

# 第一章 前言

## 1.1 研究緣起

台灣地區水庫之上游集水區常因農業或其他人為活動產生污染，並經由直接排放或雨水逕流進入水庫，所產生之沉積物、營養鹽等皆會影響水庫水質（陳等，85年），因而有必要設置水質監測站網，來監測並掌握污染物之分布，提升污染控制效能，以有效維護管理水質。

監測站網的設置需考量許多因素，如水質監測目標、資料需求、水質指標等（Dixon and Chiswell, 1996），且應能有助於評估區域現況、鑑別受損水體，並探索污染源與生態間的實質關聯（Detenceck et al., 2005）。但由於經費之限制，不可能全面設置監測站，且發現污染後尚須耗費時間來追溯與定位污染源；故如何有效配置各監測站之位置，降低回溯污染所需耗費的期望成本（expected cost），以期在有限經費內達到水質監測之最大效能，是水質監測站網設置中相當值得重視的課題。

有關水質監測後回溯污染源所需的期望成本，Dixon et al. (1999) 曾採用測站涵蓋範圍之河段數、河段長度與面積三個因子分別建立成本函數來量化此期望成本，例如當測站涵蓋範圍的面積愈大時，即表示回溯所需的成本亦將較高。唯由於這三個地理性因子不見得與污染源有密切的關係，且集水區多受非點源污染所困擾（Lo et al., 1996; Rosenthal et al., 1999），林（90年）因而進一步以總氮、總磷、沉積物三個非點源污染項目建立成本函數，亦即測站涵蓋範圍內的污染推估量較大時，回溯成本亦相對較高，來探討比較一般因子與污染特性因子所得結果之差異。本研究後續將採用這六個因子決定污染源回溯成本，並比較基於此二類成本因子所得結果之差異性。

回顧過去水質監測站網選址之相關研究，Sharp(1971) 使用 Shreve 流域等級數（Shreve, 1967）與拓樸優選方法

(Topologically optimun), 將集水區二分、四分、八分...依此類推, 來進行站網優選, 但由於模式為非線性, 求解過程較為繁複且費時; 之後亦有一些學者 (e.g., Lettenmaier and Burges, 1977; Lettenmaier, 1978; Lettenmaier et al., 1984; Whitlach, 1989; Loftis et al., 1991; Warry and Hanau, 1993) 進行了一些相關的研究, 但均未採用優選模式。Doxin et al. (1999) 指出, Sharp (1971) 的方法不見得可得到最佳化的選址結果, 並因而提出以模擬退火演算法 (Simulated annealing, SA) 求解選址模式, 搭配圖解理論 (Graph theory) 及地理資訊系統 (Geographical information system, GIS) 進行分析; 模擬退火法為模仿自然界的退火現象而衍生的演算法, 並以降低總回溯成本為目標進行優選, 來求出近似解, 可較迅速求解且過程亦較單純, 其所得結果亦顯示優於 Sharp (1971) 之方法; 但由於模擬退火法可能由於設定不同而有不同的結果或僅為近似解, 並可能與最佳解仍有相當差異, 故求解的穩定性及全域解之求取, 均有改良加強的空間。

為改善模擬退火法的問題, 本研究因而探討建立新的優選模式之可行性, 以期穩定準確地求出全域最佳解, 且為了加速求解的效率, 本研究以發展適當的線性規劃模式為目標。然而 Dixon et al. (1999) 所採用的成本函數為非線性, 例如以測站涵蓋面積為成本因子時, 成本函數為其各涵蓋面積之平方和, 因此無法直接以該成本函數最小為目標, 建立線性規劃模式。由於各測站涵蓋面積平方和最小的理想解, 即是所有涵蓋面積均相等, 亦即涵蓋面積趨於愈均化時, 面積平方和亦隨之較小, 故本研究改用各測站涵蓋範圍內的成本因子均化為目標, 試著發展適當的線性整數規劃優選模式。

為使優選結果可具體且清楚地呈現, 且能提供不同結果之比較分析功能, 幫助分析者及決策者獲得足夠資訊來進行目標性之決策 (Manos et al., 2004), 本研究進而建立一個決策支援系統 (Decision Support System, DSS), 可結合各優選模式進行不同空間之即時求解, 並提供進行模式與決策之介面環境

(Dymond et al., 2004)。將本研究所建立之優選模式、模擬退火法之優選模式與網路地理資訊系統 (Web-GIS) 加以結合，利用 Web-GIS 之介面及其空間分析功能，來清楚呈現不同優選模式之求解結果，即時顯示各結果所對應之目標成本函數值，並繪製圖表加以分析，比較不同方法及成本因子下所得不同方案間之空間差異性及優劣點，以提供決策者多面向且有利於決策之資訊。

## 1.2 研究目的

本研究之重點在於建立基於污染回溯成本最小為目標函數的水質監測站網優選模式，以求得最佳解，以改善模擬退火演算法只能求得近似解的問題，並進一步建立一個網路 GIS 系統支持相關的決策分析工作。主要研究目的如下：

1. 建立水質監測站網優選模式：首先建立以模擬退火法求解之優選模式，以便比較新建模式與過往模式之求解效能優劣。再以均化各監測站點涵蓋範圍內之成本因子為目標，建立線性整數規劃之優選模式。本研究建立的第一個模式，是以考量各河段或面積等成本因子應屬何測站，以求取各測站涵蓋範圍，此概念較易理解，但因變數眾多而導致求解時間較長，故進而以測站上游總涵蓋範圍減去其上游已設測站之涵蓋範圍，來求出測站之有效涵蓋範圍，依據此原則所建立的第二個模式可減少變數以降低求解時間。
2. 進行水質監測站網優選：分別以地理特性因子（河段數、河段長度、面積）與污染特性因子（總氮、總磷、沉積物）建立目標成本函數，代入各模式進行優選，比較不同模式之求解效能，與兩類成本因子之差異。
3. 建立決策支援系統 (DSS)：結合本研究提出之優選模式、模擬退火法模式與網路地理資訊系統，進一步建立決策支援系統，藉由 Web-GIS 之空間分析與適當介面，可清楚呈現

優選之結果，並即時分析比較不同優選模式之決策結果，以有效提供決策者資訊。

### 1.3 論文內容

本論文之主要架構如下說明。第二章為文獻回顧，將對目前水質監測站網優選與決策支援系統等相關研究作簡要之回顧。第三章為研究方法與流程，將說明本研究之進行，包含 1. 資料收集；2. 基於地理特性因子之期望成本函數；3. 基於污染特性因子之期望成本函數；4. 水質監測站網優選模式。第四章案例研討，則建立一案例來進行優選求解，並分析比較各求解結果。第五章為決策支援系統，將說明所建立決策支援系統之架構、介面與功能等。第六章結論與建議，將簡單總結本研究並提供後續工作之建議。

