

# 第一章 前言

## 1.1 研究緣起

總量管制乃是基於水體所能涵容或承載的能力，限制污染物排放的總量，使河川水質不超過河川水體用途標準，以改善或彌補以往只以濃度管制不足的地方。然總量管制為一複雜的管理系統，除須考慮污染源與承受水體間的相互關係外，尚需制訂合理的總量分配方案。因此如何將有限的污染排放量合理又公平的分配給流域中各污染源，為有效推動總量管制工作中一相當重要的課題。

過往所提出之總量分配方案 (e. g. Chadderton, et al., 1981; Ellis, 1987; Lence, et al., 1991; Kao, et al., 1996)，包括等去除率法、等放流濃度法、等日排放質量負荷法、等單位處理成本法、最小成本法及最大污染負荷分配法等，這些不同方案是基於不同的成本效益、公平性、執行難易度及整體性效益等考量基準而建立，其中公平性為環境政策之重要考量 (Johnson, 1967)，多面向的考量公平性問題，可使總量管制可行性提高，不致有單一偏重行為 (Rossman, 1989)。

過往研究多將所有的點污染源放在同一要求基準下，要求各個不同污染源在某公平定義上需達到相同的限制。但以國內的情況來說，在分析的過程中，部分的污染源並不是指某一特定工廠或排放源，而是指在同一流域中依據河川支流走向、排水系統、雨水下水道系統、及縣市鄉鎮界等情況，所劃分出來集污區排放的污染總量 (環保署，85 年)，排出污染物之質與量因而會隨著集污區包含範圍內的人口數量、土地利用等社會經濟活動發展現況而有相當大的差異。因此，將所有污染源放在同一考量基準下，可能反而導致不公平的情況產生。因此，合理的污染負荷分配方式應能同時考量此類公平性因子。本研究修改童等 (環保署，93 年) 所建議的初步模式，並依據 QUAL2E 所求得各污染源對承受水體的水質衝擊係數，考

量土地利用類別、集污區等因子，以最大可排放量為目標建立總量分配模式，分析考量不同因子的總量分配方案之公平性差異，以期輔助決策者決定適當的方案。

由於監測值只反應現況，無法呈現總量管制方案執行後的成效推估，故有必要建立水質模擬模式，推估在不同方案下的成效及比較各方案間的優劣點，本研究因而採用 QUAL2E 水質模式，該模式是美國環保署所發展的模式，除對溫度等可作動態模擬以外，基本上為一定常態模式，可用模擬及分析各污染源及其位置對承受水體水質的影響，然而模式參數若以傳統人工試誤法的率定方式，效率差且結果可能不佳，故本研究探討採用遺傳演算法改善模式參數率定之可行性。

除了監測值及水質模式的結果，尚不足以評估總量管制方案的差異點，若採用試誤法，以不同的總量分配情形輸入水質模式模擬其水質及比較各公平性因子的差異，將是一個甚為費時的工作，本研究因而依據水質模式所得結果及各公平性因子，建立一個總量分配優選模式，用以求取本研究採用公平性定義下之總量分配方案及對水質的影響，分析當考量不同環境因子下之公平性差異。模式以最大可排放量為目標，提出總量分配線性規劃模式，考量了各集污區的權重、各種土地類用間的權重、區塊間的權重，並以滿足水質標準為前提下，推求出最大可排放量之目標函數。

應用總量分配優選模式常須具備一定的專業知識，且不便於進行不同權重條件下之模擬分析，本研究因而進一步發展一線上河川污染總量分配決策支援系統。決策支援系統需提供有效的資料管理並提供親合的操控分析介面(Arial and Ginzberg,1985; Carl et al.,1999; Salewicz and Nakayama 2004)，本研究因而整合所有模式及分析工具至本研究所發展的線上河川污染總量分配決策支援系統中，讓分析者能在網路上進行相關工作及即時分析結果，並發展整合包含資料庫、資料分析、水質模式、優選模式、線上地理資訊、決策支援等六大模組，以有效輔助總量分配之決策分析。其中

資料庫模組結合資料庫技術，以有效管理分析案例之河川水質監測站歷年相關水質、水文、污染源等決策模擬所需資訊，提供便利的資訊存取介面。資料分析模組則利用資料庫模組提供需要之相關資料，進行必須之統計分析，並繪製成水質指標及水質項目等易理解的分析統計圖表，輔助分析者有效分析大量資料。水質模式模組以 QUAL2E 模式為核心建立友善的使用介面，便利使用者進行線上河川水質模擬，輔助探討河川水質變化情形。優選模式模組結合水質模式模組之模擬結果，並依據分析者的設定，動態建立總量分配優選模式，便利探討不同總量方案下之水質改善效益。並進一步應用線上地理資訊模式呈現決策結果，利用流域空間性分佈、空間定位分析等功能，便利分析者進行決策分析工作。決策支援模組整合上述模組輔助進行總量分配方案之決策分析，在不同總量方案分析下，考量著不同因子，並整合上述模組輔以進行總量分配方案之決策進行，進而了解不同總量方案之差異性、公平性與適用性。



## 1.2 研究目的

本研究之目的為建置發展一套線上河川污染總量分配決策支援系統，以期能輔助分析者進行分析工作，進而提高決策分析之效率及品質。本研究採用 QUAL2E 水質模式模擬及分析各污染源及其位置對承受水體水質的影響，提升水質模擬之準確率，更進一步採用遺傳演算法率定模式參數。系統共包含資料庫、資料分析、水質模式、優選模式、線上地理資訊、決策支援等六大模組。其建置目的分別說明如下：

### 1. 資料庫模組：

資料庫模組主要是用於管理所蒐集河川水質監測站歷年相關水質、水文、污染源及一些決策分析過程的重要資訊等相關資料，將以公用軟體發

展程式建置一個能支援總量分配分析的資料庫模組。

## 2. 資料分析模組：

資料分析模組主要由資料庫模組提供需要之相關資料以所發展程式繪製成水質指標及水質項目之相關分析統計圖表，包含之分析統計圖表如：監測點歷年所有水質變化圖（每一站子圖）、最近十年水質月變化圖（每一子站圖）、最近十年河川水質變化圖[以距離為軸]（每年一子圖）、次數達成率圖、時間達成率圖、距離達成率圖等。可輔助分析者進一步了解河川歷年符合河川水體水質標準情形和對於河川河段空間距離性及時間性有進一步的認知，更可以經由資料分析模組了解並比較河川相關資料歷年監測值、統計值及累計值等，助於了解河川污染之現況及趨勢。

## 3. 水質模擬模式模組：

水質模式模組以 QUAL2E 模式為核心建立友善的使用介面，讓使用者可於線上進行河川水質模擬，藉由模式模擬，幫助了解河川水質情況。

## 4. 優選模式：

優選模式模組依據分析者的設定執行所建立的總量分配優選模式，優選模式採用不同考量因子，如：土地類用公平性、集污區公平性、最大總容許負荷法等，模式中採用 QUAL2E 河川水質模式，水質模式可以模擬預測總量分配方案下之執行預期結果，藉由模擬得知不同總量方案下之水質改善效益。

## 5. 線上地理資訊模組：

線上地理資訊模組能藉由呈現圖層方式讓分析者與系統有良好的互動性，亦進一步提供流域空間性分佈、空間定位分析等功能。另提供多種類

圖層，分析者可自行選擇所要展示之圖層，便利輔助分析者進行決策分析工作，幫助決策效率與品質的提升。

#### 6. 決策支援模組：

決策分析模組則整合上述模組輔助進行總量分配方案之決策分析。本研究並以烏溪為案例，示範及探討應用該系統於輔助河川總量分配方案決策分析之可行性與適用性。

### 1.3 研究流程

本研究主要流程圖如圖 1.1 所示，主要包含資料蒐集、線上決策支援系統建立及案例分析等三大部分，簡述如下：

#### 1. 資料蒐集：

蒐集相關文獻及相關資料，如：水質監測站歷年相關水質、水文、流量資料、集污區人口資料、點源污染資料、總量管制方案等。

#### 2. 線上決策資源系統建立：

藉由公用程式及相關程式軟體發展程式，並整合相關電腦工具及分析方法，發展資料庫模組、資料分析模組、水質模擬模式、線上地理資訊模組、優選方案分析模組。進而整合構築為一線上河川污染總量分配決策支援系統。此部分於第三章中詳細說明之。

#### 3. 案例分析：

以烏溪流域為研究案例，示範及探討所發展之系統用於輔助河川污染總量分配決策分析之適用性及可行性。此部分於第四章中詳細說明之。



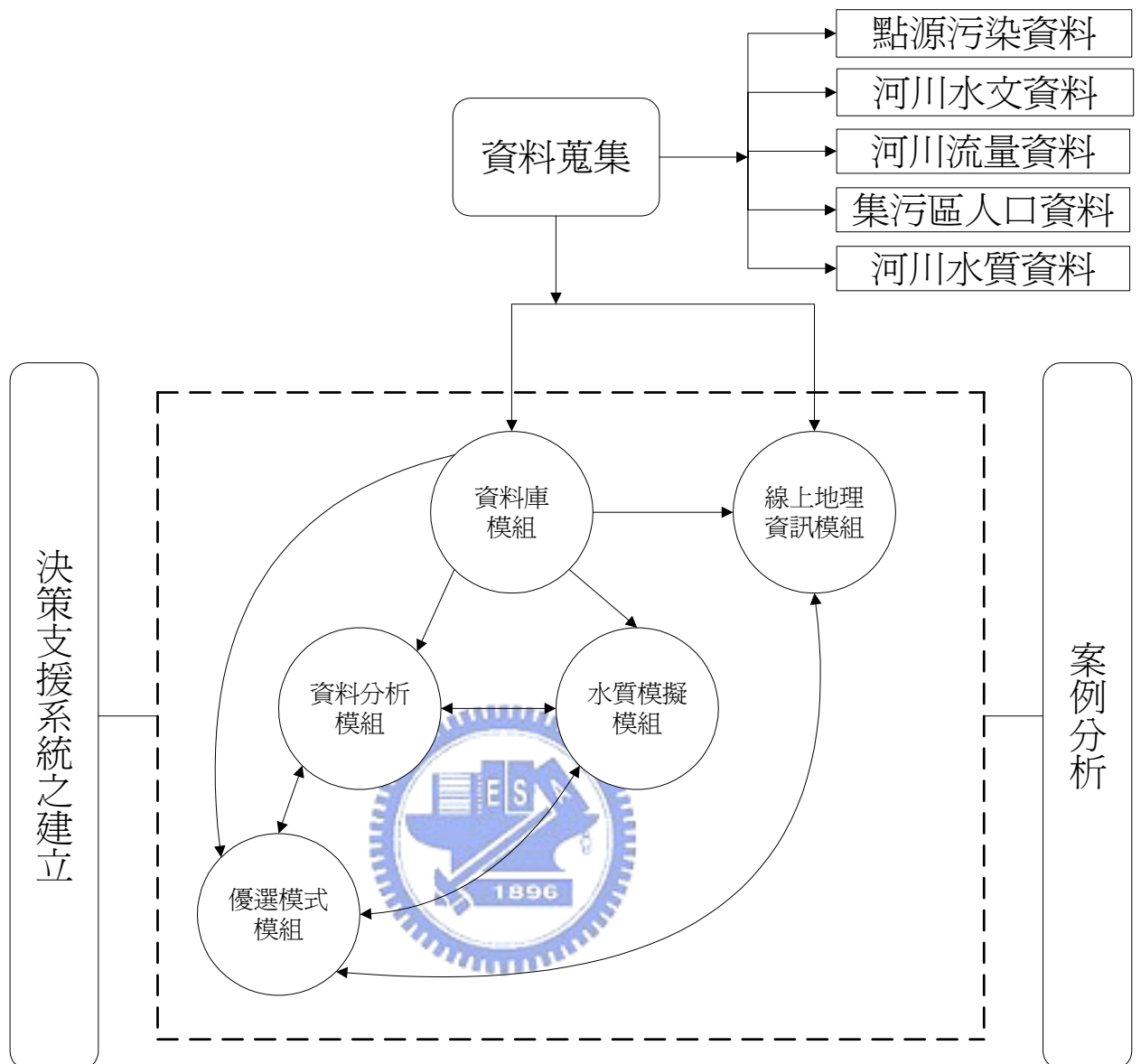



圖 1.1 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

本研究的目的是發展一套河川污染總量分配決策支援系統，以期能對於河川污染總量分配決策分析效率有所助益。河川污染總量分配優選方案模擬進行，必然是需要河川水質模擬模式的幫助，但河川污染總量分配決策支援系統所涵蓋的範圍甚廣，且河川污染總量分配的理念亦隨著時代的演進與污染防治技術的精進而有所不同。決策支援系統之概念最早是由 Morton 於 1971 年提出，但發展亦是隨著分析者之不同需求與系統功能之發展有了各種不同之決策支援系統。以下將針對河川污染總量分配、水質模擬模式及決策支援系統三大觀念加以回顧。

### 2.1 河川污染總量分配



河川涵容能力的計算是進行總量分配的基本工作。溫和郭（78 年）對東港溪進行河川污染防治規劃，除調查河川基本資料外，亦以 QUAL2E 建立東港溪非感潮段之水質模式。許多專家、學者亦曾針對總量分配方案，提出許多不同的考量方案(Chadderton, et al., 1981; Ellis, 1987; Lence, et al., 1991)，較常見的為最大去除率法、最小成本法等，皆須在符合水質標準的情形下，讓污染源能夠適度的排入河川。多面向的考量公平性問題(Rossman, 1989)，可使總量分配可行性提高，不致有單一偏重行為；公平性為環境政策之重要考量(Johnson, 1967)，未考量公平性因子可能造成總量方案實際執行之可能性不佳。過往研究多將所有的點污染源放在同一要求基準下，要求各個不同污染源在某公平定義上需達到相同的限制。但以國內的情況來說，在分析的過程中，部分的污染源並不是指某一特定工廠或排放源，而是指在同一流域中依據河川支流走向、排水系統、雨水下水道系統、及縣市鄉鎮界等情況，所劃分出來集污區排放的污染總量（環保署，85 年），排出污染物之質與量

因而會隨著集污區包含範圍內的人口數量、土地利用等社會經濟活動發展現況而有相當大的差異。因此，將所有污染源放在同一考量基準下，可能反而導致不公平的情況產生，合理的污染負荷分配方式應能同時考量此類公平性因子。本研究修改童等(環保署，93 年)所建議的初步模式，並依據 QUAL2E 所求得各污染源對承受水體的水質衝擊係數，考量土地利用類別、集污區等因子，以最大可排放量為目標建立總量分配模式，分析考量不同因子的總量分配方案之公平性差異，以期輔助決策者決定適當的方案。

綜上所述，河川污染總量分配，除須考量污染源與承受水體間之關係，尚須由河川總量分配方案中探討出適當之政策、原則與方法。本研究把土地利用類別權重、污區集權重以及區塊權重納入考量，嘗試建立一種較為合理的總量分配方案，並依循決策支援系統應有之架構與組織，進行系統開發工作，發展程式嵌入河川水質模擬模式以及其限制與應用，並考量河川污染總量分配之因子，逐步開發與建立線上河川污染總量分配決策支援系統，俾使系統能改善決策的品質及效率。

## 2.2 遺傳基因演算法

遺傳基因演算法是根據自然界中的「物競天擇，適者生存」特性所發展出的模擬演算法，模擬新生的世代，並設計淘汰機制，選擇較好的生物作為母代，再藉由複製(Replacement)、交配(Crossover)、突變(Mutation)等機制，期能產生更優秀的子世代。John(1960)提出自我複製的理論，起發了遺傳基因演算法的理論基礎。John(1970)根據此觀念進一步發展出簡單基因演算法(Simple Genetic Algorithms 簡稱 SGA)，使遺傳基因演算法有了初步的架構模型，且於 1975 年首度發表。Chang(2002)指出遺傳基因演算法是以多個不同點所組合的母體來搜尋多個不同解，涵蓋較大的搜尋空間，所得之解會較接近最佳解。Chang(2002)指出遺傳基因演算法有



易於使用、適用範圍廣、多點搜尋、適合處理複雜的問題以及有較高機率可求得全域最佳解等優點。

## 2.3 水質模擬模式

水質模擬模式的建立將複雜的水體水質狀況利用數學模式模擬，將有助於分析者清楚了解污染物在河川水體中的實際情形。

QUAL2E 是美國 NCASI(The National Council for Air and Stream Improvement)所發展出一個具彈性的河川水質模式。可依使用者的需求組合模擬十五種水質項目。能模擬的項目包括：

1. 溶氧
2. 生化需氧
3. 溫度
4. 葉綠素(a 藻類)
5. 有機氮
6. 氨氮
7. 亞硝酸氮
8. 硝酸氮
9. 有機磷
10. 溶解磷
11. 大腸菌
12. 任何一種使用者指定非保存性成份
13. 三種使用者指定保存性成份



此模式適用於充份混合的枝狀河川。它假設傳流(advection)和延散(dispersion)這兩種主要傳輸方式只在水流的主要流向（河川或運河的順軸

(longitudinal axis)) 較顯著。它允許多種污染物排入、取水、分流及進流與出流增量(incremental inflow and outflow)。它還能計算流量補注所需要的稀釋流量以符合任何預先設定的溶氧量。

QUAL2E 容許任何分支、一維河川系統的模擬。模擬一個系統第一個步驟便是把河川系統分割成數個河段(reach)；乃是一段有相似水力特性之河段。然後每一河段被分成同長的計算單元(section, computational element)。所有河段的計算單元數必需為整數。

計算單元(element)有七種類型：

1. 源水單元(Head water)
2. 標準單元
3. 匯流點上游之單元
4. 匯流點(junction)
5. 河系最下游單元
6. 點源流入單元
7. 流出單元



QUAL2E 乃被設計為較廣泛性的程式，但在程式發展中設置了某些維度限制(註:可自行更改程式碼)。這些限制為：

- 河段：最多 25 段
- 計算單元：每段不超過 20 個，或總數不超過 250 個
- 源水單元：最多 7 個
- 匯流點單元：最多 6 個
- 流入及流出單元：最多 25 個

QUAL2E 乃以 ANSI FORTRAN 77 寫成，允許變更這些限制。

鑒於上述各項優點，QUAL2E 適合應用在水質模擬及總量方案影響評估上，因此本研究擬將此水質模擬模式整合於決策支援系統中。

## 2.4 決策支援系統

基本上，任何可以輔助分析者進行決策分析的系統，都應該可以稱為決策支援系統。更進一步說明，決策支援系統是用電腦工具完成模組化工作以幫助決策分析之進行(Carl et al.,1999)，決策支援系統應包含資料庫、模擬模式、方案分析等模組，說明了相關模組間之相對重要性。Salewicz K.A. and Nakayama M. (2004)說明了決策支援系統之建置要考量資料庫、模擬模式、使用者介面、決策者的相互關係。Johnson and Loucks (1972)在規劃流域運用時發現，當流域的面積很大時，必須要花費大量的時間及人力、物力去處理相關資料。而所得的結果也必須要耗費相當的時間去統合及整理，才能提供分析者相當的資訊。Johnson and Loucks (1980)研究探討使用電腦繪圖技術來輔助支援流域規劃的工作。

1980年在MIS Quarterly中發表了「發展決策支援系統之架構」，文中指出發展決策支援系統中應包含三項系統：

### 1. 對話產生與管理系統 (dialogue generation and management system, DGMBS) :

此系統主要提供使用者與電腦設備的溝通介面，包含資料的輸入及系統資訊的輸出，以及使用者所能達到的控制程度。

### 2. 資料庫管理系統 (databases management system, DBMS) :

此系統主要負責資料的資料管理的能力，包含資料的儲存、修改、變更、刪除等以及資料的維護工作。

### 3. 模式庫管理系統 (model base management system, MBMS) :

此系統主要負責不同格式間資料的轉換及分析能力。

此體系的提出，已為決策支援系統提出的基本的架構概念，亦被證實頗具實用價值(陳，1997)。

Ariav and Ginzberg (1985) 提出對於決策支援系統在設計時應考量的五個觀點：

1. 環境：

會影響到整個系統運作的外在條件。如：系統開發所造之限制。

2. 角色：

該系統所要扮演之角色，即該系統發展建置之目的。

3. 元件：

分為執行與管理兩元件。執行元件主要負責系統正常運作，執行管理元件負責提供系統介面，亦為元件間溝通管道。

4. 安排：

保持系統平衡，亦即連結元件與外部條件，使各部分皆能相互分工。



5. 資源：

建置系統所需的資源。如：人力、物力、時間、技術、工具等。

綜合上述，本研究參考此類設計、研究發展適合於河川總量分配決策支援系統之運作架構與組織，所發展之河川污染總量分配決策支援系統應包含資料庫、模擬模式、分析方案和圖像介面等，而各模組之發展皆對決策支援系統有關聯性的影響，輔助相關的決策問題分析，以期達成改善決策效率與品質，且能將決策支援系統在搭配上網際網路無遠弗屆的便利性，相信對於決策分析的效率改善及提升決策分析之工作進行會有顯著的幫助。

### 第三章 研究流程與方法

研究內容包含利用遺傳基因演算法(GA)率定水質模擬模式之參數、水質模式及衝擊係數和總量分配模式。以下將針對各項逐一說明。

#### 3.1 利用遺傳基因演算法(GA)率定水質模擬模式之參數

本研究採用 QUAL2E 水質模式模擬分析各污染源及其位置對承受水體水質的影響，QUAL2E 水質模擬模式需要輸入一些參數，參數若以傳統方法進行，在某一合理參數值範圍內以試誤法決定，可能造成水質模擬結果與實測值有相當的差異或是率定效率不佳，故本研究採用遺傳演算法率定模式參數，縮小模擬結果於實測值之差異及改進率定的效率，各樣模擬參數之率定流程如圖 3.1 所示。

率定步驟首先根據經驗輸入合理之模擬參數值，並產生模擬參數基因組，對於每個基因皆藉由交配繁衍過程產生新的模擬參數基因組，並據此新的基因組產生 QUAL2E 輸入檔後，執行 QUAL2E 主程式進行水質模擬，得出水質模擬結果。由水質模擬結果，計算出其模擬值與實測值之差異量。若差異量較前一代縮小，則視為較佳之參數設定，由程式自動保存此參數設定值。藉由事前所設定的基因交配世代數目，不斷的重複執行此過程，且由程式自動保存較佳的參數設定值，則可不斷縮小其水質模擬結果值與實測量值之差異量。經由基因交配以及突變產生新的基因組，若為可接受差異量，則結束率定程序，並取得合理之模擬參數。



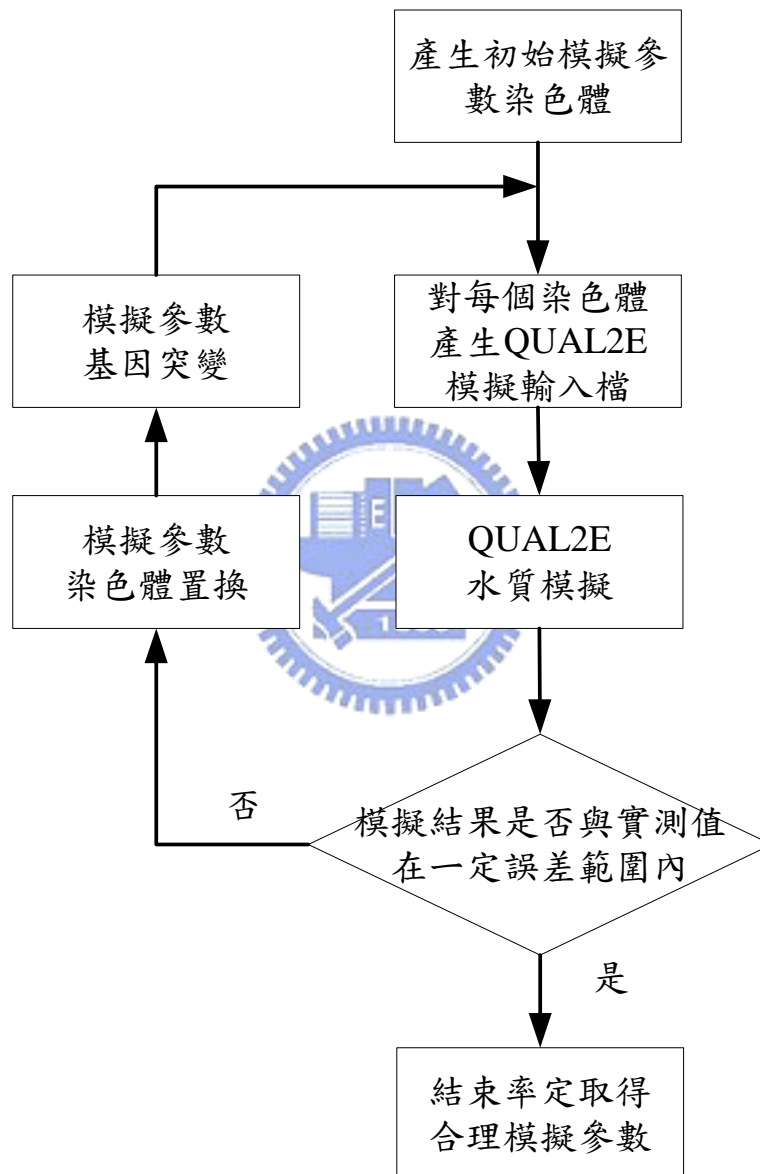


圖 3.1 QUAL2E 水質模式參數率定流程圖

### 3.2 水質模式及衝擊係數

在決定污染物總量分配之前，必須瞭解各污染源之污染負荷對水體的影響程度，才能決定適當地容許污染量，本研究因而使用 QUAL2E (Brown, et al., 1987) 水質模式建立各河川之水質模擬模式。QUAL2E 水質模式可以依照使用者需求模擬十五種之多的水質成份，相當適用於充分混合之枝狀河川。由於台灣河川坡短流急曝氣效果不錯，一般認為控制好 BOD，即可令 DO 達到要求。因此，在我們分析過程中並不考量溶氧，而單以 BOD 作為分析時之水質標準指標。模擬前將模擬河川分段並概念化，然後針對河川況狀進行水質水理特性分析及相關參數之求取，以分析污染源對河川水質的影響。

水質模式除了用以評估水質是否符合標準外，亦可用以計算水質衝擊係數。污染源對承受水體之水質衝擊在定常下具有一線性加成的特性 (Thomann, et. al, 1987)，某污染源對水體某固定點的水質衝擊可以一係數表示。本研究中以 QUAL2E 水質模式模擬所有點源排入造成各監測點的污染量，以 (1) 式計算得到每一點污染源對各水質監測點的水質衝擊係數 (impact coefficients)。此衝擊係數為用以建立優選模式所述之總量分配法之主要依據

$$A_{ij} = \frac{BOD_{jp} - BOD_{jn}}{T\_BOD} \quad (1)$$

$A_{ij}$ ：點源*i*對檢核點*j*之水質衝擊係數

$BOD_{jp}$ ：檢核點*j*之BOD，考量點源*i*之污染負荷

$BOD_{jn}$ ：檢核點*j*之BOD，不考量點源*i*之污染負荷

$T\_BOD$ ：點源 *i* 之污染負荷

### 3.3 總量分配模式

本研究修改童等(環保署，93年)所建議的初步模式，並依據 QUAL2E 所求得各污染源對承受水體的水質衝擊係數，建立以最大可排放量為目標，且分別考量土地利用公平性、集污區公平性因子，提出一個總量分配線性規劃模式，分別說明如下。

#### 最大可排放量模式

本模式以最大可排放量為目標函數，考量集污區權重、土地利用權重和區塊權重等因子，期能推求出在滿足水質標準下之最大可排放量，模式如下列：

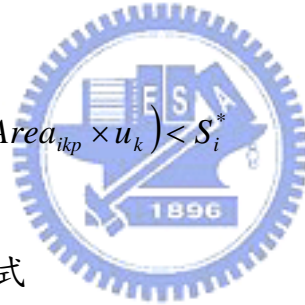
$$\text{Max} \quad \sum_{i=1}^{N_i} \sum_{k=1}^{N_k} \sum_{p=1}^{N_{ik}} (Area_{ikp} \times u_k) \quad (2a)$$

S.T.

$$\sum_{j=1}^{N_j} \sum_{k=1}^{N_k} \sum_{p=1}^{N_{ik}} (I_{j \rightarrow i} \times R_{ikp} \times Area_{ikp} \times u_k) < S_i^* \quad (2b)$$

$$S_i^* = S_i - B_i \quad (2c)$$

$$\text{權重限制式，參考(3)式} \quad (2d)$$



其中， $Area_{ikp}$  為集污區  $i$ ，土地利用類別  $k$ ，區塊編號  $p$  的面積； $u_k$  是決策變數，為土地利用類別  $k$  的單位面積污染負荷分配基準量(污染量/面積)； $N_i$  為集污區數； $N_k$  為土地利用類別數； $N_{ik}$  為集污區  $i$ ，土地利用類別  $k$  的區塊數； $I_{j \rightarrow i}$  為集污區  $j$  流達至水體的污染量對於檢核點  $i$  的衝擊係數； $R_{ikp \rightarrow i}$  為集污區  $i$ ，土地利用類別  $k$ ，區塊編號  $p$  至水體的流達率； $S_i$  為水質標準； $B_i$  為 BOD 背景濃度； $S_i^*$  為  $S_i$  與  $B_i$  間的差值。

目標式是以求最大可能排放之污染負荷總量為目標，污染負荷是以各集污區不同土地利用類別之所有區塊的面積乘以所屬土地利用類別單位

面積污染負荷分配基準量( $u_k$ )之總合計算。式(2b)限制每個集污區上游所累計貢獻之總污染負荷量不可大於允許排放量( $S_i^*$ )。各集污區之允許排放量，是以式(2c)根據法規要求值與背景濃度之差值計算而得。(2d)式為考量排放權重所加入之限制式，本研究提出 3 種不同考量組合，上述式(2d)可為下列其中任一種情形，敘述如下：

#### **a. 土地利用類別的單位面積污染負荷分配基準量與權重係數成正比**

考量土地利用類別的單位面積污染負荷分配基準量( $u_k$ )應與權重係數( $W$ )成正比例之關係，其關係式如下式：

$$\frac{u_s}{u_k} = \frac{W_s}{W_k} \quad \Leftrightarrow \quad W_k \times u_s = u_k \times W_s \quad (3a)$$

在此情形下，模式中的權重係數越大，則所分配之土地利用類別的單位面積污染負荷分配基準量( $u_k$ )越大。 $u_s$ 為土地利用類別s的單位面積污染負荷分配基準量(污染量/面積)。

#### **b. 土地利用類別的單位面積污染負荷分配基準量與權重係數成反比**

考量土地利用類別的單位面積污染負荷分配基準量( $u_k$ )應與權重係數( $W$ )成反比例之關係，其關係式如下式：

$$\frac{u_s}{u_k} = \frac{W_k}{W_s} \quad \Leftrightarrow \quad W_s \times u_s = u_k \times W_k \quad (3b)$$

在此情形下，模式中的權重係數越大，則所分配之土地利用類別的單位面積污染負荷分配基準量( $u_k$ )越小。 $u_s$ 為土地利用類別s的單位面積污染負荷分配基準量(污染量/面積)。

#### **c. 污染排放量與衝擊係數成反比**

衝擊係數越大，表示對於河川所造成的影響越大，應給予較小的污染

排放量 ( $Area \times u_k$ )。故污染排放量 ( $Area \times u_k$ ) 應與衝擊係數 ( $I$ ) 成反比例之關係，其關係式如下式：

$$\frac{I_{j \rightarrow i}}{I_{m \rightarrow i}} = \frac{\sum_{k=1}^{N_k} \sum_{p=1}^{N_{jk}} (A_{jkp} \times u_k)}{\sum_{k=1}^{N_k} \sum_{p=1}^{N_{mk}} (A_{mkp} \times u_k)} \Leftrightarrow \sum_{k=1}^{N_k} \sum_{p=1}^{N_{mk}} (A_{mkp} \times u_k) \times I_{j \rightarrow i} = I_{m \rightarrow i} \times \sum_{k=1}^{N_k} \sum_{p=1}^{N_{jk}} (A_{jkp} \times u_k) \quad (3c)$$

其中， $I_{j \rightarrow i}$  為集污區  $j$  流達至水體的污染量對於檢核點  $i$  的衝擊係數， $I_{m \rightarrow i}$  為集污區  $m$  流達至水體的污染量對於檢核點  $i$  的衝擊係數。在此情形下，模式中的衝擊係數越大，所允許的污染排放量 ( $Area \times u_k$ ) 越小。

本研究針對所提出之限制式，採用土地利用類別的單位面積污染負荷分配基準量 ( $u_k$ ) 與權重係數 ( $W$ ) 成正比之關係式，在考量集污區權重、土地利用權重和區塊權重等因子下，進一步提出 4 種權重因子組合下的情境，敘述如下。

### 情境 I

針對區塊權重作考量，即權重係數 ( $W$ ) 為集污區  $i$ ，土地利用  $k$ ，區塊編號  $p$  的分配權重係數 ( $UW_{ikp}$ )，故 (3a) 限制式即成為下式：

$$UW_{ikp} \times u_s = u_k \times UW_{isp} \quad \forall k \neq s \quad (4a)$$

### 情境 II

針對區塊權重作以及土地利用權重考量，即權重係數 ( $W$ ) 為集污區  $i$ ，土地利用  $k$ ，區塊編號  $p$  的分配權重係數 ( $UW_{ikp}$ ) 乘上土地利用類別  $k$  分配權重係數 ( $LW_k$ )，故 (3a) 限制式即成為下式：

$$UW_{ikp} \times LW_k \times u_s = u_k \times LW_s \times UW_{isp} \quad \forall k \neq s \quad (4b)$$



### 情境 III

針對區塊權重作以及集污區權重考量，即權重係數 ( $W$ ) 為集污區  $i$ ，土地利用  $k$ ，區塊編號  $p$  的分配權重係數 ( $UW_{ikp}$ ) 乘上集污區  $i$  的分配權重係數 ( $SW_i$ )，故 (3a) 限制式即成為下式：

$$UW_{ikp} \times SW_k \times u_s = u_k \times SW_s \times UW_{isp} \quad \forall k \neq s \quad (4c)$$

### 情境 IV

針對區塊權重作、集污區權重以及土地利用權重考量，即權重係數 ( $W$ ) 為集污區  $i$ ，土地利用  $k$ ，區塊編號  $p$  的分配權重係數 ( $UW_{ikp}$ ) 乘上集污區  $i$  的分配權重係數 ( $SW_i$ ) 和土地利用類別  $k$  分配權重係數 ( $LW_k$ )，故 (3a) 限制式即成為下式：

$$UW_{ikp} \times SW_k \times LW_k \times u_s = u_k \times LW_s \times SW_s \times UW_{isp} \quad \forall k \neq s \quad (4d)$$

上述所提之四種情況，為以最大可排放量為目標，且在滿足水質限制下，個別或綜合考量集污區權重、土地利用權重以及區塊權重等因子對於土地利用類別的單位面積污染負荷分配基準量 ( $u_k$ ) 之關係。

## 第四章 線上決策支援系統之建立

為了有效提供決策分析的效率，本研究整合所有模式及分析工具發展線上河川污染總量分配決策支援系統，讓分析者能在網路上進行相關工作且能即時分析結果，提高決策效率。本章說明發展決策支援系統所需使用之系統工具架構與建置流程，並詳細介紹各部分模組在決策支援系統中之規劃及功能，期能藉由整合式系統及分析方法，加速決策分析工作的進行，並提升決策分析之效率與品質。

### 4.1 系統架構

本研究所初步規劃之線上河川污染總量分配決策支援系統如圖 1.1 所示主要包含資料庫、資料分析、水質模式、優選模式、線上地理資訊、決策支援等六大模組，並以親和式介面整合為一個系統。其系統架構圖如圖 4.1 所示，資料庫模組將提供其他模組正常運作所需資料，資料分析模組將輔助經由資料庫模組取得資料之統計分析，水質模式模組為進行資料取得後之水質模擬，線上地理資訊模組以圖層方式呈現地理資訊，優選模式考量分析不同總量分配策略，經由六大模組的交互運作，分析者只要透過網際網路連上系統使用者介面操作，便可不受時間及空間限制的執行資料分析、水質模擬、線上地理資訊等相關輔助總量分配決策分析程式，輔助分析者能加快分析的工作，使河川污染總量分配決策能有效率地進行。後續之章節將分別說明各模組之建置流程與目的。

### 4.2 系統工具

Linux 為此系統工作站之開發平台，並以下列各種工具進行系統開發工作，如表 4.1，以下分別簡介各使用工具及其所開發之功能：

#### 1. 工作站系統：

Linux 為基本工作平台，使用 APACHE 網站伺服器軟體（The che Software foundation，2004）架設成為網路伺服器，以提供系統網路功能，並採用 XOOPS（XOOPS Official Site，2004）2.4 版作為決策支援系統之運作主架構。

#### 2. 程式開發：

於 XOOPS 上嵌入本研究室群所發展之 eblock 模組，並輔以 PHP 網頁程式設計語言（PHP，2004）、JavaScript 網頁互動式程式語言（Netscape devedge，2004）程式語言、HTML 程式語言、CSS、Smarty 等，開發系統之各項模組功能，達到各項功能模組化單元化的目的。

#### 3. 資料庫：

以 MySQL 資料庫軟體（MySQL，2004）分別設置建立集污區人口資料、點源污染資料及河川水文、水質、流量等資料之各別資料庫系統。後續將輔以 PHP 程式及 SQL 資料庫語法建立本研究之相關資料查詢及統計分析等功能。

#### 4. 資料分析：

配合資料庫模組之查詢功能及 PHP 之程式開發，以 JPGRAPH 統計繪圖軟體（JpGraph，2004）分析繪製圖表，用以顯示資料查詢及統計分析之結果。尚有 Mapserver（Mapserver，2004）地理資訊開發工具，以圖層之方式展示地理資訊介面，並有水質監測站及點源污染之圖層顯示。

5. 水質模擬模式：

本研究以 QUAL2E 河川水質模擬模式，作為河川污染總量管制方案之影響評估工具。用以了解河川污染總量管制方案之適用性及影響程度。

表 4.1 軟體需求關聯表

工作項目	所需軟體
工作站系統	Linux 作業系統 APACHE 網站伺服器軟體 XOOPS 網站系統
程式開發	eblock 模組 PHP 網頁程式設計語言 JavaScript 網頁互動式程式語言 HTML 程式語言 CSS、Smarty
資料庫	MySQL 資料庫軟體
資料分析	PHP 網頁程式設計語言 JPGRAPH 統計繪圖軟體 Mapserver 線上地理資訊系統
水質模擬模式	QUAL2E 河川水質模擬模式

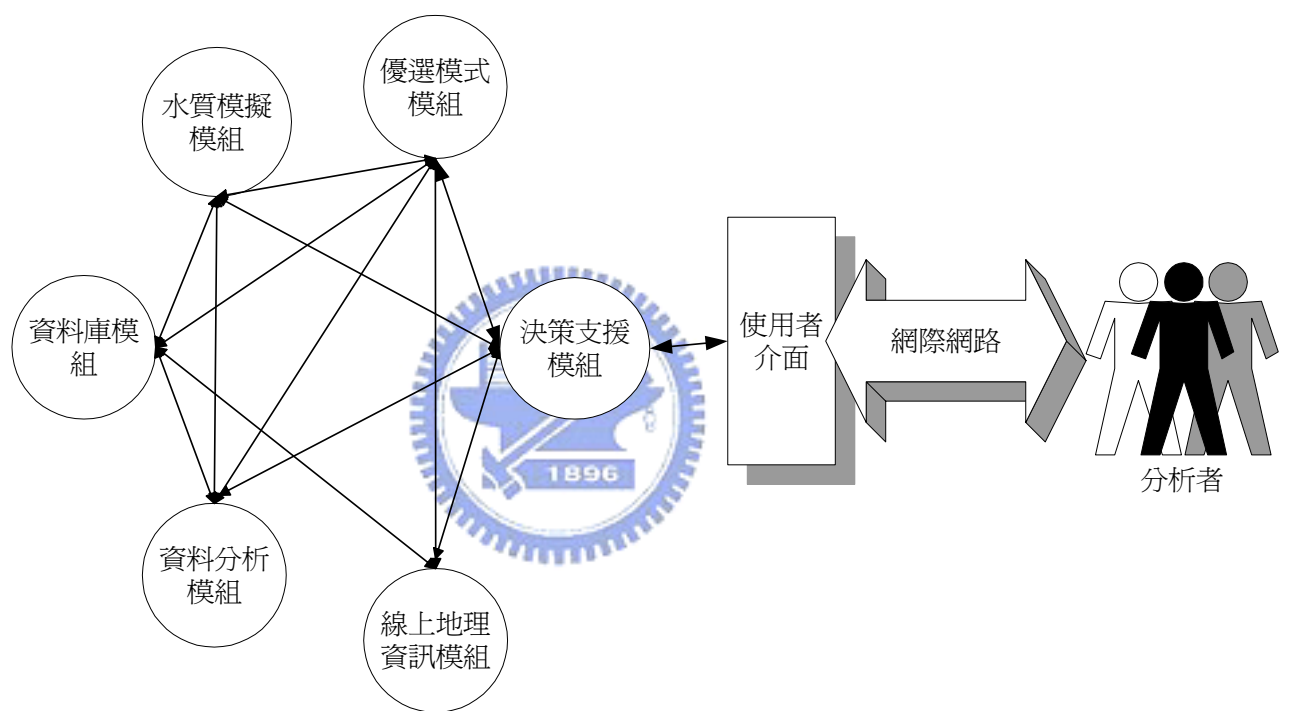


圖 4.1 系統架構圖



### 4.3 資料庫模組建立

資料庫模組將建置一資料庫管理所蒐集的河川水質、水文、點源污染等資料，建立一致之資料存取介面，便利資料之存取分析，用於輔助資料分析、水質模式及優選模式等模組。藉由所發展程式將資料有系統地建置為一資料庫模組，以輔助資料分析模組所需資料取得，幫助分析工作之進行。以下將分別說明各個資料之蒐集及整理後之格式：

#### 一、河川水質資料：

水質資料為蒐集河川水質監測站之歷年相關監測資料，資料取得後，發展 PHP 程式及 SQL 語法將資料有系統地建置為一資料庫，包含生化需氧量、懸浮固體、溶氧、大腸桿菌、河川水體溫度、酸鹼度、重金屬含量（鎘、鉛、銅、汞、鋅、六價鉻、錳、銀）、砷、硒、氨氮、導電度、總磷、總氮等監測資料。建置完成之水質資料型態收錄於附錄表一。



#### 二、河川流量資料：

流量資料為蒐集河川流量監測站之歷年每日監測資料。資料取得後，發展 PHP 程式及 SQL 語法將資料有系統地建置為一資料庫，包含測站名稱、測站編號、監測年度、月份、日期等監測資料。建置完成之資料型態收錄於附錄表二。

#### 三、集污區人口資料：

蒐集烏溪流域各區的總人口統計資料。將資料取得後，發展 PHP 程式及 SQL 語法將資料有系統地建置為一資料庫。建置完成之資料型態收錄於附錄表三。

## 4.4 資料分析模組建立

資料分析模組由資料庫模組提供需要之相關資料，採用總量分配所需之各項水質指標與相關分析項目，並據此結合資料庫發展程式繪製水質指標及水質項目之相關分析統計圖表，藉由資料分析模組之建立，輔助分析者進一步了解河川歷年符合河川水體水質標準情形，幫助分析者對於河川河段空間距離性及時間性有相當的認知。經由資料分析模組可以了解並比較河川相關資料歷年監測值、統計值及累計值等，有助於了解河川污染之現況及趨勢，輔助總量管制方案決策之進行，以期提升決策系統之品質。包含之分析統計圖表如：監測點歷年所有水質變化圖（每一站子圖）、最近十年水質月變化圖（每一子站圖）、最近十年河川水質變化圖[以距離為軸]（每年一子圖）、次數達成率圖、時間達成率圖、距離達成率圖等。各項分析圖表功能子單元，逐一說明如下：



### 一、 監測點歷年所有水質變化圖（每一站子圖）

資料分析方法：

依據所取得水質監測站之個別水質項目監測值，將所有監測值依照天數排列繪出水質項目變化圖，以幫助分析者了解河川歷年水質項目之變化情形與未來趨勢，如圖 4.2 為烏溪大橋【2701】水質監測站之 BOD 歷年變化圖。水質指標歷年變化圖則是根據水質指標之計算方法（水質指標計算方式收錄於附錄一），利用水質項目之監測值計算出水質指標之對應值，再將所有監測值依照上述方法繪出水質指標變化圖，以幫助分析者了解河川歷年水質指標之變化情形與未來趨勢。如圖 4.3 為烏溪橋【2701】水質監測站之 RPI(RIVER POLLUTION INDEX)歷年變化圖。

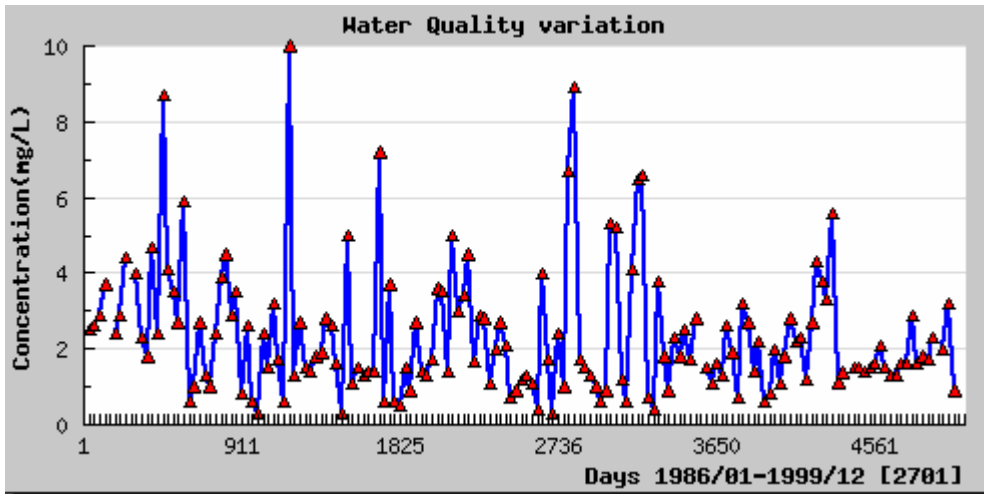


圖 4.2 烏溪大橋【2701】水質監測站之 BOD 歷年變化圖

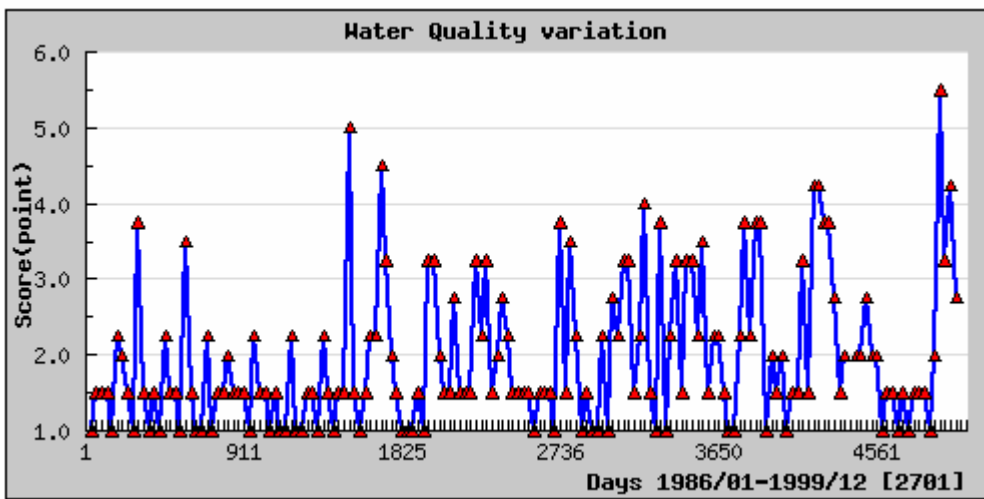


圖 4.3 烏溪橋【2701】水質監測站之 RPI 歷年變化圖

二、 監測點最近十年水質月變化圖（每一子站圖）

資料分析方法：

依據所取得水質監測站之個別水質項目監測值，取出最近十年的監測資料，將監測值依照月份排列繪出水質項目變化圖，以幫助分析者了解河川最近十年水質項目月變化情形，如圖 4.4 為大肚橋【2702】水質監測站之 DO 最近十年月變化圖。水質指標最近十年水質月變化圖則是根據水質

指標之計算方法，利用水質項目之監測值計算出水質指標之對應值，再將所有監測值依照上述方法繪出水質指標變化圖，以幫助分析者了解河川最近十年水質指標月變化情形，如圖 4.5 為大肚橋【2702】水質監測站之 RPI 最近十年月變化圖。

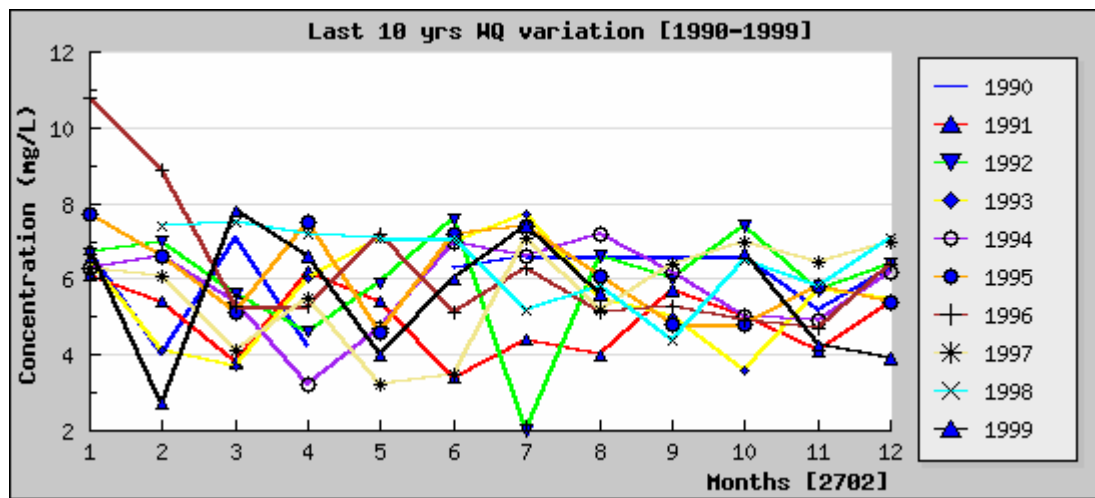


圖 4.4 大肚橋【2702】水質監測站之 DO 最近十年月變化圖

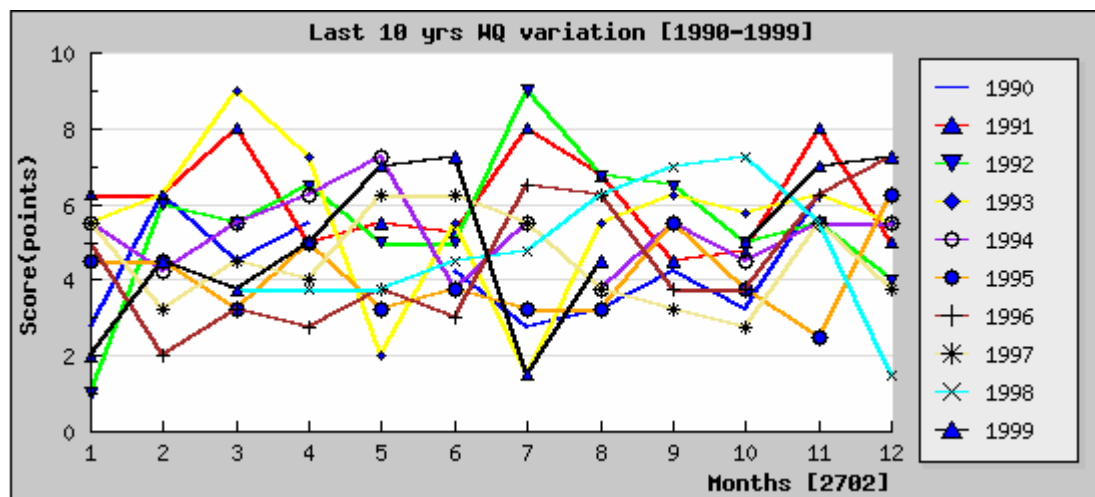


圖 4.5 大肚橋【2702】水質監測站之 RPI 最近十年月變化圖

### 三、 最近十年河川水質變化圖[以距離為軸] (每年一子圖)

資料分析方法：

依據所取得水質監測站之個別水質項目監測值，取各水質監測站同年度的監測資料，共取出最近十年的監測資料，每一年度繪制一張圖，將監測值依水質監測站離出海口距離排列繪出水質項目變化圖，以幫助分析者了解河川最近十年水質項目依據距離關係之變化情形與未來趨勢，如圖 4.6 為烏溪流域 88 年各水質監測站之 NH<sub>3</sub>-N 變化圖。水質指標最近十年河川水質變化圖則是根據水質指標之計算方法，利用水質項目之監測值計算出水質指標之對應值，再將所有監測值依照上述方法繪出水質指標變化圖，以幫助分析者了解河川最近十年水質指標依據距離關係之變化情形與未來趨勢，如圖 4.7 為 88 年烏溪流域各水質監測站之 RPI 變化圖。

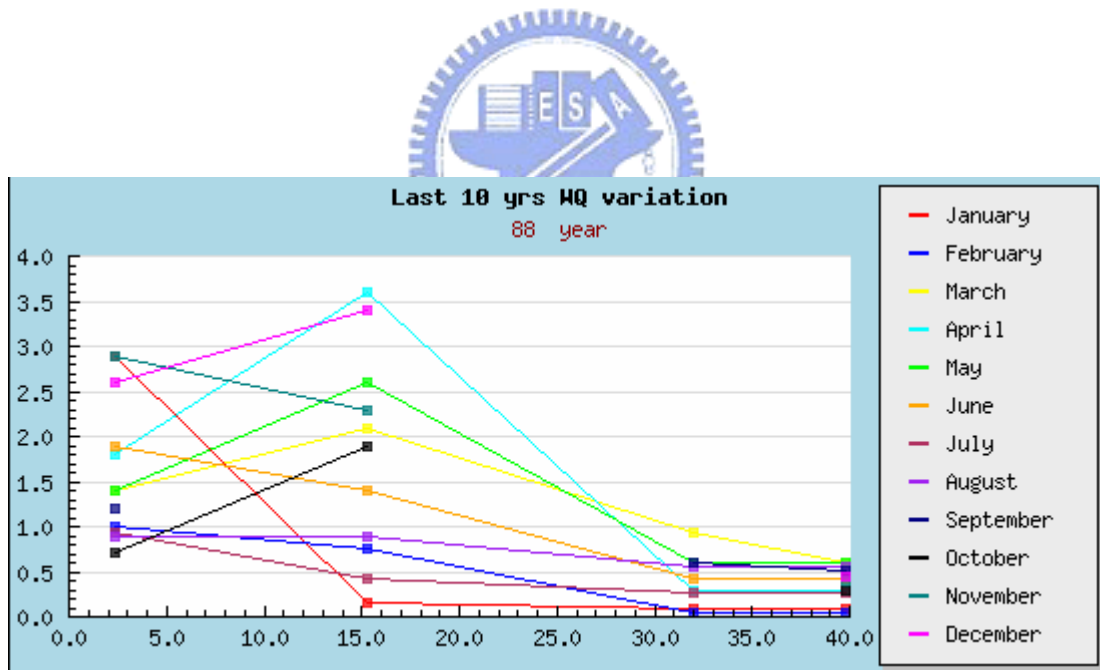


圖 4.6 烏溪流域 88 年各水質監測站之 NH<sub>3</sub>-N 變化圖



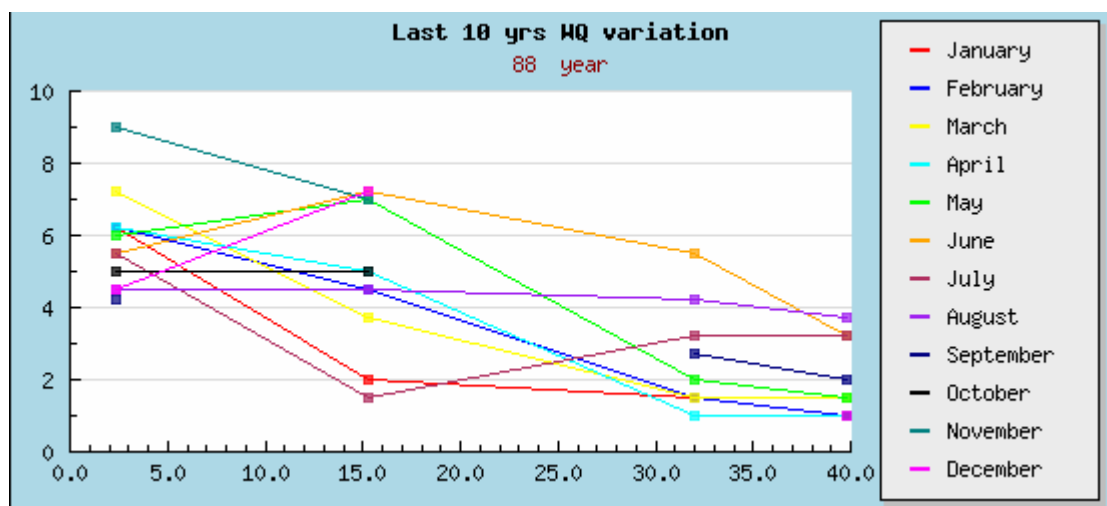


圖 4.7 88 年烏溪流域各水質監測站之 RPI 變化圖

#### 四、 次數達成率圖

次數達成率圖可再區分為最近 1、3、5、8、10 年之總計達成率圖、最近 1、3、5、8、10 年之累積達成次數圖、最近 1、3、5、8、10 年之總監測次數圖、最近十年之達成率圖、最近十年之違反次數圖、最近十年之總監測次數圖。



資料分析方法：

##### 1. 最近 1、3、5、8、10 年之總計達成率圖

依據所取得水質監測站之個別水質項目監測值，了解是否有符合該水體用途水質標準，可知其達成率，並計算出累積年度資料之達成率，累積年度分別為 1、3、5、8、10 年，以幫助分析者了解河川最近 1、3、5、8、10 年各別水質項目或水質指標之達成率，如圖 4.8 所示為水質指標 RPI 之最近 1、3、5、8、10 年之總計達成率圖。

##### 2. 最近 1、3、5、8、10 年之累積達成次數圖

依據所取得水質監測站之個別水質項目監測值，了解是否有符合該水體用途水質標準，可知其達成次數，並計算出累積年度資料之達成次數，

累積年度分別為 1、3、5、8、10 年，以幫助分析者了解河川最近 1、3、5、8、10 年各別水質項目或水質指標之達成次數。如圖 4.9 所示為水質項目 SS 之最近 1、3、5、8、10 年之累積達成次數圖。

### 3. 最近 1、3、5、8、10 年之總監測次數圖

依據所取得水質監測站之個別水質項目監測次數，並計算出累積年度資料之監測次數，累積年度分別為 1、3、5、8、10 年，以幫助分析者了解河川最近 1、3、5、8、10 年各別水質項目之總監測次數。如圖 4.10 為水質項目 DO 之最近 1、3、5、8、10 年之總監測次數圖。

### 4. 最近十年之達成率圖

依據所取得水質監測站之個別水質項目監測值，了解是否有符合該水體用途水質標準，可知其該年度達成率，蒐集最近十年之年度達成率後繪製圖表，以幫助分析者了解河川最近十年各別水質項目或水質指標之各年達成率。如圖 4.11 所示為水質指標 RPI 最近十年之達成率圖。

### 5. 最近十年之違反次數圖

依據所取得水質監測站之個別水質項目監測值，了解是否有違反該水體用途水質標準，可知其該年度違反次數，蒐集最近十年之年度違反次數後繪製圖表，以幫助分析者了解河川最近十年各別水質項目或水質指標之違反水質標準次數。如圖 4.12 為水質項目 BOD 最近十年之違反次數圖。

### 6. 最近十年之總監測次數圖

依據所取得水質監測站之個別水質項目監測次數，可知其該年度監測次數，蒐集最近十年之年度監測次數後繪製圖表，以幫助分析者了解河川最近十年各別水質項目之總監測次數。如圖 4.13 為水質項目 NH<sub>3</sub>-N 最近

十年之總監測次數圖。

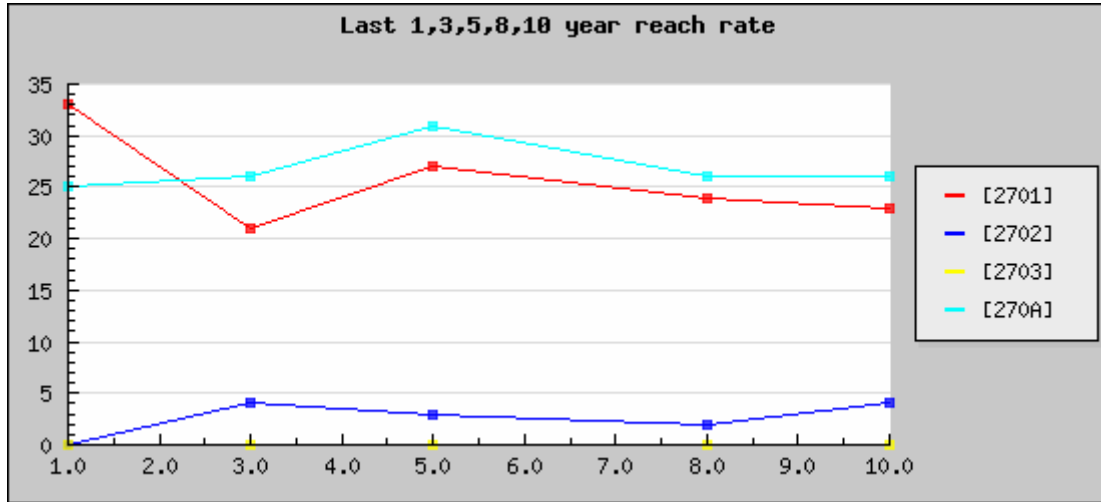


圖 4.8 水質指標 RPI 之最近 1、3、5、8、10 年之總計達成率圖

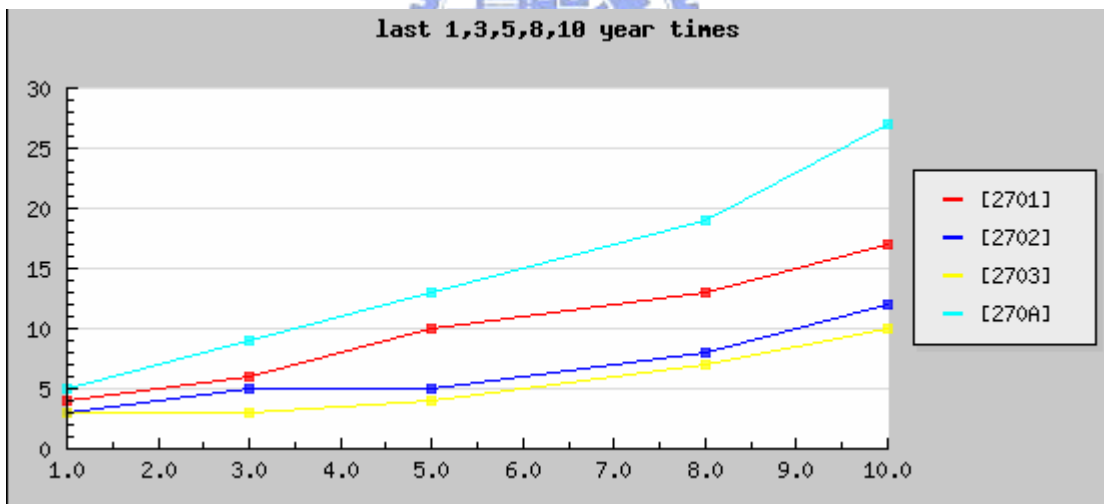


圖 4.9 水質項目 SS 之最近 1、3、5、8、10 年之累積達成次數圖

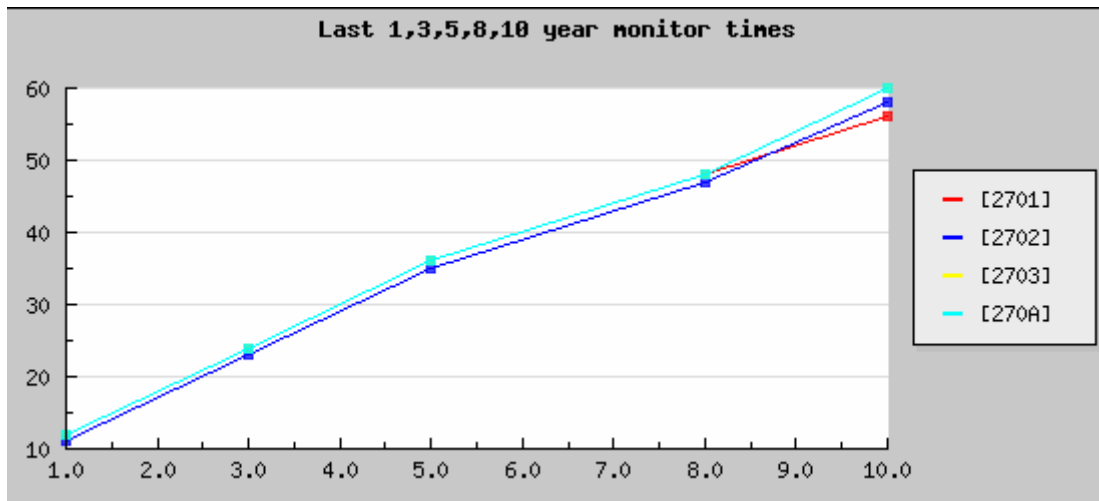


圖 4.10 水質項目 DO 之最近 1、3、5、8、10 年之總監測次數圖

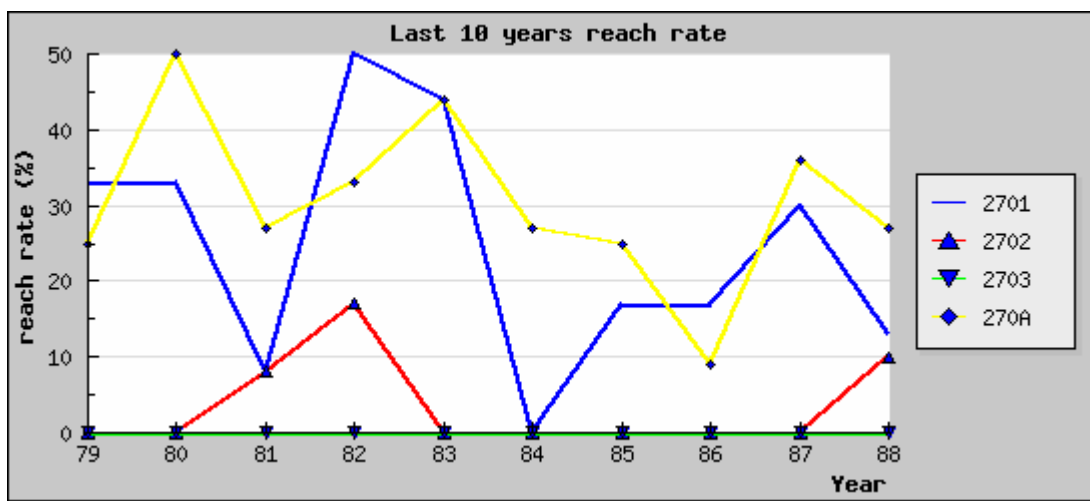


圖 4.11 水質指標 RPI 最近十年之達成率圖

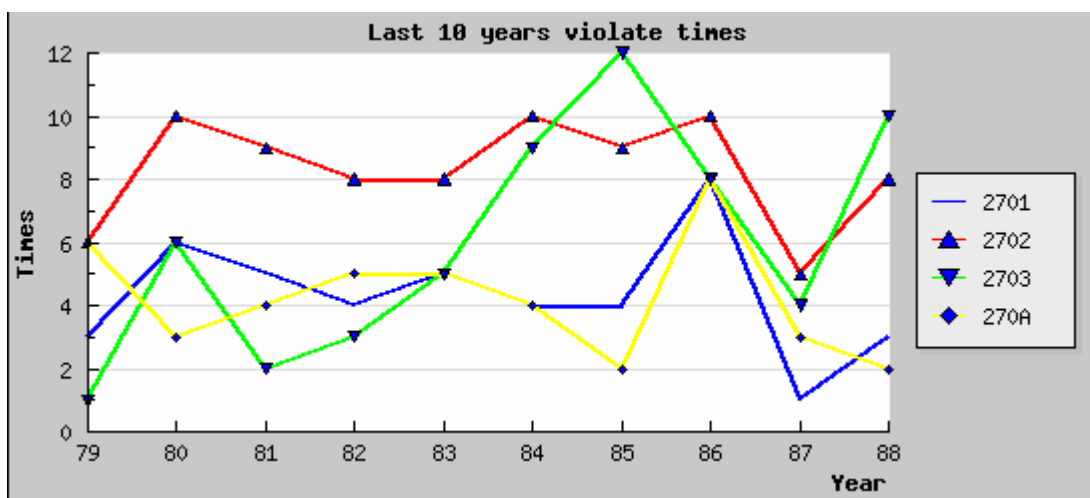


圖 4.12 水質項目 BOD 最近十年之違反次數圖

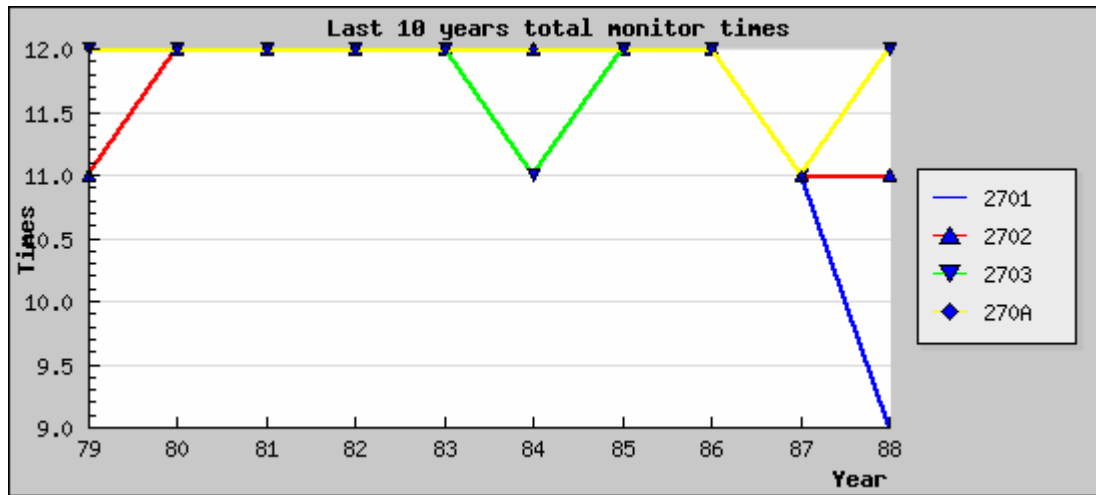


圖 4.13 水質項目 NH<sub>3</sub>-N 最近十年之總監測次數圖

#### 五、 時間達成率圖

時間達成率圖可再區分為最近 1、3、5、8、10 年之總計達成率、最近 1、3、5、8、10 年之累積達成次數、最近 1、3、5、8、10 年之總監測次數、最近十年之達成率、最近十年之違反次數、最近十年之總監測次數。其分析方法定義同次數達成率，僅次數達成（率）變更為時間達成（率），以幫助分析者了解河川各別水質項目或水質指標依據時間關係之達成率。

#### 六、 距離達成率圖

距離達成率圖可再區分為最近十年每年未達標準之平均距離圖與最近十年每月未達標準之距離圖。

分析方法：

##### 1. 最近十年每年未達標準之平均距離圖

最近十年每年未達標準之平均距離圖，據所取得水質監測站之個別水質項目監測值，比較是否有未符合該水體用途水質標準，並計算出該年度未達水質標準之平均距離，蒐集最近十年的每年未達標準之平均距離後繪

製圖表，以幫助分析者了解河川最近十年各別水質項目或水質指標之未達水質標準之平均距離，如圖 4.14 為水質項目 DO 之最近十年每年未達標準之平均距離圖。

## 2. 最近十年每月未達標準之距離圖

最近十年每月未達標準之距離圖，依據所取得水質監測站之個別水質項目監測值，比較是否有未符合該水體用途水質標準，並計算出最近十年每年該月未達水質標準之距離，蒐集最近十年的每年該月未達水質標準之平均距離後繪製圖表，以幫助分析者了解河川最近十年各別水質項目或水質指標之未達水質標準之距離，如圖 4.15 為水質項目 SS 之最近十年每月未達標準之距離圖。

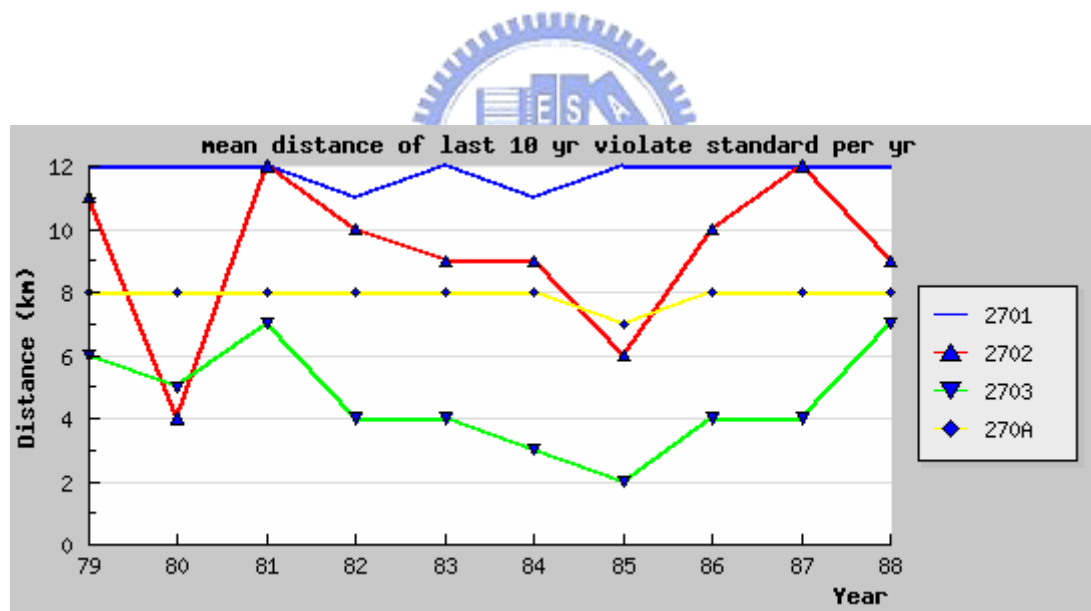


圖 4.14 水質項目 DO 之最近十年每年未達標準之平均距離圖



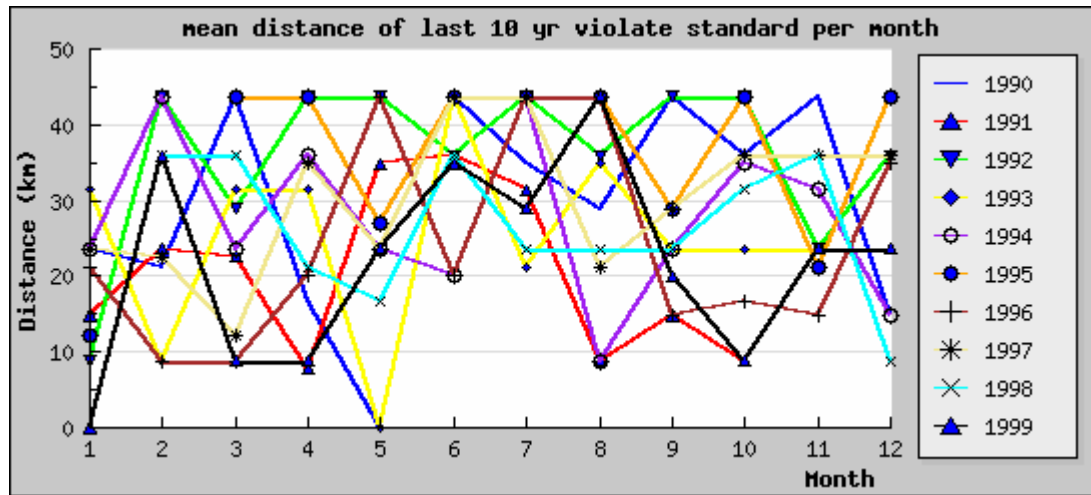


圖 4.15 水質項目 SS 之最近十年每月未達標準之距離圖

#### 4.5 水質模式模組建立

水質模擬模式模組採用 QUAL2E 河川水質模式。如圖 4.16 為水質模擬模式之運作圖，藉由發展程式，整合使用者介面，提供分析者所需之輸入選單介面，幫助分析者快速建立 QUAL2E 輸入檔，將輸入檔傳入 QUAL2E 之主程式執行後產生輸出檔，再依據欲呈現結果之資料型態類型，進行資料處理後呈現給分析者參閱，以輔助決策方案的評估與分析。

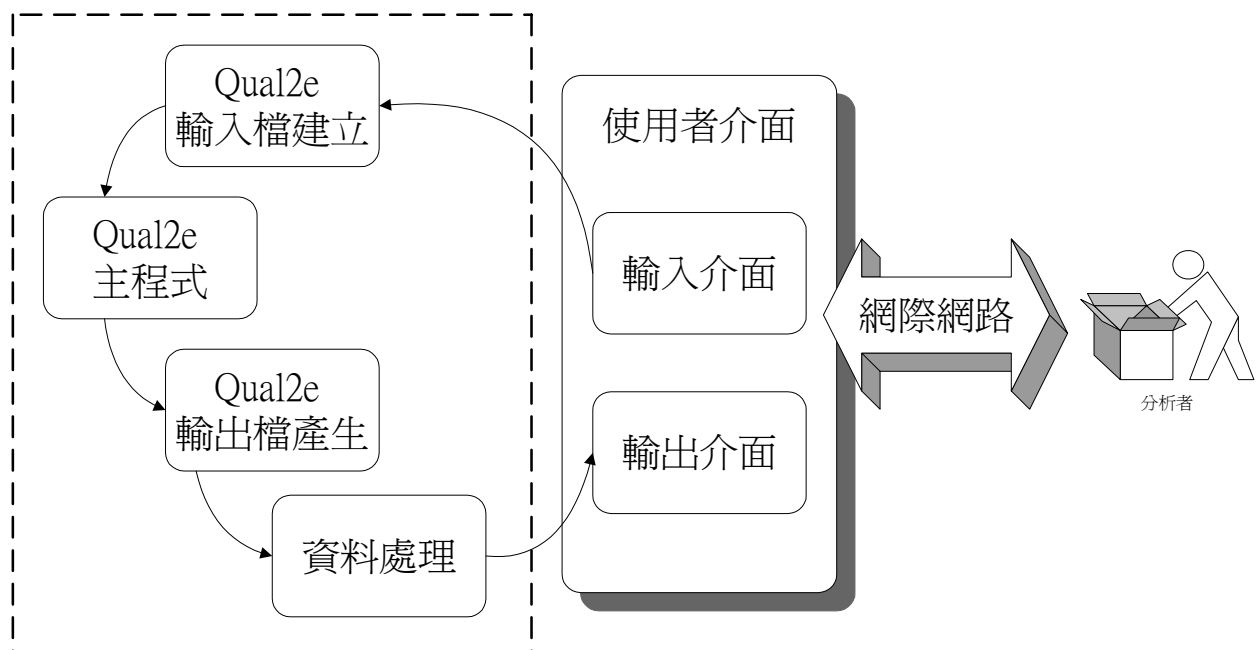


圖 4.16 水質模式之運作圖

## 4.6 優選模式建立

優選模式模組則結合本研究所發展出之總量分配優選模式，依據 QUAL2E 所求得各污染源對承受水體的水質衝擊係數輔助建立優選模式，以發展分析操作介面，依據分析者的設定執行所建立的總量分配優選模式，探討執行不同總量分配方案之結果，並分析不同總量分配方案下之水質改善效益。

## 4.7 線上地理資訊模組建立

線上地理資訊模組之系統運作如圖 4.17，使用者由程式所提供之介面，透過 PHP 網頁程式設計語言與 MapServer 溝通，而 MapServer 讀取解析圖層 (Shapefile) 方式讓分析者能進行空間分佈、空間定位 (需 MapScript 輔助) 等分析。於圖層資料取得後，以 MapServer 為基礎發展地理資訊模組，提供分析者所需空間性分佈之各項功能，基本之地理資訊檢視操作功能 (如放大、平移等)、測站資訊互動介面功能 (點選查詢各測站之地理位置及其紀錄資訊) 呈現在圖形化介面上，使分析者易於了解分析。如圖 4.18 (系統介面)、圖 4.19 (圖層放大功能)、圖 4.20 (圖層縮小功能)、圖 4.21 (測站資料功能) 為地理資訊模組之示範圖。

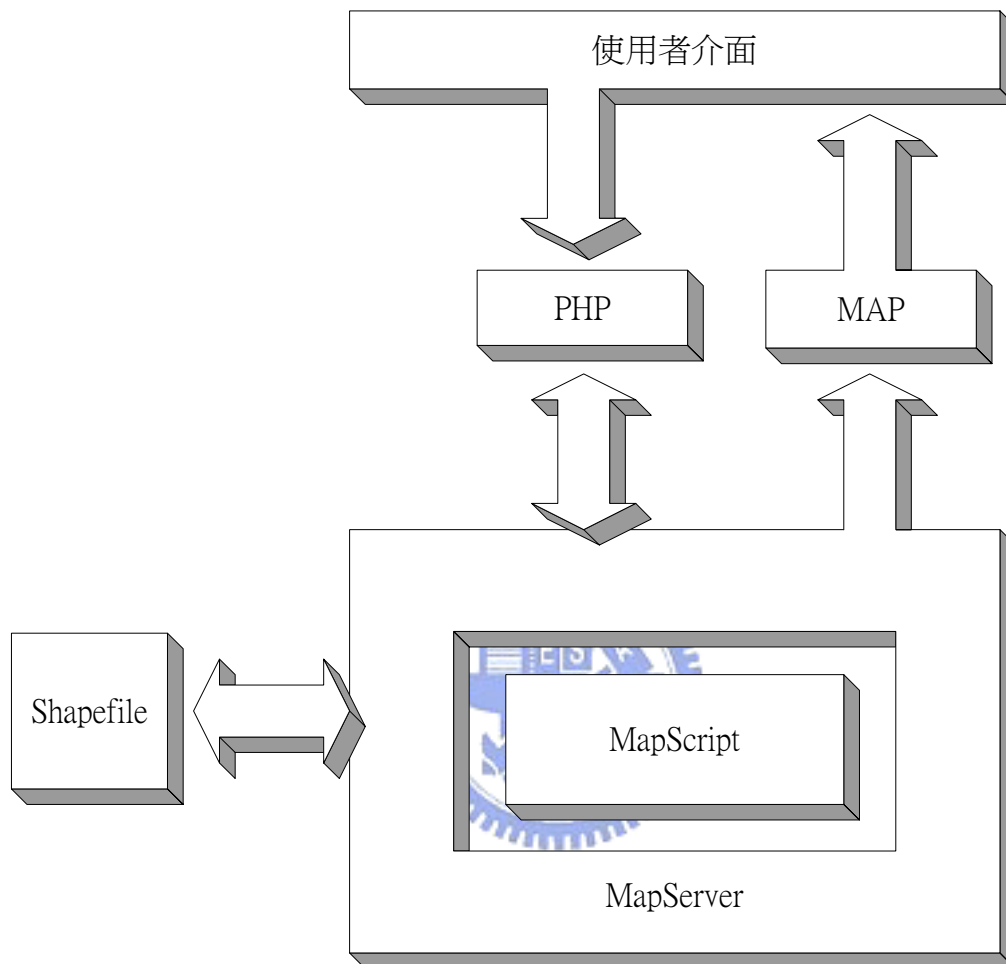


圖 4.17 線上地理資訊模組之系統運作圖

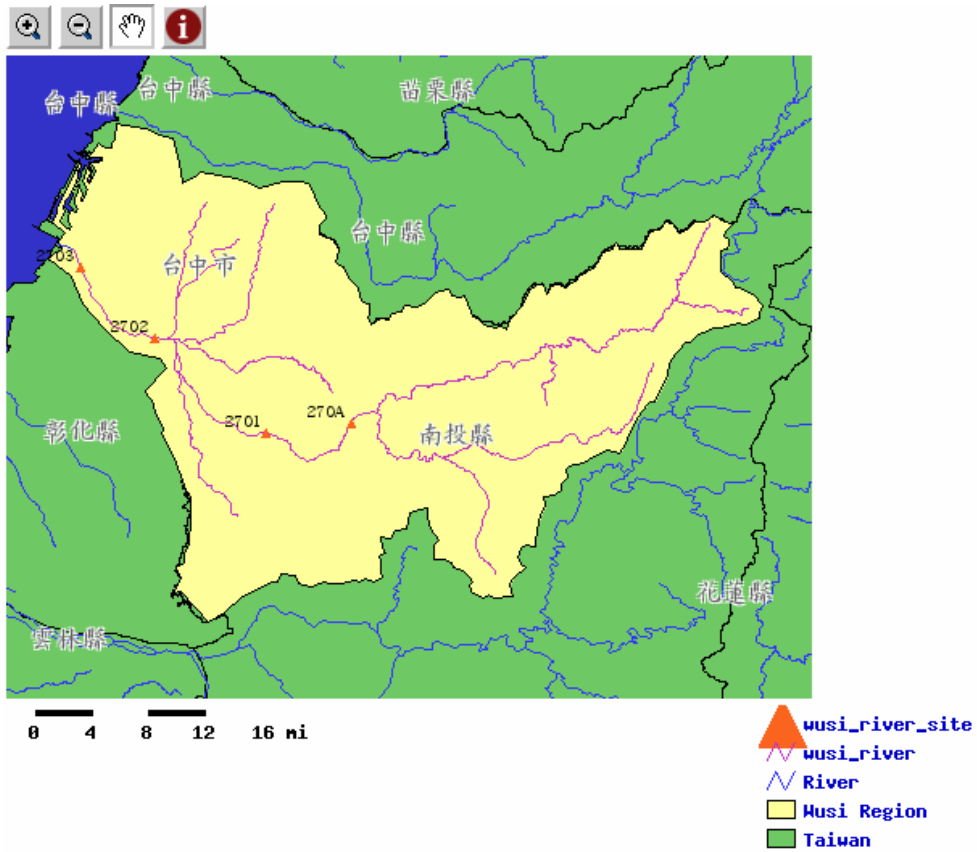


圖 4.18 地理資訊模組之示範圖（系統介面）

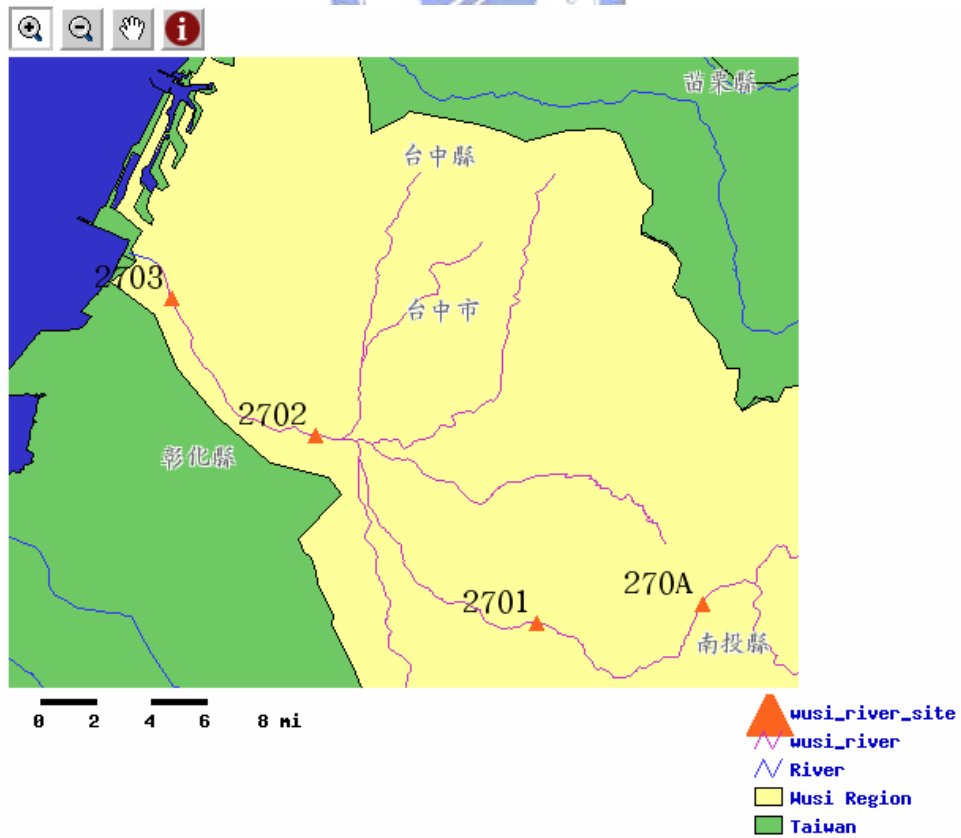


圖 4.19 地理資訊模組之示範圖（圖層放大功能）

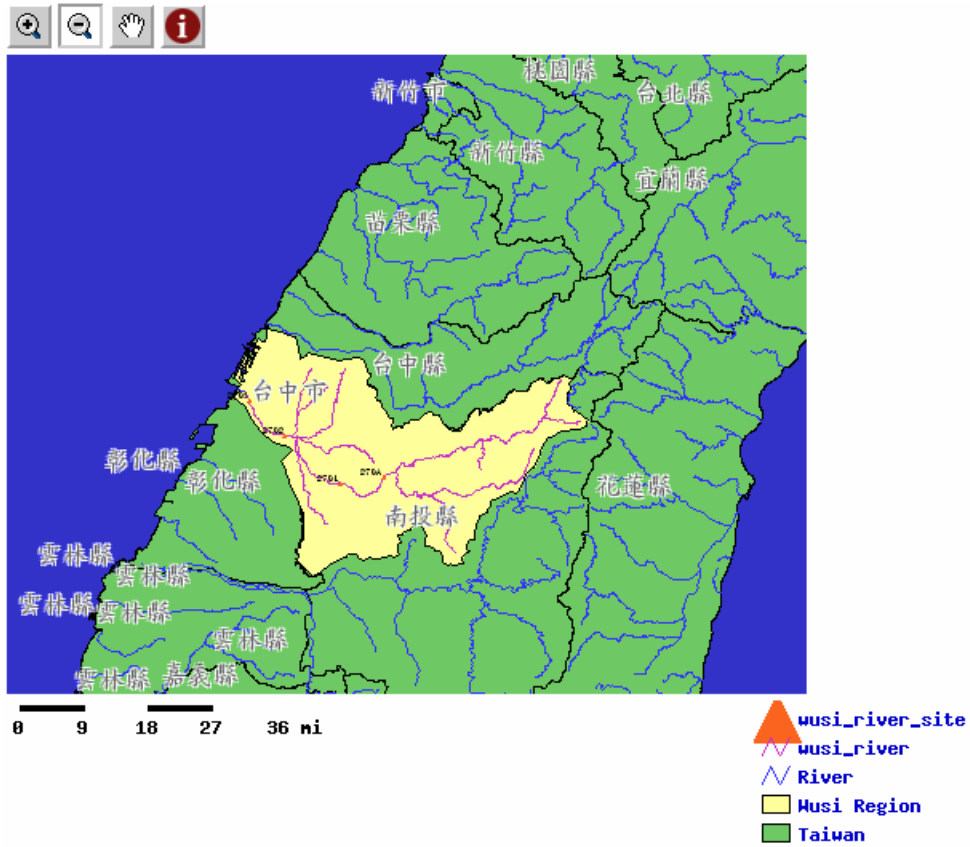


圖 4.20 地理資訊模組之示範圖 (圖層縮小功能)

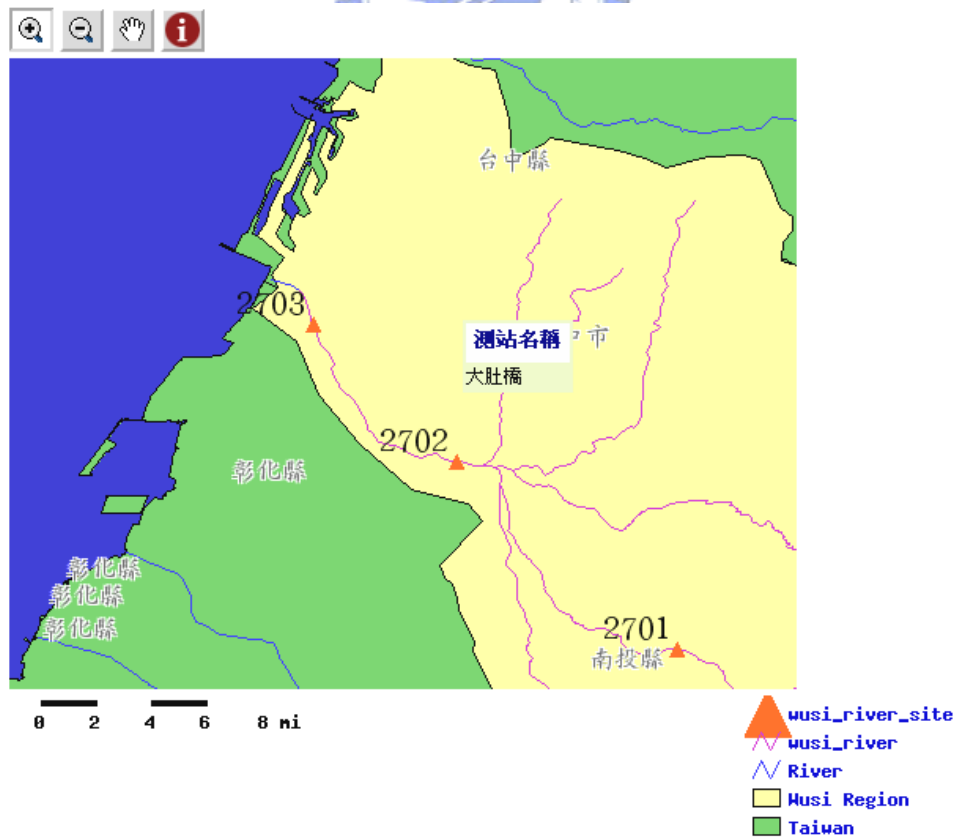


圖 3.15 地理資訊模組之示範圖 (測站資料功能)

## 4.8 決策支援模組建立

為便利各項模組之整合操作，決策支援模組整合上述模組輔助進行總量分配方案之決策分析，在不同總量方案分析下，考量著不同因子，並整合上述模組輔以進行總量分配方案之決策進行，提供一致的分析介面，便利分析者進行河川水質模擬以及總量分配決策分析。本研究並以烏溪為案例，示範及探討應用該系統於輔助河川總量分配方案決策分析之可行性與適用性。





## 第五章 研究案例

### 5.1 案例河川背景說明

本研究採用烏溪做為案例，示範及討論所發展之系統用於輔助河川污染總量分配決策分析之適用性及可行性。如圖 5.1 所示，烏溪位於台灣西海岸中部，發源於中央山脈合歡山西麓，海拔 2596 公尺，流域範圍東以中央山脈為界，北鄰大甲河流域，西鄰台灣海峽，南鄰濁水河流域。流域東西長約 84 公里，南北寬約 52 公里，河流全長約 116.7 公里，流域面積約 2025 平方公里。通過的行政區包含南投縣、台中縣市和彰化縣。流域區分為 22 個集污區，包含乾峰橋、烏溪橋、大肚橋和中彰大橋等 4 個水質測站，其中烏溪橋和乾峰橋河段為乙類水體，大肚橋和中彰大橋河段為丙類水體。烏溪流域之主要污染源有事業廢水、畜牧廢水、家庭生活污水、養豬廢水以及其他污染源，包括遊客污染、垃圾滲出水等。烏溪流域中土地利用共區分為建築用地、水田、旱田、茶園、檳榔園、果園和山林等 7 種類型，其中約有 35% 為山林、25% 為旱地、15% 為水田、10% 為果園、10% 為建築用地。

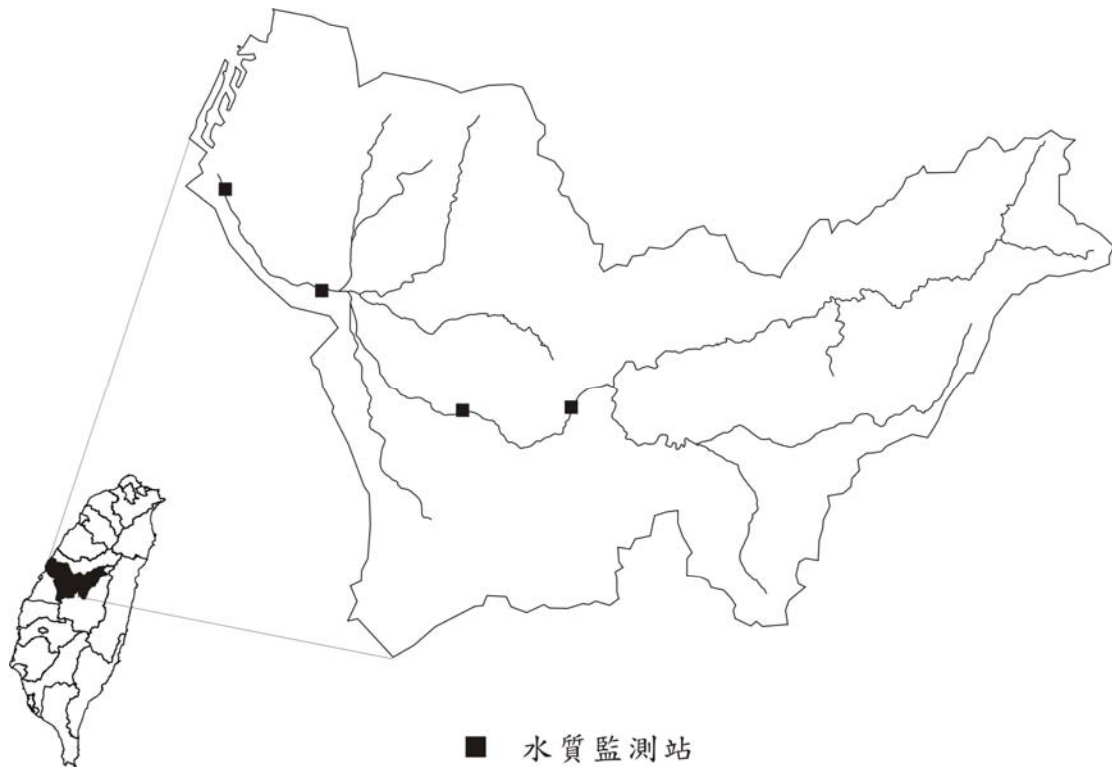


圖 5.1 烏溪流域地理位置



## 5.2 模式結果與討論

河川總量分配應根據不同土地利用之重要性或污染影響程度進行調配，因此本研究依據所建立之模式，應用土地利用類別的單位面積污染負荷分配基準量與權重係數成正比之關係式，首先 探討在情境 II 的情形下，針對土地利用權重的調配，提出不同分配權重方案，如表 5.1 所示，以探討烏溪集污區在不同土地利用權重調配下之總量分配方案之變化。

其中方案一的考量，將各種土地利用權重係數皆設為相同，分析各項係數因子對於單位面積污染負荷分配基準量所造成的影響。並分析方案二，嘗試針對不同土地類用，給予不同的權重值，如水田、茶園及果園等具較高經濟誘因之土地利用類別，故調高其權重為 1.5；旱田以及山林，因其單位面積污染排放量較其他土地類用類別少，故調低其權重為 0.5 和

0.7；檳榔園因不鼓勵種植，故調低其權重為 0.8；建築用地則維持權重係數為 1。方案三對流域中土地利用類別面積最大者進行權重調整，探討在水質限制下，對於總污染允許排放量之影響。

根據第一種分配權重，建立總量分配之優選模式，所決策出之各類土地利用污染負荷分配量如圖 5.2 所示，其污染負荷分配量皆為  $1.3 \text{ g/km}^2$ 。由於在分配權重皆相同的情形下，限制式(4b)將驅使所有的土地利用權重皆相等。如本研究所屬烏溪案例區，山林所占面積最大，約佔總流域的 35%，山林總面積約  $743 \text{ km}^2$ 。在滿足水質標準下，考量目標式(2a)，模式為求得最大的汙染可排放總量，勢必會將單位面積的污染負荷分配給土地利用類別面積較大者，但本案例研究區的山林用地多集中於集污區 19(仁愛鄉)，約佔山林地的 28%(約有  $210.3 \text{ km}^2$ )。在此情形下，必須限制其單位面積污染負荷分配基準量必須要小於  $1.3 \text{ g/km}^2$ ，以使集污區 19(仁愛鄉)所屬河段滿足水質限制。

另根據分配方案二建立優選案例模式，分析考量實際土地利用重要性分配的情況之下，探討其對於總量分配決策量值的影響，其分析結果如圖 5.3 所示。根據其分析結果可以發現，各種土地利用之單位面積污染負荷分配基準量的差異除受到區塊面積、衝擊係數、流達率及河川水質限制的影響外，亦受到限制式(4b)的影響，因所分配之權重係數不同，而有明顯之比例性差異量，且分配權重較高者，所得之單位面積污染負荷分配基準量亦越大。如水田、茶園以及果園所推得之單位面積污染負荷分配基準量為  $2.5 \text{ g/km}^2$ ，建築用地、旱田、檳榔園以及山林之單位面積污染負荷分配基準量分別為 1.7、0.8、1.3、 $1.2 \text{ g/km}^2$ ，個別的單位面積污染負荷分配基準量之比例正是土地利用權重係數之分配比例。

方案三調低山林用地權重為 0.8，其他各種土地利用權重係數皆設為 1，其分析結果如圖 5.4 所示。由方案一知其水質限制需小於  $1.3 \text{ g/km}^2$ ，烏溪案例區中所佔土地面積最大之土地利用類別為山林用地，調低其單位面

積污染負荷分配基準量將可釋放出更多的污染排放量給於其他類別之土地利用，如山林用地之單位面積污染負荷分配基準量雖由  $1.3 \text{ g/km}^2$  調降為  $1.2 \text{ g/km}^2$ ，但其他土地利用類別之單位面積污染負荷分配基準量皆升高為  $1.5 \text{ g/km}^2$ 。除山林用地外，其他各種土地利用權重係數皆設為 1，但各種土地利用類別之單位面積污染負荷分配基準量皆比方案一多出  $0.2 \text{ g/km}^2$ ，而山林用地之單位面積污染負荷分配基準量僅減少  $0.1 \text{ g/km}^2$ ，故可知土地面積較大之土地利用類別，調低其單位面積污染負荷分配基準量將可釋放出更多的污染排放量。

若以總量分配結果所推得之總污染允許排放量來比較，分配方案一之總污染允許排放量為 2716g，而分配方案二之總污染允許排放量則為 3070g，較分配方案一約多出 13% 的總污染允許排放量；分配方案三為 2909g，亦較分配方案一約多出 7% 的總污染允許排放量。方案一設定各種土地利用類別的權重係數皆相同，會使各種土地利用類別的單位面積污染負荷分配基準量皆相同，在此種設定下，固然有滿足水質限制式(4b)，但由於單位面積污染負荷分配基準量皆須相等，故雖滿足水質限制，但卻是在未達到水質標準值上限的情況下，所計算出之單位面積污染負荷分配基準量。方案二適度的調整了各種土地利用類別的權重係數，使單位面積污染負荷分配基準量更接近水質標準值上限，故會得出較大的總污染允許排放量。方案三調降了土地面積較大之土地利用類別，故將釋放出更多的污染排放量。可以發現，適當的調整土地利用權重係數，除可增加總污染允許排放量，藉由權重係數的分配，亦可使不同土地利用類別的單位面積污染負荷分配基準量得到各別調整，由於負荷分配基準量之不同，對於該種土地利用類別之使用者而言，便會反應在處理成本上，藉此便可對於使用者產生鼓勵或抑制其對於該種土地利用類別之開發行為。

表 5.1 土地利用類別之權重係數表

分配方案	土地利用類別						
	建築用地	水田	旱田	茶園	檳榔園	果園	山林
一	1	1	1	1	1	1	1
二	1	1.5	0.5	1.5	0.8	1.5	0.7
三	1	1	1	1	1	1	0.8

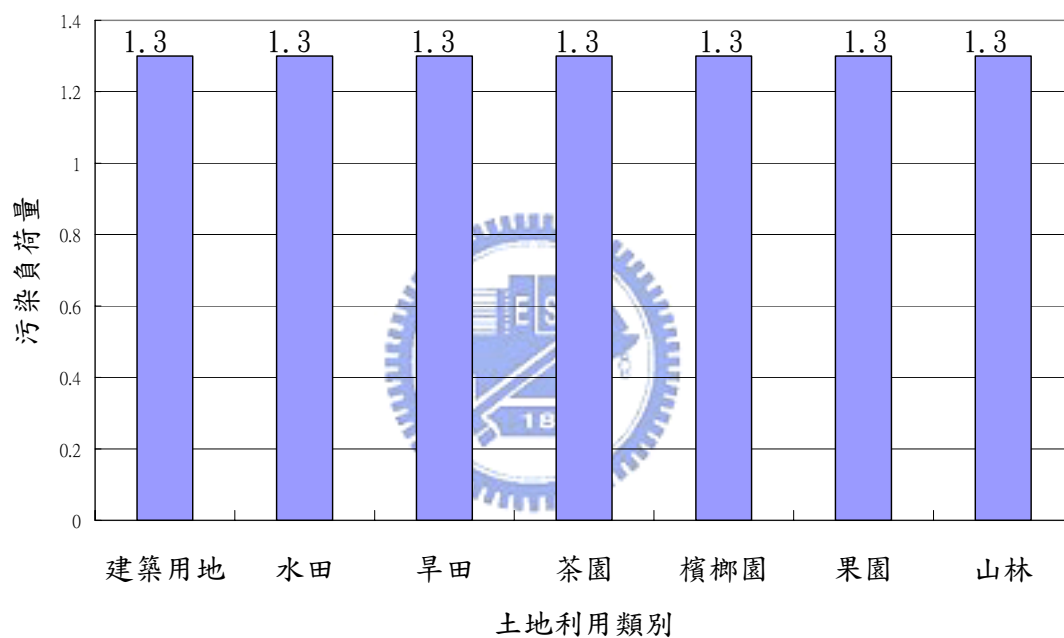


圖 5.2 分配方案一的各種土地利用類別之單位面積污染負荷分配量

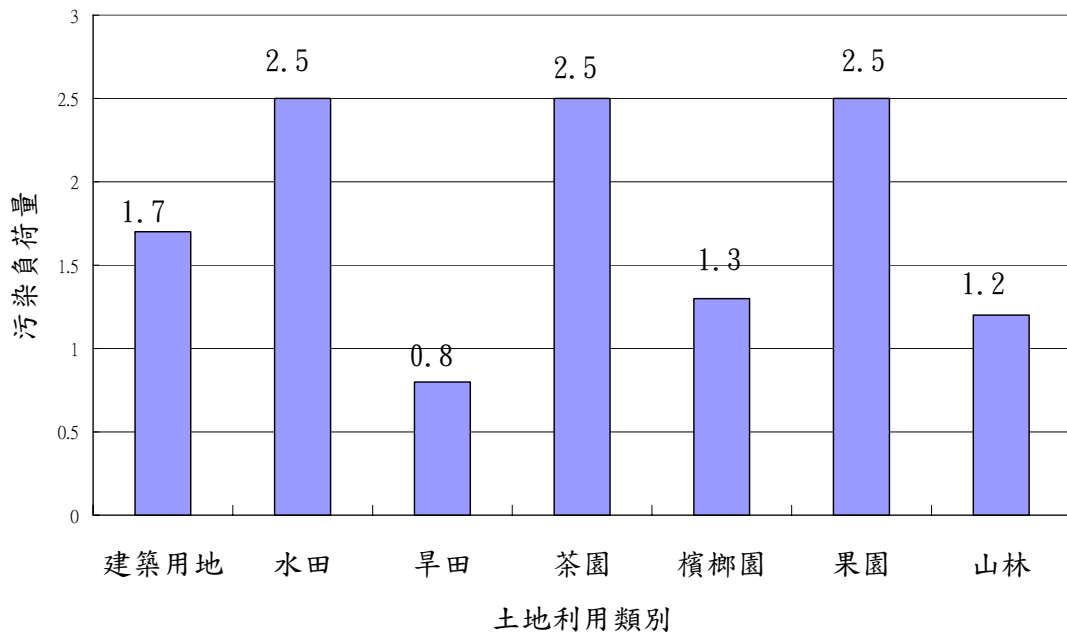


圖 5.3 分配方案二的各種土地利用類別之單位面積污染負荷分配量

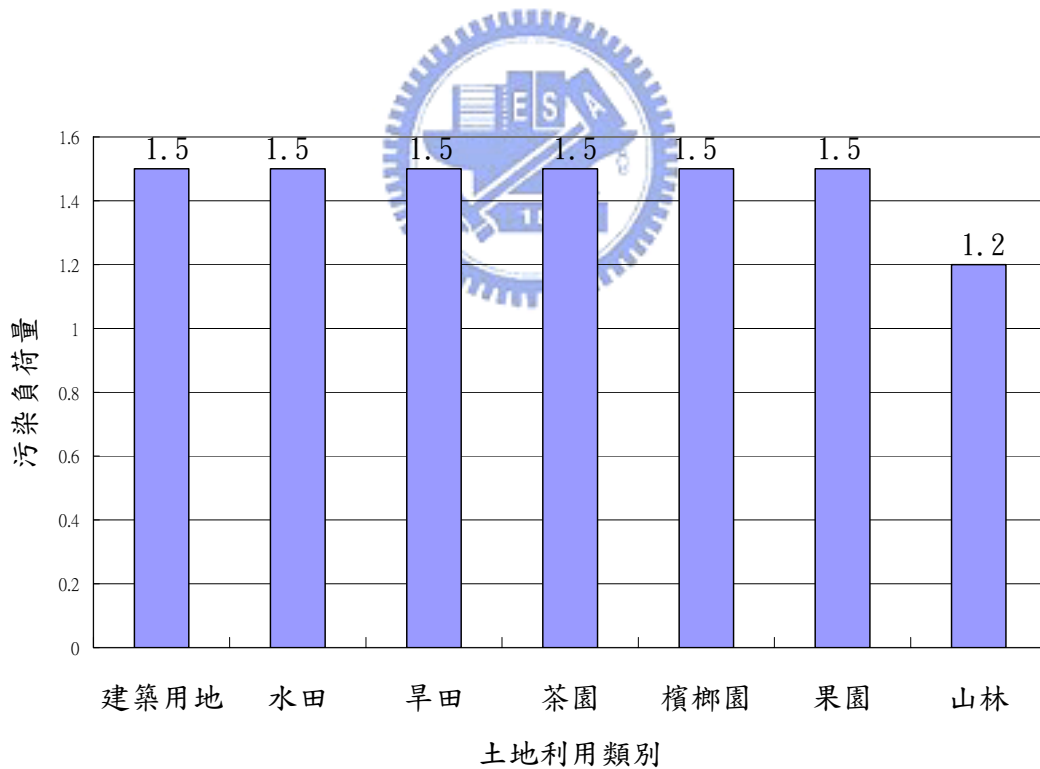


圖 5.4 分配方案三之各種土地利用類別之單位面積污染負荷分配量



## 第六章 河川總量分配決策支援系統

### 6.1 河川總量分配決策之援系統之操作示範

本研究所發展之河川總量分配決策支援系統之應用介面如圖五所示。

決策支援系統模式主要提供以下功能：

1. 總量模式分析功能：圖 6.1 所示為決策支援系統模式介面，點選左方選單欲探討了解的模式，中央區塊會顯示模式之理論公式，右方區塊則會出現可選擇案例區及年份之選單。使用者可依序點選欲探討的區域與年份後，進行分析，分析結果圖表即會呈現在中央區塊部份，如圖 6.2 所示為民國 84 年烏溪土地利用類別的單位面積污染負荷分配基準量，系統以直條分析圖、圓餅分析圖以及數值表列圖之方式呈現優選模式分析結果。然針對各不同土地利用可能須進行不同權重組合之分析，則可勾選模式右邊區塊之勾選選項，即可出現供使用者自行調整模式中的參數輸入表單，以供探討不同權重因子下之總量分配優選方案。如圖 6.3 所示為應用研究案例方案(二)之土地利用配權重係數所得之結果畫面，根據使用者自行調整建築用地、水田、旱田、茶園、檳榔園、果園以及山林等土地類用類別的權重係數，輸入欲給予的權重值後，可連結水質模擬模組進行水質模擬，並根據其結果進行模式分析，而產生各式供使用者參考解讀之分析圖表，供決策分析之進一步應用。
2. 空間資訊查詢功能：圖 6.4 所示為決策支援系統所顯示的烏溪流域空間資訊介面，透過於圖層左上方之放大、縮小、圖層方位移動等功能鍵，即可查詢各項河川流域之基本地理資訊，並結合動態網頁資訊技術，呈現監測站點之基本資訊，若點選查詢功能鍵，則可依所點選的河川測站取得在總量分配方案下之水質模式模擬結果之詳

細資訊，以供決策分析之進一步參考。

- 資料分析功能：圖 6.5 所示為決策支援系統的資料分析介面，透過左邊資料分析區塊選擇所欲探討了解之河川水質項目或水質指標，點選分析不同水質項目或水質指標，即可由資料庫管理模組查詢各項基本資訊，並於中央區塊動態顯示利於解讀的分析圖表，而右邊的選擇區塊則會提供可選擇的水質圖表類型、水質測站或年份等可點選資訊，便於使用者點選欲探討的水質圖表類型與水質測站，以產生決策分析所需之特定分析項目在特定水質測值之水質分析圖表，以有效輔助總量分配之優選決策。

DSS for River Total Mass Discharge Management Programs

**Case**

- temporary item

**Decision Support**

- temporary item

**Modeling**

- Maximum Load for Land Use
- Equal Mass Load per Person
- Maximum Load (consider background con.)

**Data Analysis**

**Water Index**

- RP1

**Water Item**

- BOD
- DO
- NH3-N
- SS
- TEMP
- ECOLI

**Maximun Load for Land Use**

$$\text{Max: } \sum_{i=1}^{N_i} \sum_{k=1}^{N_k} \sum_{p=1}^{N_{ik}} (Area_{ikp} \times SW_i \times LW_k \times UW_{ikp} \times u_k)$$

ST.

$$\sum_{j=1}^{N_i} \left( I_{j \rightarrow i} \times \sum_{k=1}^{N_k} \sum_{p=1}^{N_{ik}} (R_{ikp \rightarrow i} \times Area_{ikp} \times SW_i \times LW_k \times UW_{ikp} \times u_k) \right) < S_i^* \quad \forall i$$

$$LW_k \times u_s = u_k \times LW_s \quad \forall k \neq s$$

$N_i$ : number of catchment  
 $N_k$ : number of type of land use  
 $N_{ik}$ : i of catchment, number of block of type k of land use  
 $Area_{ikp}$ : i of catchment, number of block of type k of land use, area of block of number p

**Query**

Please Select a River

Please Select a year

check this to adjust parameter  $LW_k$ , if you want to do this.

圖 6.1 決策支援系統模式介面圖

# DSS for River Total Mass Discharge Management Programs

**Case**

- temporary item

**Decision Support**

- temporary item

**Modeling**

- Maximun Load for Land Use
- Equal Mass Load per Person
- Maximun Load (consider background con.)

**Data Analysis**

**Water Index**

- RPI

**Water Item**

- BOD
- DO
- NH3-N
- SS
- TEMP
- ECOLI

**About the site**

- about the site

**Maximum Load for Land Use**

**Discharge amount (ng/kilometer square)**

Land Use tpye	Discharge amount (ng/kilometer square)
Build	1.3
Rice paddy	1.3
Dry land	1.3
Tea garden	1.3
Betel nut	1.3
Orchard	1.3
Forest land	1.3

**Land Use type Pie plot**

**Land Use tpye Discharge amount (mg/kilometer square)**

Land Use tpye	Discharge amount (mg/kilometer square)
Build	1.3217
Rice paddy	1.3217
Dry land	1.3217
Tea garden	1.3217
Betel nut	1.3217
Orchard	1.3217
Forest land	1.3217

**Query**

Please Select a River  
WUSI

Please Select a year  
84

check this to adjust parameter LWk , if you want to do this.

Submit

圖 6.2 民國 84 年烏溪土地利用類別的單位面積污染負荷分配基準量

# DSS for River Total Mass Discharge Management Programs

**Case**  
temporary item

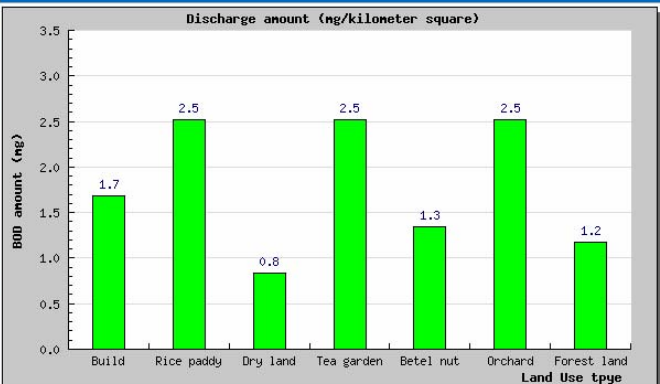
**Decision Support**  
temporary item

**Modeling**  
 • Maximun Load for Land Use  
 • Equal Mass Load per Person  
 • Maximun Load (consider background con.)

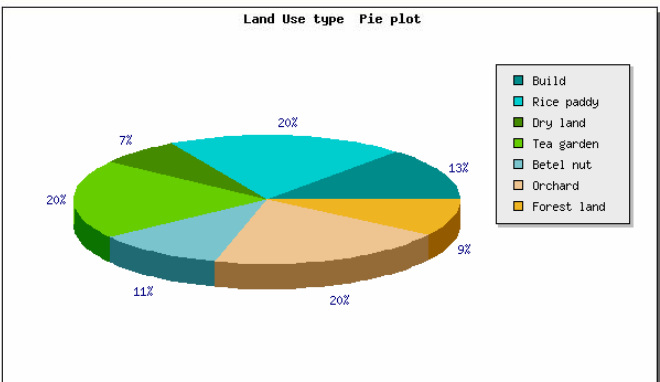
**Data Analysis**  
**Water Index**  
 RPI  
**Water Item**  
 BOD  
 DO  
 NH3-N  
 SS  
 TEMP  
 ECOLI

**About the site**  
about the site

**Maximun Load for Land Use**



**Land Use type Pie plot**



Land Use tpye	Discharge amount (mg/kilometer square)
Build	1.6798
Rice paddy	2.5197
Dry land	0.8399
Tea garden	2.5197
Betel nut	1.3439
Orchard	2.5197
Forest land	1.1759

**Query**

Please Select a River  
WUSI

Please Select a year  
84

check this to adjust parameter LWk , if you want to do this.

weight of LWk

1 Build  
 1.5 Rice paddy  
 0.5 Dry land  
 1.5 Tea garden  
 0.8 Betel nut  
 1.5 Orchard  
 0.7 Forest land

Submit

Powered by XOOPS 2.0 © 2001-2003 The XOOPS Project  
 FI Theme :: XOOPS 2 Theme by ImageSquare :: Customized by matchan

圖 6.3 土地利用分配權重係數調整之示範圖

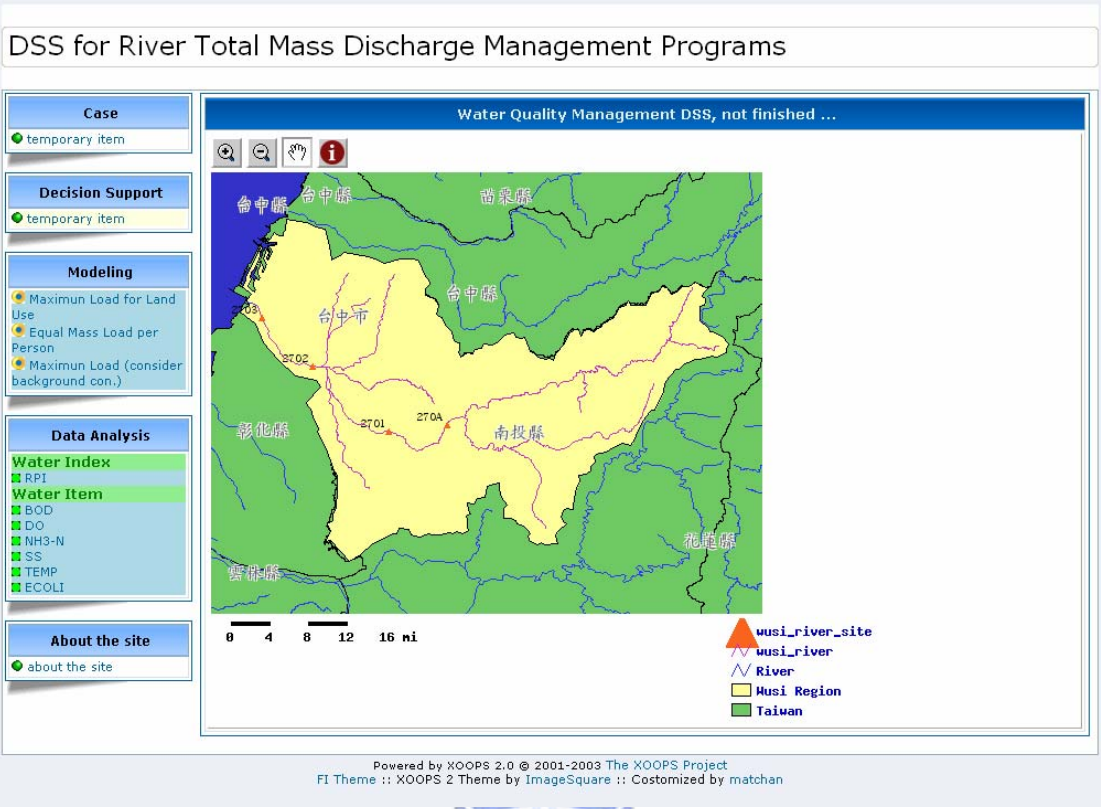


圖 6.4 河川總量管制決策支援系統首頁畫圖

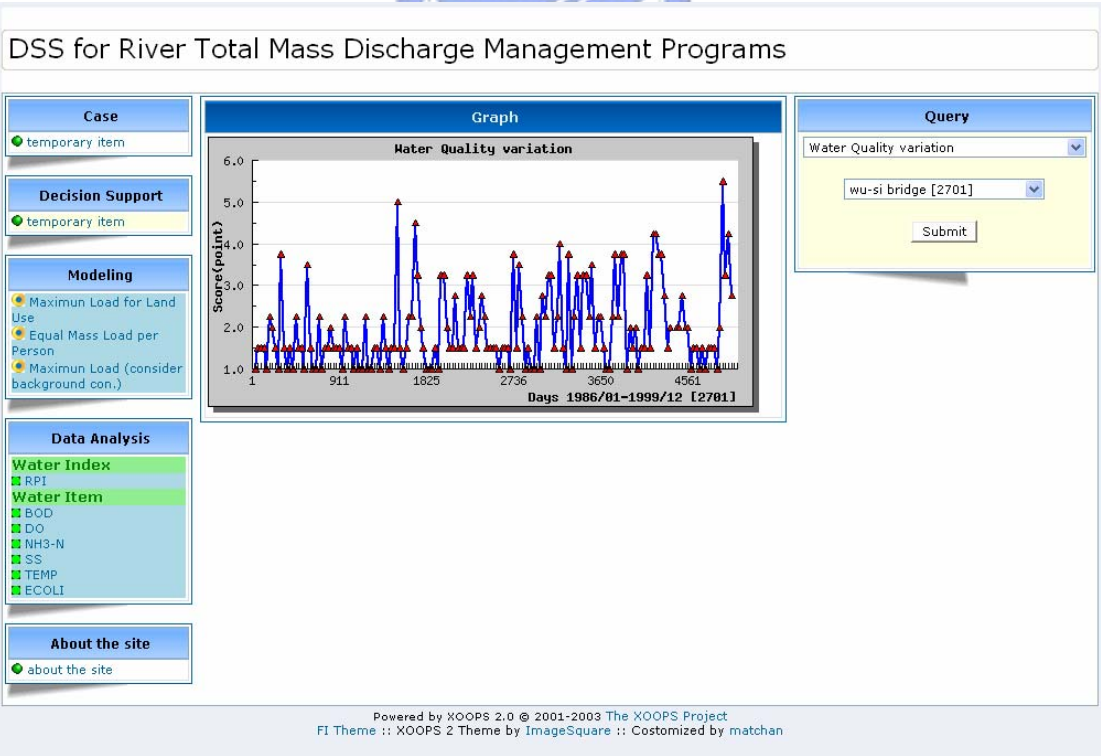


圖 6.5 決策支援系統資料分析界面圖

## 第七章 結論

### 7.1 結論

鑑於過往總量分配方案在公平性方面，大多要求各個不同污染源，在某定義下達到相同的限制，而忽略土地利用類別、集污區以及不同土地區塊等社會經濟活動發展現況所造成之差異性，而造成分配方案較不易推行的問題。本研究修改童等(環保署，93年)所建議的初步模式，考量污染源放在同一考量基準下可能的不公平情況，依據 QUAL2E 所求得各污染源對承受水體的水質衝擊係數，建立以最大可排放量為目標，且分別考量土地利用公平性、集污區公平性因子提出總量分配線性規劃模式。

本研究所提出之總量分配模式，藉由考量不同集污區、土地區塊以土地利用之差異，較能得到有效率的分配方案，如總量分配方案二則較分配方案一多出 13 % 的總污染允許排放量；總量分配方案三則較分配方案一多出 7 % 的總污染允許排放量。所提供的模式亦可依不同土地利用類別個別調整分配權重。必要時，亦可進一步藉由調配不同負荷分配基準量，影響不同土地利用類別使用者之處理成本，藉此抑制該種土地利用類別之開發行為，而促進河川不同土地利用之污染管制效益。

本研究亦建置一個線上河川污染總量分配決策支援系統，以期改善總量分配方案分析與決策效率之提升。該系統整合所有模式及分析工具，提供一致的分析介面，便利分析者進行河川水質模擬以及總量分配決策分析，讓分析者能在網路上進行相關工作且能即時分析結果，且提供決策分析所需的圖表及空間資訊，相信該系統可提高決策分析的效率。