

第三章、地面水質調查與檢測結果的討論

第一節、河川水之水質特性

本節將水質參數劃分為兩類描述，一是與水體基本物化性質有關，包含水溫、pH、EC（電導度）與DO（溶氧量）。二是與人為活動較相關的水質參數，包含COD（化學需氧量）、TP（總磷）、TC（大腸桿菌）、BOD（生化需氧量）、SS（懸浮固體物）、 $\text{NH}_3\text{-N}$ （氨氮）。各水質參數資料先以平均數、中位數、標準差、最大最小值、以及變異係數等來表示，再比較各測站從逐月的水質濃度變化以及上、中、下游的空間變化。上游以「內灣吊橋測站」、「瑞豐大橋測站」為代表；中游以「竹林大橋測站」為主，下游則以「溪州大橋(滿雅取水口)測站」、「頭前溪橋測站」為代表（圖3-1-1）。

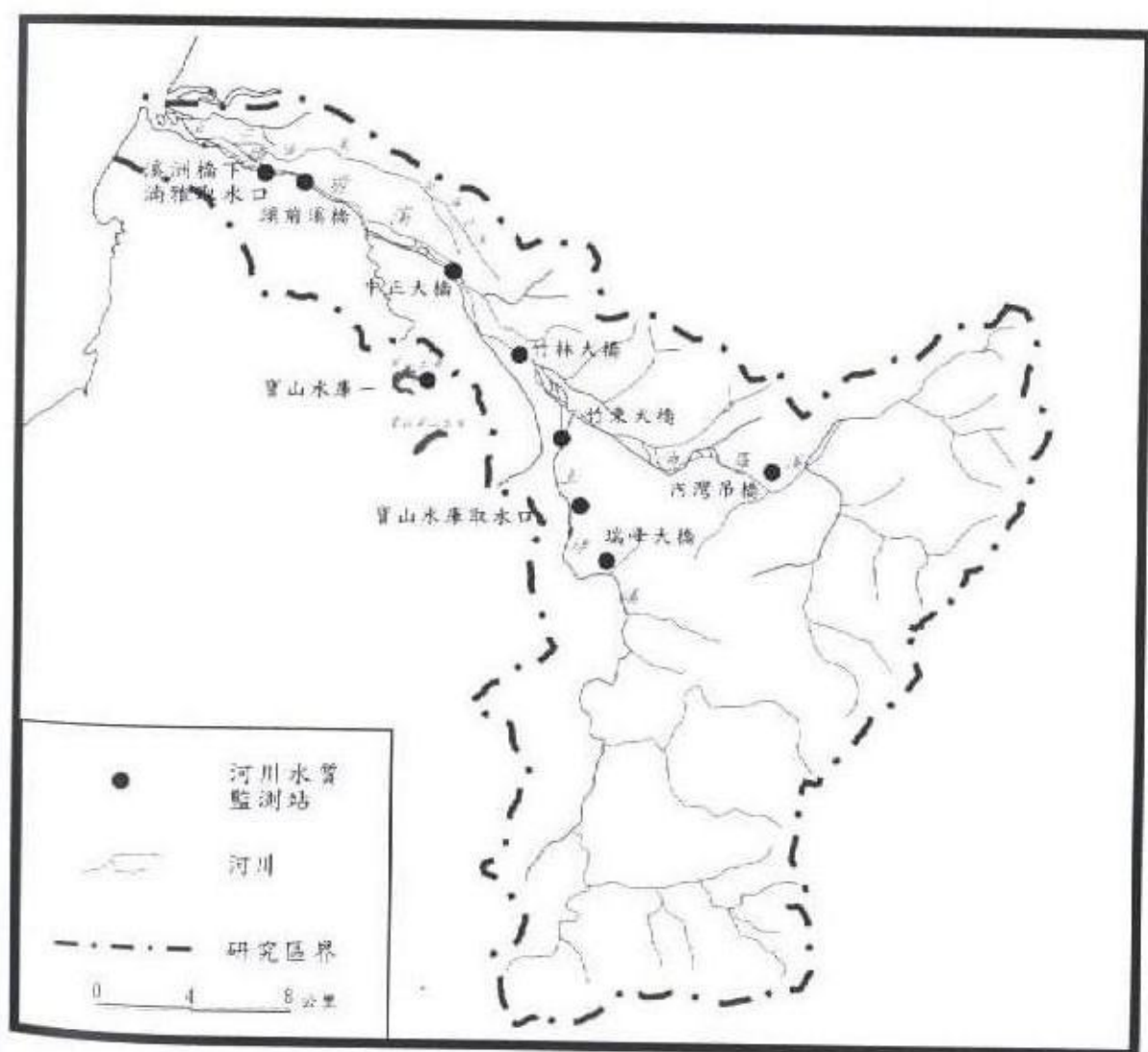


圖 3-1-1 環保署頭前溪流流域河川水質監測站分佈圖

壹、各項水質參數範圍描述

一、基本物化性質的水質參數基本描述與時、空差異

(一) 水質參數變異情形

各水質參數的變異程度皆 <1 ，各測站之情形為：溪州大橋(浦雅取水口) $EC(0.21) > 水溫(0.18) > DO(0.12) > pH(0.04)$ ；頭前溪橋 $水溫(0.19) > EC(0.18) > DO(0.15) > pH(0.04)$ ；中正大橋 $EC(0.18) > 水溫(0.16) > DO(0.15) > pH(0.05)$ ；竹林大橋 $EC(0.20) > 水溫(0.16) > DO(0.10) > pH(0.02)$ ；竹東大橋 $EC(0.22) > 水溫(0.18) > DO(0.11) > pH(0.02)$ ；寶山水庫取水口 $EC(0.20) = 水溫(0.20) > DO(0.10) > pH(0.03)$ ；內灣吊橋 $EC(0.17) > 水溫(0.16) > DO(0.08) > pH(0.04)$ ；瑞豐大橋 $EC(0.19) = 水溫(0.19) > DO(0.08) > pH(0.04)$ 。個別測站中的四個參數相比較，以EC的變異程度最大(表3-1-1)。

(二) 水質參數之時、空變化

由圖3-1-2所示，2005年1月至4月份及12月份為氣溫最低的季節，7、8月份溫度最高。EC則相反，冬季EC高而夏季低，最高值出現在2005年12月份，夏季則平均無明顯變化(圖3-1-3)。pH變化約在7.5~8.5之間波動，冬夏變化不明顯(圖3-1-4)。DO變化約在8~10mg/L之間，排除溪州大橋(浦雅取水口)之極端值，各測站波動起伏不大(圖3-1-5)。

由圖3-1-2顯示，水溫與地形高低關係密切，溪州大橋(浦雅取水口)的標高最低、內灣吊橋海拔高度最高，因此高度與水溫變化關係密切。EC變化趨勢，以每月份相比，下游溪洲大橋濃度最高，竹林大橋次之而內灣吊橋最低，呈現上、中、下游的空間變化。DO較無明顯的空間變化，加上值在8~10mg/L間波動，水質狀況佳，顯示人為汙染情形較不明顯。依據亨利定律，DO與溫度成反比，與壓力成正比¹。本研究將DO與水溫作皮爾森相關分析，發現以下游頭前溪橋測站、中游竹東大橋測站與上游內灣吊橋測站為例，在顯著水準 $P<0.01$ 時，相關性分別為0.68、0.81與0.70之負相關，顯示DO與水溫相關性高，因此DO與自然環境條件關係較密切。

¹作者於2007年2月19日在竹林大橋下所測之DO值會隨著河水深度增加而升高，在水溫21.2℃下於河面下約45cm處、75cm、150cm、225cm處所測得DO值分別為9.90mg/L、10.20mg/L、11.60mg/L與12.53mg/L。

表 3-1-1 研究區水質測站之基本物化性質變異範圍 (2005.1~2006.8)

	溪州大橋(湳雅取水口)					頭前溪橋			
	水溫	EC	pH	DO		水溫	EC	pH	DO
平均數	24.9	375	7.9	8.6	平均數	24.3	343	8.4	8.9
中位數	25.5	351	7.9	8.4	中位數	25.0	325	8.4	8.5
標準差	4.4	80	0.3	1.0	標準差	4.5	63	0.3	1.3
最小值	17.6	255	7.6	7.3	最小值	15.6	244	7.9	7.3
最大值	30.3	511	8.6	11.1	最大值	29.7	446	8.9	12.6
變異係數	0.18	0.21	0.04	0.12	變異係數	0.19	0.18	0.04	0.15
	中正大橋					竹林大橋			
	水溫	EC	pH	DO		水溫	EC	pH	DO
平均數	24.3	339	8.3	8.8	平均數	23.4	297	8.2	8.8
中位數	25.2	331	8.3	8.6	中位數	23.8	311	8.3	8.8
標準差	3.9	61	0.4	1.3	標準差	3.7	58	0.2	0.9
最小值	17.7	228	7.9	6.9	最小值	16.9	166	7.6	7.2
最大值	30.0	435	9.0	12.7	最大值	28.2	381	8.6	10.4
變異係數	0.16	0.18	0.05	0.15	變異係數	0.16	0.20	0.02	0.10
	竹東大橋					寶山水庫取水口			
	水溫	EC	pH	DO		水溫	EC	pH	DO
平均數	21.6	368	8.1	8.7	平均數	20.6	353	8.0	8.9
中位數	23.4	339	8.2	8.6	中位數	20.0	334	8.1	8.8
標準差	3.8	80	0.2	1.0	標準差	4.2	69	0.2	0.9
最小值	14.4	236	7.7	6.5	最小值	13.4	226	7.6	7.8
最大值	26.9	518	8.3	10.6	最大值	26.3	466	8.3	11.6
變異係數	0.18	0.22	0.02	0.11	變異係數	0.20	0.20	0.03	0.10
	內灣吊橋					瑞豐大橋			
	水溫	EC	pH	DO		水溫	EC	pH	DO
平均數	22.0	240	8.2	9.0	平均數	19.8	357	8.1	9.1
中位數	22.6	241	8.3	9.0	中位數	21.1	339	8.2	9.1
標準差	3.5	40	0.3	0.7	標準差	3.7	68	0.3	0.7
最小值	15.0	170	7.4	7.9	最小值	13.4	236	7.3	7.8
最大值	27.9	301	8.6	10.6	最大值	25.3	460	8.4	10.7
變異係數	0.16	0.17	0.04	0.08	變異係數	0.19	0.19	0.04	0.08

註1：溪州大橋、頭前溪橋及中正大橋扣除 DO 極端值

註2：水溫單位：℃、EC 單位：μS/cm、DO 單位：mg/L

資料來源：行政院環保署，2006

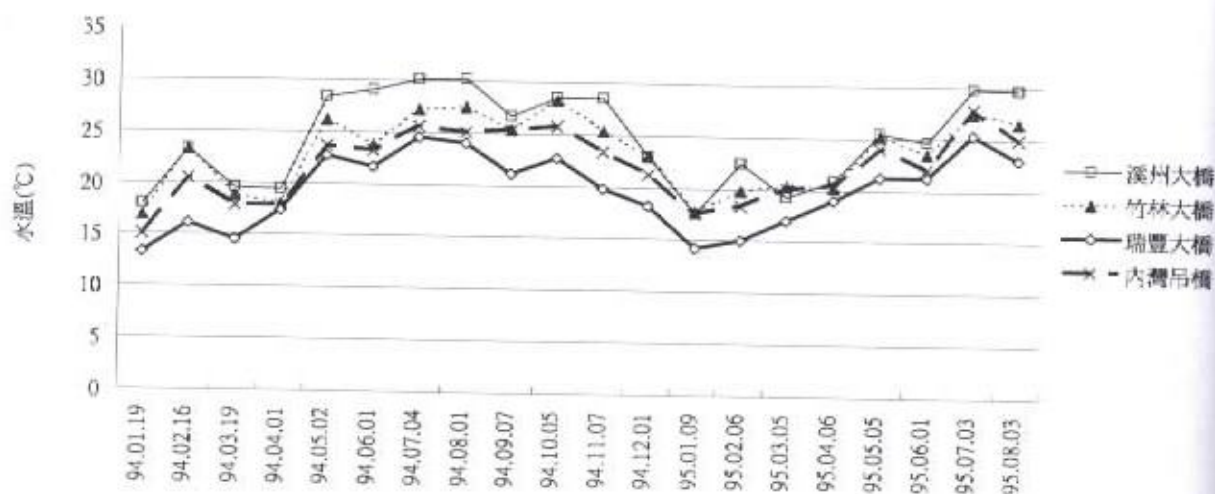


圖 3-1-2 研究區監測點之水溫 (°C) 時間序列圖

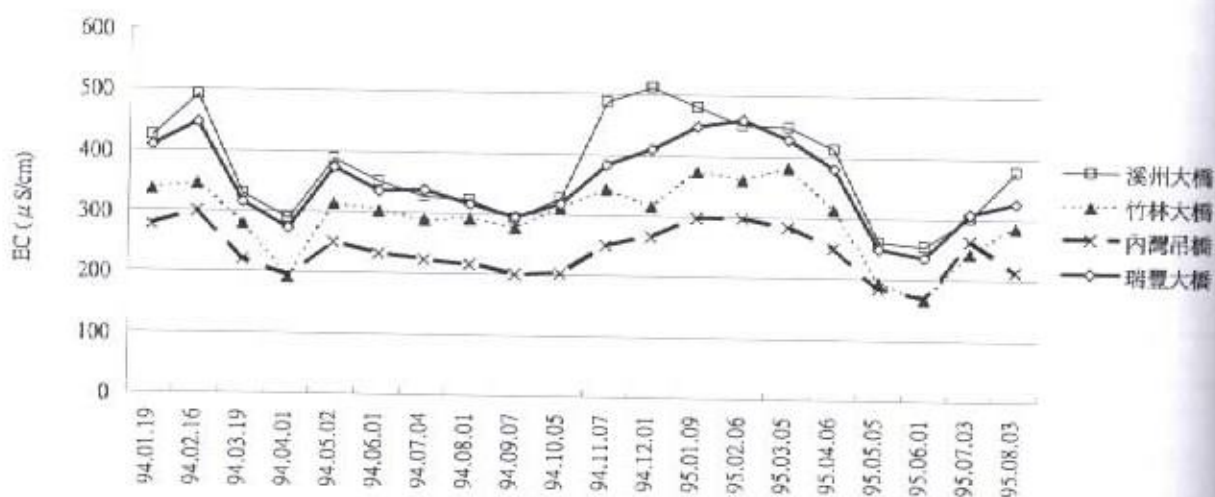


圖 3-1-3 研究區監測點之 EC (μS/cm) 時間序列圖

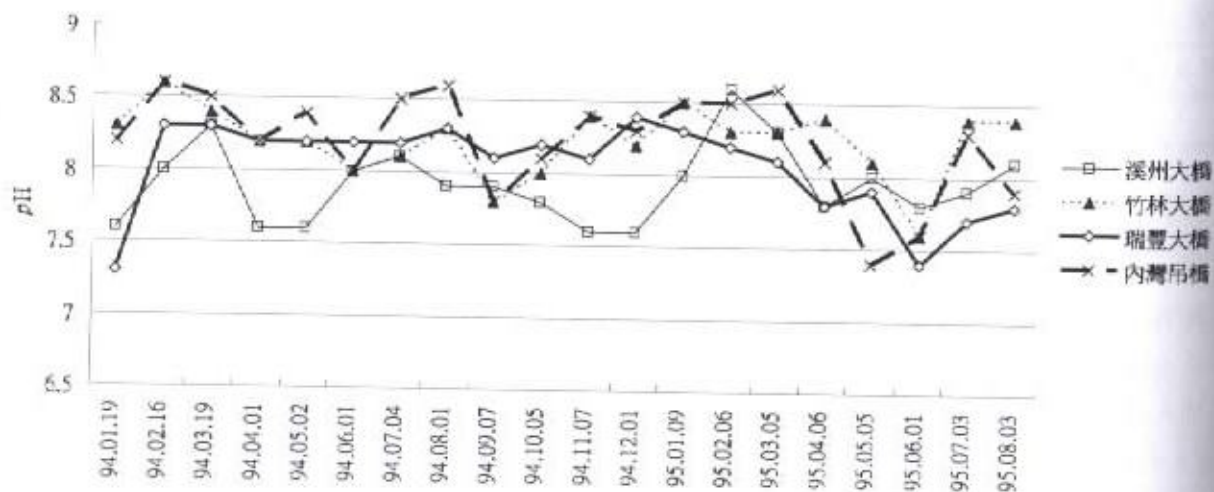


圖 3-1-4 研究區監測點之 pH 時間序列圖

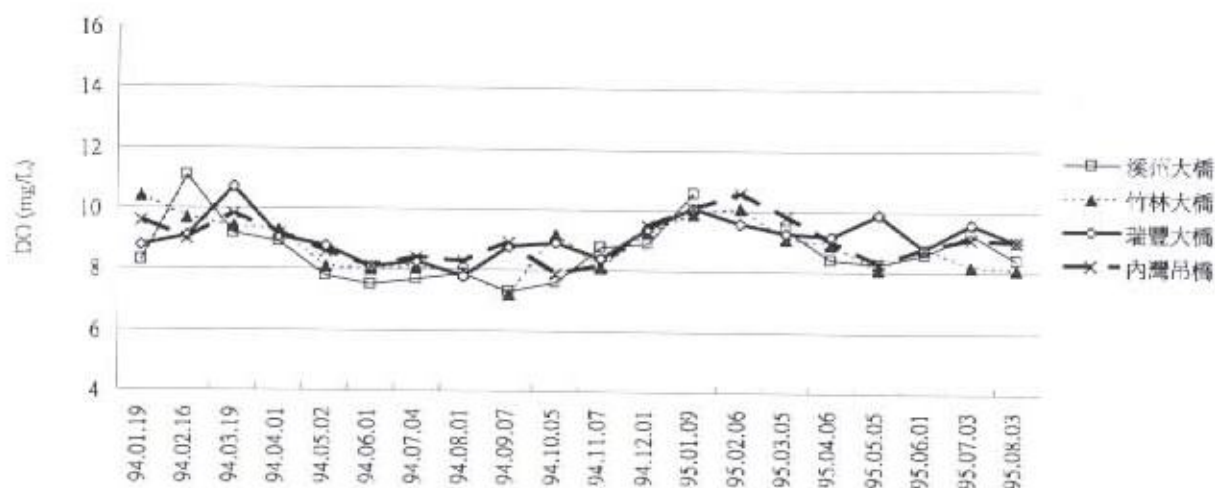


圖 3-1-5 研究區監測點之 DO(mg/L)時間序列圖

二、與人類活動相關之水質參數基本描述與時、空差異

(一) 水質參數變異情形

相較於水體基本物化性質，與人類活動相關之水質參數變異範圍較大，變異係數大多在 1 以上，各測站變化趨勢以 TC 數值變異程度最大，BOD 最小。各測站之情形為：溪州大橋(滴雅取水口)，TC (2.96) > SS (2.16) > TP (1.14) > NH₃-N (1.13) > COD (0.89) > BOD (0.73)；頭前溪橋，TC (2.66) > SS (2.12) > NH₃-N (1.21) > TP (1.16) > COD (1.07) > BOD (0.77)；中正大橋，TC (2.93) > SS (1.67) > COD (1.22) > TP (1.15) > BOD (0.82) > NH₃-N (0.72)；竹林大橋，SS (2.12) > TC (2.00) > COD (1.72) > NH₃-N (1.71) > TP (1.04) = BOD (0.88)；竹東大橋，NH₃-N (2.60) > TC (2.55) > COD (1.27) > SS (1.22) > TP (1.20) > BOD (1.00)；寶山水庫取水口，COD (1.98) > SS (1.67) > TP (1.63) > NH₃-N (1.57) > TC (1.33) > BOD (1.00)；瑞豐大橋，SS (1.80) > TP (1.44) > COD (1.35) > BOD (1.22) > TC (1.21) > NH₃-N (1.00)；內灣吊橋，NH₃-N (1.86) > SS (1.50) > TC (1.28) > COD (1.21) > TP (1.12) > BOD (0.43)。

整體而言，TC 上下游之空間變異最大，最下游之溪州大橋(滴雅取水口)測站變異係數為 3.0 而上游之內灣吊橋測站與瑞豐大橋測站分別 1.3 與 1.2，詳細結果見表 3-1-2。

表 3-1-2 與人類活動影響有關之水質參數範圍 (2005.1~2006.8)

	溪州大橋(油雅取水口)						頭前溪橋					
	COD	TP	TC	BOD	SS	NH ₃ -N	COD	TP	TC	BOD	SS	NH ₃ -N
平均數	9.5	0.91	37166	1.5	315.2	0.15	10.0	1.33	26724	1.3	240.2	0.14
中位數	7.0	0.36	5000	1.3	47.2	0.11	6.9	0.55	5500	1.0	39.8	0.07
標準差	8.5	1.03	110024	1.1	679.3	0.17	10.7	1.55	71100	1.0	470.4	0.17
最小值	1.0	0.05	230	0.5	10.8	0.01	1.0	0.02	1	0.5	9.7	0.03
最大值	25.1	2.75	510000	4.3	3040.0	0.86	49.5	3.48	330000	3.5	1960.0	0.73
變異係數	0.89	1.14	2.96	0.73	2.16	1.13	1.07	1.16	2.66	0.77	2.12	1.21
	中正大橋						竹林大橋					
	COD	TP	TC	BOD	SS	NH ₃ -N	COD	TP	TC	BOD	SS	NH ₃ -N
平均數	8.5	0.75	16804	1.1	260.9	0.18	7.4	0.46	3112	0.8	196.2	0.07
中位數	5.4	0.23	4400	1.0	65.8	0.13	4.4	0.31	540	0.5	49.1	0.03
標準差	10.4	0.86	49253	0.9	436.5	0.13	12.7	0.48	6217	0.7	415.9	0.12
最小值	1.0	0.10	140	0.5	2.8	0.05	1.0	0.06	45	0.5	3.8	0.01
最大值	44.5	2.44	230000	4.5	1550.0	0.52	58.8	1.48	23000	3.5	1880.0	0.49
變異係數	1.22	1.15	2.93	0.82	1.67	0.72	1.72	1.04	2.00	0.88	2.12	1.71
	竹東大橋						寶山水庫					
	COD	TP	TC	BOD	SS	NH ₃ -N	COD	TP	TC	BOD	SS	NH ₃ -N
平均數	15.1	0.44	4168	1.2	511.3	0.10	14.5	1.29	1149	1.1	518.0	0.07
中位數	8.1	0.16	1200	0.5	222.0	0.04	5.6	0.22	460	0.5	146.0	0.03
標準差	19.2	0.53	10649	1.2	624.9	0.26	28.7	2.11	1525	1.1	863.7	0.11
最小值	1.0	0.04	110	0.5	3.0	0.01	1.0	0.10	85	0.5	1.0	0.01
最大值	78.4	1.35	50000	4.7	2100.0	1.24	132.0	5.66	5700	4.7	3190.0	0.53
變異係數	1.27	1.20	2.55	1.00	1.22	2.60	1.98	1.63	1.33	1.00	1.67	1.57
	瑞豐大橋						內灣吊橋					
	COD	TP	TC	BOD	SS	NH ₃ -N	COD	TP	TC	BOD	SS	NH ₃ -N
平均數	12.5	0.85	1220	0.9	611.8	0.05	3.4	0.27	878	0.7	10.6	0.07
中位數	5.8	0.28	300	0.5	60.8	0.03	1.0	0.17	465	0.5	3.3	0.03
標準差	16.9	1.23	1478	1.1	1101.3	0.05	4.1	0.31	1125	0.3	15.8	0.13
最小值	1.0	0.01	75	0.5	1.2	0.01	1.0	0.01	20	0.5	0.5	0.01
最大值	68.6	3.06	4700	5.3	4520.0	0.20	14.5	0.78	4300	1.4	61.2	0.53
變異係數	1.35	1.44	1.21	1.22	1.80	1.00	1.21	1.12	1.28	0.43	1.50	1.86

註 1：COD、TP、BOD、SS、NH₃-N 單位皆為 mg/L，TC 單位：CFU/100mL。

資料來源：行政院環保署，2003

(二) 水質參數之時、空變化

COD 與 BOD 可視為測定水中有機物含量，用以反應水體受有機物污染的程度。然而，BOD 與 COD 所代表的意義有所不同，前者為水中之有機物可被微生物氧化者，後者代表水中之有機物不論其是否屬微生物可氧化者，均氧化成 CO_2 或 H_2O 。因此一般而言，COD 所測得的值會高於 BOD (徐新貴，1998:161; 江漢全，1996:231)。由圖 3-1-7、3-1-8 所示，COD 分別在 2005 年 9 月與 2006 年 6 月出現高峰期，其他月份之波動情形不大；BOD 則在 2006 年 6 月出現一次高峰，但 9 月份卻沒有同樣的成長趨勢，原因可能由於污染物的來源不同，造成 2005 年 9 月份 COD 值升高的情形。

COD 一般而言，無明顯的空間差異，但在 2005 年 9 月份的一次高峰可發現，COD 以上游的瑞豐大橋與竹林大橋出現最高值，而內灣吊橋和下游的溪州大橋（浦雅取水口）並無出現異常的現象。2006 年 6 月份 COD 值雖然有出現明顯的偏高情形，其變化隨然沒有 2005 年 9 月的值來得高，但變化趨勢同 BOD，上游的瑞豐大橋測站和下游的頭前溪橋測站值均明顯偏高。

TP 以「季」為測量單位，寶山水庫取水口測站各水質參數中，以 TP 與 TN（總氮）兩項濃度較高，因此在討論寶山水庫取水口測站時，則多納入了 TN 以作為比較。TN 包含了硝酸鹽氮 (NO_3^--N)、亞硝酸鹽氮 (NO_2^--N)、氨氮 (NH_3-N) 和總有機氮，環境中氮化合物存在的形態不外乎這四種 (江漢全，1996:172)。圖 3-1-9，TN 在 2005 年 9 月出現一次高峰。最高值出現在寶山水庫取水口，竹林大橋次之而溪州大橋（浦雅取水口）再次之，上游的瑞豐大橋與內灣吊橋受影響程度較低。TP (圖 3-1-10) 的曲線走勢同 TN 的走勢，且最高值出現在寶山水庫取水口，與 TN 不同點在於，瑞豐大橋測站的濃度次居第二，反而高於中下游的竹林大橋測站與溪州大橋（浦雅取水口）測站。

水中含氮和磷的化合物在水體中的聚集過程稱作優養化 (沈晉，1991:237)。環保署以卡爾森指數 (CTSI) 作為水庫優養化指標。根據寶山水庫(一)測站 (圖 3-1-1) 2005 年及 2006 年資料指出，四個採樣季節內，以 2 月份屬於普養狀態，其他皆有優養化的現象 (圖 3-1-6)。由於寶一水庫屬於離槽水庫，水源引自上坪溪。寶山水庫取水口除了 2005 年 9 月份曾出現 TP 與 TN 值的高峰外，其餘季節含量皆低。因此上游取水口水質狀況較差時，雖可能連帶影響水庫水質，但依兩年觀測期間普遍優氧化狀況來判斷，水庫中氮與磷的聚集有可能來自水庫周圍土地利用或水庫本身底部沉澱物質影響有關。

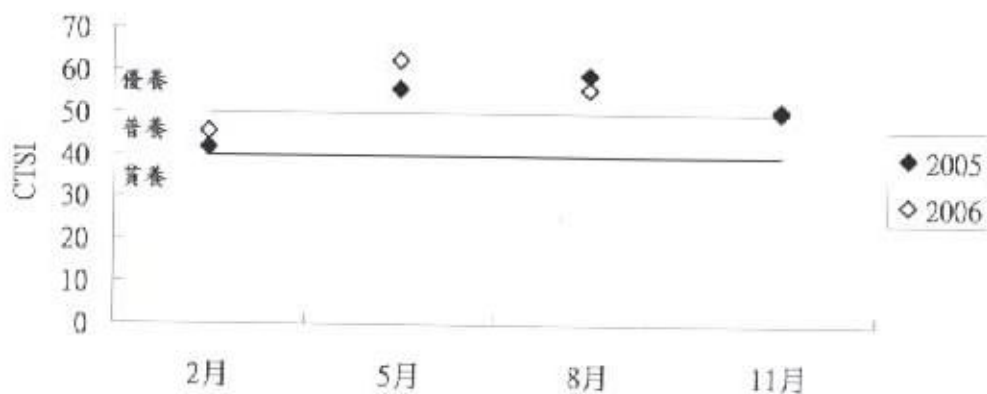


圖 3-1-6 寶山水庫(一)測站 2005 年及 2006 年水庫優養程度(深度

註：卡爾森指數(CTSI)=[TSI(SD)+TSI(Chl-a)+TSI(TP)]/3，式中：SD=透明度(m)、Chl-a=葉綠素 a 濃度($\mu\text{g/L}$)、TP=總磷濃度($\mu\text{g/L}$)。依 CTSI 指標值，CTSI<40 為貧養狀態、 $40 \leq \text{CTSI} \leq 50$ 為營養狀態、CTSI >50 為優養狀態。引自行政院環保署，2006。

$\text{NH}_3\text{-N}$ 為有機氮經過氨化作用後的第一個形式，為重要水質參數之一，其濃度的高低關係著自來水廠加氯消毒之量。由圖 3-1-11 可看出， $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度於 2005 年 5 月份出現一高峰，其餘時間點濃度皆在 0.1mg/L 上下波動。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度以溪州大橋（浦雅取水口）最高、瑞豐大橋最低。

TC 為細菌的一種，其生存力比一般致病菌如傷寒、霍亂、痢疾等強，但比一般細菌弱，故如水中無大腸菌類，可認為無致病菌存在。大腸菌類具有(a)易偵測及辨別(b)致病菌存在時亦存在(c)存在之量比致病菌多，有比例關係(d)不會出現在未受污染水中，且具有致病菌之特徵，四項特質。因此，水體中之細菌性標準常以大腸菌類密度作為污染程度之指標，其單位²為 CFU/mL（江漢全，1996：367,368），環保署所使用的單位為 CFU/100mL。

由於監測點每月 TC 落菌數範圍差異甚大，因此圖 3-1-12 之縱座標為對數刻度。其月變化高低起伏但並無一定的規律。最高峰出現在 2005 年 8 月，而在 12 月以及 2006 年 2 月出現兩個低峰，其餘值約在 $10^2 \sim 10^4 \text{CFU/100mL}$ 間波動。

就 TC 的空間差異而言，呈現出 TC 數下游 > 中游 > 上游的情形，而上游的瑞豐大橋測站值又高於內灣吊橋測站，空間差異要比時間差異來得明顯。

以 $2\mu\text{m}$ 孔隙大小的濾紙過濾，水樣留存在此孔隙大小濾紙之固形物，經特定條件測

² 菌落形成單位 (Colony-forming unit, 簡稱 CFU) 是計算細菌數量的一種方法，其值越高表示樣品中所含的細菌越多。

出之部分稱懸浮固體物(SS)，在污染程度的研判上，具有指標性的作用。廢水排入水體的膠體或細小的懸浮固體會影響水體的透明度，降低水中藻類的光合作用，限制水生生物的正常運動，減緩水底活性，導致水體底部缺氧，使水體同化能力降低(徐新貴，1998:108)。一般家庭污水在200~500mg/L，工業廢水是水體最重要的污染源，其量大、面廣且成份複雜最高可達30,000mg/L。

流域內SS一般無超過10,000mg/L，然而卻高出一般家庭污水的值。SS乾溼季節落差明顯，上游與下游乾季一般SS值在10 mg/L上下。除了2006年1月，中游的竹林大橋、竹東大橋與溪州大橋(浦雅取水口)之SS升高(圖3-1-13(a))，而頭前溪橋、寶山水庫取水口、內灣吊橋與瑞豐大橋之SS下降且值明顯的低於其他月份(圖3-1-13(b))。造成SS值升高的原因，可能與降水量關係密切。由雨量值來看(表3-1-3)，2006年6月份降水量全年最高，而SS值也隨之升高，可見雨量多寡影響SS含量也影響飲用水品質。1月降雨量偏少，SS值來源可能與人為因素有關。每個測站最高峰皆出現在2005年9月份與10月份。以空間差異而言，上坪溪與頭前溪流域之SS差別不明顯，反而是上游兩支流間的差異最大。

表 3-1-3 新竹地區 2005 年、2006 年和長期平均(1976-2005)雨量觀測資料表

月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	全年
2005	33.8	266.9	279.5	27.6	712.2	241.6	240.5	450.3	41.7	50.7	9.3	30.1	2143.7
2006	43.0	87.6	167.8	414.3	345.1	461.7	162.5	52.1	165.1	0.1	99.0	129.2	2127.5
長期平均值	78.5	162.7	198.1	176.9	253.5	293.3	237.7	367.7	245.7	95.4	44.8	59.8	2214.1

單位：mm

資料來源：整理自中央氣象局《氣候資料年報(地面部分)》。

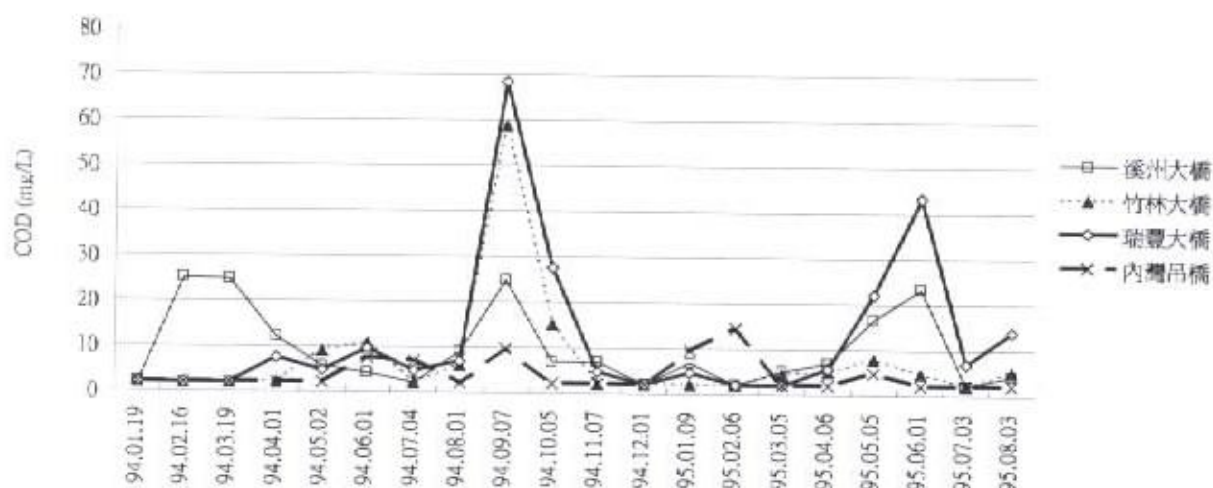


圖 3-1-7 研究區監測點之 COD(mg/L)時間序列圖

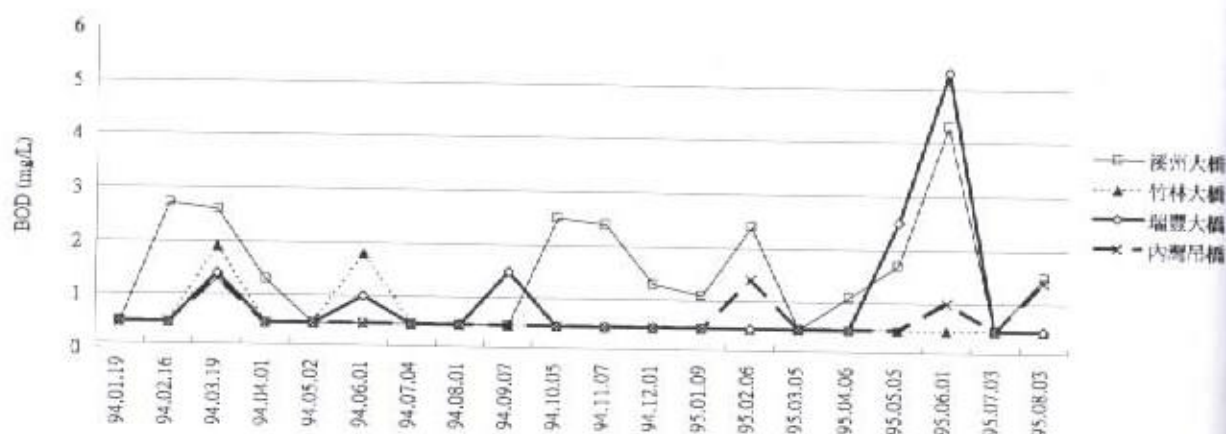


圖 3-1-8 研究區監測點之 BOD(mg/L)時間序列圖

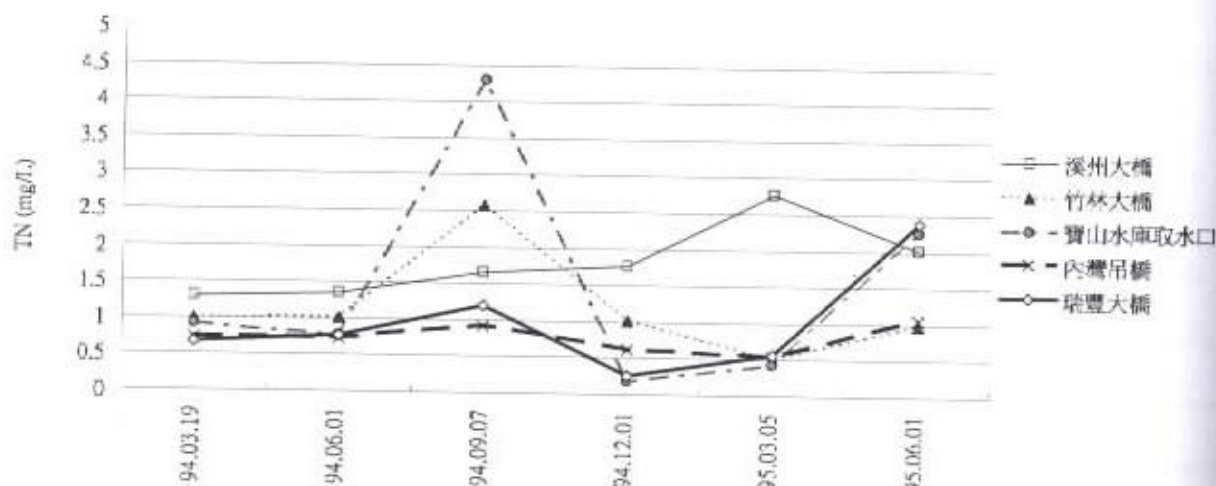


圖 3-1-9 研究區監測點之 TN(mg/L)濃度時間序列圖

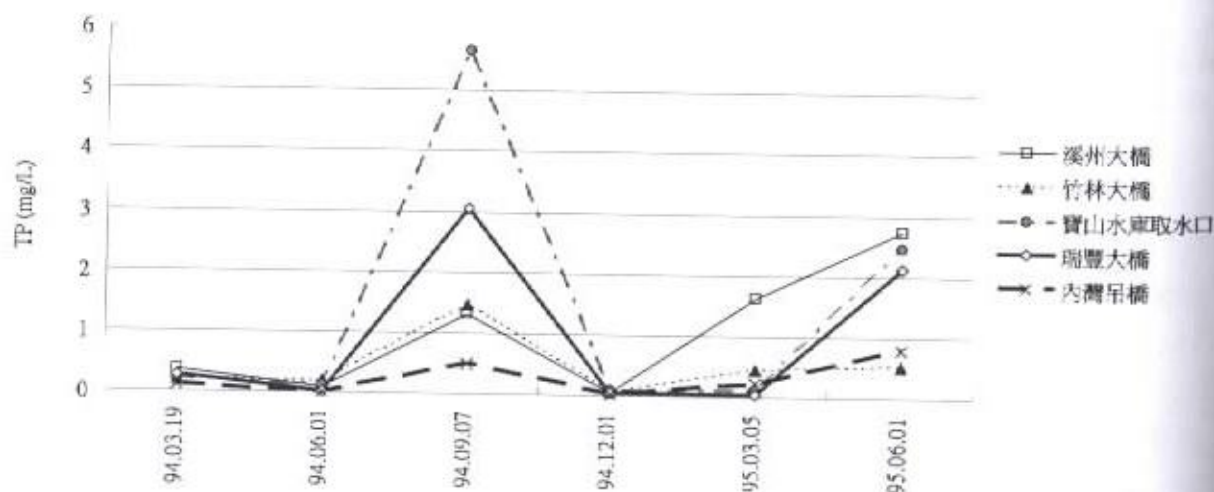


圖 3-1-10 研究區監測點之 TP(mg/L)濃度時間序列圖

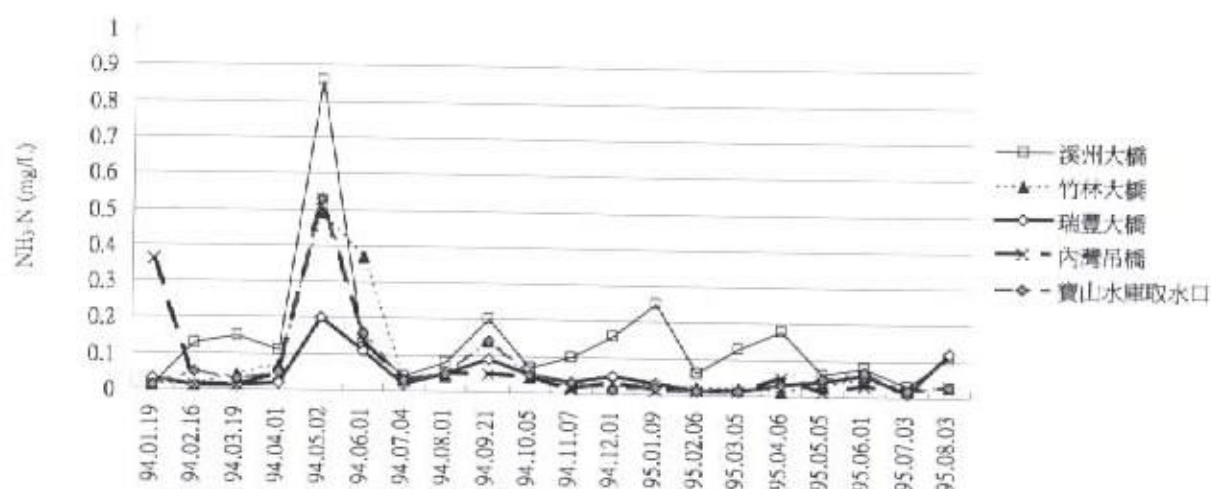


圖 3-1-11 研究區監測點之 $\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)濃度時間序列圖

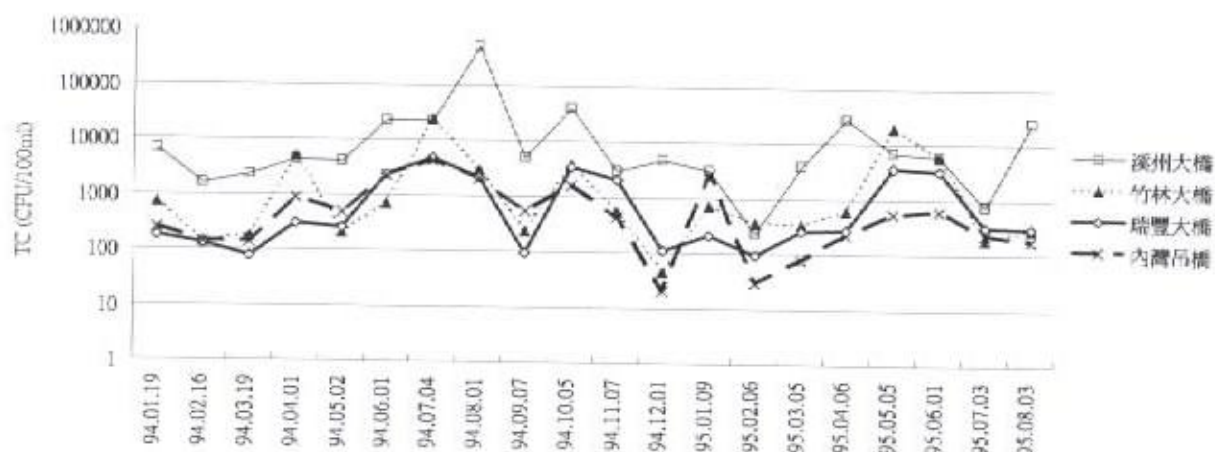


圖 3-1-12 研究區監測點之 TC (CFU/100mL) 時間序列圖

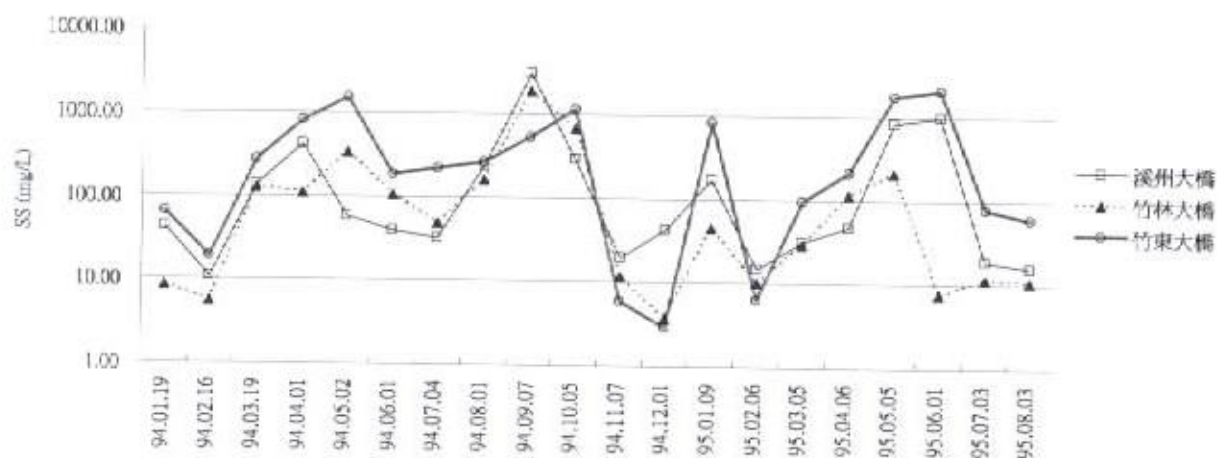


圖 3-1-13(a) 研究區監測點之 SS (mg/L) 濃度時間序列圖

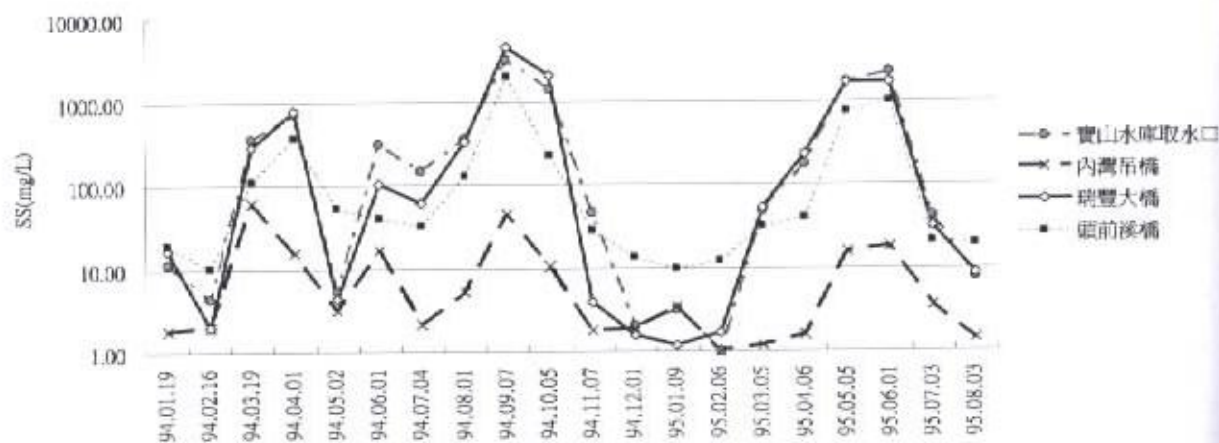


圖 3-1-13(b) 研究區監測點之 SS (mg/L) 濃度時間序列圖

貳、河川污染指數 (RPI) 與河川水質指數 (WQI) 探討³

本研究依據新竹地區長期平均雨量觀測資料 (1976-2005) 和 2005、2006 年降雨資料比對，發現新竹地區氣候除了區分為乾季 (11~4 月) 與濕季 (5~10 月) 之外，2~4 月份易受春雨影響，往往雨量偏多。5~6 月份為梅雨季節，降雨又較 2~4 月多。而 7~9 月份為台灣多颱風的季節，颱風往往帶來豪大雨量和災害，對水質的影響不容忽視。若僅僅將水質觀測資料區分為乾 (11~4 月)、濕雨季 (5~10 月) 則可能忽略季節降雨變化導致的影響，因此本研究以 10~1 月、2~4 月、5~6 月、7~9 月，四個月份單位劃分來分析水質的 RPI 與 WQI 的變化情形。

一、頭前溪河川污染指數 (RPI) 之時、空間探討

根據環保署所訂定之河川污染指標 (RPI) 中四個參數內，影響頭前溪河床水質最重要的參數為 SS。由表 3-1-4 顯示，除油羅溪外，各測站之 SS 污染情況皆為嚴重污染，其餘大多為未 (稍) 受污染。依河段來探討，油羅溪流域水質狀況最佳，竹林大橋測站以上至瑞豐大橋測站以下為污染狀況較為嚴重的河段，尤其以竹東大橋測站所得之水質狀況受污染比例最高。若依季節性探討可發現，出現中度污染的季節多為 2005 年 5~6 月、7~9 月以及 2006 年 5~6 月份，其餘季節多半在未 (稍) 受污染以及輕度污染範圍內 (圖 3-1-14 ~ 3-1-20)。以 2005 年及觀測期間比較，水質受輕度污染以上的比例約佔了一半，而竹東大橋測站之污染比例最高，而油羅溪流域最低 (表 3-1-4)。因此依河川污染指數判斷，油羅溪流域水質狀況最佳，次為頭前溪主流，最差者為上坪溪流域下游段。

³ 圖 3-1-14~3-1-27 之 RPI 與 WQI 圖，油羅溪內灣吊橋以下，與上坪溪匯流前之河段，無測站紀錄水質狀況，因此以虛線表示，假設其與油羅溪之水質狀況相同。

表3-1-4 頭前溪流域水質監測站受污染比例

		頭前溪主流				上坪溪		油羅溪
水質測站		溪州大橋	頭前溪橋	中正大橋	竹林大橋	竹東大橋	瑞豐大橋	寶山水庫取水口
水質項目								內灣吊橋
DO 平均(mg/L)		8.9(A)	9.6(A)	9.1(A)	8.8(A)	8.7(A)	9.1(A)	9.0(A)
BOD ₅ 平均(mg/L)		1.4(A)	1.3(A)	1.2(A)	0.6(A)	15.5(C)	1.0(A)	1.1(A)
SS 平均(mg/L)		324.0(D)	242.9(D)	270.5(D)	194.6(D)	507.8(D)	591.4(D)	531.1(D)
NH ₃ -N 平均(mg/L)		0.15(A)	0.14(A)	0.18(A)	0.07(A)	0.10(A)	0.05(A)	0.07(A)
水質受輕度污染以上百分比	2005	50	50	50	58	67	58	58
	05/1~06/8	45	40	50	45	70	55	50

註：輕度污染以上指「輕度污染+中度污染」(B+C/A+B+C)。

資料來源：行政院環保署，2006

二、頭前溪河川水質指數(WQI)探討

根據WQI指標中七個參數，影響頭前溪河水水質最重要的參數為SS與TP。由表3-1-5可看出各項參數間的關係，以TP情況最差，出現中下與普通。

以上、下游的空間關係來看，上游兩支流的WQI平均值以油羅溪流域高於上坪溪流域，內灣吊橋測站(85.15)狀況最佳，其次為上坪溪的瑞豐大橋測站(79.85)。就支流與主流相比較，下游的WQI值最低，而中游其次，上游WQI值最高，呈現明顯上游向下游遞減的趨勢，唯位於中游的竹東大橋測站由於受到SS的影響，將整體水質狀況拉低。就季節差異而言，WQI值較低的月份集中在2005年7~9月份以及2006年5~6月份(圖3-1-21~3-1-27)。總結頭前溪流域的水質狀況在觀察期間為良好與普通，依WQI水質分類等級表(見：表1-3-4)，研究區內水質屬水質良好，適二級公共用水⁴、一級水產用水及以下各類用途及水質普通，適三級公共用水、二級水產用水、一級工業用水及以下各類用途。

⁴ 依據行政院環保署87年6月24日水字第00三九一五九號令修正發布：「二級公共用水指需經混凝、沈澱、過濾、消毒等一般通用之淨水方法處理可供公共給水之水源；三級公共用水指經活性碳吸附、離子交換、逆滲透等特殊或高度處理可供公共給水之水源；一級水產用水為在陸域地面水體，指可供鱒魚、香魚及鱸魚培養用水之水源；在海域水體，指可供嘉臘魚及紫菜類培養用水之水源；二級水產用水為在陸域地面水體，指可供鯉魚、草魚及貝類培養用水之水源；在海域水體，指虱目魚、烏魚及龍鬚菜培養用水之水源；一級與二級工業用水：指可供製造用水之水源。」

表 3-1-5 各測站 WQI 水質參數範圍比較

主支流	頭前溪主流				上坪溪			油羅溪
測站 參數	溪州 大橋	頭前 溪橋	中正 大橋	竹林 大橋	竹東 大橋	瑞豐 大橋	寶山 水庫	內灣 吊橋
DO (mg/L)	93 (特優)	89 (特優)	91 (特優)	97 (特優)	97 (特優)	97 (特優)	97 (特優)	97 (特優)
BOD ₅ (mg/L)	83 (良好)	85 (良好)	87 (特優)	91 (特優)	87 (特優)	90 (特優)	88 (特優)	92 (特優)
SS (mg/L)	49 (中下)	55 (普通)	51 (普通)	56 (普通)	32 (中下)	51 (普通)	47 (中下)	90 (特優)
NH ₃ -N (mg/L)	88 (特優)	88 (特優)	85 (良好)	93 (特優)	93 (特優)	95 (特優)	94 (特優)	93 (特優)
pH	87 (特優)	75 (良好)	76 (良好)	79 (良好)	81 (良好)	83 (良好)	85 (良好)	79 (良好)
TC (CFU/100ml)	62 (普通)	64 (普通)	70 (普通)	80 (良好)	80 (良好)	84 (良好)	83 (良好)	85 (良好)
TP (mg/L)	47 (中下)	45 (中下)	52 (普通)	58 (普通)	61 (普通)	62 (普通)	49 (中下)	66 (普通)
WQI	72 (良好)	69 (普通)	71 (普通)	79 (良好)	75 (良好)	80 (良好)	79 (良好)	85 (良好)

資料來源：行政院環保署，2006

三、綜合分析與討論

綜合 WQI 與 RPI 兩指數，SS 與 TP 對水質好壞影響最大。TP 推究其原因可能與人為的施工和降雨量的影響關係最密切。根據中央氣象局雨量資料顯示，2005 年 5 月降雨量高達 712.2mm，比長期平均值高出將近 3 倍，而 2005 年 7~9 月份應受到 2005 年颱風的影響，使得 SS 增加而影響水質。比較高屏溪流域在豐水期與枯水期時 RPI 指數中各項因子的平均值及等級後發現，水量的增加則 NH₃-N 等因子數值降低，顯示水量增加對污染有稀釋的效果，但 SS 數值方面卻是豐水期明顯比枯水期高，因此整體水質狀況豐水期較差，顯示造成污染的主要因子是 SS 值（任家弘 等，2003：148）。

根據第三管理處公告，2005 年 5 月份因 512 豪大雨造成頭前溪溪水暴漲，沖損隆恩堰，原水進水量銳減，致竹北市區〈含六家一帶〉、新竹市、科學園區等地區普遍水壓降低或無水；2005 年 7 月中開始，即因海棠颱風所夾帶豪、大雨的影響，使得上坪溪原水濁度遽升，河流改道，影響用戶一萬餘戶；而 8 月 5 日~8 月 7 日因瑪莎颱風影響，帶來山區大量豪雨，導致頭前溪原水濁度遽升，並沖毀竹東員嶼淨水場取水設備，使得竹東圳取水口阻塞無法導入原水。颱風規模的大小，深深影響 SS 生產量的多寡，蘭陽溪上游集水區 22 年的觀測期間，颱風搬運的 SS 量佔了整個觀測期間的 59%，但是只佔了 6.48% 的時間（林孟龍，2003：51-52）。根據環保署公告資料，2006 年 5~6 月份由於頭前溪流域攔河堰復建工程以及疏濬或暴雨的影響，使得水質狀況較差。頭前溪因暴雨使得水質濁度降低，最常發生的河段出現在上坪溪至下游竹東附近，因此竹東大橋測站污

染比例較高，顯示頭前溪流域上坪溪流域下游段可能會土質脆弱區，一經豪大雨沖刷，往往使得濁度飆高，影響水質情況。研究發現，RPI 指數雖只採用四個指標，往往 SS 超過標準值則整體水質狀況立刻降低，這是否真能代表水質的好壞？以生活用水角度來說，SS 飆高的結果會立刻反應在自來水供應的影響上，其不但造成取水口堵塞，且搶救困難，造成的結果往往並非限水而是根本無水可用。在水質處理上往往耗費時間與財務，影響民生用水與工業之大，不容忽視。因此本研究認為頭前溪流域在濕季期間降雨量多，暴雨對 SS 值升高有相當的影響力，因此以 RPI 指數來探討水質狀況應可以適切反映出研究區河川水質好壞對生活用水的影響。

比照 2005 年和 2006 年夏季水質可發現，2006 年夏季雨量偏低，颱風對台灣北部影響較小，因此水質狀況普遍良好。在由此研究期間判斷，在一般無暴雨或人為影響之下，水質狀況良好，適用於一般生活用水水源及工業用水，作者於野外實測河水之 DO 可達 10.55mg/L。而降水量較多的季節或颱風影響之下，會使得水中 SS 增加，導致混濁而使得河川水質降低。

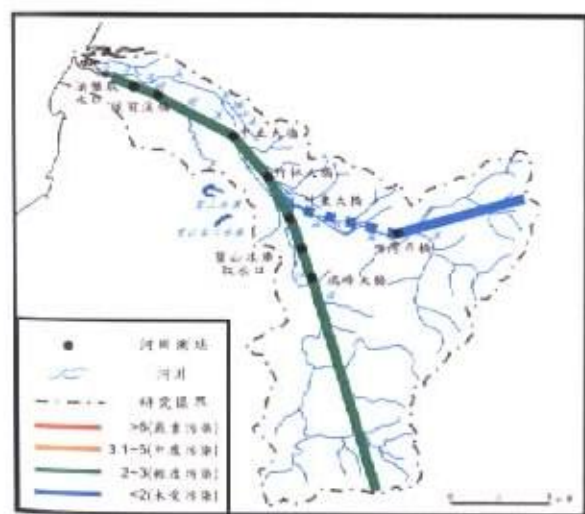


圖 3-1-14 2005 年 2~4 月 RPI

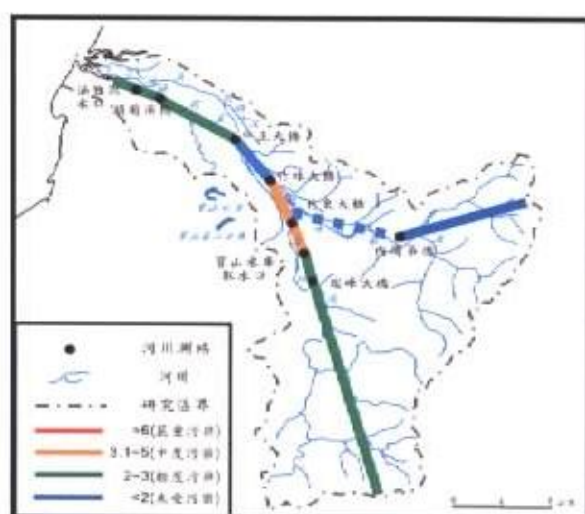


圖 3-1-15 2005 年 5~6 月 RPI

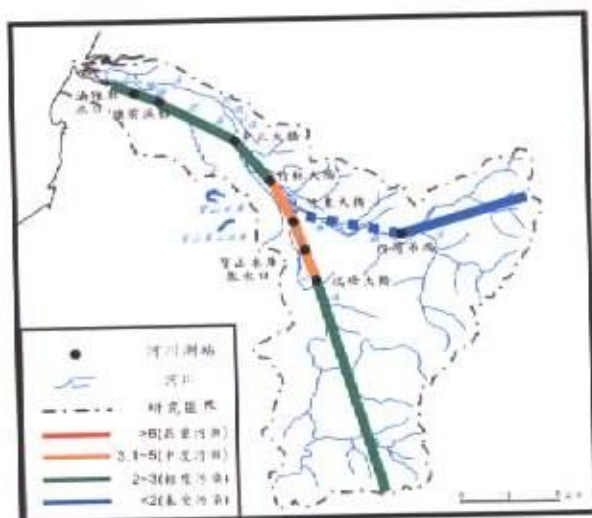


圖 3-1-16 2005 年 7~9 月 RPI

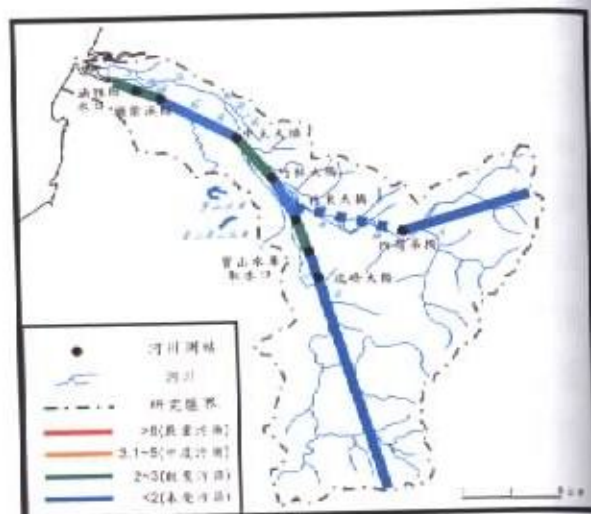


圖 3-1-17 2005 年 10 月~2006 年 1 月 RPI

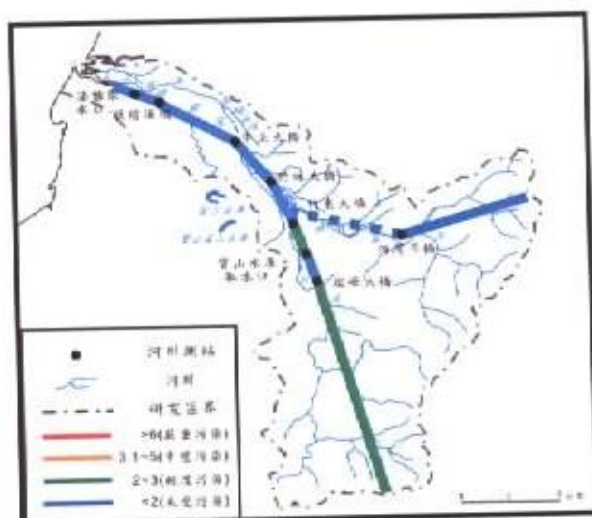


圖 3-1-18 2006 年 2~4 月 RPI

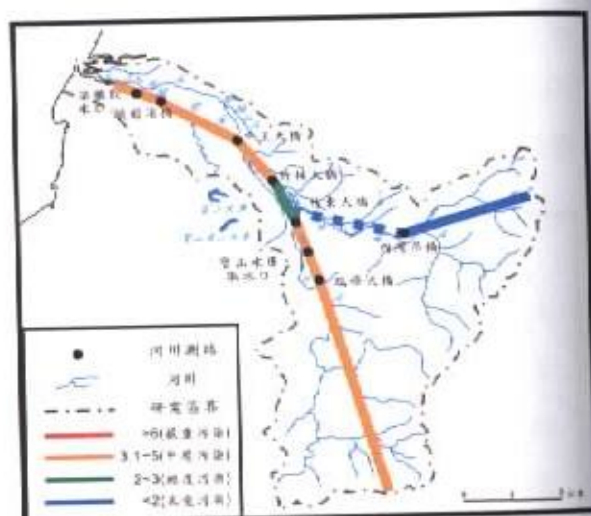


圖 3-1-19 2006 年 5~6 月 RPI

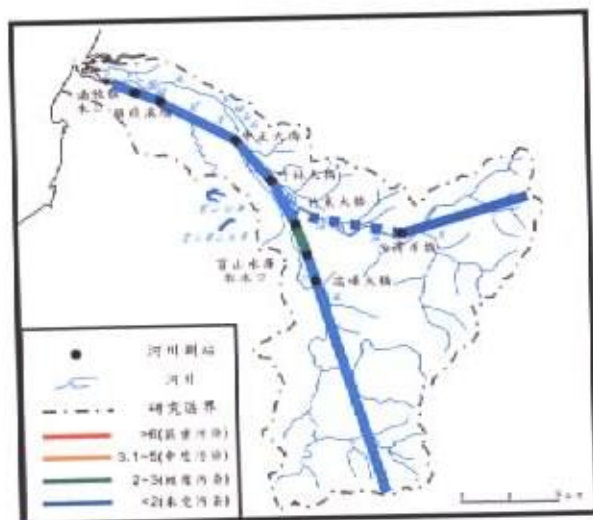


圖 3-1-20 2006 年 7~8 月 RPI

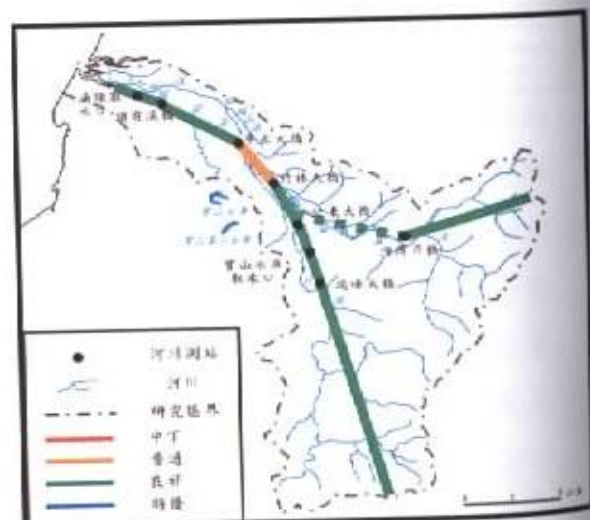


圖 3-1-21 2005 年 2~4 月 WQI

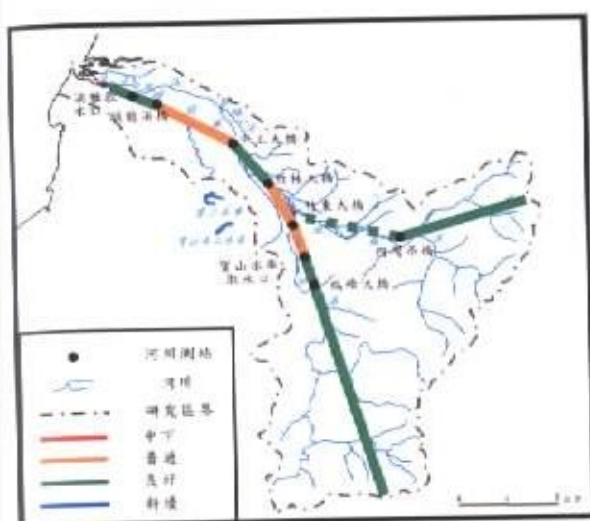


圖 3-1-22 2005 年 5~6 月 WQI

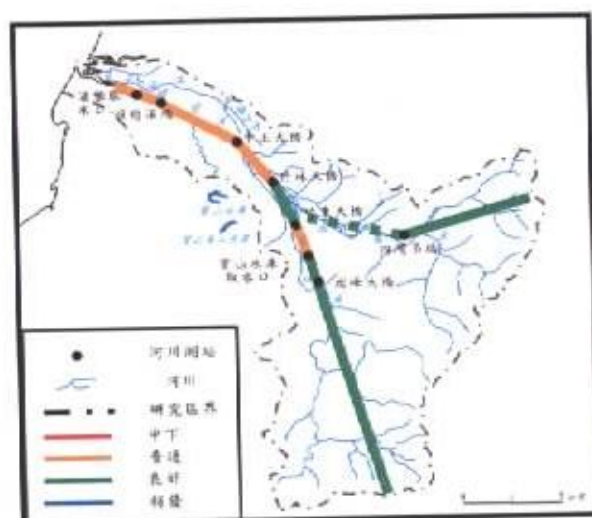


圖 3-1-23 2005 年 7~9 月 WQI

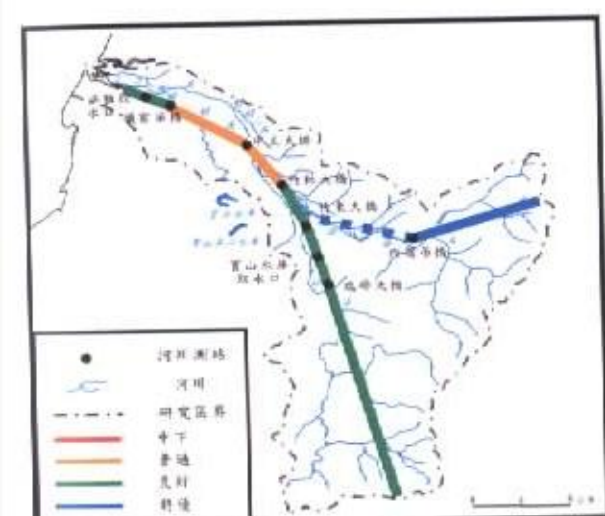


圖 3-1-24 2005 年 10 月~2006 年 1 月 WQI

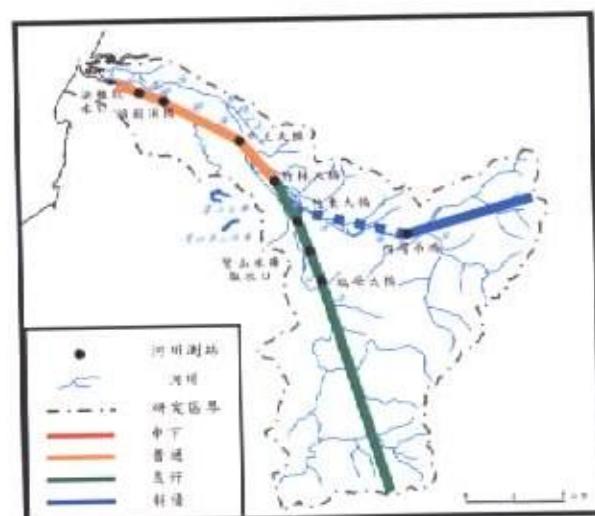


圖 3-1-25 2006 年 2~4 月 WQI

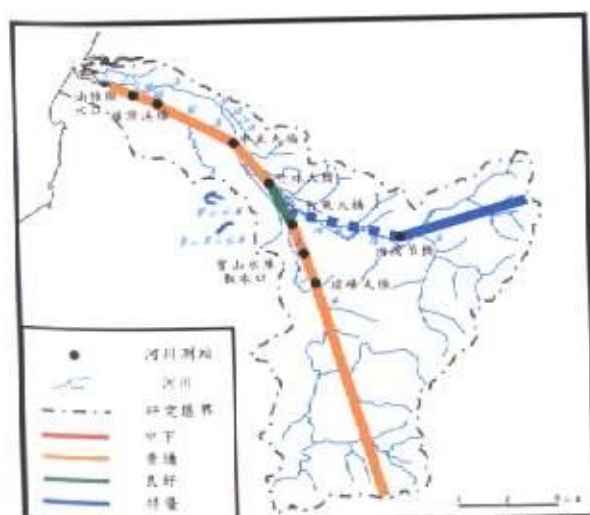


圖 3-1-26 2006 年 5~6 月 WQI

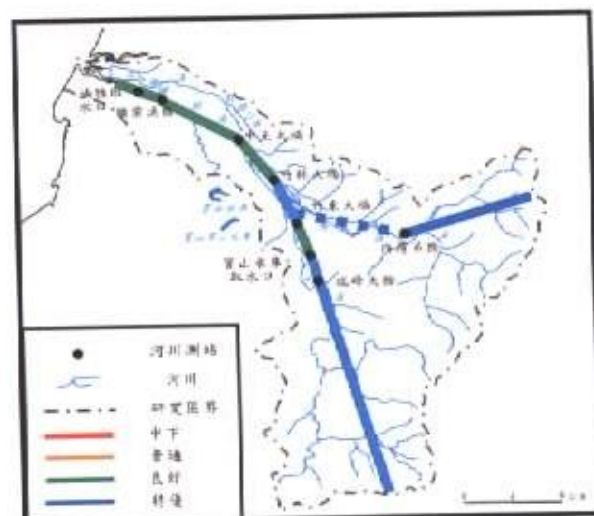


圖 3-1-27 2006 年 7~8 月 WQI

第二節、水圳之水質特性

水圳水質檢測目的以對應灌溉用水標的為主，而農業灌溉水源⁵又主要來自於河川，經過都市與農業區、上游與下游，水質會有所差異。因此灌溉水品質的好壞以及空間、季節的變化為本節主要探討目的。

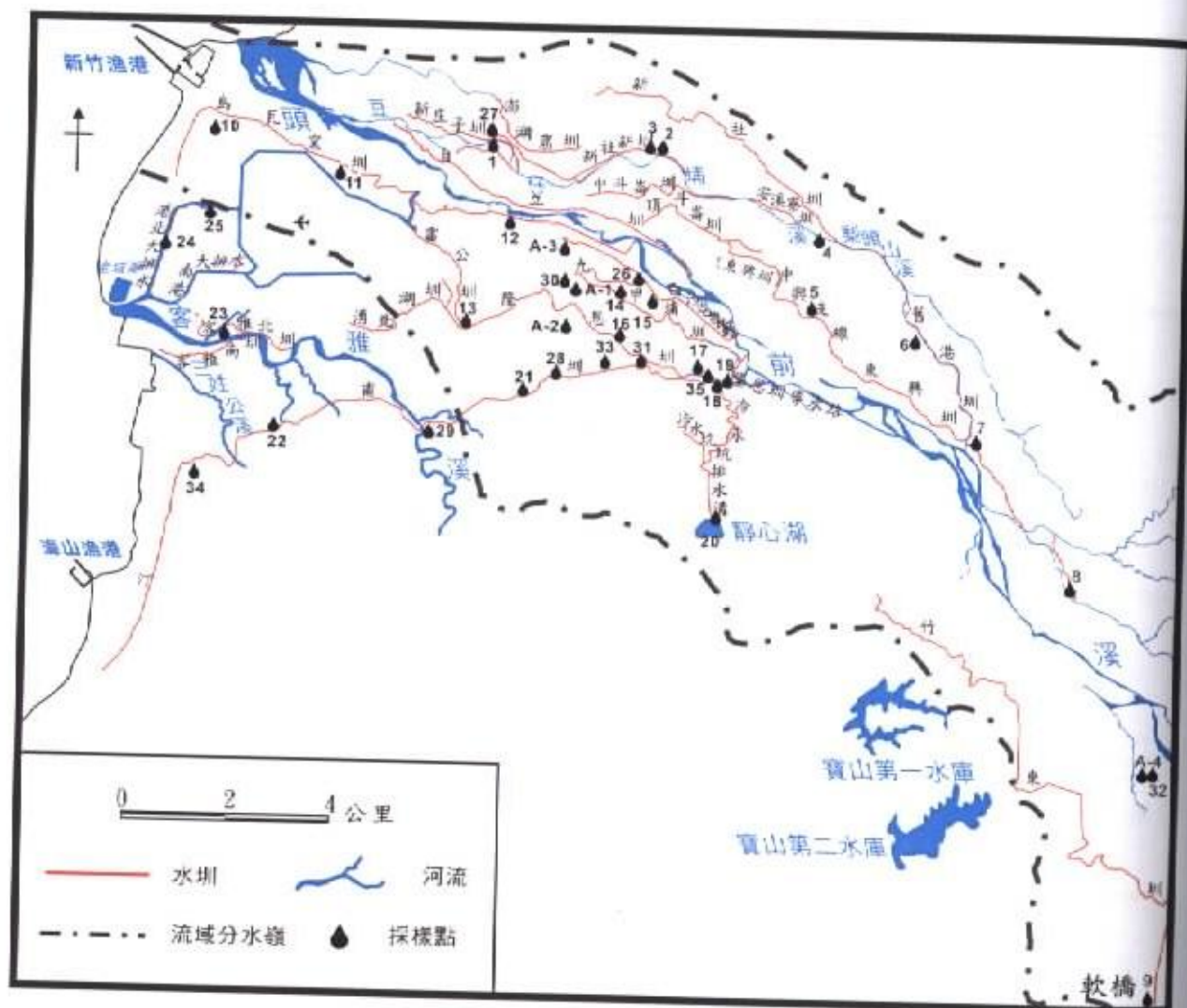


圖 3-2-1 頭前溪流流域水圳的水質調查採樣點分布圖

壹、水圳水質描述與時空變化

一、基本統計量範圍描述

水圳水質判斷所依據的標準為「台灣省灌溉用水水質標準」(表 3-2-1)。除少數測站

⁵ 灌溉水與自來水之水源皆來自於頭前溪。隆恩堰所攔截之水，一部分進入新竹第一、第二淨水場，另一部分經隆恩圳導水路後為隆恩圳之灌溉水；而下游滿雅淨水廠與烏瓦窯圳所抽之頭前溪下游水源相同。

某些水質參數超過水質標準外，大多測站之各水質參數平均值皆在標準範圍內。在冬半年、夏半年的水質參數中，SS 平均值皆超過標準範圍，EC ($413\mu\text{S}/\text{cm}$)、 pH (7.9)、 SO_4^{2-} ($58.6\text{mg}/\text{L}$)、 Cl^- ($18.4\text{mg}/\text{L}$)、SAR 及 RSC 等平均值皆在標準範圍內。以冬半年、夏半年的水質參數相比可發現：冬天水質參數之標準差除了 SS 與 SO_4^{2-} 外，其餘皆小於夏半年水質參數之標準差（表 3-2-2）。而在水質參數中，冬夏之差以 EC 最明顯，其次為 pH 。

表 3-2-1 本研究採用之水質參數及灌溉用水水質標準與飲用水水源水質標準

	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	DO (mg/L)	pH	SS (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	Cl^- (mg/L)	NO_3^- -N (mg/L)	NH_3 -N (mg/L)	SAR	RSC (meq/L)
農業用水	750	-- ^a	6.0-9.0	100	200	175	--	--	6.0	2.5
生活用水	--	--	6.5-8.5	--	250	250	10	0.1	--	--

a 農業用水或生活用水無此標準

資料來源：經濟部水利署，2007；陳賈，1979：109

表 3-2-2 水質標準與水圳水各項水質參數範圍

水質參數	EC	DO	pH	SS	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	NH_4^+	SAR	RSC
夏半年										
最小值	129	0.1	6.9	29.9	2.8	7.5	N.D.	N.D.	0.2	-1.4
最大值	892	7.6	11.7	2050.5	155.3	74.9	18.80	21.10	10.2	4.3
平均數	413	3.7	7.9	423.9	58.6	18.4	5.20	4.90	1.0	-0.6
中位數	381	3.5	7.8	315.5	55.6	14.9	3.60	3.30	0.6	-0.9
標準差	149	2.4	0.8	412.6	28.3	13.8	4.90	5.60	1.9	1.1
變異係數	0.36	0.66	0.10	0.97	0.48	0.75	0.94	1.14	1.90	-2.00
冬半年										
水質參數	EC	DO	pH	SS	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	NH_4^+	SAR	RSC
最小值	31	0.1	7.1	2.0	8.5	5.0	N.D.	N.D.	0.3	-1.9
最大值	397	7.8	8.6	3152.5	307.8	44.9	11.30	18.90	2.2	0.1
平均數	117	3.9	7.9	215.3	105.3	18.7	3.90	6.10	0.7	-0.6
中位數	110	4.2	7.9	24.6	103.3	17.5	2.70	1.40	0.6	-0.5
標準差	57	2.6	0.3	668.0	52.4	10.5	4.00	7.20	0.4	0.4
變異係數	0.49	0.68	0.04	3.10	0.50	0.56	1.03	1.18	0.57	-0.72

註：EC 單位： $\mu\text{S}/\text{cm}$ ；DO、SS、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 單位： mg/L ；RSC 單位： meq/L

資料來源：作者實驗調查

二、水圳水質之時、空差異

本研究以 EC 為例，將空間變化分為三個層次探討：上游與下游、河段至各灌溉渠道及各主要水圳的水質的差異。等值線是地理學者觀察及表現空間差異的有效方法，研

究區水圳的原水絕大部分取自頭前溪河水，各個水圳在不同圳段取水，進而「分水」擴散到整個平原區，所以只要採樣密度足夠，應可使用等值線方式表現其空間差異。

(一) 各水質參數上、下游的時、空差異

冬、夏季 EC 值皆呈現上游至下游漸增的趨勢，夏季明顯高過冬季許多，且頭前溪以北低於頭前溪以南。冬、夏兩季靜心湖 EC 值皆最低，而夏季 EC 較高的點集中在冷水坑下游段及客雅南北圳；冬季則無高濃度集中區。冬、夏兩季上游 EC 值較低但經竹東市區確有攀升的趨勢（圖 3-2-2、3-2-3）。依灌溉水等級來說，夏季靜心湖以西灌溉水質屬中鹽分，以東除竹東市區為中鹽分外，其餘皆屬於低鹽分；冬季則皆為低鹽分區（圖 3-2-2、3-2-3）。

pH 冬、夏兩季皆無明顯的差異，冬季 pH 上下游差異較為明顯，以水稻的最適生長範圍來說，皆在標準值內（圖 3-2-6、3-2-7）。 SO_4^{2-} 和 Cl^- 冬、夏季皆呈現上游至下游漸增的趨勢。 SO_4^{2-} 冬夏濃度無明顯的差異，但等值線的分佈以夏季較為密集，且夏季有兩個高濃度集中區。一為冷水坑下游段，另一處為新竹市區；低濃度區則為靜心湖（圖 3-2-8、3-2-9）。唯一超過標準值的點落在客雅南北圳（307.8mg/L）。 Cl^- 冬、夏兩季呈現上下游且內陸到沿海的規律差異，最低值在軟橋，最高值集中在客雅南北圳（圖 3-2-10、3-2-11）。 SO_4^{2-} 和 Cl^- 冬夏兩季普遍皆低於灌溉水質標準（表 3-2-1）。

SAR 冬季呈現規律變化，值從上游至下游遞增，較高值集中在客雅南北圳。夏季 SAR 較高值集中在冷水坑下游段。夏季與冬季 SAR 與 RSC 皆低於標準值，唯獨夏季市區段隆恩圳之 SAR 高於標準值（6.0），達 10.2（圖 3-2-12、3-2-13）、RSC 高於標準值（2.5），達 4.3。

DO、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 三者雖不屬於灌溉水質標準項目，然而其變化可作為本研究在探討水圳水質空間變異的參考依據，藉此判斷水質受污染的可能來源。DO、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 冬、夏兩季皆呈現上下游的差異，可見上游水質較下游水質佳，且越下游受人為污染影響情形越嚴重（圖 3-2-4、3-2-5、3-2-16、3-2-17）。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 分佈情況最為特殊，由頭前溪以北往南遞減，最高值集中在頭前溪下游沿岸一帶（圖 3-2-14、3-2-15）。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 主要與家庭污水的排放和農業污染源有關，若依據生活用水水質標準（表 3-2-1）來說， $\text{NH}_3\text{-N}$ 皆在 0.1mg/L 以上（單一水樣水質應符合 $\text{NH}_3\text{-N}$ 之含量必須在 0.1mg/L 以下），頭前溪以北 $\text{NO}_3\text{-N}$ 則介於 5~10mg/L 之間（作為飲用水之「可能影響健康物質」的上限為 10mg/L）。因此，水圳水質已普遍受到人為污染，但對作物來說，卻是在可適應範圍內。

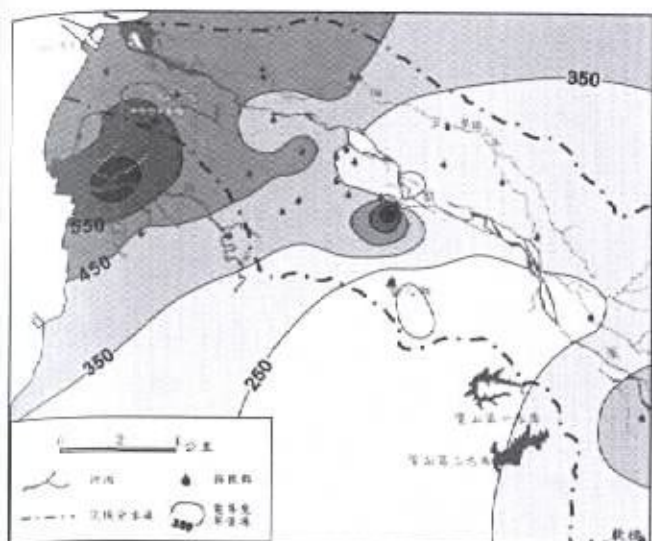


圖 3-2-2 夏天水圳 EC($\mu\text{S}/\text{cm}$)

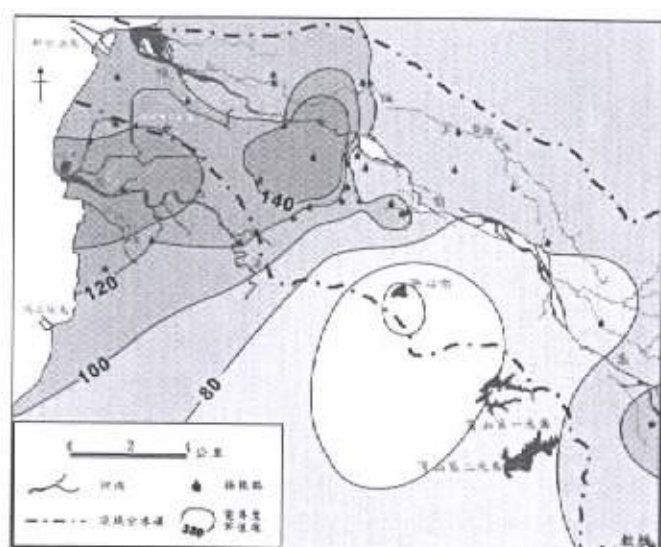


圖 3-2-3 冬天水圳 EC($\mu\text{S}/\text{cm}$)

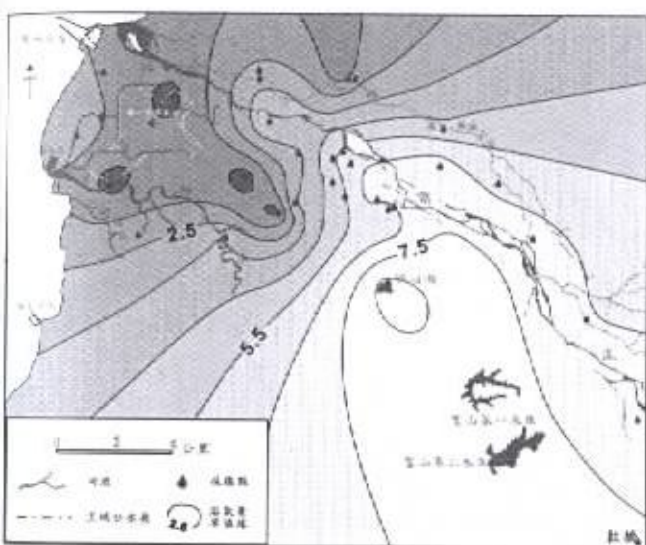


圖 3-2-4 夏天水圳 DO(mg/L)

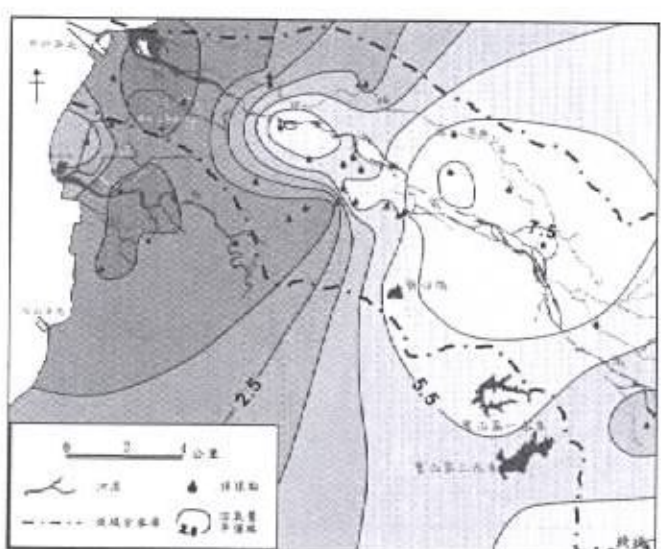


圖 3-2-5 冬天水圳 DO(mg/L)

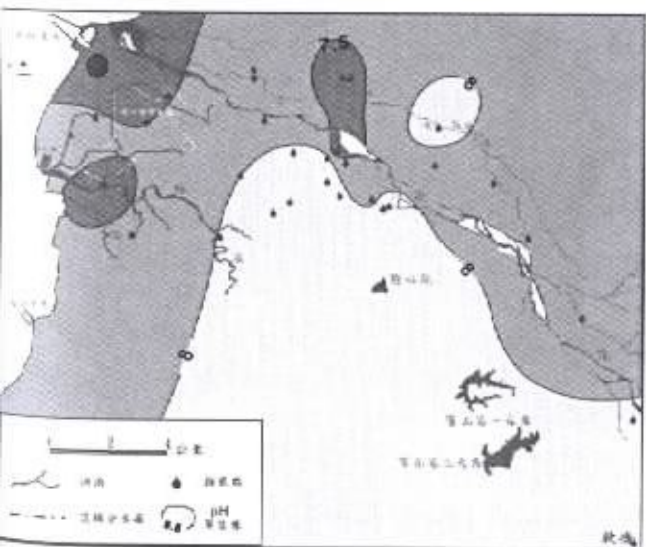


圖 3-2-6 夏天水圳 pH

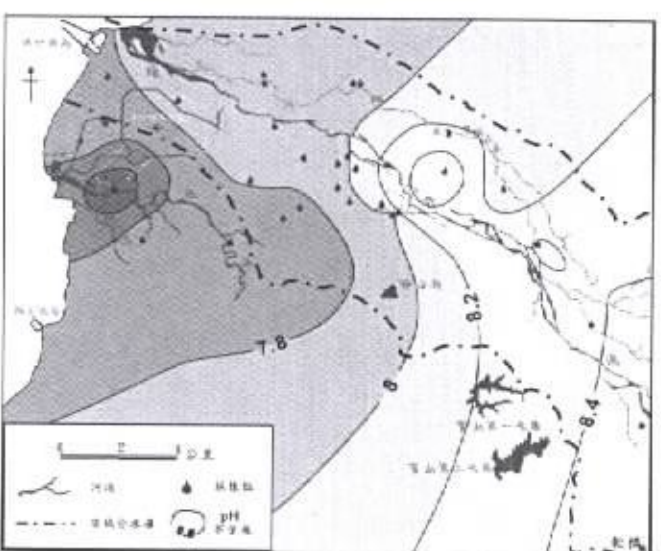


圖 3-2-7 冬天水圳 pH

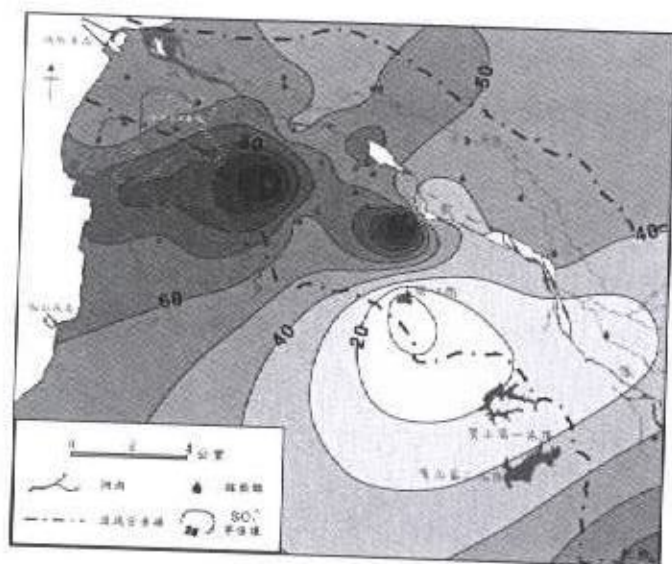


圖 3-2-8 夏天水圳 SO_4^{2-} (mg/L)

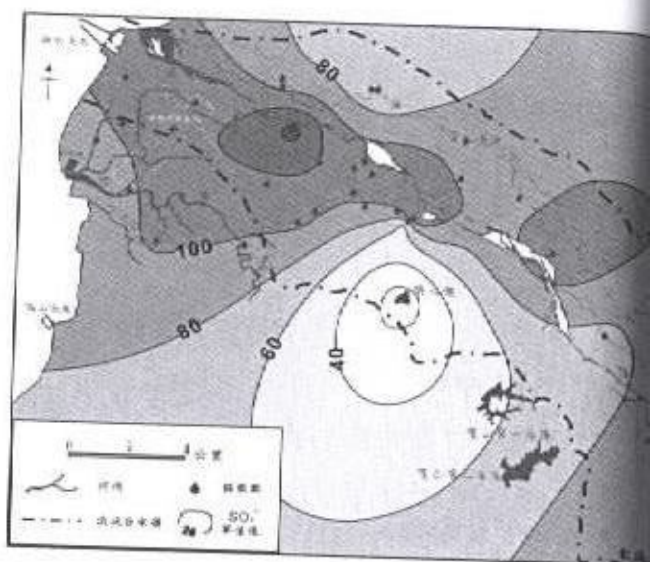


圖 3-2-9 冬天水圳 SO_4^{2-} (mg/L)

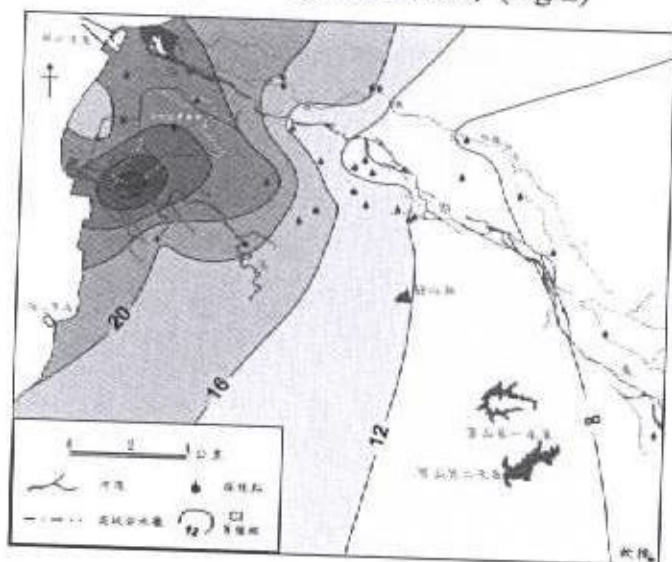


圖 3-2-10 夏天水圳 Cl (mg/L)

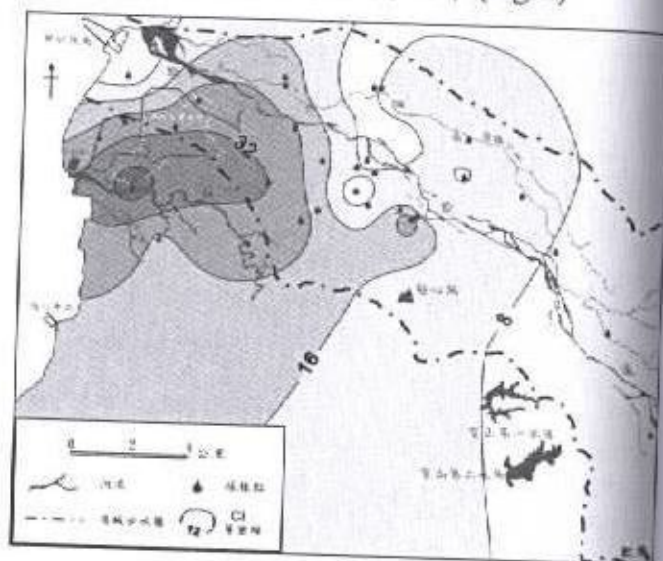


圖 3-2-11 冬天水圳 Cl (mg/L)

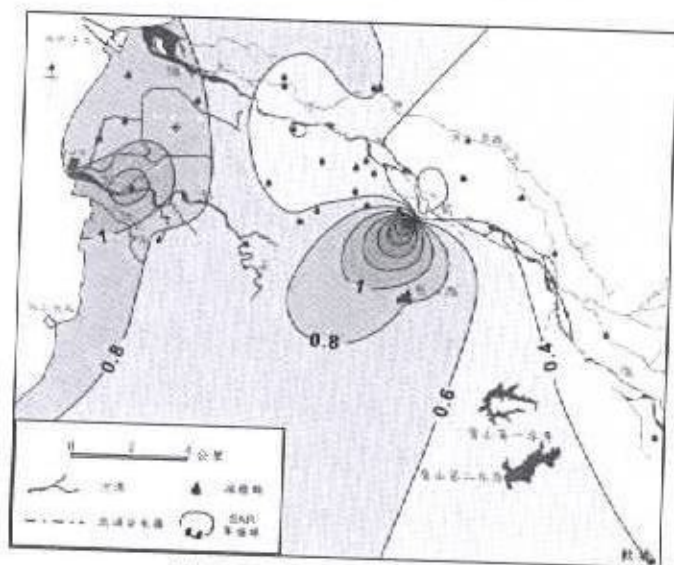


圖 3-2-12 夏天水圳 SAR

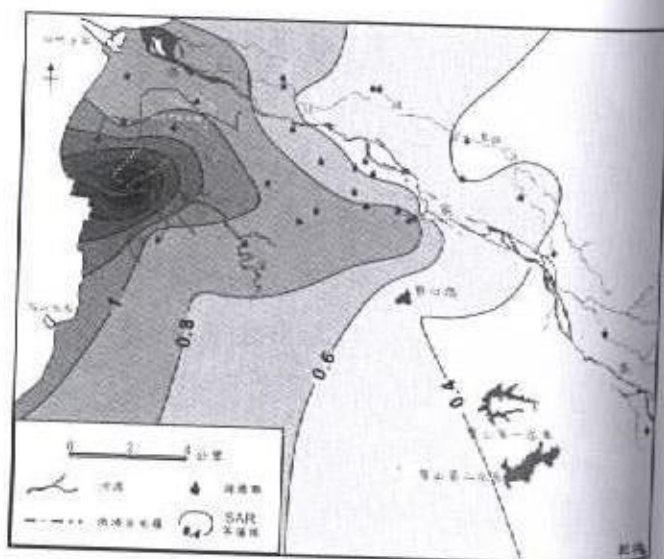


圖 3-2-13 冬天水圳 SAR

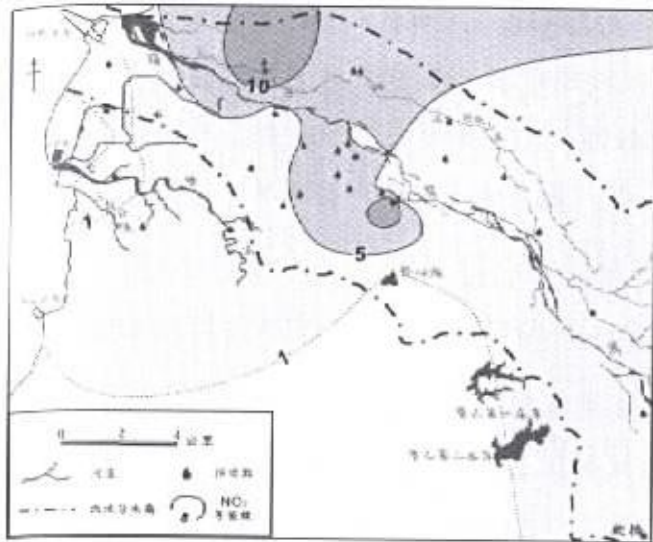


圖 3-2-14 夏天水圳 $\text{NO}_3\text{-N}(\text{mg/L})$

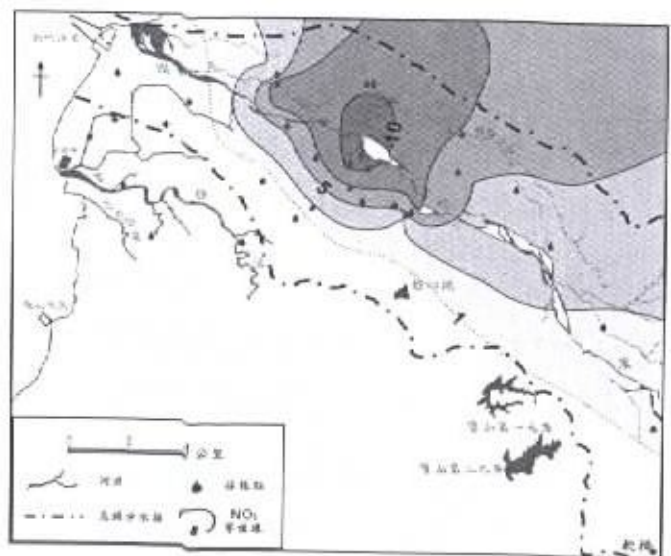


圖 3-2-15 冬天水圳 $\text{NO}_3\text{-N}(\text{mg/L})$

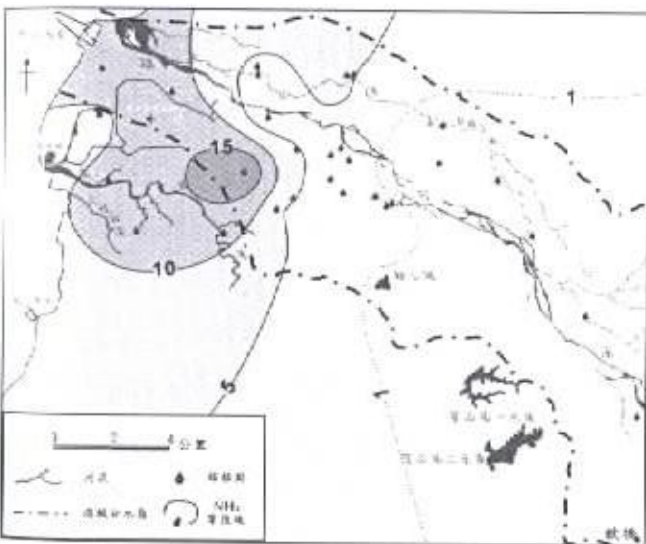


圖 3-2-16 夏天水圳 $\text{NH}_3\text{-N}(\text{mg/L})$

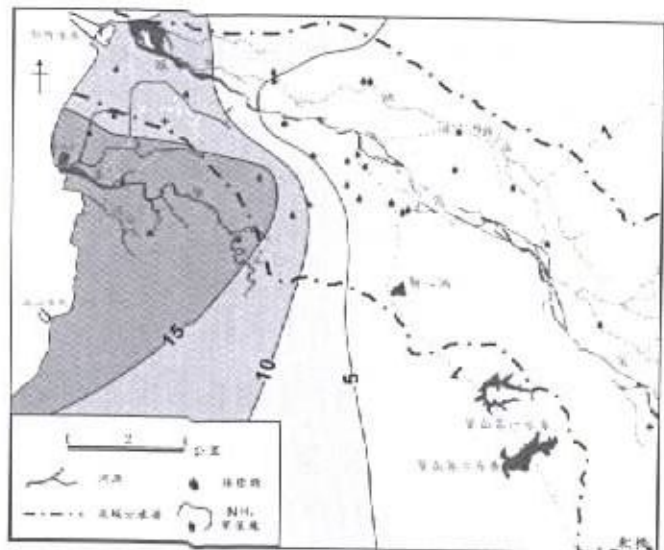


圖 3-2-17 冬天水圳 $\text{NH}_3\text{-N}(\text{mg/L})$

(二) 河段至各灌溉渠道

水圳與生活用水水源相同，皆取自頭前溪。本文假設水圳水在流動過程中，應是量減少而質不變，水質應與取水點相同。因此，除了上下游的差異之外，水圳自取水點取水後至灌溉渠道流動過程中水質的變化也為本研究探討的重點。本文以汀甫圳為例，以 EC 的變化來說明此空間的差異性。

汀甫圳沿線自河川經隆恩攔河堰至隆恩圳導水路（點 19）由赤土埕（點 33）開始進入新竹市區，經光復路至學府路後，從客雅溪北岸的口琴橋（點 29）後開始至下游（圖 3-2-18(A)(B)），冬夏兩季皆呈現 EC 從河段至渠道漸增的趨勢。顯示 EC 值偏高與灌溉水

質劣化的關係，可能在流動過程中，匯入了都市或農業的汙水所致。此一變化可進一步由 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的變化來解釋。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 冬季變化自隆恩圳導水路（點 19）為 0.52mg/L，至光復路（點 21）後升高為 12.77 mg/L，至下游（點 22） $\text{NH}_3\text{-N}$ 達 18.63 mg/L。夏季則從 0.11 mg/L 升高至 5.45 mg/L，至下游達 11.28 mg/L，越下游值越高，且冬季含量高於夏季。

（三）各主要水圳水質的時、空差異

圖 3-2-19~3-2-24 代表各水圳之 EC 變化，皆由內陸向沿海升高，且冬、夏變化一致。烏瓦窯圳取水口在頭前溪下游，取水地點為頭前溪大排水的終點 6。夏季 EC 值落差最大的在取水口（點 12）至烏瓦窯圳中段（點 11），從中段至後段（點 10）上升幅度減緩。各點間直線距離相當，約 2.6km，總長 5.2km，EC 值相差 198.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ；而冬季各段 EC 變化差異較小，相差 16.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ （圖 3-2-19(A)(B)、表 3-2-3）。

頭前溪以北之舊港圳與東興圳在分水圓環（點 7）交匯後各自發展。為了與分水圓環後之水質做一比對，本研究以芎林圳支線作為上游水圳水質代表（點 8），交匯以後分別各採舊港圳（點 6）與東興圳（點 5）之水作上下游的比對。以分水圓環為中心，分水圓環前的上游段 EC 明顯較低，至分水圓環 EC 值上升幅度大，然而分水圓環以後之 EC 值變化起伏不大。若依東興圳和舊港圳相比較，圓環-舊港圳（點 7→6）變化幅度較圓環-東興圳明顯（點 7→5），冬、夏情形相同。以點的直線距離來看，點 8→7→6（舊港圳）總長為 5.8km，EC 夏季相差 64.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、冬季相差 16.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ；點 8→7→5（東興圳）總長為 7.6km，EC 夏季相差 55.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、冬季相差 13.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ （圖 3-2-20(A)(B)、3-2-21(A)(B)、表 3-2-3）。

豆仔埔溪以上游 EC 值最低⁷，中游 EC 值最高，上升幅度最大為上游至中游段。而下游 EC 又有稍微降低的趨勢，冬、夏情形相同。以點的直線距離來看，點 4→3→1 總長為 6.9km，EC 夏季相差 196.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，冬季相差 21.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ （圖 3-2-22(A)(B)、表 3-2-3）。

隆恩圳與汀甫圳水源皆來自隆恩圳導水路引頭前溪河水，隆恩圳與汀甫圳為新竹地區相當重要的灌溉渠道，取水口處卻是與污染較為嚴重的冷水坑溪交匯。依本研究結果，冷水坑溪至下游段已有明顯的污染情形，夏季 EC 值可高達 892 $\mu\text{S}/\text{cm}$ （圖 3-2-24(A)），而隆恩圳導水路所測得的 EC 卻只有 284 $\mu\text{S}/\text{cm}$ （圖 3-2-23(A)）。但由於隆恩圳的水量明顯大於冷水坑溪，因此水質交匯之後，已有某種程度的稀釋作用，雖在上游取水處可能

⁶ 頭前溪大排水為隆恩圳於第二號水門後（位置約在鐵路橋下，全中興化工廠附近）往右即前溪大排，往左為隆恩圳主流。作者於 2006 年 8 月舊社橋下（前溪二排水）所測得的 EC 值為 482 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，2007 年 2 月於溪洲橋下（前溪二排水、大排水交匯後）所測得的 EC 為 441 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

⁷ 竹北地區許多水圳之原水取自豆仔埔溪，故其不同河段之河水水質可反映部分水圳原水之水質。

受到冷水坑溪的污染源，但汀甫圳與隆恩圳進入灌溉區後，EC 尚能維持在 300~400 μ S/cm 之間。然而隆恩圳主要灌溉渠道所經之處為新竹市人口最為稠密的地區，因此在新竹市區一段儼然已被當成臭水溝使用，EC 一度上升至 526 μ S/cm (點 32)⁸，且 pH 最高達 11.7 (點 13)。

隆恩圳夏季 EC 上升起伏最大的為點 16 至點 30 一段。依各點直線距離來看，從隆恩圳導水路 (點 19) 至隆恩圳市區段 (點 13) 為 5.7km，EC 夏季相差 198.0 μ S/cm、冬季相差 46.7 (圖 3-2-23(A)(B)、表 3-2-3)。汀甫圳沿線分成頭前溪流域與客雅溪流域兩段，點 19→17→31→33→28→21→29→22 直線距離約 9.1km，夏季 EC 相差 136.0 μ S/cm，冬季相差 25.8 μ S/cm (圖 3-2-18(A)(B)、表 3-2-3)。從靜心湖 (點 20) 至冷水坑 (點 18) 直線距離約 2.7km，夏季 EC 相差 763.2 μ S/cm，冬季相差 93.2 μ S/cm (圖 3-2-24(A)(B)、表 3-2-3)。

頭前溪以北各水圳相比，每公里 EC 上升最高者為豆仔埔溪，其次為舊港圳，此現象也反映出上游與下游的空間差異；頭前溪以南則以冷水坑溪每公里 EC 上升最高，其次為烏瓦窯圳與隆恩圳。而南北相比較，又以頭前溪以南的 EC 值上升幅度較大 (表 3-2-3)，作者於採樣時，可觀察到頭前溪以北灌溉渠道時常有魚群等生物活動，但往往頭前溪以南灌溉渠道不易見到有魚群活動。若比較各水圳取水口的水質差異可發現，EC 略呈上游至下游遞增的趨勢，但變化幅度小⁹ (圖 3-2-25)，應不致於是影響各水圳差異的主要因素。南北差異與上下游差異應是反映出各水圳受到人為污染的影響程度，人口越稠密的都會區水質越容易受影響。

⁸ 民國 90 年 5 月 13 日曾爆發過大量魚群死亡事件，推判為從自來水公司第二淨水廠附近注入隆恩圳，含有強鹼和大量使用鈦、銅、錫、鎢、鋁等重金屬的半導體、光電或印刷電路板工廠廢污水所造成。然而沒有直接證據顯示該次隆恩圳死魚和科學園區的雨水溝有關。然而相關研究認為隆恩圳中下游的水質，不適合生長魚類且隆恩圳魚不適合一般食用 (凌永健, 2001)。本研究於調查期間並無相關報導與事件的發生，然而非 耕作期間，由於無大量水稀釋，往往灌溉渠道容易因污染源的匯入而使得水質劣化，而有發臭與污染情形發生。

⁹ 水圳取水口之 DO 變化較為明顯，從軟橋至烏瓦窯圳取水口 DO 從 7.6mg/L 降至 4.9mg/L (圖 3-2-26)，然而 EC 值高低並不一定和 DO 值的變化有直接的相關，因此雖然 EC 很高但 DO 卻不見得很低，冷水坑 (點 18) 即為一個明顯的例子 (EC 高達 892 μ S/cm，DO 卻有 4.5mg/L)。

表 3-2-3 各主要水圳 EC 之時、空差異

地理位置	水圳	總長 (km)	夏季差值 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	單位長度 EC 值 ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{km}$)	冬季差值 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	單位長度 EC 值 ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{km}$)
頭前溪以北	舊港圳	5.8	64.0	11.1	16.6	1.5
	東興圳	7.6	55.0	7.3	13.4	1.8
	豆仔埔溪	6.9	196.0	28.4	21.7	0.8
頭前溪以南	烏瓦黨圳	5.2	198.0	38.1	16.4	0.4
	隆恩圳	5.7	198.0	34.8	46.7	1.3
	汀甫圳	9.1	136.0	15.0	25.8	1.7
	冷水坑	2.7	763.2	282.7	93.2	0.3

資料來源：作者實察 (2006.08-2007.02)

貳、灌溉水質綜合評估討論

一、耕作季節與水質關係

以新竹地區長期的降雨量平均值比較本研究的採樣季節 (2006 年 8、9 月份與 2007 年 2、3 月份)，發現 2006 年夏季降雨量明顯偏低許多 (表 3-1-3)。根據作者於研究期間的觀察，2006 年夏季颱風對於台灣本島影響不大，而 2007 年春節前後至插秧季節雨水豐沛，無降雨之日間隔最長僅一週。因此冬、夏兩次數據比較發現，春耕時期雨量較多，EC 明顯比夏季低，此結果多少反映出新竹地區春耕季節無明顯缺水現象，且較多的雨水稀釋，可以使得水質較夏季良好。但礙於觀察期間有限，2006 年夏季之水質狀況可視為水質在較長期無下雨時的情形，而非研究區夏季氣候常態之值。

二、灌溉水品質綜合評估

本區灌溉水品質可分為低鹽分與中鹽份。夏季中上游為低鹽分，至下游變為中鹽份；而冬半年皆為低鹽分。顯示夏半年下游灌溉水施灌時，需要相當之淋洗作用，應選種耐鹽中等之作物，而冬季或中上游水質則適用於大多數之作物及土壤，不致有土壤鹽害之現象 (陳買，1979：6；楊萬全，1993：431)。 SO_4^{2-} 和 Cl^- 冬夏兩季普遍皆低於灌溉水質指標 (客雅南北圳除外)；本區 SAR 等級冬夏皆在 2.0mg/L 以下，RSC 皆低於 2.5meq/L。顯示本區灌溉水質屬鈉含量低之灌溉水 (除夏季隆恩圳市區段外)，適灌於所有土壤，不致有置換性鈉積聚而產生鈉害之危險。整體而言綜合，EC 與 SAR 之高低定出的灌溉水品質圖解，研究區灌溉水品質屬於低鹽害—低鈉害以及中鹽害—低鈉害級等級。其他以 RSC 等級，灌溉水品質屬第一級可安全施灌 ($<1.25\text{meq}/\text{L}$)；以 SO_4^{2-} 分級來說屬於第一級優良灌溉水 ($<192\text{mg}/\text{L}$)；以 Cl^- 分級來說，水質為兩期稻作均能忍受範圍 ($<600\text{mg}/\text{L}$)

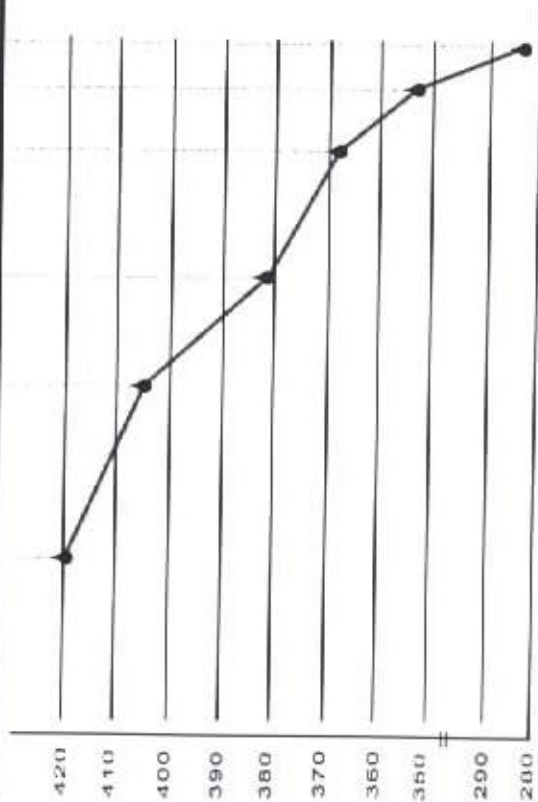
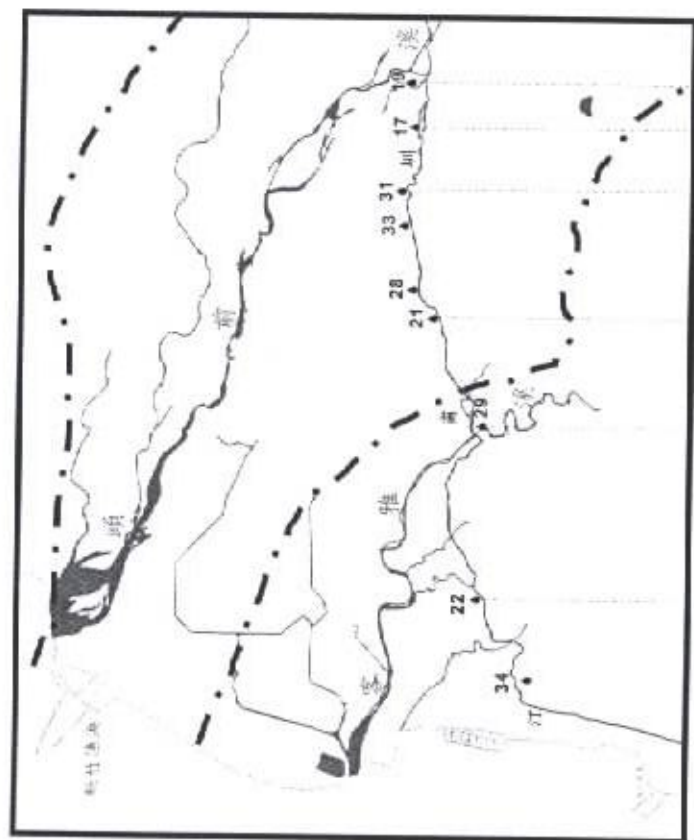
而 pH 則適合水稻生長（表 3-2-4）。

表 3-2-4 研究區灌溉水品質總整理

水質項目	等級區分	與灌溉之關係
EC($\mu\text{S}/\text{cm}$)	低鹽份 0~250	適用於大多數之作物及土壤，而不致有土壤鹽害之現象
	中鹽份 250~750	灌溉水施灌時，需要相當之淋洗作用，應選種耐鹽中等之作物
SAR	<2.0	灌溉水質屬鈉含量低之灌溉水，適灌於所有土壤，不致有置換性鈉積聚而產生鈉害之危險。
RSC(meq/L)	<1.25	可安全施灌
SO_4^{2-} (mg/L)	<192	第一級優良灌溉水
Cl^- (mg/L)	<600	兩期稻作均能成長範圍

三、休耕對農業的可能衝擊

研究區水圳水質有著上下游、頭前溪南北以及流路不同所造成的許多空間差異，都市的發展使得原來擔負農業灌溉角色的河川、圳道，變為大排水溝，人為污染的影響對水圳品質好壞影響很大。雖研究區在觀察期間灌溉水品質屬優良，但長期無水稀釋的情況下，會使得人為污染物不斷注入水圳中，導致水圳不斷劣化。因此若政府選擇休耕以挪作工業用水之用，除了補償金問題之外，更容易引發的是環境問題。尤其以人口眾多工業密集的都會區更需要有所警惕。



(A)汀南圳沿線夏季電導度值

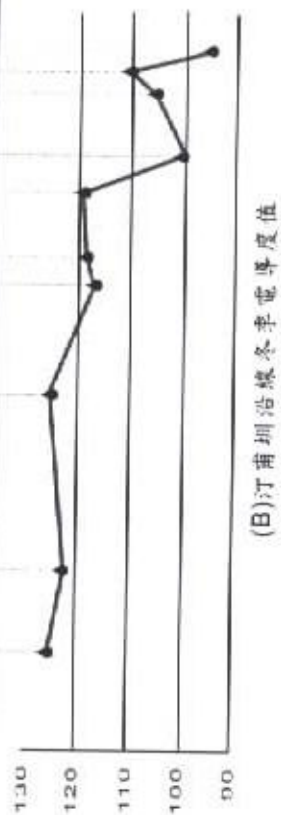
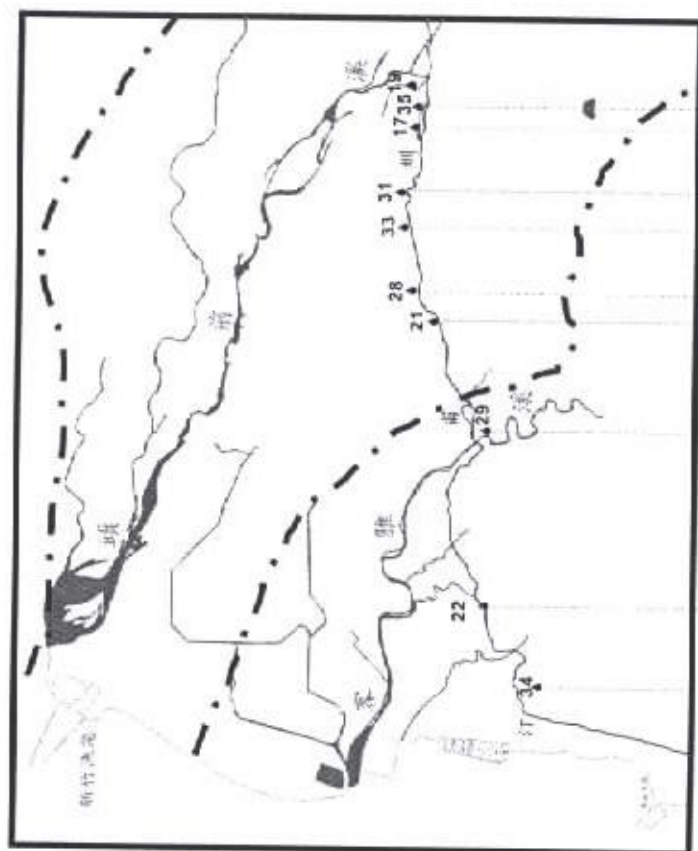


圖 3-2-18 汀南圳沿線冬夏 EC 值 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 變化

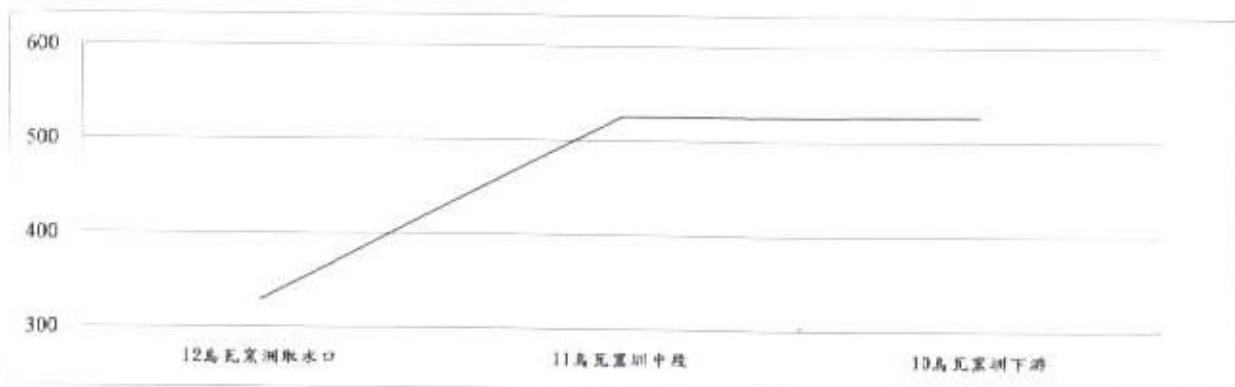


圖 3-2-19(A) 夏季烏瓦窯圳 EC (μS/cm) 值變化

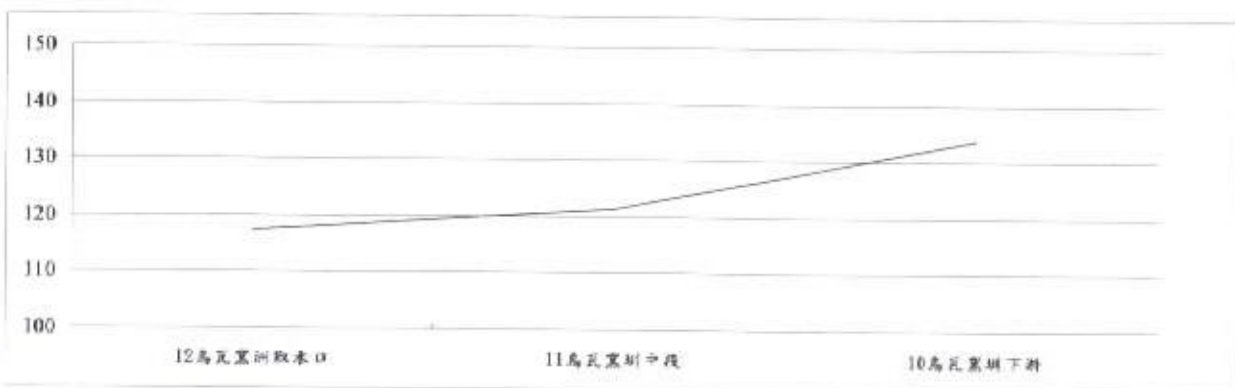


圖 3-2-19(B) 冬季烏瓦窯圳 EC (μS/cm) 變化

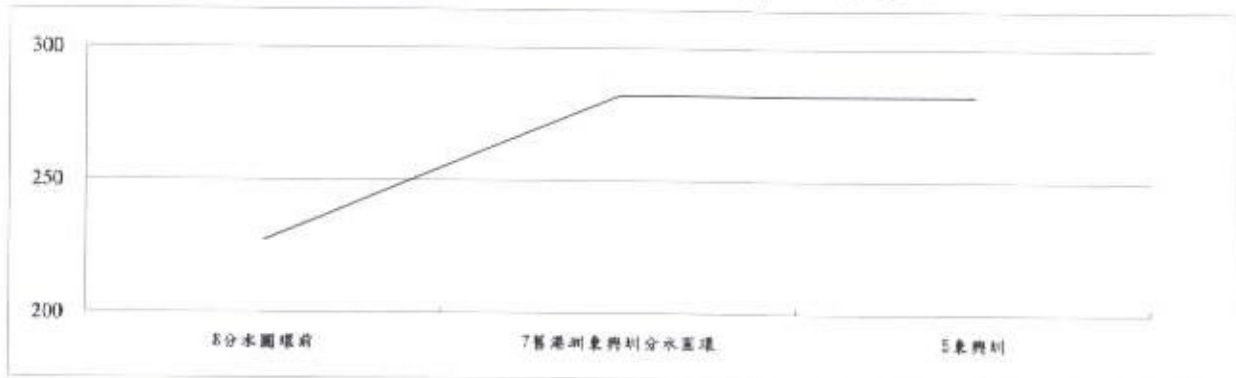


圖 3-2-20(A) 夏季舊港圳與東興圳交匯前後 EC (μS/cm) 變化(東興圳)

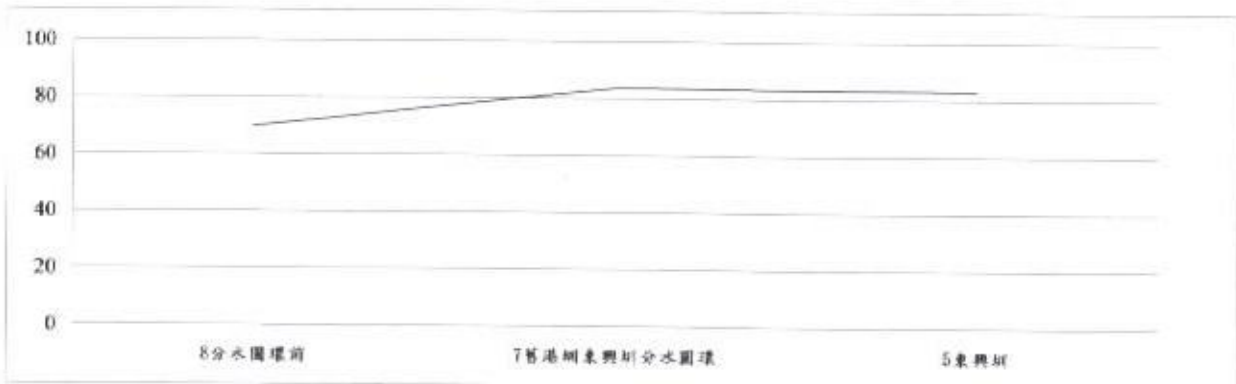


圖 3-2-20(B) 冬季舊港圳與東興圳交匯前後 EC (μS/cm) 變化(東興圳)

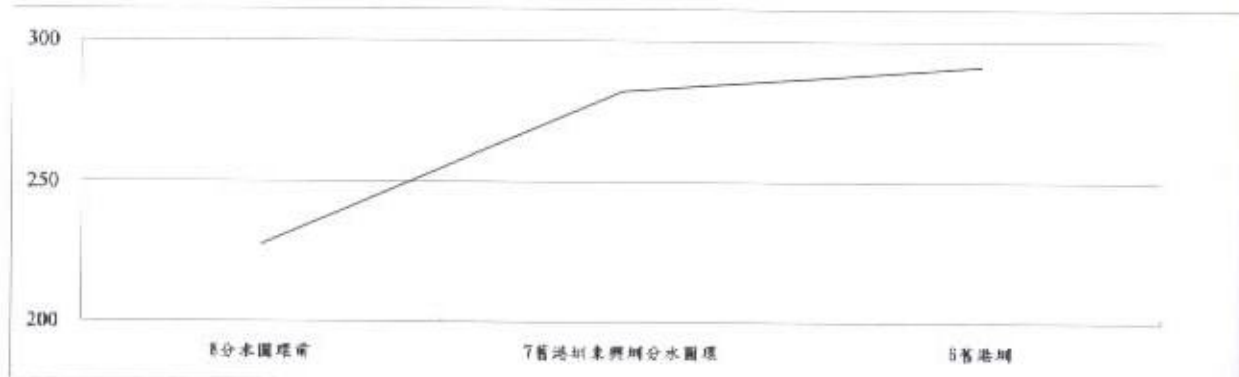


圖 3-2-21 (A) 夏季舊港圳與東興圳交匯前後 EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 變化(舊港圳)

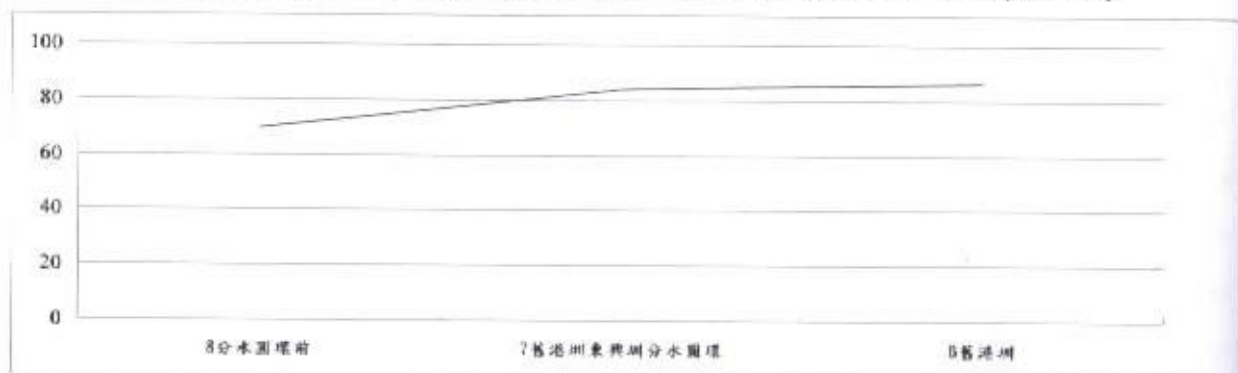


圖 3-2-21 (B) 冬季舊港圳與東興圳交匯前後 EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 變化(舊港圳)

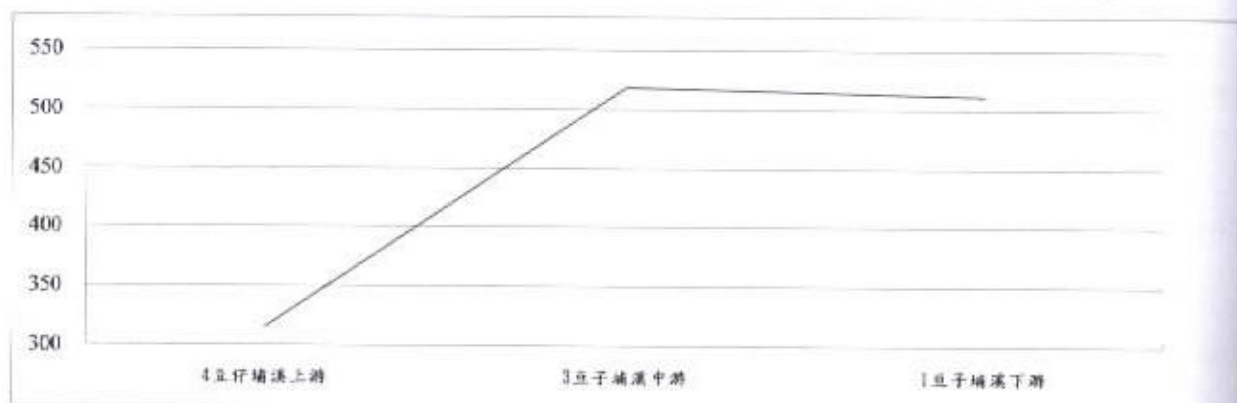


圖 3-2-22 (A) 夏季豆仔埔溪 EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 變化

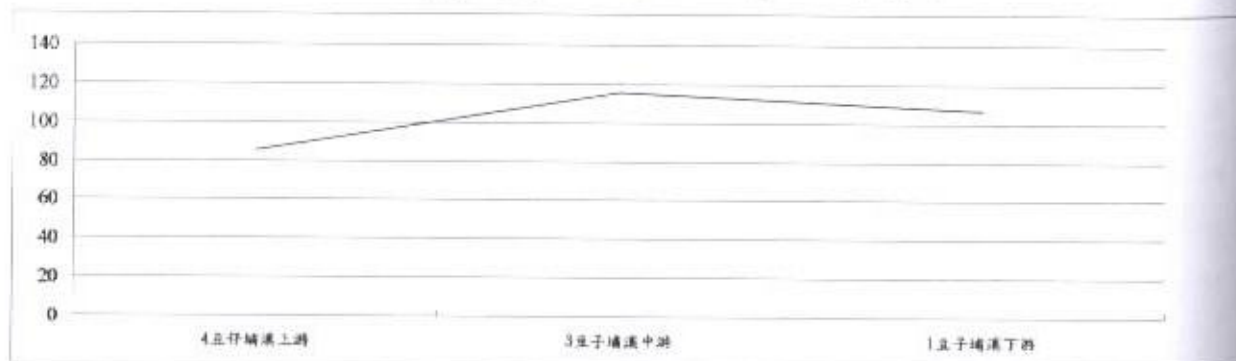


圖 3-2-22 (B) 冬季豆仔埔溪 EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 變化

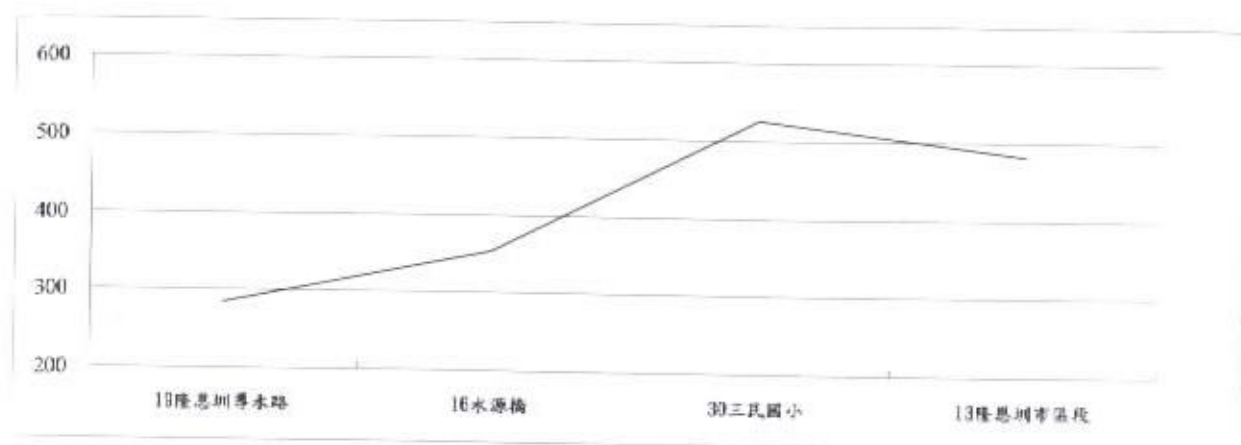


圖 3-2-23 (A) 夏季隆恩圳 EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 變化

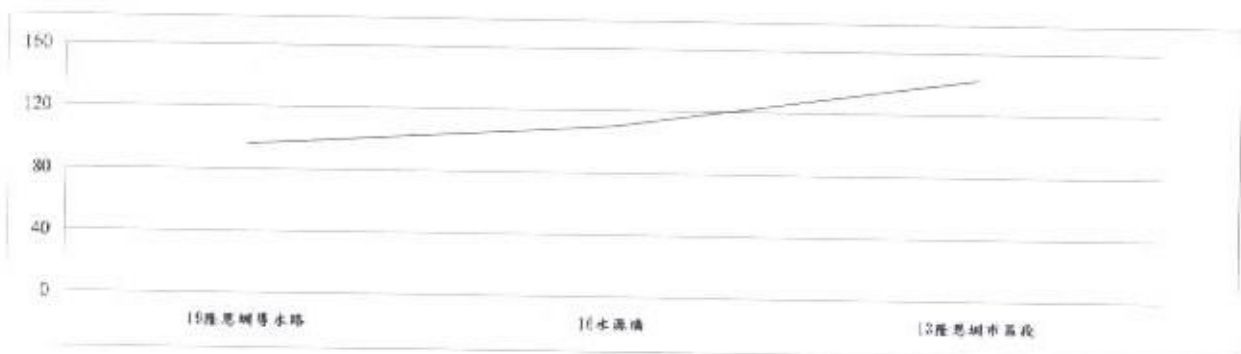


圖 3-2-23 (B) 冬季隆恩圳 EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 變化

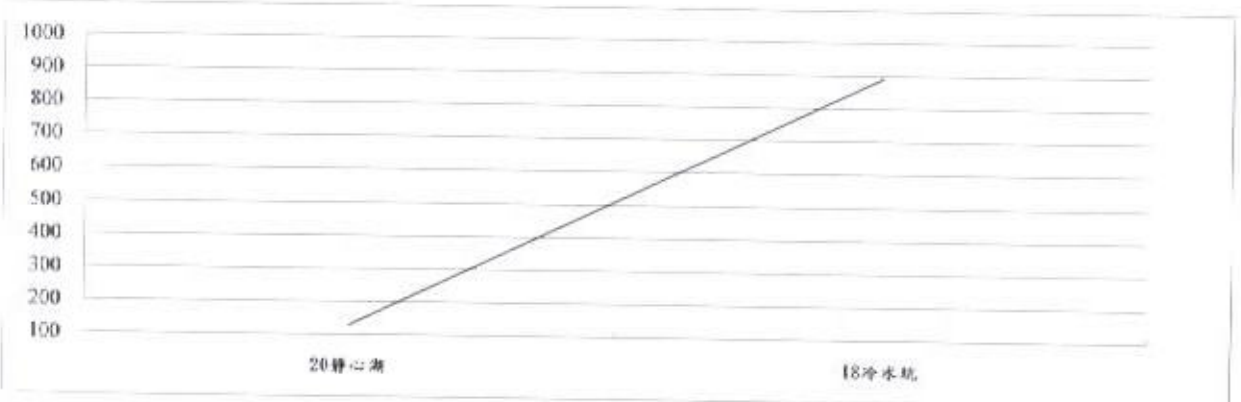


圖 3-2-24 (A) 夏季冷水坑 EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 變化

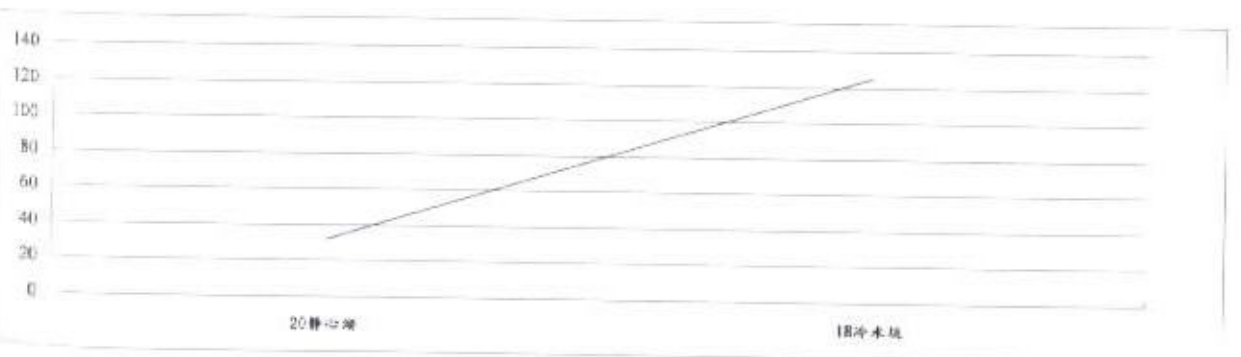


圖 3-2-24 (B) 冬季冷水坑 EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 變化

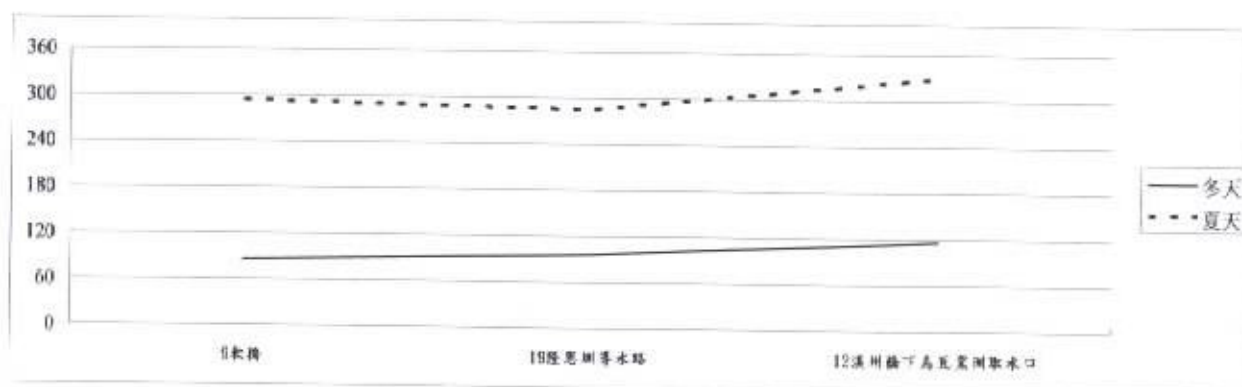


圖 3-2-25 上、中、下游水圳取水口 EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 值

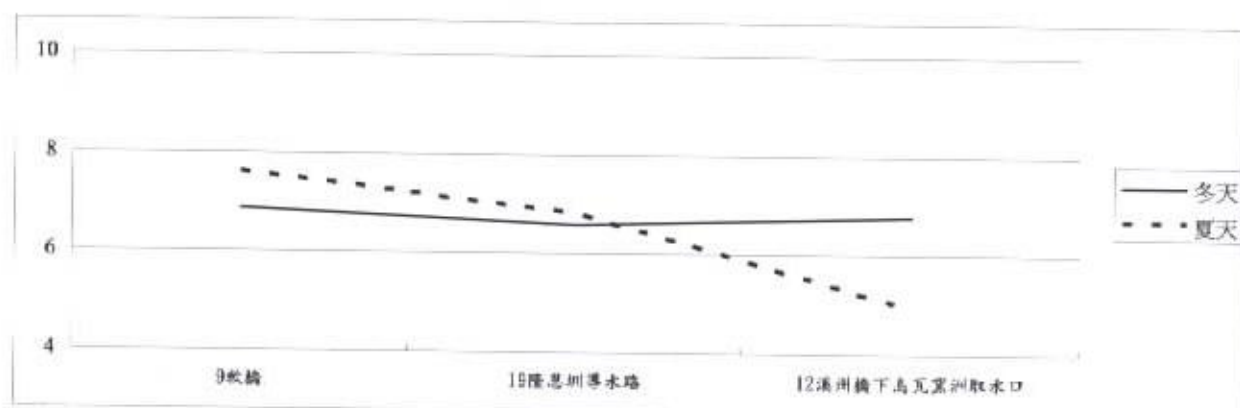


圖 3-2-26 上、中、下游水圳取水口 DO (mg/L) 值

第三節、地面水質綜合討論

地面水，尤其河川水，擔負了新竹地區生活用水與農業用水的重責。依河川水質來說，平時水質堪稱良好，然而降雨固然可稀釋水中污染濃度，但往往在此之前就已導致河川水質混濁而影響用水，因此加強上游水土保持、土地利用以及改善敏感河道區成為了研究區水質維護的先決條件。而灌溉用水水源多來自於河川水，一旦進入灌溉區，則水質越往下游越差。若以生活用水水質標準來看待水圳水質，則污染程度已屬相當嚴重，不適用生活用水及工業用水。但對農業用水來說，卻可達優良範圍之內，標準不同使用角度也跟著變化。因此以水質的角度，在乾旱時期挪用灌溉水救急的方法是可行的，但卻也必須考慮到人為複雜問題以及環境污染、水渠惡臭等污染問題。

為了減低休耕所帶來的環境衝擊，且由前一章節可知研究區地下水可進一步開發利用，因此休耕時期應考慮以地面水及地下水聯合使用的方式，以渡過乾旱時期水量的不足。地下水該如何與地面水聯用，應進一步考慮水質的層面，待下一章節中探討。