

景美溪水污染及其污染源關係之分析

國中教師組地球科學科第一名

台北市興福國中

作者：李丁華、林子蓮

一、研究動機

依據「台灣省水污染防治委員會」之調查報告指出：「目前台灣發生水污染較嚴重者：基隆地區—基隆港。台北地區—新店溪、基隆河。桃園地區—南崁溪灌溉水路。苗栗地區—後龍溪。台中地區—葫蘆墩圳、八寶圳。嘉義地區—朴子溪。高雄地區—高屏溪、高雄港。其中以台北地區之新店溪污染問題最為嚴重。」我們生活環境受到如此破壞，豈能莫視之。

「新店溪污染問題最為嚴重」其原因何在？本校曾多次做此方面之探討工作，先後發表「新店溪水文及水污染之調查研究」及「景美溪之污染與生物之關係」。發現新店溪之水污染，至景美溪匯入之後，其水污染之程度突然增加，此種現象激起我們進一步的探討與研究之興趣。

二、研究目的

設站抽取樣水，分析景美溪水質，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。

三、研究器材

1. 器具：

- | | | |
|---------|---------|-------------|
| (1)地圖 | (2)水桶及繩 | (3)捲尺 |
| (4)標籤紙 | (5)筆記本 | (6)試管及架 |
| (7)燒杯 | (8)錐形瓶 | (9)滴定管 |
| (10)溫度計 | (11)濁度計 | (12)P.H值測定器 |
| (13)天平 | (14)量筒 | (15)培養皿 |

2. 材料

- (1)白陶土 SiO_2 (2)E.D.T.A 液 (3)氯化鈉 NaCl
(4)硫代硫酸鈉 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (5)廣用指示劑 Phenolphthalei
(6)氫氧化鈉 NaOH (7)氯化銨 NH_4Cl (8)洋菜

四、研究過程

1. 劃分區域：

根據台灣地區 1：5000 比例尺像片基本圖，循水嶺畫出本溪流域範圍，為研究區域。

2. 設站取樣：

(1)河水取樣：取樣地點如下

- | | |
|----------|----------|
| ①景美橋（景美） | ②道南橋（木柵） |
| ③中正橋（深坑） | ④雙溪橋（雙溪） |
| ⑤秀山橋（石碇） | |

(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金屬工業 |
| ③造紙工業 | ④煤礦工業 |
| ⑤家庭水肥 | |

(3)取樣方式

①河水取樣

a 水面寬 30M 以內，將河面分為三段，每段取一個水樣，混合成一個水樣。

b 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）。

3. 水質分析

(1)濁度（Turbidity）測定

①測定方法

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

1 mg / ℓ SiO₂ = 1 混濁度單位

②測定結果

a 河水水質

時間	地點 濁度	景美橋	道南橋	中正橋	雙溪橋	秀山橋
		(1) 71. 6.6.	1.5	21	8.5	7.5
(2) 71. 8.8.		20	13	7.5	30	7.5
(3) 71.10.3.		17	16	8	5.2	5.7
(4) 71.12.5.		19	20	8.8	7.0	5.0
72. 2.6.		16	14	7.9	3.5	6.5
平 均		17.4	16.8	8.1	5.24	5.74

b 廢水水質

站 數	類別 濁度	紡 織	金 屬	造 紙	煤 礦	水 肥
		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
St 1		28	54	60	46	49.5
St 2		42	68	29	75	41.7
St 3		31	75	35	58	35.6
平 均		33.7	65.7	41.3	59.7	53.0

③討論分析

從河水濁度分析顯示，本溪從上游石碇區即濁度頗高，平均濁度皆在 5 N.T.U 以上，其原因是由於上游礦坑採煤的影響，至木柵道南橋附近其濁度更為增加，使本溪下游混濁不堪，可能由於鋼鐵工廠及稠密住家所排出的廢水注

入本溪所使然。

(2)懸浮固體 (Suspended Solids) 測定

①測定方法

先取水樣 50 ml 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量之。

②測定結果

a 河水懸浮質

時間	地點					
	S.S. ml/l	景美橋	道南橋	中正橋	雙溪橋	秀山橋
(1)	71. 6.6.	148	112	20	15	13
(2)	71. 8.8.	19	41	6	4	4
(3)	71.10.3.	50	42	15	8	5
(4)	71.12.5.	83.5	76.5	6	9.5	8.5
(5)	72. 2.6.	34.5	41.5	10.5	6	4.5
平均		67.0	62.6	11.5	8.5	7

b 廢水懸浮質

站數	地點					
	S.S. mg/l	紡織 A	金屬 B	造紙 C	煤礦 D	水肥 E
St 1		280	860	331	1506	1245
St 2		140	908	250	1023	896
St 3		135	1090	175	848	1062
平均		185	953	252	1125	1069

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。本溪河水懸浮固體於道南橋聚而增加，以致常常造成政大附近地區水泄不通，其原因除了上游礦坑採煤渣堆放於河岸上外，還有木柵、景美地區之家庭水肥、垃圾及鐵工廠廢水排入本溪的原因。

(3) 硬度測定 Total Hardness

① 測定方法

取樣水 25 ml，加 1~2 ml 之緩衝液，再加 0.5 g 之 Eriochrome Black T 與 NaCl 混合物加指示劑 2 滴，用 E.D.T.A 滴定至終點（藍色帶紅）

$$\text{mg}/\ell \text{ CaCO}_3 = \frac{A \times B \times 1000}{\text{ml 樣水}}$$

A：滴定樣水所需 E.D.T.A 之 ml 數

B：1.00 ml E.D.T.A 所含 CaCO₃ 之 mg 數

② 測定結果

a 河水硬度

時間	地點		景美橋	道南橋	中正橋	雙溪橋	秀山橋
	硬度	ppm CaCO ₃					
(1)	71.6.6.		705	708	700	608	629
(2)	71.8.8.		712	710	712	710	700
(3)	71.10.3.		698	700	698	701	628
(4)	71.12.5.		721	711	720	713	710
(5)	72.2.6.		718	706	708	706	701
平	均		710	707	708	687	685

b 廢水硬度

站數	類別					
	紡織 A	金屬 B	造紙 C	煤礦 D	水肥 E	
St 1	800	1289	430	1026	230	
St 2	608	1276	460	1130	251	
St 3	686	1389	445	1248	243	
平	均	698	1318	445	1134.6	241.3

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，只有下游硬度微高，可能由於下游金屬工業發達，而其廢水所含之硬度又高的影響。

(4) 溶氧量 (Dissolved Oxygen) 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。

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

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

a 河水溶氧量

時間	D. o mg/ℓ	地點				
		景美橋	道南橋	中正橋	雙溪橋	秀山橋
(1)	71. 6.6.	2.5	3.8	4.1	6.8	7.6
(2)	71. 8.8.	4.3	4.3	7.1	7.6	8.4
(3)	71.10.3.	4.4	5.9	8.0	9.6	10.1
(4)	71.12.5.	1.9	2.4	5.1	10.2	10.2
(5)	72. 2.6.	1.96	3.64	5.84	8.43	9.56
平	均	3.012	4.008	6.028	8.526	9.172

b 廢水溶氧量

站 數	類 別	紡 織 A	金 屬 B	造 紙 C	煤 礦 D	水 肥 E
	D _o mg/ℓ					
St 1		3.06	0.98	2.46	0.85	0.18
St 2		2.88	1.24	3.54	0.23	0.24
St 3		2.74	1.08	3.05	0.56	0.35
平 均		2.89	1.1	3.02	0.55	0.26

③討論分析

氧雖然微溶於水中，但却是水中生物之基本物料，河水及湖水中如含氧量過低，水中魚類常無法生存。本溪自道南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，除了受上游礦坑採煤影響外，其下游地區由於人口密集家庭水肥等廢水之 D.O 值又低，加之工廠之廢水注入本溪，而使下游之 D.O 值過低。

(5)生物化學需氧量之測定 (Biochemical Oxygen Demand)
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 的暗室中進行測定之。

$$\text{mg/ℓ B.O.D} = \frac{(1-F) - (1'-F')X/Y}{D}$$

I : 具試樣及接種稀釋水之瓶的起始 D.O

F : 具試樣及接種稀釋水之瓶的最終 D.O

I' : 具接種稀釋水之瓶的起始 D.O

F' : 具接種稀釋水之瓶的最終 D.O

X : 在試樣瓶中接種稀釋水之 ml 數

Y : 在瓶中只具接種稀釋水之 ml 數

D：試樣之稀釋比數

②測定結果

a 河水之B.O.D

時間	BoD mg/ℓ	地點				
		景美橋	道南橋	中正橋	雙溪橋	秀山橋
(1)	71. 6.6.	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00
(2)	71. 8.8.	3.78	2.67	3.73	2.67	2.56
(3)	71.10.3.	5.00	8.00	5.00	3.00	1.00
(4)	71.12.5.	38.00	15.10	3.60	3.30	0.80
(5)	72. 2.6.	18.7	4.31	5.81	4.20	3.07
平均		13.70	6.62	4.03	3.03	1.89

b 廢水之B.O.D

BoD mg/ℓ	類別	紡織	金屬	造紙	煤礦	水肥
		A	B	C	D	E
St 1		1.50	9.70	21.0	11.8	85.0
St 2		47.3	21.30	13.5	18.7	92.0
St 3		33.0	11.6	28.9	14.1	84.0
平均		31.8	11.2	21.1	14.8	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度。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。本溪下游尤其是景美橋下之河水其B.O.D 值為 13.7 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 P.H Value

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。

②測定結果

a 河水水質

時間	地 點 PH 值	景美橋	道南橋	中正橋	雙溪橋	秀山橋
		(1) 71. 6.6.	7.2	7.5	7.6	7.5
(2) 71. 8.8.	7.1	7.0	7.2	7.5	7.9	
(3) 71.10.3.	7.1	7.9	7.1	7.6	7.7	
(4) 71.12.5.	7.2	7.4	7.3	7.5	7.8	
(5) 72. 2.6.	7.2	7.5	7.4	7.6	7.9	
平 均	7.16	7.46	7.32	7.54	7.84	

b 廢水水質

時間	類 別 PH 值	紡 織	金 屬	造 紙	煤 礦	水 肥
		A	B	C	D	E
St 1	10.3	4.6	4.2	13.5	7.2	
St 2	11.9	5.2	3.8	12.8	7.8	
St 3	9.3	4.8	6.3	13.1	7.9	
平 均	10.5	4.87	4.8	13.1	7.6	

③討論分析

水生物對PH的變化很靈敏，而且生物學的处理不是需要PH控制，便是PH的調配。在水處理中PH在保證適當化學處理中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7.16~7.84之間，酸鹼度適中，其上游之PH值比下游微高，其原因概為上游礦坑採

煤的關係，至中下游造紙、金屬所排之酸性水加以中和，以致使其PH 值降低。

(7) 氨鹽的測定 Ammonia

① 測定方法

取樣水 100 ml + 0.5 ml 30 % NaOH 溶液和 1 ml 25 % Na₂CO₃ (除去 Ca²⁺、Mg²⁺) → 取澄清液 50 ml → 放入比色管中 → 按序加 NH₄Cl 標準液 0.1、0.2……1.0 ml → 稀釋到 50 ml → 放置 10 分鐘 → 可測出與樣水色度相當的氯化銨的 ml 數。

$$\text{mg}/\ell \text{ NH}_4^+ = 0.4 \times A = \frac{4 \times A \times 0.01 \times 1000}{100}$$

A : 氯化銨之 ml 數

② 測定結果

a 河水水質

時間	NH ₄ ⁺ mg/ℓ	地點				
		景美橋	道南橋	中正橋	雙溪橋	秀山橋
(1)	71. 6.6.	4.8	2.84	0.75	0.68	0.08
(2)	71. 8.8.	3.8	2.52	1.23	0.85	0.42
(3)	71.10.3.	6.3	2.58	1.2	1.05	0.39
(4)	71.12.5.	4.4	3.32	1.4	1.01	0.51
(5)	72. 2.6.	4.8	3.48	1.3	1.04	0.46
平	均	4.76	2.94	1.18	0.93	0.37

b 廢水水質

NH ₄ ⁺ mg/ℓ	地點					
	紡織 A	金屬 B	造紙 C	煤礦 D	水肥 E	
St 1	4.6	2.1	6.8	12.4	24.5	
St 2	5.1	3.5	7.9	14.1	30.8	
St 3	4.3	1.9	7.1	18.3	27.6	
平	均	4.7	2.5	7.3	14.9	27.6

③討論分析

本溪下游氨鹽之含量甚高，在景美橋下之河水氨含量高達 4.76 mg/ℓ，以致使河水臭氣沖天，此類廢液對魚類有毒，而使景美橋下之河中魚類奇稀，此亦為原因之一，究其污染源來源，概為下游家庭排出含氨高達 27.6 mg/ℓ 之水肥所污染。

(8)菌落測定

①測定方法

a 培養皿的滅菌→b 培養基的配製 (23 g 洋菜 + 1000 C.C 蒸餾水) → c 倒 20 C.C 培養基於培養皿 → d 倒 1 CC 樣水放入培養基內 $\xrightarrow{2 \text{ 天}}$ 觀察菌落數目。

②測定結果

a 河水水質

時間	地點 菌落數目	景美橋	道南橋	中正橋	雙溪橋	秀山橋
		(1) 71. 6.6.	85	78	59	63
(2) 71. 8.8.		101	114	81	78	58
(3) 71.10.3.		123	108	84	65	42
(4) 71.12.5.		90	95	68	61	55
(5) 72. 2.6.		143	125	79	58	43
平	均	108.4	104	74	65	50

b 廢水水質

時間	地點 菌落數目	紡織	金屬	造紙	煤礦	水肥
		A	B	C	D	E
St	1	239	287	235	384	487
St	2	248	195	211	458	423
St	3	192	208	184	313	595
平	均	226	230	210	385	501

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。本溪道南橋以下之下游河水的菌葉為100以上，可知其水中確含大量之細菌，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，加之下游地區居民密集，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，以致造成下游魚類幾乎絕跡，影響生態頗大，應予注意。
3. 由於礦坑採煤等因素，造成整條河流之濁度增加，使河水變為灰黑，更影響本溪之美觀，應設法改進。
4. 造成本溪下游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，其次為地下工廠林立，設備簡陋，排工業廢水，污染河水。有關單位應注意「公害」的防治與處理。
5. 本溪河水之污染程度概為：越往下游污染程度越嚴重。石碇上游為稍受污染（Oligosaprobe Zone），雙溪中上游為輕度污染（ β -Mesosaprobe Zone），深坑中下游為中度污染（ α -Mesosaprobe Zone），木柵以下為嚴重污染（Polysaprobe Zone），我們對污染源應採有效對策。

六、參考資料

1. 環境污染及控制 潘家寅譯 東華書局（68.3.初版）。
2. 水污染防治 高肇藩編著 中國土木水利工程學會編行（69.12.七版）。
3. 台北地區水源污染改善七十一年度工作報告 經濟部水資源統一規劃委員會（71.10.）
4. 中華民國七十年台灣水文年報 經濟部水資源統一規劃委員會

(71.11.)

5. 定量化學分析 朱文聰譯 徐氏基金會出版 (67.3.30. 三版)

6. 中山自然科學大辭典 (地球科學) 林朝榮等著 台灣商務書局

(62.12.)

評語：實地調查並實驗分析，景美溪水污染情形，對環境維護頗有貢獻。方法也符合科學精神，有具體之數據為依據。