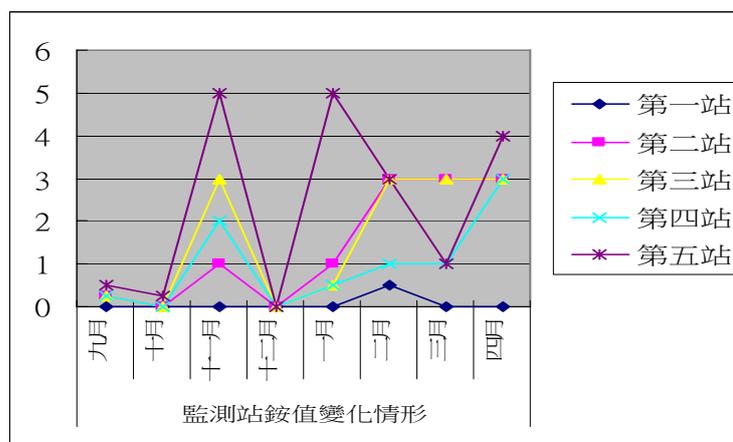
#### (六) 水溫與PO<sub>4</sub>磷酸鹽值測試結果分析



#### ※討論：

1. PO<sub>4</sub>磷酸鹽來自腐爛的樹葉、動物屍體、飼料殘留的有機廢水等；由圖表可以看出磷酸鹽含量也是往下游逐漸遞增，有幾個高峰期研判也是來自養殖場排放廢水有關。
2. 一月份第五站的數值爆增，上游養豬場正在進行大掃除，廢水排入。
3. 三四月後測量數值漸增加，原因為溫度增加，使得細菌分解的速率加快。

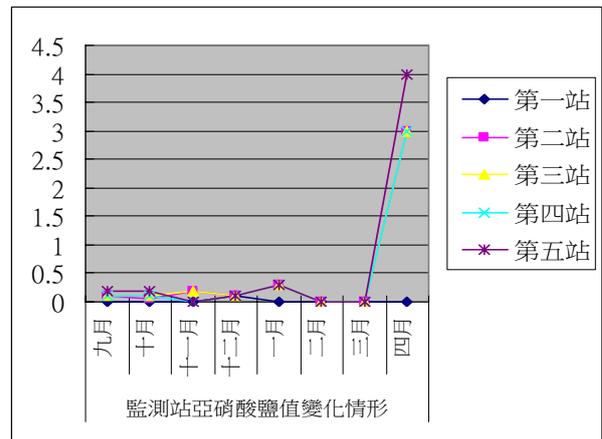
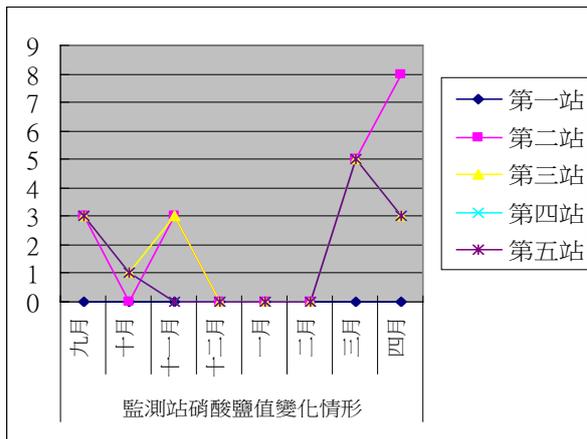
#### (七) NH<sub>4</sub>銨值測試結果分析



#### ※討論：

1. 銨含量也是由第一站往下游遞增，但第三站數值又下降，與第三站有清澈之流匯入有關。
2. 銨來自排泄物，因此愈往下游數值越高。
3. 圖表中也可以見到三個高峰期，與硬度值升高的高峰期相仿，因此可以判定是養殖場排放廢水造成。

#### (八) NO<sub>2</sub>與NO<sub>3</sub>值測試結果分析



※ 討論：

- 1.硝酸鹽營養源在第二站出現的數值最高，因第二站是香魚養殖場，在九月、十一月、及三、四月是養殖高峰，會添加營養液，魚隻未完全吸收，所以經廢水排出後造成水中硝酸鹽增加。
- 2.硝酸鹽在自然界的消化系統中會被植物吸收，但若水中植物不足或者生長不良，吸收停滯，經過沉澱作用後則轉換變成亞硝酸鹽；在本調查水圳中水生植物生長情形普遍不理想，因此有亞硝酸鹽的成分出現。尤其再三四月達到最高，與水中硝酸鹽增加有關，究其原因仍然來自養殖場居多。

六、以生物指標分析內城環山水圳之水質：經五次採集結果如下

監測站	採集生物	水質判斷
第一監測站	1.石蠅稚蟲 2.扁蜉孀稚蟲 3.龍虱 4.牙蟲 5.長鬚石蠅幼蟲 6.流石蠅幼蟲 7.石蛉稚蟲 8.短顎米蝦 9.過山蝦 10.大里澤蟹 11.宜蘭澤蟹 12.川蜷 13.日本禿頭鯊 14.水蛭 15.渦蟲	貧腐水性 未受污染之水域
第二監測站	1.蜻蜓水蠶 2.細蟪科水蠶 3.琵琶科水蠶 4.短顎米蝦 5.紅蟲 6.龍虱 7.錐實螺 8.福壽螺 9.台灣蜆 10.烏魚 11.大肚魚 12.日本禿頭鯊 13.水蛭	$\alpha$ -中腐水性 中度污染之水域
第三監測站	1.細蟪水蠶 2.琵琶水蠶 3.大肚魚 4.吳郭魚 5.水蛭 6.紅蟲	$\alpha$ -中腐水性 中度污染之水域

第四監測站	1.扁蜉蝣 2.雙尾小蜉蝣 3.東方蜉蝣 4.扁泥蟲 5.縞石蠶 6.石蛉 7.細螽水蠶 8.幽螽水蠶 9.珈蔥水蠶 10.短顎米蝦 11.大里澤蟹 12.宜蘭澤蟹 13.長臂蝦 14.美國螯蝦 15.川 蜷 16.錐實螺 17.福壽螺 18.台灣蜆 19.石濱 20 吳郭魚	$\beta$ -中腐水性 輕度污染的河域
第五監測站	1.雙尾小蜉蝣 2.姬蜉蝣 3.東方蜉蝣 4.扁泥蟲 5.縞石蠶 6.勾蜓水蠶 7.蜻蜓水蠶 8.春蜓水蠶 9.弓蜓水蠶 10.細螽 水蠶 11.琵琶水蠶 12.幽螽水蠶 13.短顎米蝦 14.錐實螺 15.福壽螺 16.台灣蜆 17.石濱 18.烏魚 19.大肚魚 20.日本 禿頭鯊 21.吳郭魚 22.泥鰱 23.水蛭 24.水蟲 25.紅蟲 26. 扁蜉蝣	$\beta$ -中腐水性 輕度污染的河域

※ 討論：

- (一) 第一監測站採集到 15 種水棲生物：石蠅稚蟲、扁蜉蝣稚蟲、龍虱、牙蟲、長鬚石蠶幼蟲、流石蠶幼蟲、石蛉稚蟲、短顎米蝦、過山蝦、大里澤蟹、宜蘭澤蟹、川蜷、日本禿頭鯊、水蛭、渦蟲，有 7 種是貧腐水性之指標生物，所以我們將第一監測站列為貧腐水性屬於未受污染之水質。
- (二) 第二監測站採集到 13 種水棲生物：蜻蜓水蠶、細螽科水蠶、琵琶科水蠶、短顎米蝦、紅蟲、龍虱、錐實螺、福壽螺、台灣蜆、烏魚、大肚魚、日本禿頭鯊、水蛭，蜻蛉目水蠶屬於耐污力較強之物種，又有大量錐實螺及福壽螺，所以將此河段列為  $\alpha$ -中腐水性屬於中度污染之河川。
- (三) 第三監測站採到 6 種水棲生物：細螽水蠶、琵琶水蠶、大肚魚、吳郭魚、水蛭、紅蟲，有 3 種屬於強腐水性之指標生物，因仍有蜻蛉目稚蟲棲息，所以將這一河段列入  $\alpha$ -中腐水性屬於中度污染之河段。
- (四) 第四監測站採集到 20 種水棲生物：扁蜉蝣、雙尾小蜉蝣、東方蜉蝣、扁泥蟲、縞石蠶、石蛉、細螽水蠶、幽螽水蠶、珈蔥水蠶、短顎米蝦、大里澤蟹、宜蘭澤蟹、長臂蝦、美國螯蝦、川蜷、錐實螺、福壽螺、台灣蜆、石濱、吳郭魚，貧腐水性、中腐水性、強腐水性之指標生物全部俱全，因屬於  $\beta$ -中腐水性之指標生物較多，故將此河段列為輕度污染之水域。
- (五) 第五監測站採集到 25 種水棲生物：扁蜉蝣、雙尾小蜉蝣、姬蜉蝣、東方蜉蝣、扁泥蟲、縞石蠶、勾蜓水蠶、蜻蜓水蠶、春蜓水蠶、弓蜓水蠶、細螽水蠶、琵琶水蠶、幽螽水蠶、短顎米蝦、錐實螺、福壽螺、台灣蜆、石濱、烏魚、大肚魚、日本禿頭鯊、吳郭魚、泥鰱、水蛭、水蟲、紅蟲，也是貧腐水性、中腐水性、強腐水性之指標生物全部都有，因屬於  $\beta$ -中腐水性之指標生物較多，故將此河段列為輕度污染之水域。

## 陸、結論與建議

- (一) 酸鹼值有自上游至下游逐漸酸化之現象。
- (二) 有急流會增加溶氧，第一點與第四點水流及溶氧增加，但因香魚養殖池打氧氣，溶氧量在第二點提昇。溶氧量太高會排擠二氧化碳，會影響水生植物的生長，尤其不利沉水葉發展，因此水圳中的水生植物普遍生長情形不佳，也會使得硝

酸鹽轉變成有毒性的亞硝酸鹽。

- (三) 總硬度自上游至下逐漸增加，研判養殖場的飼料有礦物質成分。
- (四) 磷酸鹽、銨、亞硝酸鹽、硝酸鹽需趨近於 0，才是乾淨無污染的水域，除第一監測站是無污染水域之外，其餘四站都有輕重程度不一的污染，而污染也有高峰期，顯示是人為的。
- (五) 磷酸鹽的成分主要來自飼料殘留，自第一點到第五點逐漸遞加，顯示飼料殘留對水質影響甚大。
- (六) 銨來自排泄物，經養殖場及家庭廢水排入而增加。
- (七) 硝酸鹽為主要營養源，是飼料及營養液殘存物，因此在第二點之後經過三種養殖場，含量逐漸遞增。
- (八) 營養源若沒有經植物吸收，會由硝酸鹽轉化為亞硝酸鹽，內成圳中水生植物生長情形不佳，因此在大自然的消化系統中缺少一環，第二點以下都有亞硝酸鹽含量。
- (九) 經水棲生物調查，經由「水棲生物指標」做水質判斷，第一站是無污染的貧腐水域，第二站與第三站是中度污染的「 $\alpha$ -中腐水性」水域，第四站與第五站是中度污染的「 $\alpha$ -中腐水性」水域，與水質監測的結果相符。
- (十) 內城環山水圳的水源是純淨無污染的，經過少數養殖場及家庭廢水就使水質產生劇烈變化，甚至產生毒性。建議養殖場廢水需要加裝污水管理系統，家庭廢水也應該經過處理後排放，才不會造成水源污染。

## 柒、參考文獻

- 一、黃萬居 (民 86)。台灣河川底棲生物手冊—水棲昆蟲。台北市：行政院環保署環境檢驗所
- 二、康軒六下第三單元生物與環境
- 三、水棲昆蟲的天堂——雙連埤 <http://www.sow.org.tw/defend/action/swan-lien-pi/insects.htm> 賴建忠
- 四、台灣河川 <http://contest.ks.edu.tw/~river/file/default.htm>
- 五、高屏溪 <http://contest.ks.edu.tw/~river/kariver/ecotope/insect/insetc.htm>
- 六、淡水生物多樣性調查方法與評估指標  
<http://www.niea.gov.tw/analysis/publish/month/50/50th3-2.htm>
- 七、水質優劣的重要指標—水棲昆蟲 (Aquatic insects)  
[http://life.nthu.edu.tw/~labtcs/Salmon/life\\_cycle/water\\_worm.htm](http://life.nthu.edu.tw/~labtcs/Salmon/life_cycle/water_worm.htm)
- 八、台北外雙溪常見之水棲昆蟲與其生態  
<http://nature.tesri.gov.tw/tesriusr/internet/natshow.cfm?IDNo=787>
- 九、水域生態環境研究中心 <http://www.chu.edu.tw/~weec/intro.htm>

## **【評語】 080510**

經由水質檢測和生物指標交叉驗證，深入調查河流的水質，  
值得鼓勵。