

行政院環境保護署

底泥特性(河川、湖泊、水庫)污染物

鑑識技術開發(1/2)

期末報告(定稿本)



工業技術研究院

Industrial Technology
Research Institute

中華民國一〇六年十二月

計畫編號：EPA-106-E3S4-02-04

底泥特性(河川、湖泊、水庫)污染物 鑑識技術開發(1/2)

期末報告(定稿本)

計畫執行期間： 106.04.13～106.12.31

受託單位： 財團法人 工業技術研究院

計畫經費： 貳佰陸拾玖萬元整

計畫執行人員： 黃許麗娟、李佳珮、梁又仁、陳俞瑾

「底泥特性(河川、湖泊、水庫)污染物鑑識技術開發(1/2)」

計畫期末報告基本資料表

委辦單位	行政院環境保護署環境檢驗所		
執行單位	工業技術研究院綠能與環境研究所		
年 度	106	計畫編號	EPA-106-E3S4-02-04
研究性質	☐ 基礎研究	☐ 應用研究	☒ 技術發展
研究領域	環境科學(含環保工程、環境管理)		
計畫屬性	☒ 科技類		☐ 非科技類
全程期間	106 年 4 月～106 年 12 月		
本期期間	106 年 4 月～106 年 12 月		
本期經費	0 億 2,690 千元		
	資本支出	經常支出	
	土地建築 0 千元	人事費 980 千元	
	儀器設備 0 千元	業務費 260 千元	
	其 他 0 千元	材料費 1210 千元	
		其 他 240 千元	
摘要關鍵詞（中英文各 3 則）			
底泥、鑑識技術、再現性			
Sediment、Forensic technology、Reproducibility			

基本摘要內容：

計畫名稱：底泥特性(河川、湖泊、水庫)污染物鑑識技術開發(1/2)

審議編號：EPA-106-E3S4-02-04

主管機關：行政院環境保護署環境檢驗所

執行單位：工業技術研究院綠能與環境研究所

計畫主持人：黃許麗娟

聯絡人：黃許麗娟

聯絡電話：03-5743931

傳真號碼：03-5732370

期 程：106 年 4 月 13 日~106 年 12 月 31 日

經 費：(全程)： 106 (年度)： 2,690 千元

執行情形:半年報

1.執行進度:	預定(%)	實際(%)	比較(%)
年度	100	100	100
總進度	100	100	100
2.經費支用:	預定(千元)	實際(千元)	支用比率(%)
年度經費	2,690	2,690	100
總經費	2,690	2,690	100

3.主要執行內容:

本研究計畫之計畫目標為：

(一) 彙整客雅河流域事業分布型態及污染排放量資料，建置環境樣品鑑識技術，蒐集彙整及評析相關技術及文獻資料。

(二) 進行客雅溪河系污染現況調查，統計分析污染熱區及污染源相關性資料。
為有效達成計畫目標，本研究計畫之執行架構分為二大項目來進行，分別為

資料收集彙整與研析，及污染源鑑識與追查兩個部分，其中針對資料收集彙整研析部分包含蒐集國內外環境鑑識技術文獻，及客雅溪底泥/水質污染背景資料。而在環境鑑識技術文獻資料收集部分，主要收集以 ICP-MS 分析金屬元素的特徵物質分佈(Profile)，及以 MCICP-MS 鑑識金屬(鉛、鋅、銅)同位素的污染來源。在客雅溪底泥/水質污染背景資料收集部分，收集內容包括流向、流量、河川整治管理概況、河川流域工廠分佈、工廠屬性、列管事業、事業廢水排放情形、歷年污染源調查資訊等。針對污染源鑑識與追查部分，主要執行的工作內容包括客雅溪水質底泥污染物特性鑑識及污染源追查，與執行統計分析污染熱區與污染源之關聯性。就客雅溪污染物特性鑑識及污染源追查部分，主要執行方式為選擇適當採樣點進行底泥/水質樣品採集及分析，其中採樣點規劃包括工廠原廢水、放流水(污染源)、河川水、底泥的採樣點規劃，分析項目包括：pH 值、電導度、化學需氧量、生物需氧量、氨氮、重金屬/元素分析、有機物分析(揮發性、半揮發性、極性/水溶性)。

4.計畫變更說明:

5.落後原因分析:

6.解決辦法:(若無法自行解決，請求協助事項)

7.主管機關管考建議:

預定進度及查核重點

106 年 工作內容項目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
一、蒐集彙理國內外環境鑑識技術文獻及客雅溪背景資料												
二、客雅溪底泥及水質採樣												
三、底泥鑑識技術開發及底泥、水質樣品檢測												
四、提交期中報告												
五、建立底泥鑑識程序												
六、撰寫客雅溪底泥鑑識評析報告												
七、期末報告與審查												
預定進度累積百分比(%)	5	10	15	25	35	50	60	70	80	90	95	100
查核點	預定完成時間				查核點內容說明							
1.蒐集彙理國內外環境鑑識技術文獻及客雅溪背景資料及底泥與水質採樣事前準備工作	106 年 4 月 30 日				完成國內外環境鑑識技術文獻及客雅溪背景資料收集彙整及客雅溪底泥與水質採樣事前準備工作							
2.提交期中報告	106 年 7 月 20 日				完成第一次客雅溪底泥、水質樣品檢測及 ICP/MS 鑑識技術開發							
3.提交期末報告	106 年 11 月 15 日				完成底泥鑑識程序建立及客雅溪底泥鑑識評析報告							

行政院環境保護署環境檢驗所計畫成果中英文摘要

一、中文計畫名稱：

底泥特性(河川、湖泊、水庫)污染物鑑識技術開發(1/2)

二、英文計畫名稱：

Sediment characteristics (rivers, lakes, reservoirs) contaminants Identification
Technology Development (1/2)

三、計畫編號：

EPA-106-E3S4-02-04

四、執行單位：

工業技術研究院綠能與環境研究所

五、計畫主持人（包括共同主持人）：

黃許麗娟

六、執行開始時間：

106 年 4 月 13 日

七、執行結束時間：

106 年 12 月 31 日

八、報告完成日期：

106 年 12 月 31 日

九、報告總頁數：

122

十、使用語文：

中文，英文

十一、報告電子檔名稱：

EPA-106-E3S4-02-04

十二、報告電子檔格式：

WORD 2013

十三、中文摘要關鍵詞：

河川、底泥、鑑識技術

十四、英文摘要關鍵詞：

Rivers、Sediment、Identification Technology

十五、中文摘要

本研究計畫之計畫目標為：

- (一) 彙整客雅河流域事業分布型態及污染排放量資料，建置環境樣品鑑識技術，蒐集彙整及評析相關技術及文獻資料。
- (二) 進行客雅溪河系污染現況調查，統計分析污染熱區及污染源相關性資料。為有效達成計畫目標，本研究計畫之執行架構分為二大項目來進行，分別為資料收集彙整與研析，及污染源鑑識與追查兩個部分，其中針對資料收集彙整研析部分包含蒐集國內外環境鑑識技術文獻，及客雅溪底泥/水質污染背景資料。而在環境鑑識技術文獻資料收集部分，主要收集以 ICP-MS 分析金屬元素的特徵物質分佈(Profile)，及以 MCICP-MS 鑑識金屬(鉛、鋅、銅)同位素的污染來源。在客雅溪底泥/水質污染背景資料收集部分，收集內容包括流向、流量、河川整治管理概況、河川流域工廠分佈、工廠屬性、列管事業、事業廢水排放情形、歷年污染源調查資訊等。針對污染源鑑識與追查部分，主要執行的工作內容包括客雅溪水質及底泥污染物特性鑑識及污染源追查，與使用 EPA-CMB8.2 統計分析方法解析污染熱區與污染源之關聯性。主要執行方式為選擇適當採樣點進行底泥/水質樣品採集及分析，其中採樣點規劃包括工廠原廢水、放流水(污染源)、河川水與底泥的採樣點規劃，分析項目包括：pH 值、電導度、化學需氧量、生物需氧量、氨氮、重金屬/元素分析、有機物分析(揮發性、半揮發性、極性/水溶性)。由本研究結果已鑑識出客雅溪污染來源(Sources)的特徵指標物，如 F⁻、Br⁻、PO₄³⁻、NH₄⁺、砷、銻、銅、鎳、鎳、錫、鈦、鎢、Silane, fluorotrimethyl-、Silanol, trimethyl-，及解析出不同污染源(園區放流水、生活污水、正隆紙廠、華夏玻璃)對客雅溪污染來源之貢獻度。

十六、英文摘要

Goals of this project were (1) to collect the information about the distribution of industries and pollution amounts discharged by industries around the Ke-ya River; (2) to investigate the pollution condition of Ke-ya River and to analysis the hot spot of pollution and the relationship between pollution sources via statistics. In order to achieve these two goals. The framework of this project was divided in two parts. The first one is to collect information about literatures of environmental forensics technologies and pollution background of Ke-ya River's water and sediment. In this project, analyzing profiles of characteristic heavy metals by ICP-

MS and identifying the sources of heavy metals by Pb, Zn and Cu's isotopes via MCICP-MS were the major targets for the literature collection. For Ke-ya River background, flow direction, water flow, treatment and management conditions, distribution of industries and pollution amounts discharged by industries and historical pollution data were gathered. The second one is to trace and identify different pollution sources, and to analyze the relationship between hot spots and contamination sources via EPA-CMB8.2 statistic method. Suitable sampling locations were planned to take typical water and sediment samples. Collected samples included effluents from industries and pollution sources, river water and sediments in Ke-ya River. Those samples were analyzed for getting the pH values, conductivity, COD, BOD, $\text{NH}_3\text{-N}$, heavy metals and organic compounds (volatile, semi-volatile and water-soluble compounds). After the data interpretation, this project had successfully found out the characteristic indicators for the pollution sources of Ke-ya River, such as F^- , Br^- , PO_4^{3-} , NH_4^+ , As, Ce, Cu, Ga, Ge, Hg, Ni, Sn, Ti, W, Silane, fluorotrimethyl- and Silanol, trimethyl-. Additionally, the contributions of different pollution sources (effluents from science park, domestic sewage, paper mill and glass factory) were figured out.

目 錄

頁次

第一章 前 言.....	1
第二章 計畫目標及工作內容.....	3
2.1 計畫目標.....	3
2.2 工作內容.....	3
2.3 執行方法.....	4
2.4 客雅溪流域概述.....	7
2.5 客雅溪現況.....	11
2.6 水質與底泥污染概述.....	13
2.7 客雅溪水質污染歷史概述.....	19
2.8 客雅溪整治管理.....	19
第三章 資料蒐集與研析.....	23
3.1 國內、外環境鑑識技術文獻及研析.....	23
3.2 水體底泥及水質污染背景資料.....	23
第四章 客雅溪水質底泥採樣規劃.....	31
4.1 客雅溪現勘.....	31
4.2 採樣佈點規劃.....	34
4.3 採樣方法與分析項目.....	36
4.4 採樣現況.....	38
第五章 客雅溪河川底泥污染源鑑識.....	42
5.1 污染源排放特徵.....	42
5.1.1 分析特徵指標物.....	49

5.1.2	同位素分析.....	62
5.2	污染源貢獻度.....	63
5.3	客雅溪河川水及底泥鑑識結果與關聯性評析.....	81
第六章	結論與建議.....	83
6.1	結論.....	83
6.2	建議.....	84
第七章	參考文獻.....	85
附件		
附件一 國內外環境鑑識技術文獻資料編撰		
附件二 檢測數據		

表 目 錄

	頁次
表 2-1、客雅溪底泥中壬基酚及雙酚 A 的分析結果	14
表 2-2、新竹香山海域底泥歷年調查結果彙整	17
表 2-3、104 年香山濕地底泥重金屬檢測結果彙整	18
表 2-4、105 年客雅溪流域水質監測結果	19
表 2-5、水利署第二河川局客雅溪之治理工程	20
表 3-1、客雅溪沿岸工廠資料表	24
表 3-2、客雅溪沿岸工廠廢污水排放資料彙整表	29
表 4-1、新竹市環保局提供客雅溪採樣點位置與廢水特性	34
表 4-2、河川水及底泥樣品編號與採樣位置	35
表 4-3、基本水質檢測項目、方法及樣品保存方法	37
表 4-4、污染物特性分析儀器及分析目的	38
表 5-1、SOURCES(水樣)/環境水樣(河川水)導電度值	43
表 5-2、環境樣品(底泥)ORP 值	44
表 5-3、採樣流速	44
表 5-4、化學需氧量、生物需氧量、氨氮、總鹵化物檢測結果	48
表 5-5、河川水及 SOURCES(水樣)中揮發性有機物檢測結果(第一次)	50
表 5-6、底泥中揮發性有機物檢測結果(第一次).....	51
表 5-7、河川水及 SOURCES(水樣)中半揮發性有機物檢測結果(第一次)	55
表 5-8、底泥中半揮發性有機物檢測結果(第一次).....	56
表 5-9、河川水及及 SOURCES(水樣)中 PPCP&PFC 檢測結果	57
表 5-10、河川水及 SOURCES(水樣)中的陰陽離子檢測結果(第一次)	59
表 5-11、客雅溪河川水體受體模式解析之污染源貢獻量結果.....	69
表 5-12、客雅溪底河川水體受體模式解析之污染源貢獻量結果表(標準化後的數據)	71
表 5-13、客雅溪河川水體受體模式解析之化合物質量守恆計算偏差較大者列表	73

圖 目 錄

	頁次
圖 2-1、計畫執行架構	5
圖 2-2、底泥鑑識流程規劃	6
圖 2-3、客雅溪沿岸圖示	7
圖 2-4、客雅溪流域波降圖	8
圖 2-5、客雅溪沿岸地質	8
圖 2-6、客雅溪沿岸土地利用概況	9
圖 2-7、客雅溪排水系統示意圖	10
圖 2-8、科學園區污水處理後污水排入客雅溪之情形	12
圖 2-9、100-104 年河川底泥壬基酚濃度分布圖	15
圖 2-10、100-104 年河川底泥雙酚 A 濃度分布圖	16
圖 2-11、新竹市客雅溪污水截流站設置工程.....	22
圖 4-1、客雅溪源頭的北坑橋	31
圖 4-2、客雅溪上游的寶山楓橋和寶興橋	32
圖 4-3、客雅溪中游的鳳凰橋和中興橋	32
圖 4-4、客雅溪中游的當賢橋和振興橋	33
圖 4-5、客雅溪下游的和平橋和頂雅橋	33
圖 4-6、客雅溪採樣佈點規劃	35
圖 4-7、青草湖鳳凰橋採樣現況	39
圖 4-8、科學園區污水處理廠放流口匯入南門溪處採樣位置	39
圖 4-9、中山橋(生活污水)採樣位置.....	40
圖 4-10、正隆紙廠(原廢水、放流水、匯入客雅溪處)採樣位置.....	40
圖 4-11、華夏玻璃(原廢水、放流水、油車溝匯入客雅溪段) 採樣位置	41
圖 5-1、客雅溪河川底泥污染源鑑識	43
圖 5-2、客雅溪底泥/水樣(樣品照片).....	45
圖 5-3、客雅溪底泥之 SEM/EDX 圖	46
圖 5-4、客雅溪底泥之 XRD 圖	46
圖 5-5、客雅溪河川水及 SOURCES(水樣)之氨氮趨勢圖	47
圖 5-6、客雅溪河川水及 SOURCES(水樣)之氨氮趨勢圖	47

圖 5- 7、河川水及 SOURCES(水樣)中 SILANE, FLUOROTRIMETHYL-測試結果(第一次)	52
圖 5- 8、河川水及 SOURCES(水樣)中 SILANOL, TRIMETHYL-測試結果(第一次)	52
圖 5- 9、底泥中 SILANOL, TRIMETHYL-測試結果(第一次)	52
圖 5- 10、以 SOURCES(水樣)對客雅溪河川水貢獻量作圖(SILANOL, TRIMETHYL-)	53
圖 5- 11、以 SOURCES(水樣)對客雅溪河川水貢獻量作圖(SILANE, FLUOROTRIMETHYL-)	53
圖 5- 12、河川水及 SOURCES(水樣)中水溶性有機物 LC/Q-TOFMS 層析圖	58
圖 5- 13、底泥中水溶性有機物 LC/Q-TOFMS 層析圖	58
圖 5- 14、客雅溪河川水及 SOURCES(水樣)中陰陽離子濃度分佈趨勢	60
圖 5- 15、河川水及 SOURCES(水樣)中金屬/元素檢測彙整結果(第一次)	61
圖 5- 16、客雅溪河川水及 SOURCES(水樣)中金屬/元素濃度分佈趨勢	61
圖 5- 17、客雅溪底泥中金屬/元素檢測彙整結果(第一次)	62
圖 5- 18、河川水及 SOURCES(水樣)中 SILANE, FLUOROTRIMETHYL-的 $\Delta^{13}\text{C}$ 分析結果	63
圖 5- 19、受體模式測試流程	67
圖 5- 20、六月份南大路受體端之指紋圖譜	74
圖 5- 21、六月份中山橋受體端之指紋圖譜	74
圖 5- 22、六月份正隆紙廠受體端之指紋圖譜	75
圖 5- 23、六月份華夏玻璃廠受體端之指紋圖譜	75
圖 5- 25、八月份中山橋受體端之指紋圖譜	76
圖 5- 26、八月份正隆紙廠受體端之指紋圖譜	77
圖 5- 27、八月份華夏玻璃廠受體端之指紋圖譜	77
圖 5- 28、八月份客雅溪出海口受體端之指紋圖譜	78
圖 5- 29、十月份南大路受體端之指紋圖譜	78
圖 5- 30、十月份中山橋受體端之指紋圖譜	79
圖 5- 31、十月份正隆紙廠受體端之指紋圖譜	79
圖 5- 32、十月份華夏玻璃廠受體端之指紋圖譜	80
圖 5- 33、十月份客雅溪出海口受體端之指紋圖譜	80
圖 5- 34、底泥與河川水中金屬元素分佈趨勢	82

計畫成果報告摘要(詳細版)

計畫名稱：底泥特性(河川、湖泊、水庫)污染物鑑識技術開發(1/2)

計畫編號：EPA-106-E3S4-02-04

執行單位：工業技術研究院綠能與環境研究所

計畫主持人：黃許麗娟

計畫期程：106 年 4 月 13 日起 106 年 12 月 31 日止

計畫經費：貳佰陸拾玖萬元整

摘要

本研究計畫之計畫目標為：

- (一) 彙整客雅河流域事業分布型態及污染排放量資料，建置環境樣品鑑識技術，蒐集彙整及評析相關技術及文獻資料。
 - (二) 進行客雅溪河系污染現況調查，統計分析污染熱區及污染源相關性資料。
- 為有效達成計畫目標，本研究計畫之執行架構分為二大項目來進行，分別為資料收集彙整與研析，及污染源鑑識與追查兩個部分，其中針對資料收集彙整研析部分包含蒐集國內外環境鑑識技術文獻，及客雅溪底泥/水質污染背景資料。而在環境鑑識技術文獻資料收集部分，主要收集以 ICP-MS 分析金屬元素的特徵物質分佈(Profile)，及以 MCICP-MS 鑑識金屬(鉛、鋅、銅)同位素的污染來源。在客雅溪底泥/水質污染背景資料收集部分，收集內容包括流向、流量、河川整治管理概況、河川流域工廠分佈、工廠屬性、列管事業、事業廢水排放情形、歷年污染源調查資訊等。針對污染源鑑識與追查部分，主要執行的工作內容包括客雅溪水質及底泥污染物特性鑑識及污染源追查，與使用 EPA-CMB8.2 統計分析方法解析污染熱區與污染源之關聯性，主要執行方式為選擇適當採樣點進行底泥/水質樣品採集及分析，其中採樣點規劃包括工

廠原廢水、放流水(污染源)、河川水與底泥的採樣點規劃，分析項目包括：pH 值、電導度、化學需氧量、生物需氧量、氨氮、重金屬/元素分析、有機物分析(揮發性、半揮發性、極性/水溶性)。由本研究結果已鑑識出客雅溪污染來源(Sources)的特徵指標物，如 F^- 、 Br^- 、 PO_4^{3-} 、 NH_4^+ 、砷、銻、銅、鎳、鎳、錫、鈦、鎢、Silane, fluorotrimethyl-、Silanol, trimethyl-，及解析出不同污染源(園區放流水、生活污水、正隆紙廠、華夏玻璃)對客雅溪污染來源之貢獻度。

Goals of this project were (1) to collect the information about the distribution of industries and pollution amounts discharged by industries around the Ke-ya River; (2) to investigate the pollution condition of Ke-ya River and to analysis the hot spot of pollution and the relationship between pollution sources via statistics. In order to achieve these two goals. The framework of this project was divided in two parts. The first one is to collect information about literatures of environmental forensics technologies and pollution background of Ke-ya River's water and sediment. In this project, analyzing profiles of characteristic heavy metals by ICP-MS and identifying the sources of heavy metals by Pb, Zn and Cu's isotopes via MCICP-MS were the major targets for the literature collection. For Ke-ya River background, flow direction, water flow, treatment and management conditions, distribution of industries and pollution amounts discharged by industries and historical pollution data were gathered. The second one is to trace and identify different pollution sources, and to analyze the relationship between hot spots and contamination sources via EPA-CMB8.2 statistic method. Suitable sampling locations were planned to take typical water and sediment samples. Collected samples included effluents from industries and pollution sources, river water and sediments in Ke-ya River. Those samples were analyzed for getting the pH values, conductivity, COD, BOD, NH_3-N , heavy metals and organic compounds (volatile, semi-volatile and water-soluble compounds). After the data interpretation, this project had successfully found out the characteristic indicators for the pollution sources of Ke-ya River, such as F^- , Br^- , PO_4^{3-} , NH_4^+ , As, Ce, Cu, Ga, Ge, Hg, Ni,

Sn, Ti, W, Silane, fluorotrimethyl-and Silanol, trimethyl-. Additionally, the contributions of different pollution sources (effluents from science park, domestic sewage, paper mill and glass factory) were figured out.

前言

由 102 年，紀錄片「看見台灣」揭露不肖廠商偷排廢污水而污染河川水質及底泥之畫面。環保署為有效管理河川的水質與底泥品質，於 105 年辦理後勁溪污染源鑑識計畫，由環檢所進行後勁溪污染熱區與污染源追查之鑑識工作，工研院於去年執行環檢所委辦計畫時，也一同參與後勁溪污染源鑑識調查，協助完成污染熱區與污染源關聯性之調查，並累積河川水質與底泥污染來源追查之量能，今年則針對客雅溪之污染熱區與污染源關聯性進行污染物鑑識技術之開發及探討各污染源對客雅溪之貢獻度。

研究方法

本計畫將計畫目標劃分為兩部分：資料收集彙整與研析，污染源鑑識與追查。在資料收集彙整與研析部分主要係收集國內外環境鑑識技術文獻，客雅溪底泥及水質污染背景資料，包括河川基本資訊：流向、流量、支流，河川整治管理概況，河川流域工廠分佈、工廠屬性、列管事業、事業廢水排放情形及歷年污染源調查資訊。在污染源鑑識與追查部分，主要是建置客雅溪水質底泥污染物特性鑑識，及使用統計分析方法評析污染熱區與污染源的關聯性。在建置客雅溪水質底泥污染物特性鑑識部分是先規劃客雅溪水質、底泥的採樣佈點位置，再執行 pH 值、電導度、化學需氧量、生物需氧量、氨氮、重金屬、VOCs 及 SVOCs、有機定性篩選分析。在評析污染熱區與污染源的關聯性部分是使用 EPA CMB8.2 統計方法來解析客雅溪的污染熱區與污染源對客雅溪水體的污染貢獻度。

結果與結論

- 一、在本研究中已完成客雅溪河川基本資訊收集，包括：流向、流量、支流、河川整治管理概況、河川流域工廠分佈、工廠屬性、列管事業、事業廢水排放情形及歷年污染源調查資料等，以作為規劃客雅溪水質、底泥採樣佈點之依據。
- 二、應用已建立之鑑識程序進行客雅溪水質底泥污染物特性鑑識及污染源追查，所使用的鑑識工具有：IC、GC/MS、ICP/MS、LC/Q-TOF、GC/IRMS，鑑識評析結果具有鑑別特徵指標項目有：電導度、氨氮、陰陽離子、金屬/元素、揮發性/半揮發性有機物(VOCs&SVOCs)。
- 三、由各種不同鑑識工具所得到的鑑識結果，及經由使用 EPA-CMB8.2 統計方法解析客雅溪沿岸污染源對客雅溪受體之貢獻度，由 CMB 運算後得到一個結論是：科學園區放流水為各受體接收端的最主要貢獻者，其貢獻量遠超過其他污染源(例如：正隆紙廠及華夏玻璃廠放流水)，此結果同樣存在於不同月份。其原因為來自科學園區放流水之水量及所夾帶之化合物濃度皆遠大於下游之污染源，其影響程度於出海口處才有明顯減緩效應。雖然園區放流水是客雅溪污染受體最大貢獻者，但因園區放流水及南大路 672 巷匯入客雅溪處的河川水質皆未超過甲級水類標準，且底泥重金屬也未超過底泥品質下限值，已符合目前底泥及水質管理需求。
- 四、由本研究結果已鑑識出客雅溪污染來源(Sources)的特徵指標物，如陰陽離子的 F^- 、 Br^- 、 PO_4^{3-} 、 NH_4^+ 和金屬砷、銻、銅、鎳、鎳、錳、鈦、鎢與有機物之 Silane, fluorotrimethyl-、Silanol, trimethyl-，及解析出不同污染源(園區放流水、生活污水、正隆紙廠、華夏玻璃)對客雅溪污染來源之貢獻度。

建議事項

- 一、底泥為環境污染的最終承受體，因此底泥污染來源的鑑識有其困難度，而河川底泥的主要污染來源為水質的品質，若水質品質符合管制標準且整體排放水體總量在河川自淨容許範圍，則河川底泥品質自然可以符合管理規範。
- 二、由本研究結果顯示 EPA-CMB8.2 統計方法可用來評析客雅溪沿岸污染源對客雅溪受體之貢獻度，建議後續河川水質及底泥污染管理也可藉由 EPA-CMB8.2 統計方法先了解各污染源對河川水質之污染貢獻度。

第一章 前 言

102 年，紀錄片「看見台灣」揭露不肖廠商偷排廢污水而污染河川水質及底泥之畫面。環保署為有效管理河川的水質與底泥品質，於 105 年辦理後勁溪污染源鑑識計畫，由環檢所進行後勁溪污染熱區與污染源追查之鑑識工作，工研院於去年執行環檢所委辦計畫時，一同參與後勁溪污染源鑑識調查，協助完成污染熱區與污染源關聯性之調查，並累積河川水質與底泥污染來源追查之量能，今年則針對客雅溪之污染熱區與污染源關聯性進行污染物鑑識技術之開發。

針對客雅溪之污染熱區與污染源鑑識，本研究計畫除了分析水質檢測項目的流量或排放量、pH 值、電導度、化學需氧量、生物需氧量、氨氮、重金屬、VOCs 及 SVOCs、有機定性篩選方法外，也將依據客雅溪的污染背景、河川流域工廠分佈、事業廢水排放情形及列管事業與可能產生的污染物等資訊，選擇適當之鑑識工具如使用 XRF 快篩方法來鑑識金屬/元素，以 GC/MS 鑑識非極性及低極性有機物，以 LC/Q-TOFMS 鑑識極性及水溶性有機物(例如：PFCs、NPE_xO、PGME、TMAH)，以 ICP/MS 鑑識鉛同位素比值，以 GC/IRMS 鑑識碳同位素比值，再由鑑識結果經由統計分析污染熱區與污染源之關聯性，及建立河川水質與底泥污染源鑑識程序，以提供作為未來河川水質與底泥污染源查證之參考。

第二章 計畫目標及工作內容

2.1 計畫目標

依據「底泥特性(河川、湖泊、水庫)污染物鑑識技術開發(1/2)」之甄選須知，本計畫之計畫目標為：

- 一、彙整客雅河流域事業分布型態及污染排放量資料，建置環境樣品鑑識技術，蒐集彙整及評析相關技術及文獻資料。
- 二、進行客雅溪河系污染現況調查，統計分析污染熱區及污染源相關性資料。

2.2 工作內容

依據「底泥特性(河川、湖泊、水庫)污染物鑑識技術開發(1/2)」之甄選須知要求，計畫工作內容至少應包含下列各項：

- (一) 蒐集國內、外環境鑑識技術文獻至少 10 篇，評析鑑識技術應用實務。
- (二) 完成指定河川流域相關資料蒐集，包括河川基本資訊(如流向、流量、支流匯入等)、河川整治管理過程及影響、河川流域工廠分佈情形、工廠屬性、列管事業及可能造成之污染物、事業廢水排放情形、歷年重要污染源調查等。
- (三) 應用已建立之鑑識程序，執行河川流域中水質樣品與底泥樣品分析；
- (四) 依河川流域各項調查結果，進行包含河川各區段代表性污泥、特定放流口與河川匯流點污泥、水庫污泥或其他相關污泥與水質樣品檢測；並考慮時空因素至少執行 2 次採樣及分析，總計樣品至少 40 件，統計分析

污染熱區與污染源之關聯性。水質檢測項目至少應包括流量或排放量、pH 值、電導度、化學需氧量、生物需氧量、氨氮、重金屬、VOCs 及 SVOCs、有機定性篩選等，但為獲得適宜的特徵物質分佈(Profile)，得依計畫實際執行狀況調整。檢測方法應選用方法偵測極限適宜且為現行環保署公告標準檢測方法為主，國外標準方法或文獻方法為輔。委辦單位(環檢所)於計畫期間依實際需求將對水質樣品進行陰陽離子(Li^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、MEA、 K^+ 、TMAH、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、F、Acetate、 BrO_3^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-})、總鹵化物等檢測，所得結果得交由執行單位併入統計分析。

2.3 執行方法

本計畫以客雅溪為鑑識技術建立與應用對象，透過蒐集國內外環境鑑識技術文獻及客雅溪流域事業分布與污染排放資料，建立環境樣品鑑識技術，並進行客雅溪污染現況調查，與利用統計學分析污染熱區及污染源之貢獻度和關聯性，建置河川水質及底泥污染源鑑識程序，提出客雅溪水質與底泥鑑識評析結果。本研究計畫整體執行架構規劃如圖 2-1，主要工作分為資料收集彙整與研析及污染源鑑識與追查兩大項：

一、 資料蒐集彙整與研析

污染溯源除了比對污染物的組成特徵外，同位素分析也常為環境污染溯源提供不可或缺的鑑識資訊，本計畫擬針對不同污染物類型，如揮發性、水溶性、重金屬等，建立同位素鑑識技術，將鎖定 ICP/MS、GC/IRMS 及 LC/Q-TOFMS 等可進行同位素分析之儀器，蒐集、彙整國內外河川底泥鑑識案例或環境樣品分析之文獻，依各技術之分析原理及實際鑑識應用面進行評析，完成鑑識技術應用實務摘要至少 10 篇，作為鑑識技術建立與應用之參考。

另一方面，為達成建立底泥鑑識技術之目標，計畫之初優先蒐集水體之基本資訊，包含流向、流量、支流等，歷年水質底泥檢測結果以及相關整治管理概況等，作為建立與現況調查採樣規劃之參考；此外，污染物與周遭產業之製程原物料、副產物或廢水排放息息相關，本團隊將彙整客雅河流域工廠分佈狀態、工廠屬性與歷年污染源調查資訊，並經由環境保護許可管理資訊資料庫(EMS)系統蒐集列管事業及其事業廢水排放情形，必要時，針對部分產業廠家調閱廢清書，作為底泥污染溯源比對之資訊。

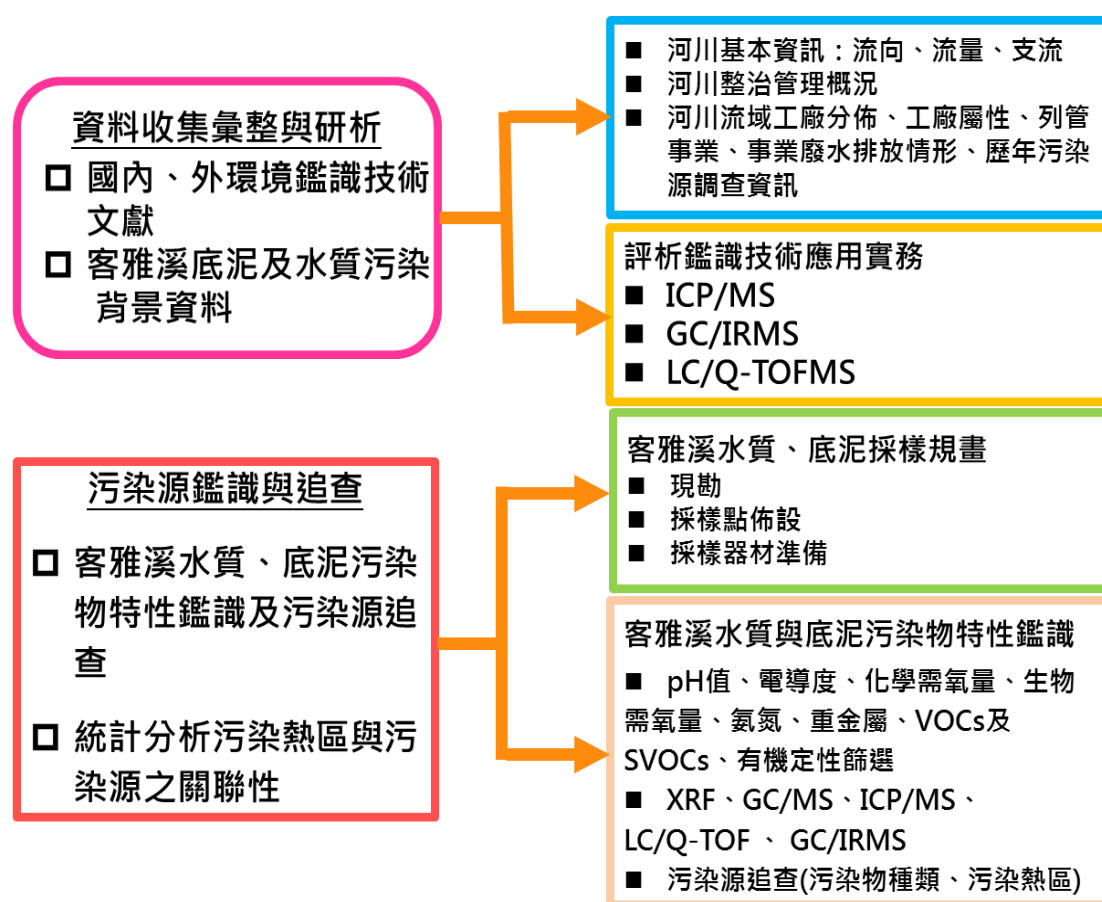


圖 2-1、計畫執行架構

二、 污染源鑑識與追查

為追查客雅溪之污染來源並建立底泥污染來源鑑識技術，本計畫研擬一鑑識

流程如圖 2-2，計畫初期根據資料收集與現勘結果進行客雅溪採樣佈點規劃與採樣，再透過有機及無機分析掌握樣品之污染物組成，經由比對產業別或廠家廢水特徵尋找底泥污染來源產業特徵指標，與統計分析工具(如 SPSS 或 CMB)探討污染熱區及污染源之貢獻度和關聯性，並將所得之濃度資訊，以質量平衡概念，利用統計模式推估各來源之污染貢獻比例，最後撰寫鑑識評析結果。

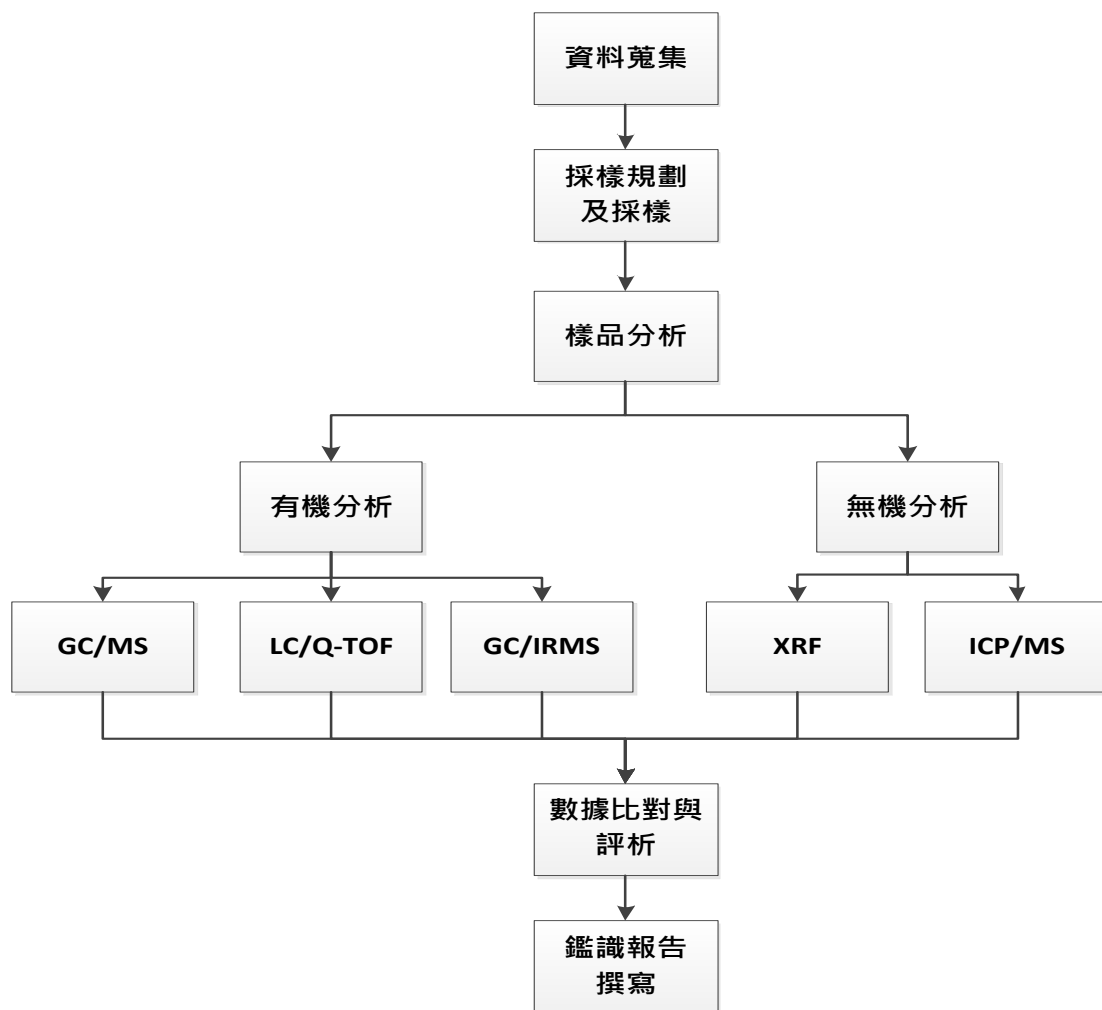


圖 2- 2、底泥鑑識流程規劃

客雅溪背景資料收集彙整

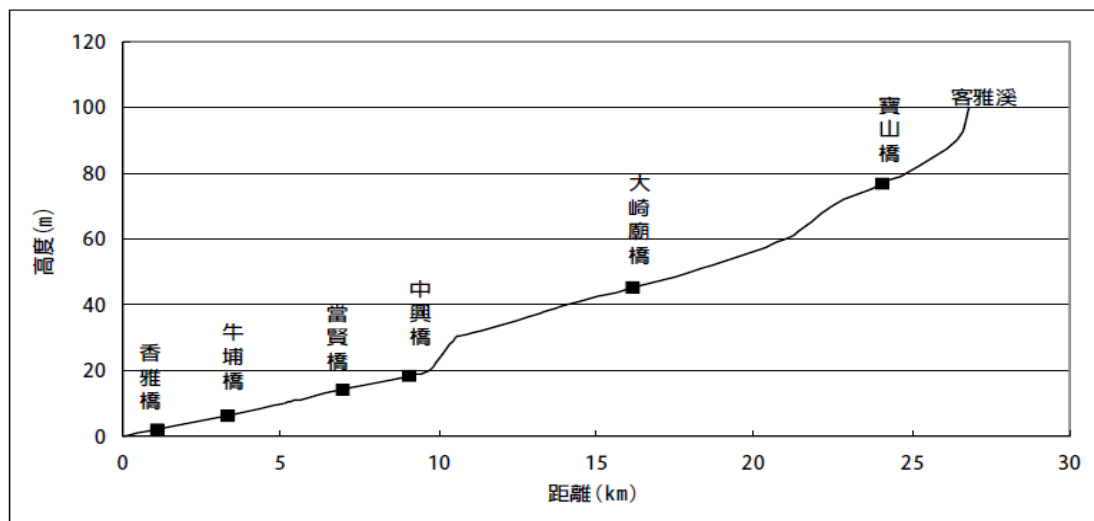
2.4 客雅溪流域概述

客雅溪發源於新竹縣寶山鄉，流經寶山鄉山湖、寶山、大崎、雙溪四村，進入新竹市後於香山楊寮、浸水兩里間入海。流域面積約 4560 公頃，主流長度約 24 公里。上游是提供農業灌溉用水，中游處開始進入市區，是新竹市主要河流之一。流域範圍內，上游有水源保護區和農業廢水，中游有都市廢水及科學園區排水，與淤沙嚴重而失去防洪灌溉功能的青草湖水庫，下游除了都市廢水外尚有香山工業區所排放的廢水(如圖 2- 3)。



圖 2- 3、客雅溪沿岸圖示

在地形與地質部分，客雅溪流域的中上游是屬於丘陵地帶，地表坡度在 2% 以上，下游是屬於新竹平原，坡度由 2% 降低至 0.3% 以下(圖 2- 4)，地質部分上游是屬於新世卓蘭層及更新世沖積層，卓蘭層是由厚層或薄層的砂岩夾頁岩組成，砂岩為細砂至粉砂質砂岩，經風化後呈黃棕色且易於侵蝕造成河谷切深、河床狹窄的地形，中游屬於更新世之台地礫岩，下游則為較疏鬆的砂岩、頁岩(圖 2- 5)。



資料來源：環保署「特定河川生物指標 - 客雅溪生態手冊」102 年 9 月

圖 2- 4、客雅溪流域波降圖



圖 2- 5、客雅溪沿岸地質

客雅溪上游河段土地使用型式多為農地、山坡地、保護區及風景區，農地以水稻田為主，坡地大部分為雜木林及旱作，如茶葉、芒草、柑橘等，中游流經高度住宅及商業發展的新竹市區與科學園區，下游兩岸土地使用型態則為住宅、香山工業區及部分農業用地與為主(圖 2-6)。

客雅溪枯水期為 10 月至隔年 4 月，豐水期為 5 月至 9 月，年平均逕流量為 78.3 萬立方公尺，上游流域多直接引溪水作為農業灌溉用水，中下游河段水資源利用除牛埔橋上游 100 公尺處有新竹農田水利會設有攔水堰岸供灌溉用，其他的效益不大，而以區域排水功能為主(圖 2-7)。

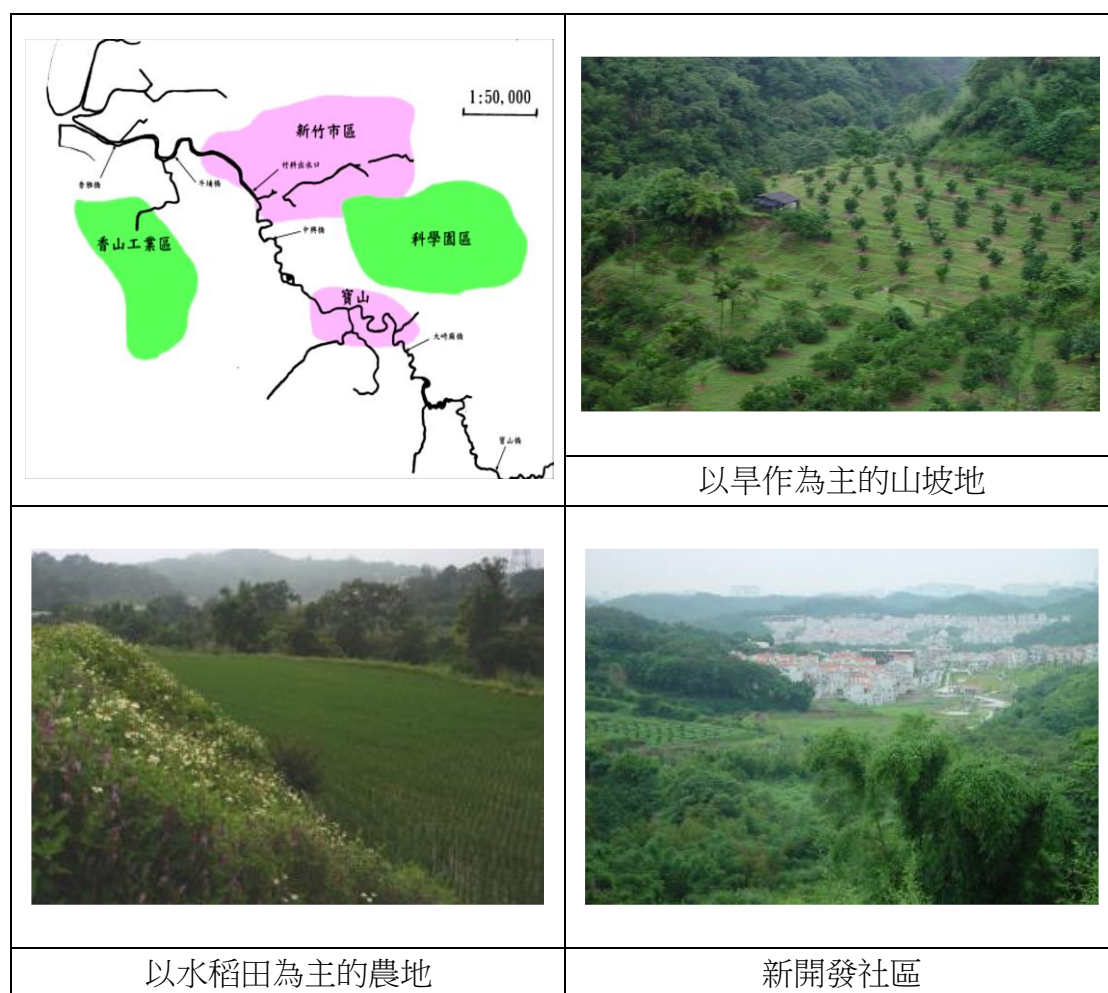
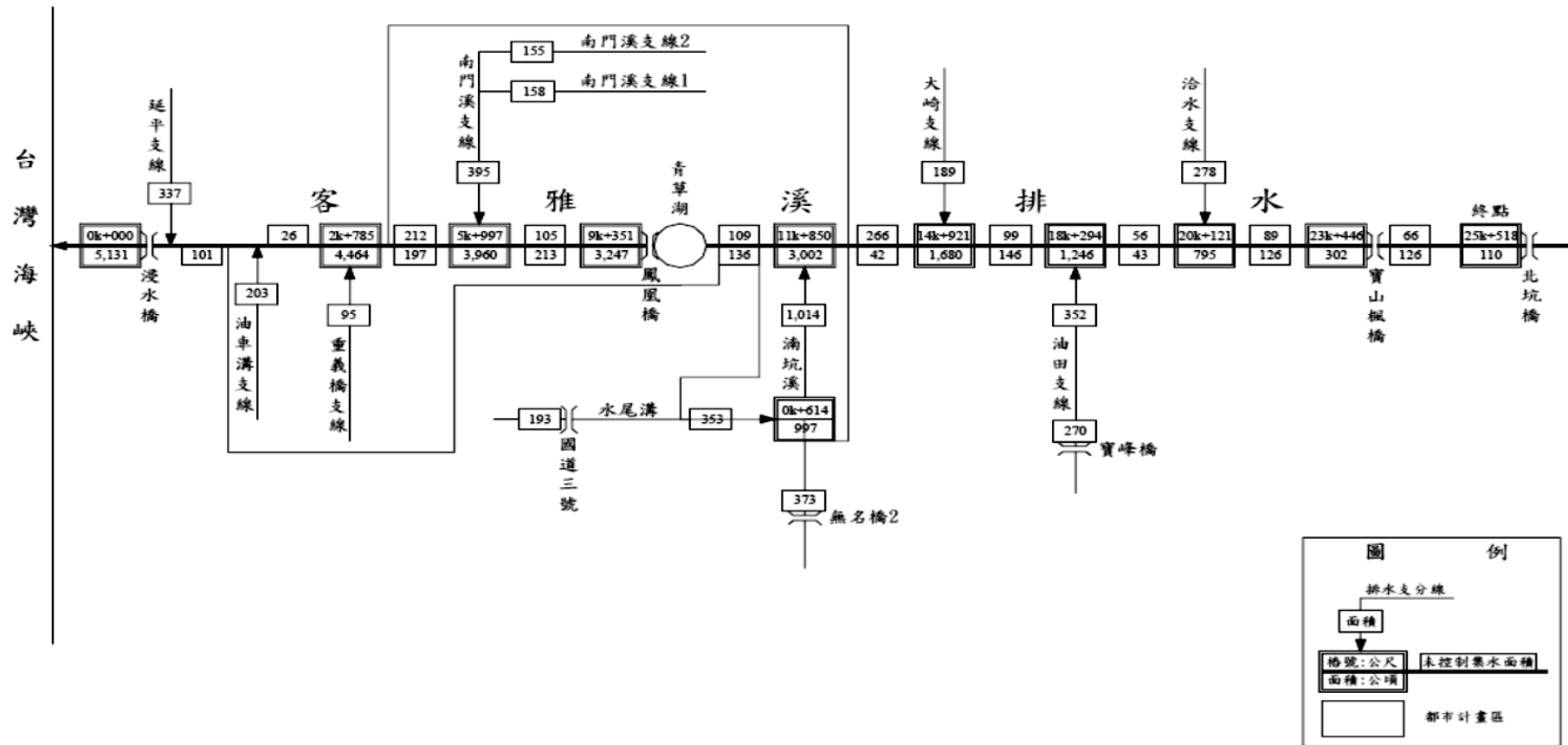


圖 2-6、客雅溪沿岸土地利用概況



資料來源：經濟部水利署「新竹地區客雅溪排水治理計畫」98年9月

圖 2- 7、客雅溪排水系統示意圖

2.5 客雅溪現況

一、上游

客雅溪發源於新竹縣寶山鄉，源頭位於山湖魚池附近。流經北坑往下第一個聚落就在寶山橋附近。寶山橋兩岸植生覆蓋完整，水流量雖小，但由於水質清澈，所以仍可發現附近居民於橋下以溪水清洗衣物。接著寶山橋的是通學橋，在這個溪段附近，可發現不少油桐花在春天盛開。枋子坑附近就開始有大規模人為開發出現。客雅溪過了枋子坑後，在山檀附近有一發源於油田村之支流匯入。由於丘陵地形，讓這條溪流兩岸保持了完整的植被。山中茂密的森林中也有小戶人家居住著，偶爾還可以發現古老的商店立於山路旁。在下游大崎廟橋溪段，地勢開始開闊平緩，附近的住家與農田也漸漸多了起來。新的社區林立在溪流兩岸山坡。然而這裡的溪水，每當雨後也因附近山坡地的開發，呈現黃混混的一片。大崎廟橋往下游，由雙溪橋和中正橋開始進入雙溪社區，這裡不只靠近新竹系統交流道，也正好在新竹科學園區的南方。由於地勢更為開闊加上鄰近園區及便利的交通，因此發展成相當密集的住宅區。在中正橋之後，經過一些整齊的花園社區與寺廟後，接著就會進入青草湖的入口－環湖橋。

二、中游-青草湖

青草湖是匯集客雅溪上游溪水而成的水庫。為求維持蓄水量曾築有一座小水壩，但因年久失修，壩斷水枯，民國 42 年始分三期重修青草湖，以灌溉下游約 600 公頃農田，於民國 45 年建立成為新竹縣第一座水庫，但因上游集水區逐年開發，濫建、濫墾帶來大量淤砂，之後又因颱風破壞排水閘門，造成青草湖水庫蓄水量驟減，水庫進水口灌溉設施業已堵塞，其下游農田闢為工業區，灌溉面積減少，原仰賴青草湖水庫灌溉之農田又由其他圳渠所取代，目前幾乎已無灌溉的功能。

青草湖水庫原以蓄水防洪而建，但因淤砂嚴重，導致蓄水量銳減，於 98 年經由政府規劃與整治後，主要朝向觀光遊憩發展為主。湖周邊規劃有環湖步道，時常有許多附近居民或遊客在此散步或揮竿垂釣。這裡也有相當豐富的鳥類與兩棲類，湖中央小島目前已成為鳥類最佳的棲息地，除了常駐的留鳥外，隨著季節的改變，還可發現不少候鳥的身影。然而鳥類的糞便也造成水質的惡化。另外大萍與布袋蓮迅速的擴散，也造成湖水滯留及水質惡化問題。青草湖下游第一座橋就是中興橋，溪的兩側有許多住宅林立，橋下不時可發現不少釣客揮竿垂釣，也常會發現許多遭民眾丟棄家具及垂釣後所留下的垃圾。再往下游逐漸進入新竹市區，排入的污水量也隨之增加。在育賢新村附近更可以找到新竹科學園區污水處理廠的污水緊鄰住家排出。也因污水排放所以附近水質有相當大的變化(圖 2-8)。

三、 下游

由和平橋經牛埔橋至福樹橋之間，此溪段逐漸離開新竹市區，兩岸也由密集的住家逐漸轉變為農田及住家參雜的景象。溪旁農地提供附近生物一個棲息場所，不時可以發現許多生物在農田覓食。



圖 2-8、科學園區污水處理後污水排入客雅溪之情形

四、 河口

溪口南岸因新竹垃圾掩埋場與污水處理廠的設置，所以沿岸放有許多消波塊堤防，北岸有新規劃的華江生活廣場，往北一點則為廣約三千公頃的港南濕地。因位處河口，故有機物的供應相當豐富，因此孕育了不少生物。溪口海埔地內大部分為農田、魚塢及開闊之潮間帶淺灘地，能提供鳥類及其他生物棲息及覓食空間，雖然有人工栽種的紅樹林，所幸面積不大尚未形成紅樹林沼澤型態，故本區鳥種極多。由於客雅溪口資源豐富，所以也是觀光局推薦的賞鳥路線之一。根據新竹市野鳥協會歷年來的紀錄超過 260 種，除一般平地留鳥外，水鳥、候鳥、過境鳥、稀有鳥類等都能在此地發現。每年 9 月至次年 5 月是賞鳥的好季節，特別是候鳥季的時候，整個區域百鳥爭鳴，小瓣鴿、黃鵪鴿、英斑鵪、家燕等成群出現。

2.6 水質與底泥污染概述

由 104 年環保署委辦計畫「103-104 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫（第二年）」計畫調查研究結果顯示客雅溪底泥中的壬基酚枯水期濃度是 128 mg/kg-dw，豐水期濃度是 175 mg/kg-dw，雙酚 A 的枯水期濃度是 15.0 mg/kg-dw，豐水期濃度是 15.0 mg/kg-dw (表 2- 1)，圖 2- 9 是 102 年和 104 年底泥中壬基酚的分析結果，顯示客雅溪底泥中的壬基酚濃度有遞減趨勢；圖 2- 10 是 102 年和 104 年底泥中雙酚 A 的分析結果，顯示底泥中雙酚 A 濃度有遞增趨勢。

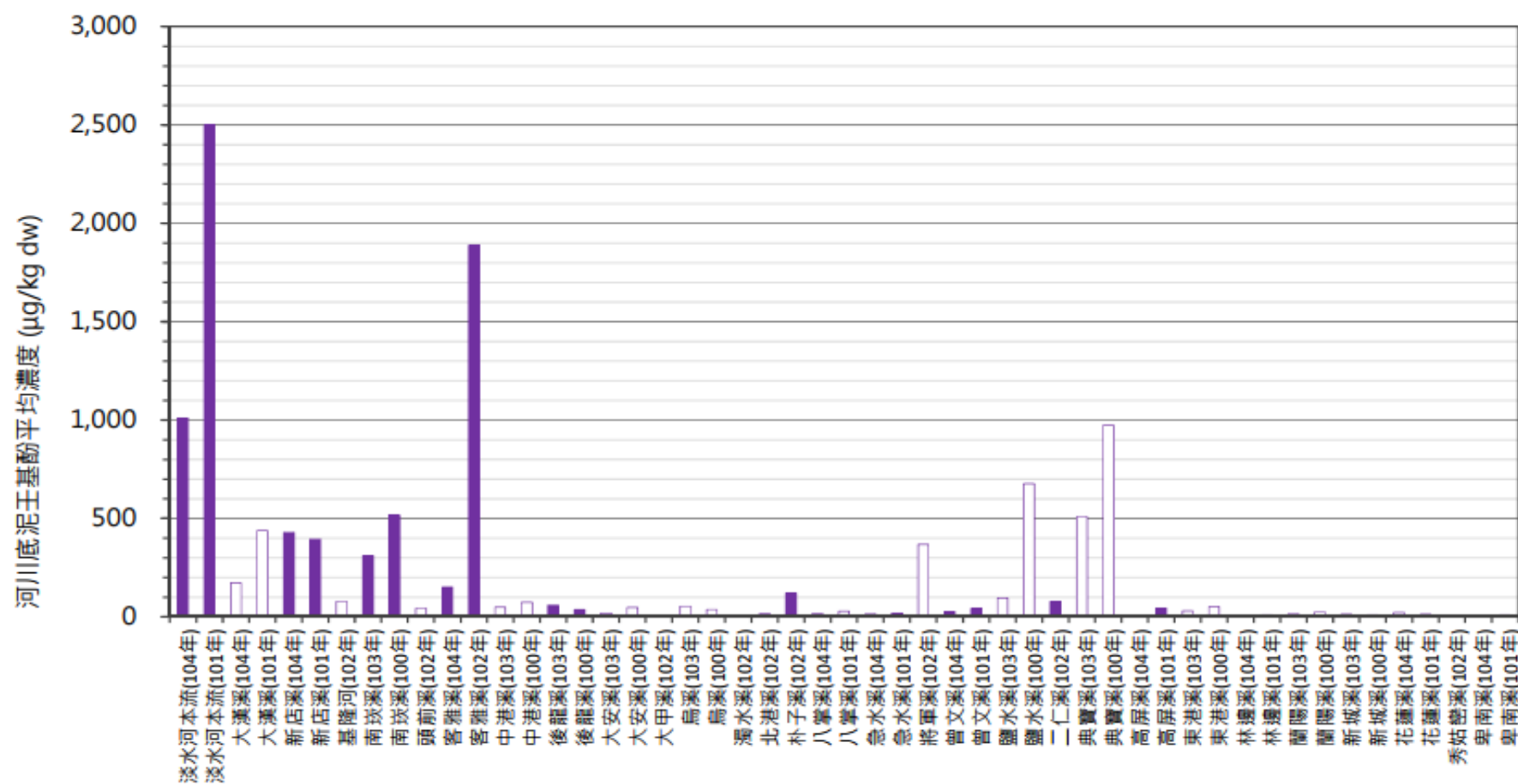
由 103 年環保署委辦計畫「103 年底泥品質管理計畫」之新竹香山海域底泥歷年調查成果彙整顯示，在 91 年的客雅溪出海口底泥中有砷(51.3mg/kg)、銅(267mg/kg)、鎳(88.8mg/kg)、鋅(481mg/kg)超過底泥品質指標上限值；而在 94 年時，只有砷(11.9mg/kg)、鎳(1.79mg/kg)、銅(91.4mg/kg)、鎳(38.0mg/kg)、鋅(149mg/kg)超過底泥品質指標下限值；到 95 年時只有鎳(31.7mg/kg)、銅(68.5mg/kg)

超過底泥品質指標下限值，且有逐漸降低趨勢(表 2- 2)，但 104 年香山濕地底泥中重金屬檢測結果顯示，有砷(16.8mg/kg)、汞(0.248mg/kg)、銅(50.6mg/kg)、鎳(26.5mg/kg)、鋅(156mg/kg)超過底泥品質指標下限值，由上述底泥品質調查結果顯示客雅溪出海口底泥中仍有銅、鎳、鋅等重金屬濃度超過底泥品質指標下限值(表 2- 3)。

表 2- 1、客雅溪底泥中壬基酚及雙酚 A 的分析結果

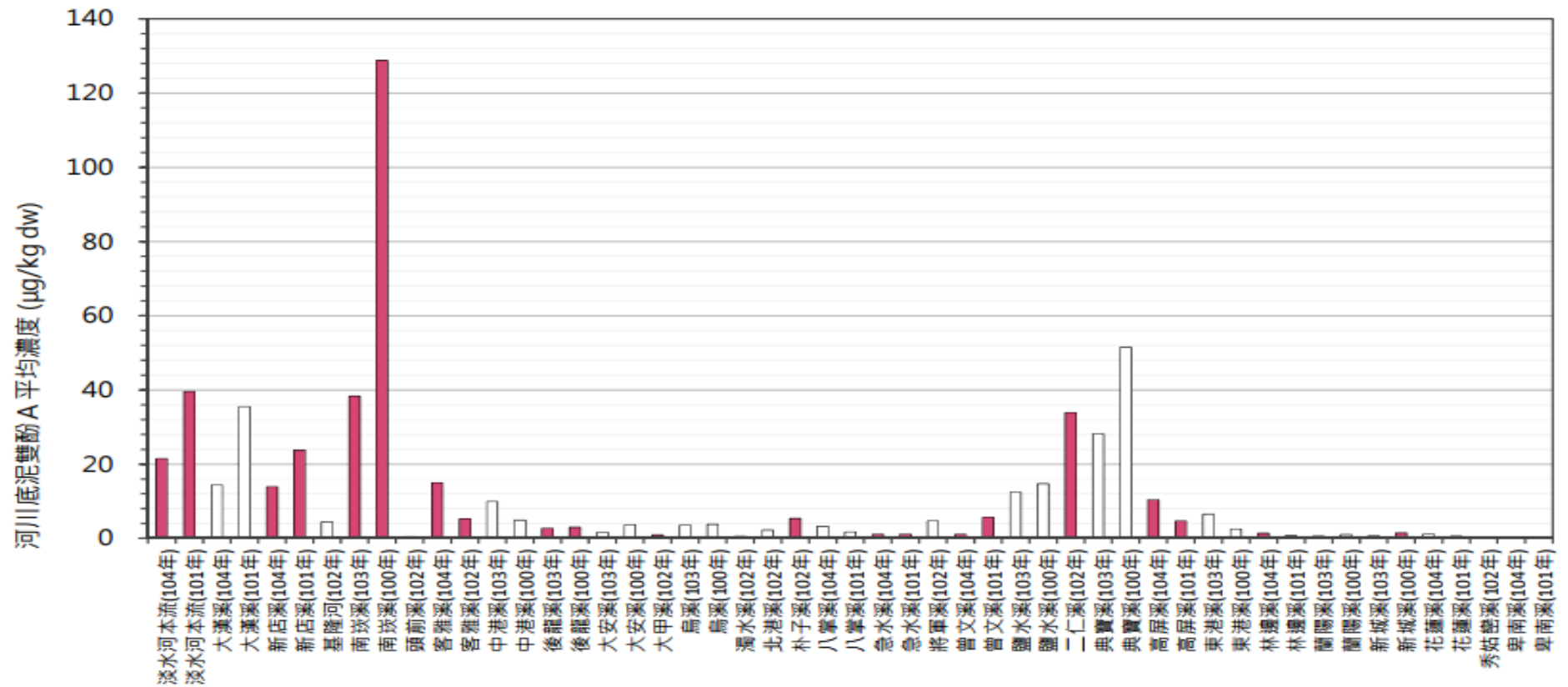
河川流域	採樣地點	地點簡碼	壬基酚($\mu\text{g/kg-dw}$)		雙酚 A($\mu\text{g/kg-dw}$)	
			枯水期	豐水期	枯水期	豐水期
客雅溪	客雅溪橋	KY S01	199	132	23.5	16.9
客雅溪	香雅橋	KY S02	58	244	5.73	8.97
客雅溪	浸水橋	KY S03	127	149	15.8	19
客雅溪平均濃度			128	175	15	15

資料來源：環保署，2015，103-104 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫(第二年)



資料來源：環保署，2015，103-104 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫(第二年)

圖 2- 9、100-104 年河川底泥壬基酚濃度分布圖



資料來源：環保署，2015，103-104 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫(第二年)

圖 2- 10、100-104 年河川底泥雙酚 A 濃度分布圖

表 2-2、新竹香山海域底泥歷年調查結果彙整

計畫 年度	採樣地點	採樣季節	砷	鎘	鉻	銅	汞	鎳	鉛	鋅
			mg/kg							
91 ¹	客雅溪 出海口	枯水期	<u>51.3</u>	ND	<u>175</u>	<u>267</u>	-	<u>88.8</u>	<u>129</u>	<u>481</u>
92 ²	三姓公溪 出海口	枯水期	7.80	ND	58.5	<u>115</u>	0.12	<u>50.5</u>	26.0	<u>179</u>
		豐水期	-	-	-	<u>62.5</u>	-	-	-	-
	鹽港溪 出海口	枯水期	5.53	ND	23.8	39.0	ND	19.2	16.9	73.0
		豐水期	-	-	-	24.3	-	-	-	-
	海山漁港	枯水期	10.8	ND	44.0	<u>101</u>	<u>0.24</u>	<u>34.9</u>	30.5	133
		豐水期	-	-	-	21.1	-	-	-	-
93 ³	三姓公溪 出海口	枯水期	8.05	0.58	47.5	<u>235</u>	0.16	<u>60.0</u>	25.5	<u>227</u>
		豐水期	<u>11.4</u>	ND	<u>202</u>	<u>250</u>	<u>0.27</u>	<u>140</u>	45.7	<u>447</u>
	鹽港溪 出海口	枯水期	9.14	<u>0.66</u>	36.5	<u>80.9</u>	0.14	<u>29.5</u>	22.9	107
		豐水期	3.67	0.30	25.5	22.8	ND	22.1	15.1	75.3
	海山漁港	枯水期	9.49	<u>0.66</u>	41.8	<u>132</u>	0.18	<u>32.6</u>	27.3	105
		豐水期	<u>11.0</u>	ND	38.9	<u>82.7</u>	0.14	<u>44.3</u>	38.7	<u>150</u>
94 ⁴	頭前溪 出海口	枯水期	6.69	0.30	32.1	31.7	0.14	<u>33.2</u>	26.2	117
		豐水期	5.98	<u>2.99</u>	34.6	14.4	ND	<u>34.8</u>	23.9	91.5
	客雅溪 出海口	枯水期	<u>11.9</u>	0.32	49.7	<u>91.4</u>	0.17	<u>38.0</u>	34.6	<u>149</u>
		豐水期	7.16	<u>1.79</u>	38.4	33.1	0.10	<u>33.9</u>	24.9	96.8
	三姓公溪 出海口	枯水期	10.6	0.34	57.1	<u>112</u>	0.13	<u>50.1</u>	34.7	<u>160</u>
		豐水期	10.6	<u>2.85</u>	48.9	<u>68.2</u>	0.09	<u>41.4</u>	33.6	<u>147</u>
	海山漁港	枯水期	<u>11.8</u>	0.30	48.8	<u>78.4</u>	0.10	<u>36.5</u>	28.9	124
		豐水期	<u>11.0</u>	<u>2.49</u>	45.8	<u>52.9</u>	0.09	<u>40.0</u>	27.7	116
95 ⁵	客雅溪 出海口	枯水期	7.30	0.15	34.5	<u>68.5</u>	0.17	<u>31.7</u>	23.1	106
		豐水期	5.54	0.14	36.0	9.70	0.07	<u>29.4</u>	15.8	64.3
	海山漁港	枯水期	<u>11.2</u>	0.11	36.8	48.5	<u>0.74</u>	<u>31.6</u>	22.3	96.3
		豐水期	9.18	0.15	52.2	32.7	0.06	<u>37.5</u>	25.0	96.4
底泥品質指標下限值			11.0	0.65	76.0	50.0	0.23	24.0	48.0	140
底泥品質指標上限值			33.0	2.49	233	157	0.87	80.0	161	384

資料來源：環保署，2014，103 年底泥品質計畫。

註：底泥濃度超過底泥品質指標下限值者以“x.xx”表示，超過底泥品質指標上限值者以“x.xx”表示。

表 2- 3、104 年香山濕地底泥重金屬檢測結果彙整

月份	採樣點 編號	砷(As)	鎘(Cd)	鉻(Cr)	銅(Cu)	汞(Hg)	鎳(Ni)	鉛(Pb)	鋅(Zn)	總有機碳
		mg/kg								乾基, %
2	N01	8.90	ND	23.2	9.97	ND	23.1	16.8	75.3	0.12
	N02	3.83	ND	15.2	18.5	ND	17.4	9.78	60.0	0.17
	N03	7.96	ND	27.4	34.8	ND	25.6	20.8	105	0.54
	S01	7.92	ND	24.6	25.4	ND	23.5	18.3	96.9	0.27
	S02	8.51	ND	21.2	20.6	ND	22.7	17.5	87.3	0.25
	S03	8.59	ND	27.0	26.7	ND	25.9	20.3	107	0.27
5	N01	12.0	ND	18.8	11.1	ND	23.9	16.9	73.4	0.17
	N02	7.90	ND	32.1	50.6	0.195	26.5	23.1	156	1.91
	N03	9.70	ND	29.0	40.4	0.218	25.7	21.7	109	0.60
	S01	7.50	ND	22.8	23.1	<0.100 (0.076)	21.1	18.3	85.5	0.28
	S02	10.8	ND	25.5	22.1	0.106	24.7	20.3	96.2	0.29
	S03	7.52	ND	22.4	19.8	0.248	21.0	15.0	81.7	0.53
9	N01	16.8	ND	21.5	10.5	ND	25.5	17.0	81.1	0.14
	N02	3.45	ND	14.6	22.6	<0.100 (0.070)	15.5	10.2	70.7	0.79
	N03	6.44	ND	20.5	30.5	<0.100 (0.063)	19.7	15.0	83.2	0.53
	S01	5.76	ND	17.8	16.9	<0.200 (0.127)	16.8	12.8	68.1	0.23
	S02	8.79	ND	19.0	16.1	ND	21.1	14.0	77.5	0.23
	S03	7.28	ND	19.6	19.0	ND	19.8	12.8	76.1	0.38
方法偵測極限		0.073	0.22	1.48	1.58	0.050	1.50	1.58	1.44	—
底泥品質 指標上限		33.0	2.49	233	157	0.87	80.0	161	384	—
底泥品質 指標下限		11.0	0.65	76.0	50.0	0.23	24.0	48.0	140	—

資料來源：環保署，2014，103 年底泥品質計畫。

註：底泥污染物濃度超過底泥品質指標下限者以“**x.xx**”表示，超過底泥品質指標上限值以“**x.xx**”表示。

2.7 客雅溪水質污染歷史概述

105 年環保署「全國環境水質監測資訊網」的客雅溪流域水質監測結果如表 2- 4，客雅溪流域測站水質監測結果有檢測出鉛(0.003~0.005mg/L)、砷(0.003~0.0302mg/L)、銅(0.002~0.008mg/L)、鋅(0.004~0.018mg/L)、錳(0.051~0.234 mg/L)等重金屬，此監測結果除錳超過甲類陸域地面水體水質標準 0.05 mg/L 外，其餘重金屬皆符合甲類陸域地面水體水質標準。

表 2- 4、105 年客雅溪流域水質監測結果

測站名稱	採樣日期	鎘	鉛	六價鉻	砷	汞	銅	鋅	錳	銀	硒
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
鳳凰橋	2016/12/5	<0.001	<0.003	<0.002	0.0031	<0.0003	0.002	0.004	0.223	<0.001	--
鳳凰橋	2016/9/7	<0.001	0.004	<0.002	0.0057	<0.0003	0.003	0.01	0.234	<0.001	--
鳳凰橋	2016/6/1	<0.001	0.004	<0.002	0.004	<0.0003	0.003	0.009	0.11	<0.001	--
鳳凰橋	2016/3/2	<0.001	0.004	<0.002	0.003	<0.0003	0.003	0.007	0.178	<0.001	<0.001
客雅溪橋	2016/12/5	<0.001	<0.003	<0.002	0.0069	<0.0003	0.007	0.012	0.051	<0.001	--
客雅溪橋	2016/9/7	<0.001	0.004	<0.002	0.0069	<0.0003	0.008	0.018	0.068	<0.001	--
客雅溪橋	2016/6/1	<0.001	0.004	<0.002	0.0081	<0.0003	0.007	0.011	0.073	<0.001	--
客雅溪橋	2016/3/2	<0.001	0.005	<0.002	0.0302	<0.0003	0.005	0.011	0.066	<0.001	<0.001
香雅橋	2016/12/5	<0.001	<0.003	<0.002	0.0044	<0.0003	0.006	0.017	0.072	<0.001	--
香雅橋	2016/9/7	<0.001	<0.003	<0.002	0.0061	<0.0003	0.004	0.01	0.092	<0.001	--
香雅橋	2016/6/1	<0.001	0.004	<0.002	0.0087	<0.0003	0.006	0.017	0.113	<0.001	--
香雅橋	2016/3/2	<0.001	0.003	<0.002	0.0287	<0.0003	0.005	0.012	0.076	<0.001	<0.001

資料來源：環保署「全國環境水質監測資訊網」

2.8 客雅溪整治管理

客雅溪流域由水利署第二河川局管理，自民國 90 年至 103 年分別由水利署第二河

川局以及新竹市政府進行河川護岸、排水治理與污水截流之工程，各工程之內容分述如下。

一、水利署第二河川局之治理工程

客雅溪河系橫跨新竹縣與新竹市，在新竹市的部分，客雅溪自青草湖以下，至香山油車溝間，屬新竹市都市計劃區，全長 7.2 公里；自香山油車溝以下至出海口止，則在都市計劃範圍外，全長 2.3 公里，總計規劃區域河道全長 9.5 公里。可區分為青草湖水庫、溢流堰至花園橋段、花園橋段至鐵路橋段、鐵路橋至和平橋段、和平橋至牛埔橋段與牛埔橋至出海口段等六區段。新竹縣部份，則區分為 10 公里的分主流、0.5 公里洽水崎橋支流、2.2 公里的湳坑橋支流以及約 2.3 公里的水尾溝支流。二河局曾於民國 90 年至 91 年針對客雅溪進行大規模的護岸治理工程，如表 2-5。

表 2-5、水利署第二河川局客雅溪之治理工程

	治理工程	施工期間
水利署第二河川局於 90 年時之治理工程		
1	客雅溪排水花園橋上游駁坎搶修工程	90.8.28~90.9.15
2	客雅溪延平路段搶修工程	90.8.13~90.9.1
3	客雅溪美麗新世界緊及搶修工程	90.9.19~90.9.24
4	客雅溪牛埔橋上游護岸搶修工程	90.9.28~90.10.11
5	客雅溪中山橋上游護岸搶修工程	90.10.6~90.10.25
6	客雅溪當賢橋下游左岸護岸搶修工程	90.10.10~90.10.27
7	客雅溪花園橋上游左岸搶修工程	90.10.10~90.11.5
8	客雅溪和平橋下游右岸護岸搶修工程	90.10.11~90.11.4
9	客雅溪花園橋上、下游護岸搶修工程	90.10.20~90.11.6
10	客雅溪延平路一段 261 巷護岸搶修工程	90.10.20~90.11.6
11	客雅溪延平路一段 503 號護岸搶修工程	90.8.19~90.9.15
12	客雅溪牛埔橋上游護岸(左岸)搶修工程	90.10.23~90.11.9
13	客雅溪中興橋上游右岸搶修工程	90.10.23~90.11.11
14	客雅溪護岸(南大路 706 巷)搶修工程	90.10.23~90.12.15
15	客雅溪護岸(延平路一段 261 巷)左岸搶修工程	90.10.23~90.11.10
16	客雅溪當賢橋下游右岸護岸搶修工程	90.10.24~90.11.18
17	客雅溪美麗新世界左右岸護岸復建工程	91.01.5~91.4.3
水利署第二河川局於 91 年時之治理工程		
1	客雅溪當賢橋上游左岸應急工程	91.8.7~91.10.4

二、經濟部水利署之客雅溪排水治理

經濟部水利署於民國 98 年 9 月進行客雅溪排水治理，該次治理範圍涵蓋香山都市計畫、新竹科學工業園區特定區計畫、寶山鄉都市計畫，新竹科學工業園區部分位於約青草湖東北方集水區內，其園區每日處理後之污水約 8.6 萬噸以國家放流水標準並由專管經園區環保監督小組監督後由寶山路送至南門溪振興橋附近放流至客雅溪排水。另外，新竹市政府亦逐年推動下水道工程，其中污水下水道系統主幹管沿客雅溪排水北岸（經國路和平橋以下）與堤岸共構。

三、新竹市政府 103 年進行新竹市香山區客雅溪污水截流站設置工程

「新竹市香山區客雅溪污水截流站設置工程」位於新竹市香山區客雅溪流域，整治目的在主要支流排污水排入客雅溪前，於鄰近適宜地點設置截流設施，將晴天污水截流導入污水下水道管線後傳送至客雅水資源中心處理，降低客雅溪污染負荷。該工程於 103 年 5 月 7 日竣工，103 年 8 月 26 日驗收完成，104 年 1 月 1 日進行成效評估工作。截流工程配合客雅水資源中心，加入客雅溪流域水質改善工作如圖 2-11。污水截流設施位於客雅溪之客雅溪橋及香雅橋河段，分別截流延平路一段 291 巷閘門排（污）水、重義橋支線排（污）水及延平支線排（污）水，本設施於 103 年 5 月竣工，103 年 8 月完成工程驗收，運轉後可截流每日 7,700 公噸(CMD)之民生污水，依據 104 年度水質水量檢測數據顯示，本截流設施實際截流量約為每日 2,045 公噸(CMD)之民生污水，實際削減有機污染物(BOD₅)約 30 公斤/日(kg/day)、氨氮(NH₃-N)約 31 公斤/日(kg/day)。比較客雅溪橋與香雅橋之水質變化，污水截流設施於 103 年 5 月竣工後，香雅橋有機污染物(BOD₅)、氨氮(NH₃-N)水質有改善之趨勢，其中有機污染物(BOD₅)平均由客雅溪橋的 9.0 mg/L 降至香雅橋的 6.6 mg/L；另比較歷年香雅橋之水質變化，增設污水截流站後，有機污染物(BOD₅)濃度由 7.4 mg/L 降至 6.6 mg/L，顯示增設污水截流設施有助於降低香雅橋之污染濃度及改善客雅溪水質，並逐漸使客雅溪周邊的自然生態環境逐漸恢復過去的樣貌。

	
客雅溪污水截流站工程	延平路一段 291 巷截流站
	
延平支線截流站	重義橋支線截流站

資料來源：環保署委辦計畫「重點河川污染整治策略評析及執行計畫」，104 年

圖 2- 11、新竹市客雅溪污水截流站設置工程

第三章 資料蒐集與研析

3.1 國內、外環境鑑識技術文獻及研析

污染溯源除了比對污染物的組成特徵外，同位素分析也常為環境污染溯源提供不可或缺之鑑識資訊，本計畫針對不同污染物類型，如揮發性、水溶性、重金屬等，蒐集、彙整國內外河川底泥鑑識案例或環境樣品分析之文獻，依各技術之分析原理及實際鑑識應用面進行評析，完成鑑識技術應用實務摘要至少 10 篇，作為鑑識技術建立與應用之參考，主要收集之鑑識技術為 ICP-MS 和 MCICP-MS 應用在污染源鑑識，有關國內外環境鑑識技術文獻資料編撰結果詳見附件一。

3.2 水體底泥及水質污染背景資料

為達成建立底泥鑑識技術之目標，計畫初期必須蒐集水體之基本資訊，包含流向、流量、支流等，及歷年水質底泥檢測結果與相關整治管理概況，本研究計畫針對客雅溪污染背景資料蒐集結果詳見第二章 2.6 節~2.7 節；此外，底泥及水質污染來源與周遭產業之製程原物料、副產物或廢污水排放結果息息相關，經由環保署環境保護許可管理資訊資料庫(EMS)系統及「水污染源管制資料管制系統」蒐集列管事業及其事業廢水排放資料如表 3-1 及表 3-2。由表 3-1 顯示客雅溪沿岸工廠類型有橡膠製品製造業、金屬表面處理業、化工業、洗衣業、造紙業、食品製造業、玻璃業、照相沖洗業及製版業、農藥、環境衛生用藥製造業、醱酵業、水泥業、餐飲業、觀光旅館、醫院、醫事機構、污水下水道系統等，由表 3-2 顯示排放廢污水量最大之廠家為園區放流水，其次為生活污水及正隆公司新竹廠和華夏玻璃股份有限公司。

表 3- 1、客雅溪沿岸工廠資料表

事業或下水道系統別 (基本資料)	機構名稱	機構地址
橡膠製品製造業	竹隆橡膠股份有限公司	新竹市香山區牛埔里牛埔南路 9 號
土石方堆（棄）置場	顯耀股份有限公司-日通營建剩餘土石方資源堆置場	30058 新竹市北區港北里西濱路 1 段 1 巷 175 號
洗車場	台亞石油股份有限公司(台亞中山加油站)	新竹市中山路 332 號
藥品製造業	新東化學製藥股份有限公司	新竹市中埔里牛埔路 245 號
金屬表面處理業	天荷工業社	新竹市中埔里牛埔路 286、288 號
化工業	永光肥皂股份有限公司	新竹市牛埔南路 496 巷 21 號
洗車場	新竹汽車客運股份有限公司	新竹市牛埔路 200 號
洗車場	台灣中油股份有限公司(北大路加油站)	新竹市北大路 374 號
餐飲業、觀光旅館(飯店)	薇欣旅館股份有限公司	新竹市北區大同里中正路 137 號
餐飲業、觀光旅館(飯店)	名傑開發股份有限公司	新竹市北區中興里北大路 225 號
餐飲業、觀光旅館(飯店)	向日葵別館	新竹市經國路 2 段 150 號
餐飲業、觀光旅館(飯店)	金世紀旅館股份有限公司	新竹市北區民富里北大路 358 號
餐飲業、觀光旅館(飯店)	名傑開發股份有限公司中華分公司	新竹市北區曲溪里 2 鄰中華路 3 段 50 號
餐飲業、觀光旅館(飯店)	荷米斯飯店有限公司	新竹市北區西大路 606 號 1~9 樓
其他指定地區或場所專用 污水下水道系統	新竹市立竹光國民中學	新竹市北區新雅里 1 鄰和平路 1 號
系統內置編碼	鐘文畜牧場	新竹市北區新雅里成功路 172 巷 8 號
醫院、醫事機構	平和醫療社團法人和平醫院	新竹市北區磐石里和平路 86 之 1 號
醫院、醫事機構	財團法人台灣省私立桃園仁愛之家 附設新竹新生醫院	新竹市北區西門街 120 號
醫院、醫事機構	新中興醫院	新竹市北區興南街 43 號

事業或下水道系統別 (基本資料)	機構名稱	機構地址
其他指定地區或場所專用 污水下水道系統	遠東百貨股份有限公司新竹分公司	新竹市西大路 323 號地下 4 樓 至地上 9 樓
食品製造業	大潤發流通事業股份有限公司忠孝 分公司	300 新竹市忠孝路 300 號 1 樓
其他指定地區或場所專用 污水下水道系統	新竹市立陽光國民小學污水下水道 系統	新竹市明湖路 200 號
化工業	東明油墨股份有限公司	新竹市明湖路 482 巷 30 號
其他工業	啟碁科技股份有限公司力行廠	新竹市東區力行六路 5 號
其他指定地區或場所專用 污水下水道系統	新竹市稅務局(新竹市稅務大樓污水 下水道系統)	新竹市東區中央路 112 號
洗車場	全國加油站股份有限公司(全國園區 加油站)	新竹市東區仙宮里寶山路 346 號
實驗、檢(化)驗、研究室	福永生物科技股份有限公司	新竹市東區立功里光復路 2 段 2 巷 49 之 2、49 之 3 號 2 樓
醫院、醫事機構	南門綜合醫院	新竹市東區成功里林森路 20 號
餐飲業、觀光旅館(飯店)	探索國際開發股份有限公司新舍商 旅新竹分公司	新竹市北區西大路 658 號
其他指定地區或場所專用 污水下水道系統	新竹市東區青草湖國民小學	新竹市東區明湖里明湖路 1211 號
化工業	曄世生物科技股份有限公司	新竹市東區前溪里公道五路 3 段 188 號
其他指定地區或場所專用 污水下水道系統	國立清華大學南大校區	新竹市東區南大路 521 號
化工業	曄世生物科技股份有限公司	新竹市東區埔頂里公道五路 2 段 83 號 3 樓之 2
化工業	艾克榮實業有限公司	新竹市埔頂路 18 號 4 樓
餐飲業、觀光旅館(飯店)	煙波大飯店股份有限公司明湖分公 司	新竹市東區柴橋里明湖路 773 號 1 至 6 樓及地下 1 層之 1、之 2
其他指定地區或場所專用 污水下水道系統	新竹市東區高峰國民小學	新竹市東區高峰里高翠路 332 巷 2 號
餐飲業、觀光旅館(飯店)	煙波大飯店股份有限公司民生分公 司	新竹市東區復中里民生路 177 號

事業或下水道系統別 (基本資料)	機構名稱	機構地址
其他指定地區或場所專用 污水下水道系統	新竹市東區東園國民小學	新竹市東區園後街 25 號
其他指定地區或場所專用 污水下水道系統	台灣電力股份有限公司新竹區營業處	新竹市東區榮光里中華路 2 段 400 號
醫院、醫事機構	國泰醫療財團法人新竹國泰綜合醫院	新竹市東區福德里中華路 2 段 678 號及 678 號之 1
餐飲業、觀光旅館(飯店)	迎曦實業股份有限公司	新竹市東區親仁里文化街 10 號 1 之 8 樓
其他指定地區或場所專用 污水下水道系統	國軍退除役官兵輔導委員會新竹榮譽國民污水下水道系統	新竹市崧嶺路 57 巷 41 號
餐飲業、觀光旅館(飯店)	王品餐飲股份有限公司西堤新竹林森分公司	新竹市林森路 231 號 2 樓
洗衣業	美崙洗衣股份有限公司	新竹市虎山里華江街 112 號
化工業	台灣肥料股份有限公司新竹廠	新竹市前溪里公道五路 3 段 188 號
其他指定地區或場所專用 污水下水道系統	國立新竹教育大學	新竹市南大路 521 號
其他指定地區或場所專用 污水下水道系統	采舍新世界大樓 B 區污水下水道系統	新竹市客雅里 3 鄰北新街 117 號
其他指定地區或場所專用 污水下水道系統	采舍新世界大樓 A 區-污水下水道系統	新竹市客雅里 3 鄰北新街 131 號
公共污水下水道系統	新竹市客雅水資源回收中心	新竹市香山區大庄里彩虹路 99 號
造紙業	正隆股份有限公司新竹廠	新竹市香山區中埔里牛埔路 308 號
食品製造業	觀文冷凍食品科技股份有限公司	新竹市香山區牛埔南路 496 巷 21 號
其他工業	銓科光電材料股份有限公司	新竹市香山區虎山里延平路 2 段 727 巷 16 之 1 號
玻璃業	溢祥有限公司	新竹市香山區虎山里延平路 2 段 727 巷 9 號
玻璃業	菁華興業有限公司	新竹市香山區虎山里華江街 10 號

事業或下水道系統別 (基本資料)	機構名稱	機構地址
金屬表面處理業	立揚企業社	新竹市香山區虎山里華江街 10 號 1 樓
玻璃業	台寶玻璃工業股份有限公司	新竹市香山區虎林里延平路 2 段 97 號
化工業	昱豐資材股份有限公司	新竹市香山區埔前里牛埔南路 17 巷 12 號
金屬表面處理業	尚鼎技研有限公司新竹廠	新竹市香山區埔前里牛埔南路 214 號
照相沖洗業及製版業	創色美術印刷廠有限公司	新竹市香山區埔前里埔前路 230 號
橡膠製品製造業	弘韋有限公司	新竹市香山區海山里中華路 6 段 1 巷 5 號
系統內置編碼	蔡東明畜牧場	新竹市香山區海埔段 786 地號
金屬表面處理業	宏志企業社	新竹市頂埔里牛埔路 197 號
農藥、環境衛生用藥製造業	中台興化學工業股份有限公司	新竹市埔前里牛埔南路 105 號
玻璃業	日新玻璃股份有限公司	新竹市埔前里牛埔南路 207 巷 1 號
橡膠製品製造業	久大橡膠股份有限公司	新竹市埔前里牛埔南路 246 巷 6 號
玻璃業	統新玻璃儀器股份有限公司	新竹市埔前里埔前路 319 號
玻璃業	華夏玻璃股份有限公司	新竹市埔前里埔前路 49 號
醱酵業	源珍食品加工廠	新竹市振興里 1 鄰西大路 221 號
化工業	力潔化工有限公司	新竹市柴橋里明湖路 482 巷 65 弄 34 號
土石方堆（棄）置場	廣柏工程有限公司(廣柏土石方資源堆置及營建混合物處理場)	新竹市海埔段 1129、1285、1286、1289、1290、1355、1358、1359、1362 地號等 9 筆土地
土石方堆（棄）置場	萬銓股份有限公司-榮新土石方資源堆置場	新 竹 市 海 埔 段 278.279.280.281.282.283 地號等 6 筆
廢棄物掩埋場	新竹市環境保護局(垃圾掩埋場污水處理廠)	新竹市浸水北街 450 號

事業或下水道系統別 (基本資料)	機構名稱	機構地址
其他工業	國禧包裝企業股份有限公司	新竹市港南里海埔路 131 巷 92 號
洗車場	全國加油站股份有限公司(全國明湖加油站)	新竹市新光里 8 鄰明湖路 361 號
洗車場	台亞石油股份有限公司(台亞經國路二站加油站)	新竹市經國路 2 段 293 號
其他指定地區或場所專用 污水下水道系統	康太開發股份有限公司-向陽經典污水下水道系統	新竹市福德里林森路 231 號 12 樓
其他指定地區或場所專用 污水下水道系統	國立新竹高級中學	新竹市學府路 36 號
水泥業	亞興水泥製品股份有限公司	新竹市樹下里牛埔南路 350 號
玻璃業	春池玻璃實業有限公司	新竹市樹下里牛埔南路 372 號
土石方堆(棄)置場	寶山土石方處理及資源堆置處理場	新竹縣寶山鄉水仙路 139 巷 118-1 號
其他工業	漢民科技股份有限公司竹科分公司	新竹縣寶山鄉研新一路 18 號
遊樂園(區)	東方日星國際興業股份有限公司-東方日星高爾夫球場	新竹縣寶山鄉深井村寶新路 676 號
洗車場	台灣中油股份有限公司-寶山加油站	新竹縣寶山鄉寶新路 56 號
系統內置編碼	雙龍養豬畜牧場	新竹縣寶山鄉雙龍段 411、447 地段
土石方堆(棄)置場	得鑫開發實業有限公司(三叉凸土石方資源堆置場)	新竹縣寶山鄉雞油凸段三叉凸小段 24 地號等 38 筆土地
土石方堆(棄)置場	華園土石方資源處理場	新竹縣寶山鄉雞油凸段雞油凸小段 342 地號等 42 筆土地

表 3- 2、客雅溪沿岸工廠廢污水排放資料彙整表

機構名稱	機構地址	事業或下水道系統別(基本資料)	廢污水申報排放量(立方公尺/日)
竹隆橡膠股份有限公司	新竹市香山區牛埔里牛埔南路 9 號	橡膠製品製造業	0
天荷工業社	新竹市中埔里牛埔路 286、288 號	金屬表面處理業	10.86
永光肥皂股份有限公司	新竹市牛埔南路 496 巷 21 號	化工業	0
東明油墨股份有限公司	新竹市明湖路 482 巷 30 號	化工業	0
啟碁科技股份有限公司力行廠	新竹市東區力行六路 5 號	其他工業	0
暉世生物科技股份有限公司	新竹市東區前溪里公道五路 3 段 188 號	化工業	0
暉世生物科技股份有限公司	新竹市東區埔頂里公道五路 2 段 83 號 3 樓之 2	化工業	0
艾克榮實業有限公司	新竹市埔頂路 18 號 4 樓	化工業	0
美崙洗衣股份有限公司	新竹市虎山里華江街 112 號	洗衣業	78.2
台灣肥料股份有限公司新竹廠	新竹市前溪里公道五路 3 段 188 號	化工業	0
正隆股份有限公司新竹廠	新竹市香山區中埔里牛埔路 308 號	造紙業	2132
觀文冷凍食品科技股份有限公司	新竹市香山區牛埔南路 496 巷 21 號	食品製造業	24.2
銓科光電材料股份有限公司	新竹市香山區虎山里延平路 2 段 727 巷 16 之 1 號	其他工業	0
溢祥有限公司	新竹市香山區虎山里延平路 2 段 727 巷 9 號	玻璃業	13.6
菁華興業有限公司	新竹市香山區虎山里華江街 10 號	玻璃業	20.0
立揚企業社	新竹市香山區虎山里華江街 10 號 1 樓	金屬表面處理業	1.04
台寶玻璃工業股份有限公司	新竹市香山區虎林里延平路 2 段 97 號	玻璃業	5.5
昱豐資材股份有限公司	新竹市香山區埔前里牛埔南路 17 巷 12 號	化工業	0
尚鼎技研有限公司新竹廠	新竹市香山區埔前里牛埔南路 214 號	金屬表面處理業	0
創色美術印刷廠有限公司	新竹市香山區埔前里埔前路 230 號	照相沖洗業及製版業	0
弘韋有限公司	新竹市香山區海山里中華路 6 段 1 巷 5 號	橡膠製品製造業	0
宏志企業社	新竹市頂埔里牛埔路 197 號	金屬表面處理業	8.99

機構名稱	機構地址	事業或下水道系統別(基本資料)	廢污水申報排放量(立方公尺/日)
中台興化學工業股份有限公司	新竹市埔前里牛埔南路 105 號	農藥、環境衛生用藥製造業	0
日新玻璃股份有限公司	新竹市埔前里牛埔南路 207 巷 1 號	玻璃業	16.6
久大橡膠股份有限公司	新竹市埔前里牛埔南路 246 巷 6 號	橡膠製品製造業	0
統新玻璃儀器股份有限公司	新竹市埔前里埔前路 319 號	玻璃業	0.002
華夏玻璃股份有限公司	新竹市埔前里埔前路 49 號	玻璃業	171.6
源珍食品加工廠	新竹市振興里 1 鄰西大路 221 號	醱酵業	4.4
力潔化工有限公司	新竹市柴橋里明湖路 482 巷 65 弄 34 號	化工業	0
國禧包裝企業股份有限公司	新竹市港南里海埔路 131 巷 92 號	其他工業	0
亞興水泥製品股份有限公司	新竹市樹下里牛埔南路 350 號	水泥業	0
春池玻璃實業有限公司	新竹市樹下里牛埔南路 372 號	玻璃業	0
漢民科技股份有限公司竹科分公司	新竹縣寶山鄉研新一路 18 號	其他工業	0
園區一、二、三期			104842

第四章 客雅溪水質底泥採樣規劃

4.1 客雅溪現勘

客雅溪沿岸河段由上游至下游的橋有：上游的北坑橋(源頭)及寶山楓橋、寶興橋、二油橋、二坪橋、雙峰橋、環湖橋，中游的鳳凰橋(青草湖)、中興橋、當賢橋、振興橋(園區放流口)、印順橋、客雅溪橋，及下游的和平橋、頂雅橋、牛埔橋、竹香吊橋、福樹橋、香雅橋，最後由浸水橋出海。圖 4- 1 是客雅溪源頭的北坑橋，圖 4- 2 是客雅溪上游的寶山楓橋和寶興橋，從圖 4- 1、圖 4- 2 可見客雅溪上游的河道窄小，水流緩慢，草木叢生。圖 4- 3 是客雅溪中游的鳳凰橋和中興橋，鳳凰橋是青草湖的湖水匯入客雅溪的出口，圖 4- 4 是客雅溪中游的當賢橋和振興橋，其中振興橋下的出水口是新竹科學園區的放流口，而紅色圓圈標示的位置是科學園區放流水匯入南門溪後再匯入客雅溪處的位置。圖 4- 5 是客雅溪下游的和平橋和頂雅橋，顯示客雅溪下游有很多水中生物如吳郭魚、水鳥、鰻魚等生物族群。



圖 4- 1、客雅溪源頭的北坑橋



圖 4- 2、客雅溪上游的寶山楓橋和寶興橋



圖 4- 3、客雅溪中游的鳳凰橋和中興橋



圖 4- 4、客雅溪中游的當賢橋和振興橋



圖 4- 5、客雅溪下游的和平橋和頂雅橋

4.2 採樣佈點規劃

為釐清水質與底泥中污染物的來源，宜將河川依支流匯流點或工業區所在區段進行河川分段佈點採樣，由於客雅溪並無支流，因此無支流貢獻污染物之虞慮，且上中下游污染主要來源分別為農業廢水、生活廢水/科學園區廢水，及香山工業區排水，而青草湖係客雅溪上游與中游的匯流處，因此，本計畫依現勘成果、客雅溪沿岸工廠類型與廢污水排放量，以及新竹市環保局提供客雅溪採樣點位置與廢水特性(表 4- 1)等相關資料評估結果進行河川水、底泥採樣佈點設計。以青草湖、科學園區、牛埔及香山工業區為客雅溪流域之節點，分別於青草湖佈設一個採樣點，作為背景值，科學園區佈設二個採樣點(園區廢水放流口和園區廢水與客雅溪匯流處)，中山橋(生活污水)佈設一個採樣點，正隆紙廠原廢水、放流水及匯入客雅溪處佈設三個採樣點，華夏玻璃原廢水、放流水及油車溝匯入客雅溪段佈設三個採樣點，及出海口佈設一個採樣點，合計 19 個採樣點位如圖 4-6 所示，並於 6 月、8 月、10 月分別採集三次水樣及底泥樣品，合計採集 55 個樣品(如表 4- 2)。

表 4- 1、新竹市環保局提供客雅溪採樣點位置與廢水特性

新竹市客雅溪河底泥特性(河川、湖泊、水庫)污染物鑑識技術開發計畫-測點				
編號	事業機構	客雅溪流域段	檢測點	廢(污)水特性
1	青草湖	客雅溪鳳凰橋	鳳凰橋下	背景
2	科學工業園區污水處理廠	科學工業園區污水處理廠放流口匯入南門溪處	南門溪橋下	科學工業園區廢污水
3	南大路672巷	南門溪匯入客雅溪處	672巷無名橋下	科學工業園區廢污水
4	中山橋下游	客雅溪中山橋	中山橋下	一般生活污水
5	正隆紙業股份有限公司新竹廠	正隆紙廠放流口匯入客雅溪	客雅溪竹香南路附近	紙業廢水
6	華夏玻璃股份有限公司	油車溝匯入客雅溪段	客雅溪竹香吊橋附近	玻璃業廢水

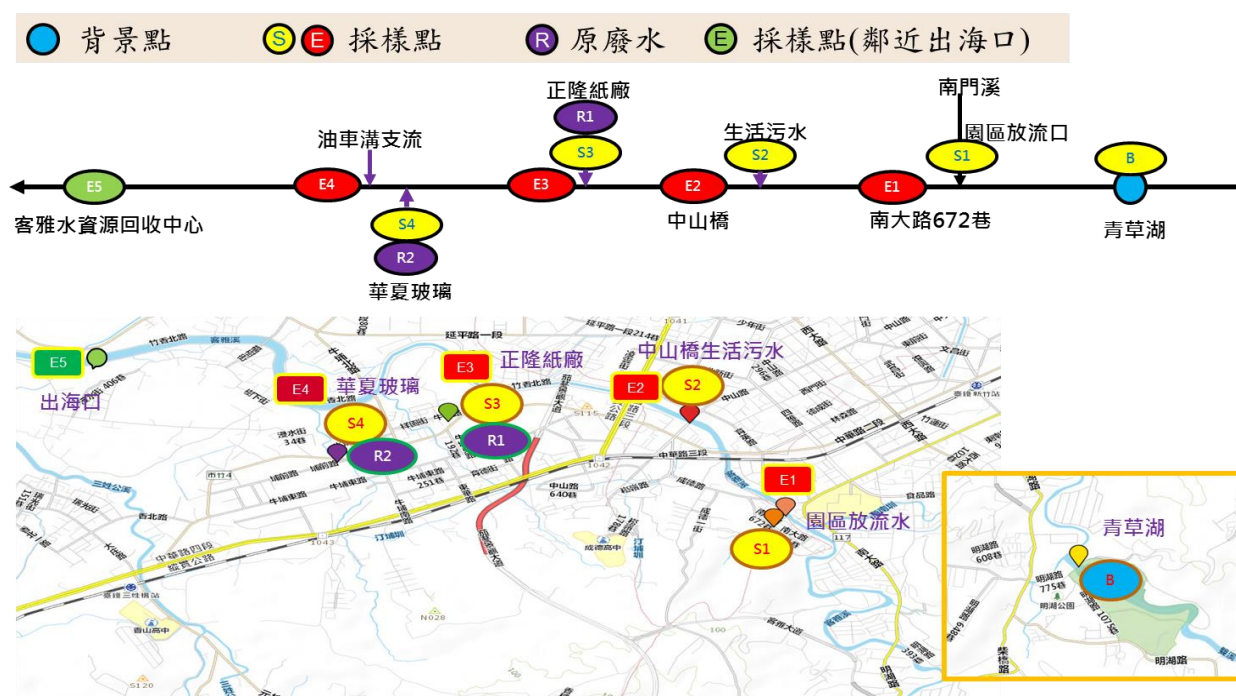


圖 4-6、客雅溪採樣佈點規劃

表 4-2、河川水及底泥樣品編號與採樣位置

樣品編號 (第一次)	樣品編號 (第二次)	樣品編號 (第三次)	採樣位置
S1060626001	S1060821001	S1061011001	青草湖(鳳凰橋)(B)
S1060626002	S1060822001	S1061012001	正隆紙廠放流口匯入客雅溪(E3)
S1060626003	S1060821004	S1061011004	客雅溪中山橋(E2)
S1060627001	S1060822002	S1061012002	油車溝匯入客雅溪段(E4)
S1060627002	S1060821002	S1061011002	園區放流口匯入南門溪處(S1)
S1060627003	S1060821003	S1061011003	南大路 672 巷(E1)
	S1060823001	S1061013001	客雅溪出海口(E5)
W1060626001	W1060821001	W1061011001	鳳凰橋(B)
W1060626002	W1060822001	W1061012001	正隆紙廠原廢水(R1)
W1060626003	W1060822002	W1061012002	正隆紙廠放流口(S3)
W1060626004	W1060822005	W1061012005	正隆紙廠放流口匯入客雅溪(E3)
W1060626005	W1060821004	W1061011004	客雅溪中山橋(E2)
W1060627001	W1060822003	W1061012003	華夏玻璃原廢水(R2)
W1060627002	W1060822004	W1061012004	華夏玻璃放流口(S4)
W1060627003	W1060822006	W1061012006	油車溝匯入客雅溪(E4)
W1060627004	W1060821005	W1061011005	客雅溪中山橋生活污水(S2)
W1060627005	W1060821002	W1061011002	園區放流口匯入南門溪處(S1)
W1060627006	W1060821003	W1061011003	南大路 672 巷(E1)
	W1060823001	W1061013001	客雅溪出海口(E5)

4.3 採樣方法與分析項目

客雅溪溪水及底泥採樣依據環保署環檢所公告之標準採樣方法 NIEA W308.22B 與 NIEA S104.32B 辦理。底泥採樣工具依水深而定，當採樣位置水深小於 1 公尺時，以採樣鏟或採樣杓採集 0 至 15 公分厚的表層底泥樣品，測定氧化還原電位並記錄；若採樣位置水深介於 1 公尺至 10 公尺，則使用艾克曼採泥器進行採樣。水樣依水深、欲採深度及採樣地點選擇適當採樣工具外，也依水質檢測方法總則 (NIEA W102.51C)按分析項目採用合適容器，4°C 冷藏保存，於期限內分析完畢。此外，依招標須知要求及計畫鑑識之需求，本計畫所採集之樣品將進行基本水質分析與污染物特性分析。

在基本水質方面，水樣依現行環保署公告標準檢測方法進行 pH 值、電導度、化學需氧量、生物需氧量、氨氮、重金屬、VOCs 及 SVOCs、有機定性篩選等基本水質分析，如須獲得適宜的特徵物質分佈(Profile)，則依計畫實際執行狀況調整，檢測項目及其對應之檢測方法彙整如表 4-3。計畫期間委方可依實際需求對水質樣品進行陰陽離子(Li^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 MEA 、 K^+ 、 TMAH 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 F^- 、 Acetate 、 BrO_3^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-})及總鹵化物檢測，所得結果交由本團隊併入統計分析。

此外，為了建立污染物與工廠之關聯性(追溯污染物來源)，所採集之水樣及底泥樣品將進行金屬/元素分析及有機物分析，以掌握樣品金屬元素與有機物的種類、成份及含量，在與工廠使用原料、製程副產物或廢水成份進行媒合比對後，進而探討底泥污染溯源的特徵指標物，建立污染關聯性，作為後續底泥污染來源鑑識之參考。本計畫使用於污染物特性分析的儀器包含 XRF、XRD、ICP/OES、ICP/MS、GC/MS、LC/Q-TOFMS 及 GC/IRMS 等，其所對應之分析項目及分析目的彙整如表 4-4，各項儀器型號及操作條件簡述如後。

表 4-3、基本水質檢測項目、方法及樣品保存方法

檢測項目	分析方法	樣品保存方法	保存期限
導電度	NIEA W203	若採樣後無法在 24 小時內測定完成，應立即以 0.45 μm 之濾膜過濾後，4℃ 冷藏並避免與空氣接觸。	—
水量	NIEA W022	—	—
生化需氧量	NIEA W510	暗處，4℃ 冷藏。	48 小時
氨氮	NIEA W437	加硫酸使水樣之 $\text{pH} < 2$ ，暗處，4℃ 冷藏。水樣中含有餘氯，則應於採樣現場加入去氯試劑。	7 天
化學需氧量	NIEA W517	加硫酸使水樣之 $\text{pH} < 2$ ，暗處，4℃ 冷藏。	7 天
pH 值	NIEA W424	—	現場立刻分析
砷、鎘、鉻、銅、汞、鎳、鉛、鋅	NIEA M317 NIEA M353 NIEA S310	加硝酸使水樣之 $\text{pH} < 2$ (若測定溶解性金屬，須於採樣後立刻以 0.45 μm 之薄膜濾紙過濾，並加硝酸使濾液之 $\text{pH} < 2$)。加酸後之水樣應貯藏於 $4 \pm 2^\circ\text{C}$ 下。	180 天
揮發性有機物	NIEA W785	不得以擬採之水樣預洗，加鹽酸使水樣之 $\text{pH} < 2$ ，裝樣後不得含有氣泡，暗處，4℃ 冷藏，若水樣中含有餘氯，則於每瓶水樣中添加 25 mg 抗壞血酸。	14 天
半揮發性有機物	NIEA W801	不得以擬採之水樣預洗，暗處，4℃ 冷藏（若水樣中含有餘氯，則需添加 80mg 硫代硫酸鈉 / L）。	水樣應於 7 天內完成萃取，萃取後 40 天內完成分析。
有機物定性篩選	GC/MS	暗處，4℃ 冷藏	—

表 4- 4、污染物特性分析儀器及分析目的

分析項目	樣品性質	儀器	目的
金屬/元素	底泥	XRF	藉由 XRF 分析，對樣品進行金屬/元素成份
底泥組成晶相測試	底泥	XRD	底泥組成晶相測試
金屬/元素	水樣 底泥	ICP/OES 或 ICP/MS	金屬/元素定性分析
有機物	水樣 底泥	GC/MS	掌握水樣與底泥樣品非極性及低極性有機物成分
有機物	水樣 底泥	LC/Q-TOFMS	掌握水樣及底泥樣品極性及水溶性有機物，特別是目前非列管項目之有機物 PFCs、NPExO、PGME、TMAH
同位素	水樣 底泥	GC/IRMS	探討揮發性有機物之碳穩定同位素特徵作為底泥污染溯源之可能性

4.4 採樣現況

依據前述之採樣佈點規劃，客雅溪底泥的採樣位置有鳳凰橋、園區放流口、南大路 672 巷、中山橋、正隆紙廠放流口匯入客雅溪處、油車溝匯入客雅溪段等 6 個採樣點，而客雅溪河川水樣的採樣位置有南大路 672 巷、中山橋、正隆紙廠放流口匯入客雅溪、油車溝匯入客雅溪段等 4 個採樣點，及污染源鑑識用水樣如鳳凰橋青草湖水(背景值)、園區放流口廢水、中山橋生活污水、正隆紙廠放流水、華夏玻璃放流水與正隆紙廠原廢水、華夏玻璃原廢水等 7 個採樣點。圖 4- 7 是青草湖鳳凰橋底泥/水樣的採樣現況，圖 4- 8 是園區放流口採樣位置，圖 4- 9 是中山橋(生活污水)採樣位置，從圖 4- 9 可見中山橋(生活污水)的放流水下方有很多吳郭魚，另外也有發現水鳥及鰻魚等生物族群。圖 4- 10 是正隆紙廠(原廢水、放流水、匯入客雅溪處)採樣位置，圖 4- 11 是華夏玻璃(原廢水、放流水、油車溝匯入客雅溪段)採樣位置。

採樣位置：鳳凰橋(背景)

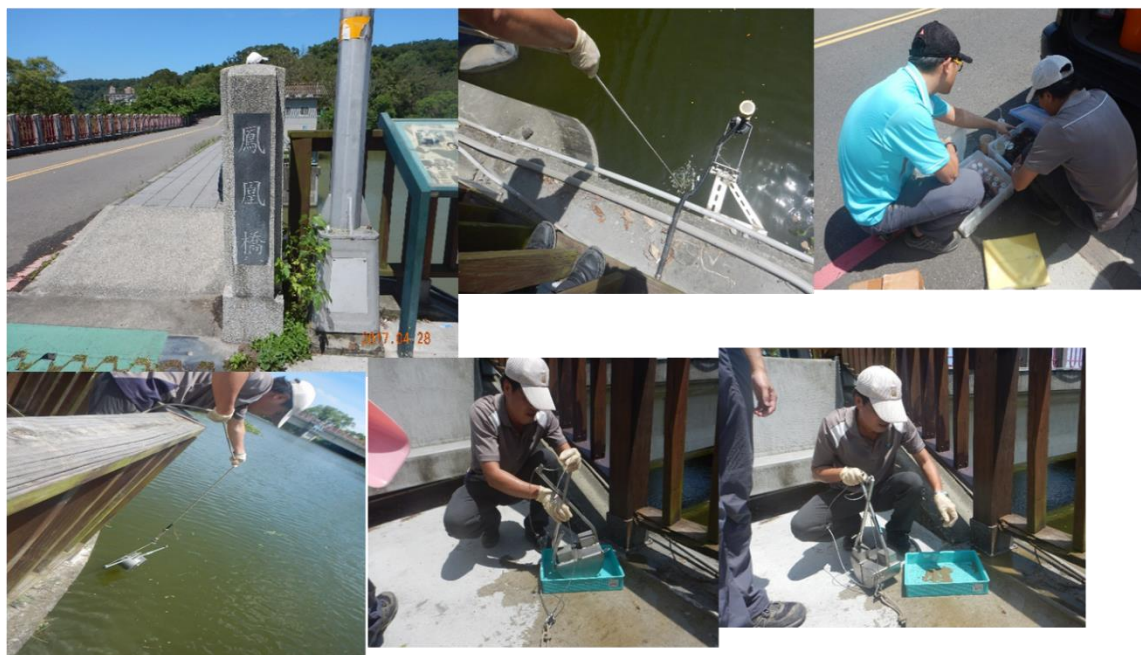


圖 4- 7、青草湖鳳凰橋採樣現況

採樣位置：科學工業園區污水處理廠放流口匯入南門溪處
(工業廢污水)



圖 4- 8、科學園區污水處理廠放流口匯入南門溪處採樣位置

採樣位置：客雅溪中山橋(生活污水)



圖 4-9、中山橋(生活污水)採樣位置

採樣位置：正隆紙廠(原廢水、放流水、匯入客雅溪處)



圖 4-10、正隆紙廠(原廢水、放流水、匯入客雅溪處)採樣位置

採樣位置：華夏玻璃(原廢水、放流水、油車溝匯入客雅溪段)



圖 4- 11、華夏玻璃(原廢水、放流水、油車溝匯入客雅溪段) 採樣位置

第五章 客雅溪河川底泥污染源鑑識

5.1 污染源排放特徵

針對客雅溪河川底泥污染源鑑識，主要分析項目有 pH 值、電導度、化學需氧量、生物需氧量、氨氮、重金屬/元素分析、有機物分析(包括揮發性、半揮發性、極性/水溶性)、GC/IRMS、陰陽離子(Li^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、MEA、 K^+ 、TMAH、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 F^- 、Acetate、 BrO_3^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-})、總鹵化物等如圖 5-1 所示，而採樣規劃部分則分為 Sources(水樣)、環境水樣(河川水)、環境樣品(底泥)、工廠原廢水等四種採樣項目。表 5-1 是 Sources(水樣)和環境水樣(河川水)的導電度值，由表 5-1 顯示導電度值由園區放流水匯入客雅溪後(E1)，經中山橋(E2)、正隆紙廠(E3)、華夏玻璃匯入客雅溪(E4)的導電度值有往下游遞減趨勢，且由三次導電度測試結果顯示，科學園區放流水和南大路 672 巷的河川水導電度皆高於其他客雅溪河川水，此結果顯示科學園區放流水和南大路 672 巷的河川水有相對高濃度的陰離子和陽離子存在，而出海口的導電度偏高原因為海水鹽化結果。

表 5-2 是環境樣品(底泥)ORP 值，由表 5-2 顯示園區污水處理廠放流口處和南大路 672 巷處的底泥 ORP 值是正值，且在採樣時此位置之底泥皆為卵礫石和砂石，推測此處採樣底泥為氧化態底泥，而中山橋、正隆紙廠、華夏玻璃匯入客雅溪處的底泥 ORP 值皆為負值，且在採樣時此位置之底泥為黑褐色或黑色泥狀之底泥，顯示其底泥特性為還原態底泥。表 5-3 是採樣時的流速，由表 5-3 顯示由園區放流水排放出來的流速最大，約為其他採樣點的 2 倍。

類別	分析項目	樣品總數
環境樣品(河川水)	pH值、電導度、化學需氧量、生物需氧量、氨氮、重金屬/元素分析、有機物分析(揮發性、半揮發性、極性/水溶性)	5
環境樣品(底泥)	pH值、電導度、重金屬/元素分析、有機物分析(揮發性、半揮發性、極性/水溶性)	7
污染源 (Sources)	pH值、電導度、化學需氧量、生物需氧量、氨氮、重金屬/元素分析、有機物分析(揮發性、半揮發性、極性/水溶性)	5
工廠原廢水	pH值、電導度、金屬/元素分析、有機物分析(揮發性、半揮發性、極性/水溶性)	2

1.陰陽離子(Li⁺、Na⁺、NH₄⁺、MEA、K⁺、TMAH、Mg²⁺、Ca²⁺、F⁻、Acetate、BrO₃⁻、Cl⁻、NO₂⁻、Br⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、PO₄³⁻)、總鹵化物檢測由環檢所自行分析，數據再納入統計分析

2.PFCs & PPCP分析(環檢所分析)

3.GC/IRMS同位素分析

圖 5- 1、客雅溪河川底泥污染源鑑識

表 5- 1、Sources(水樣)/環境水樣(河川水)導電度值

採樣位置	導電度(μS/cm) (第一次)	導電度(μS/cm) (第二次)	導電度(μS/cm) (第三次)
青草湖(鳳凰橋)Sources(B)	646	442	528
園區放流水 Sources(S1)	4007	4350	4610
南大路 672 巷環境水樣(E1)	3960	4220	4220
中山橋生活污水 Sources(S2)	564	532	626
中山橋環境水樣(E2)	2550	3140	3420
正隆紙廠放流水 Sources(S3)	2000	1995	2310
正隆紙廠環境水樣(E3)	2460	2960	3420
華夏玻璃放流水 Sources(S4)	1389	1075	968
華夏玻璃油車溝環境水樣(E4)	1814	2820	3230
出海口(客雅水資源回收中心)(E5)	-	3240	3370

表 5- 2、環境樣品(底泥)ORP 值

採樣位置	ORP(mV)(第一次)	ORP(mV)(第二次)	ORP(mV)(第三次)
青草湖(鳳凰橋)(B)	-96.1	-118.8	-237.3
園區放流口匯入南門溪處(S1)	54.1	52.7	173.5
南大路 672 巷(E1)	136.9	110.40	48.1
客雅溪中山橋(E2)	-172.0	-35.9	-176.8
正隆紙廠放流口匯入客雅溪(E3)	-206.00	-225.7	-251.8
華夏玻璃油車溝匯入客雅溪段(E4)	-207.3	-210.3	-277.00
出海口(客雅水資源回收中心)(E5)	-	-153.7	-266.7

表 5- 3、採樣流速

採樣位置	流速(第一次)	流速(第二次)	流速(第三次)
青草湖(鳳凰橋)(B)	-	-	-
園區放流口匯入南門溪處(S1)	0.92	0.90	1.07
南大路 672 巷(E1)	0.33	0.37	0.30
客雅溪中山橋(E2)	0.5	0.35	0.56
正隆紙廠放流口匯入客雅溪(E3)	0.57	0.44	0.48
華夏玻璃油車溝匯入客雅溪段(E4)	-	-	-
出海口(客雅水資源回收中心)(E5)	-	-	0.27

客雅溪底泥/水樣特性分析

■ 外觀顏色

客雅溪底泥外觀顏色如圖 5-2，由圖 5-2 顯示園區污水處理廠放流口匯入南門溪處、南門溪匯入客雅溪處和中山橋底泥外觀顏色為土黃色砂，青草湖(鳳凰橋)、正隆紙廠放流口匯入客雅溪和油車溝匯入客雅溪段底泥則為黑灰色泥。

■ SEM/EDX&XRD 測試結果

客雅溪底泥之 SEM/EDX&XRD 測試結果如圖 5-3、圖 5-4，由 SEM/EDX&XRD 測試結果顯示客雅溪底泥的主要成分為 Si, Al, Fe, K, O，主要晶相為 SiO_2 、 Fe_3O_4 、 Al_2O_3 ，其中樣品編號 S1060627002(S1)之底泥 XRD 測試結果晶相為 Fe_3O_4 ，而此採樣位置為園區放流口處，且此處污泥屬於氧化態底泥，與 ORP 值測試結果為正值相符合。



圖 5-2、客雅溪底泥/水樣(樣品照片)

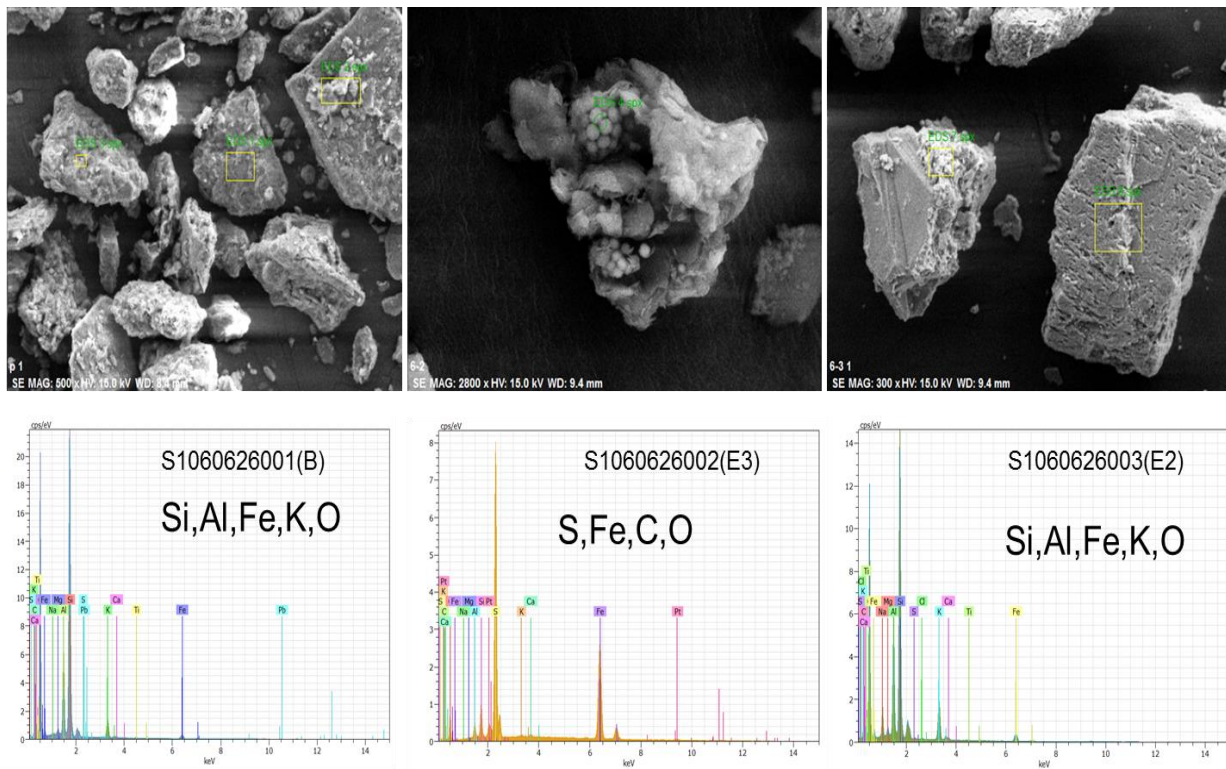


圖 5- 3、客雅溪底泥之 SEM/EDX 圖

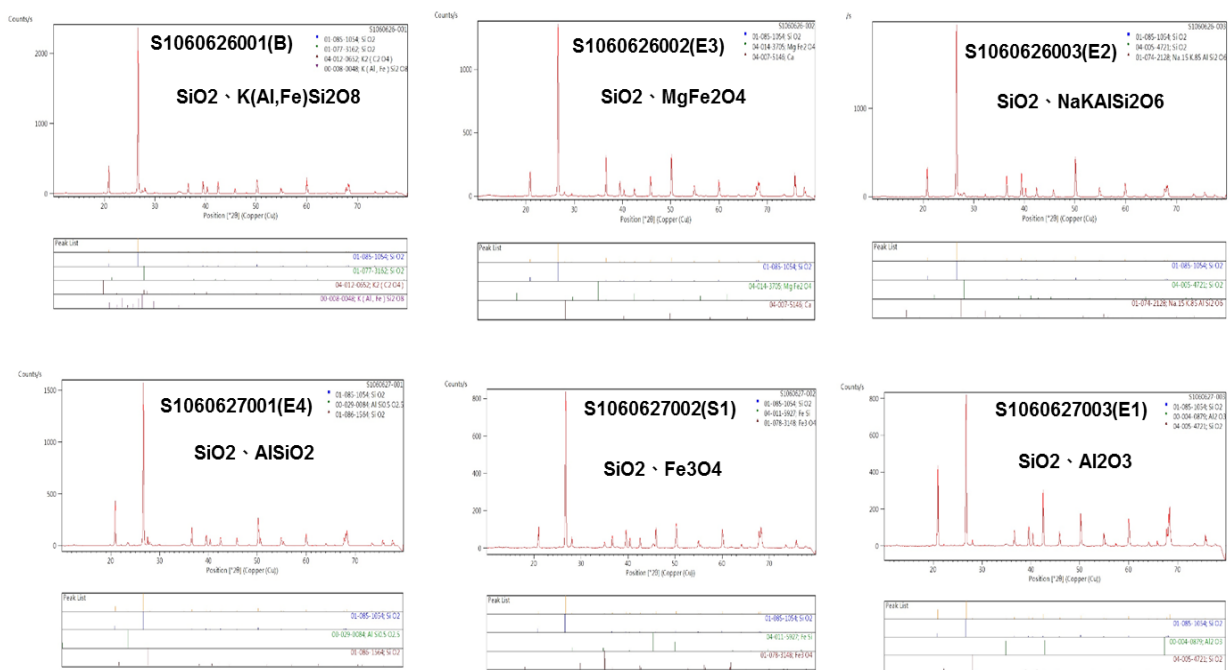


圖 5- 4、客雅溪底泥之 XRD 圖

■ 化學需氧量、生物需氧量、氨氮、總鹵化物檢測

客雅溪河川水及 Sources(水樣)之氨氮有由園區放流水匯入客雅溪後，經中山橋、正隆紙廠、華夏玻璃匯入客雅溪往下游遞減趨勢(如圖 5- 5)，總鹵化物也有此類趨勢(如圖 5- 6)，雖然在 S3 有較高濃度排放，但因排放量小，對客雅溪之總鹵化物整體濃度影響不大。而化學需氧量(COD)、生物需氧量(BOD)、氨氮、總鹵化物檢測結果詳如表 5- 4，由表 5- 4 顯示客雅溪河川水的化學需氧量(COD)檢測結果介於 20.0~38.2 之間，而生物需氧量(BOD)的檢測結果是介於 4.3~10.8 之間，但第一次採樣分析時園區放流口與南大路 672 巷之生物需氧量(BOD)值高到 12.5 顯示此處有較高的有機物。

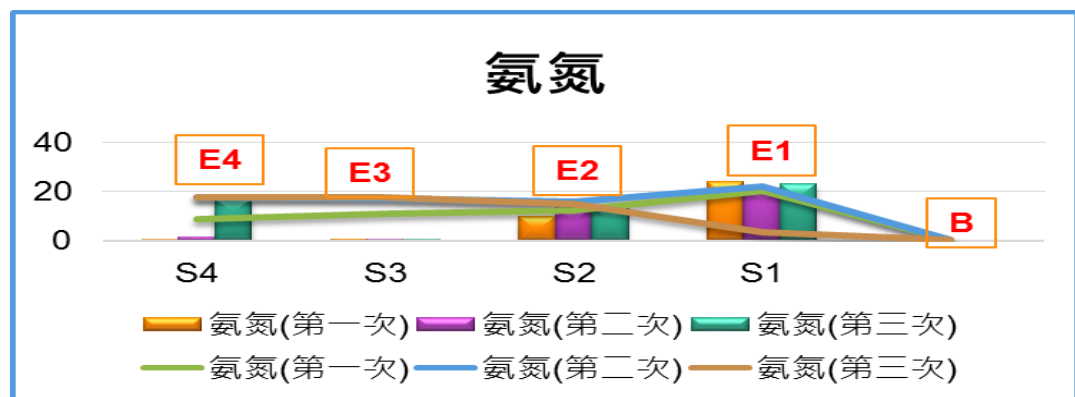


圖 5- 5、客雅溪河川水及 Sources(水樣)之氨氮趨勢圖

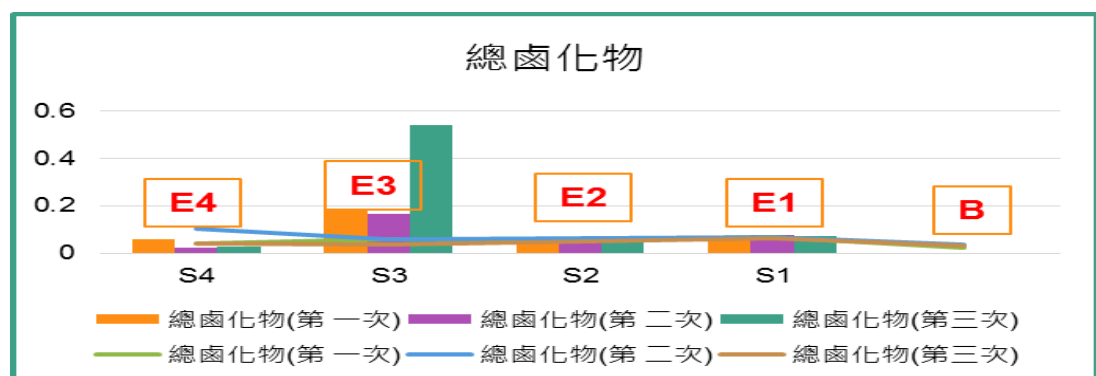


圖 5- 6、客雅溪河川水及 Sources(水樣)之總鹵化物趨勢圖

表 5- 4、化學需氧量、生物需氧量、氨氮、總鹵化物檢測結果

第一次分析結果 單位 mg/L	青草湖(鳳凰 橋)Sources(B)	園區放流水 Sources(S1)	南大路 672 巷 環境水樣(E1)	中山橋生活污 水 Sources(S2)	中山橋環境 水樣(E2)	正隆紙廠放流 水 Sources(S3)	正隆紙廠環 境水樣(E3)	華夏玻璃放流 水 Sources(S4)	華夏玻璃油車 溝環境水樣(E4)	出海口 (E5)
化學需氧量 (COD)	26.2	26.2	30.2	107	38.2	82.5	22.1	94.6	26.2	
生物需氧量 (BOD)	8.3	12.5	12	38.6	7	18.8	4.3	23.8	8.4	
氨氮	0.26	24.1	20.3	10	12.5	0.76	11.1	0.12	8.86	
總鹵化物	0.0208	0.0702	0.0654	0.0626	0.0548	0.1846	0.0588	0.0588	0.0402	
第二次分析結果 單位 mg/L	青草湖(鳳凰 橋)Sources(B)	園區放流水 Sources(S1)	南大路 672 巷 環境水樣(E1)	中山橋生活污 水 Sources(S2)	中山橋環境 水樣(E2)	正隆紙廠放流 水 Sources(S3)	正隆紙廠環 境水樣(E3)	華夏玻璃放流 水 Sources(S4)	華夏玻璃油車 溝環境水樣(E4)	出海口 (E5)
化學需氧量 (COD)	26.0	26.0	30.0	81.9	26.0	57.9	26.0	18.0	30.0	26.0
生物需氧量 (BOD)	5.2	10.7	9.1	19.2	10.8	11.2	7.0	6.4	5.8	6.2
氨氮	0.19	21.6	22.1	13.6	15.8	0.21	17.2	1.66	17.5	10.7
總鹵化物	0.0374	0.0754	0.0692	0.0512	0.061	0.1638	0.0606	0.0246	0.1034	0.0312
第三次分析結果 單位 mg/L	青草湖(鳳凰 橋)Sources(B)	園區放流水 Sources(S1)	南大路 672 巷 環境水樣(E1)	中山橋生活污 水 Sources(S2)	中山橋環境 水樣(E2)	正隆紙廠放流 水 Sources(S3)	正隆紙廠環 境水樣(E3)	華夏玻璃放流 水 Sources(S4)	華夏玻璃油車 溝環境水樣(E4)	出海口 (E5)
化學需氧量 (COD)	32.0	32.0	22.0	100	22.0	144.0	20.0	20.0	30.0	26.0
生物需氧量 (BOD)	8.9	7.5	6.8	57.9	6.7	37.9	4.8	4.5	8.3	9.6
氨氮	0.53	23.2	3.54	14.0	14.9	0.16	17.7	17.2	17.7	17.1
總鹵化物	0.0338	0.0702	0.0652	0.0456	0.0482	0.542	0.0384	0.0272	0.0402	0.0432

5.1.1 分析特徵指標物

■ 揮發性有機物

客雅溪河川水及 Sources(水樣)第一次採樣之揮發性有機物檢測結果如表 5- 5，底泥中的揮發性有機物檢測結果如表 5- 6，由表 5- 5 及表 5- 6 的河川水及 Sources(水樣)和底泥中揮發性有機物檢測結果顯示有檢測出 Silanol, trimethyl- 和 Silane, fluorotrimethyl-，和微量丙酮(Acetone)約 0.2~2.8ppb，而 Silanol, trimethyl-和 Silane, fluorotrimethyl-這兩個化合物都是晶圓廠與 TFT-LCD 面板廠常用的 VOCs 物質。第二次採樣及第三次採樣之揮發性有機物檢測結果如附件二，第二次和第三次採樣檢測結果皆未檢測到 Silanol, trimethyl-和 Silane, fluorotrimethyl-，此因為河川水中的 Silane, fluorotrimethyl-第一次檢測結果只有幾個 ppb(如圖 5- 7)，Silanol, trimethyl-的檢測結果也只有幾十個 ppb(如圖 5- 8)，而底泥中的 Silanol, trimethyl-也是只有幾個 ppb(如圖 5- 9)，所以因太微量了在第二次和第三次的採樣都未檢測到 Silanol, trimethyl-和 Silane, fluorotrimethyl-。若以 Sources(水樣)對客雅溪河川水貢獻量作圖(如圖 5- 10、圖 5- 11)，由圖 5- 11 顯示 Silane, fluorotrimethyl-只有園區放流水(S1)和華夏玻璃放流水(S4)有檢測到，中山橋生活污水(S2)和正隆紙廠放流水(S3)皆未檢出 Silane, fluorotrimethyl-，推論其原因為六甲基乙矽鉸(HMDS; $C_6H_{19}NSi_2$)常被用來塗附於晶圓或玻璃基板表面上使其與表面上水蒸汽反應，當作品圓或玻璃基板的表面脫水劑，改變晶圓或玻璃基板表面特性由親水性變為親油性，以利光阻之塗佈及附著力。但 HMDS 易與水汽及其他溶劑反應生成衍生物，主要衍生物為三甲基矽醇(Silanol, trimethyl, $C_3H_{10}OSi$)，而氟三甲基矽烷(Silane, fluorotrimethyl-)形成原因主要是三甲基矽醇與氫氟酸結合後所形成。因此，由於科學園區有生產晶圓和玻璃基板，也有使用氫氟酸，所以有檢測到 Silane, fluorotrimethyl-是合理的，至於華夏玻璃放流水有檢測到 Silane, fluorotrimethyl-是因為華夏玻璃的製程中有使用到氫氟酸，且 Silane, fluorotrimethyl-的應用很廣，在洗滌劑、化妝品和抗菌劑，矽酸鹽表面上的疏水塗層等都有 Silane, fluorotrimethyl-成分，因此華夏玻璃放流水有檢測到 Silane, fluorotrimethyl-也是合理的。

表 5- 5、河川水及 Sources(水樣)中揮發性有機物檢測結果(第一次)

採樣位置	樣品編號	揮發性有機物
青草湖(鳳凰橋)(湖水) 背景值(B)	W1060626001	Silanol, trimethyl-、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-、Benzoic acid, 2-[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester
園區放流口處(放流水)(S1)	W1060627005	Butane、 Silane, fluorotrimethyl- 、Acetone、Silanol, trimethyl-、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-、Benzoic acid, 2-[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester
南大路 672 巷(河川水)(E1)	W1060627006	Butane、 Silane, fluorotrimethyl- 、Acetone、Silanol, trimethyl-、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-、Benzoic acid, 2-[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester
客雅溪中山橋(生活污水)(S2)	W1060627004	Acetone、Silanol, trimethyl-、Carbon Tetrachloride、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-、Benzoic acid, 2-[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester
客雅溪中山橋(河川水)(E2)	W1060626005	Silane, fluorotrimethyl- 、Silanol, trimethyl-、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-、1-Hexanol, 2-ethyl-、1-Heptanol, 6-methyl-、Benzoic acid, 2-[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester、C10~C14 alkene
正隆紙廠(原廢水)(R1)	W1060626002	Formic acid, ethyl ester、Ethanol、1-Propanol、Silanol, trimethyl-、1-Pentanol、 Acetic acid、Propanoic acid、Butanoic acid 、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-
正隆紙廠放流口(放流水)(S3)	W1060626003	Hydrogen sulfide、Silanol, trimethyl-、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-、Benzene, 1,2,3-trimethyl-、Benzene, 1,3,5-trimethyl-、Benzoic acid, 2-[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester
正隆紙廠放流口匯入客雅溪 (河川水)(E3)	W1060626004	Silane, fluorotrimethyl- 、Acetone、Silanol, trimethyl-、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-、Diethyl Phthalate
華夏玻璃(原廢水)(R2)	W1060627001	Silane, fluorotrimethyl- 、Acetone、Silanol, trimethyl-、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-、Benzene, 1,2,3-trimethyl-、1-Hexanol, 2-ethyl-、Camphor、1-Heptanol, 6-methyl-、Tetradecene
華夏玻璃放流口(放流水)(S4)	W1060627002	Silane, fluorotrimethyl- 、Silanol, trimethyl-、Disiloxane, hexamethyl-、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-、Benzoic acid, 2-[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester
油車溝匯入客雅溪段(河川 水)(E4)	W1060627003	Silane, fluorotrimethyl- 、Acetone、Dimethyl sulfide、Silanol, trimethyl-、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-、Benzoic acid, 2-[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester

表 5- 6、底泥中揮發性有機物檢測結果(第一次)

採樣位置	樣品編號	揮發性有機物
青草湖(鳳凰橋(底泥)(B)	S1060626001	Silanol, trimethyl- 、1-Propan amine , 2-methyl-、Cyclohexane, methyl-、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-
正隆紙廠放流口匯入客雅溪(底泥)(E3)	S1060626002	Carbon disulfide、 Silanol, trimethyl- 、1-Butan amine 、1-Pentene, 2,4,4-trimethyl-、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-、Benzoic acid, 2-[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester
客雅溪中山橋(底泥)(E2)	S1060626003	Carbon disulfide、1-Butan amine 、1-Pentene, 2,4,4-trimethyl-、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-、Benzene, 1,2,3-trimethyl-、Benzene, 1,3,5-trimethyl-、Benzoic acid, 2-[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester
油車溝匯入客雅溪段(底泥)(E4)	S1060627001	Silanol, trimethyl- 、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-、Benzoic acid, 2-[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester
園區放流口處匯入南門溪處(底泥)(S1)	S1060627002	Propane, 2-methoxy-2-methyl-、Pentane, 2-methyl-、1-Pentene, 2,4,4-trimethyl-、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-
南大路 672 巷(底泥)(E1)	S1060627003	Silanol, trimethyl- 、1-Pentene, 2,4,4-trimethyl-、Cyclotrisiloxane, hexamethyl-、Cyclotetrasiloxane, octamethyl-、Benzoic acid, 2-[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester

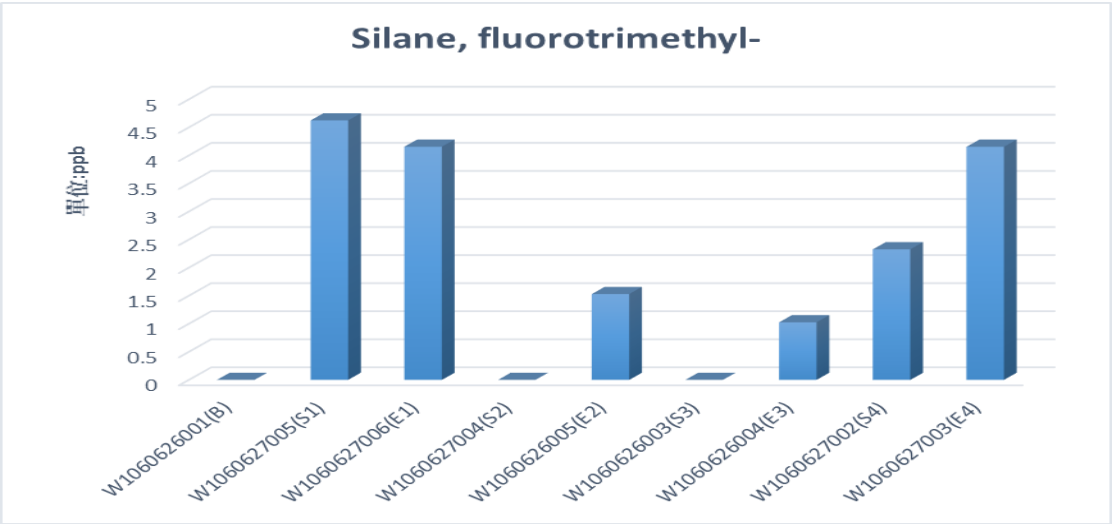


圖 5- 7、河川水及 Sources(水樣)中 Silane, fluorotrimethyl-測試結果(第一次)

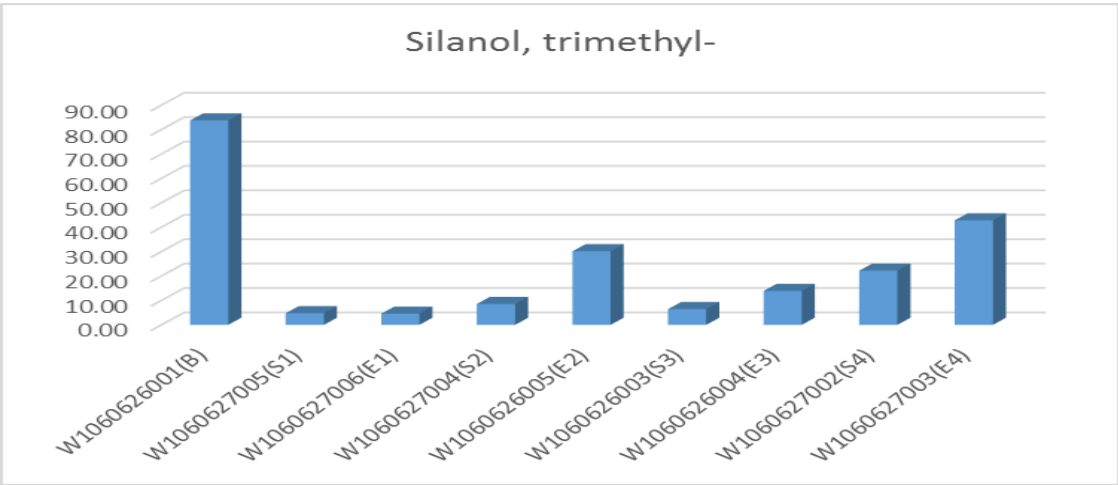


圖 5- 8、河川水及 Sources(水樣)中 Silanol, trimethyl-測試結果(第一次)

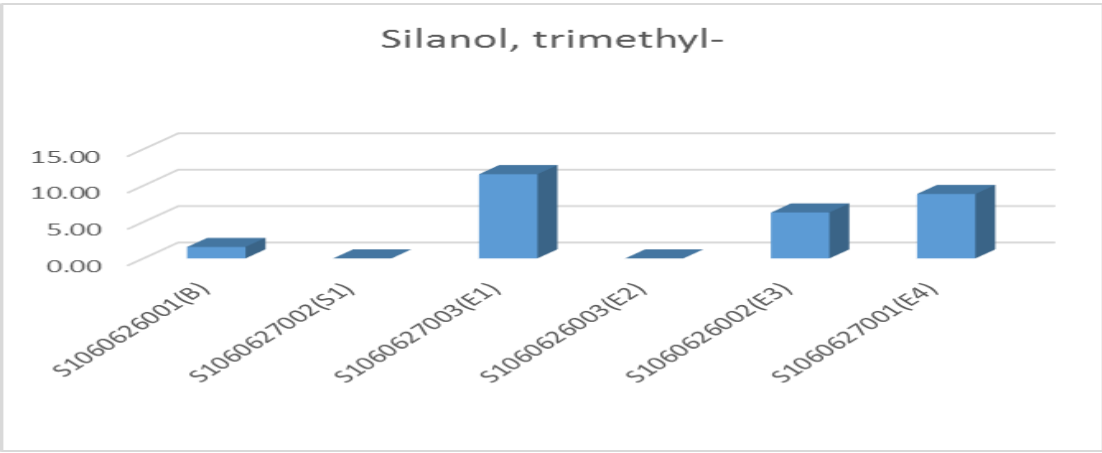


圖 5- 9、底泥中 Silanol, trimethyl-測試結果(第一次)

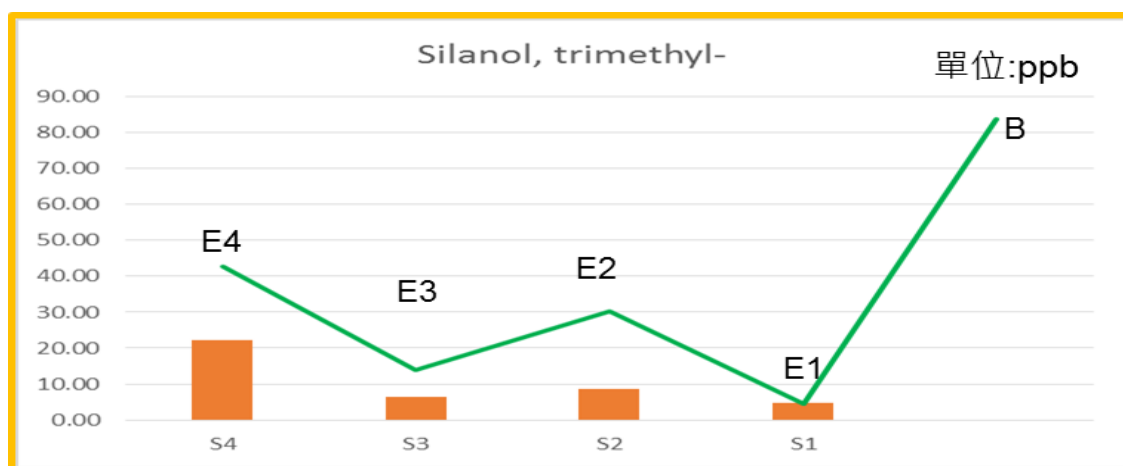


圖 5- 10、以 Sources(水樣)對客雅溪河川水貢獻量作圖(Silanol, trimethyl-)(第一次)

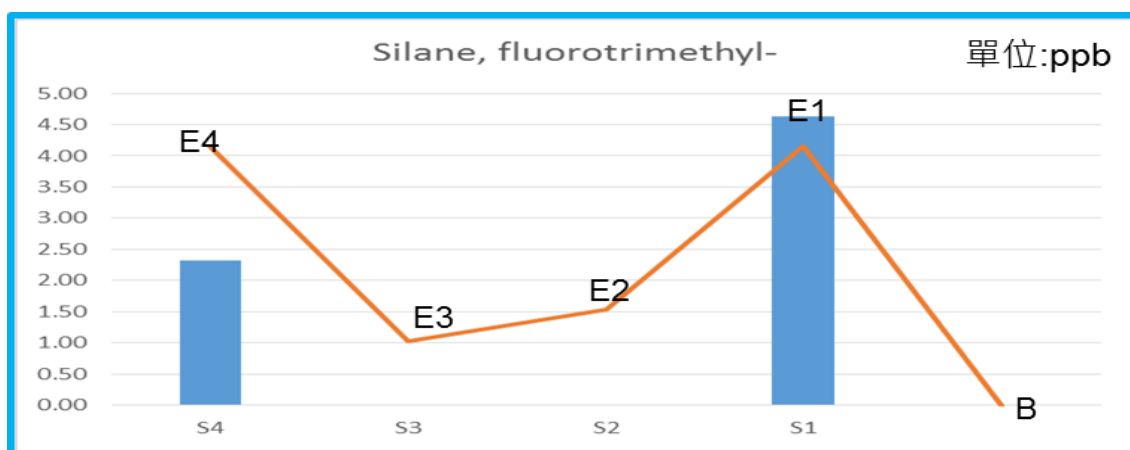


圖 5- 11、以 Sources(水樣)對客雅溪河川水貢獻量作圖(Silane, fluorotrimethyl-)(第一次)

■ 半揮發性有機物

客雅溪河川水及 Sources(水樣)的半揮發性有機物檢測結果如表 5- 7，底泥中的半揮發性有機物檢測結果如表 5- 8，由表 5- 7、表 5- 8 顯示在園區放流口(S1)和南大路 672 巷 (E1)的水樣和底泥皆有檢測出 Quinoxaline, 1,2,3,4-tetrahydro-2,3-bis(tetrahydro-2-furyl)-、1,3,4-Thiadiazol-2-amine, 5-(pentylthio)- derivatives，其中 Quinoxaline 是生醫材料可作為抗菌活性與慢性代謝性疾病治療的藥物。而中山橋(生活污水)及中山橋處底泥中有檢測出 Caffeine、n-Hexadecanoic acid、Octadecanoic acid 等居家用的咖啡因和化

妝品中的硬脂酸與食用油中的棕櫚酸等特徵指標物。

■ PPCP&PFCs

客雅溪河川水及 Sources(水樣)的 PPCP&PFCs 檢測結果如表 5-9，由表 5-9 顯示有檢測到 Caffeine(咖啡因)、Lincomycin(抗生素)、Acetaminophen(止痛藥)和 PFCs 等特徵指標物，其中 Caffeine(咖啡因) 特徵指標物在表 5-7、表 5-8 的半揮發性有機物檢測中也有測試到，顯示由不同檢測工具檢測結果是一致的。

■ 水溶性有機物-LC/Q-TOFMS

客雅溪河川水及 Sources(水樣)中的水溶性有機物檢測結果如圖 5-12，底泥中的水溶性有機物檢測結果如圖 5-13，由圖 5-12 顯示河川水及 Sources(水樣)中的水溶性有機物有 1H-Imidazole-2-sulfonamide、2,2-Diethoxyethanamine 的化合物，而由圖 5-13 顯示底泥中的水溶性有機物有 abietan-18-amine、N-Octyldecylamine、N-Ethylandrostan-3-amine、A(C₂H₄O)_nB(界面活性劑類)等有機物。

表 5- 7、河川水及 Sources(水樣)中半揮發性有機物檢測結果(第一次)

採樣位置	樣品編號	半揮發性有機物
青草湖(鳳凰橋)(B)	W1060626001	1-Butene, 3,3-dimethyl-、1-Pentene, 3,3-dimethyl-
園區放流口匯入南門溪處(放流水)(S1)	W1060627005	Quinoxaline, 1,2,3,4-tetrahydro-2,3-bis(tetrahydro-2-furyl)-、1,3,4-Thiadiazol-2-amine, 5-(pentylthio)- derivatives
南大路 672 巷(河川水)(E1)	W1060627006	Quinoxaline, 1,2,3,4-tetrahydro-2,3-bis(tetrahydro-2-furyl)-、1,3,4-Thiadiazol-2-amine, 5-(pentylthio)- derivative
客雅溪中山橋(生活污水)(S2)	W1060627004	Ethanol, 2-(2-butoxyethoxy)-、Benzeneacetaldehyde、C12~C14 acid、Cyclic octaatomic sulfur、 Caffeine 、p-tert-Amyl phenoxy ethanol、 n-Hexadecanoic acid 、Cyclic octaatomic sulfur、9-Octadecenoic acid, (E)- & isomer、 Octadecanoic acid 、2,6,10,14,18-Pentamethyl-2,6,10,14,18-eicosapentaene、Bis(2-ethylhexyl) phthalate
客雅溪中山橋(河川水)(E2)	W1060626005	—
正隆紙廠(原廢水)(R1)	W1060626002	Oxirane, (chloromethyl)-、Propanoic acid、Hydrazine, 1,1-diethyl- + Propanoic acid, 2-methyl-、Butanoic acid、Butanoic acid, 3-methyl- + Pentanoic acid、Butanoic acid, 2-methyl-、Ethanol, 2-butoxy-、Pentanoic acid、2-Butenoic acid, 4-oxo-、Hexanoic acid、1-Hexanol, 2-ethyl-、Phenol, 4-methyl-、1,3-Dithiane + Methyl 2-(methylthio)acetate、Phenylethyl Alcohol、2-Cyclohexen-1-one, 3,5,5-trimethyl- + Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl-、Hexanoic acid, 2-ethyl-、Benzene, 1,2-dimethoxy- + 1-Cyclohexene-1-carboxylic acid、Benzoic Acid、Ethanol, 2-(2-butoxyethoxy)-、Cyclohexene, 3-methyl-6-(1-methylethylidene)-、Benzeneacetic acid、2,3-Benzofurandione + Salicylic Acid、Benzenepropanoic acid、2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyn-4,7-diol、Pyrrolid-2-one-5-methanol, N-methyl-, acetate(ester)、Benzoic acid, p-tert-butyl-、1,2-Phenylene diisothiocyanate derivatives、Diethyl Phthalate、Benzophenone、Diphenyl sulfone、Cyclic octaatomic sulfur
正隆紙廠放流口(放流水)(S3)	W1060626003	Pyridine, 3-butyl-, 1-oxide + 2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyn-4,7-diol、Quinoxaline, 1,2,3,4-tetrahydro-2,3-bis(tetrahydro-2-furyl)- derivatives、Quinazoline, 8-methoxy- + 1H-Indene, 5-hexyl-2,3-dihydro-
正隆紙廠放流口匯入客雅溪(河川水)(E3)	W1060626004	—
華夏玻璃(原廢水)(R2)	W1060627001	2-Nonenal, (E)-、2-Hydroxypyridine、1,2,5-Trithiepane derivatives、3-Decene, 2,2-dimethyl-, & isomer、3-Heptene, 4-methyl- & isomer、2-Cyclopenten-1-one, 2-hydroxy-3-methyl-、3-Undecene, 5-methyl- & isomer、Undecanedioic acid, dimethyl ester、2-Propenoic acid, 2-methyl-, pentyl ester + 3-Tridecene, (Z)-、Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-, methyl ester + 2-Pentenal, 2-ethyl- derivatives、2-Propenoic acid, 2-methyl-, pentyl ester + Butanoic acid, 2-ethyl-、6-Tridecanol isomer、Methyl 2-hydroxydodecanoate + Bicyclo[3.1.1]heptan-3-one, 2,6,6-trimethyl-, (1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)-、Cyclopropanecarboxylic acid, butyl ester、1,2,5,6-Tetrathiocyclooctane、1,2,4-Trithiolane, 3,5-bis(1-methylethyl)- + Thiourea, N-(2-methylpropyl)-N'-phenyl-、Pentadecane、1,2-Phenylene diisothiocyanate derivatives、Hexadecane、Phenol, 4-(1,1-dimethylpropyl)-、1-Docosanol、Heptadecane、Dodecane, 2,6,10-trimethyl-、Nonadecane & isomer、Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-、E-11,13-Dimethyl-12-tetradecen-1-ol acetate、1,3-Dioxolane, 2-(4-methoxyphenyl)-2-methyl-、Eicosane & isomer、Oxirane,

		tetradecyl-、Pentadecane, 8-hexyl-、Heptadecane, 2,6,10,15-tetramethyl-、Cyclic octaatomic sulfur、E-15-Heptadecenal、Nonadecane, 1-chloro-、4-Methyldocosane、Nonahexacontanoic acid、Pentacosane & isomer、5H-Tribenzo[a,f,k]trindene, 10,15-dihydro- + Cyclopropane-1,1-diphosphonic acid, 2-methylene-, diethyl ester、Dotriacontane & isomer
華夏玻璃放流口(放流水)(S4)	W1060627002	2-Nonenal, (E)-、2-Hydroxypyridine、1,2,5-Trithiepane derivatives、3-Decene, 2,2-dimethyl-, & isomer、3-Heptene, 4-methyl- & isomer、2-Cyclopenten-1-one, 2-hydroxy-3-methyl-、3-Undecene, 5-methyl- & isomer、Undecanedioic acid, dimethyl ester、2-Propenoic acid, 2-methyl-, pentyl ester + 3-Tridecene, (Z)-、Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-, methyl ester + 2-Pentenal, 2-ethyl- derivatives、2-Propenoic acid, 2-methyl-, pentyl ester + Butanoic acid, 2-ethyl-、6-Tridecanol isomer、Methyl 2-hydroxydodecanoate + Bicyclo[3.1.1]heptan-3-one, 2,6,6-trimethyl-, (1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)-、Cyclopropanecarboxylic acid, butyl ester、1,2,5,6-Tetrathiocyclooctane、1,2,4-Trithiolane, 3,5-bis(1-methylethyl)- + Thiourea, N-(2-methylpropyl)-N'-phenyl-、Pentadecane、1,2-Phenylene diisothiocyanate derivatives、Hexadecane、Phenol, 4-(1,1-dimethylpropyl)-、1-Docosanol、Heptadecane、Dodecane, 2,6,10-trimethyl-、Nonadecane & isomer、Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-、E-11,13-Dimethyl-12-tetradecen-1-ol acetate、1,3-Dioxolane, 2-(4-methoxyphenyl)-2-methyl-、Eicosane & isomer、Oxirane, tetradecyl-、Pentadecane, 8-hexyl-、Heptadecane, 2,6,10,15-tetramethyl-、Cyclic octaatomic sulfur、E-15-Heptadecenal、Nonadecane, 1-chloro-、4-Methyldocosane、Nonahexacontanoic acid、Pentacosane & isomer、5H-Tribenzo[a,f,k]trindene, 10,15-dihydro- + Cyclopropane-1,1-diphosphonic acid, 2-methylene-, diethyl ester、Dotriacontane & isomer
油車溝匯入客雅溪段(河川水)(E4)	W1060627003	—

表 5-8、底泥中半揮發性有機物檢測結果(第一次)

採樣位置	樣品編號	半揮發性有機物
青草湖(鳳凰橋)(B)	W1060626001	1-Butene, 3,3-dimethyl-、1-Pentene, 3,3-dimethyl-
園區放流口匯入南門溪處(放流水)(S1)	W1060627005	Quinoxaline, 1,2,3,4-tetrahydro-2,3-bis(tetrahydro-2-furyl)-、1,3,4-Thiadiazol-2-amine, 5-(pentylthio)- derivatives
南大路 672 巷(河川水)(E1)	W1060627006	Quinoxaline, 1,2,3,4-tetrahydro-2,3-bis(tetrahydro-2-furyl)-、1,3,4-Thiadiazol-2-amine, 5-(pentylthio)- derivative
客雅溪中山橋(生活污水)(S2)	W1060627004	Ethanol, 2-(2-butoxyethoxy)-、Benzeneacetaldehyde、C12~C14 acid、Cyclic octaatomic sulfur、 Caffeine 、p-tert-Amyl phenoxy ethanol、 n-Hexadecanoic acid 、Cyclic octaatomic sulfur、9-Octadecenoic acid, (E)- & isomer、 Octadecanoic acid 、2,6,10,14,18-Pentamethyl-2,6,10,14,18-eicosapentaene、Bis(2-ethylhexyl) phthalate
客雅溪中山橋(河川水)(E2)	W1060626005	—
正隆紙廠放流口匯入客雅溪(河川水)(E3)	W1060626004	—
油車溝匯入客雅溪段(河川水)(E4)	W1060627003	—

表 5- 9、河川水及 Sources(水樣)中 PPCP&PFC 檢測結果

單位: ug/L	Compound Name	青草湖(鳳凰橋)(B)	正隆紙廠原廢水(R1)	正隆紙廠放流口(S3)	正隆紙廠放流口匯入客雅溪(E3)	客雅溪中山橋(E2)	華夏玻璃原廢水(R2)	華夏玻璃放流口(S4)	油車溝匯入客雅溪(E4)	客雅溪中山橋生活污水(S2)	園區放流口匯入南門溪處(S1)	南大路672巷(E1)
3	Acetaminophen		9.40				17.95	26.24		3.73		
4	Sulfadiazine						0.96	0.85				
13	Lincomycin						22.49	28.98				
17	Caffeine	0.92		0.23	2.19	3.18	0.40	5.31	2.33	16.38	2.55	1.42
19	PFBA	0.19	0.30	0.20	0.44	0.44	0.25	0.31	0.28		0.73	0.73
2	Sulfamethoxazole									0.24		
22	Sulfamonomethoxine						1.28	1.60				
3	Clindamycin						0.16	0.43				
31	PFPeA				0.13	0.19					0.14	0.15
32	PFBS	0.54	0.66	0.63	0.46	0.52	0.36	0.38	0.24		0.58	0.68
37	PFHxA	0.12			0.83	0.73		0.29	0.68		0.13	0.11
4	PFHpA	0.19			0.89	0.88			0.48		0.53	0.54
41	PFHxSK	0.24					0.36	0.26				
45	PFOA	0.20										
47	PFOS	0.74			0.63	0.51	0.80				0.50	0.56
49	8:2FTS				0.21							
53	PFUdA	0.39			0.17		0.68		0.68		0.76	0.40
	單位: ug/L		>0.5	<1								
			>1									

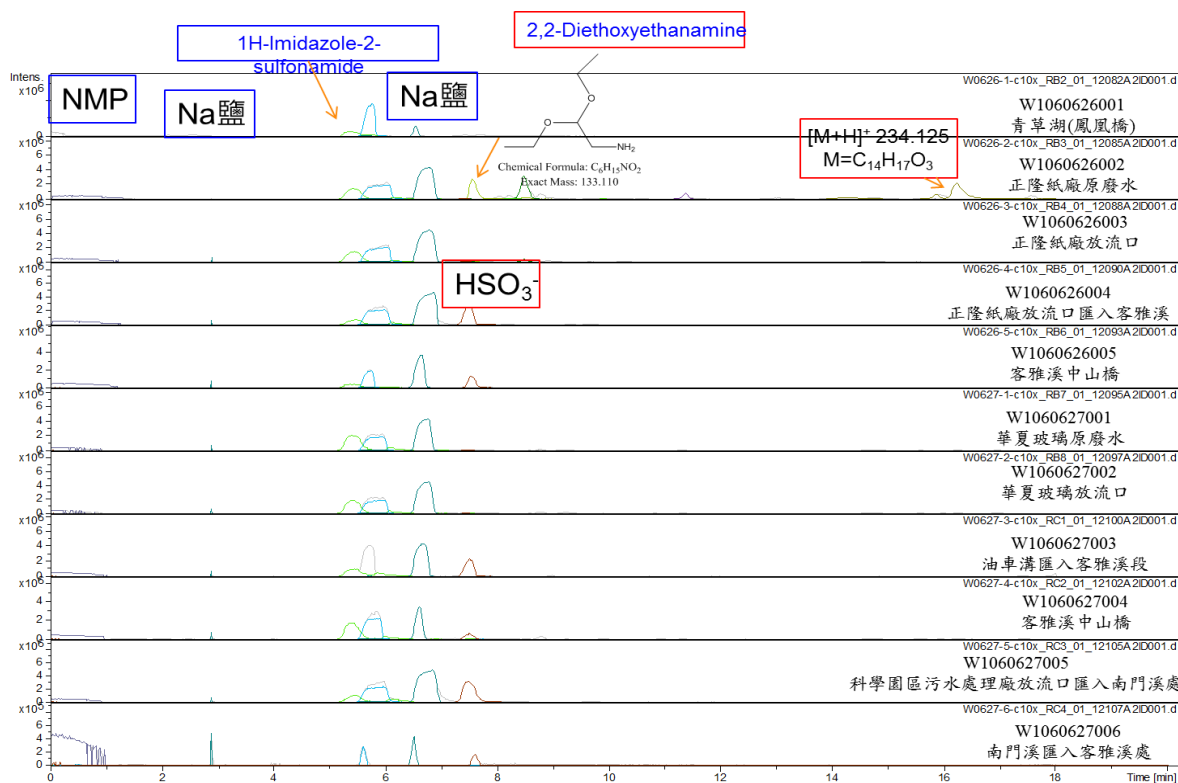


圖 5- 12、河川水及 Sources(水樣)中水溶性有機物 LC/Q-TOFMS 層析圖

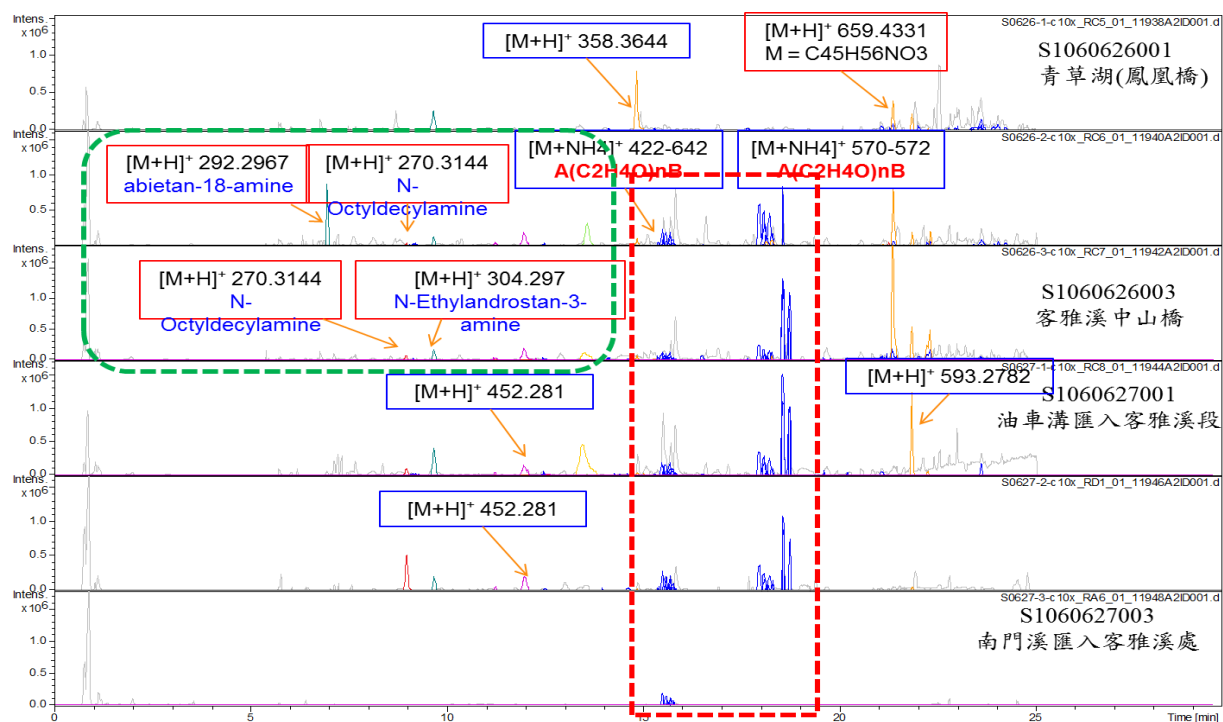


圖 5- 13、底泥中水溶性有機物 LC/Q-TOFMS 層析圖

■ 陰陽離子

客雅溪河川水及 Sources(水樣)中的陰陽離子檢測結果如表 5- 10，由表 5- 10 顯示正隆紙廠放流水(S3)的 Br⁻(溴離子)濃度遠高於其他採樣點，經由查看廢清書並未發現使用含溴物質，但有使用陰離子高分子，推測可能為含溴來源。F⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、PO₄³⁻、Na⁺、K⁺、NH₄⁺、Ca²⁺的濃度，有由園區放流水往下游遞減趨勢(如圖 5- 14)。第二次採樣之陰陽離子檢測結果也和第一次的結果趨勢一致，但第三次採樣之陰陽離子檢測結果變異性較大，和第一次及第二次的檢測結果趨勢不太一致，顯示客雅溪河川水及 Sources(水樣)的陰陽離子在豐水期的濃度變異較小往下游遞減趨勢一致，但枯水期的濃度與豐水期的濃度差異較大，往下游遞減趨勢呈非線性現象，詳細檢測資料如附件二。

表 5- 10、河川水及 Sources(水樣)中的陰陽離子檢測結果(第一次)

半定量值 (mg/L) 檢測項目	華夏玻璃 油車溝環 境水樣 (E4)	華夏玻璃 放流水 (S4)	正隆紙廠 環境水樣 (E3)	正隆紙廠 放流水 (S3)	中山橋環 境水樣 (E2)	中山橋生 活污水 (S2)	南大路 672 巷環 境水樣 (E1)	園區放流 口(S1)	青草湖(鳳 凰橋)(B)
F ⁻	2.69	1.24	4.35	—	5.03	0.11	8.2	8.89	0.224
CH ₃ COO ⁻	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BrO ₃ ⁻	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cl ⁻	343	141	511	194	527	45.5	900	940	29.3
NO ₂ ⁻	2.29	—	2.27	1.57	1.4	—	1.15	1.11	0.922
Br ⁻	0.684	0.154	0.903	5.46	1.04	—	1.57	1.71	0.108
NO ₃ ⁻	17.5	—	24.4	0.517	22.4	—	46.3	30.9	5.65
SO ₄ ²⁻	296	369	413	558	420	41.5	719	750	103
PO ₄ ³⁻	21.2	—	33.7	—	37.3	1.69	58.7	60.5	—
Li ⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na ⁺	271	226	389	236	412	48.6	695	703	35
NH ₄ ⁺	12.6	0.385	17.2	1.77	21.2	11.8	30.4	37	0.298
MEA	—	—	—	—	—	—	—	—	—
K ⁺	9.63	6	11.1	4.56	11.5	6.85	15.6	15.8	8.51
TMAH	—	—	—	—	—	—	—	3.15	—
Mg ²⁺	13	23.4	15	21.4	14.7	9.18	12.3	12.9	19.9
Ca ²⁺	97.5	49.9	112	219	118	40.6	163	168	76.9

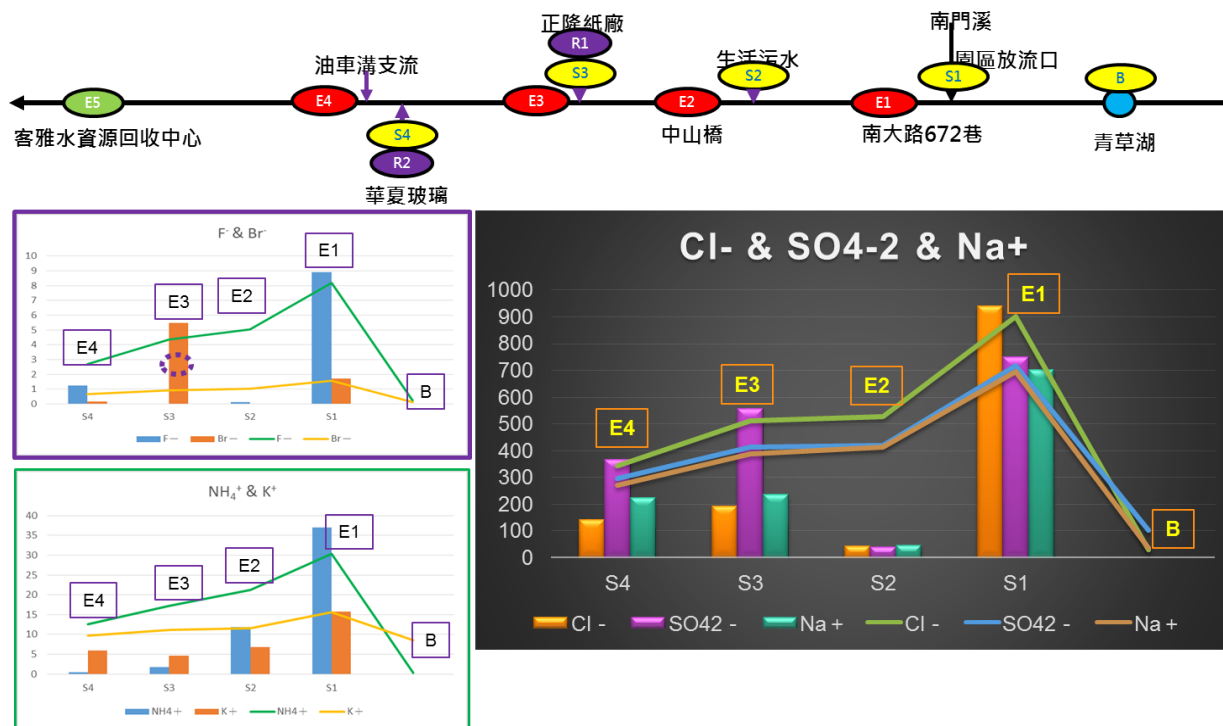


圖 5- 14、客雅溪河川水及 Sources(水樣)中陰陽離子濃度分佈趨勢

■ 金屬元素

客雅溪河川水及 Sources(水樣)中金屬/元素檢測結果如附件二，圖 5- 15 是河川水及 Sources(水樣)中金屬/元素檢測彙整結果(第一次)，由圖 5- 15 顯示正隆紙廠原廢水(R1)及正隆紙廠放流水(S3)含有較高濃度的溴，此結果與陰離子的測試結果一致，華夏玻璃原廢水(R2)及華夏玻璃放流水(S4)含有較高的錫、鉬，查詢其原因為製造玻璃時，是將玻璃熔液倒進一缸高溫融化的錫內，在脫膜時玻璃表面會沾覆錫，經後續浸酸、水洗過程，會流入廢水處理系統，造成原廢水及放流水含有錫的情形。圖 5- 16 是客雅溪河川水及 Sources(水樣)中金屬/元素濃度分佈趨勢，由圖 5- 16 顯示砷、鉍、銅、鎳、鉬、銻、汞、鉀、鎳、磷、鈦、鎢等金屬濃度有由園區放流水往下游遞減趨勢，圖 5- 17 是客雅溪底泥中的金屬/元素檢測彙整結果(第一次)，由圖 5- 17 顯示客雅溪底泥中的鈦、銅、鎳、砷、銻、錫、鎢等金屬/元素濃度於正隆紙廠匯入客雅溪處突然升高現象。

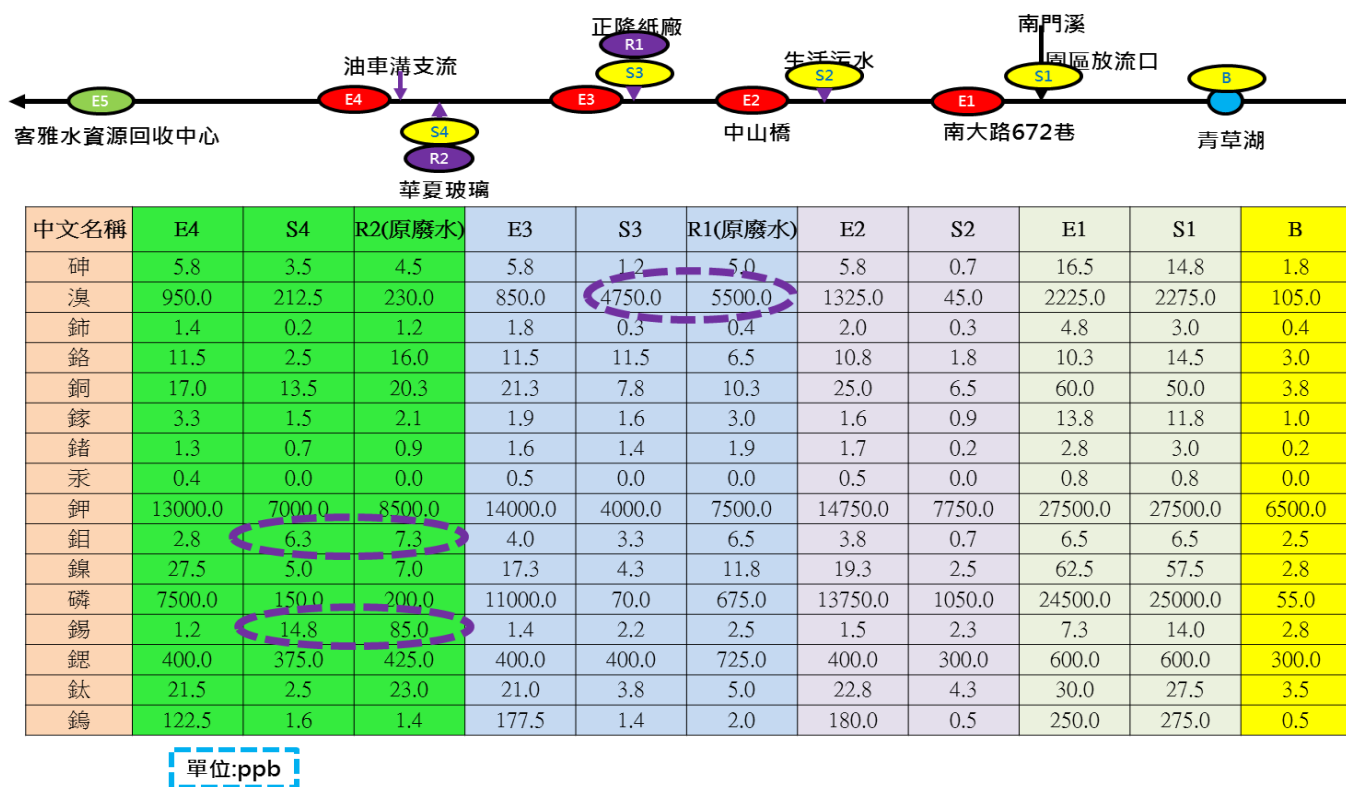


圖 5- 15、河川水及 Sources(水樣)中金屬/元素檢測彙整結果(第一次)

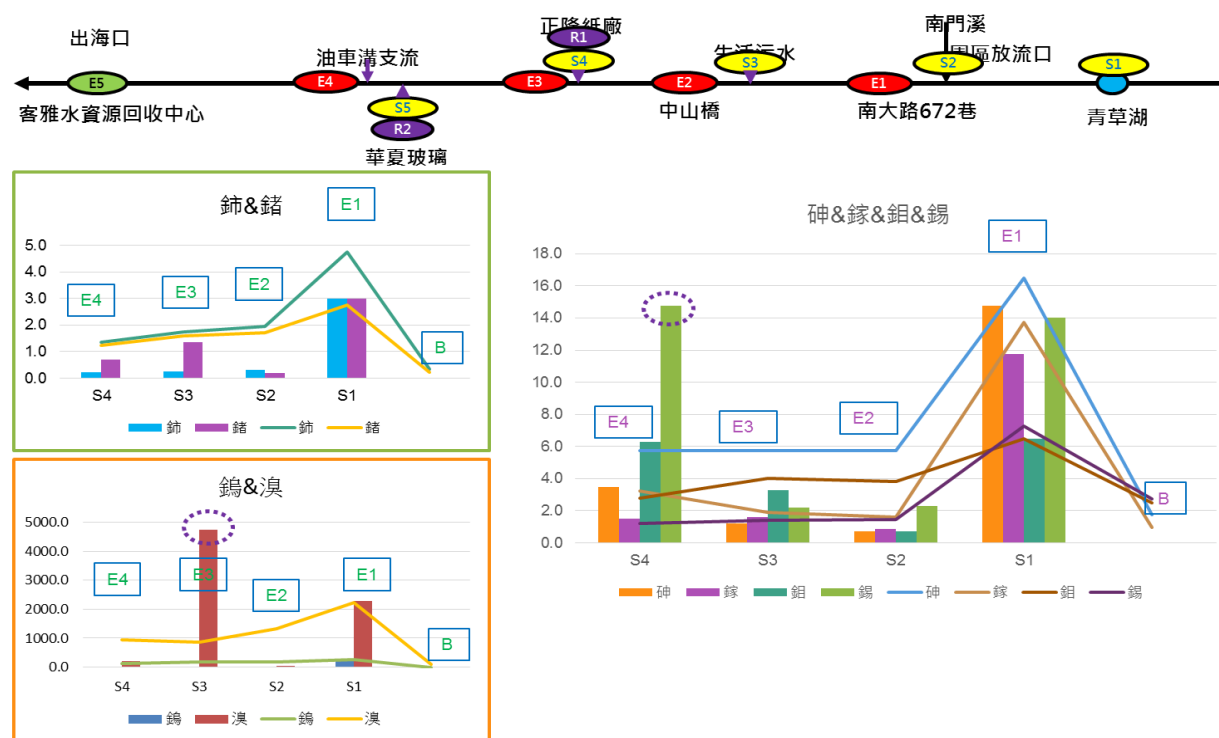


圖 5- 16、客雅溪河川水及 Sources(水樣)中金屬/元素濃度分佈趨勢(第一次)

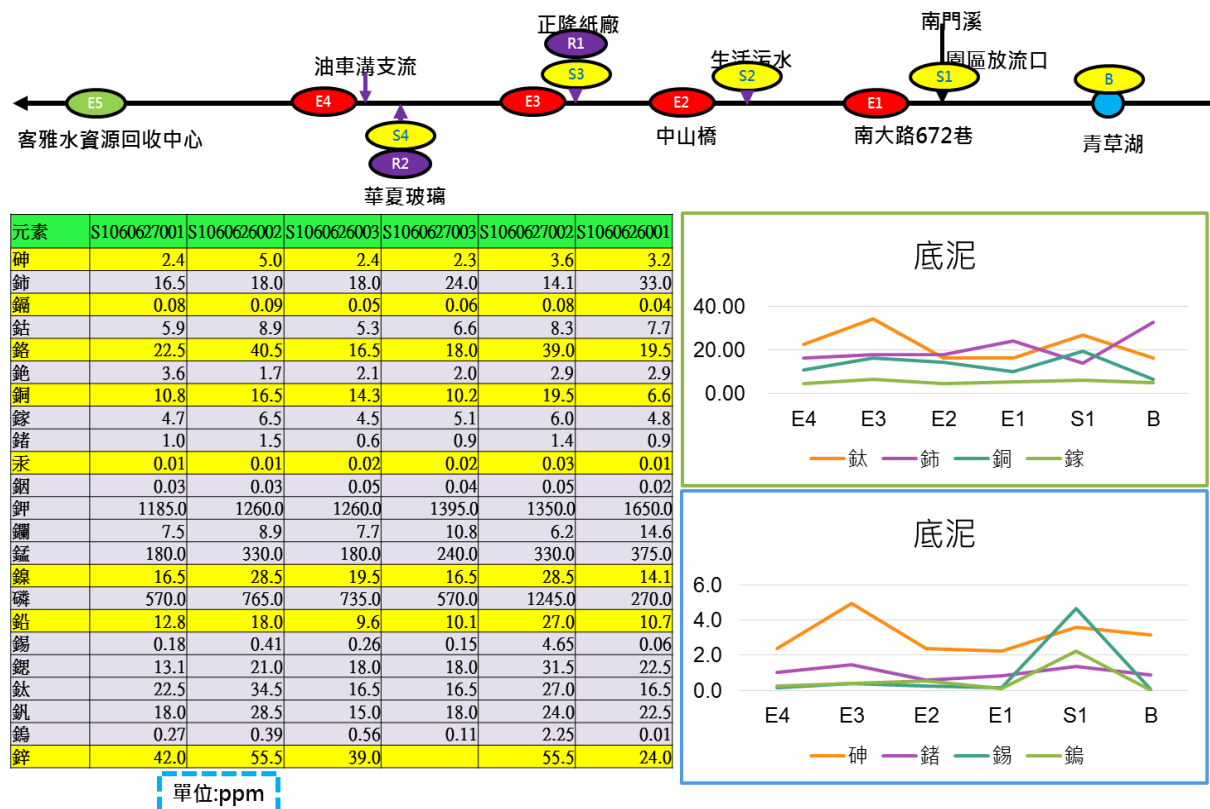
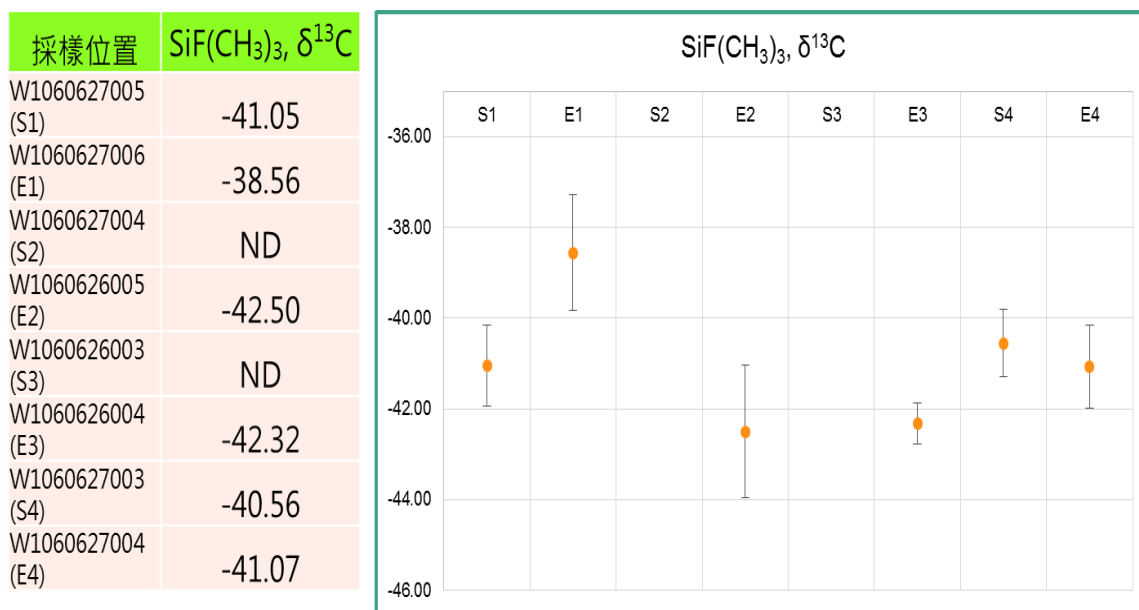


圖 5- 17、客雅溪底泥中金屬/元素檢測彙整結果(第一次)

5.1.2 同位素分析

■ GC/IRMS

客雅溪河川水及 Sources(水樣)中的 Silane, fluorotrimethyl- $\delta^{13}\text{C}$ 分析結果如圖 5- 18，由圖 5- 18 顯示在 2 倍標準偏差(SD)下除 E1 的 $\delta^{13}\text{C}$ 與 S1、S4 和 E2、E3、E4 的 $\delta^{13}\text{C}$ 有較大差異外，S1、S4 和 E2、E3、E4 的 $\delta^{13}\text{C}$ 並無明顯差異，至於 E1 的 $\delta^{13}\text{C}$ 為何差異較大，推究其原因為 Silane, fluorotrimethyl- 的沸點為 16-18 $^{\circ}\text{C}$ ，是屬於揮發性有機物，由於揮發會有 isotope fractionation 問題，所以造成 $\delta^{13}\text{C}$ 較大差異。

圖 5- 18、河川水及 Sources(水樣)中 Silane, fluorotrimethyl-的 $\delta^{13}\text{C}$ 分析結果

5.2 污染源貢獻度

本計畫針對客雅溪沿岸污染源貢獻度研究之推估模式是採用 USEPA CMB-8.2 分析軟體，污染源為 Sources(水樣)，主要 Sources 有科學園區放流水、中山橋生活污水、正隆紙廠放流水及華夏玻璃放流水，受體端為南大路 672 巷、中山橋、正隆紙廠及華夏玻璃匯入客雅溪處之河川水體，本模式是透過輸入污染源與受體量測結果，經過線性方程式與矩陣運算，反推各污染源對各受體之污染貢獻量，詳細推估模式與模擬結果說明如下：

■ 化學質量平衡模式模擬

化學質量平衡模式（Chemical mass balance model, CMB）是現今廣泛應用於空氣污染源鑑識上的受體模式。此受體模式為美國 EPA 公告推動並發展，藉由根據在污染源與受體處量測得到之氣狀物與粒狀物基本物理及化學原始資訊，進而計算與分析各污染源對受體的貢獻量得到定性與定量的結果。

本實驗選用 CMB-8.2 作為分析軟體。其主要透過輸入在污染源與受體處量測得到之

陰陽離子與金屬元素的原始數據，經過線性方程式與矩陣運算，來反推各污染源對各受體之污染貢獻量。

■ 模式基本原理

受體模式應用的前提假設為各受體點所接收到的污染物質總量為來自不同污染源的化學成分匯集混摻而成，亦即受體量測結果為各污染源所排放之化學成分濃度線性加總。故其分析結果的準確度及精確度與初始提供的數據完整性與正確性有極高程度關聯。原始數據選擇的依據係遵守質量守恆定律，亦即 CMB 軟體運算過程中的假設前提。此假設為污染源所排放之所有物種在移動或擴散至受體點接收的路徑過程中接符合質量守恆。。

假設某受體端(E)所接收得到來自 n 個污染源(S)個別化合物(Compound 1)質量貢獻量總和可表示為:

$$a_{11} \cdot S_{11} + a_{21} \cdot S_{21} + a_{31} \cdot S_{31} + \cdots + a_{n1} \cdot S_{n1} = E_{11} \quad \text{公式 X.1}$$

其中， E_{ij} 代表在 i 受體端所接到化合物 j 的質量;

S_{kj} 代表 k 污染源所排放之化合物 j 的質量於 k 污染源內所有化合物總排放質量加總之占比(因為係占比，故為無因次項);

a_{kj} 代表在 i 受體接收端中 k 污染源的貢獻比例程度(單位係質量)。

若共有 m 個受體端及 n 個污染源欲進行質量守恆計算分析，其運算過程可用矩陣來表示:

$$E = A \cdot S \quad \text{公式 X.2}$$

其中，E 為受體端化合物之 $m \times k$ 階濃度矩陣，m 為受體端總數，k 為欲分析化合物總數;S 為污染源化合物之 $n \times k$ 階濃度矩陣，n 為污染源總數;A 為來自污染源化合物貢獻

於受體端的貢獻比例係數 $m \times n$ 階。當已知式 X.2 中 E 及 S 矩陣中的值後，即可透過運算推估得到各貢獻比例係數。

■ 模式測試方法

如上述提及，CMB 功能主要應用於計算來自不同污染源所排放之化合物量對受體接收端的貢獻比例。根據公式 X.2 矩陣中的內容，可以了解到欲獲得貢獻比例，需要預先提供各污染源的化合物排放濃度及各受體接收端化合物量測值。亦即貢獻比例會依據初始提供之原始數據的選擇，導致最終不同結果判讀的呈現。故首先必須釐清污染源與受體兩者間的相互關係，進而作污染物質(化合物)的挑選。

但因實際上無法確切判定兩者間存在的關聯性，此時 CMB 軟體分析結果的判讀即相當重要。透過剖析運算結果與實際物理層面是否存在一致性解釋，驗證輸出結果之合理性，並針對不符合信賴區間或是物理層面的數據進行調整。藉由多次疊代過程，一一排除非相關係數，最終得到最接近實際面的貢獻比例。

在初始數據選擇至結果判讀的過程中，確認各階段模式運算及化合物的假設是否合理為必須步驟，同時亦可減少檢定結果產生不符合信賴區間的機率，進而提升 CMB 執行的效率與準確性。CMB-8.2 模式運算之假設須符合：

- (1.) 在固定採樣時間內，污染源所排放之化合物種類及濃度須維持固定。
- (2.) 各化合物間彼此沒有交互作用或反應發生。
- (3.) 污染源之總數需小於或等於化合物之總數。
- (4.) 各污染源彼此間組成狀況各自獨立且呈現線性關係。
- (5.) 分析結果若存在不確定性，其需具有獨立、隨機及常態分布等性質。

本實驗目標欲針對客雅溪於 2017 年 6、8 及 10 月間其來自於水源地、民生廢水及工

業排放廢水對河川本身所造成之影響，探究各污染來源對於河川上中下游的貢獻程度，藉此了解污染熱區與污染源之關聯性。原始資料庫的建立係根據上中下游各站選取具代表性之污染源作量測點，並於其下游不遠處設立受體接收端，亦即本實驗所選取之污染源及受體存在直接關聯，與目前 CMB 所普遍應用於空氣微粒污染的研究有較顯著差異。污染源自上游至下游，分別為青草湖(水源地)、科學園區、民生社區、正隆紙廠及華夏玻璃廠，其中作為質量守恆計算的化合物類別主要為水溶性離子及重金屬。本實驗因樣本數不足，故假設各樣品標準差為量測值的 0.2 倍，並以此數據進行 CMB 軟體運算(如圖 5-19)。

■ 模式模擬結果

將 6、8 及 10 月份依據客雅溪地理位置上中下游各污染源及受體接收端化合物濃度經 CMB 運算後，獲得之污染源對各受體貢獻度比例及計算準確度結果列於表 5-11。表 5-12 為客雅溪底泥污染採樣受體模式解析之污染源貢獻量結果表經標準化後的數據，由表 5-11、表 5-12 結果可清楚觀察到一明顯趨勢為化合物濃度會從上游之高濃度一致性地下降至下游之低濃度，無論月份皆如此呈現。根據此結果可推測隨地理位置逐漸接近出海口，各處匯流至客雅溪主流中的水流會稀釋來自上游污染源所排放之化合物濃度，亦即非來自選定污染源排放流之額外水流其所包含的化合物成分並未與選定者有明顯重疊，或是額外水流僅夾帶極低濃度之化合物成分，並不會對客雅溪主流造成顯著影響。第二個整體性趨勢為科學園區放流水為各受體接收端的最主要貢獻者，其貢獻量皆遠超過其他污染源(例如：正隆紙廠及華夏玻璃廠)，此結果同樣存在於不同月份。推測其原因可能為來自科學園區放流水其水量及所夾帶之化合物濃度皆遠大於下游之污染源，其影響程度甚至需於出海口處才有明顯減緩的效應。

根據模式測試方法，若欲得到合理之模擬結果，尚需針對個別化合物在污染源及受體端間的質量守恆計算量進行分析，判斷前後誤差是否符合假定之信賴區間。此階段將挑選出各受體端其殘差與未定量比(Residual/Uncertainty)大於絕對值 2 的化合物，其結果

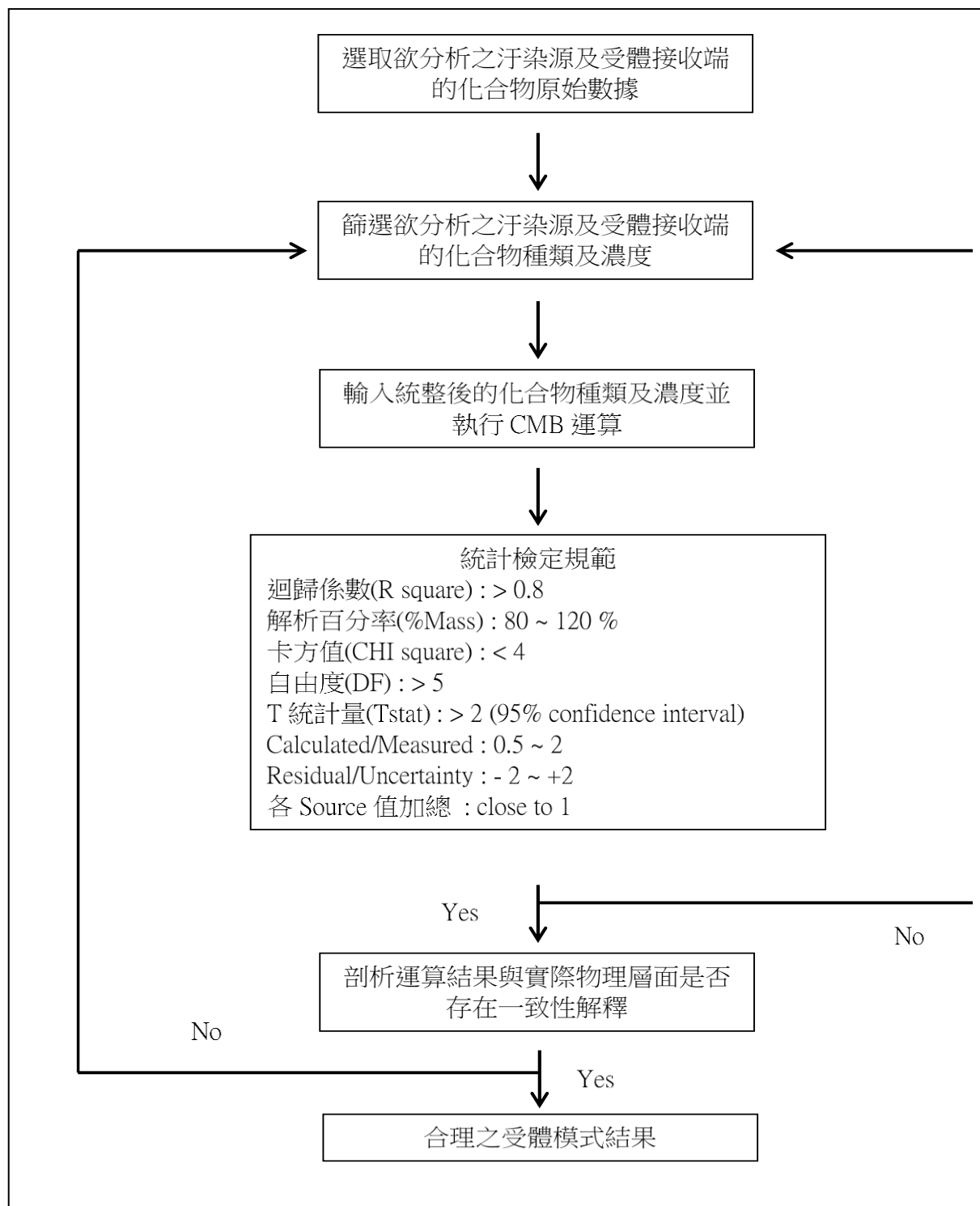


圖 5- 19、受體模式測試流程

列表於表 5- 13 中。從結果可觀察到少數重金屬在 6、8 及 10 月的運算結果皆呈現偏離質量守恆的現象，例如:鋇、鉍、錫及鉛。總體而言偏離者以重金屬為主體，離子部分僅鎂、硝酸根及銨鹽離子不符合預期。推測重金屬的來源可能並非由本實驗所選取之污染源所貢獻，需針對上述偏離者進行物理意義討論，並重新篩選欲分析的化合物種圖 5-20~圖 5-33 系列中呈現 6、8 及 10 月間經 CMB 運算後得到之各受體端化合物指紋圖譜，其中儘管離子種類數較少，但其在貢獻比例上大於重金屬，各化合物詳細濃度占比皆可由圖 5- 20~圖 5- 33 內容得到。

表 5- 11、客雅溪河川水體受體模式解析之污染源貢獻量結果

客雅溪河川水體受體模式解析之污染源貢獻量結果表									
日期	2017 年 6 月間				2017 年 8 月間				
受體名稱	南大路	中山橋	正隆紙廠	華夏玻璃	南大路	中山橋	正隆紙廠	華夏玻璃	出海口
濃度 (ppm)	3670.1	2216.1	2152.1	1625.2	2957.4	2184.9	2026.4	1995.5	2174.8
青草湖	0.8%	8.9%	2.6%	15.8%	0.6%	1.3%	2.3%	-0.6%	-0.6%
科學園區放流水	102.2%	82.8%	69.0%	73.0%	105.9%	103.4%	109.4%	95.1%	74.0%
中山橋生活污水	-	0.9%	4.3%	1.3%	-	2.6%	3.0%	7.9%	8.1%
正隆紙廠放流水	-	-	8.7%	10.0%	-	-	-0.6%	-1.6%	-1.5%
華夏玻璃放流水	-	-	-	-1.6%	-	-	-	6.7%	2.4%
殘差/未定量	-3.1%	7.5%	15.4%	1.4%	-6.5%	-7.3%	-14.1%	-7.5%	17.5%
解析百分率	103.1	92.5	84.6	98.6	106.5	107.3	114.1	107.5	82.5
迴歸係數	0.96	0.84	0.81	0.85	0.93	0.92	0.94	0.83	0.84
卡方誤差值	0.59	2.77	3.49	2.79	0.95	1.26	1.01	3.10	2.83
自由度	46	45	44	43	45	44	43	42	42

表 5- 11、客雅溪河川水體受體模式解析之污染源貢獻量結果(續)

客雅溪河川水體受體模式解析之污染源貢獻量結果表(續)					
日期	2017 年 10 月間				
受體名稱	南大路	中山橋	正隆紙廠	華夏玻璃	出海口
濃度 (ppm)	2840.7	2286.9	2319.8	2281.2	2272.5
青草湖	0.6%	1.6%	0.3%	1.0%	4.7%
科學園區放流水	94.1%	116.8%	92.4%	101.0%	98.8%
中山橋生活污水	-	-1.0%	3.8%	3.9%	2.3%
正隆紙廠放流水	-	-	-0.7%	-1.5%	0.5%
華夏玻璃放流水	-	-	-	0.1%	-2.2%
殘差/未定量	5.4%	-17.4%	4.2%	-4.4%	-4.1%
解析百分率	94.6	117.4	95.8	104.4	104.1
迴歸係數	0.88	0.88	0.90	0.87	0.90
卡方誤差值	1.73	1.72	1.66	2.20	1.65
自由度	41	40	39	38	38

表 5- 12、客雅溪底河川水體受體模式解析之污染源貢獻量結果表(標準化後的數據)

客雅溪河川水體受體模式解析之污染源貢獻量結果表									
日期	2017 年 6 月間				2017 年 8 月間				
受體名稱	南大路	中山橋	正隆紙廠	華夏玻璃	南大路	中山橋	正隆紙廠	華夏玻璃	出海口
濃度 (ppm)	3670.1	2216.1	2152.1	1625.2	2957.4	2184.9	2026.4	1995.5	2174.8
青草湖	0.8%	9.6%	3.1%	16.0%	0.6%	1.2%	2.0%	-0.6%	-0.7%
科學園區放流水	99.1%	89.5%	81.6%	74.0%	99.4%	96.4%	95.9%	88.5%	89.7%
中山橋生活污水	-	1.0%	5.1%	1.3%	-	2.4%	2.6%	7.3%	9.8%
正隆紙廠放流水	-	-	10.3%	10.1%	-	-	-0.5%	-1.5%	-1.8%
華夏玻璃放流水	-	-	-	-1.6%	-	-	-	6.2%	2.9%
標準化百分率	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

表 5- 12、客雅溪河川水體受體模式解析之污染源貢獻量結果表(標準化後的數據)(續)

客雅溪河川水體受體模式解析之污染源貢獻量結果表(續)					
日期	2017 年 10 月間				
受體名稱	南大路	中山橋	正隆紙廠	華夏玻璃	出海口
濃度 (ppm)	2840.7	2286.9	2319.8	2281.2	2272.5
青草湖	0.6%	1.4%	0.3%	1.0%	4.5%
科學園區放流水	99.5%	99.5%	96.5%	96.7%	94.9%
中山橋生活污水	-	-0.9%	4.0%	3.7%	2.2%
正隆紙廠放流水	-	-	-0.7%	-1.4%	0.5%
華夏玻璃放流水	-	-	-	0.1%	-2.1%
標準化百分率	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

表 5- 13、客雅溪河川水體受體模式解析之化合物質量守恆計算偏差較大者列表

客雅溪河川水體受體模式解析之化合物質量守恆計算偏差較大者列表																				
受體 名稱	南大路				中山橋				正隆紙廠				華夏玻璃				出海口			
2017 年 6 月間	Al	B	Ba	Cs	Al	B	Ba	Cs	Al	B	Ba	Cs	Al	B	Ba	Cs				
	Ga	I	La	NO ₃ ⁻	Ga	I	La	NO ₃ ⁻	Ga	I	La	NO ₃ ⁻	Ga	I	La	NO ₃ ⁻				
	Pb	Pr	Se	Sn	Pb	Pr	Se	Sn	Pb	Pr	Se	Sn	Pb	Pr	Se	Sn				
	Zr				Zr				Zr				Zr							
2017 年 8 月間	Ag	Ba	Br	Ce	Ag	Ba	Br	Ce	Ag	Ba	Br	Ce	Ag	Ba	Br	Ce	Ag	Ba	Br	Ce
	Cs	Fe	Ga	Mg	Cs	Fe	Ga	Mg	Cs	Fe	Ga	Mg	Cs	Fe	Ga	Mg	Cs	Fe	Ga	Mg
	Mg ²⁺	Mn	Pb	Sb	Mg ²⁺	Mn	Pb	Sb	Mg ²⁺	Mn	Pb	Sb	Mg ²⁺	Mn	Pb	Sb	Mg ²⁺	Mn	Pb	Sb
	Sn	V	Zr		Sn	V	Zr		Sn	V	Zr		Sn	V	Zr		Sn	V	Zr	
2017 年 10 月 間	Al	As	Cs	Mn	Al	As	Cs	Mn	Al	As	Cs	Mn	Al	As	Cs	Mn	Al	As	Cs	Mn
	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Sb	Sn	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Sb	Sn	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Sb	Sn	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Sb	Sn	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Sb	Sn
	V	Zn	Zr		V	Zn	Zr		V	Zn	Zr		V	Zn	Zr		V	Zn	Zr	

附註：化合物格子底色為空白者代表在質量守恆計算過程中存在較大偏差

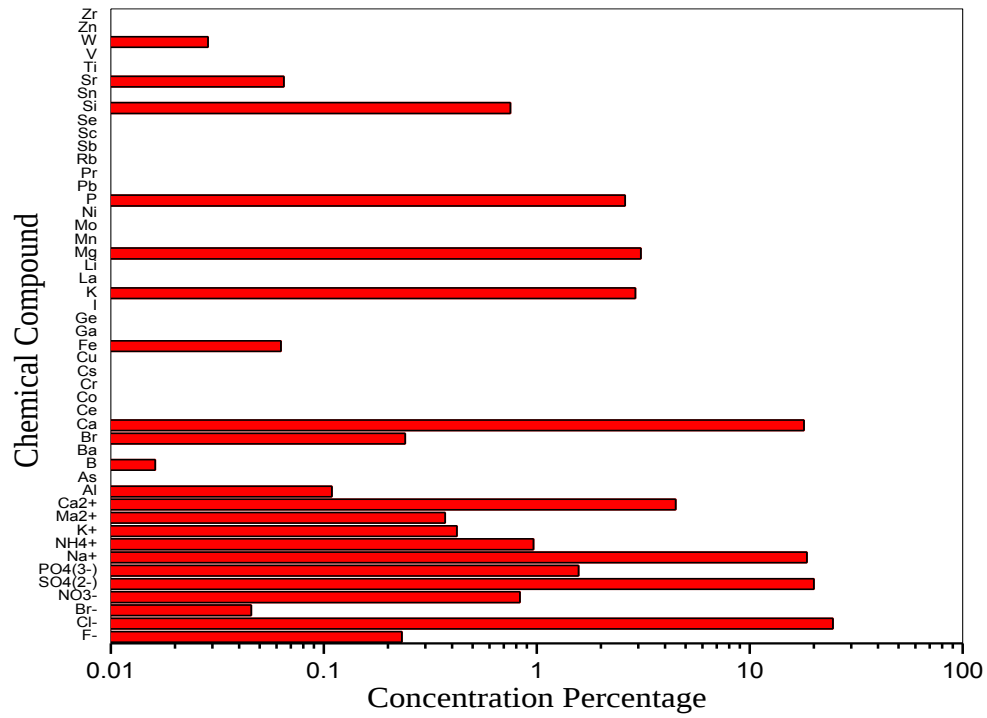


圖 5- 20、六月份南大路受體端之指紋圖譜

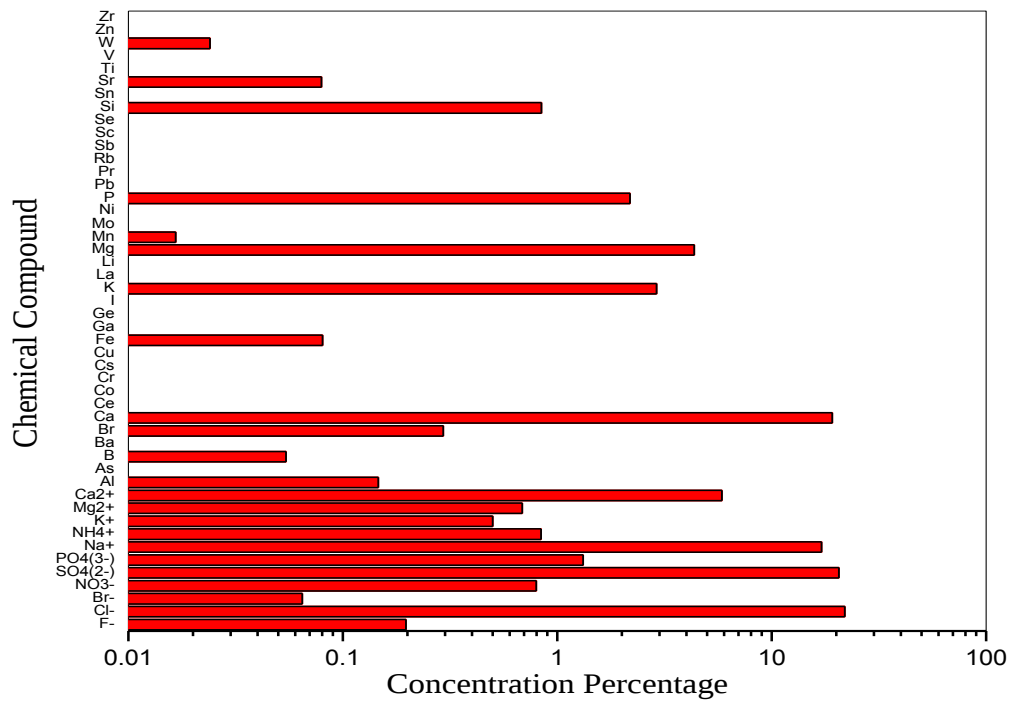


圖 5- 21、六月份中山橋受體端之指紋圖譜

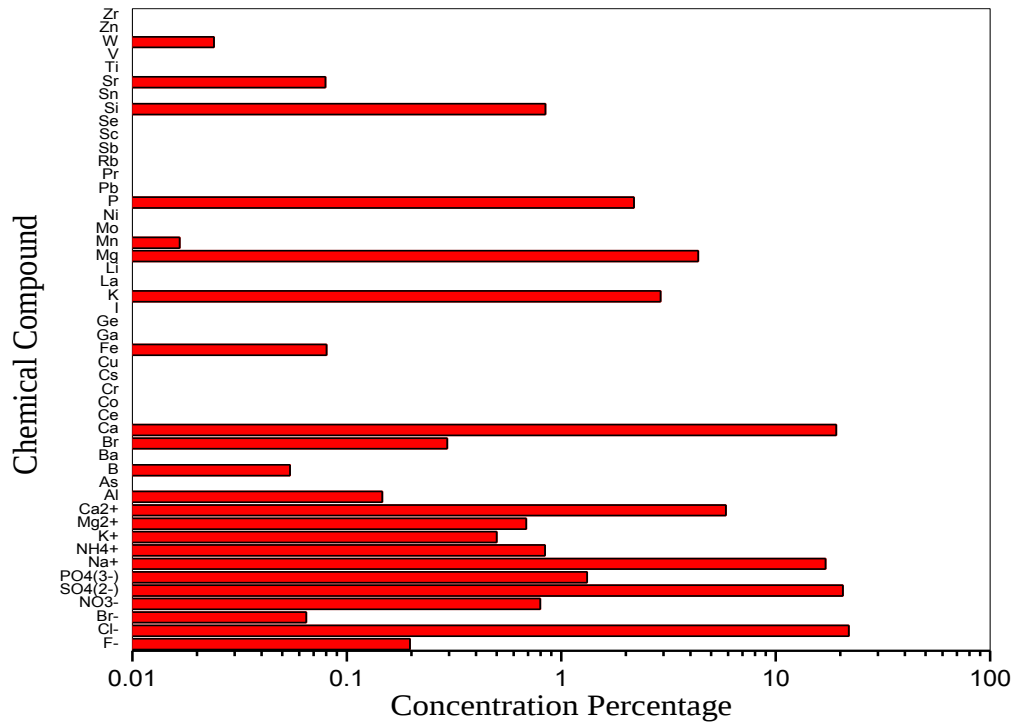


圖 5- 22、六月份正隆紙廠受體端之指紋圖譜

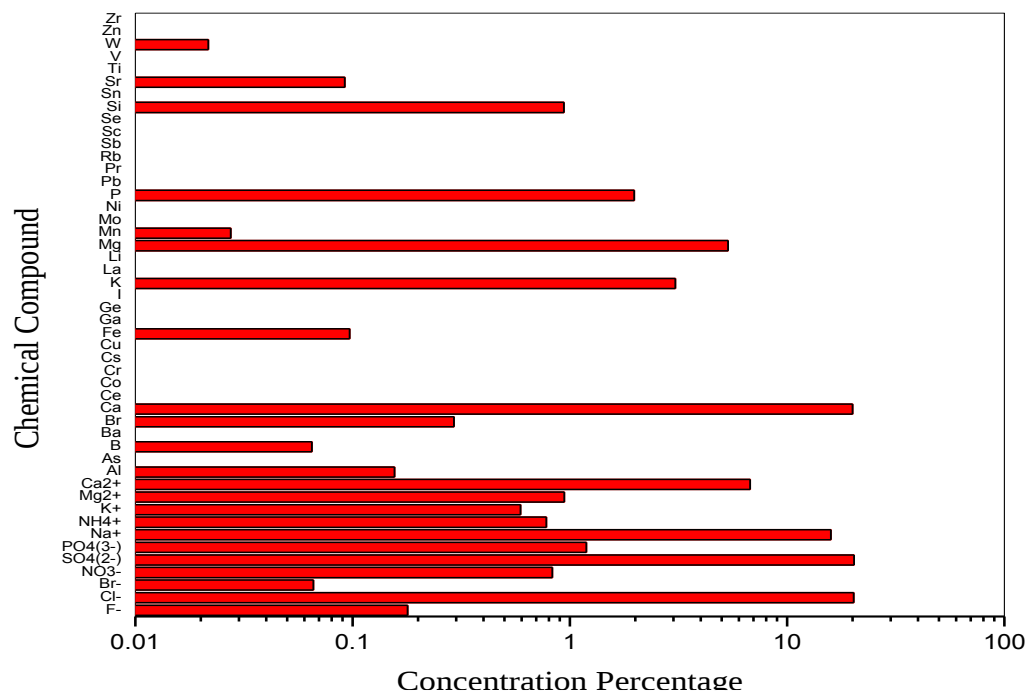


圖 5- 23、六月份華夏玻璃廠受體端之指紋圖譜

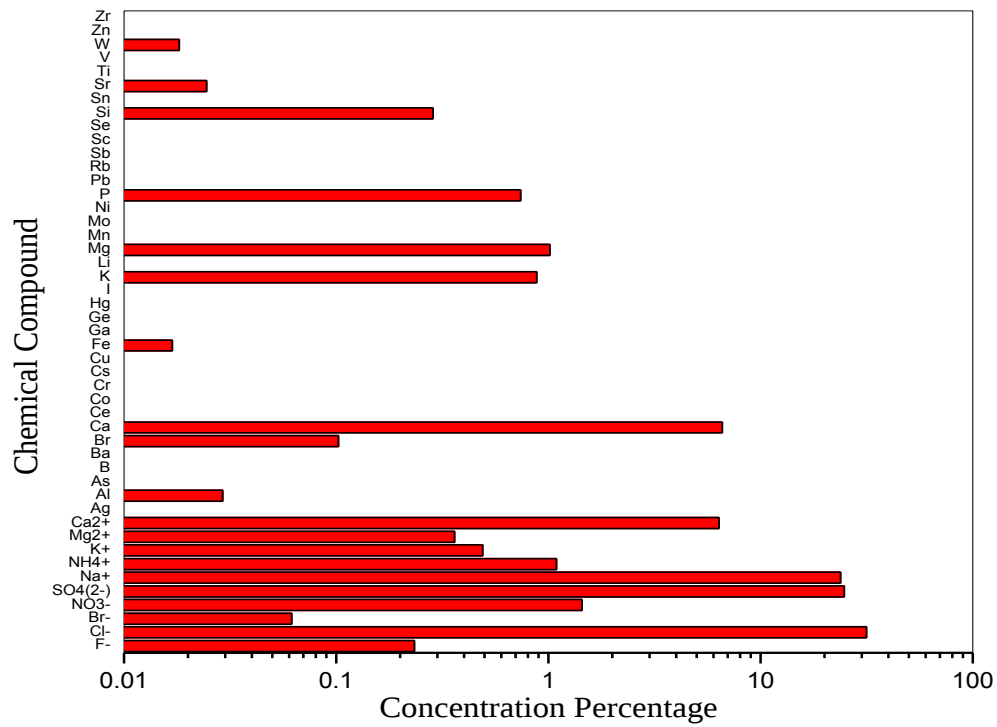


圖 5- 24、八月份南大路受體端之指紋圖譜

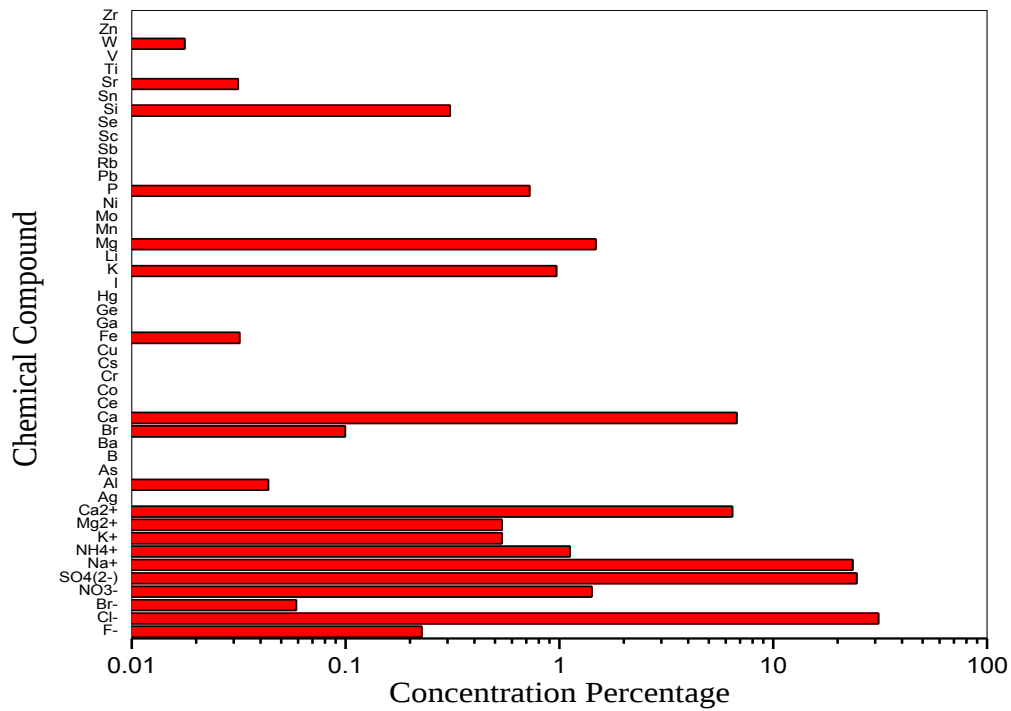


圖 5- 25、八月份中山橋受體端之指紋圖譜

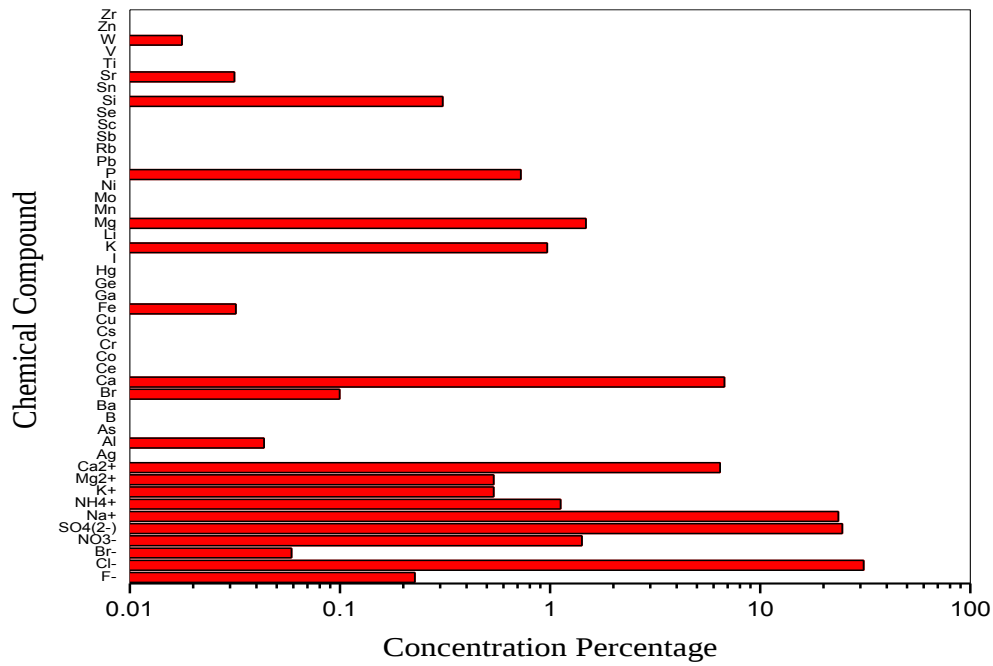


圖 5- 26、八月份正隆紙廠受體端之指紋圖譜

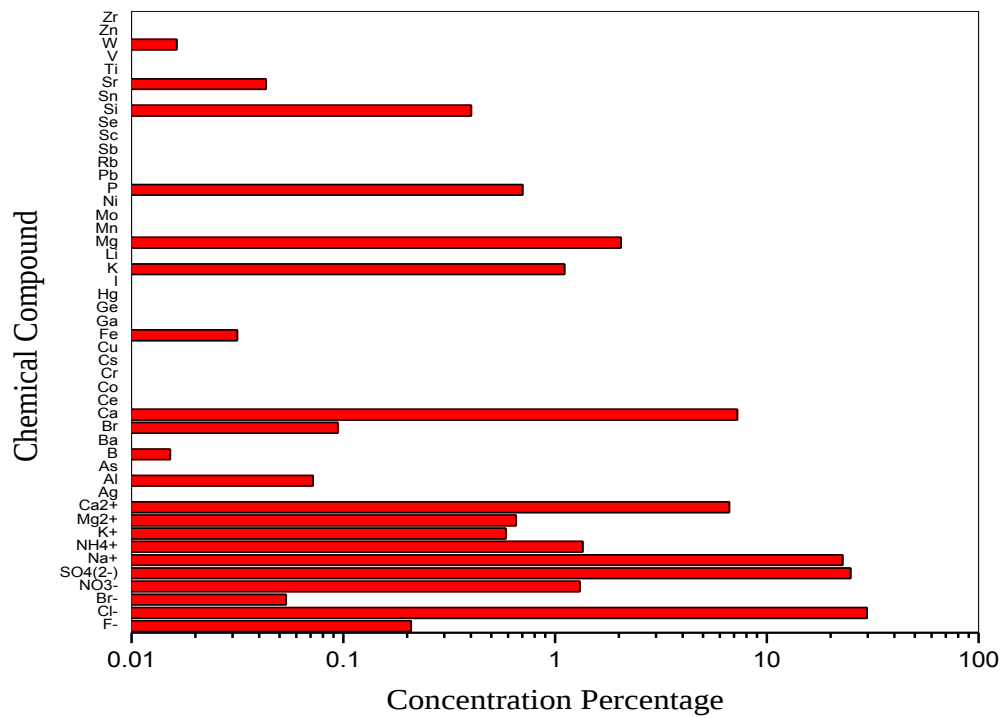


圖 5- 27、八月份華夏玻璃廠受體端之指紋圖譜

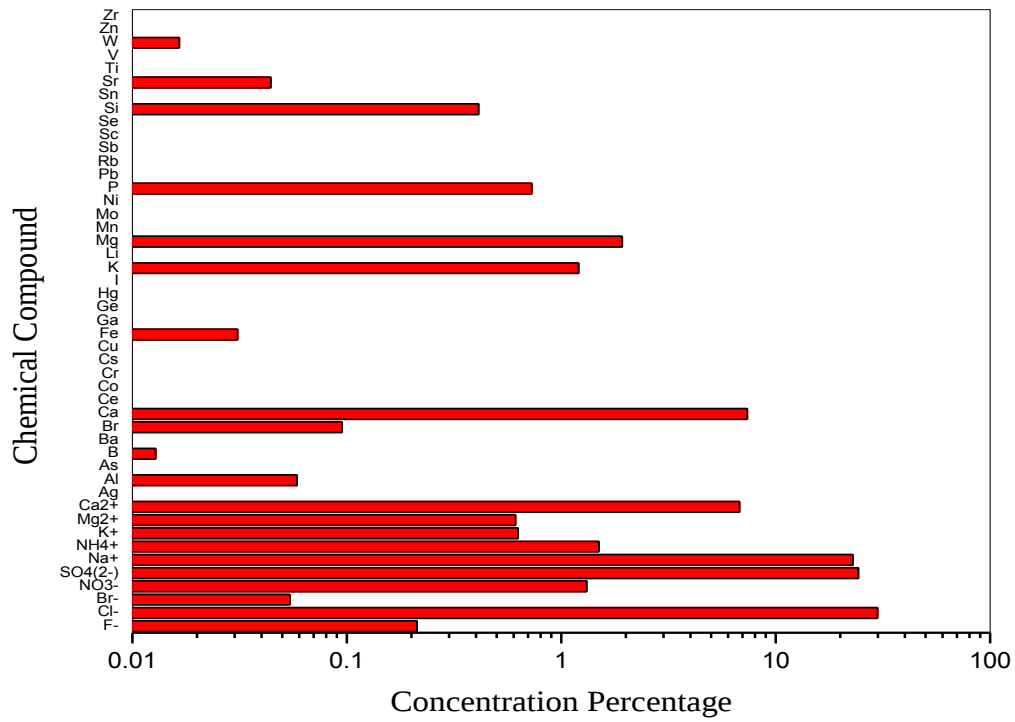


圖 5- 28、八月份客雅溪出海口受體端之指紋圖譜

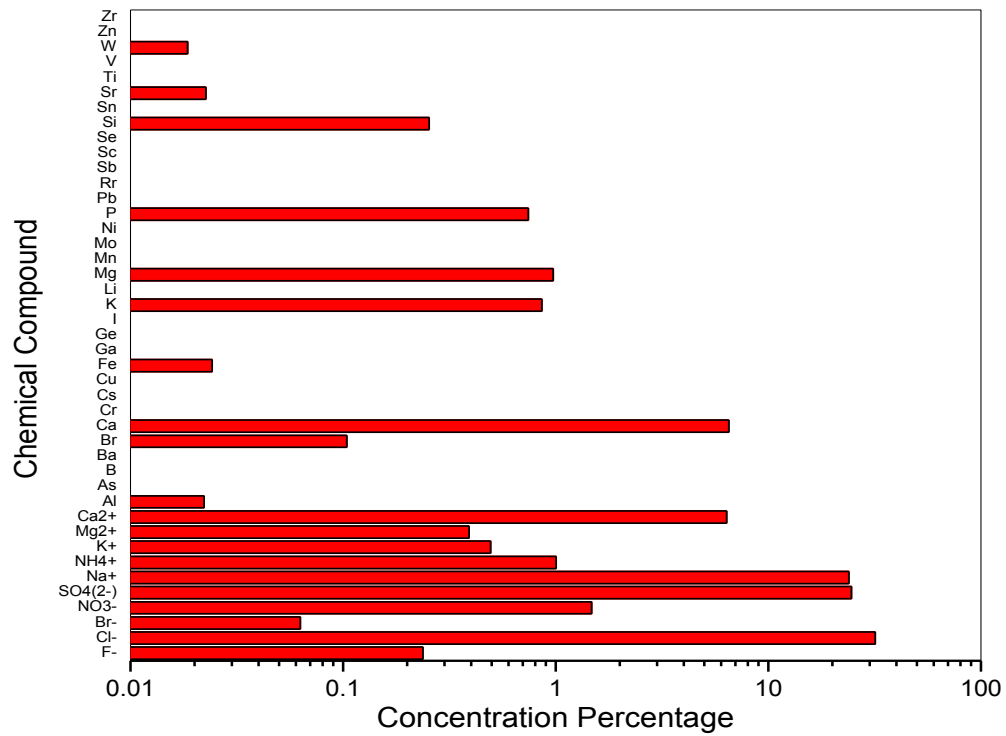


圖 5- 29、十月份南大路受體端之指紋圖譜

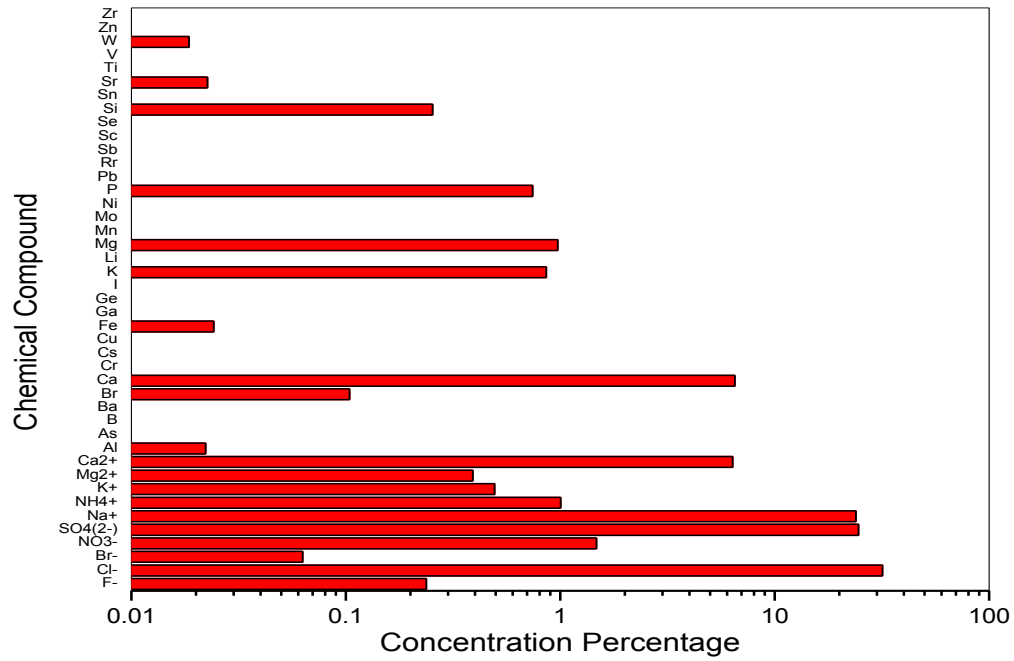


圖 5- 30、十月份中山橋受體端之指紋圖譜

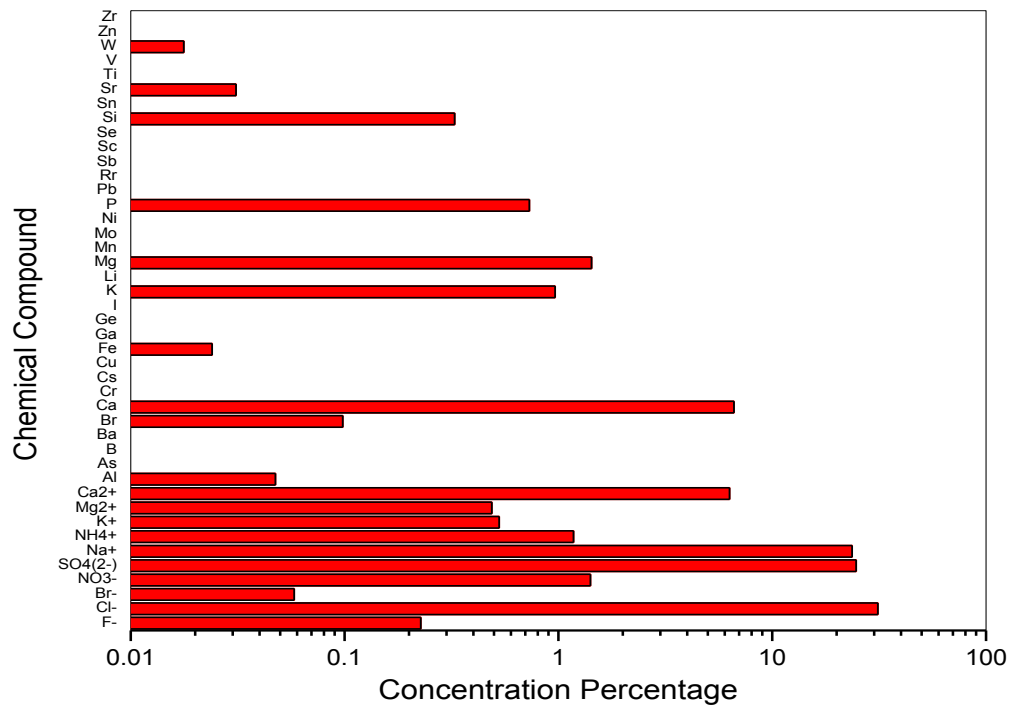


圖 5- 31、十月份正隆紙廠受體端之指紋圖譜

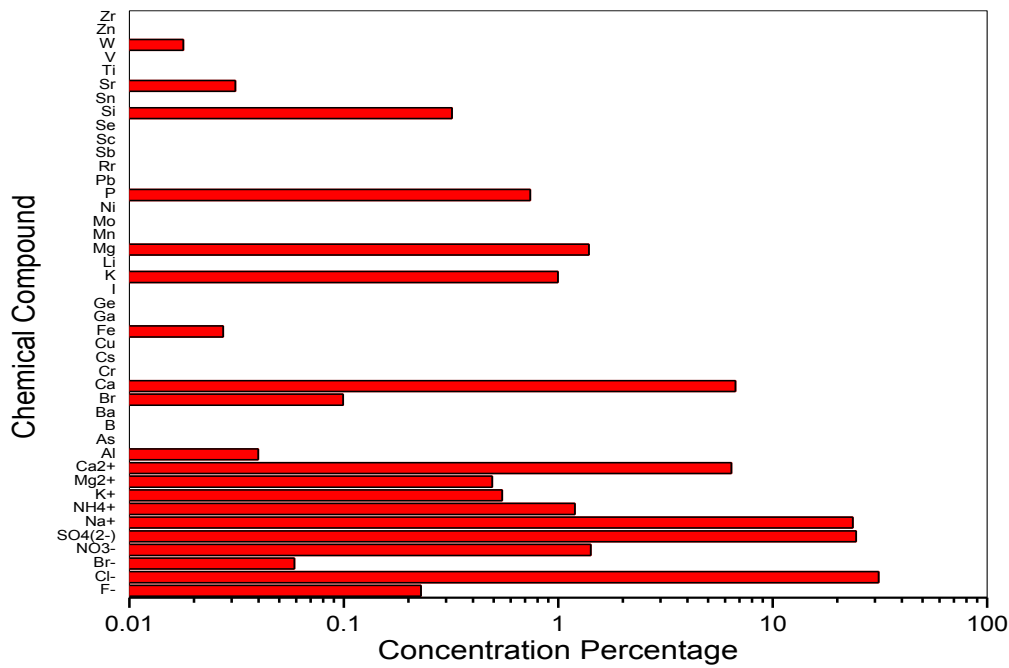


圖 5- 32、十月份華夏玻璃廠受體端之指紋圖譜

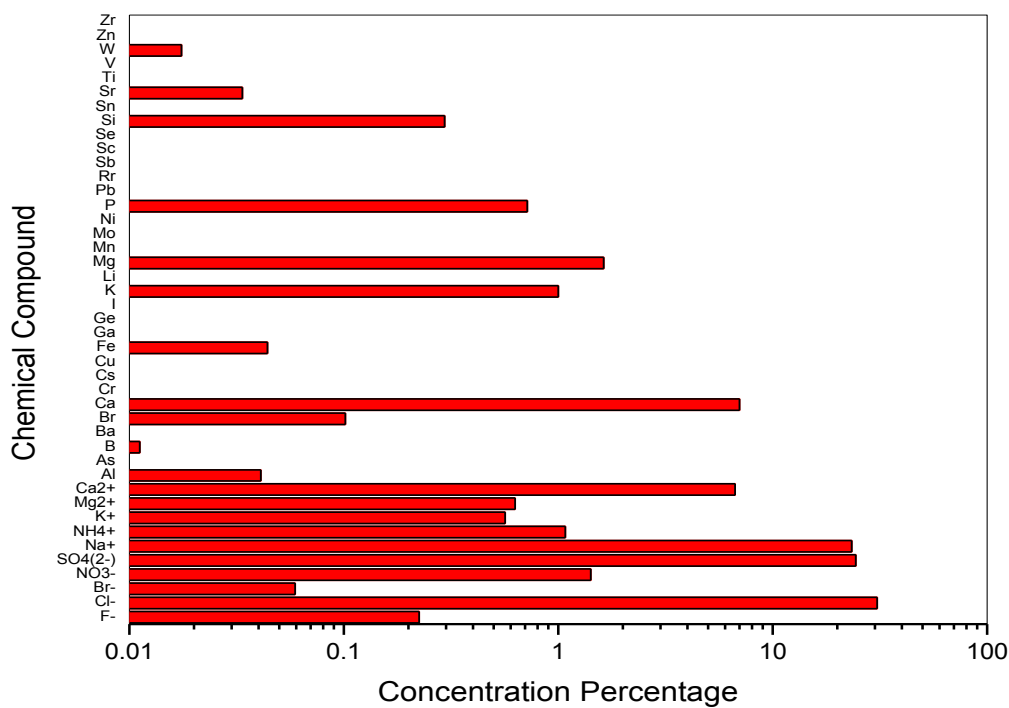


圖 5- 33、十月份客雅溪出海口受體端之指紋圖譜

5.3 客雅溪河川水及底泥鑑識結果與關聯性評析

■ 客雅溪底泥特性

客雅溪底泥在園區放流口匯入南門溪處、南大路 672 巷匯入客雅溪處和中山橋為土黃色細砂和小礫石，在青草湖(鳳凰橋)、正隆紙廠放流口匯入客雅溪和油車溝匯入客雅溪段才有黑灰色底泥。客雅溪底泥主要成分為 Si,Al,Fe,K,O，主要晶相為 SiO_2 、 Fe_3O_4 、 Al_2O_3 。在園區放流口處和南大路 672 巷匯入客雅溪處的底泥 ORP 值是正值，顯示此處底泥為氧化態底泥，而中山橋、正隆紙廠、華夏玻璃匯入客雅溪處的底泥 ORP 值皆為負值，顯示此處底泥為還原態底泥。

■ 客雅溪河川水特性

客雅溪河川水導電度在園區放流口處和南大路 672 巷匯入客雅溪處最高約 $4000 \mu\text{S/cm}$ ，然後經中山橋、正隆紙廠、華夏玻璃匯入客雅溪的導電度值有往下游遞減趨勢，且三次採樣之導電度測試結果皆有相同結果，顯示科學園區放流水和南大路 672 巷的河川水有相對高濃度的陰離子和陽離子存在。

■ 底泥與河川水中揮發性有機物/半揮發性有機物之關聯性

在揮發性有機物部分，第一次採樣之樣品中河川水有檢測到 Silanol, trimethyl-和 Silane, fluorotrimethyl-，而底泥只有檢測到 Silanol, trimethyl-，且河川水中 Silanol, trimethyl- 和 Silane, fluorotrimethyl- 檢測結果，Silanol, trimethyl- 只有幾十個 ppb(2.61ppb~83.75ppb)，Silane, fluorotrimethyl- 只有幾個 ppb(0ppb~4.62ppb)，底泥則只有檢測到 Silanol, trimethyl-，也只測試到幾個 ppb(0ppb~11.57ppb)，且在第二次及第三次採樣之樣品則未檢測到 Silanol, trimethyl-和 Silane, fluorotrimethyl-，其原因為檢測結果濃度較低，所以三次採樣結果差異性較大。在半揮發性有機物部分，河川水有檢測出 Quinoxaline, 1,2,3,4-tetrahydro-2,3-bis(tetrahydro-2-furyl)-、1,3,4-Thiadiazol-2-amine, 5-(pentylthio)- derivatives(生醫材料)，底泥則未檢出，底泥只檢測到 Cyclic octaatomic sulfur。

■ 底泥與河川水中金屬元素特性與關聯性

如前所述，客雅溪河川水中金屬元素砷、銻、銅、鎳、鉬、鎳、汞、鉀、鎳、磷、鈦、鎢等金屬濃度有由園區放流水往下游遞減趨勢，但底泥中的金屬/元素濃度則有鈦、銅、鎳、砷、鎳、錫、鎢等金屬元素於正隆紙廠匯入客雅溪處升高而後遞減情形，圖 5-34 是底泥與河川水中金屬元素分佈趨勢，由圖 5-34 顯示底泥中的砷、鎳、鎳、錫、鎢於正隆紙廠匯入客雅溪處有升高而後遞減情形，但銻則是由園區放流水往下游遞減趨勢，此結果與河川水檢測結果無相關性。

■ 綜合評析

綜合上述客雅溪河川水及底泥特性與揮發性有機物/半揮發性有機物測試結果和金屬元素檢測結果，顯示河川水的污染物檢測結果與底泥並無顯著的直接關係，推究其原因應與底泥組成/成份及顆粒大小、TOC 含量有關。

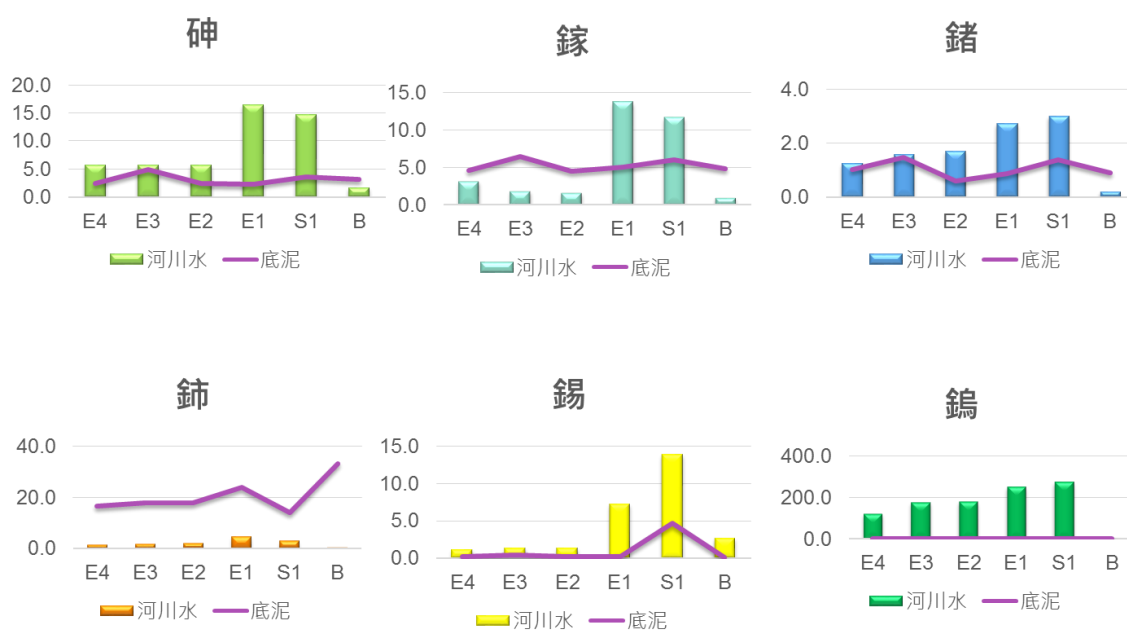


圖 5-34、底泥與河川水中金屬元素分佈趨勢

第六章 結論與建議

6.1 結論

- 在本研究中已完成客雅溪河川基本資訊收集，包括：流向、流量、支流、河川整治管理概況、河川流域工廠分佈、工廠屬性、列管事業、事業廢水排放情形及歷年污染源調查資料等，以作為規劃客雅溪水質、底泥採樣佈點之依據。
- 應用已建立之鑑識程序進行客雅溪水質底泥污染物特性鑑識及污染源追查，所使用的鑑識工具有：IC、GC/MS、ICP/MS、LC/Q-TOF、GC/IRMS，鑑識評析結果具有鑑別特徵指標項目有：電導度、氨氮、陰陽離子、金屬/元素、揮發性/半揮發性有機物(VOCs&SVOCs)。
- 由各種不同鑑識工具所得到的鑑識結果，及經由使用 EPA-CMB8.2 統計方法解析客雅溪沿岸污染源對客雅溪受體之貢獻度，由 CMB 運算後得到一個結論是：科學園區放流水為各受體接收端的最主要貢獻者，其貢獻量遠超過其他污染源(例如：正隆紙廠及華夏玻璃廠放流水)，此結果同樣存在於不同月份。其原因為來自科學園區放流水之水量及所夾帶之化合物濃度皆遠大於下游之污染源，其影響程度於出海口處才有明顯減緩效應。雖然園區放流水是客雅溪污染受體最大貢獻者，但因園區放流水及南大路 672 巷匯入客雅溪處的河川水質皆未超過甲級水類標準，且底泥重金屬也未超過底泥品質下限值，已符合目前底泥及水質管理需求。
- 由本研究結果已鑑識出客雅溪污染來源(Sources)的特徵指標物，如陰陽離子的 F^- 、 Br^- 、 PO_4^{3-} 、 NH_4^+ 和金屬砷、銻、銅、鎳、鎳、鎳、錫、鈦、鎢與有機物之 Silane, fluorotrimethyl-、Silanol, trimethyl-，及解析出不同污染源(園區放流水、生活污水、正隆紙廠、華夏玻璃)對客雅溪污染來源之貢獻度。

6.2 建議

- 底泥為環境污染的最終承受體，因此底泥污染來源的鑑識有其困難度，而河川底泥的主要污染來源為水質的品質，若水質品質符合管制標準且整體排放水體總量在河川自淨容許範圍，則河川底泥品質自然可以符合管理規範。
- 由本研究結果顯示 EPA-CMB8.2 統計方法可用來評析客雅溪沿岸污染源對客雅溪受體之貢獻度，建議後續河川水質及底泥污染管理也可藉由 EPA-CMB8.2 統計方法先了解各污染源對河川水質之污染貢獻度。

第七章 參考文獻

- 1.環保署「特定河川生物指標 - 客雅溪生態手冊」102 年 9 月
- 2.經濟部水利署「新竹地區客雅溪排水治理計畫」98 年 9 月
- 3.環保署「103-104 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫」104 年
- 4.環保署「103 年底泥品質管理計畫」103 年
- 5.環保署「全國環境水質監測資訊網」105 年資料
- 6.經濟部水利署「新竹地區客雅溪排水治理計畫」98 年 9 月
- 7.環保署「重點河川污染整治策略評析及執行計畫」, 104 年
- 8.S.S. Gomes, A.Monge Soares, M.F. Araújo, V.H. Correia, Lead isotopes and elemental composition of Roman fistulae plumbeae aquariae from Conimbriga (Portugal) using Quadrupole ICP-MS, *Microchemical Journal* 129 (2016) 184 – 193
- 9.Morgana Frena, Daiane P.C. Quadros, A novel extraction-based procedure for the determination of trace elements in estuarine sediment samples by ICP-MS, *Microchemical Journal* 117 (2014) 1 – 6
- 10.Anne-Marie Desauty, Merlin Méheut, Coupling DGT passive samplers and multi-collector ICP-MS: A new tool to measure Pb and Zn isotopes composition in dilute aqueous solutions, *Chemical Geology* 450 (2017) 122 – 134
- 11.Lorlyn Reidy, Kaixuan Bu, Murrell Godfrey, Elemental fingerprinting of soils using ICP-MS and multivariate statistics: A study for and by forensic chemistry majors, *Forensic Science International* 233 (2013) 37 – 44

- 12.Ridley, W.I, Pribil, M.J., Koenig, A.E, Measurement of in situ sulfur isotopes by laser ablation multicollector ICPMS: Opening Pandora' s Box, Procedia Earth and Planetary Science 13 (2015) 116 - 119
- 13.Anugrah Ricky Wijay, Shigeru Ohde, Geochemical fractions and modeling adsorption of heavy metals into contaminated river sediments in Japan and Thailand determined by sequential leaching technique using ICP-MS, Arabian Journal of Chemistry (2017)
- 14.環保署環境檢驗所「污泥行業別現況調查與鑑識技術開發研究」101 年
- 15.環保署環境檢驗所「環境鑑識技術開發研究(1/4)-皮革業與石化業污泥行業現況調查與技術開發」102 年
- 16.環保署環境檢驗所「環境鑑識技術開發研究(2/4)-IC、LC/MS/MS 及 LC/Q-TOF 鑑識技術開發與應用」103 年
- 17.環保署環境檢驗所「環境鑑識技術開發研究(3/4)-HRGC/MS/IRMS、FTIR 及拉曼光譜鑑識技術開發及應用」104 年
- 18.環保署環境檢驗所「環境鑑識技術開發研究(4/4)-事業污泥鑑識技術平台建置與應用」105

行政院環境保護署環境檢驗所

底泥特性(河川、湖泊、水庫)污染物鑑識技術開發(1/2)

服務建議書審查意見回覆說明

審查意見	回覆說明
凌委員永健	
1. 在各工業區間的採樣點宜優先納入大排水量的生活污水進流處及下游，並收集各主要進流水的進水量。	感謝委員意見，將先收集生活污水之各主要進流水的進水量，作為後續資料解析之參考。
2. 底泥及水樣樣品，同一採樣點為幾次樣品的混樣，底泥宜說明其土壤組成比例。	底泥採樣時將記錄採樣方式及混樣結果，及分析土壤組成比例。
3.底泥中非極性及低極性有機物，使用揮發性有機物分析方法，宜提出未能測到工業區廢水中主要有機物的對應方法。	感謝委員意見，水樣或底泥檢測時，若未能測到工業區廢水中主要有機物時，則修飾原檢測方法以嘗試鑑識出工業區廢水中主要有機物。
4.GC-IRMS 也是測 VOCs 為主，使用靜態頂空分析，宜評估感度不足時的前處理方法。	感謝委員意見，若感度不足時，將調整樣品進樣的前處理方法。
王委員家麟	
1.擬使用之分析儀器所針對的污染物類型、特性、樣品處理方法應說明，建議書中缺乏敘述。	將於期中報告時補充之。
2.過往應用實績、具體案例，能夠凸顯該分析方法應用於此計畫的鑑識能力，舉例之。	過往應用實績、具體案例已於前年計畫中說明之，本服務建議書則未再詳述。
3.鑑識技術可不比與一般水質調查	本研究計畫中已提出較具有鑑別性的鑑

審查意見	回覆說明
有太多重疊之技術，可多強調其他新技術、高鑑別性以補強既有分析水質方法的不足與知識缺口。	識技術如 GC-IRMS、LC/Q-TOFMS、ICP/MS 等，有別於一般的傳統分析項目。
4.希冀能於期中或期末能夠針對一鑑識案例作一完整討論，以凸顯計畫之成效及目的。例如從排放口、中段、下游檢視特徵是否改變。	感謝委員意見，本研究將盡力從排放口、中段、下游檢視各區段之特徵指標物，再評析各區段特徵指標物間之差異性。
何委員國榮	
1.可能之污染源廠家甚多，污染熱區及污染源相關性之探討宜有更系統性的規劃。	感謝委員意見。對於污染熱區及污染源相關性之探討，本研究計畫會有一套完整及系統性規劃。
2.請確認 Q/TOF 之使用為 Q/TOF 或只是 TOF ？	本研究所使用的是 LC/Q-TOFMS 而非 LC/TOFMS。
潘委員復華	
1.服務建議書第 11 頁起表 3-1~表 3-3 及圖 3-7、圖 3-8 都不清楚，請修正。	已調整表 3-1~表 3-3 及圖 3-7、圖 3-8 的清晰度，詳見 P11~P13。
2.服務建議書第 22 頁有些化合物如 BrO_3^- 、 NO_2^- 上下標有誤，請修正。	已修正詳見 P22。
3.服務建議書第 24 頁中，本計畫規劃作鉛、銅、砷、鋅同位素比值，不知是以何種 ICP/MS 來執行，其分辨率要求如何？另外如何前處理？計畫內並未提及，請說明。	已修正，本計畫規劃今年度先作鉛同位素比值，並評估其可行性。
4.水質樣品部份除了 8 大重金屬外，是否有包含其他元素的定性分析，如無，建議加入。	已加入，詳見表 4-2。

審查意見	回覆說明
5.服務建議書第 37 頁中，圖 8-1、表 8-2 分工組織架構圖中，缺無機項目的分工及人力配置，請修正。	已修正，詳見圖 8-1 及 P36。
翁委員英明	
1.人力分工執行架構中，一般項目如 COD、BOD 等亦請列入圖 8-1。	已修正，詳見圖 8-1。
2、水量、水溶性及半定量項目使用之方法亦請列入表 4-1。	已修正，詳見表 4-1。
3、客雅溪河系之產業分布型態建議先適當評析產業類型之污染排放比例，對後續集污區污染類型關聯性比較其差異。	感謝委員意見。已初步分類產業分布型態，後續將由 EMS 系統來評估污染排放比例。
4、服務建議書 3.3 水質與底泥污染概述中，底泥壬基酚及雙酚 A 之濃度單位為 mg/kg-dw，與表 3-1 不一致。	已修正，詳見表 3-1 及 P10。

行政院環境保護署環境檢驗所

底泥特性(河川、湖泊、水庫)污染物鑑識技術開發(1/2)

期中報告審查意見回覆說明

審查意見	回覆說明
李達源委員	
1. 水樣的採取建議能使用被動式採樣，而不只是一次性之採樣。被動式採樣所得的污染物資訊較有代表性。	謝謝委員建議，被動式採樣袋確實可採集代表性樣品，唯計畫目標以污染鑑識為主，被動式採樣往往需要長時間平衡，在發生污染事件時，難以快速取得鑑識證據，因此本計畫仍以原定採樣規畫進行，後續將建議可透過被動式採樣的方式評估可靠性與差異性。
2. 科學園區污水處理廠放流口匯入南門溪處之水樣 As 之濃度高達 70ppb，建議能加以深入探討。	謝謝委員建議，本計畫將進一步探討砷的來源。
3. 期中報告初步結論客雅溪的主要污染來源取決於園區放流水的水質品質。建議在期末報告能提供各種證據明確釐清各污染源之貢獻	謝謝委員建議，以預計於期末報告整合客雅溪環境品質數據與原廢水水質數據，以質量平衡概念之統計模式進行污染來源貢獻比例之評估。
凌永健委員	
1. 簡報內容補充許多監測資料，值得肯定。	感謝委員肯定。
2. 初步結果顯示客雅溪底泥質地以砂質為主，不易彰顯其污染物的特性。宜在期中報告後，再確認此點，若有必要探討加入被動式採樣之可能性，除此之外，亦可探討總體量測參數如 pH、導	謝謝委員建議，本計畫將進一步深入評估總體量測參數與水質和底泥之間的污染關聯。

審查意見	回覆說明
電度、溶氧、ORP 以及同時出現在水體和底泥的化學污染物，在水和底泥間的關係以協助確認此點。	
3. 宜參考客雅溪的水體分類，以及環保署的底泥管制規劃以及各入流口水量，討論主要污染物，如 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、As 的影響，再判定主要貢獻廠商。	謝謝委員建議，客雅溪之水體分類屬於丙類陸域地面水體，本計畫將以此類水體之管理目標為出發點，進行計畫目標調整與數據研析。
4. 三甲基矽醇和氟三甲基矽烷的空間分布，宜考量其來源（使用），如前者是否會來自商品及 Quinoxaline 的用途。	謝謝委員建議，本計畫將深入了解此二化合物在產業界的用途、相關產品與在客雅溪的流佈狀況，以釐清其來源。
張尊國委員	
1. 計畫目標宜再明確化，譬如目前遭遇的問題，有關來源與危害之間的關係在公害糾紛或管制策略上尚有缺口，需要本計畫突破解決。	謝謝委員建議，已與委辦方釐清本計畫之目的，將於期末報告時提供相關建議，以供委辦方制定下期計畫之明確目標。
2. 可考慮分析各主要污染源污水處理廠所產出之污泥所含之成份特性，較能比水樣更能具有代表性。河口灘塗地也可考慮採樣，分層代表不同年代。	謝謝委員建議，將視計畫經費與需求進行採樣規劃或作為下期計畫參考。
3. 背景資訊之蒐集，如 EMS 中是否已包括所測之這些物質，許多物質（污染質）並未被列入管制標準，但對鑑識是最重要關鍵。	如誠委員所述，本計畫除分析一般列管項目外，亦規劃從非列管項目尋求可運用於鑑識之關鍵污染物，謝謝委員建議。
4. 河川（客雅溪）污染質魚骨圖應建立，可對應各主要污染質負荷之介入點與量。	謝謝委員建議，將於期末報告提供客雅溪污染質魚骨圖。
5. 資料解讀方式在期末階段要更加強。	謝謝委員建議，本計畫將搭配背景資料，進一步解析數據。
翁英明委員	

審查意見	回覆說明
1. 科學園區放流水與其下游之南門溪測點及中山橋測點之關聯性宜適當探討，河系中之截流站與香雅橋測值對污染源判定亦請評析。	謝謝委員建議，將探討南門溪測及中山橋之污染關聯性，並評估截流站與香雅橋測值對污染源判定之影響。
2. 數據解析部分，建議參考監測站相關之項目亦列入探討。	謝謝委員建議，必要時本計畫議會納入監測站監測項目進行數據評析。
3. 污染源放流水與設定之下游河川水測值關聯性可適當評析，例如 fluorotrimethyl saline 為何在油車溝匯入客雅溪段會上升。	謝謝委員建議，本計畫將由廢水排放量較為大宗之工廠或生活原廢水的濃度與碳穩定同位素分析結果，探討採樣點之間的污染關聯性。
郭安甫委員	
1. 表 3-1 至 3-3 及圖 3-7、3-8 等圖像模糊（後續圖表亦同），另資料應加註來源。	謝謝委員建議，已更新表 3-1 至 3-3 及圖 3-7、3-8 等圖，並加註資料來源。
2. 表 4-2 客雅溪沿岸工廠廢污水排放量，建議再統計加總排放量，並統計園區佔有比例以提供河系更精確的評析。	謝謝委員建議，已統計客雅溪沿岸工廠廢水排放總量，將整合客雅溪環境品質數據與原廢水水質數據，以質量平衡概念之統計模式進行污染來源貢獻比例之評估，並呈現於期末報告。
3. 5.2 客雅溪底泥/水樣採集一節，建議以河流流向東至西為座標，標註採樣點（位置）之簡圖（示意圖）及重要排放源，以利了解現場。	謝謝委員建議，將於期末報告補充水體採樣簡易示意圖。
4. 請加快樣品檢測及數據解析之工作。	謝謝委員建議，樣品採樣、檢測與數據分析期程已安排妥當，將於計畫期程內完成。
環檢所列席人員意見（潘組長復華）	
1. 玻璃廠樣品檢測結果中錫含量偏高，	謝謝委員建議，本計畫將探討玻璃廠使用之原物料並與其廢水物質濃

審查意見	回覆說明
應該因錫為玻璃廠原物料之一。	度進行比較。
2. 檢出矽烷類需注意是否為實驗室分析時常見之 column bleeding 造成。	謝謝委員建議，經查證，該矽烷類為科技業製程所使用之原物料，並非分析管柱 bleeding 所造成。

行政院環境保護署環境檢驗所

底泥特性(河川、湖泊、水庫)污染物鑑識技術開發(1/2)

期末報告審查意見回覆說明

審查意見	回覆說明
凌委員永健	
1.採樣地點具代表性，可以反應放流水體區的工廠貢獻，而非單一代表性工廠，宜註明在報告中；檢測資料豐富，可以反應採樣時的水體濃度，如投影片第 34 頁 E3 之 As、Ge、Sn、W。揮發性有機物在 E1 中未列常見的使用量最多的丙酮、異丙醇，宜確認。投影片第 34 頁鉻濃度 100~300 ppm，宜確認。	感謝委員意見 1.放流水體區的工廠貢獻，非單一代表性工廠，宜註明在報告中，此部分說明參見 P34 及 P35 之圖 4-6 和表 4-2。 2.揮發性有機物在 E1 中未列常見的使用量最多的丙酮、異丙醇，宜確認。此部分經確認，有丙酮但很微量約 0.2ppb。 3.投影片第 34 頁鉻濃度 100~300 ppm，宜確認。此部分經確認，應屬於誤植，鉻濃度應為 16.5~40.5 ppm。
2.6、8、10 月的三次採樣，前 2 次為豐水期，最後一次為枯水期，宜探討枯、豐水期對承受水體的影響。	由統計分析結果豐水期和枯水期的變化不大、對客雅溪的承受水體影響也較小。
3.宜探討承受水體和底泥測值等參數的關聯性，如導電度、ORP、重金屬等同時監測物種的關聯性，加上客雅溪底泥的特性如組成、TOC 等，說明客雅溪不適合用底泥作為鑑識樣品。	已探討承受水體和底泥測值等參數的關聯性，請參見 P81~P82。
4.CMB 的計算宜說明樣品是水體或底泥的質量計算。	已補充說明，請參見 P63。
楊委員末雄	
1.客雅溪污染調查及污染源鑑識之研究多年來由新竹科管局、新竹市環保局及環保署已累積甚多相關報告，其研究目的與方法	本研究針對客雅溪污染調查資料已收集環保署「全國環境水質監測資訊網」及河川整體調查資料和環保署相關調查報告作為了解污染區域及採樣佈點規劃之

內容或有不同，但研究成果應可為相互印證及引用之用。報告中未列述充分的文獻資料。	用。
2.本研究針對客雅溪沿岸污染源對客雅溪受體的影響作深入的調查，結果顯示各種污染物（包含氨氮、F、 PO_4^{3-} 、 Ca^{2+} 、砷、銻、鎘、鎳、鈦、鎢、Silane 及 Fluorotrimethyls silanol 等）之濃度均有隨園區放流水入口處往下游呈現遞減之趨勢，此似可為科學園區排放水造成客雅溪污染之證據。上述之結論常被提出，但迄無確切的結論。為澄清園區放流水對客雅溪污染的貢獻，或可藉由本計畫作一深入的探討。建議可以科學園區污水排放口為起點，在其上/下游作密集的多點採樣，釐清排放水造成客雅溪污染的懸疑；另亦可藉由河川底泥污染物之深度分析（Depth profiling）研究，釐清污染物之歷史累積記錄。	感謝委員意見，針對藉由河川底泥污染物之深度分析（Depth profiling）研究，釐清污染物之歷史累積記錄部分，因客雅溪底泥在竹香吊橋以後才有底泥，在竹香吊橋前底泥很少，大多屬於砂土或軟礫石，無法使用深度分析（Depth profiling）研究，釐清污染物之歷史累積記錄。
張委員瓊芬	
1.請注意報告的可讀性，文章有表重複出現於不同頁，應注意並修正。摘要的中英文符號及英文名稱（矽醇、矽烷）應一致。部分文字使用規劃，但此為結案報告，注意其通用性。部分圖表文字太小，無法判讀其數值。	感謝委員意見，已修正，如 P _{XIV} ，
2.報告初稿第 8 頁坡度由圖之計算和文中文字說明略顯不符。	感謝委員意見，此為引用環保署「特定河川生物指標 - 客雅溪生態手冊」102 年 9 月之文獻資料，將再確認之。
3.報告初稿第 23-29 頁部分廠家申報量為 0，請說明其原因。此外文中說明「竹科排放量」為 8.6	1.針對報告第 23-29 頁部分廠家申報量為 0 說明：此為環保署「水污染源管制資料管制系統」之統計資訊。

萬 CMD 但又和報表數據不同 (104842)，應修正為最新資料以確認 CMB 模式模擬時之正確性。	2.P21 所述「竹科排放量」為 8.6 萬 CMD 是 98 年 9 月經濟部水利署進行客雅溪排水治理時之資料，而表 3-2 之客雅溪沿岸工廠廢污水排放資料為 105 年的統計資料。
4.報告初稿第 37-38 頁說明本案量測的金屬是總量或是溶解性及底泥金屬種類之檢測方法?	1.本研究之金屬量測為總量。 2.底泥金屬檢測方法為 NIEA M353.02C，請參見表 4-3。
5.底泥之顏色、組成及 TOC 含量和金屬及有機物分佈之相關性為何?	已補充說明，請參見 P81~P82。
6.報告初稿第 42 頁導電度之單位請修正其可讀性。	已修正，請參見 P43。
7.報告初稿第 46 頁無法判讀 XRD，另一般環境中大部分為 Fe_2O_3 ，然本案測出為 Fe_3O_4 ，請分析可能原因。	1.XRD 測試結果已標示在圖譜上，請參見 P46。 2.有關本研究底泥之 XRD 測試結果為 Fe_3O_4 部分，此樣品為園區放流口處採集之底泥，屬於氧化態底泥，與底泥 ORP 值測試結果為正值相符合。
8.報告初稿第 47 頁表 5-4 字太小且未說明第一次、第二次及第三次檢測之意義。	已修正，請參見 P47~P48。
9.報告初稿第 50 頁測不到是因為太微量，但應就排放的可能性進行探討。	已說明，請參見 P49。
10.報告初稿第 51 頁 Caffeine 出現在 2 種子標，請重新分類，何謂指標污染物?是指本計畫規劃檢測物種嗎?應說明。	本研究使用各種不同工具來找出特徵物質，而由 GC/MS 和 LC/MS/MS 兩種不同測試工具皆有檢測到 Caffeine，顯示確實有 Caffeine 存在，也證實生活污水中有 Caffeine 存在。
11.報告初稿第 56 頁採樣時間的安排是否考量特徵出水時間，以取得具有代表性樣品。	對，採樣時間安排有考量特徵出水時間，以取得具有代表性樣品。
12.請說明 GC/IRMS 之群組和上下游相關性。	已說明，請參見 P62。
13.CMB 測試是由質量來推估，然質量和濃度不同，因此以濃度表	已確認並修正，請參見 P64。

示符合，在質量部分是否符合或是較合適，應說明。	
14.正隆紙廠 Br 的濃度高，尚未找到其可能原因，應解釋。	正隆紙廠在第一次採樣及第三次採樣檢測結果皆發現有 Br 的濃度高情形，查看廢清書並未使用含溴物質，但有使用陰離子高分子，是否含溴，尚需查證。
15.廠商資料可使用圖來標定其相對位置。	已有標示位置，請參見 P35。
16.簡報第 49 頁及報告初稿第 65-68 頁所呈現的資料為底泥數據，但在內文中未說明是針對何種重金屬進行評估？此外，是針對水體或是底泥？在標題上產生混淆。	是針對河川水體之受體模式來解析污染源貢獻量，已修正，請參見 P69~P73。
17.樣品前處理方式應說明。	樣品前處理方式主要參考表 4-3 之分析方法。
18.簡報第 32 頁，由上游至下游，某些物種提高，但未有顯著來源，應確認其數據的正確性。文字說明應考量流量的影響。	感謝委員意見，將確認之。
游委員勝傑	
1.本計畫為鑑識技術之開發，建議應有本計畫採用國內既有國內已有技術、工研院針對此計畫開發新技術之比較表。	1.本計畫在今年度開發之新技術有 GC/IRMS 和 CMB-8.2 分析軟體應用在河川水體受體模式解析污染源貢獻量。 2.採用既有技術有 XRF、GC/MS、ICP/MS、LC/Q-TOF。
2.目前分析之結果是否能搭配上各排放源物質安全資料表及排放資訊後，提出可能之污染源以供主管機關擬定政策使用。	由目前分析結果及經由統計軟體運算結果顯示，客雅溪的污染源 Sources 相對單純，主要的防污工程也在進行中，也使得客雅溪比往年清淨。
3.期末報告之撰寫建議應同時對應期初、期中報告之審查意見，如期末報告初稿期中報告審查意見表回覆說明第 X 頁中第 4 點回覆將於期末報告提供客雅溪污染負荷魚骨圖，但報告中卻	感謝委員意見，針對客雅溪污染負荷魚骨圖在本計畫中不適合用污染負荷魚骨圖呈現，因測試項目太多，但針對原廢水與水質監測結果進行質量平衡統計模式有使用 USEPA CMB-8.2 分析軟體來推估客雅溪河川水體受體模式解析污染源貢

未見此圖，另第 VIII 亦提及擬針對原廢水與水質監測結果進行質量平衡統計模式？	獻量，請參見 P63~P80。
張委員尊國	
1.鑑識技術可用的儀器及其分析方法在本計畫中皆有使用及呈現分析結果；一般鑑識需求之產生來自法律責任之釐清。因此不同河川因各自的背景及流域污染負荷之工廠特性各有不同，若以客雅溪為例就應探討最大可能之糾紛為何，以及其對應污染物之分析方法及貢獻度評估方法。	感謝委員意見，已針對客雅溪之污染貢獻度進行評估，請參見 P63~P80。
2.本計畫所評估呈現之污染貢獻度，若由廢水量與水質，已可大致斷定科學園區之排放遠甚於其他排放源，對於突發事件型污染之鑑識，如何使用本計畫的技術與方法，宜說明之。	針對突發事件亦可採用本研究之鑑識技術進行鑑識工作，再進行評析比對已建置之資料或進廠採樣再進行比對等措施。
3.如何克服樣本有限所產生之侷限，也應提出建議。	樣本愈多，成本愈高，克服樣本有限所產生之侷限，應有效規劃採樣佈點位置與選擇適當之鑑識工具為要，並配合數據解析經驗與資料。
4.後續計畫可考慮增測各主要污染源之污泥樣本，並建立指紋。	感謝委員意見，在本計畫中已增測工廠原廢水與放流水，在建立污泥指紋部份，於前幾年之計畫中已有建置不同產業廠家之污泥指紋了
巫副所長月春	
1.本計畫利用 EPA-CMB 8.2 統計方法適用性之說明，請補充於期末報告。	針對客雅溪使用 EPA-CMB 8.2 統計方法來推估各污染源對各受體之污染貢獻量是可行，但對於其他河川之適用性，需調整運算參數，無法一一說明。
2.多種污染物濃度由園區放流水往下流有遞減之趨勢與總體流量、各別流量變異是否相關？	由各種不同鑑識工具及經由使用 EPA-CMB8.2 統計方法解析客雅溪沿岸污染源對客雅溪受體之貢獻度之結論是相同，與總體流量、各別流量變異相關性不大。

3.本計畫目標預期得到地面水體污染物鑑識技術開發,請將研究開發之技術以流程圖方式展現那些技術鑑識那特徵污染源之指向性。	各種技術鑑識可鑑識之特徵污染物於前幾年之污泥鑑識技術開發研究計畫中皆已揭示,請參考 101~104 年之「環境鑑識技術開發研究計畫」。
4.請補強「客雅溪受體之貢獻度以園區放流水」結論之證據力,(可否找出專屬園區特徵指紋化合物或元素來佐證)。	已補強,請參見 P81~P82,初步找出專屬園區特徵指紋化合物或元素為 Silane, fluorotrimethyl-、砷、銻、鎢、鎳、鎳、鎳、鎳、鎳。
翁主任秘書英明	
1.針對 Silane, Fluorotrimethyl-、Silanol, trimethyl-兩種待測物之 $\delta^{13}\text{C}$ 同位素結果解析,建議加列文獻應用說明。	感謝委員意見
2.在上游青草湖之 Silanol, trimethyl-測值比率相對高,是否有可能原因。	Silanol, trimethyl-應用很廣,可應用在洗滌劑和化妝品或作為抗菌劑,矽酸鹽表面上的疏水塗層,因此有可能在上游青草湖檢測到較高濃度。
3.集污區之上游待測物有高值(如 Br-、錫、總鹵化物)之原因,請就選定之污染源熱區做關聯性說明。	已補充說明,請參見 P59, P81~P82。
郭組長安甫	
1.期末報告初稿 5.1.2 同位素一節中,Silane, Fluorotrimethyl-的 $\delta^{13}\text{C}$ 值和一般石油產物 $\delta^{13}\text{C}$ 之值差異甚大,是否可解釋原因?	Silane, Fluorotrimethyl-的 $\delta^{13}\text{C}$ 值和一般石油產物 $\delta^{13}\text{C}$ 之值差異甚大,是由於有一連串的反應再加上揮發過程,造成同位素分餾效應,所以和一般石油產物 $\delta^{13}\text{C}$ 之值差異甚大。
2.期末報告初稿第 65 頁第 2 行「需針對上述偏離者進行物理意義探討,並重新篩選預分析的化合物種類」文字請再予修正。	已修正,請參見 P68。
3.期末報告初稿 6.2 建議一節,請提供具體可行部分之建議,可和業務組討論合宜之文字敘述。	已修正,請參見 P84。
潘組長復華	

1.有機物檢測結果並無整個評析 只有簡列檢測結果，請加以補充 論述。	已補充，請參見 P81。
2.底泥樣品之 SEM/EDX 及 XRD 的檢測結果只有描述其元素及 其結晶相，建議加強說明其結果 所代表之意義並綜論之，這樣報 告才更有價值。	已補充，請參見 P81~P82。
楊組長喜男	
1.科學園區排放量佔客雅溪水量 大多數，建議是否可鑑識出除園 區以外可作為其他污染源之指 標？	在本計畫中有鑑識出除園區以外之指標 物如華夏玻璃放流水的錫和正隆紙廠的 溴。
2.客雅溪出海口一直有綠牡蠣事 件，是否本計畫成果可對於其成 因鑑識有何建議？	客雅溪出海口一直有綠牡蠣事件，此部 分是位於香山濕地，而香山濕地污染主 要來自於三姓溪，因此針對綠牡蠣事件 應該研究三姓溪的污染背景。
許科長元正	
1.本計畫並未進行時間密度採樣 分析，請補充說明評估之理由， 如歷年檢測資料比對、或過往該 河域之文獻資料等，以具體客觀 之差異評估補充內容。	1.在本研究中針對採樣佈點規劃時已收 集相關客雅溪河川基本資訊及河川整治 管理概況，和歷年污染調查資料作為採 樣佈點及鑑識之參考依據。 2.由三次不同採樣時間，採集 55 個樣品 鑑識結果也得到相同的趨勢，顯示以客 雅溪而言，此種採樣規劃與鑑識結果應 能有效呈現出客雅溪的污染貢獻度與關 聯性。
陳研究員滄欽	
1.於正隆紙廠有測得 Br ⁻ ，是否可 如 Silanol, trimethyl-為園區製造 所用原料之解析方式解釋 Br ⁻ 之 可能來源。	正隆紙廠有測得 Br ⁻ ，但由廢清書申報資 料查證結果，並未發現有使用含溴物質， 但有使用陰離子高分子，是否含溴，尚需 查證。