

底泥污染來源及傳輸模式調查計畫 — 以重點河川為例

EPA-100-GA102-02-A232

計畫執行期間：民國 100 年 8 月 25 日至 102 年 2 月 24 日

受託單位：美商傑明工程顧問(股)台灣分公司

期末報告
(定稿本)

印製年月：中華民國 102 年 4 月

底泥污染來源及傳輸模式調查計畫 — 以重點河川為例

EPA-100-GA102-02-A232

期末報告
(定稿本)

行政院環境保護署編印

計畫主持人：陳建宏

執行人員：龍梧生、董上銘、陳枋萱、楊宗翰、林金龍、莊立偉、

林詩、劉興昌、宋德高

受託單位：美商傑明工程顧問(股)台灣分公司

計畫經費：21,800,000 元

計畫執行期間：民國 100 年 8 月 25 日至 102 年 2 月 24 日

印製年月：中華民國 102 年 4 月

「底泥污染來源及傳輸模式調查計畫－以重點河川為例」

計畫期末報告基本資料表

甲、委辦單位	行政院環境保護署			
乙、執行單位	美商傑明工程顧問（股）台灣分公司			
丙、年 度	100-101	計畫編號	EPA-100-GA102-02-A232	
丁、專案性質	<input type="checkbox"/> 基礎研究 <input checked="" type="checkbox"/> 應用研究 <input type="checkbox"/> 技術發展			
戊、專案領域	環境科學(含環保工程、環境管理)			
己、計畫屬性	<input type="checkbox"/> 科技類 <input checked="" type="checkbox"/> 非科技類			
庚、全程期間	100 年 8 月 25 日～102 年 2 月 24 日			
辛、本期期間	100 年 8 月 25 日～102 年 2 月 24 日			
壬、本期經費	21,800,000 元			
	資本支出		經常支出	
	土地建築 0 千元		人事費 5528 千元	
	儀器設備 0 千元		材料費 14472 千元	
	其 他 0 千元		其 他 1800 千元	
癸、摘要關鍵詞（中英文各三則）				
河川(river)、傳輸模式(transmission model)、底泥管理策略(sediment management and action strategies)				
參與計畫人力資料：				
參與計畫人員姓名	工作要項或撰稿章節	現職與簡要學經歷	參與時間(人月)	聯絡電話及 e-mail 帳號
陳建宏	計畫主持人	協理(傑明) 台大土木碩士	15	02-23252100 分機 36 ricky.chen@mwhglobal.com
龍梧生	計畫顧問	顧問(傑明) 美國維吉尼亞大學土木與環工系	12	wl@cms.mail.virginia.edu
董上銘	計畫執行及協調整合	副理(傑明) 成大資源碩士	15	02-23252100 分機 42 brian.tung@mwhglobal.com
陳枋萱	計畫執行與報告撰寫	副理(傑明) 中山環工碩士	15	02-23252100 分機 31 Josie.chen@mwhglobal.com
楊宗翰	模式模擬與報告撰寫	工程師(傑明) 台大土木碩士	18	02-23252100 分機 67 tony.yang@mwhglobal.com
林金龍	模式模擬	經理(傑明) 台大土木碩士	6	02-23252100 分機 60 Joe.lim@mwhglobal.com

參與計畫 人員姓名	工作要項 或撰稿章節	現職與 簡要學經歷	參與時間 (人月)	聯絡電話及 e-mail 帳號
莊立偉	計畫執行與 報告撰寫	工程師(傑明) 交大環工碩士	18	02-23252100 分機 857 alfred.chuang@mwhglobal.com
林詩	計畫執行與 報告撰寫	工程師(傑明) 北科大土木系環 工組碩士	6	02-23252100 分機 32 grace.lin@mwhglobal.com
劉興昌	地球物理 現場作業	助理教授(清雲) 中央大學 地球物理博士	4	03-4581196 lhchang@cyu.edu.tw
宋德高	檢驗分析 品保規劃書	技術經理(中環) 清大化學博士	3	07-8152248 soongdk@gmail.com

行政院環境保護署計畫成果摘要(簡要版)

一、 中文計畫名稱：

底泥污染來源及傳輸模式調查計畫－以重點河川為例

二、 英文計畫名稱：

Investigation for Contamination Source in Sediment and Its
Transport Modeling - Take Internal Major River for Example

三、 計畫編號：

EPA-100-GA102-02-A232

四、 執行單位：

美商傑明工程顧問股份有限公司台灣分公司

五、 計畫主持人（包括共同主持人）：

陳建宏

六、 執行開始時間：

100/08/25

七、 執行結束時間：

102/02/24

八、 報告完成日期：

102/01/24

九、 報告總頁數：

421(不含附錄)

十、 使用語文：

中文，英文

十一、 報告電子檔名稱：

EPA100GA10202A232.PDF

十二、 報告電子檔格式：

Acrobat (PDF)

十三、 中文摘要關鍵詞：

河川、傳輸模式、底泥管理策略

十四、 英文摘要關鍵詞：

river, transport model , management strategies and recommendations

十五、 中文摘要

本計畫的核心在於建立合適的底泥管理架構及構建底泥水理水質模式，因此工作架構為參考國外執行經驗及現場調查結果，提出適宜管理架構及技術分析工具，並據此挑選案例進行污染傳輸模擬，透過情境模擬提出合適之行動管理策略建議。

計畫展開後，首先蒐集相關資料與文獻，並建立採樣規劃流程、河床地形測量及底泥地物探測等基本調查原則，並優選 WASP 作為傳輸模式。在選定大漢溪為調查之河川河段後，隨即展開前述各項現場調查工作，藉由蒐集相關調查之模式參數，開始建置傳輸模式。

採樣調查結果顯示，底泥重金屬以銅、鋅、鎳等項目有超過上限值之狀況，其中又以「銅」超過上限值之樣品比例最高，若由污染空間分布來看，其污染程度以浮洲橋至新海橋段最為嚴重，污染可能來源應與週遭支流排水有關。河床地形測量結果顯示颱風暴雨對於大漢溪河道有明顯的沖刷現象，影響底泥在河床中的傳輸行為；地物探測結果顯示透地雷達與聲納法可作為底泥沉積厚度之初步篩選工具。

依據水質與底泥相關性分析與模式模擬結果顯示，若水質未改善，污染

源仍持續排入，則底泥污染物濃度將逐漸上升，即便是將污染底泥清除後，經過若干年底泥濃度仍會持續上升並超過上限值；反之若水質改善，假設污染能夠零排放時，底泥即使未疏濬移除，濃度也將逐漸下降。依情境模擬結果，底泥挖除後若能配合有效地排放管制，使全流域水質達到標準值，則可有較長的時間(約 30~40 年)維持底泥不超過品質指標上限值。

根據國外底泥管理架構與行動策略，底泥是否須進行復育或污染改善，應以底泥品質指標值為基準，作為管理行動起動點，並藉由生態及健康風險評估、整治效益等考量，及視場址特性及背景條件，評估實際造成之風險與效益，提供作為底泥管理或整治決策之考量。以大漢溪為例，調查結果及統計分析證明底泥與水質具有相關性，且主要支排流域之區域皆為易造成重金屬污染之行業別，因此底泥管理策略應優先管制事業污染排放，降低支流排水污染負荷量。

The main focus of the project is the development of a sound framework for assessing and managing river sediment quality. A robust assessment tool (with hydrodynamic and water quality models for the sediment system) to track the fate and transport of heavy metals in rivers and sediments has been developed to support the assessment analysis. Deriving the experience from other countries, the results of the field work and model simulations in this study formed the basis of a comprehensive assessment and management framework, which was then used to evaluate a range of sediment restoration scenarios for the select river system. The assessment outcome was then incorporated into the management strategies and recommendations for the sediment clean-up effort.

The project work started with data and information gathering and field program development for collecting hydrographic data of the river system and geophysical surveys of the sediment system. The water quality modeling framework, WASP from US EPA was adopted as the platform for developing the fate and transport model of the Dahan River in Taipei, selected as the target river system for this project. Subsequent field work conducted in the Dahan River provided the necessary data for model development, calibration, and verification of

the model.

Results from the field program revealed that existing levels of copper, zinc, and nickel in the Dahan River sediments exceed the water quality criteria with copper the metal most frequently violating the standard. The river portion between the Fu-Chou Bridge and Xinhai Bridge is found having the highest metal concentrations in the sediment as a result of the significant metal loads from sources in the watershed. Geophysical survey data indicated typhoons have a massive impact on the morphology of the river channel with significant erosion resulted from these events. In addition, results from the ground-penetrating radar and sonar readings suggest that they can be a useful screening tool to quantifying sediment transport (i.e. shoaling) in the Dahan River.

The WASP model simulation results indicated that metal levels in the Dahan River sediments will continue to rise if no actions were taken to reduce the metal input. On-site removal of the contaminated sediments would only be a temporary measure to lower the metal contents in the sediment before the return of the contamination if the external inputs are not curbed. On the other hand, complete removal of the external metal input would significantly lower the metal levels in the river water followed by subsequent reductions of the metal contents in the sediment even without on-site dredging. Further, removing contaminated sediments along with control of the external inputs would be the preferred strategy to gradually restore the river sediment system to within the metal thresholds in 30-40 years.

Sediment studies reported in the literature mostly suggest that sediment quality criteria be the basis for the development of control strategies and remediation actions to restore the sediment systems. Other contributing factors such as ecological and health risk considerations could also be incorporated into the assessment. The field data and model results from the Dahan River study indicated that the sediment quality is closely related to the water quality in the river with the external metal input as the major source of contamination. Controlling

external metal inputs is therefore viewed as the top priority in the effort to restore the sediment system.

「底泥污染來源及傳輸模式調查計畫

—以重點河川為例」

期末報告(定稿本)

總 目 錄

摘 要

總 目 錄

圖 目 錄

表 目 錄

第一章 前言與工作內容 1-1

1.1 計畫緣起與目的 1-1

1.2 計畫目標 1-2

1.3 計畫工作內容 1-2

1.4 工作進度說明 1-7

第二章 底泥污染特性與傳輸文獻回顧 2-1

2.1 底泥之定義及污染特性 2-1

2.2 底泥污染傳輸文獻回顧 2-27

第三章 現場採樣流程與歷年監測彙整 3-1

3.1 現場採樣規劃流程 3-1

3.1.1 採樣計畫研擬原則 3-1

3.1.2 採樣規劃與注意事項 3-7

3.1.3 底泥水質採樣作業程序 3-11

3.2 歷年監測資料彙整 3-16

3.2.1 重點河川背景資料 3-16

3.2.2	重點河川歷年水質變化	3-22
3.2.3	重點河川歷年底泥品質變化.....	3-28
3.2.4	底泥品質與水質關連性分析.....	3-37
第四章	河床地形與地物探測方法	4-1
4.1	河床地形測量方法	4-1
4.2	地物探測技術原理	4-7
第五章	底泥與水質污染傳輸模式建置.....	5-1
5.1	模式發展歷程與經驗回饋.....	5-1
5.1.1	模式發展歷程	5-1
5.1.2	模式建置之經驗回饋	5-6
5.2	底泥與水質污染傳輸機制.....	5-11
5.2.1	易分解的有機質與營養鹽	5-13
5.2.2	懸浮質	5-16
5.2.3	重金屬與不易分解的有機毒性物質	5-17
5.3	模式適用性評估.....	5-18
5.3.1	WASP 簡介.....	5-20
5.3.2	QUAL2K 簡介	5-22
5.3.3	STREAM 簡介	5-23
5.3.4	CE-QUAL-W2 簡介	5-25
5.3.5	BASINS 簡介	5-26
5.3.6	綜合評估.....	5-27
5.4	模式建立與演算機制	5-30
5.4.1	底泥污染傳輸模式網格建置原則	5-30
5.4.2	水理演算.....	5-31
5.4.3	模式條件設定與建置流程	5-34

第六章	國內外底泥處理方式及管理策略	6-1
6.1	現行底泥處理方式彙整	6-1
6.1.1	底泥調理與前處理技術	6-1
6.1.2	物理處理.....	6-2
6.1.3	化學處理.....	6-3
6.1.4	生物處理.....	6-4
6.2	底泥疏濬與處理方式之應用評估	6-6
6.2.1	機械式疏濬（mechanical）	6-6
6.2.2	水力式疏濬（hydraulic）	6-12
6.2.3	氣動式疏濬（pneumatic）	6-19
6.3	國外底泥管理策略與底泥品質指標	6-20
6.4	我國底泥管理策略與底泥品質指標	6-32
6.5	我國其他法規與底泥管理關聯性探討	6-45
6.6	底泥管理行動策略建議	6-50
第七章	範例河川河段環境調查	7-1
7.1	調查河段篩選	7-1
7.2	大漢溪環境背景分析	7-10
7.3	底泥及水質調查.....	7-19
7.3.1	底泥及水質調查計畫	7-19
7.3.2	水質調查結果分析	7-33
7.3.3	底泥調查結果分析	7-44
7.4	地形測量與地物探測結果	7-76
7.4.1	河床地形測量結果	7-76
7.4.2	地球物理探測結果	7-129
第八章	大漢溪底泥污染傳輸模式建置成果	8-1
8.1	底泥傳輸模式網格建置	8-1

8.2	大漢溪水理演算成果	8-6
8.3	大漢溪底泥污染傳輸模式演算成果	8-8
8.4	傳流效應與參數敏感度分析	8-14
8.4.1	傳流效應分析	8-14
8.4.2	參數敏感度分析	8-18
第九章	底泥污染整治情境分析	9-1
9.1	水污染管制情境分析	9-1
9.2	底泥污染整治分析	9-4
9.3	水體底泥綜合整治情境模擬	9-10
9.3.1	底泥污染清除配合水污染減量管制	9-11
9.3.2	底泥污染清除配合特定污染排放源管制	9-13
9.3.3	底泥污染清除配合現地處理	9-15
9.3.4	底泥污染清除配合特定污染排放源管制與現地處理	9-16
9.3.5	綜合評析	9-18
第十章	其他事項	10-1
10.1	地理資訊系統建置配合工作	10-1
10.2	其他相關工作	10-14
第十一章	結論與建議	11-1
11.1	結論	11-1
11.2	建議	11-5

附 錄

附錄一 歷次審查意見回覆

附錄二 工作範疇會議

附錄三 模式基本假設與參數資料

附錄四 品保規劃書

附錄五 參考文獻

附錄六 採樣作業參考指引

附錄七 鑽探作業流程

附錄八 地球物理測量作業流程

圖 目 錄

圖 1.3-1	本計畫工作架構流程圖	1-6
圖 3.1-1	底泥採樣作業之規劃流程.....	3-2
圖 3.1-2	河川底泥現場採樣作業流程	3-12
圖 3.1-3	河川水質現場採樣作業流程	3-14
圖 3.2-1	全台 11 條重點河川	3-16
圖 3.2-2	底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（淡水河本流）	3-38
圖 3.2-3	底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（大漢溪）	3-39
圖 3.2-4	底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（新店溪）	3-39
圖 3.2-5	底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（基隆河）	3-40
圖 3.2-6	底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（南崁溪）	3-41
圖 3.2-7	底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（老街溪）	3-42
圖 3.2-8	底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（濁水溪）	3-43
圖 3.2-9	底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（新虎尾溪）	3-44
圖 3.2-10	底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（北港溪）	3-45
圖 3.2-11	底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（急水溪）	3-46
圖 3.2-12	底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（鹽水溪）	3-47
圖 3.2-13	底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（二仁溪）	3-48
圖 3.2-14	底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（阿公店溪）	3-49
圖 3.2-15	底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（愛河）	3-50
圖 4.1-1	自動驗潮儀與潮位曲線圖.....	4-2
圖 4.1-2	水深測量作業流程	4-3
圖 4.1-3	自動驗潮儀與潮位曲線圖.....	4-5
圖 4.1-4	單音束水深測量測深記錄紙	4-6
圖 4.1-5	水深測量誤差分佈圖	4-6
圖 4.2-1	各探測技術之底泥分布調查結果實例	4-12
圖 4.2-2	天線頻率與解析能力關係圖(修改自 EKKO UPDATE, 1996)	4-13
圖 4.2-3	電磁波頻率與解析能力、穿透深度關係圖(摘自 Smith&Jol, 1992)	4-13

圖 4.2-4	水上透地雷達施測示意圖	4-14
圖 4.2-5	單音束聲納系統示意圖	4-15
圖 4.2-6	水上地電阻法施測示意圖	4-15
圖 5.2-1	河川底泥與水質污染傳輸機制概念模型	5-13
圖 5.2-2	營養鹽於水體與底泥之循環示意圖	5-14
圖 5.3-1	底泥污染傳輸模式概念模型	5-19
圖 5.4-1	底泥污染傳輸模式建置流程圖	5-35
圖 6.2-1	蚌殼式挖掘機	6-7
圖 6.2-2	長杓式挖掘機	6-8
圖 6.2-3	鏟斗式挖掘機	6-9
圖 6.2-4	拖曳式挖掘機	6-10
圖 6.2-5	怪手	6-11
圖 6.2-6	可移動式疏濬	6-13
圖 6.2-7	手持式疏濬	6-14
圖 6.2-8	單純吸引式疏濬	6-15
圖 6.2-9	攪拌式疏濬	6-16
圖 6.2-10	畚箕式疏濬	6-17
圖 6.2-11	疏濬船	6-18
圖 6.2-12	氣動式疏濬	6-19
圖 6.4-1	土污法之底泥管制架構	6-38
圖 6.6-1	底泥管理策略流程圖	6-51
圖 6.6-2	底泥污染對環境生態與人體健康風險評估流程	6-55
圖 6.6-3	底泥污染整治技術評估流程	6-57
圖 7.1-1	南崁溪河床沉積物現勘照片	7-4
圖 7.1-2	老街溪河床沉積物現勘照片	7-5
圖 7.3-1	底泥及水質第一次採樣調查點位魚骨圖	7-29
圖 7.3-2	底泥及水質第二次採樣調查點位魚骨圖	7-30
圖 7.3-3	底泥採樣點地理位置示意圖（柑園大橋－浮洲橋）	7-31
圖 7.3-4	底泥採樣點地理位置示意圖（浮洲橋－湳仔溝）	7-31

圖 7.3-5	底泥採樣點地理位置示意圖（湳仔溝－忠孝大橋）	7-32
圖 7.3-6	底泥採樣點地理位置示意圖（忠孝大橋－重陽大橋）	7-32
圖 7.4-1	本計畫採樣調查及地形地物測量範圍示意圖	7-77
圖 7.4-2	第一次測量 3 維立體影像圖	7-78
圖 7.4-3	各河道里程及縱斷面位置圖	7-80
圖 7.4-4	第一次水理測量－河床平均高程	7-84
圖 7.4-5	第一次水理測量－平均河寬	7-84
圖 7.4-6	第一次水理測量－水面積	7-85
圖 7.4-7	第一次水理測量－水體積	7-85
圖 7.4-8	第二次測量 3 維立體影像圖	7-88
圖 7.4-9	第二次水理測量－河床平均高程	7-92
圖 7.4-10	第二次水理測量－平均河寬	7-92
圖 7.4-11	第二次水理測量－水面積	7-93
圖 7.4-12	第二次水理測量－水體積	7-93
圖 7.4-13	第三次測量 3 維立體影像圖	7-96
圖 7.4-14	第三次水理測量－河床平均高程	7-100
圖 7.4-15	第三次水理測量－平均河寬	7-100
圖 7.4-16	第三次水理測量－水面積	7-101
圖 7.4-17	第三次水理測量－水體積	7-101
圖 7.4-18	地形侵淤變化色階圖(第一次成果與 98 年比較)	7-105
圖 7.4-19	地形侵淤變化色階圖(第一、二次成果比較)	7-108
圖 7.4-20	地形侵淤變化色階圖(第一、三次成果比較)	7-111
圖 7.4-21	歷年斷面比較圖－S32(國道一號淡水河橋)	7-115
圖 7.4-22	歷年斷面比較圖－S30(忠孝大橋)	7-115
圖 7.4-23	歷年斷面比較圖－S29(淡水河本流起點)	7-116
圖 7.4-24	歷年斷面比較圖－S28(華江大橋)	7-116
圖 7.4-25	歷年斷面比較圖－S27(重翠大橋)	7-117
圖 7.4-26	歷年斷面比較圖－S24(新海大橋)	7-117
圖 7.4-27	歷年斷面比較圖－S22(塔寮坑溪匯入後)	7-118

圖 7.4-28	歷年斷面比較圖－S20(湔仔溝匯入後)	7-118
圖 7.4-29	歷年斷面比較圖－S18(湔仔溝匯入前)	7-119
圖 7.4-30	歷年斷面比較圖－S17(西盛抽水站匯入後).....	7-119
圖 7.4-31	歷年斷面比較圖－S15(浮洲橋)	7-120
圖 7.4-32	歷年斷面比較圖－S14(西盛引水門匯入後).....	7-120
圖 7.4-33	歷年斷面比較圖－S12(土城抽水站匯入後).....	7-121
圖 7.4-34	歷年斷面比較圖－S10(城林大橋).....	7-121
圖 7.4-35	歷年斷面比較圖－S03(三峽河匯入後)	7-122
圖 7.4-36	十河局歷年河床高程變化－淡水河	7-124
圖 7.4-37	十河局歷年河床高程變化－新店溪	7-125
圖 7.4-38	十河局歷年河床高程變化－大漢溪	7-125
圖 7.4-39	101 年 03 月~10 月河床高程變化－淡水河	7-126
圖 7.4-40	101 年 03 月~10 月河床高程變化－新店溪.....	7-127
圖 7.4-41	101 年 03 月~10 月河床高程變化－大漢溪.....	7-127
圖 7.4-42	大漢溪河床高程變化及歷年底泥粒徑關係圖	7-130
圖 7.4-43	地球物理探測試驗位置.....	7-131
圖 7.4-44	台北橋斷面環境示意圖.....	7-133
圖 7.4-45	台北橋斷面-透地雷達施測結果	7-133
圖 7.4-46	台北橋斷面-聲納法施測結果	7-134
圖 7.4-47	台北橋斷面-地電阻法施測結果	7-134
圖 7.4-48	新海橋斷面環境示意圖.....	7-136
圖 7.4-49	新海橋斷面-透地雷達施測結果	7-136
圖 7.4-50	新海橋斷面-聲納法施測結果	7-137
圖 7.4-51	新海橋斷面-地電阻法施測結果	7-137
圖 7.4-52	鐵路橋斷面環境示意圖.....	7-139
圖 7.4-53	鐵路橋斷面-透地雷達施測結果	7-139
圖 7.4-54	鐵路橋斷面-聲納法施測結果	7-140
圖 7.4-55	鐵路橋斷面-地電阻法施測結果	7-140
圖 7.4-56	台北橋下游斷面-地物施作及鑽探位置	7-141

圖 7.4-57	台北橋下游斷面-鑽探情形.....	7-142
圖 7.4-58	底床地形測量，透地雷達與聲納探測結果.....	7-144
圖 8.1-1	淡水河系底泥污染傳輸網格配置圖.....	8-2
圖 8.1-2	大漢溪與淡水河本流支流排水配置示意圖.....	8-3
圖 8.1-3	新店溪支流排水配置示意圖.....	8-4
圖 8.1-4	基隆河支流排水配置示意圖.....	8-5
圖 8.2-1	大漢溪與淡水河本流水位分布.....	8-7
圖 8.2-2	大漢溪與淡水河本流流量分布.....	8-7
圖 8.2-3	大漢溪與淡水河本流流速分布.....	8-7
圖 8.2-4	大漢溪與淡水河本流水力深度分布.....	8-8
圖 8.3-1	支流排水污染負荷量.....	8-10
圖 8.3-2	支流排水污染濃度.....	8-11
圖 8.3-3	大漢溪與淡水河本流水體銅模擬.....	8-11
圖 8.3-4	大漢溪與淡水河本流水體鋅模擬.....	8-12
圖 8.3-5	大漢溪與淡水河本流水體鎳模擬.....	8-12
圖 8.3-6	大漢溪與淡水河本流水體 SS 模擬.....	8-12
圖 8.3-7	大漢溪與淡水河本流底泥銅模擬.....	8-13
圖 8.3-8	大漢溪與淡水河本流底泥鋅模擬.....	8-13
圖 8.3-9	大漢溪與淡水河本流底泥鎳模擬.....	8-13
圖 8.4-1	水體銅污染負荷量.....	8-14
圖 8.4-2	底泥銅污染負荷量.....	8-15
圖 8.4-3	污染負荷突增之水體污染傳流分析.....	8-16
圖 8.4-4	污染負荷突增之底泥污染傳流分析.....	8-16
圖 8.4-5	污染負荷突減之水體污染傳流分析.....	8-16
圖 8.4-6	污染負荷突減之底泥污染傳流分析.....	8-17
圖 8.4-7	水體長期受污分析.....	8-17
圖 8.4-8	底泥長期受污分析.....	8-17
圖 8.4-9	水體受污對 Kw 敏感度分析.....	8-19
圖 8.4-10	底泥受污對 Kw 敏感度分析.....	8-20

圖 8.4-11	水體受污對 Ks 敏感度分析	8-20
圖 8.4-12	底泥受污對 Ks 敏感度分析	8-20
圖 8.4-13	水體受污對 PIX 敏感度分析	8-21
圖 8.4-14	底泥受污對 PIX 敏感度分析	8-21
圖 9.1-1	含銅污水減量管制之水體內銅濃度模擬	9-3
圖 9.1-2	含銅污水減量管制之底泥品質(銅)模擬	9-3
圖 9.1-3	銅污染零排放之水體內銅濃度模擬	9-3
圖 9.1-4	銅污染零排放之底泥品質(銅)模擬	9-4
圖 9.2-1	底泥半衰期 10 年之水體內銅濃度模擬	9-5
圖 9.2-2	底泥半衰期 10 年之底泥品質(銅)模擬	9-5
圖 9.2-3	底泥半衰期 5 年之水體內銅濃度模擬	9-6
圖 9.2-4	底泥半衰期 5 年之底泥品質(銅)模擬	9-6
圖 9.2-5	底泥(銅)去除量 1kg/day-km 之水體內銅濃度模擬	9-7
圖 9.2-6	底泥(銅)去除量 1kg/day-km 之底泥品質(銅)模擬	9-7
圖 9.2-7	底泥(銅)去除量 3kg/day-km 之水體內銅濃度模擬	9-8
圖 9.2-8	底泥(銅)去除量 3kg/day-km 之底泥品質(銅)模擬	9-8
圖 9.2-9	底泥污染全清除之水體內銅濃度模擬	9-9
圖 9.2-10	底泥污染全清除之底泥品質(銅)模擬	9-9
圖 9.2-11	底泥清除至指標下限之水體內銅濃度模擬	9-10
圖 9.2-12	底泥清除至指標下限之底泥品質(銅)模擬	9-10
圖 9.3-1	底泥污染清除與水污管制之水體內銅濃度模擬	9-13
圖 9.3-2	底泥污染清除與水污管制之底泥品質(銅)模擬	9-13
圖 9.3-3	底泥污染清除與特定污染源管制之水體內銅濃度模擬	9-14
圖 9.3-4	底泥污染清除與特定污染源管制之底泥品質(銅)模擬	9-14
圖 9.3-5	底泥加藥處理與污染源有限管制之水體內銅濃度模擬	9-15
圖 9.3-6	底泥加藥處理與污染源有限管制之底泥品質(銅)模擬	9-16
圖 9.3-7	達標後再淨化處理之水體內銅濃度模擬	9-17
圖 9.3-8	達標後再淨化處理之底泥品質(銅)模擬	9-17
圖 9.3-9	未整治與完善整治之水質差異	9-18

圖 9.3-10	未整治與完善整治之底泥品質差異	9-18
圖 9.3-11	不同整治策略執行 4 年後之底泥品質比較.....	9-20
圖 10.1-1	系統畫面	10-9
圖 10.1-2	底泥/水質查詢畫面	10-10
圖 10.1-3	水質/底泥詳細資料查詢畫面	10-11
圖 10.1-4	斷面變化查詢畫面	10-12
圖 10.1-5	斷面變化詳細資料查詢畫面	10-12
圖 10.1-6	河道清淤變化查詢畫面.....	10-13
圖 10.2-1	底泥採樣作業規劃流程.....	10-14

表 目 錄

表 1.4-1	預定工作進度	1-9
表 1.4-2	本計畫進度查核重點	1-10
表 1.4-3	本計畫主要工作量化成果(統計至 102.1.24).....	1-11
表 2.1-1	粒徑區分比較表.....	2-2
表 2.1-2	土壤質地分級法.....	2-2
表 2.1-3	河川底泥檢測相關文獻	2-4
表 2.1-4	重點河川沉積物粒徑統計.....	2-6
表 2.1-5	鉛之暴露容許量.....	2-13
表 2.1-6	鉻之暴露容許量.....	2-15
表 2.1-7	重點河川底泥揮發性固體物含量分析	2-24
表 2.1-8	重點河川底泥多環芳香烴分析	2-25
表 2.1-9	重點河川底泥重金屬含量統計	2-26
表 2.2-1	常用模式應用於目標水體之主要傳輸機制	2-35
表 3.2-1	全台 11 條重點河川近十年四項水質 RPI.....	3-22
表 3.2-2	全台 11 條重點河川各流域重金屬濃度合格率.....	3-26
表 3.2-3	全台 11 條重點河川各流域重金屬濃度範圍.....	3-27
表 3.2-4	全台 11 條重點河川各流域重金屬平均濃度.....	3-27
表 3.2-5	重點河川沉積物粒徑統計.....	3-29
表 3.2-6	重點河川底泥有機物含量統計	3-31
表 3.2-7	重點河川底泥重金屬含量統計	3-32
表 3.2-8	八類底泥重金屬於全台 11 條重點河川濃度分析	3-33
表 3.2-9	重點河川底泥[SEM]-[AVS]統計表	3-34
表 3.2-10	重點河川底泥多環芳香烴分析	3-36
表 3.2-11	淡水河流域水質重金屬濃度範圍.....	3-37
表 3.2-12	南崁溪流域水質重金屬濃度範圍.....	3-41
表 3.2-13	老街流域水質重金屬濃度範圍	3-42
表 3.2-14	濁水溪流域水質重金屬濃度範圍.....	3-43

表 3.2-15	新虎尾溪流域水質重金屬濃度範圍	3-44
表 3.2-16	北港溪流域水質重金屬濃度範圍	3-45
表 3.2-17	急水溪流域水質重金屬濃度範圍	3-46
表 3.2-18	鹽水溪流域水質重金屬濃度範圍	3-47
表 3.2-19	二仁溪流域水質重金屬濃度範圍	3-48
表 3.2-20	阿公店溪流域水質重金屬濃度範圍	3-49
表 3.2-21	愛河流域水質重金屬濃度範圍	3-50
表 3.2-22	全台 11 條重點河川水質、底泥重金屬濃度危害分析	3-51
表 3.2-23	河川水質、底泥重金屬濃度關連性	3-52
表 4.1-1	IHO SP-44 規範標準表	4-2
表 4.2-1	底泥探測之地球物理方法比較表	4-11
表 5.3-1	水質模式介紹	5-20
表 5.3-2	底泥污染傳輸模式適用性評析表	5-29
表 5.4-1	動量與能量方程式各項變數與參數表	5-33
表 5.4-2	WASP 底泥污染傳輸模式基本參數資料	5-36
表 6.3-1	美國環保署 2004 年底泥危害風險評估方法	6-23
表 6.3-2	美國環保署 2004 年底泥生物危害風險篩選值	6-26
表 6.3-3	荷蘭土壤（底泥）品質標準（金屬部分）	6-29
表 6.4-1	土污法中與底泥相關項目之權責單位彙整	6-39
表 6.4-2	我國水產動物類衛生標準	6-41
表 6.4-3	我國底泥品質指標、分類管理及用途限制辦法	6-43
表 6.6-1	水體污染底泥品質指標建議清單	6-52
表 6.6-2	現行底泥處理技術說明彙整表	6-59
表 6.6-3	現行底泥處理技術之適用性分析	6-60
表 6.6-4	底泥回收再利用說明表	6-62
表 7.1-1	歷年調查底泥任一項重金屬濃度達底泥品質指標比例	7-6
表 7.1-2	歷年調查底泥重金屬濃度達底泥品質指標比例	7-7
表 7.1-3	歷年調查底泥各項重金屬達品質指標上限比例	7-8
表 7.1-4	歷年調查底泥各項重金屬達品質指標下限比例	7-8

表 7.1-5	各流域水質重金屬濃度最大值一覽表	7-9
表 7.1-6	優先調查河川綜合評估結果	7-9
表 7.2-1	大漢溪流域已公告水源水質水量保護區一覽表	7-11
表 7.2-2	臺北地區氣象資料統計（民國 87~100 年）	7-12
表 7.2-3	大漢溪各流量站歷年月平均流量（CMS）統計	7-13
表 7.2-4	大漢溪及淡水河本流行政區人口統計	7-14
表 7.2-5	大漢溪行政區各行業別數量統計	7-16
表 7.2-6	淡水河本流行政區各行業別數量統計	7-17
表 7.2-7	大漢溪及淡水河本流行政區豬隻頭緒統計	7-18
表 7.3-1	底泥檢測項目與數量	7-20
表 7.3-2	水質檢測項目與數量	7-21
表 7.3-3	各項檢測方法及品保目標（底泥）	7-22
表 7.3-4	各項檢測方法及品保目標（水質）	7-25
表 7.3-5	底泥及水質水量採樣調查點位一覽表	7-28
表 7.3-6	水質調查檢測結果（一般項目-第一次）	7-36
表 7.3-7	水質調查檢測結果（一般項目-第二次）	7-37
表 7.3-8	水質調查檢測結果（重金屬全量-第一次）	7-38
表 7.3-9	水質調查檢測結果（重金屬全量-第二次）	7-39
表 7.3-10	水質調查檢測結果（溶解性重金屬-第一次）	7-40
表 7.3-11	水質調查檢測結果（溶解性重金屬佔全量之比例-第一次）	7-41
表 7.3-12	水質調查檢測結果（農藥-第一次）	7-42
表 7.3-13	水質調查檢測結果（農藥-第二次）	7-43
表 7.3-14	底泥調查檢測結果（物理性質-第一次）	7-49
表 7.3-15	底泥調查檢測結果（物理性質-第二次）	7-51
表 7.3-16	底泥調查檢測結果（一般項目-第一次）	7-52
表 7.3-17	底泥調查檢測結果（一般項目-第二次）	7-54
表 7.3-18	底泥調查檢測結果（重金屬全量-第一次）	7-56
表 7.3-19	底泥調查檢測結果（重金屬全量-第二次）	7-58
表 7.3-20	底泥調查檢測結果（重金屬全量-酸消化法）	7-60

表 7.3-21	王水消化與酸消化方法比較表	7-61
表 7.3-22	底泥調查檢測結果（PCB、戴奧辛及其他含氯化合物-第一次） ...	7-62
表 7.3-23	底泥調查檢測結果（PCB、戴奧辛及其他含氯化合物-第二次） ...	7-64
表 7.3-24	底泥調查檢測結果（農藥-第一次）	7-65
表 7.3-25	底泥調查檢測結果（農藥-第二次）	7-67
表 7.3-26	底泥調查檢測結果（PAHs-第一次）	7-68
表 7.3-27	底泥調查檢測結果（PAHs-第二次）	7-70
表 7.3-28	底泥調查檢測結果（AVS 及 SEM-第一次）	7-71
表 7.3-29	底泥調查檢測結果（AVS 及 SEM-第二次）	7-73
表 7.3-30	底泥銅與支流排水銅與其它水質參數之統計分析	7-75
表 7.4-1	河床地形測量位置總表	7-76
表 7.4-2	第一次水理資料統計表－淡水河	7-81
表 7.4-3	第一次水理資料統計表－新店溪	7-82
表 7.4-4	第一次水理資料統計表－大漢溪	7-83
表 7.4-5	第二次水理資料統計表－新店溪	7-89
表 7.4-6	第二次水理資料統計表－淡水河	7-90
表 7.4-7	第二次水理資料統計表－大漢溪	7-91
表 7.4-8	第三次水理資料統計表－新店溪	7-97
表 7.4-9	第三次水理資料統計表－淡水河	7-98
表 7.4-10	第三次水理資料統計表－大漢溪	7-99
表 7.4-11	河道地形侵淤量計算表	7-106
表 7.4-12	河道地形侵淤量計算表(第一、二次成果比較)	7-107
表 7.4-13	河道地形侵淤量計算表(第一、三次成果比較)	7-110
表 7.4-14	斷面侵淤比較表	7-113
表 7.4-14	斷面侵淤比較表(續)	7-114
表 7.4-15	各流域主要橋梁距河口距離	7-123
表 7.4-15	鑽探結果表	7-143
表 7.4-16	三組斷面之探測結果比較表	7-145
表 7.4-17	地球物理方法探測淺層河床地質分層之比較	7-145

表 8.3-1	支流排水水量與污染負荷量	8-10
表 8.3-2	模式驗證誤差分析	8-11
表 8.4-1	底泥污染傳輸模式水質參數敏感度分析	8-19
表 9.3-1	底泥污染整治情境設定	9-11
表 9.3-2	各底泥污染整治情境改善效益分析	9-19
表 10.1-1	底泥空間資料庫格式	10-2
表 10.1-2	水質空間資料庫格式	10-7
表 10.1-3	污染程度對應圖示	10-10

報告大綱

本計畫共分為 11 個章節，內容包含前言與工作內容、底泥污染特性與傳輸文獻回顧、現場採樣流程與歷年監測彙整、河床地形與地物探測方法、底泥與水質污染傳輸模式建置、國內外底泥處理方式及管理策略、範例河川河段環境調查、大漢溪模式建置及模擬、模式模擬情境分析、其他事項、結論與建議等。

第一章為「前言與工作內容」，主要說明本計畫之緣起、計畫目標、工作項目及執行進度等背景概況。

第二章為「底泥相關文獻回顧」，內容為國外有關底泥定義、污染來源、污染傳輸模式之文獻彙整。

第三章為「現場採樣流程與歷年監測彙整」，主要建立現場採樣作業規劃流程以及說明必須注意的事項，並蒐集彙整歷年 11 條重點河川基本監測資料。

第四章為「河床地形與地物探測方法」，主要說明河床地形測量與地物探測的目的、原理及方法。。

第五章為「底泥與水質污染傳輸模式建置」，主要說明底泥傳輸概念、使用模式之選定方式、模式之建立與演算機制等。

第六章為「國內外底泥處理方式及管理策略」，主要彙整現行底泥處理方式、疏濬與處理方式之應用評估、蒐集國外底泥品質管理策略及品質指引、國內底泥品質指標及探討目前我國其他法規與底泥管理關聯性，最後提出底泥品質管理策略方案之一般性建議通則

第七章為「範例河川河段環境調查」，主要說明本計畫針對由 11 條重點河川擇一調查之篩選方式、調查河川(大漢溪)之採樣調查規劃，以及實際採樣分析調查結果，並說明河川水深地形調查之位置、方法與結果，及嘗試應用地球物理方法探測底泥厚度之成果。

第八章為「大漢溪模式建置及模擬」，主要說明模式中的網格切分方式、模式演算情形、傳流效應與參數敏感度分析。

第九章為「模式模擬情境分析」，主要說明水污染管制情境分析、底泥污染整治分析，以及水體底泥綜合整治情境模擬情形。

第九章為「其他事項」，說明 GIS 系統建置情形及其他事項。

第十章為「結論與建議」。

行政院環境保護署計畫成果摘要(詳細版)

計畫名稱：底泥污染來源及傳輸模式調查計畫—以重點河川為例

計畫編號：EPA-100-GA102-02-A232

計畫執行單位：美商傑明工程顧問(股)台灣分公司

計畫主持人(包括協同主持人)：陳建宏

計畫期程：100 年 8 月 25 日起至 102 年 2 月 24 日止

計畫經費：21,800,000 元整

摘要

本計畫的核心在於建立合適的底泥管理架構及構建底泥水理水質模式，因此工作架構為參考國外執行經驗及現場調查結果，提出適宜管理架構及技術分析工具，並據此挑選案例進行污染傳輸模擬，透過情境模擬提出合適之行動管理策略建議。

計畫展開後，首先蒐集相關資料與文獻，並建立採樣規劃流程、河床地形測量及底泥地物探測等基本調查原則，並優選 WASP 作為傳輸模式。在選定大漢溪為調查之河川河段後，隨即展開前述各項現場調查工作，藉由蒐集相關調查之模式參數，開始建置傳輸模式。

採樣調查結果顯示，底泥重金屬以銅、鋅、鎳等項目有超過上限值之狀況，其中又以「銅」超過上限值之樣品比例最高，若由污染空間分布來看，其污染程度以浮洲橋至新海橋段最為嚴重，污染可能來源應與週遭支流排水有關。河床地形測量結果顯示颱風暴雨對於大漢溪河道有明顯的沖刷現象，影響底泥在河床中的傳輸行為；地物探測結果顯示透地雷達與聲納法可作為底泥沉積厚度之初步篩選工具。

依據水質與底泥相關性分析與模式模擬結果顯示，若水質未改善，污染

源仍持續排入，則底泥污染物濃度將逐漸上升，即便是將污染底泥清除後，經過若干年底泥濃度仍會持續上升並超過上限值；反之若水質改善，假設污染能夠零排放時，底泥即使未疏濬移除，濃度也將逐漸下降。依情境模擬結果，底泥挖除後若能配合有效地排放管制，使全流域水質達到標準值，則可有較長的時間(約 30~40 年)維持底泥不超過品質指標上限值。

根據國外底泥管理架構與行動策略，底泥是否須進行復育或污染改善，應以底泥品質指標值為基準，作為管理行動起動點，並藉由生態及健康風險評估、整治效益等考量，及視場址特性及背景條件，評估實際造成之風險與效益，提供作為底泥管理或整治決策之考量。以大漢溪為例，調查結果及統計分析證明底泥與水質具有相關性，且主要支排流域之區域皆為易造成重金屬污染之行業別，因此底泥管理策略應優先管制事業污染排放，降低支流排水污染負荷量。

The main focus of the project is the development of a sound framework for assessing and managing river sediment quality. A robust assessment tool (with hydrodynamic and water quality models for the sediment system) to track the fate and transport of heavy metals in rivers and sediments has been developed to support the assessment analysis. Deriving the experience from other countries, the results of the field work and model simulations in this study formed the basis of a comprehensive assessment and management framework, which was then used to evaluate a range of sediment restoration scenarios for the select river system. The assessment outcome was then incorporated into the management strategies and recommendations for the sediment clean-up effort.

The project work started with data and information gathering and field program development for collecting hydrographic data of the river system and geophysical surveys of the sediment system. The water quality modeling framework, WASP from US EPA was adopted as the platform for developing the fate and transport model of the Dahan River in Taipei, selected as the target river

system for this project. Subsequent field work conducted in the Dahan River provided the necessary data for model development, calibration, and verification of the model.

Results from the field program revealed that existing levels of copper, zinc, and nickel in the Dahan River sediments exceed the water quality criteria with copper the metal most frequently violating the standard. The river portion between the Fu-Chou Bridge and Xinhai Bridge is found having the highest metal concentrations in the sediment as a result of the significant metal loads from sources in the watershed. Geophysical survey data indicated typhoons have a massive impact on the morphology of the river channel with significant erosion resulted from these events. In addition, results from the ground-penetrating radar and sonar readings suggest that they can be a useful screening tool to quantifying sediment transport (i.e. shoaling) in the Dahan River.

The WASP model simulation results indicated that metal levels in the Dahan River sediments will continue to rise if no actions were taken to reduce the metal input. On-site removal of the contaminated sediments would only be a temporary measure to lower the metal contents in the sediment before the return of the contamination if the external inputs are not curbed. On the other hand, complete removal of the external metal input would significantly lower the metal levels in the river water followed by subsequent reductions of the metal contents in the sediment even without on-site dredging. Further, removing contaminated sediments along with control of the external inputs would be the preferred strategy to gradually restore the river sediment system to within the metal thresholds in 30- 40 years.

Sediment studies reported in the literature mostly suggest that sediment quality criteria be the basis for the development of control strategies and remediation actions to restore the sediment systems. Other contributing factors

such as ecological and health risk considerations could also be incorporated into the assessment. The field data and model results from the Dahan River study indicated that the sediment quality is closely related to the water quality in the river with the external metal input as the major source of contamination. Controlling external metal inputs is therefore viewed as the top priority in the effort to restore the sediment system.

前言

歷年河川水體及底泥品質監測結果，約有 1/3 的河川水體及底泥達到嚴重污染的等級，而受污染的底泥清除與否，其對水域生態環境影響、底泥清理的標準、清理的先後順序，以及是否需要先進行河川水體整治等，牽涉跨部會政策管理層面問題，與清理整治技術不確定性等，均為極待釐清的重要課題。

爰此，環保署研擬「底泥污染來源及傳輸模式調查計畫-以重點河川為例」各項工作內容，冀藉由本計畫之執行，擬篩選國內一條重點河川進行底泥與水質調查，藉由適當的底泥分布調查與採樣檢測、河床地形量測及水理參數的取得，建立底泥污染傳輸模式並進行水理水質之模擬，以瞭解底泥受河川水質之影響，並做為後續底泥管理行動方案與相關政策研修之參考。

執行方法

本計畫包含基本資料及文獻蒐集、相關現場調查工作、水理水質模式建立及研提底泥管理建議等工作，工作流程如圖 1 所示。本計畫的核心在於建立適當的水理水質模式，依現場調查的參數與結果，進行污染傳輸模擬，並依模擬結果提出合適之行動管理策略建議，

選擇適用的模式，應考量目標水體適用性、模擬項目是否符合計畫目標、是否包含水理計算、模式可擴充性、模式取得方式與公開性、在地模式應用經驗等因素，並進行模式建置與校調工作。

在建立合適之水理水質模式前，必須進行基本資料蒐集，並根據所蒐集的資料，規劃及辦理現場調查工作，包括底泥及水質採樣布點及分析、河床地形測量、地球物理探測等，相關現場調查資料則可回饋至模式建置及校調。

模式建置完成後，即進行不同情境之污染傳輸模擬，評估底泥整治與管理效益，並結合所蒐集之文獻資料，包括國內外相關法規、環保先進國家之底泥與河川污染管理政策、國內現行水體底泥處理技術，評析國內外各種底泥疏濬與處理技術之實際應用性，並配合水理水質模式結果，進一步輔助評估水質污染程度與其導致底泥污染超過品質指標之關聯性及應採取應變措施，並依本計畫調查評估結果及環保署研擬之底泥品質指標等相關子法，研提河川、湖泊及灌溉渠道等地面水體之底泥管理行動策略建議。

結果

1. 由傳輸文獻可知國外有關底泥定義、污染來源、污染傳輸模式等資訊皆有相當廣泛的探討，底泥之生成主要來自水體中微小粒徑之固態物質沉積作用，底泥污染來源則包含水中污染物隨懸浮物質之沉降、點源的側入流(lateral flow)、或是遭棄置廢棄物所造成，污染傳輸機制則可以1階衰減行為(1st-order decay)，代表總物質在水體或底泥中之反應行為。
2. 如何選擇適合的採樣點，取得可靠數據研判污染來源，為底泥管理工作之首要關鍵。本計畫已結合環境檢驗所公告方法，提出在追查河川水體底泥污染來源時，底泥採樣規劃流程，包括前置作業、採樣點、採樣時機及檢測項目等之規劃，及其他應注意事項。

3. 河床地形結果顯示，在颱風前後大漢溪河道具有明顯的沖刷現象；地物探測河川底泥厚度結果，證明地電阻法不適用，透地雷達與聲納法則可作為底泥沉積厚度之初步篩選工具，且技術限制因子為探測深度。
4. 經評估 WASP 模式可演算重金屬或毒性物質在底泥與水體間垂向 2D 傳輸與交互作用，並外掛其他水理模式（如 HEC-RAS）與應用 TOXI 模組，補充穩態演算及探討毒性物質之傳輸行為，因此選用 WASP 為本計畫之傳輸模式。
5. 評估底泥是否須進行復育或污染改善，邏輯上應以底泥品質指標值，作為管理行動起動點，並進一步進行生態及健康風險評估、整治效益及技術可行性評估等，依實際發生之危害性風險，決定底泥管理與整治行動決策。
6. 大漢溪採調查結果顯示，污染程度以浮洲橋至新海橋段最為嚴重，銅、鋅、鎳三項皆超過底泥品質指標上限值。由水質檢測結果亦可知，調查河段底泥品質在支流排水匯入後濃度增加，且支流排水之水質污染明顯較高，且經進行統計分析結果，底泥與水質具有相關性，因此週遭支流排水應為造成河段底泥品質濃度偏高之原因。
7. 由模式模擬結果，若水質未改善，污染源仍持續排入，則底泥污染物濃度將逐漸上升，即便是將污染底泥清除後，經過若干年底泥濃度仍會持續上升並超過上限值，使底泥清理顯得效益不佳；反之若水質改善，假設污染能夠零排放時，底泥即使未疏濬移除，濃度也將逐漸下降。

結論

本計畫主要在蒐集及探討國內外經驗及文獻後，針對河川底泥污染管理之現場調查、分析工具、管理決策等工作提出作業流程，並利用大漢溪案

例進行該流程之回饋。以下針對各面向提出本計畫之結論如下。

1.底泥來源及傳輸機制探討

- (1) 底泥來源分析:底泥之生成，主要來自水體中微小粒徑之固態物質沉積作用，依據國內外文獻及相關研究顯示，其來源包含水庫洩洪及排泥清淤、河道輸砂、水生動植物之生物殘屑、或自大氣沉降至水中之微塵等，因此污染行為也依循上述途徑進入底泥，其中以水中污染物隨懸浮物質之沉降、點源的側入流(lateral flow)、非點源污染或是遭棄置廢棄物為大宗。另在時間上，造成底泥污染以長時間排放與累積為主，短時間的水體高污染負荷並不會對底泥品質造成太大的影響。
- (2) 底泥傳輸機制:河川水體與底泥中，污染傳輸機制應考量水體流動、介面延散、吸附沉降、再懸浮、光解(photolysis)、揮發(volatilization)、水解(hydrolysis)、電離(ionization)、生物降解(biodegradation)、衰減、酸鹼中和等機制。依國外文獻及經驗回饋，在資料缺乏或傳輸機制較難明確釐清或定義等限制下，應考量水體懸浮固體行為(以淨沉降來代表)，並輔以傳流、延散、吸附與總體 1 階衰減行為(1st-order decay)，來代表關鍵污染物質在水體與底泥中之主要反應機制。

2.現場調查工作流程規劃

- (1) 訂定適宜布點與採樣作業流程:為使採樣布點能有效掌握污染潛勢及熱區，本計畫依循環境檢驗所公告之底泥採樣方法，透過背景分析、釐清可能污染來源潛勢，並針對其特定污染源、熱區等，制定一作業流程，其包括布點原則、分析項目等，以取得可靠數據研判污染來源，進而提供較具代表性資訊供後續模式應用或決策參考。其中布點原則主要透過污染來源潛勢分析後，將資源重點放在高污染潛勢區之前後(例如側入流)，其餘污染潛勢較低區塊則以普查概念進行布點，以有效利用資源。

(2) 透過地形測量掌握河床沖淤分布狀況:由於台灣河川特性多屬於短且急，底泥在河床之分布易受水文環境影響而呈動態分布，依據國內外經驗可知，河川沖淤會影響河川底質厚度。因此本計畫辦理河床地形調查之目的，除了提供河川數值化斷面，供模式水理演算資訊及進行網格劃分檢討之外，另外目的也是掌握計畫區間河床於枯水季期間及豐水季或颱風洪水後之河道地形變化，了解各河段及區域底泥侵淤情形，以利模式或後續管理參考。另依本計畫於大漢溪之調查結果顯示，颱風或暴雨事件會對大漢溪河道造成明顯的沖刷現象，並於下游段進行淤積現象，整體河床底部高程會維持一動態平衡，這可提供後續整治策略評估上之參考，尤其是濬泥工程。

(3) 評量適宜底泥厚度探測方法:底泥厚度之探測及決定牽動著後續整治工程規模大小，本計畫嘗試利用現有常用的地球物理探測技術(透地雷達、地電阻、聲納法)，來探討其方法優缺點及適用性。經由本計畫採用不同河川條件(如水深、鹽度等)進行分析可知，除了地電阻法較不適用外，其他二種技術可在不同的探測深度下發揮較佳功能，例如當深度在 5 公尺以內，透地雷達有最佳解析，聲納法亦佳；探測深度介於 5~10 公尺間，則以聲納法為主，透地雷達為輔；若探測深度大於 10 公尺，則僅有聲納法較適合；另本計畫為求結果完善，結合同步水上鑽探，結果證明透地雷達與聲納法之結果與鑽探結果相似，後續應可作為底泥沉積厚度之初步快篩工具。

3.底泥污染傳輸模式建立

(1) 建立適用模式評估原則:依據先前文獻回顧與國內河川現有特性與資料狀況，以當前底泥污染防治與管理目標為前提，建立相關評估原則如下: A.考量目標水體適用性、B.模擬項目是否符合計畫目標、C.是否包含水理計算、D.模式可擴充性、E.模式取得方式與公開性、F.在地模式應用經驗等因素。另考量模式必須能演算底泥與水體間之相互影響，其水體與底泥應分層模擬，其傳輸機制至少應為垂向 2D。若該水體處於水理狀況特殊(例如感潮或水力變化大等)，則應考量外掛其他水理模

式（如 HEC-RAS）以補充原水質模式內水理演算之不足。

- (2) 資料短缺上之參數設定方式:由於模式所需設定參數眾多，通常必須簡化維度或限縮參數自由度，避免模式因過度參數化，反而使輸入資料與模擬成果的關聯性下降，然而為使模擬結果足以正確表現與現實相符之趨勢，必須調整參數，避免誤差產生而降低模式可信度。本計畫為使參數設定符合理論與實況，除參考國外經驗值外，亦透過參數敏感度分析，測試參數對模式演算成果的影響與變動範圍，其模擬成果良好。
- (3) 建立大漢溪底泥傳輸模式:依據評估原則及參數設定方法，蒐整歷年資料進行來源分析，並透過現場水質與底泥品質調查，選用 WASP 做為大漢溪底泥傳輸模式以及模式初步驗證，該模式可充分反應大漢溪水質與底泥之現況，並據此提供後續管理策略訂定之各項情境模擬，以評析整治策略效益。

4. 底泥管理策略建議

- (1) 完成底泥管理架構初擬:參考國外底泥管理架構與國內現行執行方案，底泥進行復育或污染改善時，應以底泥品質指標值為基準，作為管理行動起動點；若超過品質指標則先評估是否具有危害風險，若為低風險則加強監測，高風險則接續評估整治技術可行性與經濟效益；若整治效益低，後續應加強風險管理行動，若整治效益高且技術可行，則評估採行現地處理、離地棄置或資源化處理等工法。整體流程視場址特性及背景條件，並藉由生態及健康風險評估、整治效益等考量，評估實際發生之風險，提供作為底泥管理或整治決策之考量。
- (2) 水質與底泥品質呈正相關:綜整全台 11 條重點河川歷年監測資料，水質與底泥較常超過「保護人體健康相關環境基準值」與「底泥品質指標上限值」之重金屬項目為銅。另依本計畫調查結果，大漢溪底泥重金屬亦以「銅」超過上限值之樣品比例最高；因此本計畫使用 SPSS 統計

軟體，利用少樣品之無母數統計方式，針對銅進行水質與底泥相關性分析，其結果顯示底泥銅與水中銅具有正相關(相關係數為 0.646)，而且達到顯著水準($P=0.048 < 0.05$)，另比較其與懸浮固體之相關性分析，其相關係數達 0.661，亦呈現具有相關性($P=0.038 < 0.05$)。此調查結果印證懸浮固體、水質與底泥有高度相關，為本計畫關鍵污染物。

- (3) 污染來源追蹤及初篩:以大漢溪為例，本計畫透過支流排水與底泥之調查，掌握關鍵污染物為銅，並據此蒐尋其可能污染來源。經分析與比對事業特性，可發現化工業、印刷電路板製造業、印染整理業、金屬表面處理業、金屬基本工業、晶圓製造及半導體製造業、電鍍業等，疑為造成重金屬污染之行業別，再透過熱區分析，可初步鎖定大安圳導水門、沙崙排水與塔寮坑溪集污區為重要污染來源區域，若能有效管制上述區域內之事業污染排放，降低支流排水污染負荷，將可逐漸改善底泥品質。
- (4) 整治策略效益評估:經由來源分析、調查結果以及熱區初篩後，則可定義出整治對象區段，並據此研擬各項可行整治策略，透過模式模擬評估其整治效益，以供決策參考。本計畫以大漢溪銅污染為例，應用模式進行各項污染整治之情境模擬，包含底泥污染清除後，配合部分水污染排放源管制(針對重大污染源減量排放 50%)、配合高執行效益之水污染減量管制(全流域水體銅濃度達成低於基準值 0.03mg/L)、配合高效益水污染減量管制與現地處理，則底泥品質可分別在 3~6 年、8~10 年、30~40 年內維持品質指標上限值以下。

建議

1. 進行新興污染物調查與納管研究

隨著科技的發展、生活習慣改變以及原物料使用多變等因素，目前各類

水體除原有一般項目外，也陸續出現各類新興污染物，未來應視其對環境的影響性，建議應進行該新興污染物之研究、調查與評估，以做為後續納入管制項目之參考依據。

2. 納入暴雨或豐枯水季之調查:

由本計畫河床地形測量可知，颱風暴雨事件對於底泥傳輸行為具有明顯可見的影響，同時也將影響底泥中污染物的分布情形，建議未來採樣調查時，可安排在颱風暴雨前後，或是豐枯水季各採樣一次，以了解不同水文條件下之污染情形。

3. 推廣底泥厚度快篩工具

本計畫評析常用三種地球物理探測技術，經調查驗證透地雷達與聲納等二種技術較適合判識底泥厚度，雖然厚度趨勢與水上鑽探結果一致，但因為其精度尚未達到公分等級，建議未來透地雷達與聲納法僅可作為底泥厚度初步快篩工具，若要更精確地掌握底泥厚度，建議須再發展其他精度更高之地球物理技術。

4. 結合其他單位共同整治底泥

由歷年監測資料及本計畫調查可知，底泥品質與水質具有相關性，而水體水質又與事業排放有關，若發現底泥超過品質指標值時，可先篩選週遭流域之可疑行業別與事業，進行重點式追蹤稽查，由源頭降低污染源排入後，再擬定底泥後續清除或管理策略。

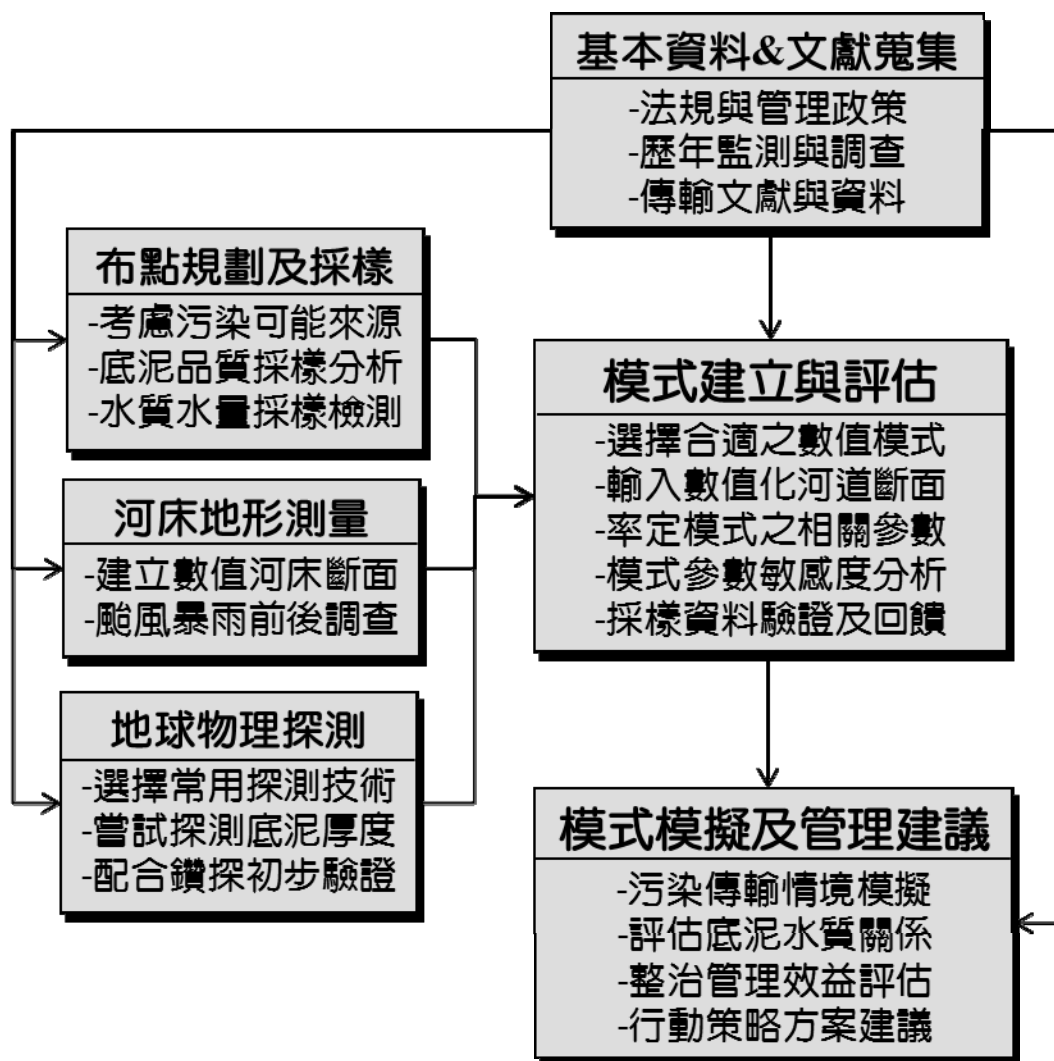
5. 提昇與驗證模式準確性

由於模式所需設定參數眾多，在本土化參數取得不易的條件下，本計畫仍已針對大漢溪建置傳輸模式雛形並進行情境模擬，建議後續仍應再補充水質水量及底泥調查，更新模式環境參數與污染排放量，並將常數型態參

數空間化，以提升模式準確性，強化策略評估效果。

6. 持續推廣及建立各類水體調查及分析工具

本計畫係以模式模擬為主軸，透過歷史資料蒐集與一系列的採樣布點調查，模擬大漢溪在不同情境下之底泥整治效益及管理策略。建議後續可參仿本計畫調查方式及經驗，進一步推廣至其他河川，甚至是其他水體(例如湖泊、水庫、河口、港灣等)，評估各類水體底泥中重金屬或是有機化合物之傳輸關鍵因子，或是基於減省資源而以歷史監測數據較常出現之污染物為主，並依各河川的現場條件因地制宜辦理現場檢測調查，建立初期底泥污染傳輸模式，進而評估後續各項污染改善措施之成效，以做為行政部門進行流域環境管理與施政之參考。



圖一 本計畫工作架構與整體工作流程

前言與工作內容 *1*

行政院環境保護署

底泥污染來源及傳輸模式調查計畫－以重點河川為例

第一章 前言與工作內容

1.1 計畫緣起與目的

底泥一般可定義為由砂、粘土、粉土及其他物質混合並沉降在水體底層的軟質混合物，上述顆粒可能來自受侵蝕的土壤礦物或經分解的動植物碎屑等天然有機物或人為污染物，經由物理或生化反應後沉積於水體底部(Bortone,2007)。從生態角度來看，底泥除了可以供給水中生物棲息地及食物來源外，並在水體生態系統中的營養鹽循環扮演重要角色，當底泥中累積的毒性污染物質達到足以危害人體或生態環境健康時，即須評估對整個底泥環境甚至水體採取適當的處置措施，而污染物質會在底泥與水體間相互傳輸，底泥的清理效益亦與水體的污染程度有關，因此底泥的管理與管制實為一多面向的議題。

為瞭解國內河川環境品質並進行流域管理，行政院環境保護署（以下簡稱貴署或環保署）自 86 年起整合署內水保處、監資處、毒管處及檢驗所等單位進行跨組室河川環境調查計畫，並已陸續完成 27 條中央及縣市河川底泥之重金屬(銅、鋅、鎳、鉻、砷、鎘、鉛及總汞)及其他有機污染物之調查。在河川水體及底泥品質監測結果約有 1/3 的河川水體及底泥達到嚴重污染的等級，而受污染的底泥清除與否，其對水域生態環境影響、底泥清理的標準、清理的先後順序，以及是否需要先進行河川水體整治等，牽涉跨部會政策管理層面問題，與清理整治技術不確定性等，均為極待釐清的重要課題。

爰此，環保署研擬「底泥污染來源及傳輸模式調查計畫-以重點河川為例」各項工作內容，冀藉由本計畫之執行，擬篩選國內一條重點河川進行底泥與水質調查，藉由適當的底泥分布調查與採樣檢測、河床地形量測及水理參數的取得，建立底泥污染傳輸模式並進行水理水質之模擬，以瞭解底泥受河川水質之影響，並做為後續底泥品質指標建立、底泥品質管理行動方案，與相關政策研修之依據。

1.2 計畫目標

依據合約內容，本計畫主要目標包括：

- 一、評析國內外底泥品質及污染河川之關聯性
- 二、建立本土化底泥及河川間之污染傳輸模式及調查影響關鍵因子
- 三、研提國內底泥品質受河川污染管理方式與行動策略建議
- 四、建置底泥品質及河川水質地理資訊系統

1.3 計畫工作內容

依據合約內容，本計畫主要工作內容包括：

一、評析國內外底泥品質及污染河川之關聯性

- (一) 蒐集彙整國內外底泥及河川污染關連性之技術研究報告。
- (二) 蒐集彙整國內外底泥及河川污染管理法規及政策執行現況。
- (三) 依上述資料彙整結果，提出底泥性質與河川水質相關研析報告。

二、建立本土化底泥及河川間之污染傳輸模式及調查影響關鍵因子

- (一) 以 貴署「全國水體環境水質改善及經營管理計畫」之 11 條重點整治河川為主，蒐集彙整歷年水體環境及底泥監測資料，評估分析後提出「優先調查河川建議名單」，且經 貴署同意後方可進行後續工作。
- (二) 依據工作項目一的評析結果，提出適合本土化之傳輸模式及其影響參數，經 貴署同意後方可展開調查工作。其調查工作至少須包含以下項目(各項工作項目，以實作數量計價)：

1.背景環境調查

(1)河床地形量測

河床施測方式應考量季節變化，得採連續性方式量測，量測次數不得少於 3 次。

(2)底泥分布調查

以國內實務經驗，應用適當地球物理技術(如水上透地雷達、水上地電阻法及震測法等)，探測河川底泥之厚度及河床斷面地層分佈，以做為後續河川底泥分佈調查，以及河川底泥清理數量規劃之參考依據。

(3)底泥性質調查

配合河床地形量測結果，篩選適當河段之斷面(至少 4 處)進行採樣調查。每橫斷面依河川寬度平均分佈採樣點(至少 5 點)，每採樣點於垂直方向再分表層及底層兩段，於每段各採集 1 組樣品進行分析，檢測分析項目至少包括：

A.底泥粒徑、含水率及底泥需氧量。

B.無機污染物分析，包括：重金屬(含砷、鎘、鉻、銅、汞、鎳、鉛、鋅、鐵及錳等)、酸揮發性硫化物(Acid Volatile Sulfide, AVS)及可同步萃取之重金屬(Simultaneously Extracted Metals, SEM ,SEM- Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Ag)等。

C.有機污染物分析，包括：半揮發性有機污染物(含 1,2-二氯苯、1,3-二氯苯及六氯苯等)、總有機碳、多環芳香烴(16 種化合物)、有機氯農藥(含阿特靈、可氯丹、二氯二苯基三氯乙烷(DDT)及其衍生物、地特靈、安特靈、飛佈達、毒殺芬及安殺番等)、多氯聯苯及戴奧辛等。

(4)水質水量調查

水質水量調查共計 20 組樣品，檢測項目應至少包括流量、水溫、pH、導電度、溶氧、生化需氧量、氨氮、懸浮固體、化學需氧量、總磷、重金屬(含砷、鎘、鉻、銅、汞、鎳、鉛、鋅、鐵及錳等)、有機氯農藥(含阿特靈、可氯丹、二氯二苯基三氯乙烷(DDT)及其衍生物、地特靈、安特靈、飛佈達、毒殺芬及安殺番等)等。

2.模式參數調查評估

- (1)於優先調查河川之河段，擇定適當斷面進行採樣分析。
- (2)底泥分析共計40組樣品，項目包含重金屬（含砷、鎘、鉻、銅、汞、鎳、鉛、鋅、鐵及錳等）、總有機碳、總磷、正磷酸根、底泥需氧量、鹼度、氧化還原電位、導電度及陽離子交換容量等。
- (3)水質分析共計20組樣品，項目包含重金屬（含砷、鎘、鉻、銅、汞、鎳、鉛、鋅、鐵及錳等）、總有機碳、總磷、正磷酸根、溶氧、鹼度、pH值、氧化還原電位、導電度及水溫等。

3.完成底泥品質受河川水體水質間影響推估模式

- (1)河道斷面實測資料數值化，建置河道基本環境資料。
- (2)由河川流量與水位實測資料，進行水理模式建置。
- (3)應用水理模式演算河川水質模式所需之水理條件，配合底泥與關切污染物之相關生化反應式，模擬污染物質於河川水體中之傳輸擴散行為。

三、研提國內底泥品質受河川污染管理方式與行動策略建議

- (一) 集彙整國內現行水體底泥之處理技術及處置方式，評析國內外各種底泥疏濬與處理技術之實際應用情形與適用性。
- (二) 依水理水質模式及 貴署陸續公告之底泥品質指標，評估水質污染程度與其導致底泥污染超過品質指標之關聯性，及應採取之必要應變措施。

- (三) 依據本計畫調查評估結果及 貴署底泥品質指標與管理策略等，研提河川、湖泊及灌溉渠道等地面水體之底泥管理行動策略建議，並評估整治後之底泥品質及其對水質改善之效益。(應包括底泥調查方式與移除時機、中間處理方式與限制、應符合或考慮之規範、後續處置方式及限制等)。

四、建置底泥品質及河川水質地理資訊系統

- (一) 本計畫之執行成果數據資料與現有的地理資訊系統進行整合。
- (二) 應規劃建置圖像介面模組，呈現空間特性及資料查詢展示功能。

根據前述合約內容，及本公司過去執行相關河川底泥與水質調查經驗，研擬整體作業架構及流程如圖 1.3-1 所示。本計畫最重要之目的在於應用適當的水理水質模式，進行污染傳輸模擬，依模擬結果提出合適之行動管理策略建議，因此計畫的核心在於水理水質模式。

選擇適用的模式，應考量目標水體適用性、模擬項目是否符合計畫目標、是否包含水理計算、模式可擴充性、模式取得方式與公開性、在地模式應用經驗等因素，並進行模式建置與校調工作。

在建立合適之水理水質模式前，必須進行基本資料蒐集，並根據所蒐集到的資料，規劃及辦理現場調查工作，包括底泥及水質採樣布點及分析、河床地形測量、地球物理探測等，相關現場調查資料則可回饋至模式建置及校調。

模式建置完成後，即進行不同情境之污染傳輸模擬，評估底泥整治與管理效益，並結合所蒐集之文獻資料，包括國內外相關法規、環保先進國家之底泥與河川污染管理政策、國內現行水體底泥處理技術，評析國內外各種底泥疏濬與處理技術之實際應用性，並配合水理水質模式結果，進一步輔助評估水質污染程度與其導致底泥污染超過品質指標之關聯性及應採取應變措施，並依本計畫調查評估結果及環保署研擬之底泥品質指標等相關子法，研提河川、湖泊及灌溉渠道等地面水體之底泥管理行動策略建議。

本計畫包含基本資料及文獻蒐集、相關現場調查工作、水理水質模式建立及研提底泥管理建議等工作皆已完成。各成果如以下各章節。

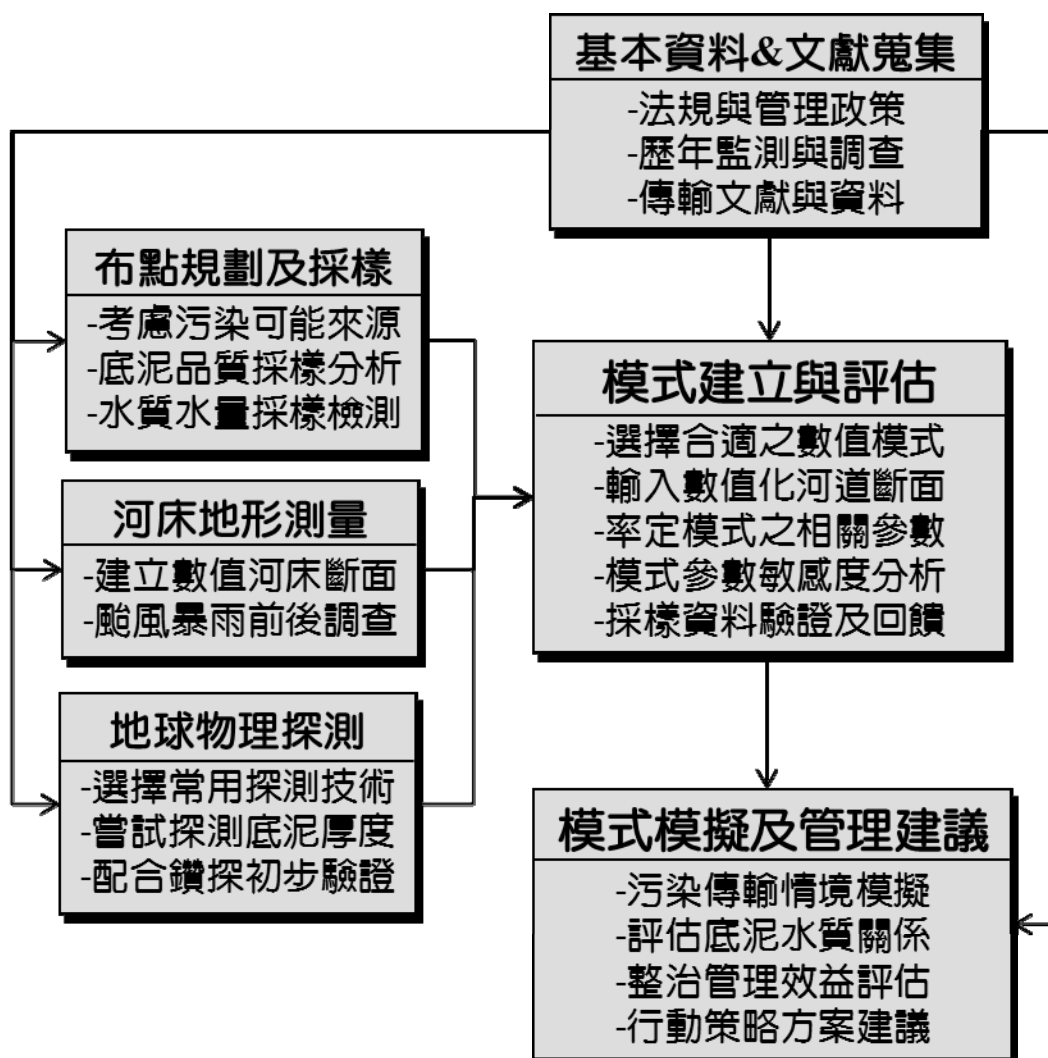


圖1.3-1 本計畫工作架構流程圖

1.4 工作進度說明

依據合約規定，本計畫執行期間自民國 100 年 8 月 25 日起至 102 年 2 月 24 日止完成(含星期例假日、國定假日或其他休息日)，預定工作進度詳見表 1.4-1，環保署亦於 100 年 9 月 1 日召開本計畫之範疇界定會（會議紀錄詳本報告之附錄一）。目前已完成合約中各工作項目需求，包括：

- 一、提出品保規劃書。
- 二、蒐集彙整國內外底泥技術研究文獻報告。
- 三、重點河川監測資料彙整分析。
- 四、建立調查河川河段之評估篩選因子，並完成調查河段篩選。
- 五、針對擬調查之河川河段(大漢溪)，完成現場調查採樣規劃。
- 六、完成第三次河床地形測量。
- 七、完成地球物理探測。
- 八、完成第一、二次底泥水質採樣調查及檢測分析。
- 九、水理水質模式建置完成，並進行情境模擬。
- 十、根據模擬結果，提出底泥管理建議。
- 十一、規劃 GIS 圖形介面架構。

本計畫於執行前期，完成蒐集國內外底泥技術研究文獻報告，包括近十年之期刊論文與技術文件等，並蒐集研析國內重點河川水質與底泥歷年相關調查報告後，隨即研擬調查河川河段之評估篩選因子，包括底泥污染情形、水質污染情形、河床底泥量、是否有大型水利或疏浚工程施作，以及其他因子等。根據評估篩選因子，優選大漢溪為本計畫之調查河段。

在確認調查河段為大漢溪後，本計畫針對擬調查之大漢溪，進行現場調查採樣規劃，包括河床地形量測、地球物理探測、底泥與水質水量之布點規劃等，並於第一次工作進度報告審查通過後，陸續啟動相關之現場調查及分析工作，接續

則是建立水理水質模式，並應用模式模擬不同情境下，污染物質於河川水體中之傳輸擴散行為，及進行情境模擬，並依模擬結果研擬底泥管理行動策略之建議參考。

本計畫工作項目及內容皆符合約定進度要求，執行進度與查核說明如表 1.4-1 如及表 1.4-2 所示。

表 1.4-1 預定工作進度

年 月 工作項目	100					101												102	
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
1. 議價簽約/範疇界定會議	▲																		
2. 品保規劃書提送/審查作業				■															
3. 國內外底泥技術研究文獻報告彙整		■	■	■															
4. 重點河川監測資料彙整分析		■	■																
5. 評估篩選因子建立與河段篩選			■	■															
6. 河床地形量測					■	■	■				■			■					
7. 地球物理探測						■	■	■											
8. 採樣調查規劃與執行				■	■	■	■	■											
9. 底泥/水質樣品檢測分析								■	■										
10. 模式參數調查與評估										■	■	■							
11. 檢測結果分析與水理水質模式建立								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
12. 底泥品質管理方案策略建議													■	■	■	■	■		
13. GIS 圖形介面架構設計										■	■	■							
14. GIS 圖形介面系統建置													■	■	■	■	■		
15. 預定進度累積百分比(%)	2	8	18	30	35	40	45	50	54	58	62	70	75	80	85	90	93	97	100
16. 審查會、工作檢討會之召開				▲ 進度 報告								▲ 期中 報告						▲ 期末 報告	

預計執行進度 ■ ■ ■ 實際執行進度 ■■■■

表 1.4-2 本計畫進度查核重點

查核點	預定完成時間	查核內容說明
第一次工作進度報告	民國 100 年 11 月 30 日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 品保規劃書 2. 國內外底泥技術研究文獻報告彙整(包括：底泥性質與河川水質相關性研析報告) 3. 提出「優先調查河川建議名單」(欲調查河川河段於第一次工作進度報告前之例行會議確認)，包括： 4. 重點河川監測資料彙整分析 5. 評估篩選因子建立與河段篩選 6. 提出欲調查河川河段之採樣調查規劃書(包括：地形測量、地物探測、水質與底泥採樣之規劃)
期中報告	民國 101 年 7 月 15 日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第 1、2 次河床地形量測 2. 底泥厚度及地層分佈調查(地球物理探測) 3. 底泥性質調查採樣及檢測分析 4. 水質水量採樣及檢測分析 5. 模式參數調查與評估(第二次採樣分析) 6. 水理水質模式建置 7. 期中報告提送與審查
期末報告	民國 102 年 1 月 24 日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第 3 次河床地形量測 2. 模式校正與模式模擬 3. 彙整評研國內外底泥疏濬處理技術 4. 研析底泥品質指標與水質污染程度關聯性 5. 建議底泥品質管理行動策略方案 6. 調查結果圖形化展示介面規劃建置 7. 後續工作內容規劃 8. 期末報告提送與審查

表 1.4-3 本計畫主要工作量化成果(統計至 102.1.24)

項次	工作項目	單位	契約數量	完成數量	完成百分比	備註
一	提送品保規劃書	式	1	1	100%	已完成(於第一次工作進度報告提出)
二	國內外底泥技術研究文獻報告彙整	式	1	1	100%	
三	重點河川監測資料彙整分析	式	1	1	100%	
四	評估篩選因子建立與河段篩選	式	1	1	100%	
五	河床地形量測	公里	147	150	102%	共三次，每次約 50 公里
六	地球物理探測					
1	水上透地雷達	公尺	300	720	240%	共三組斷面，每斷面皆應用三種方法施測，共完成約 720m
2	水上地電阻	公尺	300	720	240%	
3	震測法	式	1	1	100%	
七	採樣調查規劃	式	1	1	100%	已完成(於第一次工作進度報告提出)
八	底泥/水質樣品採樣及檢測分析					
1.底泥	1 底泥需氧量(SOD)	組	80	80	100%	含第一次背景調查與第二次模式參數調查與評估
	2 重金屬	組	80	85	106%	
	3 總有機碳(TOC)	組	80	82	103%	
	4 酸揮發性硫化物(AVS)、AVS 可同步萃取重金屬(SEM)、半揮發性有機污染物、多環芳香烴、有機氯農藥、多氯聯苯、戴奧辛、粒徑、含水率	組	40	41	103%	
	5 底泥化學性質分析(總磷、正磷酸根、鹼度、氧化還原電位、導電度、陽離子交換容量)	組	40	82	205%	
2.水質	1 水溫、導電度、溶氧(DO)、總磷、重金屬	組	40	40	100%	
	2 酸鹼值(pH)	組	40	46	115%	
	3 流量	組	20	27	135%	
	4 生化需氧量(BOD)	組	20	29	145%	
	5 懸浮固體(SS)、氨氮、化學需氧量(COD)、有機氯農藥	組	20	22	110%	
	6 總有機碳(TOC)、正磷酸根、鹼度	組	20	40	200%	
	7 氧化還原電位(ORP)	組	20	34	170%	
	8 溶解性重金屬、溶解性 BOD	組	-	10	-	
九	水理水質模式建立	式	1	-	100%	已完成，詳第七章
十	底泥品質管理方案策略建議	式	1	-	100%	已完成，詳第八章
十一	GIS 地理資訊系統建置	式	1	-	100%	已完成，詳第九章
十二	審查會、工作檢討會之召開	式	1	-	100%	配合環保署辦理

底泥污染特性與傳輸文獻回顧 2

行政院環境保護署

底泥污染來源及傳輸模式調查計畫－以重點河川為例

第二章 底泥污染特性與傳輸文獻回顧

2.1 底泥之定義及污染特性

底泥之定義，依土壤及地下水污染整治法(以下簡稱土污法)第二條第三項「底泥：指因重力而沉積於地面水體底層之物質」。行政院環境保護署環境檢驗所公告之環境檢測方法(NIEA S104.30C)：「底泥(Sediment)通常是黏土、泥沙、有機質及各種礦物的混合物，經過長時間物理、化學及生物等作用及水體傳輸而沉積於水體底部所形成。表面 0 至 15cm 厚之底泥稱表層底泥(surface sediment)，超過 15 公分厚之底泥稱為深層底泥(deep sediment)。

底泥之生成，主要來自水體中微小粒徑之固態物質沉積作用，其來源包含水庫洩洪及排泥清淤、河道輸砂、水生動植物之生物殘屑、或自大氣沉降至水中之微塵等。其中河道輸砂之砂源，包含河水對河床底質沖蝕、非點源的沿岸漫地流與逕流沖刷，或點源的側入流(lateral flow)等方式隨河水流入主河道。

懸浮質之粒徑組成中，通常粒徑較大或比重較重之顆粒，多迅速沉積於上游河床；而較細小輕微之顆粒形成水中懸浮載隨水體流動與攪動，直至流速較慢之下游河段後，才緩緩沉積於河床之上。若上游有水庫、攔水堰或攔砂壩等水工設施，則粒徑大、比重重之顆粒將直接在上游被攔蓄，僅餘質輕、粒徑小之懸浮固體(suspension solids)隨水流至下游沉積。綜整參考麻省理工學院(MIT)、美國農業部(USGS)、美國公路及運輸協會(ASSHTO)以及統一土壤分類法(ASTM)等土壤分級方式，若將底泥視之為易受水體流動牽引而沉降之物質，則可初步定義河川底泥之組成為粒徑<2mm 之砂(sand)、粉粒(silt)與黏土(clay)之混合沉積物。

考量現實環境中，底泥質地並非由單一粒徑組成，因此亦可參採行政院農委會「土壤質地組成分級法(如表 2.1-2)」，當粉粒組成佔 80%以上，可視為粉土；砂粒組成低於 45%，其餘粉粒及粘粒各佔 40%以下者，可歸類為粘土。樣品經粒徑分析後，組成屬於「粉土」及「粘土」者，即視為「底泥」，並進行後續底泥污染化性分析。

表 2.1-1 粒徑區分比較表

分類方法	粒徑分類(mm)			
	礫(Grain)	砂粒(Sand)	粉粒(Silt)	粘粒(Clay)
MIT	>2	0.06~0	0.06~0.002	<0.002
USDA	>2	2~0.05	0.05~0.002	<0.002
AAHSO	76.2~2	2~0.075	0.075~0.002	<0.002
ASTM	76.2~4.75	4.75~0.0075	<0.075	-
國際法	>2	2~0.02	0.02~0.002	<0.002

1. Massachusetts Institute of Technology, MIT：麻省理工學院；
2. The U.S. Department of Agriculture, USDA：美國農業部；
3. The American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO：美國公路及運輸協會；
4. The U.S. Army Corps of Engineers and U.S. Bureau of Reclamation, ASTM：統一土壤分類方法（美國陸軍工兵及墾殖局）。

表 2.1-2 土壤質地分級法

質地名稱	砂粒(%)	粉粒(%)	粘粒(%)
砂土(Sand)	>85	<15	<10
壤質砂土(Loamy Sand)	70-90	<30	<15
砂質壤土(Sandy loam)	43~85	<50	<20
壤土(Loam)	23~52	28~50	7~27
粉土(Silt)	<20	>80	<12
粉質壤土(Silty loam)	<50	50~88	<27
砂質粘壤土(Sandy clay loam)	45~80	0~28	20~35
粘質壤土(Clay loam)	20~45	15~53	27~40
粉質粘壤土(Silty clay loam)	<20	40~73	<27
砂質粘土(Sand clay)	45~65	<20	35~55
粉質粘土(Silty clay)	<20	40~60	40~60
粘土(Clay)	<45	<40	<40

資料來源：王新傳，70 年 2 月。農業試驗所【特刊】，第 13 號，行政院農業委員會農業試驗所。

一般而言，若水中含有具吸附性之污染物時，將吸附於小粒徑之懸浮質之上，隨其沉積於河床，造成底泥污染；而附著於底泥上之污染物質，亦有可能隨水體環境變動與濃度梯度影響，再度以分子擴散方式緩緩自底泥釋放並溶於河川水體中。

Jones & Turki(1997)指出底泥所累積之污染量隨粒徑分佈不同而異，粒徑小之底泥因吸附性佳、親和力高，容易吸附有機質、營養鹽或重金屬等，加上細小粒徑之底泥具有較大之表面積，其底泥污染負荷量相對較高。

Heniz et al.(1998)則進一步提出底泥污染的顆粒效應(size effect)：當底泥粒徑

愈小，重金屬含量比愈高，底泥污染物常存在粒徑 $2\mu\text{m}$ 以下之顆粒中。

以臺灣境內之底泥污染調查成果顯示，底泥中通常包含可由生物吸收或分解之有機質、營養鹽，或無法由生物吸收分解之毒性物、重金屬等物質，其主要來源除了天然背景值外，更常來自於上游水利工事、生活、事業、畜牧、遊憩等人為開發因素所導致之污染行為，依民國 96 年行政院農委會水土保持局「石門水庫集水區泥砂抑制最佳管理措施規劃」內容指出，其特性可分為內部負荷與外部負荷 2 類。

內部負荷係指污染物原先已沉積於底泥之中，惟河川流場改變或河床底受到擾動時，使底泥再懸浮(resuspension)，原附著於底泥顆粒上之污染物脫附溶於水中，造成水體之懸浮固體、有機質、營養鹽與重金屬濃度增高。此類污染除自然地形變動外，主要還是人為活動所致，如水利工事、採砂、河槽疏濬等，部分工事在竣工後，污染行為亦隨之結束，惟若有永久性水工構造物存在時，如壩體、堰體等，將造成新的流場分布，使污染物質流布與底泥沉積方式隨之改變。

外部負荷係指原本不存在水體與底泥中之污染物，借由沖蝕、側流排放或自大氣沉降方式進入河川之中，此類污染源通常具有時間與空間的隨機性與不確定性，其成因常來自於晴天時期產生之家戶生活污水、工廠事業廢水、犁田施肥或噴灑農藥造成之農業廢水、動物糞便與屠宰過程所排放之畜牧廢水等。此外，國內以往常於河川沿岸之高灘地、水利用地、河床等處進行垃圾就地堆積或掩埋，其滲出物質亦同樣造成水體與底泥之污染，相關污染物質包含重金屬、有機物、大腸桿菌、BOD、懸浮固體、營養鹽、有機質、毒性物、油污等。

彙整 94 年至 102 年間，全國 11 大重點河川底泥之相關調查成果(詳如表 2.1-3)，河床底泥之平均粒徑介於 $1.4\sim 559.0\mu\text{m}$ 之間，其中大漢溪、新店溪、基隆河、淡水河本流、鹽水溪及愛河之底泥粒徑組成變化較大，以粉粒($2\sim 50\mu\text{m}$)與極細砂($50\sim 100\mu\text{m}$)為主要組成，參雜部分細砂($100\sim 250\mu\text{m}$)、中砂($250\sim 500\mu\text{m}$)與粗砂($500\sim 1000\mu\text{m}$)；而南崁溪、老街溪、新虎尾溪、濁水溪，急水溪及二仁溪之底泥粒徑組成較均勻，以粉粒與極細砂為主要粒徑分布。

表 2.1-3 河川底泥檢測相關文獻

年度	計畫名稱	調查河川	檢測項目	委辦單位
102	101 年度新北市水污染整治整合計畫	大漢溪、新店溪、淡水河本流	重金屬、可氯丹、毒殺芬、多氯聯苯、6 種鄰苯二甲酸酯類物質、壬基酚	新北市環保局
101	100-101 年毒性化學物質環境流布背景調查計畫(第二年)	淡水河本流、大漢溪、新店溪、八掌溪、急水溪、曾文溪、高屏溪、林邊溪、花蓮溪、卑南溪	總汞、可氯丹、毒殺芬、6 種有機錫類物質、6 種鄰苯二甲酸酯類物質、4 種多溴二苯醚類物質、壬基酚及雙酚 A、9 種國際關注含氯毒性物	行政院環保署
101	100 年度新北市水污染整治整合計畫	大漢溪、新店溪、淡水河本流	重金屬、可氯丹、毒殺芬、多氯聯苯、6 種鄰苯二甲酸酯類物質、壬基酚	新北市環保局
100	100-101 年毒性化學物質環境流布背景調查計畫(第一年)	南崁溪、中港溪、後龍溪、大安溪、烏溪、鹽水溪、典寶溪、東港溪、蘭陽溪、新城溪	總汞、可氯丹、毒殺芬、6 種有機錫類物質、6 種鄰苯二甲酸酯類物質、4 種多溴二苯醚類物質、壬基酚及雙酚 A、9 種國際關注含氯毒性物	行政院環保署
99	台灣地區主要河川底泥及魚體中壬基酚及雙酚 A 環境流布研究	老街溪、濁水溪、新虎尾溪、二仁溪、愛河	壬基酚、雙酚 A	行政院環保署
99	98-99 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫	淡水河(本流)、大漢溪、新店溪、頭前溪、大甲溪、北港溪、秀姑巒溪、基隆河、客雅溪、朴子溪、將軍溪	總汞、可氯丹、毒殺芬、6 種有機錫類物質、6 種鄰苯二甲酸酯類物質、4 種多溴二苯醚類物質、壬基酚及雙酚 A	行政院環保署
98	毒化物環境流布調查成果手冊	全台共 30 條		行政院環保署
98	河川環境水體整體調查監測計畫	淡水河、南崁溪、老街溪、濁水溪、新虎尾溪、急水溪、鹽水溪、二仁溪、愛河	重金屬	行政院環保署
98	「底泥調查檢測與法規」研討會－底泥生物毒性測試	大漢溪、新店溪、景美溪	生物毒性測試	行政院環保署
98	98-99 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫	愛河、老街溪、新虎尾溪、二仁溪、濁水溪	毒殺芬、總汞、有機錫類化合物、鄰苯二甲酸酯類化合物、壬基酚、雙酚 A 及多溴二苯醚類化合物	行政院環保署
98	97 年度基隆河及淡水河本流影響水質之底泥厚度及性質調查與清除規劃計畫	大漢溪、新店溪、基隆河、淡水河本流	有機物、底泥需氧量	臺北市環保局
97	河川環境水體整體調查監測計畫	冬山河、老街溪、烏溪、二仁溪、後勁溪、牛稠溪	重金屬	行政院環保署
97	河川及河口水質底泥及生物體之環境污染調查與風險評估	老街溪、冬山河、烏溪、後勁溪、二仁溪、牛稠溪、大漢溪	重金屬、壬基苯酚、鄰苯二甲酸酯、多環芳香烴、有機氯農藥、多氯聯苯、戴奧辛	行政院環保署
97	97 年度毒性化學物質環境流布背景調查資料計畫	後龍溪、大安溪、烏溪、急水溪、花蓮溪、卑南溪	可氯丹、毒殺芬、汞、多溴聯苯醚、鄰苯二甲酸酯類	行政院環保署
96	河川環境水體整體調查監測計畫	南崁溪、中港溪、鳳山溪、吉安溪	重金屬	行政院環保署
96	96 年度毒性化學物質環境流佈背景調查資料計畫	南崁溪、中港溪、林邊溪、八掌溪、曾文溪、東港溪、蘭陽溪、鹽水溪	可氯丹、毒殺芬、汞、多溴聯苯醚、鄰苯二甲酸酯類	行政院環保署

表 2.1-3 河川底泥檢測相關文獻(續 1)

年度	計畫名稱	調查河川	檢測項目	執行單位
95	河川環境水體整體調查監測計畫	大漢溪、基隆河、客雅溪(含三姓公溪及海山漁港)、朴子溪、將軍溪、典寶溪、高屏溪、新城溪	重金屬、壬基苯酚	行政院環保署
95	毒性化學物質環境流布背景調查計畫	新城溪、基隆河、客雅溪、三姓公溪、朴子溪、將軍溪、典寶溪、老濃溪、高屏溪	可氯丹、毒殺芬、汞、多溴聯苯醚、鄰苯二甲酸酯類	行政院環保署
95	淡水河江子翠地區河防安全及河川生態棲地檢討規劃	大漢溪、新店溪	物性分析	經濟部水利署十河局
94	河川環境水體整體調查監測計畫〔東港溪、急水溪、曾文溪、新店溪、淡水河本流、鹽水溪流域〕	新店溪、淡水河、急水溪、曾文溪、鹽水溪、東港溪	重金屬、壬基苯酚、有機氯農藥、多氯聯苯	行政院環保署
94	台灣河川水體調查研究計畫	洋子厝溪、二仁溪、阿公店溪、三姓公溪	重金屬、壬基苯酚、鄰苯二甲酸酯、多環芳香烴、有機氯農藥、多氯聯苯、戴奧辛	行政院環保署
94	河川及海洋水質維護改善計畫與斯德哥爾摩公約計畫－毒性化學物質環境流布調查	淡水河、大漢溪、頭前溪、大甲溪、北港溪、濁水溪、二仁溪、三爺溪、秀姑巒溪	可氯丹、汞、多溴聯苯醚、鄰苯二甲酸酯類	行政院環保署
93	河川環境水體整體調查監測計畫〔客雅溪(含三姓公溪)與北港溪流域〕	客雅溪、北港溪	重金屬、有機氯農藥、多氯聯苯、苯酚類	行政院環保署
93	我國河川及河口環境水體品質分析研究	頭前溪、曾文溪、朴子溪及新竹香山鹿港溪、二仁溪、河口	重金屬、壬基苯酚、鄰苯二甲酸酯、多環芳香烴、有機氯農藥、多氯聯苯、戴奧辛	行政院環保署
93	毒性化學物質環境流布調查分析	大安溪、後龍溪、烏溪、八掌溪、急水溪、鹽水溪、東港溪、林林邊溪、花蓮溪、秀姑巒溪、卑南溪	多氯聯苯	行政院環保署
92	台灣地區七條河川水體、底泥污染物及生物相調查分析	蘭陽溪、後龍溪、大甲溪、烏溪、八掌溪、鹽水溪、鳳山溪	重金屬、壬基苯酚、鄰苯二甲酸酯、多環芳香烴、有機氯農藥、多氯聯苯、戴奧辛	行政院環保署
92	環境荷爾蒙調查研究	高屏溪流域	壬基酚、三丁基錫	行政院環保署
92	毒性化學物質環境流布調查分析計畫	大安溪、後龍溪、烏溪、八掌溪、急水溪、鹽水溪、東港溪、林邊溪、花蓮溪、秀姑巒溪、卑南溪	汞、有機氯農藥	行政院環保署
91	台灣河川水體、底泥及生物監測分析研究	南崁溪、客雅溪、中港溪、北港溪、典寶溪、將軍溪	重金屬、壬基苯酚、鄰苯二甲酸酯、多環芳香烴、有機氯農藥、多氯聯苯、戴奧辛	行政院環保署
91	九十一年河川環境水體整體調查監測計畫	二仁溪、蘭陽溪	重金屬、有機氯農藥、多氯聯苯	行政院環保署

表 2.1-3 河川底泥檢測相關文獻(續 2)

年度	計畫名稱	調查河川	檢測項目	執行單位
91	毒性化學物質污染排放調查與模式之建立——一般環境中	淡水河、頭前溪、大甲溪、濁水溪、朴子溪、曾文溪、二仁溪、高屏溪、蘭陽溪	有機氯農藥、多氯聯苯	行政院環保署
90	二仁溪高屏溪水體環境分析研究報告	二仁溪、高屏溪	重金屬、多環芳香烴、戴奧辛	行政院環保署
90	毒性化學物質環境流布暴露調查分析		鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	行政院環保署
89	高屏溪、東港溪水體環境分析研究報告	東港溪、高屏溪	重金屬、多氯聯苯、戴奧辛	行政院環保署
88	河川環境水體底泥整體調查監測計畫	高屏溪、澄清湖	重金屬、多環芳香烴、有機氯農藥	行政院環保署
87	淡水河水體環境分析及研究	淡水河、頭前溪、朴子溪	重金屬、多環芳香烴、多氯聯苯、戴奧辛	行政院環保署
87	河川底質監測調查技術研究	大漢溪、烏溪、二仁溪	重金屬、多環芳香烴、有機氯農藥	行政院環保署
84	淡水河系河川曝氣底泥清除及下水道聯接使用計畫對河川水質改善程度評估	大漢溪、新店溪、基隆河、淡水河本流	底泥需氧量、重金屬、硫化氫	行政院環保署

表 2.1-4 重點河川沉積物粒徑統計

河川名稱		粒徑平均值				調查年度
		最小值 (μm)	最大值 (μm)	平均值 (μm)	粒度	
淡水河	大漢溪	10.2	195.7	49.3	粉粒	95, 98
	新店溪	3.9	159.1	40.6	粉粒	94, 98
	基隆河	11.5	559.0	76.5	極細砂	95, 98
	淡水河本流	2.2	248.3	26.8	粉粒	94, 98
南崁溪		17.9	97.1	58.5	極細砂	96, 98
老街溪		32.7	68.2	44.9	粉粒	97, 98
新虎尾溪		1.4	15.8	7.2	粉粒	98
濁水溪		9.0	52.7	27.4	粉粒	98
急水溪	六重溪	2.2	9.6	5.9	粉粒	98
	急水溪	2.0	20.9	14.7	粉粒	98
鹽水溪	潭頂溪	22.3	41.2	30.4	粉粒	98
	鹽水溪	12.0	107.9	42.4	粉粒	98
二仁溪	三爺溪	3.6	6.8	5.2	粉粒	97, 98
	二仁溪	2.4	44.1	18.1	粉粒	97, 98
愛河		8.1	244.9	57.0	極細砂	98

考量可能存在於河川底泥之污染物質，依目前既有之檢測調查成果，可概分為有機物或無機物，其中有機物可分為容易與耗氧分解之混合物，如生物殘骸等，另一類有機物則屬於難溶於水、不易分解、具有吸附性，生物不易經由代謝作用排出，具有累積毒性，可持續沉積於底泥之中，如有機氯農藥、多氯聯苯(PCBs)等。底泥中之無機物則以重金屬為主，包含銅、鋅、鎳、鎘、汞等，重金屬具有吸附性，不易衰減，可持續沉積於底泥之中，但部分重金屬能以離子態溶於水中。重金屬如銅、鋅、鎳屬於生物體中必要之微量元素，但若重金屬攝取過量，仍具有毒害性，部分重金屬對生物而言則具有致命的急毒性，如砷化物(As_2O_3)、汞化物(MeHg)等。

若以其污染特性區分，則可分為 1.易由生物分解之有機質與營養鹽、2.不易分解之重金屬與毒性物。

一、有機質與營養鹽

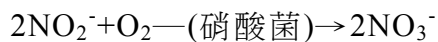
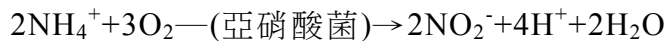
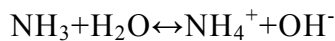
河川水體與底泥中，可經由生物吸收分解之有機質或營養鹽，以碳(C)、氮(N)、磷(P)等 3 種元素與溶氧(dissolved oxygen)之交互作用為主。天然河川透過水體運移、稀釋、再曝氣與微生物分解作用下，具有一定程度的自淨能力，且適量的營養鹽可提供浮游植物適度生長，有助於維持水域生態與食物鏈平衡。然而當營養鹽與有機負荷量超出水體自淨能力時，除了可能促進藻類大量生長造成危害之外，易使水色混濁且滋生異味外，將因過度耗氧影響生物呼吸作用，嚴重時恐將導致大量水生動植物死亡，使水體水質愈趨劣化之惡性循環。

有機質通常來自生物殘屑或由生物體內所合成之化合物或混合物，其形式眾多，常見的有機物質包含碳氫化合物(C_nH_m)、碳水化合物($\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$)、有機氮化物、有機磷化物等，通常可經由微生物以耗氧分解後，形成二氧化碳(CO_2)、無機氮、無機磷等營養鹽。其中二氧化碳自水面散逸至大氣後，當水生植物進行光合作用(photosynthesis)時，將再度自大氣之中擷取二氧化碳，利用光能合成所需之有機物；而釋放至水體中之溶氧與氮、磷等營養鹽，則同樣再度為水生植物所攝取，為其維生養分之來源。

水中含氮化合物來源大致可分為水中生物的新陳代謝，如來自尿素循環後

的排泄作用；沿岸高灘地農業施肥行為，如氮肥(含尿素 $((\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ，難溶於水)、硫酸銨 $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，可溶於水)、硝酸銨鈣 $(5\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ，可溶於水)、氰氨化鈣 $(\text{CaCN}$ ，可溶於水))；或者是生活污水與工業廢水之排放等。

水中氮化物，常以氨 (NH_3) 或銨根離子 (NH_4^+) 的型態存在，因此河川中氮循環以氨氮 $(\text{NH}_3\text{-N})$ 、亞硝酸鹽 (NO_2^-) 與硝酸鹽 (NO_3^-) 為主要考量。氨氮來自生物活動或有機氮之分解，當氨氮溶於水形成銨根離子 (NH_4^+) 後，經由亞硝酸菌屬(Nitrosomonas)與硝酸菌屬(Nitrobacter)的耗氧性硝化作用(nitrification)，先形成中間產物—亞硝酸鹽 (NO_2^-) ，隨即迅速形成化性穩定的硝酸鹽 (NO_3^-) ，水生植物將自水中攝取所需之氨氮與硝酸鹽後，再度生物體內和成有機氮化物，有機氮水解後再次形成無機氮化物，未及時水解則吸附於顆粒上沉降至河床表面成為底泥，形成水體中之氮循環。除了必須有足量的溶氧(約 $4.0\sim 6.5 \text{ mg/L}$)之外，尚須在低有機負荷環境下始進行將氨氮轉變成硝酸鹽之硝化作用，其原因在於亞硝酸菌與硝酸菌等硝化菌屬，大部分屬於排斥有機質之自營性細菌(僅需要 CO_2 ，即可自行合成自體所需碳化物之細菌)，其中硝化反應如下所示：



過量的氨氮對於水域生物具有毒害性，當氨氮濃度太高時，將因大量的硝化作用，導致水域生物因缺氧或是受毒害而死亡，影響水域生態平衡，並加速水體水質惡化。

水中磷化物之來源以生物新陳代謝之殘餘物質，或是施用磷肥(過磷酸鈣 $(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)$ ，可溶於水)等。水中無機磷以磷酸鹽類為主(包含 PO_4^{3-} 、 HPO_4^{2-} 、 H_2PO_4^-)，無機磷為水生植物之養分來源，由水生植物攝取經代謝作用後，再合成有機磷。水中溶解態之磷酸鹽為數較前述之碳化物與氮化物為少，且常以非溶解性的顆粒態存在，常吸附於懸浮固體隨之飄流或沉積成為底泥。依據植物學中「布萊克曼理論(Blackman's Concept)」與「厲比席最小定律(Liebig's Law

of the Minimum)」針對水質優養化情形以及藻類生長限制因素(Growth-Limiting Factor)的研析中提出「在各項影響藻類(Algae)生長與繁殖的因素中，只有對水體供給量最少，或在水體中濃度最低的那一項因素，才是限制藻類生長的唯一因素」，在此條件限制下，磷酸鹽常被視為藻類生長與水體優養化之關鍵元素。

水中溶氧之補充，以大氣中氧氣直接進入水體之再曝氣作用，或是水生植物在光合作用下，將氧氣排放入水中。水中溶氧除了供給水中生物呼吸作用外，尚提供微生物分解有機質之祛氧作用、以及氨氮進行硝化作用所需之耗氧量。若水中待分解之有機質或氨氮含量太高，將因祛氧作用與硝化作用大量消耗水中溶氧，造成河川水體自淨能力不足，且易導致水中生物因缺氧而死亡。

此外，上述碳、氮、磷之化合物若未能及時溶解於水中進行化學反應時，將吸附於懸浮固體上，緩緩沉積於河床成為底泥。存在於底泥之中的有機質與營養鹽，將持續受微生物分解，並於底泥與水體交界面進行耗氧性的祛氧與硝化作用，此時的消耗溶氧量即為底泥需氧量(SOD, sediment oxygen demand)。

二、重金屬與毒性物

天然河川與底泥中，毒性物或重金屬含量通常都相當低，且生物危害性風險並不大，惟隨流域內的各項開發行為下，各種農業、畜牧或工業行為等事業污水，以直接排放、或間接以入滲至地下水或是隨降雨逕流沖刷等方式，排入河川水體中，其中部分毒性物或重金屬物質吸附於懸浮固體後沉積成為底泥。依目前臺灣重點河川底泥污染檢測成果，底泥中常見之毒性物與重金屬以砷(As)、多氯聯苯(PCBs)、鎘(Cd)、鉛(Pb)、鋅(Zn)、銅(Cu)、汞(Hg)、鉻(Cr)等化合物為主。此類物質通常具有毒害性，經由接觸或攝食進入生物體內後，將導致生物體之病變或死亡，且難以仰賴生物體之消化循環系統排出體外、或藉由微生物分解降低其毒害性，一旦透過食物鏈造成生物累積作用(bioaccumulation)，將嚴重破壞水域環境與並影響生態系統平衡。

歐盟國家為推動環保設計與綠色消費，並建立完善回收系統，減少環境中毒性物或重金屬流布之危害，於 2003 公告 2002/96/CE WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment*，廢舊電氣電子設備指令)以及 2002/95/EC RoHS (*The*

Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment，電子電氣設備特定有害物質使用限制指令)，並於 2006 年 7 月 1 日起，限制在 WEEE & RoHS 中所規範之電子電器產品在進入歐洲市場時，部分毒性物質與重金屬檢測不得超出 RoHS 所規範之上限值。另歐盟為更進一步預防重金屬與毒性物質於環境中流布可能性，於 2007 年實施 REACH 制度(Registration Evaluation and Authorization of Chemicals，化學品註冊、評估、授權與限制制度)，全面禁制未經許可之重金屬或毒性物進入歐盟地區。

綜整環保署與地方環保局之歷年資料，針對目前歐盟與臺灣重點河川所關切之毒性物或重金屬之來源、溶解態物質特性與生物毒害性摘要說明如下：

1. 砷(Arsenic, As)

(1)特性：

砷是具有生物毒害性的類金屬，自然界存在灰砷、黃砷、與黑砷等 3 種不同晶格結構的同素異形體，而砷最常以氧化物與砷酸鹽存在自然界中。砷通常以五價的 As_2O_5 或三價的 As_2O_3 (俗稱砒霜)等氧化物型態出現，在水中則常以五價砷所形成的砷酸根(HAsO_4^{2-} , As(V))或三價砷形成的亞砷酸根(AsO_2^- , As(III))出現，五價砷與三價砷可在水體中自由轉換。

(2)用途與來源：

甲機砷酸(MMA)、二甲機砷酸(DMA)常應用於農藥、除草劑、殺蟲劑、顏料、國防武器等相關行業，砷化鎵(GaAs)則常用於半導體製程原料。

(3)毒害性：

砷具有生物毒害性，且無機砷的毒性約為有機砷之 10 倍，但殘留在生物體則以有機砷為主，若進入人體將有致癌、烏腳病、腦部受損的可能性。砷化物為受歐盟 REACH 所規範之毒性物。

2. 汞(Mercury, Hg)

(1)特性：

汞是地殼中相當稀少的一種元素，自然界中純金屬態的汞並不多見。汞導熱性差，但具有良好導電性，容易與其他金屬形成合金(或汞齊)。汞為常溫常壓下之液態金屬，具有高流動性與腐蝕性，在水中易與 OH^- 或 Cl^- 結合，形成二價汞(Hg(II))。汞具有生物毒害性，尤其以有機汞的毒性最高。無基汞包含氧化亞汞(Hg_2O)、氧化汞(HgO)、氯化亞汞(或稱甘汞， Hg_2Cl_2)、氯化汞(或稱升汞， HgCl_2)；有機汞包含甲基汞(MeHg)、二甲基汞(Me_2Hg)、乙基汞(EtHg)、苯機汞(BeHg)等，其毒性為無機汞化物之 40~500 倍。

(2)用途與來源：

汞污染通常來自於鹼氯工業的水銀電解槽、石化業的汞催化劑、造紙業的乙基苯汞(PMA)微生物抑制劑、水銀電池、防腐劑、殺菌劑、防黴劑、金屬蝕刻等相關行業與用途。

(3)毒害性：

汞化物為受歐盟 RoHS 與 REACH 所規範之物質，其檢測上限不得超過 1,000ppm。汞在水中易遭微生物轉換為有機汞化物，容易被人體吸收卻不易被排除，在人體內累積達一定程度將造成「水俣病」，至今尚無有效的治療方法。若透過胎盤輸送，最後聚積在發育中的胎兒腦部，胎兒出生後會出現類似腦性麻痺、痙攣或其他動作異常情形。最危險的是二甲基汞，微量接觸在皮膚上就足以致死。無機汞化物大部分可在數天之內由人體代謝排除。

3.鎘(Cadmium, Cd)

(1)特性：

鎘為純白色金屬，其化學性質與鋅相似，通常以氧化鎘(CdO)、氯化鎘(CdCl_2)、硫酸鎘(CdSO_4)的型態出現，溶在水中可解離出 Cd(II) ，但不溶於有機溶液。其他常應用之有毒鎘化物尚包含鎘黃(CdS)、硝酸鎘($\text{Cd(NO}_3)_2$)、四水硝酸鎘($\text{Cd(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)、鎘肥皂($\text{Cd(C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2)_2$)等。

(2)用途與來源：

鎘化物常應用於塑化工業的安定劑、鎘電池電解液、顏料、電鍍劑、光學元件、氯乙烯穩定劑等相關行業與用途。鎘並非生物體內所需元素，惟於禽畜糞堆肥、副產動物質肥料、乾燥菌體肥料或其他有機肥料中存在鎘化物，其用途為抑制細胞生長或促進(誘發)細胞壞死，依行政院農委會農糧署之管制標準，肥量中鎘含量不得高於 2mg/kg。

(3)毒害性：

鎘化物為受歐盟 RoHS 與 REACH 所規範之重金屬，其檢測上限不得超過 100ppm。鎘並非人體所需之微量元素，主要經由呼吸及飲食等途徑進入人體，易累積於人體腎臟與肝臟中，人體半衰期可長達 30 年。鎘較其他重金屬容易被農作物所吸收，過量的鎘化物具有人體毒害性，如食用鎘米所衍生之「痛痛病」等症狀。

4.鉛(Lead, Pb)

(1)特性：

鉛是銀白色重金屬，具有生物毒害性，在常溫常壓下易與空氣中的水、二氧化碳、氧氣作用，在表面生成一層化性穩定且緻密的鹼式碳酸鉛($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$)。鉛常以二價鉛(Pb(II))或四價鉛(Pb(IV))的型態出現。鉛在水中可生成水溶性且具弱鹼性的氫氧化鉛(Pb(OH)_2)，若水中含有氯鹽(Cl^-)、碳酸根(CO_3^{2-})時，則形成難溶於水的氯化鉛(PbCl_2)、碳酸鉛(PbSO_4)的固態沉澱物。其他常應用之有毒鉛化物尚包含氧化鉛類(Pb_xO_y)、氟化鉛(PbF_2)、硫氰酸鉛(Pb(SCN)_2)、硼酸鉛($\text{Pb(BO}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)、亞砷酸鉛($\text{Pb(AsO}_2)_2$)等，常見有機鉛則包含四甲基鉛($(\text{CH}_3)_4\text{Pb}$)、四乙基鉛($(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{Pb}$)、烷基鉛(R_4Pb)、三乙酸鉛($\text{Pb(CH}_3\text{COO)}_3$)等。

(2)用途與來源：

常應用於汽車或石化業的抗震劑、穩定劑、殺蟲劑、油漆塗料、電池、電鍍液、潤滑劑、光學玻璃等相關行業與用途。

(3)毒害性：

鉛化物為受歐盟 RoHS 所規範之重金屬，其檢測上限不得超過 1,000ppm，其中碳酸鉛 (PbCO_3)、硫酸鉛化物 (Pb_xSO_4)、鹼式碳酸鉛 ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$) 受 REACH 所規範。在環境中，以有機鉛的毒害性較高，若有人體誤食或飲用含鉛物，則累積達一定量後將導致神經系統、腎功能衰竭、血液循環疾病、腹絞痛、腦部疾病等鉛中毒症狀。我國與美國均針對勞工安全制定鉛之暴露容許量(如表 2.1-5)，以維護勞工安全。

表 2.1-5 鉛之暴露容許量

媒介	機構	八小時日時量 平均容許濃度	短時間時量 平均容許濃度
空氣中	台灣勞委會勞工安全衛生研究所	$0.1\text{mg}/\text{m}^3$	$0.3\text{mg}/\text{m}^3$
	美國勞工安全衛生局	$50\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
	美國政府工業衛生師協會	$150\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
	美國環保署	$1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
水中	美國環保署	-	$<15\mu\text{g}/\text{L}$
土壤中	美國環保署	-	$<400\text{mg}/\text{Kg}$

資料來源：勞工安全衛生研究所，技術資訊與問題討論，104 期。

5.銅(Copper, Cu)**(1)特性：**

銅為常見金屬之一，常以一價的亞銅 ($\text{Cu}(\text{I})$)或二價銅($\text{Cu}(\text{II})$)之化合物形態出現。

(2)用途與來源：

銅的化合物相當多，且用途廣泛，常用於色料業、電池製造業、電鍍業、殺菌劑、油漆塗料電器、冶金、建材等，最常見的溶解性銅化物為氫氧化銅($\text{Cu}(\text{OH})_2$)、硫酸銅(CuSO_4)等。

(3)毒害性：

銅在健康人體中之生物性半衰期約 4 週，若大量攝入 15mg~75mg 的銅或代謝異常時，可能引起消化不良，或出現肝病變、腎衰竭、腦部病變

或死亡等銅中毒現象。銅為人體中必要的微量元素，美國 FDA 建議每人每日攝取量為 2mg/day，世界衛生組織(World Health Organization, WHO)建議成人為 30 $\mu\text{g/kg/day}$ ，青少年與兒童為 40 $\mu\text{g/kg/day}$ ，嬰兒為 80 $\mu\text{g/kg/day}$ ，美國國家研究委員會(National Research Council, NRC)建議成年男性每日攝取量為 1.5~3 mg/day，兒童為 1.0~2.0 mg/day。

6. 鉻(Chromium, Cr)

(1)特性：

鉻是具有銀色光澤的金屬，也常以三價鉻(Cr(III))或六價鉻 Cr(VI)的型態出現在環境之中。三價鉻是人體必需的微量元素，但六價鉻則是具有生物毒害性。六價鉻化合物常以三氧化鉻(CrO_3)、可溶於水的鉻酸根(CrO_4^{2-})或重鉻酸根($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$)出現，其鉻酸與重鉻酸化合物常與一價的鹼金屬、二價的鹼土族金屬結合，常見者如鉻酸鉀(K_2CrO_4)、重鉻酸鉀($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)、鉻酸鎂(MgCrO_4)等。

(2)用途與來源：

鉻常用於電鍍業、金屬業、紡織業之洗劑與強氧化劑、油漆塗料、鞣皮、催化劑、防腐劑等相關行業與用途。鉻大量應用在合金與電鍍等產業，產品經鉻電鍍後可防腐鏽，且有閃亮外觀，鎳鐵合金可製成堅固高強度的不鏽鋼，使用鉻酸鹽潛在暴露產業包括不鏽鋼製造、焊接、電鍍、油漆、紡織、製革、印刷等。

(3)毒害性：

六價鉻為受歐盟 2002/95/EC RoHS 所規範之重金屬，其檢測上限不得超過 1,000ppm。六價鉻化物常具有腐蝕性及毒性，易造成皮膚潰瘍、或是致癌的風險。美國國家職業安全衛生研究所(The National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)於 2008 年正式建議將六價鉻(hexavalent chromium; Cr(VI))之 8 小時日時量平均容許濃度(40 小時／工作週)由目前的 0.001mg/m³降低為 0.2 $\mu\text{g/m}^3$ ，以確保勞工在研究預設之

45 年工作生涯中，因六價鉻職業暴露所導致肺癌致死風險機率低於就業人口千分之一的水準。美國目前關於六價鉻 Cr(VI)的管制/建議標準是以鉻暴露做指標如表 2.1-6 所示。

表 2.1-6 鉻之暴露容許量

機構	性質	濃度
美國政府工業衛生師協會 ACGIH	閾限值 TLVs	0.05 mg/m ³
美國職業安全衛生署 OSHA	容許暴露限制值 PELs	0.005 mg/m ³
美國國家職業安全衛生研究 NIOSH	容許標準建議值 RELs	0.001 mg/m ³

資料來源：勞工安全衛生研究所，技術資訊與問題討論，104 期

7. 鋅(Zinc, Zn)

鋅之主要用途為冶金、顏料、農藥、橡膠、電池及電鍍等。鋅及鋅化合物對人體之毒性極小，為人體之必需元素，擔任各種酵素反應、DNA、RNA 及蛋白質合成之主要角色，但必須指出，人體對鋅的需要是有限的，服用鋅過量，不但無益，反而有害，甚至可致中毒。根據美國 FDA 建議每日攝食量 15 mg 女性為 12 mg/day，兒童為 10 mg/day。

(1)特性：

鋅是具有銀色光澤的常見金屬，通常以金屬態或二價鋅(Zn(II))的化合物型態出現。最常見的有氧化鋅(ZnO)、難溶於水的硫化鋅(ZnS)、易溶於水的氯化鋅(ZnCl₂)等。

(2)用途與來源：

廣泛用於合金業、電鍍業、電池製造業、燈具等用途。

(3)毒性：

鋅的水溶液通常具有黏膜刺激性，若有誤食將導致呼吸窘迫、腎衰竭等作用。鋅雖為人體必要微量元素，惟瞬間過量攝取，將導致噁心、嘔吐、發燒、血液中高密度脂蛋白減少導致心血管疾病發生；若是長期過量攝取，恐將導致貧血、免疫力下降等鋅中毒現象。

8. 鎳(Nickel, Ni)

(1)特性：

鎳是具有銀色光澤之金屬，通常以金屬態、二價鎳(Ni(II))的化合物型態出現，如矽酸鎳礦或硫、砷、鎳化合物等形式。鎳的質地堅韌，有磁性和良好的可塑性，在空氣中不被氧化，但可溶於硝酸。常見可溶於水的含鎳化合物為硝酸鎳($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$)、硫酸鎳(NiSO_4)、氯化鎳(NiCl_2)，或含結晶水的六水合氯化鎳($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)等。

(2)用途與來源：

常應用於合金業、電鍍業、焊接業、電池製造業等。

(3)毒害性：

鎳化物為受歐盟 REACH 所管制規範之重金屬，無機或有機鎳化物均具有毒性，二價無機鎳人體毒害性較輕微，有機鎳中毒則症狀類似一氧化碳中毒，有致死風險。鎳也是常見的致敏性金屬，約有 20%左右的人對鎳離子過敏，女性患者的人數要高於男性患者，在與人體接觸時，鎳離子可以通過毛孔和皮脂腺滲入皮膚，引起皮膚過敏發炎，臨床表現為皮炎和濕疹，一旦出現鎳過敏，恐導致無限期持續。

9. 多氯聯苯(PCBs)

(1)特性：

多氯聯苯(polychlorinated biphenyl，簡稱 PCB)，又稱多氯聯二苯，是許多含氯數不同的聯苯含氯化合物的統稱。在多氯聯苯中，部份苯環上的氫原子被氯原子置換，一般式為 $\text{C}_{12}\text{H}_n\text{Cl}_{(10-n)}$ ($0 \leq n \leq 9$)。依氯原子的個數及位置不同，多氯聯苯有超過 200 種異構體存在。在常溫下是比水重的液體，化學性質穩定且不易溶於水，溶於有機溶劑及脂肪。

(2)用途與來源：

多氯聯苯之耐熱性及電絕緣性能良好，常用作加熱或冷卻時的熱載

體、電容器及變壓器內的絕緣材料，也常作為塗料及溶劑使用，應用的範圍很廣。

(3)毒害性：

多氯聯苯為受歐盟 RoHS 與 REACH 所規範之毒性物，其檢測上限不得超過 1,000ppm。多氯聯苯具有生物毒害性，食用多氯聯苯超過 0.3g 後，恐導致神經系統、內分泌、呼吸、造血機能、肝臟、新陳代謝、骨骼、關節、牙齒、眼睛及皮膚等器官與功能受損。因多氯聯苯化性安定，不易分解，若有誤食吸收，將溶於脂肪中難以代謝排出，累積於體內達一定程度時，易導致癌症、神經系統與免疫系統、內分泌系統與代謝功能受損。

10.多溴聯苯醚(PBDEs)

(1)特性：

多溴聯苯醚(polybrominated diphenyl ethers，簡稱 PBDEs)，是許多含溴數不同的聯苯含溴化合物的統稱。在多溴聯苯醚中，化學結構是由部份苯環上的氫原子被溴原子置換，兩個苯環中間鍵結一個氧原子而成醚類，一般式為 $C_{12}H_nBr_{(10-n)}O$ ($0 \leq n \leq 9$)，約有 200 餘種異構體。多溴聯苯醚類物質大多具有高脂溶性，低揮發性，低水中溶解度，易積累於沉積物中且持久不易分解的特性。

(2)來源與用途：

多溴聯苯醚使用於防火材料上，是目前上最常使用的難燃劑之一，功用是延遲火焰的燃燒，由於成本低、效果好，已廣泛使用在各種民生用品如家電、電視、電腦外殼、印刷電路板、汽車材料、家具及合成建築材料(含室內防火裝潢材料)作為防火耐燃劑(Brominated flame retardants, BFRs)，以延緩或抑制火災發生的機率與蔓延的速率。

目前工業上製造的多溴聯苯醚主要包含五溴、八溴及十溴聯苯醚等 3 種，且皆為混合物，其中五溴聯苯醚主要使用在環氧樹脂(epoxy resins)，酚醛樹脂(phenol resins)，聚脂類(polyesters)與聚氨酯發泡材(polyurethane

foam)等泡沫塑料製品，八溴聯苯醚主要使用在 ABS，聚碳酸酯樹脂(polycarbonate)，而十溴聯苯醚則大多添加於電器產品的塑膠材料中。

(3)毒害性：

多溴聯苯醚為受歐盟 RoHS 與 REACH 所規範之毒性物，其檢測上限不得超過 1,000ppm。多溴聯苯醚大多具有高脂溶性，低揮發性，水中溶解度及蒸氣壓低，具有持久不易分解的特性，因此極有可能經由食物鏈進入生物體，形成生物濃縮或累積(bio-concentration and bio-accumulation)，大部份的多溴聯苯醚不易受生物代謝作用排出，當生物體內蓄積過量多溴聯苯醚時，容易造成生物毒害性，包含肝腎毒性、生殖毒性、胚胎毒性、神經毒性與致癌風險。

11.多環芳香烴(PAHs)

(1)特性：

芳香烴通常指分子中含有苯環結構的碳氫化合物，早期發現的此類烴化合物多有芳香味道，故以「芳香烴」稱之並沿用至今，然並非所有的芳香烴均具有芳香味道。

多環芳香烴(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)係指帶有 2 個以上苯環的化合物，這些苯環以不同方式併合成多個多環芳香烴異構體或衍生物。目前已知的多環芳香烴化合物超過 100 種，包含天然化合物，與人工合成的化學物質。

純多環芳香烴一般是親脂性白色或淺黃色的固體，其水中溶解度會隨著分子質量增大而降低。帶 2~4 個苯環的多環芳香烴歸類為低分子多環芳香烴；5 個以上苯環則可視為高分子多環芳香烴。多環芳香烴以蒸氣態或固態形式存在，通常帶 2~3 個苯環的多環芳香烴以蒸氣態存在；帶 5 個以上苯環的多環芳香烴呈現固態微粒(粒徑 $<2.5\mu\text{m}$)；含 4 個苯環的多環芳香烴則是外在環境之溫度、壓力等影響，呈現蒸氣態或固態。

(2)來源與用途：

多環芳香烴之生成，主要來自有機物質的不完全燃燒，可能出現在人工合成有機物、石油精煉後殘餘的焦油、動植物殘骸的焚化過程、以及燒焦的肉品等等過程之中。

目前多環芳香烴大量應用在石化工業、橡膠工業、光電業所需的有機薄膜材質等，其用途在於透過添加成本較低的焦油，改變橡膠的物理性質。常含有多環芳香烴的產品包含：橡膠部件、個人安全設備、推車車輪、家具裝飾品等。

(3) 毒害性：

多環芳香烴可經由飲用水、食物或泥土接觸等途徑進入人體，並迅速溶於腎臟、肝臟、脾臟、腎上腺及卵巢等的脂肪組織。雖然大部分的多環芳香烴可經排遺或新陳代謝排出生物體外，但部分殘留在生物體內的多環芳香烴仍具有生物累積性，若長期接觸高濃度多環芳香烴的混合物，易引起皮膚癌、肺癌、胃癌及肝癌等疾病。

12. 有機氯農藥(OCPs)

(1) 特性：

依行政院農委會之定義，有機氯農藥(Organochlorine Pesticides, OCPs)係指含氯農藥的通稱，包含阿特靈(Aldrin)、靈丹(Lindane)、滴滴涕(DDT)、飛佈達(Heptachlor)、毒殺芬(Toxaphene)等藥劑。有機氯農藥大多呈現結構穩定，蒸汽壓低，常溫常壓下多以結晶狀固態或黏稠狀液態，難溶於水，但可溶於有機溶劑或脂肪中。

有機氯農藥大致可分為 3 類，包含：氯化乙烷(chlorinated ethane)、環二烯類(cyclodienes)、六氯環己烷(hexachlorocyclohexane, HCH)等。有機氯農藥在自然環境中十分安定且分解緩慢，屬於長效性之農藥，全鹵化且多環者較非鹵化芳香族安定，其半衰期自數十天至十數年不等。有機氯農藥易受強酸強鹼、高溫、活性金屬或生物分解，在紫外線照射下則會進行脫氯反應；若在有氧環境中，可進行氧化反應；在厭氧環境中，則可進

行脫氯還原反應。有機氯農藥在轉化分解過程中，毒性可能增強、也可能減弱，不一而定。

(2)來源與用途：

農藥的主要用途為針對作物所在的環境進行消毒殺菌、作物生長期間的病蟲害防治，以及寄生植物或雜草的祛除等。有機氯農藥主要經過人工合成而來，其藥效強且具有持久性，但因具有生物毒害性及生物累積性，我國政府已於 1972 年起陸續禁用滴滴涕(DDT)、蟲必死(HCH)、靈丹(Lindane)、飛佈達(Heptachlor)、阿特靈(Aldrin)、地特靈(Dieldrin)、安特靈(Endrin)等藥劑，但仍難以針對有機氯農藥進行全面性禁制使用，加上其揮發性低且半衰期長，仍有部分殘留在土壤、底泥中，隨降雨逕流沖刷或食物鏈的作用而在環境中流佈。

(3)毒害性：

有機氯農藥具有生物累積性與生物毒害性，在人體內蓄積達一定程度時，可能導致生殖毒性、神經毒性與致癌性等。懷孕期間，有機氯農藥可透過胎盤進入胎兒體內，影響胎兒正常生長；分娩後，有機氯農藥亦有可能透過哺乳行為，自母體移轉到嬰兒體內。

13.戴奧辛(dioxin)

(1)特性：

戴奧辛為具有「1,4-二氧雜環己二烯」構造衍生物的通稱，為單環有機化合物。戴奧辛類化合物中之毒性不一而定，被認為毒性最強的是 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin(簡稱 TCDD)，因此大部分實驗研究皆使用 TCDD 做為檢測戴奧辛類化合物毒性的標準。戴奧辛不易透過生物或化學分解，具熱穩定性，耐酸鹼，抗化學腐蝕，抗氧化水解，低水溶性及低可燃性，但可溶於脂肪等特性。

(2)來源與用途：

戴奧辛屬於燃燒過程或工業製程中無用的副產物，當有機物質在含氯環境下燃燒時，就會產生戴奧辛類物質，如火力發電、森林火災、焚燒聚氯乙烯(PVC)、吸煙等等；非燃燒的生成方式包含紙張布料的漂白過程、含氯苯酚物質的製程等。

透過燃燒廢五金、廢電纜、輪胎、塑膠袋、垃圾所產生的戴奧辛毒氣，隨風飄散後將使空氣、土壤以及水體受到污染，動植物、食品等也會間接受到污染。

(3)毒害性：

戴奧辛一旦形成後就極難分解，容易蓄積於環境中，透過食物鏈，蓄積並濃縮在生物體內。由於戴奧辛具有脂溶性，一旦進入生物體後，多積存於脂肪內無法分解且難以排出體外，因而有世紀之毒之稱。國外研究發現，人體本身含有的戴奧辛量為 $20\text{pg}(10^{-12}\text{g})$ 。世界衛生組織規定，平均每公斤體重每天戴奧辛的容許量為 4pg ，以 60 公斤的成年人而言，可容許量為 240pg ，換算成食物即每公克油脂不得超過 2.4pg 。美國的戴奧辛安全含量標準為 $1\text{ppt}(10^{-12})$ ；歐盟標準為 5ppt ，我國比照歐盟以 5ppt 為乳製品檢驗標準。

14.壬基酚(Nonylphenol, NP)

(1)特性：

壬基酚也稱為壬基苯酚(Nonylphenol, NP)，分子式為 $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}$ ，在常溫常壓下為無色或淡黃色液體，不溶於水，可溶於有機溶劑與脂肪，帶有苯酚的味道，在自然界中不易分解成其他物質，容易在河川、底泥與土壤地下水之間流布。

(2)來源與用途：

壬基酚主要來自壬基酚聚乙氧基醇(Nonylphenol Polyethylene glycol Ether, NPEO)的分解。NPEO 主要用於生產界面活性劑、抗氧劑、助染劑、潤滑油添加劑、農藥乳化劑、樹脂橡膠穩定劑等，當 NPEO 在天然環境中

流布時，就會被細菌分解成壬基酚，造成環境污染。

(3)毒害性：

壬基酚常被視為環境荷爾蒙(Endocrine Disrupting Substance, EDS)的一種，根據美國環保署的對環境荷爾蒙的定義，係指「干擾負責維持生物體內恆定、生殖、發育或行為的內生荷爾蒙之外來物質，影響荷爾蒙的合成、分泌、傳輸、結合、作用及排除」之物質。壬基酚可透過食物鏈進入生物體後，蓄積在脂肪組織、肝臟等器官中，因不易代謝造成生物濃縮，當濃度達一定量時，會導致內分泌異常的現象。壬基酚分子結構近似雌性荷爾蒙，會與體內激素受體錯誤結合，造成雄性生物體雌性化或中性化，影響生物族群繁衍，甚至有瀕臨絕種危機。

美國環保署建議壬基酚在淡水中每小時平均濃度應低於 $28 \mu\text{g/L}$ ，4日平均濃度應低於 $6.6 \mu\text{g/L}$ ；加拿大政府與魁北克省分別建議淡水中濃度不超過 $1 \mu\text{g/L}$ 與 $6 \mu\text{g/L}$ 。

15.鄰苯二甲酸酯(Phthalates, PAEs)

(1)特性：

鄰苯二甲酸酯(Phthalates, PAEs)又稱酞酸酯，為鄰苯二甲酸與 1~15 碳醇類所結合而成的十數種酯類，揮發性很低、穩定性高，無色無味或具有芳香氣味的粘稠油狀液體，難溶於水，可溶於多數非極性有機溶劑中。其中鄰苯二甲酸二辛酯($\text{C}_{24}\text{H}_{38}\text{O}_4$, di(2-ethylhexyl) phthalate, 簡稱 DEHP)最受關注。

(2)來源與用途：

鄰苯二甲酸酯類被廣泛且大量使用在塑化工業中，主要做為高分子塑膠生產過程中之可塑劑、增塑劑或軟化劑，相關產品包含玩具、食品包裝材料、醫用血袋和膠管、清潔劑、潤滑油、個人護理用品、化妝品定香劑、乙烯地板和壁紙、人造皮革、農用薄膜、包裝材料、電纜等。

一般而言，做為增塑劑之鄰苯二甲酸酯與塑膠主體結構間並非以化學鍵相鍵結，因此在相關產品的加工、加熱、包裝、盛裝的過程中，都可能造成鄰苯二甲酸酯類的溶出或滲入。

(3)毒害性：

由於鄰苯二甲酸酯類在環境中具不易分解且具有生物濃縮與蓄積性，大量製造、使用、廢棄及焚燒後，對環境生態造成廣泛之影響。透過塑料容器包裝之食品和水進入生物體時，也會對內分泌系統產生危害或具有致癌症。

依環保署環署廢字第 0910009974 號解釋函，在進行底泥污染之檢測分析或有後續再利用行為時，必須分析受污底泥屬性為有機或無機。依**廢棄物清理法**以及環境檢驗所環署檢字第 71405 號公告之「污泥廢棄物中總固體、固定性及揮發性固體含量檢測方法」等規定，若無法逕以處理方法判定底泥屬性者，須進行 VS (Volatile Solids, 揮發性固體)與 TS (Total solids, 總固體)之分析，若 $VS/TS > 30\%$ ，則底泥不可視為無機性。彙整歷年 11 大重點河川檢測分析成果，VS/TS 之值均低於 30%，因此 11 大重點河川之底泥初步可視為無機性之底泥，詳如表 2.1-7 所示。

有機毒性物部分，依環保署近 10 年毒性化學物質環境流布之相關報告成果顯示，以 PAHs 之檢出情形較為明顯，部分污染物質有超出限值之虞，詳如表 2.1-8 其餘有機化合物、農藥等，依相關檢測成果，普遍呈現低於底泥品質限值之趨勢。

針對 11 大重點河川底泥無機性重金屬污染，彙整國內歷年底泥重金屬調查成果，重金屬項目為鉛、鎘、鉻、銅、鋅、砷、汞、鎳、銀，並與環保署 101 年 4 月發布之「底泥品質指標、分類管理及用途限制辦法」中，各檢測項目之上、下限值進行比較，詳如表 2.1-9 所示。由分析結果，可初步觀察出大漢溪、新店溪、淡水河本流、南崁溪、老街溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪與愛河底泥品質超出上限值之重金屬項目較多，總體觀之，11 大重點河川底泥重金屬污染以銅、鋅、鎳為主。

表 2.1-7 重點河川底泥揮發性固體物含量分析

河川名稱		揮發性固體物(VS)		
		最小值(%)	最大值(%)	平均值(%)
淡水河	大漢溪	0.90	9.40	2.81
	新店溪	1.20	11.60	3.44
	基隆河	0.01	8.10	4.25
	淡水河本流	1.20	7.70	3.68
南崁溪		3.70	25.30	9.30
老街溪		8.40	30.00	18.07
新虎尾溪		2.20	5.20	3.20
濁水溪		1.40	2.40	1.87
急水溪	六重溪	3.40	5.50	4.45
	急水溪	2.70	5.00	3.57
鹽水溪	潭頂溪	2.10	3.40	2.70
	鹽水溪	2.00	5.80	3.22
二仁溪	三爺溪	4.10	5.80	4.95
	二仁溪	1.80	4.70	3.40
愛河		3.20	8.20	5.91

表 2.1-8 重點河川底泥多環芳香烴分析

河川名稱 PAH (mg/kg)	底泥品質指標		基隆河	新店溪	景美溪	淡水河 本流	大漢溪	老街溪	南崁溪	北港溪	二仁溪	阿公店溪
	上限值	下限值										
萘 (Naphthalene)	0.55	0.07	ND~0.085	0.04~0.08	N.D.~0.03	N.D~0.48	ND~0.040	ND~0.019	ND~0.125	ND	ND~0.32	ND
芴 (Acenaphthylene)	0.42	0.04	ND~0.014	N.D.	N.D.	N.D.~0.11	ND	ND~0.021	ND	ND	ND~0.358	ND
芘 (Acenaphthene)	0.27	0.04	ND~0.024	N.D.	N.D.	N.D~0.11	ND~0.011	ND	ND~0.135	ND	ND~0.366	ND
芴 (Fluorene)	0.26	0.04	ND~0.077	N.D.	N.D.	N.D~0.08	ND~0.015	ND	N.D.	ND	ND~0.377	ND
菲 (Phenanthrene)	1.12	0.15	0.039~0.634	0.07~0.15	N.D.~0.09	N.D~1.79	ND~0.073	0.015~0.021	ND~0.321	ND	ND~0.405	ND
蔥 (Anthracene)	0.8	0.08	ND~0.067	N.D~0.02	N.D.	N.D~0.29	ND~0.012	ND~0.015	ND~0.110	ND	ND~0.389	ND
苯駢芴 (Fluoranthene)	2.86	0.29	0.016~0.832	N.D~0.06	N.D~0.08	N.D~2.81	ND~0.062	0.018~0.023	ND~0.494	ND	ND~0.355	ND
芘 (Pyrene)	2.41	0.29	0.017~0.391	0.02~0.06	N.D.	N.D~3.06	ND~0.062	0.022~0.038	ND~0.486	ND	ND~0.422	ND
蒽 (Chrysene)	1.73	0.19	0.011~0.332	N.D~0.03	N.D~0.03	N.D~1.32	ND~0.032	0.013~0.029	ND~0.210	ND	ND~0.376	ND
苯(a)駢蔥 (Benzo(a)anthracene)	1.21	0.14	ND~0.123	N.D~0.04	N.D~0.03	N.D~0.7	ND~0.027	ND~0.024	ND~0.216	ND	ND~0.372	ND
苯(a)駢芘 (Benzo(a)pyrene)	1.34	0.16	ND~0.070	N.D~0.02	N.D.	N.D~0.52	ND~0.015	ND~0.038	ND~0.199	ND	ND~0.361	ND
苯(b)駢芴 (Benzo(b)fluoranthene)	3.03	0.32	ND~0.062	0.03~0.04	N.D~0.05	N.D~0.82	ND~0.011	ND	ND~0.278	ND	ND~0.381	ND
苯(g,h,i)芘 (Benzo(g,h,i)perylene)	1.28	0.15	ND~0.070	N.D.	N.D.	N.D.~0.22	ND~0.018	ND	ND	ND	ND~0.368	ND
苯(k)駢芴 (Benzo(k)fluoranthene)	1.4	0.16	ND~0.083	N.D.~0.01	N.D.	N.D~0.31	ND~0.023	ND	ND	ND	ND~0.371	ND
芘 (1, 2, 3-cd)芘 (Indeno(1,2,3cd)pyrene)	1.23	0.16	ND~0.247	N.D.~0.04	N.D.	N.D~0.19	ND~0.027	ND~0.016	ND~0.115	ND	ND~0.386	ND
二苯(a, h)駢蔥 (Dibenz(a,h)anthracene)	0.26	0.04	ND~0.017	N.D.	N.D.	N.D.~0.01	ND	ND	ND	ND	ND~0.334	ND
Total PAHs			0.293~2.965	0.17~0.49	0~0.37	0~12.98	ND~0.384	0.098~0.221	ND~2.798	ND	ND~5.937	ND

表 2.1-9 重點河川底泥重金屬含量統計

河川名稱		總鉛 (mg/kg)	總鎘 (mg/kg)	總鉻 (mg/kg)	總銅 (mg/kg)	總鋅 (mg/kg)	總砷 (mg/kg)	總汞 (mg/kg)	總鎳 (mg/kg)	總銀 (mg/kg)
底泥品質指標	上限	161	2.5	233	157	384	33	0.87	80	—
	下限	48	0.65	76	50	140	11	0.23	24	—
淡水河	大漢溪	17.1~92.0	0.3~1.7	23.8~287.0	0.1~1,180.0	1.0~976.0	2.4~10.4	0.050~0.904	19.5~111.0	0.1~1.5
	新店溪	18.7~92.5	0.1~1.3	27.3~97.7	14.0~205.0	0.2~472.0	3.0~10.3	0.050~8.200	27.9~67.4	0.1~0.2
	基隆河	12.7~71.4	0.3~2.1	18.9~90.3	9.9~134.0	51.4~372.0	3.9~22.8	0.050~2.300	10.9~66.1	0.1~1.6
	淡水河本流	14.3~289.0	0.1~2.1	22.9~187.0	0.1~394.0	1.3~563.0	0.0~14.1	0.035~3.100	29.0~85.9	0.1~1.1
南崁溪		21.0~512.0	0.2~2.7	40.7~1210.0	81.5~4660.0	169.0~3670.0	2.6~46.9	0.111~1.340	51.5~521.0	0.6~6.5
老街溪		27.5~265.0	0.6~5.3	25.1~5310.0	122.0~2490.0	288.0~9940.0	2.3~21.7	0.120~1.440	24.6~415.0	0.3~4.3
濁水溪		16.4~35.1	0.7~0.9	17.0~51.7	13.5~28.0	61.6~107.0	8.8~13.5	N.D	27.5~52.9	0.1~0.3
新虎尾溪		24.4~43.7	0.7~1.1	26.0~68.5	19.2~53.3	84.7~202.0	7.3~16.1	N.D	33.7~60.3	0.2~0.3
北港溪		10.8~46.0	0.2~1.3	8.9~49.9	4.9~48.5	56.7~196.0	3.0~37.9	0.119~0.242	17.6~23.6	16.0~16.0
急水溪	六重溪	19.4~30.3	0.6~0.7	37.3~53.4	19.2~20.5	99.2~104.0	11.6~14.7	N.D	36.3~40.2	0.0~0.0
	急水溪	10.6~38.2	0.5~0.8	24.0~66.2	12.0~27.5	62.6~123.0	4.8~13.0	0.057~0.218	27.4~41.1	0.1~0.8
鹽水溪	潭頂溪	17.8~23.0	0.6~0.6	15.0~47.8	6.0~29.7	44.8~127.0	5.1~13.2	N.D	16.4~28.5	0.1~1.0
	鹽水溪	7.2~69.6	0.4~3.4	16.4~1080.0	6.0~606.0	50.0~1130.0	2.2~20.8	0.038~2.050	17.1~246.0	0.0~3.0
二仁溪	三爺溪	43.4~111.0	0.7~1.6	96.5~821.0	106.0~384.0	278.0~1010.0	10.8~15.0	0.146~0.376	60.9~261.0	0.4~0.7
	二仁溪	10.9~84.3	0.0~1.0	19.3~687.0	8.4~237.0	14.1~359.0	5.2~18.1	0.060~0.580	22.0~1230.0	0.1~0.6
阿公店溪		20.6~69.3	1.5~3.1	19.2~433.0	13.1~1510.0	80.8~34500.0	8.1~31.1	0.105~0.430	0.0~0.0	14.7~32.1
愛 河		31.1~94.7	0.9~2.2	39.5~260.0	29.8~315.0	129.0~850.0	3.9~17.4	0.129~3.350	41.7~117.0	0.2~5.6

2.2 底泥污染傳輸文獻回顧

當污染物自外部進入河川水體後，將隨水流至下游逕自出海，或受吸附沉降作用，至下游沉積成為受污底泥。惟目前受限於河川水體與底泥之觀測頻率、現有檢測技術、流域尺度以及應用與整治規劃目的等條件，河川水體與底泥中，有機物與營養鹽之分析，通常考量浮游植物與碳循環、氮循環、磷循環、懸浮固體、底泥需氧量等因子，應用光合-呼吸作用(photosynthesis & respiration)、祛氧(deoxygenation)、硝化(nitrification)、脫硝(denitrification)、礦化(mineralization)、水生植物淨生長率(net growth rate)，配合水體流動(advection)、介面延散(dispersion)、顆粒吸附(adsorption)、沉降(settling)、再懸浮(resuspension)、自體衰減(decay)、底泥需氧量(SOD)等傳輸機制，分析有機質與營養鹽在河川水體與底泥間之流布(transport & fate)。毒性物與重金屬中，除了水體流動、介面延散、吸附沉降、再懸浮外，需考量光解(photolysis)、揮發(volatilization)、水解(hydrolysis)、電離(ionization)、生物衰減(biodegradation)、自體衰減、酸鹼中和等機制。然而通常不易分解之有機毒性物與重金屬，為配合目前檢測技術、整治需求及計畫目標，通常以總物質或總量方式，表現其在水體與底泥間之流布情形，因此在資料豐富或傳輸機制較難明確釐清或定義等限制下，通常以總合衰減行為代表物質在水體或底泥中，受各種因素而擾動或影響所導致耗損之淨反應。以下摘錄近年來有關底泥污染傳輸與模式建置之相關文獻，作為模式演算機制建立之參考依據。

美國環保署(USEPA, 1987)於"*Process, Coefficients, and Models for Simulating Toxic Organics and Heavy Metals in Surface Waters*"之報告書中，彙整鎘、砷、鐵、汞、鉛、鋅、銅、有機氯農藥、多氯聯苯等重金屬與有機毒性物之特性，針對上述物質在河川水體與底泥間之流布與傳輸，進行數值模式測試與文獻回顧，明確建議進行河川水體與底泥之污染傳輸模擬時，2D 延散、沉降、再懸浮行為之數值演算方式、反應速率常數及其他相關參數數值範圍，提供後續進行河川底泥污染研究與相關模式開發之參考。

Lung & Hwang(1995)針對 New Bedford Harbor，結合 2 維動態水理模式與輸

砂模式，建構 PCBs 之演變與傳輸模式，探討 PCBs 在 New Bedford Harbor 在感潮效應下，PCBs 在河川中之 2 維傳輸、擴散、吸附、沉降與一階衰減之行為。

Lung et.al(1996)應用 WASP5 針對 Old Women Creek 之銅化物在濕地生態系統中，於底泥與水體間之傳輸與演變，模擬內容包含水生植物—美洲黃蓮 (*Nelumbo lutea*)、總磷、水中與底泥間之溶解態/非溶解態銅化物、懸浮固體等，本研究以 Old Women Creek 濕地中葉綠素 a 與總磷之實測值進行模式校正，以美洲黃蓮對於銅化物之飽和吸附量做為模式驗證依據，精確量化濕地生態系統對於銅污染之去除效益，做為後續濕地規劃之設計條件。

劉格非(1996)以波譜法改善水理模式，並以座標轉換推估淡水河口到關渡橋之地形，再應用寬度平均之深度二維水質與底泥運移模式，針對淡水河口之溶氧、鹽度、懸浮固體、重金屬與底泥進行模擬。由調查與模式模擬成果顯示，懸浮固體易因絮凝產生沉泥，並對污染物產生吸附作用。

S. A. Wells(2000)開發 CE-QUAL-W2 之管線、堰、洩洪道及動力閘門等水力元件之 ULTIMATE-QUICKEST 計算模組，並以保守性物質濃度方波(square wave)傳遞為範例，比對 QUICKEST、UPWIND 等數值解以及解析解之結果進行 ULTIMATE-QUICKEST 模組之驗證，由驗證結果顯示，ULTIMATE-QUICKEST 之演算結果與解析解最為接近，並能有效預測波動傳遞，此一結果顯示 ULTIMATE-QUICKEST 將能更精確演算各項水力元件對湖泊、水庫等龐大水體之水理特性，減少誤差產生與傳遞。

Kuo et. al(2003)應用 CE-QUAL-W2 對翡翠水庫之優養化進行分析，以連續 1 年的模擬，完成水庫垂向水溫之校正及驗證，完成的水體熱分層模擬後，再進行水庫表層、中層、底層之溶氧、氨氮、總磷、葉綠素 a、硝酸氮、SS 之模擬，並檢定合適之水質參數，完成翡翠水庫水理水質模式之建置，最後應用模式進行水庫優養化分析，建議以適當污染減量管制措施減少 50 %以上的磷污染負荷量時，將可令翡翠水庫水質由中養/優養改善至貧養。

Kuo et.al(2006)應用 CE-QUAL-W2 對曾文水庫與德基水庫之優養化進行分析，以連續 2 年的模擬，進行水庫水位與水溫之校正及驗證，完成的水體熱分層

模擬後，再進行水庫溶氧、氨氮、總磷、葉綠素 a、硝酸氮、SS，並檢定合適之水質參數，完成曾文水庫與德基水庫水理水質模式之建置，最後應用模式進行水庫優養化分析，建議以適當污染減量管制措施減少德基水庫 30~55 %以上的磷污染負荷量時，將可令水質由中養/優養改善至貧養。

Chang(2005)結合 VIMS 動態水理模式、SWMM 與 WASP，針對匯流入 Chesapeake Bay 之 Back River 中之 PCBs 污染，發展 3 維動態 PCBs 演變與傳輸模式。模式必須滿足 1.水平衡(water balance)：提供環流與混合機制、2.懸浮質平衡(solids balance)：提供吸附、沉降與再懸浮機制、3.模擬物質平衡(contaminant mass balance)：聯結源點項與源滅項(source & sink)以及內部自體轉換機制。模式先行完成鹽度(salinity)與懸浮質之模擬與分析，確立河川中之傳輸與沉降等機制後，再加入 PCBs 之垂向延散、吸附、氧化、自體衰減等機制，完成 PCBs 在 Back River 流布之情形。

Yang et.al(2007)應用 RMA2 與 WASP5 模擬二重疏洪道濕地之營養鹽、重金屬與水生植物在水體與底泥間之傳輸與演變，並進行模式敏感度分析。主要模擬內容為在明顯的感潮效應下，溶解態/非溶解態之鋅化物與銅化物，在水體中之傳輸與擴散、受水生植物吸收、受懸浮固體吸附及沉降成為底泥間之交互作用，供後續評估二重疏洪道之濕地系統對於重金屬污染之去除成效。

Liu et.al(2007)針對河川中重金屬污染物 2 種型態：溶於水之溶解態及吸附於懸浮固體上之非溶解顆粒態。以本研究中，以分佈係數決定相對比例後，應用垂直 2 維水理水質模式，模擬淡水河系中(包含大漢溪、新店溪、基隆河與淡水河本流)，在感潮效應影響下，水體、鹽度、懸浮固體及銅化物之傳輸與擴散行為，發展重金屬污染之水質水裡模式。本研究應用本流土地公鼻、關渡橋、臺北橋、大漢溪新海橋、新店溪中正橋、基隆河百齡橋之實測潮週水位、潮週流速及潮週鹽度，完成 2D 動態水理模式校驗證，提供水質模式所需之水理動力條件，模擬淡水河中總銅、顆粒態銅及溶解態銅之 2D 傳輸、擴散、吸附與沉降行為，並應用情境模擬方式，底泥條件改變之後，對水體中銅化物之影響與變化，最後並依情境模擬結果，推論外部銅污染負荷之可能分佈位置。

Lung et.al(2007)應用 CE-QUAL-W2 與 WASP5，以垂向 2 維動態模擬，探討 Patuxent 河口在不同的營養鹽負荷量衝擊下，對於浮游植物與水中溶氧的影響。模式模擬內容為感潮效應下，2D 水體傳輸與延散作用、BOD 之祛氧作用、氨氮之硝化作用、懸浮固體垂向 2D 運動、溶解態/非溶解態磷鹽之礦化作用、非溶解態之磷化物與氮化物對懸浮固體之吸附與沉降行為、底泥需氧量等。本研究中，應用 Patuxent 河口處之表層與底層之實測鹽度、Nottingham 與 Broomes Island 表層與底層之溫度、葉綠素 a、氨氮、硝酸鹽氮進行模式校驗證，並應用情境模擬方式，推論營養鹽負荷量之衝擊下，上游浮游植物之生長情形較下游為敏感，此外下游河口處之溶氧含量，主要受 Chesapeake Bay 匯流處因感潮回水所排入之營養鹽與有機物之影響最為相關。

Nice et.al(2008)所發展之水質模式，主要用於探討底泥與水體間，砷化物(五價砷(As(V))、三價砷(As(III))、甲基砷酸(MMA)、二甲基砷酸(DMA))在 Patuxent 河口傳輸與演變。模式的模擬內容包含水中物質傳輸、懸浮固體、浮游植物對五價砷的吸收與傳輸作用、三價砷的祛氧作用、MMA 與 DMA 之去甲基(CH₃)作用，非溶解態砷化物之沉降與再懸浮作用等。模式經驗證後，應用情境模擬方式，推論 MMA 與 DMA 等甲基砷化物主要來自 Chesapeake Bay 下游感潮回水推移所致，而非上游的受污染之浮游植物所釋放至河川水體，此外，河口處之無機砷則主要來自吸附在底泥之砷化物，藉由分子擴散行為釋放至水體中為最可能之成因。

Chris et.al(2009)應用 CE-QUAL-W2，探討大範圍之河流-湖泊系統之分層水質變化影響，模擬範圍自 Lake Coeur d'Alene，經由 Spokane River 至 Lake Roosevelt，範圍涵蓋流域中之支流、堰體、水庫、蓄水池等水體，模擬項目包含溫度、溶氧、總磷，在完成 Grand Coulee Dam 處之水理水位模擬後，即進行各項水質之分層模擬，由模擬成果顯示，應用 CE-QUAL-W2 可完善分析如湖泊、水庫等深長水體之翻騰現象。

Narasimhan et.al(2010)為探討 Cedar Creek 集水區內，點源與非點源污染對經河川渠道匯流進入水庫後，對水庫水質之影響，因此應用 SWAT 模擬 Cedar Creek 集水區內非點源污染及坡地沖刷之污染量，同時應用 QUAL2E 進行內部河川之水

質污染傳輸模擬，最後應用 WASP 建立水庫水質模式，將此 3 種模式串接，探討總氮(TN)、總磷(TP)與懸浮質(SS)對最後水庫水質之影響，並分析點源與非點源污染佔總污染量之比例，做為後續建立污染總量管制之相關建議。

Parsa et.al(2011)為了探討地形、水文與水理特性，對鹽度(salinity)入侵河口沖積層(alluvial estuary)之影響，應用 CE-QUAL-W2 建立 Mozambique 境內 Limpopo River、Nuanedzi River、Changane River、以及 Elephants River 所組成之河系水質模式，應用調和分析設定河口邊界條件，探討鹽度入侵特性長度(L^{HWS})、流量、流速、水深、通水斷面、密度變化、剪應力以及其他各種無因次參數之影響，建立鹽度入侵長度與其他高度相關參數之回歸式，做為未來評估鹽度入侵之參考。

Delaware River 流域委員會(2012)自 2001 年起，以 WASP 結合 DYNHYD 動態水理模式為基礎，持續開發可精確模擬 Delaware River 中 PCBs 傳輸機制之 DELPCB 模式，模擬範圍包含河口處的 Delaware Bay 至 Trenton NJ，全長約 133 哩(約 241 公里)，流域範圍包含 Schuylkill River 與 Christina River。最新版的 DELPCB 模式中，可針對沉積物密度、孔隙率、埋葬率，模擬 PCBs 的傳輸(advection)、延散(dispersion)、沉降(settle)、沖蝕(erode)與以及在底泥間之移動。在 DELPCB 中，可模擬溶解態、顆粒態、以及與溶解態有機碳鍵結之 PCBs，在 PCBs 的模擬種類上，則以 tetra-PCB、penta-PCB、hexa-PCB、hepta-PCB 等 4 種 PCBs 的同族物(homolog)。

Xiong et.al(2012)結合 SEDDEER(Sediment Deposition and Erosion) 泥砂運移模擬模式與 WASP 水質模式，發展可模擬粉粒(silt)、砂粒(sand)、5 種凝絮物(floc)以及 1 種污染物質(containment)之 WASP_SEDDEER 模式，透過設定不同泥砂粒徑與相關反應參數，演算河川水體與底床經分層後，受牽引力(drag force)、剪應力(shear force)、表面沖蝕(surface erosion)、沉澱(deposition)、再懸浮(resuspension)等影響下，探討污染物質與懸浮質在水體流布、以及水體與底泥間物質交換行為。最後同時應用 WASP、EFDC 與 WASP_SEDDEER 等 3 種數值模式，模擬 Mobile Bay 之懸浮質與 p,p'-DDT 流布狀況，結果顯示 WASP_SEDDEER 與 WASP、EFDC 所演算之空間分布與長期模擬趨勢相符。

Chen et.al(2012)針對臺灣境內河川污染情形複雜，且受感潮推移等因素影響，晴天時期大量污染物蓄留於河川水體時間有時長達 7 日，國外污染情形輕微或流況單純之水質模擬方式，通常難以直接應用於臺灣境內河川。為正確演算高密度、高負荷量之污染排放空間分布對感潮河川水質的影響，以 WASP 模式為基礎，配合延散係數($0\sim400\text{m}^2/\text{s}$)、SOD、 K_1 與 K_n 之設定，並建立 BOD_u (long-term BOD) 與 BOD_5 (5-day BOD)之修正演算式，進行污染負荷前演算($\text{BOD}_5\rightarrow\text{BOD}_u$)與模擬結果後演算($\text{BOD}_u\rightarrow\text{BOD}_5$)，建立複雜的淡水河系(包含大漢溪、新店溪、基隆河、淡水河本流)與簡單的中港溪之水質模式，同時進行模擬與校驗證，使修正後模式能同時適用於臺灣境內簡單與複雜河川溶氧、BOD 與氨氮等項目之水質模擬。

Chen et.al(2013)為進一步精確演算淡水河系中，溶氧、BOD 與氨氮之流布，應用實測斷面資料，結合 HEC-RAS 進行 1D 水理演算，並將演算所得之流速、水力深度、水體積等資料，換算為 WASP 流量係數之相關參數，同時修改程式，將 K_1 與 K_n 等單一數值之常數型態參數，配合網格分割各自提升為 111 個空間變數，使參數在設定上更具彈性，並有效降低溶氧、BOD 與氨氮之全域均方誤差，提升水質模式準確性。

行政院環保署「淡水河系底泥重金屬之沉降通量與垂直變化」(民國 88 年)針對基隆河大直橋至淡水河匯流處之河段進行底泥重金屬採樣分析，檢測結果得知基隆河流域底泥重金屬污染以，以鉛、銅、鋅、鎳、鎘等化合物為主，以 $0.087\sim0.071\text{cm/yr}$ 之速率緩緩沉積覆蓋於河床底。

行政院環保署、臺北市環保局與新北市環保局於民國 98 年~99 年間，分別執行淡水河流域(含大漢溪、新店溪、基隆河、淡水河本流)污染整治規劃等相關計畫時，結合 HEC-RAS 與 WASP5 模式，應用 1D 穩態模擬，針對流域現地處理場址、截流設施、污水處理廠之操作現況，以及沿岸 100 餘處生活污染排水排入淡水河系後，在考量一階祛氧與硝化反應下，溶氧、生化需氧量、氨氮、懸浮固體以及底泥需氧量對於河川水質之影響，並應用晴天低流量(Q_{75} ，超越機率 75%之枯流量)下之情境模擬，進而研擬未來水質改善目標及具體可行之整治措施。

新北市水利局於民國 98 年~100 年間，針對淡水河系主河道與沿岸重點支流

排水，分別進行水質水量連續 13 小時全潮週觀測與 24 小時全日觀測，並配合長期祛氧係數、硝化係數與底泥需氧量之檢定成果，結合 HEC-RAS 與 WASP，建立淡水河系 1D 動態水理水質模式。其中全流域支流排水之污染特性歷線，應用連續水質水量觀測成果進行調和分析，將時域資料轉換成頻域，發展各集污區之二階傅立葉級數(2nd-order Fourier Series)型態之時變性歷線，推定全域污染時變性排放行為，精確演算淡水河系在不同潮週與潮位振幅循環下，配合隨空間變化之祛氧係數、硝化係數與底泥需氧量，對於河川中溶氧、生化需氧量、氨氮、懸浮質之變化與流布，並依情境模擬之程果，初步研擬全流域沿岸 24 座截流站最適操作策略，在現有設施之操作限度內，達成最佳晴天河川水質表現。

行政院環保署於民國 100 年~102 年，分別執行北部(淡水河系、南崁溪、老街溪)、中部(濁水溪、新虎尾溪、北港溪)、南部(急水溪、鹽水溪、愛河、阿公店溪、二仁溪)地區重點河川污染整治規劃等相關計畫時，除了更新既有淡水河系水質模式參數與輸入設定外，另應用 QUAL2K 建立南崁溪、老街溪、北港溪、濁水溪、新虎尾溪、阿公店溪、急水溪、二仁溪之水質模式，以及應用 WASP 建立鹽水溪、愛河之水質模式，針對流域現地處理場址、截流設施、污水處理廠之操作現況，以及沿岸污水排入情形，並應用晴天低流量之情境模擬，分別演算溶氧、生化需氧量、氨氮、懸浮質等 RPI 水質項目，進而研擬未來水質改善目標及具體可行之整治措施。

依上述底泥污染傳輸機制與模式建置經驗，彙整目前國內外發展較為成熟且廣泛應用之水質模式，其目標水體、應用目的與因應之傳輸機制(詳如表 2.2-1)，可初步歸納底泥污染傳輸模式建置時，必須考量之重要條件包含：

1. 底泥之受污或污染釋出均與水體密不可分，惟底泥與水體性質不同，必須依固相、液相上下分層劃設，並針對軸向與垂向之傳輸機制進行聯合演算。
2. 在空間維度選擇上，河川被視為淺層流體(shallow flow)，通常以 1 維演算為主，若僅針對河口、港灣、或湖泊、水庫等深長水體，則需考量以 2 維方式演算。

3. 在時變性選擇上，若有完整的連續逐時資料，則可考量進行較複雜之動態演算，若僅有每季、每月或不定期之單點資料，則以穩態演算為較適宜之方式。
4. 就水質模式之演算與應用性而言，為避免水力不連續導致演算收斂困難，通常將懸浮質視為不影響水體密度之保守性物質，將複雜的懸浮沉降演算機制簡化，僅考量隨水體傳流、延散、沉降、再懸浮，或以「淨沉降」等主要傳輸機制。
5. 不同污染物之化學反應機制均不相同，然而探討其化學轉換機制或中間產物之生成，通常須結合其他微觀模式，重新編譯程式碼，惟其演算方式與模式驗證困難度較高，耗用資源亦較多，就流域規劃等大尺度空間應用而言，為提升演算速度並維持模式穩定，一般常直接參採 1 階總合衰減方式表現污染物之損耗行為。

表 2.2-1 國內外常用模式應用彙整比較表

項次	目標水體	水體類型	應用模式	維度	模擬項目	主要機制	應用目的
1	New Bedford Harbor	港灣	CE-QUAL-W2	2D 動態	PCBs	傳輸、延散、吸附、沉降、1 階衰減	建立 PCBs 模式
2	Old Women Creek	濕地	WASP	1D 穩態	總磷、銅、SS、葉綠素 a	傳輸、延散、吸附、沉降、磷循環、1 階衰減	探討濕地系統對銅之去除率
3	翡翠水庫	水庫	CE-QUAL-W2	2D 動態	溶氧、氨氮、總磷、葉綠素 a、硝酸鹽、SS	傳輸、延散、吸附、沉降、再懸浮、磷循環、氮循環(1 階衰減之硝化作用)、溶氧平衡	評估水庫優養化
4	曾文水庫	水庫	CE-QUAL-W2	2D 動態	溶氧、氨氮、總磷、葉綠素 a、硝酸鹽、SS	傳輸、延散、吸附、沉降、再懸浮、磷循環、氮循環(1 階衰減之硝化作用)、溶氧平衡	評估水庫優養化
5	德基水庫	水庫	CE-QUAL-W2	2D 動態	溶氧、氨氮、總磷、葉綠素 a、硝酸鹽、SS	傳輸、延散、吸附、沉降、再懸浮、磷循環、氮循環(1 階衰減之硝化作用)、溶氧平衡	評估水庫優養化
6	Back River	河口	WASP	3D 動態	PCBs	傳輸、延散、吸附、沉降、再懸浮、1 階衰減、氧化	評估 PCBs 之流布
7	二重疏洪道	感潮河段	WASP	1D 穩態	鋅、銅、溶氧、氨氮、硝酸鹽、總磷、SS	傳輸、延散、吸附、沉降、再懸浮、1 階衰減、硝化(1 階衰減)	探討濕地系統對銅、鋅之去除率
8	Patuxent River	河口	CE-QUAL-W2, WASP	2D 動態	BOD、氨氮、總磷、正磷酸鹽、SS、SOD、硝酸鹽、葉綠素 a、溶氧	傳輸、延散、吸附、沉降、再懸浮、祛氧(1 階衰減)、硝化(1 階衰減)、礦化	評估 Chesapeake Bay 潮汐回水對 Patuxent 河口營養鹽之影響
9	Patuxent River	河口	CE-QUAL-W2, MINTEQA	2D 動態	As(III)、As(V)、DMA、SS、浮游植物	傳輸、延散、吸附、沉降、再懸浮、去甲基、祛氧(1 階衰減)	結合微觀模式，評估 Chesapeake Bay 潮汐回水對 Patuxent 河口砷之影響
10	Lake Coeur d'Alene、Spokane River、Lake Roosevelt	湖泊與河川	CE-QUAL-W2	2D 動態	溶氧、總磷	傳輸、延散、吸附、沉降、再懸浮、磷循環、溶氧平衡	探討翻騰現象對水質影響

表 2.2-1 常用模式應用於目標水體之主要傳輸機制(續 1)

項次	目標水體	水體類型	應用模式	維度	模擬項目	主要機制	應用目的
11	Cedar Creek	河川	QUAL2E	1D 穩態	溶氧、BOD、總磷、SS、葉綠素 a	傳輸、延散、淨沉降、氮循環、磷循環	評估點源與非點源污染比例與影響
12	Cedar Creek	水庫	WASP	2D 動態	溶氧、BOD、總磷、SS、葉綠素 a	傳輸、延散、沉降、再懸浮、氮循環、磷循環	評估點源與非點源污染比例與影響
13	Limpopo River、Nuanedzi River、Changane River、Elephants River	河川與河口	CE-QUAL-W2	2D 動態	鹽度	傳輸、延散	評估各項參數對鹽度入侵的影響
14	Delaware River	河川與河口	WASP	1D 動態	PCBs 同族物、BIC、PDC	傳輸、延散、吸附、沉降、再懸浮	探討 PCBs 之流布與後續總量管制之應用
15	Mobile Bay	港灣	WASP_SE DDEER	1D 動態	SS、p,p'-DDT	傳輸、延散、吸附、沉降、再懸浮、沖蝕、衰減	分析不同模式之演算成果
16	淡水河系(大漢溪、新店溪、基隆河、淡水河本流)	感潮河川	WASP	1D 穩態	DO、BOD、氨氮	傳輸、延散、祛氧(1 階衰減)、硝化(1 階衰減)	分析 BOD 之祛氧，建立修正方式
		感潮河川	WASP	1D 穩態	DO、BOD、氨氮	傳輸、延散、祛氧(1 階衰減)、硝化(1 階衰減)	常數型態參數轉換為空間變數
		感潮河川	WASP	1D 動態	DO、BOD、氨氮、SS	傳輸、延散、淨沉降、祛氧(1 階衰減)、硝化(1 階衰減)	分析時變性潮汐對水質之影響，建議最佳截流操作方式
		感潮河川	WASP	1D 穩態	DO、BOD、氨氮、SS	傳輸、延散、淨沉降、祛氧(1 階衰減)、硝化(1 階衰減)	評估流域污染整治成效
17	鹽水溪	感潮河川	WASP	1D 穩態	DO、BOD、氨氮、SS	傳輸、延散、淨沉降、祛氧(1 階衰減)、硝化(1 階衰減)	評估流域污染整治成效

表 2.2-1 常用模式應用於目標水體之主要傳輸機制(續 2)

項次	目標水體	水體類型	應用模式	維度	模擬項目	主要機制	應用目的
18	愛河	感潮河川	WASP	1D 穩態	DO、BOD、氨氮、SS	傳輸、延散、淨沉降、祛氧(1 階衰減)、硝化(1 階衰減)	評估流域污染整治成效
19	南崁溪	河川	QUAL2K	1D 穩態	DO、BOD、氨氮、SS	傳輸、延散、淨沉降、祛氧(1 階衰減)、硝化(1 階衰減)	評估流域污染整治成效
20	老街溪	河川	QUAL2K	1D 穩態	DO、BOD、氨氮、SS	傳輸、延散、淨沉降、祛氧(1 階衰減)、硝化(1 階衰減)	評估流域污染整治成效、推動總量管制
21	北港溪	感潮河川	QUAL2K	1D 穩態	DO、BOD、氨氮、SS	傳輸、延散、淨沉降、祛氧(1 階衰減)、硝化(1 階衰減)	評估流域污染整治成效
22	濁水溪	河川	QUAL2K	1D 穩態	DO、BOD、氨氮、SS	傳輸、延散、淨沉降、祛氧(1 階衰減)、硝化(1 階衰減)	評估流域污染整治成效
23	新虎尾溪	河川	QUAL2K	1D 穩態	DO、BOD、氨氮、SS	傳輸、延散、淨沉降、祛氧(1 階衰減)、硝化(1 階衰減)	評估流域污染整治成效
24	急水溪	感潮河川	QUAL2K	1D 穩態	DO、BOD、氨氮、SS	傳輸、延散、淨沉降、祛氧(1 階衰減)、硝化(1 階衰減)	評估流域污染整治成效
25	二仁溪	感潮河川	QUAL2K	1D 穩態	DO、BOD、氨氮、SS	傳輸、延散、淨沉降、祛氧(1 階衰減)、硝化(1 階衰減)	評估流域污染整治成效
26	阿公店溪	感潮河川	QUAL2K	1D 穩態	DO、BOD、氨氮、SS	傳輸、延散、淨沉降、祛氧(1 階衰減)、硝化(1 階衰減)	評估流域污染整治成效

現場採樣流程與歷年監測彙整

3

行政院環境保護署

底泥污染來源及傳輸模式調查計畫－以重點河川為例

第三章 現場採樣流程與歷年監測彙整

3.1 現場採樣規劃流程

由於台灣河川特性多屬於短且急，底泥在河床之分布易受水文環境影響而呈動態分布，而污染物來源又牽涉流域管理及各主管機關之污染管制，使污染追蹤相對複雜且不易掌握，因此河川底泥管理實屬不易，如何選擇適合的採樣點以取得可靠數據研判污染來源，成為底泥調查工作之首要關鍵。

在未知污染情形或大範圍之背景普查時，環境檢驗所已有公告底泥採樣方法可供依循，而針對特定污染之追蹤則仍須因地制宜。因此，本計畫結合環境檢驗所公告方法，提出在追查河川水體底泥污染來源時，底泥採樣規劃之前置作業、採樣點、採樣時機及檢測項目等之作業流程。相關內容如以下各節所述。

3.1.1 採樣計畫研擬原則

一、作業流程

有關底泥採樣作業之規劃流程如圖 3.1-1 所示，藉由前端背景資料蒐集與分析，進而研選符合標的之採樣點、採樣深度、採樣時機及頻率。

二、污染潛勢評估（環境背景分析）

（一）底泥可能污染來源

河川底泥主要來自水體中小粒徑固態物質之沉積，而底泥上吸附之物質來源可分為內部負荷與外部負荷二類。

1.內部負荷

內部負荷係指污染物原已隨底泥沉積，惟河川流場改變或河床底受到擾動，使底泥再度揚起，並使各項污染物質流布與底泥沉積方式重新分布；此類來源包含自然地形變動、河水對河床底質沖蝕、水利工事、採砂、河槽疏

濬、水庫洩洪或排泥等，所帶來之物質通常為自然來源。

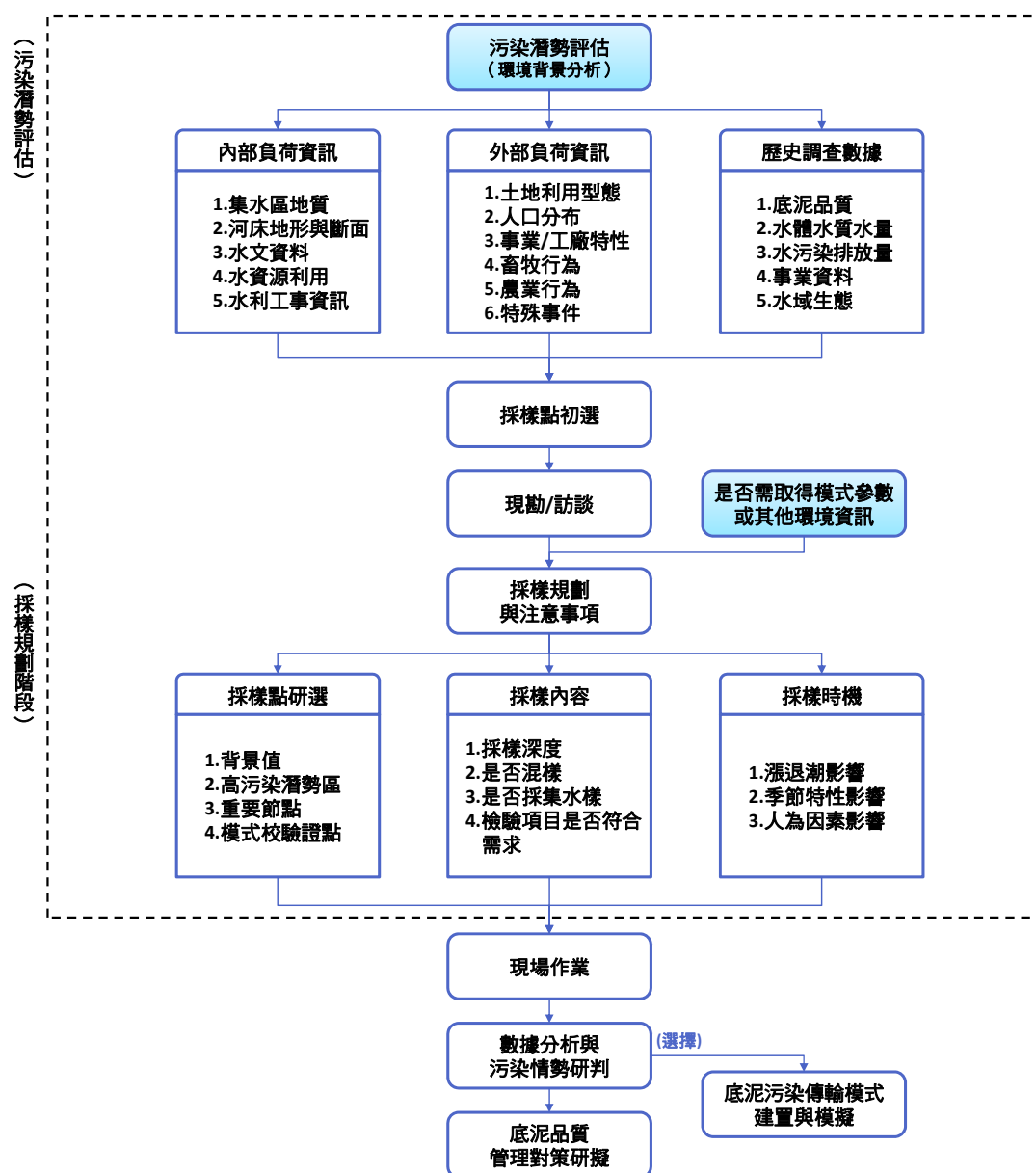


圖3.1-1 底泥採樣作業之規劃流程

2.外部負荷

外部負荷係指原本不存在水體與底泥中之污染物，藉由沿岸漫地流與沖

蝕、大氣沉降及水生生物殘屑等非點源、或點源的側入流等方式進入河川；此類來源通常具有時間與空間的隨機性與不確定性，多以晴天生活污水、工廠事業廢水、農業廢水、屠宰及畜牧廢水等，所帶入之污染物性質通常也較為複雜，且對環境負面影響疑慮較大。

鑒於底泥分布主要受水文環境影響，而污染物來源又以外部負荷之負面影響較大，故本指引之底泥污染源追查採樣，將著重於外部污染之分析。而若能取得歷史調查數據，則更有利於有效與快速的選擇採樣方式，並判斷可能之污染來源，故以下將應掌握之資訊分為內部負荷、外部負荷及歷史調查數據染資料等三大面向做說明。

(二)內部負荷資訊

- 1.目的與用途：底泥污染是否來自內部負荷，可透過水理水文環境、水資源利用情形與是否有水利工事進行來判斷，這些條件對底泥分布影響極大，為採樣點選擇之重要考量因素。例如：集水區地質易受侵蝕者，河川輸砂量通常較大，故於水庫/攔水堰或下游水流速較緩處，底泥累積速度較快，但性質屬於自然來源。河川內若有大型河道工程進行（例如航道疏濬、橋梁工程、堤岸護坡整建），施工期間容易擾動工區河段之底泥，使之隨水流往下游傳輸。此外，河川是否因季節或每日潮汐有明顯水位變化，為採樣時機與採樣工具選擇時的重要考量。
- 2.蒐集資料對象：包含集水區地質、河床地形與斷面、水文資料、水資源利用情形與水利工事資訊等。
- 3.資料區間：至少應包含底泥調查期間。

(三)外部負荷資訊

- 1.目的與用途：由外部負荷所帶來之污染物性質一般較為複雜且危害性較高，此類污染物幾乎由人類產業活動所產生，因此更需要藉由行政或工程手段來進行管理。此外，外部負荷之種類通常做為決定底泥關注項目的重要條件。
- 2.蒐集資料對象：土地利用型態（例如都會區、工業區、農/林/漁/牧區、自然

保護區）、事業/工廠特性、特殊事件。

3.資料區間：至少應包含調查前三年至調查執行期間。

(四)歷史調查數據

1.底泥品質資料

- (1)目的與用途：由主河道之歷史底泥調查資料，研判適合之上、下游邊界採樣河段。由水庫（或攔水堰及取水口）或重要支排之底泥品質狀況，決定是否於該河段設置底泥採樣點，同時考慮針對該河段上游處可疑支流排水進行水質採樣。
- (2)蒐集資料對象：包含河川上游之水庫（或攔水堰及取水口）、主河道及重要支排末端之底泥數據。
- (3)資料區間：由於台灣河川之河床受降颱風沖刷、水庫排泥、洩洪及河川水利工事影響極高，故建議至少蒐集近 5 年以上之底泥調查資料，並且涵蓋豐、枯水季、上述事件前後區間之資料為佳。若已知調查水域曾有重大水質污染事件或其他足以改變底泥分布、影響水質及底泥品質之事件，則資料區間應盡可能涵蓋該事件前後為宜。

2.水質水量資料

- (1)目的與用途：由主河道及支流排水之水質水量資料，分析水體上、下游之污染負荷量變化、底泥高污染潛勢區及高潛勢污染源。高潛勢污染源通常為高濃度與高污染負荷量之支流排水，其匯入主河道後之下游處通常為底泥高污染潛勢區；此外，歷史數據顯示，主河道水質 RPI 為嚴重污染之河段，通常底泥受污染程度也較明顯。若無法取得支流排水之水質水量資料，水污染排放量（推估污染量）或流域內之事業資料可以取代之。
- (2)蒐集資料對象：包含河川上游之水庫（或攔水堰及取水口）、主河道、河口/海洋、支流排水末端等之水質水量監測資料；其中支流排水包含都市雨水排水、農業灌溉排水、事業放流水或專用下水道放流水之管涵、其他

人工排水路，以及天然溪流等。

- (3)資料區間：由於台灣河川之河床及水質水量受降雨量及水資源利用情形影響極高，故建議至少蒐集近 5 年以上之觀測值，並且涵蓋豐枯水季資料為佳。若已知調查水域曾有大型河川水利工事、水庫大量排泥或洩洪、大型颱風沖刷、重大水質污染事件或其他足以影響水質及底泥品質之事件，則資料區間應盡可能涵蓋該事件前後為宜。

3.水污染排放量資料

- (1)目的與用途：由流域內各個次集水區或行政區之水污染排放量資料，分析底泥高污染潛勢區及高潛勢污染源。無法取得支流排水之水質水量資料時，污染推估量資料可取代之。
- (2)蒐集資料對象：建議使用之污染排放量資料有兩種，視資料可取得性擇一使用即可。第一種為推估污染量（以內政部綠色國民所得帳為代表），資料內容通常包含廢污水量、COD、BOD5、NH3-N 及 SS 之污染產生量及污染排放量，優點為資料較易取得，缺點為推估過程包含眾多假設條件，資料可能與實際狀況有所落差；第二種為污染流達量（即支流排水之水質水量資料），需進行流域內支流排水末端水質水量普查方能取得，資料內容通常包含支流排水之水量、BOD5、NH3-N 及 SS 之污染量，優點為污染量資料較能符合實情，若有重金屬及其他底泥關注項目之普查資料更有利於追蹤底泥污染來源，缺點為並非所有流域均可取得此資料，且若普查資料未更新，恐失去代表性。
- (3)資料區間：若為推估污染量，建議採用最近三年之推估值。若為污染流達量，建議採用近五年且至少三次之普查平均值。

4.流域內事業資料

- (1)目的與用途：由流域內各個次集水區或行政區之事業資料，分析底泥高污染潛勢區及高潛勢污染源。無法取得支流排水之水質水量資料（即污染流達量）時，事業資料可取代之。

- (2)蒐集資料對象：建議使用之事業資料有兩種，視資料可取得性擇一使用即可。第一種資訊為內政部主計總處之工廠登記資料，資料內容包含各縣市-各行政區-各行業別之工廠家數；優點為資料取得容易、資料格式方便整理有利於快速作業；缺點為並非所有工廠均有排放廢水，且行政區一般與流域集水區範圍不同，故工廠廢水有都少比例是排入待調查水域不易確認，需憑經驗主觀判斷，故代表性稍低。第二種資訊為環保單位之水污染防治法列管之事業資料，資料庫內容包含水污法規定列管事業之行業別、位置（地址與座標）、水質及水量資料；優點為可配合定位清楚掌握流域內各集水區/集污區、支流排水集污區或行政區之行業別（掌握污染特性）、廢水量與污染排放量，故代表性較高；缺點為資料取得不易、大部分座標不具參考性須以地址自行校準（費時費工）、每年水質水量資料之完整度受申報及稽查狀況影響。
- (3)資料區間：建議以近三年登記資料為宜，但若國內政經情形有發生重大變動，則應增加更早一年之資料為宜。例如民國 97 年至 98 年間，因金融風暴造成國內工廠登記家數銳減，故 98 年進行調查計畫時，事業資料包含 96 年及 97 年為宜。
- (4)新興污染物：若調查流域包含高科技產業，或特殊化學產業聚落，可能產生法規管制項目以外之新興污染物者，建議可根據產業特性，研判並加測新興污染物，以增加污染來源比對資訊，並了解新興污染物在環境中流布。

5.水體生態資料

- (1)目的與用途：生態資料並非前端調查之必要項目，僅建議在資源允許之情況下，掌握採樣水域之底棲類生物數量以及是否有敏感性物種存在，並與歷年底泥品質變化趨勢進行比較分析。
- (2)蒐集資料對象：包含河川上游之水庫（或攔水堰及取水口）、主河道及重要支排，其水域之魚類、哺乳類、兩棲類及底棲類之物種與數量資料。
- (3)資料區間：建議蒐集近 5 年之水與生態調查資料，並且涵蓋連續的春/夏季

與秋/冬季為佳（配合生物繁衍及遷徙特性）。

三、現勘/訪談

- 1.針對河川環境進行現勘，確認擬定採樣河段之環境現況，包含底定採樣點是否有道路可運輸人員及工具至採樣點、水流及水深是否安全、高潛勢污染源之現況（例如是否有污水排放）等。
- 2.若河川內有水利工事進行，盡可能訪談工程監造或施工單位之管理人，了解各階段工程進度。
- 3.進行採樣河段現勘時，盡量選擇有固定建築物或高度具辨識性之位置作為採樣點，並搭配 GPS 定位與現場照片紀錄。
- 4.觀察及訪談現場是否有漁釣及漁撈行為，了解該行為屬休閒活動、補食或販售用途等。

3.1.2 採樣規劃與注意事項

一、採樣點研選

若調查目的是著重於河川底泥污染源之研判調查，則建議以主觀判斷布點較為適合；建議採樣位置應包含以下範圍：

(一)背景值位置

歷史資料顯示河川由上游至此，底泥均無異常之河段末端；通常其位置在河床坡度與水流速度開始明顯趨緩之河段。

(二)高污染潛勢區

- 1.若背景區段、水庫/攔水堰之底泥數據無異常，則其後至高污染區段間應有其他污染來源（可能為支流排水帶入、非點源或未明污染），建議增加此區段的採樣數量。
- 2.歷史調查資料顯示曾經成為高污染區段之區域；位置通常出現在高濃度與

高污染負荷支流排水匯入主河道後（匯入點下游 500 公尺以內）。

- 3.主河道水質 RPI 為嚴重污染之河段。
- 4.污染推估量或污染流達量合計占該流域污染量 50% 以上之污染排入點會入主河道後下游處（匯入點下游 500 公尺以內）。
- 5.行業別之廢水特性與底泥品質指標項目有關之事業家數或規模可能影響該河段底泥品質者，應於該河段進行底泥採樣。
- 6.事業污染量（視資料完整度選擇使用污染產生量或污染排放量）合計占該流域污染量 50% 以上之集污區，應於該集污區污染排放點（即支流排水末端）匯入主河道後稍下游處（匯入點下游 500 公尺以內）進行底泥採樣。
- 7.若有水利或河道工程，則施工區段之上、下游處均應進行採樣，但若工程位於水流較急不易形成底泥處（至下游 500 公尺以外均不利沉降），則可不採樣。

(三)河川重要節點

- 1.建議部分採樣點分布於重要節點，例如橋梁、縣市交界、既有水文或水質監測站，有利於未來相關資源整合比較或策略研擬。
- 2.底泥建議選擇橋梁之下游側（較易淤積），其他水利結構物或有特殊情況時考量選擇上游側；水質採樣則參考環境檢驗所規範，通常選擇結構物之上游側。
- 3.若歷史資料顯示有生態敏感性物種（尤其為底棲類）存在或屬於「國家公園」、「國家自然公園」、「自然保留區」、「野生動物保護區及野生動物重要棲息環境」與「自然保護區」等河段，視計畫資源及必要性決定是否採樣。

二、採樣內容

(一)採樣深度

一般底泥採樣依環境檢驗所規範，採集表層（0-15 公分）以代表較近期沉積之底泥。若遇追蹤分層污染情形、評估污染數量或其他特殊考量，則依

需求增加採樣深度，例如當檢測項目有底泥需氧量（SOD）時，則另依檢測方法需求採集特定深度底泥。

(二)樣品混樣

底泥樣品一般皆以單點獨立樣品為優先，若該處過去歷史資料顯示左右岸污染程度一致、或經費限制/其他考量條件下，則可將樣品以混樣方式進行分析。混樣原則視河面寬度採左、中、右表層底泥數點水平混樣，但採樣河段之水流有分流情形、河面範圍較寬河段或單側有大型污染源排入河段等，不建議進行混樣。

垂直混樣則是將表層(0-15 公分)、中層(15-30 公分)、底層(30-60 公分)底泥各別採出後，進行混樣。中、底層深度可視河床底泥厚度決定，或以前述建議為主。當流域過去常有持續性污染源排入、或較深層底泥可能受天然災害影響而有釋出風險之虞，則會進行分層底泥採樣。然而若無法透過歷史資料掌握較確定之深層污染底泥範圍時，通常優先以垂直混樣方式進行採樣分析，據以了解各處深層底泥污染狀況。水平/垂直混樣或獨立採樣應視計畫需求/經費與污染狀況決定，但若有底泥品質申報需求，至少需取得表層底泥檢測數據。

(三)是否採集水樣

通常在底泥高污染潛勢區域，經常伴隨著高污染的水質，兩者會交互影響。因此未釐清某處底泥的污染是否受排入之支流排水水質影響，在經費許可情形下，建議採集高污染潛勢區上游以及支流排水水質（檢測項目與底泥相同）及測量水量。

(四)檢驗項目是否符合需求

- 1.已知人為活動較多的水域，底泥中營養鹽含量通常也較高，但營養鹽尚非底泥品質指標關注項目，故資源不足時，建議只檢測總有機碳（TOC）或不檢測。
- 2.依據土地利用型態的差異，除營養鹽外，尚有其他應關注污染物類別，例

如：

(1)調查河川沿岸之土地利用為都會區者，尚需關注塑化劑污染；

(2)土地利用為工業區或較多工廠、事業廢水/廢棄物處理或各種掩埋場存在者，除塑化劑與注重金屬污染外，應再依行業別污染特性增加關注項目；

(3)土地利用為農業區者，需關注農藥污染；土地利用為漁牧區者，需關注金屬（抗生素成分）污染。

3.若已知調查河川近年曾有大型水污染事件或非法棄置行為，應針對污染項目及非法棄置內容增加關注項目。

三、採樣時機

(一)漲退潮影響

水深或水流較急河段，需要特殊採樣工具方可進行採樣。水深超過 2 公尺處，部分採樣工具無法達到河床底部，或靠採樣人力無法施作。水流過急處，採樣工具及船隻易受水流影響無法固定採樣位置。

台灣河川底泥多為中下游污染較嚴重，而該河段多半受潮汐影響，故建議參考潮汐預報，於低平潮（低水位與低流速）時進行採樣；注意部分河段於退潮時之水深過淺無法行船，故需在漲潮時預先到達該採樣點。受此項因素影響，故河川底泥採樣作業可能需耗時數天，且一個月當中只有兩周之時間適合採樣，若遇天候不良，則採樣作業至少需延期兩周方能執行，於底泥採樣期程與後續銜接工作期程之規劃上須特別注意。

(二)季節特性與人為因素影響

由於豐水期、河川防汛期間（每年 5 月至 11 月），上游水庫為避免大型降雨洩水不及，常進行預防性排水作業，防汛期間部分水庫可能進行空庫排淤作業，採取經常性排水措施以避免庫區泥砂淤積，河川於農灌季節前及防汛期之前之常有例行性疏濬作業、颱風洪水產生之大型沖刷等各種情形，造成枯水季較後段或颱風洪之後一段時間（2 個月以上）所調查之底泥品質通

常劣於豐水季時，為盡可能保守評估底泥污染潛勢，建議優先於枯水季後段進行底泥調查，若資源及時間許可，則可增加調查頻率。

3.1.3 底泥水質採樣作業程序

本計畫之底泥與水質採樣程序說明如下：

(一)底泥採樣

1.現場採樣作業程序

本計畫現場採樣作業程序說明如下（參圖 3.1-2）：

- (1) 確認測站位置：採樣人員到達採樣現場後，由 G.P.S.定位或明顯標的物確認測站實際位置，進行拍照存證。
- (2) 現場準備作業：由採樣負責人執行現場工作的分工，記錄該測站附近環境現況並準備採樣所需設備/器材與樣品容器。
- (3) 採樣位置選定：選定適當橫斷面後，將採樣點平均分布，每點各取一組表層與深層樣品。底泥採樣作業方式係以船上或涉水作業為主。
- (4) 採樣方法選定：將視現場狀況選擇是當之底泥採樣器，本計畫以活塞式底泥採樣器、採樣鏟、重型/輕型抓泥器為主。
- (5) 樣品採集作業：於選定採樣點採集河川底泥樣品，以採取表層底泥（0-15公分）為原則，另依需求採集其他深度樣品。
- (6) 樣品分裝與保存作業：將採集的樣品分裝於事前準備好的樣品容器，依品保規劃書進行各分析項目樣品的分裝與保存作業。
- (7) 樣品清點作業：於該監測點採樣完畢後，立即清點採集的樣品數量，並記錄於底泥樣品監控記錄表。

2.採樣作業規範注意事項

有關底泥採樣作業的注意事項分別說明如下：

- (1) 底泥的沉積與水流（Velocity）及流量（Flow）有關，故河川底泥採樣應

盡量選擇流速小於 0.3 m/sec，懸浮物易沈澱的地區，如彎道河段、河道變寬河段、河道束縮處上游河段、分叉型河段、分流河段及支流匯入河段。

- (2) 底泥採樣器採底泥時，上層水需以不攪動底泥表層的方式去除。
- (3) 本計畫底泥分析項目包含半揮發性有機物，故不採用混樣方法。
- (4) 依據本計畫特性，原則上每個橫斷面平均分為左中右三側，於左右側各採取一組樣品；如因地形或安全考量無法取得其中一點樣品或改採取中間段樣品時，應標示清楚。
- (5) 底泥樣品外觀上有明顯差異者，則該點採集的樣品捨棄不取。
- (6) 採樣點的附近有堤堰時或橋樑時，若設有蛇籠或消波塊時會影響水流及懸浮物的沉澱，建議在其上游選取緩流處採樣。
- (7) 選取的採樣點應避開不規則物堆積如消波塊或廢棄物等。
- (8) 採樣站應盡量避免在有施工及採砂作業之處。

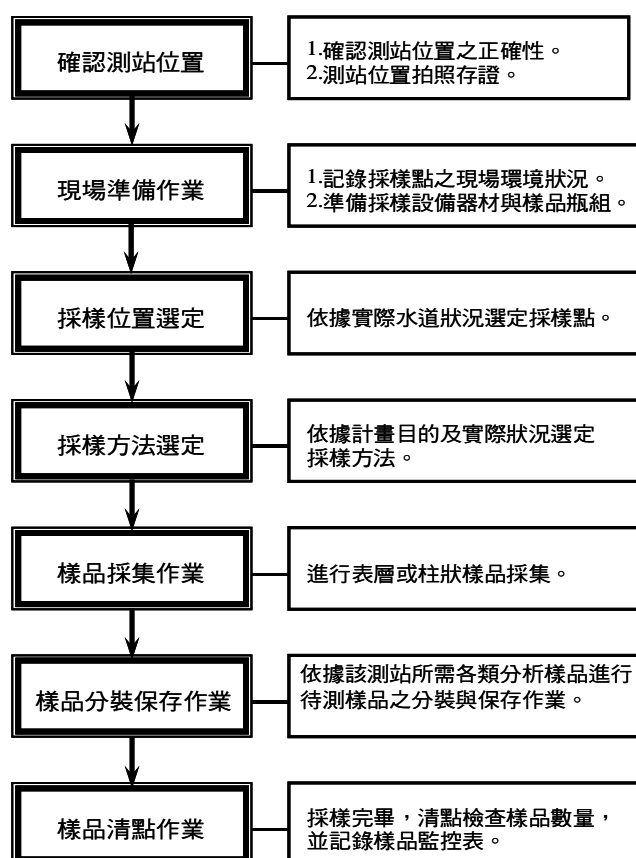


圖3.1-2 河川底泥現場採樣作業流程

(二)水質採樣

1.現場採樣作業程序

有關河川水質現場採樣作業的程序說明如下（參圖 3.1-3）：

- (1) 確認採樣地點：採樣人員到達採樣現場後，由明顯標地物或 G.P.S.定位確認採樣點位置，並進行採樣地點的拍照存證。
- (2) 現場準備作業：由各小組之採樣負責人執行各項現場工作分派，首先對採樣地點進行安全防護措施設置，並記錄採樣點附近環境現況及準備該採樣點所需採樣設備/器材與測量儀器。
- (3) 現場測量儀器校正：依計畫需求執行之現場測量項目的各測量儀器現場校正作業。
- (4) 現場採樣安全措施：河川水質之採樣作業方式不論是涉水採樣與橋上採樣，人員皆須有適當的安全保護措施（如穿著救生衣或反光背心等）。
- (5) 測量水深：以做有刻記的繩索（下端附掛適當的重錘），進行採樣點之水深測量或採用其他科學量測儀器例如都卜勒等。
- (6) 水質樣品採集作業：由各監測點之水路斷面實際狀況，選定水樣採集混合方式〔當水深 ≥ 50 公分時，以定深採樣器採集水樣。若水深 < 50 公分，則以採樣桶採集水樣〕。
- (7) 現場測量作業：將採集水樣裝取適當待測水樣於燒杯中，以校正完成的測量儀器依計畫需求進行 pH、導電度、水溫、溶氧等現場測量。
- (8) 樣品分裝保存作業：將採集的樣品分裝於事前準備好的樣品瓶組，依環保署公告各水質檢測項目樣品之保存方法進行樣品加藥保存，並將保存後的樣品放置於冷藏櫃中。
- (9) 樣品清點檢查作業：於該測點採樣完畢後，立即清點檢查所採集樣品的數量，並填寫樣品監控記錄表。

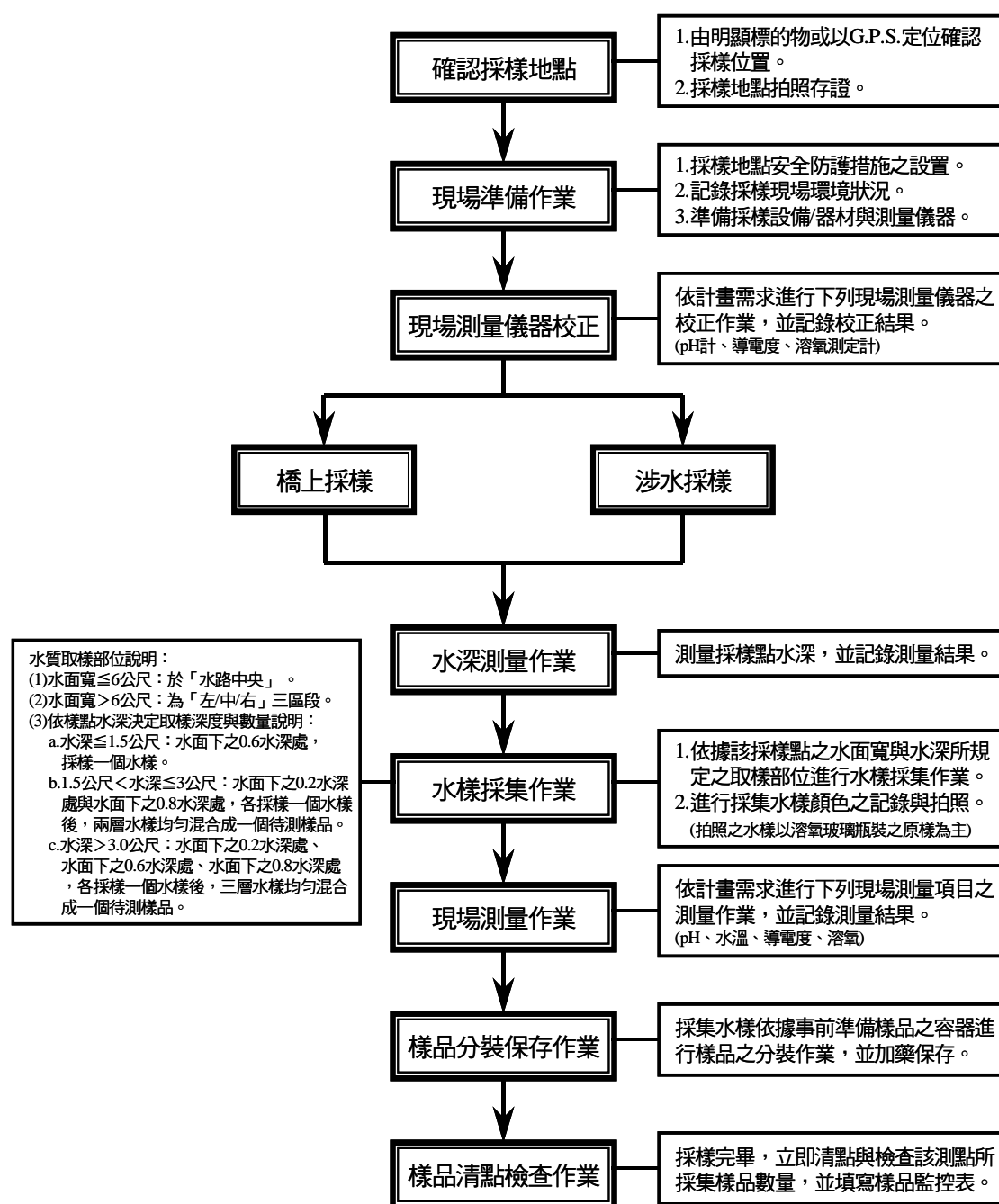


圖3.1-3 河川水質現場採樣作業流程

2.採樣作業注意事項

- (1) 於採樣出發前準備、採樣完成後、以及實驗室接收等作業均需清點檢查並記錄之。
- (2) 採樣現場執行氣溫量測時，需將溫度計置放於遮蔭與通風處，待其測值穩定後記錄之，應避免陽光直接照射於溫度計。
- (3) 採樣天候限制：採樣人員於執行水質現場採樣作業時，如遇天氣狀況不良時，則須停止進行採樣作業，並待暴雨影響停止後，再擇期進行採樣作業。相關規範如：採樣前 24 小時累積雨量達 50 mm 暫停採樣，連續三日累積雨量超過 150 mm 時暫停採樣且其後三天亦暫停採樣。
- (4) 水質水量調查於主河道或支流排水渠道受潮汐影響之點位，應配合當日潮汐時間，於該點位低平潮時段前 45 分鐘至後 45 分鐘內執行；但不受潮汐影響者，不受上述時間影響。
- (5) 支流排水檢測位置應盡量靠近排水匯入主河道位置；若該支排設有防洪閘門者，應於閘門開啟之情況下執行調查作業，但若支排為附設截流設施之雨水抽水站，則應於截流前進行調查。

本計畫未盡說明之作業原則，另參考行政院環境保護署「環境水質監測採樣作業」重點說明及其他相關規定辦理。

3.2 歷年監測資料彙整

3.2.1 重點河川背景資料

國內重點河川由北至南分別為淡水河、南崁溪、老街溪、濁水溪、新虎尾溪、北港溪、急水溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪以及愛河等 11 條河川（地理位置如圖 3.2-1），而這 11 條河川亦是環保署提報之「水體環境水質改善及經營管理計畫」中的整治河川。以下說明國內各重點河川的現況與水質、底泥污染狀況。

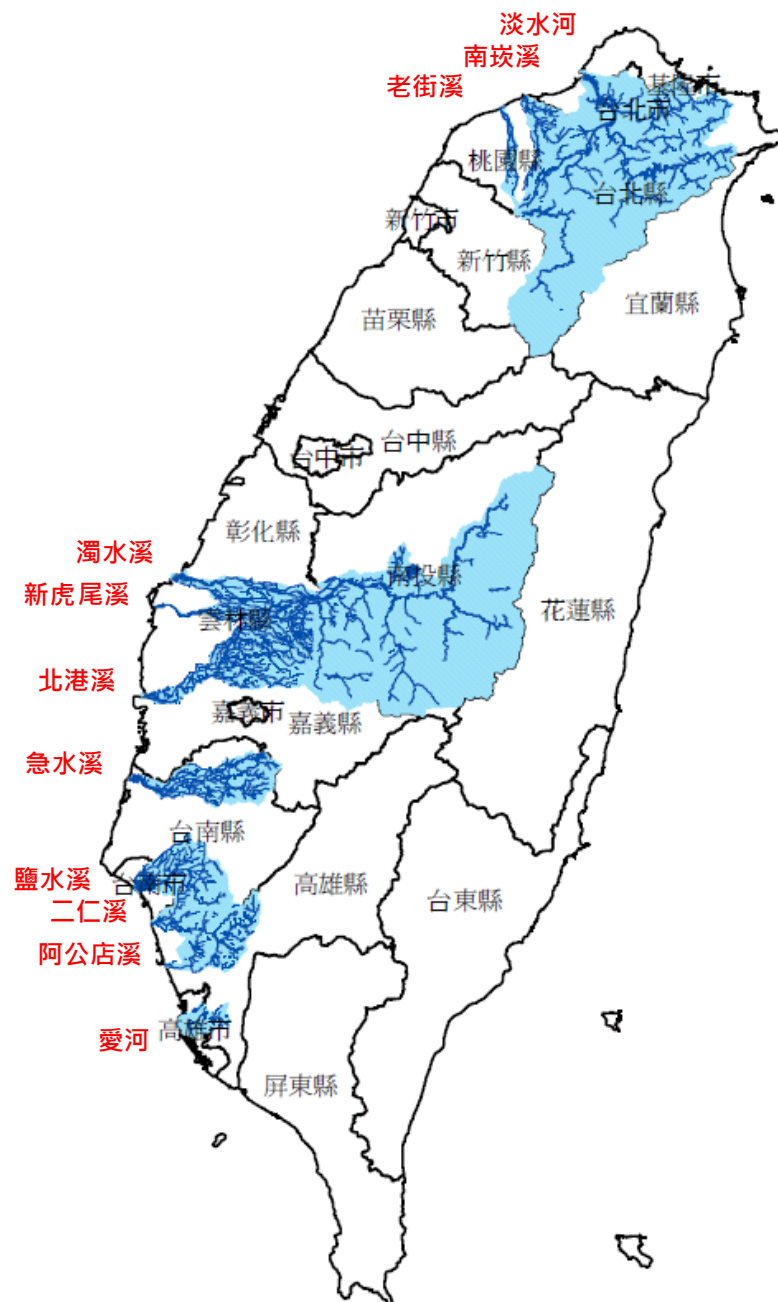


圖3.2-1 全台11條重點河川

一、淡水河

淡水河位於臺灣北部，發源於標高 3,529 公尺之品田山，流域面積為 2,726 平方公里，主流自發源地至出海口全長約 159 公里，平均坡降約 1/45；歷年平均逕流量僅次於高屏溪，惟就流域面積及河流長度而言，則次於高屏溪及濁水溪，為全台第三大河川。淡水河由大漢溪、新店溪、基隆河三條主要支流匯流而成，其中由南往北流之大漢溪與由東向西流之新店溪於江子翠匯流後構成淡水河本流，本流往北至關渡隘口附近再與由東向西流之基隆河匯流，最後在淡水鎮油車口附近流入臺灣海峽，各流域受感潮的影響顯著，其影響範圍自基隆河之汐止江北橋、新店溪之新店秀朗橋、大漢溪之板橋浮州橋，使上下游水文變化極大。

各主、支流及流域共橫跨五個行政區（臺北市、新北市、桃園縣、基隆市、新竹縣）共計 45 個鄉鎮區域。大漢溪流域面積約 1,163 平方公里，河道主流全長約 135 公里，為淡水河三條主要支流中最長者。新店溪流域面積 916 平方公里，全長約 84 公里，中、下游河段自碧潭橋以下進入人口密集之新店、中和、永和及板橋地區。基隆河位於淡水河流域最下游，流域面積 501 平方公里，經截彎取直後全長約 80 公里，為淡水河三條主要支流中最短且流域面積最小者。

依經濟部水利署第十河川局於 90~100 年淡水河流域流量監測結果，大漢溪於三峽河匯入後之年平均流量約為 20.0 CMS，新店溪秀朗橋河段之年平均流量約為 99.8 CMS，基隆河於五堵測站河段之年平均流量約為 38.2 CMS，景美溪於寶橋河段之年平均流量約為 23.2 CMS。

二、南崁溪

南崁溪流域位於臺灣桃園縣北境，屬桃園縣內重要之縣管河川。發源地為桃園縣坪頂台地牛角坡（標高約 225 公尺），流域面積共 214.6 平方公里，主流全長為 30.7 公里，流經鄉鎮包括桃園縣龜山鄉、桃園市、蘆竹鄉、大園鄉，而於大園鄉出海。主要支流河川包括茄苳溪、坑仔溪及東門溪，主要支流排水幹渠有海方厝、海湖、瓦窯溝、番子溝、徐厝排水、大坑溪、番子窩、楓樹坑溪及新路坑溪等。南崁溪水體用途主要是環境保育、工業用水及灌溉用水。其

污染源以工業廢水及家庭污水為主。另於水體分類及利用情形方面，南崁溪除支流茄苳溪之茄苳橋至與南崁溪匯流口屬丁類水體外，其餘河段均屬丙類水體。

三、老街溪

老街溪流域屬桃園縣內重要之縣管河川，其主流發源於桃園縣龍潭鄉深窩子，流入龍潭大池後復出流經龍潭市區，過烏林、黃唐村間進入平鎮市，再經中壢市及大園鄉後與田心仔溪會合，於大園鄉許厝港入海。老街溪主流全長約 36.7 公里，流域面積約 81.59 平方公里，其中平地面積約 72 平方公里。主要支流河川為大坑缺溪（全長 5.5 公里），主要支流排水幹渠為田心仔溪、西南勢支渠等。另於水體分類及利用情形方面，老街溪除支流洽溪屬丁類水體外，其餘水體均屬於丙類水體。

四、濁水溪

濁水溪位於臺灣中部地區，屬中央管河川，濁水溪主流上游名為霧社溪，發源於合歡主峰與合歡山東峰間的佐久間鞍部南側，流至春陽東納塔羅灣溪，續流至萬大和萬大溪匯流後，在雲林縣麥寮鄉墘厝流入台灣海峽。濁水溪全長約 187 公里，流域面積達 3,157 平方公里，是台灣最長的河川，流域面積第二大之河川。因流經地層多屬易受侵蝕的頁岩、砂岩，故溪水易夾帶大量泥沙，長年混濁。尤以萬大溪、丹大溪為最高。河口百年洪峰流量為 24,000CMS，僅次於高屏溪。依據水體分類水質標準，濁水溪上游至玉峰大橋河段為甲類水體，以下包括集集大橋、名竹大橋、南雲大橋及西螺大橋四河段皆為乙類水體。

五、新虎尾溪

新虎尾溪流域屬雲林縣內之縣管河川，主流長 49.9 公里，流域面積 109.3 平方公里，分布於雲林縣中部偏北地區。主流發源於莿桐鄉重興村，向西流經榮村、甘厝而出莿桐鄉界後，大致沿西螺鎮、二崙鄉、崙背鄉、麥寮鄉四鄉鎮與虎尾鎮、土庫鎮、褒忠鄉、東勢鄉、台西鄉五鄉鎮之間的邊界西流，最後在蚊港注入台灣海峽。主要支流為過溪子大排、新庄子大排、崙背大排水及西麥

寮排水等。另於水體分類及利用情形方面，新虎尾溪全流域均屬於丙類水體。

六、北港溪

北港溪流域屬中央管河川，為虎尾溪下游，發源於阿里山西麓丘陵地帶林內鄉七星嶺，自虎尾平和厝以下始稱北港溪，最終於雲林縣口湖鄉出海。北港溪全長約 82 公里，流域面積約 645.2 平方公里，分布於雲林與嘉義兩縣。本溪為雲嘉平原農作物灌溉的主要來源。主要支流河川為虎尾溪、大湖口溪、雲林溪、三疊溪及石牛溪等。另於水體分類及利用情形方面，石榴班橋測站上游河段及海豐崙溪支流屬於乙類水體；土庫大橋測站至石榴班橋河段屬丁類水體；土庫大橋下游河段屬丙類水體。

七、急水溪

急水溪起源於台南縣白河鎮關子嶺附近檳榔山，標高海拔 1,234 公尺，流域北鄰八掌溪，南界將軍溪，主流西南走向流經白河、東山、後壁、新營、柳營、六甲、下營、鹽水、學甲、北門…等鄉鎮後，於南鯤鯓地區出海，主流全長 65 公里，流域面積 379 平方公里，為主要河川之一。急水溪東面為丘陵地形，坡度陡峻，平均河床比降為 1：118，西面進入嘉南平原，地勢較平坦；自宅港橋以下約 12 公里處屬感潮河段，主流河段均位於台南縣境內。依台灣水文年報歷年月平均統計資料，急水溪之豐水期約每年 5 月至 10 月，豐水期流量平均為 17.27CMS，枯水期則每年 11 月至翌年 4 月，枯水期流量平均為 1.78CMS，年平均流量為 9.82CMS，顯示豐、枯水期流量差異極大。

主要支流排水由上游至下游依序為白水溪、六重溪、烏樹林排水、許秀才排水、龜重溪、溫厝溪（龜子港大排）、新田寮排水及學甲排水共約 8 條。另急水溪流域水體介於乙~丁類之間，其中上游之甘宅 2 號橋（原為木屐寮）及青葉橋測站屬乙類水體，中游南 76 公路橋及下游二港橋、五王大橋（原為南鯤鯓）測站屬丙類水體，其餘測站則屬丁類水體。

八、鹽水溪

鹽水溪位於台灣西南部，主流發源於台南縣龍崎鄉大坑尾中央山脈南部低

山地帶，由許縣溪、潭頂溪與虎頭溪排水等於豐化橋上游匯流而成，流經台南縣龍崎鄉、關廟鄉、歸仁鄉、新市鄉、永康市以及台南市安南區等地後流入台灣海峽，北和曾文溪、南與二仁溪為鄰，主流全長 41.3 公里，流域面積達 343.2 平方公里。主要支流有大洲排水及永康排水，下游則有柴頭港溪與鹽水溪排水等共 7 條。流域涵蓋範圍除主流流經之行政區外，支流部分流域包括台南縣之新化鎮、善化鎮、山上鄉、左鎮鄉、安定鄉及台南市之北區、東區、中西區和安平區等區域。鹽水溪流域之豐水期約每年 5 月至 9 月，流量平均為 11.15 CMS，枯水期則每年 10 月至翌年 4 月，流量平均為 1.34 CMS，顯示豐、枯水期流量差異極大。鹽水溪流域水體介於丙~丁類之間，其中太平橋測站屬丁類水體，其餘測站則屬丙類水體。

九、二仁溪

二仁溪發源於標高約 460 公尺之高雄市内門區木柵村的山豬湖山，自山豬湖呈南北流向，於高雄市茄苳區白砂崙與台南市喜樹之間流入台灣海峽，為台南市及高雄市之界河。流域北側為鹽水溪流域，東側為高屏溪流域，南側為阿公店溪流域，西側瀕台灣海峽。流域面積約 339.2 平方公里，主流長度約 65.2 公里，感潮終點為距離出海口約 10 公里處的縱貫鐵路橋下游農田水利攔河堰。其中崇德橋至河口段長度約 34 公里，平均河床坡度為 1/3,500；木柵至崇德橋河段長度約 31 公里，平均河床坡度為 1/323。二仁溪之豐水期約每年 5 月至 11 月，流量平均為 14.72CMS（南雄橋和崇德橋平均），枯水期則每年 12 月至翌年 4 月，流量平均為 1.81CMS。另於水體分類及利用情形方面，自二層行橋以下河段屬丁類水體，其餘河段均屬丙類水體。

十、阿公店溪

阿公店溪位於高雄市東北部，由阿公店溪及岡山溪兩大支流匯合而成。主流發源於燕巢及田寮二鄉境內標高約 300 公尺之烏山頂，上游由旺萊溪及濁水溪兩主要支流組成，兩溪匯合後向西南行，於岡山鎮北方有南北走向之岡山溪匯入，最終於永安、彌陀二鄉界附近注入台灣海峽。早期阿公店溪為灌溉渠道，政府為振興農業，在旺萊溪與濁水溪匯合處，築堤蓄水而成阿公店水庫；阿公

店水庫位於高雄縣境內，東以烏山與旗山鎮為界，西達小崗山，北以大崗山及 14 號縣道為界，南以崎溜山脈為界。阿公店溪主流長約 38 公里，流域面積約 137 平方公里，感潮河段自出海口至河華橋約 8.5 公里。阿公店溪之豐水期約每年 5 月至 10 月，流量水位為 0.74 m，枯水期則每年 11 月至翌年 4 月，流量水位平均為 0.59m。主要支流包含上游旺萊溪、濁水溪及中下游岡山溪。另於水體分類即利用情形方面，阿公店溪除高速鐵路橋下游便橋屬乙類水體外，其餘河段均屬丁類水體。

十一、愛河

愛河原名高雄圳，發源於高雄市仁武附近與半屏山於新庄仔路會合後，形成主流蜿蜒向西南流伸，另二支流分別來自鳳山及五塊厝之平野向南流注，先後於寶珠溝及二號運河與主流匯流後，貫穿高雄市中心精華區流入高雄港。愛河總長約 16 公里，流域集水面積約 62 平方公里，流經高雄市區約 10.5 公里，河道寬度從下游出海口的 130 公尺往上游依序遞減到 14 公尺，源頭為灌溉渠道。排水集水區除愛河排水幹線外，另有民生大排、二號運河、鼓山大排、九如支線、農十六排水、內惟埤排水、寶珠溝排水、K 幹線、H 幹線、D 支線、大灣排水、八卦寮排水（北屋排水）、九番埤排水（榮總排水）、灣子底圳及下條圳等約 15 條排水支線。愛河因屬區域排水，目前並無水體分類。由於愛河並無既設水文監測站，參考 97 年「愛河治平橋至鼎新橋流域水質水文監測暨水質改善」報告之自由橋水文監測結果，其平均流量為 1.60~2.21CMS。

3.2.2 重點河川歷年水質變化

環保署每月固定針對全台各縣市重要河川進行水質檢測，而檢測項目包括 DO、BOD、SS、NH₃-N 等四項並計算整體水質 RPI，再配合各河川水體標準分析河川的污染狀況。故上述 11 條重點河川水質狀況可由「全國環境水質監測資訊網(<http://wq.epa.gov.tw>)」可進行 11 條重點整治河川之水質變化趨勢分析，其四項水質 (DO、BOD、SS、NH₃-N) RPI 如表 3.2-1 所示，依北中南各區水體 RPI 與重金屬摘要說明如下：

表 3.2-1 全台 11 條重點河川近十年四項水質 RPI

測站名稱		四項水質 RPI									
		91 年	92 年	93 年	94 年	95 年	96 年	97 年	98 年	99 年	100 年
淡水河	大漢溪	4.0	4.9	4.0	4.0	4.7	4.8	3.7	4.5	5.5	3.1
	新店溪	4.2	4.2	3.7	3.1	3.2	3.0	2.4	2.7	2.6	2.6
	景美溪	3.1	2.8	2.3	2.0	2.1	2.2	1.7	2.0	2.2	2.0
	基隆河	4.7	4.4	4.0	3.5	3.3	3.4	2.9	3.2	3.0	3.1
	淡水河本流	6.1	6.3	6.2	5.7	6.0	6.2	4.7	5.1	4.9	5.2
南崁溪		6.1	6.3	5.2	5.4	5.3	5.2	4.9	5.0	5.0	5.1
老街溪		5.9	6.4	5.1	5.7	5.5	4.8	4.5	4.9	4.6	4.7
濁水溪		3.5	3.7	3.3	3.4	2.9	2.9	2.9	2.9	3.0	2.8
新虎尾溪		4.9	4.9	4.9	4.5	4.2	4.3	4.3	4.5	4.8	4.6
北港溪		5.8	5.7	6.0	5.3	5.0	5.5	4.8	5.2	5.1	5.2
急水溪		5.7	5.9	5.7	5.0	5.1	5.0	4.7	4.9	4.8	4.9
鹽水溪		5.6	5.9	6.2	5.1	5.2	5.0	4.4	4.9	4.8	4.8
二仁溪		7.6	7.6	7.2	6.9	6.7	6.6	6.1	6.7	6.3	6.4
阿公店溪		6.6	6.2	5.7	5.3	5.8	5.2	5.4	5.3	5.4	5.3
愛河		—	—	—	3.9	5.0	4.5	4.5	3.6	4.7	4.5

註：RPI 值 2.0 以下為未（稍）受污染；2.0~3.0 為輕度污染；3.1~6.0 為中度污染；大於 6.0 為嚴重污染。
表中以黑底表現嚴重污染、以灰底表現中度污染。

一、水體 RPI

1. 北部地區

11 條重點河川位於北部地區的共有淡水河、南崁溪及老街溪 3 條。

淡水河流域近之水體分類水質 RPI 逐年降低，其主因為淡水河流域的基隆河與新店溪水質改善，穩定呈輕度污染；而污染較嚴重的本流，亦已從嚴重污染改善至中度污染。上述原因使全流域之年平均水質改善至輕度污染。其中大漢溪之主要污染項目為 $\text{NH}_3\text{-N}$ 及 BOD_5 ，而本流則為 DO 與 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。

南崁溪除大檜溪橋屬嚴重污染外，其餘河段多呈中度污染。南崁溪上游大埔橋至龜山橋河段之關鍵污染物為 $\text{NH}_3\text{-N}$ ，推測係大型事業（如華亞科技園區等）廢水排入且河川基流量不足所致；中游龜山橋至南崁溪橋河段之關鍵污染物為 BOD_5 ，主要受龜山都市計畫區、桃園都市計畫區及南崁都市計畫區生活污水所影響，特別在大檜溪橋段，受支流東門溪集水區排入之桃園市生活污水影響，導致大檜溪橋水質呈嚴重污染；下游南崁溪橋至竹圍大橋河段之關鍵污染物為 SS，主要受相關河道整治工程影響。

老街溪歷年水質變化，除下游許厝港一號橋屬於嚴重污染程度，其餘河段多屬中度污染程度。影響下游許厝港一號橋河段之關鍵水質項目為 BOD_5 及 $\text{NH}_3\text{-N}$ ，造成該河段水質惡化之主要污染來源為大園一期工業區內專管排放事業（廢水自行處理後排放於老街溪）；此外老街溪上游美都麗橋河段，其 DO 濃度變化大，造成 DO 濃度變化大主要原因係為主流基流量不足及龍潭四方林地區生活污水注入所造成；而在支流大坑缺溪平鎮一號橋，受到上游龍潭科學工業園區及平鎮工業區等大型工業區事業廢水、平鎮山子頂都市計畫區生活污水與沿岸之零星畜牧(豬、鴨)廢水所影響，加上大坑缺溪自鎮南橋下游起河道蜿蜒，坡度趨於平緩，使得該河段流速減緩，造成河道底泥淤積。上述幾項原因係造成大坑缺溪自平鎮一號橋至伯公潭匯入老街溪，水質呈現中度污染至嚴重污染程度之主要原因。

2. 中部地區

11 條重點河川位於中部地區包括濁水溪、新虎尾溪與北港溪等 3 條。

分析濁水溪流域鄰近之地形地貌及生活型態，全流域河段之嚴重污染項目皆為 SS，若將 SS 由 RPI 指標計算中剔除，則全流域均屬未（稍）受污染河段。分析濁水溪流域歷年水質變化，名竹大橋多屬中度污染程度，污染來源主要為生活污水及事業廢水（例如：土石加工業）為主，但仍有遊憩活動產生之非點源污染；西螺大橋測站則多屬輕度污染程度，污染來源主要為生活污水及畜牧廢水。

新虎尾溪上游受濁水溪影響，SS 濃度也偏高，污染負荷集中於下游河段，「豐橋」及「海豐橋」測站間污染來源均以畜牧廢水為主，其次為生活污水，BOD₅ 及 NH₃-N 為其主要污染物。

北港溪水質大致呈中度污染，污染負荷集中於中下游河段，「土庫大橋」及「北港大橋」測站間，中下游河段污染來源多以生活污水為主，其次為畜牧廢水，BOD₅ 及 NH₃-N 為其主要污染物。

3.南部地區

11 條重點河川位於南部地區共有 5 條，分別為急水溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪與愛河。

急水溪近五年 RPI 均呈中度污染，主要污染項目為 NH₃-N。全流域大致為中度污染~嚴重污染間，其中又以急水溪橋（原鐵線里）水質測站一帶污染最為嚴重。造成急水溪流域污染嚴重，年度水質差異大之主要原因為枯水期污染濃度較高；豐水期則因降雨導致流域內 SS 異常提高，導致 SS 無法達到水體標準。

鹽水溪近五年 RPI 呈中度污染，流域測站中除同心橋水質屬未(稍)受污染外，其餘均為中度或嚴重污染，其中以主流豐化橋及鹽水溪橋測站污染情況最嚴重。鹽水溪之主要污染項目為 NH₃-N，其污染來源主要為新化市鎮污水及零星畜牧業。

二仁溪為台灣西南部污染嚴重之河川，水質受到台南縣及高雄縣流域內

工廠、畜牧業排放廢水、流域內衛生掩埋場污水排放，以及中下游生活污水匯入之影響，以致流域內之農、漁牧業無法引水灌溉；由於流域內工廠、畜牧場、養殖場為數眾多但規模不大，受限於規模及成本問題，常有廢水未經處理便放流之情事發生。水質常年呈嚴重污染，污染來源為 SS 與 $\text{NH}_3\text{-N}$ ，SS 係因越域擷取部分旗山溪水作為補助之用，受引水擾動致水中 SS 濃度偏高， $\text{NH}_3\text{-N}$ 則為三爺溪的民生、事業廢水及石函口圳的民生污水、養殖廢水所致。

阿公店溪除上游蓬萊橋測站水質較佳外，其餘為中度至嚴重污染，主要污染項目為 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。高速鐵路橋下游因鄰近岡山鎮之生活污水及事業廢水排入而導致該測站 BOD_5 濃度偏高；阿公店橋、前州橋及舊港橋之污染情況多屬於中度污染至嚴重污染，其污染來源主要為金屬表面處理業及電鍍業排放之廢水，水質情況不佳，並無改善之趨勢。

愛河水質近五年水質呈中度污染。主要污染來源為上游未截流區域排入之生活污水，屬中度污染至嚴重污染之間，污染項目主要為 BOD_5 與 $\text{NH}_3\text{-N}$ ；愛河下游因兩岸污水多已截流處理，屬輕度污染至中度污染之間，加以因感潮受潮汐漲退稀釋，水質較佳。

二、水體水質重金屬濃度

將 11 條重點整治河川之 100 年水中重金屬濃度檢測結果與「保護人體健康相關環境基準」比較，各河川各項重金屬合格率如表 3.2-2 所示，而各河川各項重金屬之濃度測值範圍則如表 3.2-3 所示。其中愛河歷年檢測的資料

在表 3.2-2 中，11 條重點河川的重金屬濃度合格率以鎘、鉛、銅、鋅、錳三種重金屬未達 100%，其中又以錳的合格率最低，初步研判因錳為地殼中重要的組成元素，佔所有成份的 0.08%，故河川水質與底泥中則因地殼本身釋出，而較易含有高濃度的錳。

除了錳以外，大漢溪、南崁溪、二仁溪與阿公店溪四條河川部分測站之鋅濃度也有超過水質標準 0.5 mg/L 狀況，因此導致重金屬合格率未達 100%，其

中又以阿公店溪有一半的檢測次數鋅濃度超過標準，而南崁溪與阿公店溪有部分測站之鋅濃度檢測值超過標準 40 倍以上。

水中重金屬銅之合格率在大漢溪、淡水河本流、南崁溪、老街溪、濁水溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪等八條河川未達 100%，南崁溪所有測站中僅有 17% 的檢測數符合水質標準，且有測站測得高於標準值 60 倍之測值。鎳在老街溪合格率为 96%、鉛在濁水溪的合格率为 88%，其餘六價鉻、砷、硒、銀等重金屬濃度在 11 條河川中各測站之檢測結果均能符合水質標準要求。

表 3.2-2 全台 11 條重點河川各流域重金屬濃度合格率

測站名稱		重金屬濃度合格率(mg/L)								
		鎳	鉛	六價鉻	砷	硒	銅	鋅	錳	銀
保護人體健康 相關環境基準		0.01	0.1	0.05	0.05	0.05	0.03	0.5	0.05	0.05
淡水河	大漢溪	100%	100%	100%	100%	100%	71%	96%	46%	100%
	新店溪	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	78%	100%
	景美溪	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	88%	100%
	基隆河	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	25%	100%
	淡水河本流	100%	100%	100%	100%	100%	81%	100%	31%	100%
南崁溪		100%	100%	100%	100%	100%	17%	86%	6%	100%
老街溪		96%	100%	100%	100%	100%	25%	93%	11%	100%
濁水溪		100%	88%	100%	100%	100%	81%	100%	13%	100%
新虎尾溪		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	5%	100%
北港溪		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	18%	100%
急水溪		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	13%	100%
鹽水溪		100%	100%	100%	100%	100%	88%	100%	4%	100%
二仁溪		100%	100%	100%	100%	100%	75%	98%	8%	100%
阿公店溪		100%	100%	100%	100%	100%	95%	50%	15%	100%
愛河		100%	100%	—	—	—	100%	—	—	—

資料來源：100 年度，「全國環境水質監測資訊網」檢測資料

在表 3.2-4 中，則是將去年度依各流域內測站平均其水質重金屬濃度，其中超過「保護人體健康相關環境基準」的仍為銅、鋅、錳，若排除錳，銅濃度較高的為南崁溪、老街溪與二仁溪。鋅濃度較高的則為阿公店溪。其中又以阿公店溪超過標準最多。

表 3.2-3 全台 11 條重點河川各流域重金屬濃度範圍

測站名稱		100 年度重金屬濃度區間(mg/L)								
		鎘	鉛	六價鉻	砷	硒	銅	鋅	錳	銀
保護人體健康 相關環境基準		0.01	0.1	0.05	0.05	0.05	0.03	0.5	0.05	0.05
淡水河	大漢溪	0.001	0.002~0.009	0.001~0.006	0~0.004	0.001	0.001~0.134	0.004~0.731	0.007~0.452	0.001~0.004
	新店溪	0.001	0.002~0.006	0.001~0.002	0~0.003	0.001	0.001~0.01	0.001~0.054	0.003~0.099	0.001~0.004
	景美溪	0.001	0.002~0.006	0.001~0.002	0~0.001	0.001	0.001~0.003	0.008~0.076	0.007~0.073	0.001
	基隆河	0.001~0.002	0.002~0.014	0.001~0.002	0~0.003	0.001	0.001~0.02	0.008~0.072	0.006~0.314	0.001~0.004
	淡水河本流	0.001	0.002~0.007	0.001~0.003	0.001~0.005	0.001	0.001~0.092	0.008~0.222	0.013~0.172	0.001~0.003
南崁溪		0.001	0.002~0.06	0.001~0.002	0.002~0.012	0.001	0.001~1.94	0.009~0.927	0.005~0.563	0.001
老街溪		0.001~0.011	0.002~0.042	0.001~0.002	0.002~0.04	0.001	0.004~0.424	0.022~1.8	0.005~0.316	0.001~0.002
濁水溪		0.001	0.002~0.107	0.001~0.002	0~0.004	0.001	0.001~0.075	0.011~0.236	0.011~9.17	0.001
新虎尾溪		0.001	0.002~0.034	0.001~0.002	0~0.007	0.001	0.002~0.016	0.022~0.085	0.037~1.7	0.001
北港溪		0~0.001	0~0.017	0~0.002	0~0.01	0~0.001	0~0.016	0~0.114	0~0.695	0~0.001
急水溪		0.001	0.002~0.01	0.001~0.002	0.002~0.014	0.001	0.001~0.015	0.001~0.035	0.01~0.443	0.001~0.002
鹽水溪		0.001	0.002~0.006	0.001~0.002	0.003~0.016	0.001	0.001~0.085	0.004~0.069	0.037~0.526	0.001
二仁溪		0.001	0.002~0.029	0.001~0.004	0.001~0.04	0.001	0.001~0.236	0.001~2.31	0.017~0.951	0.001~0.002
阿公店溪		0.001	0.002~0.018	0.001~0.002	0.002~0.018	0.001	0.001~0.051	0.004~37.9	0.016~0.844	0.001~0.002
愛河		0~0.001	0.001~0.007	—	—	—	0.004~0.017	—	—	—

資料來源：100 年度，「全國環境水質監測資訊網」檢測資料

表 3.2-4 全台 11 條重點河川各流域重金屬平均濃度

測站名稱		100 年度重金屬濃度區間(mg/L)								
		鎘	鉛	六價鉻	砷	硒	銅	鋅	錳	銀
保護人體健康 相關環境基準		0.01	0.1	0.05	0.05	0.05	0.03	0.5	0.05	0.05
淡水河	大漢溪	0.0006	0.0029	0.0021	0.0012	0.0006	0.0216	0.0601	0.1065	0.0013
	新店溪	0.0006	0.0030	0.0013	0.0008	0.0006	0.0028	0.0160	0.0326	0.0007
	景美溪	0.0006	0.0029	0.0013	0.0005	0.0006	0.0018	0.0232	0.0324	0.0006
	基隆河	0.0007	0.0046	0.0013	0.0013	0.0006	0.0055	0.0288	0.0869	0.0011
	淡水河本流	0.0006	0.0027	0.0016	0.0024	0.0006	0.0175	0.0345	0.0814	0.0008
南崁溪		0.0006	0.0089	0.0013	0.0041	0.0006	0.3058	0.1861	0.1905	0.0007
老街溪		0.0013	0.0073	0.0013	0.0084	0.0006	0.0996	0.1990	0.1265	0.0008
濁水溪		0.0006	0.0270	0.0013	0.0010	0.0006	0.0173	0.0775	1.1152	0.0006
新虎尾溪		0.0006	0.0076	0.0013	0.0015	0.0006	0.0063	0.0391	0.3293	0.0006
北港溪		0.0006	0.0055	0.0012	0.0020	0.0006	0.0079	0.0378	0.1812	0.0006
急水溪		0.0006	0.0029	0.0013	0.0072	0.0006	0.0048	0.0174	0.1849	0.0007
鹽水溪		0.0006	0.0022	0.0013	0.0093	0.0006	0.0106	0.0208	0.2300	0.0006
二仁溪		0.0006	0.0031	0.0013	0.0098	0.0006	0.0329	0.1107	0.1719	0.0007
阿公店溪		0.0006	0.0029	0.0013	0.0078	0.0006	0.0048	5.8407	0.2305	0.0007
愛河		0.0008	0.0046	—	—	—	0.0073	—	—	—

資料來源：100 年度，「全國環境水質監測資訊網」檢測資料

3.2.3 重點河川歷年底泥品質變化

自民國八十七年起環保署為掌握國內河川底泥之污染物現狀，遂整合所管轄之各處室(水保處、監資處、毒管處、環檢所等相關單位)進行河川底泥污染含量調查計畫，並委託環檢所、清大原子科學技術發展中心、成大環境微量毒物研究中心、中環科技事業股份有限公司、亞太環境科技股份有限公司等單位進行全台河川之底泥採樣，以下針對目前歷年可取得之資料進行分析。

一、粒徑與粒度

11 條重點河川底泥檢測結果，其沉積物粒徑調查如表 3.2-5 所示，粒徑介於 $1.4\sim 559.0\mu\text{m}$ 之間，平均值在 $5.2\sim 76.5\mu\text{m}$ 之間。

粒度以區分為粉粒 (Silt) ($2\sim 50\mu\text{m}$)、極細砂 ($50\sim 100\mu\text{m}$)、細砂 ($100\sim 250\mu\text{m}$)、中砂 ($250\sim 500\mu\text{m}$) 及粗砂 ($500\sim 1000\mu\text{m}$)。而 11 條河川底泥調查結果，平均粒徑之粒度為粉粒、極細砂兩種。基隆河、南崁溪、愛河為極細砂，其餘河川為粉粒。其中淡水河系(大漢溪、新店溪、基隆河、本流)、濁水溪、及水溪、鹽水溪、二仁溪、愛河的粒徑最大至最小差異大，其餘南崁溪、老街溪、新虎尾溪三條流域底泥粒徑變化則較小。

11 條流域流域中以淡水河系的粒徑為最大，其次為愛河與南崁溪、鹽水溪。新虎尾溪、急水溪、二仁溪的底泥粒徑則較小。

表 3.2-5 重點河川沉積物粒徑統計

河川名稱		粒徑			粒度	調查年度
		最小值 (μm)	最大值 (μm)	平均值 (μm)		
淡水河	大漢溪	10.2	195.7	49.3	粉粒	95，98
	新店溪	3.9	159.1	40.6	粉粒	94，98
	基隆河	11.5	559.0	76.5	極細砂	95，98
	淡水河本流	2.2	248.3	26.8	粉粒	94，98
南崁溪		17.9	97.1	58.5	極細砂	96，98
老街溪		32.7	68.2	44.9	粉粒	97，98
新虎尾溪		1.4	15.8	7.2	粉粒	98
濁水溪		9.0	52.7	27.4	粉粒	98
急水溪	六重溪	2.2	9.6	5.9	粉粒	98
	急水溪	2.0	20.9	14.7	粉粒	98
鹽水溪	潭頂溪	22.3	41.2	30.4	粉粒	98
	鹽水溪	12.0	107.9	42.4	粉粒	98
二仁溪	三爺溪	3.6	6.8	5.2	粉粒	97，98
	二仁溪	2.4	44.1	18.1	粉粒	97，98
愛河		8.1	244.9	57.0	極細砂	98

統計資料來源：淡水河江子翠地區河防安全及河川生態棲地檢討規劃，2006。淡水河系紅樹林溼地疏伐可行性評估研究，2006-2007。淡水河系河川情勢調查計畫，2004-2005。基隆河及淡水河本流生態及底泥調查評估，2000。97 年度基隆河及淡水河本流影響水質之底泥厚度及性質調查與清除規劃計畫，2009 年 6 月。94、95、96、98 年河川環境整體調查，2005，環保署。淡水河系河川曝氣底泥清除及下水道聯接使用計畫對河川水質改善程度評估，1995，行政院環境保護署。淡水河流域河川水質及底泥重金屬分析之研究，1985，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會。98 年度臺北縣水環境調查計畫，2009，臺北縣環保局。96 年度環檢所底泥調查成果，2007。99 年度臺北縣水污染整治整合計畫，2010，臺北縣環保局。台灣河川水體、底泥及生物監測分析研究，環境檢驗所，2002。

二、有機物含量

河床底泥有機物含量可以揮發性固體物（Volatile Solids, VS%）代表，歷年 11 條重點河川之底泥揮發性固體物含量調查如表 3.2-6，各流域河床底泥揮發性固體物含量在 0.01~30% mg/L 之間，參考環保署廢棄物管制中心之廢棄物代碼 D-0092 定義，VS 含量大於 30%之底泥可視為有機性底泥，本計畫範圍內之 11 條重點河川的底泥尚屬低有機性。各河川簡要說明如下：

淡水河流域為 11 條重點河川中人口及工業較密集者，惟因污水下水道及相關污染削減措施較完善，加上近年為發展藍色公路進行河道疏濬，底泥更新較為頻繁，推斷其為河床底泥有機物含量較低之原因。

南崁及老街溪底泥之有機物含量相對其他流域較高，研判係因南崁及老街溪流域上游工業區集中，下游流經桃園縣人口密集區，故排入河川之有機污染負荷較高。

濁水溪底泥有機物含量平均值為最低可能原因包括濁水溪流量較大，底泥相對較不易沉積，再加上濁水溪水質 SS 高，表層沉積的底泥都算較新的，因此推斷測得之有機物濃度低。

新虎尾溪、急水溪、鹽水溪三條流域底泥有機物含量低，且檢測結果最小最大值的差異性亦不大，顯示其底泥品質尚無嚴重污染。

愛河兩岸污水截流及污水下水道建設推動較早，且為發展水上遊憩及外港口通航考量而進行疏濬，故河床底泥之有機物含量較低。

表 3.2-6 重點河川底泥有機物含量統計

河川名稱		揮發性固體物(VS)			調查年度
		最小值 (%)	最大值 (%)	平均值 (%)	
淡水河	大漢溪	0.90	9.40	2.81	84，94-99
	新店溪	1.20	11.60	3.44	84，94-99
	基隆河	0.01	8.10	4.25	84，89，94，95，97，98
	淡水河本流	1.20	7.70	3.68	84，89，94-99
南崁溪		3.70	25.30	9.30	98
老街溪		8.40	30.00	18.07	98
新虎尾溪		2.20	5.20	3.20	98
濁水溪		1.40	2.40	1.87	98
急水溪	六重溪	3.40	5.50	4.45	98
	急水溪	2.70	5.00	3.57	98
鹽水溪	潭頂溪	2.10	3.40	2.70	98
	鹽水溪	2.00	5.80	3.22	98
二仁溪	三爺溪	4.10	5.80	4.95	98
	二仁溪	1.80	4.70	3.40	98
愛河		3.20	8.20	5.91	98

統計資料來源：

- 1.淡水河江子翠地區河防安全及河川生態棲地檢討規劃，2006。
- 2.淡水河系紅樹林溼地疏伐可行性評估研究，2006-2007。
- 3.淡水河系河川情勢調查計畫，2004-2005。
- 4.基隆河及淡水河本流生態及底泥調查評估，2000。
- 5.97 年度基隆河及淡水河本流影響水質之底泥厚度及性質調查與清除規劃計畫，2009 年 6 月。
- 6.94、95、96、98 年河川環境整體調查，環保署，2005。
- 7.淡水河系河川曝氣底泥清除及下水道聯接使用計畫對河川水質改善程度評估，行政院環境保護署，1995。
- 8.淡水河流域河川水質及底泥重金屬分析之研究，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會，1985。
- 9.98 年度臺北縣水環境調查計畫，臺北縣環保局，2009。
- 10.96 年度環檢所底泥調查成果，2007。
- 11.99 年度臺北縣水污染整治整合計畫，臺北縣環保局，2010。
- 12.台灣河川水體、底泥及生物監測分析研究，環境檢驗所，2002。

三、重金屬含量

國內歷年底泥中重金屬之調查計畫共涵蓋 33 條河川，調查重金屬項目為鉛、鎘、鉻、銅、鋅、砷、汞、鎳、銀，其中摘出本計畫之 11 條河川的結果（如表 3.2-7），並參考 101 年 1 月 4 日環保署發布之「底泥品質指標、分類管理及用途限制辦法」，針對底泥各種污染物(重金屬、有機化合物、農藥、其他有機化合物)之品質上下限進行比較。

表 3.2-7 重點河川底泥重金屬含量統計

河川名稱		總鉛 (mg/kg)	總鎘 (mg/kg)	總鉻 (mg/kg)	總銅 (mg/kg)	總鋅 (mg/kg)	總砷 (mg/kg)	總汞 (mg/kg)	總鎳 (mg/kg)	總銀 (mg/kg)
底泥 品質 指標	上限	161	2.5	233	157	384	33	0.87	80	—
	下限	48	0.65	76	50	140	11	0.23	24	—
淡水 河	大漢溪	17.1~92.0	0.3~1.7	23.8~287.0	0.1~1,180.0	1.0~976.0	2.4~10.4	0.050~0.904	19.5~111.0	0.1~1.5
	新店溪	18.7~92.5	0.1~1.3	27.3~97.7	14.0~205.0	0.2~472.0	3.0~10.3	0.050~8.200	27.9~67.4	0.1~0.2
	基隆河	12.7~71.4	0.3~2.1	18.9~90.3	9.9~134.0	51.4~372.0	3.9~22.8	0.050~2.300	10.9~66.1	0.1~1.6
	淡水河 本流	14.3~289.0	0.1~2.1	22.9~187.0	0.1~394.0	1.3~563.0	0.0~14.1	0.035~3.100	29.0~85.9	0.1~1.1
南坎溪		21.0~512.0	0.2~2.7	40.7~1210.0	81.5~4660.0	169.0~3670.0	2.6~46.9	0.111~1.340	51.5~521.0	0.6~6.5
老街溪		27.5~265.0	0.6~5.3	25.1~5310.0	122.0~2490.0	288.0~9940.0	2.3~21.7	0.120~1.440	24.6~415.0	0.3~4.3
濁水溪		16.4~35.1	0.7~0.9	17.0~51.7	13.5~28.0	61.6~107.0	8.8~13.5	N.D	27.5~52.9	0.1~0.3
新虎尾溪		24.4~43.7	0.7~1.1	26.0~68.5	19.2~53.3	84.7~202.0	7.3~16.1	N.D	33.7~60.3	0.2~0.3
北港溪		10.8~46.0	0.2~1.3	8.9~49.9	4.9~48.5	56.7~196.0	3.0~37.9	0.119~0.242	17.6~23.6	16.0~16.0
急 水 溪	六重溪	19.4~30.3	0.6~0.7	37.3~53.4	19.2~20.5	99.2~104.0	11.6~14.7	N.D	36.3~40.2	0.0~0.0
	急水溪	10.6~38.2	0.5~0.8	24.0~66.2	12.0~27.5	62.6~123.0	4.8~13.0	0.057~0.218	27.4~41.1	0.1~0.8
鹽 水 溪	潭頂溪	17.8~23.0	0.6~0.6	15.0~47.8	6.0~29.7	44.8~127.0	5.1~13.2	N.D	16.4~28.5	0.1~1.0
	鹽水溪	7.2~69.6	0.4~3.4	16.4~1080.0	6.0~606.0	50.0~1130.0	2.2~20.8	0.038~2.050	17.1~246.0	0.0~3.0
二 仁 溪	三爺溪	43.4~111.0	0.7~1.6	96.5~821.0	106.0~384.0	278.0~1010.0	10.8~15.0	0.146~0.376	60.9~261.0	0.4~0.7
	二仁溪	10.9~84.3	0.0~1.0	19.3~687.0	8.4~237.0	14.1~359.0	5.2~18.1	0.060~0.580	22.0~1230.0	0.1~0.6
阿公店溪		20.6~69.3	1.5~3.1	19.2~433.0	13.1~1510.0	80.8~34500.0	8.1~31.1	0.105~0.430	0.0~0.0	14.7~32.1
愛 河		31.1~94.7	0.9~2.2	39.5~260.0	29.8~315.0	129.0~850.0	3.9~17.4	0.129~3.350	41.7~117.0	0.2~5.6

資料來源：本計畫彙整。

註：「底泥品質指標、分類管理及用途限制辦法」是環保署於民國 101 年 1 月 4 日發布施行，其中針對底泥品質訂定各種污染物的上下限

將上述表格依各類型污染物分別篩選濃度達上限之河川(如下表 3.2-8 所示)，可知本計畫重點河川底泥中最普遍之重金屬污染物為銅，其次為鋅，再次之按順序為汞、鎳、鉻、鎘、鉛、砷。

綜合污染情形最嚴重（污染項目及濃度）之河川為南崁溪，底泥中有 8 項重金屬達品質指標上限；其次為老街溪有 7 項，再次之依序分別為鹽水溪、淡水河本流、大漢溪、愛河、二仁溪、阿公店溪。

表 3.2-8 八類底泥重金屬於全台 11 條重點河川濃度分析

重金屬項目	底泥重金屬濃度達上限值	總數
銅	大漢溪、新店溪、淡水河本流、南崁溪、老街溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪、愛河	9
鋅	大漢溪、新店溪、淡水河本流、南崁溪、老街溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪、愛河	9
汞	大漢溪、新店溪、基隆河、淡水河本流、南崁溪、老街溪、鹽水溪、愛河	8
鎳	大漢溪、淡水河本流、南崁溪、老街溪、鹽水溪、二仁溪、愛河	7
鉻	大漢溪、南崁溪、老街溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪	6
鎘	南崁溪、老街溪、鹽水溪、阿公店溪	4
鉛	淡水河本流、南崁溪、老街溪	3
砷	南崁溪、北港溪	2

資料來源：本計畫彙整

四、酸揮發性硫化物（AVS）及同步萃取重金屬（SEM）

重點河川底泥之[SEM]-[AVS]統計資料彙整如表 3.2-9 所示。老街溪為重點河川中底泥重金屬危害風險程度最高者，其[SEM]-[AVS]值為 4.15～74.49 $\mu\text{mol/g}$ ，最低值接近 5 $\mu\text{mol/g}$ ，最高值遠超過 5 $\mu\text{mol/g}$ 。重點河川底泥之[SEM]-[AVS]差值在 98 及 99 年度曾達到 5 $\mu\text{mol/g}$ 之危害風險程度較高者有大漢溪、南崁溪、老街溪、鹽水溪及愛河，而新店溪、基隆河、淡水河本流、新虎尾溪、濁水溪、急水溪及二仁溪底泥之[SEM]-[AVS]遠低於 5 $\mu\text{mol/g}$ ，危害風險較低。

表 3.2-9 重點河川底泥[SEM]-[AVS]統計表

河川名稱		調查年度	[SEM]-[AVS] (μmol/g) (dry wt.)		
			最小值	最大值	平均值
淡水河	大漢溪	95	1.60	14.07	6.60
		97	0.44	5.96	2.51
		98	1.28	9.67	5.48
		99	0.31	3.77	1.76
	新店溪	96	0.49	6.88	2.12
		97	0.74	2.68	1.62
		98	0.47	0.89	0.69
		99	0.26	0.62	0.46
	基隆河	95	-0.32	12.43	5.97
		97	0.55	4.26	1.70
		98	0.83	2.10	1.47
	淡水河本流	96	1.29	11.19	3.02
		97	0.93	4.75	2.96
		98	0.87	1.30	1.09
		96	0.49	0.49	0.49
		99	0.32	0.91	0.61
南崁溪		98	1.53	9.54	5.50
老街溪		98	4.15	74.49	18.94
新虎尾溪		98	0.43	1.01	0.77
濁水溪		98	0.22	0.47	0.30
急水溪	六重溪	98	0.50	0.66	0.58
	急水溪	98	0.41	0.66	0.53
鹽水溪	潭頂溪	98	-0.15	0.12	-0.01
	鹽水溪	98	-1.48	7.60	0.95
二仁溪	三爺溪	98	1.14	8.60	4.87
	二仁溪	98	0.24	2.09	0.96
愛河		98	0.31	7.34	3.29

註：SEM-AVS>5 時，為第一級（Tier 1），底質重金屬移動性及生物可利用性高，屬於高危害風險；SEM-AVS 等於 0~5 之間時，為第二級（Tier 2），屬於中危害風險；SEM-AVS<0 時，為第三級（Tier 3），屬於低危害風險或不具危害風險。

五、多環芳香烴(PAHs)

多環芳香族碳氫化物意指含兩個或兩個以上之苯環融合結構之化合物，為環境中普遍存在之毒性污染物，其中有若干已被證實具有致癌性或致突變性，不論是空氣、土壤、地表及地下水體中皆有 PAHs 的發現。PAHs 屬於疏水性有機化合物，其在地下水中的傳輸受到土壤的物理、化學性質和有機質的影響；在特定氣候條件下，PAHs 在環境中的移動取決於其理化性質，主要為水溶解度及揮發性。PAHs 水溶解度很低，通常以氣態存於空氣，或吸附於懸浮顆粒上，隨氣流長距離移行，並透過降雨或落塵回歸地表。由於 PAHs 屬於高疏水性之化合物，其水溶解度極低，水體中的 PAHs 有些可能由水表面揮發回到大氣中，絕大多數則將吸附於顆粒表面，或沈降於底泥中。

彙整重點河川底泥中 PAHs 含量如表 3.2-10 所示，再依據環保署公布之「底泥品質指標、分類管理及用途限制辦法」中對各 PAHs 濃度上下限值分析。除淡水河底泥中的多環芳香烴「菲」與「芘」達品質指標上限值、二仁溪的「芘」與「芴」亦達品質指標上限，其餘河川底泥污染程度都在上限值以下。景美溪、大漢溪、老街溪、北港溪、阿公店溪之所有測站的檢測值均在品質指標下限值之下。

含量相對偏高者為淡水河本流（ND~12.98 mg/kg），其次為二仁溪（ND~5.937 mg/kg）、基隆河（ND~2.965 mg/kg）、南崁溪（ND~2.798 mg/kg），其餘河川底泥之 PAHs 含量最大檢測值均低於 1 mg/kg。

表 3.2-10 重點河川底泥多環芳香烴分析

河川名稱 PAH (mg/kg)	底泥品質指標		基隆河	新店溪	景美溪	淡水河 本流	大漢溪	老街溪	南崁溪	北港溪	二仁溪	阿公店溪
	上限值	下限值										
萘 (Naphthalene)	0.55	0.07	ND~0.085	0.04~0.08	N.D.~0.03	N.D~0.48	ND~0.040	ND~0.019	ND~0.125	ND	ND~0.32	ND
芴烯 (Acenaphthylene)	0.42	0.04	ND~0.014	N.D.	N.D.	N.D.~0.11	ND	ND~0.021	ND	ND	ND~0.358	ND
芴 (Acenaphthene)	0.27	0.04	ND~0.024	N.D.	N.D.	N.D~0.11	ND~0.011	ND	ND~0.135	ND	ND~0.366	ND
芴 (Fluorene)	0.26	0.04	ND~0.077	N.D.	N.D.	N.D~0.08	ND~0.015	ND	N.D.	ND	ND~0.377	ND
菲 (Phenanthrene)	1.12	0.15	0.039~0.634	0.07~0.15	N.D.~0.09	N.D~1.79	ND~0.073	0.015~0.021	ND~0.321	ND	ND~0.405	ND
蒽 (Anthracene)	0.8	0.08	ND~0.067	N.D~0.02	N.D.	N.D~0.29	ND~0.012	ND~0.015	ND~0.110	ND	ND~0.389	ND
苯駢芴 (Fluoranthene)	2.86	0.29	0.016~0.832	N.D~0.06	N.D~0.08	N.D~2.81	ND~0.062	0.018~0.023	ND~0.494	ND	ND~0.355	ND
芘 (Pyrene)	2.41	0.29	0.017~0.391	0.02~0.06	N.D.	N.D~3.06	ND~0.062	0.022~0.038	ND~0.486	ND	ND~0.422	ND
苯(a)駢蒽 (Benzo(a)anthracene)	1.21	0.14	ND~0.123	N.D~0.04	N.D~0.03	N.D~0.7	ND~0.027	ND~0.024	ND~0.216	ND	ND~0.372	ND
屈 (Chrysene)	1.73	0.19	0.011~0.332	N.D~0.03	N.D~0.03	N.D~1.32	ND~0.032	0.013~0.029	ND~0.210	ND	ND~0.376	ND
苯(b)駢芴 (Benzo(b)fluoranthene)	3.03	0.32	ND~0.062	0.03~0.04	N.D~0.05	N.D~0.82	ND~0.011	ND	ND~0.278	ND	ND~0.381	ND
苯(k)駢芴 (Benzo(k)fluoranthene)	1.4	0.16	ND~0.083	N.D.~0.01	N.D.	N.D~0.31	ND~0.023	ND	ND	ND	ND~0.371	ND
苯(a)駢芘 (Benzo(a)pyrene)	1.34	0.16	ND~0.070	N.D~0.02	N.D.	N.D~0.52	ND~0.015	ND~0.038	ND~0.199	ND	ND~0.361	ND
茚 (1, 2, 3-cd) 芘 (Indeno(1,2,3cd)pyrene)	1.23	0.16	ND~0.247	N.D.~0.04	N.D.	N.D~0.19	ND~0.027	ND~0.016	ND~0.115	ND	ND~0.386	ND
二苯(a, h)駢蒽 (Dibenz(a,h)anthracene)	0.26	0.04	ND~0.017	N.D.	N.D.	N.D.~0.01	ND	ND	ND	ND	ND~0.334	ND
苯(g,h,i)芘 (Benzo(g,h,i)perylene)	1.28	0.15	ND~0.070	N.D.	N.D.	N.D.~0.22	ND~0.018	ND	ND	ND	ND~0.368	ND
Total PAHs			0.293~2.965	0.17~0.49	0~0.37	0~12.98	ND~0.384	0.098~0.221	ND~2.798	ND	ND~5.937	ND

資料來源：本計畫彙整

3.2.4 底泥品質與水質關連性分析

因底泥與水質採樣分析項目不同，故後續兩者關連性的分析將以 11 條重點河川之底泥與水質採樣共同分析項目－「重金屬」濃度之風險值交互比較。水質資料是根據環保署「全國環境水質監測資訊網」河川水質監測數值，並與「保護人體健康相關環境基準」中水質重金屬濃度基準值比較；底泥則為環保署歷年委外計畫中對各河川底泥之檢測成果，並以「泥品質指標之分類管理及用途限制辦法」中底泥各項目上下限值交互比較。

一、各流域水質與底泥分析

1.淡水河

100 年度淡水河流域水質結果(如表 3.2-11)與「保護人體健康相關環境基準」水中重金屬基準值比較，超過基準值的有大漢溪與淡水河本流。大漢溪底泥中的銅、鋅分別為 0.001~0.134mg/L、0.004~0.731mg/L；淡水河本流底泥中的銅濃度為 0.001~0.092mg/L 均超過水體基準值。

表 3.2-11 淡水河流域水質重金屬濃度範圍

項目 流域	100 年度水質重金屬濃度(mg/L)							底泥重金屬 達上限值項目
	鎘	鉛	六價鉻	砷	銅	鋅	銀	
	0.01	0.1	0.05	0.05	0.03	0.5	0.05	
大漢溪	0.001	0.002~0.009	0.001~0.006	0~0.004	0.001~0.134	0.004~0.731	0.001~0.004	銅、鎳、鋅、汞
新店溪	0.001	0.002~0.006	0.001~0.002	0~0.003	0.001~0.01	0.001~0.054	0.001~0.004	銅、汞、鋅
基隆河	0.001~0.002	0.002~0.014	0.001~0.002	0~0.003	0.001~0.02	0.008~0.072	0.001~0.004	汞
淡水河本流	0.001	0.002~0.007	0.001~0.003	0.001~0.005	0.001~0.092	0.008~0.222	0.001~0.003	鉛、鎘、鉻、銅、鋅

淡水河本流（圖 3.2-2）底泥採樣共計 73 次，其中重金屬分析結果超過上限值的次數依序為鉛、鎘、鉻、銅、鋅，其餘重金屬並未達上限標準。大漢溪（圖 3.2-3）底泥採樣計 76 次，其中銅、鎳、鋅、汞等四種重金屬均在

分析中有部分樣品達上限值。新店溪（圖 3.2-4）底泥採樣次數迄目前共 58 次，樣品分析結果達上限值的重金屬有銅、汞、鋅三種。基隆河（圖 3.2-5）底泥檢測次數有 74 次，其中分析結果發現汞為唯一達上限值之重金屬。

而與底泥中重金屬分析結果相較下，大漢溪底泥中銅、鋅濃度皆達上限值；在淡水河本流則為銅達上限值。在淡水河流域可看出水體中重金屬達危害濃度時，底泥中的重金屬濃度通常亦會超過上限值。

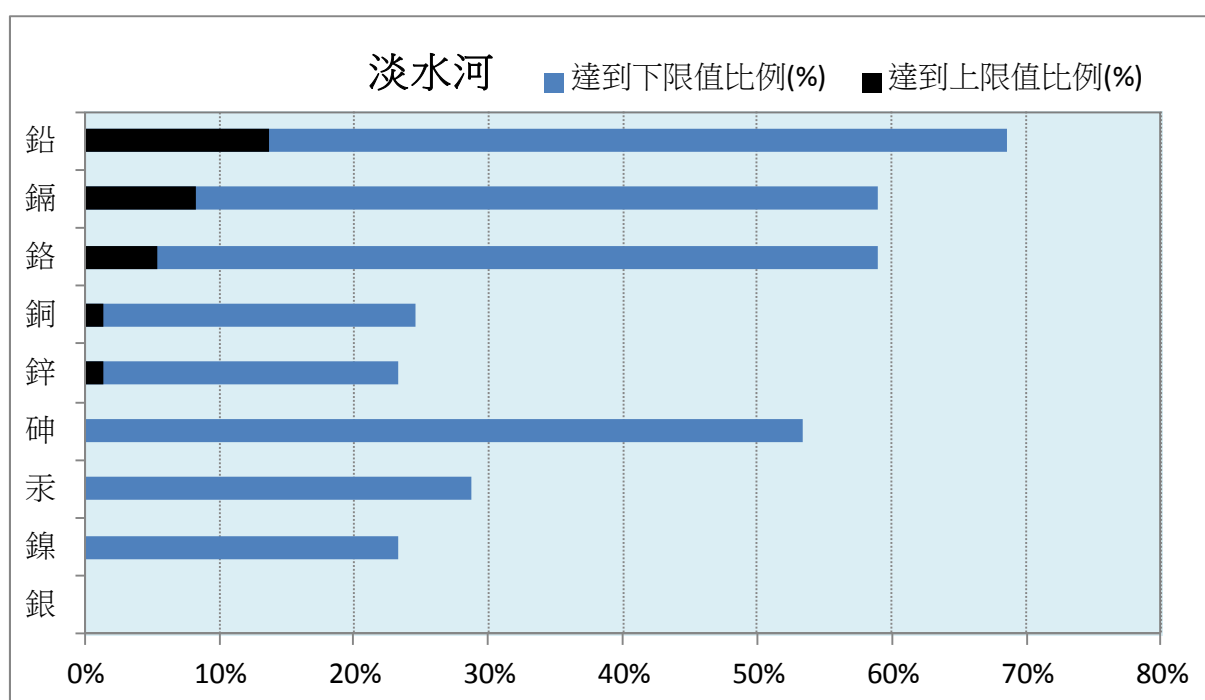


圖 3.2-2 底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例(淡水河本流)

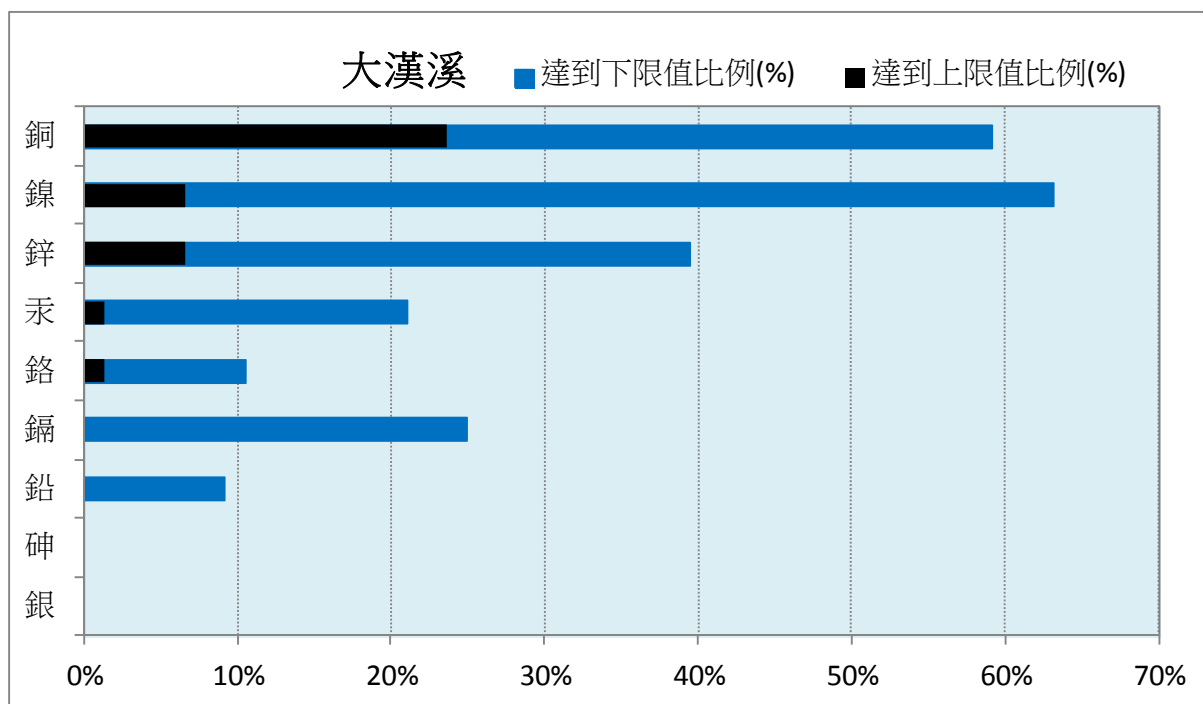


圖3.2-3 底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（大漢溪）

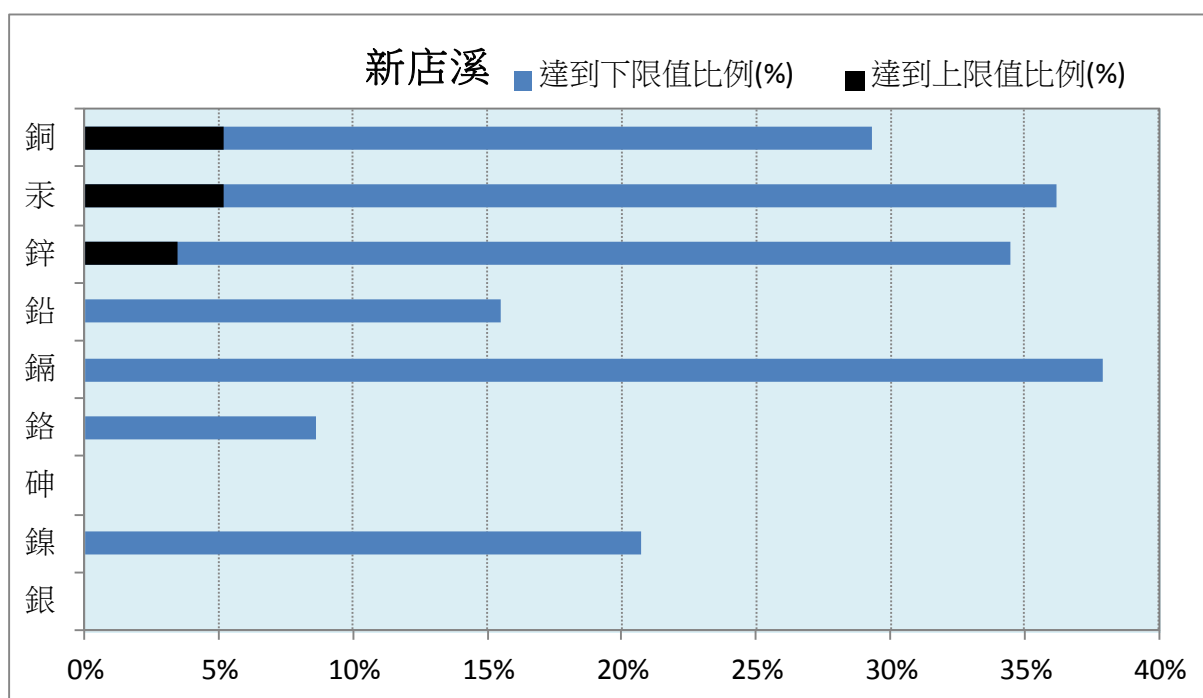


圖3.2-4 底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（新店溪）

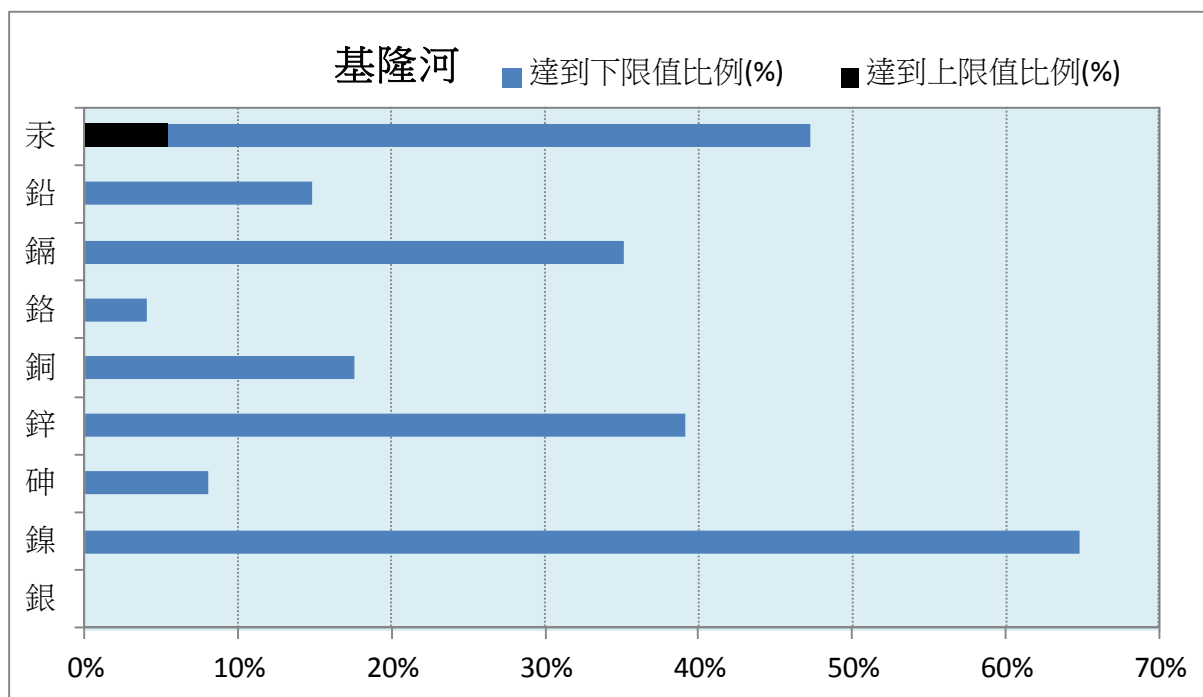


圖3.2-5 底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（基隆河）

2.南崁溪

南崁溪 100 年各測站水質中重金屬分析成果如下表 3.2-12，超過「保護人體健康相關環境基準」濃度的重金屬為銅 0.001~1.94mg/L、鋅 0.009~0.927mg/L。其餘皆在基準濃度範圍內。

表 3.2-12 南崁溪流域水質重金屬濃度範圍

流域\項目	100 年度水質重金屬濃度(mg/L)						
	鎘	鉛	六價鉻	砷	銅	鋅	銀
	0.01	0.1	0.05	0.05	0.03	0.5	0.05
南崁溪	0.001	0.002~0.06	0.001~0.002	0.002~0.012	0.001~1.94	0.009~0.927	0.001
重金屬是否達上限值	●	●	●	●	●	●	

南崁溪底泥採樣次數迄目前共 21 次，分析結果顯示底泥中達上限值的重金屬依序為銅、鎳、鋅、汞、鉛、鉻、鎘、砷等八種。而水質分析結果如表 3.2-12，超過危害濃度的重金屬為銅、鋅。可發現水體中重金屬超過危害濃度的二種重金屬(銅、鋅)，在底泥採樣結果中亦發現達上限值(圖 3.2-6)。

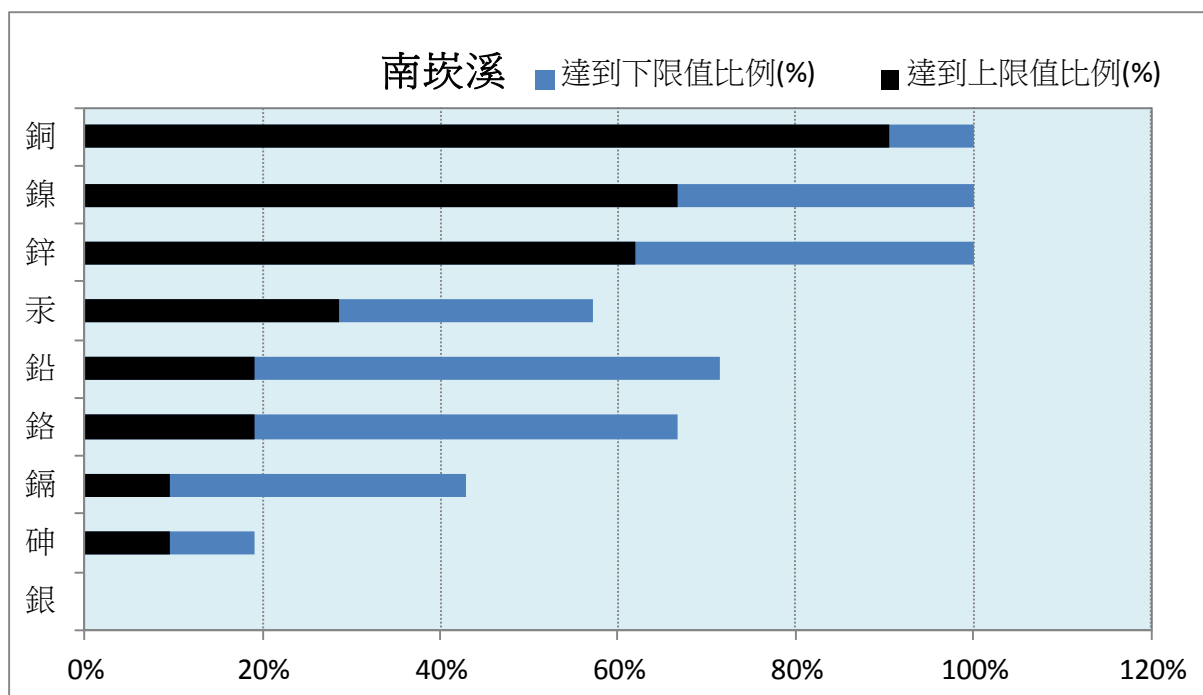


圖3.2-6 底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例(南崁溪)

3.老街溪

老街溪 100 年各測站水質採樣重金屬濃度範圍如下表 3.2-13 所示。其中鎘濃度為 0.001~0.011mg/L，略大於「保護人體健康相關環境基準」的濃度值；銅濃度為 0.004~0.424mg/L，鋅的濃度為 0.022~1.8mg/L 超出基準值較多。其餘水質中重金屬污染尚在基準值的範圍內。

表 3.2-13 老街流域水質重金屬濃度範圍

流域 \ 項目	100 年度水質重金屬濃度(mg/L)						
	鎘	鉛	六價鉻	砷	銅	鋅	銀
	0.01	0.1	0.05	0.05	0.03	0.5	0.05
老街溪	0.001~0.011	0.002~0.042	0.001~0.002	0.002~0.04	0.004~0.424	0.022~1.8	0.001~0.002
重金屬是否 達上限值	●	●	●		●	●	

老街溪底泥採樣次數共 12 次，達上限值的重金屬項目依序為銅、鋅、鉻、鎳、鉛、鎘、汞等七種；而銅、鋅、鉻、鎳、鉛、鎘、汞、砷達下限值。表 3.2-13 中水質重金屬分析結果，超過危害濃度的重金屬為銅、鋅。而底泥採樣結果亦有相同項目達上限值（圖 3.2-7）。

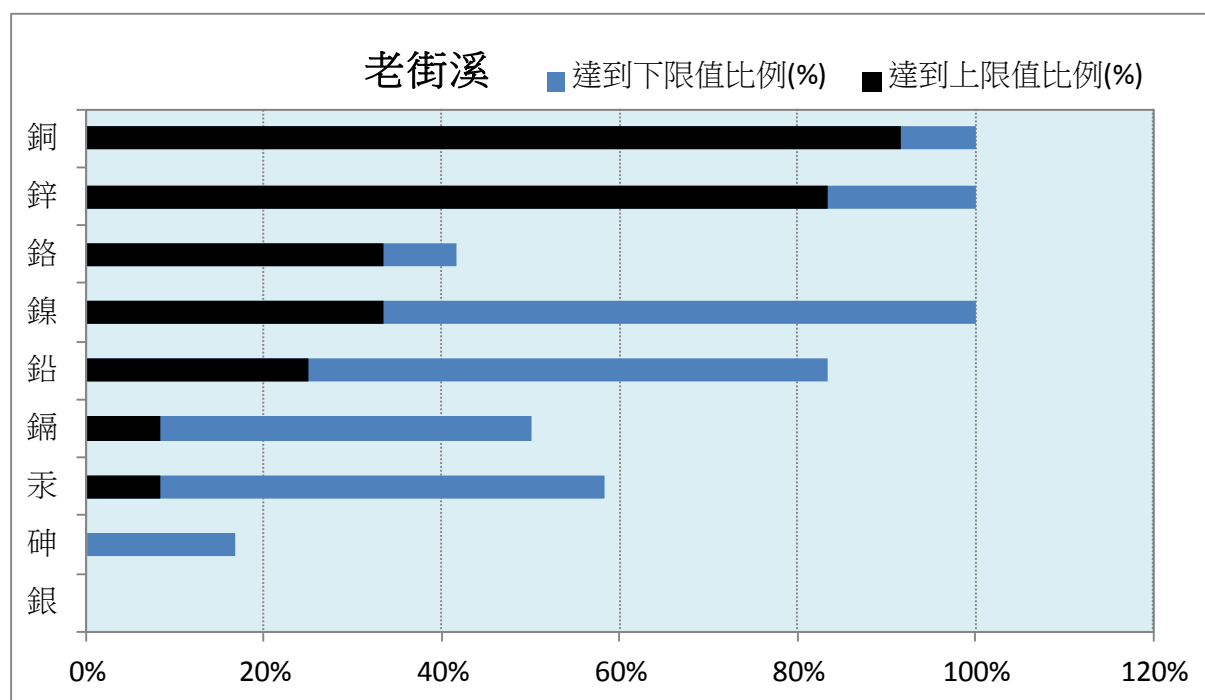


圖3.2-7 底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（老街溪）

4. 濁水溪

濁水溪 100 年各測站水質採樣重金屬濃度範圍如下表 3.2-14 所示。其中鉛濃度為 0.002~0.107mg/L，略大於「保護人體健康相關環境基準」中鉛的濃度基準值；水質中銅濃度範圍為 0.001~0.075mg/L，超出基準值約 0.04mg/L。除鉛與銅外，其餘水質中重金屬污染尚在基準值的範圍內。

表 3.2-14 濁水溪流域水質重金屬濃度範圍

流域 \ 項目	100 年度水質重金屬濃度(mg/L)						
	鎘	鉛	六價鉻	砷	銅	鋅	銀
	0.01	0.1	0.05	0.05	0.03	0.5	0.05
濁水溪	0.001	0.002~0.107	0.001~0.002	0~0.004	0.001~0.075	0.011~0.236	0.001
重金屬是否達上限值	無	無	無	無	無	無	無

濁水溪底泥採樣次數迄目前共 6 次，採樣結果底泥中重金屬均未達上限值，僅有鎳、鎘、砷、鉛等四種重金屬達下限值。水質分析結果如表 3.2-14，濁水溪 100 年水質檢驗結果僅有銅與鉛兩者超過基準值。

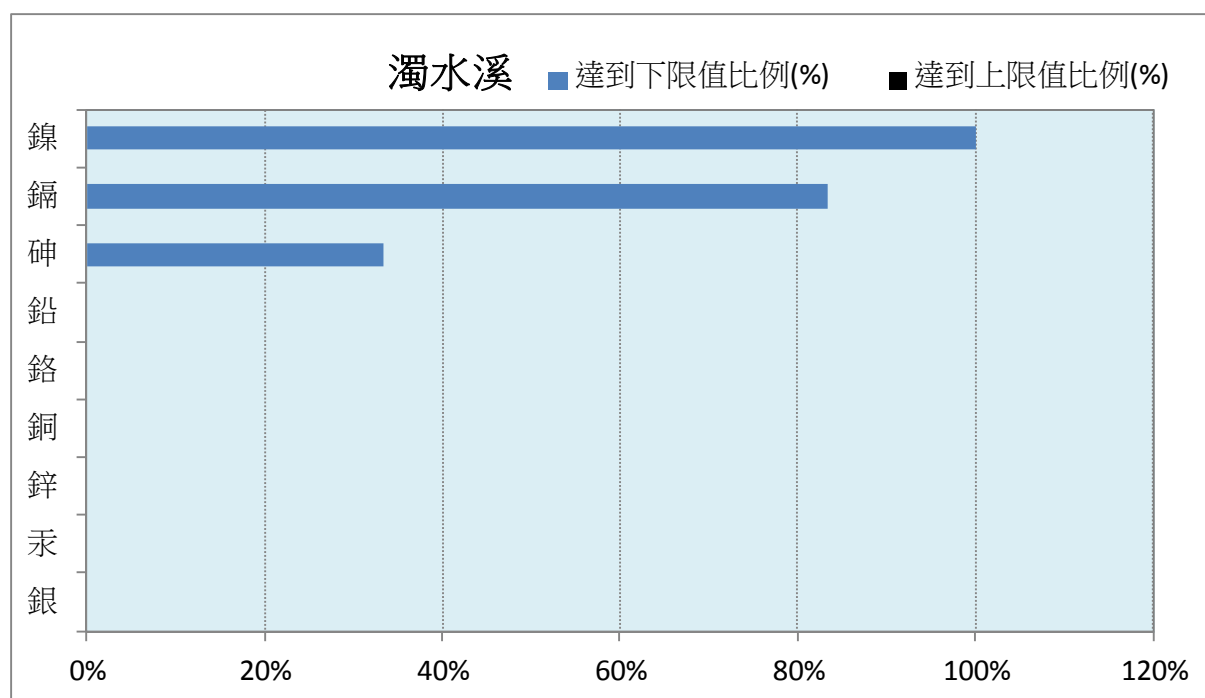


圖 3.2-8 底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（濁水溪）

5.新虎尾溪

新虎尾溪 100 年各測站水質採樣重金屬濃度範圍如下表 3.2-15 所示。與「保護人體健康相關環境基準」相較，水質重金屬濃度皆未達基準，顯示新虎尾溪水中重金屬尚未有嚴重污染。

表 3.2-15 新虎尾溪流域水質重金屬濃度範圍

項目 流域	100 年度水質重金屬濃度(mg/L)						
	鎘	鉛	六價鉻	砷	銅	鋅	銀
	0.01	0.1	0.05	0.05	0.03	0.5	0.05
新虎尾溪	0.001	0.002~0.034	0.001~0.002	0~0.007	0.002~0.016	0.022~0.085	0.001
重金屬是否 達上限值	無	無	無	無	無	無	無

新虎尾溪底泥採樣次數迄目前共 6 次，底泥中重金屬濃度均未達上限值，僅有鎘、鎳、鋅、砷、銅等五種達下限值。表 3.2-15 為水質分析結果，水質未有重金屬項目超過危害濃度（圖 3.2-9）。

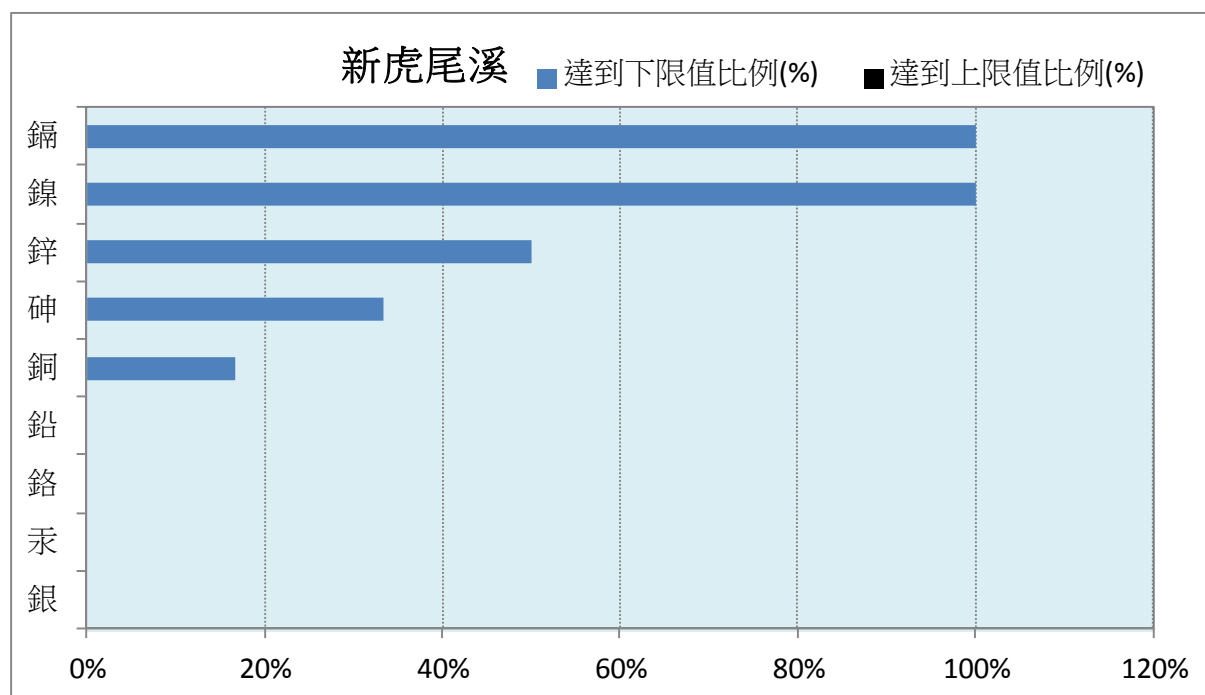


圖3.2-9 底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（新虎尾溪）

6.北港溪

北港溪 100 年各測站水質採樣重金屬濃度範圍如下表 3.2-16 所示。與「保護人體健康相關環境基準」相較，水質重金屬濃度皆未達基準，顯示北港溪水中重金屬尚未有嚴重污染。

表 3.2-16 北港溪流域水質重金屬濃度範圍

流域 \ 項目	100 年度水質重金屬濃度(mg/L)						
	鎘	鉛	六價鉻	砷	銅	鋅	銀
	0.01	0.1	0.05	0.05	0.03	0.5	0.05
北港溪	0.001	0.017	0.002	0.01	0.016	0.114	0.001
底泥重金屬 達上限值				●			

北港溪底泥採樣次數共 17 次，其中底泥重金屬達上限值的項目僅有砷一項。在北港溪的水質分析結果(如表 3.2-16)，水質中重金屬濃度未有項目超過危害濃度（圖 3.2-10）。

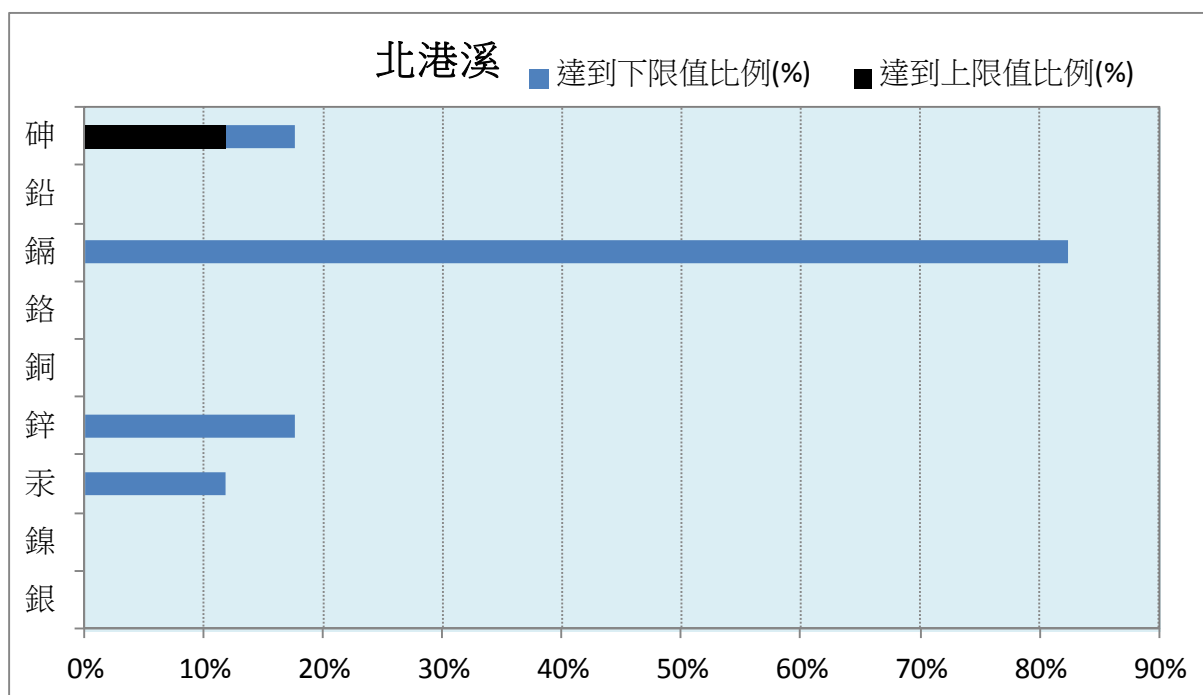


圖3.2-10 底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（北港溪）

7. 急水溪

急水溪 100 年各測站水質採樣重金屬濃度範圍如下表 3.2-17 所示。與「保護人體健康相關環境基準」相較，水質重金屬濃度皆未達基準，顯示急水溪水中重金屬尚未有嚴重污染。

表 3.2-17 急水溪流域水質重金屬濃度範圍

流域 \ 項目	100 年度水質重金屬濃度(mg/L)						
	鎘	鉛	六價鉻	砷	銅	鋅	銀
	0.01	0.1	0.05	0.05	0.03	0.5	0.05
急水溪	0.001	0.002~0.01	0.001~0.002	0.002~0.014	0.001~0.015	0.001~0.035	0.001~0.002
重金屬是否達上限值	無	無	無	無	無	無	無

急水溪底泥採樣次數迄目前共 18 次，底泥中重金屬濃度均未達上限值，僅有鎳、鎘、砷等三種達下限值。在水質分析結果（表 3.2-17），急水溪水質中未有重金屬超過危害濃度（圖 3.2-11）。

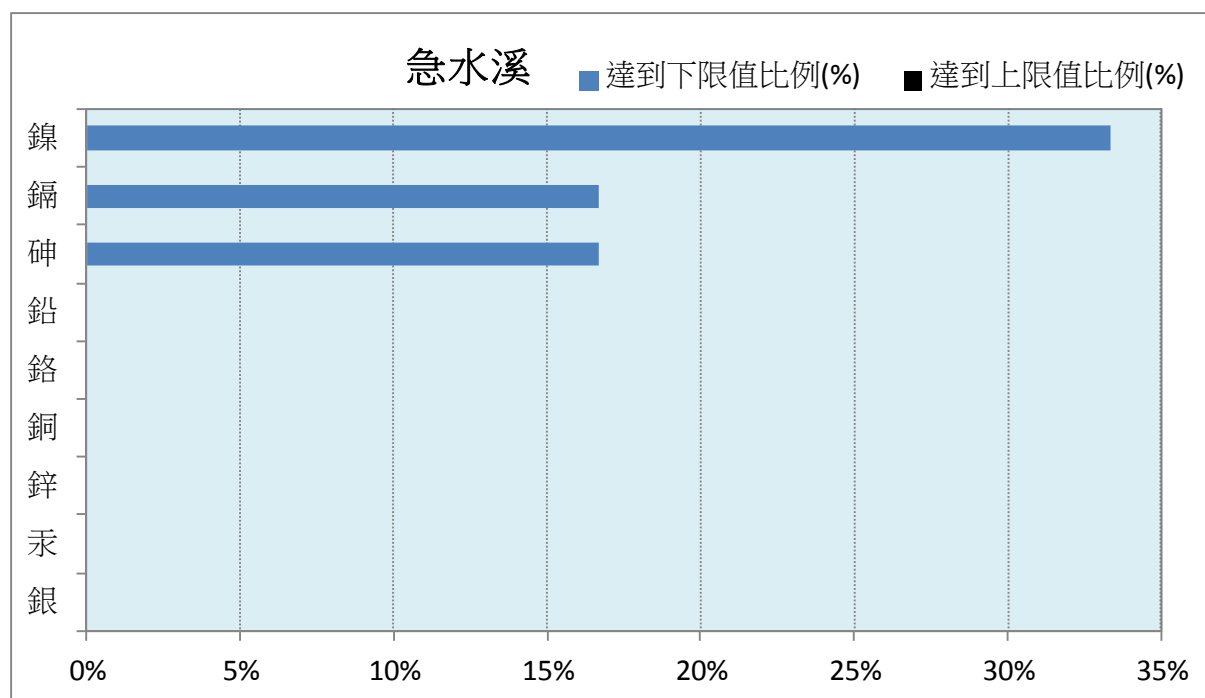


圖3.2-11 底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（急水溪）

8.鹽水溪

鹽水溪 100 年各測站水質採樣重金屬濃度範圍如下表 3.2-18 所示。與「保護人體健康相關環境基準」相較，水質重金屬濃度僅有銅 0.001~0.085mg/L 一項目達基準值以上，其餘皆在範圍內，顯示急水溪水中重金屬尚未有嚴重污染。

表 3.2-18 鹽水溪流域水質重金屬濃度範圍

流域 \ 項目	100 年度水質重金屬濃度(mg/L)						
	鎘	鉛	六價鉻	砷	銅	鋅	銀
	0.01	0.1	0.05	0.05	0.03	0.5	0.05
鹽水溪	0.001	0.002~0.006	0.001~0.002	0.003~0.016	0.001~0.085	0.004~0.069	0.001
重金屬是否達上限值	●	●	●	●	●	●	

鹽水溪底泥採樣次數迄目前共 33 次，底泥中重金屬達上限值的項目為銅、鉻、鋅、汞、鎘、鉛、鎳等七種。而鹽水溪水質重金屬檢測(如表 3.2-18)中，超過危害濃度的重金屬僅有銅一種，相對應的是底泥中銅的含量亦達上限值（圖 3.2-12）。

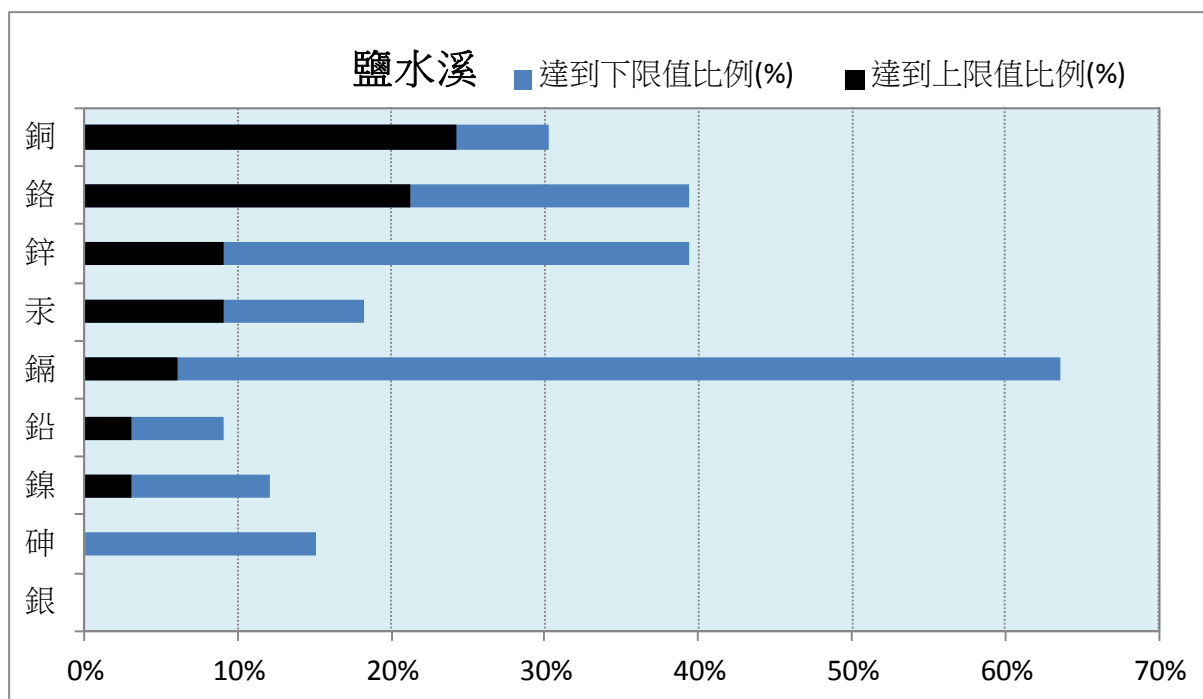


圖3.2-12 底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（鹽水溪）

9.二仁溪

二仁溪 100 年各測站水質採樣重金屬濃度範圍如下表 3.2-19 所示。與「保護人體健康相關環境基準」相較，水質中重金屬銅濃度為 0.001~0.236mg/L、鋅的濃度為 0.001~2.31mg/L，此兩者均超過基準值，其中又以鋅超出近四倍，較為嚴重，其餘水中重金屬濃度皆在範圍內。

表 3.2-19 二仁溪流域水質重金屬濃度範圍

流域\項目	100 年度水質重金屬濃度(mg/L)						
	鎘	鉛	六價鉻	砷	銅	鋅	銀
	0.01	0.1	0.05	0.05	0.03	0.5	0.05
二仁溪	0.001	0.002~0.029	0.001~0.004	0.001~0.04	0.001~0.236	0.001~2.31	0.001~0.002
重金屬是否達上限值		●	●		●		

二仁溪底泥採樣次數迄目前共 49 次，底泥檢測結果重金屬達上限值的項目為鎳、鉻、銅、鉛、鎘等五種。據二仁溪水質分析結果(如表 3.2-19)，超過危害濃度的重金屬為銅、鋅，其中銅在過去底泥的檢測結果亦是同樣達上限值，鋅則是達下限值(圖 3.2-13)。

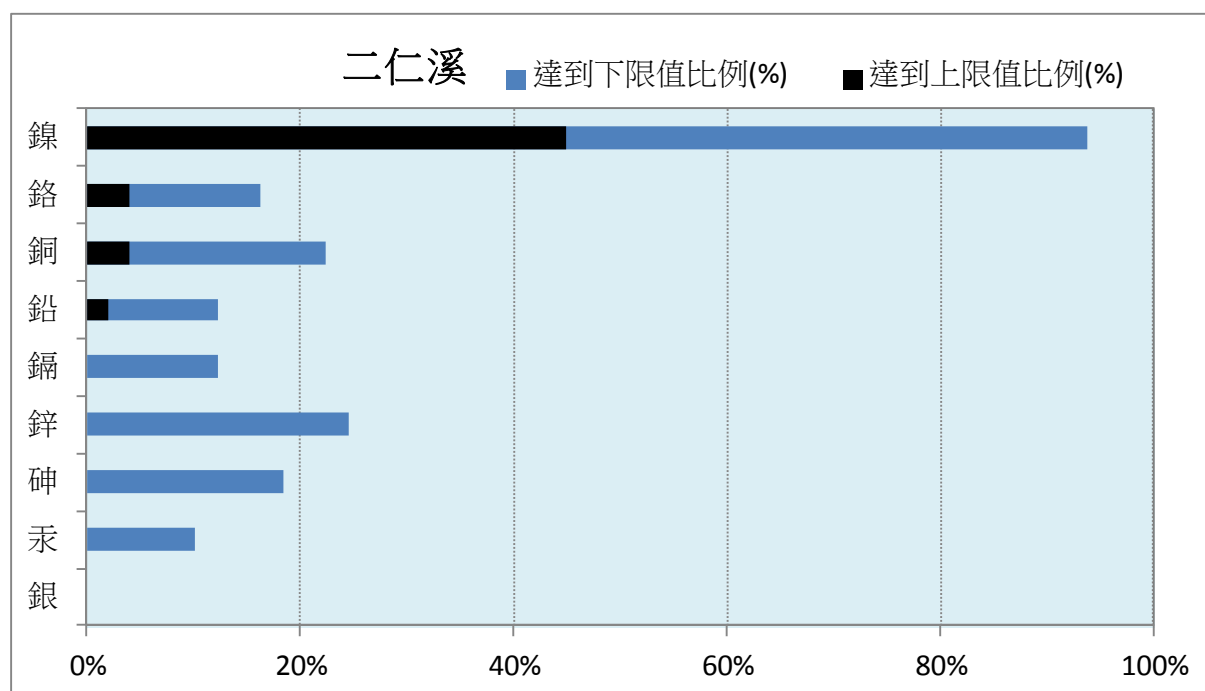


圖3.2-13 底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（二仁溪）

10.阿公店溪

阿公店溪 100 年各測站水質採樣重金屬濃度範圍如下表 3.2-20 所示。與「保護人體健康相關環境基準」相較，水質中重金屬銅濃度為 0.001~0.051mg/L、鋅的濃度為 0.004~37.9mg/L，此兩者均超過基準值，其中又以鋅超出近 70 倍最為嚴重。其餘水中重金屬濃度皆在範圍內。

表 3.2-20 阿公店溪流域水質重金屬濃度範圍

項目 流域	100 年度水質重金屬濃度(mg/L)						
	鎘	鉛	六價鉻	砷	銅	鋅	銀
	0.01	0.1	0.05	0.05	0.03	0.5	0.05
阿公店溪	0.001	0.002~0.018	0.001~0.002	0.002~0.018	0.001~0.051	0.004~37.9	0.001~0.002
重金屬是否 達上限值	●		●		●	●	

阿公店溪底泥採樣次數迄目前共 16 次，達上限值的重金屬依序為鋅、銅、鎘、鉻等四種。根據阿公店溪水質分析結果(如表 3.2-20)，水中重金屬超過危害濃度的項目為銅、鋅，此二個項目亦為在底泥檢測中達上限值的重金屬項目(圖 3.2-14)。

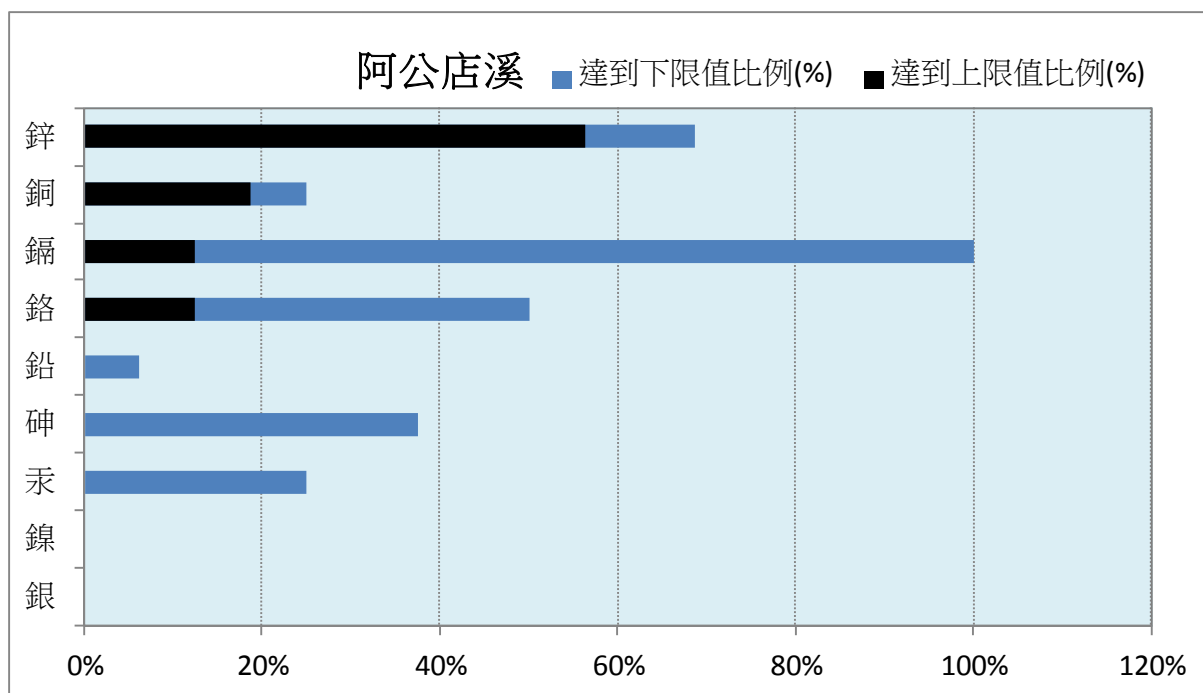


圖3.2-14 底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（阿公店溪）

11. 愛河

阿公店溪 100 年各測站水質採樣重金屬濃度範圍如下表 3.2-21 所示。與「保護人體健康相關環境基準」相較，因部分重金屬並未分析，其餘水中重金屬鎘、鉛、六價鉻、銅濃度皆在基準值範圍內。

表 3.2-21 愛河流域水質重金屬濃度範圍

流域	項目	100 年度水質重金屬濃度(mg/L)					
		鎘	鉛	六價鉻	砷	銅	鋅
		0.01	0.1	0.05	0.05	0.03	0.5
愛河		0~0.001	0.001~0.007	—	—	0.004~0.017	—
底泥重金屬 達上限值				●		●	●

愛河底泥歷年採樣次數共 8 次，其中達上限值的重金屬依序為銅、鋅、汞、鎳、鉻、鎘等五種，對照愛河水質分析結果(如表 3.2-21)，可發現水中並未有超過危害濃度之重金屬項目（圖 3.2-15）。

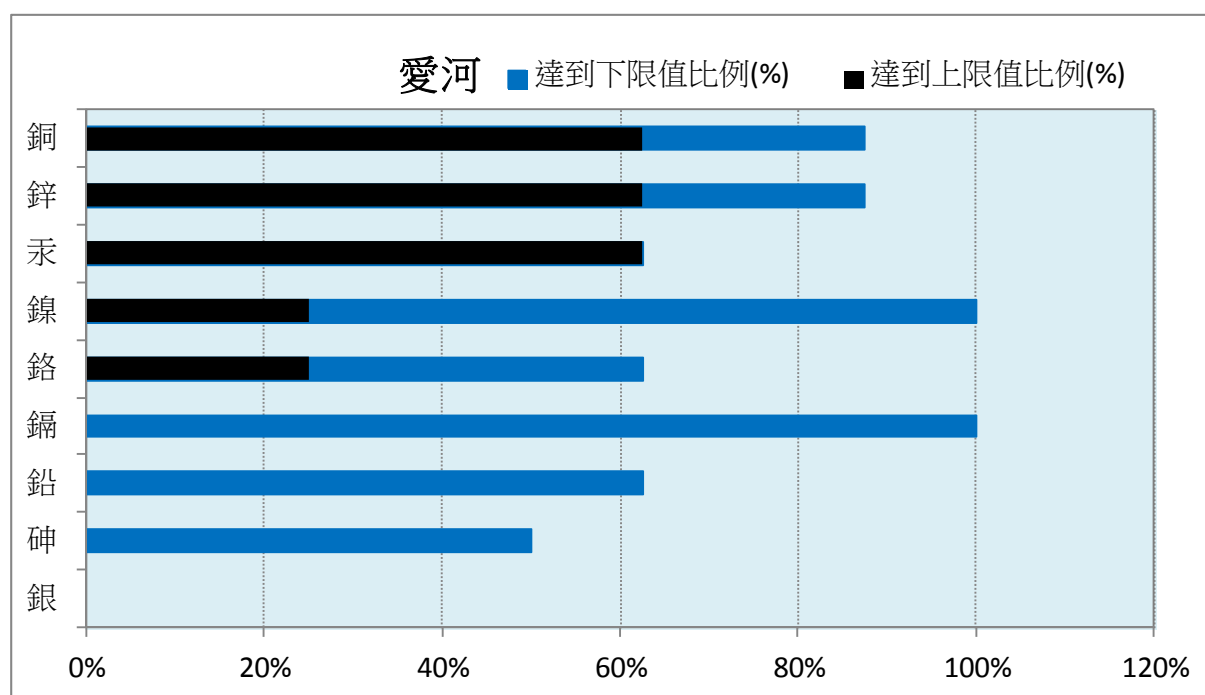


圖3.2-15 底泥重金屬濃度達底泥品質指標上限比例（愛河）

二、綜合結論

彙整上述水質與底泥的分析結果於下表 3.2-22，並將水質達「保護人體健康相關環境基準」基準值以上與底泥達「底泥品質指標之分類管理及用途限制辦法」上限者分別予以標記「▲」與「●」。

表 3.2-22 全台 11 條重點河川水質、底泥重金屬濃度危害分析

重金屬項目 流域		鎘	鉛	六價鉻	砷	銅	鋅	銀
淡水河流域	大漢溪					▲●	▲●	
	新店溪					●	●	
	基隆河							
	淡水河本流	●	●	●		▲●	●	
	南崁溪	●	●	●	●	▲●	▲●	
	老街溪	▲●	●	●		▲●	▲●	
	濁水溪		▲			▲		
	新虎尾溪							
	北港溪				●			
	急水溪							
	鹽水溪	●	●	●	●	▲●	●	
	二仁溪		●	●		▲●	▲	
	阿公店溪	●		●		▲●	▲●	
	愛河			●		●	●	

註 1.資料來源：本計畫整理

2.符號說明：▲表水質中濃度超過危害風險 ●表底泥中濃度達上限值

若以重金屬來分析(如下表 3.2-23)，當水質中重金屬濃度達基準值以上時(包括鎘、鉛、銅、鋅等 4 項)，底泥也達品質上限的有 2 項(鎘、銅)，佔所有比例的 50%。而當底泥超過品質指標上限值時(包括鎘、鉛、六價鉻、砷、銅、鋅等 6 種)，水質也超過基準值(包括鎘、銅)有 2 種，佔所有比例的 33%。

表 3.2-23 河川水質、底泥重金屬濃度關連性

項目	河川	
水質達基準值以上	鎘、鉛、銅、鋅	4 種
底泥達品質上限值	鎘、鉛、六價鉻、砷、銅、鋅	6 種
水質、底泥同時超過基準值	鎘、銅	2 種
水質達基準值以上時 底泥亦達品質上限值	$= 2 / 4$	50%
底泥達品質上限值時 水質亦超過基準值	$= 2 / 6$	33%

資料來源：本計畫整理

若以河川來分析(如下表 3.2-24)，當水質中重金屬濃度達基準值以上時(包括大漢溪、淡水河本流、南崁溪、老街溪、濁水溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪等 8 條)，底泥也達品質上限的有 6 條(大漢溪、淡水河本流、南崁溪、老街溪、鹽水溪、阿公店溪等)，佔所有比例的 75%。而當底泥超過品質指標上限值時(包括大漢溪、新店溪、淡水河本流、南崁溪、老街溪、北港溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪、愛河等 10 條)，水質也超過基準值(包括大漢溪、淡水河本流、南崁溪、老街溪、鹽水溪、阿公店溪等)有 6 條，佔所有比例的 60%。

整體而言，河川水質重金屬達基準值以上時，其底泥達上限值的機率較高；河川水質為具有流動性及時效性，若其水質中的重金屬含量長期偏高或高於基準值，相對於底泥之低移動性而言，就較易累積或沉降至底泥，再加以河川水質改善之速度遠大於底泥，即容易造成水中重金屬濃度快速改善後，底泥重金屬含量仍偏高之現象。

表 3.2-23 河川水質、底泥重金屬濃度關連性(續)

項目	河川	
水質達基準值以上	大漢溪、淡水河本流、南崁溪、老街溪、濁水溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪	8 條
底泥達品質上限值	大漢溪、新店溪、淡水河本流、南崁溪、老街溪、北港溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪、愛河	10 條
水質、底泥同時超過基準值	大漢溪、淡水河本流、南崁溪、老街溪、鹽水溪、阿公店溪	6 條
水質達基準值以上時 底泥亦達品質上限值	= 6 / 8	7 5 %
底泥達品質上限值時 水質亦超過基準值	= 6 / 1 0	6 0 %

河床地形與地物探測方法

4

行政院環境保護署

底泥污染來源及傳輸模式調查計畫－以重點河川為例

第四章 河床地形與地物探測方法

河床地形調查之目的，在於掌握計畫區間河床於枯水季期間及豐水季或颱風洪水後之河道地形變化，可了解底泥在枯水季節回淤及豐水季節颱風事件對河川造成之侵淤作用，並建立河川數值化斷面資料，提供模式水理演算資訊及進行網格劃分檢討。地物探測目的則是嘗試利用不同原理之地物技術，探測河床底泥厚度，間接作為底泥高污染潛勢區之篩選工具。然由於國內相關技術多應用於陸域之地下構造物或土壤地下水污染物探測，在地面水體方面則以湖泊水庫等水域之沉積物探測經驗較多，缺乏河川底泥探測之實際應用經驗與結果比較，因此地物技術須待進一步發展及驗證。

無論是地形測量或地物探勘，界定河床地形分布及推估底泥厚度，皆有助於後端模式建置及易沉積之污染區段判釋。有關地形測量方法及地物方法之選用與原理，說明如以下各節。

4.1 河床地形測量方法

河床地形測量採用一般水下測深常用之單音束水深測量方式辦理，主要以單音束測深儀測深，搭配 GPS 衛星定位並配合周邊設備如湧浪補償儀、聲速剖面儀、潮位儀等設施進行施測。一般水深測量作業流程如圖 4.1-2，各作業步驟分述如下：

- 1.線規劃：採單音束水深測量，在測區範圍內每 100 公尺一條垂直岸線之主測線，測點平均間距約為 3 公尺（必須 \leq 5 公尺），並於平行岸線方向規劃 3 條檢核測線。
- 2.精度規範：河道水深地形測量之水平定位系統精度需符合國際海測組織(IHO) 一等水深測量規範（詳表 4.1-1），測點校核精度應符合 IHO 一等水深測量規範。
- 3.率定測試：於每次測量作業前，當單音束測深機架設完成後，施行檢校板檢校，以檢校測深機之正確性（bar check）。率定時先以聲速剖面儀量測水中聲速剖面值，求取平均聲速值設定於測深機內，再依不同深度

表 4.1-1 IHO SP-44 規範標準表

等級	特等	一等	二等	三等
典型水域	港區、錨泊區和重要航道等需最少船底深空水域	港區、進港航道、建議航道與水深 100 公尺以內的海岸水域	非特等或一等水域且水深在 200 公尺以內的水域	不屬於上述等及的外海水域
水平位置精度(95%信賴區間)	2 公尺	5 公尺+5%水深	20 公尺+5%水深	150 公尺+5%水深
歸算後水深的水深精度(95%信賴區間)	A=0.25 公尺 B=0.0075	A=0.5 公尺 B=0.013	A=1.0 公尺 B=0.023	A=1.0 公尺 B=0.023
100%底床搜尋	強制執行	特定水域需要	特定水域可能需要	不需要
量測系統特徵物的偵測能力	大於 1 公尺的海床特徵物	水深 40 公尺以內大於 2 公尺的海床特徵物；水深超過 40 公尺時為 10%水深	水深 40 公尺以內大於 2 公尺的海床特徵物；水深超過 40 公尺時為 10%水深	不需要
最大測線距離	不需要；需 100%底床搜尋	三倍測區平均水深或 25 公尺，取較大者	三倍至四倍測區平均水深或 200 公尺，取較大者	四倍測區平均水深

註：1.量測精度(95%信賴區間)的公式= $\pm\sqrt{[A^2+(B*D)^2]}$ 。

註：2.A=固定水深誤差，如：所有固定水深誤差的總和。B*D=從屬水深誤差，如：所有從屬水深誤差的總和。B=從屬水深誤差因子。D=水深。

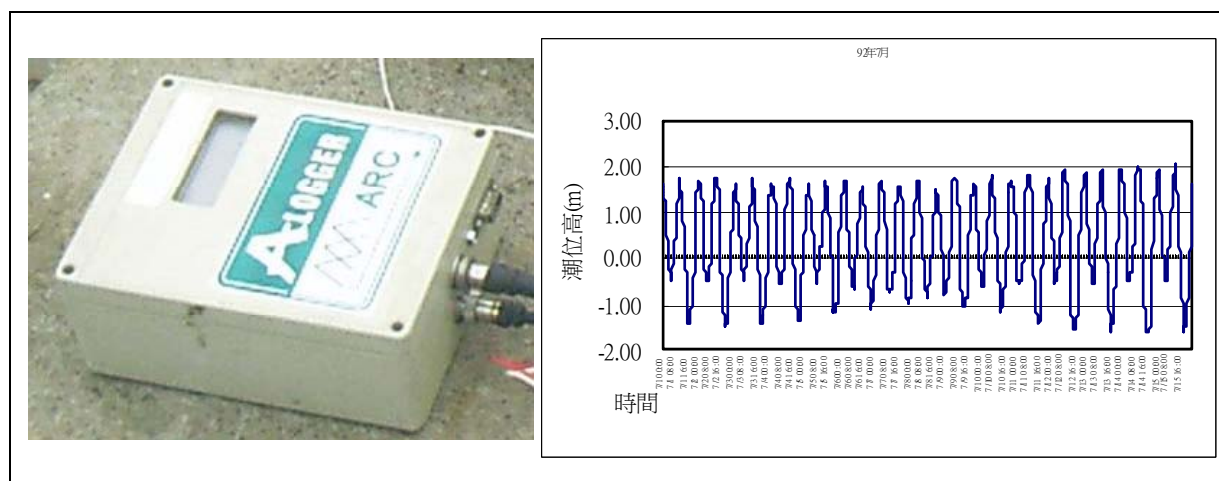


圖 4.1-1 自動驗潮儀與潮位曲線圖

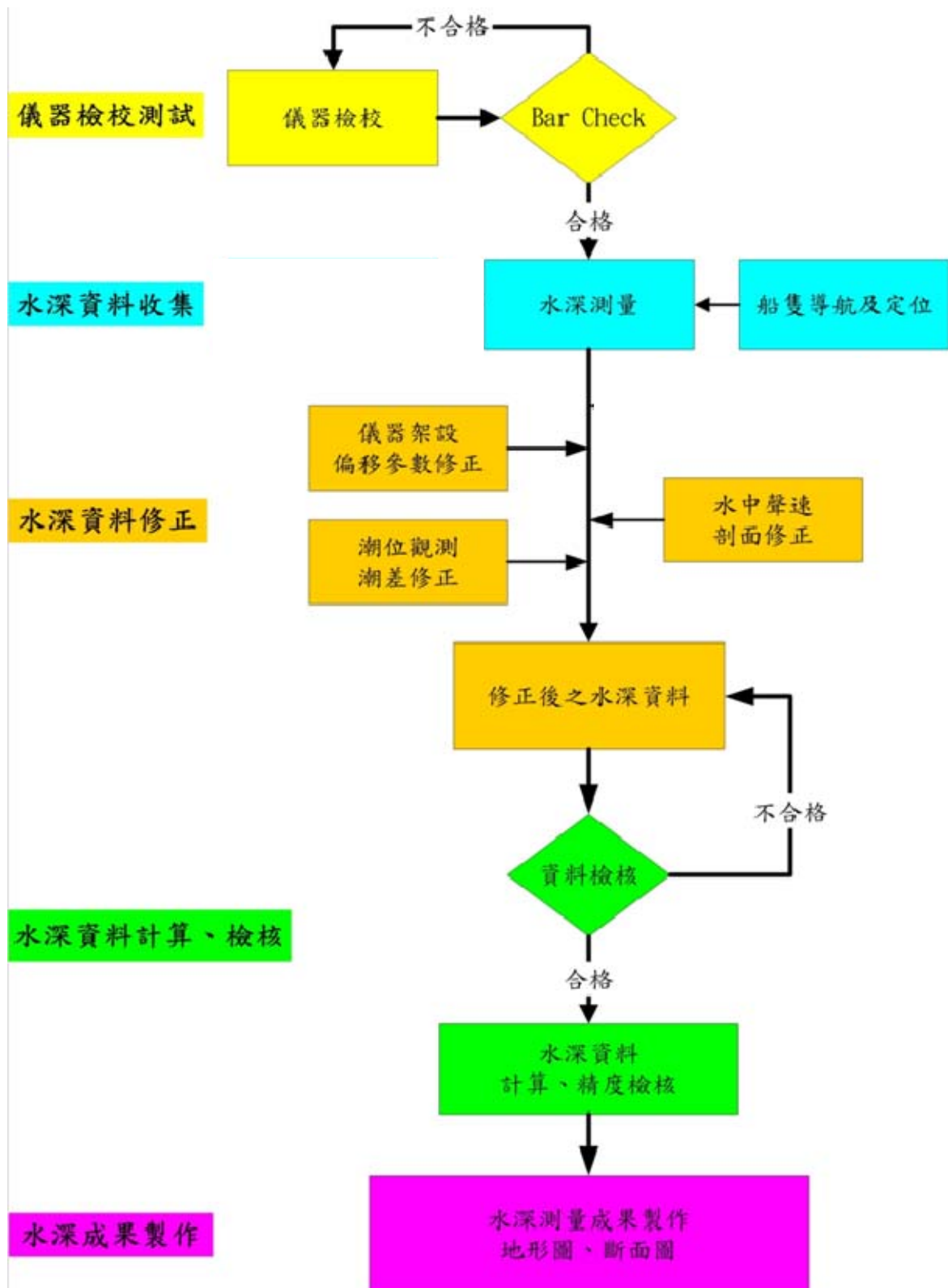


圖4.1-2 水深測量作業流程

釋放檢校板並讀取測深機之讀數，檢校板之釋放深度以測深儀音鼓面為基準，每 1 公尺測定一次，製作成檢校記錄表，檢視儀器精度是否在合理範圍內。

4.船隻導航及定位：

本計畫採用 Hemisphere A100 DGPS 差分式衛星定位，定位精度優於±2 公尺(95%信心區間)。水深測量時將 GPS 天線安置於測深音鼓桿上，即與音鼓在同一平面位置時，即時記錄測深時刻的位置座標。

5.潮位觀測：

(1)本計畫調查河道為感潮河段，河道水位受潮汐漲退影響大，又因施測範圍狹長，同一時間於不同河段之水位亦有差異，故河道水位之量測需配合當日水深測量作業範圍調整，在作業區內量取當時水位才能正確將測深值修正得河床高程。

(2)本計畫水位量測之控制點採用經濟部水利署第十河川局民國 96 年度河道斷面樁控制點成果，其控制系統與本計畫系統相符，平面為 TWD97 座標系統，高程為台灣一等水準系統（基隆中潮系統）。水位量測採用人工觀測方式，每 6 分鐘觀測一次水位，用以修正水深測量作業時的水位變化，並換算水深成果至一等水準高程系統。

(3)自動驗潮儀與潮位曲線圖如圖 4.1-1 所示

6.聲速量測：

(1)在每日施行水深測量的作業範圍內，選取較深之位置作聲速量測，若於測量期間氣候變化劇烈導致水中溫差變化大，則再次量取水中聲速剖面，增加聲速量測次數以求正確測得水中聲速的變化，精確修正水深測量成果。

(2)本計畫使用之聲速儀為 VALEPORT MONITOR SVP500 型直接量測式聲速儀，量測聲速之最小記錄單位可達 0.1 公尺/秒，記錄時視測區深度及聲速變化情況而定，取樣間隔為 0.5 公尺。

(3)聲速剖面儀及水中聲速剖面如圖 4.1-3 所示。

7.測深記錄：在水深測量完成後，提供測深相關記錄備查，單音束水深測量含類比式測深記錄紙(如圖 4.1-4)，測深記錄紙內容包含測量時間、音鼓吃水深、測深值(地形剖面)及儀器型號等資訊，並提供測深記錄電子檔(註:正確之測深記錄檔需於內業處理核對測深記錄紙，將電子檔中雜訊測深值修正之)、定位儀檢校記錄、潮位觀測記錄、聲速量測記錄等。

8.水深測量資料處理

- (1)先逐一對單一測線初步篩除可疑的水深資料，如訊號品質不佳的水深值、異常的水深值及定位品質不佳的水深點。
- (2)加入各項修正資料，包含潮位資料、聲速剖面資料、儀器架設偏移參數、船隻湧浪補償資料及率定資料等，需經檢核無誤後才加入水深資料的修正計算，可得到歸算後的水深資料。
- (3)整合同一測區的測深資料，利用資料間的相互重疊或交錯部分來比較其差值以剔除不符的水深點，並計算本次測量成果之精度，如圖 4.1-5 所示。

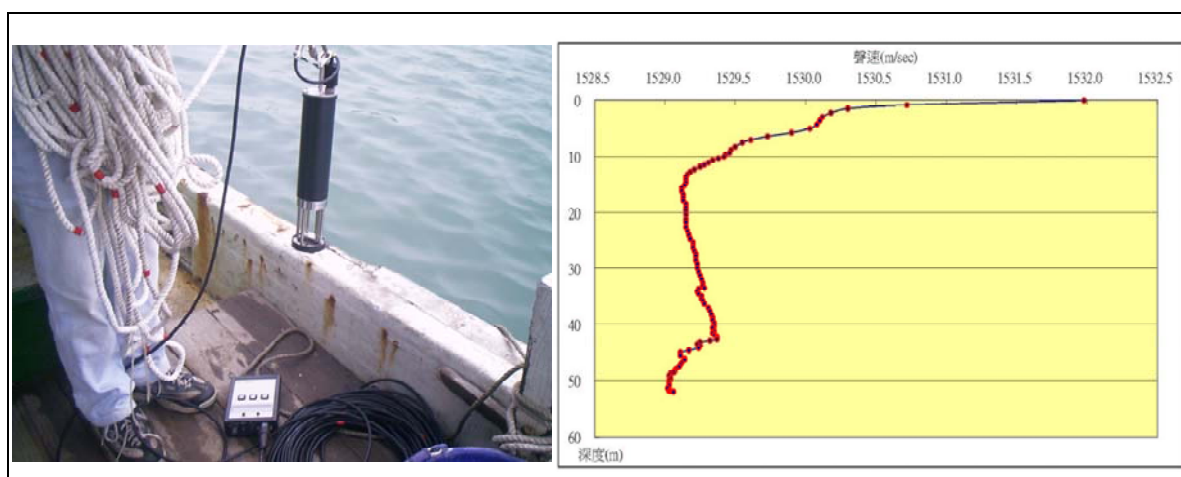


圖4.1-3 自動驗潮儀與潮位曲線圖

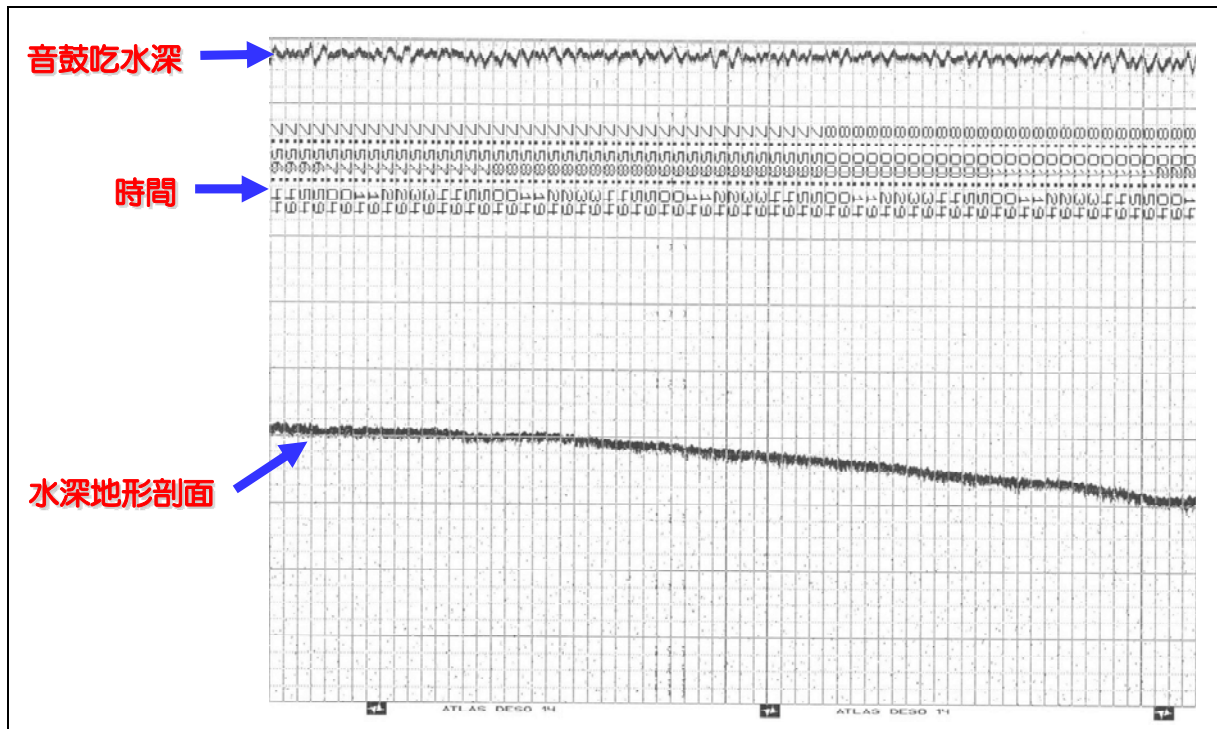


圖4.1-4 單音束水深測量測深記錄紙

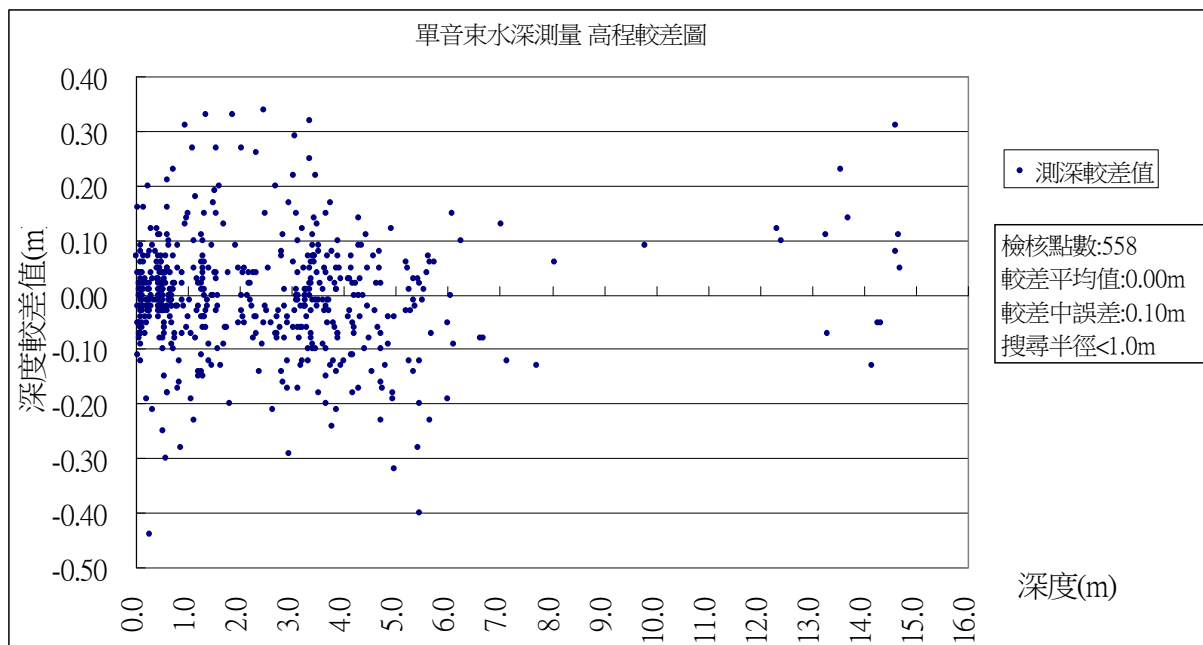


圖4.1-5 水深測量誤差分佈圖

4.2 地物探測技術原理

由於國內相關地物技術多應用於陸域之地下構造物或土壤地下水污染物探測，在地面水體方面則以湖泊水庫等水域之沉積物探測經驗較多，缺乏河川底泥探測之實際應用經驗與結果比較。爰此，本計畫參照合約內容，選取三種較適合於水面上施作之技術，包含水上透地雷達、水上地電阻法及震測法等方式，嘗試推估底泥厚度。

以地物探測儀器進行水上施作時，必須確保作業安全，由其須注意水深，若為人工施作，則水深應低於施測人員膝蓋以下(但通常此情形位於上游較多，也較不易有底泥沉積)，若為船上施作，須確保安全作業水深為 2m。施測規劃應考量：

- 1.地質背景調查：盡量收集測區地質相關資料以規劃最有效航線。
- 2.障礙排除：現場履勘施測所需環境，如運輸、供電等；確認施測方式及安全性；檢視預定航線是否有無法施測或危及儀器與工作人員安全因素，如漁網、暗礁或淺灘等障礙物，事先加以排除或明確標示。
- 3.儀器設定與調整：水域地物探測工作因環境與探測目標之不同，儀器設定如發射能量、頻率等參數，都必須於施測前調整到最適狀態。
- 4.穩定與連續準則：正式施測時應保持航向、航速及儀器之穩定，以不中斷及最短時間內完成為原則。

根據實務操作經驗，各地物探測方法皆存在干擾因子，可能無法得到預期的結果，雖然理論上仍皆可克服，但仍需因地制宜及實做方可證明其成效。以下針對本計畫擬使用之地物探勘方法，包括透地雷達、地電阻法及震測法原理進行說明，並研判其對於底泥探測之適用性整理於表 4.2-1(實際案例結果如圖 4.2-1)，各方法原理說明如後。

一、水上透地雷達

透地雷達的基本原理是利用電磁波反射的原理來探測目標物，其原理是以天線不斷發射固定中心頻率（1 MHz-3,000 MHz）之電磁波到欲偵測之目標物上，當入射電磁波進入探測體中，遇到介質電性的改變或有異常時，導致入射

波會被反射、折射、或散射，此訊號經由接收器接收、放大、疊加及數位化後由磁片記錄成原始資料，經資料處理後，再代入介質傳遞雷達波的速度，即可求出被探測體實際深度，並依據結果加以判讀及解釋被探測體之內部狀況。

就電磁波的解析能力與穿透能力而言，解析度為分辨二緊連訊號的能力，與震測法相同，通常定義為四分之一波長為解析極限，在介質中波長與頻率為反比關係，因此入射波頻率愈高，其波長愈短，則解析度愈高；反之則相反。另外，入射電磁波在介質中傳播一段時間之後，高頻訊號容易衰減，因此收到的主要訊號其頻率將略小於中心頻率，故透地雷達大致以中心頻率的二分之一波長為解析極限。雖然高頻的使用可增加解析能力，但降低了穿透深度，因此解析能力和穿透深度的取舍將視測勘目標及解析度需求而定。

圖 4.2-2 表示不同的天線頻率在岩石、濕土、瀝青混凝土及水泥混凝土等介質的解析極限。圖 4.2-3 之三條剖面，為透地雷達沿同一測線，以不同天線頻率施測的結果。由圖可知電磁波頻率愈高，解析能力愈好，探測深度愈淺；反之，電磁波頻率愈低，其解析能力愈差，但探測深度則愈深。一般而言，透地雷達探測深度淺可至幾公分以內，最深探測紀錄出現在格陵蘭冰原，曾有八十公尺的紀錄，就國內地層而言，因導電性較佳，探測最深僅達十幾公尺。

透地雷達應用於河川斷面調查的實際案例結果如圖 4.2-1a，河床深度及底泥層厚度均清楚地呈現。惟本調查方法若在水深超過 5 米，或是水質混濁處，即可能會使雷達波被大量吸收與干擾，導致訊號減弱，且若在具有高鹽分的感潮河段，電磁波訊號將受水中鹽分影響而無法正常施測。

本計畫採用之透地雷達系統為加拿大 Sensors & software 公司之 pulse EKKO Pro 型天線頻率分別為 12.5 MHz、25 MHz、50 MHz、100 MHz 及 200 MHz，擁有高電壓電磁波發射器與接收器，激發電壓在 1000V 至 50V 間，施測示意如圖 4.2-4。因本次探測深度需要超過 5 公尺以上，水體導電度高電磁波能量衰減快，根據水體導電度、探測深度與電磁波衰減關係，兼顧測深及高解析之成效，將使用 50 MHz 之天線天線頻率進行探測。

二、震測法

本方法原理為利用震動設備發出脈波，再由接收器接受目標物之反射波，藉由都普勒效應可量測出震波來回之時間差，進而推算出目標物距離。

現今應用於水中物體偵測之震測技術為聲納系統。聲納(Sonar)為 Sound Navigation Ranging 之縮寫，意思為利用聲波做為導航與測距的工具。聲納偵測目標物的原理，是利用聲納儀器上之發射器(Transmitter)的發音設備發出脈波(Pulse)，再由接收器(Receiver)接受目標物之反射波，由於水中聲速約為每秒 1500 公尺，可量測出聲波在水中來回之時間差進而推算出目標物的距離。

水下探測與搜尋之探測儀主要有單音束探測系統、多音束探測系統及側掃聲納系統，且以單音束系統為主流。單音束測深系統與多音束測深系統是把儀器架在工作母船上，採固定式向下發射，探測距離是以母船作為基準向下探測，而測深儀之音鼓(Transducer)以電力為動力來源，由電壓大小控制音鼓產生形變，藉此形狀的改變產生壓力波震動水體發出聲波訊號，常見的音鼓以陶瓷(ceramic)或鎳合金(nickel-alloy)為材料製成，其形狀大多為圓柱、橢圓柱或長方體。音鼓之作用除發射聲波外亦接收反射訊號，當音波穿透水體到達海底反射後由音鼓接收，此時音鼓感受水體的震動將波能轉換成電能，即可計算出聲波往返於船底與河床之所需時間，以時間之半乘以聲速即可得知當地河床之垂直水深。側掃聲納是以工作母船拖曳著拖曳魚，所以其探測距離可以增加拖曳繩長度，而增加探測距離，但拖曳式側掃在水中穩定度較差。

本計畫所使用之單音束聲納系統示意如圖 4.2-5，因本方法主要用為探測水下深度及底床物體，依其原理特性，探測地層分布時，會產生許多複反射訊號，造成後端資料處理較費時，對於分層效果未臻理想，但可藉由調整聲波發射之型式及測點配置改善；且若底泥厚度較厚，仍可推估出河川底泥分布(如圖 4.2-1b)。除此之外，以本方法調查底泥分布較不受到水深、水質等因素影響，因此一般湖泊、水庫等底泥分布調查，採用震測法的方式較多。

三、水上地電阻法

地電阻法(Electric Resistivity Method)或稱為直流電阻法(Direct Current Resistivity Method)或地電阻法(Geoelectric Resistivity Method)。是利用直流電通入地層以量測地下地層電阻(電阻率)變化，測得的成果稱地電阻率剖面，據此可推斷各不同地層的界面。影響地層電阻率的因子有組成礦物、顆粒大小、組態、以及地層之含水量與水之鹽度。當地層有明顯的電阻率對比，就適用於直流電阻法。

由於地質組成材料及膠結等狀況不同，將導致電阻率之相異，一般以電阻率(Resistivity)代表物質的導電性質。因此，若能藉由儀器測量及分析瞭解地下地層的電阻率，輔以適當地質資訊，可瞭解地下地層的岩性分佈，進而解釋地質構造、礦產分佈、地下水資源及地下水污染等。由於地電阻法花費少且工期短，因此適用於工程地質、探礦、地下水調查、海水入侵調查與地熱測勘等多方面。

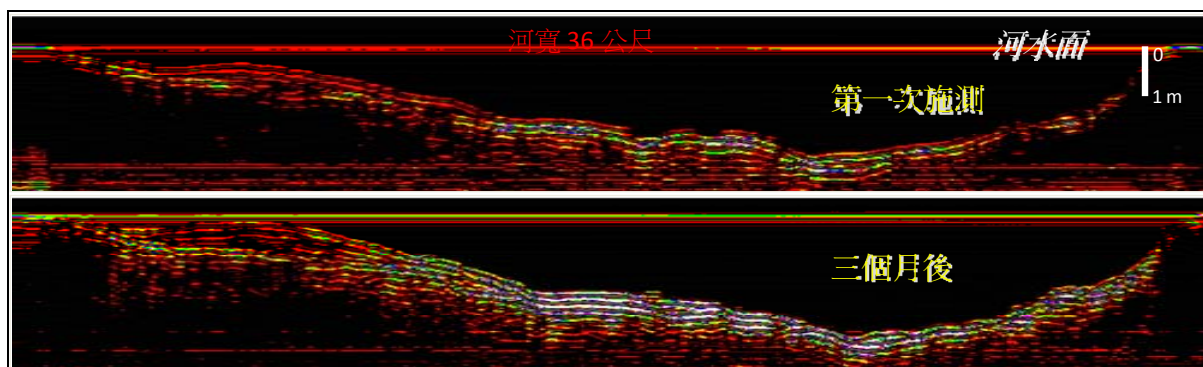
本方法主要用於分辨岩盤裂面或岩盤與非膠結砂之界面，現場實際探測結果如圖 4.2-1c，地電阻影像剖面探測能夠獲得較傳統探測方式更準確的地層資訊。若底泥與其下方交界面性質差異較大(如礫石或岩盤)時，應可獲得良好的結果；但若底泥下方為砂層，則交界處電阻差異小，可能無法區分泥層厚度。而橋墩、人造結構物或感潮河段海水鹽度與濁度，亦會影響地電阻法之施測。

本計畫利用路上地電阻法施測原理，將電纜線裝置在船的尾端如圖 4.2-6 所示，利用船的動力拖曳纜線，每次收取多筆資料合成一連續剖面。由於拖曳式連續剖面施測有別於路上施測，電極排列將根據前人研究建議使用偶極_偶極法(Dipole-Dipole Array)施測，可快速得到解析度高之電性剖面。

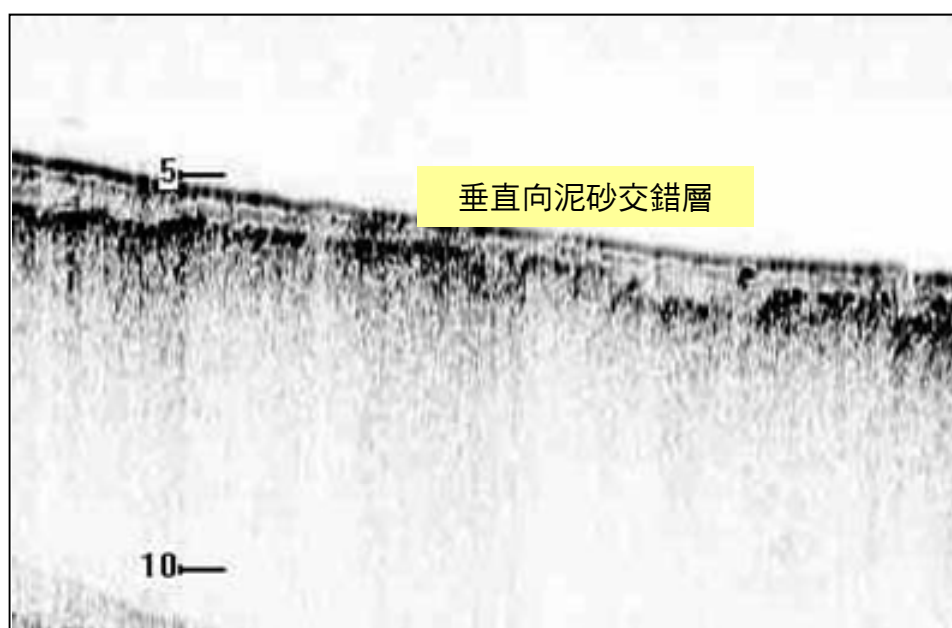
表 4.2-1 底泥探測之地球物理方法比較表

方法名稱	原理	干擾因子	說明	適用條件研判 (不考慮人為 干擾因子)
透地雷達	藉由雷達發射短脈衝的高頻電磁(1MHz-3000MHz)進入地表下，入射波會被反射、折射、或散射，此訊號經接收器接收與資料處理後，代入介質傳遞雷達波的速度，即可求出被探測體實際深度，並判讀被探測體內部狀況。	1.水質鹽度及濁度 2.探測區域水深 3.人造結構物 4.載具材質、行經路徑及速度	1.可約略推估泥砂交界位置，並估算泥層厚度。 2.若水質混濁或深大於5M，訊號會因吸收使效果不佳。 3.感潮河段鹽度高無法施測。 4.避免接近橋墩、攔河堰等人造結構物。	1.水深小於 5m。 2.非感潮河段。
震測法	利用震動設備發出震波，經接收器接受目標物之反射波，並由都普勒效應量測出震波來回之時間差，進而推算出目標物的距離及內部狀況。	1.沈積物厚度 2.人造結構物 3.載具行駛途徑及速度	1.非人為干擾因子較少。 2.複反射多，資料處理較費工。 3.通常泥層厚度較厚才能測出。 4.避免接近橋墩、攔河堰等人造結構物。	1.研判於沉積物較厚處施測。
地電阻	利用地質組成材料及膠結等狀況不同而產生電阻率差異。因此，沿著一個測線配置電極，可獲得不同深度地層電阻率的變化情形，進而推估地層分布。	1.水質鹽度 2.探測區地質差異 3.測線展距長短 4.外來電場干擾 5.人造結構物的影響 6.水上載具大小	1.用於分辨電性差異大的地層交界面(例如岩盤裂面或岩盤與非膠結砂之界面)。 2.砂與泥交界電阻差異小，可能無發分辨泥層分布。 3.感潮河段鹽度高無法施測。 4.避免接近橋墩、攔河堰等人造結構物。	1.底泥與下方交界面性質差異較大(如礫石或岩盤)。 2.非感潮河段。

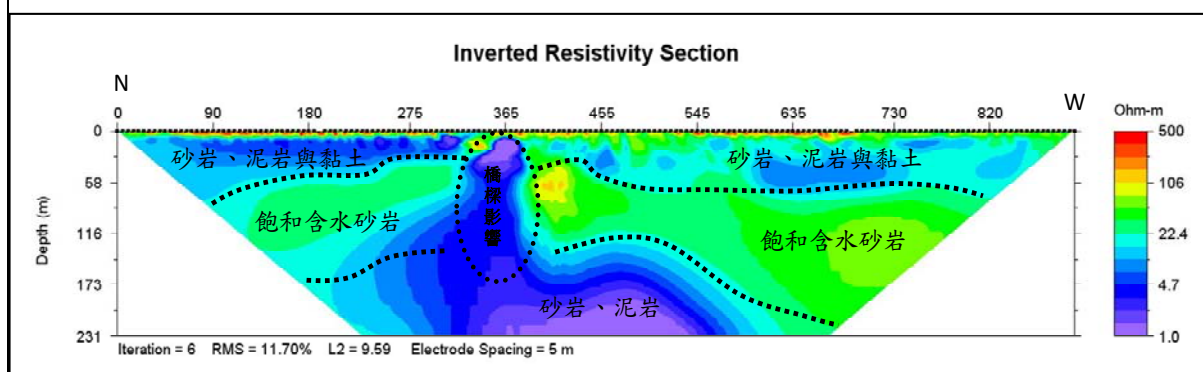
註：各種干擾因子理論上皆有克服方式，但皆需因地制宜及實做方可證明其成效。



a.透地雷達調查實例



b.震測法調查實例



c.地電阻調查實例

圖4.2-1 各探測技術之底泥分布調查結果實例

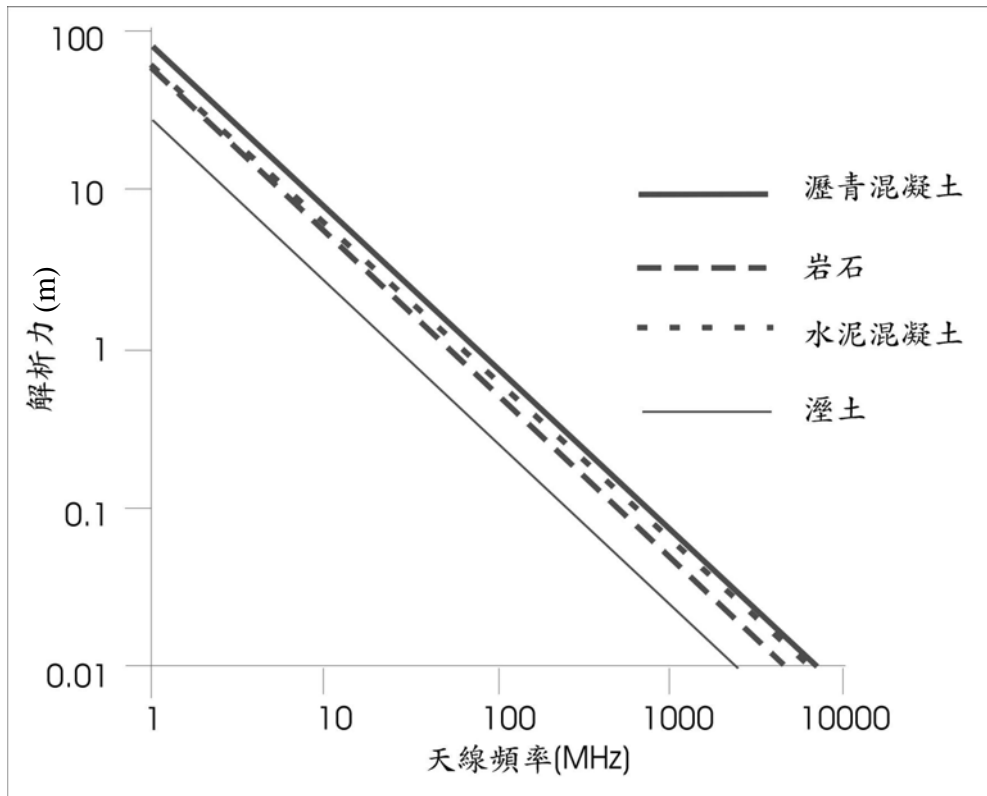


圖4.2-2 天線頻率與解析能力關係圖(修改自EKKO UPDATE，1996)

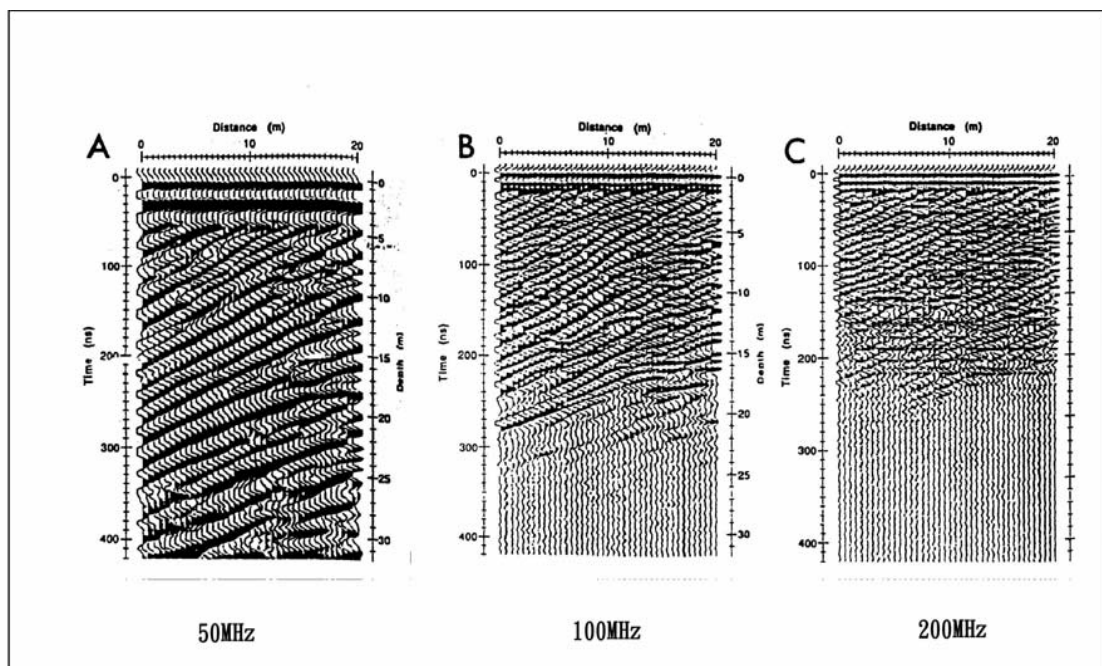


圖4.2-3 電磁波頻率與解析能力、穿透深度關係圖(摘自Smith&Jol，1992)



圖4.2-4 水上透地雷達施測示意圖

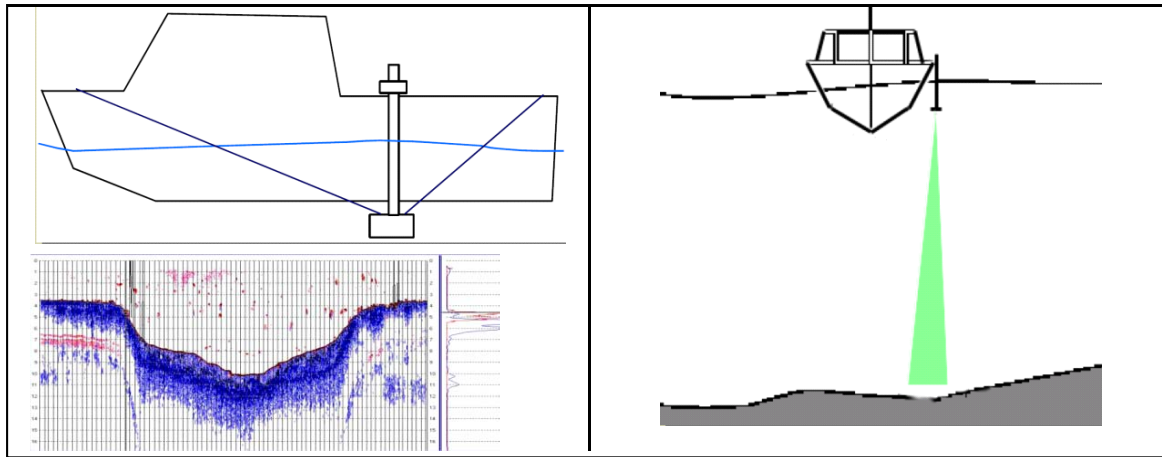


圖4.2-5 單音束聲納系統示意圖

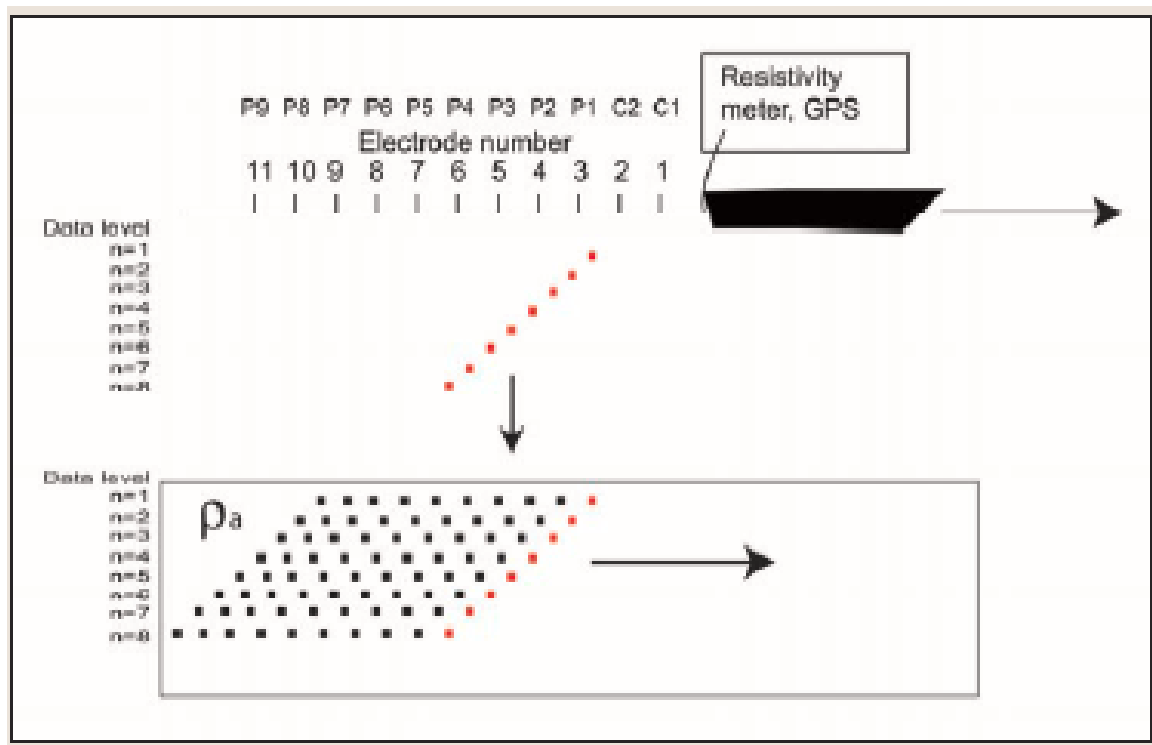


圖4.2-6 水上地電阻法施測示意圖

底泥與水質污染傳輸模式建置 5

行政院環境保護署

底泥污染來源及傳輸模式調查計畫－以重點河川為例

第五章 底泥與水質污染傳輸模式建置

模式係以現有的物理、化學等相關理論為基礎，應用合理的假設與數學工具，建立一與現實環境機制相仿之虛擬環境，其目的在於整合現有的資訊，研析不易觀察的演變歷程與分布狀態，並透過不同的條件設定，進而預測未來趨勢並提出合理的相應對策。就底泥與水質污染傳輸模式而言，其功能在於整合分析目前的環境檢測成果，分析污染物質在底泥與水體之間的流布，透過不同的情境模擬，合理預測未來污染發展趨勢，並比對現有環境資訊，建議應提高監測頻率或進行細密調查之區域，提供決策者未來改善目標與可行整治方案。底泥係為水質污染之受體，底泥與水質污染傳輸係密不可分的交互影響行為，水質模式之發展歷程以美國環保署最為完整成熟，其相關經驗回饋可做為我國底泥與水質污染傳輸模式建置與未來發展之參考。

5.1 模式發展歷程與經驗回饋

5.1.1 模式發展歷程

Robert et.al(2009)針對水質模式發展歷程，提出水質模式在美國有相對完整悠長的歷史，自 1920 年代 Streeter & Phelps 的簡易水質公式，至 1960 年代開始應用大型電腦(mainframe computers)進行水質模擬，直至今日由於桌上電腦普及化、視窗作業系統之改善以及網路發達，使水質模式發展日益複雜精密。

水質模式發展係由法規需求所驅動，主要受 1956 年聯邦水污染控制法(**Federal Water Pollution Control Act**)所影響，包括淨水法案(**Clean Water Act**)以及後來的 1972、1977、1981、1987 修正案。另外，亦有 4 項法案定義毒性物質在集水區所造成之環境危害風險，包含管制化工物質的**毒性化學物質管理法案**(**Toxic Substances Control Act**)、整治受污場址的**超級基金**(**Superfund**)、管制危害廢棄物的**資源保護及恢復法案**(**Resource Conservation and Recovery Act**)、管制殺蟲劑的**聯邦殺蟲劑、殺真菌劑，殺鼠劑法案**(**Federal Insecticide, Fungicide,**

and Rodenticide Act)。為協助促進水質模式之發展，美國許多機構包含政府、學術界、業界均不斷有合作與競爭關係產生，牽涉層面廣大，除了美國環保署之外，其他聯邦與州機構亦針對水質模式的發展做出重大貢獻，例如美國陸軍工程師團水文工程中心(U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center)、美國農業部(U.S. Department of Agriculture)、美國地質調查局(U.S. Geologic Survey, USGS)以及美國能源部 (U.S. Department of Energy)等單位。

1970 年代晚期完成水質模式初步演算架構，1980 年代中期完成初步毒性物質演算方法，其後模式之內容隨時代演進逐漸完善並加強各種應用性。其歷史演進可分為 5 個階段，包含(1)1960~1970 中期的大型電腦(mainframe computers)、(2)1970 中期~1980 中期的微型電腦(minicomputers)、(3)1980 中期~1990 中期的微電腦(microcomputers DOS)、(4)1990 中期~2000 桌上型電腦與區域網路、(5) 2000 早期迄今的網路遠端資料庫(Internet with remote-access databases)

1. 1960~1970 中期

水質模式發展的第一階段始於 1960 年代，當時電腦使用讀卡機進行資料輸入，高昂的運算成本限制大部分研究僅限於簡單的時間及空間計算。此階段較著名的模式包含：

- (1)早期 WASP 模式(WASP BOX)：早期曼哈頓大學 WASP 模式用於研究發生在 Sacramento 河之營養鹽-優養化機制與 Delaware 河口溶氧變化。
- (2)動態河口模式(DEM)：研究位於 San Francisco-San Joaquin 三角洲、Potomac 河口、Delaware 河口之潮汐推移、溶氧變化及營養鹽-浮游植物機制。
- (3)暴雨逕流管理模式(SWMM)：模擬美國都會區雨水及污染物逕流，為大型都會區(New York, Chicago, Atlanta 等)規劃雨水下水道系統之主要工具。
- (4)早期 QUAL 模式：模擬河川中穩態溶氧變化。
- (5)MIT 動態網路模式(MIT-DNM)：以有限元素法演算河口之營養鹽-浮游植物機制。

(6)史丹佛集水區模式：為一 BOX 模式，模擬降雨所造成表面逕流及入滲等水理演算。

2. 1970 中期-1980 中期

水質模式發展的第三階段始於 1970 年代中期，使用微型電腦運算，模式資料可儲存為文字格式之執行檔，使運算成本降低因此，可進行較完整之驗證與敏感度分析。此階段舊有模式經過政府、學界與業界協力改良，並因應各種狀況(例如有機毒性物、金屬)發展出新模式。此階段較著名的模式包含：

(1)美國環保署模式(HSPF, WASP3, QUAL2E, EXAMS)：HSPF 利用結構化程式設計，建基於史丹佛集水區模式並融合土壤、逕流、非點源等運算機制，為功能全面之集水區模式。WASP3 由早期曼哈頓大學 WASP 模式所改良，加入水力、優養化、毒性物等模組，可模擬大型河川、湖泊、河口等水體。QUAL2E 為穩態河川模式，由早期各 QUAL 模式綜合改良而成。EXAMS 為一隔間模式(compartment model)，結合化學演算法，模擬地表水體內殺蟲劑傳輸機制。

(2)美國陸軍工兵團 CE-QUAL(CE-QUAL-R1, CE-QUAL-W2, CE-QUAL-RIV1)系列：CE-QUAL 系列用於演算管理水庫水質，亦可通用於部分河口。CE-QUAL-R1 係一維(垂向)水力水質模式、CE-QUAL-W2 係二維(縱向、垂向)水力水質模式。

(3)美國陸軍工兵團 HEC 系列(HEC-RAS, HEC-DSS, HEC-HMS)：HEC 為一系列水理水質模式，其中以 HEC-RAS 最為廣泛應用，支援一維穩態流況與非穩態流況、泥砂沉澱傳輸、動床演算、水溫等。

3. 1980 中期-1990 中期

水質模式發展的第三階段始於 1980 年代中期，使用微電腦運算，雖在執行速度與容量上仍受限，但模擬效率則進一步得到提升。此外針對既有模式加以改良並整合，使一般使用者更易上手。

WASP 推出第 4 與第 5 版，納入更多模組，並產生初步的前處理與後處理介面。QUAL2E-UNCAS 經 Brown and Barnwell 改良後獲得廣泛的應用。HSPF 由業界進一步改良並應用於全國各集水區。EXAMS 結合殺蟲劑根區域模式 (PRZM, pesticide root zone model)。MINTEQA 模式被研發並應用於模擬水體內之金屬物質分布情形。多維度水力模式變得更具應用價值，並可內嵌或外接水質或集水區模式。另一項高端發明為 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code, 環境流體動力模式)，此為 POM (Princeton ocean model, Princeton 海洋模式)之加強版本，係正交曲線網格水力模式，可模擬河流、湖泊、河口、近海區域等多類水體的一維至三維水流、底泥遷移及化學過程。

4. 1990 中期-2000 早期

水質模式發展的第四階段始於 1990 年代中期，由視窗作業系統所驅動，伴隨高流量區域網路與效能更佳之電腦。使用者圖像介面，包括前處理介面、後處理介面、GIS 鏈結，大幅提升模式應用所及範圍。

SWMM 仍被全球廣泛用於各類型下水道設計，可執行水文、水理、水質模擬與多種類格式之資料輸出或分析。由美國環保署所研發的「集水區多目標環境分析系統(BASINS)」結合 GIS、集水區環境資料庫、及多種水質模擬評估工具，用以支援集水區管理上位計劃(包含 TMDL)。美國環保署也催生了 QUAL2K，此模式為 QUAL2E 的視窗化版本，並於網格切割、BOD 演算、有機懸浮質模擬等方面進行演算效能。此外，為 WASP 模式開發一套水力演算鏈結程序，使 WASP 模式可與三維水力模式(如 EFDC)同時進行演算，大幅增進水質模式之應用範疇。

5. 2000 中期~迄今

2000 年代中期起，網路技術的廣泛進步使水質模式發展進入第五階段，電腦科技的進步驅動水質模式持續發展，包括較快速的電腦可執行更精密的環境背景資料，更強的使用者介面、GIS，以及更高的資料可取得性。模式圖像介

面的強化讓使用者(決策者)能針對關鍵點進行更快速正確的水資源管理。詳細的圖像介面目前已可應用於美國大部分流域，由美國地質調查局提供國家水文資料庫 (National Hydrography Dataset, NHD)河川、溪流、湖泊、水庫等水體之詳細資訊，使環境資訊更易於取得，有助於各水體建立適用之水質模式。

關於模式整合方面，BASINS 系統框架完善地將集水區環境資料、評估工具、集水區模式(HSPF, SWAT, SWMM, PLOAD, GWLF)、河川水質模式(WASP)、資料處理工具皆整合於 GIS 下，計算成果亦可輸出並作為其他模式之輸入資料，大幅提升水質模式之整體應用性。

6.未來展望

TMDL 計畫將帶來更複雜的水、污染物組成與管理問題，而美國水質模式必將隨法規需求與科技持續進化。管理大尺度流域(例如 Mississippi River)，演算模式必須能處理大量時間與空間資訊；此外若考量各方政策影響，則需將經濟考量與集水區、地下水、地表水模式互相鏈結。為追求高效率，模式演算架構可改良至自動連接外部資料。資料鏈結技術將進化至可連接即時之水文與地文監測資料。因模擬資料量提升，故將出現可使模擬效率提高之相應科技。利用平行演算法之概念，使多個處理器(或電腦)同時進行演算將提升模擬效率。使用者亦可利用遠端之超級電腦進行模擬，己方電腦則負責查看執行結果及調整模式輸入值。由於模擬輸出資料量龐大，模式視覺化部分將持續改進，有助於使用者或決策者更容易快速理解模式輸出成果。

模式受重視的程度同時也決定其往後進展。模式之所以對於法規制定決策很重要，是因為人們受限於時間與空間尺度的關係，通常不能夠直接觀察污染物、經濟活動、環境品質之間的相互關係，透過模式將能有助於解釋科學現象及預測未來趨勢。

5.1.2 模式建置之經驗回饋

由美國模式建置歷程以及相關文獻之經驗，無論是底泥的受污或污染的釋出，均必須與水體水質之傳輸相結合，方能完整表現其污染傳輸途徑與環境中的流布情形。然而模式演算的精細程度，則必須視資料豐富性、預期目標、演算技術以及資源運用限制等條件，決定模式的模擬項目、演算維度、以及空間或時間解析度。

水質與底泥污染傳輸機制與物質間的關聯甚多，在相關機制尚待釐清或資源與資料受限的條件下，通常以簡化後的淨反應(net interaction)或總合降解(total decay rate)的方式為污染物之反應機制，進行較單純的總量模擬。例如 2005 年馬里蘭環境部(Maryland Department of the Environment)在資料有限狀況下，以 1 階衰減方式做為 PCBs 的總合生化反應，配合 1 維的傳輸、延散以及吸附沉降等效應，探討 PCBs 在 Back River 水體與底泥間之流布狀況。

若資源運用較充裕、且目標水體中各物質間之轉換機制明確清楚，則可結合巨觀與微觀的傳輸模式，進行更複雜的傳輸機制模擬。例如在 2008 年 Smithsonian 環境研究中心(Smithsonian Environmental Research Center, SERC)，為了清楚分析三價砷與五價砷(As(III), As(V))在 Patuxent 感潮河口的與營養鹽之轉換傳輸等機制，結合 CE-QUAL-W2 與 MINTEQA 模式，以垂向 2 維的動態演算方式，完成三價砷、五價砷、甲機砷酸(MMA)、二甲機砷酸(DMA)對於營養鹽循環、溶氧、懸浮質等 15 種物質在水體與底泥間之流布。

就單純模式與複雜模式所必須投入的資源經驗，不計任何資料彙整與取得方式，僅就傳輸機制建立與模式開發，流況與機制單純的模式至少需投入十數萬美金，而機制複雜的模式則至少需投入 30~50 萬美金不等。然而若要將模式推展至各項應用目的，例如避免商業損失或推動流域污染總量管制，則通常需視目標水體複雜程度、模擬物質及應用目的，投入更大量的人力、資金、以及相關資源。

1.Hudson River 之 PCBs 傳輸模式

1973 年因 Fort Edward 水壩的拆除，導致奇異公司(General Electric, GE)長期排放、蓄積於壩體上游約 1,300 萬磅(約 590 萬公斤)的 PCBs 傾瀉而下，直接污染 Hudson River 約 40~50 哩(約 64~80 公里)的水體與底泥。美國環保署於 1978~1980 年間延攬 Manhattan College 的 Thomann 開發 PCBs 模式，受限於基礎資料的不足，僅能發展最初步的 1 維穩態 PCBs 污染傳輸模式，做為第一階段的整治清理效益評估。而為了徹底了解 Hudson River 的 PCBs 污染影響程度，美國地質調查局(USGS)、美國環保署、紐約州環境保持部(New York State Department of Environmental Conservation)以及奇異公司展開大規模的環境調查工作，除了水體與底泥的固定長期監測外，尚包含每週一次的高頻率水質調查、1,800 組底泥採樣分析、高解析度底泥採樣分析、以及生物體 PCBs 檢測等，投入單位眾多、耗費近上千萬美金。

奇異公司為避免因在訴訟中，可能敗訴所造成巨大的商業損失，於 1990 年起，投資超過 100 萬美金(約 3 億台幣)發展垂向 2 維動態模式，藉由時變性的水體動力條件，進一步模擬垂向剪應力對沉滓運移的影響，以及評估透過食物鏈造成 PCBs 生物累積性的關聯，做為 Hudson River 的 PCBs 污染傳輸評估工具。

2.Delaware River 之 PCBs 傳輸模式

Delaware River 流域委員會(Delaware River Basin Commission)在 2011 年提出的 *WATER QUALITY MODEL FOR CARBON AND PCB (Polychlorinated biphenyl) HOMOLOGS FOR ZONES 2 - 6 OF THE DELAWARE RIVER ESTUARY* 報告書中，敘述為了推展 PCBs 的污染總量管制(TMDLs)，於 2003 年發展初期之 DELPCB 模式，針對 penta-PCB 進行模擬。2006 年修改模式程式碼，更新污染負荷輸入及演算功能提升，進一步加強河口範圍之模擬，利用更多數據及新分析方法，以評估輸入值及參數，並完成 tetra-PCB、hexa-PCB、hepta-PCB 等 3 種 PCB 同族物(homolog)之模擬。

DELPCB 模式為 1 維動態演算，以 WASP 結合 DYNHYD 為基礎，可精確演算 PCBs 在時間與空間演變情形之。DELPCB 模式自 2001 年起開始進行模式研發工作，至 2003 年發表初步完成之模式成果，至 2006 年再次完成模式驗證，歷時約 6 年。DELPCB 將河道劃分為 87 個網格以及相應的 3 層底泥網格，共 348 個網格，模式演算必須確保 1.水平衡(water balance)、2.有機碳平衡(an organic carbon (OC) balance)、3. PCB 同族物平衡(a PCB homolog balance)。在泥砂遞移演算，則包含 1.有機碳沉降通量(depositional flux of OC (BIC and PDC))、2.BIC 與 PDC 降解通量(degradation of such flux (BIC and PDC))、3.PDC 的再懸浮(re-suspension of PDC)、以及 4.PDC 生成通量(the resulting sediment (PDC) flux)。其演算機制可針對沉積物密度、孔隙率、埋葬率已完成分布情形下，模擬 PCBs 的傳輸(advection)、延散(dispersion)、沉降(settle)、沖蝕(erode)與以及在底泥間之移動。在 PCBs 的形態上，可模擬溶解態、顆粒態、與溶解態有機碳鍵結之 PCBs、以及總 PCBs。

在條件設定上，必須考量各種季節變化下 PCBs 的大氣沉降量變化。初始沉澱濃度應用局部加權回歸散點平滑法 (locally weighted scatterplot smoothing, LOWESS)進行分析，透過多元平滑回歸方式，擬合全流域 PCBs、TOC、ISS 之初始沉澱分布。

污染負荷輸入的部分 Delaware River 總共有 30 處支流，支流的污染負荷以(實測日流量)*(中位數濃度)進行推估。污水下水下水道溢流污染量=(每日溢流量)*(處理廠雨天出流濃度)為原則。受污染的雨下水道逕流通常會經過 MS4s，並在未處理的情形下排入河川水體，因此 MS4s 的 PCBs 負荷量以逕流體積與暴雨事件平均濃度(Event Mean Concentration, EMC)進行計算。非點源污染量採用 Camp Dresser McKee (CDM)之計算方法，並依 2005、2007 年 Delaware River 河口區域之雨水逕流實測濃度進行推估。

受污地區地表之污染負荷，以「土壤流失量」與「表層土壤 PCBs 濃度」進行共 45 處受污地區土地污染負荷估算。其中土壤流失量以 RUSLE2 土壤流

失模式(Revised Universal Soil Loss Equation 2)推估；表層土壤 PCBs 濃度由於大部分地區均未區分 PCBs 的類型(同系物，同族物)，因此以比例分配完成推定。

模式邊界條件須輸入隨時間變化之 PCBs 濃度值，上游邊界為位在 Trenton 的 Delaware River 以及費城的 Schuylkill River，共 2 處，以 HQI 推估 PCBs 與 POC 之上游邊界濃度。下游邊界為 C&D Canal、出海口共 2 處，以採樣後之 PCBs 濃度值為輸入條件。

在眾多參數設定上，以亨利定理常數(Henry's Law Constants)與有機碳-水分配係數(K_{oc})為最重要的 2 個參數。DELPCB 為有效推展 PCBs 總量管制，必須考量 PCBs、氣態顆粒、水中物質之相互作用，而在現有框架下，氣態顆粒無法進行動態模擬，必須透過設定亨利定理常數(Henry's Law Constants)，幫助模擬氣相與液相間的交互作用。 K_{oc} 則必須利用辛醇-水分配係數(Octanol-Water partition coefficients, K_{ow}) 與 Karickhoff 關係式，將 K_{ow} 轉換為 K_{oc} 。若要分配溶解狀態之有機碳(dissolved organic carbon, DOC)，模式還需要 $\log K_{doc}$ ，DELPCB 預設將 $\log K_{doc}$ 設為的 $\log K_{oc}$ 的 10%。

自 2003~2006 年，DELPCB 完成之重要模式提升演算內容包含：

- (1) 將僅能模擬 penta-PCBs 之 DELPCB 擴充演算功能，增加 tetra-PCBs、hexa-PCBs 及 hepta-PCBs 之同步模擬。
- (2) 修正氣相 PCBs 之輸入方式，經自動進行相關參數評估。
- (3) 修正河口水理演算方法，改善 1 維模式無法演算河口環流的影響。
- (4) 依據黏土組成比例，計算底泥網格遮蔽面積，修正介面物質交換演算機制。
- (5) 使用 POC 正規化法(POC-normalize)，推估上游邊界條件之 PCBs 濃度，使用 LOWESS 完成全流域底泥初始濃度之推定。
- (6) 修正進入水體之污染負荷計算方式。

- (7) 加入其他 PCBs 同族物之分子量、亨利定律常數、分配係數等參數資料檔。
- (8) 修改外部控制檔，將原有 20 個邊界條件增加為 100 個。
- (9) 採用二進位的水力輸出模組，加強計算速度及容許額外的數字規範。
- (10) 消除上游 PCBs 在數值運算上的微小損失。

由 Delaware River 流域委員會推動 PCBs 污染總量管制、避免水底與底泥持續受污之完整經驗，為評估 PCBs 造成 Delaware River 流域的污染影響，必須透過數值模式的建立，將環境背景、檢測資料、基礎理論聯結成可量化污染流布的評估工具，並依照各種條件分析、整治工法效益以及其他可能的影響因素配合資源運用策略提出各種整治方案，在應用已完成建置之模式進行情境分析，調配最佳方案，提供未來污染整治實施方向。

3.經驗回饋綜合分析

由 Hudson River 案例及 Delaware River 流域發展 DELPCB 模式的歷程與經驗，可提供相關歸納建議如下：

- (1) 模式係透過輸入條件的設定，產出最後的演算成果，因此模式同時也是整合各項不同環境資訊的工具，包含環境背景資料(如：河道走勢、底泥厚度、土地利用、氣象資料、源頭水量、河口潮汐等)、污染源檢測資料(如：水量、水質、底泥品質、污染負荷等)、參數資料(沉降速度、吸附係數、延散係數、分配係數等)、整治措施(污水接管、現地處理、底泥疏濬)等。一般而言，演算機制愈複雜之模式，所需要參與演算的資料就愈龐大，必須有系統地整合所有的相關演算資訊或進行資料前處理，方能為模式所用。
- (2) 在有限的觀測資料下，應用完善的模式，可推估合理的空間與時間流布趨勢，以及不易直接觀察之中間歷程與機制，例如觀測點間之污染流布情形、前後時期的污染流變等情形，進而達到資料合理補遺。
- (3) 透過模式與實測值之比對分析，針對差異性較大之區域，可朝向提高調查頻率或進行細密調查，以釐清是否有未明污染源影響模式演算正確性，或

修正模式參數、提高演算維度以減低模式誤差。

- (4) 可依照各種的整治措施、資源運用與環境衝擊等考量，組合不同的整治方案，應用已建立的數值模式進行情境模擬，量化評估各方案之整治效益，優選最佳方案，達到最大整治效益。
- (5) 一個提供適宜污染整治與管理實務的模式，應將模擬成果數值進行圖像展示，有助於提供決策者迅速判斷各種整治方案的適用性，達到縮短決策時間與提升決策品質，有效管理流域污染行為，掌握污染流布的影響。

然而模式的建立與污染的管理，都必須經常性地投入大量的人力與財務資源，依美國環保署”*Handbook for Developing Watershed TMDLs*”中，針對單一水體的單一污染物質，從無到有進行污染總量管制並建立完整評估工具，若應用演算功能完善但機制較複雜之模式(如 HSPF、WASP)，粗估需投入約 2.47 億美金；若應用演算機制較單純之模式(如 QUAL2K)，則需投入約 1.40 億美金，包含理論發展、模式開發、環境調查以及行政支援等層面，並且隨時間修正模式條件與環境參數，必要時須提升演算維度或增加更完善的演算機制，避免誤差隨時間擴大。

5.2 底泥與水質污染傳輸機制

一般而言，數值模式之建立，必須盡量符合現實環境，包含空間變化、時間變化、水文特性、污染排放特性、相關整治措施之進展、以及未來改善目標之考量，因此建立充分完善之數值模式，通常必須具備足以演算 3 維空間與時間變化之現象，甚至為避免模式誤差隨演算時間而擴大，必須加入反向演算機制，應用狀態變數的特性，自行優選最佳參數，如伴隨狀態法(adjoint state method, ASM)結合牛頓法(Newton's method)；或是觀測資料量足以回饋原模式進行預測時，應用卡門濾波(Kalman Filter)等方法，以即時資料(real-time data)配合統計特性，直接修正模式之演算條件。然而，無論是參數優化或即時預測，都必須建立在一個連續觀測資料、參數資料與演算機制相當完備之物理化學模式之上，因此就目前臺灣底泥與水質之相關觀測資料以及模式之建立歷程，其首要工作實為建立一完

整的底泥污染傳輸模式。

在進行河川底泥污染整治規劃時，應藉由流域水文、水理及水質及各支流、排水之污染排放資訊，分析河川流況、污染量對於水質與底泥間之交互影響。若能透過數值方式(numerical method)建立水質模式，則可更清楚掌握污染物在河川中之傳輸(transport)及變化(fate)情形，同時藉由模式進行各項整治方案情境模擬，量化污染削減成效，提供決策者研擬最佳方案。

河川水體中，各項溶解態或非溶解態之水中物質均依傳輸與延散機制進行沉降、生化反應等行為，形成河川水質隨時間與空間變化之流布，而傳輸與延散行為則依流量、流速、水深、通水斷面、斷面間水體積等水理條件而定。因此適定的(well-posted)傳輸延散條件與生化反應參數之設定，為底泥傳輸模式之建置要件。然而應用模式做為污染整治之決策工具，仍有一定的限制。由零維(box model)到三維動態(3D dynamic)模式雖然都是數值演算，但基於水體狀況及模擬條件不同，必須先對目標水體進行充份調查分析，再依據其特性及應用目的選擇合適之模式。

底泥係存在於水體下之沉積層，可視為上層水污染的受體，水體對底泥的污染，主要來自水中污染物吸附於懸浮質後，受重力牽引沉降至河床；底泥對水體的污染，則因水體流動對底泥造成的剪應力，刮起表層受污底泥，使附著於其上之污染物在翻滾攪動下，再度溶出至水體之中。此外，無論是水體或底泥，當介質存在濃度梯度時，將以擴散方式交互傳遞污染物質。因此在建立底泥污染傳輸機制時，必須同步考量水體污染傳輸機制，以及水體對底泥垂向影響。底泥與水體的污染傳輸機制，主要可分為水理與水質 2 種機制，分述如下。

水理傳輸機制主要演算水中物質傳輸之傳動效能與方向，由主流與支流流量(flow rate)、河床糙度(roughness)、河床高程與坡度(elevation & slope)等基礎資料，透過質量平衡(mass balance)、動量平衡(momentum balance)、能量平衡(energy balance)等演算機制，得出各個河段不同的通水斷面積(cross section area)、水體積(volume)、流速(velocity)、水力深度(hydraulic depth)等水力條件，並透過沉降

(settling)、再懸浮(resuspension)、延散(dispersion)之設定，決定污染物質在底泥與水體間之傳輸(advection)、延散、稀釋(dilution)等效應。

水質傳輸機制主要演算水中污染物質自體或是與不同污染物質間之交互反應(interaction)，導致原物質之削減與新物質之生成，因此必須確立各物質之間合成、分解等化學反應，明確給定連結方式與限制條件，方可正確演算中間物質、最終物質、催化劑等在各階段化學反應流程之生成與削減情形，其概念模型如圖 5.2-1 所示。若以污染物質特性區分，可分為 1.易氧化分解的有機質與營養鹽、2.懸浮質、3.重金屬與不易分解的有機毒性物。

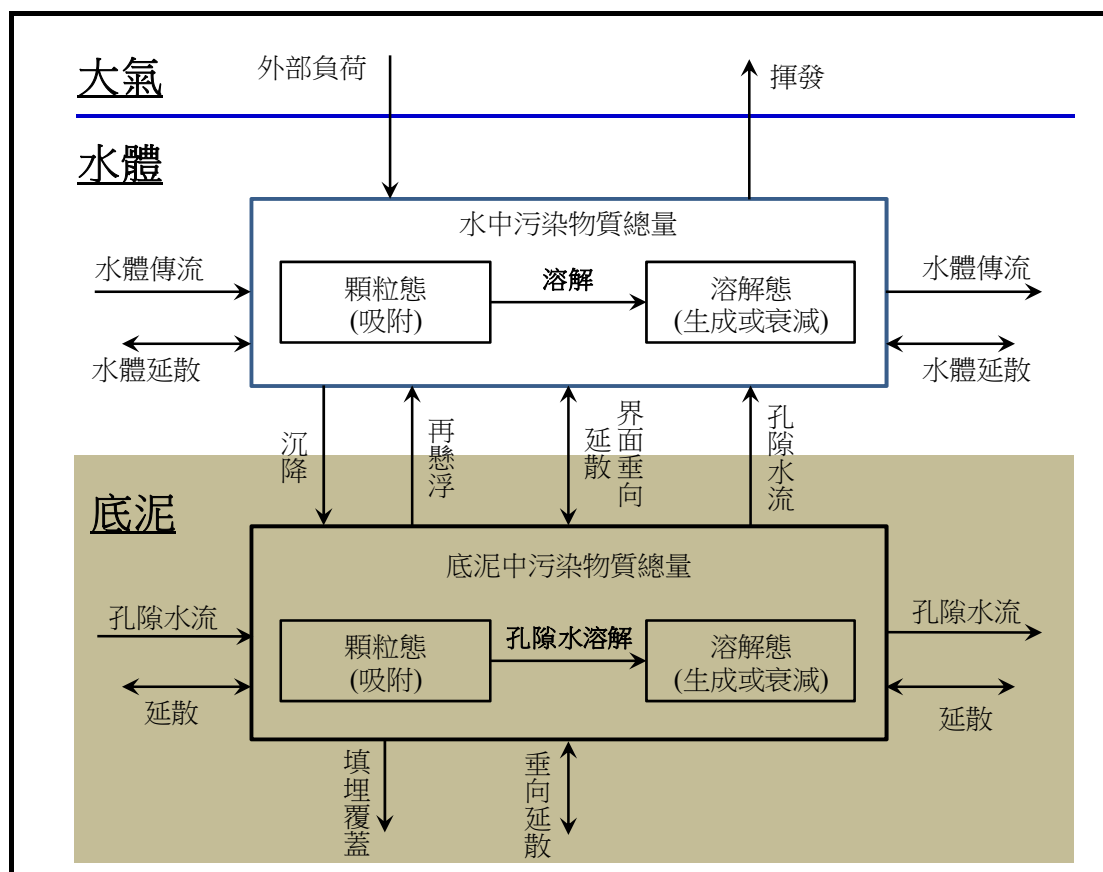


圖5.2-1 河川底泥與水質污染傳輸機制概念模型

5.2.1 易分解的有機質與營養鹽

在有機質與營養鹽的傳輸機制，通常可將之視為一個以水生浮游植物

(phytoplankton)進行各項生化反應機制為中心的循環系統，或稱為碳循環系統，透過生物對於氮、磷等營養鹽的攝取與排放，配合溶氧平衡的各項反應機制，完成氮循環、磷循環。參考目前美國環保署(USEPA)最新版之 *Water Quality Analysis Simulation Program Version 7.4* (2009)之指引手冊、以及 *Water Quality Modeling For Wasteload Allocations and TMDLs* (Lung, 2001)、與 *Sediment Flux Modeling* (Di Toro, 2001)等文獻，並綜整上述有機質與營養鹽循環，以及溶氧平衡之關係，其在水體與底泥間之淨反應可繪製如圖 5.2-2 所示。

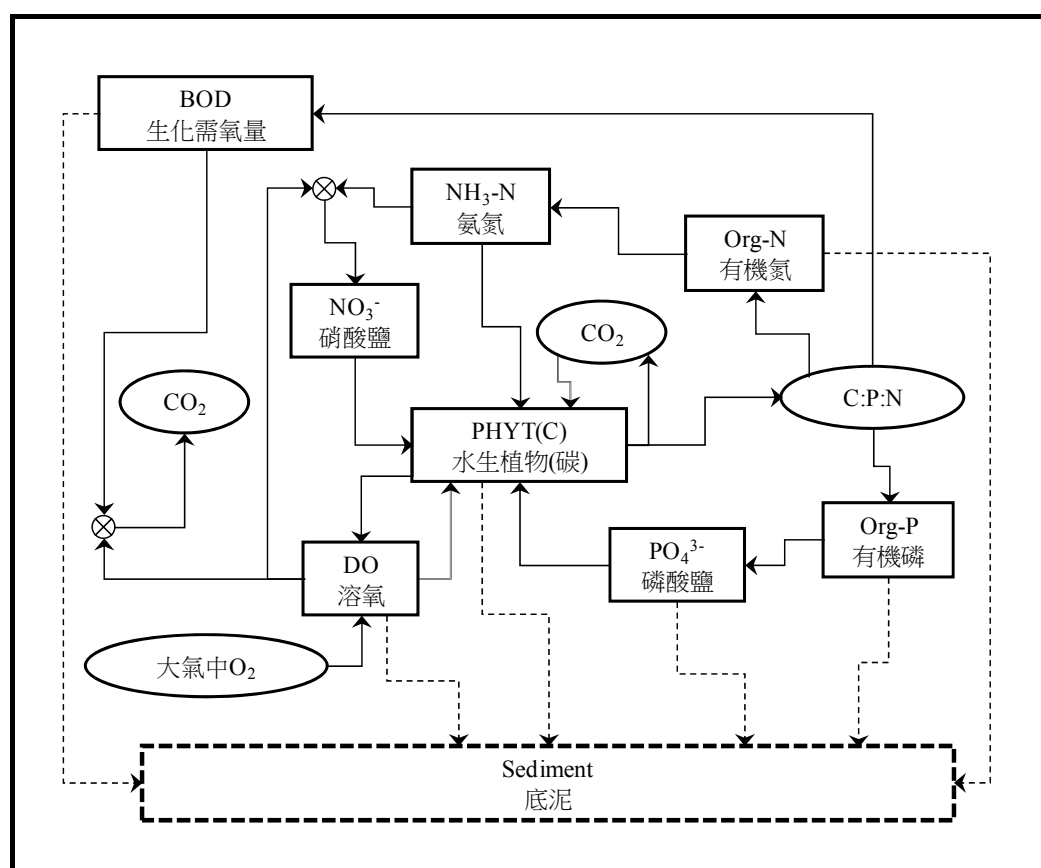


圖5.2-2 營養鹽於水體與底泥之循環示意圖

1.碳循環

在碳循環的演算過程中，實際上係針對選定浮游植物或葉綠素 a (chlorophyll a)，依 $\mu\text{g-C}/\mu\text{g-chlorophyll a}$ 約 25~30 之比例換算成等量的碳源，再依碳氮磷比(一般而言，常用 C:P:N=100:10:1)換算氮源與磷源後，再進行相關的數值演算。

在碳循環的生化反應機制中，主要探討浮游植物的生長率(growth rate)、死亡率(death rate)、光合作用(photosynthesis)與呼吸作用(respiration)等反應機制，因此必須考慮溫度、光照度、太陽輻射等外在環境因素。當進行光合作用時，釋出氧氣成為水中溶氧；進行呼吸作用時，則消耗溶氧合成 CO_2 自水體釋出後散逸至大氣中。當植物生長時，針對營養鹽的攝取，則必須考量溶解態無機磷(dissolved inorganic phosphorus, DIP) 例如正磷酸鹽(orthophosphate)、溶解態無機氮(dissolved inorganic nitrogen, DIN)例如氨氮(ammonia)與硝酸鹽(nitrate)等營養鹽的含量；當植物死亡時，則必須考量植物殘骸分解成碳源、氮源與磷源比例與分解率，其中碳源成為等待氧化分解的 BOD，與溶氧結合進行祛氧反應(deoxygenation)，成為 CO_2 散逸至大氣中。氮源與磷源則成為有機氮(organic nitrogen, ON)與有機磷(organic phosphorus, OP)，各自進入所屬的氮循環與磷循環。部分殘骸沉降成為底泥中的有機質，視水中濃度梯度以及沉降或再懸浮等機制，再進入水體參與其他反應機制，或直接在底泥表層進行耗氧分解反應，被視為底泥需氧量(sediment oxygen demand, SOD)的其中一種因素。

2. 磷循環

在磷循環的反應過程中，主要考量植物死亡後釋出有機磷，其中部分一部分有機磷則經過礦化(mineralization)成為無機磷，而無機磷可能因生物生長所需被攝取，而自水體中減少。另一部分沉降成為底泥的有機磷與無機磷，亦有可能隨水中濃度梯度以及沉降或再懸浮等機制，再進入水體參與磷循環反應機制。

3. 氮循環

在氮循環的反應過程中，主要考量水中部份有機氮成為無機的氨氮後，透過硝酸菌與亞硝酸菌的硝化作用(nitrification)，與溶氧結合成為硝酸鹽。在生物生長的過程中會同時攝取氨氮與硝酸鹽，而在生物死亡後，則釋出有機氮。另一部分的有機氮與氨氮則沉降成為底泥視水中濃度梯度以及沉降或再懸浮

等機制，再進入水體參與其他反應機制，或直接在底泥表層進行耗氧的硝化反應，亦可視為底泥需氧量的一種因素。少部分硝酸鹽進入缺氧的深層底泥中，經過厭氧微生物的脫硝作用(denitrification)，成為氮氣(N_2)散逸至大氣中。

5.2.2 懸浮質

懸浮質的傳輸機制以隨水流動、沉降與再懸浮為主，通常與懸浮質的粒徑、內聚力(cohesiveness)與剪應力(shear stress)有關，其來源包含水體本身懸浮質含量之懸浮載(suspended load)、水流沖蝕河道邊坡進入水體之沖瀉載(wash load)、以及對河床底部淘刷造成的底床載(bed load)，精確的懸浮沉滓運移演算，必須考量懸浮質運移後，造成水體密度、通水斷面以及水力特性長度的改變，以及河道邊坡的土質以及底床的護甲效應，因此一般均以 2D~3D 動態的方式，配合相關參數，如：曼寧係數(Manning n)、史茲克係數(Strickler coefficient)、砂粒阻力係數(drag force coefficient)、荷載律常數(loading-law coefficient)、渦動滯性係數、運動黏滯係數、摩擦係數等參數，部分經驗公式，如：Meyer-Peter and Muller equation、Bagnold equation，以及假設性條件，如：流速-水深的對數分布、摩擦速度與無因次底床剪應力的設定等條件，完成建立懸浮質的傳輸機制。

然而當懸浮質於水體中運移時，可能因水體流動影響、或懸浮質瞬間大量排入，使水力變化太大導致水力不連續的現象或無法滿足流體演算限制，如：庫朗數限制(Courant number limit)，即無法執行下一時間步幅演算。因此以水質模擬或大範圍的流域整治規劃的觀點，為使懸浮質傳輸機制能穩定演算，通常都將懸浮質演算加以簡化，因此在以河川水質演算為主的模式(如 WASP、QUAL2K)以滿足質量平衡(mass balance)為主，配合傳流、延散、沉降、或再懸浮等機制，完成懸浮質在水中的流布狀況。

5.2.3 重金屬與不易分解的有機毒性物質

重金屬或毒性物質通常較少與其他重金屬或毒性物質進行大量的交互反應，但沉降、吸附等作用納入則較為顯著。一旦污染物沉積為底泥之後，部分物質仍持續與底泥中之孔隙水進行相關的化學反應，同時視水中濃度梯度以及沉降或再懸浮等機制，再進入水體。

其中重金屬尚須考量電中性(electroneutrality)與正逆反應平衡關係等條件下，水解後(hydrolysis)各價離子將以強弱不等的金屬鍵(metallic bounds)或共價鍵(covalent bounds)與水中解離出之氫根(H^+)與氫氧根(OH^-)相互鍵結，影響水中 pH 值與導電度。有機毒性物質則普遍存在難容於水、穩定性高且不易降解的特性。此類物質通常要考慮的相關反應以電離(ionization)、揮發(volatilization)、氧化(oxidation)、生物降解(biodegradation)、水解(hydrolysis)、吸附(sorption)、光解(photolysis)以及其他的自體衰減效應。一般而言，部分水解後之中間產物或各價離子，具有化性不穩定或存在時間短等性質，除了不易由現有技術觀測或分離測定而得之外，也因時間或空間解析度差異太大而增添數值演算上的困難，必須透過不同模式的結合並且同時降低模擬維度與解析度，或是投入大量的演算資源，方能完善模擬相關的傳輸機制。因此，重金屬與毒性物在化學性的演算聯結與限制條件，通常依計畫目標與需求、數值收斂條件、演算尺度、與現有檢測技術等條件進行不同的假設條件設定。

5.3 模式適用性評估

底泥污染傳輸模式主要針對晴天低流量下，水體受污情形較明顯、河床底泥與懸浮質沉降漂移較為穩定緩和之情形進行模擬與評析，因此初步先合理假設河床為定床，暫不考慮與粒徑分級有關的河床護甲效應(armour)、底床載(bed load)推移、以及懸浮質自河床底之再懸浮效應(resuspension)。而針對晴天狀態之研析，因此亦暫不考慮暴雨造成的非點源污染負荷，以及受沿岸地表逕流(surface runoff)或漫地流(overland flow)挾帶進入河川水體的沖瀉載(wash load)。另考量目前環檢所頒定之標準檢測方法均以物質總量之檢測為主，因此暫不考慮中間產物之生成，參採常用之 1 階衰減方式，作為污染物質在流佈過程中之淨反應。

整體而言，底泥污染傳輸之擬 2 維演算架構，其概念模型如圖 5.3-1 所示，主要基本假設包含：

1. 以正交網格劃設數值河道環境，每 1 個網格為最小演算單元，具有相同之水力水質參數與特性。
2. 流體為不可壓縮流(impressible fluid)，水底與底泥為均質且密度為常數。
3. 考慮河道斷面糙度造成之微小損失，暫不考慮流體黏性(viscosity)與界面間的滑移(slip)、以及懸浮質之鍵結力(cohesive)與剪應力(shear stress)等影響。
4. 水體與底泥網格須分別劃設，水體 1 層、底泥 1 層，河道為定床，流機制為 1 維均勻流(uniform flow)之水力條件與 2 維垂向延散，垂向的介面延散為分子擴散。
5. 以晴天時期為主，主河道與沿岸側入流為定量污染負荷，暫不考慮颱風暴雨等極端事件影響、以及河道沖刷之影響。
6. 重金屬或毒性物質之質量平衡以物質總量計算，考量吸附、淨沉降以及 1

階衰減總合反應，暫不考慮各價物質轉換、中間產物生成以及各物質間交互反應等機制。

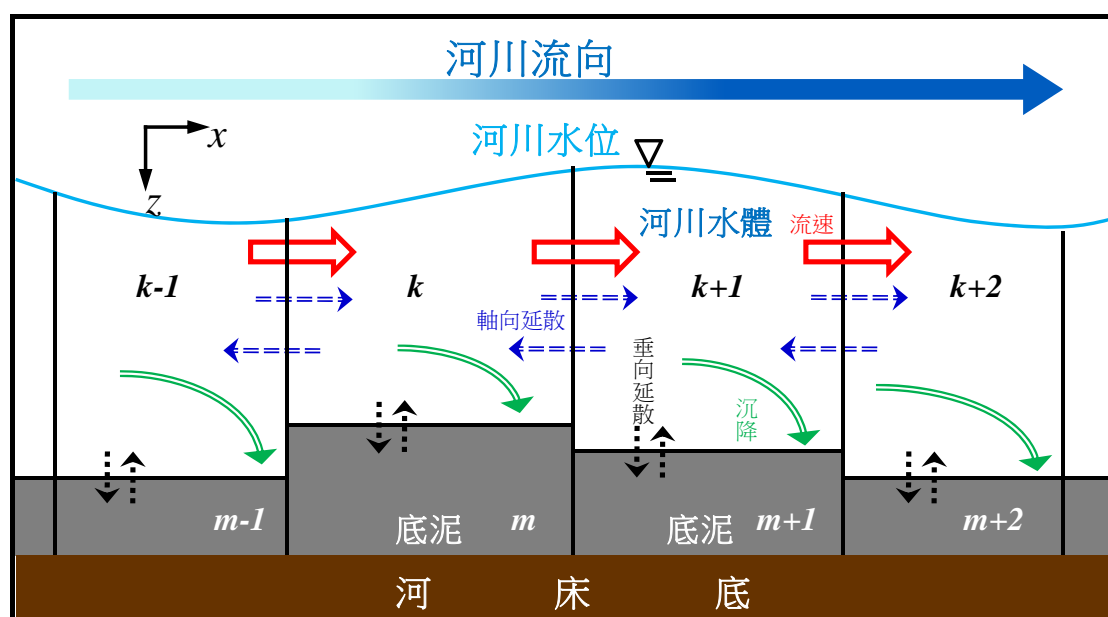


圖5.3-1 底泥污染傳輸模式概念模型

依假設條件及概念模式，擬 2 維(quasi-2D)模式之控制方程式可表示為：

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial U_x C}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(E_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(E_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + S$$

C：物質濃度(mg/L)

U：水體流速(m/s)

E：延散係數(m²/s)

S：外部負荷、自體降解等源點項或源減項

本計畫參酌以上傳輸模式概念，並考量目前國內常用之 WASP、QUAL2K、STREAM 以及 CE-QUAL-W2、BASINS 等水質模式(彙整如表 5.3-1)，依續簡介說明各模式並評估其用於河川底泥傳輸模式之適用性。

表5.3-1 水質模式介紹

項目	模式名稱	模擬型態	適用水體	模擬物質
1	WASP	1D~3D、穩態/動態	河川、水庫湖泊	BOD、DO、藻類、NH ₃ -N、NO ₃ -N、PO ₄ ⁻ 、大腸菌、SS、重金屬、毒性物質...等
2	QUAL2K	1D、穩態	河川	BOD、DO、藻類、NH ₃ -N、NO ₃ -N、PO ₄ ⁻ 、大腸菌、SS...等
3	STREAM	1D、穩態	河川	DO、BOD
4	CE-QUAL-W2	2D、動態	河川、水庫湖泊	BOD、DO、藻類、NH ₃ -N、NO ₃ -N、PO ₄ ⁻ 、大腸菌、SS...等
5	BASINS	1D、穩態/動態	河川、集水區	BOD、DO、藻類、NH ₃ -N、NO ₃ -N、PO ₄ ⁻ 、大腸菌、SS、毒性物質...等

5.3.1 WASP 簡介

WASP(Di Toro, 1983)可模擬污染物質於河川水體、底泥間之傳輸及生化反應等作用，廣泛應用於河川、湖泊、港灣等水體。WASP 可直接應用 DYNHYD、流量係數法或外掛其他水理模式，輸入各項水理參數。WASP 可進行 1D~3D 穩態或動態模擬，模式演算包含考量水體與底泥間之傳輸、延散、污染負荷排入等行為

WASP 包含優養(EUTRO)與毒性物質(TOXI)模組，以有限網格為數值演算結構，污染傳輸模擬配合祛氧、硝化、再曝氣與自降解反應等參數進行聯合演算，全域演算必須滿足質量平衡條件，質量平衡控制方程式為：

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}(U_x C) - \frac{\partial}{\partial y}(U_y C) - \frac{\partial}{\partial z}(U_z C) + \frac{\partial}{\partial x}\left(E_x \frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(E_y \frac{\partial C}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(E_z \frac{\partial C}{\partial z}\right) + S_L + S_B + S_K$$

其中，

C ：污染物濃度(mg/L 或 g/m^3)

t ：時間(day)

U_x 、 U_y 、 U_z ：軸向、橫向與垂向傳輸速度(m/day)

E_x 、 E_y 、 E_z ：軸向、橫向與垂向延散(m^2/day)

S_L ：點源或非點源污染負荷($\text{g/m}^3\text{-day}$)

S_B ：邊界污染負荷($\text{g/m}^3\text{-day}$)

S_K ：反應作用污染負荷($\text{g/m}^3\text{-day}$)

EUTRO 模組主要模擬氮、磷等營養鹽、溶氧、葉綠素 a 、大腸桿菌等污染項目。浮游植物淨生長機制，以藻類為優養模擬之中心，考量溫度、光線及養份對於浮游植物生長率、內呼吸率、沉降率及死亡率，模擬水中營養鹽之傳輸，包括：氨氮、亞硝酸/硝酸、無機磷、生化需氧量、溶氧及底泥需氧量等。

TOXI 模組主要模擬重金屬、毒性物及泥砂沉澱物等項目。重金屬、毒性物之化性以互不作用為模式其基本假設，針對不同污染物之溶解態/非溶解態之分布、懸浮質沉降、降解反應等進行模式參數設定後再進行模擬。

目前臺灣應用 WASP 於水質研究與水體污染防治之經驗豐富，應用區域以淡水河系(包含大漢溪、新店溪、基隆河與淡水河本流)、鹽水溪、愛河為主。

5.3.2 QUAL2K 簡介

QUAL2K 為美國環保署(USEPA)於 2000 年發行之 QUAL2E 更新版，以 MS-Office Excel 為介面之河川水質模式。QUAL2K 內建流量係數法與梯形河道之曼寧公式水理演算(Manning' equation)，計算所需之水理參數。QUAL2K 為 1D 穩態演算，包含傳輸、延散、污染負荷排入等行為。QUAL2K 可模擬之污染項目包含溶氧、生化需氧量、葉綠素 a、氮、磷等營養鹽、懸浮質、導電度等 15 種保守性或非保守性物質。

模式以有限網格為結構，每 3 個網格為一組進行污染傳輸之數值演算。污染傳輸模擬配合祛氧、硝化、再曝氣、底泥需氧量與自降解反應等參數進行聯合演算，全域演算必須滿足質量平衡條件，其控制方程式為離散之質量平衡式：

$$\frac{dc_i}{dt} = \frac{Q_{i-1}}{V_{i-1}}c_{i-1} - \frac{Q_i}{V_i}c_i - \frac{Q_{out,i}}{V_i}c_i + \frac{E_{i-1}}{V_i}(c_{i-1} - c_i) + \frac{E_i}{V_i}(c_{i+1} - c_i) + \frac{W_i}{V_i} + S_i$$

其中，

c：污染物濃度(mg/L 或 g/m³)

t：時間(day)

i：第 i 個計算網格

Q：流量(CMD)

V：水體積(m³)

E：延散係數(m³/day)

W：外部污染負荷(mg/day)

S：反應所致之源點項或源減項($\text{mg}/\text{m}^3/\text{day}$)

QUAL2K 除了逐個設定網格環境參數之外，亦可依其特性將河川直接分成數個河段(Reaches)，令同一河段內所有網格具有相同之環境參數與反應參數，除了設定點源式的污染集中排放外，亦可針對特定河段，依權重比例設定非點源式的污染均布排放。

QUAL2K 因操作界面較為簡易，應用範圍較廣，目前臺灣應用 QUAL2K 於水質研究與水體污染防治之區域包含基隆河、南崁溪、老街溪、濁水溪、新虎尾溪、鹽水溪、二仁溪等。

5.3.3 STREAM 簡介

STREAM 模式(O'Connor et al., 1976)依據 Streeter-Phelps 修正式(Streeter & Phelps, 1925)所發展之簡化型水質模式，其模擬項目為溶氧與生化需氧量(CBOD 與 NBOD)。STREAM 為 1D 穩態演算，惟模式無內建之水理演算，亦不考量物質之延散行為，僅適用於流況穩定且未感潮之平直河川。

STREAM 模式之特色在於簡化後之質量平衡式為常微方程式(1st-order ordinary differential equation)，可直接求解其解析解(analytical solution)，無需以數值解(numerical solution)方式劃設格點(grid)演算(iteration)求解，其控制方程式為：

$$0 = -\frac{Q}{A} \frac{dL}{dx} - K_d L$$

$$0 = -\frac{Q}{A} \frac{dN}{dx} - K_n N$$

$$0 = \frac{Q}{A} \frac{dC}{dx} + K_a (C_s - C) - K_d L - K_n N + P - R - \frac{SOD}{H}$$

其中，

Q：流量[L³/T]

A：通水斷面積[L²]

H：水深[L]

L：CBOD 濃度[M/L³]

N：NBOD 濃度[M/L³]

C：溶氧濃度[M/L³]

C_s：飽和溶氧濃度[M/L³]

K_d：祛氧係數[1/T]

K_n：硝化係數[1/T]

K_a：再曝氣係數[1/T]

P-R：藻類氧淨通量[M/TL³]

SOD：底泥需氧量[M/TL²]

STREAM 模擬污染項目少，模式建置與操作等作業較為單純，適合應用於小範圍且流況平緩的流域，或於水質資料豐富性較為不足之水體，進行簡單模擬做為水質評估之初步研析，早期曾應用於淡水河流域。

5.3.4 CE-QUAL-W2 簡介

CE-QUAL-W2 為美國陸軍工程師團(US Army Corps of Engineers)所發展之模式，其組成為水庫水理模式 LARM(Laterally Averaged Reservoir Model)，再加上垂直二維水理模式 GLVHT(Generalized Longitudinal-Vertical Hydrodynamics and Transport Model)以及 WES(US Army Engineer Waterway Experiment Station)等模組。CE-QUAL-W2 為垂向 2D 模式，適用於模擬狹長或深長型水體，包含河川、湖泊、水庫、河口等。CE-QUAL-W2 可模擬污染物質在水體與底泥間之傳輸、延散等行為，模擬項目包含：葉綠素 a、溶氧、氮、磷等營養鹽、懸浮質、及其他保守性物質等。

CE-QUAL-W2 以有限差分法演算求解，每一網格縱向長度建議範圍 100~5,000 公尺，垂向長度建議範圍 0.2~5 公尺。模式概分為水理與水質模擬 2 部分，水理模擬必須滿足 2D 動量平衡、不可壓縮流條件以及熱平衡等條件；水質模擬則以 2D 質量平衡為控制方程式：

$$\frac{\partial}{\partial t}(BC) + \frac{\partial}{\partial x}(U_x BC) + \frac{\partial}{\partial z}(U_z BC) - \frac{\partial}{\partial x}\left(BD_x \frac{\partial C}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial z}\left(BD_z \frac{\partial C}{\partial z}\right) = q_c B + S_c B$$

其中，

C：污染物濃度[M/L³]

B：水體寬[L]

U：軸向與垂向流速[L/T]

D：軸向與垂項延散係數[L²/T]

q_c：側入之污染負荷量[M/L³T]

S_c：物質之源點或源滅項[M/L³T]

CE-QUAL-W2 之 2D 動態演算所需之資料量大，操作複雜程度高，須有足量且長期之觀測資料，方可進行模式建置作業。目前 CE-QUAL-W2 於臺灣較常應用於垂向水力條件變化小的水體，包含：石門水庫庫區、翡翠水庫庫區、牡丹水庫庫區等。

5.3.5 BASINS 簡介

BASINS(Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources，整合式集水區管理系統)於 1966 年由 USEPA 所發展，主要針對集水區內之點源與非點源污染進行模擬與評估，其目的在於：

- 1.提供容易查閱的環境資訊以及系統分析工具。
- 2.提供多目標分析，整合管理區域式的環境系統。
- 3.提供不同尺度下的模擬演算。

BASINS(4.0 版)應用 GIS 做為各模組間的聯繫平台，透過 GIS 圖層與視窗表格的模式工具操作，輸入環境基礎資料以及相關演算參數，再由圖層或圖表輸出，使不同模組的輸入資料格式、演算方法以及演算分析結果，能在單一系統下完整執行，可模擬之點源與非點源污染，包含水量、懸浮質、溶氧、生化需氧量、葉綠素 a、農藥、氨氮、營養鹽等物質。

BASINS 主要整合 HSPF(Hydrological Simulation Program Fortran)、QUAL2E(請參閱 7.2.2 節)以及 AQUATOX 等三個主要模式。HSPF 係由美國環保署與 Hydrocomp Inc.共同研發，整合並改良 HSP(集水區水文模組)、ARM(農業區污染模組)以及 NPS(非點源污染模組)，可根據土地利用、土壤特性、集水區透水率等因素，連續模擬水量、水質、泥砂沖蝕與運移等，評估非點源污染負荷量。AQUATOX 可針對溶解性營養鹽、有機物、農藥、毒性物等，透過選定動植物在食物鏈網的定位，評估污染物質對生態環境造成的影響與衝擊。QUAL2E 可模擬點源與非點源污染在河川中之流布狀況。

BASINS 所需輸入之資料與相關參數繁多，包含集水區邊界、土地利用情形、點源排放資料、氣象資料、土壤特性、河川基礎資料、水位流量率定曲線、地下水水文特性等，主要做為評估大範圍的集水區整治與評估工具，在臺灣曾應用於翡翠水庫集水區、石門水庫集水區等。

5.3.6 綜合評估

適用模式之評估原則，應以當前底泥污染防治與管理目標為前提，配合計畫工作需求，針對水體特性、污染排放行為、模擬項目與參數條件、模式驗證歷程等條件加以考量。相關評估原則詳述如下：

一、目標水體適用性

模式除演算主河道或河系水質外，尚須針對支流排水污染負荷量流入情形、河床底泥之分布與性質、水體適用狀況，如取水、感潮、現地處理等符合既有條件與未來整治規劃需求之模擬情境。

二、模擬項目是否呼應計畫目標

RPI 為目前國內最常應用之河川污染評估指標，因此模式需具備模擬 BOD₅、DO、SS 及 NH₃-N 等項目，依此換算 RPI 值，作為評估污染程度及整治成效。若需評估水體與底泥之污染行為，則待研定關切污染物後，依其水中物性與化性，建置合理反應行為參數後進行模擬。

三、是否包含水理計算

水理條件決定水質演算傳輸歷程，須至少包含通水斷面、流量、流速、水力深度、斷面間水體積等。水質模式須應用完善之水理演算成果做為輸入條件，方能充分顯示該河段之水理分布，使水質模擬與現況更相近。

四、模式可擴充性

若模式具備動態演算能力，將可演算長期之變化與趨勢，提供更進一步的情境模擬或預測，惟模式建置之初或資料掌握程度較少時，則以穩態模擬為優先考量，但考量後續模式擴充及應用，選用模式時仍應以可進行動態模擬之模式較佳。

五、模式取得方式

模式之取得方式首先須考量版權及是否需要付費的問題，此外尚須考慮是否可針對河川特性或需求調整模式參數，以符合計畫目標之需求。

六、既有資料是否滿足模式建置

模式需依據輸入之各項條件資料與環境參數方能進行演算，因此目標水體所能掌握的資料越豐富，模式演算的結果就越具可信度。資料需求視演算維度而定，維度越高則資料需求量就越大。若現有資料有限，則應以低維度、穩態方式進行模式選擇及建立，以避免模式中假設性參數及預設值比例過重。

七、在地模式應用經驗

在臺灣境內曾有成功應用經驗之水質水理模式為優先考量。

為從前述所列國內常用之水質模式 WASP、QUAL2K、CE-QUAL-W2 及 STREAM 中評選出符合本計畫需求之底泥污染傳輸模式，以下依各項評估原則說明如表 5.3-2：

表 5.3-2 底泥污染傳輸模式適用性評析表

項次	適用條件	WASP	QUAL2K	STREAM	CE-QUAL-W2	BASINS
1	目標水體適用性	○	×	×	○	×
2	模擬項目可否呼應計畫目標	○	×	×	○	×
3	是否包含水理演算	△	△	×	○	△
4	模式可擴充性	○	×	×	△	△
5	模式取得方式	○	○	○	○	○
6	既有資料是否滿足模式建置	○	○	○	○	×
7	在地模式應用經驗	○	△	△	×	×

○：符合計畫需求

△：堪用

×：不適用於本計畫

就目標水體適用性與呼應計畫目標等評估原則分析，QUAL2K、STREAM 與 BASINS 河川水質模式或模組，僅能針對水中污染物進行 1D 模擬，無法演算重金屬或毒性物質在底泥與水體間垂向 2D 傳輸、交互作用之現象，不適用於本計畫底泥污染傳輸行為之探討與後續整治措施之效益評析等計畫目標與需求。

考量較適用於本計畫之 WASP 與 CE-QUAL-W2，在水理演算上，WASP 可透過外掛其他水理模式(如 HEC-RAS)，進行較為完善之水理模擬，補足穩態演算中，流量係數法在外插過程失準的問題。就應用經驗而論，WASP 已成功應用於臺灣境內之淡水河系、鹽水溪、愛河等重點河川之水質探討與污染整治成效評析工具，也曾在基隆河流域應用 TOXI 模組探討毒性物質之傳輸行為，而 CE-QUAL-W2 在臺灣則相對較少應用於河川水質模擬之相關經驗。

依上述原則完成評析後，擇定 WASP 建置本計畫之底泥污染傳輸模式，進行後續傳輸機制之建立與探討，以及相關整治措施之成效評估。

5.4 模式建立與演算機制

應用擇定之 WASP 建立適用之河川底泥污染傳輸模式，參考國內外相關文獻與模式建置經驗，依臺灣河川幾何特性，以及現有水量、水質與底泥之觀測與檢測分析成果通常以每月或每季之頻率進行單點式監測，較少進行連續性的逐日或逐時監測，因此以 1 維穩態方式表現河川流況(regime)，配合垂向 2 維的延散行為，以擬 2 維方式(quasi 2D)為主要演算架構。在河川水理演算已達成質量與能量平衡條件下，應用已知的水力分布，求解污染物質在同時進行各項反應機制下之流布情形。

5.4.1 底泥污染傳輸模式網格建置原則

模式網格之劃設，必須先行定義有限之模擬範圍，並根據所採用之演算方法，將模擬範圍劃設為有限個數的網格(grid)做為最小演算單元，每個網格都被視為均質、且具有相同的物理與化學反應特性。

一般而言，底泥污染傳輸機制須包含水體流動以及水體與底泥間之交互影響，因此在本計畫中，除了沿河川流向，每數百或一千公尺需劃設網格外，必須再將水體與底泥進行上下垂直分層之網格劃設，分別演算污染物質在水體與水體、水體與底泥間之傳輸行為。因此，底泥傳輸模式之數值網格必須考慮下列劃設原則：

- 1.底泥與水體網格須垂直分層劃設。
- 2.依實測斷面空間分布與幾何特性建立數值河道。
- 3.有點源污染或支流匯入點。
- 4.水力條件顯著變化處，如抽、排水、或河寬、流速水深顯著變化處。
- 5.感潮與非感潮河段交界處。
- 6.平直河川每數百公尺至一千公尺亦應分別劃設網格。

在數值模式演算中，網格為模擬範圍空間解析度之最小單位，同一個網格內其傳輸、延散、沉降、生化反應係數、降解行為等均視為均勻一致，若有外部負荷排入或內部環境改變或質變時，水體與底泥之水理水質特性均在同一網格內勻化一致之後，再往下游傳輸或進行等向延散。

5.4.2 水理演算

應用於 WASP 之水理模式，其選用需考慮模式建立時資料掌握程度、模式取得方式、操作介面、演算效率與準確性等原則，爰此，建議選用 HEC-RAS 做為未來目標河川水體之水理數值模式。

HEC-RAS 為美國陸軍工兵團水文工程中心所發展之河川分析系統 (Hydrologic Engineering Center, River Analysis System)，為免費下載公開軟體，主要模擬天然或人工河道之水理狀況。HEC-RAS 為圖形化使用介面(GUI)，無論是操作或是演算成果展示，均可迅速在視窗環境下直接點選進行修正與分析，操作介面完善，成果展示可讀性高。HEC-RAS 可進行 1D 穩態與動態水理演算，於國外各單位應用經驗豐富，國內中央或地方環保、水利機關，亦常應用 HEC-RAS 於河川整治及洪泛分析。

HEC-RAS 之 1 維穩態水理演算，其基本假設為：

1. 水力特性為常數(the hydraulic characteristics of flow remain constants)。
2. 流線近乎平行(streamlines are practically parallel)。
3. 上、下游邊界條件與側入流(lateral flow)為常數。
4. 假設流況為均勻流(uniform flow)。
5. 河床為定床，曼寧係數 n 為常數。

HEC-RAS 之 1 維穩態水理演算之控制方程式，需視流況(flow regime)的不同而改變。當流況為緩變流(gradually varied flow)時，應用一維能量方程式(energy equation)配合曼寧公式(Manning's equation)進行演算：

$$\text{能量方程式： } Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

$$\text{其中 } h_e = LS_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

$$\text{曼寧公式： } Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}}$$

當流況同時存在超臨界流(supercritical flow)、亞臨界流(subcritical flow)等穿界流(transcritical flow)之急變流(rapidly varied flow)現象產生時，則須以動量方程式(momentum equation)演算之：

$$\text{動量方程式： } P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x$$

若存在水工構造物等，則採一般通用之經驗公式與係數共同參與水理演算，如堰頂公式、突縮突擴係數等。相關變數與參數說明如表 5.4-1 所示。綜上所述，HEC-RAS 可在符合現地地形貌條件下，穩定演算河川水質模式所需之水理條件。

表 5.4-1 動量與能量方程式各項變數與參數表

項次	變數	說明
1	Z	底部高程
2	Y	水深
3	α	速度權重係數
4	C	突縮或突擴係數
5	h_e	能量頭損
6	Q	流量
7	A	通水斷面
8	V	平均流速，由 Q/A 計算得之
9	R	水力半徑，由 A/P 計算得之，P 表濕周長
10	S_f	能量坡降
11	n	曼寧係數
12	P	靜水壓
13	W	控制體積(control volume)內水體重量
14	F_f	摩擦力
15	ΔV	速度差

註：變數含下標表示該方向軸之分量

5.4.3 模式條件設定與建置流程

模式之邊界條件，以晴天流量、低水位、以及實測水質濃度為主；污染負荷排入之設定，考量重金屬與毒性物之檢測通常以主河道為主，較少針對沿岸污染源進行重金屬與毒性物之污染負荷量調查，而根據以往執行重點河川之相關經驗，若不謹慎考量各集污區集流稽延時間、污染排放歷線特性、流達率、以及各事業定位準確性等因素，直接沿用事業申報/定檢資料，將難以精確掌握污染負荷量對河川環境的影響，為避免模式誤差擴大，以本計畫支流排水污染負荷量調查成果為輸入模式之污染量。而重金屬與毒性物在水中與底泥之化學機制，配合現有檢測規範與相關技術，其檢測成果均以物質總量方式呈現，因此在模式建置初期，除了隨水體傳輸、延散外，以吸附沉降與 1 階衰減為最主要機制。

懸浮質演算之設定，因目前採樣調查仍以晴天時期為主，河道沖刷影響較颱風暴雨時期為小，於模式建置初期仍以有利達成演算穩定收斂之質量平衡方式為主，以淨沉降方式作為懸浮質之主要機制。底泥污染傳輸主要考量關切污染物之延散(dispersion)、吸附(adsorption)、沉降速度(settling velocity)以及 1 階衰減參數(1st-order decay rate)。

分別以全域常數(global constants)或空間變數(spatial variables)方式完成參數設定，進行完整演算後與實測資料比對，反覆修正參數使演算成果與實測資料愈趨相符並使誤差收斂至可接受限度內，完成模式校驗證與參數，以維模式演算成果正確性，整體水理水質模式之建置流程如圖 5.4-1 所示。應用 WASP 建置水質模式時，須在 Data Group A~J 輸入模式基本資料，如表 5.4-2 所示：

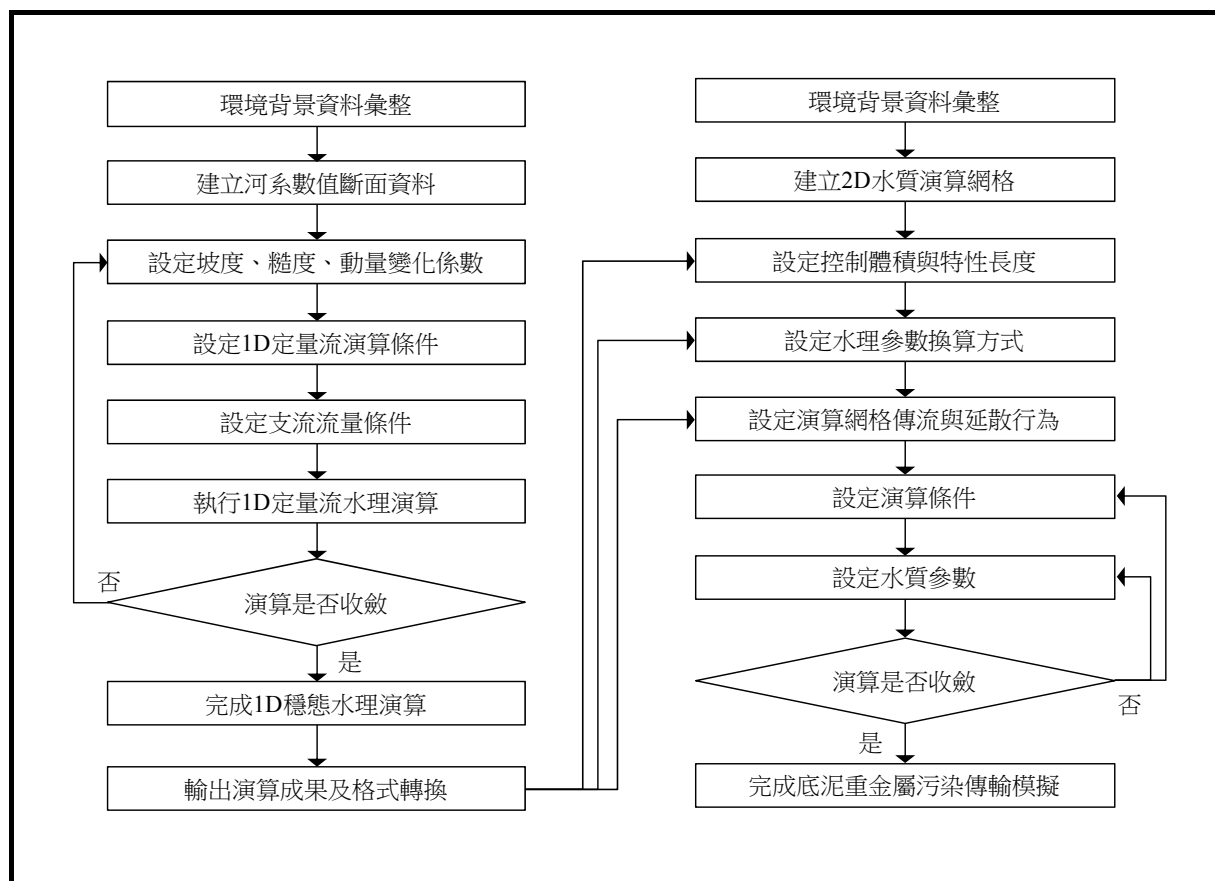


圖5.4-1 底泥污染傳輸模式建置流程圖

表 5.4-2 WASP 底泥污染傳輸模式基本參數資料

參數群組	參數群組說明	輸入項目說明
GROUP A	網格數、演算與輸出時距、模擬項目等基本資料	網格數目、可模擬污染物數目、建立 restart file、螢幕顯示訊息、質量平衡分析次數、負數解、時間間距選項、傳流因子、起始模擬時間、產生傳輸檔案、即時顯示網格狀況、模擬時間間隔數、模擬時間間距、模擬時間總長、列印時間間隔數、列印時間間距、列印時間、模擬項目選擇
GROUP B	網格斷面積、特性長度及延散係數等資料	延散區塊數、延散係數比例乘數、轉換乘數、延散區塊內之網格數目、兩網格間傳輸之橫斷面積、傳輸之特性長度(河心距)、上游延散網格編號、下游延散網格編號、延散係數時間轉折點數、延散係數、延散發生時間
GROUP C	輸入流量係數，提供換算流速、水深等水理參數	水體體積選項、河床底體積選項、時間間距、標題、比例乘數、單位轉換乘數、網格編號、網格型式選項、網格體積、水利常數 a~d
GROUP D	支流排水流量傳輸資料	流量選項、流量種類、水理資料檔名、入流數量、比例因子、單位轉換因子、入流流經網格數、流量比例、上游網格編號、下游網格編號、入流量時間變化區間數、流量、時間、毛管水數量、土粒傳輸區段數目、比例乘數、單位轉換乘數、沉降區段網格數通量面積、上方網格、下方網格、時間變化區間數、傳輸速度、時間、流量傳輸是否影響模擬項目
GROUP E	邊界條件之輸入	邊界條件網格數目、說明標題、比例乘數、單位轉換乘數、邊界條件網格編號、邊界條件時間變化區間數、邊界濃度、時間
GROUP F	污染負荷量之輸入	污染負荷量數目、說明標題、比例乘數、單位轉換乘數、點源污染網格編號、點源污染時間變化區間數、污染負荷量、時間、非點源污染選項
GROUP G	空間變化參數之設定	參數總數、說明標題、參數名稱、ISC 編碼、比例乘數、網格編號
GROUP H	全域常數之設定	標題說明、模擬項目名稱、參數群個數、參數群名稱、參數群內之參數個數、參數名稱、參數之 ISC 編碼、參數值
GROUP I	時間變數之設定	依時間變化變數個數、標題、依時間變化變數說明、時間變化區間數、變數 ISC 代碼、時間區間內變數值、時間區間之最終時間
GROUP J	初始條件之設定	模擬項目名稱、土粒傳輸型態、模擬項目密度、濃度上限值、群組標題、網格編號、初始濃度、溶解率

國內外底泥處理方式及管理策略

6

行政院環境保護署

底泥污染來源及傳輸模式調查計畫－以重點河川為例

第六章 國內外底泥處理方式及管理策略

6.1 現行底泥處理方式彙整

底泥生成方式雖與土壤不同，但性質相近，均為具有吸附性的多孔隙介質，因此受污底泥之處理技術及分類大致上與受污土壤相近，依民國 98 年行政院環保署「底泥品質管理與管制調查計畫」中，就底泥品質、承受水體水質與環境影響層面考量，面對底泥污染可採用自然淨化或人為整治。

自然淨化法係不直接對底泥進行任何人為的污染淨化或疏濬作用，僅仰賴潔淨的上層水體與下層底泥間之物質交換機制（如：分子擴散），利用水體傳流、稀釋與自淨能力，帶離自底泥溶出之污染物質。採用自然淨化法時，必須考量上層承受水體之水文特性與水質容許限值、沿岸污染排放源的管制情形、以及對水域生態環境之衝擊與影響，避免底泥品質與水體水質隨時間惡化。

人為整治就處理位置分為現地處理（on-site treatment）與離境處理（off-site treatment）。現地處理係在不將底泥自原河床移除的先決條件下，進行污染隔離或污染去除；離境處理：離境處理則指利用環保疏濬（environment dredging）的方式，將底泥自原河床移出，外運至合法處理場所進行污染去除或棄置。一般而言，離境後的受污底泥通常需進行調理與前處理，完成初步脫水與篩分之後，再進入後端的再處理程序。無論是現地或離境處理，若以受污底泥的污染去除的處置工法，則可分為 3 種，包含：物理處理、化學處理、以及生物處理。

6.1.1 底泥調理與前處理技術

底泥通常為粒徑不一且飽含水分之異相非均質混合物，因大部分污染物質常吸附於小粒徑之顆粒上，難以直接應用單一或特定技術，有效達到去除污染的目的，若能先行透過底泥調理與前處理，篩分出質地較為均勻之小粒徑底泥直接處理，將可有效降低後續處理成本以及簡化相關處理程序。

底泥調理泛指改變底泥水分含量與分布之程序，以脫水處理為主，目的為降

低底泥含水率，使之較易於進入後續程序或直接棄置，常用的方法包含：沉澱塘靜置分離、離心脫水、過濾或重力濃縮等。底泥前處理則為篩分底泥粒徑，目的為篩分出粒徑大、質量大及磁性強的顆粒並加以分隔，常用的方法包含傳統土壤篩分、水力式/旋轉式沉澱槽等。經由此 2 程序，篩分出含水率較低之小粒徑底泥後，即可進入後續處理程序，提升污染物去除效果。

6.1.2 物理處理

物理處理可概分為固化法（solidification）、焚化法（incineration）、熱處理法（thermal treatment）等 3 大類，分述如後：

1. 固化法（solidification）

固化法係在底泥中加入固化劑，限制污染物質溶出與移動。常用的方法包含：瀝青固化法、乳化柏油固化法、硫化水泥固化法、聚乙烯成形固化法、波特蘭水泥固化法、泥漿安定法、水下覆蓋法、燒結法等。

固化法可依為現地處理與離境處理而異，現地處理方式中，常用的方法為水下覆蓋法，可在短期間內，有效降低污染物的移動性，但由於施作點位的不確定性，且在固化或穩定過程中，可能導致底泥不安定，而且固化完成後，不易評估污染改善成效以及副產物或副作用的影響，因此必須對底泥進行長期監控與檢測，避免衍生二次污染行為或導致河床底質惡化。離境處理方式主要針對含有難以處理分解的污染物或重金屬的受污底泥，將之初步脫水後，摻入黏土進行高溫燒結成磚塊，若能通過 TCLP 安全測試，則可為基礎建材。

2. 焚化法（incineration）

焚化法係為離境處理的一種，將底泥外運至焚化廠後，以燃燒方式直接分解底泥中污染物質，再將餘燼進行再處理或棄置於合法掩埋場。

焚化法屬於離境處理方式的一種，處理時間短，可處理大部分污染物質，經燃燒後之餘燼也比原底泥體積小，易於棄置，為底泥於自河床撈除時，其擾動可能造成鄰近水體與底泥的二度污染，且若焚化設備與掩埋場址不良，也可

能在燃燒與掩埋後，造成空氣污染與土壤地下水污染。

3.熱處理法（thermal treatment）

熱處理法與焚化法同為離境處理，並對底泥進行加熱，不同點在於熱處理法進一步考量各種污染物質特性，操作不同的加熱溫度，使吸附於在底泥中之污染物質蒸散為氣態，再應用冷凝技術或活性碳吸附氣態之污染物質後，再收集處理。常用的熱處理法包含：熱脫附法（thermal desorption）、熱空氣注入法（hot air injection）、熱水注入法（hot water injection）等。

熱處理法可依需求與前後端處理方式限制，選擇不同的單元操作，控管處理成本，但由於處理技術門檻較高、不適用於部分無機污染物。

6.1.3 化學處理

化學處理方式係指將化學藥劑加入底泥之中，達到減少底泥中污染物質含量的目的，常用的方法包含：化學氧化法（chemical oxidation）、脫鹵法（dehalogenation）、溶劑萃取法（solvent extraction）、土壤淋洗法（soil washing）

1.化學氧化法（chemical oxidation）

化學氧化法係將氧化劑注入受污底泥中，氧化分解污染物質，或降低其污染與毒害性，常用的氧化劑包含：過氧化氫、臭氧、過錳酸鹽、過硫酸鹽等。

目前化學氧化法對底泥中有機化合物如 PAHs、PCBs 之分解效果較為明顯，處理時間短、操作簡易且設備空間小，二次污染與廢氣產生的問題不大。

2.脫鹵法（dehalogenation）

脫鹵法係針對含有鹵素有機污染物的底泥，注入藥劑加以處理，達到脫鹵反應的效果。脫鹵法在操作之前，必須將受污底泥先行過篩並磨碎，再與藥劑混合後至於反應器中加熱，完成脫鹵的反應。

脫鹵法可以有效處理底泥中戴奧辛、PCBs 等污染物，惟若底泥含水量太高、黏性太強、或有脂類與無機金屬物濃度太高，都會影響脫鹵反應的效果。

此外，應用脫鹵法時將同時產生廢氣，必須考量增設後段防污設備的條件，避免造成空氣污染。因脫鹵法的處理成本較高，通常較適用於小規模的底泥污染處理。

3.溶劑萃取法（solvent extraction）

溶劑萃取法係將受污底泥與萃取液混合後，透過萃取設備將底泥中之污染物質萃取分離。萃取法本身並不直接破壞或分解污染物質，但可以有效將污染物質從底泥基質完成分離，進行後端的再處理作業，有效提高後端處理效能，並縮減待處理底泥的體積。常用的溶劑萃取法包含：酸液萃取法、螯合性萃取法、交換性試劑萃取法。

溶劑萃取法之處理成效，易受到底泥含水量、黏性、有效接觸時間等因素，亦須針對不同的萃取標的物質施以不同的萃取溶劑，一般而言，溶劑萃取法對於有機物、鹵化物的萃取效果較為明顯，對於有機污染物或重金屬，通常須經由多道萃取程序才能達到預期效果。此外，應用萃取溶劑時，必須考量溶劑本身的化學特性，避免造成其他污染副作用。

4.土壤淋洗法（soil washing）

土壤淋洗法係將底泥放置於淋洗塔中，以水或淋洗劑進行淋洗作業，將污染物質帶離底泥基質，再針對淋洗後的水或淋洗劑進行再處理。

土壤淋洗法可以針對溶解性重金屬、鹵化物、有機物達到去除效果，惟若底泥中腐植質含量太高、或底泥組成粒徑細微，則淋洗的去污成效將十分有限。

6.1.4 生物處理

生物處理係透過水生植物與微生物對污染物質的吸收與降解等等功能的協同作用，達到去除污染物的目的。生物處理必須考量：

- 1.水生植物與微生物對水域生態的衝擊性
- 2.水生植物與微生物的共生關係

- 3.水生植物的耐受度、對污染物的吸收能力與積存部位
- 4.微生物的馴養過程與污染物的處理效果
- 5.其他污染物對微生物的抑制效果

一般而言，生物處理可以分為分解與吸收等 2 種主要方式。生物對污染物的分解，主要係針對易於分解的有機物或營養鹽類，進行好氧分解或厭氧分解。好氧分解係指透過異營性或自營性微生物將污染物與水中溶氧結合的生化反應，逐級釋放能量，使最終產物成為安定無害的無機物，常見的生化反應如祛氧、硝化反應，將有機物與氮氮分解為水、二氧化碳、無機鹽等。厭氧分解係指當水中溶氧低於一定程度時，厭氧微生物始進行的無氧生化反應，將組成複雜的污染轉變成安定無害的化合物，並逐級釋放能量，常見的如硝酸鹽轉變成氮氣的脫硝反應等。吸收作用則泛指水生植物針對不易分解的污染物或重金屬，透過植物根部的將污染物吸收貯存於根、莖、葉中，最後再將受污的植物收割後，集中處理再棄置，達到淨化底泥污染的成效，並避免二度污染環境。

一般而言，生物處理技術成本相對上較為低廉，但必須針對不同水域環境考量植物耐受力與微生物的種類，且生物處理耗時長，短時間內不易有顯著成效，此外受污植物的收割與外運處理，也是進行生物處理時必須同考量的因素之一。

6.2 底泥疏濬與處理方式之應用評估

當受污底泥受限於場址環境、生態衝擊與經濟行為，導致無法應用現地處理方法整治底泥污染時，則必須方式將受污底泥以環保疏濬的方式自河床撈除後，外運至合法處理場所進行污染去除的處理程序。一般維持航運通行或河道通洪能力的疏濬作業最大的不同，在於環保疏濬必須更進一步避免在疏濬作業期間，因擾動底泥造成再懸浮現象導致二次污染，可應用攔污索懸掛水下布簾，環繞疏濬作業區，形成暫時性的局部隔離區，避免污染範圍擴大。

一般而言，環保疏濬的作業方式，可概分為機械式（mechanical）、水力式（hydraulic）、氣動式（pneumatic）等 3 種。

6.2.1 機械式疏濬（mechanical）

機械式疏濬適用於夾雜大型石塊、垃圾雜物的底泥，應用機械式疏濬的底泥含水量較低，被挖除的底泥含水率約等同於原含水率，有利於底泥調理與前處理作業，二次污染的情形通常較不明顯，且因操作簡單，為目前最常應用的底泥疏濬方法，常用的疏濬機組為：蚌殼式挖掘機（clamshell dredges）、長杓式挖掘機（dipper dredges）、鏟斗式挖掘機（bucket ladder dredges）、拖曳式挖掘機（dragline dredges）、怪手（excavators）等，詳如圖 6.2-1~圖 6.2-5，視機組尺寸與底泥深淺分布不同，底泥移除效率大約為 185~550m³/hr。



資料來源：www.hiseamarine.com



資料來源：www.army.mil

圖6.2-1 蚌殼式挖掘機



資料來源：nexus.som.yale.edu



資料來源：www.army.mil

圖6.2-2 長杓式挖掘機



資料來源：www.dotbailingwooddotcom.en.ecplaza.net



資料來源：www.dredgepoint.org

圖6.2-3 鏟斗式挖掘機



資料來源：www.sennebogen.com



資料來源：www.escocorp.com

圖6.2-4 拖曳式挖掘機



資料來源：e-info.org.tw



資料來源：bbs.nikonclub.cc

圖6.2-5 怪手

6.2.2 水力式疏濬 (hydraulic)

水力式疏濬係應用離心泵 (centrifugal pumps) 直接抽取河床底泥，依底泥特性選擇不同的挖掘頭 (dredge heads) 進行疏濬作業。水力式疏濬的操作深度通常在 18m 以內，挖掘出來的底泥含砂量約佔 10~20% 的濕重。一般而言，水力式疏濬比機械式疏濬的效率要高，二次污染的情形通常不嚴重，對於鬆軟的底泥移除效果較好，也可以減少污染物自底泥溶出後造成的污染擴散行為，但若底泥中有大型雜物、大粒徑的砂石或大型水生植物，則容易造成挖掘頭的損壞或輸送管線阻塞，影響疏濬作業的進行。

水力式疏濬可依作業方式概分為可移動式 (portable)、手持式 (hand-held)、單純吸引式 (plain suction)、攪拌式 (cutterhead)、畚箕式 (dustpan)、疏濬船 (hopper dredge) 等種類，詳如圖 6.2-6~圖 6.2-11，茲分別說明如下：

1. 可移動式疏濬係指疏濬機組無須拆卸即可在水陸交通上運移，可使用簡易操作平台或鋼索拉動方式，改變作業位置。可移動式疏濬之操作深度約 3~5m，底泥移除效率約 38~380m³/hr，較適用於小型湖泊或河川。
2. 手持式疏濬必須透過潛水員手持疏濬機組進行水下作業，操作深度可達 300m，污泥去除效率約 190m³/hr，僅能適用局部性的小型水域。
3. 單純吸引式疏濬係將機組固定於鋼架上，藉由鋼架移動變換位置進行疏濬作業。單純吸引式疏濬之底泥移除效率約 760~7,600 m³/hr，僅適用於含有小粒徑礫石的鬆軟底泥區域。
4. 攪拌式疏濬係在單純吸引式疏濬機組之吸入口，再多加裝攪拌機組，藉由攪拌使高黏性或堅硬底泥變鬆軟，提升疏濬成效。攪拌式疏濬之操作深度可達 15m，底泥移除效率約 1,900 m³/hr 左右。
5. 畚箕式疏濬係在單純吸引式疏濬機組之吸入口，多加裝畚箕式收集裝置，底泥移除效率約 11,000 m³/hr，可適用於較鬆動之砂礫與底泥，不適用於高黏性底泥。
6. 疏濬船對於波浪與海流的耐受力最強，但由於疏濬作業方式也較不精準，底

泥再懸浮的情形較不易控制，容易造成水域環境的二次污染。疏濬船之操作深度可達 18m，底泥移除效率約 380~1,500 m³/hr 左右。



資料來源：www.hiseamarine.com



資料來源：www.dredgebrokers.com

圖6.2-6 可移動式疏濬



資料來源：www.inadiscover.com



資料來源：www.dpi.vic.gov.au

圖6.2-7 手持式疏濬



資料來源：www.damen.nl



資料來源：www.alibaba.com

圖6.2-8 單純吸引式疏濬



資料來源：www.maine.gov



資料來源：www.facebook.com/CustomDredgeWorks

圖6.2-9 攪拌式疏濬



資料來源：www.globalsecurity.org



資料來源：www.globalsecurity.org

圖6.2-10 畚箕式疏濬



資料來源：www.nauticexpo.com



資料來源：www.maritimejournal.com

圖6.2-11 疏濬船

6.2.3 氣動式疏濬（pneumatic）

氣動式疏濬係將機組底泥抽取頭沉入水底後，先抽氣產生吸水頭將底泥抽入暫存器中，再封閉底泥抽取頭，打入高壓空氣，將底泥自暫存器經輸送管線泵送出來，氣動式疏濬的底泥含砂量較高，最小操作深度為 2.3m，因僅利用壓差進行底泥清除，需視底泥組成調整壓差，較適用於鬆軟且組成粒徑小之底泥。氣動式疏濬詳如圖 6.2-12 所示。



資料來源：www.alibaba.com

圖6.2-12 氣動式疏濬

6.3 國外底泥管理策略與底泥品質指標

一、美國底泥管理策略與底泥品質指引

1.管理策略

美國環保署於 1985 年及 1987 年完成之調查報告顯示該國水域底泥受到重金屬、多氯聯苯（PCBs）、農藥、多環芳香烴（PAHs）之污染，引起國會關注底泥品質之管理政策。1987 年，美國環境保護署（United States Environmental Protection Agency (USEPA)）提出「受污染底泥評估與整治方案（Assessment and Remediation of Contaminated Sediments (ARCS) Program）」，目的在進行五大湖流域受污染底泥之評估與管理。另一方面，美國佛羅里達州環境保護局（Florida Department of Environmental Protection）及加拿大英屬哥倫比亞省水、土地及空氣保護部（British Columbia Ministry of Water, Land And Air Protection）亦在 1990 年代初率先響應支持底泥的評估和管理工作。具體的管理行動則在 1992 年由國會通過美國水資源發展法案（The Water Resources Development Act, WRDA），在 WRDA 503 條的授權下，要求美國環保署、美國國家海洋及大氣管理局（National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA）以及美國陸軍工兵團（United States Army Corps of Engineers, USACE）進行國家底泥調查並提出報告。美國環保署於 1997 年及 2004 年完成兩次調查報告，將相關數據編彙於國家底泥品質目標（National Sediment Inventory, NSI）中，提出底泥品質之生態風險評估方式以及篩選值，再藉由底泥品質評估列出應優先處理的區域，以進一步採取適當的清除及處置措施。

美國環保署於 1998 年提出污染底泥管理策略（EPA's Contaminated Sediment Management Strategy），訂定四項美國對於底泥管理之目標：

(1)防止污染底泥持續增加。

為達到此目標，美國環保署建立農藥及有毒物質之管制清單及管制代碼，透過登記及使用管理進行污染來源控制，以減少底面水體釋放底泥污

染物之潛力；評量依據為點源及非點源之最大日污染排放量。

(2)減少現有之污染底泥量。

考量風險管理目的，評估適當之污染底泥移除或管理方案。配合源頭污染管制措施遏制污染源持續輸入，在評估可接受的整治期間內，一般多以在原場址進行自然衰減及長期監測為疏濬替代方案，並建立魚類食用建議清單，以維護民眾健康。

(3)以環境友善技術管理底泥疏濬及濬除物。

審慎評估疏濬物對環境之潛在影響及建議處置方式，由環保署及陸軍工兵團提供技術指引。

(4)開發應用於污染預防、源頭控制、整治和疏濬物管理之科學工具。

包含底泥品質及污染物排放清單、數值評估準則、可量化的生物活性測試方法，以評估底泥污染情形、在生物的蓄積性及潛在毒性。

在整治策略方面，美國透過多項法規要求各相關單位負責進行污染底泥整治，包含：全面性環境對策、賠償及責任法案（Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (CERCLA)）、資源保護和回收法案（Resource Conservation and Recovery Act (RCRA)）、清潔水法案（Clean Water Act (CWA)）、河流與港口法案（Rivers and Harbors Act）以及石油污染法案（Oil Pollution Act）等，各主管機關必須考慮污染防治及控制，始受污染底泥復原至自然狀況。

2.美國環保署底泥品質評估及分類

美國環保署於 1994 年進行 NSQS（National Sediment Quality Survey）計畫，並於 1998 年 1 月公布第一套風險篩選評估程序，依據底泥化學分析、生物毒性測試、底棲生物豐度分析、組織化學分析、組織病理觀察及水體魚類豐度分析等六項判別參數，對全國底泥進行危害風險篩選。理想之評估方法需包括上述六種參數且互相搭配，以達到互相補強之功效。由於底泥生物

豐富度、組織病理觀察及水域魚類豐富度無法具適當之對照者，亦無法以法令規定去判定是否造成污染，因此部分研究最後多僅採用底泥化學性分析參數來進行危害評估。此評估方法僅能篩選出底泥是否具有危害風險、為何種風險等級，篩選評估後仍應持續追查導致風險較高的課題。

2004 年美國環保署提出第二版地面水體底泥調查報告（The Incidence and Severity of Sediment Contamination in Surface Waters of the United States, National Sediment Quality Survey: Second Edition），將第一版中所使用的底泥化學分析－ERM、ERL、AET 等品質指標改為平衡分配法及邏輯回歸法的品質指標，並修訂底泥危害風險評估方式如表 6.3-1 所示。

原則上，如以不同參數評估得到不同結果時，則採用危害風險等級較高之篩選結果。例如以化學分析數據評估為 Tier 2，但以毒性檢測數據之評估為 Tier 1 時，最終應列為 Tier 1；而不屬於 Tier 1 及 Tier 2 之底泥則列為 Tier 3。此規則也同樣適用於不同化合物分析結果，例如金屬分析結果評估為 Tier 1，而 PCB 評估為 Tier 2 時，則列為 Tier 1。但由於底泥與土壤同樣具有不均質的特性，加上在水體中之移動性高，容易因水利條件改變而重新分佈，因此在實務上，必需要蒐集相當多數據或其底泥濃度相當高，且經多項評估後，確認該測站底泥具危害可能性高，才將其分類為 Tier 1 等級，即若同一採樣點數據較少或濃度較低，即使出現 Tier 1 之結果，亦通常暫列為 Tier 2。

以下就常用之平衡分配法及邏輯回歸法，以及如何應用於美國 EPA 底泥危害風險篩選/評估進行介紹：

表 6.3-1 美國環保署 2004 年底泥危害風險評估方法

樣品測站 分級	底泥化學性質		生物體殘量		毒性測試
Tier 1 對水體生物或人體健康之危害性較高	底泥化學值超過由水中急毒性 (FAV) 或續發急毒性 (SAV) 推導之化學平衡指標值 (ESG)	或	組織樣品內含有 $\log K_{ow} \geq 5.5$ 之化合物，超過 EPA 人體健康致癌風險的 10^{-5} 倍，非致癌危害係數的 1 倍，或超過美國 FDA 之可忍受/行動/指導值	或	經由一種固相底泥試驗法結果顯示毒性： (1) < 75% 之控制調整存活率 (2) 淡水無脊椎動物 (<i>Hyalella azteca</i>) 之次致死毒性 < 90% 之控制調整長度，或 (3) 淡水無脊椎動物 (<i>Hyalella azteca</i> , <i>Chironomus tentans</i> 和 <i>Chironomus riparius</i>) 之次致死毒性 < 75% 之控制調整重量
	1				15
	或 由 Cd, Cu, Ni, Pb, Zn 及 $\frac{1}{2}\text{Ag}$ 莫爾濃度總和之 [SEM] - [AVS] > 5				
	2				
	或 任一樣品採用邏輯迴歸模式所預測出之毒性比率 $\geq 0.5 (T_{50})$				
	3				
	或 由水中急毒性 (FAV) 所推導之 PAH 指標值之比值總和 > 1				
	4	和	組織樣品內含有 $\log K_{ow} \geq 5.5$ 之化合物，超過美國 EPA 人體健康致癌風險的 10^{-5} 倍，非致癌危害係數的 1 倍，或超過美國 FDA 之可忍受(tolerance)/行動(action)/指導(guidance)值		16
	或 底泥之理論生物累積潛勢值超過美國 EPA 人體健康致癌風險的 10^{-4} 倍，或非致癌危害係數(HQ)的 10 倍				
	5				
	或 針對 $\log K_{ow} \geq 5.5$ 之化合物，其底泥之理論生物累積潛勢 (TBP) 值超過美國 EPA 人體健康致癌風險的 10^{-5} 倍、非致癌危害係數的 1 倍，或超過美國 FDA 之可忍受(tolerance)/行動(action)/指導(guidance)值	和	13		
	6				

表 6.3-1 美國環保署 2004 年底泥危害風險評估方法（續）

樣品測站分級	底泥化學性質		生物體殘量		毒性測試
Tier 2 可能對水體生物或人體健康造成危害性	底泥化學值超過由水中慢毒性 (FCV) 或續發慢毒性 (SCV) 推導之化學平衡分配指標 (ESG)	或	組織樣品內含有 $\log K_{ow} \geq 5.5$ 之化合物，超過 EPA 人體健康致癌風險的 10^{-5} 倍，非致癌危害係數的 1 倍，或超過 FDA 之可忍受 (tolerance)/行動 (action)/指導(guidance)值	14	經由一種固相底泥試驗法結果顯示毒性： (1) < 90%，但 $\geq 75\%$ 之控制調整存活率 (2) 淡水無脊椎動物 (<i>Hyalella azteca</i>) 之次致死毒性 < 95%，但 $\geq 90\%$ 之控制調整長度，或 (3) 淡水無脊椎動物 (<i>Hyalella azteca</i> , <i>Chironomus tentans</i> 和 <i>Chironomus riparius</i>) 之次致死毒性 < 90%，但 $\geq 70\%$ 之控制調整重量
	7				
	或 由 Cd, Cu, Ni, Pb, Zn 及 $\frac{1}{2}Ag$ 莫爾濃度總和之 [SEM] - [AVS] = 0~5				
	8				
	或 任一樣品採用邏輯迴歸模式所預測出之毒性比率 $\geq 0.25(T_{25})$ 但 < $0.5(T_{50})$				
	9				
Tier 3 無危害性	或 由最終慢毒性 (Final Chronic Value, FCV) 所推導之 PAH 指標值之比值總和 > 1	或		或	17
	10				
	或 底泥之理論生物累積潛勢值超過 EPA 人體健康致癌風險的 10^{-5} 倍，或非致癌危害係數的 1 倍，或超過美國 FDA 之可忍受 (tolerance)/行動 (action)/指導 (guidance) 值				
	11				
任何不屬於 Tier 1 及 Tier 2 者。 可用之數據不足以證明底泥對水生生物或人體健康有不良影響之可能。					

水中慢毒性：Final Chronic Value, FCV。

續發慢毒性：Secondary Chronic Value, SCV。

最終慢毒性：Final Chronic Value, FCV。

非致癌危害係數：noncancer Hazard Quotient, HQ。

化學平衡分配指標：Equilibrium partitioning sediment guideline, ESG。

AVS：Acid-Volatile Sulfide，酸揮發性硫化物。

SEM：Simultaneously Extracted Metal，同步萃取重金屬。

FDA：U.S. Food and Drug Administration，美國食品藥物管理局。

Hyalella azteca：端足蟲，不具鹽度底泥測試生物。*Chironomus tentans*：搖蚊幼蟲(Midge)。*Chironomus riparius*：屬搖蚊科之底棲生物。

資料來源：U.S. EPA, November 2004. The Incidence and Severity of Sediment Contamination in Surface Waters of the United States, National Sediment Quality Survey: Second Edition. EPA-823-R-04-007

(1)平衡分配法－酸揮發性硫化物（AVS）與同步萃取之重金屬（SEM）

在室溫及缺氧狀態下，底泥樣品經由 6M 鹽酸滴定消化下，所產生的硫化物謂之「酸揮發性硫化物（Acid-Volatile Sulfide, AVS）」（Meyer et al., 1994），可預測缺氧態底泥中重金屬毒性效應。而在 AVS 實驗中，底泥樣品中同步被鹽酸所萃取出的重金屬量總和即為「同步萃取重金屬（Simultaneously Extracted Metal, SEM）」。

底泥重金屬的生物利用性與二價金屬在間隙水與底泥間的移動有關（Di Toro et al., 1992）。而金屬二價離子很容易與底泥中硫離子（ S^{2-} ）形成金屬硫化物，並以穩定的固相存在於底泥中，若不存在環境因子的變動，重金屬不容易被生物所利用而造成毒性（Van den Hoop et al., 1997）。例如 Cd, Cu, Pb, Hg, Ni 和 Zn 等金屬，其硫化物的溶解度比 FeS 和 MnS 還低（USEPA, 1991），故這部分的金屬硫化物通常無法於 AVS 實驗中被萃取出來，所能偵測到之重金屬為鍵結性較弱的金屬化物。

其分析結果意義，SEM 值若低於 AVS（ $[SEM] / [AVS] < 1$ ），代表重金屬多以硫化物形式穩定存在於底泥，對生物無急毒性；SEM 值若高於 AVS（ $[SEM] / [AVS] > 1$ ）表示底泥中除了被鹽酸破壞鍵結的金屬硫化物外，還有鍵結更弱的重金屬存在，易釋出環境對底棲生物造成毒性或負面效應。

在底泥之生物危害風險判定上，當底泥之：

- $[SEM] - [AVS] < 0$ ，屬於 Tier 3 等級，表示底泥中重金屬移動性極低，大部分生物無法利用，對水生生物或人體健康無危害；
- $[SEM] - [AVS] = 0 \sim 5$ ，屬於 Tier 2 等級，表示底泥中重金屬之移動性及生物可利用性稍高，但危害性較低；
- $[SEM] - [AVS] > 5$ ，屬於 Tier 1 等級，表示底泥中重金屬之移動性及生物可利用性高。

(2)邏輯回歸法－底泥生物危害風險篩選值（ T_{50} 與 T_{25} ）

第二版報告中所採用之底泥對生物造成危害機率之篩選值如表 6.3-2 所示。

表 6.3-2 美國環保署 2004 年底泥生物危害風險篩選值

單位：mg/kg dry weight

項目	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	PCBs
T_{25}	11.29	0.65	76.00	49.98	0.23	23.77	47.82	140.48	0.09
T_{50}	32.61	2.49	233.27	157.13	0.87	80.07	161.06	383.81	1.12

註： T_{25} ：對生物造成危害之機率為 25%、 T_{50} ：對生物造成危害之機率為 50%。

資料來源：U.S.EPA, November 2004. The Incidence and Severity of Sediment Contamination in Surface Waters of the United States, National Sediment Quality Survey (Second Edition). United States Environmental Protection Agency, Office of Science and Technology, Standards and Health Protection Division. Washington, DC 20460.

表中：

- T_{25} 值為對生物造成危害之機率為 25%之濃度；
- T_{50} 值表示對生物造成危害之機率為 50%之濃度。

T_{25} 及 T_{50} 值係參考相關底泥品質指引值之 ERM（影響範圍中值）、ERL（影響範圍低值）、PEL（可能危害值）、TEL（影響閾值）、AET-high（顯著影響閾值-高值）、AET-low（顯著影響閾值-低值）等所訂定。依據重金屬超過篩選值之程度，可將底泥區分為 Tier 1～Tier 3 三種風險等級。分級方式係依據底泥之金屬全量分析結果，若有 1 項或 1 項以上超過 T_{25} 值，則該底泥列為 Tier 2；若有 1 項或 1 項以上超過 T_{50} 值，則該底泥列為 Tier 1；不屬於 Tier 2 或 Tier 3 等級者，則將底泥列 Tier 3。

以全量重金屬濃度對 T_{25} 及 T_{50} 而言，風險分級方式如下：

- Tier 1：全量重金屬濃度有 1 項或 1 項以上超過 T_{50} 值；表示可能具危害性（Associated adverse effects are probable）；

- Tier 2：全量重金屬濃度有 1 項或 1 項以上超過 T_{25} 值；表示可能具有危害性但發生機率很小（Associated adverse effects are probable, but expected infrequently）；
- Tier 3：不屬於 Tier 1 及 Tier 2 者；表示不具危害性（No indication associated adverse effects）。

因邏輯回歸法所訂定之篩選值係與全量重金屬之檢驗結果進行比對，此為國內多數檢驗機構分析技術及設備已具備之檢驗技術，故在底泥管理策略發展之初期，採用此法也較易執行（廣為蒐集全台灣水體底泥之背景資料），缺點為引用國外之品質指標套用於國內，其適用性可議，長期仍需建立國內底泥品質基線，修訂本土化之底泥品質指引。

二、荷蘭底泥管理策略及底泥品質指引

荷蘭營建及環境管理部（Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, VROM）在 2003 年透過執行一項大型工程計畫調查荷蘭境內之土壤（底泥，荷蘭將底泥視為水下的土壤），研究如何根據現有技術訂定底泥分類標準，並於 2008 年 1 月 1 日實施新的土壤（底泥）背景質及品質規範。新的品質標準依據「使用」及「移動」兩種目的，分別給予在海水及淡水環境下的品質標準，並以國境內大量調查所得數據訂定新的背景值，取代原來法規（2000 年實施）中的目標值。

荷蘭之土壤保護法（2003 年）將土壤分為地上的土壤以及水面下的土壤兩種存在環境，並依污染物濃度將土壤分類為 0 級到 4 級，該法規對於金屬及多氯聯苯（PCB）之限值摘列如表 6.3-3 所示。0 級為污染物濃度低於目標值之土壤（未受污染的土壤），可以自由使用；1 級為污染物濃度在目標值（Streefw.）至界線值間（Grensw.）之土壤，可在河道旁的土地回填或棄置；2 級為污染物濃度在界線值到測試值（Tesesingsw.）間之土壤，可在距離水域範圍 20 米內的土地回填或棄置；3 級為污染物濃度在測試值到干預值（Interventiew.）間之土壤，需防止擴散或移動；4 級為嚴重污染的土壤，必須進行清理或分類處理。測試值之意義較臺灣現行法規之土壤污染監測基準稍為嚴格，而干預值之意義

則類似土壤污控制標準，達到該值則必須進行清除及處理。

2008 年新實施之底泥規範考量沉積物與水之間的分配係數（Partition Coefficient, K_D ）以及萊茵河各項污染物歷史數據之 P95 值，給予底泥較嚴謹的品質標準，尤其新的底泥干預值對於有機物之要求標準比陸地土壤干預值的要求更嚴格；新的土壤（底泥）品質標準亦適用於河岸高灘地之土壤。新標準以背景值（荷文：Achtergrondwaarde）、A 級最大值以及 B 級最大值（底泥干預值，荷文：Interventiewaarde waterboden）等，將土壤分為四類。第一類：低於背景值，可自由移動及使用。第二類：介於背景值到 A 級最大值之間，為 A 級可用土壤。第三類：介於 A 級最大值到 B 級最大值（底泥干預值）之間，為 B 級可用土壤。第四類：污染物濃度大於 B 級最大值（底泥干預值），禁止使用，需清理或處理。2008 荷蘭底泥品質標準包括金屬、其他無機物、芳香烴、多環芳香烴（PAHs）、含氯脂肪族、農藥、有機氯農藥、有機磷農藥以及其他物質，共計 137 種物質；關於金屬類及多氯聯苯（PCB）之限值摘列如表 6.3-3 所示。

使底泥在河床中重新平衡及分布，污染物濃度必須低於 A 級最大值，在海域則必須低於海水下擴散值。若將河道中底泥移出，置放在河道旁土地（高灘地），則必須符合鄰近陸地擴散值。當底泥中污染物檢測值達到 B 級最大值（干預值），表示底泥嚴重污染，必須進行清除及處理，禁止作其他用途。

表 6.3-3 荷蘭土壤（底泥）品質標準（金屬部分）

項目	2003 土污法			2008 底泥規範					臺灣土污法			
	目標值	測試值	干預值	背景值 m/kg ds	A 級最 大值(水 下擴散) mg/kg ds	B 級最 大值(干 預值) mg/kg ds	鄰近陸 地擴散 值 mg/kg ds	海水下 擴散值 mg/kg ds	底泥品 質指標 下限值 mg/kg	底泥品 質指標 上限值 mg/kg	土壤污 染監測 基準 mg/kg	土壤污 染管制 標準 mg/kg
Sb	3	—	15	4.0	—	15	—	—	—	—	—	—
As	29	55	55	20	29	85	—	29	11	33	30	60
Ba	160	—	625	190	395	625	395	—	—	—	—	—
Cd	0.8	7.5	12	0.60	4	14	7.5	4	0.65	2.5	10 (2.5)	20 (5)
Cr	100	380	380	55	120	380	—	120	76	233	175	250
Co	9	—	240	15	25	240	25	—	—	—	—	—
Cu	36	90	190	40	96	190	—	60	50	157	220 (120)	400 (200)
Hg	0.3	1.6	10	0.15	1.2	10	—	1.2	0.23	0.87	10 (2)	20 (5)
Pb	85	530	530	50	138	580	—	110	48	161	1,000 (300)	2,000 (500)
Mo	3	—	200	1.5	5	200	5	—	—	—	—	—
Ni	35	45	210	35	50	210	—	45	24	80	130	200
Sn	—	—	900	6.5	—	—	—	—	—	—	—	—
V	42	—	250	80	—	—	—	—	—	—	—	—
Zn	140	720	720	140	563	2,000	—	365	140	384	1,000 (260)	2,000 (600)
PCB	0.02	0.2	1	0.020	0.139	1	—	0.1	0.09	1.12	—	0.09

資料來源：Nieuwe normen Waterbodems: Normen voor verspreiden en toepassen op bodem onder oppervlaktewater, 23 januari 2008, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.（原文為荷蘭文，取自荷蘭營建及環境管理部（Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, VROM），網址：<http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ienm>）

三、歐盟底泥管理與管制策略

歐盟對於底泥品質之管理，係以維護水體水質為最終管理目標，藉由 2000 年通過之水架構指引（Water Framework Directive，簡稱 WFD）之執行，來規範整合性的「土壤、底泥與水系統」，並進而規範河流流域等層面，以全流域的污染管制，藉由管理水質水量的目標，來達成管理所有會影響水質水量的地表與地下與水接觸之所有介質，意即管理流域內所有與水接觸的介質品質。

WFD 目標是在 2015 年以前，歐盟轄下所有水體均須回復到良好的生態與化學狀態；也就是所有水體環境品質回復到未受工業活動污染前的品質目標。

歐盟同時也了解底泥品質對水質的重要性，然而現階段因為底棲生物生態毒理資料與暴露於受污染底泥的健康風險研究的缺乏，歐盟委員會尚未在 WFD 中明文訂定底泥品質之限值或指標，僅建議各會員國依所轄流域之特殊性訂定相關標準或品質指標。

然而，WDF 仍舊要求會員必須重視並必須評估底泥的污染情形，提出地表水、底泥與生物區域內重點污染物濃度品質標準計畫書。在 WDF 中，已表示底泥監測在環境品質評估的重要性，應密切監控污染物濃度變化與流布行為。

四、各國底泥管理策略綜整

底泥品質指標可以提供底泥品質現況資訊，是執法或管理者與公眾之間闡述底泥品質時最容易理解的方法，然而基於管理的目標或訂定的技術與方法不同，世界各國訂立之底泥品質指標值不盡相同，然而相同的是所訂立之底泥品質指標並非直接作為污染底泥清理目標值或整治基準值。國外訂立底泥品質指標之目的主要在於希望了解底泥場址是否有受污染之虞，同時依底泥品質指標之內容評估場址污染物對環境及生物所具有之危害風險高低，並進一步了解污染物於水生食物鏈移動之潛勢以保護生態環境之安全。由於世界各國之底泥品質指標值並非為一固定濃度值，而是考量污染物之傳輸途徑與性質、生物毒性、生物累積性或生物放大性等相關考量，訂定適當的濃度範圍指標，並作為當地底泥用途與適用性之品質指標。

美國係為最早針對河川或湖泊底層之底泥品質進行管理的國家，更於 1990 年起陸續發表與修訂一套完整之污染底泥管理策略（EPA's Contamination Sediment Management Strategy），經政府相關單位協助，目前已順利完成許多污染底泥場址之清理及最終物處置工作，同時落實底泥品質管理之標的與效益。除此之外，加拿大境內針對海域之污染底泥訂立有海域底泥品質基準（Interimmarine sediment quality guidelines）及最大可能影響值(Probable

Effect Levels, PELs; dry weight)，經由現地監測分析數據與海域底泥品質基準比較後，再進行後續相關之處理處置工作。歐盟部分則以底泥濃度限值不得超過環境品質標準 Environmental quality standards) 作為評估底泥品質是否遭污染或是否具有污染風險之依據，藉此提供各會員國相關底泥理作業之參考。日本雖未訂有完整之底泥品質指標，但在 1975 訂定並於 1988 年進行修正分別公布底泥中汞及多氯聯苯暫定清除基準值為 25 及 10 ppm(日本環水管第 127 號)，另外並訂有底泥中戴奧辛類環境標準值為 150 pg-TEQ/g。其他如澳洲及紐西蘭部分，亦利用訂立之底泥品質指標作為污染底泥處理處置之啟動依據。

整體而言，若底泥污染物濃度低於指標值者，代表污染物並未具有危害環境安全及生態健康風險之可能，若高於指標值，大多數國家採取之底泥管理方式為進一步評估危害風險，以決定是否需進一步處理，以及處理方式之技術與經濟效益，最後依評估結果辦理持續監測、水下覆蓋、疏濬及挖除後之整治或資源化處理等，達到有效管理底泥品質之目的。各國底泥管理策略綜整於表 6.3-4。

表 6.3-4 各國底泥管理法規精神綜整

品質判別基準	以底泥標準作為 整治決策點	以底泥品質指標或多層級基準值 作為管理行動起動點 (大多數國家採行)
施行國家	日本、美國華盛頓州	美國環保署、加拿大、紐西蘭及澳洲、荷蘭…等
管理行動	超過標準逕行移除或整治 (但日本僅針對少數項目制定 清除標準，如戴奧辛:150ng/kg TEQ，PCB：10 ppm)	後續管理行動視個別場址特性而 定，並藉由生態及健康風險評估、 整治效益等綜合考量，作為整治決 策依據。
優點	超標逕行移除，行政工作較易 執行。	管理工作考量實際發生之風險，較 具彈性且務實。
缺點	忽略水體底泥區域差異，且缺 乏彈性，實務上可能有整治範 圍龐大難以執行的可能性。	考慮層面多，執行上較複雜(但仍可 藉由人員訓練及建置相關行政指 引，達到適當管理之目標)

資料來源：「99 年至 100 年底泥品質管理計畫」及本計畫整綜整

6.4 我國底泥管理策略與底泥品質指標

一、我國土污法底泥管理架構

於民國 99 年 2 月 3 日公布修正之土污法，為我國首度將環境介質中之底泥監測與管控機制納入土污法管制範圍，包括制訂底泥品質指標之分類管理與用途限制，並課以水體之管理機關定期監測底泥品質狀況及公布底泥品質之義務。此外，亦明定針對有污染之虞之底泥，其污染行為人或潛在污染責任人、地面水體之管理人等，應就環境影響與健康風險、技術及經濟效益等事項進行評估，必要時進行整治。

分析土污法底泥架構如圖 6.4-1，大致可分為底泥污染監測、污染調查評估、整治復育工作及相關管制措施等面向。

歸納各機關所扮演角色及各項目權責單位如表 6.4-1；有關底泥相關之分類標準、檢測相關規範、污染調查、評估及整治工作等重要事項之審核等，均由環保署為之，地方主管機關角色則介於整治工作執行者與監督者的之間。而風險評估及整治工作之執行者，則由污染行為人、潛在污染責任人及污染土地關係人為之，並針對底泥及生物體污染不易判定污染行為人、潛在污染責任人或污染土地關係人之特性，故於第十二條第五項中特別納入地面水體管理人，規範其於底泥污染整治之責任。

1.底泥污染監測

由中央主管機關訂定底泥品質指標，由目的事業主管機關定期監測底泥品質，並呈報中央主管機關。相關法規依據有第六條第五、六及七項、第七條及第十二條第四項。

依據第六條第五項規定，”應”針對水體中底泥品質定期檢測之單位為地面水體之目的事業主管機關，地方主管機關則可被動於接獲底泥有污染情形或地面水體之生物體中污染物濃度過高通知後，再辦理底泥檢測；或依據第七條規定，主動針對公私場所進行土壤、底泥及地下水污染情形之查證工作。

2.危害風險評估的時機

底泥污染進入危害風險評估階段有三種啟動時機，分別為：

- (1)農漁業或衛生單位調查發現生物體內之污染物濃度超出「水產動物類衛生標準」標準值；
- (2)依土污法公告之控制或整治場址，公告範圍內之底泥有污染之虞，並超出「底泥品質指標、分類管理及用途限制辦法」上限值；
- (3)各級主管機關定期監測底泥品質，超出「底泥品質指標、分類管理及用途限制辦法」指標上限值。

相關法規依據為第七條、第十二條第五及七項。當為發現地面水體中之生物體內污染物質濃度偏高，或底泥受到污染，主管機關得依據第十二條第五及七項規定，命地面水體之管理人、污染行為人、潛在污染責任人等進行環境與健康風險評估、技術及經濟效益評估，評估結果由環保署審核，若審核結果認定有整治必要性及技術可行性，則由前述關係人擬定整治計畫，經環保署核定後實施。必要時，主管機關可依行政執行法代履行之規定辦理。

3.污染調查評估

當底泥健康風險評估及生態風險評估結果具明顯或立即性風險時，應調查污染來源及範圍，並予以管制，並應配合發布禁止農、漁、牧行為或親水限制。若評估結果無明顯風險，則應規劃改善或分類管理計畫，並依需要持續監測。相關條文為第十二條第五項。

4.整治復育工作

底泥之整治必要性及技術可行性評估由中央主管機關決策，若必需進行整治，則後續應再進行整治目標、整治方案、整治計畫及場址優先整治優先順序之決策與審查。整治工作中，依據第十五條第一項第三、四、七及八款實施必要措施，可由主管機關委託第三人執行。

土污法中與底泥相關之條文摘錄如下：

§2，用詞定義

- 底泥：指因重力而沉降於地面水體底層之物質。
- 底泥污染：指底泥因物質、生物或能量之介入，致影響地面水體生態環境與水生食物的正常用途或危害國民健康及生活環境之虞。
- 底泥品質指標：指基於管理底泥品質之目的，考量污染傳輸移動特性及生物有效累積性等，所訂定分類管理或用途限制之限度。

§3，主管機關

- 主管機關：在中央為行政院環境保護署；在直轄市為直轄市政府；在縣（市）為縣（市）政府

§4，中央主管機關之主管事項

- 全國性土壤、底泥及地下水污染預防與整治政策、方案、計畫之規劃、訂定、督導及執行。
- 全國性土壤及地下水污染之監測及檢驗。
- 土壤、底泥及地下水污染整治法規之訂定、研議及釋示。
- 直轄市或縣（市）主管機關土壤、底泥及地下水污染預防、監測與整治工作之監督、輔導及核定。
- 涉及二直轄市或縣（市）以上土壤、底泥及地下水污染整治之協調。
- 土壤及地下水污染整治基金之管理。
- 土壤、底泥及地下水污染檢測機構之認可及管理。
- 土壤、底泥及地下水污染預防與整治之研究發展及宣導。
- 土壤、底泥及地下水污染整治之國際合作、科技交流及人員訓練。
- 其他有關全國性土壤、底泥及地下水污染之管理、預防及整治。

§5，直轄市、縣（市）主管機關之主管事項

- 轄內土壤、底泥及地下水污染預防與整治工作實施方案、計畫之規劃、訂定及執行。

- 轄內土壤、底泥及地下水污染整治自治法規之訂定及釋示。
- 轄內土壤及地下水污染預防、監測及整治工作之執行事項。
- 轄內土壤、底泥及地下水污染預防與整治之研究發展及宣導。
- 轄內土壤、底泥及地下水污染預防及整治之人員訓練。
- 其他有關轄內土壤、底泥及地下水污染之管理、預防及整治。

§6-5，底泥品質之定期監測責任

- 下列水體之目的事業主管機關，應定期檢測底泥品質狀況，與底泥品質指標比對評估後，送中央主管機關備查，並公布底泥品質狀況：

一、河川。

二、灌溉渠道。

三、湖泊。

四、水庫。

五、其他經中央主管機關公告之特定地面水體。

§6-6，底泥品質指標訂定及用途限制

- 前項底泥品質指標之分類管理及用途限制，由中央主管機關定之。

§6-7，底泥品質申報

- 第五項底泥品質狀況之內容、申報時機、應檢具之文件、檢測時機及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

§7，污染查證工作

- §7-1，各級主管機關得派員攜帶證明文件，進入公私場所，為下列查證工作，並得命場所使用人、管理人或所有人提供有關資料：

一、調查土壤、底泥、地下水污染情形及土壤、底泥、地下水污染物來源。

二、進行土壤、地下水或相關污染物採樣及地下水監測井之設置。

三、會同農業及衛生主管機關採集農漁產品樣本。

§7-5，各級主管機關為查證工作時，發現土壤、底泥或地下水因受污染而有影響人體健康、農漁業生產或飲用水水源之虞者，得準用第十五條第一項規定，採取應變必要措施；對於第十五條第一項第三款、第四款、第七款及第八款之應變必要措施，得命污染行為人、潛在污染責任人、場所使用人、管理人或所有人為之，以減輕污染影響或避免污染擴大。

§7-6，前項應變必要措施之執行期限，以十二個月內執行完畢者為限；必要時，得展延一次，其期限不得超過六個月。

§10，底泥品質狀況之檢測

- 依本法規定進行土壤、底泥及地下水污染調查、整治及提供、檢具土壤及地下水污染檢測資料時，其土壤、底泥及地下水污染物檢驗測定，除經中央主管機關核准者外，應委託經中央主管機關許可之檢測機構辦理。
- 前項檢測機構應具備之條件、設施、許可證之申請、審查、核（換）發、撤銷、廢止、停業、復業、查核、評鑑程序、儀器設備、檢測人員、在職訓練、技術評鑑、盲樣測試、檢測方法、品質管制事項、品質系統基本規範、檢測報告簽署、資料提報、執行業務及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。
- 依第一項規定進行土壤、底泥及地下水污染物檢驗測定時，其方法及品質管制之準則，由中央主管機關定之。

§12，調查評估措施

§12-4，農業、衛生主管機關發現地面水體中之生物體內污染物質濃度偏高時，應即通知直轄市、縣（市）主管機關。

§12-5，直轄市、縣（市）主管機關於接獲前項通知後，應檢測底泥，並得命地面水體之管理人就環境影響與健康風險、技術及經濟效益等事項進行評估，評估結果經中央主管機關審核，認為具整治必要性及可行性者，於擬訂計畫報請中央主管機關核定後，始得實施。必要

時，並得準用第十五條第一項規定。

§12-6，地面水體之管理人不遵行前項規定時，直轄市、縣（市）主管機關得依行政執行法代履行之規定辦理。

§12-7，依第二項、第三項規定公告為控制場址或整治場址後，其管制區範圍內之底泥有污染之虞者，直轄市、縣（市）主管機關得命污染行為人或潛在污染責任人準用第五項規定辦理，並應將計畫納入控制計畫或整治計畫中執行。

§15，應變必要措施

§15-1，直轄市、縣（市）主管機關為減輕污染危害或避免污染擴大，應依控制場址或整治場址實際狀況，採取下列應變必要措施：

- 一、命污染行為人停止作為、停業、部分或全部停工。
- 二、依水污染防治法調查地下水污染情形，並追查污染責任；必要時，告知居民停止使用地下水或其他受污染之水源，並得限制鑽井使用地下水。
- 三、提供必要之替代飲水或通知自來水主管機關優先接裝自來水。
- 四、豎立告示標誌或設置圍籬。
- 五、會同農業、衛生主管機關，對因土壤污染致污染或有受污染之虞之農漁產品進行檢測；必要時，應會同農業、衛生主管機關進行管制或銷燬，並對銷燬之農漁產品予以相當之補償，或限制農地耕種特定農作物。
- 六、疏散居民或管制人員活動。
- 七、移除或清理污染物。
- 八、其他應變必要措施。

§15-2，直轄市、縣（市）主管機關對於前項第三款、第四款、第七款及第八款之應變必要措施，得命污染行為人、潛在污染責任人、污染土地關係人或委託第三人為之。

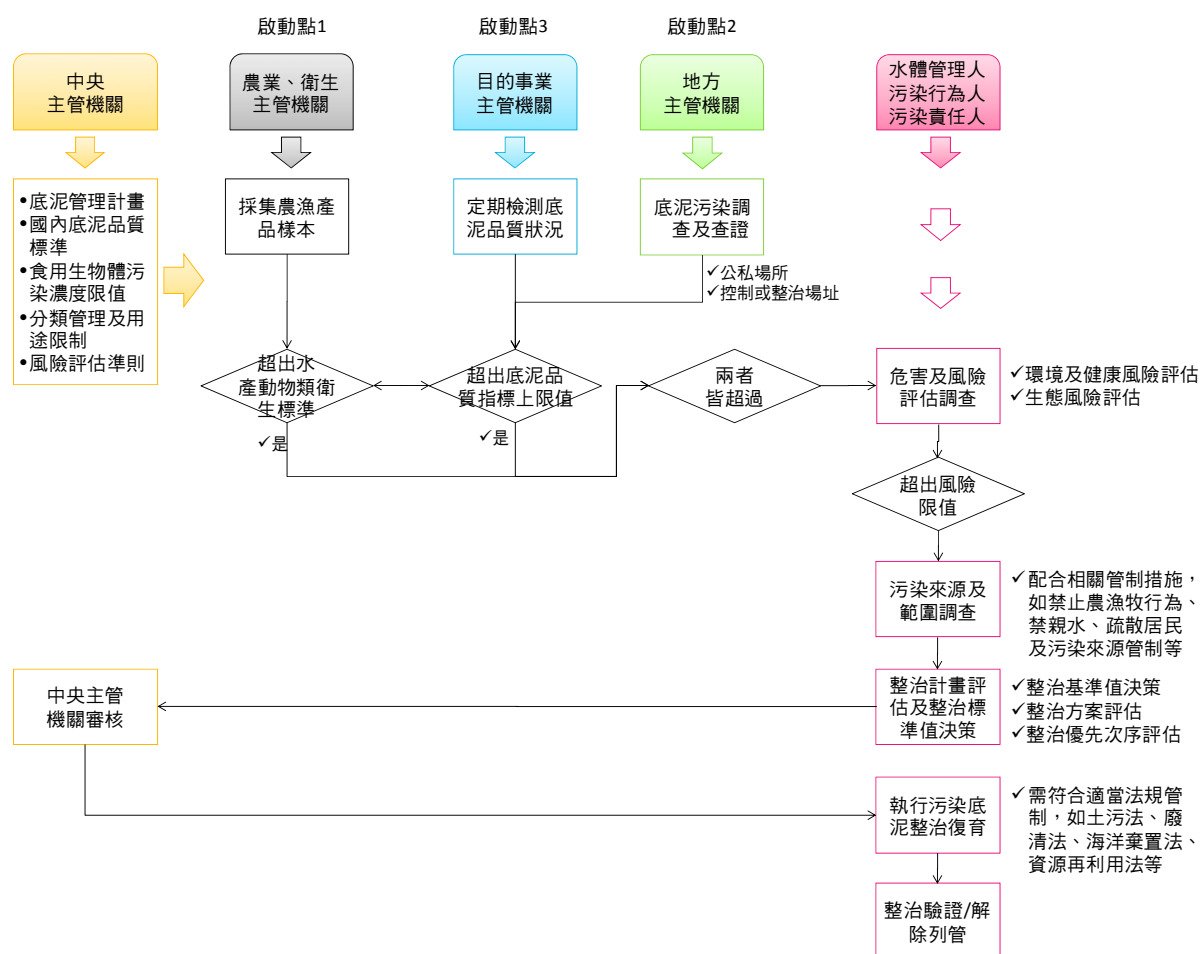


圖6.4-1 土污法之底泥管制架構

表6.4-1 土污法中與底泥相關項目之權責單位彙整

底泥相關項目	土污法 法條	內容	主辦單位	102 年政府組織調整 可能對應之主辦單位	協辦單位
相關管制措施	§4 §6-6、6-7 §10	全國性準則及 規範訂定、整治 相關審核	行政院環境保護署 (中央主管機關)	環境資源部	—
	§5	地方性自治法 規、管理、預防 及整治相關	地方主管機關	直轄市及縣市政府環保局	—
底泥污 染監測	§6-5	地面水體底泥 品質定期監測	目的事業主管機關	依水體而定。 例如：淡水河流域為環境資 源部。	—
	§7 §12-4	公私場所底泥 污染情形查證	地方主管機關	直轄市及縣市政府環保局	農業單位
					衛生單位 國防軍事機 關
底泥污 染調查 及整治 評估	§12	健康風險、技術 及經濟效益評 估	地面水體管理人	依水體所在地而定。 例如：淡水河流域為環境資 源部。	—
			地方主管機關	直轄市及縣市政府環保局	
應變措 施及整 治計畫 執行	§7-5 §7-7	執行應變必要 措施	污染關係人	依水體污染及來源而定。	農業單位
			地方主管機關	直轄市及縣市政府環保局	衛生單位
			受委託之第三者	—	自來水主管 機關
		執行相關整治 計畫	污染關係人	—	—
			地面水體管理人	依水體所在地而定。 例如：淡水河流域為環境資 源部。	
			地方主管機關	直轄市及縣市政府環保局	

註：

1.污染關係人包括：污染行為人潛在污染責任人、污染土地關係人。

2.地方主管機關包括：都、直轄市、縣及市政府。

二、相關子法研訂現況

環保署已於民國 101 年 01 月 04 日發布實施「底泥品質指標之分類管理及用途限制辦法」，該法係由土污法第六條第六項授權由中央主管機關訂定，內容包含底泥品質指標項目及指標值、分類管理及用途限制等，指標項目考量國內已公告之分析技術及相關法規管制項目，篩選常見重金屬、農藥、有機氯化合物、多環芳香烴、戴奧辛及塑化劑類，指標值之訂定則參考美國環保署於 2004 年國家底泥品質調查清冊第二版之底泥品質指標，後續待我國建立本土化之底泥品質基線後，再檢討指標值及項目。其餘子法則尚在研訂中。

「底泥品質指標之分類管理及用途限制辦法」第五條明定底泥之分類管理，當底泥中污染物濃度達到品質指標上限值及下限值後，應有之不同管理行為。目的事業主管機關應辦理定期監測底泥品質（依母法第六條規定），當有一項污染物濃度達到底泥品質指標下限值但未達到上限值，目的事業主管機關應增加監測頻率，觀察污染物濃度是否累積；當有一項以上污染物項目達到底泥品質指標上限值，目的事業主管機關除應加強監測外，並通知農業、衛生主管機關檢測生物體內污染物質，由農業、衛生主管機關本於權責就生物體管制相關事項依法進行監督與管理。當底泥污染物達到品質指標上限值，且發現生物體內污染物濃度偏高時，由直轄市、縣（市）主管機關認定於必要時要求地面水體管理人就底泥之環境影響與健康風險、技術及經濟效益等進行評估，評估結果經中央主管機關審核認為具整治必要性及可行性者，再由地面水體管理人於擬定計畫報請中央主管機關核定後實施。惟國內農業、衛生單位對於地面水體中生物體內之污染物濃度管制僅行政院衛生署「水產動物類衛生標準（98.11.30）」目前僅就魚類、貝類、甲殼類及頭足類等訂有甲基汞、鎘、鉛（以濕重計）等含量標準（參表 6.4-2），相較底泥品質管制項目相對偏少。

表 6.4-2 我國水產動物類衛生標準

類別 \ 項目	甲基汞	鎘	鉛
鯨、鯊、旗、鮪魚、油魚	2 ppm 以下	0.3ppm 以下	0.3ppm 以下
鱈魚、鯉魚、鯛魚、鯰魚、鮫鰈魚、嘉鱚魚、比目魚、烏魚、魷魚、帶魚、鯨、魷、烏鰂、鰻、鱈魚、金錢魚、鰻魚、梭子魚	1ppm 以下		
其他魚類	0.5 ppm 以下		
貝類	0.5 ppm 以下	2 ppm 以下	2 ppm 以下
頭足類（去除內臟）	0.5 ppm 以下	2 ppm 以下	1 ppm 以下
甲殼類	0.5 ppm 以下	0.5ppm 以下	0.5ppm 以下

註：本標準為行政院衛生署 98 年 11 月 30 日發布。

三、我國底泥品質指標法規

我國底泥品質指標主要參考國內現況及國際較受重視之污染物，選定應先行納入管制之污染物清單。目前環保署已公告之「底泥品質指標、分類管理及用途限制辦法」如表 6.4-3 所示。

因底泥中之重金屬來源分為天然與人為兩類，天然者主要分佈於礦物晶格之中，由於鍵結完整，並不容易隨著環境因子的變遷而釋出至水體；人為排放的金屬因主要以離子吸附、化學錯合及金屬共沈降等作用形成底泥，鍵結較天然者弱、移動性高，因此當環境因子發生改變，即可能發生可逆反應，而將原本已沈澱之重金屬釋出至水體，造成影響（Gemma, 1997；Chlopecka, 1996）；易釋出之金屬種類依序為 $Cd > Pb > Zn$, $Cu > Mn > Ni > Fe$, Cr （Maiz et al., 1997）。而在底泥或水域中的生物物種，又通常僅能利用這些具移動性的金屬（Kokovides et al., 1992；Maiz et al., 1997），若以此觀點，重金屬對生物體的影響主要在於移動性重金屬含量的多寡，而非總量。

目前底泥中重金屬總量分析方法是採王水消化法分析，優點為全量重金屬之檢驗為國內多數檢驗機構分析技術及設備可執行之項目，較易執行，並可較快速蒐集全台灣水體底泥之背景資料，缺點為以評估底泥對生態之影響未考量可移動性污染物之量，可能高估部分污染物對環境及生態之危害。故未來在底泥對環境及生物危害性風險考量方面，可參考美國 2004 年國家底泥調查報告第二版所採用之另一種評估方法－以 AVS 及 SEM 莫爾濃度評估生物危害風險。該法以 6M 鹽酸消化分析底泥中之酸揮發性硫化物（Acid-Volatile Sulfides, AVS）及同步萃取重金屬（Simultaneously Extracted Metals, SEM），以 AVS 及 SEM 莫爾濃度值之差異，進行底泥危害風險分級；分級方式如前述內容（第 6.3 節）。

表 6.4-3 我國底泥品質指標、分類管理及用途限制辦法

底泥品質指標項目	上限值	下限值	公告方法名稱	NIEA 編號	備註
重金屬					
砷 (As)	三三 毫克／公斤	一一 毫克／公斤	污泥及沉積物中重金屬檢測方法—酸消化法/電熱式原子吸收光譜儀(GFAA)	NIEA R353.00C	
汞 (Hg)	〇・八七 毫克／公斤	〇・二三 毫克／公斤	土壤及廢棄物中總汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法	NIEA M317.02C	
鎘 (Cd)	二・五 毫克／公斤	〇・六五 毫克／公斤	污泥及沉積物中重金屬檢測方法—酸消化法/感應耦合電漿原子發射光譜儀(ICP)	NIEA R353.00C	
鉻 (Cr)	二三三 毫克／公斤	七六 毫克／公斤			
銅 (Cu)	一五七 毫克／公斤	五〇 毫克／公斤			
鎳 (Ni)	八〇 毫克／公斤	二四 毫克／公斤			
鉛 (Pb)	一六一 毫克／公斤	四八 毫克／公斤			
鋅 (Zn)	三八四 毫克／公斤	一四〇 毫克／公斤			
有機化合物					
1,2-二氯苯 (1,2-Dichlorobenzene)	一二・二 毫克／公斤	〇・六八 毫克／公斤	半揮發性有機物檢測方法—毛細管柱氣相層析質譜儀法	NIEA M731.00C	
1,3-二氯苯 (1,3-Dichlorobenzene)	三〇 毫克／公斤	三・四 毫克／公斤			
六氯苯 (Hexachlorobenzene)	一・八五 毫克／公斤	〇・一九 毫克／公斤			
苯駢芴 (Fluoranthene)	二・八六 毫克／公斤	〇・二九 毫克／公斤	半揮發性有機物檢測方法—毛細管柱氣相層析質譜儀法	NIEA M731.00C	方法適用土壤，偵測極限為 1mg/kg
芴 (fluorene)	〇・二六 毫克／公斤	〇・〇四 毫克／公斤			
蒽 (Anthracene)	〇・八 毫克／公斤	〇・〇八 毫克／公斤			
二苯(a,h) 駢蒽 (Dibenzo(a,h)anthracene)	〇・二六 毫克／公斤	〇・〇四 毫克／公斤			
節(1,2,3-cd)芘 (Indeno(1,2,3-cd)pyrene)	一・二三 毫克／公斤	〇・一六 毫克／公斤			
萘 (Naphthalene)	〇・五五 毫克／公斤	〇・〇七 毫克／公斤			
菲 (Phenanthrene)	一・一二 毫克／公斤	〇・一五 毫克／公斤			
芘 (Pyrene)	二・四一 毫克／公斤	〇・二九 毫克／公斤			
芴 (Acenaphthene)	〇・二七 毫克／公斤	〇・〇四 毫克／公斤			
芴烯 (Acenaphthylene)	〇・四二 毫克／公斤	〇・〇四 毫克／公斤			
蒽 (Chrysene)	一・七三 毫克／公斤	〇・一九 毫克／公斤			
苯(a)駢蒽 (Benzo(a)anthracene)	一・二一 毫克／公斤	〇・一四 毫克／公斤			

表 6.4-3 我國底泥品質指標、分類管理及用途限制辦法(續)

底泥品質指標項目	上限值	下限值	公告方法名稱	NIEA 編號	備註
苯(a)駢芘 (Benzo(a)pyrene)	一・三四 毫克／公斤	○・一六 毫克／公斤			
苯(b)苯駢芴 (Benzo(b)fluoranthene)	三・〇三 毫克／公斤	○・三二 毫克／公斤			
苯(g,h,i)芘 (Benzo(g,h,i)perylene)	一・二八 毫克／公斤	○・一五 毫克／公斤			
苯(k)苯駢芴 (Benzo(k)f uoranthene)	一・四 毫克／公斤	○・一六 毫克／公斤			
農 藥					
阿特靈 (Aldrin)	○・〇一 毫克／公斤	○・〇〇一 毫克／公斤	土壤及事業廢棄物中有機 氯農藥檢測方法－氣相層 析儀／電子捕捉偵測器／ 電解導電感應偵測器法	NIEA M618.03C	方法適用土壤 及廢棄物
可氯丹 (Chlordane)	○・一六 毫克／公斤	○・〇一六 毫克／公斤			
二氯二苯基三氯乙烷(DDT) 及其衍生物 (4,4'-Dichlorodiphenyl- trichloroethane)	○・一 毫克／公斤	○・〇一 毫克／公斤			
地特靈 (Dieldrin)	○・〇一 毫克／公斤	○・〇〇一 毫克／公斤			
安特靈 (Endrin)	○・三四 毫克／公斤	○・一一 毫克／公斤			
飛佈達 (Heptachlor)	○・〇三三 毫克／公斤	○・〇〇三 毫克／公斤			
毒殺芬 (Toxaphene)	○・一三四 毫克／公斤	○・〇一三 毫克／公斤			
安殺番 (Endosulfan)	○・〇三 毫克／公斤	○・〇一 毫克／公斤			
其 他 有 機 化 合 物					
戴奧辛(Dioxins)	六八・二 奈克-毒性當量／ 公斤	六・八二 奈克-毒性當量／ 公斤	戴奧辛及呋喃檢測方法－ 同位素標幟稀釋氣相層析/ 高解析質譜法	NIEA M801.11B	
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基) 酯 [Di(2-ethylhexyl)phthalate]	一九・七 毫克／公斤	一・九七 毫克／公斤	鄰苯二甲酸酯類檢測方法 －氣相層析儀／電子捕捉 偵測器法	NIEA R811.21C	
鄰苯二甲酸二丁酯 (Di-n-butyl phthalate)	一六〇 毫克／公斤	二二 毫克／公斤			
鄰苯二甲酸二乙酯(Diethyl phthalate)	二二 毫克／公斤	一・二六 毫克／公斤			
鄰苯二甲酸丁酯苯甲酯 (Butyl benzyl phthalate)	三〇〇 毫克／公斤	二二 毫克／公斤			
多氯聯苯(Polychlorinated biphenyls)	一・一二 毫克／公斤	○・〇九 毫克／公斤	土壤及事業廢棄物中多氯 聯苯檢測方法－氣相層析 儀／電子捕捉偵測器／電 解導電感應偵測器法	NIEA M619.02C	方法適用土壤 及廢棄物

資料來源：

1. 環保署網站（網址：<http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/index.aspx>）法規網頁。
2. 「99 年至 101 年底泥品質管理計畫(EPA-99-GA101-03-A205)」，第一次工作進度報告，財團法人工業技術研究院/行政院環境保護署。
3. 環境檢驗所公告方法查詢結果：<http://www.niea.gov.tw/niea/REFSOIL/M73100C.htm>。

6.5 我國其他法規與底泥管理關聯性探討

底泥品質在對環境或生物無危害風險之虞之情況下，或於清除後處理至污染物濃度低於我國底泥品質指標下限值後，若欲進行再利用或最終處置，應使之符合相關法規標準，且受該法之中央主管機關規範。以下彙整國內與回收再利用及最終處置有關之法規內容供參。

一、資源回收再利用法（91.7.3）與底泥再利用之相關性

「資源回收再利用法」為廢棄物清理法之子法，主要目的在區分廢棄物與資源，節約自然資源使用、減少廢棄物的產生、促進資源回收再利用、減輕環境負荷、建立資源永續利用。依該法第三條，一般廢棄物再利用之主管機關，在中央為行政院環保署，在直轄市為直轄市市政府，在縣（市）為縣市政府。事業廢棄物再利用的主管機關為目的事業主管機關（經濟部、農委會、衛生署、內政部、國科會、財政部等相關部會）。

1. 再利用之定義

各目的事業主管機關訂定再利用法規時，對於「廢棄物再利用」所作之名詞定義均有些許不同，其主要差異在於各機構所認可的再利用用途與訂定法令時背景、目的有所不同。以下說明環保署及經濟部對廢棄物再利用之定義：

(1) 環保署「一般廢棄物回收清除處理辦法(96.5.28)」

本辦法第二條說明，再利用係指將一般廢棄物經物理、化學或生物等程序後做為材料、燃料、肥料、飼料、填料、土壤改良或其他經中央主管機關會商中央目的事業主管機關認定之用途行為。

(2) 環保署「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準(95.12.14)」

本標準第二條說明，再利用係指事業產生之事業廢棄物自行、販賣、轉讓或委託做為原料、材料、燃料、填土或其他經中央目的事業主管機關認定之用途行為，並應符合其規定者。

(3)經濟部「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法(96.04.26)」

辦法第二條中說明，再利用係指事業將其事業廢棄物自行或送往再利用機構做為原料、材料、燃料、工程填料、土地改良、新生地、填土（地）或經本部認定之用途行為。且再利用機構以經政府機關登記有案或依法律規定免辦理登記之工商廠（場）為限。

(4)經濟部「水庫淤泥利用處理作業要點(96.8.13)」

本辦法定義水庫淤泥係指水庫浚渫所產生之沉積物(可作為營建骨材者除外)，可進行 1.輕質骨材、預拌土壤材料、固化混凝土、高強度土壤、磚、瓦及肥料等之材料、2.土壤改良、3.填料、4.其他經經濟部公告項目等再利用。

2.再利用與核准

事業廢棄物再利用依據清理法第三十九條規定，事業應依其所屬之中央目的事業主管機關（經濟部、農委會、衛生署、內政部、國科會、財政部等六部會；簡稱為各機關）所發布之再利用管理辦法進行事業廢棄物再利用。目前事業廢棄物再利用管理方式可分為「廠(場)自行再利用核准」、「公告再利用項目」及「再利用許可文件」三類，以下說明：

(1)廠(場)內自行再利用核准

事業欲將其產生的廢棄物在廠(場)內自行再利用時，其若屬於依廢棄物清理法第三十一條第一項公告之事業，應於事業廢棄物清理計畫書應載明再利用內容，並且經由環保主管機關核准後，始得於廠(場)內自行再利用。

(2)公告再利用種類及其管理方式

事業廢棄物屬於性質安定或再利用技術成熟者，將由各機關公告再利用種類及管理方式，以提供事業逕自依管理方式進行再利用。

(3)再利用許可文件

若非屬前項公告者，事業應向各機關申請且經獲得許可後，始得將廢棄物送交再利用機構進行再利用。目前事業與再利用機構可依再利用技術成熟程度，採取試驗計畫、個案申請與通案申請三種程序辦理申請審查作業。

綜合上述法條內容可知，一般及事業廢棄物再利用用途，就本質考量仍以「原料」、「材料」、「燃料」及「填土」四種為主要用途。其中「原料」可擴增解釋包含「添加物」，以及「填土」可擴大解釋至「工程填地材料」、「土地改良」、「新生地」及「填土（地）」等用途。而底泥性質在符合土污法對底泥之管理規範以及再生產品需求之前提下，亦可以原料或添加物之形式進行再利用。底泥不屬於環保署公告應回收再利用之廢棄物或資源，作為在生產品之主成分時，不需取得廢棄物再利用代碼，亦不需進行再利用計畫申請，但底泥污染物濃度達到底泥品質指標上限值者，其清除及再利用計畫應依據土污法第十二條及底泥品質指標之分類管理及用途限制辦法第五條及第六條規定辦理。

二、水利法（含相關辦法）與底泥管理之相關性

依「水利法」第四條及「河川管理辦法」第二條至第五條規定，本計畫區淡水河流域之中央主管機關為經濟部；管理機關為經濟部水利署（以下簡稱水利署），由第十河川局執行管理工作。淡水河流域於臺北/新北市轄區河段之管理工作則可依據河川管理辦法第五條規定，委託臺北市及新北市政府辦理轄區內部分河川管理工作。例如基隆河於南湖大橋上游約 500 公尺處進入臺北市轄區後直到匯流口由臺北市政府管理，大漢溪由鳶山堰以下至與新店溪匯流口由新北市政府管理，而淡水河本流則為經濟部與臺北市政府共管。

河川之管理機關可依河川管理辦法第四十五條第一項規定，基於「疏浚或整理河道之需要」辦理「土石採取」作業，疏濬作業另應按「河川水庫疏濬標準作業規範」辦理。以本計畫而言，必須由臺北/新北市政府擬訂計畫書報經水利署第十河川局核轉經濟部核定後，始可辦理，且不受同法第四十一條但書

規定之限制。土石採取法第八條規定，若水利主管機關為了配合疏浚或河道整治需要，依水利法規辦理土石採取時，則相關作業就不受該法限制，不需依該法提出土石採取許可申請書。

若受污染底泥評估需移除時，其移除行為理應受水利法第七十八條之一第三款與第五款、第七十八條之三第二項第三款與第五款規範，於河川區域及排水設施範圍內，進行採取或堆置土石、挖掘、埋填或變更河川區域及排水設施內原有型態之使用行為等，必須經過許可（按前段，許可之權責機關應為經濟部），同時亦受同法第七十八條之一第五款以及河川管理辦法第四十九條規定，不得於水利法第七十二條及七十二條之一規定的建造物或取水口上、下游各 500 公尺處範圍內進行挖掘，且在自來水取水設施之上游 1000 公尺處及下游 400 公尺處範圍內，亦禁止挖掘行為。

由上述法條內容可知，於河川及水域規劃受污染底泥移除計畫時，應考量水利法、河川管理辦法及土石採取法規定，評估移除行為對水利構造物之影響及確保河川防洪安全，在規定不得採取土石之範圍內應以現地處理等替代方案取代清除。

三、廢棄物清理法之毒性特性溶出標準程序（TCLP）

針對水體底泥於陸域場址處置之適宜性，以國內現行檢驗方法及法規標準而言，僅 TCLP 溶出標準較具有評估底泥中重金屬移動能力之意義，但就該溶出值訂定目的與適用環境而言，更適合做為底泥移出水體後之處置規範參考。若有任一項物質超過 TCLP 溶出標準，建議考量廢棄物清理法中，有關有害事業廢棄物之處置規範。

國內有關底泥或污泥處置時參考 TCLP 溶出標準之案例頗多，例如農業工程研究中心（2003）針對彰化、桃園石門與高雄縣等農田水利會灌區渠道之底泥重金屬調查報告，採用毒性特性溶出程序（Toxicity characteristic leaching procedure, TCLP）與其溶出標準（有害事業廢棄物認定標準，第四條第一項第二款、附表四）判定灌渠底泥清除之必要性，當底泥 TCLP 值超過標準，則將受污染底泥視為有害事業廢棄物，依廢清法辦理後續清運事宜。此外，新北市

八里污水處理廠及臺北市迪化污水處理廠針對污水廠產生之污泥之處置上也以較嚴謹之標準辦理，比照「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」之處理清除與處理規定。在確保環境品質之考量下，進行污染底泥清除與處置時，建議相關機關可參考辦理。

6.6 底泥管理行動策略建議

目前國內對於「有因物質、生物或能量之介入，致影響地面水體生態環境與水生食物的正常用途或危害國民健康及生活環境之虞」之污染底泥，其管理方式依據民國 99 年 2 月 3 日公布之土壤及地下水污染整治法規修正條文，可區分為「定期監測」、「風險評估」、「整治評估」以及「整治措施」等四個階段，初步建議管理策略流程如圖 6.6-1 所示。以下針對各階段簡要說明：

1.定期監測

目前環保署已進行底泥品質指標建立之研擬，以為評估水體污染底泥對水體、生物、人體健康有害風險之重要基準。依環保署民國 99 年「底泥品質管理與管制調查計畫」所提出之水體污染底泥品質指標建議清單（如表 6.6 -1 所示），依此建議指標或環保署公告之品質指標上、下限值，據以評估水體污染底泥之品質，界定其對環境與健康風險之影響程度。若底泥品質指標未超過警戒指標限值，仍應持續長期監測，提供後續該水體中、長期管理或改善計畫規劃參考；一旦底泥品質指標超過警戒指標限值，應隨即啟動後續危害風險評估調查的工作。

在品質指標建立後，重要水體應進行長期之監測計畫，尤其地方政府應針對轄管區域內之水體污染底泥進行定期監測計畫，並將相關成果提供環保署彙整，建立完整的底泥品質基本數據資料庫，以供各界評估參考使用。

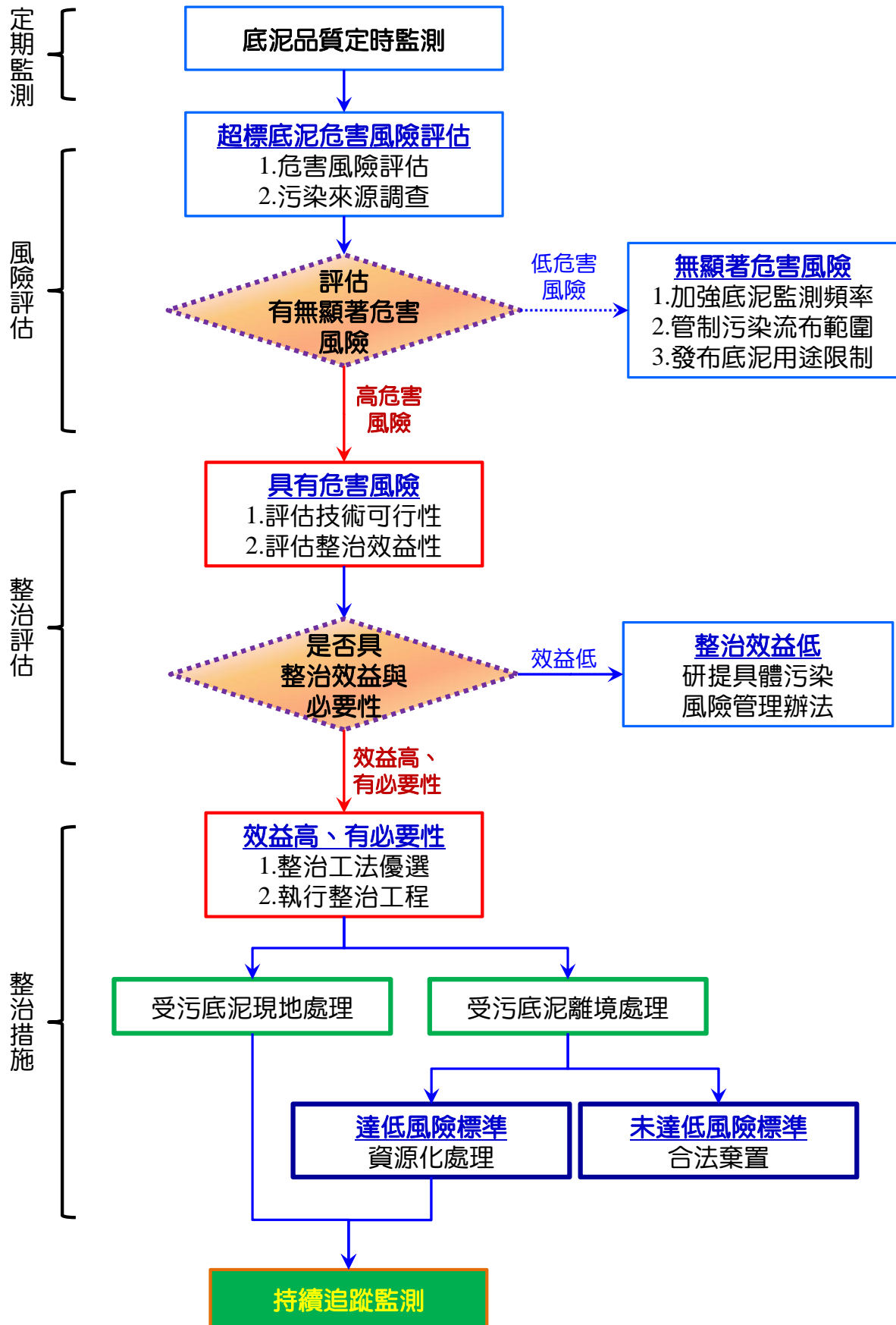


圖6.6-1 底泥管理策略流程圖

表 6.6-1 水體污染底泥品質指標建議清單

分類	品質指標項目	上限值 mg/Kg	下限值 mg/Kg
重金屬	砷(As)	33	11
	鎘(Cd)	2.5	0.65
	鉻(Cr)	233	76
	銅(Cu)	157	50
	汞(Hg)	0.87	0.23
	鎳(Ni)	80	24
	鉛(Pb)	161	48
	鋅(Zn)	384	140
有機化合物	1,2-二氯苯 (1,2-Dichlorobenzene)	12.2	0.68
	1,3-二氯苯 (1,3-Dichlorobenzene)	30	3.4
	六氯苯 (Hexachlorobenzene)	1.85	0.19
	苯駢芘(fluoranthene)	2.86	0.29
	芴(fluorene)	0.26	0.04
	蒽(anthracene)	0.8	0.08
	二苯(a,h)駢蒽(dibenzo(a,h)anthracene)	0.26	0.04
	芘(1,2,3-cd)芘(indeno(1,2,3-cd)pyrene)	1.23	0.16
	萘(naphthalene)	0.55	0.07
	菲(phenanthrene)	1.12	0.15
	芘(pyrene)	2.41	0.29
	芴(acenaphthene)	0.27	0.04
	芴烯(acenaphthylene)	0.42	0.04
	屈(chrysene)	1.73	0.19
	苯(a)駢蒽(benz(a)anthracene)	1.21	0.14
	苯(a)駢芘(benzo(a)pyrene)	1.34	0.16
	苯(b)苯駢芴(benzo(b)fluoranthene)	3.03	0.32
	苯(g,h,i)芘(benzo(g,h,i)perylene)	1.28	0.15
	苯(k)苯駢芴(benzo(k)fluoranthene)	1.4	0.16
農藥	阿特靈 (Aldrin)	0.01	0.001
	可氯丹 (Chlordane)	0.16	0.016
	二 氯 二 苯 基 三 氯 乙 烷 (DDT) 及 其 衍 生 物 (4,4'-Dichlorodiphenyltrichloroethane)	0.1	0.01
	地特靈 (Dieldrin)	0.01	0.001
	安特靈 (Endrin)	0.34	0.11
	飛佈達 (Heptachlor)	0.033	0.003
	毒殺芬 (Toxaphene)	0.134	0.013
	安殺番 (Endosulfan)	0.03	0.01
其他有機化合物	戴奧辛 (Dioxins) - 奈克-毒性當量/公斤	68.2	6.82
	多氯聯苯 (Polychlorinatedbiphenyls)	1.12	0.09

在定期監測結果與水體污染底泥品質指標相互分析比較後，可充分了解水體污染底泥消長趨勢，一旦發生以下狀況，應隨即展開污染調查風險評估作業：

(1) 水體污染底泥品質指標超過警戒指標限值

即前述經各目的事業主管機關辦理的定期監測工作，若經判定水體污染底泥中品質指標超過警戒指標限值時。

(2) 水體魚蝦等超出食用限值或水體污染底泥生態受影響

透過目的事業主管機關自行檢測水產品及水體污染底泥生態之指標，或經由農業或衛生主管機關抽測水產品品質，一旦發現魚、蝦等生物超出食用限值或水體污染底泥生態明顯有影響時。

(3) 經公告之污染控制或整治場址內之污染水體污染底泥

由地方環保主管機關研判場址有污染水體污染底泥之可能，應要求污染行為人進行危害風險評估及調查的工作。

2. 風險評估

若定期監測之底泥有前述三項污染事實，應接續進行後續風險評估工作。風險評估主要可分為 2 項工作：(1)危害及風險評估調查、(2)污染來源及範圍調查工作。各項評估工作初步建議執行方式如下：

(1) 危害及風險評估調查

依土污法第 12 條第五項規定「對於底泥污染物濃度高於指標上限值者，得命地面水體之管理人就環境影響與健康風險、技術及經濟效益等事項進行評估，評估結果經中央主管機關審核，認為具整治必要性及可行性者，於擬訂計畫後實施」。因此建議以人體健康風險評估為基準，配合對鄰近範圍的生態環境調查，針對標的生物物種進行生態風險評估，確認底泥污染之危害性，做為後續底泥污染整治必要性與效益評估作業之參考。針對危害及風險評估方法，建議參採美國超級基金所採用之 ASTM E2205M 層次性風險評估方法。層次性管制 (Tier Approach) 主要分為 3 個層次 (Tier 1、Tier 2、Tier 3)，各層次之評估結果均可做為整治之依據，其流程詳如圖 6.6-2 所示。

各層次之風險評估原則，依行政院環保署「99-101 底泥品質管理計畫」，現有底泥品質指標之上限值應可視為第 1 層次（Tier 1）之生態相關篩選門檻值（Relevant Ecological Screen Criteria，簡稱 RESC）；第 2 層次（Tier 2）為人體健康風險評估（Human Health Risk Assessment，簡稱 HHRA），HHRA 之內容以「污染變化與傳輸（fate and transport）」與「暴露途徑（exposure pathway）」，建立污染傳輸模式與食物鏈污染傳遞模式做為評估工具；第 3 層次（Tier 3）為生態風險評估（Ecological Risk Assessment，簡稱 ERA），ERA 以生態物種風險範圍概念模式，建立生物物種之「壓力源-劑量關係」與「暴露評估」之關聯性，做為評估工具。

考量本土化資料豐富性不足，且相關模式評估工具與方法尚在建置發展中，為加速底泥污染管理之成效，避免污染持續累積或於環境中流布，建議以場址專一性（site-specific）為前提，將超出底泥品質上限值之污染物列為關切污染物，以問卷調查方式確認人體攝取污染食材比例與頻率，並透過污染食材分析關切污染物濃度，做為 HHRA 評估標的之一。此外同步進行底泥採樣與毒性試驗，做為生態風險評估標的之一。依此 3 層次之評估結果，當確認底泥污染對環境具有明顯的危害性或有立即整治之必要性時，再優選最適當的底泥污染整治工法與後續處理方式。

(2)污染來源及範圍調查

本階段主要針對具有危害或健康風險之區域，研擬調查計畫，進行可能污染來源與潛勢污染範圍之調查，並定義或找出污染行為人。

A.污染來源追蹤

以被判定風險評估結果達須進行污染來源追蹤的區域為起點，針對上游所有可能污染傳遞途徑(包含大排與幹渠)，進行全面性背景了解與調查。首先建立該區域以上範圍之所有可能污染行為人名單及其污染排放特性背景資料，並依據其可能之污染傳遞途徑，進行交叉比對，透過較密集之採樣分析，逐一過濾，進而找出污染行為人。

B. 潛勢污染調查範圍

污染範圍之界定，在無法了解範圍大小之前，一般皆由大範圍著手，以網絡劃分之方式，進行叢集式調查，並逐一縮小調查範圍，並以法規限值為邊界，以界定出受污染的範圍大小。

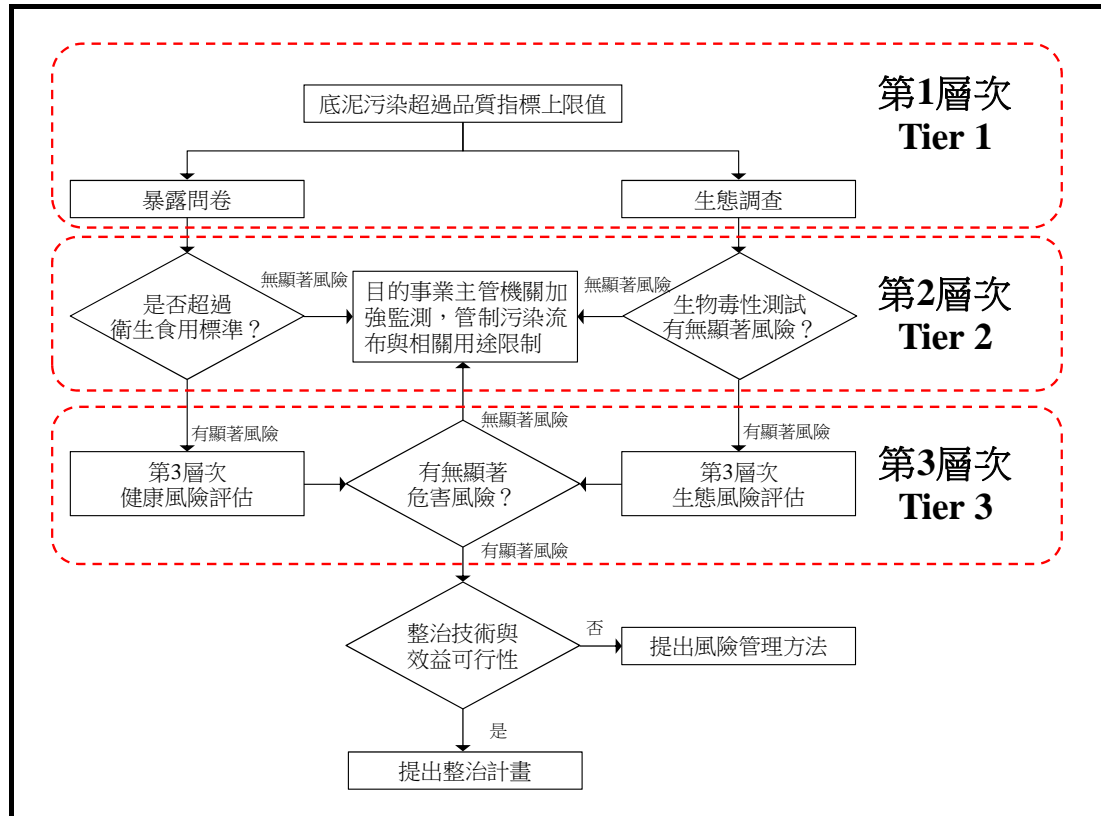


圖6.6-2 底泥污染對環境生態與人體健康風險評估流程

3. 整治評估

經「風險評估」之後，若該場址具有危害風險，則接續步驟是進行「整治評估」。整治評估階段，則應針對現有污染區域之污染特性，擬定整治計畫，其內容應包括施作範圍、整治目標訂定、清除或處置技術初選、移除時機、中間處理方式與限制、整治優先順序訂定、透過已建立之模式進行整治成效評估、及整治經費概估等。最後再依據上述評估是否具整治效益與其必要性。以下針對要評估流項目簡要說明：

(1) 整治目標訂定

整治目標的訂定，以達到法規要求之限值為主要原則。其使用之方式無論採用物理法、化學法或生物處理法等，應使該受污染區域之底泥品質指標達到法規限值以下，並無對水體生態或環境造成危害影響。訂定整治目標後，可初選合適的整治方法，據以進行後續的整治成效評估。

(2) 整治成效評估

整治計畫最後應透過已建立之模式，進行計畫成效之評估。模式應用可在初期方案優選時，成為評估及量化方案成效最好的工具，並在方案確認後，依據現場施作及檢測數據，推估或預測整治成果對承受水體之影響。

4. 整治措施

當場址經前述評估流程，認為具危害風險，且亦具有整治效益與其必要性，則將進行整治工作。然初選的整治措施，將再進一步詳細評估優選。包含現地處理、離境處理、或回收再利用。分別說明如下：

(1) 清除或處置技術評估與優選

國內外目前針對底泥之清除與處置方式，若以處理位置來分，可分為現地處理與離境處理二大類，在處理程序上，則區分為物理處理、化學處理與生物處理 3 大類。在處理位置部分，若場址空間及條件允許，則可以採用現地處理方式，但仍有許多污染底泥整治所須處理的範圍很大，在受限於場址其他活動下，須將底泥移除運送至適當的地點進行離境處理，再行棄置作業或後續資源處理，相關流程如圖 6.6-3 所示，相關處理程序之優缺點分析與前處理需求如表 6.6-2、表 6.6-3 所示。

採用底泥離境處理時，應先經由謹慎的疏濬作業，預防來自於底泥在疏濬工程所引發的再懸浮作用而造成的污染，若為減少處理量，可將底泥經由脫水、篩分等底泥調理與前處理程序，減少待處理污染底泥之重量與體積，最後再依照底泥特性與污染物種類，選用適當的方法加以處理。此方式不須考量現場水文特性，施工的空間亦較現地處理寬大，因此技術應

用的彈性較大。此外，因底泥污染通常包含不只 1 種污染物質，為降低污染處理成本並避免二次污染的情形，應導入整治列車的概念，作為評估底泥污染處理技術之考量。整治列車的概念於 1955 年由美國環保署所提出，係指整合各種處理技術之操作條件與最適處理污染物等優點與特性，進行一系列的處理程序，有效處理大範圍、多重污染物之底泥，補單一整治技術之不足。

(2)回收再利用評估

處置後的底泥，應考量其後續回收再利用之可能性，依經濟部水利署 97 年「淡水河系河底淤泥分布探討及再利用可行性評估」中，針對水庫淤泥所進行之再利用應用分類及範例，供後續整治計畫提出時之參考。詳如表 6.6-4 所示。

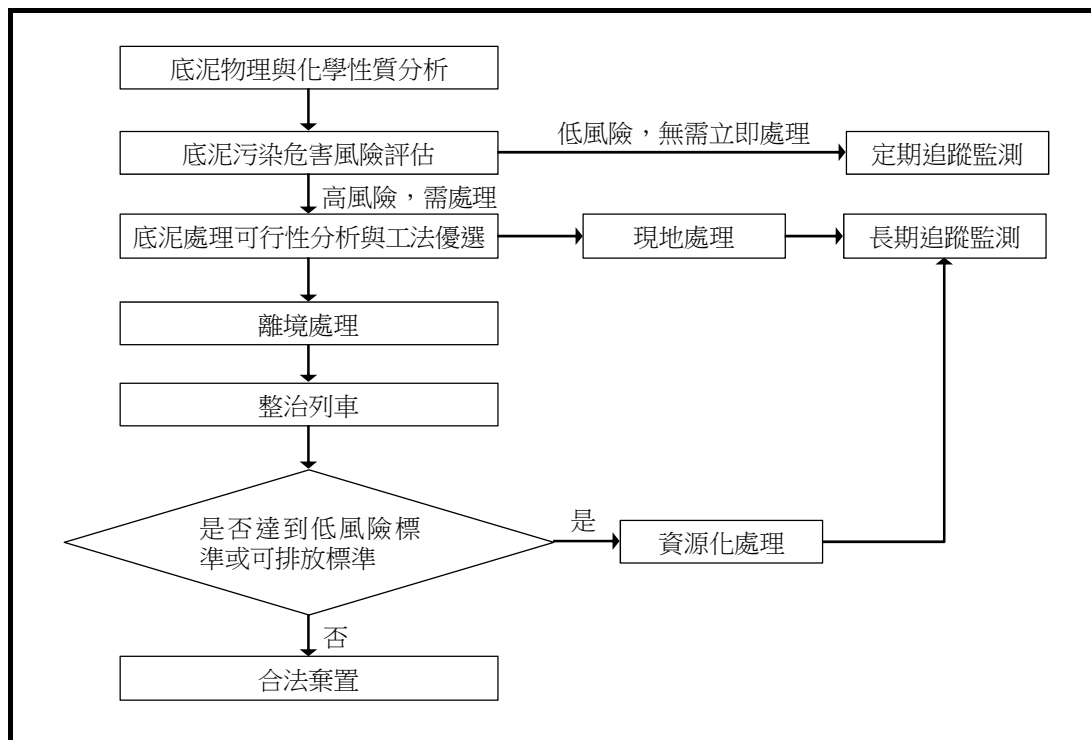


圖6.6-3 底泥污染整治技術評估流程

(3)相關管制措施

在底泥相關管理方案中，管制措施為相當重要的軟體建設，包括相關管制規定、標準及污染源頭控制策略等，各種的整治計畫皆需符合管制規定與標準，並透過源頭控制策略，方可使整治計畫成效得以持續下去。其相關管制措施說明如下：

A.水體使用管制：

風險評估結果顯示具明顯或立即的風險時，所應發布禁漁或親水之限制措施，若有透過人體接觸可能產生的風險高於限值，則由目的事業主管機關，公告執行禁止親水活動，若食用漁獲之風險高於限值，則由農業或衛生主管機關，公告及執行禁漁、養殖，並統一由地方環保主機關督導。

B.污染來源管制：

污染行為人或地面水體改善，地方環保主管機關確認污染來源並管制或督導改善，環保署則協助確認及管制污染源相關工作。

C.疏濬水體污染底泥處理處置：

依規劃之處理處置，由適合之法規及管制，如海洋棄置法、土水法、廢棄物清理法、資源再利用法等。

表 6.6-2 現行底泥處理技術說明彙整表

分類	方法	簡要說明
現地處理	水下覆蓋法	以一層或數層地質材料作為污染物的遮蓋物，目的是切斷污染物進入食物鏈的途徑，達成隔離污染物的目的。
	生物處理法	以促成生物生長所需的條件，藉由生物生長的代謝作用直接或間接的將污染物分解、去毒化(Detoxification)、固定化或安定化等方式完成整治工作。 此法對於有機污染物的整治有一定的功效，但對於重金屬污染的整治則不建議使用，因為重金屬藉由生物處理後無法消滅，整治後仍須以其他方法移除或固定化。
	化學處理法	以化學的方式分解有機污染物、氧化還原的方式將非金屬無機物轉變成無害的形式、以氧化還原的方式將重金屬污染物安定化或固定化。此法亦可同時降低磷的移動性，同時提升上層流動水的水質。
離境處理	生物處理法	對於有機污染物的分解有效，重金屬的整治則較無效果。生物反應器(Bioreactor)與一般好氧活性污泥槽、厭氧發酵槽技術相同，將底泥送入反應器後依照污染物特性與原生微生物相選用適當的技術。
	翻土法 (Landfarming)	適用於底泥含黏土量較低的有機污染物處理，同時處理場址的地下水位較低，不會因為大雨而將處理場積水。處理原理在於藉由翻土將氧氣帶入半乾的底泥中，引發好氧菌的異化作用(Dissimilation)而分解有機污染物。
	植生法 (Phytoremediation /phyto-extraction)	在處理場區遍植植物作為整治的方法，特別針對重金屬污染的底泥有一定的功效。除了底泥污染物的特性外，植物種類的選擇亦決定整治成效。不同種類的植物對於重金屬的耐受度不同，吸收能力亦不同，吸收的重金屬積存的部位也不同。一般來說，植生整治法的時間長，對於銅和鋅的整治可能需要幾百年才可能原污染量 50 % 的金屬移除(Hansen, 2004)。
	固化處理法	最常見的方法是燒結產生磚塊。底泥在經過初步脫水後，參以一定比例的黏土，在高溫的製磚過程中將底泥燒結成磚塊，磚塊經過 TCLP 測試安全後，可用於建物的基礎建築。
	焚化處理法	主要用於含鹵有機物和難分解有機毒化物，如 PCBs、戴奧辛等。此法利用高溫將有機物完全氧化，並將其他無機物一同氧化完全。焚化灰渣可混入其他底泥進行固化作用，或是將灰渣再製成水泥原料。

表 6.6-3 現行底泥處理技術之適用性分析

分類	技術	先決條件	優點	缺點	處理需求
現地處理技術	固定化/穩定化 (Stabilization/ Stabilization treatment)	適用於有毒之無機性污染物質之處理方法	添加反應試劑使污染底泥固定化，避免底泥流動或遷出	反應試劑放置的不確定性、腐蝕問題、需長期監控，無法去除污染物質且可能產生有毒副產物	藉不同污泥調質方式，探討污泥基本物化特性之變化，去除影響後續固化之干擾因子，提高固化效率
	生物處理法 (Biological treatment)	處理效率受高有機物濃度、氧氣不足、缺乏營養源及低溫等影響	可有效處理有機物	無法完全移除無機物，環境氧氣不足，不適合使用好氧處理法，微生物與底泥之間難均勻混合	溫度 40%-50 %，pH 值在 4.5-8.5 範圍內，近飽和溶氧量約為 8 mg/L，營養源 C:N:P 比例由 100:10:1 至 100:1:0.5
	化學處理法 (Chemical treatment)	先將化學藥劑注入與污染物質接觸反應後處理底泥毒性	具備有處理時間短、方便性高、效果佳等	產生有毒副產物，反應試劑與底泥難均勻混合	-
離境處理技術	生物處理法 (Biological treatment)	適用於含有適當水份，可被生物分解之有機污染物質如氯化物及酯	污染底泥經由微生物的降解作用而礦化或穩定無害之產物，而不似物理處理技術僅將其作用之轉移，且其具經濟性	金屬污染底泥因不易分解而去除效果不佳，且其轉移速率慢	-
	脫氯法 (Dechlorination)	若脂肪性有機物或金屬無機物存在會影響處理效率	可有效處理氯化苯類污染底泥	對於高濃度污染底泥無法處理	於 Batch 反應器中加熱並混合受污染土壤、污泥或鹼性的氫氧化金屬 PEG 試劑，形成均勻的 Slurry
	溶劑萃取法 (Solvent extraction)	所使用萃取劑類別的選取及回收，使用單一溶劑效果較佳	可處理多氯聯苯(PCBs)、揮發性化合物及鹵化溶劑等	當不能有效萃取無機物及金屬時，則需經多道萃取程序以達高處理效率	處理性測試決定哪一種溶劑，或結合不同溶劑對特定污染底泥最合適
	土壤淋洗法 (Soil washing)	溶劑經淋洗後回收，適用於透水性良好的土壤可得最佳的處理效果	處理脂溶性金屬物、鹵化溶劑、芳香族有機物、多氯聯苯及農藥	不能有效處理無機物如淤泥與黏土、或高鹼性含量之底泥	-
	熱解用法 (Thermal desorption)	牽涉底泥的轉移與被破壞過程，必須以系統或整個程序的觀點加以衡量	可處理有機物、某些無機物、鹵化化合物及高濃度污染底泥，進行有機物分離	底泥重金屬或形成硬質底泥，會降低其處理效率	將土壤去雜物並破碎，接著混合砂粒，使土壤顆粒尺寸均勻以利後續去除
	固定化/穩定化 (Stabilization/ Stabilization treatment)	需使用適當穩定劑及混合比例	含無機物與金屬之底泥	過程會增加最終底泥的腐蝕環境的條件會影響長期穩定之污染底泥	藉不同污泥調質方式，探討污泥基本物化特性之變化，去除影響後續固化之干擾因子，提高固化效率
	熱處理法 (Thermal treatment)	底泥顆粒顆粒大、低水含量、高熱值、不含揮發性金屬等特性	處理鹵化及非鹵化揮發性化合物、半揮發性化合物、多氯聯苯、農藥及莰與辛	對金屬污染底泥和揮發性金屬如鉛及汞或非揮發性金屬如鎘及鉍均無法用此技術破壞去除	土壤加熱至一定溫度，使有害化學物質蒸發，使用特別設備控制溫度及收集空氣中有毒氣體，消除受污染底泥之前，澆水冷卻抑制副產

表 6.6-3 現行底泥處理技術之適用性分析(續)

補充處理技術	技術	先決條件	優點	缺點	前置需求
	溶劑萃取法 (Solvent extraction)	所使用溶劑有難度的回收及回收、使用單一溶劑效果差	可處理多環芳烴(PCBs)、揮發性化合物及鹵化溶劑等	當不能有效萃取無機物及金屬時，則需要多步萃取以達高處理效率	處理前應先決定那一種溶劑，或結合不同溶劑將特定污染物合適
	土壤清洗法 (Soil washing)	溶劑難回收與回收、施用於透水性好的土壤可得最佳的處理效果	處理溶解性金屬物、鹵化溶劑、芳香族有機物、多環芳烴及農藥	不能有效處理吸附劑如淤泥與粘土、或高固相含量之底泥	-
	熱脫附法 (Thermal desorption)	揮發性的轉移與環境混合，必須以系統與整個目的範圍加以覆蓋	可處理疏離、非離性溶劑、疏離化合物及疏離性底泥，進行有機物分離	底泥需先預處理以減少底泥，會降低處理效率	將土壤去雜物並破碎，接著混合砂粒，使土壤顆粒大小均可以利便去除
	固定化/穩定化 (Stabilization/Solidification treatment)	需使用適當穩定劑及混合比例	含無機物與金屬之廢棄物	適當增加無機物的體積環境的條件會影響到固定之污染物質	藉不同技術與方式，探討污染基物特性與穩定化，去除了影響後續固定之干擾因子，提高固定效率
	熱處理法 (Thermal treatment)	操作需要設備大、低含水量、高熱值、不含揮發性金屬等特性	處理鹵化及非鹵化揮發性化合物、半揮發性化合物、多環芳烴、農藥與農藥	重金屬污染物與難溶性金屬如鉛及汞或溶解性金屬如鎳及鉻等無非用此技術無法去除	土壤需經一定溫度，使有害化學物質蒸發，使用附設捕捉器捕捉並收集空氣中有毒氣體，消除受干擾停止之前，灑水令即能形成

表 6.6-4 底泥回收再利用說明表

分類	說明	應用範例
1.填方材料	用於掩埋與填地、填海造陸、以及人工養灘等方面，因所需之填方量甚鉅，為處理底泥去處的最佳方案之一	填高農地、山溝、低窪地及建地填築
2.建築材料	根據其顆粒大小、組成及物化特性等等，可與其他物料混合做成建築所需之骨材，主要可區分為直接作為建築骨材、燒結製成水泥原料、製磚原料、以及輕質骨材等四種。	高樓結構、大跨距橋面板、預鑄與預應力混凝土構件
3.水工材料	進行底泥固化處理或以底泥取代部分細粒料，或將底泥燒結成輕質骨材取代粗、細骨材後，再按混凝土配比製成混凝土塊	人工魚礁與消波塊
4.地工材料	同上述做法	護坡預鑄塊與噴漿砂料
5.環工材料	可透過燒結製成的輕質骨材，其具備質硬與物化性質穩定等特性，且型圓、輕質及較高吸水率，有助於提升過濾效果，降低濾程之水頭損失	可取代濾砂作為深床過濾填充濾料
6.農業材料	在確認已無害之狀態下，可添加泥炭土及蛭石後，加工成再利用之農業用土壤或養殖土	農業用土壤或養殖土

範例河川河段環境調查 7

行政院環境保護署

底泥污染來源及傳輸模式調查計畫－以重點河川為例

第七章 範例河川河段環境調查

7.1 調查河段篩選

本計畫旨在建立河川污染傳輸模式及研析水質與底泥品質之關聯性。因此篩選之範例河川的相關環境參數完整性就相對重要。基於前述計畫目的，分別將本計畫篩選原則說明如後。

一、調查目的與調查對象篩選原則

優先調查之河川（河段）應朝河川是否具有足夠的底泥量提供研究調查、河道整治工程及水理狀況、避免重複投資、底泥及水質污染相關性等四大原則進行篩選，因此本計畫擬定之優先調查河川篩選原則簡要說明如下：

1. 河床底泥量是否充足：若河床底泥量過少，或分布河段長度較短，較不適合，建議優先考量河床具有適量底泥可提供本計畫採樣調查之河川。
2. 河道整治工程評估：優先考量無大型河道整治工程之河川，若有大型人工構造物或整治工程改變河道水理狀況，容易妨礙調查及評估進行，例如河川部分河段上部加蓋、主河道截流或全面清淤而使水流中斷等狀況。
3. 避免重複投資：排除與 貴署執行中底泥調查計畫相同之河川。
4. 底泥與水質污染情形評估：於排除前述條件後之河川名單中，篩選出底泥重金屬濃度達到我國底泥品質指標上限值之河川，續評析底泥及水質污染狀況，將底泥重金屬污染較嚴重，且水質重金屬污染項目與底泥污染項目相同者為優先調查河川。

二、篩選對象

依據本計畫合約內容，評析對象為國內 11 條重點整治河川，由北至南依序為：1.淡水河（大漢溪、新店溪、基隆河、淡水河本流）、2.南崁溪、3.老街溪、4.濁水溪、5.新虎尾溪、6.雲林北港溪、7.急水溪（急水溪、六重溪）、8.鹽水溪（鹽水溪、潭頂溪）、9.二仁溪（二仁溪、三爺溪）、10.阿公店溪、11.愛河。

三、篩選結果說明

依據篩選原則綜合分析前述 11 條重點整治河川底泥與水質之歷史調查結果說明如下：

1.篩選原則 1：評估河床底泥量是否充足

現場踏勘評估河床是否有適量底泥可供本計畫進行採樣調查。依據現勘結果，因底泥量過少不適合作為本計畫研究對象之河川為南崁溪及老街溪（現勘照片如圖 7.1-1～圖 7.1-2 所示）。

南崁溪及老街溪河床底質以卵礫石質地為主，至接近出海口河段方有砂質沉積，因具有底泥之河段較短，且底泥量較少，故不適合作為本計畫研究對象。

2.篩選原則 2：優先考量無大型河道整治工程之河川

優先考量無大型河道整治工程之河川，已知有相關工程可能大幅度改變水理條件或改變河道者不適合，例如河道截流、上部加蓋或整治疏濬工程等。因本項因素不適合作為調查對象之河川為老街溪及阿公店溪。

老街溪下游進入中壢市區後原為加蓋河段，桃園縣政府 100 年度進行「老街溪河川整治及景觀改造工程」進行加蓋段拆除、堤防護岸整建、渠底改善及污水截流等工程，其中下游加蓋段之開蓋工程於 100 年 3 月 16 日開工，整體工程預計 101 年底完工。因老街溪開蓋及整治工程施工期間與本計畫執行期間重疊，故不適合做為調查對象。

阿公店溪上游為阿公店水庫，為利排洪，每年定期疏浚，暫不列入本計畫研究對象。

3.篩選原則 3：避免重複投資之考量

考量 貴署「99 年至 101 年底泥品質管理計畫」之調查對象已包含二仁溪，故不建議將二仁溪作為本計畫優先調查對象。

4.篩選原則 4：底泥重金屬污染情形評估

依前三項篩選原則排除不適合作為優先調查對象（南崁溪、老街溪、二仁溪及阿公店溪）後，彙整其餘 7 條重點河川近 10 年（90 年至 99 年）之底泥品質狀況進行底泥污染情形分析。

首先分析各河川底泥任一項重金屬濃度達到我國底泥品質指標上限值之比例，以得底泥重金屬危害風險偏高之河川名單，分析結果如表 7.1-1 所示，前三名依序為大漢溪、鹽水溪及新店溪。

另分析重點河川所有底泥樣品各項重金屬濃度達到底泥品質指標上限值之比例，以得關切污染物，分析結果如表 7.1-2 所示。超過上限值比例最高之重金屬為銅，故設定銅為底泥關切污染物項目。各河川底泥總銅超過底泥品質指標（草案）上限值之比例分析結果如表 7.1-3（超過下限值比例分析結果如表 7.1-4），前三名依序為大漢溪、鹽水溪及愛河。

5.篩選原則 5：水質重金屬污染情形評估

由於水之移動性及變化速度遠大於底泥，且調查資料亦較豐富，故水質污染情形以檢視近期水質污染情形較為適合。本計畫彙整各河川近一年（99 年度）水質調查資料，檢視水中總銅（關切污染物）濃度，評估水質與底泥污染之相關性如表 7.1-5 所示，由表中資訊可知水中銅濃度偏高之河川前三名分別為大漢溪、基隆河及鹽水溪。

四、綜合評估結果

11 條重點河川經篩選原則 1~篩選原則 3 後，排除二仁溪、南崁溪、老街溪、阿公店溪等四條河川的優先性。剩下 7 條河川(淡水河、濁水溪、新虎尾溪、北港溪、急水溪、鹽水溪、愛河)底泥品質及水質污染情形及排序結果如表 7.1-6 所示。由篩選原則 4 及篩選原則 5，可知大漢溪之底泥重金屬污染程度，為 7 條重點河川中較相對較高者，而水質污染項目又與底泥關切污染項目符合，故將大漢溪列為本計畫建議優先調查對象。另考量淡水河本流位於大漢溪及新店溪匯流後下游，將承接大漢溪及新店溪所帶入之污染物，故將調查範圍延伸至淡水河本流之重陽大橋河段，提高本計畫調查成果之完整性。

	
橋梁名稱：大埔橋	橋梁名稱：榮興橋
	
橋梁名稱：大檜溪橋	橋梁名稱：大檜溪橋
	
橋梁名稱：南崁溪橋	橋梁名稱：南崁溪橋
	
橋梁名稱：龜山橋	橋梁名稱：新檜稽橋(東門溪)

圖7.1-1 南崁溪河床沉積物現勘照片

	
橋梁名稱：美都麗橋	橋梁名稱：平鎮一號橋
	
橋梁名稱：洽溪橋	橋梁名稱：北勢橋
	
橋梁名稱：許厝港一號橋	橋梁名稱：隘寮橋
	
橋梁名稱：環鄉橋	橋梁名稱：環鄉橋

圖7.1-2 老街溪河床沉積物現勘照片

表 7.1-1 歷年調查底泥任一項重金屬濃度達底泥品質指標比例

河川名稱		統計資料 年份	調查數 量總計	權重 ^{*1} (依調查 數量)	任一項重金屬達下限值 ^{*2}			任一項重金屬達上限值 ^{*2}		
					數量	比例 (%)	排序	數量	比例 (%)	排序
淡水河	大漢溪	95、97、 98、99	76	0.2027	66	17.6%	2	22	5.9%	1
	新店溪	94、96、 97、98、 99	58	0.1547	40	10.7%	4	6	1.6%	4
	基隆河	95、97、 98	74	0.1973	62	16.5%	3	4	1.1%	6
	淡水河本流	94、96、 97、98、 99	73	0.1947	66	17.6%	1	14	3.7%	2
濁水溪		98	6	0.0160	6	1.6%	9	0	0.0%	9
新虎尾溪		98	6	0.0160	6	1.6%	9	0	0.0%	9
北港溪		91、93	17	0.0453	17	4.5%	6	2	0.5%	8
急水溪	急水溪	94、98	18	0.0480	9	2.4%	7	0	0.0%	9
	六重溪	98	2	0.0053	2	0.5%	12	0	0.0%	9
鹽水溪	鹽水溪	91、97、 98	33	0.0880	27	7.2%	5	11	2.9%	3
	潭頂溪	97、98	4	0.0107	3	0.8%	11	2	0.5%	7
愛河		98	8	0.0213	8	2.1%	8	5	1.3%	5

註：1.因各河川間歷史調查資料數量差異較大，故先以各河川樣品數佔總樣品數量比例求得各河川權重，再將任一項底泥種金屬達下限值及上限值比例分別乘以權重。即，河川權重=各河川底泥資料數量÷資料總數。

2.各河川權重

3.各河川任一項重金屬達上/下限值比例%=該河川底泥任一項重金屬超過上/下限值資料數量÷該河川總底泥資料數量×該河川權重×100%。

表 7.1-2 歷年調查底泥重金屬濃度達底泥品質指標比例

項目	達到下限值比例 (%)	達到上限值比例 (%)	達到下限值比例 (%)-排序	達到上限值比例 (%)-排序
總鉛(mg/kg)	14.7%	1.3%	6	6
總鎘(mg/kg)	43.7%	0.7%	1	7
總鉻(mg/kg)	14.7%	3.1%	7	4
總銅(mg/kg)	38.1%	13.6%	4	1
總鋅(mg/kg)	39.5%	5.8%	3	3
總砷(mg/kg)	12.0%	0.5%	8	8
總汞(mg/kg)	34.1%	6.8%	5	2
總鎳(mg/kg)	42.1%	2.7%	2	5
總銀(mg/kg)	0.0%	0.0%	9	9

註：

1. 統計河川僅包含淡水河（大漢溪、新店溪、基隆河、淡水河本流）、濁水溪、新虎尾溪、雲林北港溪、急水溪（急水溪、六重溪）、鹽水溪（鹽水溪、潭頂溪）、愛河。不含南崁溪、老街溪、二仁溪（二仁溪、三爺溪）、阿公店溪。
2. 將達到上限值比例最高之銅設定為關鍵污染物。

表 7.1-3 歷年調查底泥各項重金屬達品質指標上限比例

河川名稱		各項重金屬濃度達到上限值比例(%)									合計*	排序
		總鉛 (mg/kg)	總鎘 (mg/kg)	總鉻 (mg/kg)	總銅 (mg/kg)	總鋅 (mg/kg)	總砷 (mg/kg)	總汞 (mg/kg)	總鎳 (mg/kg)	總銀 (mg/kg)		
淡水河	大漢溪	0.00%	0.00%	0.31%	5.53%	1.54%	0.00%	0.31%	1.54%	0.00%	9.21%	1
	新店溪	0.00%	0.00%	0.00%	1.16%	0.77%	0.00%	1.16%	0.00%	0.00%	3.09%	5
	基隆河	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.27%	0.00%	0.00%	1.27%	6
	淡水河本流	0.30%	0.00%	0.00%	2.95%	1.18%	0.00%	1.77%	0.30%	0.00%	6.49%	3
濁水溪		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	9
新虎尾溪		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	9
北港溪		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.53%	0.00%	0.00%	0.00%	0.53%	8
急水溪	急水溪	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	9
	六重溪	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	9
鹽水溪	鹽水溪	0.33%	0.65%	2.28%	2.61%	0.98%	0.00%	0.98%	0.33%	0.00%	8.15%	2
	潭頂溪	0.71%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.71%	7
愛河		0.00%	0.00%	0.53%	1.33%	1.33%	0.00%	1.33%	0.53%	0.00%	5.06%	4

註：分別計算各項污染物達到底泥品質指標上限值之比例後，再加以合計。

表 7.1-4 歷年調查底泥各項重金屬達品質指標下限比例

河川名稱		各項重金屬濃度達到下限值比例(%)									合計*	排序
		總鉛 (mg/kg)	總鎘 (mg/kg)	總鉻 (mg/kg)	總銅 (mg/kg)	總鋅 (mg/kg)	總砷 (mg/kg)	總汞 (mg/kg)	總鎳 (mg/kg)	總銀 (mg/kg)		
淡水河	大漢溪	1.87%	5.07%	2.13%	12.00%	8.00%	0.00%	4.27%	12.80%	0.00%	46.14%	2
	新店溪	2.40%	5.87%	1.33%	4.53%	5.33%	0.00%	5.60%	3.20%	0.00%	28.27%	4
	基隆河	2.93%	6.93%	0.80%	3.47%	7.73%	1.60%	9.33%	12.80%	0.00%	45.59%	3
	淡水河本流	4.80%	10.40%	5.60%	13.34%	11.47%	4.53%	11.47%	4.53%	0.00%	66.14%	1
濁水溪		0.00%	1.33%	0.00%	0.00%	0.00%	0.53%	0.00%	1.60%	0.00%	3.47%	9
新虎尾溪		0.00%	1.60%	0.00%	0.27%	0.80%	0.53%	0.00%	1.60%	0.00%	4.80%	8
北港溪		0.00%	3.73%	0.00%	0.00%	0.80%	0.80%	0.53%	0.00%	0.00%	5.86%	7
急水溪	急水溪	0.00%	0.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.80%	0.00%	1.60%	0.00%	3.20%	10
	六重溪	0.00%	0.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.53%	0.00%	0.53%	0.00%	1.33%	11
鹽水溪	鹽水溪	0.80%	5.60%	3.47%	2.67%	3.47%	1.33%	1.60%	1.07%	0.00%	20.00%	5
	潭頂溪	0.54%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.27%	0.00%	0.27%	0.00%	1.07%	12
愛河		1.33%	2.13%	1.33%	1.86%	1.86%	1.07%	1.33%	2.13%	0.00%	13.05%	6

註：分別計算各項污染物達到底泥品質指標下限值之比例後，再加以合計。

表 7.1-5 各流域水質重金屬濃度最大值一覽表

河川名稱		水質重金屬濃度最大值						銅最大值排序 (關切污染物)
		鉛(mg/L)	鎘(mg/L)	銅(mg/L)	鋅(mg/L)	砷(mg/L)	銀(mg/L)	
環境基準		0.1	0.01	0.03	0.5	0.05	0.05	
淡水河	大漢溪	0.006	ND	0.140	0.624	0.003	0.004	1
	新店溪	0.011	ND	0.010	0.048	0.004	0.003	10
	基隆河	0.010	ND	0.026	0.063	0.002	0.005	3
	淡水河本流	0.009	0.002	0.063	0.117	0.005	0.004	2
濁水溪		0.016	ND	0.011	0.088	0.006	ND	9
新虎尾溪		0.032	ND	0.015	0.073	0.016	ND	6
北港溪		0.010	ND	0.014	0.085	0.015	ND	7
急水溪	急水溪	0.083	0.007	0.018	0.053	0.039	0.001	5
	六重溪	—	—	—	—	—	—	—
鹽水溪	鹽水溪	0.023	ND	0.020	0.057	0.027	0.002	4
	潭頂溪	—	—	—	—	—	—	—
愛河		ND	0.001	0.013	0.000	0.000	0.000	8

註：水質資料來源為行政院環境保護署全國環境水質監測資訊網，統計資料期間為 99 年 1-12 月。本計畫於 100 年度進行調查對象評估，故篩選用之水質資料使用 99 年度。

表 7.1-6 優先調查河川綜合評估結果

河川名稱		底泥			水質	平均值	建議優先調查次序
		任一項重金屬達上限值比例排序	各項重金屬濃度達上限值比例排序	銅濃度達上限值比例排序	銅濃度最大值排序		
淡水河	大漢溪	1	1	1	1	1.0	1
	新店溪	4	5	5	10	6.0	6
	基隆河	6	6	6	3	5.3	4
	淡水河本流	2	3	2	2	2.3	2
濁水溪		9	9	6	9	8.3	12
新虎尾溪		9	9	6	6	7.5	10
北港溪		8	9	6	7	7.3	8
急水溪	急水溪	9	8	6	5	7.3	8
	六重溪	9	9	6	—	8.0	11
鹽水溪	鹽水溪	3	2	3	4	3.0	3
	潭頂溪	7	7	6	—	6.7	7
愛河		5	4	4	8	5.3	4

註：優先調查河川建議為大漢溪至淡水河本流之重陽橋河段。

7.2 大漢溪環境背景分析

本計畫設定調查河段起點為大漢溪鳶山堰以下，調查河段終點為淡水河本流重陽橋，以下說明該調查區域環境背景。

一、流域概況

大漢溪、基隆河及新店溪為淡水河三條主要支流，大漢溪為其中最長的一條，主流全長約 135 公里，流域面積約 1,163 平方公里。大漢溪發源於品田山北麓（標高 3,529 公尺）與大霸山之間，在上游桃園縣境內建有石門水庫供應公共給水及灌溉用水。在鳶山堰附近由桃園縣流進新北市，鶯歌溪及三峽河為鳶山堰以下之主要支流。大漢溪流進新北市後沿途流經三峽、鶯歌、樹林、土城、新莊、板橋及三重等地區，至板橋江子翠附近與新店溪匯流而成淡水河本流（全長約 24 公里），本流往北至關渡再與由東向西流之基隆河匯流，最後在新北市淡水區油車口附近流入臺灣海峽。

二、水資源利用概況

1. 公共給水

大漢溪流域流域內「自來水水質水量保護區」及處「飲用水水源水質保護區」劃定公告如表 7.2-1 所示。中游板新淨水場（鳶山堰取水口）設於民國 65 年，設計出水量為 120 萬立方公尺，供給公共用水及工業用水；主要供應新北市淡水河流域左岸各鄉鎮以及桃園縣、新竹縣部分鄉鎮共約 160 萬人之自來水水源，95%以上用於家庭用水，約 2%用於工業用水。

2. 工業用水

本計畫之工業用水主要指製造業用水。大漢溪流域內較具規模工廠大部份分布於土城、樹林地區及淡水河本流之新莊、五股及三重地區，這些分布於市區內的工廠，早期大量抽取地下水造成臺北盆地地層下陷，經管制抽取地下水後已逐漸改用自來水。

3.農業用水

農業用水包括農田灌溉、養殖與畜牧三項。農田灌溉發展最早，亦為最大的用水事業。臺灣地區的水稻灌溉方式係採淹水法，田間滲漏損失為影響用水量的主要因素。大漢溪農業用水除少部分農田抽取地下水灌溉外，其餘皆由農田水利會之灌溉渠道引水灌溉，大漢溪流域共計有石門及桃園等兩個水利會，均位於較上游河段。

表 7.2-1 大漢溪流域已公告水源水質水量保護區一覽表

序號	公告類別	劃設機關	保護區名稱	水體分類	劃設面積	公告日	公告文號
1	飲用水水源水質保護區	環保署	石門水庫	甲	55,923.80 (公頃)	89/04/29	(89)環署中字第 0008601 號
2	自來水水質水量保護區	台灣省政府	板新給水廠水質水量保護區	乙	88 (平方公里)	69/10/22	(69)府建四字第 107715 號
3	自來水水質水量保護區	台灣省政府	石門水庫水質水量保護區	甲	766.86 (平方公里)	69/11/18	(69)府建四字第 107791 號
4	飲用水取水口	台灣省	板新鳶山堰	乙	446.35 (公頃)	88/06/21	八八府環五字第 141146 號

資料來源：

- 1.行政院環保署（www.epa.gov.tw）。
- 2.經濟部水利署，自來水水質水量保護區縮編政策評估說明書，民國 92 年 12 月。
- 3.行政院公報資訊網，<http://gazette.nat.gov.tw/egFront/index.jsp>。

三、氣象及水文

大漢溪及淡水河本流位於亞熱帶氣候區，冬季盛行東北季風，因受大陸冷氣團影響，冬季長降雨；夏季盛行西南季風，多降陣雨。依流域內具代表性之臺北氣象站觀測資料可概略將本區域之氣象整理如表 7.2-2 所示。本計畫區平均年降雨量約 2,489 毫米，平均年降雨日數為 165.5 天，降雨主要集中在 5 月至 10 月（雨季），尤其颱風期間常降豪雨；乾季為每年 11 月至翌年 1 月；2 月至 4 月受梅雨影響，屬於濕季。由降雨監測結果統計可大致將每年 5 月至 10 月界定為豐水期，而每年 11 月至翌年 4 月則為枯水期。

河川水文方面，經濟部水利署第十河川局於大漢溪設置 3 處流量測站，分別為三鶯橋、三峽（2）、橫溪，於淡水河本流則未設流量站。各測站之記錄時間及歷年月平均流量監測結果如表 7.2-3 所示。大漢溪於三峽河匯入後河段之年平均流量約為 20.0 CMS（以三鶯橋、橫溪及三峽（2）等三處流量監測資料合計而得）。

表 7.2-2 臺北地區氣象資料統計（民國 87～100 年）

月	平均溫度 (°C)	相對濕度 (%)	降水量 (mm/月)	氣壓 (百帕)	降水日數 (天)	日照時數 (小時)
1 月	16.3	79.1	93.0	1020.2	14.4	74.5
2 月	17.2	79.6	149.5	1018.5	12.5	81.1
3 月	18.8	77.2	156.5	1016.3	13.9	97.3
4 月	22.2	75.7	166.0	1013.1	15.1	100.9
5 月	25.5	75.3	227.6	1008.9	14.5	121.6
6 月	27.9	76.8	345.3	1006.0	16.1	116.5
7 月	29.9	71.8	208.6	1004.9	12.6	177.5
8 月	29.5	73.6	340.7	1005.1	14.6	192.0
9 月	27.7	75.0	398.0	1008.0	13.8	157.7
10 月	24.7	75.5	209.2	1013.6	13.1	114.6
11 月	21.8	76.1	104.5	1017.0	13.1	92.6
12 月	18.2	75.8	89.7	1020.0	11.9	87.7
春	19.4	77.5	157.3	1016.0	13.8	93.1
夏	27.7	74.7	261.7	1006.6	14.4	137.6
秋	27.3	74.7	316.0	1008.9	13.8	154.8
冬	18.7	77.0	95.7	1019.1	13.2	84.7
月均值	23.2	76.0	206.8	1012.7	13.8	117.2
年均值	—	—	2488.5	—	165.5	1414.1

註：春季（2～4 月）、夏季（5～7 月）、秋季（8～10 月）、冬季（11～1 月）。

資料來源：中央氣象局網頁，民國 87 年 1 月～100 年 12 月，本計畫彙整。

表 7.2-3 大漢溪各流量站歷年月平均流量（CMS）統計

流域		大漢溪			合計
河川		大漢溪	三峽河		
測站名稱		三鶯橋	三峽河	橫溪	
歷年 月平均流量 (cms)	一月	6.6	2.6	2.2	11.4
	二月	0.4	2.8	2.7	5.9
	三月	6.5	6.4	4.7	17.6
	四月	0.8	5.2	2.5	8.5
	五月	0.3	4.9	2.7	7.9
	六月	1.6	7.1	4.0	12.7
	七月	7.9	19.2	6.6	33.7
	八月	1.8	22.9	11.9	36.6
	九月	0.9	45.9	14.8	61.6
	十月	0.7	11.5	8.2	20.4
	十一月	0.3	5.2	4.3	9.8
	十二月	0.4	1.1	1.3	2.8
歷年平均流量		2.5	11.9	5.6	20.0

註：大漢溪流量站三鶯橋於 95 年起停止測定流量。

資料來源：水利署第十河川局歷年流量資料，民國 90 年~100 年 9 月。

四、人口及生活污水處理率

根據民國 100 年 12 月各戶政事務所統計資料，大漢溪及淡水河本流涵蓋行政區人口統計如表 7.2-4。大漢溪及淡水河本流流域內總人口數約 308 萬人（大漢溪 158 萬、本流 150 萬），大漢溪人口大多分布於新北市轄區（忽略桃園縣部分），淡水河本流人口比例則為台北市 38%，新北市佔 62%。大漢溪以新北市板橋及新莊人口數（96 萬）最多，佔大漢溪人口 60.5%；淡水河本流以新北市三重區及台北市北投區人口最多，合計佔淡水河本流總人口數之 42.9%。

表 7.2-4 大漢溪及淡水河本流行政區人口統計

流域	縣市	鄉鎮市區	100/12 統計資料	
			總人口數	污水處理率(%)
大漢溪	新北市	板橋區	555,335	12.7%
		土城區	239,156	19.5%
		新莊區	404,089	42.1%
		樹林區	179,788	11.4%
		三峽區	105,629	54.8%
		鶯歌區	87,683	0.0%
		合 計	1,571,680	23.2%
	流域合計		1,571,680	23.2%
淡水河 本流	台北市	北投區	252,290	51.1%
		中正區	161,449	53.7%
		大同區	126,640	94.3%
		合 計	540,379	62.2%
	新北市	淡水區	146,756	16.3%
		八里區	35,423	36.7%
		蘆洲區	198,373	77.4%
		三重區	390,421	64.0%
		五股區	80,518	34.8%
		泰山區	77,057	0.0%
		合 計	928,548	49.6%
	流域合計		1,468,927	54.4%
大漢溪及本流合計			3,040,607	38.7%

資料來源：台北市民政局網頁、新北市戶政服務網，100/12 人口統計；本計畫彙整。

五、農業

大漢溪流域內仍有較大規模農業行為之區域為新北市新莊及土城，依 99 年度縣市統計要覽其農產收穫面積分別為 426 公頃及 417 公頃，其次為三峽（207 公頃）及石門（202 公頃）。

淡水河本流流域內較大規模農業行為之區域為新北市八里、五股及台北市北投區，依 99 年度縣市統計要覽其農產收穫面積分別為 856 公頃、678 公頃、1,246 公頃（北投區為耕地面積）。

石門區排出之農業廢水至大漢溪鳶山堰即被攔取（板新取水口），故其農業行為對下游河川環境影響較小。北投區農業廢水（回歸水）排入點約在淡水河本流右岸台北市關渡一代，位本計畫調查範圍下游外。

六、工業

彙整大漢溪及淡水河本流行政區工廠家數如表 7.2-5 及表 7.2-6 所示，由表可知工廠處要分布於新北市轄區；大漢溪流域內主要工廠行業別前三名為機械設備製造業、金屬製品製造業、塑膠製品製造業，集中分布於新北市之新莊、樹林及土城等三區；淡水河本流則為金屬製品製造業、機械設備製造業、塑膠製品製造業為大宗，集中分布於新北市之三重及五股一帶。

七、畜牧業

彙整大漢溪及淡水河本流行政區豬隻頭緒如表 7.2-7 所示，兩流域內豬隻頭數共計約 4 萬 3 千頭，其中 1 萬 6 千頭分布於大漢溪（集中於新北市樹林及三峽），2 萬 7 千頭分布於淡水河本流（集中於新北市八里及淡水）。

表 7.2-5 大漢溪行政區各行業別數量統計

行業別	99/12 事業家數						
	三峽	土城	板橋	新莊	樹林	鶯歌	合計
化學材料製造業	2	4	2	15	20	3	46
化學製品製造業	22	56	4	77	65	17	241
木竹製品製造業	5	16	2	9	19	5	56
皮革、毛皮及其製品製造業	1	4	6	15	0	0	26
石油及煤製品製造業	2	3	0	4	2	2	13
印刷及其輔助業	4	59	43	109	44	6	265
成衣服飾製造業	0	18	35	57	17	2	129
汽車及其零件製造業	4	26	7	56	63	15	171
其他運輸工具製造業	0	7	2	18	9	2	38
其他製造業	14	28	26	98	43	12	221
金屬製品製造業	28	235	41	891	701	76	1,972
非金屬製品製造業	12	19	3	14	33	267	348
食品製造業	17	68	33	88	83	23	312
家具及裝設品業	2	26	7	30	25	3	93
紙漿、紙及紙製品業製造業	11	28	13	32	26	15	125
紡織業	23	68	46	141	236	30	544
基本金屬工業	3	31	3	72	51	7	167
菸草業	0	0	0	0	0	0	0
飲料製造業	3	8	2	8	8	1	30
塑膠製品製造業	33	187	48	529	454	32	1,283
電力設備製造業	7	61	37	178	142	22	447
電子零組件業	17	95	49	147	223	19	550
電腦、電子產品及光學製品製造業	10	71	67	143	79	13	383
機械設備製造業	29	229	56	1,020	710	78	2,122
橡膠製品製造業	2	21	5	86	74	8	196
藥品製造業	4	3	0	5	2	0	14
行政區合計	255	1,371	537	3,842	3,129	658	9,796

資料來源：中華民國統計資訊網；本計畫彙整。

表 7.2-6 淡水河本流行政區各行業別數量統計

行業別	99/12 事業家數-新北市							99/12 事業家數-台北市				總計
	八里	三重	五股	泰山	淡水	蘆洲	合計	大同	北投	中正	合計	
化學材料製造業	0	7	5	4	3	0	19	0	1	0	1	20
化學製品製造業	5	39	25	7	22	6	104	1	4	2	7	111
木竹製品製造業	2	8	7	2	1	1	21	0	0	0	0	21
皮革、毛皮及其製品製造業	1	32	13	1	0	6	53	0	1	0	1	54
石油及煤製品製造業	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	2
印刷及其輔助業	1	99	45	7	2	11	165	17	2	4	23	188
成衣服飾製造業	0	79	27	4	6	4	120	8	2	1	11	131
汽車及其零件製造業	5	52	12	9	4	7	89	0	2	0	2	91
其他運輸工具製造業	4	3	8	4	3	1	23	1	0	0	1	24
其他製造業	11	89	42	19	15	17	193	0	2	1	3	196
金屬製品製造業	47	533	292	75	46	75	1,068	1	9	0	10	1078
非金屬製品製造業	19	12	10	5	22	3	71	0	3	0	3	74
食品製造業	9	82	70	14	29	8	212	4	10	1	15	227
家具及裝設品業	10	20	16	1	6	2	55	0	3	0	3	58
紙漿、紙及紙製品業製造業	3	27	21	5	4	2	62	0	0	2	2	64
紡織業	3	105	45	23	11	7	194	1	5	0	6	200
基本金屬工業	6	62	34	6	2	7	117	1	0	0	1	118
菸草業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
飲料製造業	0	4	2	0	2	0	8	0	0	0	0	8
塑膠製品製造業	25	259	168	71	49	56	628	5	4	1	10	638
電力設備製造業	4	151	63	14	25	14	271	6	12	0	18	289
電子零組件業	3	115	69	27	23	21	258	1	7	0	8	266
電腦、電子產品及光學製品製造業	7	201	103	24	28	11	374	0	9	0	9	383
機械設備製造業	40	599	220	94	38	51	1,042	9	6	0	15	1057
橡膠製品製造業	4	39	23	7	16	6	95	1	1	0	2	97
藥品製造業	0	5	2	0	7	1	15	1	2	1	4	19
行政區合計	209	2,622	1,323	423	364	318	5,259	57	85	13	155	5,414

資料來源：中華民國統計資訊網；本計畫彙整。

表 7.2-7 大漢溪及淡水河本流行政區豬隻頭緒統計

流域	縣市	鄉鎮 市區	100 年豬隻頭數			
			行政區合計	縣市合計	河川合計	總計
大漢溪	新北市	板橋區	603	16,073	16,073	43,551
		土城區	2,081			
		新莊區	1,625			
		樹林區	5,519			
		三峽區	4,454			
		鶯歌區	125			
		石門區	1,666			
淡水河 本流	台北市	北投區	1,289	1,289	27,478	
		中正區	0			
		大同區	0			
	新北市	淡水區	9,518	26,189		
		八里區	10,565			
		蘆洲區	0			
		三重區	1,010			
		五股區	1,609			
		泰山區	3,487			

資料來源：行政院農委會，100/11 統計資料；本計畫彙整。

7.3 底泥及水質調查

7.3.1 底泥及水質調查計畫

本計畫底泥及水質採樣主要目的為瞭解大漢溪及淡水河本流底泥物理及化學基本性質，並作為後續建置底泥與水質之污染傳輸模式之需求。以下分別就調查河段(大漢溪鳶山堰~淡水河重陽橋)之水質、底泥調查結果分別說明。

一、調查目的與內容

依合約要求，採樣作業須完成 80 組底泥、40 組水質水量調查，檢測項目與實際完成數量統計如表 7.3-1 及表 7.3-2 所示，各項目數量均達合約要求。

調查頻率共計 2 次，第 1 次調查於 100 年 12 月 21 至 101 年 1 月 11 日間執行，目的為背景調查；第 2 次調查於 101 年 5 月 25 至 6 月 7 日間執行，目的為取得模式建置所需參數；除合約規範數量外，考量模式建置及底泥污染傳輸評估需求，第 2 次底泥調查額外增加總磷（TP）、正磷酸根、鹼度（Alk）、氧化還原電位（OPR）、導電度（EC）、陽離子交換容量（CEC）之分析，水質調查將額外增加總有機碳（TOC）、正磷酸根、鹼度（Alk）、氧化還原電位（OPR）之分析，以強化本計畫執行成果。

各項檢測方法及品保目標如表 7.3-3~表 7.3-4 所示，NIEA 為環保署公告檢測方法，未公告檢測方法之項目則參考國內外相關規定或文獻，其中底泥之揮發性硫化物（AVS）及同步萃取重金屬（SEM）之檢測方法經由環保署環境檢驗所技術轉移；品保計畫書及非公告方法參考文獻請另參附錄四。

二、作業原則

本計畫底泥及水質採樣作業主要依據環保署公告「底泥採樣方法(NIEA S104.30C)」及「河川、湖泊及水庫水質採樣通則(NIEA W104.51C)」相關規定執行，若遇我國未公告者則參考美國、澳洲與日本相關作業規定辦理。作業程序及重要注意事項說明如下：

表 7.3-1 底泥檢測項目與數量

項目(類別)	詳細項目	合約數量	執行頻率	第一次數量	第二次數量	執行數量合計
底泥需氧量(SOD)含耗材	—	80	2	36	44	80
重金屬全量-10 項	砷、鎘、鉻、銅、汞、鎳、鉛、鋅、鐵、錳	80	2	39	46	85
酸揮發性硫化物(AVS)	—	40	1	36	5	41
AVS 可同步萃取重金屬(SEM)	鉛、鎘、銅、鋅、鎳、銀	40	1	36	5	41
半揮發性有機污染物	1,2-二氯苯、1,3-二氯苯、3,3-二氯聯苯胺、五氯酚、2,4,5-三氯酚、2,4,6-三氯酚、六氯苯	40	1	36	5	41
總有機碳(TOC)	—	80	2	36	46	82
多環芳香烴(16 種化合物)	—	40	1	36	5	41
有機氯農藥	阿特靈、可氯丹、DDT 及其衍生物、地特靈、安特靈、飛佈達、毒殺芬、安殺番	40	1	36	5	41
多氯聯苯	—	40	1	36	5	41
戴奧辛	—	40	1	36	5	41
總磷(TP)-水溶性	—	40	2	36	46	82
正磷酸根-水溶性	—	40	2	36	46	82
鹼度(Alk)	—	40	2	36	46	82
氧化還原電位(OPR)	—	40	2	36	46	82
導電度(EC)	—	40	2	36	46	82
陽離子交換容量(CEC)	—	40	2	36	46	82
粒徑	—	40	1	36	5	41
含水率	—	40	1	36	5	41

註：考量模式建置及底泥污染傳輸評估需求，第一次底泥調查將額外增加總磷(TP)、正磷酸根、鹼度(Alk)、氧化還原電位(OPR)、導電度(EC)、陽離子交換容量(CEC)之分析。

表 7.3-2 水質檢測項目與數量

項目(類別)	詳細項目	合約數量	執行頻率	第一次數量	第二次數量	執行數量合計
流量	—	20	1	18	9	27
水溫	—	40	2	19	21	40
酸鹼值(pH)	—	40	2	19	27	46
導電度(EC)	—	40	2	19	21	40
溶氧(DO)-電極法	—	40	2	19	21	40
生化需氧量(BOD)	—	20	1	19	10	29
氨氮	—	20	1	19	3	22
懸浮固體(SS)	—	20	1	19	3	22
化學需氧量(COD)	—	20	1	19	3	22
總磷(TP)	—	40	2	19	21	40
重金屬全量-10 項	砷、鎘、鉻、銅、汞、鎳、鉛、鋅、鐵、錳	40	2	19	21	40
有機氯農藥	阿特靈、可氯丹、DDT 及其衍生物、地特靈、安特靈、飛佈達、毒殺芬、安殺番	20	1	19	3	22
總有機碳(TOC)	—	20	2	19	21	40
正磷酸根	—	20	2	19	21	40
鹼度(Alk)	—	20	2	19	21	40
氧化還原電位(ORP)	—	20	2	19	15	34
溶解性重金屬	—	無	1	10	—	10
溶解性 BOD	—	無	1	—	10	10

註：考量模式建置及底泥污染傳輸評估需求，第一次水質調查將額外增加總有機碳(TOC)、正磷酸根、鹼度(Alk)、氧化還原電位(OPR)之分析。

表 7.3-3 各項檢測方法及品保目標（底泥）

序號	檢測項目	檢驗方法(註 1)	單位	方法偵測極限(MDL)	重複樣品分析差異百分比(%)	查核樣品分析回收率(%)	添加樣品分析回收率(%)	完整性(≥%)
1	底泥粒徑	篩分析法	μm	—	—	—	—	95
2	含水率 (濕基、乾基)	NIEA S280.61C	%	—	0~5	—	—	95
3	底泥需氧量	溶氧計測定法 (註 2)	g/m ² .day	—	—	—	—	95
4	重金屬：							
4-1	鉛	NIEA S321.63B/ NIEA M111.00C	mg/kg	3.0	0~20	依實際 購入的 標準品 為準	75~125	95
4-2	鎘		mg/kg	0.61	0~20		75~125	95
4-3	鉻		mg/kg	2.5	0~20		75~125	95
4-4	銅		mg/kg	1.3	0~20		75~125	95
4-5	鋅		mg/kg	2.8	0~20		75~125	95
4-6	鎳		mg/kg	2.9	0~20		75~125	95
4-7	鐵		mg/kg	6.7 (註 4, QL)	0~20		75~125	95
4-8	錳		mg/kg	3.3 (註 4, QL)	0~20		75~125	95
4-9	砷	NIEA S310.63C	mg/kg	0.20	0~20	70~130	75~125	95
4-10	汞	NIEA M317.02C	mg/kg	0.051	0~20	80~120	75~125	95
		NIEA M318.00C	mg/kg	0.0035	0~20	80~120	80~120	95
5	酸揮發性硫化物 (AVS)	擴散法+電極法 (註 5)	μmol/g	—	0~15	—	—	95
6	AVS 同步萃取重金屬：							
6-1	鉛	NIEA M111.00C	mg/L	0.5 (註 4, QL)	0~20	80~120	80~120	95
6-2	鎘		mg/L	0.02 (註 4, QL)	0~20	80~120	80~120	95
6-3	銅		mg/L	0.1 (註 4, QL)	0~20	80~120	80~120	95
6-4	鋅		mg/L	0.05 (註 4, QL)	0~20	80~120	80~120	95
6-5	鎳		mg/L	0.2 (註 4, QL)	0~20	80~120	80~120	95
6-6	銀	NIEA M104.01C	mg/L	0.005 (註 4, QL)	0~20	80~120	80~120	95
7	半揮發性有機物：							
7-1	1,2-二氯苯	NIEA M731.00C	mg/kg	0.133 (註 4, QL)	0~30	40~120	30~130	95
7-2	1,3-二氯苯		mg/kg	0.133 (註 4, QL)	0~30	40~120	30~130	95
7-3	3,3'-二氯聯苯胺		mg/kg	0.133 (註 4, QL)	0~30	25~130	20~120	95
7-4	2,4,5-三氯酚		mg/kg	0.133 (註 4, QL)	0~30	40~120	30~120	95
7-5	2,4,6-三氯酚		mg/kg	0.133 (註 4, QL)	0~30	50~120	30~120	95
7-6	五氯酚		mg/kg	0.133 (註 4, QL)	0~30	30~120	30~130	95
7-7	六氯苯		mg/kg	0.133 (註 4, QL)	0~30	50~120	40~130	95

表 7.3-3 各項檢測方法及品保目標（底泥）（續 1）

序 號	檢 測 項 目	檢 驗 方 法(註 1)	單 位	定 量 偵 測 極 限 (QL)	重 複 樣 品 分 析 差 異 百 分 比 (%)	查 核 樣 品 分 析 回 收 率 (%)	添 加 樣 品 分 析 回 收 率 (%)	完 整 性 (≥%)
8	多環芳香烴：							
8-1	萘	NIEA M731.00C	mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
8-2	萵烯		mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
8-3	萵		mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
8-4	芴		mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
8-5	菲		mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
8-6	蒽		mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
8-7	苯駢萵		mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
8-8	芘		mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
8-9	苯(a)苯駢蒽		mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
8-10			mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
8-11	苯(b)苯駢萵		mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
8-12	苯(k)苯駢萵		mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
8-13	苯(a)駢芘		mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
8-14	蒽(1,2,3-cd)芘		mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
8-15	二苯(a,h)駢蒽		mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
8-16	苯(g,h,i)芘		mg/kg	0.133	0~40	40~120	30~120	95
9	有機氯農藥：							
9-1	阿特靈	NIEA M618.03C	mg/kg	0.000833	0~30	60~140	50~150	95
9-2	可氯丹 α		mg/kg	0.000833	0~30	60~140	50~150	95
9-3	可氯丹 γ		mg/kg	0.000833	0~30	60~140	50~150	95
9-4	p,p-DDD		mg/kg	0.000833	0~30	60~140	50~150	95
9-5	p,p-DDE		mg/kg	0.000833	0~30	60~140	50~150	95
9-6	p,p-DDT		mg/kg	0.000833	0~30	60~140	50~150	95
9-7	地特靈		mg/kg	0.000833	0~30	60~140	50~150	95
9-8	安特靈		mg/kg	0.000833	0~30	60~140	50~150	95
9-9	飛佈達		mg/kg	0.000833	0~30	60~140	50~150	95
9-10	安殺番-α		mg/kg	0.000833	0~30	60~140	50~150	95
9-11	安殺番-β		mg/kg	0.000833	0~30	60~140	50~150	95
9-12	毒殺芬		mg/kg	0.033	0~30	60~140	50~150	95
10	多氯聯苯	NIEA M619.02C	mg/kg	0.033	0~30	60~140	50~150	95
11	戴奧辛	NIEA M801.12B	ng-ITEQ/kg	0.591 (MDL)	—	70~130	—	95

表 7.3-3 各項檢測方法及品保目標（底泥）（續 2）

序 號	檢測項目	檢驗方法(註 1)	單位	方法 偵測極限 (MDL)	重複樣品 分析差異 百分比 (%)	查核樣品 分析回收率 (%)	添加樣品 分析回收率 (%)	完整性 (≥%)
12	氧化還原電位	Std. 2580 B (註 5)	mV	—	—	—	—	95
13	總磷-水溶性	NIEA W427.53B (註 6)	mg/kg	8.0 (註 4, QL)	0~20	80~120	70~130	95
14	正磷酸根-水溶性	NIEA W427.53B (註 7)	mg/kg	0.25 (註 4, QL)	0~20	80~120	70~130	95
15	鹼度	NIEA W449.00B (註 8)	mg/kg	1.25 (註 4, QL)	0~20	80~120	—	95
16	導電度	NIEA W203.51B (註 9)	μmho/cm	—	—	—	—	95
17	陽離子交換容量	NIEA S202.60A	meq/100g	833	0~25	80~120	—	95
18	總有機碳	有機碳分析儀法	mg/kg	—	—	—	—	95

註 1、NIEA 為環保署公告的檢測方法。

註 2、底泥需氧量之檢測方法係參考“中國土木工程學會第九屆廢水處理技術研討會論文集”之「淡水河系底泥需氧量之推求及其檢討」(郭振泰、李公哲、陳樹群、李漢鏗)，民國 73 年 9 月。

註 3、酸揮發性硫化物之檢驗方法參考文獻為「Edward N. Leonard, Anne M. Cotter and Gerald T. Ankley (1996). Environmental Toxicology Chemistry, Vol.15 No.9 : p1479~p1481.」。

註 4、QL 表示為定量極限值。

註 5、Std.為 Standard Methods 第 19 版之檢測方法。

註 6、稱取風乾樣品 0.25g，加氫氧化鈉以高溫爐消化後之濾液，參考「NIEA W427.53B」分析之。

註 7、稱取風乾樣品 100g，加入 500 mL 試劑水攪拌均勻後之濾液，參考「NIEA W427.53B」分析之。

註 8、稱取風乾樣品 100g，加入 500 mL 試劑水攪拌均勻後之濾液，參考「NIEA W449.00B」分析之。

註 9、稱取風乾樣品 20g，加入 20 mL 超純水攪拌均勻後靜置 1 小時，取上澄液，參考「NIEA W203.51B」分析之。

表 7.3-4 各項檢測方法及品保目標（水質）

序號	檢測項目	檢驗方法(註 1)	單位	方 法 偵測極限 (MDL)	重複樣品 分析差異 百分比 (%)	查核樣品 分析回收 率 (%)	添加樣品 分析回收 率 (%)	完整性 (≥%)
1	流量	NIEA W022.51C	m ³ /min	—	—	—	—	95
2	水溫	NIEA W217.51A	℃	—	—	—	—	95
3	pH	NIEA W424.52A	—	—	±0.1	—	—	95
4	導電度	NIEA W203.51B	μmho/cm	—	—	—	—	95
5	氧化還原電位	Std. 2580 B (註 2)	mV	—	—	—	—	95
6	溶氧	NIEA W455.51C	mg/L	—	(註 3)	—	—	95
7	懸浮固體	NIEA W210.57A	mg/L	1.0	(註 4)	—	—	95
8	生化需氧量	NIEA W510.55B	mg/L	1.0	0~20	83~115 (198± 30.5mg/L)	—	95
9	鹼度	NIEA W449.00B	as mg CaCO ₃ /L	—	0~20	80~120	—	95
10	氨氮	NIEA W437.51C	mg/L	0.0099	0~15	85~115	85~115	95
		NIEA W448.51B	mg/L	0.019	0~15	85~115	85~115	95
11	化學需氧量	NIEA W515.54A	mg/L	0.90	0~20	85~115	—	95
		NIEA W516.55A	mg/L	3.1	0~20	85~115	—	95
12	總磷	NIEA W427.53B	mg/L	0.0010	0~20	85~115	80~120	95
13	正磷酸根	NIEA W427.53B	mg/L	0.0010	0~20	85~115	80~120	95
14	總有機碳	NIEA W532.52C	mg/L	0.088	0~15	85~115	75~125	95
15	重金屬：							
15-1	鉛	NIEA W311.51B	mg/L	0.0027	0~20	80~120	80~120	95
		NIEA W306.52A	mg/L	0.15	0~20	80~120	80~120	95
15-2	鎘	NIEA W311.51B	mg/L	0.00080	0~20	80~120	80~120	95
		NIEA W306.52A	mg/L	0.014	0~20	80~120	80~120	95
15-3	鉻	NIEA W311.51B	mg/L	0.00086	0~20	80~120	80~120	95
		NIEA W306.52A	mg/L	0.020	0~20	80~120	80~120	95
15-4	銅	NIEA W311.51B	mg/L	0.00085	0~20	80~120	80~120	95
		NIEA W306.52A	mg/L	0.018	0~20	80~120	80~120	95

表 7.3-4 各項檢測方法及品保目標（水質）（續）

序號	檢測項目	檢驗方法(註 1)	單位	方 法 偵測極限 (MDL)	重複樣品 分析差異 百分比(%)	查核樣品 分析回收 率 (%)	添加樣品 分析回收 率 (%)	完整性 (≥%)
15	重金屬：(續)							
15-5	鋅	NIEA W311.51B	mg/L	0.00071	0~20	80~120	80~120	95
		NIEA W306.52A	mg/L	0.0092	0~20	80~120	80~120	95
15-6	鎳	NIEA W311.51B	mg/L	0.0030	0~20	80~120	80~120	95
		NIEA W306.52A	mg/L	0.030	0~20	80~120	80~120	95
15-7	鐵	NIEA W311.51B	mg/L	0.0014	0~20	80~120	80~120	95
		NIEA W306.52A	mg/L	0.070	0~20	80~120	80~120	95
15-8	錳	NIEA W311.51B	mg/L	0.00037	0~20	80~120	80~120	95
		NIEA W306.52A	mg/L	0.014	0~20	80~120	80~120	95
15-9	砷	NIEA W435.52B	mg/L	0.00034	0~20	80~120	75~125	95
		NIEA W434.53B	mg/L	0.00030	0~20	80~120	70~130	95
15-10	汞	NIEA W330.52A	mg/L	0.00013	0~20	80~120	75~125	95
18	有機氯農藥：							
18-1	阿特靈	NIEA W605.53B	mg/L	0.0000030	0~20	70~120	60~130	95
18-2	可氯丹 α		mg/L	0.000025 (註 5, QDL)	0~20	70~120	60~130	95
18-3	可氯丹 γ		mg/L	0.000025 (註 5, QDL)	0~20	70~120	60~130	95
18-4	o,p-DDD		mg/L	0.0000039	0~20	70~120	60~130	95
18-5	O,p-DDT		mg/L	0.0000071	0~20	70~120	60~130	95
18-6	p,p-DDD		mg/L	0.0000048	0~20	70~120	60~130	95
18-7	p,p-DDE		mg/L	0.0000039	0~20	70~120	60~130	95
18-8	p,p-DDT		mg/L	0.0000056	0~20	70~120	60~130	95
18-9	地特靈		mg/L	0.0000035	0~20	70~120	60~130	95
18-10	安特靈		mg/L	0.0000068	0~20	70~120	60~130	95
18-11	飛佈達		mg/L	0.0000094	0~20	70~120	60~130	95
18-12	α-安殺番		mg/L	0.0000043	0~20	70~120	60~130	95
18-13	β-安殺番		mg/L	0.0000041	0~20	70~120	60~130	95
18-14	毒殺芬	NIEA W653.51A	mg/L	0.00017	0~20	75~125	70~130	95

註 1：NIEA 為行政院環保署公告的檢測方法。

註 2：Std.為 Standard Methods 第 19 版之檢測方法。

註 3：溶氧測定儀每個月進行重複性測試，同一樣品七次之測定結果，標準偏差值應小於 0.05 mg/L。

註 4：懸浮固體測值 < 25 mg/L，容許差異百分比為 20%；懸浮固體測值 ≥ 25 mg/L，容許差異百分比為 10%。

註 5：QDL 表示為定量偵測極限值。

(一)底泥水質現場採樣程序

本計畫有關底泥及水質現場採樣作業程序詳 3.1.3 節所述，該節未盡說明之作業原則，一律比照行政院環境保護署「環境水質監測採樣作業」重點說明及其他相關規定辦理。

(二)調查測站規劃

1.佈點原則

- (1)為掌握支流排水排入河川之污染量及污染項目，並評估水質污染與主河道底泥污染之相關性，於可疑污染源及重要支流排水末端進行水質水量調查。
- (2)為釐清底泥品質與支流排水水質關係，於主河道相對於重要支流排水匯入口之上下游處進行底泥採樣，且每處測站分別於左岸及右岸採樣(不混樣)。
- (3)於歷史調查資料顯示主河道底泥有污染之虞處進行底泥採樣，分析底泥品質變化情形。
- (4)為取得建置傳輸模式所需參數，選擇主河道重要橋梁、環保署水質監測站或水利署河川水文監測站位置進行水質水量調查。

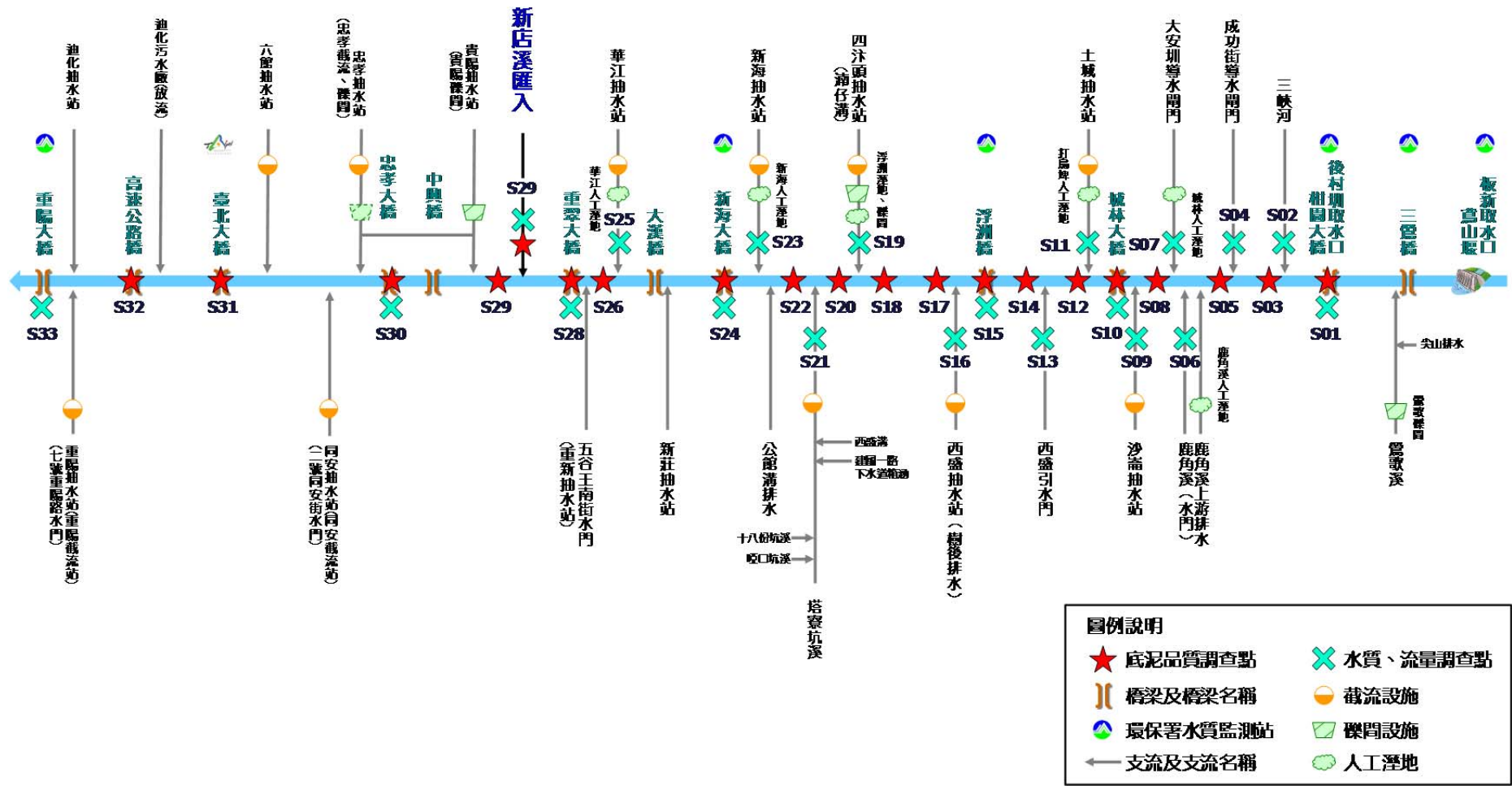
2.調查點位規劃結果

本計畫共計執行兩次底泥及水質調查。依據前述佈點原則完成之兩次調查點位規劃如表 7.3-5 所示，範圍涵蓋大漢溪三鶯大橋至淡水河本流重陽大橋；各採樣點與重要支流排水相對位置魚骨圖如圖 7.3-1 及圖 7.3-2 所示，地理位置示意如圖 7.3-3～圖 7.3-6 所示。

表 7.3-5 底泥及水質水量採樣調查點位一覽表

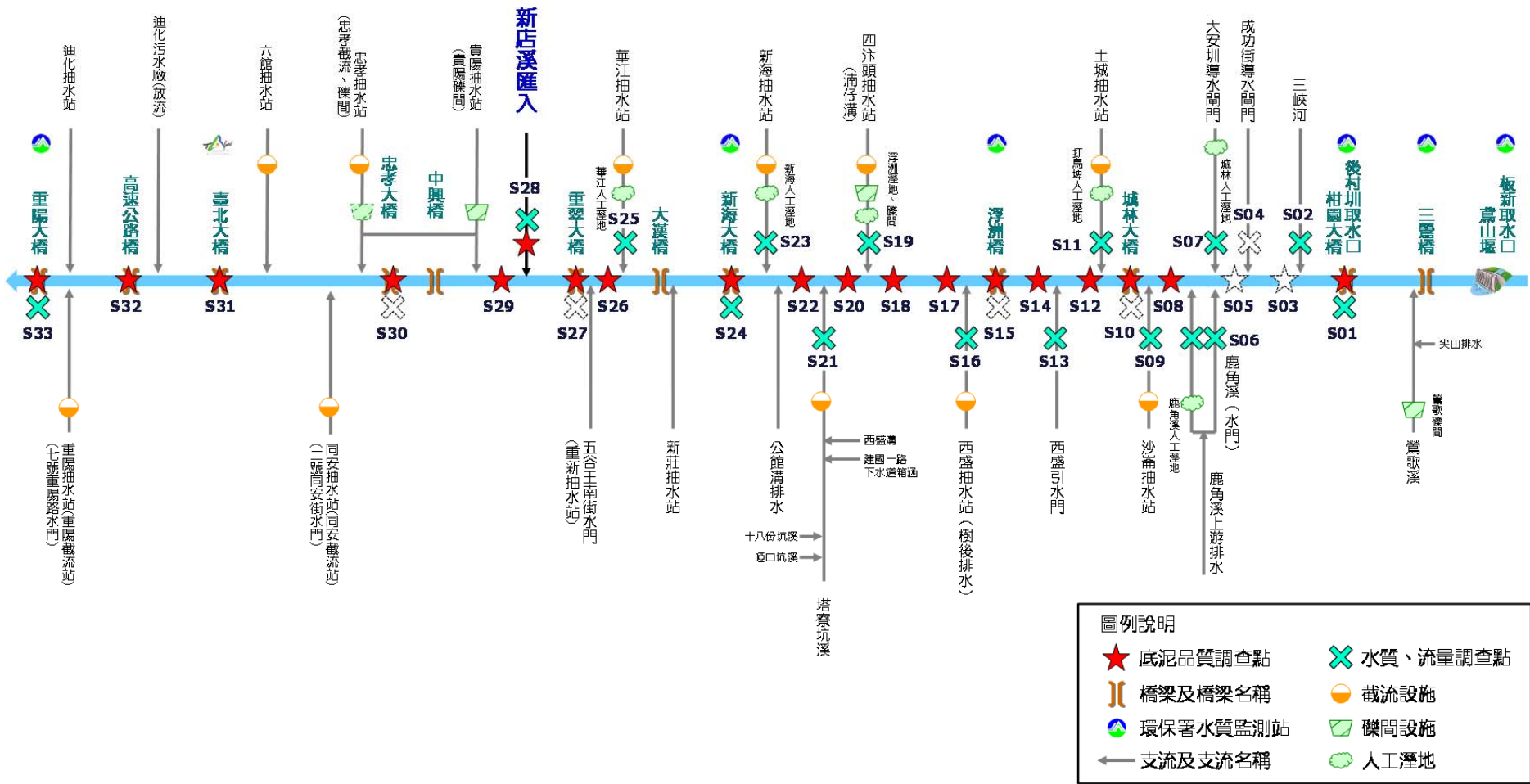
測站編號	測站名稱 (由上游往下游依序)	主河道 /支排	參考大斷 面編號	水質水量		底泥	
				第一次	第二次	第一次	第二次
S01	柑園大橋	主河道	T53A	◎	◎	◎	◎
S02	三峽河(柑城大橋)	支排	S01A	◎	◎	—	—
S03	三峽河匯入後	主河道	T51	—	—	◎	◎
S04	成功街導水閘門	支排	—	無水	無水	—	—
S05	成功街導水閘門匯入後	主河道	T49	—	—	◎	—
S05WL1	鹿角溪人工溼地放流	支排	—	—	◎	—	—
S07	大安圳導水閘門	支排	—	◎	◎	—	—
S07WL1	城林人工溼地放流	支排	—	—	◎	—	—
S06	鹿角溪(水門)	支排	—	◎	◎	—	—
S08	鹿角溪及大安圳匯入後	主河道	T48	—	—	◎	—
S09	沙崙抽水站	支排	—	◎	◎	—	—
S10	城林大橋	主河道	T47A	◎	—	◎	◎
S11	土城抽水站	支排	—	◎	◎	—	—
S11WL1	打鳥埤人工溼地放流	支排	—	—	◎	—	—
S12	土城抽水站匯入後	主河道	T46	—	—	◎	◎
S13	西盛引水門	支排	—	◎	◎	—	—
S14	西盛引水門匯入後	主河道	T44	—	—	◎	◎
S15	浮洲橋	主河道	T43A	◎	—	◎	◎
S16	西盛抽水站	支排	—	◎	◎	—	—
S17	西盛抽水站匯入後	主河道	T42	—	—	◎	◎
S18	湳仔溝匯入前	主河道	T40	—	—	◎	◎
S19	湳仔溝	支排	—	◎	◎	—	—
S19WL1	浮洲人工溼地放流	支排	—	—	◎	—	—
S20	湳仔溝匯入後	主河道	T38	—	—	◎	◎
S21	塔寮坑溪	支排	—	◎	◎	—	—
S22	塔寮坑溪匯入後	主河道	T37	—	—	◎	◎
S23	新海抽水站	支排	—	◎	◎	—	—
S23WL1	新海人工溼地第一、二期放流	支排	—	—	◎	—	—
S24	新海大橋	主河道	T36A	◎	◎	◎	◎
S25	華江抽水站	支排	—	◎	◎	—	—
S25WL1	華江人工溼地放流	支排	—	—	◎	—	—
S26	華江抽水站匯入後	主河道	T34	—	—	◎	◎
S27	重翠大橋(大漢溪終點)	主河道	T32	◎	—	◎	◎
S28	新店溪(華江大橋)	支排	H01A	◎	◎	◎	◎
S29	淡水河本流起點	主河道	T31	—	—	◎	◎
S30	忠孝大橋	主河道	T27A	◎	—	◎	◎
S31	臺北大橋	主河道	T24A	—	—	◎	◎
S32	國道一號橋 (迪化污水處理廠匯入後)	主河道	T22A	—	—	◎	◎
S33	重陽大橋	主河道	T20A	◎	◎	—	◎

註：底泥採樣於河道左右兩側各採一組樣品，不混樣。



註：本圖未依比例繪製。

圖7.3-1 底泥及水質第一次採樣調查點位魚骨圖



註：本圖未依比例繪製。

圖7.3-2 底泥及水質第二次採樣調查點位魚骨圖

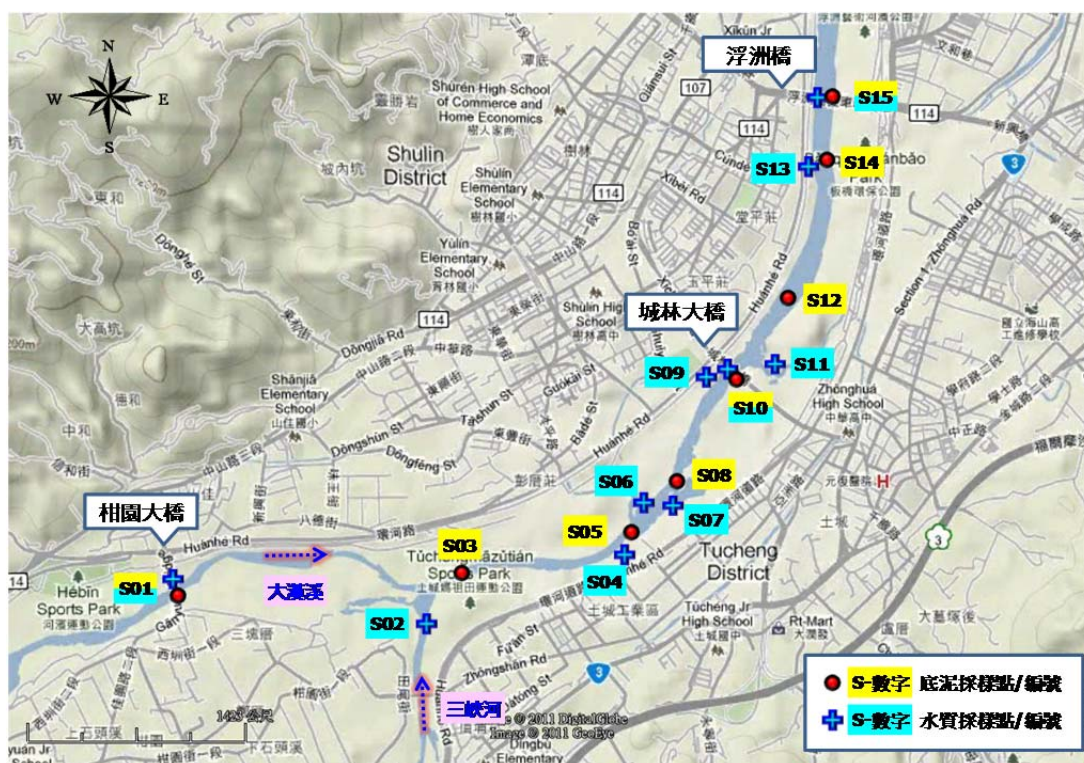


圖7.3-3 底泥採樣點地理位置示意圖（柑園大橋—浮洲橋）

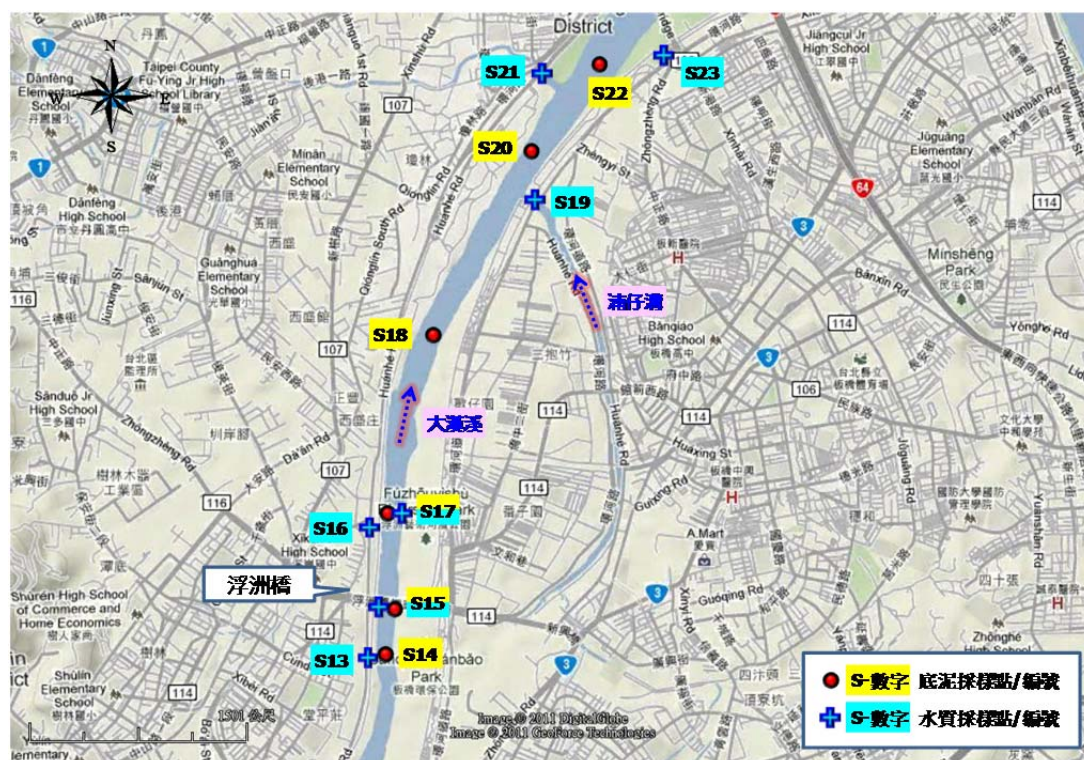


圖7.3-4 底泥採樣點地理位置示意圖（浮洲橋—湳仔溝）

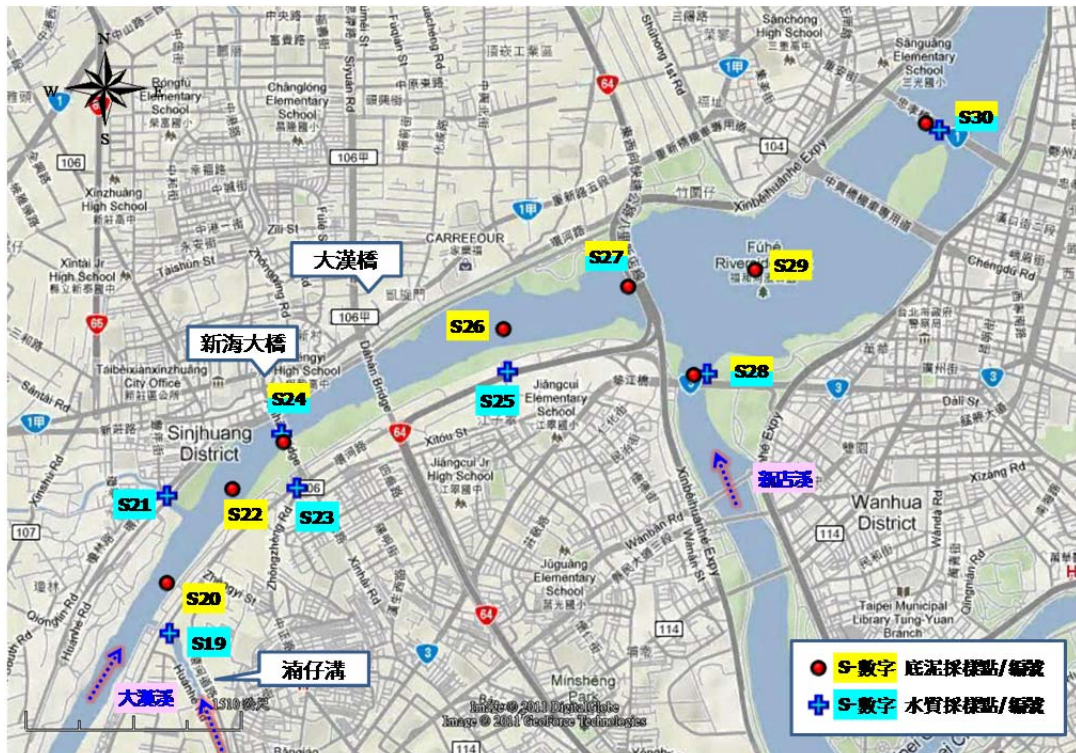


圖7.3-5 底泥採樣點地理位置示意圖（涌仔溝－忠孝大橋）

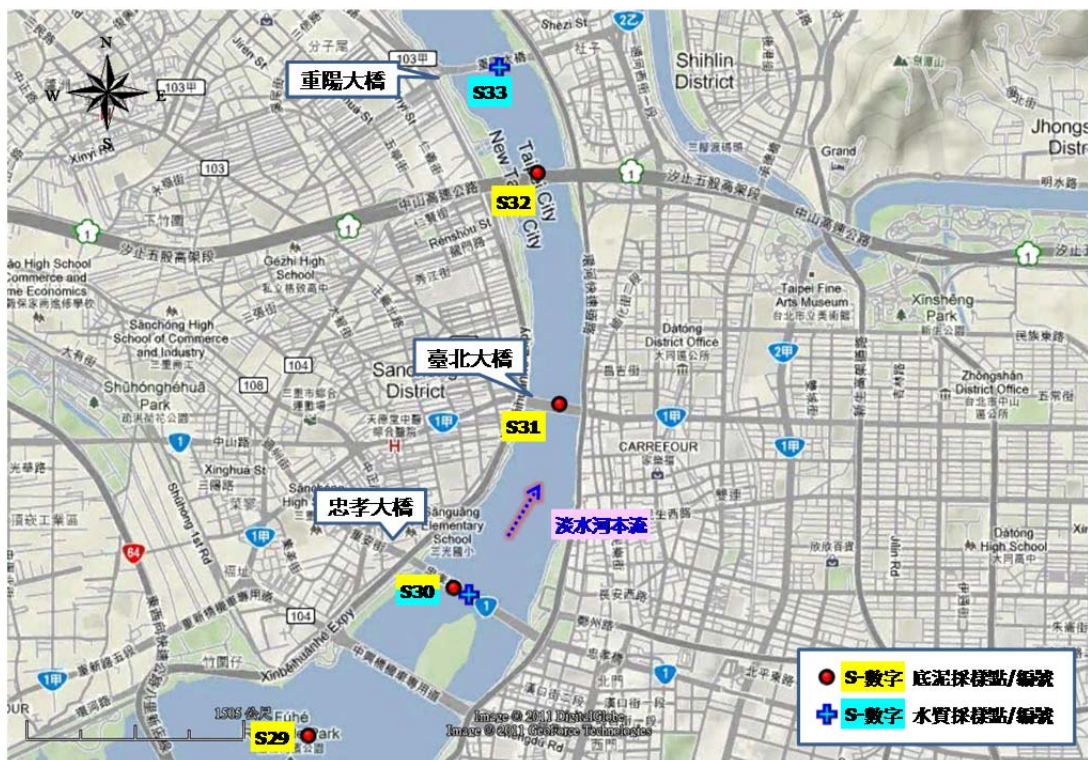


圖7.3-6 底泥採樣點地理位置示意圖（忠孝大橋－重陽大橋）

7.3.2 水質調查結果分析

水質調查分析數據彙整如表 7.3-6 至表 7.3-13 所示，以下分項說明調查結果。

一、一般項目

水質第一次調查針對大漢溪、淡水河本流上的重要橋梁與支流排入點均有量測，第二次除維持調查範圍的上中下游三個點位，另外對淡水河流域沿岸人工溼地進行調查，調查結果如表 7.3-6、表 7.3-7。

1. 流量

第一次測量時恰巧大漢溪上游鳶山堰洩洪，因此位於大漢溪上的柑園大橋測站流量明顯受洩洪影響而大於第二次量測結果；而相同位於大漢溪上的新海大橋測站第一次流量也是大於第二次結果。下游重陽橋則因位於淡水河本流上，在大漢溪與新店溪匯流後，再加上中下游人口密集區的排水排入等因素，故無法明顯看出第一次流量有大於第二次。

2. 水溫、pH

水溫第一次溫度約 19 度上下，第二次約 27 度上下是因第一次採樣時間(12 月)與第二次(5 月)季節因素影響。pH 大多在 7 上下，大安圳 pH 接近 9 可能為工業排水影響。濕地排水 pH 較高推斷是因為藻類行光合作用，導致 pH 會提高(pH 高的測站其溶氧也相對偏高)。

3. 氧化還原電位(ORP)、溶氧(DO)

氧化還原電位測值月大表示為氧化能力越強，反之亦然。然同時 ORP 會反應水中溶氧的程度，ORP 越高時，DO 相對會比較高。第一次檢測結果 ORP 皆為正值，第二次在沙崙抽水站、新海抽水站與華江抽水站為負值，其餘皆為正值。

4. 鹼度(Total alkalinity)

水的鹼度是用來量度其中和酸的能力，天然水中的鹼度大部分是由弱酸的鹽類所造成，尤其是碳酸氫根，乃是鹼度的主要形式。另外有些難被

生物分解之有機酸(例如腐植酸)亦會形成鹽類增加天然水中之鹼度。在污染或厭氧的水中，會產生弱酸鹽，例如醋酸、丙酸、氫硫酸的鹽類，加上其他如氨及氫氧根，即構成了水中的總鹼度。第一次與第二次均有檢測的柑園大橋、新海大橋、重陽大橋兩次成果變化不大。

5.總磷(TP)、正磷酸根

總磷係由正磷酸鹽、聚(焦)磷酸鹽及有機磷所組成，水中的磷幾乎全部以磷酸鹽(phosphate)型式存在，為構成土壤養分及動植物原生質的要素。磷是植物生長的重要養分，當過量的磷進入水體，將造成藻類大量繁殖及死亡，並會因其腐敗分解大量耗氧，導致水中溶氧耗盡，形成優養化現象。兩次檢測結果差異不大，大部分測站的總磷均在 1mg/L 以下，在西盛引水門、西盛抽水站、塔寮坑溪、新海抽水站、華江抽水站等支流排水位置所測得之總磷值較高研判是位於生活污水排放末端，民生污水影響。

6.總有機碳(TOC)

表示水體中可氧化的有機物全量，也就是指每公升水中有機污染物之碳毫克數(mg/L)。對有機物含量極低的水而言，測定總有機碳是檢驗水中含有機物量的極佳方法。兩次檢驗結果中，柑園大橋與重陽大橋有較第一次的檢測值高出約 1mg/L。其餘測站 TOC 偏高時可發現總磷有相對有偏高現象。

7.生化需氧量(BOD)、化學需氧量(COD)

生化需氧量係指水中易受微生物分解的有機物質，在某特定時間及溫度下，被微生物的分解氧化作用所消耗的氧量。而化學需氧量一般用於表示水中可被化學氧化之有機物含量。BOD 與 COD 兩者均可表示水中有機物的多寡，若 BOD 或 COD 數值高，則表示水中有機物較多，水質差。在一二次檢驗結果高的幾個測站如土城抽水站、西盛抽水站等，其 TP、TOC 亦高，表示水中有機污染物較多。

8.氨氮(NH₃-N)

含氮有機物主要來自動物排泄物及動植物屍體之分解，分解時先形成

胺基酸，再依氨氮、亞硝酸鹽氮及硝酸鹽氮程序而漸次穩定。因此當水體中存在氨氮可表示該水體受污染時間較短。兩次檢驗結果中新海大橋的氨氮值有明顯降低，BOD、COD 亦較第一次低，研判該處水質可能有改善。

9.懸浮固體物(SS)

懸浮固體係指水中會因攪動或流動而呈懸浮狀態之有機或無機性顆粒，這些顆粒一般包含膠懸物、分散物及膠羽。懸浮固體會阻礙光在水中的穿透，其對水中生物影響與濁度相類似；懸浮固體若沉積於河床，則會阻礙水流。兩次檢測結果 SS 都約略在 50mg/L 以下，為在忠孝大橋第一次檢測數值達 154mg/L，些微偏高可能與在新北大橋下橋墩施工影響有關。

二、重金屬

重金屬全量檢驗結果(如表 7.3-8、表 7.3-9)中發現在銅、鋅、錳三項均有超過「保護人體健康相關環境基準」標準值，其中又以錳超出的次數較多，其次為銅，再次之為鋅。因錳為地殼元素，若考量自然釋出的影響，可忽略之。而銅是較值得關注的污染物，由上游至下游均有高出基準值 1 至 10 倍不等。

三、溶解性重金屬

溶解性重金屬的檢測結果如表 7.3-10，其檢測方式是將樣品過濾懸浮固體物(SS)後，進行金屬含量分析。為可進行未過濾前水中重金屬含量與過濾後水中重金屬含量的比較，依前述兩者比例製成表 7.3-11，可看出鎳、錳兩者大部份的污染物均溶解在水中，而其他重金屬(如鉛、鉻、銅、鐵等)則是以吸附在 SS 上較多。

四、農藥

農藥檢測項目包括阿特靈、可氯丹、滴滴涕、地特靈、安特靈、飛怖達、安殺番、毒殺芬等，兩次檢測結果(表 7.3-12、表 7.3-13)均未檢出。

表 7.3-6 水質調查檢測結果（一般項目-第一次）

測站 編號	測站 名稱	分析項目	流量	水溫	pH	導電度	氧化還 原電位	溶氧	鹼度	總磷	正磷 酸根	正磷 酸根	總有 機碳	BOD ₅	COD	氨氮	懸浮 固體
		單位	m ³ /min	℃	—	μmho/cm 25℃	mV	mg/L	as mg CaCO ₃ /L	as mg P/L	as mg PO ₄ ³⁻ /L	as mg P/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
		方法偵測極限	—	—	—	—	—	—	—	0.0010	0.0031	—	0.088	1.0	0.90	0.0099	1.0
S01	柑園大橋		2,100	18.9	8.0	246	268	9.4	58.7	0.086	0.112	0.037	1.4	1.0	7.1	0.16	28.0
S02	三峽河(柑城大橋)		501	19.0	7.7	193	64	8.6	50.7	0.194	0.359	0.120	2.4	4.3	10.9	0.42	15.4
S06	鹿角溪(水門)		34.5	17.4	8.3	1,190	179	7.4	95.0	0.581	2.07	0.690	6.4	11.0	32.8	5.56	22.3
S07	大安圳導水閘門		32.3	22.6	8.9	256	145	3.5	175	1.340	1.86	0.620	17.0	26.0	89.0	8.01	30.6
S09	沙崙抽水站		18.9	18.1	7.6	540	178	5.0	96.4	1.65	2.17	0.723	15.0	34.6	82.1	15.30	31.7
S10	城林大橋		778	19.0	7.3	285	221	7.9	67.2	0.180	0.182	0.061	1.9	2.1	11.3	0.80	29.4
S11	土城抽水站		43.8	17.5	7.1	559	266	6.6	147	1.94	3.08	1.027	127	235	418	14.50	39.4
S13	西盛引水門		6.50	18.1	7.6	1,980	227	4.2	170	2.35	5.77	1.923	67.6	140	228	29.50	40.8
S15	浮洲橋		1,320	19.1	7.5	289	202	7.9	62.9	0.129	0.188	0.063	1.6	1.7	8.7	0.73	23.5
S16	西盛抽水站		22.0	20.3	7.3	656	252	4.3	193	2.37	2.49	0.830	93.9	232	516	21.00	71.1
S19	湳仔溝		184	18.9	7.2	418	102	2.9	133	1.50	2.65	0.883	8.4	16.2	48.2	14.20	23.6
S21	塔寮坑溪		130	18.7	7.0	806	101	1.4	138	3.74	7.25	2.417	22.7	33.7	110	14.40	35.4
S23	新海抽水站		— ^{註1}	19.6	7.2	479	221	0.3	149	2.28	5.86	1.953	19.1	31.3	87.5	29.80	18.2
S24	新海大橋		8,160	18.3	7.4	319	214	6.5	70.9	0.325	0.451	0.150	2.7	3.6	16.8	2.25	25.8
S25	華江抽水站		7.12	19.7	7.3	516	162	1.4	162	3.36	8.18	2.727	31.8	48.8	132	33.40	28.4
S27	重翠大橋(大漢溪終點)		19,600	18.4	7.1	333	223	5.8	68.7	0.268	0.406	0.135	3.1	4.0	11.4	2.12	18.9
S28	新店溪(華江大橋)		16,700	19.0	7.1	103	216	9.0	26.8	0.102	0.191	0.064	1.1	1.2	4.4	0.54	17.7
S30	忠孝大橋		28,400	18.2	7.3	366	184	4.7	74.0	0.691	0.540	0.180	3.0	5.3	24.8	2.80	154
S33	重陽大橋		37,200	18.2	7.2	178	203	7.0	48.5	0.247	0.403	0.134	1.8	2.3	13.1	2.05	20.2

註：1. S23 採樣當日因新海抽水站配合新海截流站試運轉操作，排水閘門未開啟，故無法進行流量檢測作業。

2. 採樣日期：100.12.19/100.12.20/100.12.22

3. 正磷酸根(as mg P/L)換算為磷元素當量，計算方式為正磷酸根(as mg PO₄³⁻/L)值 x(32/96)

表 7.3-7 水質調查檢測結果（一般項目-第二次）

測站編號	測站名稱	分析項目	流量	水溫	pH	導電度	氧化還原電位	溶氧	鹼度	總磷	正磷酸根	正磷酸根	總有機碳	BOD ₅	COD	氨氮	懸浮固體	溶解性-BOD	溶解性-BOD 比例
		單位	m ³ /min	℃	—	μmho/cm 25℃	mV	mg/L	as mg CaCO ₃ /L	as mg P/L	as mg PO ₄ ³⁻ /L	as mg P/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	%
		方法偵測極限	—	—	—	—	—	—	—	0.0010	0.0031	—	0.088	1.0	0.90	0.0099	1.0	1.0	—
S01	柑園大橋		551	27.1	8.4	225	117	8.2	67.0	0.070	0.191	0.064	2.4	1.2	5.1	0.09	15.6	ND	83%
S02	三峽河(柑城大橋)		—	—	—	367	63	6.2	82.0	0.782	0.340	0.113	4.3	—	—	—	—	—	—
S05WL	鹿角溪人工溼地放流		0.06	30.1	7.8	1,330	166	7.8	109	0.247	0.013	0.004	5.5	—	—	—	—	—	—
S06	鹿角溪(水門)		—	28.4	7.7	922	134	3.7	161	1.45	0.845	0.282	8.9	—	—	—	—	—	—
S07	大安圳導水閘門		—	30.6	9.5	2,840	48	1.5	267	1.12	1.06	0.353	44.1	70.0	—	—	—	40.0	57%
S07WL	城林人工溼地放流		0.6	32.4	9.2	244	126	13.1	93.4	0.145	0.101	0.034	4.4	—	—	—	—	—	—
S09	沙崙抽水站		—	27.1	7.4	925	-19	2.5	197	2.38	1.51	0.503	53.5	—	—	—	—	—	—
S11	土城抽水站		—	28.9	7.4	392	158	2.0	119	3.43	1.32	0.440	9.7	9.6	—	—	—	5.2	54%
S11WL	打鳥埤人工溼地放流		0.5	28.0	7.2	566	95	6.0	63.5	0.203	0.039	0.013	6.4	—	—	—	—	—	—
S13	西盛引水門		—	26.5	7.5	594	83	3.1	165	3.37	2.18	0.727	32.2	116	—	—	—	42.8	37%
S16	西盛抽水站		—	31.4	7.5	1,300	19	2.4	187	4.57	2.02	0.673	76.1	151	—	—	—	98.7	65%
S19	滴仔溝		—	28.1	7.2	340	88	2.6	90.1	0.271	0.372	0.124	3.3	6.6	—	—	—	2.2	33%
S19WL	浮洲人工溼地放流		4.2	30.8	8.6	362	154	17.2	112	2.03	4.53	1.510	9.4	—	—	—	—	—	—
S21	塔寮坑溪		—	29.9	7.0	822	64	3.1	127	3.92	1.94	0.647	32.7	29.2	—	—	—	14.9	51%
S23	新海抽水站		—	26.3	7.3	527	-43	3.0	180	5.94	2.81	0.937	29.5	—	—	—	—	—	—
S23WL	新海人工溼地第一、二期放流		5.0	29.7	7.9	336	108	17.1(一期) 3.1(二期)	108	0.765	1.77	0.590	5.6	—	—	—	—	—	—
S24	新海大橋		6,400	27.5	7.3	340	119	3.3	84.2	0.248	0.298	0.099	3.3	3.9	17.2	1.94	20.0	ND	26%
S25	華江抽水站		—	26.4	7.2	527	-59	2.5	185	5.58	2.58	0.860	34.0	—	—	—	—	—	—
S25WL	華江人工溼地放流		0.5	32.3	9.5	299	114	14.4	91.7	0.455	0.107	0.036	7.9	—	—	—	—	—	—
S28	新店溪(華江大橋)		—	27.4	7.2	205	31	3.9	58.9	0.333	0.172	0.057	2.2	3.4	—	—	—	ND	29%
S33	重陽大橋		38,000	26.9	7.7	342	56	2.7	72.2	0.203	0.389	0.130	2.9	5.7	11.6	2.42	15.0	ND	18%

註：1.檢測數據位數之表示，依環保署公告 99 年 3 月 5 日環檢一字第 0990000919 號「檢測報告位數表示規定」。

2.採樣日期：101.05.25、101.05.26。人工溼地放流水另委託 SGS 公司於 101.06.07 採樣，由中環公司檢驗。

3.正磷酸根(as mg P/L) 換算為磷元素當量，計算方式為正磷酸根(as mg PO₄³⁻/L)值 x(32/96)

表 7.3-8 水質調查檢測結果（重金屬全量-第一次）

測站 編號	測站 名稱	分析項目	鉛	鎘	鉻	銅	鋅	鎳	鐵	錳	砷	汞
		單位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
		保護人體健康 相關環境基準	0.1	0.01	—	0.03	0.5	—	—	0.05	0.05	0.002
		方法偵測極限	0.0017	0.00053	0.00086	0.00098	0.0017	0.00095	0.0036	0.00037	0.00034	0.00013
S01	柑園大橋		<0.01	ND	<0.005	0.006	0.020	0.008	0.972	0.056	ND	ND
S02	三峽河(柑城大橋)		<0.01	ND	<0.005	0.020	0.014	0.005	1.24	0.066	<0.0020	ND
S06	鹿角溪(水門)		<0.01	ND	0.026	0.037	0.594	0.016	0.871	0.126	0.0028	ND
S07	大安圳導水閘門		ND	ND	0.023	0.611	0.055	0.150	0.863	0.119	<0.0020	ND
S09	沙崙抽水站		<0.01	ND	0.009	0.077	0.177	0.040	1.12	0.044	<0.0020	ND
S10	城林大橋		ND	ND	0.008	0.017	0.017	0.017	0.652	0.064	<0.0020	ND
S11	土城抽水站		<0.01	ND	0.023	0.042	0.174	0.104	1.14	0.103	<0.0020	ND
S13	西盛引水門		ND	ND	<0.005	0.006	0.036	<0.005	0.587	0.056	<0.0020	ND
S15	浮洲橋		<0.01	ND	0.008	0.019	0.022	0.016	0.832	0.066	ND	ND
S16	西盛抽水站		0.012	ND	0.027	0.059	0.166	0.129	7.93	0.409	0.0043	ND
S19	湳仔溝		<0.001	ND	<0.005	0.009	0.052	<0.005	2.39	0.179	<0.0020	ND
S21	塔寮坑溪		0.013	ND	0.233	0.910	0.388	0.413	2.09	0.216	<0.0020	ND
S23	新海抽水站		ND	ND	0.009	0.006	0.037	<0.005	1.03	0.121	<0.0020	ND
S24	新海大橋		ND	ND	0.009	0.030	0.035	0.033	1.25	0.089	<0.0020	ND
S25	華江抽水站		ND	ND	<0.005	0.005	0.057	<0.005	0.742	0.126	0.0032	ND
S27	重翠大橋(大漢溪終點)		<0.01	ND	0.008	0.035	0.032	0.030	0.864	0.102	<0.0020	ND
S28	新店溪(華江大橋)		<0.01	ND	<0.005	<0.005	0.021	<0.005	0.754	0.033	ND	ND
S30	忠孝大橋		<0.01	ND	0.018	0.085	0.075	0.060	6.19	0.192	<0.0020	ND
S33	重陽大橋		ND	ND	0.009	0.010	0.014	0.011	0.613	0.053	<0.0020	ND

註：採樣日期：100.12.19/100.12.20/100.12.22。

表 7.3-9 水質調查檢測結果（重金屬全量-第二次）

測站 編號	測站 名稱	分析項目	鉛	鎘	鉻	銅	鋅	鎳	鐵	錳	砷	汞
		單位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
		保護人體健康 相關環境基準	0.1	0.01	—	0.03	0.5	—	—	0.05	0.05	0.002
		方法偵測極限	0.0017	0.00053	0.00086	0.00098	0.0017	0.00095	0.0036	0.00037	0.00034	0.00013
S02	三峽河(柑城大橋)		<0.01	ND	ND	0.012	0.012	<0.005	0.410	0.028	<0.0020	<0.0004
S05WL	鹿角溪人工溼地放流		<0.01	ND	ND	<0.005	0.024	0.007	0.521	0.117	0.0026	<0.0004
S06	鹿角溪(水門)		<0.01	ND	0.025	0.105	1.02	0.056	1.32	0.187	0.0022	ND
S07	大安圳導水閘門		ND	ND	0.017	0.464	0.079	0.128	0.947	0.120	0.0032	ND
S07WL	城林人工溼地放流		ND	ND	ND	<0.005	<0.01	0.017	0.525	0.138	<0.0020	<0.0004
S09	沙崙抽水站		<0.01	ND	0.101	0.572	0.131	0.372	0.579	0.092	<0.0020	ND
S11	土城抽水站		<0.01	ND	0.031	0.079	0.324	0.252	0.910	0.103	<0.0020	ND
S11WL	打鳥埤人工溼地放流		ND	ND	ND	<0.005	<0.01	0.017	0.428	0.070	0.0022	<0.0004
S13	西盛引水門		<0.01	ND	0.006	0.032	0.048	0.014	4.22	0.155	0.0025	ND
S16	西盛抽水站		<0.01	ND	0.052	0.281	0.106	0.394	1.56	0.528	0.0036	ND
S19	涌仔溝		<0.01	ND	0.011	0.038	0.073	0.020	2.05	0.128	<0.0020	ND
S19WL	浮洲人工溼地放流		ND	ND	ND	ND	<0.01	<0.005	1.54	0.185	<0.0020	ND
S21	塔寮坑溪		<0.01	ND	0.133	0.442	0.400	0.698	1.35	0.206	<0.0020	ND
S23	新海抽水站		ND	ND	<0.005	0.035	0.032	<0.005	1.33	0.121	<0.0020	ND
S23WL	新海人工溼地 第一、二期放流		ND	ND	ND	<0.005	<0.01	<0.005	0.306	0.096	0.0021	ND
S25	華江抽水站		ND	ND	<0.005	0.005	0.035	<0.005	1.50	0.130	0.0047	ND
S25WL	華江人工溼地放流		<0.01	ND	<0.005	<0.005	<0.01	<0.005	1.53	0.190	0.0062	<0.0004
S28	新店溪(華江大橋)		ND	ND	<0.005	0.010	0.017	0.005	1.11	0.084	<0.0020	<0.0004

註：1.檢測數據位數之表示，依環保署公告 99 年 3 月 5 日環檢一字第 0990000919 號「檢測報告位數表示規定」。

2.採樣日期：101.05.25~101.05.26。人工溼地之放流水係委託 SGS 公司於 101.06.07 採樣。

表 7.3-10 水質調查檢測結果（溶解性重金屬-第一次）

測站 編號	測站 名稱	分析項目	溶解性-鉛	溶解性-鎘	溶解性-鉻	溶解性-銅	溶解性-鋅	溶解性-鎳	溶解性-鐵	溶解性-錳	溶解性-砷	溶解性-汞
		單位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
		保護人體健康 相關環境基準	0.1	0.01	—	0.03	0.5	—	—	0.05	0.05	0.002
		方法偵測極限	0.0027	0.00080	0.00086	0.00085	0.00071	0.0030	0.0014	0.00037	0.00034	0.00013
S01	柑園大橋		ND	ND	ND	0.010	ND	<0.01	0.037	<0.01	<0.0020	ND
S07	大安圳導水閘門		<0.02	ND	<0.01	0.450	0.029	0.130	0.193	0.083	<0.0020	ND
S15	浮洲橋		ND	ND	<0.01	<0.01	<0.02	0.011	0.050	0.044	<0.0020	ND
S16	西盛抽水站		ND	ND	<0.01	0.016	0.081	0.073	0.291	0.288	<0.0020	ND
S19	湳仔溝		ND	ND	ND	ND	<0.02	ND	0.144	0.171	<0.0020	ND
S21	塔寮坑溪		<0.02	ND	0.090	0.359	0.124	0.344	0.105	0.198	<0.0020	ND
S24	新海大橋		ND	ND	<0.01	<0.01	<0.02	0.028	0.083	0.063	<0.0020	ND
S28	新店溪(華江大橋)		ND	ND	ND	ND	<0.02	ND	0.054	0.018	ND	ND
S30	忠孝大橋		ND	ND	<0.01	0.014	<0.02	0.045	0.130	0.084	<0.0020	ND
S33	重陽大橋		ND	<0.002	<0.01	<0.01	<0.02	0.015	0.089	0.055	<0.0020	ND

註：採樣日期：100.12.19/100.12.20/100.12.22。

表 7.3-11 水質調查檢測結果（溶解性重金屬佔全量之比例-第一次）

測站 編號	測站 名稱	分析項目	比例-鉛	比例-鎘	比例-鉻	比例-銅	比例-鋅	比例-鎳	比例-鐵	比例-錳	比例-砷	比例-汞
		單位	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
		方法偵測極限	0.0027	0.00080	0.00086	0.00085	0.00071	0.0030	0.0014	0.00037	0.00034	0.00013
S01	柑園大橋		27.0%	ND	17.2%	14.2%	3.6%	37.5%	3.8%	17.9%	ND	ND
S07	大安圳導水閘門		ND	ND	3.7%	73.6%	52.7%	86.7%	22.4%	69.7%	ND	ND
S15	浮洲橋		27.0%	ND	10.8%	4.5%	3.2%	68.8%	6.0%	66.7%	ND	ND
S16	西盛抽水站		22.5%	ND	3.2%	27.1%	48.8%	56.6%	3.7%	70.4%	7.9%	ND
S19	涌仔溝		20.8%	ND	0.4%	0.1%	0.2%	0.7%	6.9%	79.2%	ND	ND
S21	塔寮坑溪		20.8%	ND	38.6%	39.5%	32.0%	83.3%	5.0%	91.7%	ND	ND
S24	新海大橋		ND	ND	9.6%	2.8%	2.0%	84.8%	6.6%	70.8%	ND	ND
S28	新店溪(華江大橋)		27.0%	ND	17.2%	17.0%	3.4%	60.0%	7.2%	54.5%	ND	ND
S30	忠孝大橋		27.0%	ND	4.8%	16.5%	0.9%	75.0%	2.1%	43.8%	ND	ND
S33	重陽大橋		ND	ND	9.6%	8.5%	5.1%	100.0%	14.5%	100.0%	ND	ND

註：原始數據低於偵測極限或以<x.xx 方式表示之數據，均以方法偵測極限進行計算。

表 7.3-12 水質調查檢測結果（農藥-第一次）

測站 編號	測站 名稱	分析項目	阿特靈	可氯丹 ^{註3}		滴滴涕及其衍生物 ^{註3}					地特靈	安特靈	飛佈達	安殺番 ^{註3}		毒殺芬
				可氯丹 α	可氯丹 γ	o,p-DDD	o,p-DDT	p,p-DDD	p,p-DDE	p,p-DDT				α -安殺番	β -安殺番	
		單位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
		保護人體健康 相關環境基準	0.003	—		0.001					0.003	0.0002	0.001	0.003		0.005
		方法偵測極限	0.0000030	0.000025 ^{註4}	0.000025 ^{註4}	0.0000039	0.0000071	0.0000048	0.0000039	0.0000056	0.0000035	0.0000068	0.0000094	0.0000043	0.0000041	0.00017
S01	柑園大橋		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S02	三峽河(柑城大橋)		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S06	鹿角溪(水門)		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S07	大安圳導水閘門		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S09	沙崙抽水站		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S10	城林大橋		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S11	土城抽水站		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S13	西盛引水門		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S15	浮洲橋		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S16	西盛抽水站		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S19	涌仔溝		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S21	塔寮坑溪		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S23	新海抽水站		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S24	新海大橋		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S25	華江抽水站		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S27	重翠大橋(大漢溪終點)		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S28	新店溪(華江大橋)		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S30	忠孝大橋		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S33	重陽大橋		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

註：採樣日期：100.12.19/100.12.20/100.12.22。

表 7.3-13 水質調查檢測結果（農藥-第二次）

測站 編號	測站 名稱	分析項目	阿特靈	可氯丹 ^{註3}		滴滴涕及其衍生物 ^{註3}					地特靈	安特靈	飛佈達	安殺番 ^{註3}		毒殺芬
				可氯丹 α	可氯丹 γ	o,p-DDD	o,p-DDT	p,p-DDD	p,p-DDE	p,p-DDT				α -安殺番	β -安殺番	
		單位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
		保護人體健康 相關環境基準	0.003	—		0.001					0.003	0.0002	0.001	0.003		0.005
		方法偵測極限	0.0000030	0.000025 ^{註4}	0.000025 ^{註4}	0.0000039	0.0000071	0.0000048	0.0000039	0.0000056	0.0000035	0.0000068	0.0000094	0.0000043	0.0000041	0.00017
S01	柑園大橋		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S24	新海大橋		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S33	重陽大橋		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

註：1. 檢測數據位數之表示，依環保署公告 99 年 3 月 5 日環檢一字第 0990000919 號函「檢測報告位數表示規定」。

2. 可氯丹 α 與可氯丹 γ 均為可氯丹之異構物；o,p-DDD、o,p-DDT、p,p-DDD、p,p-DDE、p,p-DDT 均為滴滴涕及其衍生物之異構物； α -安殺番與 β -安殺番均為安殺番之異構物。

3. 可氯丹 α 與可氯丹 γ 分析項目為定量極限值。

4. 採樣日期：101.05.25~101.05.26。

7.3.3 底泥調查結果分析

一、物理性質與總有機碳含量

一般土壤比重平均約 2.65。本計畫調查大漢溪及淡水河本流底泥結果（表 7.3-14 及表 7.3-15）顯示，大漢溪約由城林大橋至接近新海橋河段、淡水河本流台北大橋至中山高速公路橋河段採樣點（S03、S10、S12、S14、S15、S17、S18、S20、S22、S31 及 S32）之底泥比重略低於 2.65，且砂粒含量較低，一般有機物質含量較高，此推論與底泥總有機碳含量（表 7.3-16 及表 7.3-17）檢驗結果相符。大漢溪較上游之柑園大橋、較下游之新海大橋至淡水河本流之忠孝大橋等河段，其底泥比重稍高於 2.65 但未達 2.70，且質地多為砂土，一般礦物質含量較高，此亦與本河段採樣點（S01、S24、S26、S27、S28、S29、S30）之總有機碳檢驗結果（較低）（表 7.3-16～表 7.3-17）相符。

二、氧化還原電位（ORP、Eh）

本計畫於現場測定底泥之氧化還原電位（ORP、Eh），提供模式模擬時之底泥氧化還原強度設定。氧化還原電位為正值者屬於氧化態，氧化還原電位為負值者屬於還原態，當氧化還原電位高於+250 mV 時，為高度氧化態，氧化還原電位低於-250 mV 時，為高度還原態。

調查結果（表 7.3-16 及表 7.3-17）顯示，除較上游之 S01（柑園大橋）及 S03（三峽河匯入後）底泥氧化還原電位為正值外（第一次-75～+8mV、第二次為負值），此外其餘採樣點皆為負值（第一次-39～-235mV、-40～-386mV）。變化趨勢上大致為越往下游，底泥氧化還原電位越低，至淡水河本流之後尤其明顯。

三、底泥需氧量（SOD）

底泥需氧量（SOD）發生於底泥中生物生長及有機物分解耗氧，一般在都市廢水排放口附近，或具有較新鮮之有機物排入之處，底泥需氧量平均約 1.5 g/m².day 以上，有機物含量稍低或稍遠離污水（含有機物）排放口處之底泥需

氧量平均低於 $1.5 \text{ g/m}^2\cdot\text{day}$ ，較乾淨、砂質或礦物質含量較高之底泥，其需氧量大多小於 $0.5 \text{ g/m}^2\cdot\text{day}$ （曾四恭、吳先琪，1989）。

大漢溪及淡水河本流底泥需氧量（表 7.3-16 及表 7.3-17），第一次結果介於 $0.14\sim 2.61 \text{ g/m}^2\cdot\text{day}$ 之間，第二次結果介於 $0.31\sim 3.32 \text{ g/m}^2\cdot\text{day}$ 之間。其中底泥需氧量接近或高於 $1.5 \text{ g/m}^2\cdot\text{day}$ 之間者，其上游同側均有支流排水匯入，包含 S10、S12、S14、S15、S17、S20、S22、S26、S28、S29、S30、S31 以及 S32 等（相對應之支流排水詳參圖 7.3-1 及圖 7.3-2 所示）。較上游之 S01（柑園大橋）及 S03（三峽河匯入後）底泥需氧量低於 $0.5 \text{ g/m}^2\cdot\text{day}$ ，與該河段無大型污染排水排入之情況相符。

四、導電度（EC）

導電度受無機性鹽類及離子強度影響，若導電度高於 $3.0 \text{ mmho/cm}25^\circ\text{C}$ ，將不利植物生長，對生存於底泥中之生物亦有不良影響。本計畫測定底泥溶液之導電度（表 7.3-16 及表 7.3-17）範圍介於 $100\sim 937 \text{ mmho/cm}25^\circ\text{C}$ 之間，均於可接受範圍內。

五、陽離子交換容量（CEC）

陽離子交換容量之定義為每 100 克的烘乾土所含每一種可交換性陽離子的毫克當量數（寫成 m.e./100g ）加起來的總數，稱為陽離子交換能量（cation exchange capacity，簡稱 C.E.C.），其大小跟基質本身的礦物成分與帶電特性有關，因此陽離子交換容量可用來評估底泥吸附重金屬之能力大小，CEC 值越高，可吸附之陽離子總量越高。

本計畫兩次調查大漢溪及淡水河本流之 CEC 值（表 7.3-16 及表 7.3-17）分別介於 $3.13\sim 17.3 \text{ meq/100g}$ 及 $0.7\sim 17.8 \text{ meq/100g}$ 之間，其中城林大橋至新海大橋河段（採樣點 S10～S26）及台北大橋至中山高速公路橋（採樣點 S31～S32）兩個河段之 CEC 值明顯高於其他河段，與重金屬全量（表 7.3-18 及表 7.3-19）之檢測結果比對，上述 CEC 較高河段之底泥中重金屬全量確實均有達到底泥品質指標上限值之情形。

六、重金屬全量

1. 檢測濃度比較

重金屬檢測結果如表 7.3-18 及表 7.3-19 所示。於兩次調查結果中，銅、鋅、鎳三項由大漢溪上游之柑園大橋至淡水河本流中山高速公路橋（採樣點 S01 至 S32）均達到底泥品質指標下限值或上限值，鎘、鉻、汞三項則大致上由大漢溪西盛抽水站匯入後開始至中山高速公路橋（採樣點 S17 以下至 S32），有達到底泥品質指標下限值之情形。

第一次調查結果僅 S01 及 S03、S15 及 S28 之各項重金屬均低於底泥品質指標上限值，第二次調查結果則僅 S01、S03、S12 及 S29 之各項重金屬均低於底泥品質指標上限值，其餘採樣點均於第一次或第二次調查中有任一項重金屬濃度達到底泥品質指標上限值。除 S01 及 S03 兩處採樣點位外，建議依據「底泥品質指標之分類管理及用途限制辦法」，通知農漁業衛生主管單位檢測水中生物體，以及由目的事業主管機關加強其餘點位底泥相關項目之監測。

2. 王水消化與酸消化所得濃度比較

本計畫執行現場採樣分析時間為 100 年 12 月至 101 年 6 月，底泥重金屬採用王水消化法(NIEA S321.63B)進行萃取分析，而環檢所於 101 年 6 月 21 日公告「廢棄物及底泥中金屬檢測方法－酸消化法」(NIEA M353.01C)(以下簡稱酸消化法)，並於同年 7 月 31 日生效。為了解兩者分析結果的差異性，本計畫將第二次採樣之部分底泥樣品同時以兩種方法進行分析，結果如表 7.3-20，並將方法定義之適用範圍及注意事項整理如表 7.3-21。

由檢測數據結果，鉛及鋅兩項為酸消化法之測值略高於王水消化法之測值，鎘、鉻、銅及鎳則為王水消化法之測值略高於多種酸消化法之測值，但整體上利用兩種消化方法所得之重金屬差異不大，進一步對照分析方法定義，可推論本計畫底泥重金屬較少鍵結在矽酸結構內，即所含重金屬多為在環境中可供利用的部分，使酸消化法將本計畫底泥樣品中多數重金屬溶解出來，並與王水消化法全量萃取測值差異不大。

雖然兩種方法經本計畫分析結果差異不大，但依方法名稱內容，酸消化法是較適合底泥重金屬分析的，理由是該方法可將在環境中可供利用的元素溶解出來，較能反映實際上底泥重金屬污染物對環境風險的影響，且通常底泥較土壤含有大量的有機碳，若使用王水消化前，必須檢測有機碳含量並據以添加適量硝酸處理後，才能再用王水進一步消化，因此王水消化法用於底泥分析時，較容易受到有機碳的影響。建議未來仍應以酸消化法為底泥重金屬分析之主要方法。

七、多氯聯苯(PCB)、戴奧辛

彙整多氯聯苯及戴奧辛之檢驗結果如表 7.3-22 及表 7.3-23 所示。多氯聯苯部分，各採樣點之 PCB 濃度均低於定量極限。戴奧辛部分，於第一次調查發現，大漢溪西盛抽水站匯入後（S17）及湳仔溝匯入前（S18）兩處採樣點之戴奧辛濃度達到底泥品質指標下限值，第二次調查則未發現，惟本計畫仍建議未來應依據「底泥品質指標之分類管理及用途限制辦法」，要求目的事業主管機關加強本河段底泥戴奧辛之監測頻率。

八、其他含氯化合物、農藥及 PAHs

彙整底泥其他含氯化合物、農藥及 PAHs 之檢驗結果如表 7.3-22～表 7.3-27。於第一次調查之檢驗作業中，因受底泥中硫化物及其餘組成干擾嚴重，稀釋相當倍數後測值已低於定量極限，再乘回稀釋倍數後，發生參考數值高於底泥品質指標上限或下限值之情況，故表中各項值僅供參考。為解決上述問題，本計畫於第二次採樣檢驗作業中，協調委託之檢驗公司（中環公司）嘗試使用 SIM 選擇性離子檢測，提高其他含氯化合物及 PAHs 之偵測靈敏度（降低定量極限），以解決相關問題。但無法再進一步改善之項目為阿特靈、地特靈、飛佈達及毒殺芬（偵測極限已相當低）。經修正方法後之測值（表 7.3-23、表 7.3-25、表 7.3-27），各點之其他含氯化合物、農藥及 PAHs 濃度均低於底泥品質指標下限值。

九、AVS 及 SEM

另分析底泥中移動性較高（生物可利用性較高）之重金屬濃度，並參考美

國 EPA 2004 年採用之評估方式(於第六章中介紹),將分析結果彙整如表 7.3-28 及表 7.3-29 所示。美國 EPA 2004 年所採用之底泥生物危害風險評估方式,將底泥之生物危害風險程度分為 Tier 1、Tier2、Tier 3 三種等級。Tier 1 代表底泥之其生物危害風險較高, Tier2 代表底泥可能具有生物危害風險, Tier 3 代表底泥無生物危害風險或極低。

兩次調查結果有任一次達到 Tier 1 之點位包含 S10、S12、S14、S17、S18、20、S22、S24、S26、S30、S31, 主要造成風險(移動量較高)之項目為銅及鋅, 而 S17 及 S18 則為移動性之銅、鋅、鎳濃度均偏高;其餘點位危害風險屬於 Tier 2 或 Tier 3, 危害風險較低或無風險。

表 7.3-14 底泥調查檢測結果（物理性質-第一次）

測站 編號	測站名稱	分析 項目	比 重 Specific Gravity Gs	礫石 Gravel 4.75 mm 以上	砂 Sand 4.75~ 0.075 mm	粉土 Silt 0.075~ 0.005 mm	黏土 Clay 0.005 mm 以下	質地	D50	粒度
		單位	—	%	%	%	%	—	mm	—
S01	柑園大橋	左岸	2.66	0	92	7	1	砂土	0.3172	砂粒
		右岸	2.63	0	82	17	1	砂土	0.2345	砂粒
S03	三峽河匯入後	左岸	2.62	0	75	25	0	砂土	0.1093	砂粒
		右岸	2.61	0	94	5	1	砂土	0.3945	砂粒
S10	城林大橋	左岸	2.58	0	48	49	3	壤土	0.0715	砂粒
		右岸	2.58	0	40	55	5	壤土	0.0583	粉粒
S12	土城抽水站匯入後	左岸	2.61	0	51	48	1	壤土	0.0783	砂粒
		右岸	2.60	0	45	51	4	壤土	0.0658	粉粒
S14	西盛引水門匯入後	左岸	2.60	0	52	46	2	壤土	0.0775	砂粒
		右岸	2.60	0	52	45	3	壤土	0.0792	砂粒
S15	浮洲橋	左岸	2.60	0	58	41	1	壤土	0.0854	砂粒
		右岸	2.61	0	58	39	3	壤土	0.0893	砂粒
S17	西盛抽水站匯入後	左岸	2.55	0	48	47	5	壤土	0.0699	粉粒
		右岸	2.52	0	46	49	5	壤土	0.0663	粉粒
S18	湳仔溝匯入前	左岸	2.46	0	17	74	9	粉土	0.0294	粉粒
		右岸	2.51	0	35	59	6	壤土	0.0585	粉粒
S20	湳仔溝匯入後	左岸	2.56	0	59	37	4	壤土	0.1072	砂粒
		右岸	2.60	0	55	43	2	壤土	0.0886	砂粒
S22	塔寮坑溪匯入後	左岸	2.58	0	56	42	2	壤土	0.0869	砂粒
		右岸	2.57	0	56	42	2	壤土	0.0891	砂粒
S24	新海大橋	左岸	2.62	0	16	72	12	粉土	0.0274	粉粒

測站 編號	測站名稱	分析 項目	比 重 Specific Gravity Gs	礫石 Gravel 4.75 mm 以上	砂 Sand 4.75~ 0.075 mm	粉土 Silt 0.075~ 0.005 mm	黏土 Clay 0.005 mm 以下	質地	D50	粒度
		單位	—	%	%	%	%	—	mm	—
		右岸	2.67	0	58	37	5	壤土	0.1605	砂粒
S26	華江抽水站匯入後	河中段	2.63	0	45	50	5	壤土	0.0655	粉粒
		左岸	2.67	0	95	5	0	砂土	0.2469	砂粒
S27	重翠大橋(大漢溪終點)	左岸	2.68	0	98	2	0	砂土	0.4555	砂粒
		右岸	2.66	0	89	11	0	砂土	0.1522	砂粒
S28	新店溪(華江大橋)	左岸	2.67	0	78	20	2	砂土	0.2154	砂粒
		右岸	2.67	0	63	34	3	砂土	0.1376	砂粒
S29	淡水河本流起點	左岸	2.68	0	93	7	0	砂土	0.2928	砂粒
		右岸	2.68	0	89	11	0	砂土	0.2236	砂粒
S30	忠孝大橋	河中段	2.64	0	48	44	8	壤土	0.0663	粉粒
		左岸	2.67	0	90	8	2	砂土	0.2058	砂粒
S31	臺北大橋	左岸	2.61	0	33	55	12	壤土	0.0461	粉粒
		右岸	2.62	0	36	56	8	壤土	0.0565	粉粒
S32	國道一號淡水河橋 (迪化污水處理廠匯入後)	左岸	2.60	0	17	69	14	粉土	0.0236	粉粒
		右岸	2.62	0	18	70	12	粉土	0.0269	粉粒

註：採樣深度 0-15 公分，表層。採樣日期：100.12.21/101.01.11。

表 7.3-15 底泥調查檢測結果（物理性質-第二次）

測站 編號	測站名稱	分析項目	比 重 Specific Gravity Gs	礫石 Gravel 4.75 mm 以上	砂 Sand 4.75~ 0.075 mm	粉土 Silt 0.075~ 0.005 mm	黏土 Clay 0.005 mm 以下	質地	D50	粒度
		單位	—	%	%	%	%	—	mm	—
S14	西盛引水門匯入後	左岸	2.66	0	77	23	0	砂土	0.1829	砂粒
		右岸	—	—	—	—	—		—	
S18	涌仔溝匯入前	左岸	2.65	0	41	53	6	壤土	0.0603	粉粒
		右岸	—	—	—	—	—		—	
S20	涌仔溝匯入後	左岸	—	—	—	—	—		—	
		右岸	2.55	0	23	67	10	粉土	0.0431	粉粒
S22	塔寮坑溪匯入後	左岸	2.57	0	23	72	5	粉土	0.0389	粉粒
		右岸	—	—	—	—	—		—	
S32	國道一號淡水河橋 (迪化污水處理廠匯入後)	左岸	—	—	—	—	—		—	
		右岸	2.70	0	26	59	15	粉土	0.0285	粉粒

註：採樣深度 0-15 公分，表層。採樣日期：101.05.25~101.05.27。

表 7.3-16 底泥調查檢測結果（一般項目-第一次）

測站 編號	測站名稱	分析 項目	氧化還 原電位	底 泥 需氧量	導電度	鹼度	正磷 酸根	總磷	陽離子 交換容量	總有機碳 ^{註3}	含水量 (water content) ^{註5}
		單位	mV	g/m ² .day	μmho/cm25℃	mg/kg	mg/kg	mg/kg	meq/100g	mg/kg	%
	底泥品質指標上限	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	底泥品質指標下限	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	方法偵測極限	—	—	—	—	2.5 ^{註2}	0.1 ^{註2}	8.0 ^{註2}	0.054	—	—
S01	柑園大橋	左岸	34	0.14	102	194	2.71	597	3.79	4,660	27.7
		右岸	-75	0.17	141	140	0.785	951	5.52	8,550	29.0
S03	三峽河匯入後	左岸	8	0.18	162	126	0.790	673	8.17	5,890	38.4
		右岸	33	0.18	100	139	0.820	806	8.71	11,000	31.7
S10	城林大橋	左岸	-88	1.46	270	370	2.06	952	10.9	9,050	65.2
		右岸	-93	0.64	249	288	0.975	819	9.01	12,000	97.3
S12	土城抽水站匯入後	左岸	-114	1.85	244	358	1.50	959	10.5	11,400	56.3
		右岸	-104	1.47	190	450	1.78	986	10.1	10,400	58.6
S14	西盛引水門匯入後	左岸	-108	1.54	246	331	1.34	980	9.05	12,500	58.6
		右岸	-113	0.82	278	321	1.16	964	9.10	12,300	59.4
S15	浮洲橋	左岸	-135	1.43	232	314	1.36	797	7.31	10,600	46.2
		右岸	-114	1.54	312	262	0.770	790	8.93	11,600	57.1
S17	西盛抽水站匯入後	左岸	-178	1.43	374	313	2.34	1,450	12.2	17,300	85.2
		右岸	-173	0.84	348	262	1.58	1,920	12.0	15,500	87.0
S18	湳仔溝匯入前	左岸	-134	0.83	638	368	1.25	2,150	17.3	33,200	251
		右岸	-141	0.88	722	435	1.42	1,420	16.4	33,000	178
S20	湳仔溝匯入後	左岸	-112	1.59	362	438	2.64	1,460	13.3	26,300	106
		右岸	-123	0.88	374	606	2.46	1,860	13.3	25,300	106
S22	塔寮坑溪匯入後	左岸	-156	1.38	372	290	2.32	1,490	10.4	15,500	121

測站 編號	測站名稱	分析 項目	氧化還 原電位	底 泥 需氧量	導電度	鹼度	正磷 酸根	總磷	陽離子 交換容量	總有機碳 ^{註3}	含水量 (water content) ^{註5}
		單位	mV	g/m ² .day	μmho/cm25°C	mg/kg	mg/kg	mg/kg	meq/100g	mg/kg	%
	底泥品質指標上限	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	底泥品質指標下限	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	方法偵測極限	—	—	—	—	2.5 ^{註2}	0.1 ^{註2}	8.0 ^{註2}	0.054	—	—
S24	新海大橋	右岸	-139	1.35	352	316	2.44	1,550	10.5	17,600	143
		左岸	-215	0.45	264	126	1.17	1,760	6.52	13,100	104
S26	華江抽水站匯入後	右岸	-163	1.04	325	212	2.56	2,230	12.3	14,900	145
		河中段	-130	2.01	103	245	3.30	821	3.25	12,000	31.6
S27	重翠大橋(大漢溪終點)	左岸	-141	1.23	260	485	3.42	1,470	9.40	10,600	76.4
		右岸	-131	0.97	254	145	1.64	1,070	3.13	8,250	29.0
S28	新店溪(華江大橋)	左岸	-108	1.23	130	169	2.41	675	3.47	4,710	32.6
		右岸	-206	1.33	404	67.6	0.28	962	4.49	9,760	51.6
S29	淡水河本流起點	左岸	-132	2.10	205	134	1.96	1,920	5.99	8,870	80.1
		右岸	-39	2.61	306	53.5	0.95	1,040	3.00	5,420	29.2
S30	忠孝大橋	左岸	-150	1.81	176	135	1.42	1,290	5.57	10,000	34.9
		河中段	-139	2.43	262	260	2.00	857	3.20	10,300	33.3
S31	臺北大橋	左岸	-153	1.33	292	350	2.89	1,520	4.90	6,650	73.1
		右岸	-168	1.85	220	304	2.68	1,260	14.3	10,100	96.6
S32	國道一號淡水河橋 (迪化污水處理廠匯入後)	左岸	-212	1.93	556	367	2.53	1,820	10.9	13,300	69.5
		右岸	-214	2.03	937	279	1.44	1,750	12.7	11,600	106
			-235	1.63	844	290	1.86	1,660	12.6	14,000	103

註：1.檢測數據位數之表示，依環保署公告 99 年 3 月 5 日環檢一字第 0990000919 號「檢測報告位數表示規定」。

2.鹼度、正磷酸根、總磷分析項目為定量極限值。

3.總有機碳係委託中山醫學大學分析。

4.採樣深度 0-15 公分，表層。採樣日期：100.12.21/101.01.11。

5.含水量測定係以(烘乾前重量－烘乾後重量)÷(烘乾後重量)

表 7.3-17 底泥調查檢測結果（一般項目-第二次）

測站編號	測站名稱	分析項目	氧化還原電位	底泥需氧量	導電度	鹼度	正磷酸根	總磷	陽離子交換容量	總有機碳 ^{註3}
		單位	mV	g/m ² .day	μmho/cm25℃	mg/kg	mg/kg	mg/kg	meq/100g	mg/kg
		MDL	—	—	—	2.5 ^{註2}	0.1 ^{註2}	8.0 ^{註2}	0.054	—
S01	柑園大橋	左岸	-42	0.54	92	222	3.74	1,040	2.02	7,180
		右岸	-62	0.63	78	182	4.70	1,770	2.27	10,380
S03	三峽河匯入後	左岸	-176	0.73	148	177	0.630	1,160	2.55	8,100
		右岸	-158	0.79	120	183	1.17	1,210	3.25	11,220
S10	城林大橋	左岸	-57	3.32	530	54.5	ND	1,750	7.71	14,610
		右岸	-62	0.87	713	15.0	ND	1,540	6.62	7,260
S12	土城抽水站匯入後	左岸	-64	1.82	227	30.0	0.300	1,150	4.50	7,320
		右岸	-40	1.42	402	11.5	ND	851	3.56	7,010
S14	西盛引水門匯入後	左岸	-79	2.67	310	71.5	0.940	2,330	5.34	21,710
		右岸	-83	1.87	565	10.5	0.305	1,760	6.66	15,190
S15	浮洲橋	左岸	-80	1.64	430	52.5	0.120	1,350	4.65	15,370
		右岸	-98	3.17	478	54.0	ND	1,310	7.74	17,070
S17	西盛抽水站匯入後	左岸	-155	0.94	636	194	0.535	2,280	10.7	17,580
		右岸	-161	0.99	1,220	6.5	0.180	1,100	5.47	6,610
S18	滴仔溝匯入前	左岸	-101	1.01	337	86.5	0.480	1,770	8.74	5,980
		右岸	-122	1.01	542	370	1.44	5,930	11.3	17,320
S20	滴仔溝匯入後	左岸	-129	1.04	988	354	0.460	3,230	17.3	19,520
		右岸	-134	0.87	875	189	0.605	4,530	15.8	46,370
S22	塔寮坑溪匯入後	左岸	-129	1.04	603	386	2.32	3,010	13.4	28,090
		右岸	-142	1.39	509	205	0.405	1,790	6.90	8,500
S24	新海大橋	左岸	-135	1.51	189	516	3.29	1,940	13.9	9,230
		右岸	-120	1.19	257	244	3.10	5,470	8.42	19,150
		河中段	-91	1.57	—	—	—	—	—	—
S26	華江抽水站匯入後	河中段	36	1.33	232	169	0.685	1,670	0.702	5,890
		左岸	180	1.18	33	216	3.88	1,940	2.06	6,230

測站編號	測站名稱	分析項目	氧化還原電位	底泥需氧量	導電度	鹼度	正磷酸根	總磷	陽離子交換容量	總有機碳 ^{註3}
		單位	mV	g/m ² .day	µmho/cm25°C	mg/kg	mg/kg	mg/kg	meq/100g	mg/kg
		MDL	—	—	—	2.5 ^{註2}	0.1 ^{註2}	8.0 ^{註2}	0.054	—
S27	重翠大橋(大漢溪終點)	左岸	-276	0.54	194	328	1.49	1,440	8.32	6,910
		右岸	-227	0.57	251	294	2.60	3,350	10.0	16,510
		河中段	-92	1.15	—	—	—	—	—	—
S28	新店溪(華江大橋)	左岸	-330	1.55	134	318	1.26	1,570	8.88	11,880
		右岸	-337	1.25	234	244	1.70	3,960	6.33	13,370
		河中段	-311	1.31	—	—	—	—	—	—
S29	淡水河本流起點	左岸	-164	1.65	276	249	1.71	1,980	4.96	11,210
		右岸	-182	2.12	150	219	2.95	2,450	4.32	10,720
S30	忠孝大橋	河中段	-204	1.47	486	223	1.86	3,610	5.90	15,450
		左岸	-181	0.98	544	263	3.70	2,830	4.65	21,980
S31	臺北大橋	左岸	-232	1.17	841	133	0.280	3,580	8.95	15,530
		右岸	-208	1.12	1,040	142	0.250	3,480	11.2	17,960
		河中段	-213	1.05	—	—	—	—	—	—
S32	國道一號淡水河橋 (迪化污水處理廠匯入後)	左岸	-284	0.63	1,790	280	1.31	4,530	17.8	19,670
		右岸	-354	0.91	1,390	383	1.81	2,200	10.0	7,230
		河中段	-312	1.01	—	—	—	—	—	—
S33	重陽大橋	左岸	-386	0.81	—	—	—	—	—	—
		右岸	-345	0.31	—	—	—	—	—	—
		河中段	-326	1.07	—	—	—	—	—	—

註：1.檢測數據位數之表示，依環保署公告 99 年 3 月 5 日環檢一字第 0990000919 號「檢測報告位數表示規定」。

2.鹼度、正磷酸根、總磷等項為定量極限值。

3.總有機碳係委託中山醫學大學分析。

4.採樣深度 0-15 公分，表層。採樣日期：101.05.25~101.05.27。

表 7.3-18 底泥調查檢測結果（重金屬全量-第一次）

測站 編號	測站名稱	分析項目	鉛	鎘	鉻	銅	鋅	鎳	鐵	錳	砷	汞
		單位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	底泥品質指標上限	—	161	2.5	233	157	384	80	—	—	33	0.87
	底泥品質指標下限	—	48	0.65	76	50	140	24	—	—	11	0.23
	方法偵測極限	—	3.0	0.61	2.5	1.3	2.8	2.9	16.7 ^{註2}	3.3 ^{註2}	0.20	0.0035
S01	柑園大橋	左岸	17.4	<0.67	26.3	33.9	103	44.4	17,000	362	4.41	0.044
		右岸	20.0	0.77	38.2	60.3	279	63.1	42,400	804	4.78	0.097
S03	三峽河匯入後	左岸	17.4	ND	30.2	46.7	240	38.1	38,900	371	4.29	0.058
		右岸	20.0	ND	37.0	96.1	397	33.7	44,300	387	4.51	0.073
S10	城林大橋	左岸	35.3	ND	63.3	399	238	59.7	30,700	412	7.82	0.113
		右岸	21.0	ND	40.6	102	156	46.4	22,700	306	5.93	0.066
S12	土城抽水站匯入後	左岸	32.4	ND	53.0	311	231	60.5	29,400	423	6.33	0.106
		右岸	35.1	ND	54.5	333	243	62.9	28,600	434	8.48	0.102
S14	西盛引水門匯入後	左岸	29.6	ND	56.3	273	279	60.4	27,700	381	6.31	0.150
		右岸	26.7	ND	52.7	236	248	57.7	26,300	354	6.29	0.096
S15	浮洲橋	左岸	21.1	ND	42.5	126	183	49.1	23,800	307	4.91	0.110
		右岸	21.0	ND	44.1	122	186	51.6	23,700	297	4.65	0.103
S17	西盛抽水站匯入後	左岸	43.7	1.09	97.0	392	498	156	29,000	446	13.5	0.357
		右岸	37.7	1.09	210	357	418	123	29,700	422	11.0	0.272
S18	涌仔溝匯入前	左岸	56.6	1.74	81.7	823	1,430	223	43,400	441	10.2	0.656
		右岸	53.1	1.57	174	706	1,060	201	39,800	413	6.98	0.750
S20	涌仔溝匯入後	左岸	43.8	1.41	101	303	724	95.3	38,400	418	8.37	0.712
		右岸	49.9	1.57	110	315	710	100	39,800	432	6.51	0.675
S22	塔寮坑溪匯入後	河中段	61.5	0.95	236	650	796	248	30,200	471	4.40	0.255
		左岸	66.6	0.80	230	690	810	257	29,900	481	6.93	0.238
S24	新海大橋	左岸	39.9	1.28	96.6	278	373	97.5	40,800	377	8.52	0.417

測站 編號	測站名稱	分析項目	鉛	鎘	鉻	銅	鋅	鎳	鐵	錳	砷	汞
		單位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	底泥品質指標上限	—	161	2.5	233	157	384	80	—	—	33	0.87
	底泥品質指標下限	—	48	0.65	76	50	140	24	—	—	11	0.23
	方法偵測極限	—	3.0	0.61	2.5	1.3	2.8	2.9	16.7 ^{註2}	3.3 ^{註2}	0.20	0.0035
		右岸	44.9	1.12	88.2	266	407	88.3	37,700	399	8.98	0.574
		和中段	21.0	ND	55.9	71.9	168	58.3	29,700	320	6.83	0.087
S26	華江抽水站匯入後	右岸	26.6	ND	88.1	180	316	69.3	28,100	317	7.15	0.182
S27	重翠大橋(大漢溪終點)	左岸	25.4	ND	58.0	92.5	216	105	43,400	393	5.56	0.057
		右岸	16.7	ND	23.4	30.7	89.8	33.9	21,000	214	3.28	0.037
S28	新店溪(華江大橋)	河中段	30.3	0.95	49.5	85.7	215	54.6	34,600	242	5.97	0.234
		左岸	27.9	0.95	65.6	122	286	62.3	38,800	400	6.01	0.305
S29	淡水河本流起點	左岸	20.6	ND	43.2	66.8	177	85.9	37,000	352	5.15	0.066
		右岸	25.4	ND	37.0	58.5	157	49.3	34,200	282	5.88	0.152
S30	忠孝大橋	左岸	21.0	ND	40.6	49.9	133	43.0	27,100	276	6.76	0.072
		右岸	35.0	ND	85.0	172	294	65.3	35,600	377	10.1	0.314
S31	臺北大橋	左岸	37.8	1.12	92.2	231	375	82.6	37,500	388	7.31	0.381
		右岸	35.1	1.12	74.3	171	354	70.9	37,500	354	8.41	0.401
S32	國道一號淡水河橋 (迪化污水處理廠匯入後)	左岸	37.5	1.12	81.7	215	352	77.7	37,900	389	11.3	0.337
		右岸	37.5	1.12	76.8	182	354	71.8	37,200	321	10.2	0.377

註：1.檢測數據位數之表示，依環保署公告 99 年 3 月 5 日環檢一字第 0990000919 號「檢測報告位數表示規定」。

2.採樣深度 0-15 公分，表層。採樣日期：100.12.21/101.01.11。

表 7.3-19 底泥調查檢測結果（重金屬全量-第二次）

測站 編號	測站名稱	分析項目	鉛	鎘	鉻	銅	鋅	鎳	鐵	錳	砷	汞
		單位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	底泥品質指標上限	—	161	2.5	233	157	384	80	—	—	33	0.87
	底泥品質指標下限	—	48	0.65	76	50	140	24	—	—	11	0.23
	方法偵測極限	—	3.0	0.61	2.5	1.3	2.8	2.9	16.7 ^{註2}	3.3 ^{註2}	0.20	0.0035
S01	柑園大橋	左岸	18.8	ND	30.3	29.1	98.7	55.2	25,700	325	3.67	0.037
		右岸	18.9	0.76	30.4	29.2	136	68.3	18,900	338	4.09	0.049
S03	三峽河匯入後	左岸	18.9	0.76	38.1	56.3	152	61.4	22,200	250	3.72	0.062
		右岸	18.9	ND	39.7	52.0	137	57.4	20,900	235	3.57	0.053
S10	城林大橋	左岸	27.9	0.88	47.6	133	198	72.5	22,300	323	4.37	0.166
		右岸	24.6	ND	38.2	186	169	46.9	22,000	224	3.98	0.101
S12	土城抽水站匯入後	左岸	21.2	ND	24.9	87.3	124	36.3	18,700	197	3.21	0.063
		右岸	17.9	ND	23.0	52.9	103	29.2	16,700	157	2.59	0.064
S14	西盛引水門匯入後	左岸	22.5	<0.67	53.9	177	287	66.9	22,800	239	5.77	0.381
		右岸	25.2	<0.67	46.2	177	212	58.8	25,300	226	7.73	0.117
S15	浮洲橋	左岸	27.8	<0.67	38.0	115	192	52.3	20,800	252	3.91	0.088
		右岸	24.5	<0.67	39.9	158	186	50.7	22,600	288	4.61	0.091
S17	西盛抽水站匯入後	左岸	34.9	0.75	68.2	259	330	78.9	27,700	443	4.64	0.420
		右岸	<16.7	ND	40.6	121	196	53.2	22,400	181	4.46	0.073
S18	湳仔溝匯入前	左岸	22.3	0.83	62.7	155	216	64.3	29,500	307	10.7	0.127
		右岸	67.1	1.53	360	1,160	1,140	317	39,200	436	9.14	0.442
S20	湳仔溝匯入後	左岸	45.9	1.29	116	465	698	97.5	36,600	440	5.23	0.584
		右岸	65.7	1.18	362	1,280	1,030	271	36,900	446	10.7	0.805

測站 編號	測站名稱	分析項目	鉛	鎘	鉻	銅	鋅	鎳	鐵	錳	砷	汞
		單位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	底泥品質指標上限	—	161	2.5	233	157	384	80	—	—	33	0.87
	底泥品質指標下限	—	48	0.65	76	50	140	24	—	—	11	0.23
	方法偵測極限	—	3.0	0.61	2.5	1.3	2.8	2.9	16.7 ^{註2}	3.3 ^{註2}	0.20	0.0035
S22	塔寮坑溪匯入後	左岸	59.4	0.94	209	624	803	225	26,100	457	5.71	0.301
		右岸	22.2	ND	69.4	157	256	63.6	28,200	206	3.65	0.312
S24	新海大橋	左岸	46.2	1.14	78.9	255	223	113	45,900	653	7.10	0.155
		右岸	46.2	1.52	125	372	578	112	44,200	465	5.87	0.768
S26	華江抽水站匯入後	河中段	27.1	0.75	60.7	93.8	396	217	41,000	377	4.30	0.066
		左岸	19.0	ND	40.8	31.6	157	70.6	36,500	510	4.47	0.049
S27	重翠大橋(大漢溪終點)	左岸	29.8	1.13	58.3	91.2	148	62.6	35,500	432	5.88	0.154
		右岸	43.3	1.33	94.1	197	291	94.9	41,500	463	7.81	1.470
S28	新店溪(華江大橋)	左岸	35.3	0.93	53.8	63.1	168	41.3	29,900	379	5.60	0.489
		右岸	37.7	0.93	83.8	157	293	70.7	37,800	435	6.23	0.531
S29	淡水河本流起點	左岸	27.3	ND	62.8	131	251	77.1	24,700	272	4.04	0.162
		右岸	19.5	ND	34.1	39.2	135	42.2	28,500	238	3.03	0.140
S30	忠孝大橋	河中段	37.8	0.93	99.2	206	334	76.2	35,200	407	6.98	0.505
		左岸	27.4	ND	66.2	153	261	61.6	28,200	276	5.03	0.452
S31	臺北大橋	左岸	32.5	1.14	81.6	175	295	71.7	34,500	343	7.01	0.509
		右岸	29.7	1.13	84.5	166	295	67.6	33,500	330	7.38	0.338
S32	國道一號淡水河橋 (迪化污水處理廠匯入後)	左岸	52.5	1.55	120	267	488	96.9	43,000	388	9.64	0.647
		右岸	32.4	0.95	58.3	102	231	58.6	35,800	299	7.01	0.306

註：1.檢測數據位數之表示，依環保署公告 99 年 3 月 5 日環檢一字第 0990000919 號「檢測報告位數表示規定」。

2.鐵、錳分析項目為定量極限值。

3.採樣深度 0-15 公分、15-30 公分、30-60 公分。採樣日期：101.05.25~101.05.27。

表 7.3-20 底泥調查檢測結果（重金屬全量-酸消化法）

測站 編號	測站名稱	分析項目	鉛		鎘		鉻		銅		鋅		鎳	
		單位	mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg	
		底泥品質指標上限	161		2.5		233		157		384		80	
		底泥品質指標下限	48		0.65		76		50		140		24	
		定量極限	3.0	25.0 ^{註2}	0.61	1.0 ^{註2}	2.5	5.0 ^{註2}	1.3	5.0 ^{註2}	2.8	2.5 ^{註2}	2.9	10.0 ^{註2}
		消化法	王水	酸消化	王水	酸消化	王水	酸消化	王水	酸消化	王水	酸消化	王水	酸消化
S14	西盛引水門匯入後	左岸	22.5	30.1	<0.67	0.72*	53.9	45.8	177	166	287	291	66.9	62.1
S18	涌仔溝匯入前	左岸	22.3	30.0	0.83	0.72*	62.7	58.7	155	150	216	222	64.3	60.7
S20	涌仔溝匯入後	右岸	65.7	86.7	1.18	1.07	362	313	1,280	1,260	1,030	1,090	271	286
S22	塔寮坑溪匯入後	左岸	59.4	68.0	0.94	1.02	209	196	624	671	803	813	225	195
S32	國道一號淡水河橋 (迪化污水處理廠匯入後)	右岸	32.4	39.4	0.95	0.72*	58.3	63.0	102	109	231	222	58.6	52.8

註：1.檢測數據位數之表示，依環保署公告 99 年 3 月 5 日環檢一字第 0990000919 號「檢測報告位數表示規定」。

2.其中加註“*”者表示測值低於定量極限值，係利用檢量線以外插方式估算所得。

3.採樣深度 0-15 公分。採樣日期：101.05.25~101.05.27。

表 7.3-21 王水消化與酸消化方法比較表

項目	王水消化法	酸消化法
使用試劑	王水(3mol 鹽酸+1mol 硝酸)	濃硝酸、過氧化氫、濃鹽酸
檢測方法編號	NIEA S321.63B	NIEA M353.01C
應用標的	土壤或其他類似基質中鎘、鉻、鈷、銅、鉛、錳、鎳及鋅等重金屬	廢棄物及底泥中鋁、銻、鉍、鉍、鈣、鎘、鉻、鈷、銅、鐵、鉛、鎂、錳、鉬、鎳、鉀、銀、鈉、鉍、鈦、鈦、鋅、砷、硒等金屬
適用範圍	本方法適用土壤或其他類似基質中鎘、鉻、鈷、銅、鉛、錳、鎳及鋅等重金屬含量之檢測。	1.本方法為強酸消化，在環境中可供利用的元素大多可被溶解，但鍵結在矽酸結構內的元素(在環境中不具溶解性及移動性)通常不易被本消化程序所溶解，因此本方法並不是全量消化。 2.含上述元素的樣品(或非上述所列之金屬或其他基質)，經本方法操作驗證後濃度值高於儀器偵測極限，即可分析 3.若其他替代方法有科學驗證可符合品質管制標準，本方法也可改用其他方法檢測。
干擾與注意事項	1. 本方法對於以王水無法消化完全之金屬氧化物，僅能得到部分消化萃取溶出的重金屬。 2. 過多的有機碳會造成干擾，應添加額外硝酸處理之，以免降低萃取效果。通常目視土壤外觀為黑色時（含有機質或受到油污染），應檢測其有機碳含量，並據以增加硝酸使用量	樣品之分析條件可能會隨基質而異，所以必須進行樣品添加分析及選用適當參考標準品。
檢測費用比較	相近	相近
本計畫檢測重金屬結果	相近	相近
總評	可用於底泥重金屬分析	適合底泥重金屬分析

資料來源：環檢所及本計畫整理

表 7.3-22 底泥調查檢測結果（PCB、戴奧辛及其他含氯化合物-第一次）

測站 編號	測站名稱	分析項目	多氯聯苯	戴奧辛	1,2-二氯苯	1,3-二氯苯	3,3'-二氯聯 苯胺	2,4,5-三氯酚	2,4,6-三氯酚	五氯酚	六氯苯
		單位	mg/kg	ng-ITEQ/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	底泥品質指標上限	—	1.12	68.2	12.2	30	—	—	—	—	1.85
	底泥品質指標下限	—	0.09	6.82	0.68	3.4	—	—	—	—	0.19
	定量極限值	—	0.033 ^{#2}	0.591	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
S01	柑園大橋	左岸	ND	0.562	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	ND	0.567	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S03	三峽河匯入後	左岸	ND	1.31	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	ND	1.92	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S10	城林大橋	左岸	ND	4.48	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	ND	1.24	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S12	土城抽水站匯入後	左岸	ND	2.63	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	ND	3.21	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S14	西盛引水門匯入後	左岸	ND	3.62	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	ND	4.33	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S15	浮洲橋	左岸	ND	2.10	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	ND	2.89	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S17	西盛抽水站匯入後	左岸	ND	8.67	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	ND	8.10	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S18	湳仔溝匯入前	左岸	ND	12.8	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	ND	8.57	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S20	湳仔溝匯入後	左岸	ND	6.46	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	ND	6.58	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S22	塔寮坑溪匯入後	河中段	ND	4.05	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		左岸	ND	3.42	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*

測站 編號	測站名稱	分析項目	多氯聯苯	戴奧辛	1,2-二氯苯	1,3-二氯苯	3,3'-二氯聯 苯胺	2,4,5-三氯酚	2,4,6-三氯酚	五氯酚	六氯苯
		單位	mg/kg	ng-ITEQ/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	底泥品質指標上限	—	1.12	68.2	12.2	30	—	—	—	—	1.85
	底泥品質指標下限	—	0.09	6.82	0.68	3.4	—	—	—	—	0.19
	定量極限值	—	0.033 ^{註2}	0.591	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
S24	新海大橋	左岸	ND	1.71	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	ND	3.1	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S26	華江抽水站匯入後	和中段	ND	0.569	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*
		右岸	ND	0.525	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*
S27	重翠大橋(大漢溪終點)	左岸	ND	0.550	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	ND	0.534	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S28	新店溪(華江大橋)	河中段	ND	1.76	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		左岸	ND	0.810	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S29	淡水河本流起點	左岸	ND	0.390	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	ND	0.542	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S30	忠孝大橋	左岸	ND	0.372	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*
		右岸	ND	2.36	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*
S31	臺北大橋	左岸	ND	3.63	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	ND	5.15	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S32	國道一號淡水河橋 (迪化污水處理廠匯入 後)	左岸	ND	4.02	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	ND	3.56	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*

註：1.檢測數據位數之表示，依環保署公告 99 年 3 月 5 日環檢一字第 0990000919 號「檢測報告位數表示規定」。

2.多氯聯苯分析項目為定量極限值。

3.採樣深度 0-15 公分，表層。採樣日期：100.12.21/101.01.11。

表 7.3-23 底泥調查檢測結果（PCB、戴奧辛及其他含氯化合物-第二次）

測站 編號	測站名稱	分析 項目	含水量 (water content) ^{註5}	多氯聯苯	戴奧辛	1,2- 二氯苯	1,3- 二氯苯	3,3'-二氯 聯苯胺	2,4,5- 三氯酚	2,4,6- 三氯酚	五氯酚	六氯苯
		單位	%	mg/kg	ng-ITEQ/ kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	底泥品質指標上限	—	—	1.12	68.2	12.2	30	—	—	—	—	1.85
	底泥品質指標下限	—	—	0.09	6.82	0.68	3.4	—	—	—	—	0.19
	方法偵測極限	—	—	0.00333 ^{註2}	0.591	0.133	0.133	0.018	0.011	0.015	0.042	0.013
S14	西盛引水門匯入後	左岸	61.7	<0.00667*	2.58	<0.532*	<0.532*	<0.072*	<0.044*	<0.06*	<0.168*	<0.052*
		右岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S18	涌仔溝匯入前	左岸	49.9	<0.00667*	2.55	<0.532*	<0.532*	<0.072*	<0.044*	<0.06*	<0.168*	<0.052*
		右岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S20	涌仔溝匯入後	左岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		右岸	118	<0.00667*	4.13	<0.532*	<0.532*	<0.072*	<0.044*	<0.06*	<0.168*	<0.052*
S22	塔寮坑溪匯入後	左岸	119	<0.00667*	6.28	<0.532*	<0.532*	<0.072*	<0.044*	<0.06*	<0.168*	<0.052*
		右岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S32	國道一號淡水河橋 (迪化污水處理廠匯入後)	左岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		右岸	73.1	<0.00667*	2.03	<0.532*	<0.532*	<0.072*	<0.044*	<0.06*	<0.168*	<0.052*

註：1.檢測數據位數之表示，依環保署公告 99 年 3 月 5 日環檢一字第 0990000919 號「檢測報告位數表示規定」。

2.表中所列之定量極限值，係以濕基為準，乾基樣品之定量下限計算方式如後：乾基 QL = 濕基 QL × (1 + %水份)。

3.“*”表示該樣品經稀釋 2 倍或 4 倍後進行分析，當檢測值為 ND 時，分析結果以小於“報告極限值×稀釋倍數”表示。

4.採樣深度 0-15 公分，表層。採樣日期：101.05.25~101.05.27。

5.含水量測定係以(烘乾前重量－烘乾後重量)÷(烘乾後重量)

表 7.3-24 底泥調查檢測結果（農藥-第一次）

測站 編號	測站名稱	分析 項目	阿特靈	可氯丹 ^{註2}		滴滴涕及其衍生物 ^{註2}			地特靈	安特靈	飛佈達	安殺番 ^{註2}		毒殺芬
				可氯丹 α	可氯丹 γ	p,p-DDD	p,p-DDE	p,p-DDT				α -安殺番	β -安殺番	
		單位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	底泥品質指標上限	—	0.01	0.16		0.1			0.1	0.34	0.033	0.03		0.134
	底泥品質指標下限	—	0.001	0.016		0.01			0.001	0.11	0.003	0.01		0.013
	定量極限值	—	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.033
S01	柑園大橋	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S03	三峽河匯入後	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S10	城林大橋	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S12	土城抽水站匯入後	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S14	西盛引水門匯入後	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S15	浮洲橋	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S17	西盛抽水站匯入後	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S18	滴仔溝匯入前	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S20	滴仔溝匯入後	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S22	塔寮坑溪匯入後	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066

底泥污染來源及傳輸模式調查計畫－以重點河川為例

測站 編號	測站名稱	分析 項目	阿特靈	可氯丹 ^{註2}		滴滴涕及其衍生物 ^{註2}			地特靈	安特靈	飛佈達	安殺番 ^{註2}		毒殺芬
				可氯丹 α	可氯丹 γ	p,p-DDD	p,p-DDE	p,p-DDT				α -安殺番	β -安殺番	
		單位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
		底泥品質指標上限	—	0.01	0.16	0.1	0.1	0.1	0.1	0.34	0.033	0.03	0.03	0.134
		底泥品質指標下限	—	0.001	0.016	0.01	0.01	0.01	0.001	0.11	0.003	0.01	0.01	0.013
		定量極限值	—	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.033
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S24	新海大橋	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S26	華江抽水站匯入後	河中	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S27	重翠大橋(大漢溪終點)	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S28	新店溪(華江大橋)	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S29	淡水河本流起點	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S30	忠孝大橋	河中	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S31	臺北大橋	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
S32	國道一號淡水河橋 (迪化污水處理廠匯入後)	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.066

註：1.檢測數據位數之表示，依環保署公告 99 年 3 月 5 日環檢一字第 0990000919 號「檢測報告位數表示規定」。

2.可氯丹 α 與可氯丹 γ 均為可氯丹之異構物；p,p-DDD、p,p-DDE、p,p-DDT 均為滴滴涕及其衍生物之異構物； α -安殺番與 β -安殺番均為安殺番之異構物。

3.表中所列之定量極限值，係以濕基為準，乾基樣品之定量下限計算方式如後：乾基 QL = 濕基 QL × (1 + %水份)。

4.“*”表示該樣品經稀釋 5 倍後進行分析，當檢測值為 ND 時，分析結果以小於“報告極限值×稀釋倍數”表示。

5.採樣深度 0-15 公分，表層。採樣日期：100.12.21/101.01.11。

表 7.3-25 底泥調查檢測結果（農藥-第二次）

測站 編號	測站名稱	分析 項目	阿特靈	可氯丹 ^{註2}		滴滴涕及其衍生物 ^{註2}			地特靈	安特靈	飛佈達	安殺番 ^{註2}		毒殺芬
				可氯丹 α	可氯丹 γ	p,p-DDD	p,p-DDE	p,p-DDT				α -安殺番	β -安殺番	
		單位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	底泥品質指標上限	—	0.01	0.16		0.1			0.1	0.34	0.033	0.03		0.134
	底泥品質指標下限	—	0.001	0.016		0.01			0.001	0.11	0.003	0.01		0.013
	定量極限值	—	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.000833	0.033
S14	西盛引水門匯入後	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.067*
		右岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S18	滴仔溝匯入前	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.067*
		右岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S20	滴仔溝匯入後	左岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.067*
S22	塔寮坑溪匯入後	左岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.067*
		右岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S32	國道一號淡水河橋 (迪化污水處理廠匯入後)	左岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		右岸	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.00417*	<0.067*

註：1.檢測數據位數之表示，依環保署公告 99 年 3 月 5 日環檢一字第 0990000919 號「檢測報告位數表示規定」。

2.可氯丹 α 與可氯丹 γ 均為可氯丹之異構物；p,p-DDD、p,p-DDE、p,p-DDT 均為滴滴涕及其衍生物之異構物； α -安殺番與 β -安殺番均為安殺番之異構物。

3.表中所列之定量極限值，係以濕基為準，乾基樣品之定量下限計算方式如後：乾基 QL = 濕基 QL \times (1 + %水份)。

4.“*”表示該樣品經稀釋 5 倍後進行分析，當檢測值為 ND 時，分析結果以小於“報告極限值 \times 稀釋倍數”表示。

5.採樣深度 0-15 公分，表層。採樣日期：101.05.25~101.05.27。

表 7.3-26 底泥調查檢測結果（PAHs-第一次）

測站 編號	測站名稱	分析 項目	萘	蒽烯	蒽	芴	菲	蔥	苯駢 蒽	芘	苯(a)苯 駢蔥	蒽	苯(b)苯 駢蒽	苯(k)苯 駢蒽	苯(a) 駢芘	蒽 (1,2,3-cd) 芘	二苯(a,h) 駢蔥	苯(g,h,i) 芘
		單位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	底泥品質指標上限	—	0.55	0.42	0.27	0.26	1.12	0.8	2.86	2.41	1.21	1.73	3.03	1.4	1.34	1.23	0.26	1.28
	底泥品質指標下限	—	0.07	0.04	0.04	0.04	0.15	0.08	0.29	0.29	0.14	0.19	0.32	0.16	0.16	0.16	0.04	0.15
	定量極限值	—	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
S01	柑園大橋	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S03	三峽河匯入後	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S10	城林大橋	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S12	土城抽水站匯入後	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S14	西盛引水門匯入後	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S15	浮洲橋	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S17	西盛抽水站匯入後	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S18	湳仔溝匯入前	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S20	湳仔溝匯入後	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S22	塔寮坑溪匯入後	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*

測站 編號	測站名稱	分析 項目	苯	萘烯	萘	芴	菲	蔥	苯駢 萘	芘	苯(a)苯 駢萘	蒽	苯(b)苯 駢萘	苯(k)苯 駢萘	苯(a) 駢芘	蒽 (1,2,3-cd) 芘	二苯(a,h) 駢萘	苯(g,h,i) 芘
		單位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	底泥品質指標上限	—	0.55	0.42	0.27	0.26	1.12	0.8	2.86	2.41	1.21	1.73	3.03	1.4	1.34	1.23	0.26	1.28
	底泥品質指標下限	—	0.07	0.04	0.04	0.04	0.15	0.08	0.29	0.29	0.14	0.19	0.32	0.16	0.16	0.16	0.04	0.15
	定量極限值	—	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S24	新海大橋	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S26	華江抽水站匯入後	河中	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*
		左岸	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*
S27	重翠大橋(大漢溪終 點)	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S28	新店溪(華江大橋)	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S29	淡水河本流起點	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S30	忠孝大橋	河中	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*
		左岸	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*	<0.266*
S31	臺北大橋	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
S32	國道一號淡水河橋(油 化污水處理廠匯入後)	左岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*
		右岸	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*	<0.665*

註：1.檢測數據位數之表示，依環保署公告 99 年 3 月 5 日環檢一字第 0990000919 號「檢測報告位數表示規定」。

2.表中所列之定量極限值，係以濕基為準，乾基樣品之定量下限計算方式如後：乾基 QL = 濕基 QL × (1 + %水份)。

3.“*”表示該樣品經稀釋 2 倍或 5 倍後進行分析，當檢測值為 ND 時，分析結果以小於“報告極限值×稀釋倍數”表示。

4 採樣深度 0-15 公分，表層。採樣日期：100.12.21/101.01.11。

表 7.3-27 底泥調查檢測結果（PAHs-第二次）

測站 編號	測站名稱	分析 項目	苯	萘	蒽	芴	菲	蔥	苯駢 蒽	芘	苯(a)苯 駢蔥	蒎	苯(b)苯 駢蒽	苯(k)苯 駢蒽	苯(a) 駢芘	蒽 (1,2,3-cd) 芘	二苯(a,h) 駢蔥	苯(g,h,i) 芘	
		單位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
	底泥品質指標上限	—	0.55	0.42	0.27	0.26	1.12	0.8	2.86	2.41	1.21	1.73	3.03	1.4	1.34	1.23	0.26	1.28	
	底泥品質指標下限	—	0.07	0.04	0.04	0.04	0.15	0.08	0.29	0.29	0.14	0.19	0.32	0.16	0.16	0.16	0.04	0.15	
	定量極限值	—	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333
S14	西盛引水門匯入後	左岸	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	
		右岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S18	滴仔溝匯入前	左岸	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	
		右岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S20	滴仔溝匯入後	左岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		右岸	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*
S22	塔寮坑溪匯入後	左岸	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	0.0417	<0.0167*	<0.0167*	0.0367	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	
		右岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S32	國道一號淡水河橋 (迪化污水處理廠匯入後)	左岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		右岸	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*	<0.0167*

註：1.檢測數據位數之表示，依環保署公告 99 年 3 月 5 日環檢一字第 0990000919 號「檢測報告位數表示規定」。

2.表中所列之定量極限值，係以濕基為準，乾基樣品之定量下限計算方式如後：乾基 QL = 濕基 QL × (1 + %水份)。

3.“*”表示該樣品經稀釋 2 倍或 5 倍後進行分析，當檢測值為 ND 時，分析結果以小於“報告極限值×稀釋倍數”表示。

4 採樣深度 0-15 公分，表層。採樣日期：101.05.25~101.05.27。

表 7.3-28 底泥調查檢測結果 (AVS 及 SEM-第一次)

測站 編號	測站名稱	檢測 項目	酸揮發性 硫化物(AVS)	同步萃出之重金屬(SEM) ^{註1}							SEM-AVS	生物危害 風險程度 <small>註2</small>
				鉛	鎘	銅	鋅	鎳	銀	合計		
	單位	—	μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g	
	MDL	—	1.99	—	—	—	—	—	—	—	—	
S01	柑園大橋	左岸	ND	0.07	0.001	0.24	0.90	0.28	0.0002	1.48	-0.51	×
		右岸	ND	0.04	0.001	0.21	0.75	0.45	0.0003	1.45	-0.54	×
S03	三峽河匯入後	左岸	ND	0.05	0.002	0.45	0.86	0.21	0.0004	1.57	-0.42	×
		右岸	ND	0.06	0.001	0.55	1.65	0.18	0.0001	2.44	0.45	◎
S10	城林大橋	左岸	ND	0.13	0.004	3.88	2.70	0.64	0.0013	7.36	5.37	●
		右岸	ND	0.11	0.003	1.84	2.78	0.65	0.0004	5.38	3.39	◎
S12	土城抽水站匯入後	左岸	ND	0.14	0.004	4.79	2.91	0.60	0.0017	8.44	6.45	●
		右岸	ND	0.12	0.002	3.53	2.42	0.54	0.0014	6.61	4.62	◎
S14	西盛引水門匯入後	左岸	ND	0.11	0.006	3.09	3.26	0.65	0.0009	7.12	5.13	●
		右岸	ND	0.12	0.003	3.21	3.30	0.64	0.0007	7.28	5.29	●
S15	浮洲橋	左岸	ND	0.10	0.003	1.76	2.27	0.51	0.0004	4.64	2.65	◎
		右岸	ND	0.09	0.003	1.65	2.51	0.57	0.0004	4.83	2.84	◎
S17	西盛抽水站匯入後	左岸	ND	0.18	0.004	3.55	5.90	1.20	0.0004	10.82	8.83	●
		右岸	ND	0.19	0.005	4.00	6.01	1.25	0.0006	11.46	9.47	●
S18	滴仔溝匯入前	左岸	ND	0.35	0.012	10.67	29.28	3.63	0.0010	43.95	41.96	●
		右岸	ND	0.26	0.010	7.38	20.64	2.62	0.0005	30.91	28.92	●
S20	滴仔溝匯入後	左岸	ND	0.19	0.006	3.10	7.48	0.73	0.0007	11.49	9.50	●
		右岸	ND	0.19	0.003	3.06	8.22	0.76	0.0008	12.24	10.25	●
S22	塔寮坑溪匯入後	左岸	ND	0.23	0.005	1.62	3.87	0.49	0.0002	6.21	4.22	◎
		右岸	ND	0.27	0.007	5.81	9.04	1.91	0.0002	17.03	15.04	●

測站 編號	測站名稱	檢測 項目	酸揮發性 硫化物(AVS)	同步萃出之重金屬(SEM) ^{註1}							SEM-AVS	生物危害 風險程度 <small>註2</small>
				鉛	鎘	銅	鋅	鎳	銀	合計		
	單位	—	μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g	
	MDL	—	1.99	—	—	—	—	—	—	—	—	
S24	新海大橋	左岸	ND	0.18	0.004	2.89	4.17	0.76	0.0004	8.01	6.02	●
		右岸	ND	0.21	0.005	3.54	5.32	0.89	0.0007	9.97	7.98	●
S26	華江抽水站匯入後	左岸	ND	0.17	0.006	3.58	6.13	0.93	0.0011	10.81	8.82	●
		河中段	ND	0.05	0.002	0.41	1.04	0.29	0.0002	1.80	-0.19	×
S27	重翠大橋(大漢溪終點)	左岸	ND	0.06	0.001	0.61	1.30	0.69	0.0001	2.66	0.67	×
		右岸	ND	0.06	0.001	0.31	0.84	0.24	0.0001	1.45	-0.54	×
S28	新店溪(華江大橋)	左岸	ND	0.11	0.003	0.62	1.67	0.30	0.0002	2.70	0.71	◎
		右岸	ND	0.12	0.005	0.85	2.14	0.38	0.0007	3.49	1.50	◎
S29	淡水河本流起點	左岸	ND	0.05	0.002	0.44	1.18	0.42	0.0003	2.09	0.10	◎
		右岸	ND	0.07	0.002	0.31	0.84	0.20	0.0007	1.42	-0.57	×
S30	忠孝大橋	左岸	ND	0.15	0.006	2.39	4.19	0.61	0.0007	7.35	5.36	●
		河中段	ND	0.06	0.003	0.25	1.01	0.28	0.0001	1.60	-0.39	×
S31	臺北大橋	左岸	ND	0.17	0.003	2.04	4.68	0.71	0.0005	7.60	5.61	●
		右岸	ND	0.15	0.003	1.13	2.63	0.47	0.0006	4.38	2.39	◎
S32	國道一號淡水河橋(迪化 污水處理廠匯入後)	左岸	ND	0.19	0.004	1.96	3.70	0.60	0.0002	6.45	4.46	◎
		右岸	ND	0.15	0.006	1.33	3.98	0.53	0.0005	6.00	4.01	◎

註：1.重金屬濃度(μ mole/g)= $\frac{A(\text{mg/L}) \times 50}{V(\text{取樣量}10\text{mL})} \times DF(\text{稀釋倍數}) \times \frac{1}{M.W.(\text{原子量g})} \times \frac{1}{R(\text{乾重/濕重}) \times W(\text{取樣量g})}$

2.參考第3章所介紹之美國 EPA 2004 年所採用之底泥生物危害風險評估方式，分為：Tier 1～Tier 3 三種等級。當 SEM-AVS>5，屬於 Tier 1，以●表示，其生物危害風險較高；當 SEM-AVS=0~5，屬於 Tier21，以◎表示，可能具有生物危害風險；當 SEM-AVS<0，屬於 Tier 3，以×表示，無生物危害風險或極低。

表 7.3-29 底泥調查檢測結果 (AVS 及 SEM-第二次)

測站 編號	測站名稱	分析 項目	酸揮發性 硫化物(AVS)	同步萃出之重金屬(SEM) ^{註1}							SEM-AVS	生物危害 風險程度 <small>註2</small>
				鉛	鎘	銅	鋅	鎳	銀	合計		
				μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g	μmol/g		
		MDL	—	1.99	—	—	—	—	—	—	—	
S14	西盛引水門匯入後	左岸	ND	0.09	0.002	1.98	3.42	0.63	0.0026	6.13	4.14	◎
		右岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S18	湳仔溝匯入前	左岸	ND	0.10	0.002	1.73	2.56	0.61	0.0002	5.00	3.01	◎
		右岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S20	湳仔溝匯入後	左岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		右岸	ND	0.27	0.005	10.25	11.57	2.54	0.0014	24.63	22.64	●
S22	塔寮坑溪匯入後	左岸	ND	0.43	0.013	16.25	20.64	4.16	0.0022	41.50	39.51	●
		右岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S32	國道一號淡水河橋(迪化 污水處理廠匯入後)	左岸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		右岸	ND	0.13	0.004	1.52	2.90	0.50	0.0008	5.06	3.07	◎

註：1.重金屬濃度(μ mole/g)= $\frac{A(\text{mg/L}) \times 50}{V(\text{取樣量}10\text{mL})} \times DF(\text{稀釋倍數}) \times \frac{1}{M.W.(\text{原子量}g)} \times \frac{1}{R(\text{乾重/濕重}) \times W(\text{取樣量}g)}$

2.參考第 3 章所介紹之美國 EPA 2004 年所採用之底泥生物危害風險評估方式，分為：Tier 1~Tier 3 三種等級。當 SEM-AVS>5，屬於 Tier 1，以●表示，其生物危害風險較高；當 SEM-AVS=0~5，屬於 Tier21，以◎表示，可能具有生物危害風險；當 SEM-AVS<0，屬於 Tier 3，以×表示，無生物危害風險或極低。

十、調查結果綜合分析

本計畫調查結果，底泥重金屬濃度較高者集中在浮洲橋至重翠橋一帶，且由調查數據可知在支流排水匯入後，達底泥品質指標上限值項目為銅、鋅、鎳及少部分的鉻，其中以銅濃度最高。鉻、銅、鋅、鎳均為金屬表面處理業、金屬製造業廢水中常見成分，與本河段產業分布特性相符。而作為背景比對點（S01-S05）之底泥與水質測值並不高，而底泥污染物達品質指標上限值之項目，其上游支流排水水中該項物質濃度亦偏高，加上水文特性影響，可推斷大漢溪浮洲橋至重翠橋河段底泥之污染與沿岸支流排水帶入之不良水質有關。

為能以更科學的方式佐證本計畫調查底泥與支流排水水質的關係，本計畫以銅元素為例，使用 SPSS 統計軟體，利用少樣品之無母數統計方式，協助分析其相關性及是否達到顯著水準。

主河道底泥銅與支流排水銅之相關性分析如表 7.3-30，結果顯示底泥銅與水中銅具有正相關(相關係數為 0.646)，而且達到顯著水準($P=0.043<0.05$)，研判底泥銅與水中銅具有相關性，且底泥銅與水中懸浮固體、化學需氧量、總磷等，亦存在顯著正相關，故推論水中銅可能會與其他污染物相互作用，並吸附於懸浮固體物，隨著懸浮固體物的傳輸沉降行為，進而影響河川底泥銅濃度。

表 7.3-30 底泥銅與支流排水水中銅與其它水質參數之統計分析

水質項目 \ 相關性	底泥銅		
	相關係數	顯著性(雙尾)	個數
銅	0.646^註	0.043	10
流量	-0.236	0.511	10
水溫	-0.207	0.567	10
酸鹼值	-0.434	0.210	10
導電度	0.552	0.098	10
氧化還原電位	0.261	0.467	10
溶氧	-0.450	0.192	10
鹼度	0.503	0.138	10
生化需氧量	0.624	0.054	10
化學需氧量	0.636^註	0.048	10
懸浮固體物	0.661^註	0.038	10
氨氮	0.321	0.365	10
總磷	0.636^註	0.048	10
正磷酸根	0.442	0.200	10
總有機碳	0.624	0.054	10

註：表示底泥銅與該項目相關性達到顯著水準， $P < 0.05$

7.4 地形測量與地物探測結果

7.4.1 河床地形測量結果

河床地形調查之目的，在於掌握本計畫區河床於枯水季期間及豐水季或颱風洪水後之河道地形變化，可了解底泥在枯水季節回淤及豐水季節颱風事件對河川造成之侵淤作用。另搭配底泥性質採樣調查，可了解河床底泥在侵/淤現象下之底泥性質變化，亦可提供模式進行網格劃分檢討。詳細的測量流程請參照第四章說明。本計畫進行三次地形調查之範圍、時間與成果，詳細說明如下。

一、調查日期與範圍

河床地形測量除涵蓋底泥及水質水量調查範圍外，另配合傳輸模式建置需求，規劃進行測量範圍為(詳細地理位置參見圖 7.4-1 所示)：

1. 淡水河：淡水河出海口上溯至新店溪與大漢溪匯流處
2. 大漢溪：由淡水河與新店溪匯流口上溯至三鶯大橋
3. 新店溪：由淡水河匯流口上溯至秀朗橋

上述三段河道總長約 50 公里，三次測量日期如下表 7.4-1 所示。

表 7.4-1 河床地形測量位置總表

流域	起迄點	河道長度	測量日期
1.淡水河本流	起：淡水河出海口 迄：新店溪匯入點	20 km	第一次： 101/02/12~101/03/07
2.新店溪	起：新店溪匯入點 迄：秀朗橋	11.3 km	第二次： 101/05/01~101/05/26
3.大漢溪	起：新店溪匯入點 迄：三鶯橋	19 km	第三次： 101/09/19~101/10/14
合 計		50.3 km	



圖7.4-1 本計畫採樣調查及地形地物測量範圍示意圖

二、第一次河床地形調查結果

(一) 3D 影像圖

測量成果採用 5 公尺× 5 公尺間距之數值高程模型，搭配 FLEDERMAUS 3D 視覺化資料處理軟體，將河道地形製作成 3 維動態圖，並搭配衛星影像底圖），助於地理位置之指認或週遭環境之辨識，利於地形成果之分析及應用，第一次成果如圖 7.4-2 所示。

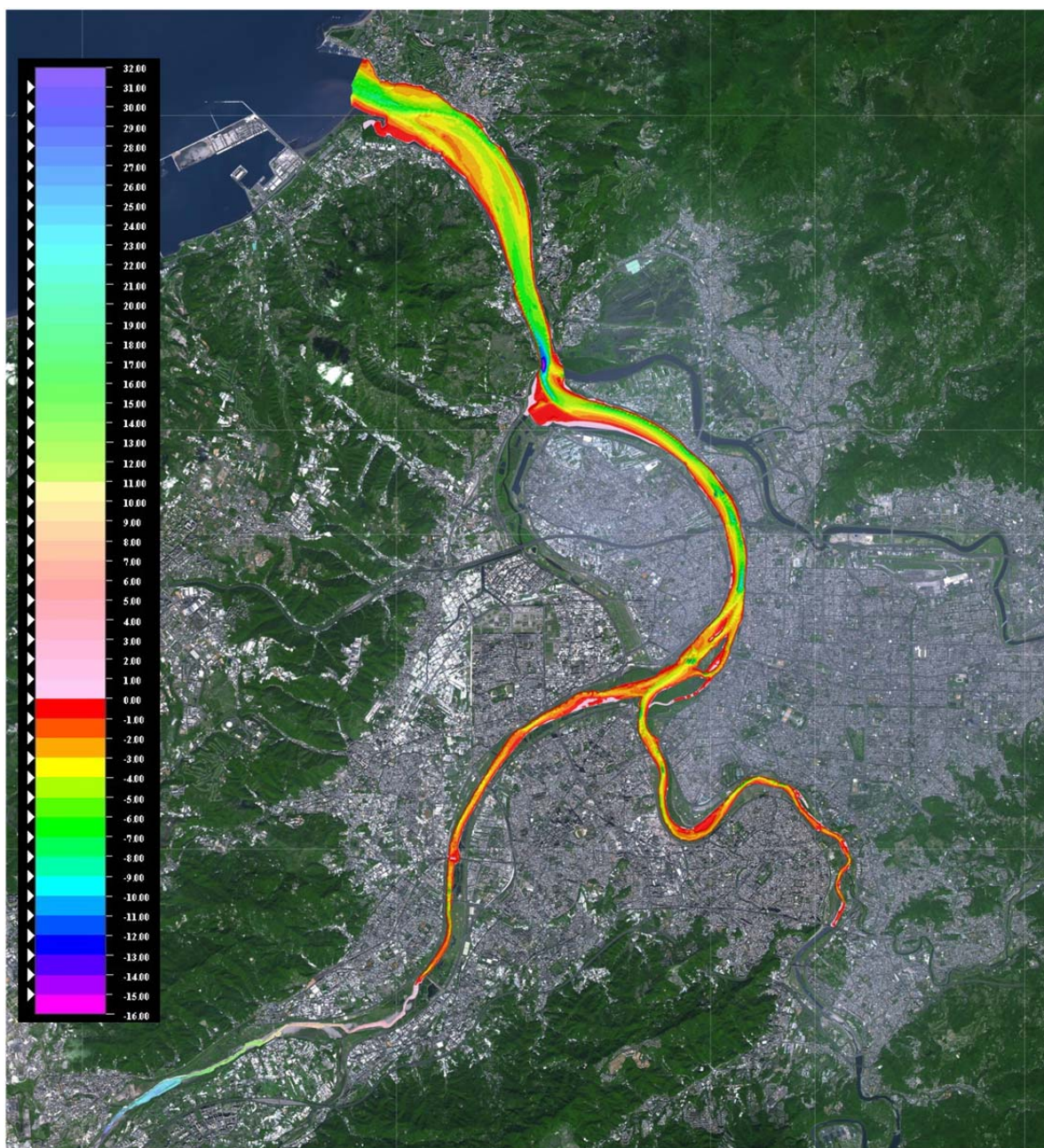


圖 7.4-2 第一次測量 3 維立體影像圖

(二)河道水理資料

依河道水深測量結果，由下游往上游每 500 公尺河段為一單位，各河道斷面位置如圖 7.4-3 所示，其中淡水河里程為 A0K+000～A20+500（長 20.5km）；新店溪里程為 C00K+000～C11K+300（長 11.3km）；大漢溪里程為 D00K+000～D19K+400（長 19.4km）。

河道水理資料包括河床平均高程、平均河寬、量測時之水深及平均水體積。計算時是以高程 0 公尺（基隆中潮系統）為計算基準面。淡水河本流、新店溪、大漢溪等三條河道水理資料如表 7.4-2～表 7.4-4 所示，各河道之水體積、面積、平均高程及平均寬度如圖 7.4-4～圖 7.4-7 所示。

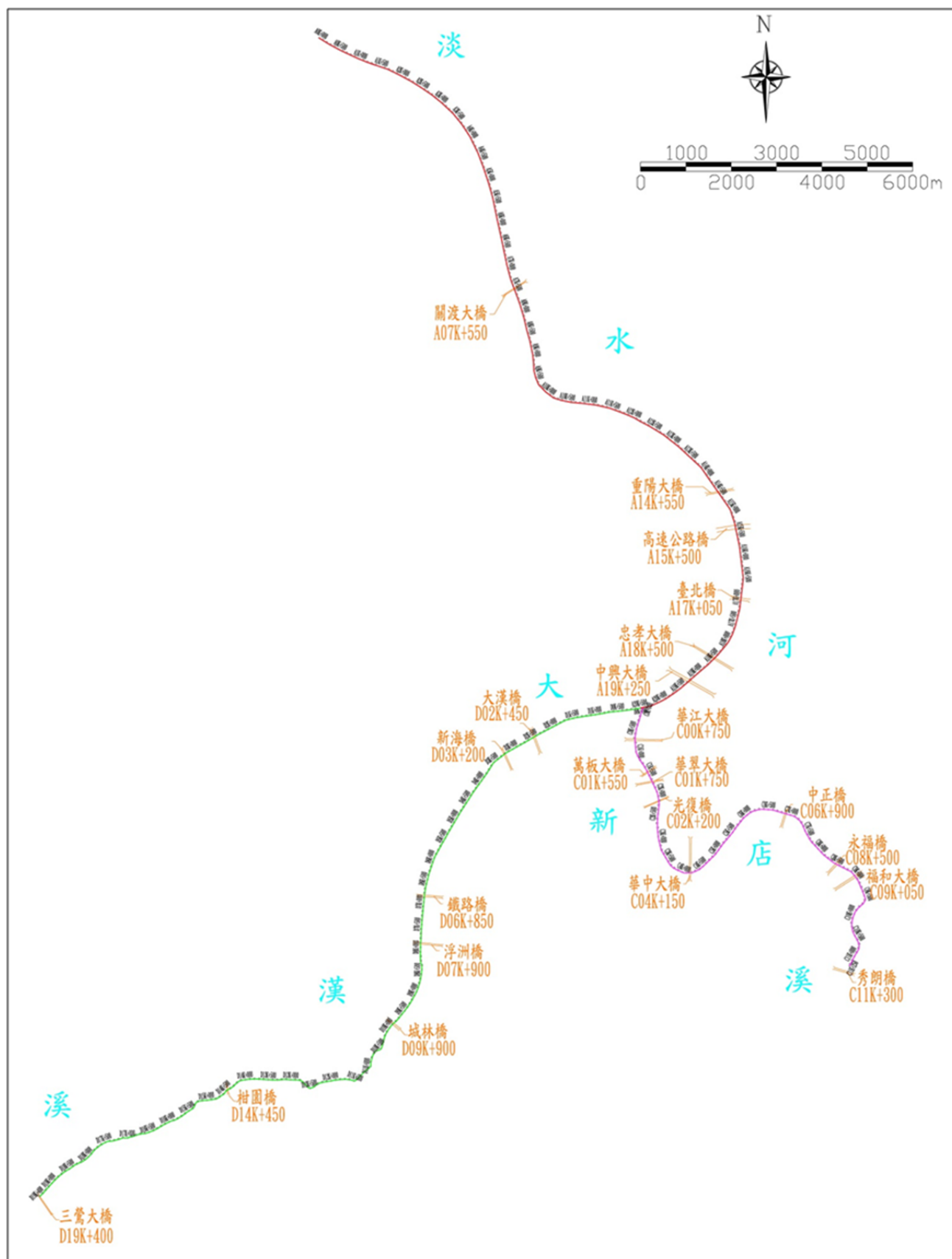


圖 7.4-3 各河道里程及縱斷面位置圖

表 7.4-2 第一次水理資料統計表－淡水河

淡水河第一次量測 (101.03)						
里程	水體積	水面積	河床平均高程	河床實測高程	平均河寬	備註
	m ²	m ²	m	最淺(m) ~ 最深(m)	m	
A00K+000~A00K+500	2,078,238	451,458	-4.60	0.39 ~ -7.56	903	
A00K+500~A01K+000	1,881,440	504,087	-3.73	0.85 ~ -7.75	1,008	
A01K+000~A01K+500	2,075,553	673,056	-3.08	0.84 ~ -7.62	1,346	
A01K+500~A02K+000	2,032,687	635,948	-3.20	0.60 ~ -6.96	1,272	
A02K+000~A02K+500	2,007,860	576,742	-3.48	1.72 ~ -6.71	1,153	
A02K+500~A03K+000	1,933,056	578,895	-3.34	0.90 ~ -7.09	1,158	
A03K+000~A03K+500	1,844,186	545,085	-3.38	1.00 ~ -8.11	1,090	
A03K+500~A04K+000	1,778,754	541,896	-3.28	1.00 ~ -6.84	1,084	
A04K+000~A04K+500	1,686,973	516,363	-3.27	0.00 ~ -5.08	1,033	
A04K+500~A05K+000	1,754,564	511,788	-3.43	0.00 ~ -6.31	1,024	
A05K+000~A05K+500	1,645,607	445,763	-3.69	0.00 ~ -5.91	892	
A05K+500~A06K+000	1,516,918	372,238	-4.08	0.00 ~ -6.22	744	
A06K+000~A06K+500	1,381,883	305,950	-4.52	0.00 ~ -6.74	612	
A06K+500~A07K+000	1,287,027	256,738	-5.01	0.00 ~ -7.22	513	
A07K+000~A07K+500	1,306,266	260,313	-5.02	0.00 ~ -7.37	521	
A07K+500~A08K+000	1,225,444	226,975	-5.40	0.00 ~ -9.42	454	關渡橋 A07K+550
A08K+000~A08K+500	1,221,847	196,388	-6.22	0.00 ~ -11.18	393	
A08K+500~A09K+000	1,360,409	202,613	-6.71	0.00 ~ -14.98	405	
A09K+000~A09K+500	1,333,593	340,138	-3.92	0.00 ~ -14.97	680	
A09K+500~A10K+000	1,193,447	627,020	-1.90	0.10 ~ -9.91	1,254	
A10K+000~A10K+500	843,504	363,075	-2.32	0.22 ~ -5.75	726	
A10K+500~A11K+000	784,769	257,640	-3.05	0.58 ~ -7.00	515	
A11K+000~A11K+500	760,198	231,524	-3.28	0.60 ~ -7.92	463	
A11K+500~A12K+000	731,850	226,618	-3.23	0.59 ~ -7.16	453	
A12K+000~A12K+500	728,276	216,022	-3.37	0.55 ~ -7.22	432	
A12K+500~A13K+000	703,864	193,943	-3.63	0.28 ~ -6.67	388	
A13K+000~A13K+500	693,376	161,300	-4.30	0.00 ~ -8.48	323	
A13K+500~A14K+000	699,309	189,184	-3.70	0.17 ~ -6.87	378	
A14K+000~A14K+500	774,111	227,218	-3.41	0.45 ~ -10.36	454	
A14K+500~A15K+000	808,236	219,084	-3.69	0.08 ~ -12.81	438	重陽橋 A14K+550
A15K+000~A15K+500	848,390	199,631	-4.25	0.07 ~ -10.93	399	
A15K+500~A16K+000	717,174	187,245	-3.83	0.16 ~ -8.60	374	高速公路橋 A15K+500
A16K+000~A16K+500	654,692	178,140	-3.68	0.19 ~ -7.66	356	
A16K+500~A17K+000	720,613	160,903	-4.48	0.33 ~ -9.72	322	
A17K+000~A17K+500	676,069	194,138	-3.48	0.00 ~ -9.39	388	台北橋 A17K+050
A17K+500~A18K+000	662,575	260,938	-2.54	0.00 ~ -5.66	522	
A18K+000~A18K+500	602,519	302,481	-1.99	0.36 ~ -6.04	605	
A18K+500~A19K+000	626,066	327,471	-1.91	0.20 ~ -5.27	655	忠孝橋 A18K+500
A19K+000~A19K+500	850,951	325,436	-2.61	0.25 ~ -11.27	651	中興橋 A19K+250
A19K+500~A20K+000	493,269	236,227	-2.09	0.35 ~ -4.43	472	
A20K+000~A20K+500	507,489	206,992	-2.45	0.68 ~ -5.39	414	

表 7.4-3 第一次水理資料統計表－新店溪

新店溪第一次量測（101.03）						
里程	水體積	水面積	河床平均高程	河床實測高程	平均河寬	備註
	m ²	m ²	m	最淺(m) ~ 最深(m)	公尺	
C00K+000-C00K+500	327,362	128,330	-2.55	0.14 ~ -6.13	257	
C00K+500-C01K+000	334,223	89,800	-3.72	0.00 ~ -9.20	180	華江橋 C00K+750
C01K+000-C01K+500	306,035	127,920	-2.39	0.19 ~ -5.37	256	
C01K+500-C02K+000	290,551	110,375	-2.63	0.01 ~ -6.73	221	萬板橋 C01K+550 華翠橋 C01K+750
C02K+000-C02K+500	260,655	86,538	-3.01	0.00 ~ -11.00	173	光復橋 C02K+200
C02K+500-C03K+000	228,353	82,963	-2.75	0.00 ~ -6.11	166	
C03K+000-C03K+500	206,689	70,350	-2.94	0.00 ~ -6.01	141	
C03K+500-C04K+000	184,488	102,128	-1.81	0.51 ~ -4.66	204	
C04K+000-C04K+500	169,459	112,140	-1.51	0.97 ~ -3.72	224	華中橋 C04K+150
C04K+500-C05K+000	147,443	138,050	-1.07	0.00 ~ -3.53	276	
C05K+000-C05K+500	168,595	99,100	-1.70	0.00 ~ -4.84	198	
C05K+500-C06K+000	204,971	65,313	-3.14	0.00 ~ -7.80	131	
C06K+000-C06K+500	196,228	72,104	-2.72	0.15 ~ -8.44	144	
C06K+500-C07K+000	184,938	67,338	-2.75	0.00 ~ -8.56	135	中正橋 C06K+900
C07K+000-C07K+500	128,651	73,063	-1.76	0.32 ~ -8.22	146	
C07K+500-C08K+000	68,684	49,417	-1.39	0.35 ~ -3.75	99	
C08K+000-C08K+500	63,456	63,713	-1.00	0.42 ~ -2.85	127	
C08K+500-C09K+000	100,724	52,530	-1.92	0.37 ~ -5.13	105	永福橋 C08K+500
C09K+000-C09K+500	57,680	49,505	-1.17	0.48 ~ -5.33	99	福和橋 C09K+050
C09K+500-C10K+000	69,190	38,155	-1.81	0.55 ~ -5.27	76	
C10K+000-C10K+500	58,351	33,586	-1.74	0.48 ~ -4.36	67	
C10K+500-C11K+000	33,432	24,355	-1.37	0.52 ~ -6.36	49	
C11K+000-C11K+300	10,553	19,783	-0.53	0.70 ~ -1.86	40	秀朗橋 C11K+300

表 7.4-4 第一次水理資料統計表—大漢溪

大漢溪第一次量測（101.03）						
里程	水體積	水面積	河床平均高程	河床實測高程	平均河寬	備註
	m ²	m ²	m	最淺(m) ~ 最深(m)	公尺	
D00K+000-D00K+500	280,216	172,575	-1.62	0.00 ~ -4.54	345	
D00K+500-D01K+000	201,145	130,728	-1.54	0.75 ~ -3.19	261	
D01K+000-D01K+500	129,211	128,419	-1.01	0.53 ~ -4.17	257	
D01K+500-D02K+000	136,950	126,011	-1.09	0.65 ~ -2.88	252	
D02K+000-D02K+500	174,642	120,467	-1.45	0.05 ~ -4.04	241	大漢橋 D02K+450
D02K+500-D03K+000	187,042	92,977	-2.01	0.46 ~ -5.29	186	
D03K+000-D03K+500	171,439	95,598	-1.79	0.30 ~ -5.89	191	新海橋 D03K+200
D03K+500-D04K+000	143,256	112,540	-1.27	0.02 ~ -2.75	225	
D04K+000-D04K+500	164,092	93,363	-1.76	0.00 ~ -3.40	187	
D04K+500-D05K+000	180,828	78,700	-2.30	0.00 ~ -4.25	157	
D05K+000-D05K+500	164,711	79,971	-2.06	0.05 ~ -3.84	160	
D05K+500-D06K+000	165,995	78,113	-2.13	0.00 ~ -4.58	156	
D06K+000-D06K+500	146,363	83,113	-1.76	0.00 ~ -4.92	166	
D06K+500-D07K+000	96,781	106,256	-0.91	0.86 ~ -2.94	213	鐵路橋 D06K+850
D07K+000-D07K+500	130,059	65,063	-2.00	0.00 ~ -4.17	130	
D07K+500-D08K+000	176,906	55,575	-3.18	0.00 ~ -7.51	111	浮洲橋 D07K+900
D08K+000-D08K+500	166,318	46,975	-3.54	0.00 ~ -6.22	94	
D08K+500-D09K+000	92,634	45,675	-2.03	0.00 ~ -5.66	91	
D09K+000-D09K+500	68,035	53,918	-1.26	0.14 ~ -2.25	108	
D09K+500-D10K+000	89,323	41,147	-2.17	0.51 ~ -5.26	82	城林橋 D09K+900
D10K+000-D10K+500	7,958	15,888	-0.50	1.60 ~ -1.63	32	

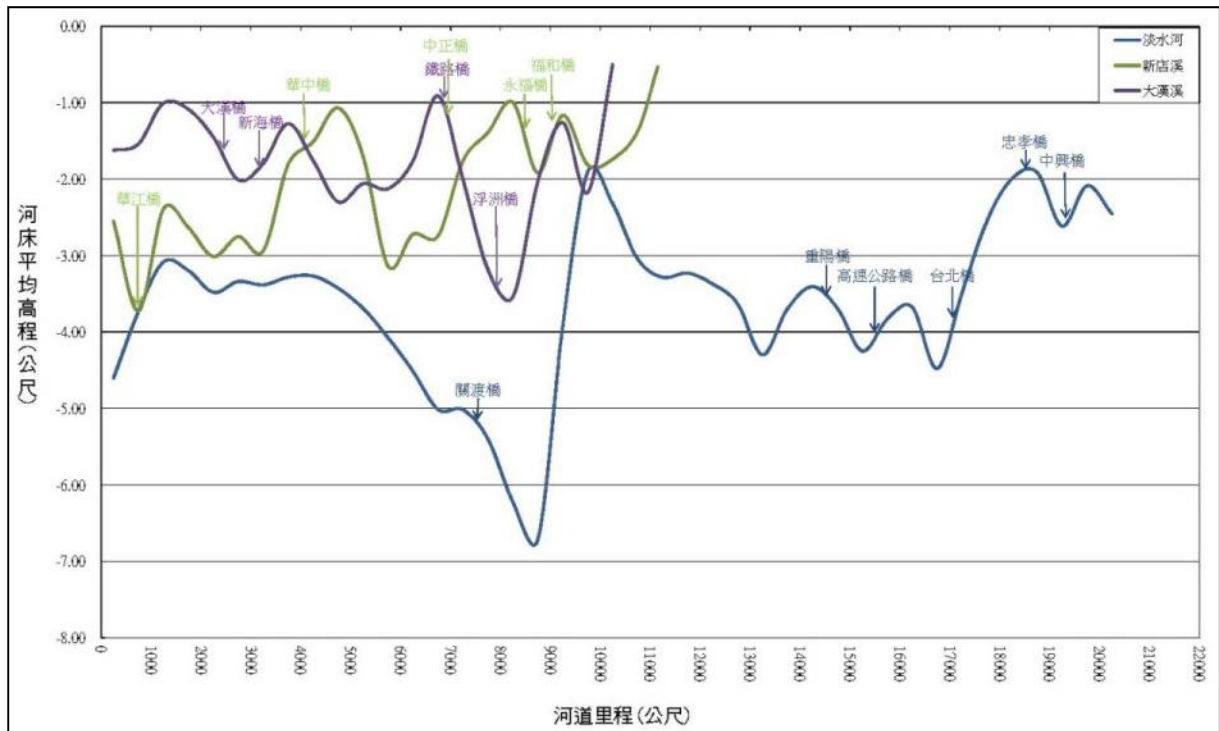


圖 7.4-4 第一次水理測量－河床平均高程

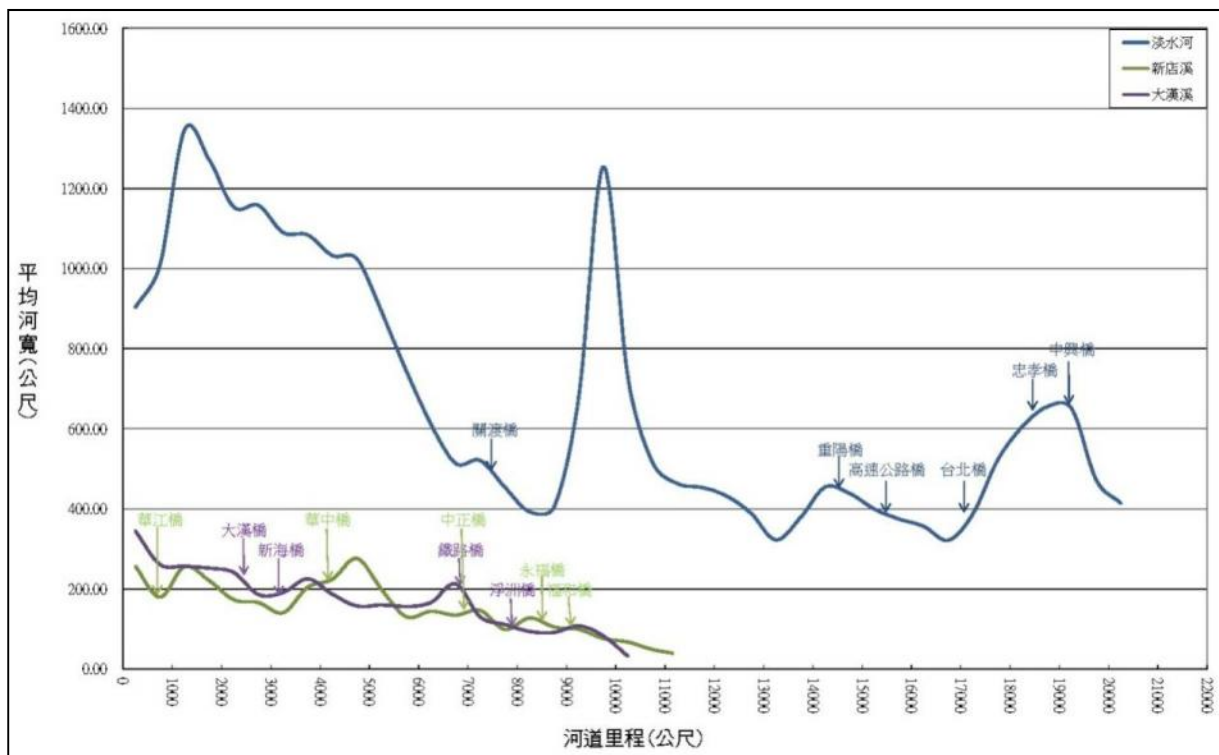


圖 7.4-5 第一次水理測量－平均河寬

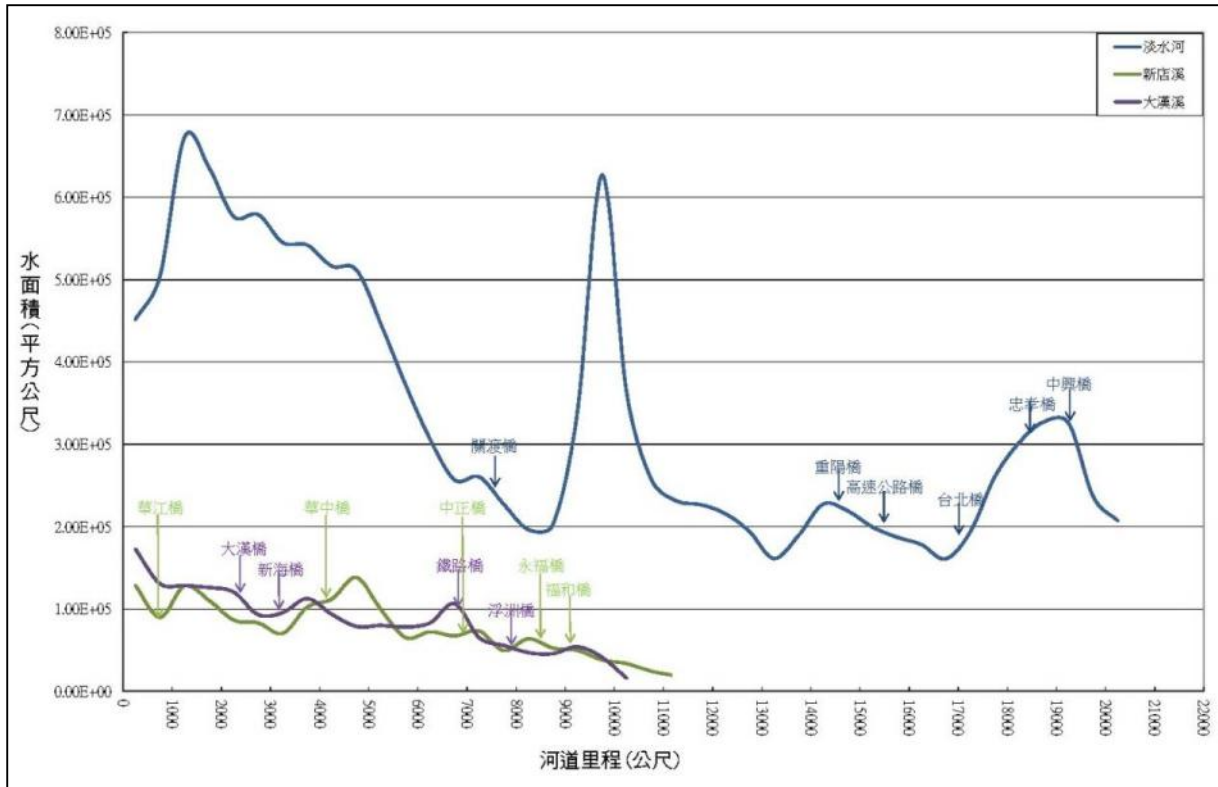


圖 7.4-6 第一次水理測量－水面積

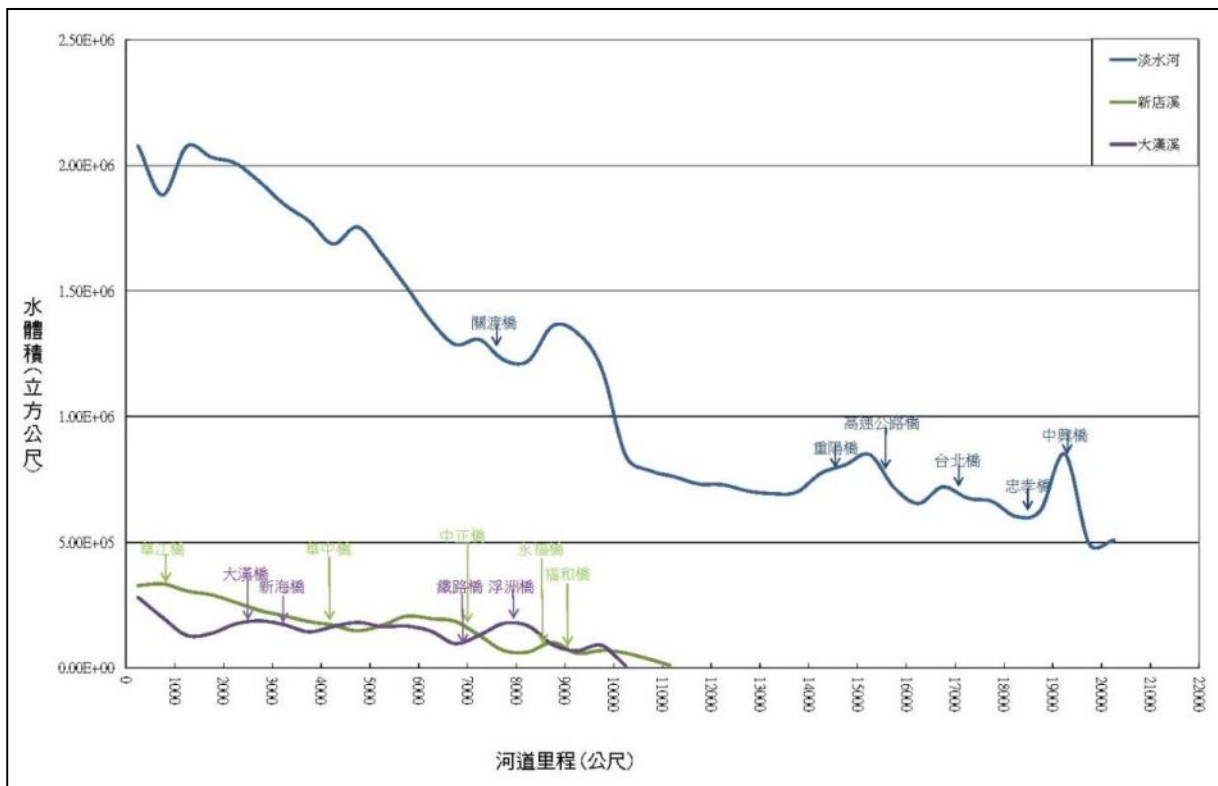


圖 7.4-7 第一次水理測量－水體積

(三) 第一次河道地形測量成果說明

淡水河本流、新店溪、大漢溪等三段河道中，淡水河段為大漢溪與新店溪的匯流，河道之水面積、水體積、河道寬度、平均深度都相對最大，河床平均高程自大漢與新店兩溪匯流處的-2.5 公尺漸深至與基隆河匯流處的-7 公尺(最深達-14.98 公尺)；河道寬度約在 300 公尺～1,300 公尺間不等。此河段大致圍繞著三重蘆洲地區成一圓弧狀，基本地形趨勢為靠台北市的外側水道水深較深，合乎正常的曲流地形河道侵蝕狀況。各橋墩位置之河床地形，在橋墩落墩處均較鄰近其餘地形深約 2 公尺～3 公尺，其中包括重陽大橋、高速公路橋、臺北橋、中興大橋等處均有此現象。位於淡水河上游的忠孝橋與中興橋附近，有一寬廣之河心沙洲，原因應為大漢溪及新店溪匯流而帶來豐富沉積物，且水流流速因河面變寬變平緩導致淤積。

新店與大漢兩溪河床高程多在-3 公尺以內，河道寬度約在 100～300 公尺間不等。其中大漢溪段河道較為平直，河道自然的侵蝕或橋墩造成的局部沖刷地形效應都相對較小，河道也較平緩，其水深最深處約-7.5 公尺（位於浮洲橋 D07K+800 處）。新店溪則與大漢溪相反，河道蜿蜒曲折，因此在河道兩側之侵蝕與淤積情形相當明顯，河道最深處位於光復橋下區域，其水深約在-11 公尺，新店溪之河道寬度與深度越往上游越為減少。

綜觀本次河道水深地形測量之成果進行分析，可歸納得以下重點：

1. 河床主要深度約在-9 公尺以內，其中河床最深-14.98 公尺，位於淡水河與基隆河匯流處。河道轉彎處外側河段因流速較快導致河床地形較內側河段為深，河道轉彎處內側區域之地形則顯得平緩許多，此現象又以淡水河及基隆河最為明顯。在各橋墩落墩處之河床地形有明顯之柱體效應，橋墩週遭之地形因水流沖刷而挖深，產生明顯的凹洞地形，如淡水河之重陽大橋、高速公路橋、臺北橋、中興大橋等均有此現象產生。
2. 探究各河道之水理資料，就各河道之河床高程而論，淡水河之河床平均高程為最深，高程分佈於-1.9 公尺～-6.7 公尺之間（最深達-14.98 公尺，位於基隆河匯流處）；新店溪平均高程分佈於-0.5 公尺～-3.7 公尺之間（最

深達-11.00 公尺，位於光復橋下)；大漢溪平均高程分佈於-0.5 公尺~-3.5 公尺間（最深達-7.51 公尺，位於浮洲橋），而大漢溪亦是 3 條河道中地形變化最為平緩、坡度最均勻的一條河道。

3. 就各河道寬度而論，以淡水河為最寬，平均河道寬度介於 300 公尺~700 公尺間，最寬處達 1346 公尺（位於淡水河出海口處）；新店溪平均河道寬度介於 40 公尺~250 公尺之間，河道寬度由福和大橋往上游方向逐漸縮減，寬度由約 100 公尺縮減至秀朗大橋前約 40 公尺左右；大漢溪平均河寬介於 100 公尺~250 公尺間，最寬處約達 345 公尺。
4. 就各河道之水體積與面積而言，可得到與上述分析相呼應之結果。在各河道水體積方面，以淡水河所含之水體積居冠，各河段（每 500 公尺為一段）之平均水體積在 49.32 萬立方公尺~207.82 萬立方公尺間，總水體積達 3,566 萬立方公尺，遠大於新店溪、大漢溪；新店溪平均每 500 公尺河段水體積在 1.05 萬立方公尺~33.42 萬立方公尺間，總水體積達 379 萬立方公尺；大漢溪平均每 500 公尺河段水體積在 0.79 萬立方公尺~28.02 萬立方公尺間，總水體積達 264 萬立方公尺。而河道面積之變化走勢則與河道寬度之變化走勢一致。

三、第二次河床地形調查結果

(一)3D 影像圖

第二次測量亦是為 5 公尺x5 公尺間距之數值高程模型，測量成果如圖 7.4-8 所示。

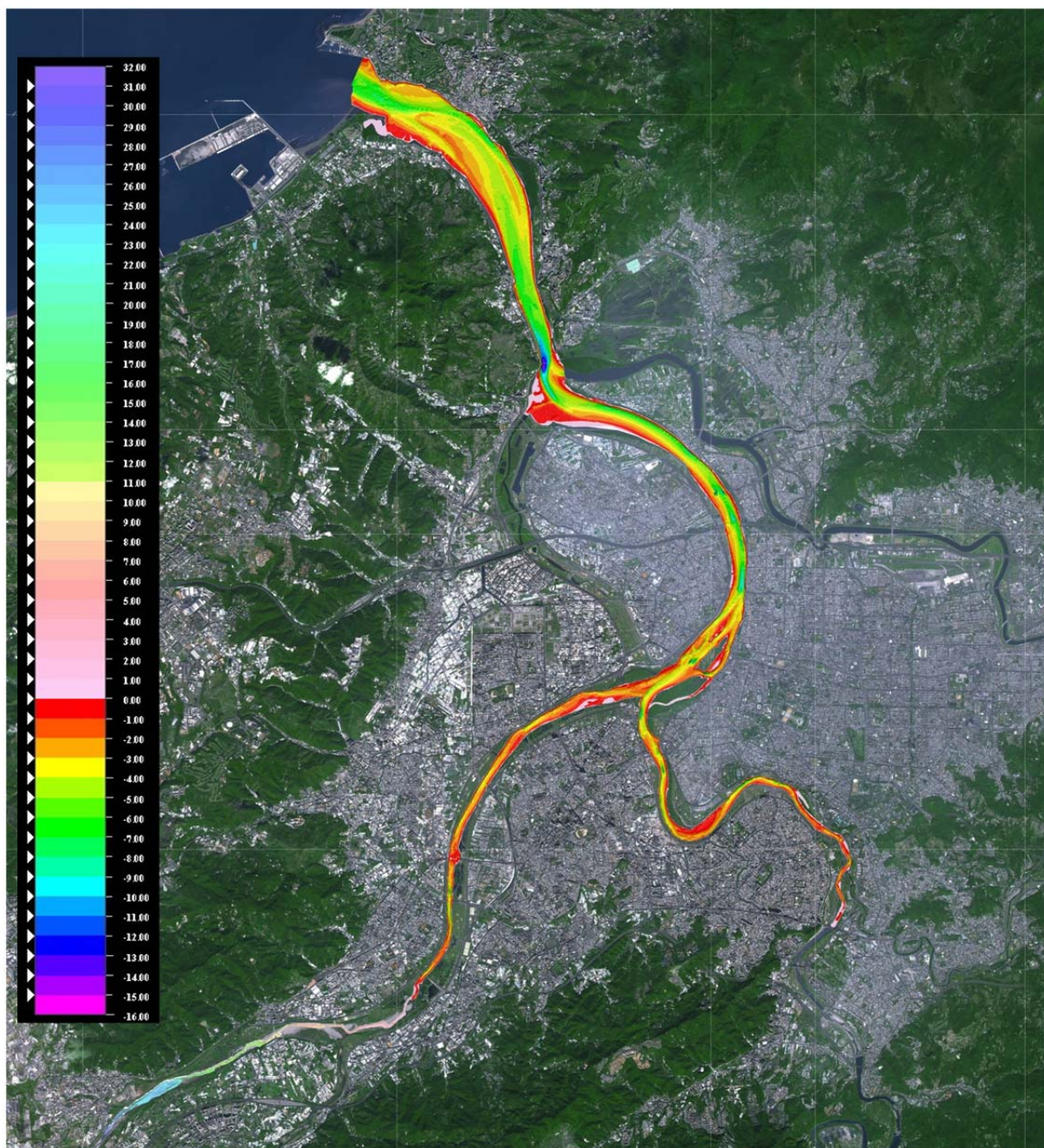


圖7.4-8 第二次測量3維立體影像圖

(二)河道水理資料

依河道水深測量結果，由下游往上游每 500 公尺河段為一單位，各河道斷面位置請參考上圖 7.4-3 所示。河道水理資料包括河床平均高程、平均河寬、量測時之水深及平均水體積。計算時是以高程 0 公尺（基隆中潮系統）為計算基準面。淡水河本流、新店溪、大漢溪等三條河道水理資料如表 7.4-5～表 7.4-7 所示，各河道之水體積、面積、平均高程及平均寬度如圖 7.4-9～圖 7.4-12 所示。

表 7.4-5 第二次水理資料統計表—新店溪

新店溪第二次量測（101.05）						
里程	水體積	水面積	河床平均高程	河床實測高程	平均河寬	備註
	m ³	m ²	m	最淺(m) ~ 最深(m)	公尺	
C00K+000-C00K+500	214,240	85,627	-2.50	0.14 ~ -6.17	171	
C00K+500-C01K+000	341,863	90,100	-3.79	-0.05 ~ -9.04	180	華江橋 C00K+750
C01K+000-C01K+500	322,280	128,500	-2.51	0.00 ~ -5.02	257	
C01K+500-C02K+000	304,226	110,350	-2.76	0.00 ~ -6.54	221	萬板橋 C01K+550 華翠橋 C01K+750
C02K+000-C02K+500	264,182	86,642	-3.05	0.10 ~ -9.50	173	光復橋 C02K+200
C02K+500-C03K+000	232,100	81,676	-2.84	0.34 ~ -6.16	163	
C03K+000-C03K+500	214,838	70,222	-3.06	0.28 ~ -6.34	140	
C03K+500-C04K+000	185,489	103,505	-1.79	0.35 ~ -4.33	207	
C04K+000-C04K+500	160,893	113,206	-1.42	0.95 ~ -3.92	226	華中橋 C04K+150
C04K+500-C05K+000	154,035	138,438	-1.11	0.00 ~ -3.40	277	
C05K+000-C05K+500	171,591	99,550	-1.72	0.00 ~ -4.55	199	
C05K+500-C06K+000	210,093	65,338	-3.22	0.00 ~ -8.42	131	
C06K+000-C06K+500	204,931	72,439	-2.83	0.28 ~ -8.68	145	
C06K+500-C07K+000	192,983	67,713	-2.85	0.00 ~ -6.70	135	中正橋 C06K+900
C07K+000-C07K+500	128,609	75,018	-1.71	0.40 ~ -6.31	150	
C07K+500-C08K+000	74,667	52,751	-1.42	0.27 ~ -4.10	106	
C08K+000-C08K+500	64,750	61,735	-1.05	0.36 ~ -2.63	123	
C08K+500-C09K+000	93,304	52,585	-1.77	0.20 ~ -4.60	105	永福橋 C08K+500
C09K+000-C09K+500	44,941	45,234	-0.99	0.68 ~ -4.17	90	福和橋 C09K+050
C09K+500-C10K+000	65,196	38,723	-1.68	0.64 ~ -5.60	77	
C10K+000-C10K+500	50,046	30,324	-1.65	0.51 ~ -3.67	61	
C10K+500-C11K+000	22,059	20,605	-1.07	0.57 ~ -5.00	41	
C11K+000-C11K+300	4,916	22,698	-0.22	0.34 ~ -1.29	45	秀朗橋 C11K+300

表 7.4-6 第二次水理資料統計表－淡水河

淡水河第二次量測 (101.05)						
里程	水體積	水面積	河床平均高程	河床實測高程	平均河寬	備註
	m ²	m ²	m	最淺(m) ~ 最深(m)	m	
A00K+000~A00K+500	2,055,080	471,546	-4.36	0.39 ~ -7.34	943	
A00K+500~A01K+000	1,819,028	504,301	-3.61	0.56 ~ -7.70	1,009	
A01K+000~A01K+500	2,046,265	674,277	-3.03	0.81 ~ -7.16	1,349	
A01K+500~A02K+000	1,999,410	636,025	-3.14	0.60 ~ -6.76	1,272	
A02K+000~A02K+500	1,959,602	575,728	-3.40	1.73 ~ -6.59	1,151	
A02K+500~A03K+000	1,903,498	579,457	-3.28	0.90 ~ -7.00	1,159	
A03K+000~A03K+500	1,851,245	544,950	-3.40	1.00 ~ -7.83	1,090	
A03K+500~A04K+000	1,808,050	542,136	-3.34	1.00 ~ -6.95	1,084	
A04K+000~A04K+500	1,738,186	516,425	-3.37	0.00 ~ -5.30	1,033	
A04K+500~A05K+000	1,736,573	513,563	-3.38	0.00 ~ -6.30	1,027	
A05K+000~A05K+500	1,607,471	446,037	-3.60	0.00 ~ -5.93	892	
A05K+500~A06K+000	1,487,469	372,325	-4.00	0.00 ~ -6.30	745	
A06K+000~A06K+500	1,381,869	306,263	-4.51	0.00 ~ -6.75	613	
A06K+500~A07K+000	1,295,204	256,763	-5.04	0.00 ~ -7.26	514	
A07K+000~A07K+500	1,306,137	260,300	-5.02	0.00 ~ -7.00	521	
A07K+500~A08K+000	1,231,091	226,950	-5.42	0.00 ~ -8.23	454	關渡橋 A07K+550
A08K+000~A08K+500	1,234,482	196,463	-6.28	0.00 ~ -11.14	393	
A08K+500~A09K+000	1,338,790	200,725	-6.67	0.42 ~ -14.24	401	
A09K+000~A09K+500	1,318,484	322,508	-4.09	0.28 ~ -14.09	645	
A09K+500~A10K+000	1,149,243	590,102	-1.95	0.36 ~ -9.52	1,180	
A10K+000~A10K+500	863,838	370,137	-2.33	0.23 ~ -5.81	740	
A10K+500~A11K+000	804,668	266,296	-3.41	0.38 ~ -6.93	465	
A11K+000~A11K+500	793,648	232,510	-3.28	0.46 ~ -7.92	458	
A11K+500~A12K+000	750,889	229,228	-3.40	0.36 ~ -7.27	447	
A12K+000~A12K+500	760,103	223,250	-3.70	0.02 ~ -7.25	396	
A12K+500~A13K+000	731,856	197,775	-4.44	0.00 ~ -6.89	322	
A13K+000~A13K+500	713,267	160,788	-4.44	0.00 ~ -8.52	322	
A13K+500~A14K+000	708,117	189,869	-3.73	0.20 ~ -6.88	380	
A14K+000~A14K+500	778,594	226,007	-3.45	0.26 ~ -9.83	452	
A14K+500~A15K+000	825,470	218,998	-3.77	0.11 ~ -11.72	438	重陽橋 A14K+550
A15K+000~A15K+500	852,900	199,388	-4.28	0.00 ~ -9.64	399	
A15K+500~A16K+000	722,563	187,559	-3.85	0.14 ~ -8.47	375	高速公路橋 A15K+500
A16K+000~A16K+500	669,210	179,713	-3.72	0.00 ~ -7.47	359	
A16K+500~A17K+000	722,719	161,535	-4.47	0.50 ~ -9.47	323	
A17K+000~A17K+500	674,203	194,288	-3.47	0.00 ~ -9.19	389	台北橋 A17K+050
A17K+500~A18K+000	696,638	261,063	-2.67	0.00 ~ -5.26	522	
A18K+000~A18K+500	631,048	300,120	-2.10	0.56 ~ -5.88	600	
A18K+500~A19K+000	711,499	325,054	-2.19	0.17 ~ -5.64	650	忠孝橋 A18K+500
A19K+000~A19K+500	865,843	327,715	-2.64	0.22 ~ -11.22	655	中興橋 A19K+250
A19K+500~A20K+000	497,530	235,975	-2.11	0.36 ~ -4.63	472	
A20K+000~A20K+500	467,987	192,738	-2.43	0.11 ~ -5.42	385	

表 7.4-7 第二次水理資料統計表—大漢溪

大漢溪第二次量測 (101.05)						
里程	水體積	水面積	河床平均高程	河床實測高程	平均河寬	備註
	m ²	m ²	m	最淺(m) ~ 最深(m)	公尺	
D00K+000-D00K+500	267,257	169,629	-1.58	0.22 ~ -5.27	339	
D00K+500-D01K+000	208,563	136,958	-1.52	0.57 ~ -3.21	274	
D01K+000-D01K+500	160,228	136,214	-1.18	0.45 ~ -4.38	272	
D01K+500-D02K+000	157,369	131,493	-1.20	0.67 ~ -3.00	263	
D02K+000-D02K+500	190,603	121,053	-1.57	0.11 ~ -4.63	242	大漢橋 D02K+450
D02K+500-D03K+000	195,145	95,713	-2.04	0.38 ~ -5.38	191	
D03K+000-D03K+500	188,025	96,129	-1.96	0.05 ~ -5.62	192	新海橋 D03K+200
D03K+500-D04K+000	148,466	112,148	-1.32	0.19 ~ -2.69	224	
D04K+000-D04K+500	172,498	93,575	-1.84	0.00 ~ -3.32	187	
D04K+500-D05K+000	187,950	78,825	-2.38	0.00 ~ -4.37	158	
D05K+000-D05K+500	171,859	79,945	-2.15	0.10 ~ -3.82	160	
D05K+500-D06K+000	164,548	77,856	-2.11	0.22 ~ -4.38	156	
D06K+000-D06K+500	153,982	82,924	-1.86	0.13 ~ -4.80	166	
D06K+500-D07K+000	105,986	108,555	-0.98	0.20 ~ -2.94	217	鐵路橋 D06K+850
D07K+000-D07K+500	135,353	65,063	-2.08	0.00 ~ -3.94	130	
D07K+500-D08K+000	182,248	55,600	-3.28	0.00 ~ -7.37	111	浮洲橋 D07K+900
D08K+000-D08K+500	166,166	47,175	-3.52	0.00 ~ -5.84	94	
D08K+500-D09K+000	95,637	46,000	-2.08	0.00 ~ -5.71	92	
D09K+000-D09K+500	68,468	54,446	-1.26	0.46 ~ -2.11	109	
D09K+500-D10K+000	92,529	41,078	-2.25	0.20 ~ -5.20	82	城林橋 D09K+900
D10K+000-D10K+500	19,083	31,477	-0.61	0.97 ~ -1.80	63	

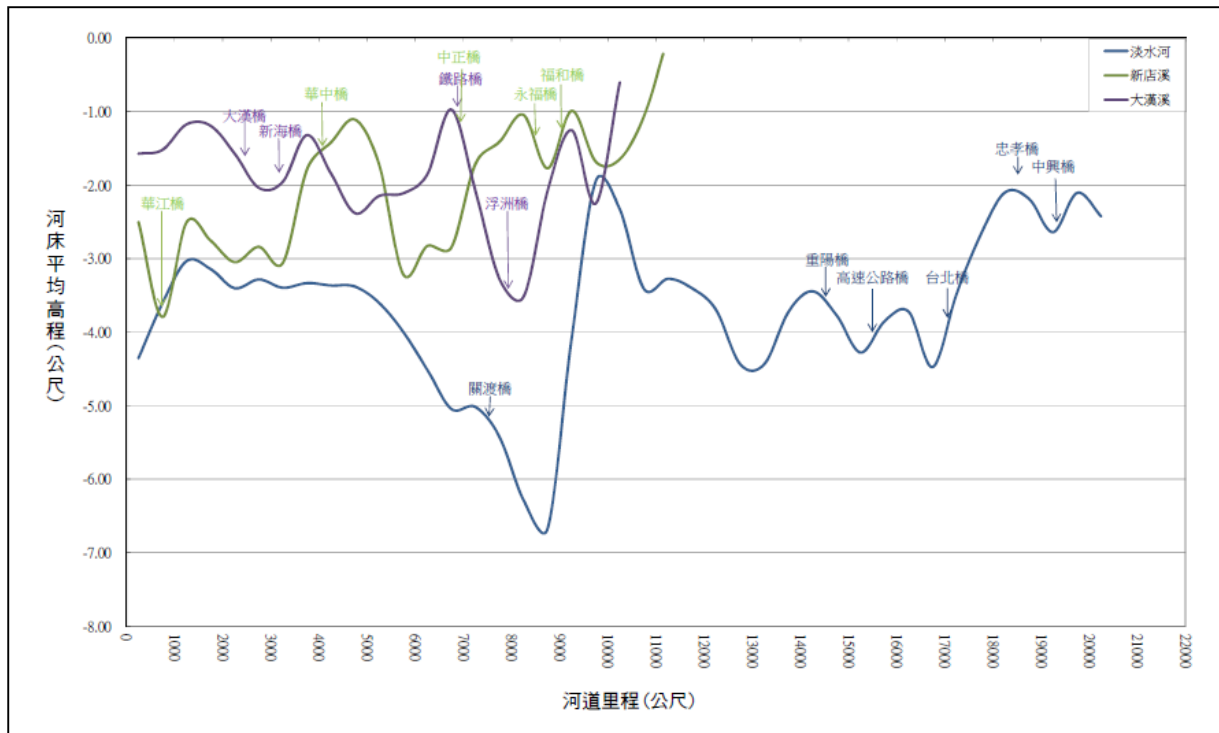


圖 7.4-9 第二次水理測量－河床平均高程

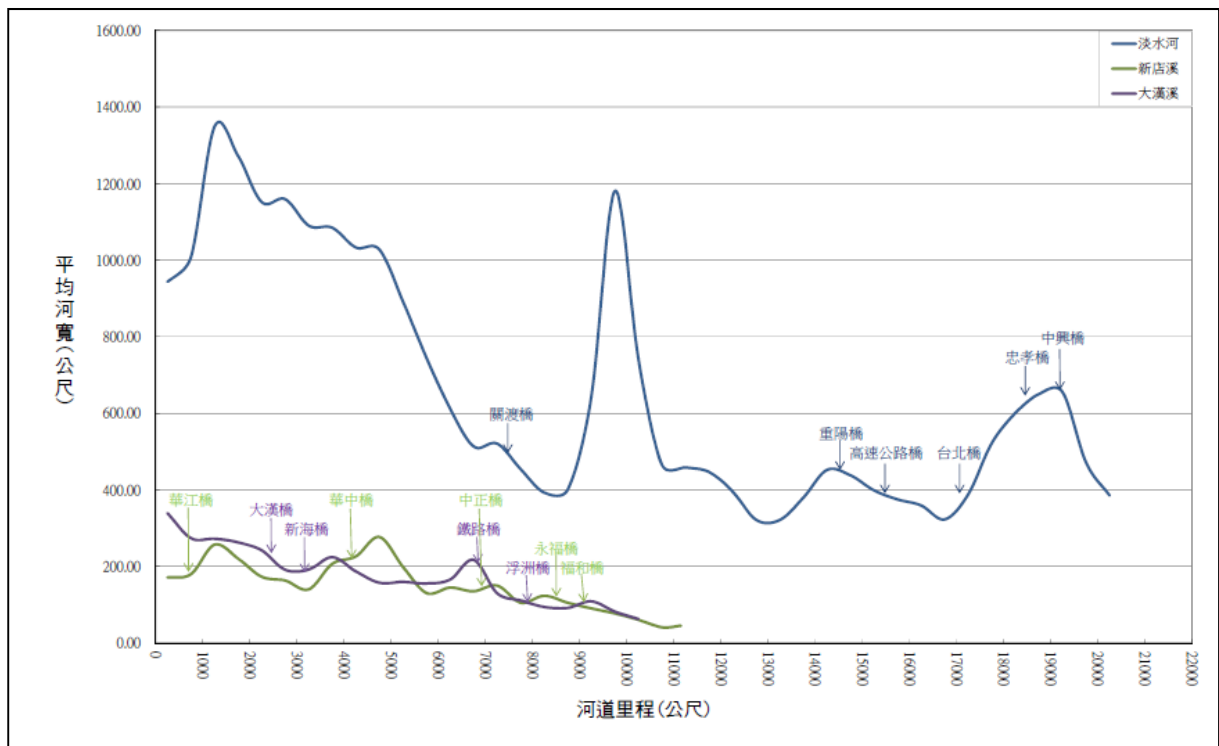


圖 7.4-10 第二次水理測量－平均河寬

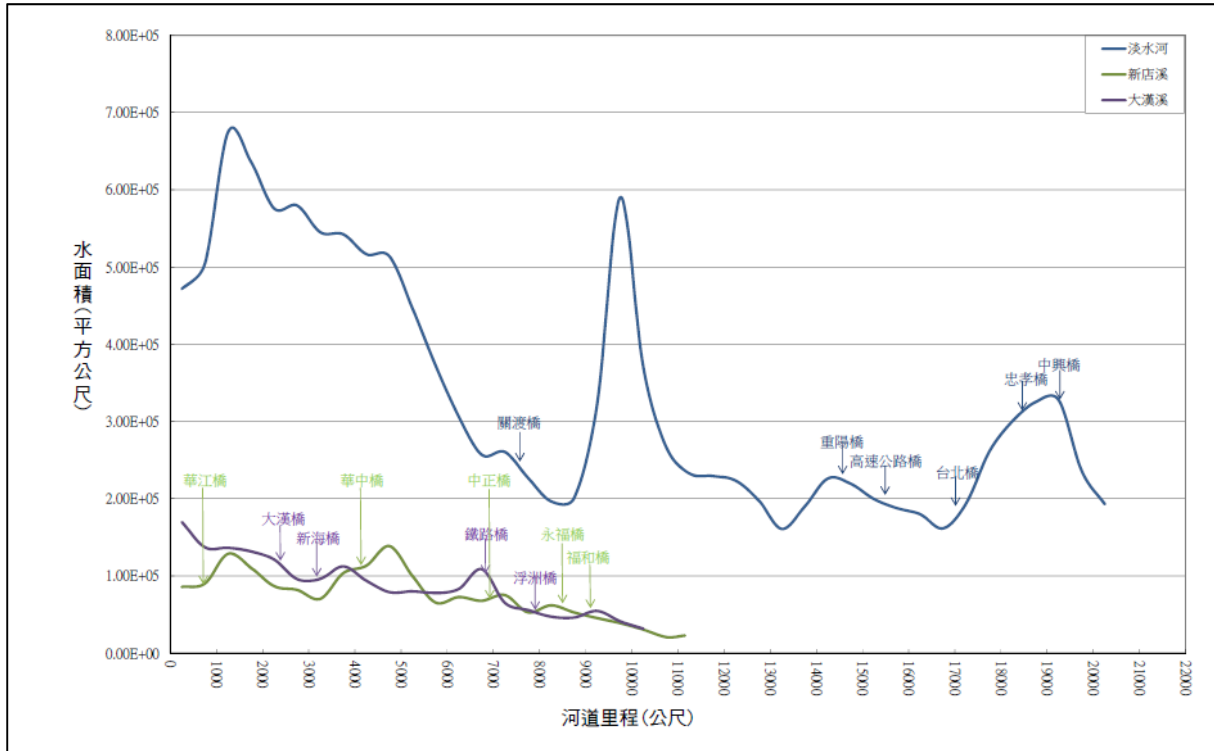


圖 7.4-11 第二次水理測量－水面積

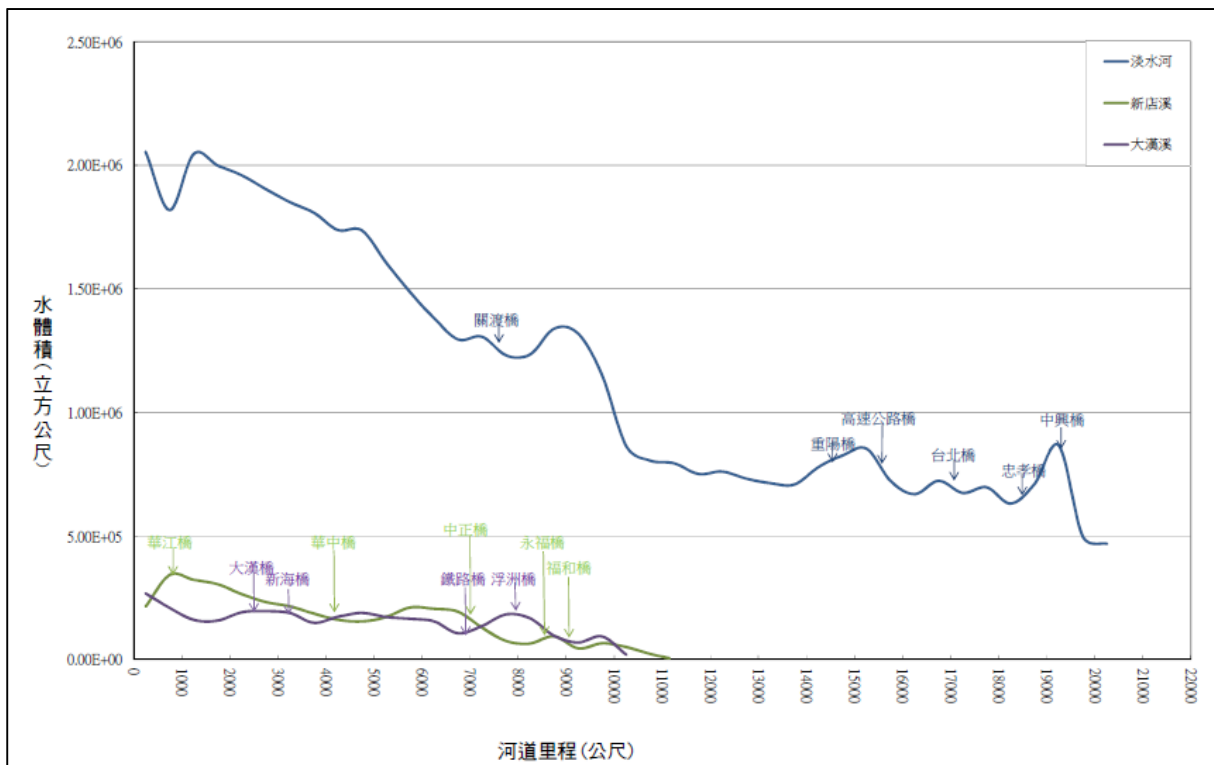


圖 7.4-12 第二次水理測量－水體積

(三)第二次河道地形測量成果說明

淡水河本流、新店溪、大漢溪等三段河道中，淡水河段為大漢溪與新店溪的匯流，河道之水面積、水體積、河道寬度、平均深度都相對最大，河床平均高程自大漢與新店兩溪匯流處的-2.5 公尺漸深至與基隆河匯流處的-6.7 公尺(最深達-14.24 公尺)；河道寬度約在 300 公尺～1,350 公尺間不等。此河段大致圍繞著三重蘆洲地區成一圓弧狀，基本地形趨勢為靠台北市的外側水道水深較深，合乎正常的曲流地形河道侵蝕狀況。各橋墩位置之河床地形，在橋墩落墩處均較鄰近其餘地形深約 2 公尺～3 公尺，其中包括重陽大橋、高速公路橋、臺北橋、中興大橋等處均有此現象。位於淡水河上游的忠孝橋與中興橋附近，有一寬廣之河心沙洲，原因應為大漢溪及新店溪匯流而帶來豐富沉積物，且水流流速因河面變寬變平緩導致淤積。

新店與大漢兩溪河床高程多在-3 公尺以內，河道寬度約在 100～300 公尺間不等。其中大漢溪段河道較為平直，河道自然的侵蝕或橋墩造成的局部沖刷地形效應都相對較小，河道也較平緩，其水深最深處約-7.4 公尺（位於浮洲橋 D07K+800 處）。新店溪則與大漢溪相反，河道蜿蜒曲折，因此在河道兩側之侵蝕與淤積情形相當明顯，河道最深處位於光復橋下區域，其水深約在-9.5 公尺，新店溪之河道寬度與深度越往上游越為減少。

綜觀本次河道水深地形測量之成果進行分析，可歸納得以下重點：

1. 河床主要深度約在-9 公尺以內，其中河床最深-14.24 公尺，位於淡水河與基隆河匯流處。河道轉彎處外側河段因流速較快導致河床地形較內側河段為深，河道轉彎處內側區域之地形則顯得平緩許多，此現象又以淡水河及基隆河最為明顯。在各橋墩落墩處之河床地形有明顯之柱體效應，橋墩週遭之地形因水流沖刷而挖深，產生明顯的凹洞地形，如淡水河之重陽大橋、高速公路橋、臺北橋、中興大橋等均有此現象產生。
2. 探究各河道之水理資料，就各河道之河床高程而論，淡水河之河床平均高程為最深，高程分佈於-1.9 公尺～-6.7 公尺之間（最深達-14.24 公尺，位於基隆河匯流處）；新店溪平均高程分佈於-0.2 公尺～-3.8 公尺之間（最

深達-9.50 公尺，位於光復橋下）；大漢溪平均高程分佈於-0.6 公尺～-3.5 公尺間（最深達-7.37 公尺，位於浮洲橋），而大漢溪亦是 3 條河道中地形變化最為平緩、坡度最均勻的一條河道。

3. 就各河道寬度而論，以淡水河為最寬，平均河道寬度介於 300 公尺～700 公尺間，最寬處達 1349 公尺（位於淡水河出海口處）；新店溪平均河道寬度介於 40 公尺～250 公尺之間，河道寬度由福和大橋往上游方向逐漸縮減，寬度由約 100 公尺縮減至秀朗大橋前約 40 公尺左右；大漢溪平均河寬介於 60 公尺～250 公尺間，最寬處約達 339 公尺。
4. 就各河道之水體積與面積而言，可得到與上述分析相呼應之結果。在各河道水體積方面，以淡水河所含之水體積居冠，各河段（每 500 公尺為一段）之平均水體積在 46.79 萬立方公尺～205.50 萬立方公尺間，總水體積達 4,750 萬立方公尺，遠大於新店溪、大漢溪；新店溪平均每 500 公尺河段水體積在 0.5 萬立方公尺～34.18 萬立方公尺間，總水體積達 372 萬立方公尺；大漢溪平均每 500 公尺河段水體積在 1.90 萬立方公尺～26.72 萬立方公尺間，總水體積達 323 萬立方公尺。而河道面積之變化走勢則與河道寬度之變化走勢一致。

四、第三次河床地形調查結果

(一)3D 影像圖

第三次測量亦是為 5 公尺x5 公尺間距之數值高程模型，測量成果如圖 7.4-13 所示。

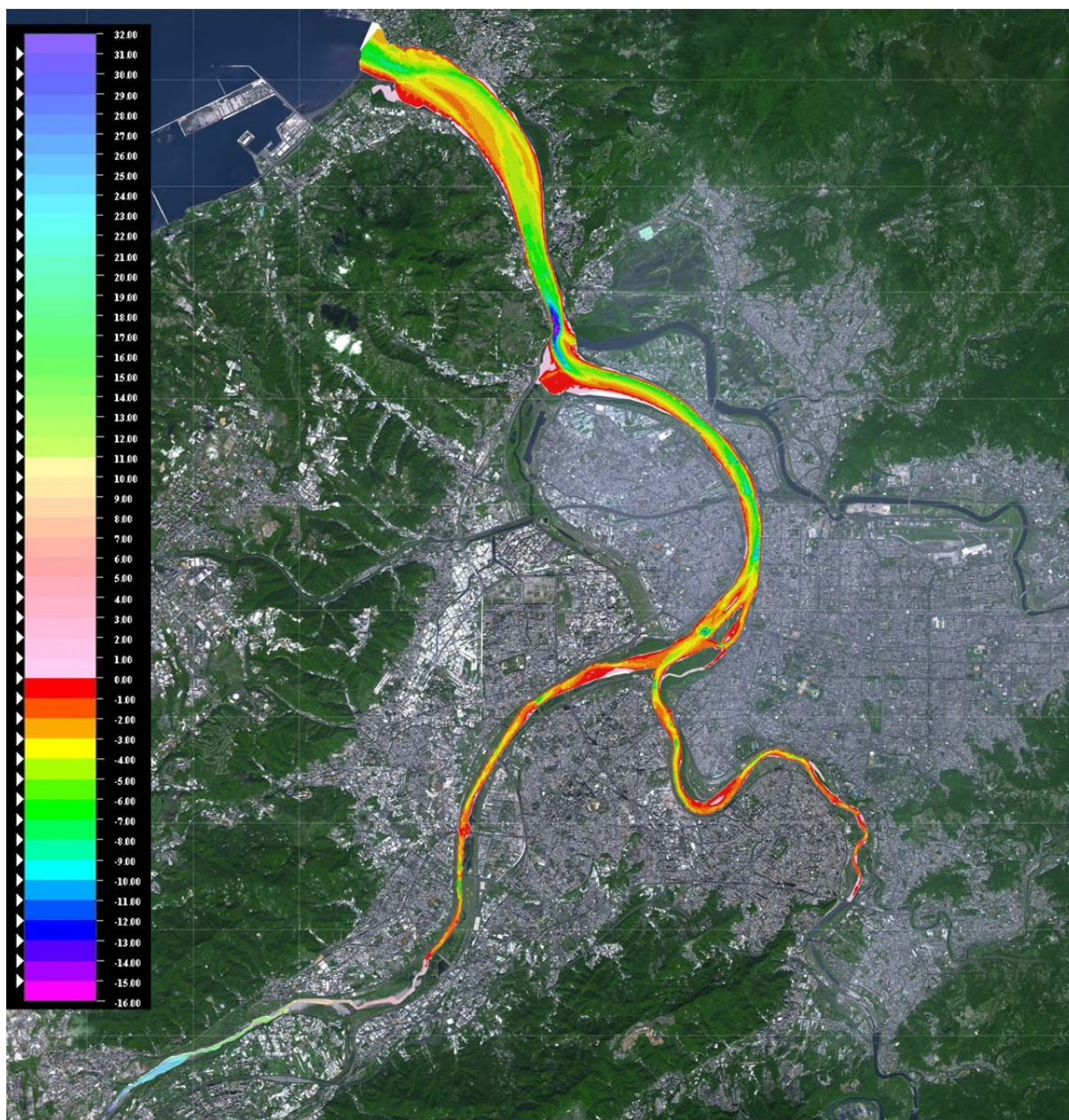


圖 7.4-13 第三次測量 3 維立體影像圖

(二)河道水理資料

依河道水深測量結果，由下游往上游每 500 公尺河段為一單位，各河道斷面位置請參考上圖 7.4-3 所示。河道水理資料包括河床平均高程、平均河寬、量測時之水深及平均水體積。計算時是以高程 0 公尺（基隆中潮系統）為計算基準面。淡水河本流、新店溪、大漢溪等三條河道水理資料如表 7.4-8～表 7.4-10 所示，各河道之水體積、面積、平均高程及平均寬度如圖 7.4-14～圖 7.4-17 所示。

表 7.4-8 第三次水理資料統計表—新店溪

新店溪第三次量測（101.10）						
里程	水體積	水面積	河床平均高程	河床實測高程	平均河寬	備註
	m ³	m ²	m	最淺(m) ~ 最深(m)	公尺	
C00K+000-C00K+500	317,390	126,968	-2.50	0.41 ~ -5.27	254	
C00K+500-C01K+000	342,192	88,174	-3.88	0.23 ~ -9.83	176	華江橋 C00K+750
C01K+000-C01K+500	254,675	128,363	-1.98	0.00 ~ -5.38	257	
C01K+500-C02K+000	273,962	110,388	-2.48	0.00 ~ -7.05	221	萬板橋 C01K+550 華翠橋 C01K+750
C02K+000-C02K+500	284,101	86,625	-3.28	0.00 ~ -11.65	173	光復橋 C02K+200
C02K+500-C03K+000	225,353	83,063	-2.71	0.00 ~ -6.34	166	
C03K+000-C03K+500	213,490	70,313	-3.04	0.00 ~ -6.16	141	
C03K+500-C04K+000	183,448	102,460	-1.79	0.42 ~ -6.30	205	
C04K+000-C04K+500	142,913	105,926	-1.35	0.68 ~ -4.43	212	華中橋 C04K+150
C04K+500-C05K+000	130,438	121,579	-1.07	0.44 ~ -3.42	243	
C05K+000-C05K+500	143,468	98,824	-1.45	0.26 ~ -4.80	198	
C05K+500-C06K+000	214,446	65,126	-3.29	0.14 ~ -8.85	130	
C06K+000-C06K+500	179,740	69,071	-2.60	0.46 ~ -8.32	138	
C06K+500-C07K+000	189,784	67,292	-2.82	0.35 ~ -8.26	135	中正橋 C06K+900
C07K+000-C07K+500	138,135	75,382	-1.83	0.89 ~ -7.62	151	
C07K+500-C08K+000	70,120	55,995	-1.25	0.01 ~ -4.43	112	
C08K+000-C08K+500	57,733	65,958	-0.88	0.20 ~ -2.67	132	
C08K+500-C09K+000	89,731	50,887	-1.76	0.26 ~ -5.42	102	永福橋 C08K+500
C09K+000-C09K+500	40,277	45,207	-0.89	0.67 ~ -5.41	90	福和橋 C09K+050
C09K+500-C10K+000	62,111	38,274	-1.62	0.34 ~ -5.25	77	
C10K+000-C10K+500	42,232	28,629	-1.48	0.63 ~ -4.08	57	
C10K+500-C11K+000	18,819	20,141	-0.93	0.40 ~ -6.22	40	
C11K+000-C11K+300	4,856	21,919	-0.22	0.34 ~ -1.50	44	秀朗橋 C11K+300

表 7.4-9 第三次水理資料統計表－淡水河

淡水河第三次量測 (101.10)						
里程	水體積	水面積	河床平均高程	河床實測高程	平均河寬	備註
	m ²	m ²	m	最淺(m) ~ 最深(m)	m	
A00K+000~A00K+500	2,160,961	467,413	-4.62	0.00 ~ -8.76	935	
A00K+500~A01K+000	1,896,658	504,875	-3.76	0.00 ~ -9.16	1,010	
A01K+000~A01K+500	2,125,074	674,113	-3.15	0.00 ~ -8.50	1,348	
A01K+500~A02K+000	1,991,579	636,525	-3.13	0.00 ~ -6.67	1,273	
A02K+000~A02K+500	1,895,547	575,288	-3.29	0.00 ~ -7.60	1,151	
A02K+500~A03K+000	1,831,668	573,194	-3.20	0.08 ~ -7.42	1,146	
A03K+000~A03K+500	1,712,653	526,877	-3.25	0.39 ~ -7.71	1,054	
A03K+500~A04K+000	1,662,264	539,946	-3.08	0.33 ~ -6.63	1,080	
A04K+000~A04K+500	1,618,888	512,423	-3.16	0.39 ~ -4.92	1,025	
A04K+500~A05K+000	1,613,111	508,711	-3.17	0.30 ~ -6.63	1,017	
A05K+000~A05K+500	1,479,549	438,396	-3.37	0.54 ~ -5.93	877	
A05K+500~A06K+000	1,410,644	372,170	-3.79	0.04 ~ -5.77	744	
A06K+000~A06K+500	1,359,134	306,238	-4.44	0.00 ~ -7.24	612	
A06K+500~A07K+000	1,307,438	256,738	-5.09	0.00 ~ -7.72	513	
A07K+000~A07K+500	1,373,682	260,300	-5.28	0.00 ~ -9.12	521	
A07K+500~A08K+000	1,288,247	226,975	-5.68	0.00 ~ -11.07	454	關渡橋 A07K+550
A08K+000~A08K+500	1,392,458	196,050	-7.10	0.00 ~ -14.89	392	
A08K+500~A09K+000	1,515,434	201,774	-7.51	0.05 ~ -15.98	404	
A09K+000~A09K+500	1,449,265	313,832	-4.62	0.17 ~ -14.65	628	
A09K+500~A10K+000	1,314,555	607,321	-2.16	0.39 ~ -11.24	1,215	
A10K+000~A10K+500	890,880	365,373	-2.44	0.38 ~ -7.05	731	
A10K+500~A11K+000	785,294	249,756	-3.14	0.63 ~ -7.25	500	
A11K+000~A11K+500	796,828	233,104	-3.42	0.51 ~ -8.49	466	
A11K+500~A12K+000	776,819	230,236	-3.37	0.42 ~ -7.75	460	
A12K+000~A12K+500	812,800	216,682	-3.75	0.10 ~ -7.63	433	
A12K+500~A13K+000	809,877	196,479	-4.12	0.07 ~ -7.16	393	
A13K+000~A13K+500	793,303	160,975	-4.93	0.00 ~ -9.50	322	
A13K+500~A14K+000	776,494	190,938	-4.07	0.00 ~ -8.15	382	
A14K+000~A14K+500	924,451	228,855	-4.04	0.25 ~ -9.67	458	
A14K+500~A15K+000	976,604	217,268	-4.49	0.23 ~ -13.57	435	重陽橋 A14K+550
A15K+000~A15K+500	1,012,794	199,363	-5.08	0.00 ~ -11.32	399	
A15K+500~A16K+000	755,201	187,675	-4.02	0.00 ~ -9.17	375	高速公路橋 A15K+500
A16K+000~A16K+500	758,324	179,613	-4.22	0.00 ~ -8.95	359	
A16K+500~A17K+000	880,082	164,200	-5.36	0.00 ~ -10.75	328	
A17K+000~A17K+500	775,134	194,263	-3.99	0.00 ~ -8.25	389	台北橋 A17K+050
A17K+500~A18K+000	708,543	260,975	-2.71	0.00 ~ -5.50	522	
A18K+000~A18K+500	639,077	297,341	-2.15	0.48 ~ -6.30	595	
A18K+500~A19K+000	613,362	332,755	-1.84	0.27 ~ -6.05	666	忠孝橋 A18K+500
A19K+000~A19K+500	967,554	326,107	-2.97	0.58 ~ -13.75	652	中興橋 A19K+250
A19K+500~A20K+000	512,600	234,401	-2.19	0.32 ~ -4.27	469	
A20K+000~A20K+500	536,893	213,709	-2.51	0.46 ~ -5.35	427	

表 7.4-10 第三次水理資料統計表—大漢溪

大漢溪第三次量測 (101.10)						
里程	水體積	水面積	河床平均高程	河床實測高程	平均河寬	備註
	m ²	m ²	m	最淺(m) ~ 最深(m)	公尺	
D00K+000-D00K+500	231,556	170,680	-1.36	0.44 ~ -4.50	341	
D00K+500-D01K+000	194,434	123,196	-1.58	0.68 ~ -3.92	246	
D01K+000-D01K+500	150,179	106,668	-1.41	0.66 ~ -4.84	213	
D01K+500-D02K+000	124,446	156,056	-0.80	0.28 ~ -3.50	312	
D02K+000-D02K+500	218,012	119,650	-1.82	0.00 ~ -4.30	239	大漢橋 D02K+450
D02K+500-D03K+000	216,378	98,075	-2.21	0.00 ~ -5.55	196	
D03K+000-D03K+500	247,833	95,209	-2.60	0.23 ~ -8.09	190	新海橋 D03K+200
D03K+500-D04K+000	174,708	111,096	-1.57	0.16 ~ -3.82	222	
D04K+000-D04K+500	230,571	93,488	-2.47	0.00 ~ -4.55	187	
D04K+500-D05K+000	245,490	78,725	-3.12	0.00 ~ -5.80	157	
D05K+000-D05K+500	198,558	80,138	-2.48	0.00 ~ -4.79	160	
D05K+500-D06K+000	196,156	76,754	-2.56	0.44 ~ -6.56	154	
D06K+000-D06K+500	166,411	82,838	-2.01	0.14 ~ -5.68	166	
D06K+500-D07K+000	119,592	106,418	-1.12	0.42 ~ -3.30	213	鐵路橋 D06K+850
D07K+000-D07K+500	144,215	65,063	-2.22	0.00 ~ -4.47	130	
D07K+500-D08K+000	183,977	55,600	-3.31	0.00 ~ -7.00	111	浮洲橋 D07K+900
D08K+000-D08K+500	222,244	47,163	-4.71	0.00 ~ -8.59	94	
D08K+500-D09K+000	106,454	46,008	-2.31	0.22 ~ -5.71	92	
D09K+000-D09K+500	85,370	55,036	-1.55	0.45 ~ -3.21	110	
D09K+500-D10K+000	84,920	41,150	-2.06	0.00 ~ -4.25	82	城林橋 D09K+900
D10K+000-D10K+500	10,535	21,133	-0.50	0.99 ~ -1.36	42	

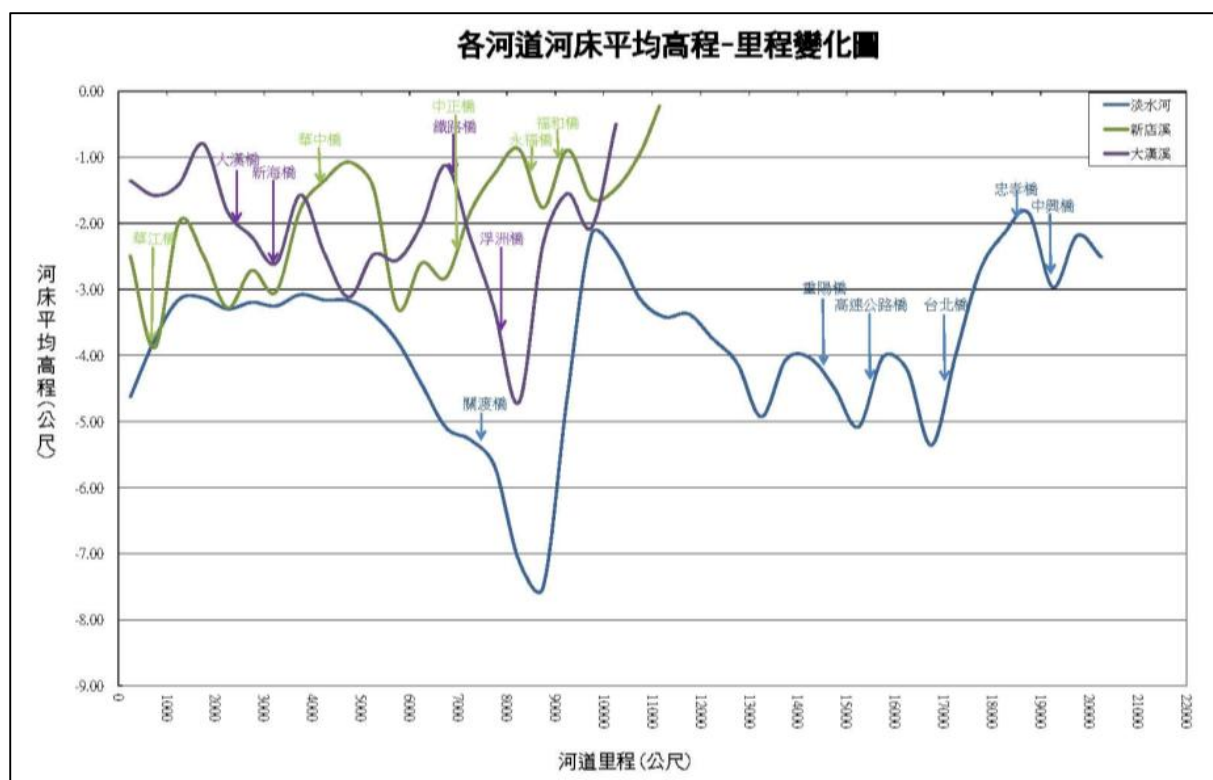


圖7.4-14 第三次水理測量－河床平均高程

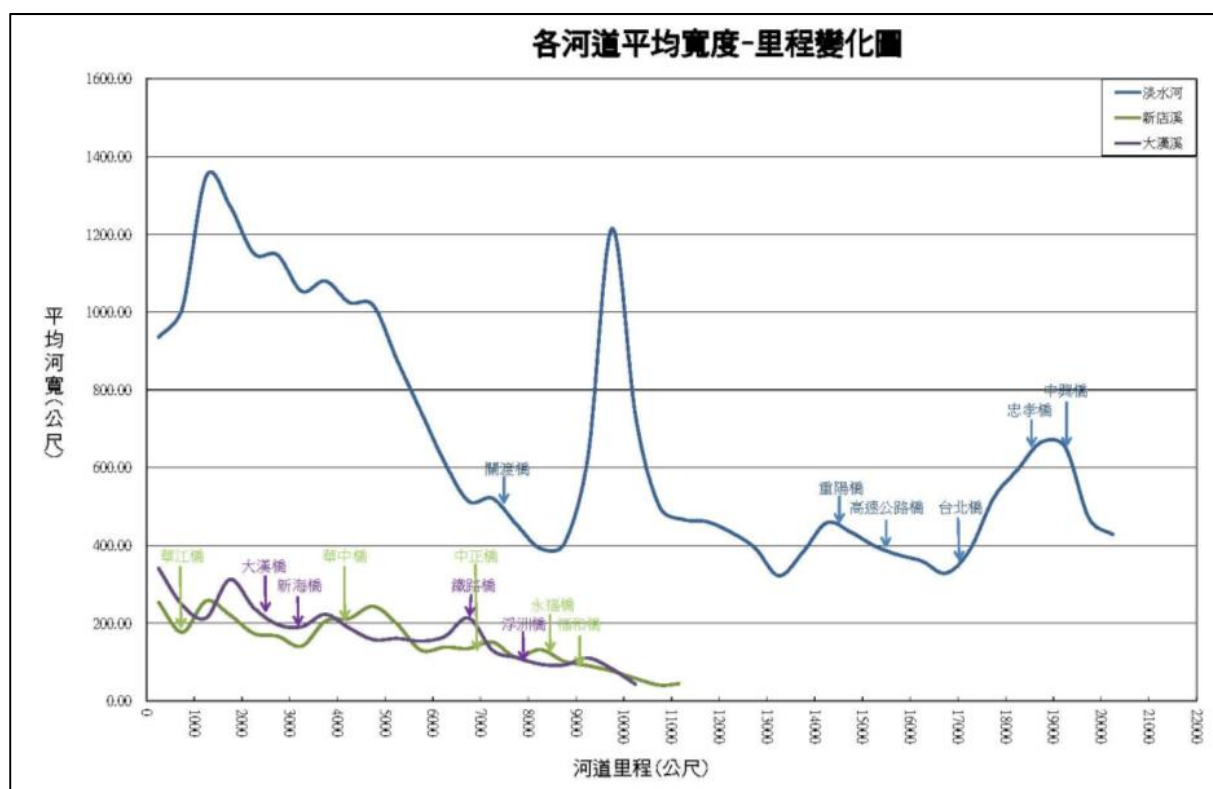


圖7.4-15 第三次水理測量－平均河寬

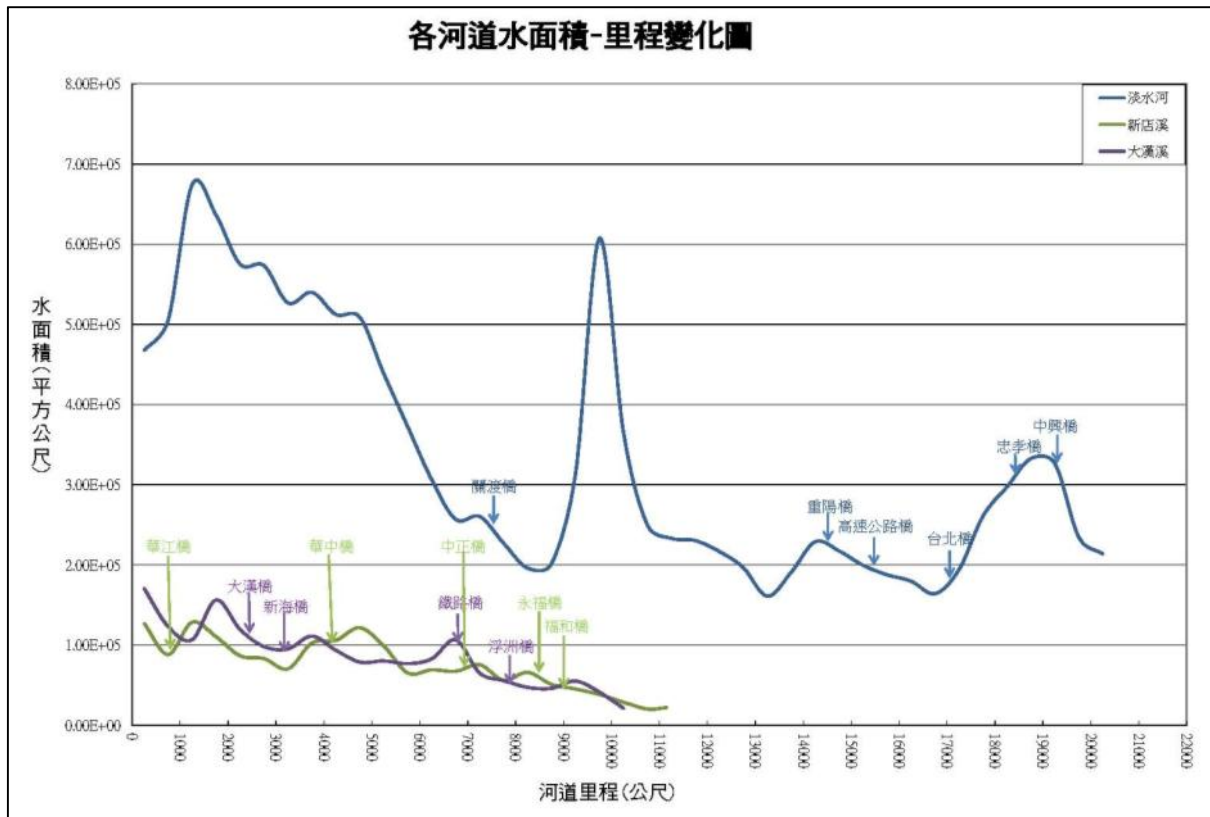


圖7.4-16 第三次水理測量－水面積

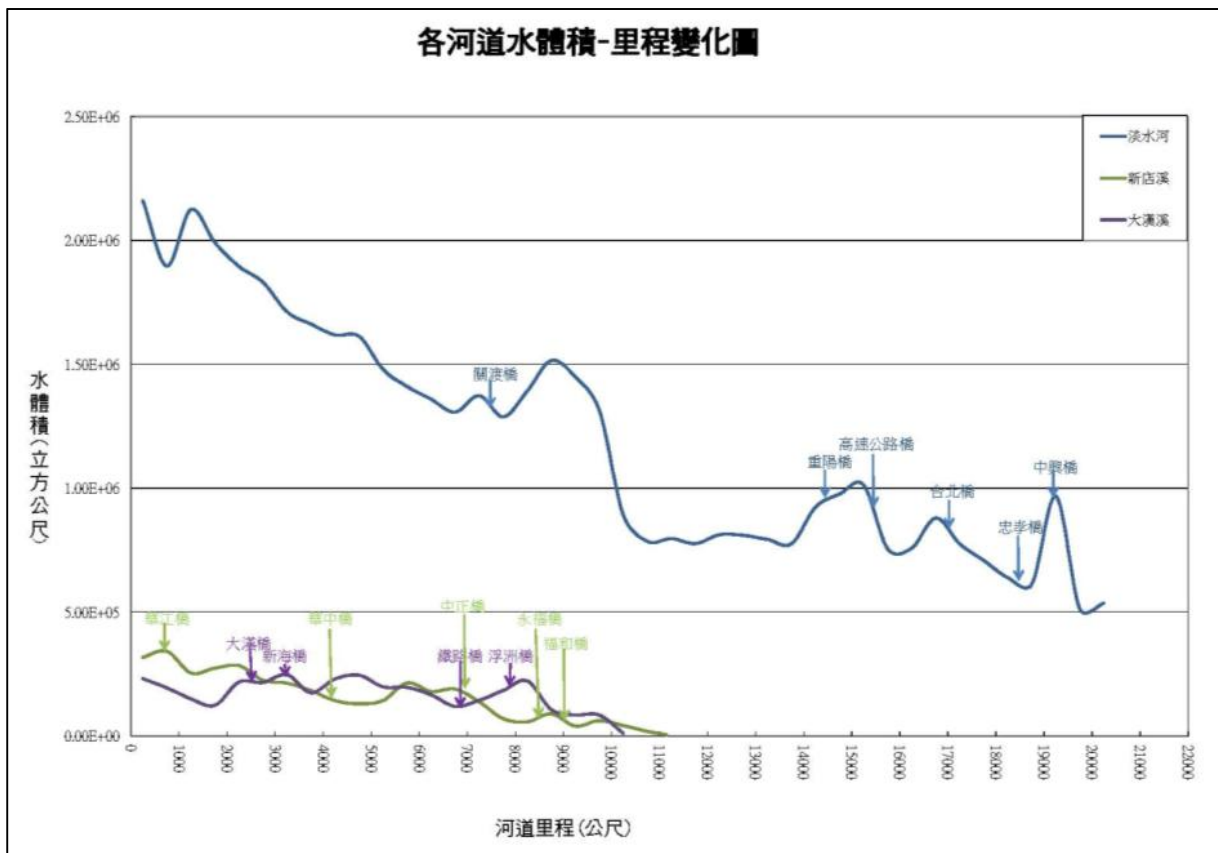


圖7.4-17 第三次水理測量－水體積

(三)第三次河道地形測量成果說明

淡水河本流、新店溪、大漢溪等三段河道中，淡水河段為大漢溪與新店溪的匯流，河道之水面積、水體積、河道寬度、平均深度都相對最大，河床平均高程自大漢與新店兩溪匯流處的-2.5 公尺漸深至與基隆河匯流處的-7.5 公尺(最深達-15.98 公尺)；河道寬度約在 300 公尺～1,350 公尺間不等。此河段大致圍繞著三重蘆洲地區成一圓弧狀，基本地形趨勢為靠台北市的外側水道水深較深，合乎正常的曲流地形河道侵蝕狀況。各橋墩位置之河床地形，在橋墩落墩處均較鄰近其餘地形深約 2 公尺～3 公尺，其中包括重陽大橋、高速公路橋、臺北橋、中興大橋等處均有此現象。位於淡水河上游的忠孝橋與中興橋附近，有一寬廣之河心沙洲，原因應為大漢溪及新店溪匯流而帶來豐富沉積物，且水流流速因河面變寬變平緩導致淤積。

新店與大漢兩溪河床高程多在-4 公尺以內，河道寬度約在 100～300 公尺間不等。其中大漢溪段河道較為平直，河道自然的侵蝕或橋墩造成的局部沖刷地形效應都相對較小，河道也較平緩，其水深最深處約-8.5 公尺（位於浮洲橋上游 D08K+200 處）。新店溪則與大漢溪相反，河道蜿蜒曲折，因此在河道兩側之侵蝕與淤積情形相當明顯，河道最深處位於光復橋下區域，其水深約在-11.65 公尺，新店溪之河道寬度與深度越往上游越為減少。

綜觀本次河道水深地形測量之成果進行分析，可歸納得以下重點：

1. 河床主要深度約在-9 公尺以內，其中河床最深-15.98 公尺，位於淡水河與基隆河匯流處。河道轉彎處外側河段因流速較快導致河床地形較內側河段為深，河道轉彎處內側區域之地形則顯得平緩許多，此現象又以淡水河及基隆河最為明顯。在各橋墩落墩處之河床地形有明顯之柱體效應，橋墩週遭之地形因水流沖刷而挖深，產生明顯的凹洞地形，如淡水河之重陽大橋、高速公路橋、臺北橋、中興大橋等均有此現象產生。
2. 探究各河道之水理資料，就各河道之河床高程而論，淡水河之河床平均高程為最深，高程分佈於-1.8 公尺～-7.5 公尺之間（最深達-15.98 公尺，位於基隆河匯流處）；新店溪平均高程分佈於-0.2 公尺～-3.9 公尺之間（最

深達-11.65 公尺，位於光復橋下)；大漢溪平均高程分佈於-0.5 公尺~-4.7 公尺間（最深達-8.59 公尺，位於浮洲橋上游處），而大漢溪亦是 3 條河道中地形變化最為平緩、坡度最均勻的一條河道。

3. 就各河道寬度而論，以淡水河為最寬，平均河道寬度介於 300 公尺~700 公尺間，最寬處達 1348 公尺（位於淡水河出海口處）；新店溪平均河道寬度介於 40 公尺~250 公尺之間，河道寬度由福和大橋往上游方向逐漸縮減，寬度由約 100 公尺縮減至秀朗大橋前約 40 公尺左右；大漢溪平均河寬介於 40 公尺~250 公尺間，最寬處約達 341 公尺。
4. 就各河道之水體積與面積而言，可得到與上述分析相呼應之結果。在各河道水體積方面，以淡水河所含之水體積居冠，各河段（每 500 公尺為一段）之平均水體積在 51.26 萬立方公尺~216.09 萬立方公尺間，總水體積達 4,890 萬立方公尺，遠大於新店溪、大漢溪；新店溪平均每 500 公尺河段水體積在 0.48 萬立方公尺~34.21 萬立方公尺間，總水體積達 362 萬立方公尺；大漢溪平均每 500 公尺河段水體積在 1.05 萬立方公尺~24.78 萬立方公尺間，總水體積達 355 萬立方公尺。而河道面積之變化走勢則與河道寬度之變化走勢一致。

五、河床地形變化綜合分析

本計畫共辦理三次河床地形測量。以下就三次測量成果之河道地形侵淤變化、橫斷面變化、縱斷面(溪豁線)變化三種進行比較。而採用的數據除本計畫第三次檢測結果外，另外有台北市環保局的「98 年度台北市淡水河系水質改善措施評估規劃及緊急應變處理計畫」與經濟部水利署第十河川局(以下簡稱十河局)歷年針對各斷面的檢測結果。

(一) 河道地形侵淤變化

十河局於淡水河設有數個斷面樁，以做為長年河床斷面量測之基準。目前最新資料為 99 年度檢測結果，惟該資訊僅針對斷面樁位置進行橫斷面量測，並無針對全河段做縱斷面調查，雖資料較新，但無法進行全河段侵淤計算。而「98 年度台北市淡水河系水質改善措施評估規劃及緊急應變處理計畫」有對淡水河進行全面性河道地形量測。因此河道水深地形測量成果探討，將以 98 年台北市環保局檢測結果與本計畫第一次成果比較(參見圖 7.4-18)、本計畫第一、第二次檢測成果比較(參見圖 7.4-19)本計畫第一、第三次檢測成果比較(參見圖 7.4-20)等四種，並分述如下。

1.第一次檢測成果 v.s 98 年台北市河道水深地形測量成果

將第一次測量與民國 98 年 04 月台北市河道水深地形測量成果進行河道冲刷淤積量計算及侵淤變化分析，並據以製作河床冲刷與淤積平面分佈範圍圖，計算各河段之冲刷與淤積量。

河道地形侵淤成果分析主要係利用河道地形測量成果，採用各次測量成果之 5 公尺x5 公尺網格，相互比較計算河道地形冲刷或淤積之土方量，並將侵淤成果繪製成圖 7.4-18 之河道地形侵淤變化色階圖，土方量之侵淤計算則按照各河道劃分區域，分別計算各河道之侵淤量，計算之成果如表 7.4-11 所示。

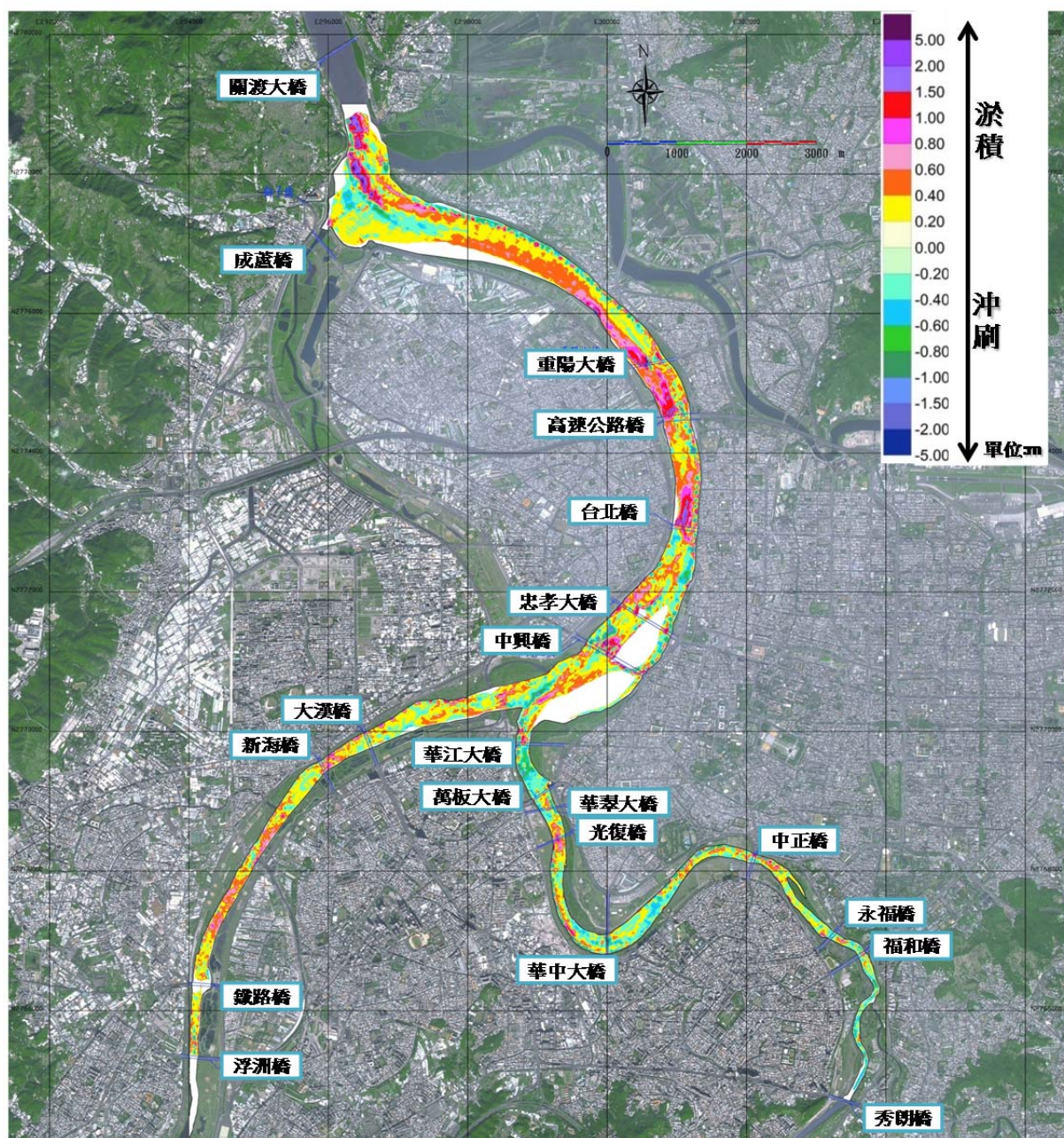


圖7.4-18 地形侵淤變化色階圖(第一次成果與98年比較)

表 7.4-11 河道地形侵淤量計算表

以本次 (101.03) 地形 DTM 減掉 (98.04) 地形 DTM	淡水河	新店溪	大漢溪
淤積土方量(m ³)	3,406,614.98	365,062.42	557,640.59
沖刷土方量(m ³)	-678,741.60	-397,453.78	-59,290.66
合計土方量(m ³)	2,727,873.38	-32,391.36	498,349.93
計算面積(m ²)	5,756,674.91	1,570,087.50	1,364,700.00
平均侵淤量(m)	0.47	-0.02	0.37

透過地形侵淤變化色階圖及地形侵淤比較表可瞭解各河段的侵淤變化分佈以及侵淤量級，侵淤比較成果說明如下：

由地形侵淤變化圖及河道地形侵淤計算表可看出，相較於民國 98 年 04 月之水深測量成果，本計畫測量時，淡水河河道整體地形呈現淤積現象，其平均侵淤量為 0.47 公尺；新店溪河道整體地形呈現侵蝕現象，其平均侵淤量為-0.02 公尺；大漢溪河道整體地形呈現淤積現象，其平均侵淤量為 0.37 公尺。

淡水河地形侵淤比較區域由大漢溪新店溪匯流處至淡水河關渡宮處，整體地形呈現淤積狀態，僅有小部分區域呈現侵蝕狀態。河道地形淤積明顯處位於中興橋至忠孝橋間之區域、台北橋至其下游約 500 公尺處間之區域、高速公路橋至重陽大橋間之區域、重陽大橋至其下游約 1.5 公里河道左岸之區域、關渡宮至疏洪道間之主河道區域，其侵淤量級約在 2.0 公尺～3.0 公尺之間，最大可達 5.0 公尺；而河道地形侵蝕均不明顯，其中較為明顯處位於忠孝大橋至台北橋間河道右岸之區域。

新店溪地形侵淤比較區域由秀朗橋至新店溪與大漢溪匯流處，整體地形呈現侵蝕狀態，僅有小部分區域呈現淤積狀態，整體平均侵淤量約為-0.02 公尺。河道地形淤積明顯處位於福和大橋橋下區域、福和橋至永福橋

間之區域、中正橋上游 400 公尺至中正橋橋下間之區域、光復橋上游 200 公尺至光復橋下游 200 公尺間之區域、華江橋至其下游 200 公尺間之區域，其侵淤量級約 1.5 公尺～2.0 公尺之間，其中小部分最大可達 4.0 公尺；而其餘河道部分大抵上呈現侵蝕狀態，侵淤量級約在 0 公尺～-0.5 公尺之間。

大漢溪地形侵淤比較區域由浮洲橋至大漢溪與新店溪匯流處，整體地形呈現淤積狀態，整體平均侵淤量為 0.37 公尺。河道地形淤積明顯處位於鐵路橋至其下游 2 公里間之區域、大漢橋至其下游約 300 公尺間之區域、新北環河快速道路橋下之區域、其侵淤量級約在 1.0 公尺～1.5 公尺之間，最大可達 3.0 公尺。

2.第一次與第二次檢測成果比較

將第一次測量與第二次測量成果進行河道沖刷淤積量計算及侵淤變化分析，並據以製作河床沖刷與淤積平面分佈範圍圖，計算各河段之沖刷與淤積量(如表 7.4-12)，並將侵淤成果繪製成圖 7.4-19 之河道地形侵淤變化色階圖。

表 7.4-12 河道地形侵淤量計算表(第一、二次成果比較)

以本次(101.05)地形DTM減掉(101.03)地形DTM	淡水河	新店溪	大漢溪
淤積土方量(m ³)	1,308,118.30	198,586.83	119,665.45
沖刷土方量(m ³)	-1,459,089.13	-241,098.16	-312,361.42
合計土方量(m ³)	-150,970.83	-42,511.33	-192,695.97
計算面積(m ²)	14,051,188.95	1,760,350.00	1,946,650.00
平均侵淤量(m)	-0.01	-0.02	-0.10

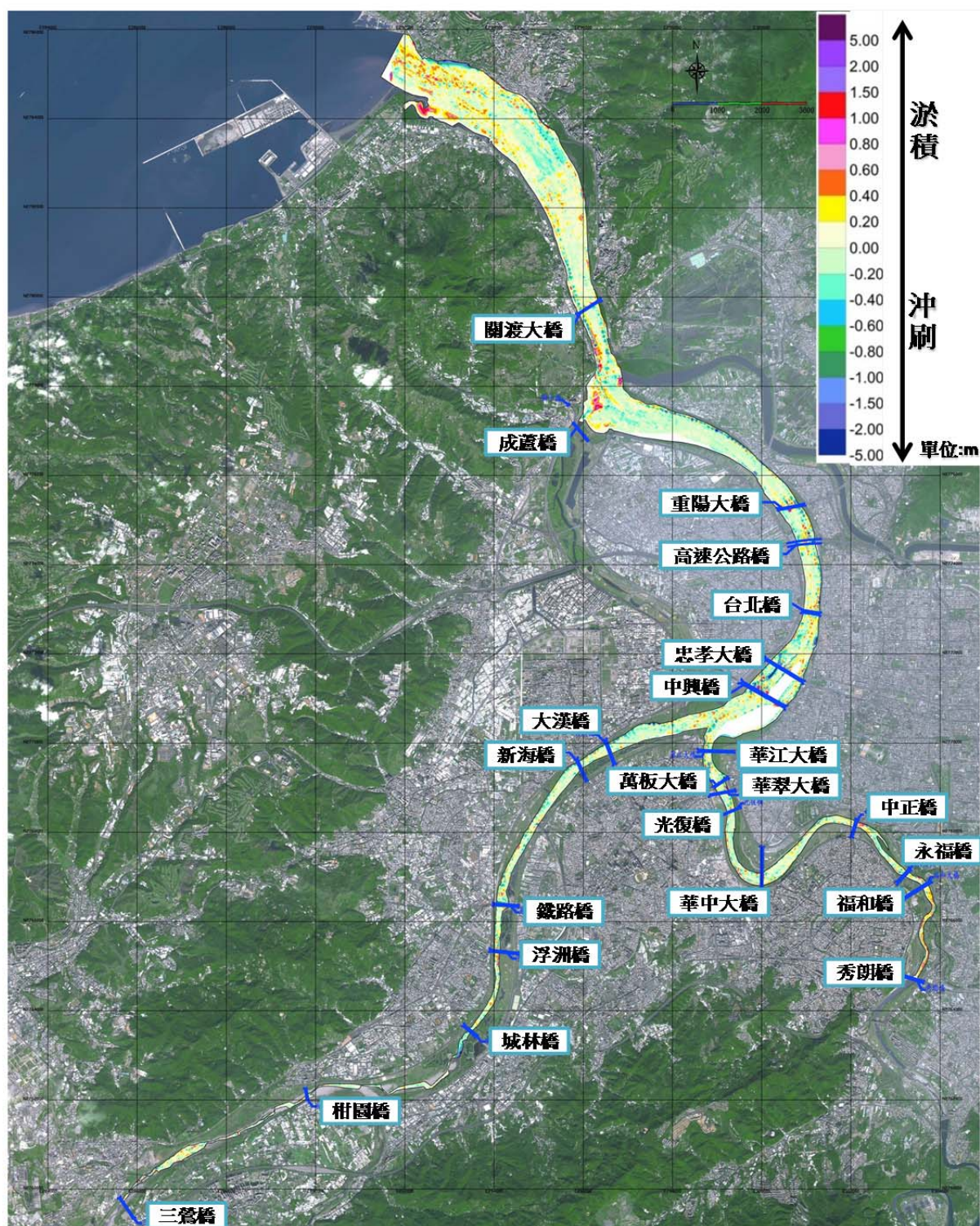


圖7.4-19 地形侵淤變化色階圖(第一、二次成果比較)

透過地形侵淤變化色階圖及地形侵淤比較表可瞭解各河段的侵淤變化分佈以及侵淤量級，侵淤比較成果說明如下：

由地形侵淤變化圖(圖 7.4-19)及河道地形侵淤計算表(表 7.4-12)可看出，相較於本計畫第一次測量(101 年 3 月)之水深測量成果，本計畫第二次測量(101 年 5 月)時，淡水河河道整體地形大略呈現侵淤平衡狀態，其平均侵淤量為-0.01 公尺；新店溪河道整體地形大略呈現侵淤平衡狀態，其平均侵淤量為-0.02 公尺；大漢溪河道整體地形呈現侵蝕現象，其平均侵淤量為-0.10 公尺。

淡水河地形侵淤比較區域由大漢溪新店溪匯流處至淡水河出海口處，整體地形呈現侵淤互見狀態，整體平均侵淤量為-0.01 公尺。河道地形淤積明顯處位於基隆河與淡水河匯流處、淡水河二重疏洪道區域，其侵淤量級約在-1.0 公尺~-1.5 公尺之間，最大可達-2.0 公尺；而河道地形侵蝕明顯處位於忠孝大橋至中興大橋間左側河道中央區域，其侵淤量級約在-2.0 公尺左右。

新店溪地形侵淤比較區域由秀朗橋至新店溪與大漢溪匯流處，整體地形呈現侵淤互見狀態，整體平均侵淤量約為-0.02 公尺。河道地形淤積明顯處位於華中大橋下區域、中正橋下至其上游約 200 公尺間之區域，其侵淤量級約在-1.0 公尺~-1.5 公尺之間。而福和橋至秀朗橋之間之區域大體呈現淤積狀態，其侵淤量級約 0.2 公尺~0.6 公尺之間，其中小部分最大可達 1.0 公尺；河道地形侵蝕明顯處位於華江橋至萬板橋間河道中心區域、萬板大橋下區域、華翠大橋下區域，其侵淤量級約在 0 公尺~-1.0 公尺之間。

大漢溪地形侵淤比較區域由浮洲橋至大漢溪與新店溪匯流處，整體地形呈現侵蝕狀態，整體平均侵淤量為-0.10 公尺。河道地形侵蝕明顯處位於新海橋下區域、鐵路橋下區域、浮洲橋下至其上游 200 公尺河道左岸之區域、城林橋至其上游 600 公尺間之區域，其侵淤量級約在-1.0 公尺左右，最大可達-2.0 公尺。

3.第一次與第三次檢測成果比較

將第一次測量與第三次測量成果進行河道沖刷淤積量計算及侵淤變化分析，並據以製作河床沖刷與淤積平面分佈範圍圖，計算各河段之沖刷與淤積量(如表 7.4-13)，並將侵淤成果繪製成圖 7.4-20 之河道地形侵淤變化色階圖。

表 7.4-13 河道地形侵淤量計算表(第一、三次成果比較)

以本次(101.0\10)地形DTM 減掉(101.03)地形DTM	淡水河	新店溪	大漢溪
淤積土方量(m ³)	2,716,979.15	455,636.51	270,708.98
沖刷土方量(m ³)	-4,193,457.19	-264,194.84	-765,248.82
合計土方量(m ³)	-1,476,478.04	191,441.67	-494,539.84
計算面積(m ²)	14,052,600.00	1,774,590.00	1,912,250.00
平均侵淤量(m)	-0.11	0.10	-0.26

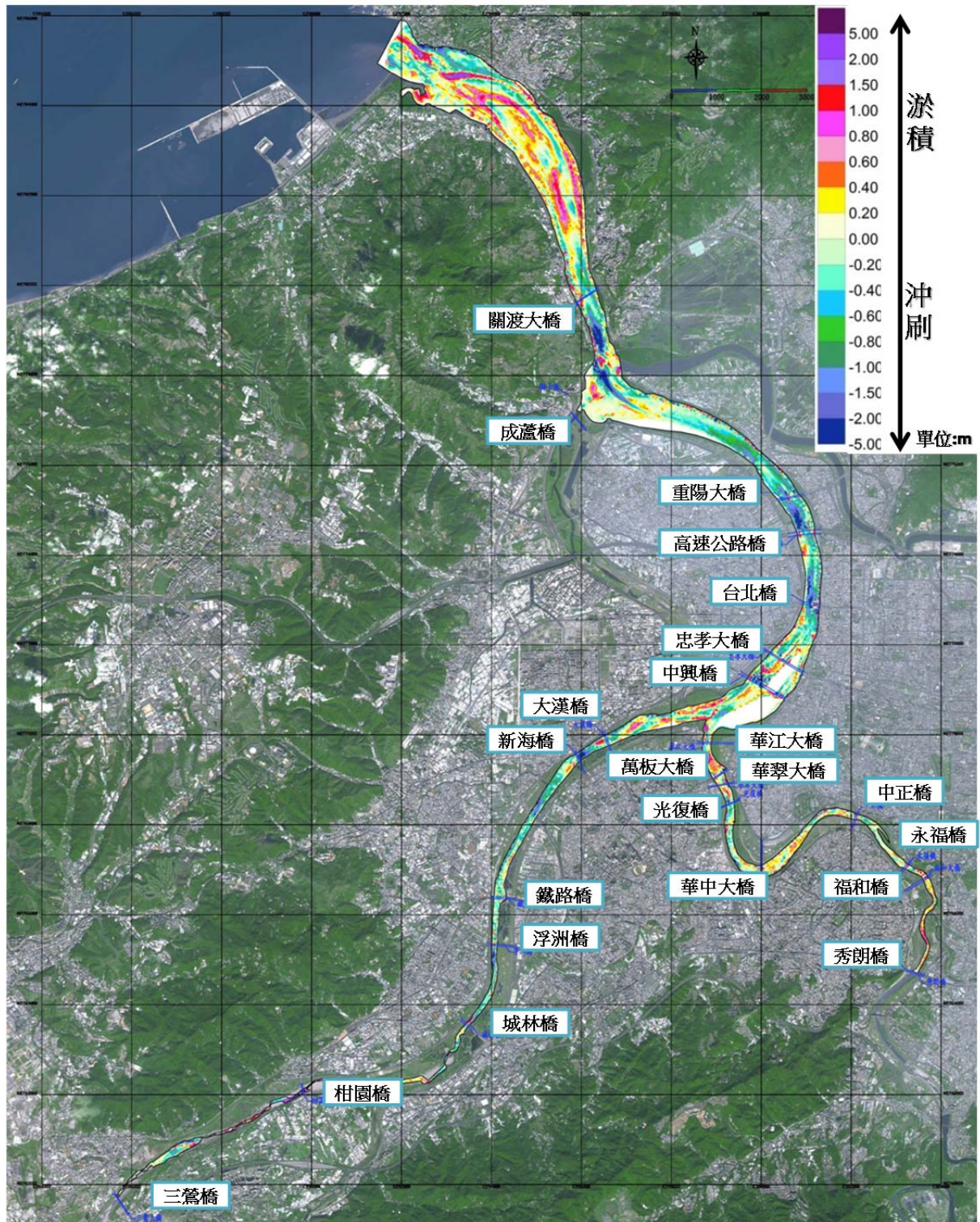


圖7.4-20 地形侵淤變化色階圖(第一、三次成果比較)

透過地形侵淤變化色階圖及地形侵淤比較表可瞭解各河段的侵淤變化分佈以及侵淤量級，侵淤比較成果說明如下：

由地形侵淤變化圖(圖 7.4-24)及河道地形侵淤計算表(表 7.4-13)可看出，相較於本計畫第一次測量(101 年 3 月)之水深測量成果，本計畫第三次測量(101 年 10 月)時，淡水河河道整體地形呈現侵蝕狀態，其平均侵淤量為-0.11 公尺；新店溪河道整體地形呈現淤積狀態，其平均侵淤量為 0.10 公尺；大漢溪河道整體地形呈現侵蝕現象，其平均侵淤量為-0.26 公尺。

淡水河地形侵淤比較區域由大漢溪新店溪匯流處至淡水河出海口處，整體地形呈現侵蝕狀態，整體平均侵淤量為-0.11 公尺。河道地形淤積明顯處位於淡水河出海口河道右岸、淡水河出海口至關渡大橋間河道中心、淡水河與基隆河匯流處、忠孝大橋至中興大橋間河道中心等區域，其侵淤量級約在 1.5 公尺～2.0 公尺之間，最大可達 5.0 公尺；而河道地形侵蝕明顯處位於關渡宮附近河道中心、二重疏洪道附近河道中心、重陽橋至台北橋間河道中心等區域，其侵淤量級約在-1.5～-2.0 公尺之間，最大可達-5.0 公尺。

新店溪地形侵淤比較區域由秀朗橋至新店溪與大漢溪匯流處，整體地形呈現淤積狀態，整體平均侵淤量約為 0.10 公尺。河道地形淤積明顯處位於淡水河與新店溪匯流處至光復橋區域、福和橋下區域等，其侵淤量級約在-1.0 公尺～-1.5 公尺之間，最大可達-2.0 公尺；華中大橋至其上游約 1400 公尺間之區域，其侵淤量級約 0.4 公尺～0.6 公尺之間。河道地形侵蝕明顯處位於華江橋下區域、光復橋下區域、中正橋至其上游約 400 公尺區域，其侵淤量級約在-0.6 公尺～-1.0 公尺之間，小部分區域可達-2.0 公尺。

大漢溪地形侵淤比較區域由浮洲橋至大漢溪與新店溪匯流處，整體地形呈現侵蝕狀態，僅有小部分區域呈現淤積狀態，整體平均侵淤量為-0.26 公尺。河道地形淤積明顯處位於大漢溪與新店溪匯流處至大漢橋下游 400 公尺處、大漢橋至其上游 200 公尺處，其侵淤量級約在 1.0 公尺～1.5 公尺之間。河道地形侵蝕明顯處位於新海橋至其下游約 250 公尺間區域、浮洲橋至其上游 500 公尺間區域，其侵淤量級約在-2.0 公尺左右，最大可達-5.0 公尺，其餘河道侵蝕量級均約在-0.2 公尺～-0.6 公尺之間。

(二) 河道橫斷面比較

河道橫斷面之演變分析，係根據十河局在淡水河、新店溪、大漢溪民國 96 年、98 年、99 年淡水河系斷面測量結果，加上本計畫第三次採樣測量成果，挑選兩者重疊之橫斷面，分析其歷年變化趨勢，並繪製成圖 7.4-21~圖 7.4-35。並將本次測量成果與 99 年之斷面測量成果依河川之左中右岸進行比較，如下表 7.4-14 所示。

淡水河河道與 99 年相較，幾乎皆呈現淤積的現象，僅有在浮洲橋為侵蝕；而今年第三次比較，可發現侵蝕、淤積交互作用，忠孝橋呈現侵蝕、在塔寮坑溪匯入後則為淤積，而重翠大橋無明顯變化。

表 7.4-14 斷面侵淤比較表

檢測位置	測站名稱	採樣類別		侵淤變化					
				第一次與 99 年			第一次與第二次		
		水質	底泥	左岸	中心	右岸	左岸	中心	右岸
S32	國道一號淡水河橋(迪化污水廠匯入後)		✓	●	●	△	無	●	△
S30	忠孝大橋	✓	✓	●	△	●	△	△	△
S29	淡水河本流起點		✓	●	●	△	無	●	無
S28	新店溪(華江大橋)	✓	✓	●	△	△	●	△	△
S27	重翠大橋(大漢溪終點)	✓	✓	●	●	●	無	無	無
S24	新海大橋	✓	✓	●	●	●	●	△	△
S22	塔寮坑溪匯入後		✓	●	●	●	●	●	●
S20	南仔溝匯入後		✓	●	●	●	△	△	無
S18	南仔溝匯入前		✓	●	●	●	●	●△ ^註	△
S17	西盛抽水站匯入後		✓	●	●	●	△	●	△
S15	浮洲橋	✓	✓	△	△	△	●	△	△
S14	西盛引水門匯入後		✓	△	●	●	△	●	●
S12	土城抽水站匯入後		✓	●	●	●	△	●	●
S10	城林大橋	✓	✓	●	●	●	無	●	△
S03	三峽河匯入後		✓	●	●	●	●	●	△

註：1.”●”表淤積、”△”表侵蝕、”無”表無變化。 2.此處為侵淤互見

表 7.4-14 斷面侵淤比較表(續)

檢測位置	測站名稱	採樣類別		侵淤變化		
				第二次與第三次		
		水質	底泥	左岸	中心	右岸
S32	國道一號淡水河橋(迪化污水廠匯入後)		✓	●	△	●
S30	忠孝大橋	✓	✓	●	△	△
S29	淡水河本流起點		✓	●	△	△
S28	新店溪 (華江大橋)	✓	✓	●	△	無
S27	重翠大橋 (大漢溪終點)	✓	✓	●	△	●
S24	新海大橋	✓	✓	無	●	△
S22	塔寮坑溪匯入後		✓	△	●	●
S20	南仔溝匯入後		✓	●	△	△
S18	南仔溝匯入前		✓	△	△	△
S17	西盛抽水站匯入後		✓	△	△	△
S15	浮洲橋	✓	✓	△	△	●
S14	西盛引水門匯入後		✓	●	△	●
S12	土城抽水站匯入後		✓	●	●	●
S10	城林大橋	✓	✓	無	△	△
S03	三峽河匯入後		✓	●	△	●

註：1.”●”表淤積、”△”表侵蝕、”無”表無變化。 2.此處為侵淤互見

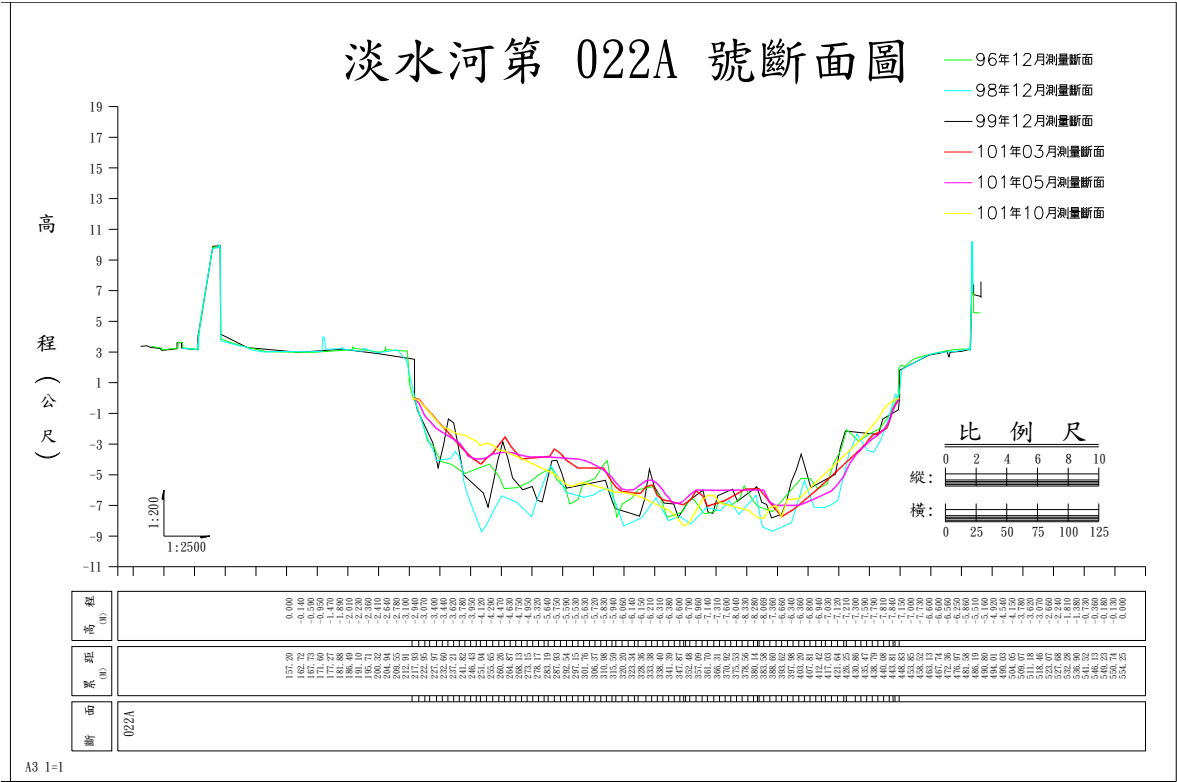


圖7.4-21 歷年斷面比較圖－S32(國道一號淡水河橋)

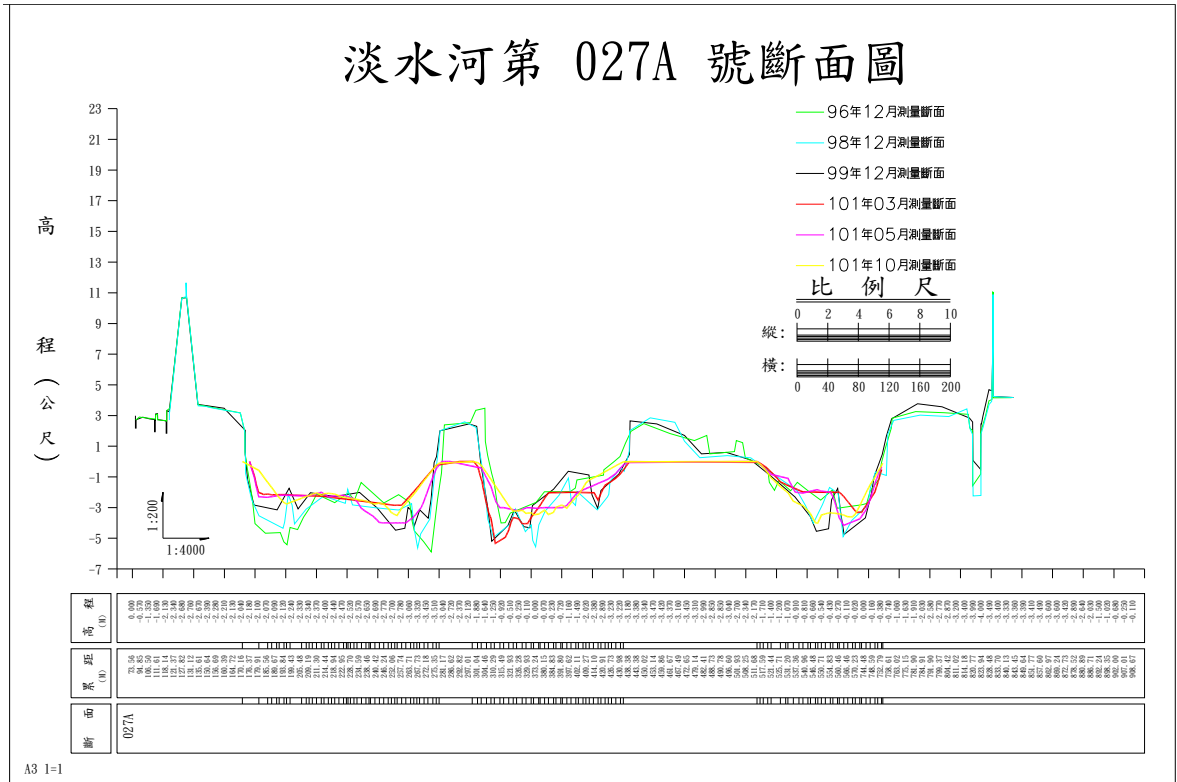


圖7.4-22 歷年斷面比較圖－S30(忠孝大橋)

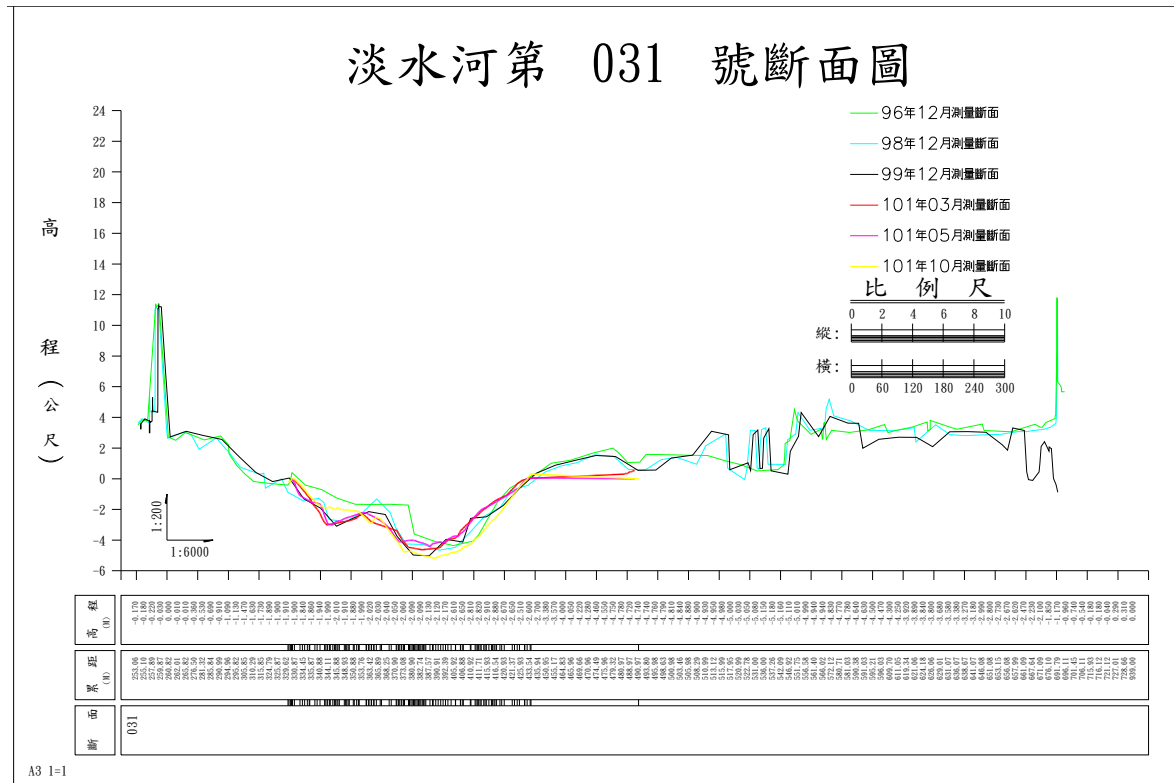


圖7.4-23 歷年斷面比較圖－S29(淡水河本流起點)

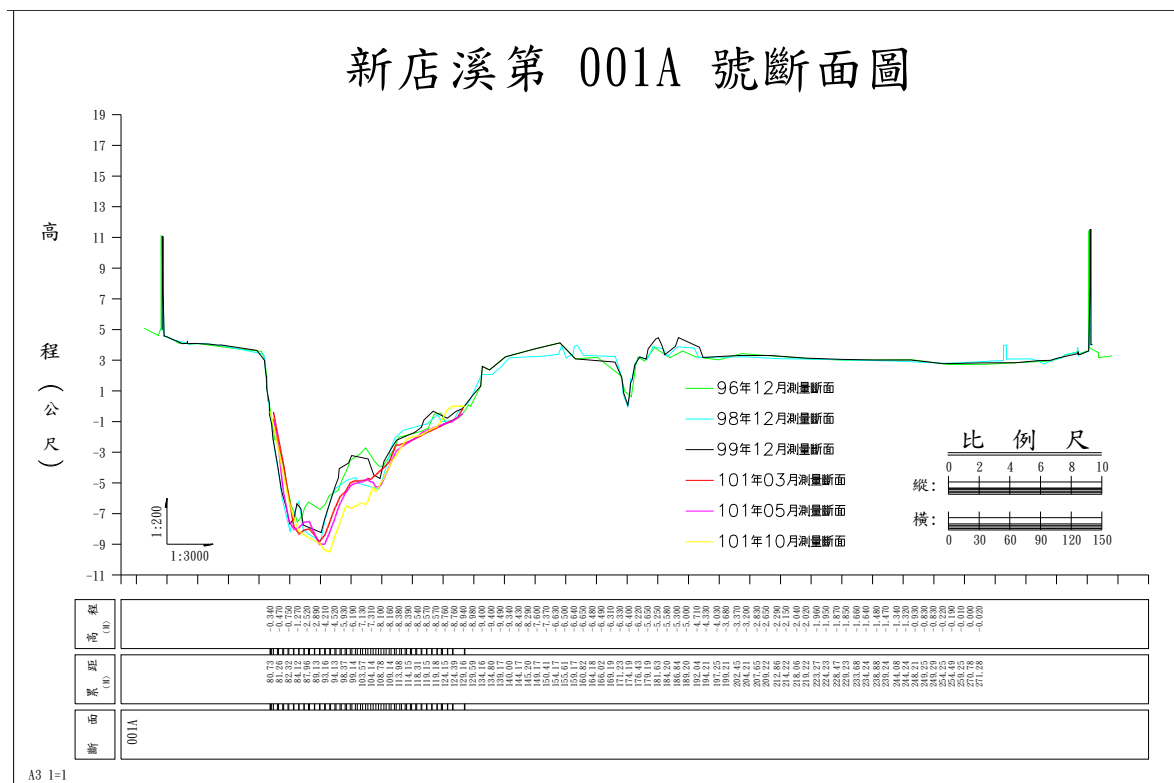


圖7.4-24 歷年斷面比較圖－S28(華江大橋)

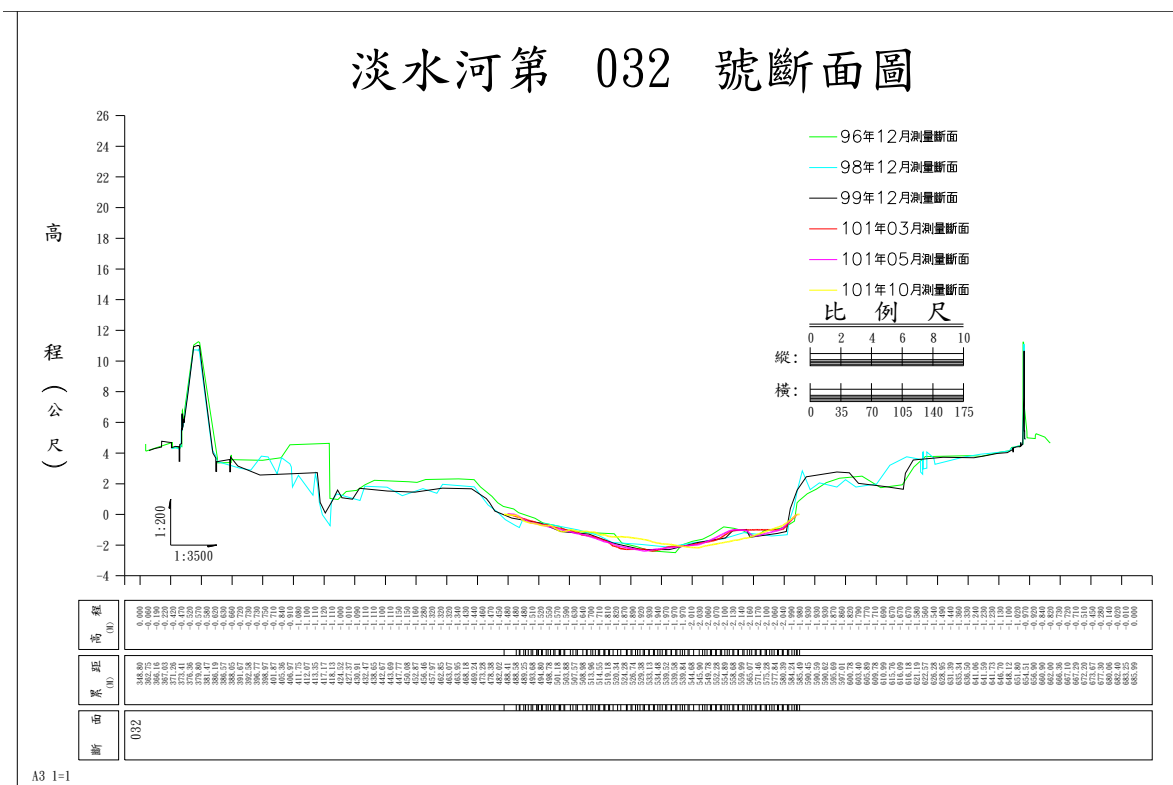


圖7.4-25 歷年斷面比較圖—S27(重翠大橋)

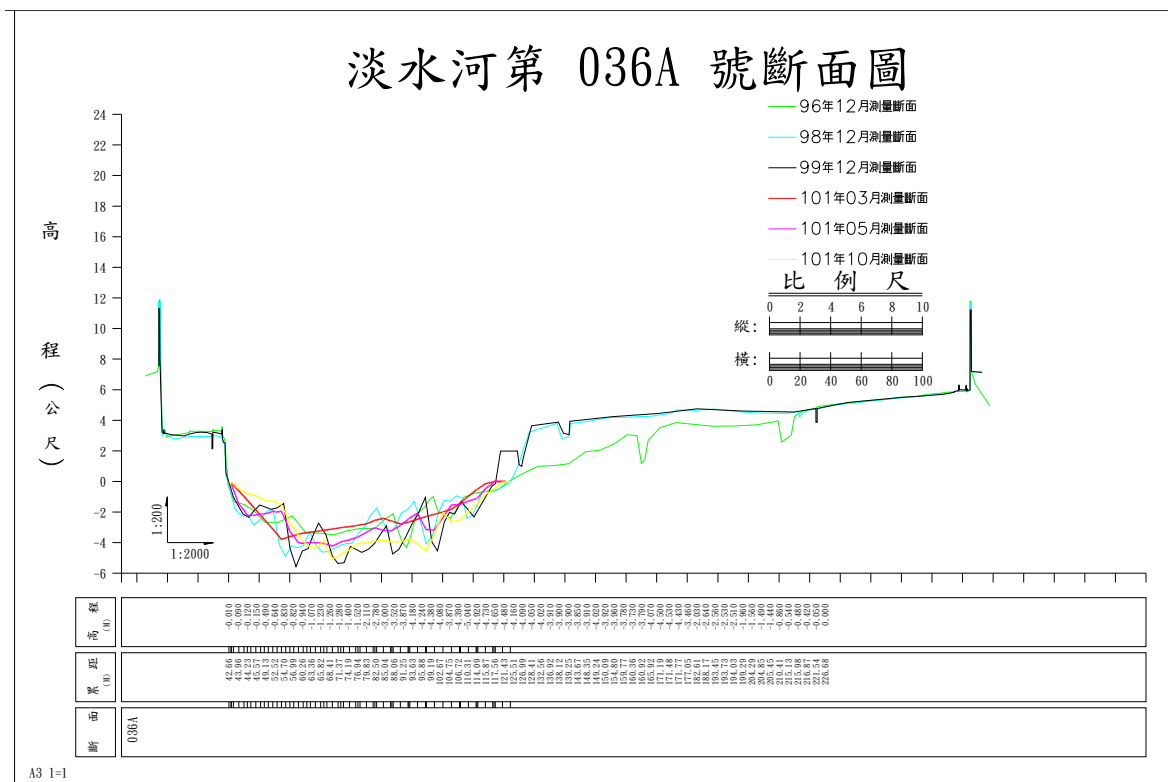
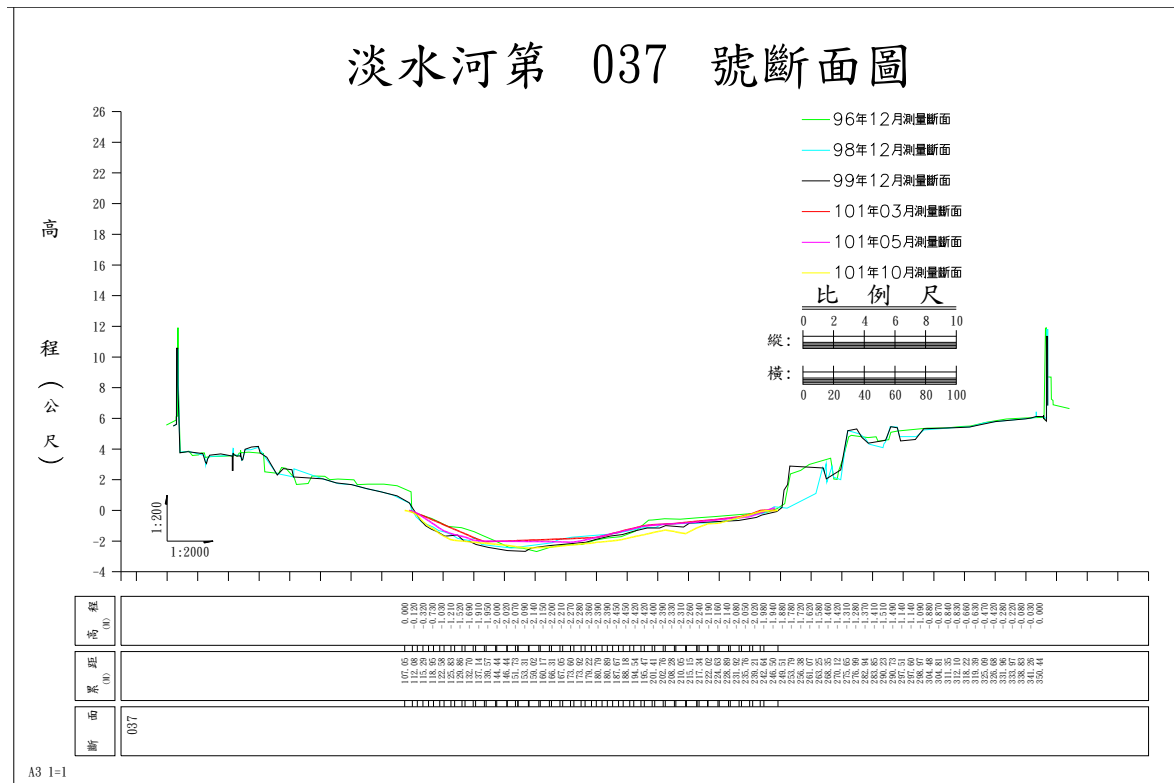


圖7.4-26 歷年斷面比較圖—S24(新海大橋)



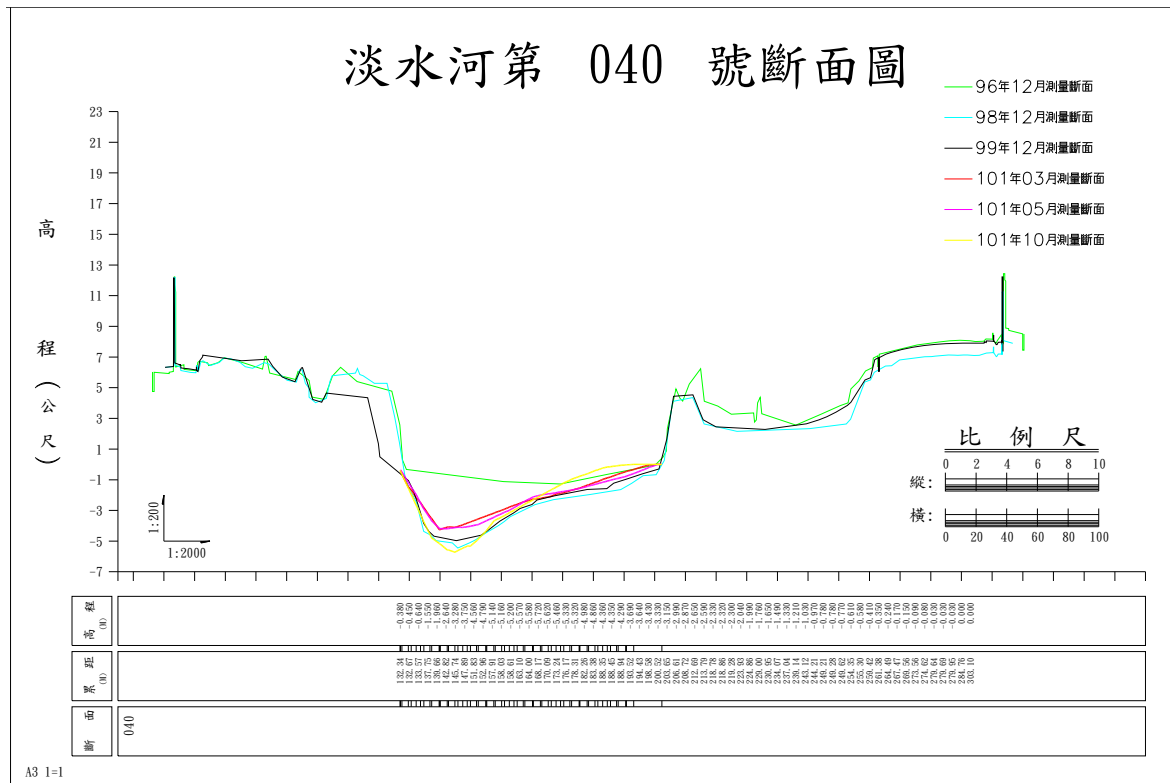
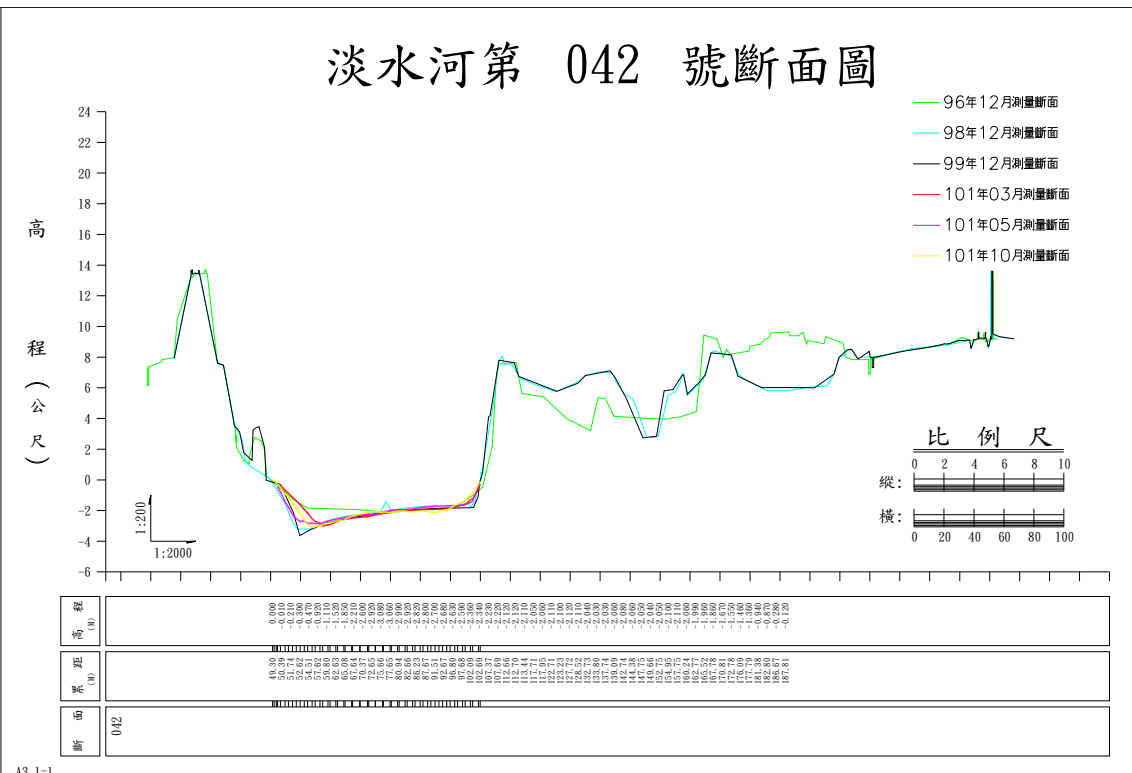
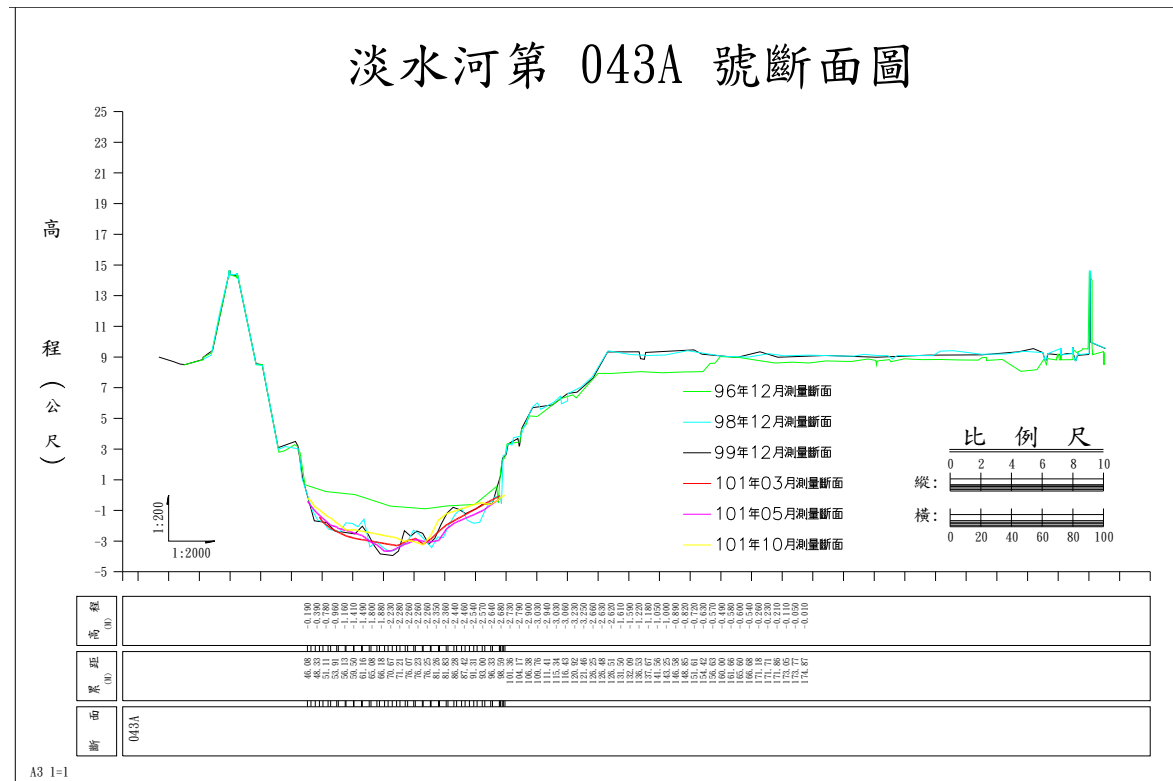


圖7.4-29 歷年断面比較圖－S18(湳仔溝匯入前)





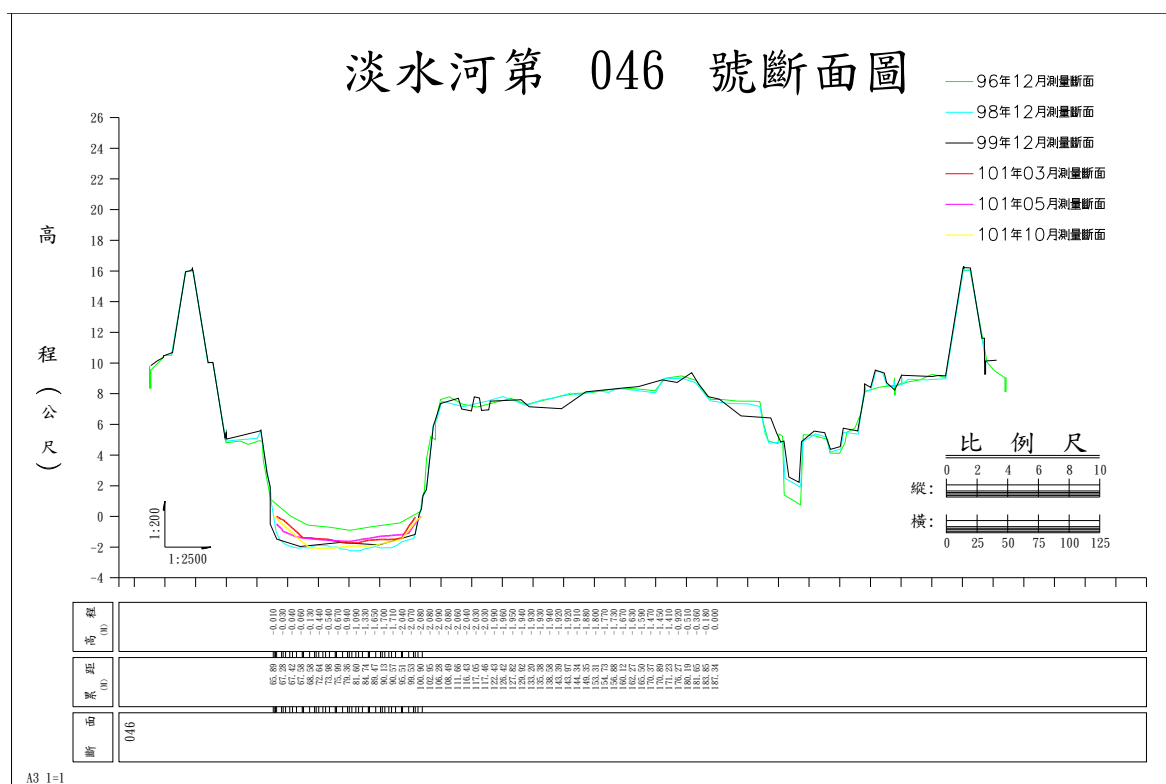


圖7.4-33 歷年斷面比較圖—S12(土城抽水站匯入後)

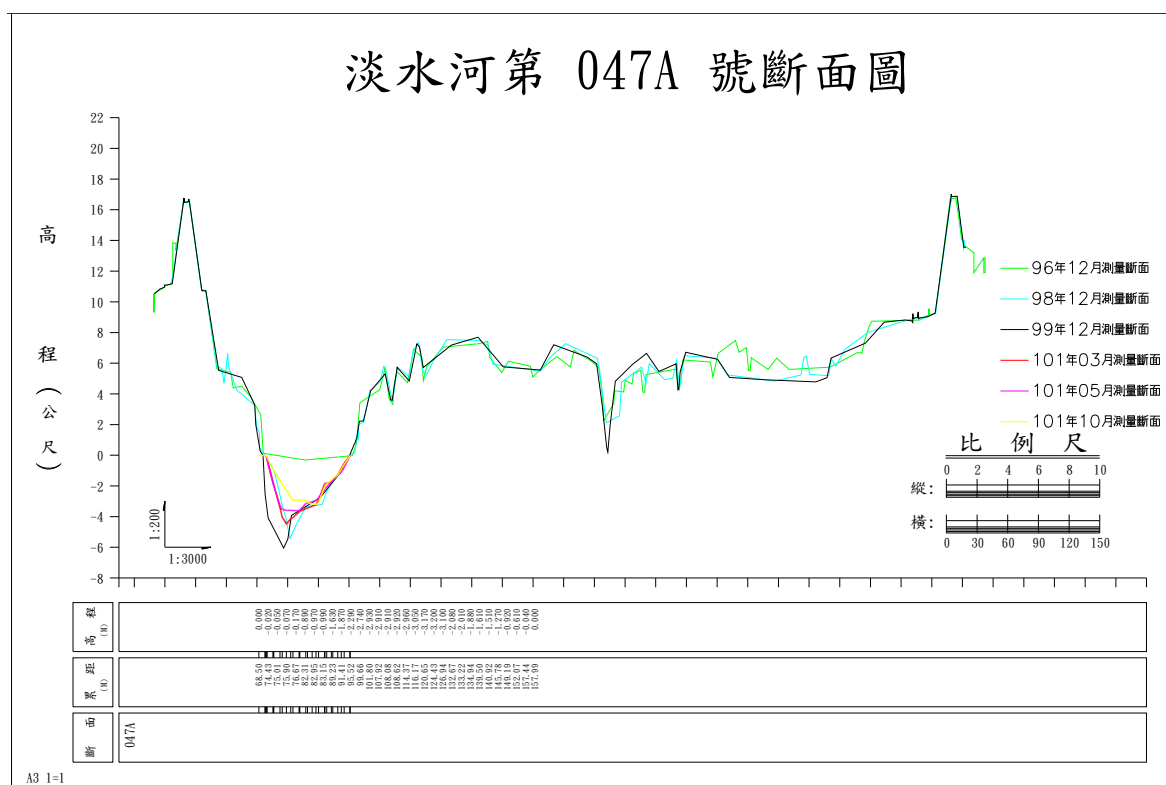


圖7.4-34 歷年斷面比較圖—S10(城林大橋)

(三) 河道縱斷面比較(溪豁線)

河道斷面縱斷面比較是將十河局於 59 年、91 年、93 年、95 年、97 年、98 年針對各斷面樁斷面測量的高程最低點，由出海口往上游繪製一條溪豁線而成；而本計畫第一二次比較則是將下游至上游平行岸線，每 5m 一高程檢測點繪製而成。淡水河、新店溪、大漢溪三條河川上主要橋梁以及距離河口距離則如下表 7.4-15 所示。

表 7.4-15 各流域主要橋梁距河口距離

流域	十河局 斷面編號	橋名	距離河口(m)	流域	斷面編號	橋名	距離河口(m)
淡水河	T010A	關渡大橋	7,048	新店溪	H001A	華江橋	31
	T020A	重陽橋	13,904		H001B	萬板大橋	747
	T022A	高速公路橋	14,795		H002A	華翠大橋	985
	T024A	台北橋	16,387		H002B	光復橋	1,451
	T027A	忠孝橋	17,844		H006A	華中橋	2,996
	T028A	中興橋	18,558		H010A	中正橋	5,372
大漢溪	T035A	大漢橋	1,880		H013A	永福橋	7,025
	T036A	新海橋	2,640		H013B	福和橋	7,455
	T041A	鐵路橋	6,216		H017A	秀朗橋	9,563
	T043A	浮洲橋	7,268				
	T047A	城林橋	9,305				
	T053A	柑園橋	13,549				
	T062A	三鶯橋	18,494				

資料來源：十河局淡水河流域及河口海域基樁埋設大斷面水文測站測量工作

1.十河局歷年縱斷面檢測成果

淡水河歷年的高程分別在 91 年~95 年與 97 年~99 年較相近，而 91 年~95 年除在高速公路橋一帶有向下侵蝕外，其餘皆是向上淤積。河床高程均在 -4 公尺以下，以關渡橋處最低，約-16 公尺。

新店溪在近五年河床變化不大，97 年到 98 年全河段皆有些微的淤積，在秀朗橋則較 97 年低，有侵蝕現象。河床高程在秀朗橋以下皆低於海平面，最低處為華翠大橋，約-13 公尺。

大漢溪於 59 年河床高程與近幾年相比有非常顯著的差異，主因是大漢溪在早期有開放採砂，直至近民國 76 年才公告停止採砂，因此河床有相當大的變化。近五年無明顯差異，除在新海橋一帶有侵蝕外，其餘位置皆有輕微的淤積。

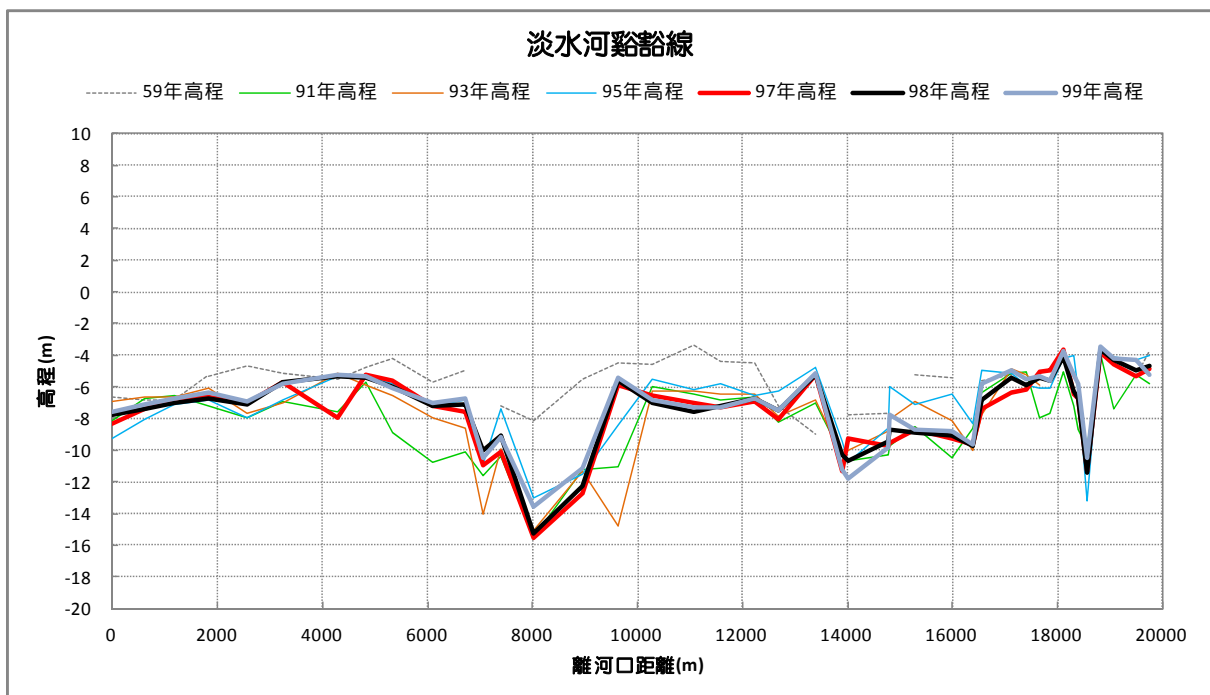


圖7.4-36 十河局歷年河床高程變化－淡水河

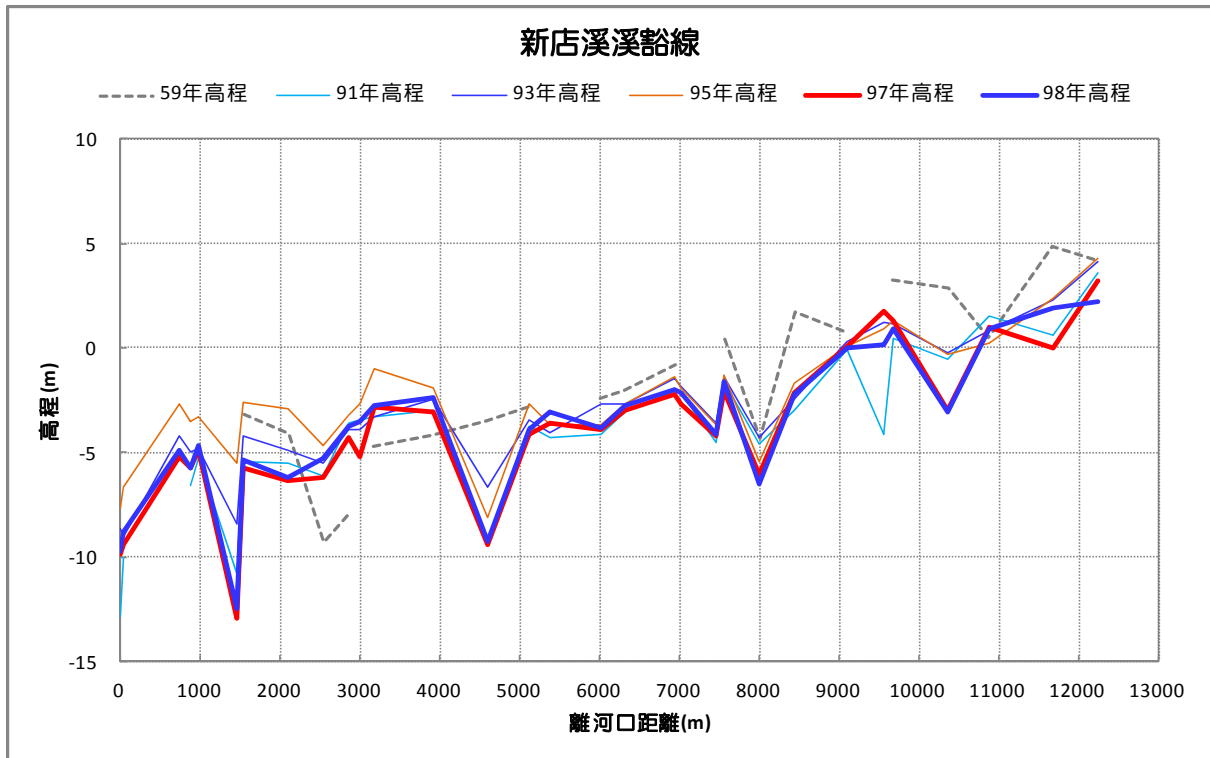


圖7.4-37 十河局歷年河床高程變化—新店溪

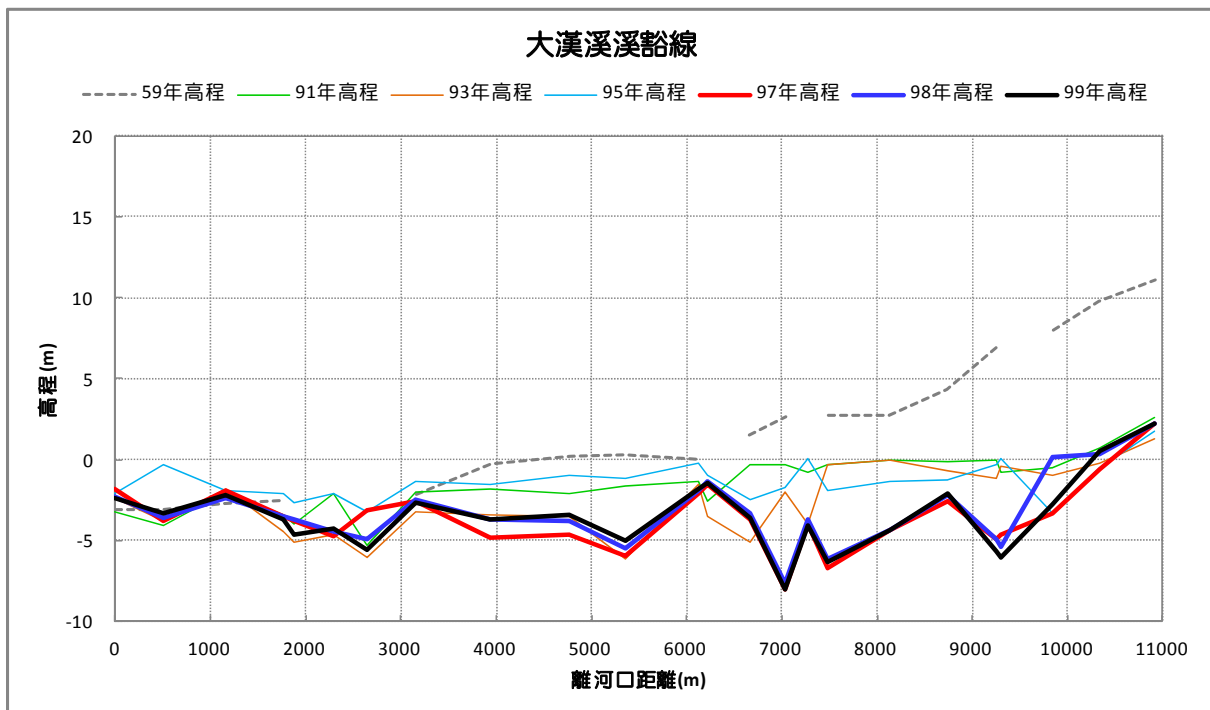


圖7.4-38 十河局歷年河床高程變化—大漢溪

2.本計畫三次縱斷面檢測成果

本計畫檢測成果如下圖 7.4-39~圖 7.4-41。

淡水河在關渡橋一帶平均高程無顯著變化，而自關渡橋開始向上游有向下侵蝕現象，台北橋至重陽橋一帶尤其明顯。河床平均高程在-4 公尺以下，在關渡橋上游 500~1000 公尺左右高程最低，約-7 公尺。

新店溪在中正橋上游至秀朗橋有淤積現象，約 5~15 公分不等。而華中橋~華江橋則有侵蝕、淤積交錯現象，約-25~50 公分。河床高程均在-0.5 公尺以下，以華江橋的-3.7 公尺為最低，整體平均月-2.3 公尺。

大漢溪在鐵路橋上游 3 月~5 月無顯著變化，而 5~10 月卻大幅向下欽持，約有 1 公尺左右；鐵路橋下游亦有侵蝕現象，尤其在鐵路橋至大漢橋侵蝕較明顯，約有 20~100 公分。河床整體高程均在-0.5 公尺以下，其中以浮洲橋 -4.5 公尺最低。

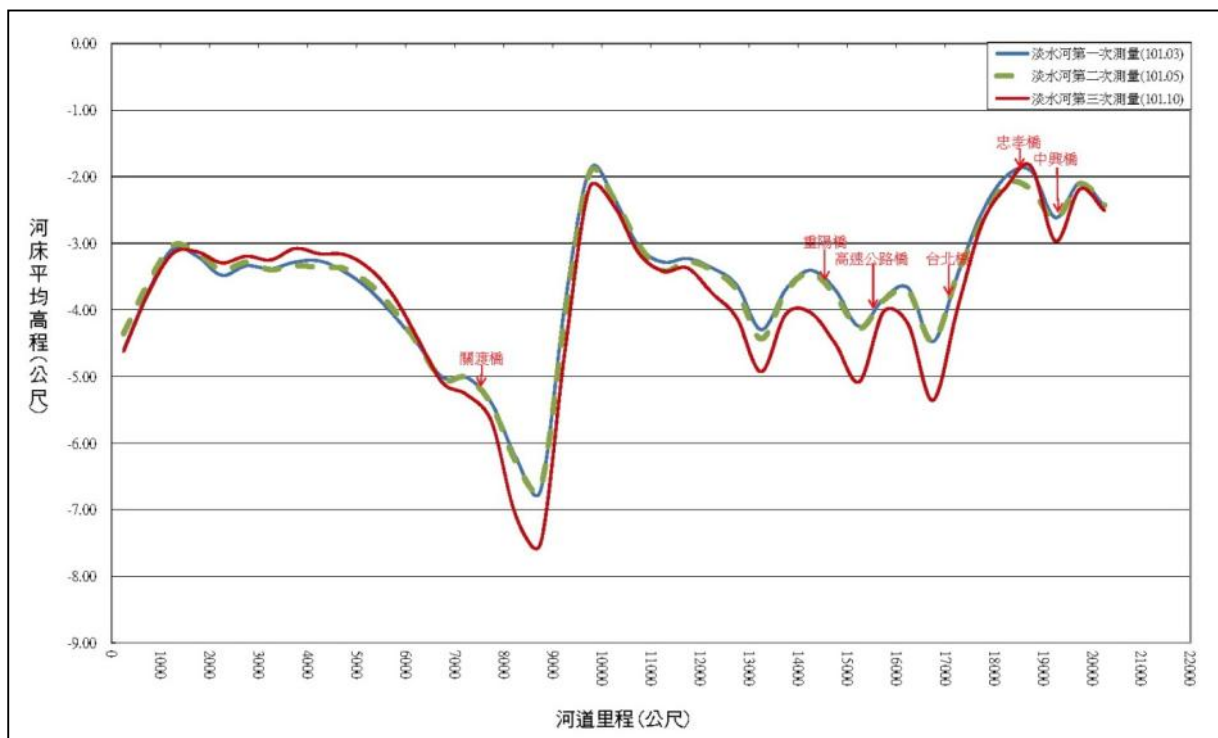


圖7.4-39 101年03月~10月河床高程變化－淡水河

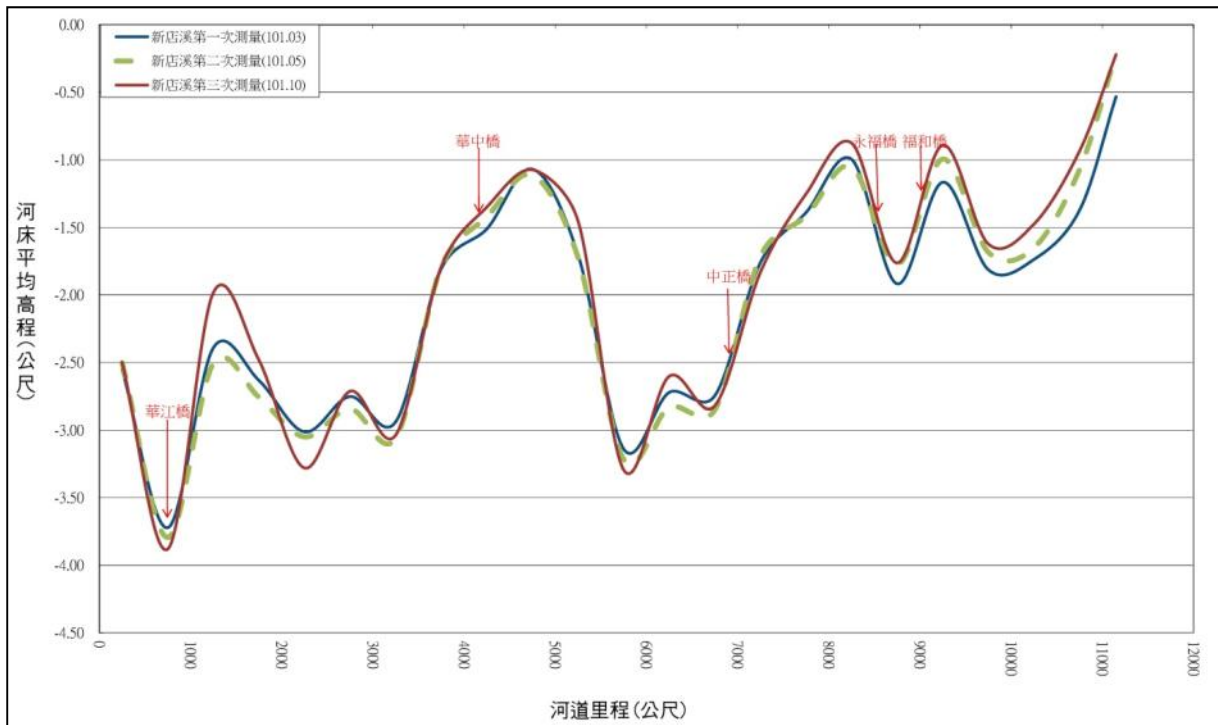


圖7.4-40 101年03月~10月河床高程變化－新店溪

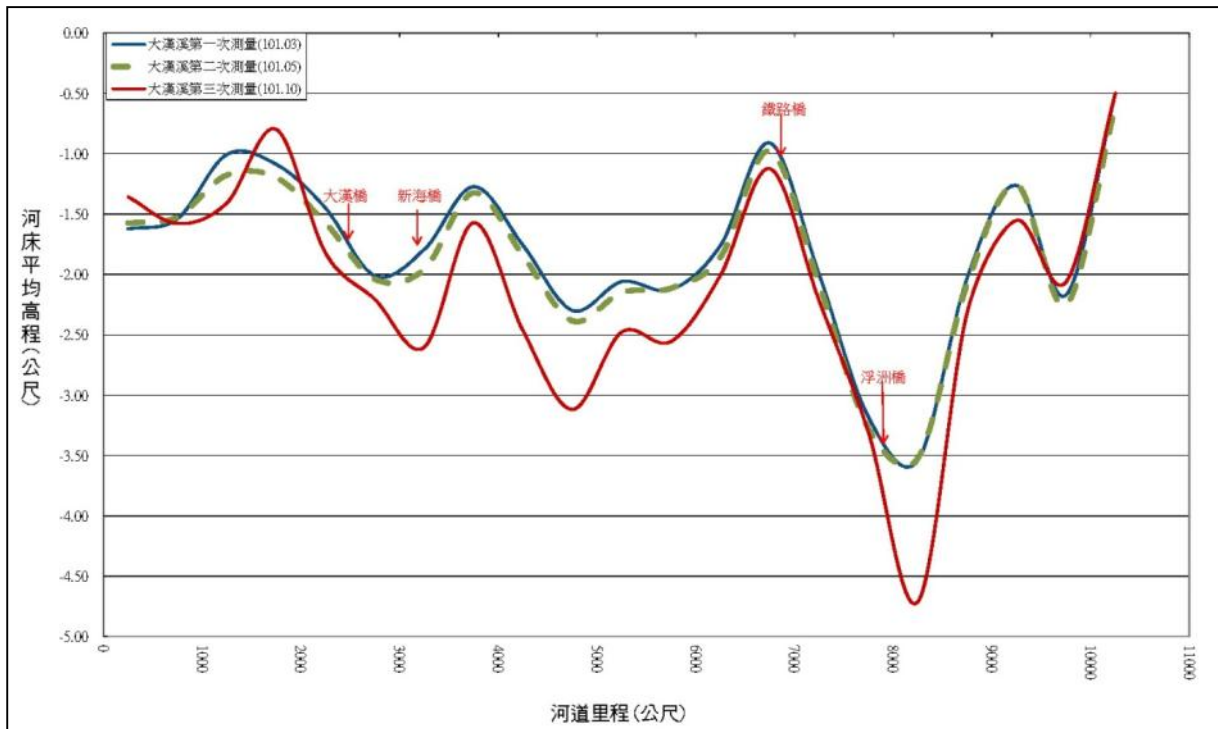


圖7.4-41 101年03月~10月河床高程變化－大漢溪

本計畫三次測量結果，分別於 101 年 03 月、05 月、10 月，由河道縱斷面(溪豁線)可發現第一二次河道地形變化不大，第三次則較第一、二次有明顯向下挖深的現象。新店溪與大漢溪除靠近匯流處因本身水利條件導致淤積外，其餘都是明顯向下侵蝕。淡水河侵蝕則較不明顯。

7.4.2 地球物理探測結果

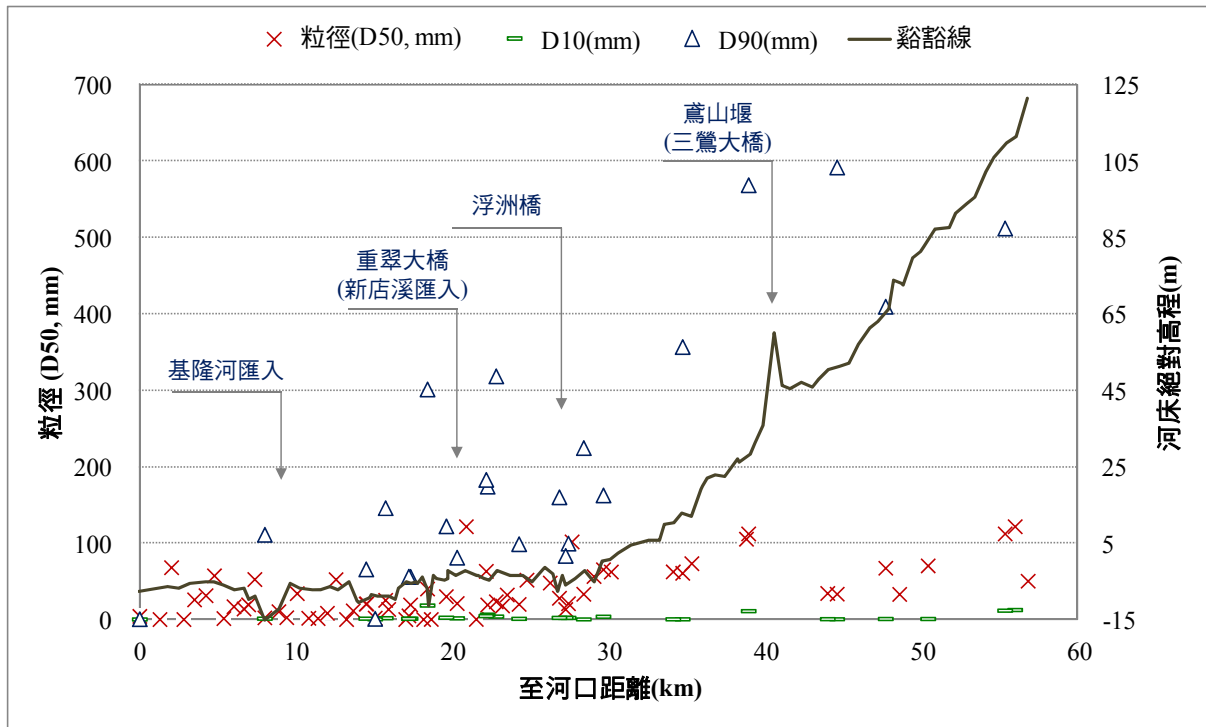
本計畫河床底泥厚度探測，將利用不同原理之測量技術測量河床底泥厚度，若配合底泥性質之調查結果，期能掌握底泥分布狀況，從而估計具危害特性之底泥數量，提供底泥管理行動方案評估規劃之參考。

由於國內相關技術多應用於陸域之地下構造物或土壤地下水污染物探測，在地面水體方面則以湖泊水庫等水域之沉積物探測經驗較多，缺乏河川底泥探測之實際應用經驗與結果比較。爰此，本計畫將選擇兩處以上不同底質及水質特性之河段，於同一河段分別利用水上透地雷達、水上地電阻法及震測法等方式探測底泥厚度，並嘗試比較三種方法在不同水體之環境特性下，對於底泥厚度之鑑別程度與適用性，試驗結果將提供相關調查計畫於技術選擇之參考。

一、調查河段篩選

考量探測技術與國內河川特性，調查河段之篩選因子應包含底泥粒徑分布及水中鹽度（因應具感潮特性之河川需求）兩項。

分析大漢溪及淡水河本流之河床縱剖面（谿谿線）高程變化與底泥粒徑變化如圖 7.4-42 所示，由圖可知，大漢溪中上游段河床坡度較陡，沉積物粒徑變化範圍亦較大，約自浮洲橋河段開始，河床坡度明顯減緩，沉積物粒徑變化範圍開始縮小且趨近一致，與中上游沉積物粒徑有明顯區別。研判下游粒徑變化較平均之主因，除受河床坡度減緩有助於細顆粒固體沉降有關外，大漢溪受潮汐影響河段終點約在浮洲橋附近，可能因潮汐推移作用使已沉降之細顆粒再懸浮，並在潮汐影響河段中重新分布，為大漢溪及淡水河本流下游段之沉積物粒徑分布較均勻的另一原因。



註：河床高程採用經濟部水利署第十河川局 98 年度測量資料。

圖7.4-42 大漢溪河床高程變化及歷年底泥粒徑關係圖

有關三處測站的選擇，須盡可能使底泥沉積特性與水質差異較大為原則，茲說明如下：

1.底泥粒徑

大漢溪由浮洲橋以下直至淡水河本流出口均為感潮河段，此河段因河床坡度驟減、河道漸寬，使得流速減緩，有利於細顆粒物質沉積，加上潮汐推移作用，使得感潮河段之底泥粒徑分布較非潮河段均勻，故若以浮洲橋為界，約可區別兩種粒徑特性之沉積物，浮洲橋以上（不含）之沉積物粒徑較大，平均粒徑約 65 mm（範圍介於 0.2 mm 至 600 mm 之間）。

2.水體水質

城林大橋位於浮洲橋上游，為非感潮河段，水質不受海水鹽度影響，浮洲橋為大漢溪感潮終點，水中鹽度及混濁程度稍高於城林大橋，而位於較下游之

新海大橋受河口潮汐影響程度大於浮洲橋，鹽度及水質為三處測站中最差者。

本團隊經現勘確認現場條件後，由於浮洲橋下游約 900 公尺處之鐵路橋墩設置消波塊，載運設備之船隻通行將有安全上的問題，因此城林橋測線取消，因此改於鐵路橋斷面施測，原新海橋測線仍維持不變。另外，增加一處台北橋斷面，相對於其他斷面，台北橋斷面感潮情形更明顯且水深較深，可作為方法應用之比較。因此，本計畫施測之三組斷面，由下游起依序為台北橋、新海橋與鐵路橋，位置示意如圖 7.4-43。



圖7.4-43 地球物理探測試驗位置

二、地物探測結果

1.台北橋斷面

本斷面位在台北橋下游，由右岸施測至左岸，測線長度約 250 公尺，測線環境如圖 7.4-44。本斷面不同探測方法之結果分述如下。

(1)透地雷達

透地雷達斷面資訊如圖 7.4-45。調查結果上方之黑-白線條，為一完整波形（波峰與波谷），在水中產生水波反射的現象。在河床底面附近，似有一個不明顯的材料漸變反射面，有可能是近期沉積之底泥層，但由與本測區水位相對較深且導電度佳，容易使電磁波能量被大量吸收及分散，相對影響透地雷達施測結果。再往下方則是出現兩個反射介面，研判此為第一、二層的地質材料。

(2)聲納法

聲納法斷面資訊如圖 7.4-46。由圖面資訊研判，共有三層地質材料，第一層分界清晰，應為泥水界面之細顆粒材料，厚度約 0.7 公尺；第二層材料厚度約 1.5m 至 3.5m 不等，研判其顆粒稍大。而第二層與第三層材料則有更明顯的界面，推測第三層材料應為粗顆粒未經沉積事件發生之原始河床底面。整體來說，本方法分層最明顯，且與透地雷達結果相近。

(3)地電阻法

地電阻法斷面資訊如圖 7.4-47。由圖面資訊研判，整體電阻率分佈由淺至深總共可以分為三層，第一層為水體，深度大約在 6 公尺內，呈現藍色系，其中影響電阻探測訊號不是完全一致呈現藍色的原因，應為水層內的生物體或漂流物所造成。第二層深度為 7-9 公尺(如圖中白線位置，白線為簡易聲納輔助判斷之河床底面)，其厚度不大，僅往下延伸約 1 公尺左右，此層電阻率與水體亦無太大差異，研判受到水體的影響。第三層為 8 公尺以下，此電性地層電阻率呈現相對高電阻率現象，推測組成材料可能以砂質為主。電阻率水平分佈，則是呈現兩岸區塊電阻率明顯高於中間區塊。

然而，就實務面來說，電阻須有明顯差異才能明確地判定地層分層狀態，電阻圖之色階分層至少以 25~50 Ohm-m 來劃分，而本斷面電阻結果皆最高並未超過 25 Ohm-m，在電阻訊號判別上的意義，皆可視為同一質地。本方法調查結果，無法明顯判斷出地層界面，僅能分辨出材料的電阻率分佈，如依電阻分布研判，本調查區域地質組成都是以砂質為主，地層材料電阻差異不大。

整體而言，台北橋斷面水深較深，河水導電度佳，特別是位處下游感潮河段，會大幅影響透地雷達反射訊號，但本斷面透地雷達探測結果尚可；聲納探測結果則是與透地雷達相近且訊號清楚；水上電阻測出沉積物電阻率與水體差異不大，無法判別底質分層，僅能推測組成可能以砂質為主。依本斷面探測資訊，建議探測深度如大於 5m 以上，可鎖定聲納法為主要技術。



圖7.4-44 台北橋斷面環境示意圖

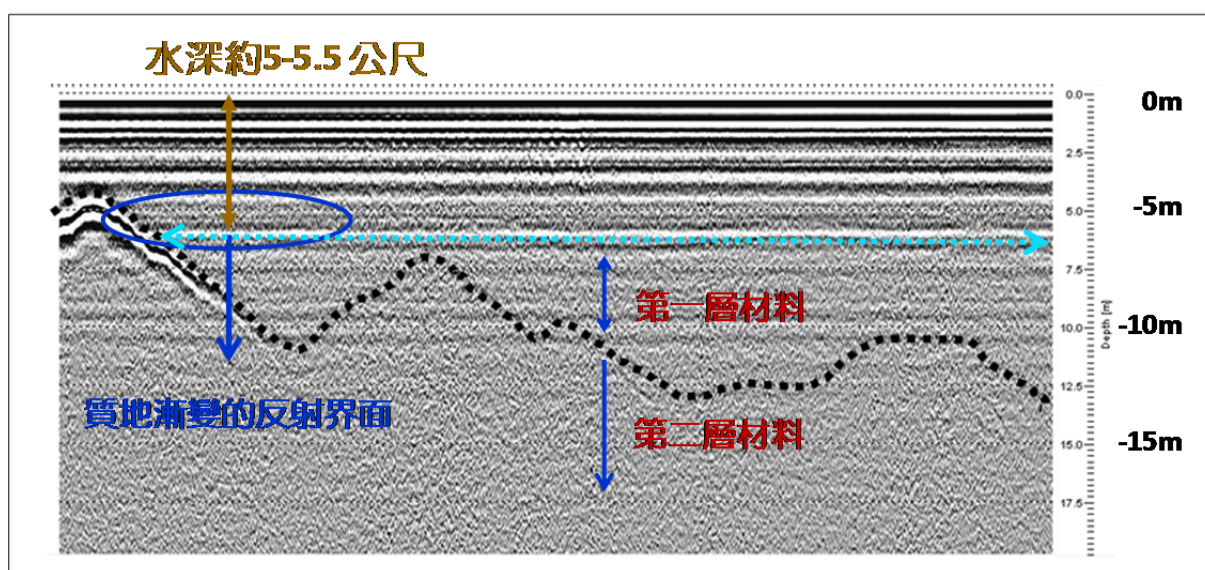


圖7.4-45 台北橋斷面-透地雷達施測結果

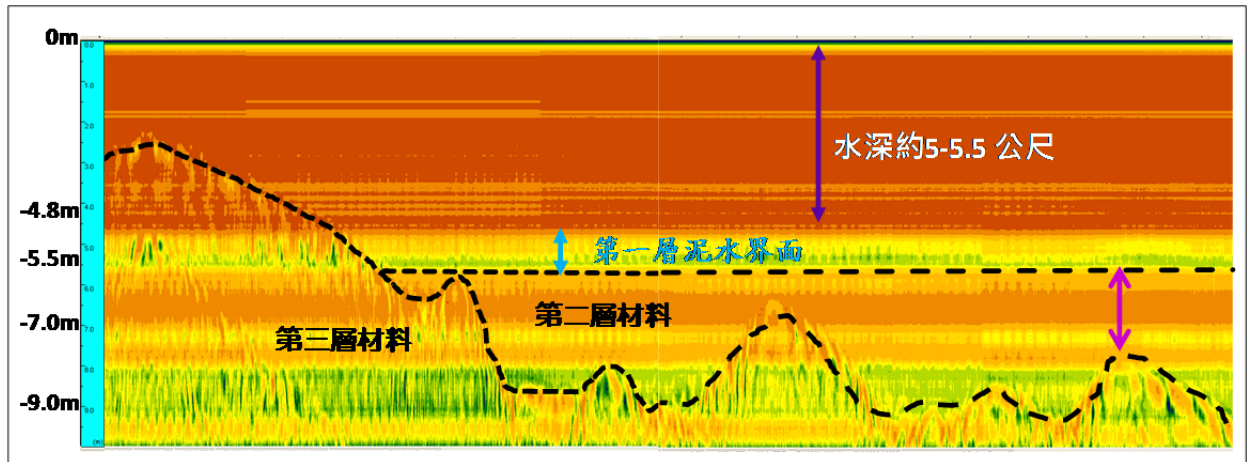


圖7.4-46 台北橋斷面-聲納法施測結果

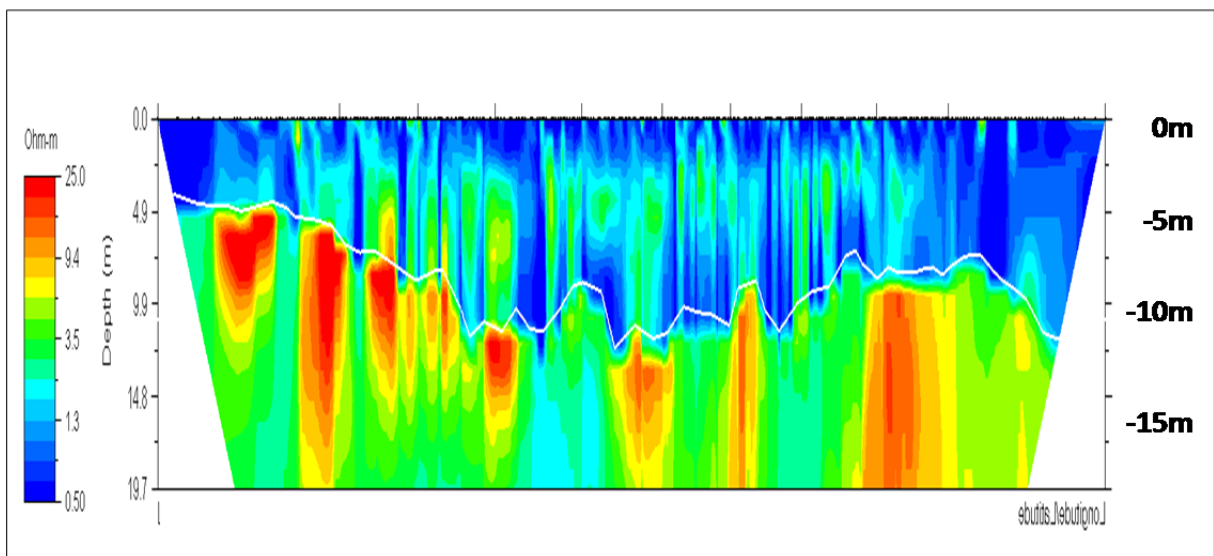


圖7.4-47 台北橋斷面-地電阻法施測結果

2.新海橋斷面

本斷面位在新海橋上游，由右岸施測至左岸，測線長度約 250 公尺，測線環境如圖 7.4-48。本斷面不同探測方法之結果分述如下。

(1)透地雷達

透地雷達斷面資訊如圖 7.4-49。紅-藍線條為一完整波形，連續出現

代表遭遇質地相同物質，可判為同一沉積層。因此，上方紅-藍線條為在水中產生水波反射的現象，往下之紅-藍線條，研判為遇質地相同地層之反射現象，在該線條以下為同一地層(第二層材料)。另外在圖中左半側第二層材料上方，出現了一層不明顯的地層材料，研判此應為細顆粒第一層材料，或是因調查擾動而起的懸浮層。

(2)聲納法

聲納法斷面資訊如圖 7.4-50，由於此測線施作時間較晚，因潮差關係使水深與透地雷達相差約 1 公尺。由圖面資訊研判，河床底部黑色虛線上方有一處反射訊號，研判應為細顆粒懸浮層，或是因施作過程中受擾動揚起之底泥，最大厚度約 0.7m。

反射訊號過了黑色虛線後，訊號減弱一路至 5 公尺後，出現一強反射面，在此之間的夾層研判第二層材料，且河左岸厚度遠高於右岸。過了 5 公尺深度後應為顆粒較大且含砂較多的第三材料層，惟震測訊號已衰減，第三層分布不具意義，但仍可視為原始河床面。整體而言，施測結果與透地雷達成果相近。

(3)地電阻法

地電阻法斷面資訊如圖 7.4-51。由圖面資訊研判，水體與淺層底質，在左岸因塔寮坑溪（工業區）排入，水體及底質電阻明顯較低。底質電阻受水質影響之原因，推測與本區底質顆粒較粗、孔隙率較高有關。同樣地，就實務面來說，本斷面電阻結果最高並約為 35 Ohm-m，整體差異並不大，在電阻訊號判別上的意義，皆可視為同一質地。

整體而言，新海橋測線透地雷達分層明顯，但至水面 7 米以下深層訊號已衰減，此乃因電磁波強度在水中快速衰減所致；聲納探測結果，分層現象大致與透地雷達相同；水上電阻顯示沉積物電阻率與水體差異不大，無法判別底質分層，僅能推測組成可能以砂質為主。新海橋測區反射訊號以透地雷達最佳，聲納法亦屬良好，本測線透地雷達與聲納法皆可使用。

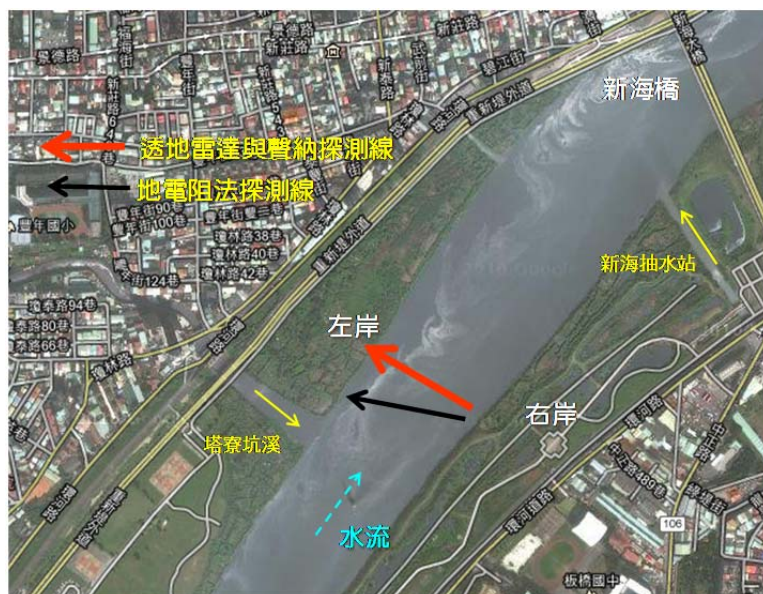


圖7.4-48 新海橋斷面環境示意圖

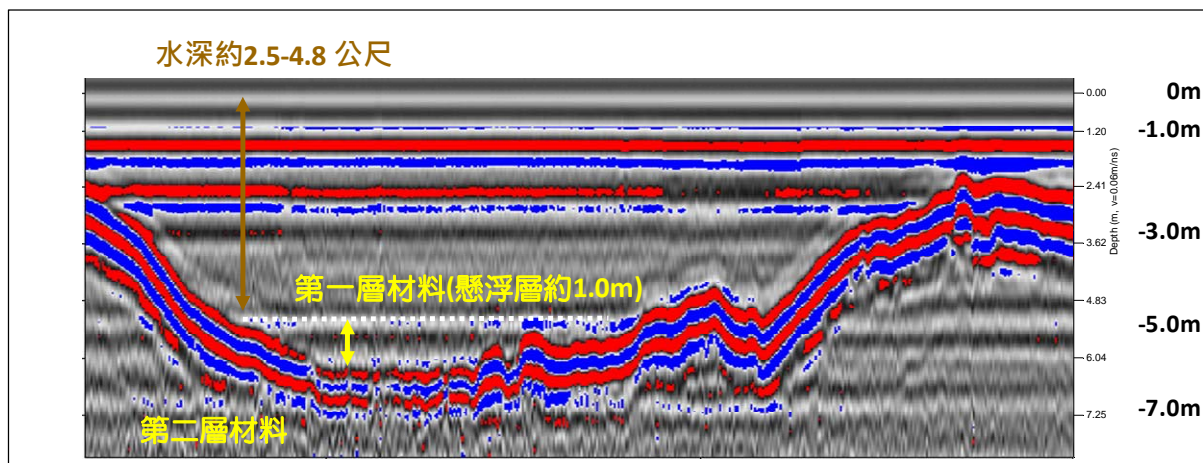


圖7.4-49 新海橋斷面-透地雷達施測結果

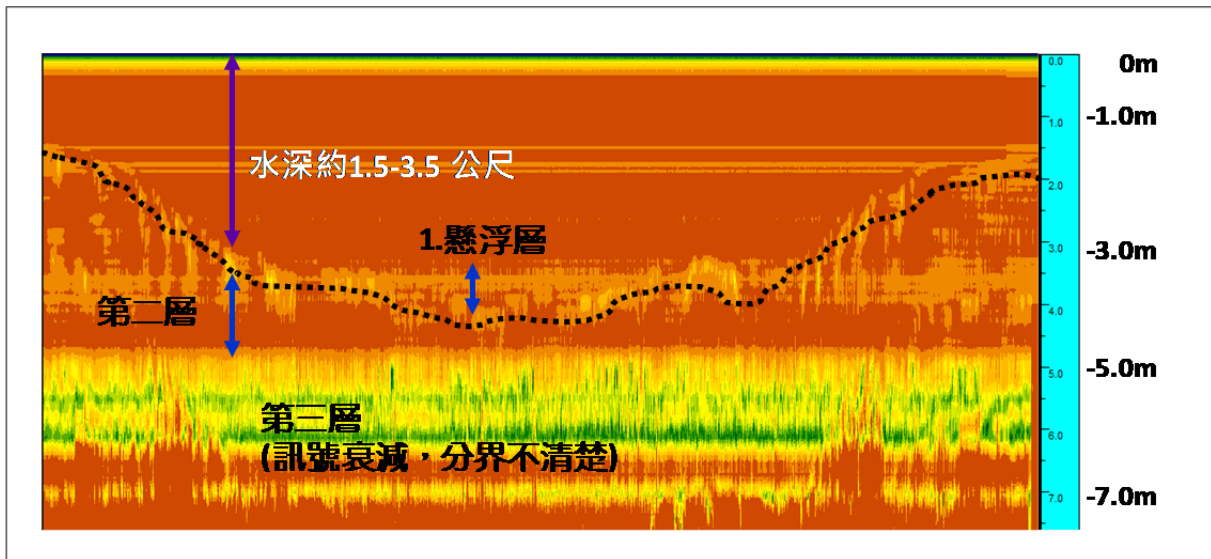


圖7.4-50 新海橋斷面-聲納法施測結果

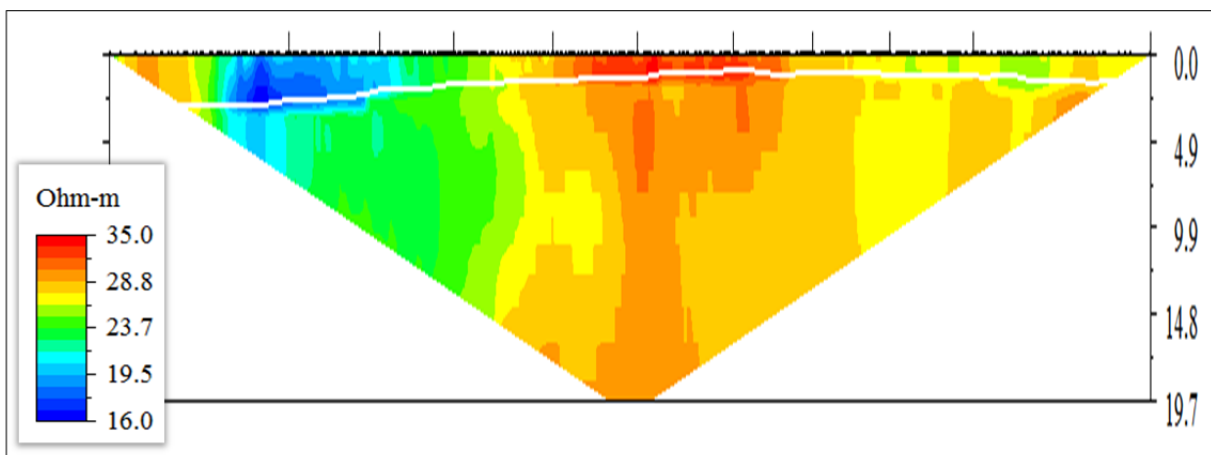


圖7.4-51 新海橋斷面-地電阻法施測結果

3. 鐵路橋斷面

本斷面位在鐵路橋下游，由右岸施測至左岸，測線長度約 250 公尺，測線環境如圖 7.4-52。本斷面不同探測方法之結果分述如下。

(1) 透地雷達

透地雷達斷面資訊如圖 7.4-53。紫-橘線條為一完整波形，連續出現

代表遇質地相同物質，判為同一沉積層(或是水體)，例如圖上方水平紫-橘線條之水波反射現象。雷達反射訊號強度隨深度衰減，使紫-橘線條反覆出現之現象越深越不復見；遇另一差異較大之質地時，將再出現強反射訊號（如圖中第一、二層介面之紫線）。第一層(細顆粒)在-3.8m 附近開始出現、第二層(粗顆粒)在 5-5.8m 附近開始。

(2)聲納法

聲納法斷面資訊如圖 7.4-54。由圖面資訊研判，第一層細顆粒厚度約 1.7m，第二層粗顆粒應為河床面。但可能受水深較淺影響，本斷面聲納訊號效果稍差，且因施作時間潮差影響，使水深與透地雷達相差約 1 公尺，但整體結果仍與透地雷達相近，

(3)地電阻法

地電阻法斷面資訊如圖 7.4-55。由圖面資訊研判，淺層地層電阻率則與水體電阻率接近，高電阻區域主要出現在測線中間，電阻率大約超過 35 歐姆-公尺以上，推測此材料應與河川回淤沈積物有關，例如沙洲或是有機物所造成之高電阻率現象。

若以更深層整體地質來看，右岸屬底泥淤積區，應為粗砂礫質地電阻較高，左岸區域屬河流下侵區，質地較細電阻較低。而本斷面電阻結果最高約為 40 Ohm-m，在電阻訊號判別上的意義，仍可判視為同一質地。

整體而言，鐵路橋測線深度最淺，透地雷達分層清楚；聲納探測訊號較不清晰，此情形應為本測區施作當時，水深相對較淺，不利音波傳遞解析所致，但仍可辨識分層情形，且地層分布大致與透地雷達相同；水上電阻結果仍無法判別底質分層，沉積物電阻右岸大於左岸，推測右岸顆粒較左岸為大。本測線反射訊號以透地雷達最佳，聲納法尚可，透地雷達與聲納法皆可使用。

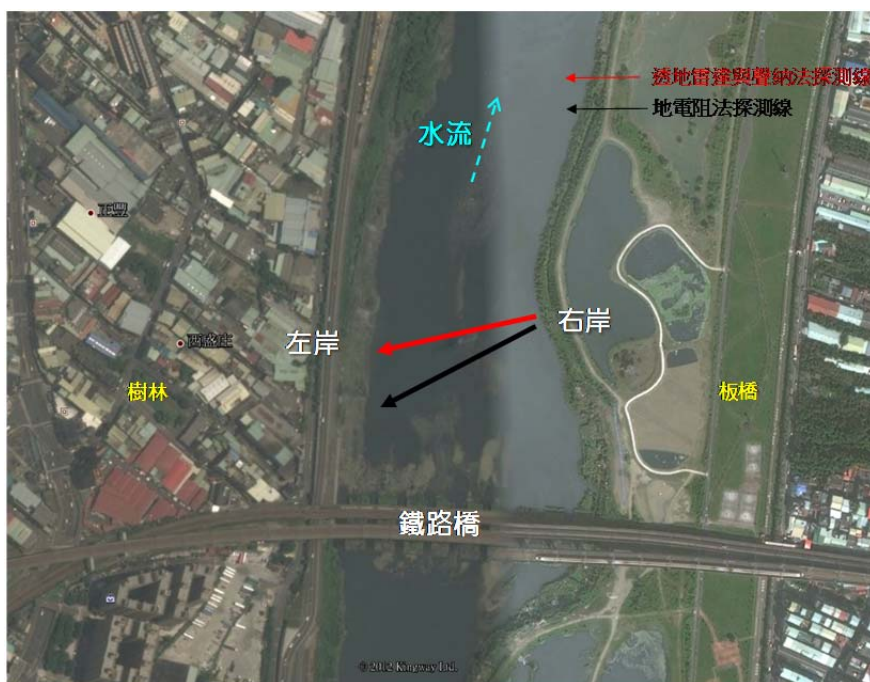


圖7.4-52 鐵路橋斷面環境示意圖

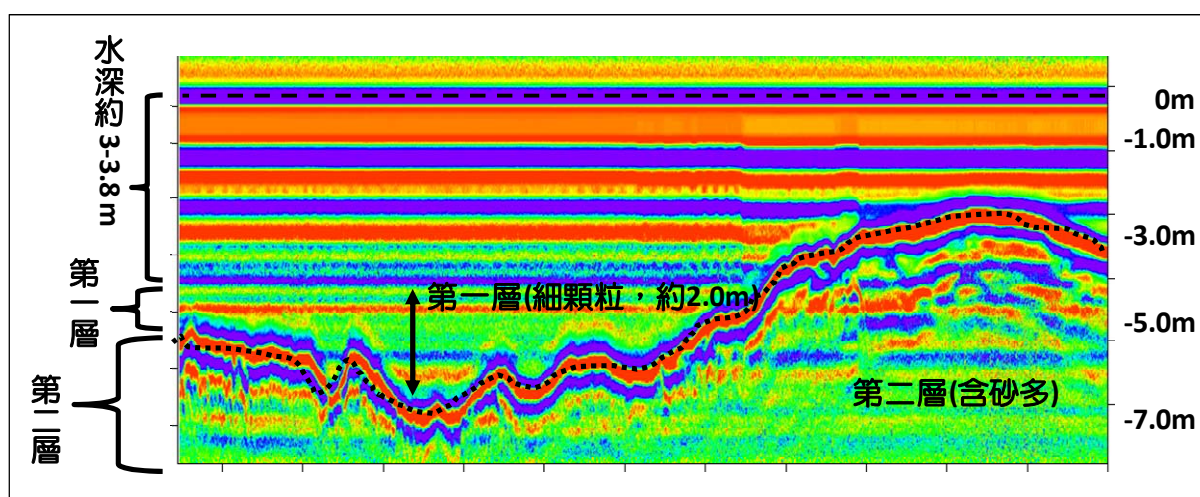


圖7.4-53 鐵路橋斷面-透地雷達施測結果

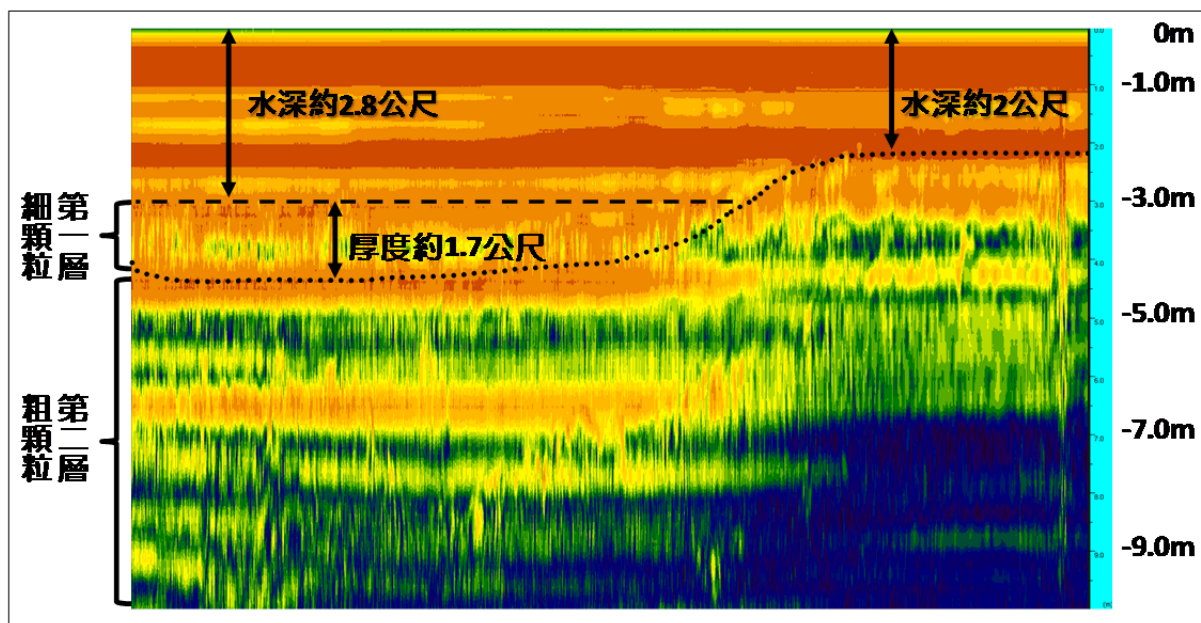


圖7.4-54 鐵路橋斷面-聲納法施測結果

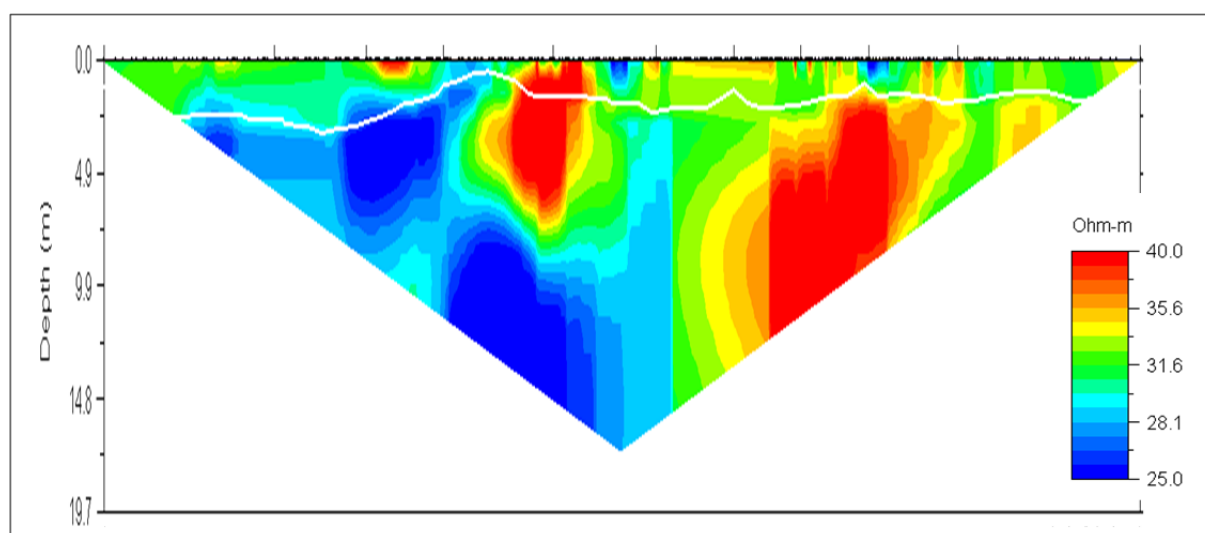


圖7.4-55 鐵路橋斷面-地電阻法施測結果

三、適用性分析

為進一步確認地物探測對於底泥厚度之鑑別程度與適用性，本計畫特於合約外，選擇台北橋下游一處斷面，經水利單位同意後辦理水上地質鑽探，並選擇鑑別度較高之透地雷達與聲納兩種技術，於同一斷面再次進行探測。

經向水利單位申請結果，台北橋下方有捷運通過，下游 600 公尺為管制區，因此本次鑽探測線位置再往下游移動，位於台北橋與高速公路橋之間，並於測線平均分布 4 個鑽探取樣點位(位置如圖 7.4-56)。



圖7.4-56 台北橋下游斷面-地物施作及鑽探位置

本鑽探工作預取得河床底部以下至少 5 米之樣品，並盡可能保留淺層底泥及其上方水樣，因此取樣過程應用岩心管取樣方式，於岩心取樣器內部預先放入透明之 PVC 內襯管，當到達預定鑽探深度時，採用靜壓法將採樣器往下壓，使土壤直接進入採樣器內之透明 PVC 管，取得不擾動之土壤樣品。現場作業情形如圖 7.4-57。







	
鑽探平台	下外鑽桿
	
PVC 管放入採樣器	靜壓式取樣
	
取出樣品並封口	樣品情形

圖7.4-57 台北橋下游斷面-鑽探情形

本次鑽探結果如表 7.4-15，灰色底泥層厚度約為 0.3~0.6m 之間，此層地質材料研判即為對底棲動物影響最大之底泥層，若反應在透地雷達與聲納探測結果，此層應為材料漸變之反射面。

施作斷面之底床地形測量，透地雷達與聲納探測結果如圖 7.4-58，其中聲納法施作潮位較低，因此水深較淺。由河床底部分布來看，透地雷達左側較崎

嶇，可能是受到水深及鹽度干擾所致，但整體趨勢仍與測量結果相近，聲納法則是與測量結果一致；如再以底泥層分布來看，透地雷達顯示約有 30~50cm 之底泥層存在，聲納法顯示約有 30~70cm 之底泥層存在，分層現象與鑽探結果一致，這顯示此二種地物技術的確具有探測底泥厚度的能力。

表7.4-15 鑽探結果表

地質說明 BH-04	地質說明 BH-03	地質說明 BH-02	地質說明 BH-01
0.00-0.30m 灰色底泥	0.00-0.40m 灰色底泥	0.00-0.60m 灰色底泥	0.00-0.50m 灰色底泥
0.30-4.50m： 灰色粉土質砂夾砂	0.40-3.00m： 灰色砂質粉土夾砂	0.60-1.30m： 灰色粉土質細砂	0.50-2.00m： 灰色砂質粉土夾砂
		1.30-2.50m： 灰色粉土質粘土夾細砂	2.00-3.00m 灰色粉土質 砂夾中細砂、腐木
	3.00-5.00m： 灰色粉土質粘土夾細砂	2.50-4.30m： 灰色粉土質細砂	3.00-5.00m： 灰色粉土質細砂夾泥
4.50-5.00m： 灰色砂質粉土夾砂	孔底	4.30-5.00m 灰色粉土質 砂夾中細砂夾腐木	5.00-7.00m： 灰色粉土質砂
孔底		孔底	孔底

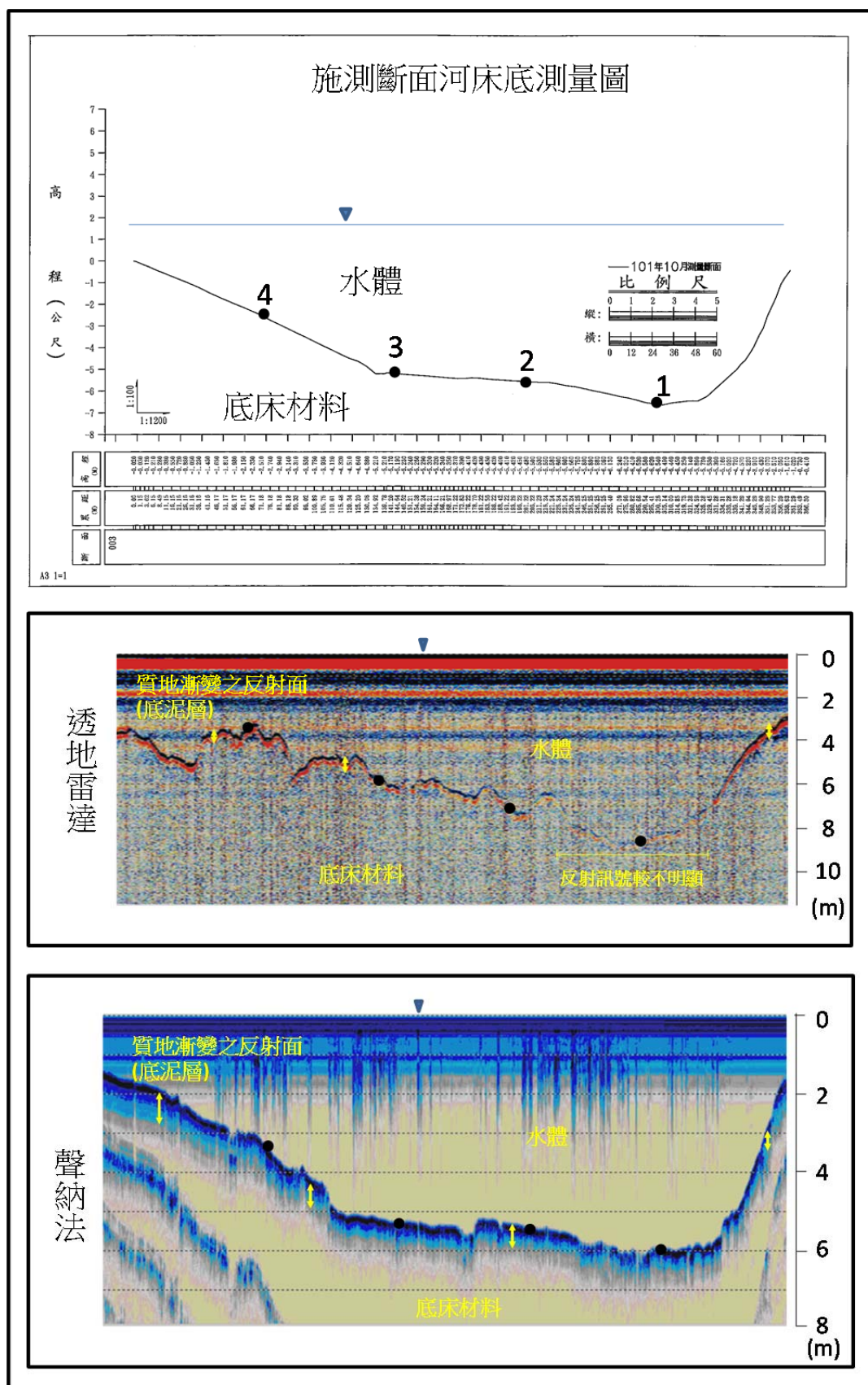


圖7.4-58 底床地形測量，透地雷達與聲納探測結果

根據前述各測區試驗結果整理如表 7.4-16。以電磁波而言，其頻率高，理論上解析度佳，但其強度在水中會快速衰減，尤其是在濁度或鹽度高的感潮河段，將影響訊號品質，而本次調查皆位於感潮河段但仍可施作；以聲納法而言，深度太淺可能會影響反射訊號品質，而本次調查水深最淺之鐵路橋結果尚可辨識。

若再依測量、鑽探與地物比較結果，在台北橋下游端水深超過 5 米的條件下，利用低頻聲納法，應為較可行的底泥厚度探測技術，而透地雷達與聲納法測出之底泥厚度與鑽探結果相符。

因此，本計畫除了地電阻法與深度無直接關係且無法看出底泥分層外，在不考慮其他人為干擾因素下，研判影響調查結果的主要因子應為探測水深(如表 7.4-17)，當水深在 5 公尺以內，透地雷達有最佳解析，但聲納法可與透地雷達互為輔助；探測深度介於 5~10 公尺間，則以聲納法為主，透地雷達為輔；若探測深度大於 10 公尺，則以聲納法為唯一探測技術。

表 7.4-16 三組斷面之探測結果比較表

測區	水深	透地雷達	聲納	水上電阻
台北橋	約 5-5.5m	分層訊號略為模糊	分層訊號明顯	僅能判斷地層以砂質為主
新海橋	2.5-4.8m	分層訊號明顯	分層訊號明顯	僅能判斷地層以砂質為主
鐵路橋	3-3.8m	分層訊號明顯	分層訊號尚可	僅能判斷地層以砂質為主

表 7.4-17 地球物理方法探測淺層河床地質分層之比較

探測深度	透地雷達	聲納	地電阻
小於 5m	優選	優選 或次之(輔助)	不適用
約 5-10m	次之(輔助)	優選	不適用
大於 10m	不建議	優選	不適用

大漢溪底泥污染傳輸模式建置成果 8

行政院環境保護署

底泥污染來源及傳輸模式調查計畫－以重點河川為例

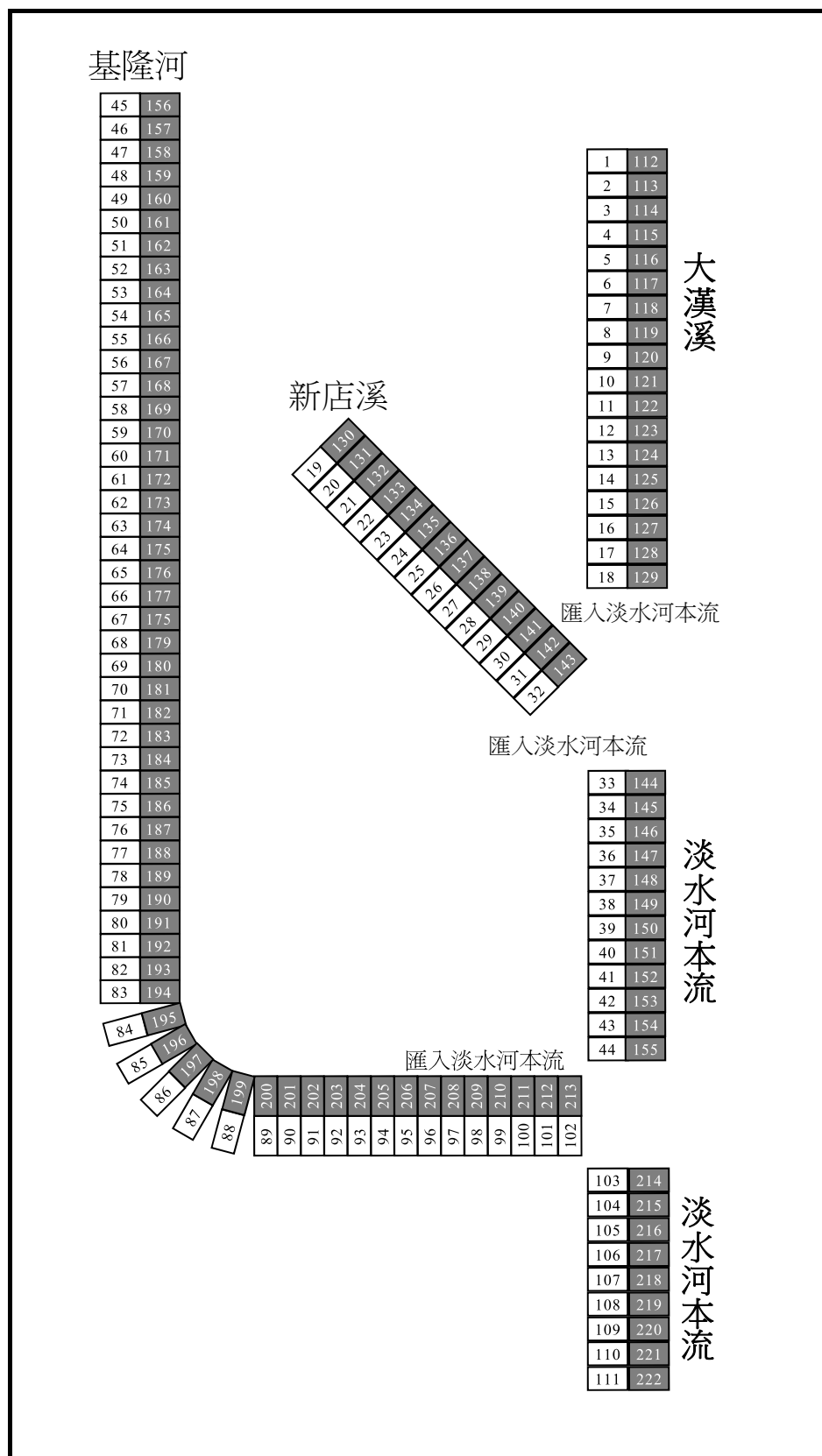
第八章 大漢溪底泥污染傳輸模式建置成果

8.1 底泥傳輸模式網格建置

大漢溪係屬淡水河水系之上游分支之一，與右岸新店溪匯流入淡水河本流，下游再匯入基隆河後自淡水河口出海，全河系沿岸約 100 多處支流排水排入淡水河系。大漢溪自浮洲橋以降，河道走勢低緩，從淡水河河口海水回推之感潮效應顯著，大漢溪、新店溪、基隆河下游與淡水河本流全河段之河水，將在感潮段經反覆推移、混合稀釋後流入台灣海峽。

依本計畫擇定之大漢流域進行底泥污染傳輸模式之建置，為使模式能更全面性演算，保持水文與水理合理性，以及模式應用彈性與擴充空間，將以全河系之底泥污染傳輸演算為未來目標，除了大漢溪之外，亦將新店溪、基隆河與淡水河本流納入模式環境之中，完成全河系的網格劃設以及支流排水水量排入配置，俟完成新店溪、基隆河與淡水河本流之底泥受污情形與沿岸污染負荷排放特性後，即可輸入模式，完成全淡水河系之底泥污染傳輸模擬。

大漢溪底泥污染傳輸模式之網格劃設，配合本計畫與歷年河道斷面測量成果、以及 5.4.1 節之劃設原則，將淡水河系(含大漢溪、新店溪、基隆河、淡水河本流)依垂向水體底泥分界及縱長，共劃分為 222 個計算網格，其中第 1 號~第 111 號網格為水體網格，第 112 號~第 222 號為底泥網格。其中，第 k 號上層水體網格將對應至第 m 號下層底泥網格($m=k+111$)，如圖 8.1-1 所示。



註：白色網格代表水體演算網格、灰色網格為底泥網格

圖8.1-1 淡水河系底泥污染傳輸網格配置圖

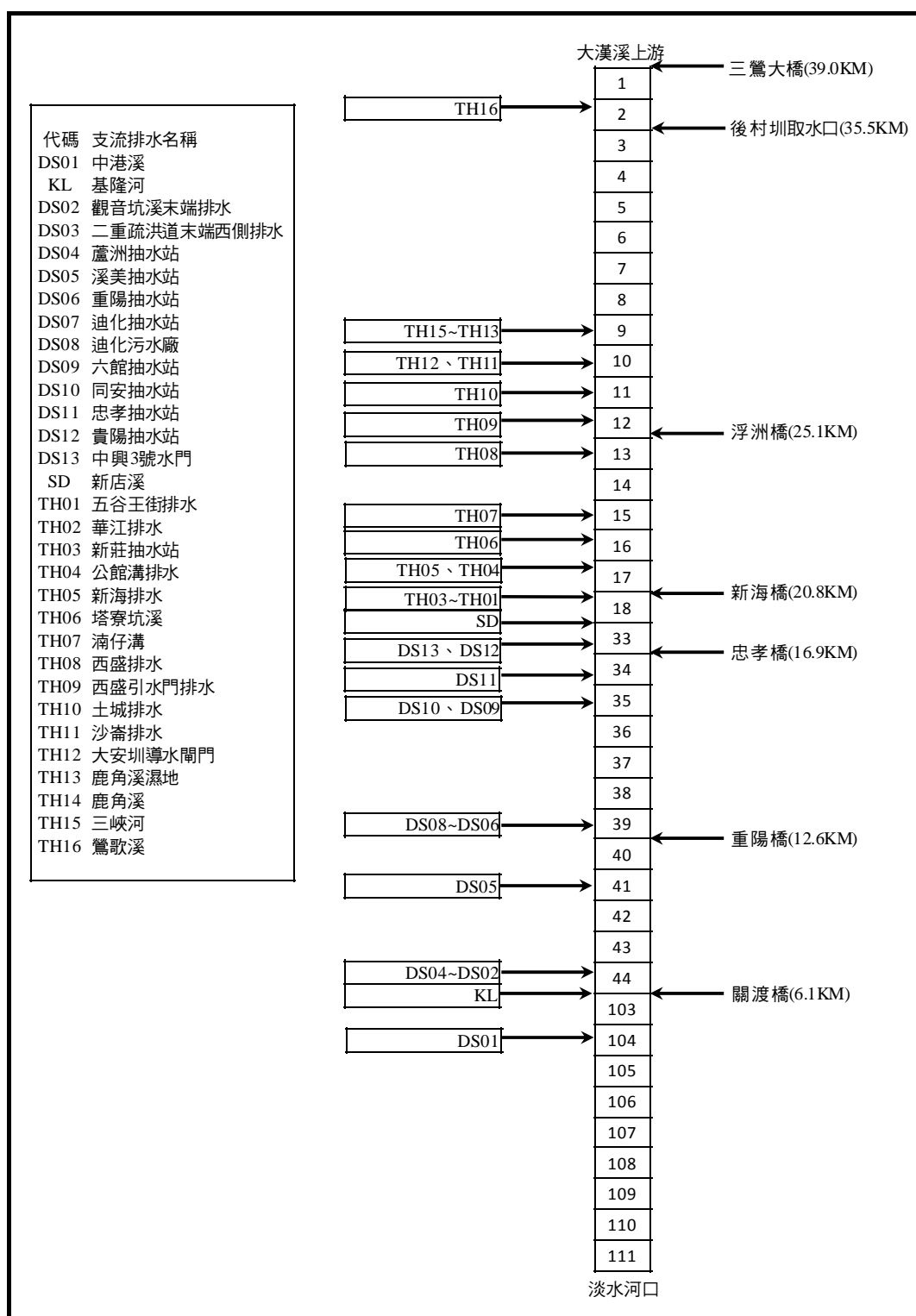


圖8.1-2 大漢溪與淡水河本流支流排水配置示意圖

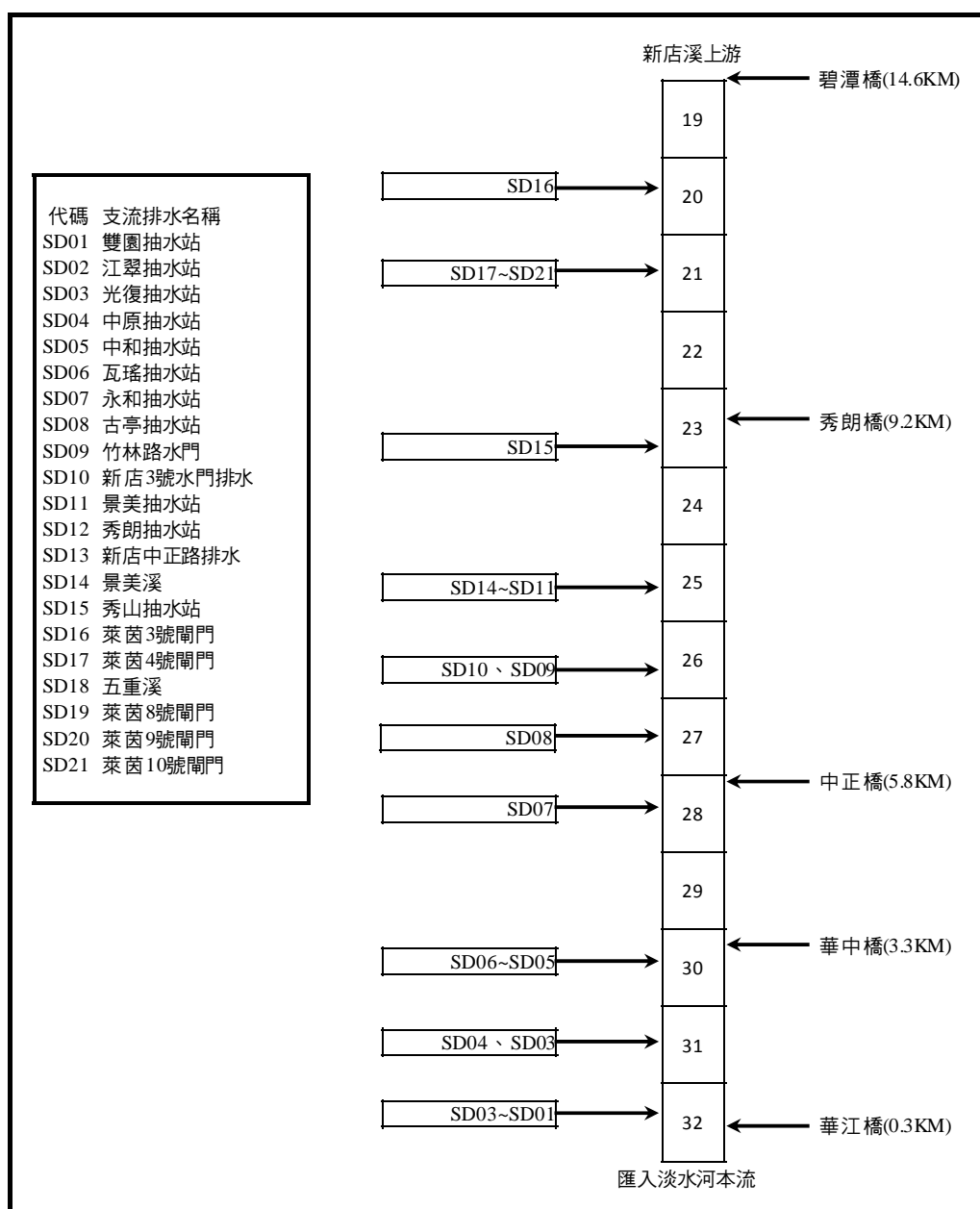


圖8.1-3 新店溪支流排水配置示意圖

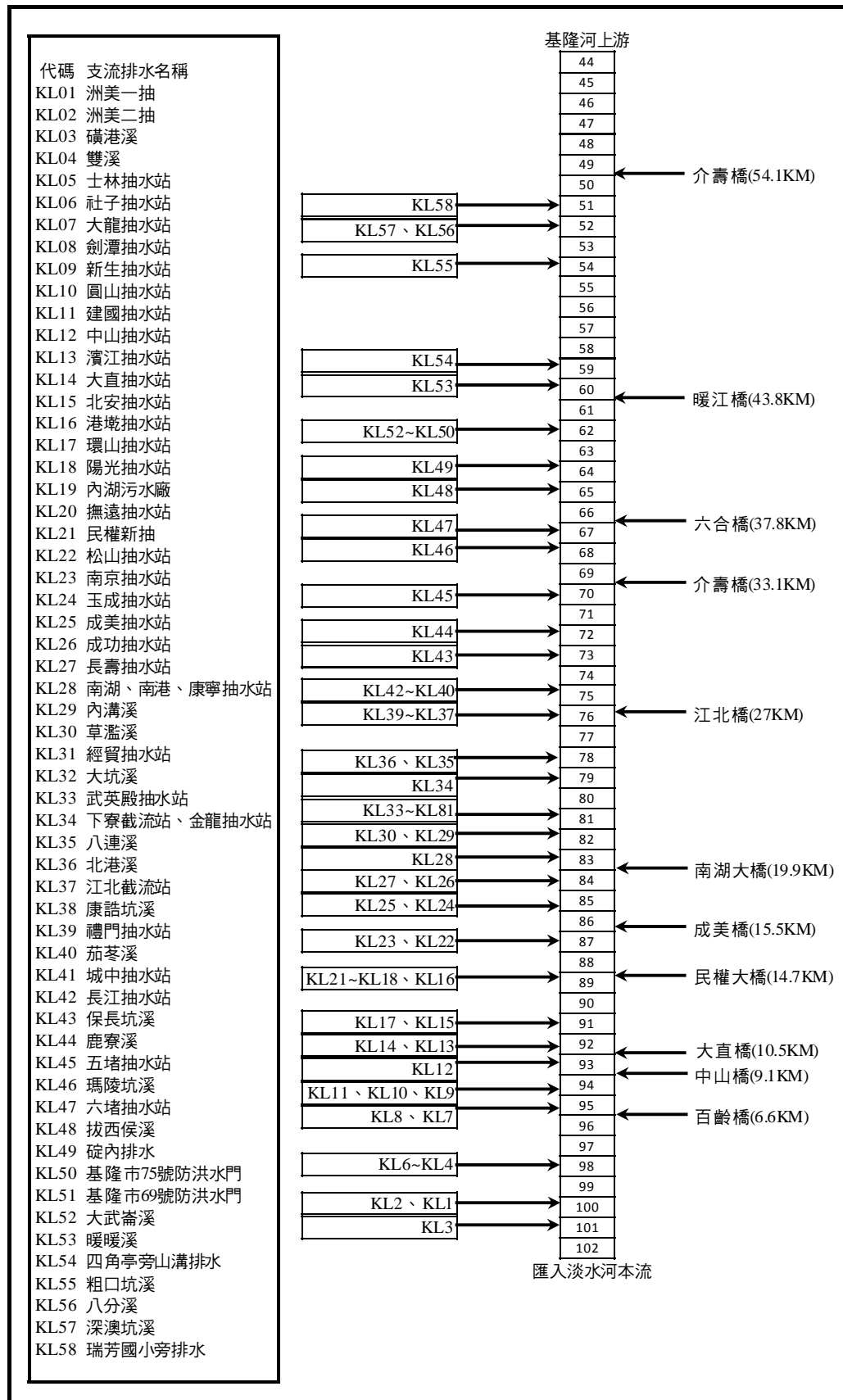


圖8.1-4 基隆河支流排水配置示意圖。

8.2 大漢溪水理演算成果

本計畫參採民國 100 年行政院環保署「北部地區河川污染整治與水質改善策略規劃及執行計畫」、新北市水利局「臺北縣淡水河流域水理水質監測與成效評估管理計畫」中，所彙整分析之支流排水水量，以及上游源頭 Q_{75} 枯流量為基流量、河口低潮位為下游邊界水位。此外，尚需考量淡水河系沿岸整治工程中，截流系統對支流流量排入河川之影響。

在模式設定上，大漢溪基流量 0.22cms、新店溪基流量 4.72cms、基隆河基流量 1.75cms、河口低水位 -1.5m，做為水理模式上、下游之邊界條件，支流排水截流狀況，全量操作之截流站包含：景美、古亭、永和、中和、中原、雙園、忠孝、同安、六館、重陽、溪美、蘆洲、五堵、江北、下寮、玉成、南京、松山、撫遠、中山、大龍；部分操作之截流站包含：瓦瑤、新生、建國。在水理演算參數設定中，淡水河系曼寧 n 值之設定為：大漢溪 n 值 0.025~0.035、新店溪 n 值 0.259~0.036、基隆河 n 值 0.005~0.0450、淡水河本流 n 值 0.025~0.030。

應用 HEC-RAS 演算大漢溪與淡水河本流底泥污染傳輸模式所需之水位、流量、流速、水力深度、水體積等水理分布，如圖 8.2-1~圖 8.2-4 所示。由 1D 穩態水理模擬結果，可觀察出大漢溪自三鶯大橋至浮洲橋河段，水力坡降大、水深較淺且流速較快，令小粒徑之懸浮質亦隨水流帶往下游，沉積於河床成為底泥的機率低；自浮洲橋以降之河段，水力坡降小、水深較深且流速趨緩，小粒徑之懸浮質有較高之機率在大漢溪下游與淡水河本流沉降至河床，蓄積為底泥。此一水理分布及對於河床底泥生成之情勢研判，與目前底泥採樣時，所觀察到浮洲橋上游河床組成多為礫石與砂礫；浮洲橋下游至河口，河床組成多為沉積之砂質或泥質之現象一致。

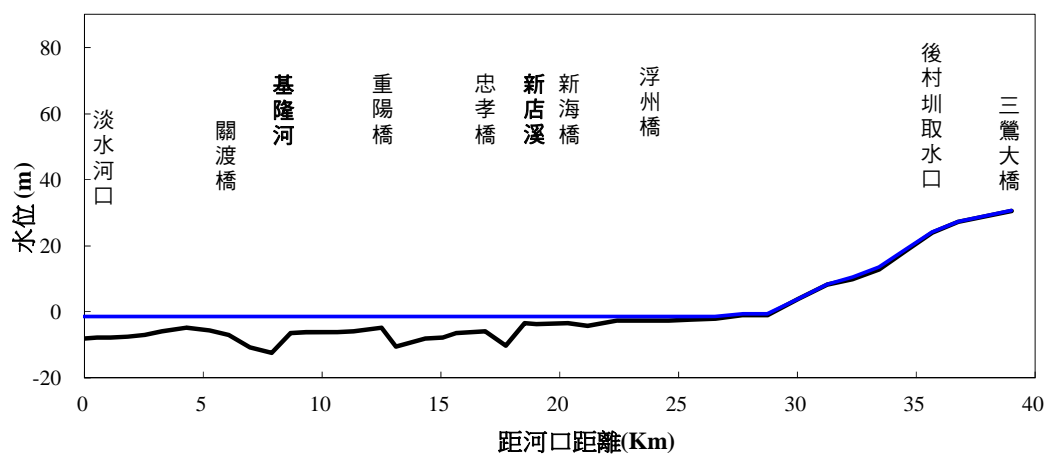


圖8.2-1 大漢溪與淡水河本流水位分布

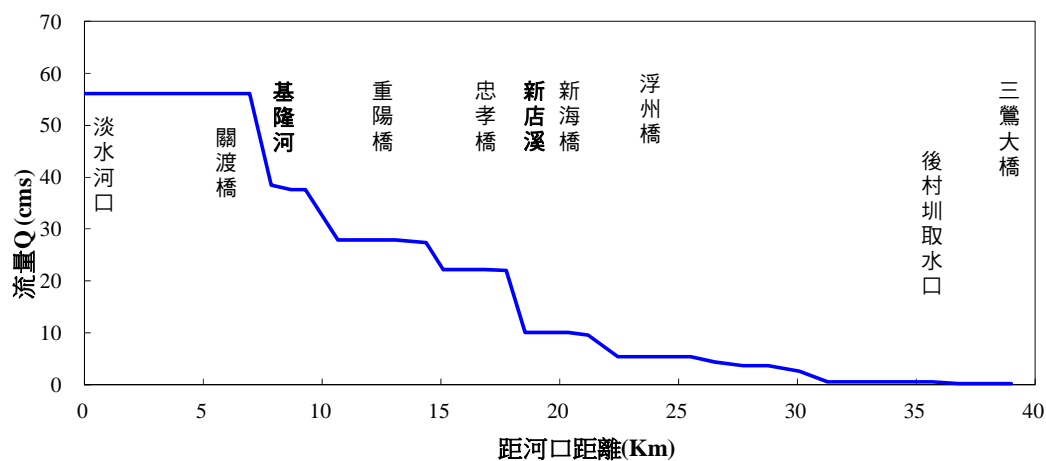


圖8.2-2 大漢溪與淡水河本流流量分布

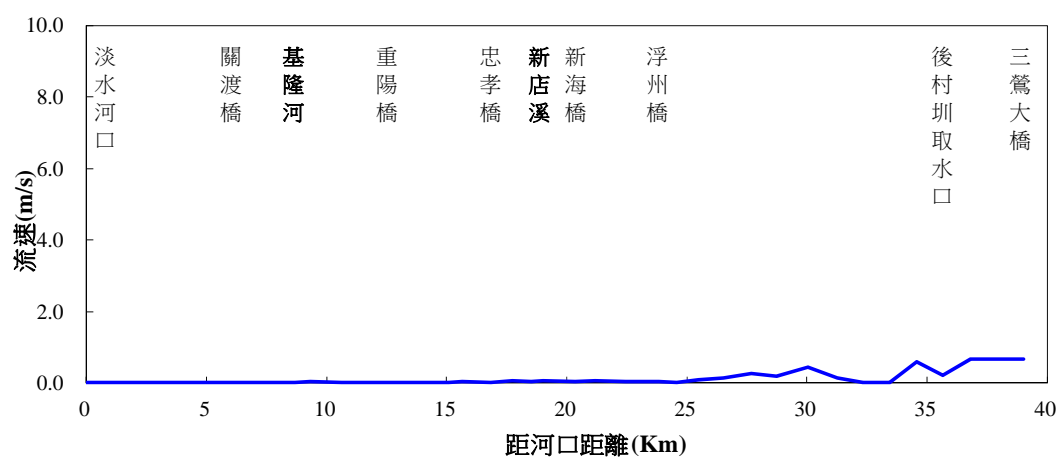


圖8.2-3 大漢溪與淡水河本流流速分布

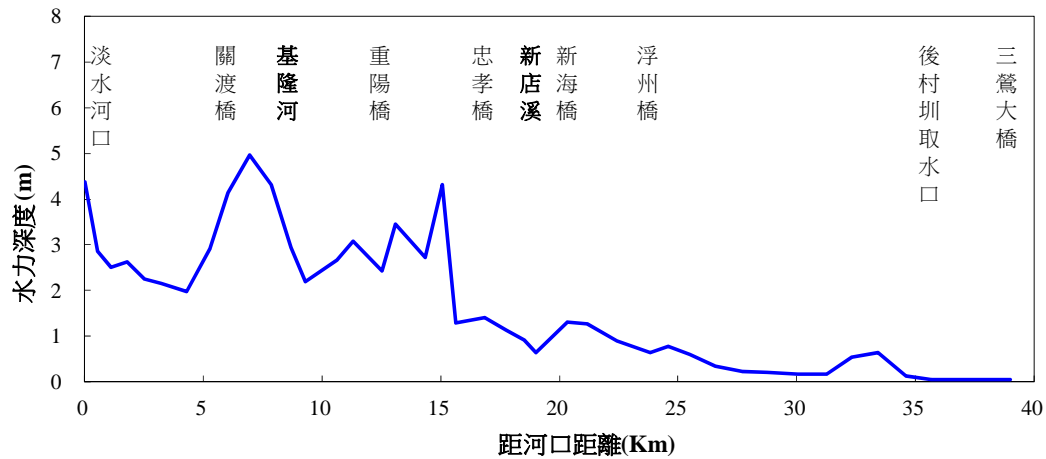


圖8.2-4 大漢溪與淡水河本流水力深度分布

8.3 大漢溪底泥污染傳輸模式演算成果

當水理演算所得出之流量、流速、水力深度等數值，即為底泥污染傳輸模式所需之水理參數，惟本計畫所建置之擬 2 維底泥污染傳輸模式，必須再進一步考量垂向反應之演算特性，包含沉降斷面積、底泥體積、垂向反應長度等。沉降斷面積以及垂向反應長度等環境基礎參數，用以演算垂向延散與沉降速度對底泥污染傳輸的影響。在晴天流況下，由於河槽水淺，因此將自由液面表面積視為河槽濕面積之正投影；垂向反應長度則以 0.5 倍水力深度為計算基準。底泥體積因難以透過有限之觀測資料完成量化演算，因此初步以 0.1 倍水體積為底泥體積之猜值，以此率定全域底泥之分布。

物理性參數主要包含延散係數、沉降速度等。延散分軸向延散與垂向延散 2 種，軸向延散係描述物質在水體與水體間自體擴散現象，其數值參採歷年相關報告，淡水河系下游之延散行為較上游為明顯，其數值分布自 $10 \sim 400 \text{m}^2/\text{s}$ 不等。垂向延散與沉降速度於現階段為目前待定參數，然參採歷年報告與 USEPA 之建議值，描述河川底泥與水體間溶解性物質傳輸之垂向延散係數，其性質係屬分子擴散行為，其建議值之數量級為 $10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$ ，沉降速度建議值之數量級約為 $10^{-5} \sim 10^{-8} \text{m/s}$ 。

大漢溪底泥污染傳輸模式之建置，考量現有觀測資料與參數豐富性較為有限，因此主要考慮之參數為吸附與 1 階 1 階衰減行為。模式中初步設定吸附係數 $PIX = 2.00 \times 10^6 (L_w/Kg_s)$ ，水中重金屬 1 階衰減係數 $K_w = 5.00 \times 10^{-2} (1/day)$ ，底泥重金屬之 1 階衰減因不易觀測，以其污染移動與 1 階衰減緩慢之假設條件下，令其半衰期為 50 年，1 階 1 階衰減係數 $K_s = 3.80 \times 10^{-5} (1/day)$ 。

依本計畫水質水量檢測與分析成果，以實測水質水量為輸入值，完成銅、鋅、鎳等重金屬關切污染物於水體於底泥之傳輸模擬，其中銅、鋅、鎳與 SS 污染負荷量以本計畫支流排水水質水量檢測成果為模式輸入值，詳如表 8.3-1，圖 8.3-1、圖 8.3-2，其模式初步驗證成果如表 8.3-2、圖 8.3-3~圖 8.3-9 所示。

應用模擬結果與實測值進行模式初步驗證，水體與底泥之污染趨勢與現實相符，其中水體重金屬部分，均方誤差均小於 0.03mg/L，底泥重金屬均方誤差小於 23mg/kg。本計畫忠孝橋 SS 濃度為 154mg/L，依 96 年~101 年環保署每月定期檢測成果，平均 SS 濃度低於 50mg/L，忠孝橋 SS>100mg/L 之機率低於 25%，因此本次忠孝橋之 SS 檢測值視為可能受偶發排放事件或水體未完全混合影響所致，不納入誤差分析之中，因此 SS 之均方誤差 9mg/L。

由輸入資料與模擬結果分析，自柑園橋下游開始數股高濃度、高污染量之支流排水開始排入大漢溪後，水中污染濃度開始呈現上升趨勢，尤其在新海橋鄰近的濃度最高、污染負荷量也最大的塔寮坑溪排入後，新海橋一帶河川水質呈現最惡化的現象。由底泥受污情形分析，水體污染濃度高之河段，因底泥為污染物吸附沉降作用之最終受體，因此同樣呈現新海橋一帶之底泥污染情形最為嚴重之趨勢。

表 8.3-1 支流排水水量與污染負荷量

項次	支流排水名稱	相對位置	流量 (cms)	銅 (kg/day)	鋅 (kg/day)	鎳 (kg/day)	SS (kg/day)
1	三峽河	柑園橋～浮洲橋	8.35	7.21	10.10	3.61	11,110.18
2	鹿角溪		0.58	2.00	29.77	0.80	1,117.50
3	大安圳導水閘門排水		0.54	28.46	2.57	7.00	1,427.67
4	沙崙抽水站排水		0.32	2.21	4.89	1.11	876.44
5	土城抽水站排水		0.79	2.73	11.88	7.10	2,689.29
6	西盛引水門排水	浮洲橋～新海橋	0.11	0.10	0.34	0.03	387.76
7	西盛抽水站排水		0.37	1.92	5.31	4.12	2,272.92
8	滴仔溝排水		3.07	2.65	13.79	0.80	6,259.85
9	塔寮坑溪		2.17	170.61	72.75	77.43	6,637.08
10	華江抽水站排水	新海橋～重翠大橋	0.12	0.10	0.59	0.31	294.45

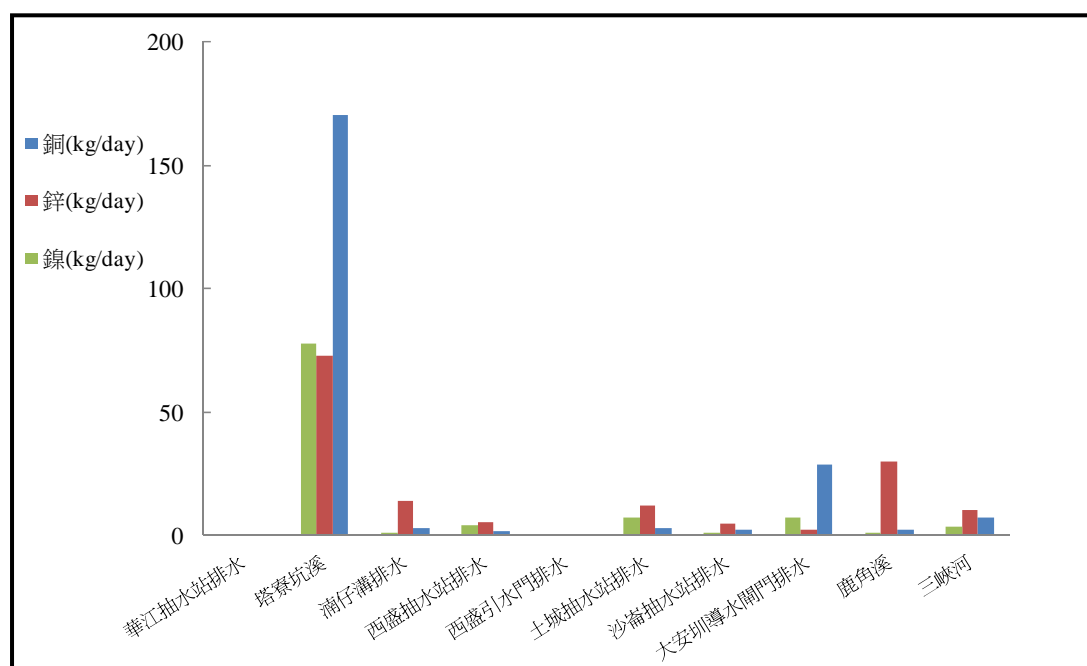


圖8.3-1 支流排水污染負荷量

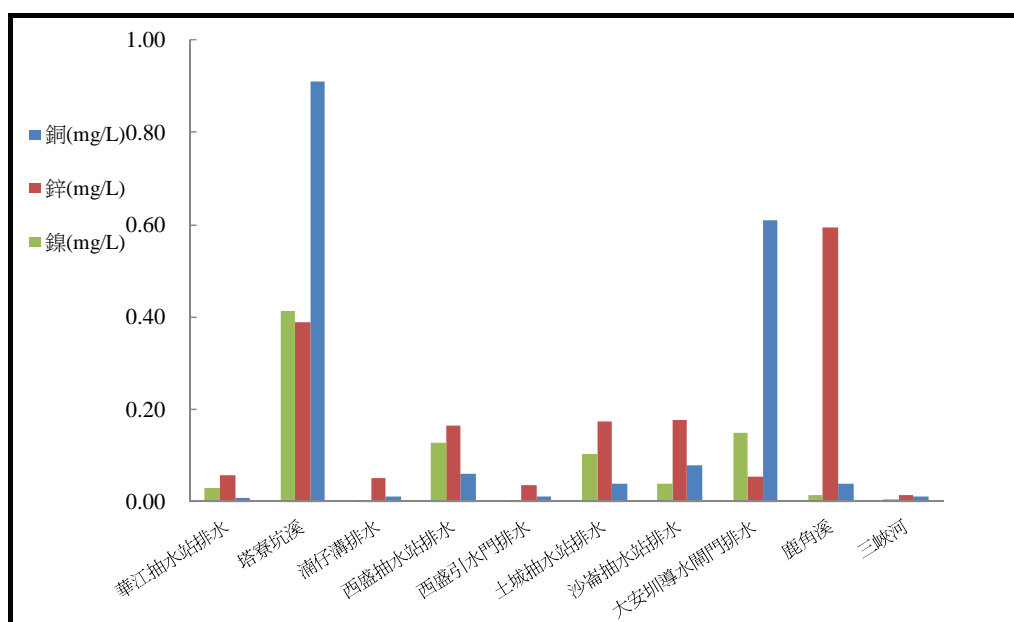


圖8.3-2 支流排水污染濃度

表 8.3-2 模式驗證誤差分析

項目	水體		底泥	
	實測值範圍 (mg/L)	均方誤差 (mg/L)	平均實測值範圍 (mg/kg)	均方誤差 (mg/kg)
銅	0.010~0.090	0.030	47~764	13.217
鋅	0.075~0.014	0.027	191~1245	22.361
鎳	0.008~0.033	0.016	35~175	5.303
SS	17.7~29.4	9.3	-	

註：不計忠孝橋偏高之 SS 濃度(154mg/L)

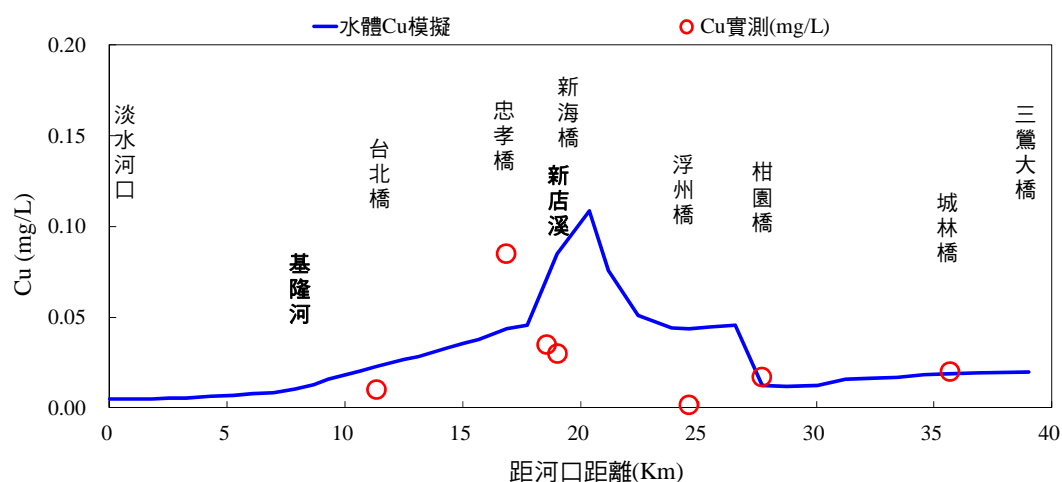


圖8.3-3 大漢溪與淡水河本流水體銅模擬

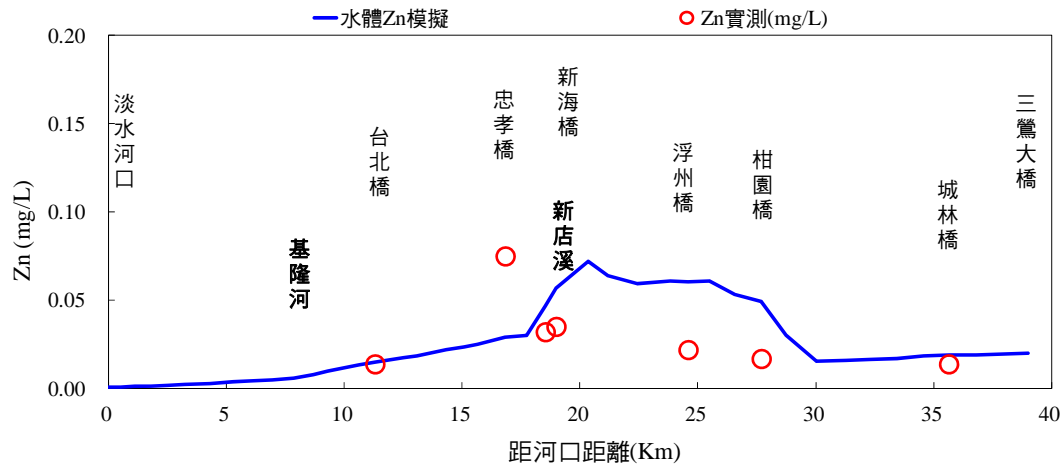


圖8.3-4 大漢溪與淡水河本流水體鋅模擬

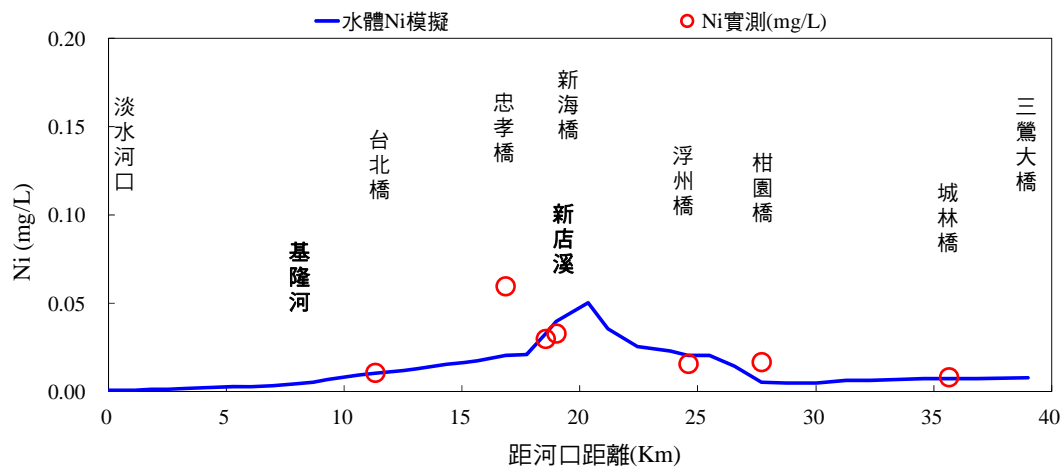


圖8.3-5 大漢溪與淡水河本流水體鎳模擬

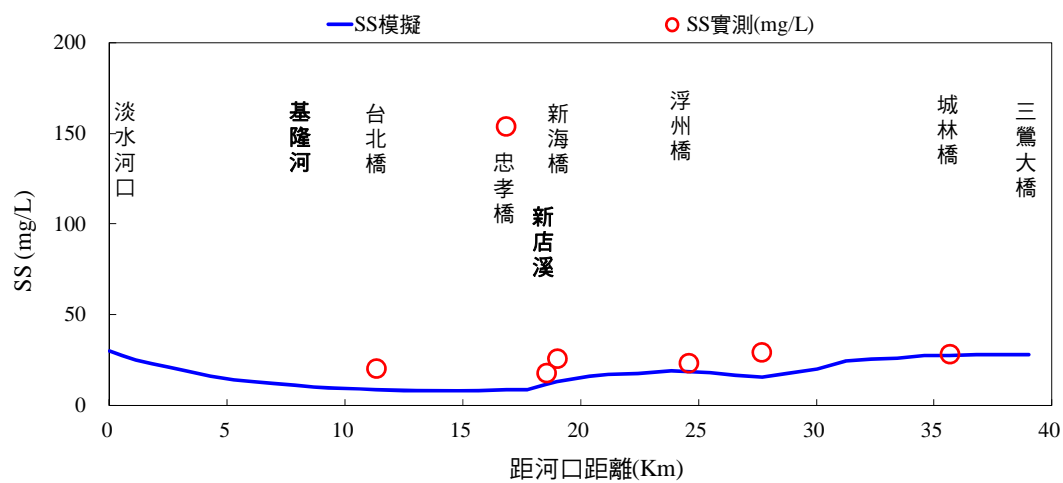


圖8.3-6 大漢溪與淡水河本流水體SS模擬

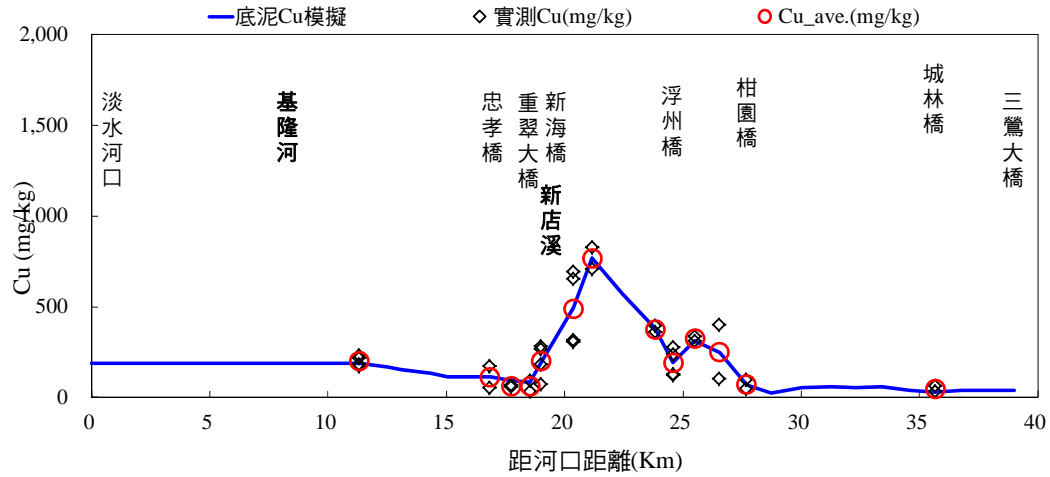


圖8.3-7 大漢溪與淡水河本流底泥銅模擬

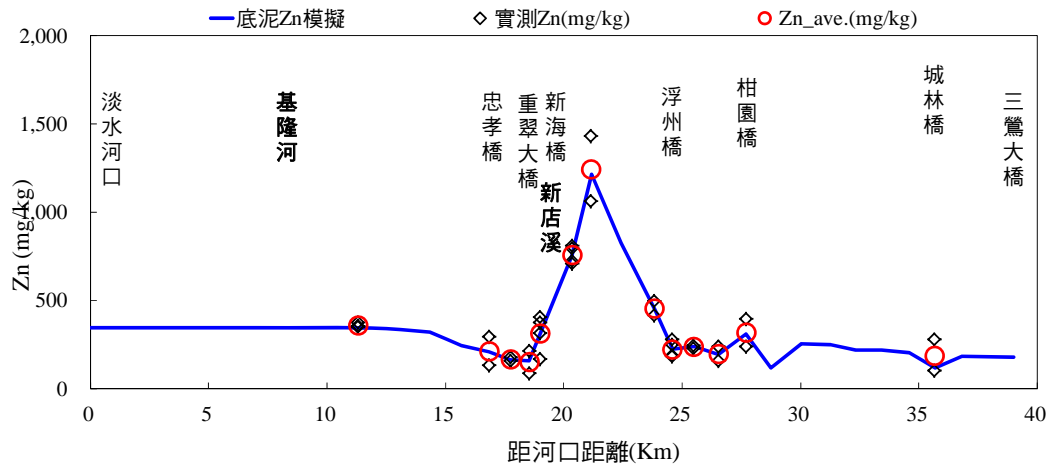


圖8.3-8 大漢溪與淡水河本流底泥鋅模擬

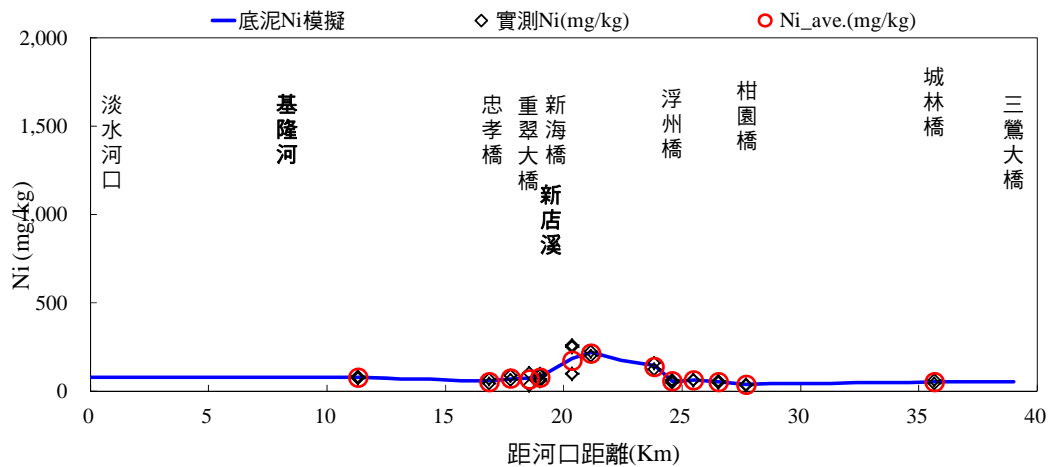


圖8.3-9 大漢溪與淡水河本流底泥鎳模擬

8.4 傳流效應與參數敏感度分析

模式完成建置與檢定合理參數後，必須進行參數敏感度分析，測試極端參數對模式演算成果之影響範圍，做為後續模式維護與參數調整，或未來增加演算維度之參考。在現有觀測資料與在地化參數豐富性較不足之限制下，可應用模式進行觀測系統模擬試驗(OSSEs, Observation System Simulation Experiments)，量化參數不確定性造成之影響程度。觀測系統模擬試驗係指利用一組已知的模擬結果，做為真實的觀測資料或演算基準，進行各項案例分析。

8.4.1 傳流效應分析

就模式演算機制與參數設定進行初步分析，污染物質在水體對水體、與水體對底泥間，傳流效率具有明顯的差異。在水體中，物質傳遞主要藉由流速、延散以及 1 階衰減，可在短時間達成質量平衡；在底泥則藉由上層水體之吸附沉降、介面間分子擴散以及 1 階衰減，緩步進行物質交換，因水體對底泥的傳流相關參數之數量級遠小於水體對水體之傳流，所以在短時間內並不容易觀察出物質增減現象，必須經歷一段長時間後，才會出現較明顯的增減幅度。

以銅污染為例，當大量的外部負荷進入水體後，經過水體的傳流、延散、稀釋與 1 階衰減後，在水體中達到平衡並由吸附沉降行為，造成全流域的底泥污染負荷，造成水體與底泥受污之銅污染負荷量分布如圖如圖 8.4-1、圖 8.4-2 所示。

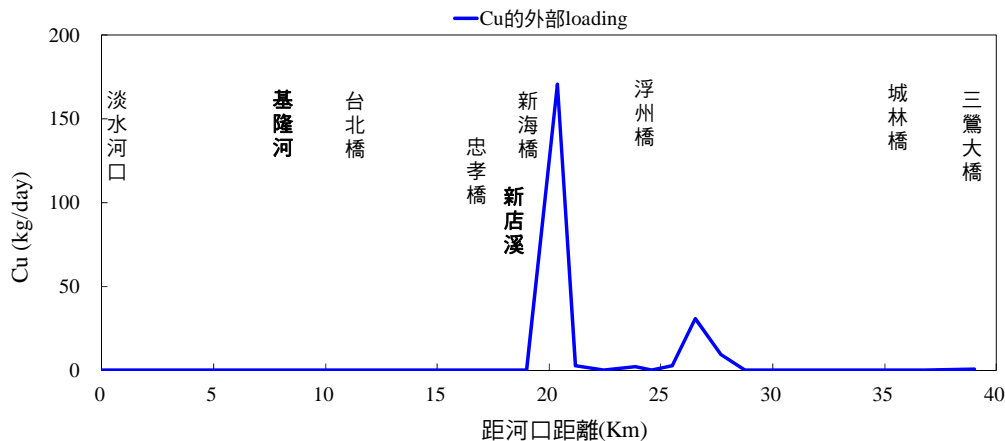


圖8.4-1 水體銅污染負荷量

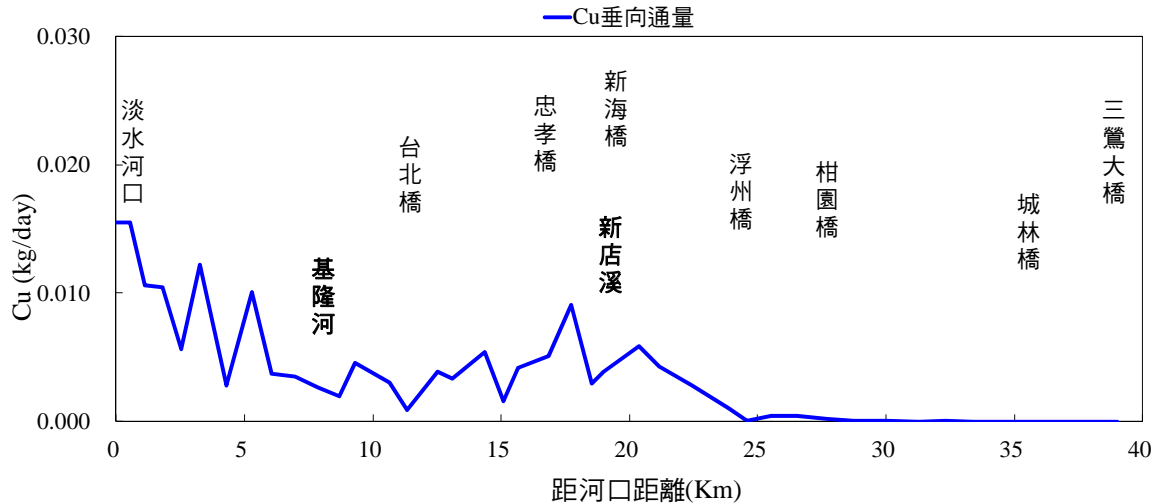


圖8.4-2 底泥銅污染負荷量

以銅污染之模擬為例，假設銅排放量突增為原來 10 倍，則水體之銅污染濃度將隨時間逐漸上升，水體銅濃度約在 10 天左右達到平衡，然而因水體與底泥間之物質傳流效應緩慢，在 10 天之內，底泥受污之變化幅度並不顯著，如圖 8.4-3、圖 8.4-4 所示。然而當 10 倍的銅排放量又回到原排放量，則水體中銅污染濃度亦隨時間逐步下降，水體銅濃度約在 10 天左右達到平衡，然而在 10 天之內，底泥受污之變化幅度同樣不明顯，如圖 8.4-5、圖 8.4-6 所示。

若分別以 2 年與 4 年為期，在維持原污染排放條件下進行長期模擬，則各時期之水體銅濃度穩定維持一致，然而受吸附沉降作用影響，底泥銅濃度將隨時間呈現上升趨勢，如圖 8.4-7、圖 8.4-8 所示。

綜上所述，污染物質在水體間的傳流，受流速與延散作用影響，污染負荷的影響幾可立即地反應在水體中，污染負荷增減幅度越大，水體受污情形的改變就愈趨明顯；而底泥的受污情形中，底泥可視為污染物質在吸附沉降後之受體，因沉降與分子擴散反應遠不及水體間的傳流效應，必須在長期趨勢的演算條件下，才能出現較為顯著的受污變化，因此在進行底泥污染傳輸模式之敏感度分析時，必須考量長期時間因素所造成的影響。

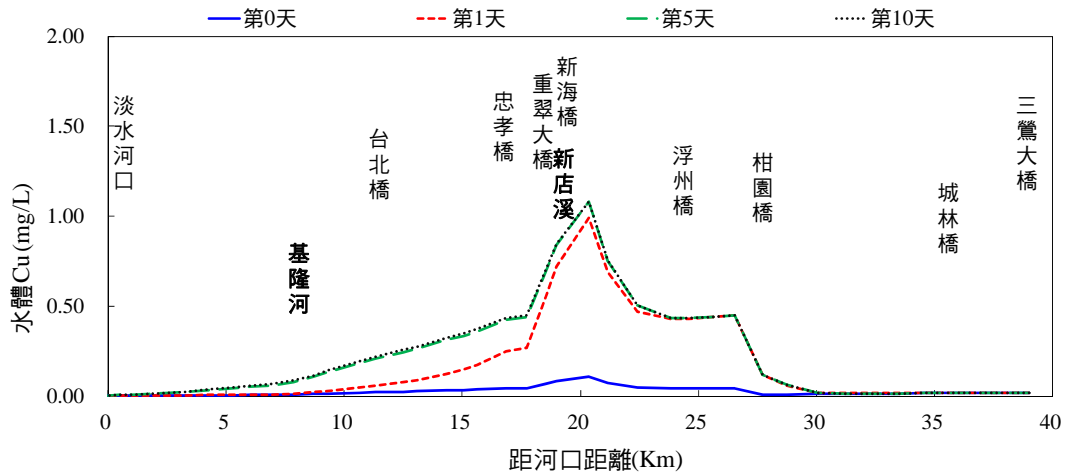


圖8.4-3 污染負荷突增之水體污染傳流分析

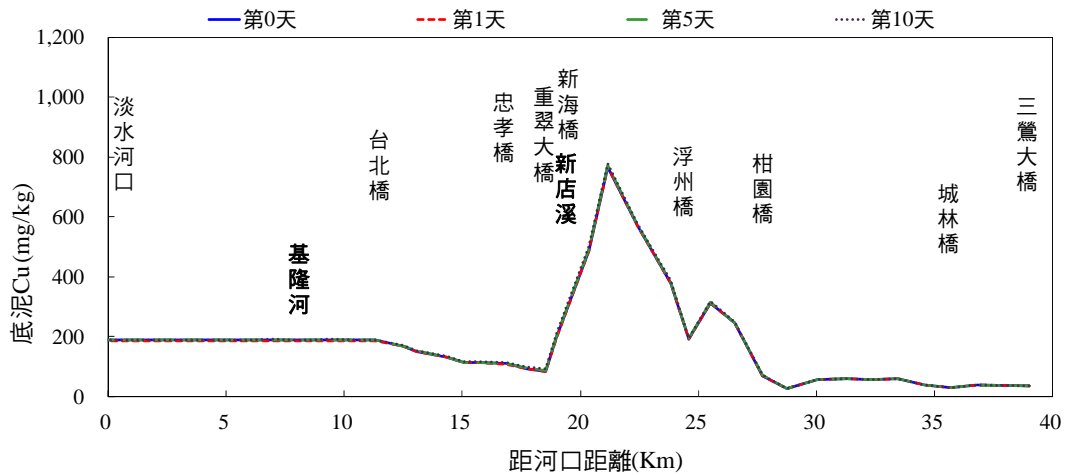


圖8.4-4 污染負荷突增之底泥污染傳流分析

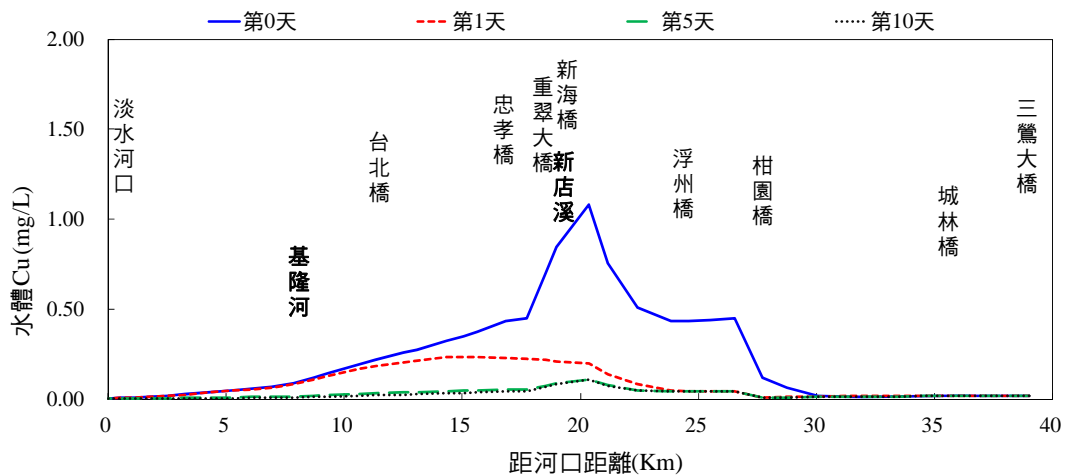


圖8.4-5 污染負荷突減之水體污染傳流分析

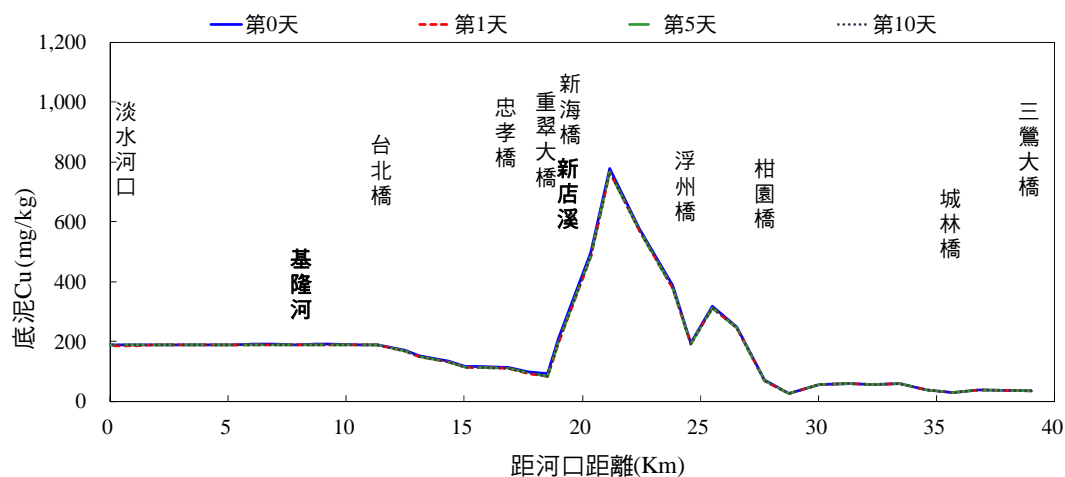


圖8.4-6 污染負荷突減之底泥污染傳流分析

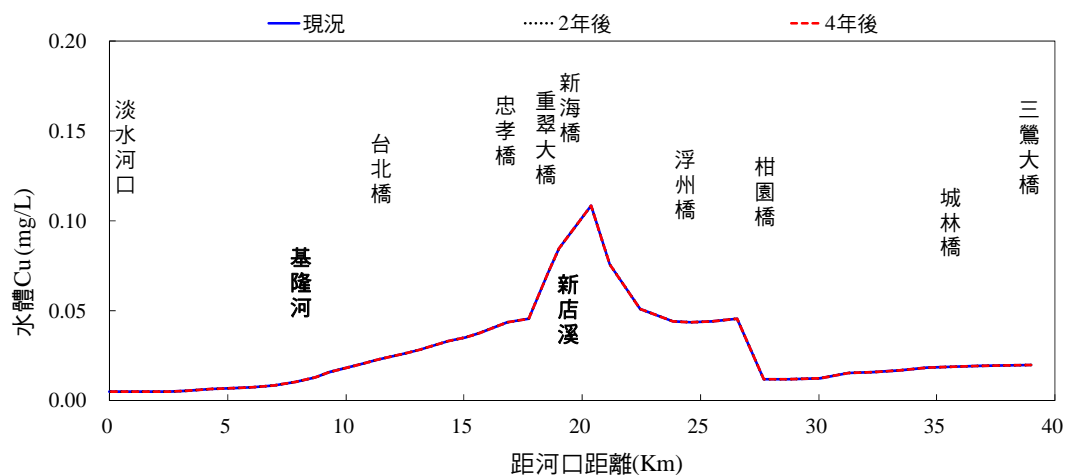


圖8.4-7 水體長期受污分析

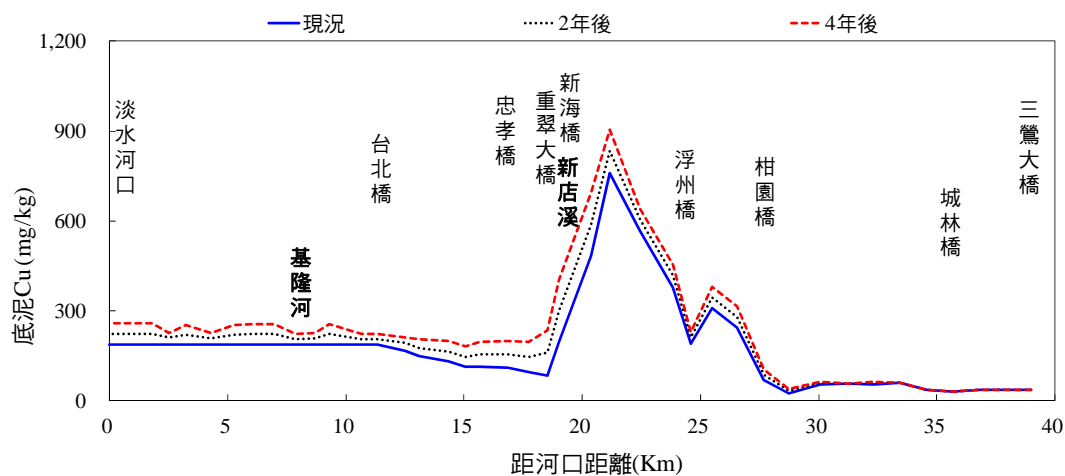


圖8.4-8 底泥長期受污分析

8.4.2 參數敏感度分析

模式在建置過程中，受連續性的長期觀測資料與在地化參數有限等限制下，必須簡化維度或限縮參數自由度，避免模式因過度參數化(parameterization)使輸入資料與模擬成果的關聯性下降，然而為使模擬結果足以正確表現與現實相符之趨勢，必須透過調整參數，避免誤差產生而降低模式可信度。本計畫之底泥污染傳輸模式中，在地化參數之取得不易，因此在完成模式建置後，必須透過參數敏感度分析，藉以判定參數對模式演算成果的影響與變動範圍。參數敏感度分析的係應用賈克比矩陣(Jacobian matrix)中微小刺激擾動法的概念，每次僅有限度地擾動模式中的 1 個參數後，進行 1 次完整地模擬，依此鑑別模式中各項參數的敏感度，作為後續模式修正維護與提升演算維度之參考。

底泥污染傳輸模式中，物理性參數條件不變的狀況下，水質參數以水體 1 階衰減係數 K_w 、底泥 1 階衰減係數 K_s 以及吸附係數 PIX 為主要參數。 K_w 與 K_s 分別代表污染物質在水體與底泥中的總和 1 階 1 階衰減行為參數，當 K_w 或 K_s 值愈大，則表示污染物質在水體與底泥的 1 階衰減愈迅速； PIX 則代表污染物與懸浮質的比重對於污染物濃度之比值，當 PIX 愈大，則受懸浮質吸附的污染物愈多。應用完成建置之底泥污染傳輸模式，以重金屬銅的模擬為範例，考量在現有污染排放行為不變之條件下，以 4 年為期，進行水體與底泥中銅污染濃度分別對 K_w 、 K_s 與 PIX 等參數之敏感度分析。

分別模擬 K_w 值為 0.25、0.05 與 0.01(1/day)時，水體與底泥銅污染之濃度變化。當 K_w 值愈高時，水體中銅的 1 階衰減速度愈快，反應出來的水體銅濃度就愈低，因此可被懸浮質吸附沉降的銅則愈少，底泥銅濃度增加的幅度就愈小；反之當 K_w 值愈低，水體銅濃度就愈高，底泥銅濃度增加的幅度就愈大，詳如圖 8.4-9、圖 8.4-10。

分別模擬 K_s 值為 3.80×10^{-4} 、 3.80×10^{-5} 、 3.80×10^{-6} (1/day)時(即底泥銅濃度半衰期分別為 5 年、50 年與 500 年)，水體與底泥銅污染之濃度變化。當 K_s 值愈高時，底泥與水體間的分子擴散影響有限，因此水體中銅濃度在負荷量固定條件下

幾無明顯變化，因此懸浮質對銅的吸附沉降行為亦不變，然而底泥銅受 1 階 1 階衰減影響，底泥銅濃度則增幅減少，甚至隨時間而呈現底泥銅濃度降低之趨勢；反之，當 K_s 值愈低，底泥銅濃度增幅就愈高，然而水體銅濃度大致上仍呈現無明顯變化的趨勢，詳如圖 8.4-11、圖 8.4-12。

分別模擬 PIX 值為 2.00×10^3 、 2.00×10^6 、 2.00×10^9 (L_w/kg_s) 時，水體與底泥銅污染之濃度變化。當 PIX 值愈高時，水體中懸浮質對銅的吸附效果愈高，致使水體銅濃度愈低，底泥因隨之沉降的銅增加，因此底泥銅濃度的增幅就愈高；反之，當 PIX 值愈低，則水體銅濃度愈高，底泥銅濃度增幅愈小，詳如圖 8.4-13、圖 8.4-14。

底泥污染傳輸模式中，參數敏感度分析可彙整如表 8.4-1：

表 8.4-1 底泥污染傳輸模式水質參數敏感度分析

項次	參數變化範圍	水體污染變化趨勢	吸附沉降效應	底泥污染濃度增幅
1	K_w 值增加 $0.01 \rightarrow 0.05 \rightarrow 0.25$ (1/day)	▽	▽	▽
2	K_s 值增加 $3.80 \times 10^{-4} \rightarrow 3.80 \times 10^{-5} \rightarrow 3.80 \times 10^{-6}$ (1/day)	—	—	▽
3	PIX 值增加 $2.00 \times 10^3 \rightarrow 2.00 \times 10^6 \rightarrow 2.00 \times 10^9$ (L_w/kg_s)	▽	▲	▲

▽：呈現下降趨勢 —：變化不顯著 ▲：呈現上升趨勢

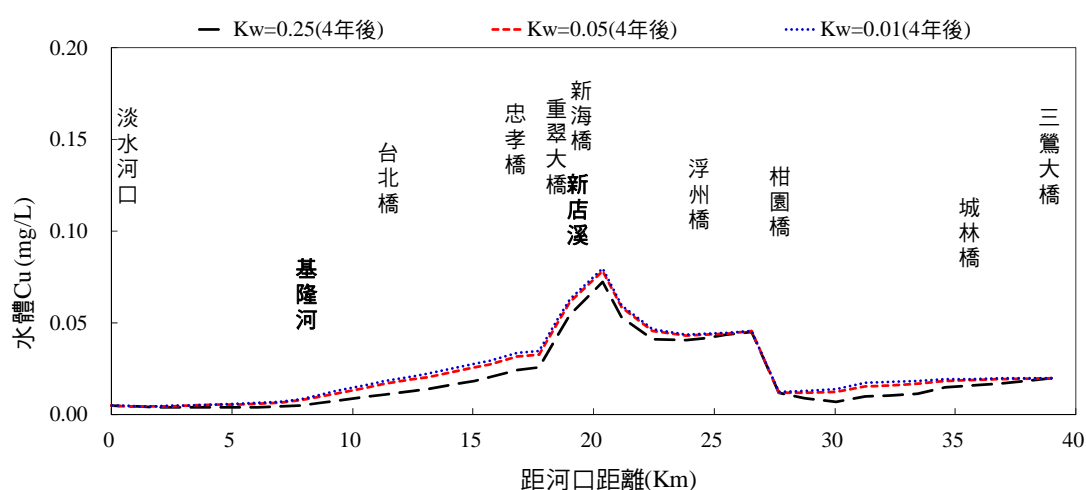


圖8.4-9 水體受污對 K_w 敏感度分析

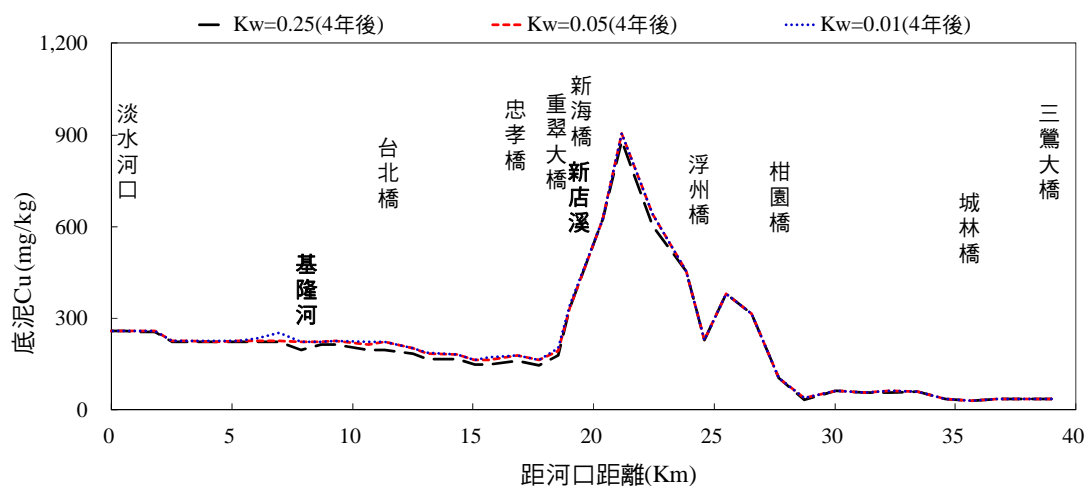


圖8.4-10 底泥受污對 K_w 敏感度分析

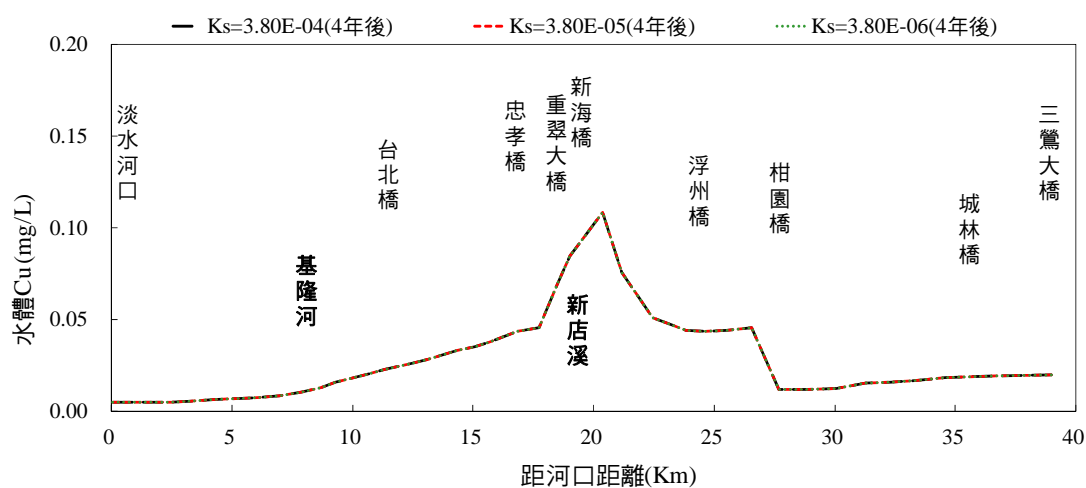


圖8.4-11 水體受污對 K_s 敏感度分析

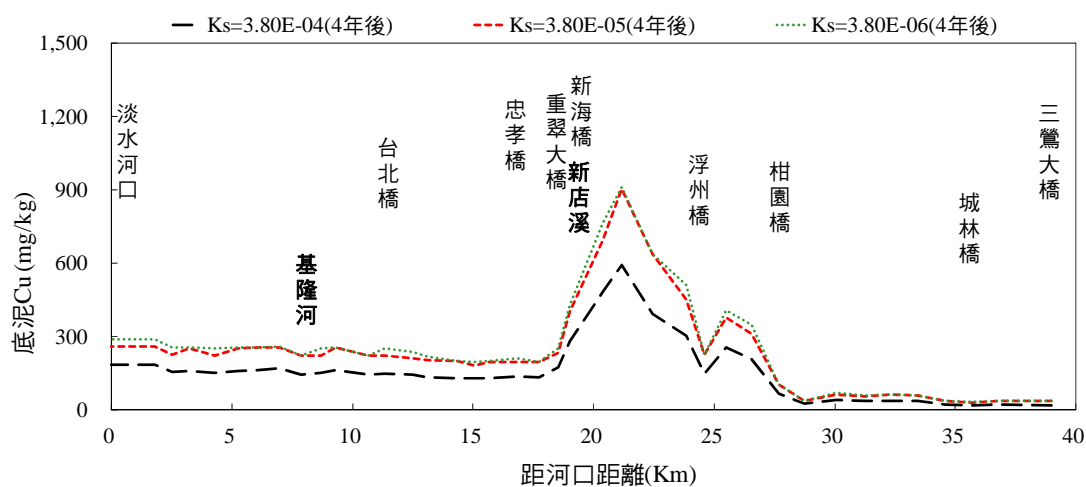


圖8.4-12 底泥受污對 K_s 敏感度分析

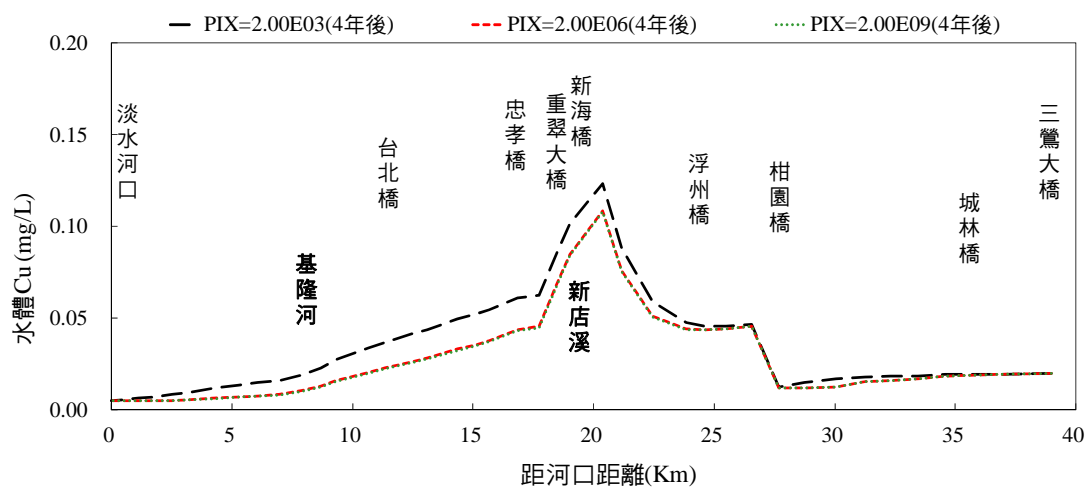


圖8.4-13 水體受污對PIX敏感度分析

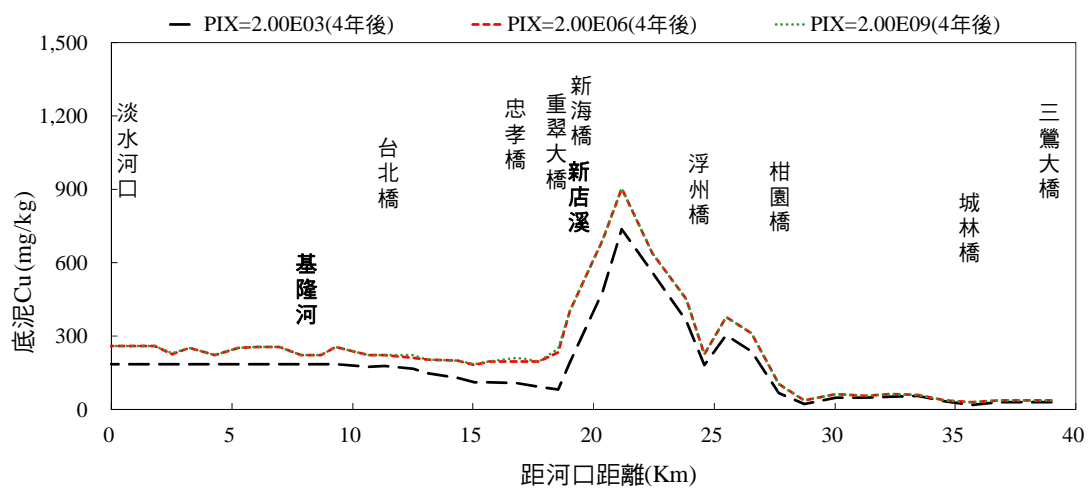


圖8.4-14 底泥受污對PIX敏感度分析

底泥污染整治情境分析 9

行政院環境保護署

底泥污染來源及傳輸模式調查計畫－以重點河川為例

第九章 底泥污染整治情境分析

為有效評估各項底泥污染整治措施之成效，可應用初步完成建置之底泥污染傳輸模式進行各項方案之情境模擬。底泥污染傳輸模式之情境模擬，係假設河槽為定床，忽略顆粒運動造成之侵蝕與淤積作用，在晴天時期之穩態水理條件下，評估各項管制措施與整治工法執行後之水體水質與底泥品質改善成效。因底泥與水體之傳流效率有明顯不同，在數日的短時間內不易觀察底泥品質之改善差異性，因此進行各項底泥污染改善方案之情境模擬時，必須考量長時間後之水體水質與底泥品質之分布，並與現行的水質或底泥標準或限值相比對（如保護人體健康環境基準、底泥品質上下限值），做為後續研議底泥污染管理方案或未來改善目標之參考。

底泥污染改善方案，依管制作為的實施目標，主要分為水污染管制與底泥污染清理二部分，其目的均在於減少污染排放行為，避免水體水質與底泥品質持續惡化。本計畫將以大漢溪之銅污染為例，以現況污染排放與底泥品質為前提，以4年的模擬時間為期，無任何管制作為之情境為所有方案之比較基礎，分析各項管制措施下，水體水質與底泥品質在整治後之改善成效。

9.1 水污染管制情境分析

以目前水質與底泥污染檢測成果分析，無論是水體或底泥，均含有部分超量的重金屬與或有毒且不易分解的有機化合物。此類污染物通常來自加工或化學合成後之產物，若在未受污染的天然環境下，在水體或底泥中之含量相當有限，通常不會造成人體健康風險或毒害性，若河段在中、下游呈現污染含量急速增加，甚至超出現有水體水質之限值時，可能是因為中、下游有高濃度或高負荷量之污染源排入所致；若底泥品質呈現超標，則可能是因為污染源為長期連續排放的狀態，造成水體維持高污染濃度，使污染物質有機會吸附於懸浮質之上，隨時間緩緩沉降於河床導致底泥持續受污。

一般而言，重金屬與有機物主要來自事業污水的排放居多，若能有效對沿岸水污染加強管制，達到污染減量排放的目的，則水體水質可獲得顯著的改善，長時間下，則可減緩底泥污染持續累積的情形。應用模式模擬沿岸污水排放在未管制、部分管制（銅污染減量排放 75%）以及全面管制（銅污染零排放）之情境，分析水體與底泥中銅污染之分布趨勢，詳如圖 9.1-1、圖 9.1-2 所示。

由模擬結果分析，當沿岸銅污染維持現況持續排放時，則水體銅濃度自柑園橋至台北橋間，將持續維持超出基準值（0.03mg/L）之高污染趨勢，而底泥為水中銅污染沉降之最終受體，若底泥對銅污染的總和淨化能力低於吸附沉降的影響時，則底泥銅污染將隨時間呈現累積的現象。

若能針對污水集污區內之銅污染排放量加以管制，使銅污染減量 75% 以上（末端排水至少減量 164kg/day 以上），則全流域水體銅含量約可呈現低於 0.03mg/L 之趨勢，初步達成保護人體健康環境基準限值之目標，惟底泥品質受銅污染持續吸附沉降之影響，雖然 4 年後之水體水質大幅度改善，惟底泥銅污染仍呈現小幅度增加之趨勢。

若能達成沿岸銅污染零排放之情境，則將能更進一步改善水體銅污染的影響，也因水中銅含量有限，銅污染吸附沉降的影響趨緩，透過垂向延散與底泥對銅污染的總和淨化能力，4 年後底泥銅污染將可比現況呈現小幅度的改善，詳如圖 9.1-3、圖 9.1-4 所示。若僅仰賴淨化水體對底泥進行自然處理，則保守估計至少需時 45 年~60 年，全流域底泥銅污染始能達到低於底泥品質指標上限值 157mg/kg 之初期目標。

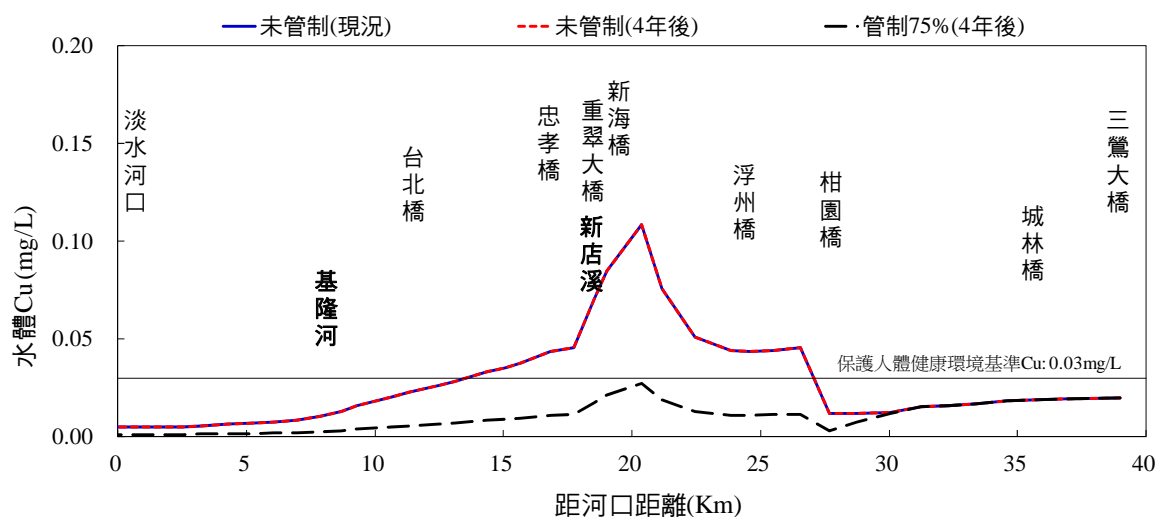


圖9.1-1 含銅污水減量管制之水體內銅濃度模擬

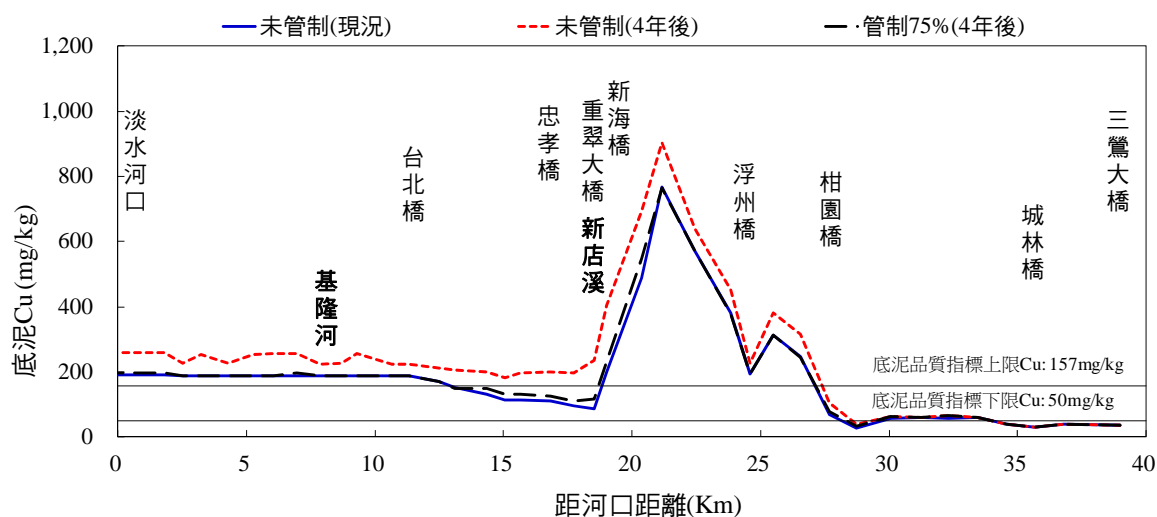


圖9.1-2 含銅污水減量管制之底泥品質(銅)模擬

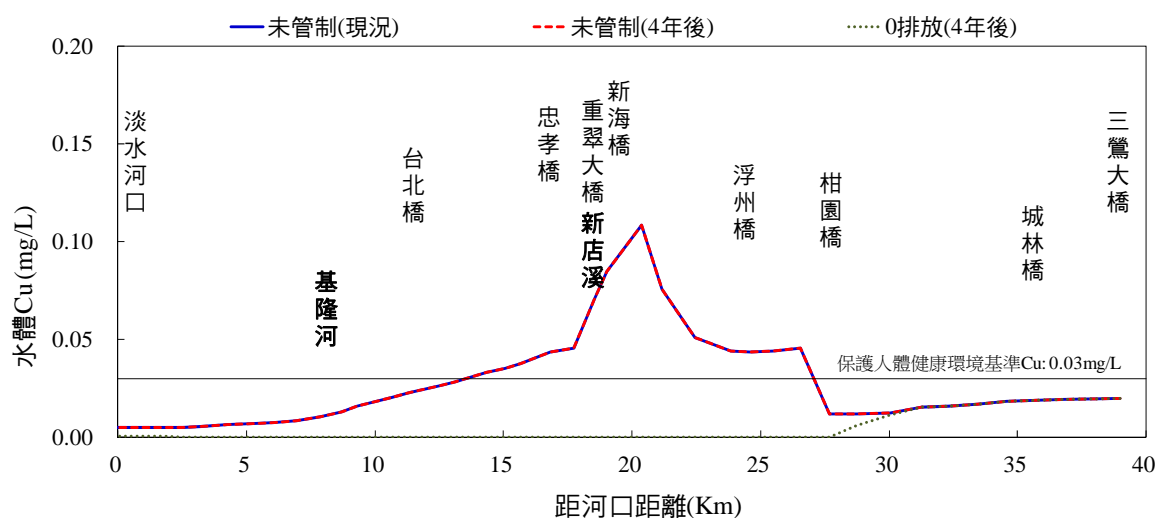


圖9.1-3 銅污染零排放之水體內銅濃度模擬

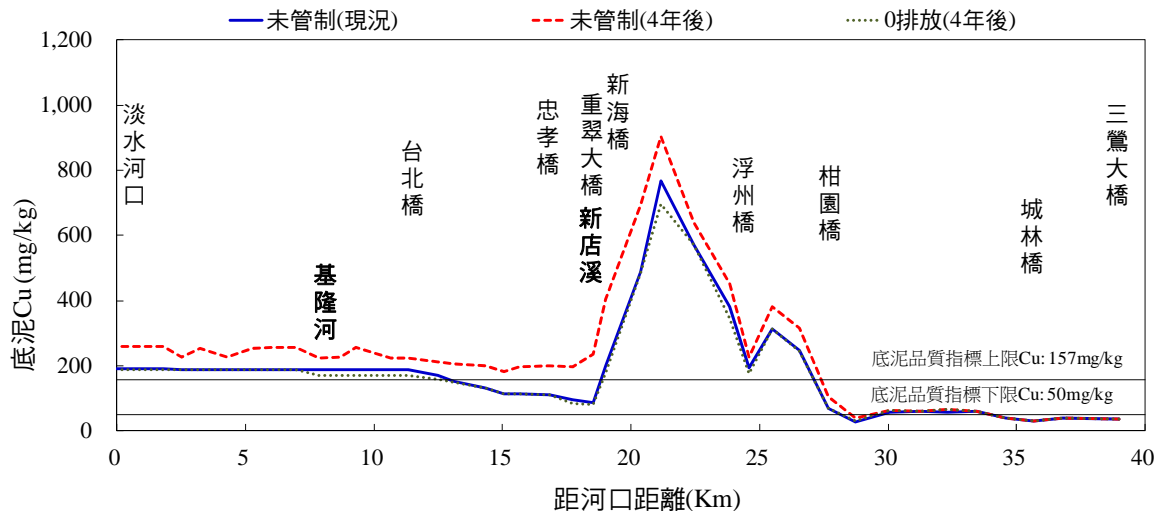


圖9.1-4 銅污染零排放之底泥品質(銅)模擬

9.2 底泥污染整治分析

若現行水污染防治之相關法規、或管制措施之執行，無法針對特定污染物質加以規範令其減量排放時，為避免底泥持續受污，則必須考量直接對受污底泥實施整治措施。

若能針對底泥中特定污染物施加化學藥劑、氧化劑或培養微生物，催化或加速底泥中污染物質轉化成無害物質的化學反應，則可在實驗室中進行添加相關藥劑後，底泥污染之衰減歷程，反求 K_s 值，再應用模式評估其底泥改善效益。

以目前模式設定底泥銅污染半衰期 50 年 ($K_s=3.8 \times 10^{-5}$ 1/day) 為比較基準，針對大漢溪柑園橋至重翠大橋間底泥銅污染較為嚴重之區域先行整治，假設直接對底泥添加可加速銅污染降低的藥劑，若能令其半衰期縮短為 10 年 ($K_s=1.9 \times 10^{-5}$ 1/day)、5 年 ($K_s=3.8 \times 10^{-4}$ 1/day)，應用模式分析結果如圖 9.2-1~圖 9.2-4 所示。

由模擬結果顯示，當源頭水污染未實施任何管制措施時，水體銅污染之分布趨勢將維持高污染狀態。底泥加藥後，若其污染降解效率高於吸附沉降之影響，則在一段時間後將可以達到初步的淨化效益；若污染降解效率低於吸附沉降影

響，則底泥污染依舊隨時間持續累積，惟可望降低污染增加幅度，延緩底泥品質惡化速度。由模式結果分析，當大漢溪中、下游全面施加藥劑時，新海橋上游受感潮推移的延散效應較小，銅污染自上游往下游傳流較快，吸附沉降效果較不顯著，底泥加藥後可得到較明顯的淨化效果；而新海橋下游水體受到感潮推移的延散效應顯著，水體稽延時間長，致使銅吸附沉降污染底泥的影響高於降解淨化的成效，底泥銅污染仍呈現持續累積的趨勢，惟底泥品質惡化的速度可望趨緩。

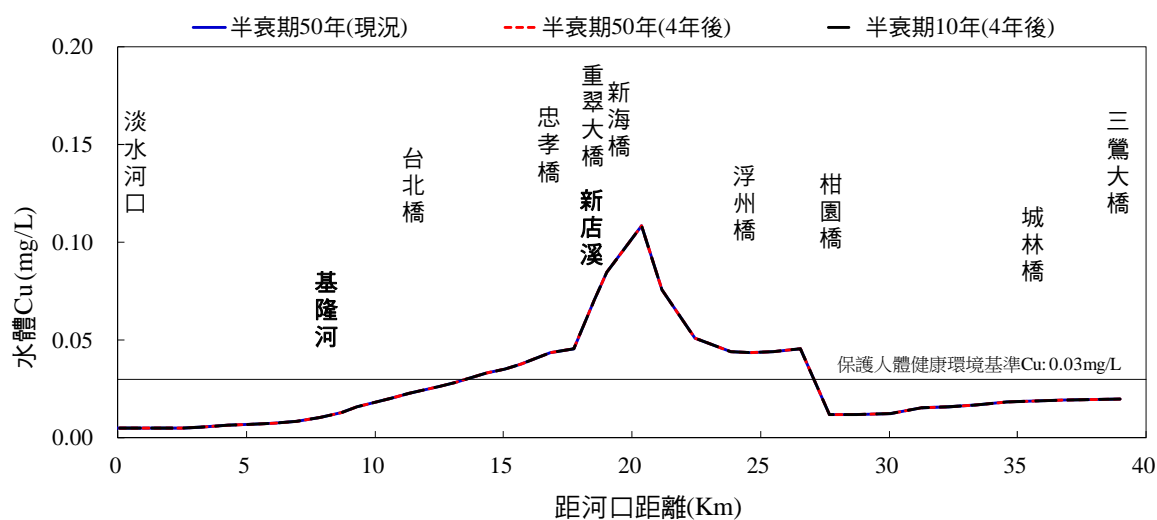


圖9.2-1 底泥半衰期10年之水體內銅濃度模擬

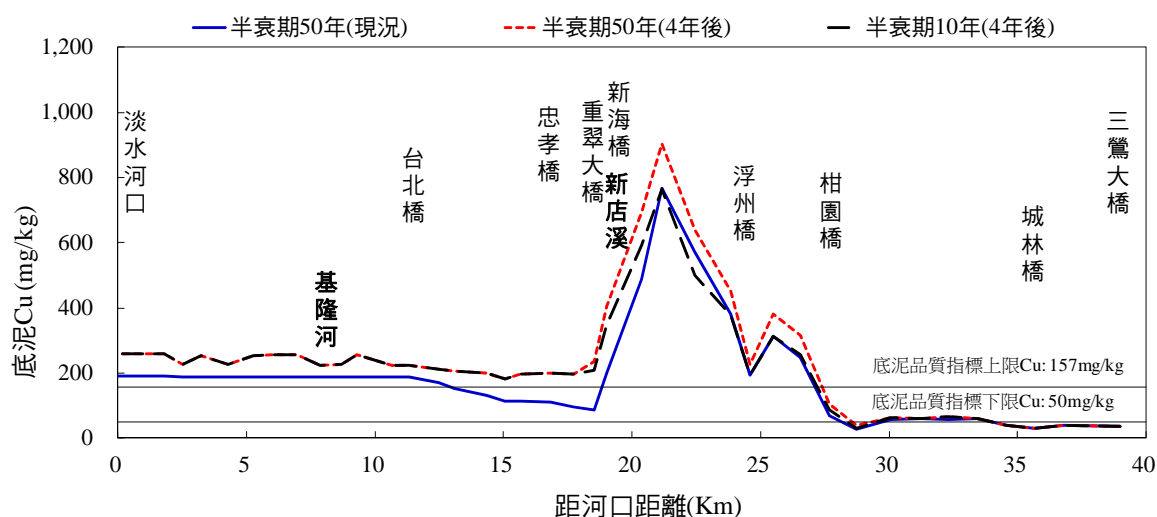


圖9.2-2 底泥半衰期10年之底泥品質(銅)模擬

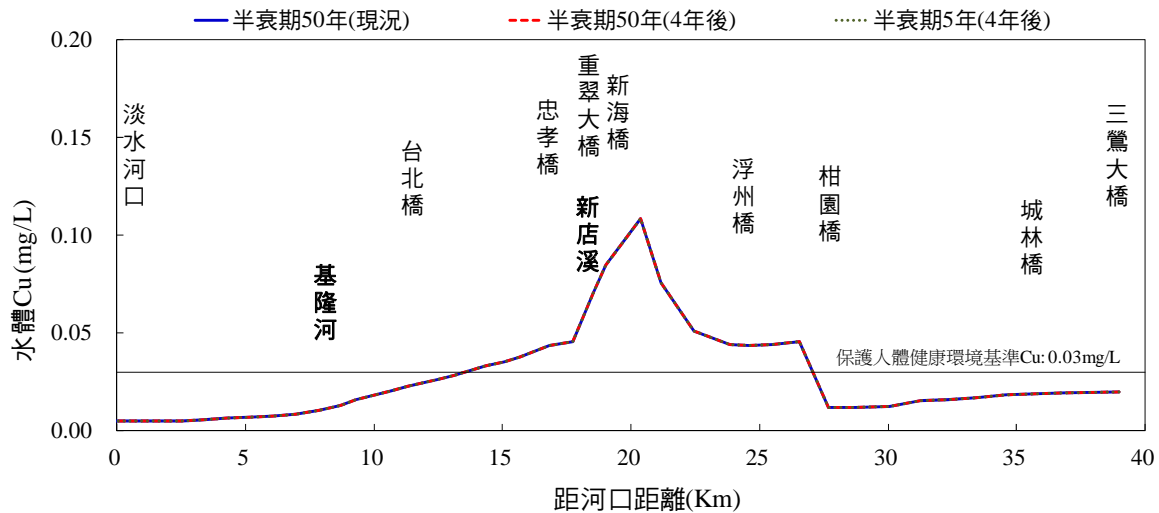


圖9.2-3 底泥半衰期5年之水體內銅濃度模擬

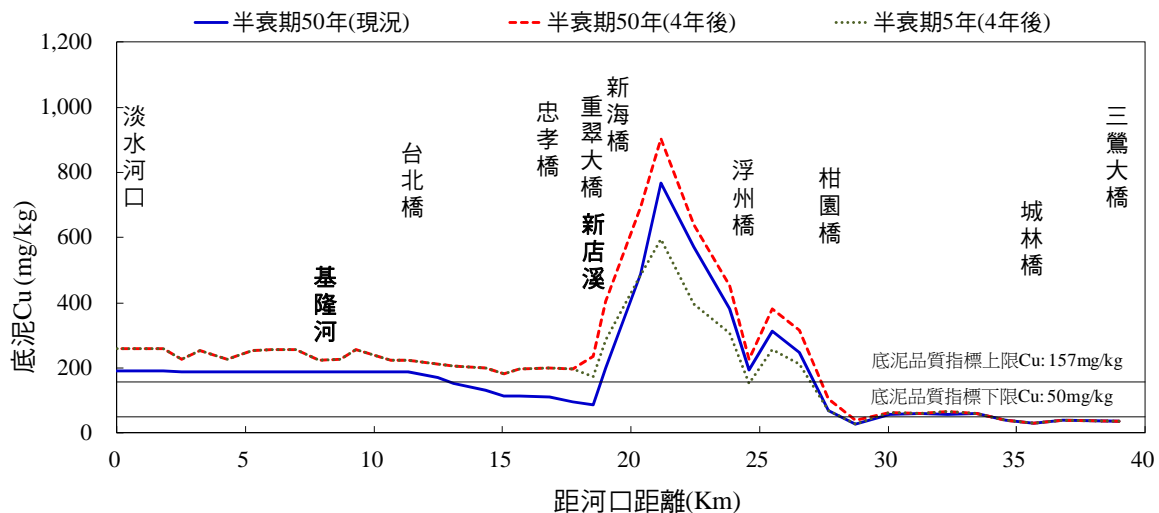


圖9.2-4 底泥半衰期5年之底泥品質(銅)模擬

若於受污底泥上施設淨化處理設備，或種植具有吸收並貯存污染物質之水生植物，則可藉由推算污染去除量，應用模式評估底泥污染改善成效，惟應用此類處理方法必須考量河床底泥厚度，若受污底泥太淺或所在河床組成大多為礫石，則必須進一步考量整治工法之適用性與底泥淨化成效。配合本計畫之底泥採樣調查成果，考量底泥分布情形，則針對大漢溪底泥組成粒徑較細小均勻之浮洲橋至重翠大橋間之河段進行整治，假設相關淨化設施或水生植物之鋪植可使底泥中銅

的去除量分別達到 1kg/day-km 與 3kg/day-km ，則應用模式分析結果如圖 9.2-5~圖 9.2-8 所示。

由模式結果分析，無論是針對底泥添加藥劑加速污染降解、或是針對受污底泥施設淨化設施或鋪植水生植物吸收污染，都會因受到水體水質傳流效率與吸附沉降行為，影響底泥污染的改善成效，當污染去除量低於吸附沉降的污染量時，僅能使底泥品質惡化的情形趨緩，無法達到淨化底泥的功能。

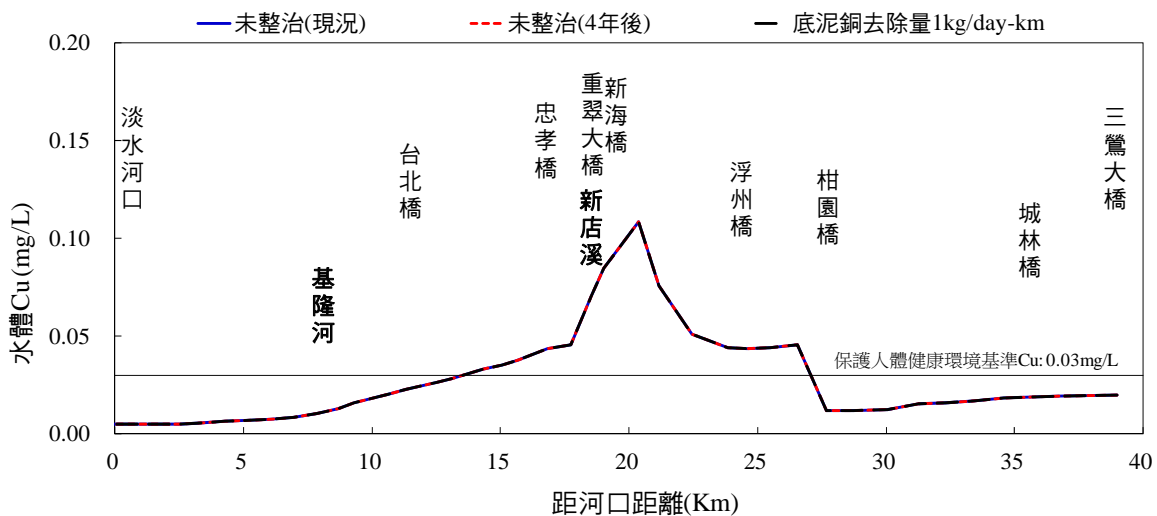


圖9.2-5 底泥(銅)去除量 1kg/day-km 之水體內銅濃度模擬

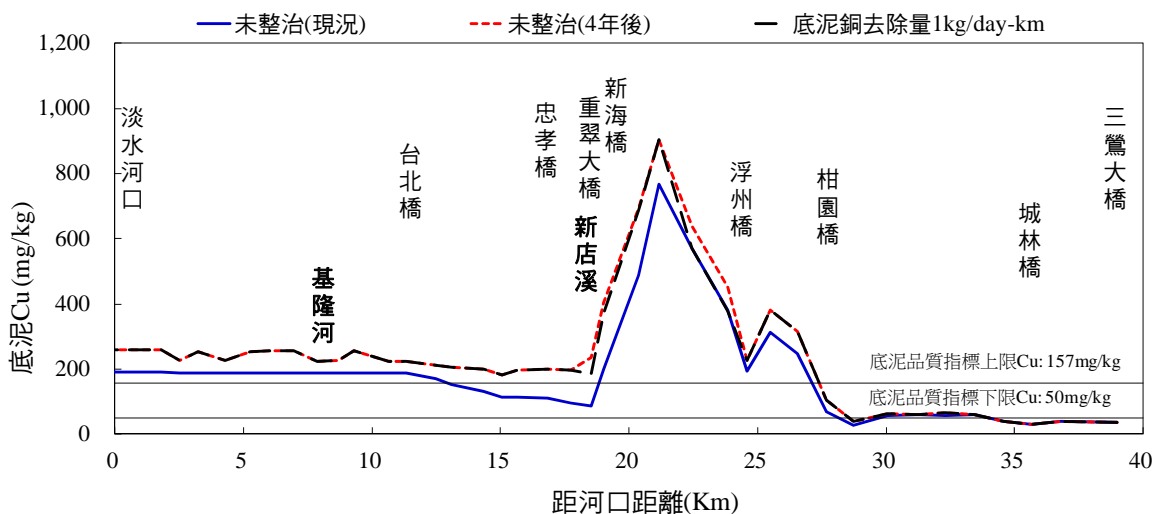


圖9.2-6底泥(銅)去除量 1kg/day-km 之底泥品質(銅)模擬

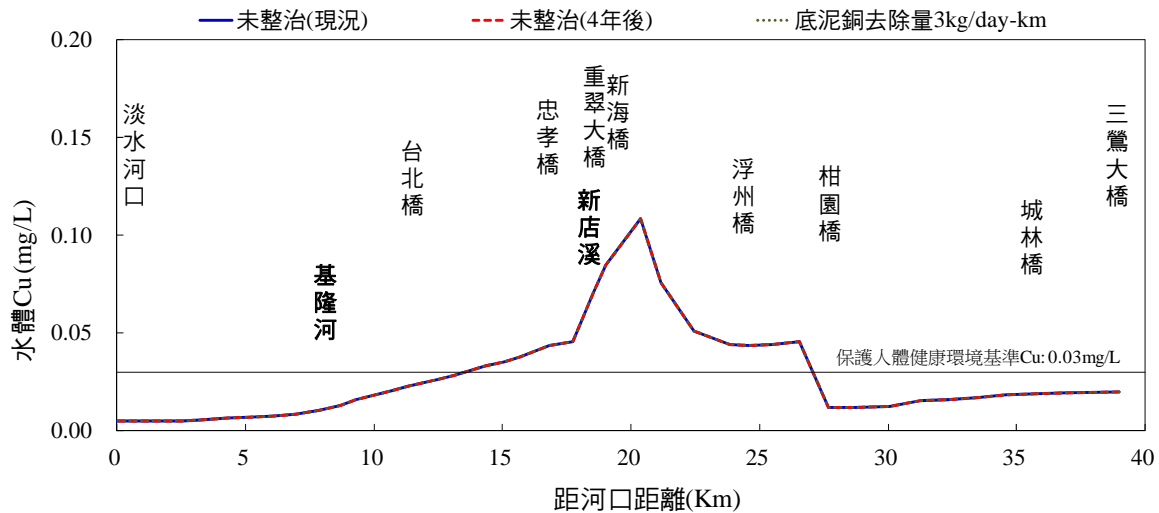


圖9.2-7底泥(銅)去除量3kg/day-km之水體內銅濃度模擬

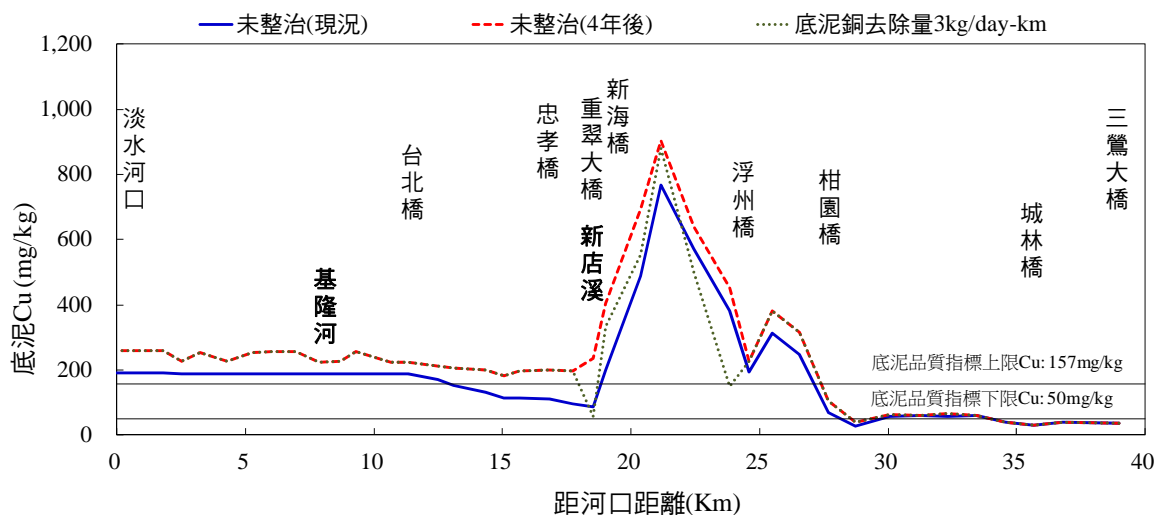


圖9.2-8底泥(銅)去除量3kg/day-km之底泥品質(銅)模擬

水下覆蓋法係阻隔底泥受污路徑，而底泥濬除後離境處理則為徹底清除底泥污染之措施，兩者雖在處理程序上有所差異，但對於流域環境而言，則均可視為底泥環境完全重置。因此當相關整治措施完成後，必續透過重新調整模式中底泥環境之初始條件，進行後續相關管理方案或整治措施下的連續模擬。針對目前底泥污染情形較為嚴重的柑園橋至重翠大橋進行水下覆蓋或底泥濬除，當完成整治後，假設新的底泥銅含量均低於底泥品質指標下限值，分別為 0mg/kg 與

45mg/kg，在水污染未受管制減量條件下，進行以 4 年為期之情境模擬，模式模擬結果詳如圖 9.2-9~圖 9.2-12 所示。

由模擬結果分析，底泥污染清除後，若源頭水污染不進行管制，則一段時間後，底泥品質將因污染的吸附沉降作用，隨時間逐漸惡化，甚至超出上限值。底泥品質惡化的程度，主要仍依水體水質與傳流、延散、吸附、沉降等因素而異。由模擬結果可推估，底泥環境重置後之河段，柑園橋至浮洲橋河段大約可維持 4~6 年、浮洲橋下游段僅能維持 1~2 年之底泥品質低於上限值之趨勢。

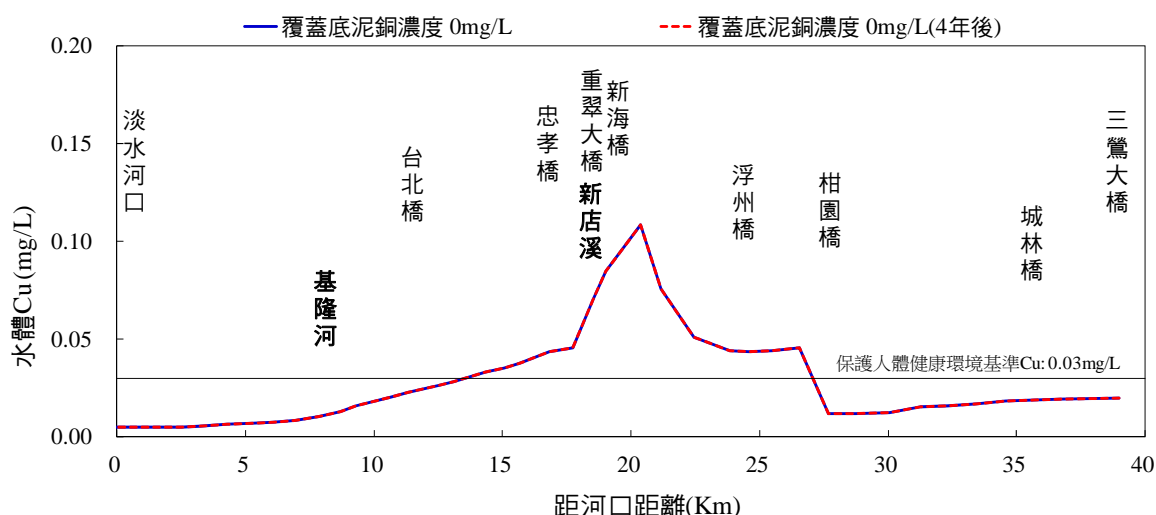


圖9.2-9 底泥污染全清除之水體內銅濃度模擬

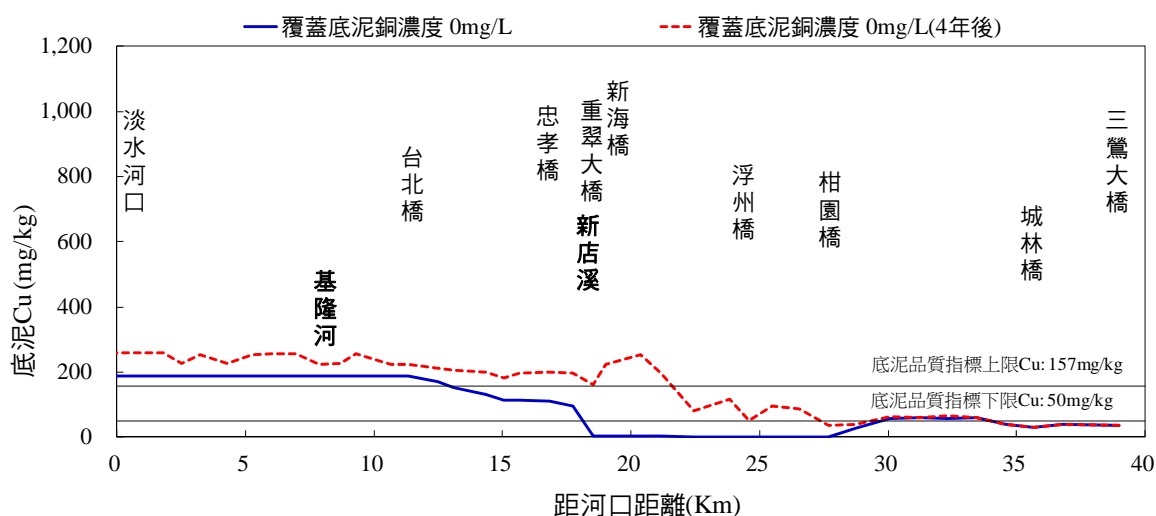


圖9.2-10 底泥污染全清除之底泥品質(銅)模擬

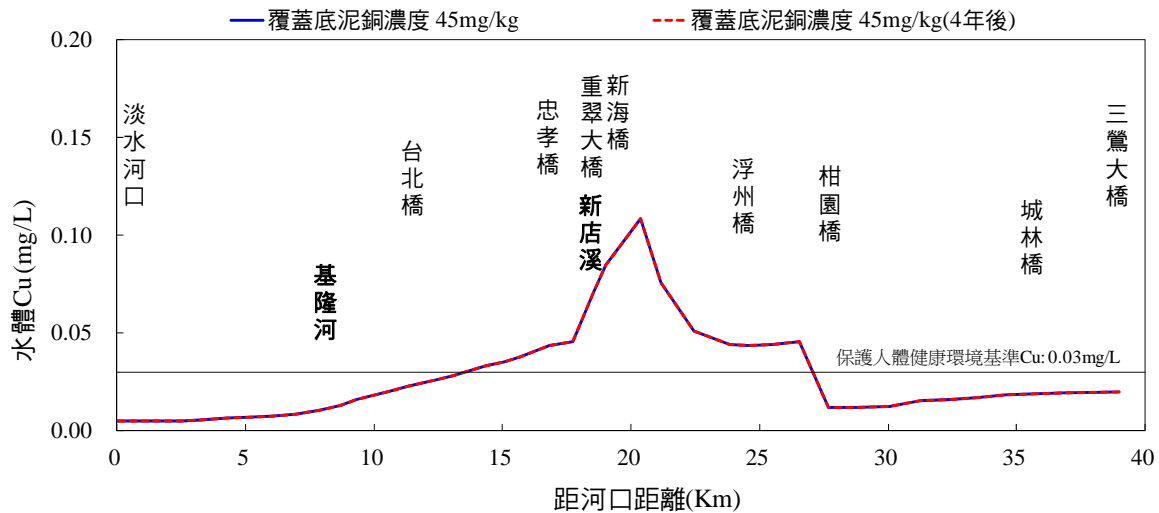


圖9.2-11 底泥清除至指標下限之水體內銅濃度模擬

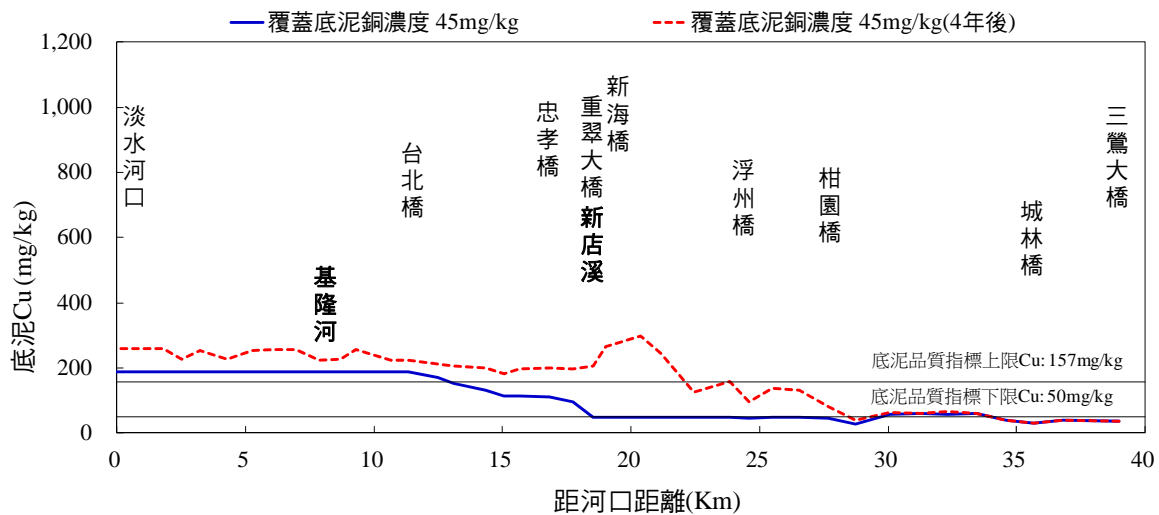


圖9.2-12 底泥清除至指標下限之底泥品質(銅)模擬

9.3 水體底泥綜合整治情境模擬

由前述章節之情境模擬與分析，可初步推論底泥污染之來源，主要來自河面上與沿岸的污染排放行為，若未進行水污染管理，通常難以有效抑制底泥污染的持續累積，即使進行大範圍的底泥污染整治或清除，底泥污染低於限值之趨勢亦僅能維持一段有限時間，無法長期維持良好的底泥品質；惟若僅針對水污染進行減量措施後進行自然淨化，則通常需耗時 10 年以上的時間，方能呈現較為顯著的改善成效。因此為有效維持良好底泥品質，必須雙管齊下，同步進行水污染管制與底泥污染整治，加速達成底泥污染改善目標。

相關底泥污染整治之情境模擬，以銅污染為例，在底泥污染已完成去除，並使底泥品質達到優於下限值之先決條件下，配合其他污染減量管制與整治工法之實行，評估底泥品質之改善效益，做為未來整治工作實施之參考，各項情境彙整如表 9.3-1，情境分析詳述如後：

表 9.3-1 底泥污染整治情境設定

項次	情境說明	配合措施與整治工法	模式設定
1	底泥污染清除+水污染減量管制	全流域污水減量 50%	以 50% 等比例削減全流域銅污染負荷量 109kg/day
		全流域污水減量 75%	以 75% 等比例削減全流域銅污染負荷量 164kg/day
2	底泥污染清除+特定污染源有效減量管制	全流域污水減量 75%	以 75% 等比例削減全流域銅污染負荷量 164kg/day
		大安圳導水閘門排水、沙崙排水、塔寮坑溪污水截流 80~85%	削減銅污染負荷量 161kg/day
3	底泥污染清除+特定污染源有限減量+底泥污染現地處理	柑園橋至重翠大橋底泥污染現地處理，加速銅污染降解	銅污染半衰期加速為 5 年， $K_s=3.8 \times 10^{-4}$ 1/day
		(1) 柑園橋至重翠大橋底泥污染現地處理，加速銅污染降解 (2) 大安圳導水閘門排水、沙崙排水、塔寮坑溪污水截流減量 50%	銅污染半衰期加速為 5 年， $K_s=3.8 \times 10^{-4}$ 1/day 削減銅污染負荷量 101kg/day
4	底泥污染清除+特定污染源有效減量管制+底泥污染現地處理	大安圳導水閘門排水、沙崙排水、塔寮坑溪污水截流減量 80~85%	削減銅污染負荷量 161kg/day
		(1) 柑園橋至重翠大橋底泥污染現地處理，加速銅污染降解 (2) 大安圳導水閘門排水、沙崙排水、塔寮坑溪污水截流減量 80~85%	銅污染半衰期加速為 5 年， $K_s=3.8 \times 10^{-4}$ 1/day 削減銅污染負荷量 161kg/day

9.3.1 底泥污染清除配合水污染減量管制

因底泥自然淨化反應緩慢，為避免高污染底泥造成水域環境污染與生物毒害風險，必須隔斷高污染含量之底泥與水體或生物的接觸路徑，或避免直接暴露於水域環境之中，因此施以水下覆蓋或離境處理方式，重置較為良好的底泥環境；

此外，必須有效管制源頭水污染，改善河川水質水質並減少污染來源，減緩底泥污染累積的趨勢，使河川水體水質與底泥品質在經過整治後，能維持長時間的穩定良好狀態。

通常流域內之事業水污染之排放情形，受到稽查管制之執行成效、現行法規的限制、或經濟層面的衝擊，因其影響層面較廣，排放標準之訂定與管制成效通常難以一蹴而成，常以分階段的方式達到污染減量排放的目標。以全流域污染總量管制的方式限制污染排放，若初期無法針對流域內各子集污區污染排放特性或特定污染源加以管制時，則僅能以等去除率方式，評估水污染減量對於水體水質與底泥品質之改善效益。

以大漢溪銅污染為例進行情境分析，就河川水體水質而言，初步考量銅污染減半排放與全流域達成保護人體健康環境基準（銅濃度 $<0.03\text{mg/L}$ ）為水體改善目標，配合大漢溪柑園橋至重翠大橋間之底泥污染清除措施，令重置後之大漢溪底泥品質優於下限值（ 25mg/kg ），應用模式評估 4 年後水體與底泥之銅污染分布趨勢，詳如圖 9.3-1、圖 9.3-2 所示。

由模式模擬結果分析，在底泥污染整治完成後，配合沿岸污水排放管制，當全流域銅污染減量 50%（銅污染減量 109kg/day 以上），新海橋至重翠大橋間水質仍無法達到低於基準值 0.03mg/L 之目標，且底泥受水體銅濃度仍偏高的影響，在整治 4 年後，將可能呈現銅污染濃度超出底泥品質上限的趨勢。若欲達成全流域水體銅濃度低於基準值以下，則全流域污染排放量必須減量 75% 以上（銅污染負荷減量 164kg/day ），底泥銅濃度可維持約 8~10 年低於品質指標上限之趨勢。

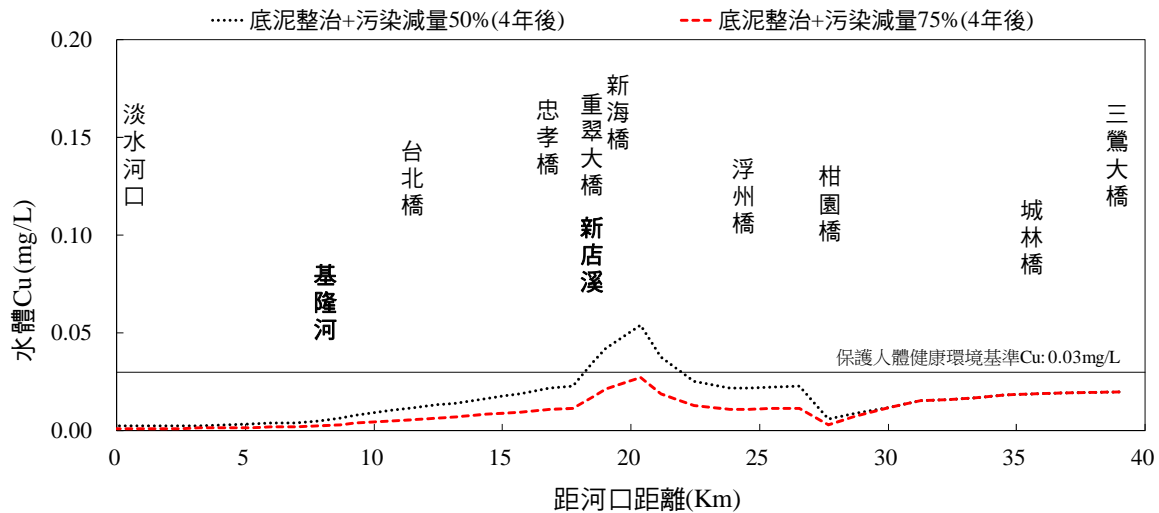


圖9.3-1 底泥污染清除與水污管制之水體內銅濃度模擬

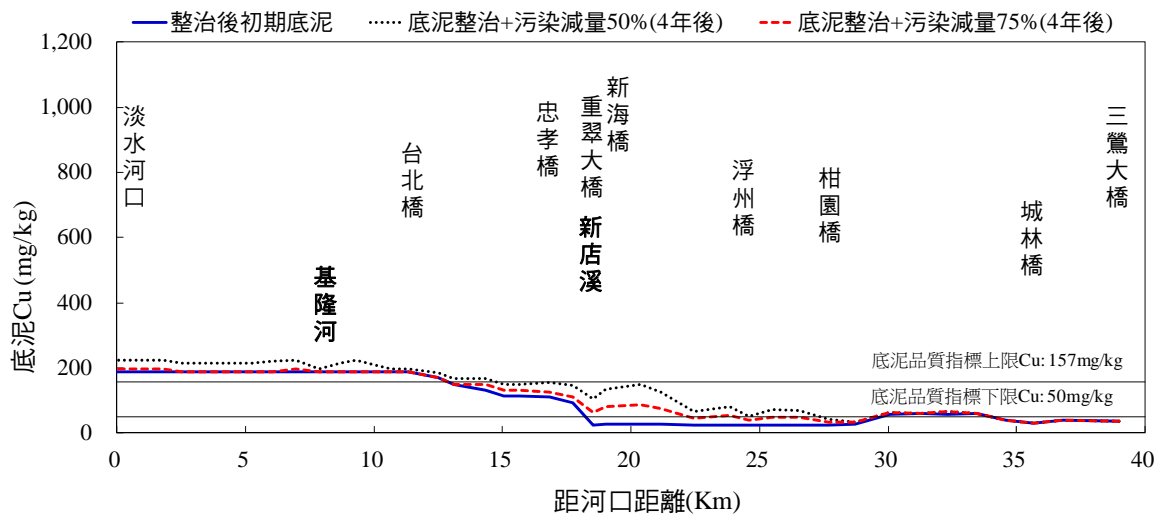


圖9.3-2 底泥污染清除與水污管制之底泥品質(銅)模擬

9.3.2 底泥污染清除配合特定污染排放源管制

一般而言，全面性的水污染管制措施，必須透過法規的修訂與稽查管制的執行，方能有顯著成效，然而並非沿岸污染排放量均含有高污染濃度或高污染負荷量，若能針對特定污染排放源，以重點式或局部性的方式，運用較少的時間與成本進行污染減量或預處理，避免大量污染直接排入河川水體，同樣能達到預期的初步整治目標。

依本計畫調查成果，大漢溪沿岸銅污染排放以大安圳導水閘門排水（濃度：

0.61mg/L、負荷量：28kg/day）、沙崙排水（濃度：0.08mg/L、負荷量：2kg/day）、塔寮坑溪（濃度：0.91mg/L、負荷量：171kg/day）為高濃度高負荷量之污染排水。若能將此 3 處 80%~85%之污水分別截流至鄰近工業區或截流站，預計可削減銅負荷量約 161kg/day，配合已完成底泥污染清除並重置之條件，應用模式評估改善成效，模擬結果詳如圖 9.3-3、圖 9.3-4 所示。

由模式模擬結果分析，大漢溪底泥污染整治完成後，配合特定污染源減量管制，則水體銅濃度可仍達成低於基準值以下之預期目標，底泥銅濃度可維持約 8~10 年低於品質指標上限之趨勢。

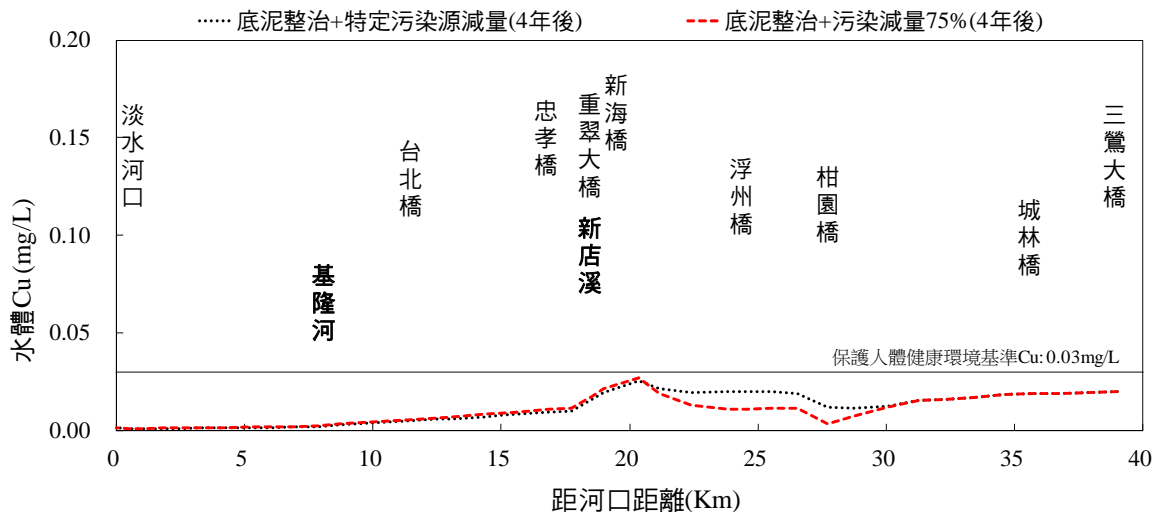


圖9.3-3 底泥污染清除與特定污染源管制之水體內銅濃度模擬

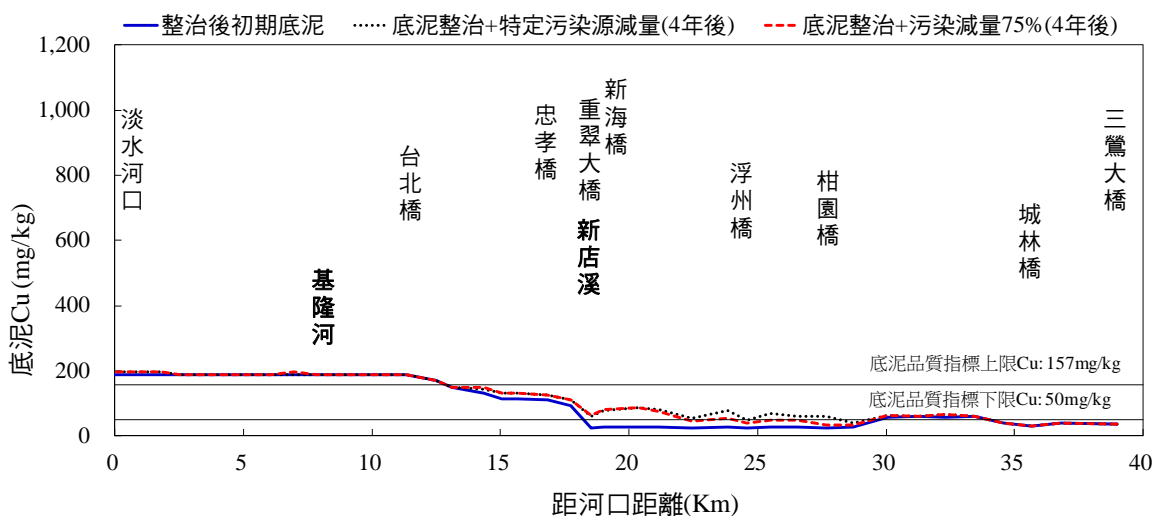


圖9.3-4 底泥污染清除與特定污染源管制之底泥品質(銅)模擬

9.3.3 底泥污染清除配合現地處理

在沿岸的源頭水污染未加以管制或管制成效有限的條件下，若底泥污染程度已經達到對水域環境有立即性的危害時，仍然必須直接清除受污底泥，並施加抑制污染生成的藥劑，延緩底泥受污情形，然而在污染來源的管控成效有限時，底泥污染仍有可能迅速地累積，影響先期底泥整治工作的污染改善成效。

針對受污情形較嚴重的柑園橋至重翠大橋進行底泥污染清除，並施以藥劑加速底泥銅污染降解（半衰期加速為 5 年，即令 $K_s=3.8 \times 10^{-4}$ 1/day），惟若面臨無法應用現行法規或現行管制措施對水污染進行減量，或受制於現實條件僅能針對特定污染源（大安圳導水閘門排水、沙崙排水、塔寮坑溪）進行 50%減量排放時，應用模式評估其污染改善成效，詳如圖 9.3-5、圖 9.3-6。

由模式結果分析，當源頭水污染僅能有限度地進行管制或未管制時，水體銅濃度將無法達成低於基準值之目標，在水污染無法加以有效改善條件下，即使將底泥污染清除後並加藥抑制，底泥品質也僅能維持數年低於上限值的良好狀況。若水污染未管制，則底泥在 3 年以內就會呈現超出上限值的趨勢，若針對重大污染源進行 50%的減量，也會在大約 6 年左右呈現超出上限值之趨勢。

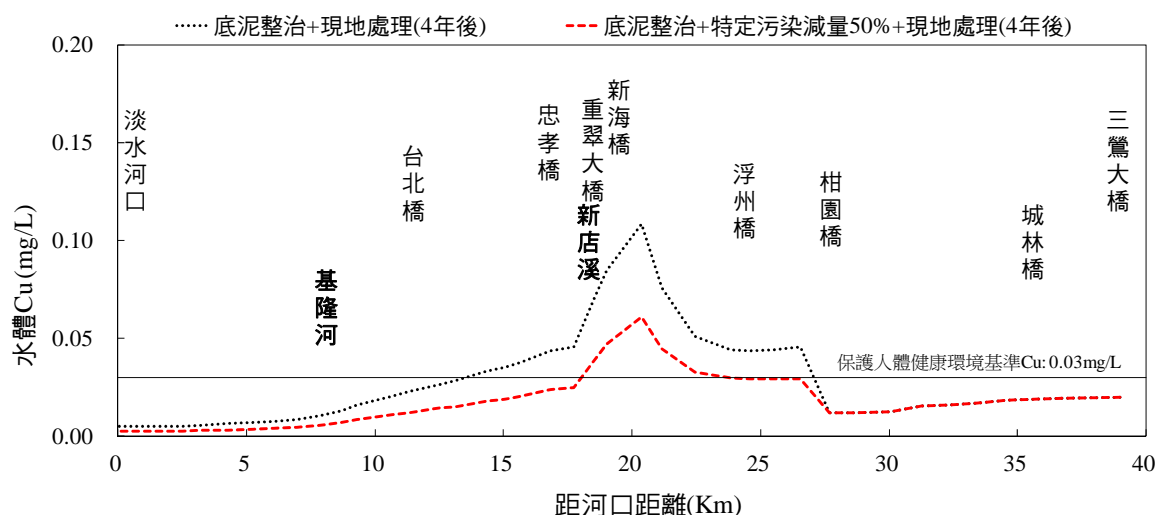


圖9.3-5 底泥加藥處理與污染源有限管制之水體內銅濃度模擬

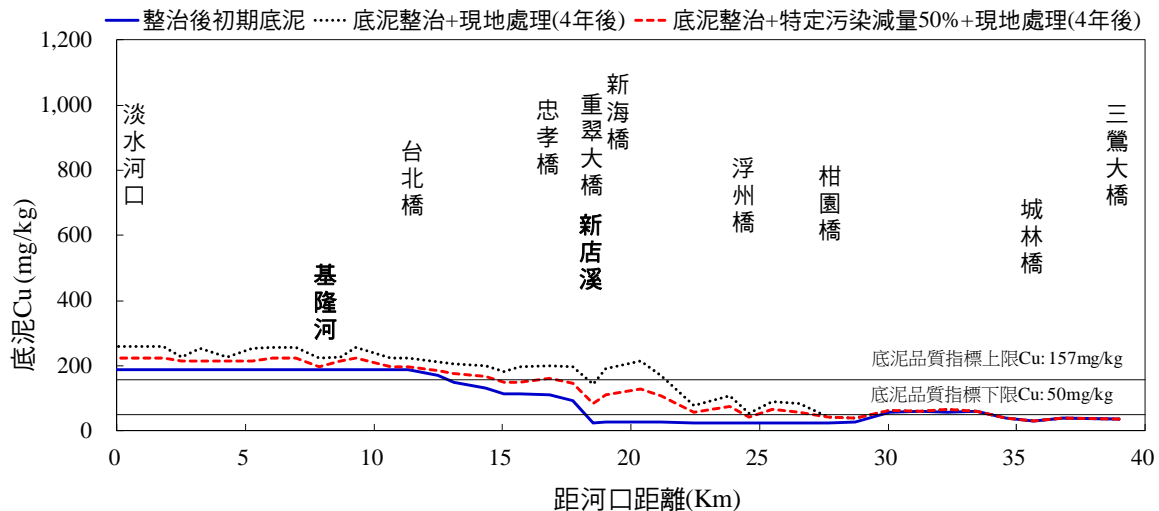


圖9.3-6 底泥加藥處理與污染源有限管制之底泥品質(銅)模擬

9.3.4 底泥污染清除配合特定污染排放源管制與現地處理

當底泥污染清除與水污染管制後，可以初步達成水體水質與底泥品質維持一段時間的良好與穩定，惟底泥污染清除的成本高昂，且施工困難度高，且河床底泥的擾動通常都會造成水體水質與水域生態的衝擊。若能持續針對整治後的區域實施現地淨化工法，進一步延緩甚至改善底泥品質惡化情形，除了能降低底泥品質的維護成本之外，更能進一步達成河川流域內水體水質、底泥品質與生態安全的永續經營。

理想狀態下，針對特定污染源（如大安圳導水閘門排水、沙崙排水、塔寮坑溪）進行預定減量目標後，再進行水下覆蓋或濬除等底泥重置，使水體銅濃度與底泥品質均能達到基準值與下限值以下，再針對整治後之區域添加適當藥劑，加速底泥銅污染之降解（半衰期加速為 5 年，即令 $K_s=3.8 \times 10^{-4}$ 1/day），則在此條件下，應用模式進行改善效益評估，詳如圖 9.3-7、圖 9.3-8 所示。

由模式結果分析，若能同步達成水體與底泥銅污染均低於基準值與下限值之預期改善目標，再施以藥劑抑制底泥銅污染之累積，可有效減緩底泥銅污染惡化的情形。初步推估在 30~40 年之後，底泥銅污染才會逐漸呈現超出底泥品質上限值之惡化趨勢。

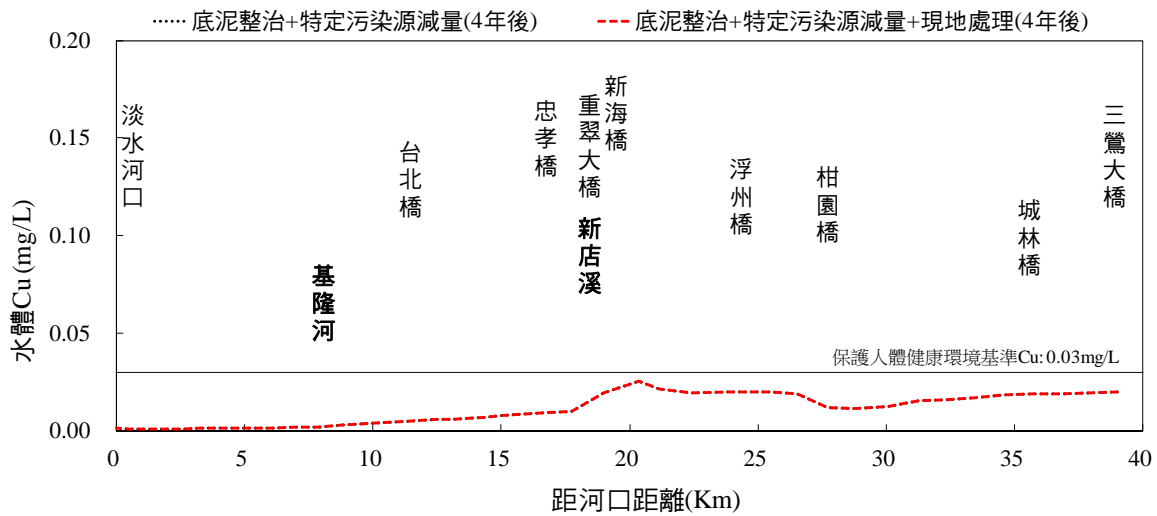


圖9.3-7 達標後再淨化處理之水體內銅濃度模擬

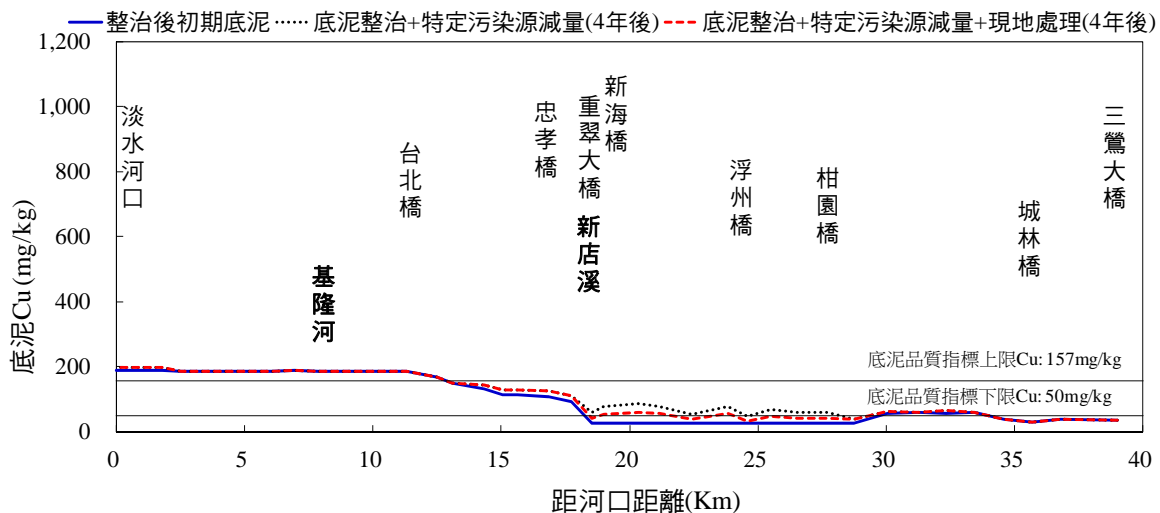


圖9.3-8 達標後再淨化處理之底泥品質(銅)模擬

比對未進行任何管制與整治之現況，以及最能維持良好水體水體與底泥品質之方案(特定污染源減量管制、配合底泥污染整治清除以及底泥現地淨化處理)，應用模式演算成果推估質量淨收支，以新海橋測站為例(距離河口 20.36km 處)，當外部污染負荷進入水體均勻混合後，未整治時，水體銅濃度為 0.108mg/L，銅入流量 45.09/day、出流量 64.81/day、水體貯留量 23.75/day、沉降通量 8.46×10^{-5} kg/day，底泥銅濃度 4 年後將由 768mg/kg 上升至 904mg/kg；整治後，

水體銅濃度為 0.027mg/L，銅入流量 11.27/day、出流量 16.20/day、水體貯留量 5.94/day、沉降通量 2.11×10^{-5} kg/day，配合底泥污染清理，底泥銅濃度 4 年後將由 25mg/kg 上升至 61mg/kg，分析 4 年後之銅汙染流布趨勢，水體水質與底泥品質將呈現顯著差異，顯示水質與底泥之聯合整治，方能長期維護良好的水體水質與底泥品質。

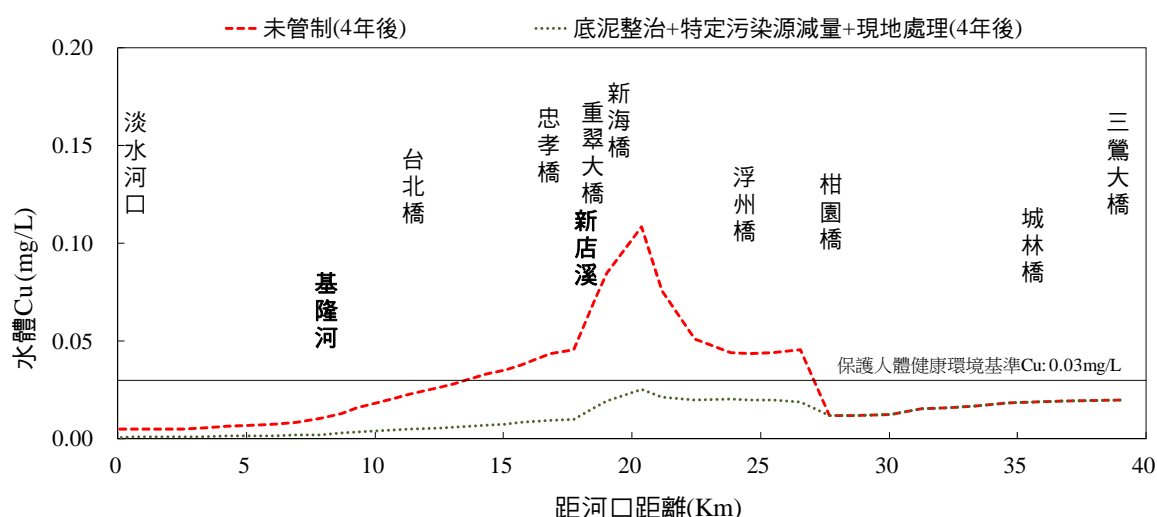


圖9.3-9 未整治與完善整治之水質差異

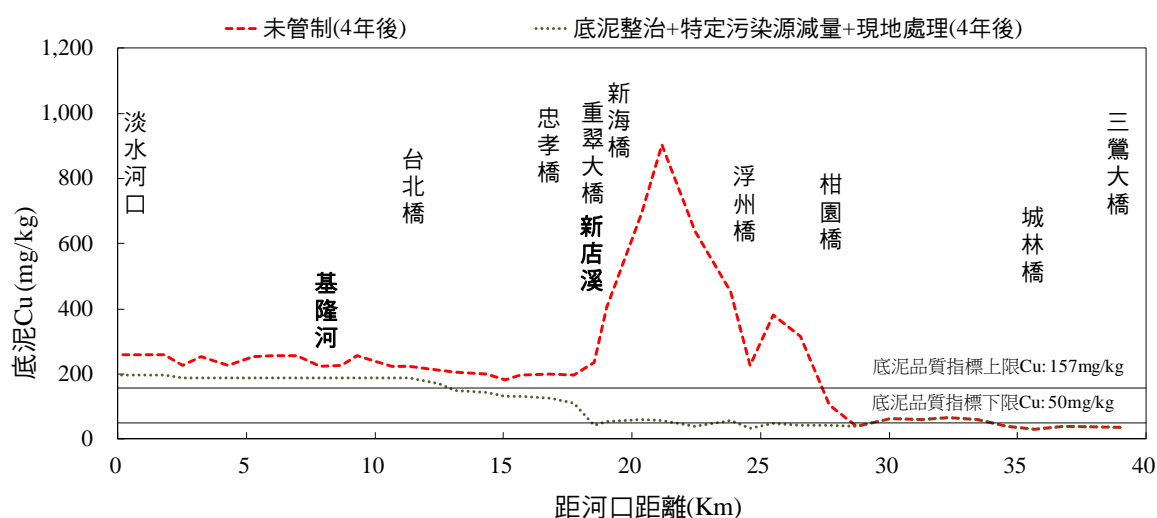


圖9.3-10 未整治與完善整治之底泥品質差異

9.3.5 綜合評析

綜合上述小節之各種污染改善措施之情境模擬，底泥污染大部分以上游源頭污染排放所致，在尚未對水污染加以有效管制之前，直接進行底泥污染整治或清

除，並不能長時間有效維持良好的底泥品質。若能有效管制水污染，令其減量排放使承受水體銅濃度維持在基準值 0.03mg/L 以下時，再進行受污底泥清除作業，方能長期有效維持良好的底泥品質，彙整上述各情境之效益分析結果如表 9.3-2 所示。

表 9.3-2 各底泥污染整治情境改善效益分析

項次	情境說明	配合措施與整治工法	模式設定	目標達成情形與污染改善效益
1	底泥污染清除+水污染減量管制	全流域污水減量 50%	以 50% 等比例削減全流域銅污染負荷量 109kg/day	水質：部分河段銅濃度高於基準值 0.03mg/L 底泥：整治後約 4 年超出上限值 157mg/kg
		全流域污水減量 75%	以 75% 等比例削減全流域銅污染負荷量 164kg/day	水質：全河段銅濃度可低於基準值 0.03mg/L 底泥：整治後約 8~10 年超出上限值 157mg/kg
2	底泥污染清除+特定污染源有效減量管制	全流域污水減量 75%	以 75% 等比例削減全流域銅污染負荷量 164kg/day	水質：全河段銅濃度可低於基準值 0.03mg/L 底泥：整治後約 8~10 年超出上限值 157mg/kg
		大安圳導水閘門排水、沙崙排水、塔寮坑溪污水截流 80~85%	削減銅污染負荷量 161kg/day	水質：全河段銅濃度可低於基準值 0.03mg/L 底泥：整治後約 8~10 年超出上限值 157mg/kg
3	底泥污染清除+特定污染源有限減量+底泥污染現地處理	柑園橋至重翠大橋底泥污染現地處理，加速銅污染降解	銅污染半衰期加速為 5 年， $K_s=3.8 \times 10^{-4} \text{ 1/day}$	水質：部分河段銅濃度高於基準值 0.03mg/L 底泥：整治後約 3 年超出上限值 157mg/kg
		(1)柑園橋至重翠大橋底泥污染現地處理，加速銅污染降解 (2)大安圳導水閘門排水、沙崙排水、塔寮坑溪污水截流減量 50%	銅污染半衰期加速為 5 年， $K_s=3.8 \times 10^{-4} \text{ 1/day}$ 削減銅污染負荷量 101kg/day	水質：部分河段銅濃度高於基準值 0.03mg/L 底泥：整治後約 6 年超出上限值 157mg/kg
4	底泥污染清除+特定污染源有效減量管制+底泥污染現地處理	大安圳導水閘門排水、沙崙排水、塔寮坑溪污水截流減量 80~85%	削減銅污染負荷量 161kg/day	水質：全河段銅濃度可低於基準值 0.03mg/L 底泥：整治後約 8~10 年超出上限值 157mg/kg
		(1)柑園橋至重翠大橋底泥污染現地處理，加速銅污染降解 (2)大安圳導水閘門排水、沙崙排水、塔寮坑溪污水截流減量 80~85%	銅污染半衰期加速為 5 年， $K_s=3.8 \times 10^{-4} \text{ 1/day}$ 削減銅污染負荷量 161kg/day	水質：全河段銅濃度可低於基準值 0.03mg/L 底泥：整治後約 30 年超出上限值 157mg/kg

若以單測站(新海橋為例)分析以上各種情境於整治策略執行 4 年後之底泥品質狀況比較如圖 9.3-11 所示。

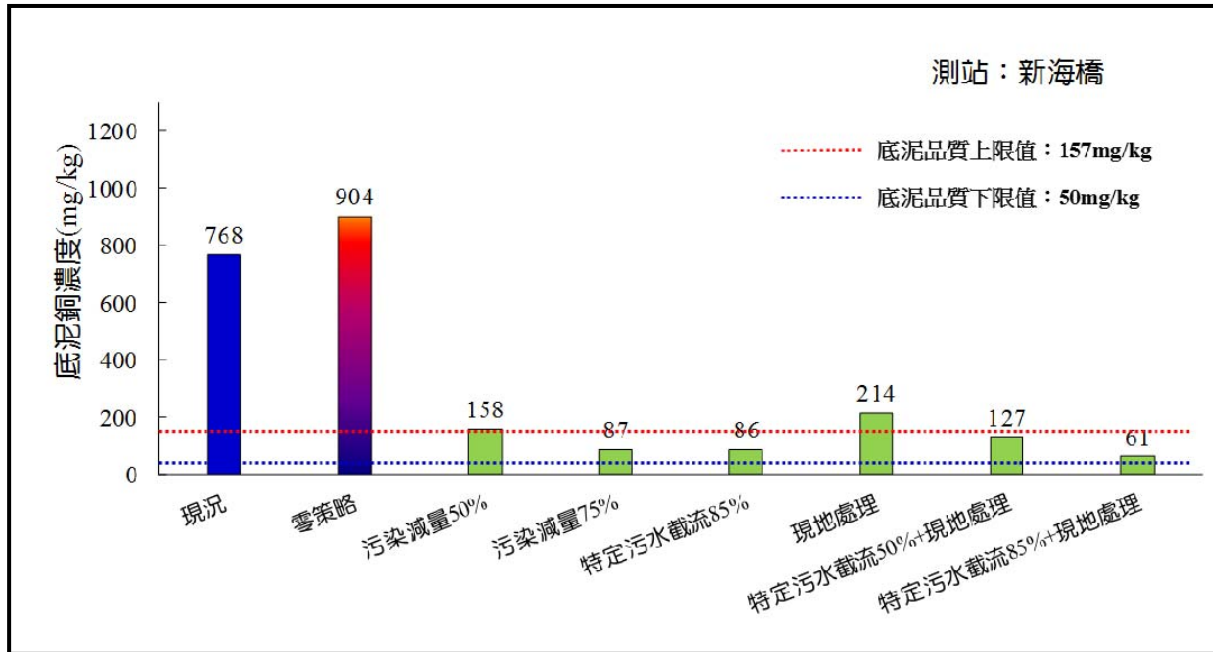


圖9.3-11 不同整治策略執行4年後之底泥品質比較

由圖 9.3-11 中可知，透過模式可分別量化及評估不同整治策略之執行成效，並據以比較，其中以雙管齊下之效果最佳，若因資源有限的情況下，無法同時進行污染源管制及底泥整治工程時，應以污染源管制為優先，其次再進行底泥整治工程。另外針對後續必須採取離境處理之受污底泥，則配合現有相關管制法令，確認低於污染管制限值之底泥，可進行後續資源化處理，達到有效再利用之目的，而仍具有高污染風險且無法再行處理之受污底泥，則依現行法令，將之固化後棄置於合法掩埋場，避免二度污染環境。

其他事項 *10*

行政院環境保護署

底泥污染來源及傳輸模式調查計畫－以重點河川為例

第十章 其他事項

10.1 地理資訊系統建置配合工作

為能讓調查成果及相關資訊能快速瀏覽及查詢，將本計畫 2 次調查成果(包含水質與底泥)、地形調查成果建置成具有空間意象的地理資料，並搭配其屬性資料，以供資料展示與查詢之用，亦可作為資料之統計與分析。

依據本計畫的需求，目前蒐集的地理圖層資料包括以下三種：

一、底泥性質採樣點：

本計畫兩次的採樣結果共建置 20 個底泥採樣點的空間位置資料。

二、水質水量採樣點：

本計畫兩次的採樣結果共建置 20 個水質採樣點的空間位置資料。

三、河道基本圖：

將透過河床地形量測工作的推動，將河道斷面實測資料數值化，並且利用地理資訊系統對於空間資料處理的功能，建置河道基本圖，並做為其他重要資訊展示的工具。

在空間資料所對應的屬性資料上，在底泥性質方面，其項目包含重金屬（含砷、鎘、鉻、銅、汞、鎳、鉛、鋅、鐵及錳等）、總有機碳、總磷、正磷酸根、底泥需氧量、鹼度、氧化還原電位、導電度及陽離子交換容量等，建置的格式如下表 10.1-1 所示。

在水質水量的部分，項目包含重金屬（含砷、鎘、鉻、銅、汞、鎳、鉛、鋅、鐵及錳等）、總有機碳、總磷、正磷酸根、溶氧、鹼度、pH 值、氧化還原電位、導電度及水溫等，建置格式如下表 10.1-2 所示。

表 10.1-1 底泥空間資料庫格式

資料內容 代碼	資料內容 中文名稱	資料內容 英文名稱	資料 單位	資料 欄位	資料內容 說明
Plan_Id	計畫名稱編號	Plan id			計畫編號填寫
Plan_Name	計畫名稱	Plan name			計畫名稱填寫
Water_Id	水體類別代碼 編號	Water body id			依「水體類別代碼對照表」填入水體代 碼
Water_Name	水體名稱	Water body name			依「水體名稱代碼對照表」填入水體名 稱
Authority_Id	目的事業主管 機關	Competent authority			參考代碼表，填入目的事業主管機關代 碼
Manage_Name	管理單位承辦 人	Manager			承辦人全名
Manage_Org	管理單位	Management organization			管理單位完整全稱
Manage_Tel	管理單位聯絡 電話	Management organization telephone no			40 字以內(範例：02-23832389 ext 816)
Sample_No	採樣點編號	Sampling no			執行計畫編列之採樣點編號填寫
Coor_X	採樣點二度分 帶 X 座標	Coordinate_ X	m		6 位數
Coor_Y	採樣點二度分 帶 Y 座標	Coordinate_ Y	m		7 位數
Sample_Date	採樣日期	Sampling date	yyyy/m m/dd		yyyy/mm/dd (請務必填寫完整之年月 日，缺一不可。)
Testing_Com	檢測機構	Testing company/org anization			公司或單位完整全稱。
Sample_Com	採樣機構	Sampling company/org anization			公司或單位完整全稱。
Sample_Method	取樣方式(混樣/ 抓樣)	Sampling method (composite/g rab)			「抓樣」、「混樣」二擇一，註若填「混 樣」，則請務必填寫「混樣採樣深度」 若填，抓樣」，則請務必填寫「抓樣採 樣深度」
Sample_Deep1	採樣深度範圍 1	Sampling depth 1	cm		公分，填入數字(取樣範圍 1～取樣範 圍 2)
Sample_Deep2	採樣深度範圍 2	Sampling depth 2	cm		公分，填入數字(取樣範圍 1～取樣範 圍 2)
Notes	備註	Notes			100 字以內

表 10.1-1 底泥空間資料庫格式(續 1)

資料內容 代碼	資料內容 中文名稱	資料內容 英文名稱	資料 單位	資料 欄位	資料內容 說明
SD101	粒徑分析	Texture	mm		請填入 0.001~100 且大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫。
SD102	孔隙率	Porosity	%		請填入 0~1 且大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD103	密度	Density	g/cm ³		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫。
SD104	底泥水分含量	Water content	%		請填入 0~100 且大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD105	氫離子濃度指數(pH)	pH	-		請填入 1~14 之數字，若無檢測則不需填寫。
SD106	氧化還原電位	Oxidation-Reduction Potential	mV		請填入-1000~1000 之數字，若無檢測則不需填寫。
SD107	有機碳含量	Organic carbon content	%		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD201	砷	Arsenic (As)	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD202	鎘	Cadmium (Cd)	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD203	鉻	Chromium (Cr)	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD204	銅	Copper (Cu)	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD205	鉛	Lead (Pb)	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD206	鋅	Zinc (Zn)	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD207	汞	Mercury (Hg)	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。

表 10.1-1 底泥空間資料庫格式(續 2)

資料內容 代碼	資料內容 中文名稱	資料內容 英文名稱	資料 單位	資料 欄位	資料內容 說明
SD208	鎳	Nickel (Ni)	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD301	阿特靈	Aldrin	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD302	可氯丹	Chlordane	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD303	二氯二苯基 三氯乙烷 (DDT) 及其 衍生物	4,4'-Dichlorodiphenyl- trichloroethane	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD304	地特靈	Dieldrin	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD305	安特靈	Endrin	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD306	飛佈達	Heptachlor	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD307	毒殺芬	Toxaphene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD308	安殺番	Endosulfan	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD401	1,2-二氯苯	1,2-Dichlorobenzene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD402	1,3-二氯苯	1,3-Dichlorobenzene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD403	六氯苯	Hexachlorobenzene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD404	苯駢芴	Fluoranthene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。

表 10.1-1 底泥空間資料庫格式(續 3)

資料內容 代碼	資料內容 中文名稱	資料內容 英文名稱	資料 單位	資料 欄位	資料內容 說明
SD405	芴	fluorene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD406	蔥	Anthracene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD407	二 苯 (a,h) 駢 蔥	Dibenzo(a,h)anthracene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD408	茛 (1,2,3-cd) 芘	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD409	萘	Naphthalene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD410	菲	Phenanthrene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD411	芘	Pyrene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD412	芴	Acenaphthene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD413	芴烯	Acenaphthylene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD414	屈	Chrysene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD415	苯(a)駢蔥	Benz(a)anthracene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD416	苯(a)駢芘	Benzo(a)pyrene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD417	苯(b)苯駢芴	Benzo(b)fluoranthene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。

表 10.1-1 底泥空間資料庫格式(續 4)

資料內容 代碼	資料內容 中文名稱	資料內容 英文名稱	資料 單位	資料 欄位	資料內容 說明
SD418	苯(g,h,i)芘	Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD419	苯(k)苯駢芘	Benzo(k)fluoranthene	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD501	戴奧辛	Dioxins	ng-TEQ/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD502	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)	Di(2-ethylhexyl)phthalate	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD503	鄰苯二甲酸二丁酯(DBP)	Di-n-butyl phthalate	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD504	鄰苯二甲酸二乙酯(DEP)	Diethyl phthalate	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD505	鄰苯二甲酸丁酯苯甲酯(BBP)	Butyl benzyl phthalate	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
SD506	多氯聯苯	Polychlorinated biphenyls	mg/kg		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
File	採樣及檢測報告	Sampling and testing report			請將採樣及檢測報告上傳，檔案格式以 pdf 檔案為原則。

表 10.1-2 水質空間資料庫格式

資料內容 代碼	資料內容 中文名稱	資料內容 英文名稱	資料 單位	資料 欄位	資料內容 說明
Plan_Id	計畫名稱編號	Plan id			請依貴單位執行計畫編號填寫
Plan_Name	計畫名稱	Plan name			請依貴單位執行計畫名稱填寫
Water_Id	水體類別代碼 編號	Water body id			請對照所提供之「水體類別代碼對照表」填入水體代碼
Water_No	水體編號	Water body no			若採樣點位於某一特定水體內，此欄為必填，請對照所提供之「水體名稱代碼對照表」填入水體代碼
Water_Name	水體名稱	Water body name			請對照所提供之「水體名稱代碼對照表」填入水體名稱
Authority_Id	目的事業主管 機關	Competent authority			參考代碼表，填入目的事業主管機關代碼
Manage_Name	管理單位承辦 人	Manager			請填寫一個承辦人全名
Manage_Org	管理單位	Management organization			請填入管理單位完整全稱
Manage_Tel	管理單位聯絡 電話	Management organization telephone no			40 字以內(範例：02-23832389 ext 816)
Sample_No	採樣點編號	Sampling no			請依貴單位執行計畫編列之採樣點編號填寫
Coor_X	採樣點二度分 帶 X 座標	Coordinate_ X	m		6 位數
Coor_Y	採樣點二度分 帶 Y 座標	Coordinate_ Y	m		7 位數
Sample_Date	採樣日期	Sampling date	yyyy/m m/dd		yyyy/mm/dd (請務必填寫完整之年月日，缺一不可。)
Testing_Com	檢測機構	Testing company/org anization			請填入該公司或單位完整全稱。
Sample_Com	採樣機構	Sampling company/org anization			請填入該公司或單位完整全稱。
WA101	重金屬(砷)	Arsenic	mg/L		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
WA102	重金屬(鎘)	Cadmium	mg/L		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。

表 10.1-2 水質空間資料庫格式(續 1)

資料內容 代碼	資料內容 中文名稱	資料內容 英文名稱	資料 單位	資料 欄位	資料內容 說明
WA103	重金屬(鉻)	Chromium	mg/L		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
WA104	重金屬(銅)	Copper	mg/L		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
WA105	重金屬(汞)	Mercury	mg/L		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
WA106	重金屬(鎳)	Nickel	mg/L		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
WA107	重金屬(鉛)	Lead	mg/L		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
WA108	重金屬(鋅)	Zinc	mg/L		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
WA109	重金屬(鐵)	Iron	mg/L		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
WA110	重金屬(錳)	Manganese	mg/L		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
WA201	總有機碳	TOC	mg/L		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
WA301	總磷	Total phosphorus	as mg P/L		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。
WA302	正磷酸根	Are phosphate	As mg PO ₄ ³⁻ /L		請填入大於 0 之數字，若無檢測則不需填寫，若測值小於方法偵測極限則填 ND。

表 10.1-2 水質空間資料庫格式(續 2)

資料內容代碼	資料內容中文名稱	資料內容英文名稱	資料單位	資料欄位	資料內容說明
WA401	鹼度	Alkalinity	as mg CaCO ₃ /L		請填入 0~500 之數字，若無檢測則不需填寫。
WA402	pH 值	pH			請填入 1~14 之數字，若無檢測則不需填寫。
WA403	氧化還原電位	Oxidation-reduction potential	mV		請填入-1000~1000 之數字，若無檢測則不需填寫。
WA404	導電度	Electrical Conductivity, EC	μ mho/cm 25 ℃		請填入 0~10000 之數字，若無檢測則不需填寫。
WA405	水溫	Water temperature	℃		請填入 0~50 之數字，若無檢測則不需填寫。
WA501	流量	Flow	cms		請填入-1000~1000 之數字，若無檢測則不需填寫。

本計畫建置成果畫面如下圖 10.1-1 所示，可查詢的資料包括本計畫底泥檢測成果、水質檢測成果、地形調查之斷面變化與清淤狀況四種。並透過河川篩選或橋與橋之間的測站進行搜尋調查成果。搜尋之結果會在地圖上展示調查位置(底泥以”星號”表示、水質以”水滴”表示、斷面成果則是跨越河道的直線表示)，並同時在下方出現調查成果概述，概述包含測點之所在河段、測站名稱、採樣日期與污染程度。



圖 10.1-1 系統畫面

表 10.1-3 污染程度對應圖示

類別	污染程度 分類標準依據	污染程度	圖示
底泥	底泥品質指標	超過上限值	★
		超過下限值	★
		未達下限值	★
水質	保護人體健康相關環境基準	超過基準值	💧
		未達基準值	💧
斷面	—	—	—

1. 底泥/水質

底泥/水質的查詢方式為先篩選”河川名稱”以及”查詢範圍”(選擇不同橋梁)，按下查詢後地圖上及下方便會出現位置及檢測成果概述(如下圖 10.1-2)。



圖 10.1-2 底泥/水質查詢畫面

首頁所顯示之污染程度為一測點所有重金屬檢測成果中污染最嚴重的。而點下詳細資料後可查詢所選擇之測站的所有檢測資料(如下圖 10.1-3)，並顯示水質/底泥的污染程度。

基本資料		重金屬										溶解
測站名稱		鉛(mg/L)	鎘(mg/L)	鎳(mg/L)	銅(mg/L)	鋅(mg/L)	鎘(mg/L)	砷(mg/L)	汞(mg/L)	鎘(mg/L)	錳(mg/L)	
保護人體健康相關環境基準		0.1	0.01	—	0.03	0.5	—	0.03	0.002	—	0.05	
NDL(最小偵測極限)		0.00170	0.00053	0.00086	0.00950	0.0017	0.00095	0.00034	0.00013	0.0036	0.0003	0.005
柑園大橋	5	<0.01 ●	ND ●	<0.005	0.006 ●	0.02 ●	0.008	ND ●	ND ●	0.972	0.056 ●	
三峽河(柑城大橋)	5	<0.01 ●	ND ●	<0.005	0.02 ●	0.014 ●	0.005	<0.0020 ●	ND ●	1.24	0.066 ●	
成功街導水閘門	1	— ●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
鹿角溪(水門)	5	<0.01 ●	ND ●	0.026	0.037 ●	0.594 ●	0.016	0.0028 ●	ND ●	0.871	0.126 ●	
大安圳導水閘門	7	ND ●	ND ●	0.023	0.611 ●	0.055 ●	0.15	<0.0020 ●	ND ●	0.863	0.119 ●	
沙崙抽水站	5	<0.01 ●	ND ●	0.009	0.077 ●	0.177 ●	0.04	<0.0020 ●	ND ●	1.12	0.044 ●	
城林大橋	9	ND ●	ND ●	0.008	0.017 ●	0.017 ●	0.017	<0.0020 ●	ND ●	0.652	0.064 ●	
土城抽水站	7	<0.01 ●	ND ●	0.023	0.042 ●	0.174 ●	0.104	<0.0020 ●	ND ●	1.14	0.103 ●	
西盛引水門	5	ND ●	ND ●	<0.005	0.006 ●	0.036 ●	<0.005	<0.0020 ●	ND ●	0.587	0.056 ●	
浮洲橋	5	<0.01 ●	ND ●	0.008	0.019 ●	0.022 ●	0.016	ND ●	ND ●	0.832	0.066 ●	
西盛抽水站	9	0.012 ●	ND ●	0.027	0.059 ●	0.166 ●	0.129	0.0043 ●	ND ●	7.93	0.409 ●	
埔仔溝(四汴頭抽水站)	5	<0.001 ●	ND ●	<0.005	0.009 ●	0.052 ●	<0.005	<0.0020 ●	ND ●	2.39	0.179 ●	
荖寮坑溪	7	0.013 ●	ND ●	0.233	0.91 ●	0.388 ●	0.413	<0.0020 ●	ND ●	2.09	0.216 ●	
新海抽水站	1	ND ●	ND ●	0.009	0.006 ●	0.037 ●	<0.005	<0.0020 ●	ND ●	1.03	0.121 ●	
新海大橋(新海抽水站匯入後)	7	ND ●	ND ●	0.009	0.03 ●	0.035 ●	0.033	<0.0020 ●	ND ●	1.25	0.089 ●	
華江抽水站	5	ND ●	ND ●	<0.005	0.005 ●	0.057 ●	<0.005	0.0032 ●	ND ●	0.742	0.126 ●	
重翠大橋(大漢溪終點)	1	<0.01 ●	ND ●	0.008	0.035 ●	0.032 ●	0.03	<0.0020 ●	ND ●	0.864	0.102 ●	

圖 10.1-3 水質/底泥詳細資料查詢畫面

2. 斷面變化

斷面變化是本計畫地形測量之河到橫斷面成果，查詢方式為先勾選”斷面變化”，按下查詢後地圖上會出現斷面線(如下圖 10.1-4)，再點擊查詢之斷面按下查詢，會跳出新視窗(如下圖 10.1-5)。



圖 10.1-4 斷面變化查詢畫面

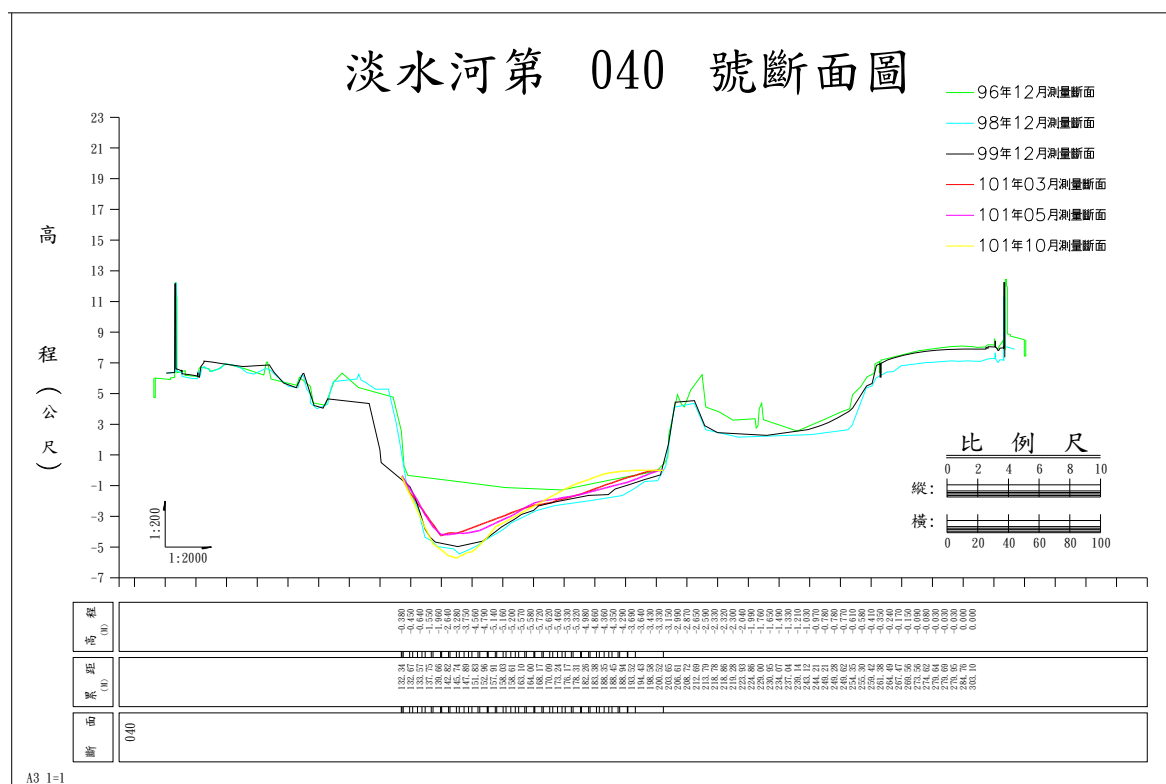


圖 10.1-5 斷面變化詳細資料查詢畫面

3. 河道清淤變化

河道清淤變化為本計畫 03 月~10 月測量淤積程度。點擊搜尋畫面的”101 年度清淤變化”則會跳出新視窗，可查看今年度河道變化 (如下圖 10.1-6)。

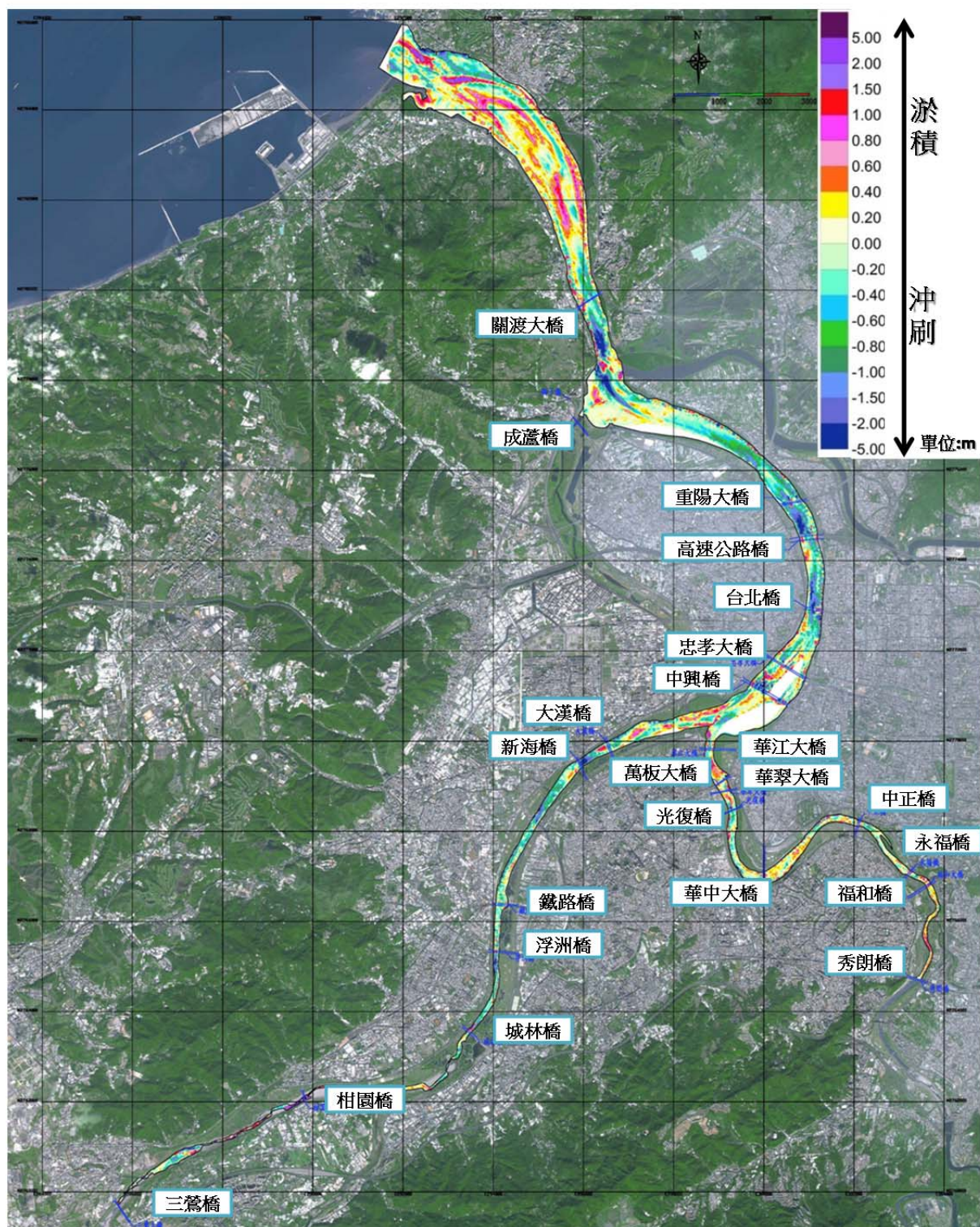


圖 10.1-6 河道清淤變化查詢畫面

10.2 其他相關工作

本計畫篩選 11 條重點河川中一條進行底泥調查，依計畫執行過程，於合約外，另行擬訂 1.河川底泥採樣調查規劃參考指引、2.水上鑽探作業流程、3.底泥地物探測流程，並製作影音資料。相關文件如附錄六、附錄七、附錄八所示。

1. 河川底泥採樣調查規劃參考指引

底泥採樣作業之規劃流程如下圖 10.2-1 所示，藉由前端背景資料蒐集與分析，進而提出符合標的之調查採樣點、採樣深度、採樣時機及頻率。

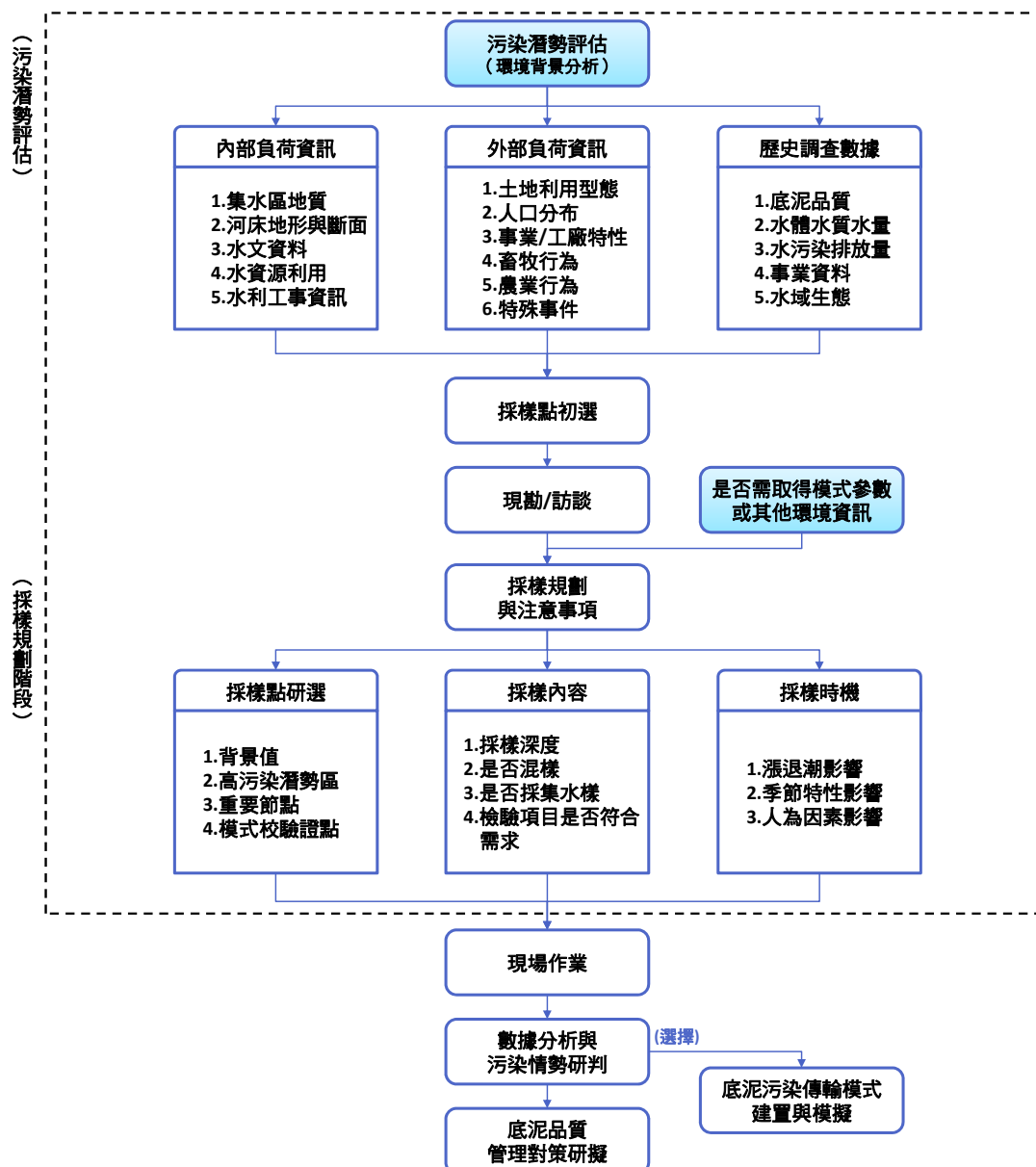


圖 10.2-1 底泥採樣作業規劃流程

詳細之採樣調查規劃請參照附錄六。

2. 水上鑽探作業流程

本計畫執行水上鑽探的目的，在於取得底泥樣品，同時也可驗證不同類型之地球物理探測技術對底泥厚度之鑑別程度與適用性，試驗結果也可回饋作為評估地球物理探測技術選擇之參考。鑽探方法應依據不同的土壤或岩層狀況，及考量工作環境、人力、設備等相關條件，選擇適當之鑽探方式，並配合樣品目的性及不同的採樣方式，取得所需的土壤或岩心樣品。作業流程請參照附錄七。

3. 底泥地物探測流程

地球物理技術在國內的應用大部分為陸域之地下構造物或土壤地下水污染物探測，在地面水體方面則以湖泊水庫等水域之沉積物探測經驗較多，惟缺乏河川底泥探測之實際應用經驗。

本計畫選擇一處河川斷面，於水上分別利用透地雷達、地電阻法及震測法等三種方式，嘗試探測底泥厚度，以了解上述技術對於底泥厚度之鑑別程度。詳細流程請參照[附錄八](#)。

結論與建議 *11*

行政院環境保護署

底泥污染來源及傳輸模式調查計畫－以重點河川為例

第十一章 結論與建議

11.1 結論

本計畫主要在蒐集及探討國內外經驗及文獻後，針對河川底泥污染管理之現場調查、分析工具、管理決策等工作提出作業流程，並利用大漢溪案例進行該流程之回饋。以下針對各面向提出本計畫之結論如下。

1. 底泥來源及傳輸機制探討

(1) 底泥來源分析:底泥之生成，主要來自水體中微小粒徑之固態物質沉積作用，依據國內外文獻及相關研究顯示，其來源包含水庫洩洪及排泥清淤、河道輸砂、水生動植物之生物殘屑、或自大氣沉降至水中之微塵等，因此污染行為也依循上述途徑進入底泥，其中以水中污染物隨懸浮物質之沉降、點源的側入流(lateral flow)、非點源污染或是遭棄置廢棄物為大宗。另在時間上，造成底泥污染以長時間排放與累積為主，短時間的水體高污染負荷並不會對底泥品質造成太大的影響。

(2) 底泥傳輸機制:河川水體與底泥中，污染傳輸機制應考量水體流動、介面延散、吸附沉降、再懸浮、光解(photolysis)、揮發(volatilization)、水解(hydrolysis)、電離(ionization)、生物降解(biodegradation)、衰減、酸鹼中和等機制。依國外文獻及經驗回饋，在資料缺乏或傳輸機制較難明確釐清或定義等限制下，應考量水體懸浮固體行為(以淨沉降來代表)，並輔以傳流、延散、吸附與總體 1 階衰減行為(1st-order decay)，來代表關鍵污染物質在水體與底泥中之主要反應機制。

2. 現場調查工作流程規劃

(1) 訂定適宜布點與採樣作業流程:為使採樣布點能有效掌握污染潛勢及熱

區，本計畫依循環境檢驗所公告之底泥採樣方法，透過背景分析、釐清可能污染來源潛勢，並針對其特定污染源、熱區等，制定一作業流程，其包括布點原則、分析項目等，以取得可靠數據研判污染來源，進而提供較具代表性資訊供後續模式應用或決策參考。其中布點原則主要透過污染來源潛勢分析後，將資源重點放在高污染潛勢區之前後(例如側入流)，其餘污染潛勢較低區塊則以普查概念進行布點，以有效利用資源。

- (2) 透過地形測量掌握河床沖淤分布狀況:由於台灣河川特性多屬於短且急，底泥在河床之分布易受水文環境影響而呈動態分布，依據國內外經驗可知，河川沖淤會影響河川底質厚度。因此本計畫辦理河床地形調查之目的，除了提供河川數值化斷面，供模式水理演算資訊及進行網格劃分檢討之外，另外目的也是掌握計畫區間河床於枯水季期間及豐水季或颱風洪水後之河道地形變化，了解各河段及區域底泥侵淤情形，以利模式或後續管理參考。另依本計畫於大漢溪之調查結果顯示，颱風或暴雨事件會對大漢溪河道造成明顯的沖刷現象，並於下游段進行淤積現象，整體河床底部高程會維持一動態平衡，這可提供後續整治策略評估上之參考，尤其是濬泥工程。
- (3) 評量適宜底泥厚度探測方法:底泥厚度之探測及決定牽動著後續整治工程規模大小，本計畫嘗試利用現有常用的地球物理探測技術(透地雷達、地電阻、聲納法)，來探討其方法優缺點及適用性。經由本計畫採用不同河川條件(如水深、鹽度等)進行分析可知，除了地電阻法較不適用外，其他二種技術可在不同的探測深度下發揮較佳功能，例如當深度在 5 公尺以內，透地雷達有最佳解析，聲納法亦佳；探測深度介於 5~10 公尺間，則以聲納法為主，透地雷達為輔；若探測深度大於 10 公尺，則僅有聲納法較適合；另本計畫為求結果完善，結合同步水上鑽探，結果證明透地雷達與聲納法之結果與鑽探結果相似，後續應可作為底泥沉積厚度之初步快篩工具。

3. 底泥污染傳輸模式建立

- (1) 建立適用模式評估原則:依據先前文獻回顧與國內河川現有特性與資料狀況，以當前底泥污染防治與管理目標為前提，建立相關評估原則如下:
A.考量目標水體適用性、B.模擬項目是否符合計畫目標、C.是否包含水理計算、D.模式可擴充性、E.模式取得方式與公開性、F.在地模式應用經驗等因素。另考量模式必須能演算底泥與水體間之相互影響，其水體與底泥應分層模擬，其傳輸機制至少應為垂向 2D。若該水體處於水理狀況特殊(例如感潮或水力變化大等)，則應考量外掛其他水理模式(如 HEC-RAS)以補充原水質模式內水理演算之不足。
- (2) 資料短缺上之參數設定方式:由於模式所需設定參數眾多，通常必須簡化維度或限縮參數自由度，避免模式因過度參數化，反而使輸入資料與模擬成果的關聯性下降，然而為使模擬結果足以正確表現與現實相符之趨勢，必須調整參數，避免誤差產生而降低模式可信度。本計畫為使參數設定符合理論與實況，除參考國外經驗值外，亦透過參數敏感度分析，測試參數對模式演算成果的影響與變動範圍，其模擬成果良好。
- (3) 建立大漢溪底泥傳輸模式:依據評估原則及參數設定方法，蒐整歷年資料進行來源分析，並透過現場水質與底泥品質調查，選用 WASP 做為大漢溪底泥傳輸模式以及模式初步驗證，該模式可充分反應大漢溪水質與底泥之現況，並據此提供後續管理策略訂定之各項情境模擬，以評析整治策略效益。

4. 底泥管理策略建議

- (1) 完成底泥管理架構初擬:參考國外底泥管理架構與國內現行執行方案，底泥進行復育或污染改善時，應以底泥品質指標值為基準，作為管理行動起動點；若超過品質指標則先評估是否具有危害風險，若為低風險則加強監測，高風險則接續評估整治技術可行性與經濟效益；若整治效益低，

後續應加強風險管理行動，若整治效益高且技術可行，則評估採行現地處理、離地棄置或資源化處理等工法。整體流程視場址特性及背景條件，並藉由生態及健康風險評估、整治效益等考量，評估實際發生之風險，提供作為底泥管理或整治決策之考量。

- (2) 水質與底泥品質呈正相關:綜整全台 11 條重點河川歷年監測資料，水質與底泥較常超過「保護人體健康相關環境基準值」與「底泥品質指標上限值」之重金屬項目為銅。另依本計畫調查結果，大漢溪底泥重金屬亦以「銅」超過上限值之樣品比例最高；因此本計畫使用 SPSS 統計軟體，利用少樣品之無母數統計方式，針對銅進行水質與底泥相關性分析，其結果顯示底泥銅與水中銅具有正相關(相關係數為 0.646)，而且達到顯著水準($P=0.048 < 0.05$)，另比較其與懸浮固體之相關性分析，其相關係數達 0.661，亦呈現具有相關性($P=0.038 < 0.05$)。此調查結果印證懸浮固體、水質與底泥有高度相關，為本計畫關鍵污染物。
- (3) 污染來源追蹤及初篩:以大漢溪為例，本計畫透過支流排水與底泥之調查，掌握關鍵污染物為銅，並據此蒐尋其可能污染來源。經分析與比對事業特性，可發現化工業、印刷電路板製造業、印染整理業、金屬表面處理業、金屬基本工業、晶圓製造及半導體製造業、電鍍業等，疑為造成重金屬污染之行業別，再透過熱區分析，可初步鎖定大安圳導水門、沙崙排水與塔寮坑溪集污區為重要污染來源區域，若能有效管制上述區域內之事業污染排放，降低支流排水污染負荷，將可逐漸改善底泥品質。
- (4) 整治策略效益評估:經由來源分析、調查結果以及熱區初篩後，則可定義出整治對象區段，並據此研擬各項可行整治策略，透過模式模擬評估其整治效益，以供決策參考。本計畫以大漢溪銅污染為例，應用模式進行各項污染整治之情境模擬，包含底泥污染清除後，配合部分水污染排放源管制(針對重大污染源減量排放 50%)、配合高執行效益之水污染減量管制(全流域水體銅濃度達成低於基準值 0.03mg/L)、配合高效益水污染

減量管制與現地處理，則底泥品質可分別在 3~6 年、8~10 年、30~40 年內維持品質指標上限值以下。

11.2 建議

1. 進行新興污染物調查與納管研究

隨著科技的發展、生活習慣改變以及原物料使用多變等因素，目前各類水體除原有一般項目外，也陸續出現各類新興污染物，未來應視其對環境的影響性，建議應進行該新興污染物之研究、調查與評估，以做為後續納入管制項目之參考依據。

2. 納入暴雨或豐枯水季之調查與發展相關評估模式

由本計畫河床地形測量可知，颱風暴雨事件對於底泥傳輸行為具有明顯可見的影響，同時也將影響底泥中污染物的分布情形，建議未來採樣調查時，可安排在颱風暴雨前後，或是豐枯水季各採樣一次，以了解不同水文條件下之污染情形。一般而言，暴雨事件發生時，河川短時間內承受集水區與上游源頭挾帶之大量水量與污染量，水理水質狀況遠較晴天時期複雜，未來若必須評估暴雨事件所造成之河床底泥沖刷以及重分布，則建議針對特定河段發展上游集水區模式以及演算機制更複雜之動態沖淤與水質模式，完善評估降雨等短延時事件對底泥污染重置之影響。

3. 推廣底泥厚度快篩工具

本計畫評析常用三種地球物理探測技術，經調查驗證透地雷達與聲納等二種技術較適合判識底泥厚度，雖然厚度趨勢與水上鑽探結果一致，但因為其精度尚未達到公分等級，建議未來透地雷達與聲納法僅可作為底泥厚度初步快篩工具，若要更精確地掌握底泥厚度，建議須再發展其他精度更高之地球物理技術。

4. 結合其他單位共同整治底泥

由歷年監測資料及本計畫調查可知，底泥品質與水質具有相關性，而水體水質又與事業排放有關，若發現底泥超過品質指標值時，可先篩選週遭流域之可疑行業別與事業，進行重點式追蹤稽查，由源頭降低污染源排入後，再擬定底泥後續清除或管理策略。

5. 提昇與驗證模式準確性

由於模式所需設定參數眾多，在本土化參數取得不易的條件下，本計畫仍已針對大漢溪建置傳輸模式雛形並進行情境模擬，建議後續仍應再補充水質水量及底泥調查，更新模式環境參數與污染排放量，並將常數型態參數空間化，以提升模式準確性，強化策略評估效果。

6. 持續推廣及建立各類水體調查及分析工具

本計畫係以模式模擬為主軸，透過歷史資料蒐集與一系列的採樣布點調查，模擬大漢溪在不同情境下之底泥整治效益及管理策略。建議後續可參仿本計畫調查方式及經驗，進一步推廣至其他河川，甚至是其他水體(例如湖泊、水庫、河口、港灣等)，評估各類水體底泥中重金屬或是有機化合物之傳輸關鍵因子，或是基於減省資源而以歷史監測數據較常出現之污染物為主，並依各河川的現場條件因地制宜辦理現場檢測調查，建立初期底泥污染傳輸模式，進而評估後續各項污染改善措施之成效，以做為行政部門進行流域環境管理與施政之參考。