

第二章 文獻回顧

在本章中將進行相關文獻之回顧，以了解過去相關研究之成果，並探討其貢獻與值得改善之處。回顧文獻可分為集水區水質監測、水質監測站網優選方法及決策支援系統之相關研究，以下將分別說明。

2.1 集水區水質監測

集水區之設立多涵蓋水庫及其上游，以維護管理水庫水質。但隨著人類活動日益頻繁，集水區內的土地利用行為也與日俱增，尤其是農業活動所造成的非點源污染，這些污染源分散於廣大的面積中，且污染經常伴隨降雨發生，對湖泊、水庫水質有顯著影響，降低供水水質，縮短水庫壽命。陳等（85年）指出德基水庫集水區中，農地約佔 6.5%，林地約佔 83.7%，農業與林業產生的污染物主要為沉積物、營養鹽等，皆不利於水庫之利用，且大部分污染物容易附著於沉積物而隨水流移動，進入水庫；陳等（86年）亦指出因集水區之農業活動與農藥使用頻繁，而使下游水庫中藻類繁殖過剩並造成優養化。

由於非點源污染較難以追蹤來源且污染範圍廣大，故許多研究均配合非點源污染推估模式來進行探討，模式的應用上則多由國外發展，其中適於非城市地區之模式如 AGNPS (Young and Onstad, 1987)，常於國內研究中應用，如蔡（82年）以寶山水庫為案例配合 AGNPS 模式進行多目標非點源污染總量管制策略分析研究、林（90年）以德基水庫為案例，利用 AGNPS 模式探討降雨空間變異性對非點源污染推估之影響等。污染推估模式須配合適當的設定使用，方能得到較準確的污染推估量，有助於後續的非點源污染評估與控制策略規劃。

為有效管理水質及集水區，有關單位進而在集水區中設置

水質監測站網，以監測並掌握污染物之流布；如 Detenceck et al. (2005) 所指出，以流域為基礎的監測調查規劃應可幫助評估區域現況，區別出受損水體與集水區，並可進一步發展損害來源與生物反應間的實質關聯。但設置監測站網所需考量的因素很多，Dixon and Chiswell (1996) 曾回顧 1970 至 1995 年間的水質監測規劃相關文獻，並提出水質監測應考量其目標、資料分析、水質指標等，需由多方面來加以綜合評估。

2.2 水質監測站網優選方法

過去國內較少針對水質監測站網之優選方法進行研究探討，相關研究如王 (80 年) 以基隆河為案例區進行之水質監測站網優選，在水質模擬方面採用定常態的水質模式進行模擬，規劃的準則為希望所得測站位址最能代表整條河川水質之變異特性，使用 Kriging 最佳線性推估理論，且考慮不同信賴區間及可信度，依變異數大小來分配決定採樣頻率，模擬規劃之結果與現有測站分布略為不同，並指出在中下游河道應有必要設立較密集的測站。

甯 (90 年) 則進行多目標之站網優選，並應用模糊理論來反映出多目標評估決策之系統不確定性，其多目標包括加強監測人口密集區、加強監測污染衰減較慢區域、加強監測上游取水口鄰近區域、經由調度與設備來提升偵測敏感度、反應不同水體的利用潛勢等五項，並設定預算、公平性及偵測敏感度等限制條件，雖考量較多層面，但其優選結果則較難以評估。

國外之相關研究，如 Sharp (1971) 使用 Shreve 等級數 (Shreve, 1967) 及拓樸優選方法來進行站網優選，求解過程受到模式非線性之影響故較為繁複；之後 Lettenmaier and Burges (1977)、Lettenmaier (1978)、Lettenmaier et al. (1984)、Whitlatch (1989)、Loftis et al. (1991)、Warry and Hanau (1993) 等學者亦進行了一些相關的研究，但均未採用優選模式。

由於經費的限制，不可能在集水區中的每個河段設置監測站，故為能有系統且符合經濟效益地設置水質監測站網，Dixon et al. (1999) 提出以模擬退火演算法求解之選址模式，並利用河段數、河段長度及面積三個地理特性因子分別建立成本函數，來量化回溯污染源所需之期望成本，林 (90 年) 則再增加總氮、總磷及沉積物三個污染特性因子來建立成本函數；本研究亦將建立模擬退火法之優選模式，以便後續進行求解效能之比較。模擬退火法是模仿自然界的退火現象而衍生的演算法，在濃縮物質物理中，退火 (annealing) 最初是指固體置於升溫到最接近熔點溫度的熱水浴中加熱，之後藉由冷卻過程降低熱浴之溫度，在低階能量的狀態下，所有的粒子均有其相對應的晶格位置，並且符合下列情況：(1) 最接近熔點之溫度足夠使得固體粒子能夠隨機分佈於液相中；(2) 使達到冷卻的過程相當緩慢。

退火過程的冷卻階段如下所述：某固體於某一狀態時能量值為 E ，在每個溫度值 T 均遵循熱平衡原理，且其機率呈波茲曼分佈 (Boltzmann distribution)：

$$\text{prob}\{E = E\} = \frac{1}{Z(T)} \times \exp\left(-\frac{E}{k_B T}\right) \quad \text{-----}(2.1)$$

其中， $Z(T)$ 為常態化因子 (normalization factor)，其隨著溫度 T 及波茲曼常數 (Boltzmann constant) k_B 而改變； $-E/k_B T$ 則被稱為波茲曼因子 (Boltzmann factor)。隨著能量降低，波茲曼分佈會集中在最低能階，而且當溫度接近 0 時，只有最小能階有非零的機率。

Metropolis et al. 提出利用蒙地卡羅法來模擬在固定溫度 T 時，固體的熱平衡發展，其原理為選定固體的當然狀態並標示其粒子位置，再藉由隨機被選擇粒子的微小移轉而產生擾動，假如當前狀態和輕微擾動後之能量差 E 值為負，即移轉後之能量降低，則繼續這個移轉過程；如果 $E \geq 0$ ，則根據 $\exp(-E/k_B T)$ 產生新狀態的接受機率，這個接受準則稱為 Metropolis 準則 (Metropolis criterion)。遵循這個準則規範，系統最後會達到熱平衡，而且系統之機率會接近(2.1)式之波茲曼分佈。蒙地卡羅

法是統計力學上著名的 Metropolis 優選 (Metropolis algorithm), 常藉由隨機採樣方法的中數平均值 (means) 來計算平均值 (averages) 或積分 (integrals)。

Metropolis 演算法也可被使用來產生組合優選問題的一連串結構, 某固體各狀態的成本函數包括有價值函數 C 代表能量及控制參數 (control parameter) c 代表溫度, 模擬退火演算法可被視為在一連串漸漸減小 c 值時的一連串的 Metropolis 演算法。一開始, 先設定比較高的控制參數值, 經過小小的擾動, 會從目前組態 i 變成候選組態 j , 其機率的表示為馬爾可夫鏈 (Markov chain), 如下所示:

$$P_{ij} = \begin{cases} 1 & C(j) \leq C(i) \\ \exp\left(-\frac{C(j)-C(i)}{c}\right) & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{-----(2.2)}$$

其中 P_{ij} 表示目前組態 i 和候選組態 j 間之移轉機率, 而 $C(i)$ 表示目前組態之目標函數值, $C(j)$ 表示候選組態之目標函數值, c 為溫度。

這個步驟一直持續直到達到機率分布的平衡, 還有控制參數降低; 當再也沒有任何的擾動狀態可以符合很小的控制參數 c 值時, 即為演算法的終點。

2.3 決策支援系統

決策支援系統為一整合性之電腦系統, 視其決策之需求來加以開發建置, 用以輔助決策者進行決策工作, 提供所需資訊及使用工具。一般的決策支援系統在設計時, 應以 5 個主要觀點來發展 (Ariav and Ginzberg, 1985), 包括系統之外在環境條件、所需扮演的角色、組成的元件、元件與外在環境之連結, 與建置所需要的相關資源。一般決策支援系統必須的元件包括資料庫系統、模式系統及使用者操作介面, 資料庫系統可整合並提供決策所需的相關資料, 模式系統可輔助求解問題, 並透

過使用者操作介面來進行決策者與系統間之溝通。

若將決策支援系統應用於集水區之管理及決策，則可結合各種跨學科之模式進行不同空間之即時求解，並提供線上進行模式與決策之介面環境 (Dymond et al., 2004); 如陳 (86 年) 所發展之河川流域水管理 (RBWM) 決策支援系統, 可同時處理流域系統之土地利用規劃、需水量調配及水質管理等問題，並整合地理資訊系統、最佳化模式及模擬模式於系統中; Manos et al. (2004) 則以監測站與衛星圖 (WATERMAN) 為基礎來發展決策支援系統，可應用於河川監測與永續管理，幫助決策者監測集水區，控制並預測水質與水量，進行目標性決策等。

