

## 第四章 案例研討

本研究以德基水庫集水區為案例區進行研討，分別考量地理特性因子與非點源污染特性因子所建立之成本函數，以模擬退火法優選模式、成本均化模式與覆蓋消去均化模式分別進行求解，比較其優選效能之優劣，及兩類成本因子所得結果之差異性。

### 4.1 案例區簡介與資料收集

德基水庫與集水區位於台灣中部大甲溪上游（陳等，85年），如圖 4.1 所示，本研究設定每條河段為單一集水區，共將德基水庫分為 63 個子集水區，每子集水區之河段數目均設為 1。集水區內包括 17 條主要支流，蓄水量約兩億五千萬立方公尺，具有發電、灌溉、防洪、觀光等功能，且對調節大台中地區之飲水與工業用水有很大的貢獻。集水區面積共 601.61 平方公里，土地利用型態以林地為主約佔 94%，其餘多作為農地使用，且以果樹居多，故會耗用大量肥料與農藥，估計氮肥使用約 3500 公噸/年，磷肥約 1600 公噸/年，農藥用量約 45 公噸/年（胡，88年），並經由降雨進入水體造成水庫優養化，因此需要設置有效的水質監測站網，來監測並掌握污染物之分布，防止水質的惡化。

本研究案例區之資料收集包括相關地圖、集水區之 GIS 資料等，非點源污染部分則主要參考自林（90 年）之推估結果，並將於附錄二中詳細說明其推估過程。將數據整理如表 4.1，由此表可知 63 個子集水區之地理特性與污染量分布情形，並作為後續進行模式優選之依據。

## 4.2 模式建立及求解

本研究依據案例區的資料建立不同回溯成本考量下之模擬退火法優選模式、成本均化模式及覆蓋消去均化模式，分析不同測站點數下決策結果的差異性。由於一般測站數目受限經費限制，因此所設置之測站總數不會太多，因此本研究分析之不同測站總數為從 2 至 20 個監測站點數，以了解不同測站點數對於回溯成本改善與站點選取之影響。又為了避免模擬退火法模式因隨機性而剛好得出較差結果，故使用模擬退火法模式時，每個方案皆分別求解 5 次，再以成本函數之平均值來跟兩個均化模式進行比較。

圖 4.2 所示為各模式在不同決策站點下之優選結果的成本函數趨勢圖，由圖中可比較各模式之成本函數值，及成本函數隨測站數變化之情形；圖 4.3~圖 4.6 分別繪出各優選模式在 5、6、7、8 點監測站下的決策站點之空間分布；圖 4.7 則以比重圓餅圖顯示決策站點之各測站成本函數均化效果；圖 4.8 為求解時間趨勢圖，可比較不同測站數及模式之求解時間變化；表 4.2 則統計各測站候選點之選取次數，可比較不同模式或不同成本因子之選取測站。下一節將分別探討各優選結果及圖表之意義。

## 4.3 結果與討論

### 4.3.1 不同模式之比較

圖 4.2(a)~(f)所示為各模式在分別考量河段數、面積、河段長度、總氮、總磷、與沉積物等成本函數因子下優選結果之成本函數趨勢，隨著監測站點數的增加，成本函數有逐漸下降的趨勢，表示污染事件可在更短的時間成本下被定位。由於成本均化模式與覆蓋消去均化模式皆以均化各監測站點涵蓋範圍內之成本因子為目標，因此其優選結果相當一致，如圖 4.3~圖 4.6

各圖皆可以發現，幾乎沒有差異。模擬退火法模式的優選結果由於較易停止在局部最佳解，故比其他兩個模式所求出之全域最佳解為差，且雖然大致隨著站點數的增加，其回溯成本亦有改善，但有時反而比站點數較少之決策結果為差，如圖 4.2(f) 考量沉積物因子，在測站數為 9 時，成本函數值反而較 8 個測站時高。一般而言，當測站點數較少時，模擬退火法模式之決策變數較少，因此較可能找到全域之最佳解，因此與兩個均化模式之全域最佳解較為相近。然當測站點數較多時，模擬退火法模式則可能因決策變數較多，較不易找到全域之最佳解，使得所優選出之監測站點通常較差。其中在考量河段數為其成本因子的情況下，模擬退火法模式與兩均化模式之優選差異性則較小，主要是因為各子集水區之河段數皆為 1，其成本分布較為均勻，而其成本函數計算之量值亦較小，因此顯得差異較小，實際上模擬退火法模式仍然明顯較兩個均化優選模式之決策結果為差。

不同優選模式之測站選取結果可以總測站數為 8 為例加以討論，如圖 4.6 所示，(a)、(b)、(c) 分別為模擬退火法模式、成本均化模式及覆蓋消去均化模式所得之 8 點監測站分布圖。首先由圖 4.6(b)、(c) 可看出二個均化模式之選取測站幾乎相同，少數不同的測站亦均位於鄰近區域，例如以河段數為成本因子時僅有一測站不同，成本均化模式選取 35 號而覆蓋消去均化模式選取 34 號，且兩模式均有選取 28 號，故結果同樣是將 28 號河段上游，即東半部區域由兩個監測站均勻涵蓋，而其回溯成本函數值亦相同，少數有些許差距之優選測站結果，應為替代最佳解 (alternative optima)。在其他不同總測站點數的情況下，此兩模式亦有相同的結果。

而以模擬退火法模式所決策出之優選測站結果，則多有選取到較邊緣化之監測站點，如圖 4.6(a) 中，模擬退火法模式以地理特性因子所選取出的 7、22、57 號仍相當邊緣化，且對照表 4.2 可知這些候選點很少被選取，並多為模擬退火法所選出，此為優化搜尋過程中，停止在局部最佳解之優選站點結果，而較

邊緣的測站所能涵蓋範圍相對較小，造成測站成本函數量值較不均勻，而使整體回溯成本增加。雖然均化模式在考量污染特性因子的情況下，亦有選取邊緣測站的狀況，如圖 4.6(c)中所選取之 38 號測站，然由表 4.1 可知，此河段於全區污染量中即佔去約 10~15% 的比例，故考量污染因子時模式會加以選取，以達到較佳均化之效果。

隨不同監測站總數變化下，三個優選模式根據不同之成本因子進行決策，多半都會選出集水區中央的幾個區域為測站點，主因為河流由此開始分為北、東、南三方向之上游支流，故在此設測站可有效涵蓋監測其上游水質，例如設測站於 24 號河段時，其涵蓋範圍即包括北半部，設於 29 號河段時，則可涵蓋南半部之區域。累計 2~20 個不同測站數之優選結果並整理如表 4.2，表中顯示較常被選取之測站如 24、25、37 號等，亦是位於中央區域之河段。而模擬退火法模式搜尋過程之隨機性，則易造成優選站點結果之不穩定性，如選取出之 4、18、21 號測站，對照表 4.2 即可知總計僅被選取 1、2 次。

而優選結果之均化效果則如圖 4.7 之成本函數圓餅圖所示。在選取 8 點監測站時，模擬退火法模式與成本均化模式求解結果之圓餅圖，圖中(a)及(b)是以河段數為成本因子，(c)及(d)則以總氮為成本因子，均可看出成本均化模式之成本函數分配較模擬退火法模式均勻許多，而有效地均化亦確實可得到較佳之優選結果。

圖 4.8(a)~(f)所示為兩均化模式在分別考量河段數、面積、河段長度、總氮、總磷、與沉積物等成本因子下之求解時間趨勢圖，模擬退火法模式則較不受測站數量變化之影響，求解時間均約在 5 分鐘以內。由圖中發現在某些特定測站數時會需要較長的時間求解，並進行重複求解以確認此現象，故如圖可看出求解時間之趨勢有時較不規律，推測在某些情況下可能由於測站組合或成本因子分布等限制，使模式進行時較難尋求到最佳解，而使求解時間拉長，如圖 4.8(f)中求解時間均低於 15 分鐘，但 18 個測站時求解時間則特別長。雖然成本均化模式與覆



蓋消去均化模式所優選決策出之均化效果相近，且兩均化模式大致皆隨測站數增加而拉長求解時間，然由於覆蓋消去均化模式可有效縮減決策變數，故由圖可看出其求解時間大多較短，可改善求解效率。雖然測站數多時，均化模式所需時間較模擬退火法模式長，但可確實求出最佳解，模擬退火法模式則需多次求解以得到較好的解，且仍無法確保求得最佳解。

### 4.3.2 不同特性因子之比較

比較不同成本函數因子隨測站點數增加其成本函數之改善趨勢，如圖 4.2 可以發現，其中考量河段數與河段長度之測站優選結果，成本函數改善趨勢較為和緩，主要原因為決策成本因子在案例集水區之空間分布均勻，因此隨優選測站數增加的情形下，可逐步漸次的改善。然考量其他成本因子，如面積及污染特性因子的情形下，則其變化趨勢較為明顯，特別是在站點數較少的情形下，成本函數量值明顯較其它站點數較多時之成本函數為多，可能因其考量之成本因子空間分布較為不均，因此在站點數少時不易得到均勻服務之較佳測站組合，造成成本函數值明顯較大。

若以污染特性來考量，雖然本研究將案例區分為 63 個河段，但污染物分布最嚴重的 5 個河段之污染總量即已佔去全區污染量的 40%~65%。由於污染分布如此不均，故由圖 4.6 之優選結果空間分布可以發現，考量污染特性因子時之優選測站，較易選取末端河段如 38、45 號河段等，由表 4.1 可知均為污染極嚴重的區域，使模式會設站監測，且進一步對照表 4.1 及表 4.2 即可發現，考量污染特性時，污染嚴重之區域被選取為測站點的次數亦極頻繁；然而在考量地理特性因子時，因其空間分布較為均勻，因此較不會選取末端河段，因其將造成測站整體覆蓋範圍之不均勻化，使得成本函數增加。

成本因子的分布情形也會影響到均化效果，例如考量污染特性時，若測站數量大於某程度之後，所增加的測站卻已無法

有效分擔污染量，此時的均化作用較無法發揮，如圖 4.7 中可看出雖然成本均化模式的均化效果皆較模擬退火法模式佳，但考量總氮時的均化效果與考量河段數時相比則顯得較不均勻。進一步比較 6 種成本函數的均化情形可得知，在此案例區中地理特性因子由於分布較為均勻，故均化的效果與污染特性因子相比皆較理想。

