

臺南縣急水溪水質污染的研究

國中組地球科學科第三名

臺南縣立下營國民中學

作 者：陳翠雯…等四人

指導教師：張振成

一、研究動機

我國古語有云：「水爲萬物之源」，可見水爲萬物生命之所繫，如無水，則生命即無依託，更無從談及其他科學及文化建設矣！故德國文學家哥德吟詩頌水曰：「萬物生於水，亦復養於水，大哉洋洋，統權乃在爾，爾可遭雪行，亦可令溪流。山源河所有，萬物何所求。一切新生命，實受爾之酬。」誠哉。斯言：水之於人可謂大矣，吾人豈可不「飲水思源」？

依據「台灣省水污染防治委員會」之調查報告指出：「目前台灣西部十五條主要河川中都受到極嚴重的污染，由於台灣工業廢水數量龐大，而且其污染濃度也高，尚有含毒性物質，不易用一般方法處理，因而工業廢水造成嚴重水污染及危害農作物的重要因素」。

工業廢水帶有病菌、寄生蟲，甚而具有毒性的重金屬氟化物及有機化學品，都能危害人體，引起急性或慢性病，台灣所產的海產魚蝦、貝類中，均含有相當嚴重之重金屬，這都是造成肝炎、肝癌之後果。

爲了維護自然環境，爲子孫留塊美麗的淨土，我們利用寒暑假在老師指導下，分析臺南縣急水溪水質污染的原因，並提出防治之道。

二、研究目的

設站抽取樣水，分析急水溪水質，以瞭解本溪水污染之概況。並抽樣調查本流域之廢水水質，探求污染來源及其影響範圍，並提出防治的方法。

三、研究設備器材

1. 器具：(1)地圖(2)燒杯(3)量筒(4)漏斗(5)分析天平(6)PH值測定器(7)滴定器(8)錐形瓶(9)溫度計(10)濁度計(11)捲尺(12)培養皿。
2. 藥品：(1)白陶土 SiO_2 (2)E·D·T·A液(3)氯化鈉 NaCl (4)硫化硫酸鈉 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (5)洋菜(6)氯化銨 NH_4Cl (7)氫氧化鈉 NaOH (8)廣用指示劑。

四、研究過程

(一)劃分區域：

根據台灣地區 1:5000 比例尺之地圖，循水嶺畫出本溪流域範圍，為研究區域。

(二)設站取樣：

1. 河水取樣：取樣地點如下：

- (1)烏樹林附近。(2)急水溪橋（新營）。
- (3)塹頭港橋（鹽水）。
- (4)華宗橋（學甲）。
- (5)鯤鯓橋（北門）。

2. 廢水取樣：選擇不同工業類型廠家及家庭廢水肥各三處。

- (1)紡織工業。
- (2)金屬及電鍍工業。
- (3)造紙工業。
- (4)塑膠及釀造工業。
- (5)家庭水肥。

3. 取樣方式：

(1)河水取樣：

ㄅ水面寬 30 M 以內，將河面分為三段，每段取一個水樣，混合成一個水樣。

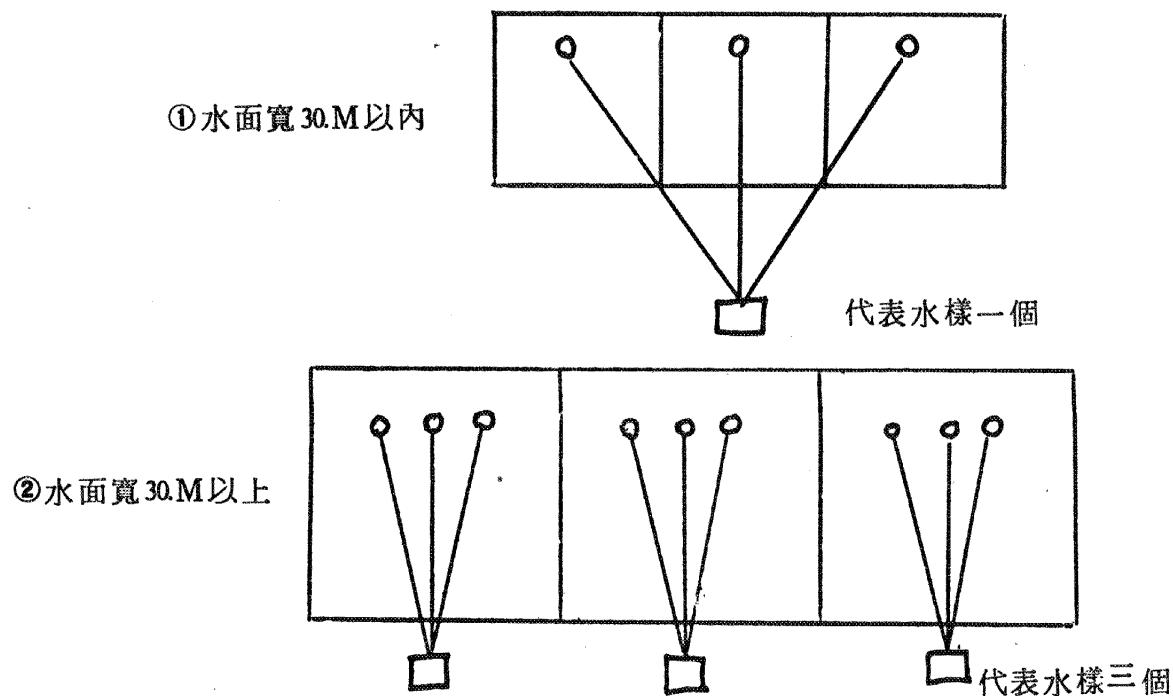
ㄆ水面寬 30 M 以上，將河面分為三段，每段取三個水樣，混合成一個水樣。

(2)廢水取樣：

於廢水排出口 5 ~ 10 公尺處抽取水樣 2000 ml。

(3)注意事項：

將採集之水樣封蓋，並用標籤註明編號、地點、溫度等帶回實驗室，並進行各項分析（留置時間不超過 24 小時）。



(三)水質分析：

1. 濁度測定：

(1) 將 1 升水中含有 1mg 白陶土時的濁度定為 1 度，取樣水與標準液比較，再用 Jacksom 燭光濁度計測定，以求精確。

$$1 \text{ mg} / 1 \text{ SiO}_2 = 1 \text{ 混濁度單位。}$$

(2) 測定結果：

①河水水質

地點 時間 濁度	烏樹林橋	急水溪橋	奎頭港橋	華宗橋	鯤鯓橋
(1) 73 6. 6.	15	14	7.5	5.2	4.0
(2) 73 8. 8.	20	16	8.5	7.5	7.5
(3) 73 10. 8.	17	20	8	7.0	5.7
(4) 73 11. 5.	19	14	8.3	3.5	5.0
(5) 73 12. 10.	16	16	7.9	3.0	6.5
平均	17.4	16	8	5.24	5.74

②廢水水質

類別 站 濁 度 數	紡 織 (A)	金 屬 及 電 鍍 (B)	造 紙 (C)	釀 造 (D)	水 肥 (E)
S t 1	31	75	35	28	50
S t 2	42	68	29	30	42
S t 3	28	54	60	34	36
平 均	33.7	65.7	41.3	30.6	42.6

(3)討論分析：

從河水濁度分析顯示，本溪從上游烏樹林至新營這一段濁度頗高，其原因是人口稠密及糖廠附設之養豬場太多，「垃圾」及人畜的「排泄物」造成溪水混濁不堪。另外由於本溪中上游之濫墾、濫採砂石，使本溪濁度皆超過 5 NTU 之標準。

2.懸浮固體測定：

(1)測定方法：

(2)先取水樣 50ml 倒入燒杯加熱使之蒸乾，再移至烘箱，烘至重量不變後用微量天平測定之。

(2)測定結果：

①河水懸浮質

地點 s.s m/l	烏樹林橋	急水溪橋	壺頭港橋	華宗橋	鯤鯓橋
(1) 73 6. 6.	143	109.5	20	15	11.5
(2) 73 8. 8.	19	41	6	4	4
(3) 73 10. 8.	50	42	15	8	5
(4) 73 11. 5.	83.5	76.5	6	9.5	8.5
(5) 73 12. 10.	34.5	41.5	10	6	4.5
平 均	66.0	62.1	11.4	8.5	6.5

②廢水懸浮質

地點 站 S.S 數 ml/l	紡 織	金 屬 及 電 鍍	造 紙	釀 造	水 肥
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
S t 1	278	860	328	408	896
S t 2	136	896	250	386	1024
S t 3	132	1020	172	542	962
平 均	182	925	250	445	960.6

(3)討論分析：

河中之懸浮固體不僅影響河流之觀瞻，阻礙氧氣作用之進行，且易生堆積造成河川阻塞。本溪河水懸浮固定於急水溪橋聚而增加，以致帶造成新營附近地區水泄不通，其原因除了上游濫採砂石外，還有新營地區之家庭水肥、垃圾及鐵工廠廢水排入本溪的原因。

3.硬度的測定

(1)測定方法：

取樣水 25ml，加 1 ~ 2ml 之緩衝液，再加 0.5 克之 (E . B . T) 與 NaCl 混合物指示劑 2 滴，用 E . D . T . A 滴定到液體顏色由紅色變成藍色為止。

$$\text{全硬度 } \text{CaCo}_3 (\text{ mg / l }) = \frac{A \times B \times 1000}{m l \text{ 樣水}}$$

A : 滴定樣水所需 E . D . T . A 之 ml 數

B : 1.00ml E.D.T.A 所含 CaCo₃ 之 mg 數。

(2)測定結果：如表①、②。

(3)討論分析：

硬水在工業上往往使鍋爐生成鍋垢，鍋垢不但妨礙傳熱，耗費燃料，且會引起鍋爐爆炸，發生危險。而本溪河水之硬度皆在 700 p.p.m 左右，還適合為工業用水，只有上游硬度微

①河水硬度

硬度 時間 ppm CaCO_3	烏樹林橋	急水溪橋	奎頭港橋	華宗橋	鯤鯓橋
(1) 73 6. 6.	702	705	700	603	624
(2) 73 8. 8.	712	708	707	710	700
(3) 73 10. 8.	695	700	698	701	624
(4) 73 11. 5.	722	705	715	710	710
(5) 73 12. 10.	718	706	708	704	700
平均	708	705	706	685	683

②廢水硬度

硬度 站數 類別 ppm CaCO_3	紡 織 (A)	金 屬 或 電 鍍 (B)	造 紙 (C)	釀 造 (D)	水 肥 (E)
S t 1	785	1284	430	420	230
S t 2	608	1276	445	435	246
S t 3	686	1374	430	420	230
平均	693	1312	435	425	235.3

高，可能由於上游金屬工業發達，而其廢水所含之硬度又高的影響。

4. 溶氧量測定：

(1) 測定方法：

取樣水 800 ml 置於洗瓶中——吸收臭氣——滴定(用 0.005 N 之 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 滴定碘化鉀溶液，直到釋出碘的黃色幾乎消失)再加 4 ml 的澱粉溶液——滴至藍色消失——空白試驗。

$$mg/l \text{ D.O.} = \frac{(A \pm B) \times N \times 2400}{m l \text{ 樣水}}$$

A : 滴定水樣所需 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 之 ml 數

B : 空白試驗所需之 ml 數

N : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 之規定濃度

(2) 測定結果：

① 河水溶氧量

D.O. 地點 時間 mg/l	烏樹林橋	急水溪橋	奎頭港橋	華宗橋	鯤鯓橋
(1) 73 6. 6.	4.5	4.8	4.1	3.8	3.6
(2) 73 8. 8.	4.8	4.8	3.8	3.6	4.2
(3) 73 10. 8.	4.4	5.9	4.0	3.6	4.1
(4) 73 11. 5.	4.9	4.2	3.1	4.2	4.2
(5) 73 12. 10.	4.96	4.32	3.84	4.24	4.36
平均	4.712	4.804	3.768	3.88	4.092

② 廢水溶氧量

D.O. 站 數 mg/l	紡織 (A)	金屬及 電鍍 (B)	造紙 (C)	釀造 (D)	水肥 (E)
S t 1	3.06	0.98	2.46	0.85	0.18
S t 2	2.88	1.24	3.54	0.53	0.24
S t 3	2.74	1.08	3.05	0.56	0.35
平均	2.89	1.1	3.02	0.65	0.26

(3) 討論分析：

氧雖然微溶於水中，但却是水中生物的基本物料，河水及湖水中如含氧過低，水中魚類常無法生存。本溪自急水溪橋以下之下游河水之溶氧量偏低（小於 4.5 mg/l ），以致魚類幾乎殆盡，其原因很多，除下游地區人口密集家庭水肥之D.O值低，加之兩岸之工廠廢水注入本溪，而使下游之D.O值過低。

5. 生物化學需氧量之測定 (B.O.D.)

(1) 測定方法：

用 B.O.D 瓶兩瓶盛試樣水，並用接種水依比例稀釋之，其一即測定其 D.O，另一乃以五天在 20°C 的暗室中進行測定。

$$\text{mg/l B.O.D} = \frac{(I - F) - (I' - F') X / Y}{D}$$

I : 具試樣及接種稀釋水之瓶的起始 D.O

I' : 具接種稀釋水之瓶的起始 D.O

X : 在試樣瓶中接種稀釋水之 ml 數

D : 試樣之稀釋比較

F : 具試樣及接種稀釋水之瓶的最終 D.O

F' : 具接種稀釋水之瓶的最終 D.O

Y : 在瓶中只具接種稀釋水之 ml 數

(2) 測定結果：

① 河水之 B.O.D

BOD 地點 時間 mg/l	烏樹林橋	急水溪橋	奎頭港橋	華宗橋	鯤鯓橋
(1) 73 6. 6.	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00
(2) 73 8. 8.	2.67	3.28	3.43	2.67	2.56
(3) 73 10. 8.	8.00	5.00	5.00	3.00	1.00
(4) 73 11. 5.	14.80	38.00	3.40	3.30	0.80
(5) 73 12. 10.	4.11	18.7	5.81	4.20	3.07
平均 值	6.52	13.60	3.93	3.03	1.89

②廢水之 B.O.D

B.O.D 類別 站 數 mg/l	紡 織 (A)	金 屬 及 電 鍍 (B)	造 紙 (C)	釀 造 (D)	水 肥 (E)
S t 1	15.0	9.70	21.0	11.8	84.0
S t 2	47.3	21.30	14.5	18.5	92.0
S t 3	33.0	11.6	28.4	14.0	85.0
平 均	31.8	11.2	21.3	14.7	87.0

(3)討論分析：

B.O.D 是測定使用氧的速度，亦為表示廢水中之有機性污染。係水中之有機物藉喜氣菌之助，在某一定時間、溫度下進行氧化分解作用（要供給充分氧氣），把有機物成為安定物質時，所消耗的氧量。本溪下游急水溪橋下之河水其 B.O.D 值為 $13.6 mg/l$ ，與河川水質標準之 $5 mg/l$ 相距甚大，其主要原因可能由於下游人口衆多，大量排出水肥等污染物（水肥之 B.O.D 值為 $87 mg/l$ ），造成有機污染。

6. P.H值之測定：

(1)測定方法：

用 P.H 測定器，由其標準液加入廣用試劑，再由樣水加廣用試劑經比色而測得。

①河水水質

P.H 地點 時間 值	烏樹林橋	急水溪橋	塗頭港橋	華宗橋	鯤鯓橋
(1) 73 6. 6.	7.1	7.4	7.6	7.5	7.9
(2) 73 8. 8.	7.1	7.0	7.2	7.5	7.9
(3) 73 10. 8.	7.2	7.8	7.1	7.6	7.7
(4) 73 11. 5.	7.2	7.4	7.3	7.5	7.8
(5) 73 12. 10.	7.0	7.4	7.4	7.6	7.9
平 均	7.1	7.4	7.32	7.54	7.84

②廢水水質

P H 類 別 站 數 值	紡 織 (A)	金 屬 及 電 鍍 (B)	造 紙 (C)	釀 造 (D)	水 肥 (E)
S t 1	10.2	4.6	4.1	13.4	7.3
S t 2	11.8	5.2	3.8	12.8	7.8
S t 3	9.2	4.8	6.1	13.0	7.8
平均	10.4	4.87	4.8	13.06	7.6

(2)測定結果：如上①、②表所示

(3)討論分析

水生物對 PH的變化很靈敏，而且生物學的處理不是需要 PH控制，便是 PH的調配。在水中 PH的處理也和消毒殺菌及腐蝕控制同樣重要。一般作物之生存範圍在 6.0 ~ 9.0 之間，若 PH 值太低或太高，則農作物生長受阻，且不能夠新陳代謝，嚴重者導致枯萎死亡。本溪河水之 PH值是在 7.10 ~ 7.84 之間，酸鹼度適中，其上游之 PH值比下游微低，其原因是上游的造紙、金屬所排之酸性水及人畜排出的有機物經臭爛後變酸所致。

7. 氨鹽的測定：

(1)測定方法：

取樣水 $100ml + 0.5ml$ 30 % NaOH 溶液和 $1ml$ 25 % Na_2CO_3 (除去 Ca^{2+} , Mg^{2+}) → 取澄清液 $50ml$ → 放入比色管中 → 按序加 NH_4Cl 標準液 $0.1, 0.2 \dots 1.0ml$ → 稀釋到 $50ml$ → 放置 10 分鐘 → 可測出與樣水色變相當的氯化銨的 ml 數。

$$mg/l NH_4^+ = 0.4 \times A = \frac{4 \times A \times 0.01 \times 1000}{100}$$

A : 氯化銨之 ml 數

(2) 測定結果：

① 河水水質：

$\frac{N}{H_4}$ 地點 時 間 mg/l	烏樹林橋	急水溪橋	奎頭港橋	華宗橋	鯤鯓橋
(1) 73 6. 6.	4.6	2.84	0.75	0.68	0.38
(2) 73 8. 8.	3.8	2.62	1.20	0.85	0.42
(3) 73 10. 8.	6.2	2.68	1.21	1.02	0.39
(4) 73 11. 5.	4.2	3.42	1.40	1.03	0.51
(5) 73 12. 10.	4.3	3.48	1.32	1.05	0.46
平 均	4.56	3.04	1.18	0.93	0.432

② 廢水水質

$\frac{N}{H_4}$ 類別 站 數 mg/l	紡 織 (A)	金 屬 及 電 鍍 (B)	造 紙 (C)	釀 造 (D)	水 肥 (E)
S t 1	4.6	2.1	6.8	12.4	24.5
S t 2	5.1	3.5	7.5	14.0	30.2
S t 3	4.3	1.9	7.9	13.2	27.6
平 均	4.7	2.5	7.3	13.2	27.5

(3) 討論分析

本溪上游氨鹽之含量甚高，在烏樹林橋下之河水氨含量高達 $4.56 mg/l$ ，以致使河水臭氣沖天，此類廢液對魚類有毒，而使烏樹林橋下之河中魚類奇稀，此亦為原因之一，究其污染源來源，概為上游家庭排出含氮高達 $27.5 mg/l$ 之水肥所污染。

8. 菌落測定：

(1) 測定方法：

勺培養皿的滅菌→勺培養基的配製（23克洋菜+1000 C.C. 蒸餾水）→口倒20ml 培養基於培養皿→口倒1ml樣水放入培養基內 → 2天 觀察菌落數目。

(2) 測定結果：

① 河水水質

地點 菌落數目 時間	烏樹林橋	急水溪橋	奎頭港橋	華宗橋	鯤鯓橋
(1) 73 6. 6.	85	78	58	63	51
(2) 73 8. 8.	100	114	82	78	58
(3) 73 10. 8.	122	108	84	65	42
(4) 73 11. 5.	90	95	68	61	55
(5) 73 12. 10.	143	125	79	58	43
平均	108	104	74	65	50

② 廢水水質

類別 站落數目	紡織(A)	金屬及電鍍(B)	造紙(C)	釀造(D)	水肥(E)
S t 1	238	284	232	384	485
S t 2	246	201	211	455	420
S t 3	192	208	190	316	505
平均	226	231	211	385	470

(3) 討論分析：

由公共衛生觀點，水之細菌學上的量和化學上的量一樣重要，許多疾病可由水傳播。本溪急水溪橋以上之上游河水的菌落為 100 以上，可知其中確含大量之細菌，其原因可能係家庭水肥所致，經我們測定結果水肥所含之菌落數極多，加上游地區居民密集，排出大量之水肥，以致如此。

五、研究結論

1. 本溪河水之硬度、PH 值，均在標準範圍之內，仍可作為工業用水。
2. 本溪下游因溶氧量過低，而生物化學需氧量，氨鹽質偏高，以致造成下游魚蝦類幾乎絕跡，影響生態頗大，應予注意。
3. 急水溪之中上游，由於濫建、濫墾、濫採砂石，已經嚴重危害河床的穩定及平衡，更威脅到河岸之安全。
4. 急水溪發源於關子嶺，流貫台南縣境，出海口處居民常常導引漲潮海水進入魚塭養殖魚貝，由於新營地區受紙廠、酵母廠、塑膠工廠等工業廢水影響，溪水水質非常低劣，流至河口處與潮水相混，造成魚貝大量死亡。引起養殖業者與沿岸工廠的重大糾紛。
5. 造成本溪河水污染嚴重的原因，主要為人口密集而排出大量家庭廢水、水肥等，其次為兩岸工廠林立工廠廢水及重金屬排入水中，不僅污染了魚類及貝類，使魚貝類含重金屬太多，人們長期食用，很可能造成水污染的公害病，危害人體之健康甚大。
6. 急水溪為臺南縣唯一水源之一，不容讓其繼續污染，但望「青山常在，綠水常流」使急水溪更能發揮其對臺南縣之功能。

六、參考資料

1. 環境污染及控制 潘家宣譯 東華書局
2. 台南縣誌：臺南縣文獻委員會
3. 水污染防治：高肇藩編著 中國土木水利工程學會編行。（69年12月七版）

- 4.朱文聰譯：定量分析化學
- 5.重金屬對於環境的污染。（東海大學環境科學研究中心）
- 6.台灣的水污染及其防治。（東海大學環境科學研究中心）
- 7.水及廢水分析。（復文書局，吳宗榮）

大家來維護自然生態，為子孫留塊淨土

評 語

本研究具有多項實測資料，如溶氧、PH值、懸浮物濃度等。利用此等資料判斷急水溪污染之程度，並提出改善之建議，作者能利用鄉土材料，研究結果具有實用價值。