

惡水之龍—生物指標與溪流污染之研究

高中組生物科第二名

國立華僑實驗高級中學

作 者：王丹平、高秋動

江適家

指導教師：譚天常、潘寧民

一、研究動機

隨著人類文明的進步，環境污染日趨嚴重。而環境污染中除了空氣污染外，河川溪流的污染；亦漸受重視。故我們選擇了離校較近的三峽大豹溪（下游又稱三峽溪），研究其沿岸的露營區、烤肉區、遊樂區、住宅區、垃圾場、工廠及農田等，對該溪流的污染情形，做更進一步的探討。而污染情形的測定，除了利用理化儀器之外，最主要的是利用一些水棲生物來當做污染指標，進而推廣之。以下就是我們一系列的探討與研究：

二、研究目的

- (一)大豹溪水文、地形、生態之探討：
- (二)大豹溪理化因子與水質污染關係之探討：
- (三)大豹溪水棲動物與水質污染關係之探討：
- (四)大豹溪浮游生物與水質污染關係之探討：
- (五)大豹溪大腸菌類與水質污染關係之探討：
- (六) H_2O_2 與大豹溪水質優養化關係之探討：

三、研究內容

(一)大豹溪水文、地形、生態之探討：

大豹溪起源於台北縣三峽北插天山（如圖1），流經滿月圓、勒仔、插角、湊合，下遊進入三峽市區（此段特稱三峽溪），然後與石門水庫的主要溪流大漢溪會合，流經樹林、土城、板橋，最後與淡水河匯合入海。大豹溪全長約21公里（含三峽溪），我們依照其沿岸的可能污染源，共設六個站，分別為S₁、S₂、S₃、S₄、S₅、S₆（如圖2）。自七十八年八月至七十九年一月，每月調查一次其沿岸的水文、地形、生態，調查結果（如表1.2）。

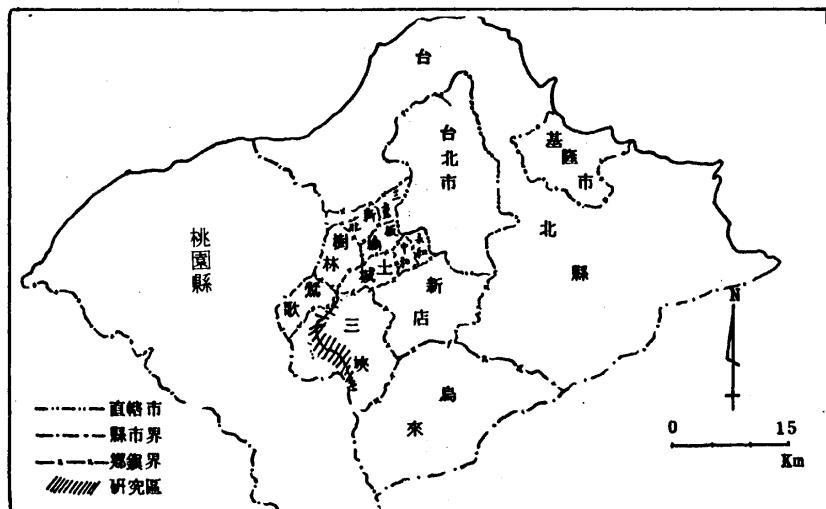


圖1：研究區相對位置（台北縣）

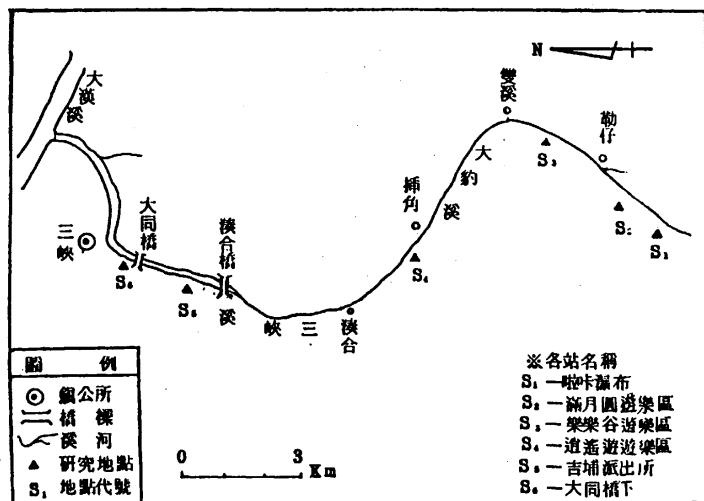


圖2：研究區位置及各站名稱

站名 項目	S ₁ 啦卡 瀑布	S ₂ 滿月圓 遊樂區	S ₃ 樂樂谷	S ₄ 逍遙遊 遊樂區	S ₅ 吉 埔 派出所	S ₆ 大同橋	
可 污 染 能 源	少露烤 數營肉	露 烤 營 肉	樂 樂 谷	遊 樂 樂	村 遊 樂 落 區	工 垃 圾 廠 場	城 家 工 市 農 廣 住 田

表1：各站可能污染源

項目 測站 驗名稱	河 深 (cm)	河 寬 (m)	流 速 (m/sec)	沿 岸 植 物	河岸景觀	河底岩 石 相
S ₁	55	10	0.30	闊葉樹	大 型 岩 石 壁	砂 石
S ₂	32	15	0.19	闊葉樹	土 質 壁 大型石塊	鵝卵石
S ₃	57	20	0.23	象 草	一 岸 為 石 一 岸 為 沙 土 大 型 石 塊	砂 石
S ₄	42	40	0.31	蘆 莖	板 岩 塊 大 石 塊	砂 石
S ₅	49	35	0.20	五 節 芒 蘆 莖 竹 林 象 草	沙 土 鵝 卵 石	泥 土 鵝 卵 石
S ₆	39	38	0.22	蘆 莖 五 節 芒	人 工 河 堤 壩	泥 土 鵝 卵 石

表2：各站沿岸之水文、地形、生態狀況

(二)大豹溪理化因子與水質污染關係之探討：

1. 實驗過程：從七十八年八月至七十九年一月，每個月做一次，每次選擇兩日晴天之後的星期六，至各站取樣，分別於溪流岸邊、中間（水流急與緩處），做下列實驗：(1)分別用儀器當場測量水質之PH值及溶氧量，並求其平均值。(2)分別取水樣，返回實驗室後，於一天之內用儀器測量其導電度、混濁度之值、及磷酸鹽、硝酸鹽的含量，並求其平均值。

2. 實驗結果：(如圖3~8)

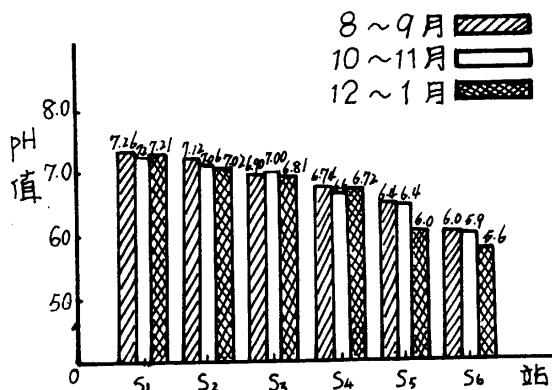


圖3:每月各站之水質pH值

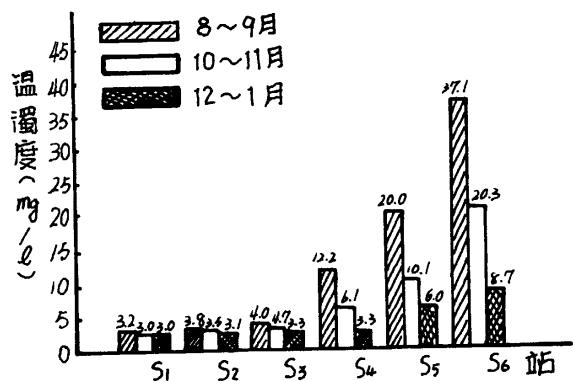


圖6:每月各站之水質溫度

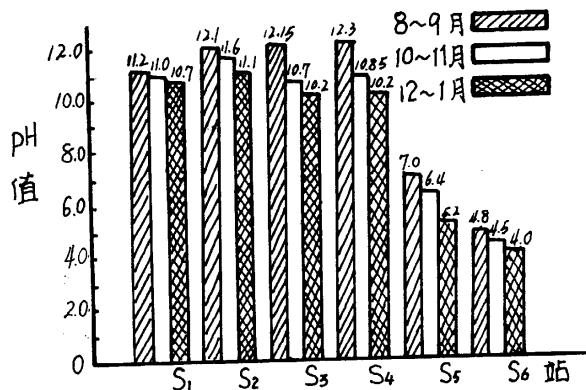


圖4:每月各站之水質溶解量

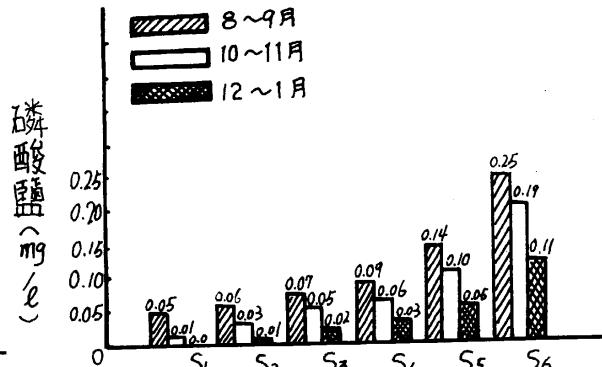


圖7:每月各站之水質磷酸鹽含量

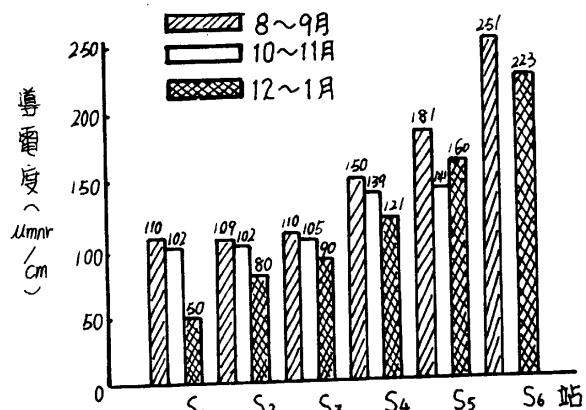


圖5:每月各站之水質導電度

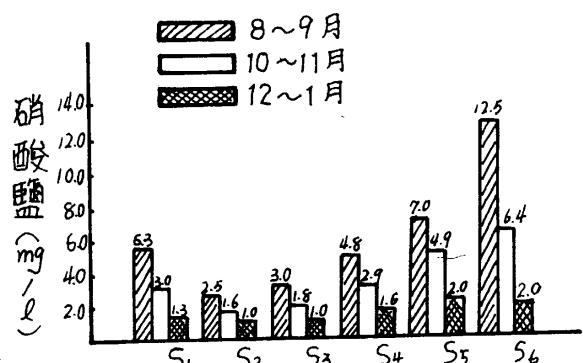


圖8:每月各站之水質硝酸鹽含量

項 目	溶 氧 量 (D.O)	混 濁 度 (S.S)	磷 酸 鹽 (PO ₄ ⁻)	氨 氮 鹽 (NH ₃ - N ₂)	pH 值	水 溫 ℃
一般溪流 理化因子	>6.5	<20	0.01 ~ 0.1 足 够加速	<0.5	6.0 — 9.0	<35

表3：一般溪流理化因子之範圍

3. 討論：(1)由(表3)及(圖3~8)可看出，大豹溪自上游經中、下流，水質有漸趨污染的現象。尤以S₅、S₆兩站更為嚴重。因S₅、S₆站的污染源較多。八至九月因雨量大，大量的雨水使溪流沿岸的磷酸鹽、無機氮鹽流入溪流中，使水中這些鹽類的含量增高，造成優養化現象，使溪流生態遭到嚴重破壞。且此時根據Leibig's Law of the minimum得知N/P比為50，磷(P)成為藻類生長的限制因子。同時亦因垃圾及土地使用不當(大量土質流失)及溪底翻轉，使水中混濁度相對提高，進而影響水中之綠色植物的光合作用及底棲性生物的呼吸作用。十二月至一月因雨量少及地形平坦的關係，使水流速變慢、河床窄而淺，此時若有污染易造成累積，譬如pH值、溶氧量變小，對水棲生物有影響，甚至大量死亡。(2)S₂至S₄站雖然pH值、溶氧量均在一般溪流理化因子範圍內，但值得注意的是其磷酸鹽之值已超過加速優養化的值，已有加速優養化的現象，需特別重視。(3)第S₁站污染較少，但硝酸鹽含量較S₂站為高，可能是因為其岸邊兩側頁岩較多及樹林茂盛流入水中造成。同理S₂站水中溶氧量較S₁站高，可能因為第S₂站岸邊兩側樹林不像第S₁站茂盛，易於接受陽光進行光合作用所致。

由於溪流的理化因子常隨著環境的變化而改變，故我們在實驗(二)所做的實驗結果，應該只能代表實驗短期的現象。若欲代表較長期的結果，常需藉用生活在該溪流中的水棲生物，根據Caimns和Dickson

(1971年)指出選用水棲生物，評估水質之三個理由：(1)許多水棲生物對水污染特別敏感，並反應迅速；(2)大部分水棲生物在未受污染情況下，可在水中生存一年以上，可表示過去長時間之環境影響與變化；(3)由於水棲生物多為固定生活在某一區域，並不隨便遷徙，因此可作判斷水質變化之天然監視儀。故我們做了下列三個實驗：

(三)大豹溪水棲動物與水質污染關係之探討：

1. 實驗過程：採樣時間同實驗(二)，各站分別於溪流、岸邊、中間（水流急與緩處），各取五塊大小相似之石頭，辨識並計算其反面之水棲動物數量，並求其平均值。

2. 實驗結果：整理（如表8）

水質 階級	A 清潔的水域					B 略污濁的水域					C 污濁的水域					D 非常污濁的水域			
	A.B					C.D													
指標 生物	1.澤 蟹	2.漬 類	3.河 螺	4.蛇 黑	5.蜉 螺	6.石 蠶	7.小 縞	8.蜻 蛉	9.寬 板	10.大 口	11.蛭 類	12.水 蟲	13.佐 保	14.紅 蟲	15.污 水	16.顎 蟲	17.翻 類	18.管 螺	尾 蟲

表7：指標生物（取自日本水淨化會）

3. 討論：(1)根據(表7)與(表8)，我們發現日本水淨化會所發現的水棲動物與水質污染關係，大部分均適用於我們的研究，但是某些略有不同。例如日本報告中提出石蠶類屬於清潔與略污濁水域之間的污染指標，根據我們的實驗結果，認為它應該屬於略污濁與污濁之間的污染指標；日本報告認為大口螺類屬於略污濁水域的污染指標，但根據我們的實驗結果，我們認為他應該屬於污濁與非常污濁水域的污染指標。日本報告又認為河黑螺可以當作污染指標，但根據我們的實驗結果我們認為，它並不是一個明顯的水質污染指標，因為他們在各種水質階級中均大量存在，只是非常污濁水域較少。(3)蜉蝣類雖廣泛存在於污濁及清潔水域，但在污染嚴重的水域大多發現頭部較小之類的蜉蝣，大頭蜉蝣的數量較少。反之在清潔水域，大頭蜉蝣則有增多的趨勢，小頭蜉蝣則數量銳減；因此蜉蝣的頭部外觀，應也可作為

污染程度的指標。(4)我們也研究了該溪流的三種主要魚類，苦花、溪哥、鯉魚，發現溪哥可以當做略污濁與污濁水域之間的污染指標，而鯉魚屬於非常污濁水域的污染指標，而苦花則可以當作清潔水域與略污濁水域的污染指標。

水 質 級	站 水棲動物						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
A. 清潔水域	澤蟹	12	5	0	0	0	0
	橫翅類	10	6	0	0	0	0
	蛇蜻蛉	15	10	1	0	0	0
A.B	苦花	40	30	10	0	0	0
B. 的水略域污濁	蜻蛉類	2	10	15	5	0	0
	寬板扁泥蟲	0	12	15	4	0	0
	豆娘	0	13	10	4	0	0
	石蠶類	0	0	6	22	5	0
	溪哥	0	0	26	32	33	0
	小縞石蠶	0	0	0	8	10	0
C. 污濁水域	水蟲	0	0	0	10	14	0
	蛭類	0	0	0	16	30	4
	大口螺類	0	0	0	5	54	25
	紅蟲	0	0	0	5	48	20
C.D	污水菌類	0	0	0	□	■	■
D. 非常污濁的水域	鯉魚	0	0	0	0	0	23
	顎蚓類	0	0	0	0	25	15
	翻轉螺	0	0	0	0	54	28
	管尾蟲	0	0	0	0	5	20
備考	河黑螺	41	29	26	26	25	3
	蜉蝣類	30	43	33	35	53	12

□少量 ■中等 ■大量
表8：各站水棲動物含量之總表

(四)大豹溪浮游生物與水質污染關係之探討：

1. 實驗過程：採樣時間同實驗(二)，各站分別於溪流的岸邊攬動底泥及刮取石頭表面取樣，並於溪流中央之水急、緩處，水面深度10公分內，刮取石頭表面取樣。每處各取5毫升取回後，立即用顯微鏡辨識並計算其數量。

2. 實驗結果：整理（如表13）

水質階級	A 清潔的水域		B 略污濁的水域		C 污濁的水域		D 非常污濁的水域		
指標生物	微星鼓藻	錐囊藻	間生藻	盤星藻	柵藻	直鏈藻	眼蟲	蛭輪蟲	顫藻
物	藻	藻	藻	藻	藻	藻	蟲	蟲	藻

表12：指標生物與水質階級關係
(取自施炳霖等人報告)

站名	S ₁	S ₂		S ₃		S ₄		S ₅		S ₆
可能污染源	少數營肉	露營烤肉	樂樂谷遊樂區	村落遊樂區	工廠垃圾場	城市住家農工	田廠			
水質階級	清潔水域	清潔水域與略污染之間	略污染水域	略污染與污濁水域之間	污濁與非常污濁水域之間	非常污濁水域				
優養化程度	無	前期	前期	前中期	中期	後期				
前期：正在加速優養化 中期：優養化顛峰（水生生物數量最多） 後期：因缺氧等因素，水生生物大量減少										

表14：6站的水質污染階級與優養化程度

水質 階級	浮游生物	站	S1	S2	S3	S4	S5	S6
			S1	S2	S3	S4	S5	S6
清潔 水域	Micrasterias sp. 微星鼓藻	18	5	0	0	0	0	0
	Dinobryon sp. 錐囊藻	■	□	□	0	0	0	0
略 污濁 水域	Oedogonium sp. 間生藻	0	□	□	□	0	0	0
	Pediastrum sp. 四角盤星藻	0	4	32	11	0	0	0
污 濁 水 域	Scenedesmus sp. 柵藻	0	0	0	■	■	0	0
	Melosira sp. 直鏈藻	0	0	0	□	■	0	0
	Tabellaria sp. 平板藻	0	0	0	■	■	0	0
	Cymbella sp. 橋彎藻	0	0	0	15	43	18	0
非常 污濁 水 域	Euglena sp. 眼蟲	0	0	0	2	26	31	0
	Philodina 蛭輪蟲	0	0	0	0	30	23	0
	Oscillatoria sp. 顫藻	0	0	0	□	■	■	0

□少量 ■中等 ■大量
表13：各站浮游生物數量之總表

3. 討論：(1)根據(表12)及(表13)我們發現我們所參考施炳霖、齊家、水野壽彥等人的報告中，所發現的浮游生物與水質關係和我們的實驗結果大致相符合。但我們特別發現他們未提到的幾種藻類：平板藻、橋彎藻卻可以當作污濁水域的污染指標。

●根據實驗結果(三)、(四)的生物指標與水質污染的關係，我們可以將所研究的六個站的水質污染階級與優養化程度歸納如(表14)，從(表14)可看出露營、烤肉、遊樂、住家、農田、工廠、垃圾均會對溪流造成不同程度的污染。

(五)大豹溪大腸菌類數量與水質關係之探討：

1. 實驗過程：

(1)擬定實驗：①由S₁至S₆站，各取水樣10毫升，及乳糖肉湯20毫升，混合後置試管內。

②試管內放置乳糖醣酵管。

③將上述裝置放入37°C恆溫箱培養24小時觀察有無氣泡出現。

(2)確定實驗：①各取水0.15毫升之水樣。

②將水樣均勻塗抹於EMB培養基內。

③將培養皿置入37°C恆溫箱培養24小時。

④取出培養皿計算有金屬光澤之大腸菌類菌落數
。

⑤換算成每100毫升原始水樣含有大腸菌類之最
大可能數。

※以上實驗各做兩組，求其平均值。

2. 實驗結果：(如表15)

站名	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
大腸菌類 之最大可 能數(MPN) (100ml)	900	1800	8000	4900	22400	12600

表15：各站大腸菌類之最大可能數

河川 水質階級	甲	乙	丙	丁
每100毫升 中含大腸菌 類之MPN	50以下	5000以下	10000以下	10000以上

※甲、表示該河川水經處理後，可作一級飲用水。
乙、丙：表示該河川水經處理後，可作二級飲用水。
丁：表示該河川水經處理後，不可作飲用水，只適合作灌溉、工
業用水等。

表16：河川大腸菌類數量與水質關係（環保法令）

3. 討論：由（表15）可看出各站均有大腸菌類存在，且愈往中、下游愈多，其主要原因可能來自糞便的污染，實在值得重視。根據環保法令（如表16），我們可看出所研究的六站S₁、S₂是屬於乙級河川水質，S₃、S₄是屬於丙級河川水質，若經處理後，尚可當做飲用水，但不宜生飲（露營、烤肉時應時特別注意）。S₅、S₆已屬於丁級河川水質，只適合工業用水及灌溉，不適合做飲用水，但因其水質中大腸菌類含量過高，故當我們食用該站之魚類及岸邊之蔬菜時，務必注意熟食。

(六) H₂O₂與大豹溪水質優養化關係之探討：

1. 實驗過程：同實驗(四)，於各站取水樣各10mℓ加入20mℓ之H₂O₂振盪三分鐘，利用排水集氣法（如圖9）收集O₂產生之量，並比較之。

2. 實驗結果：（如圖10）

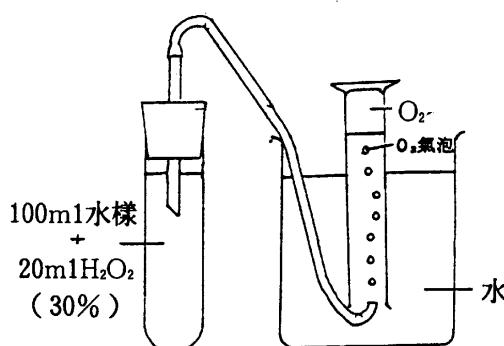


圖9：各站水樣與H₂O₂反應產生O₂裝置

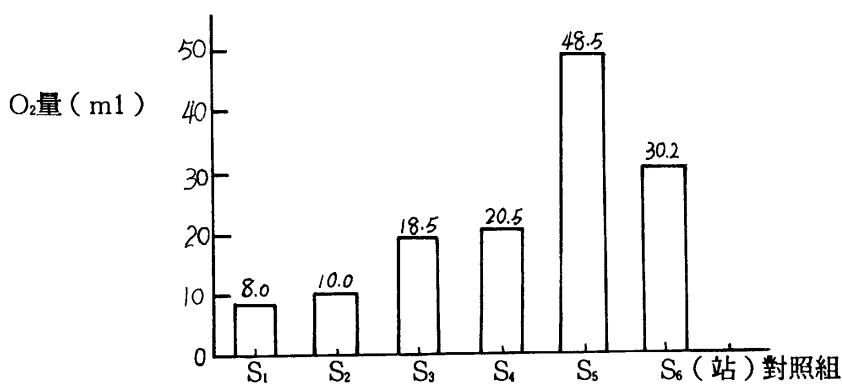


圖10：各站水樣與H₂O₂反應產生O₂量之比較

3. 討論：

- (1)一般生物體均有觸酶 (catalass) 可將 H_2O_2 分解成 O_2 和 H_2O 。
- (2)乾淨的水中不含浮游生物，故不會和 H_2O_2 反應產生 O_2 ，但溪水中則可能因浮游生物的存在，產生數量不等的 O_2 ，我們推測產生 O_2 量較多的水質，應含較多量浮游生物。
- (3)本實驗結果顯示 S_5 的水中浮游生物在大豹溪各站中達到最高量， S_6 則已趨減與 (表 14) 推測之優養化程度 S_2 、 S_3 為前期， S_4 為前中期， S_5 為中期 (巔峰) ， S_6 為後期，頗為吻合。

四、結論

1. 由水質的理化因素中，可看出 S_5 、 S_6 磷酸鹽及硝酸鹽之值偏高，溶氧量偏低，優養化現象非常嚴重。 S_2 至 S_4 站雖然溶氧量在標準值以上，但由磷酸鹽的值可看出，他們已有加速優養化的現象，實在值得重視。

2. 理化因子的測試常需藉助貴重儀器，且理化因子常隨環境的改變而有變化。以水棲生物當做污染指標，則可克服上述問題。

3. 水棲動物可當作污染指標的有澤蟹、積翅類 19 種如 (表 8)，可將溪流水質區別為清潔、略污濁、污濁與非常污濁四種水域。其中我們發現與日本報告不同的有(1)石蠶類應屬於略污濁與污濁水域之間的污染指標。(2)大口螺應屬於污濁與非常污濁水域之間的污染指標(3)河黑螺不是一個明顯的污染指標。(4)蜉蝣類的頭部外觀亦可當做污染程度的指標。(5)溪哥、苦花、鯉魚亦可當作污染指標。

4. 浮游生物可當作污染指標的有：微星鼓藻、盤星藻等 11 種，其中平板藻、橋彎藻是我們新發現可當作污濁水域的生物指標。

5. S_1 至 S_4 站雖有大腸菌類污染，但經處理後仍可當作飲用水， S_5 、 S_6 站則只能當作工業及灌溉用水。

6. 由實驗結果得知 S_5 、 S_6 站的水質污染程度已屬於污濁水域以上污染程度，故應加強工廠、農田、住家廢水之處理。 S_2 至 S_4 污染亦漸趨嚴

重，故應重視遊樂區遊客環保道德觀念之建立。

五、參考資料

- (一)水、污水、與廢水之標準檢驗法 羅美棧 台灣省環境衛生所 (1975), P.202-240。
 - (二)微生物學實驗 王貴譽 中央圖書出版社 (1978), P.85-87。
 - (三)河川污染源調查 經濟部水資源統一委員會 (1979), P.1-25
 - (四)污染防治之策略 曾四恭譯 五南圖書出版公司 (1982), P.32-68
 - (五)淡水河流域水生物調查及水質評估之研究 經濟部水資源統一規劃委員會 (1984), P.7-41
 - (六)以水生生物判斷水質之簡易調查法 日本水淨化會原著(行政院環保署編譯) (1985), P.1-16。
 - (七)優養化問題之探討 張尊國 科學月刊 18卷11期 (1987), P.821-823
 - (八)環境監測 陸繼雄 淑馨出版社 (1988) P.1-60
 - (九)水庫優養化 王冰潔 陳鎮東 科學月刊 19卷10期 (1988) P.785-786
 - (十)優養化(一)(二) 胡思聰 大自然 (1988), P.72-75。
 - (十一)鳳山水庫優養化之探討與模擬(一) 郭振秦等五人 台灣省政府環境保護處 (1989), P.6-10。
 - (十二)台北縣泰山鄉大窠溪水中微生物分佈調查 施炳霖等 台北縣立泰山國中 (1989) P.1-78。
- [附註]：因篇幅有限，故水生生物照片省略。

評語

本研究乃針對台灣不同污染程度之河川，列舉重要的水生動植物指標，研究方向正確，內容充實，學生本身之參與相當深入，足堪表揚。