

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

1.1.1 研究緣起

台灣地處亞熱帶，每年春夏之際雨量豐沛，但因地形限制無法有效留存足夠之逕流，故名列聯合國所公布全球缺水地區的第十八名。因此，如何妥善管理水資源，包括開發水資源、節約用水、以及廢污水妥善處理後循環再利用，已是當前政府刻不容緩的議題。

雪見地區為雪霸國家公園即將對外開放的一新遊憩地點，遊憩區的開發必然帶來大量的旅客，每位旅客所耗用之水資源與產出之生活廢水，將對該區水資源之水量與水質，帶來相當程度之衝擊，伴隨而來之廢水排放問題，自然水資源污染問題，均有必要在遊憩區開放開始營運前，先做一整體性之評估與規劃，並提出可能之解決方案，做為雪霸國家公園管理處在規劃觀光遊憩與運用自然水資源之參考與依據。

1.1.2 研究背景

生態工法是一種基於對生態系統之深切認知與落實生物多樣性保育及永續發展，而採取以生態為基礎、安全為導向的工程方法，期減輕對自然環境造成傷害。自 30 年代興起於德、瑞等國後，目前已在世界各地蔚為風潮，近十年來台灣的工程建設也漸漸導入了須配合當地生態的概念，這使得開發行為對環境的衝擊能降到最低化的程度。本研究即尋求適用於雪見遊憩區之生態工法，針對水資源做妥善規劃，期能在國民旅遊觀光與永續生態環境之間找到一適當之平衡點。

第二節 研究目的與內容

1.2.1 研究目的

本計畫於初期先進行雪見遊憩區的實地現勘，深入了解當地水資源現況，並蒐集相關水文水理資料，推估未來開放觀光後，遊客所帶來的水資源衝擊，並針對集水區上游的非點源污染提供數種管理方案，進而利用各種水資源開發、節流、與循環再利用之生態工法，針對雪見地區之水資源提出妥善之規劃管理策略，供雪霸國家公園管理處施行政策時之參考。

1.2.2 研究內容

收集國內外相關文獻與雪見地區水文資料，並現地調查目前的水資源現況，在開發的同時提供數個結合生態工法之方案，以維護該區生態與開發共榮。

在自然水收集系統將規劃如雨水調節池、雨水截流管、雨水收集系統做雨水收集再利用。

當地所產生的生活污水可透過預鑄式污水槽、濕地處理生活污水之技術、二元中水回收系統等回收水處理設施，經處理過後的水將可做二次非人體接觸性使用。搭配節約用水教育，對觀光遊客利用文宣資料作宣導，教導正確之用水與水回收再利用之觀念，以達到有效率的水資源應用。

透水設施應用，採用具有透水效果的植草磚停車場。在園區道路方面，儘量採用石塊材質或透水設施。

針對遊憩區非點源污染提供最佳管理方案，避免集水區上游之非點源污染造成地面水體水質不良。

最後，針對排放污染量數據與處理設施做評估，推算日後雪見遊憩區觀

光人數所產生的廢水量，使其廢水污染量維持在河川自淨能力之內。

第三節文獻回顧

1.3.1 生態工法

「生態工法」為一保持生態環境之完整，以維持多樣化生物之生存權，避免棲息地及遷徙路徑等之破壞，在尊重當地天然條件，及人為設施與環境不相衝突的前提之下，導入環境中提供安全的土木工程構造。

生態工法起源於德國、瑞士，在 1938 年 Seifert 首先提出近自然河溪整治概念，提出達到接近自然、廉價、保持景觀的一種治理方法。50 年代德國正式創立了「近自然河道治理工程」提出河道整治要符合植物化與生命化。1962 年生態學概念開始應用於工程中，1970 年代中期美國開始致力於改進過度的人工化之渠道，進行小範圍河川修復工程。生態工程之定義，在 1989 年 Mitsch 與 Jorgensen 彙整各家見地後，清楚界定生態工程(ecological engineering)應具備的本質與內涵：

1. 自律行為：生態系具有自我操控的能力，並藉此改變、調整系統中物理或化學環境，使其更加美好。
2. 生態系保育：若工程師係藉由各種工具與原料來設計、建構各式過程及產物，那麼生態工程便需仰賴豐富的物種、多元化的生態系來進行工作。對於生態系價值的認知，將促進人類對於生態保育的正面態度。
3. 以太陽能為基礎：生態系係以太陽能為基礎，因此生態工程或生態技術應建立在對於這種自我永續 (self- sustainability) 的認知上，大自然並不需要依賴人類的技術或高科技方能生生不息，人類並不需要刻意營造人類自認為適當的自然與環境界面。
4. 是大自然密不可分的一部份：當一個社會將生態系自日常生活中抽離，而

必須另外開發利用非再生性資源，以補足額外人類所製造出來的污染所需的能量，將社會視為生態系的一部份。

國內在 2000 年八月透過公共工程委員會生態工法諮詢小組，針對生態工法所定義為：「基於對生態系統之深切認知與落實生物多樣性保育及永續發展，而採取以生態為基礎、安全為導向的工程方法，以減輕對自然環境造成傷害。」從 2002 年起國內積極擴大嘗試河川、水土保持、以及道路等各類工程之應用¹。

國內目前應用生態工法之類型以水利工程較普遍，將生態工法納入永續水資源之重要課題之一，最常見者有下列四種：(林，2003)

1. 復育：使現有河川型態經過人工施做，使其各種組成、條件、功能、景緻等都能回復至受干擾前的狀態。
2. 修復：針對某特定河段被干擾前應具有的部分重點特徵，進行施做，期能重現該部分的功能、特質。
3. 改善：河川之任何功能、環境品質之進步，但並非「絕對必要」考據是否為原有的環境特質，皆稱之為改善。
4. 創造：重新「產生」一個全新的河川環境與資源，即使新環境所包含的特質從未出現在此區域中。

生態工法建構在整體水資源的永續發展，如何有效的利用水資源為一個很重要的議題。

目前應用生態工法於水資源之規劃與管理之案例甚多，以下為其中幾個代表。

¹ 林鎮洋、邱逸文，生態工法概論 p.21~p.22

1. 美國加州 Davis 市的 Village Homes

此社區主要交通系統均以自行車與步道為主，汽車道路也只做成 7 米寬度，住家規模也盡量縮小，留下大片的公共綠地，而社區道路完全採東西向，好讓住家可以做陽光的利用，其住宅設計均採用溫室、太陽能等設計。此社區最大特色在於全面採用完全自然滲透水循環的排水系統，道路兩旁不設置側溝，雨水留路只是凹下的草地，雨量多時即成爲了貯存池，再慢慢的滲入大地，完成自然循環設計。

2. 日本三島市源兵衛川

三島市源兵衛川原爲農業供水，卻遭受家庭排放污水而嚴重污染，經過多孔性火山石過濾池與淨化水路分流的設計，把溪水變爲了適合魚類、水生植物的繁殖，而居民也可加入遊憩的性質。在過濾箱上做成水面上的棧道，岸邊過濾石切割成方形做成賞魚平台步道，兩岸旁種滿樹木與花果，使得溪面清涼而舒適，鳥類、昆蟲也因而變得豐富。

3. 台灣虎山溪

虎山溪原本是原始自然的野溪，擁有多樣的溪澗生態溪邊，後因堆放的煤礦渣有崩塌之虞，台北市政府建設局於是修整溪岸鞏固溪床。長期之沖蝕淤積，造成原有溪溝排洪斷面嚴重不足，每遇大雨即氾濫成災，於是開始展開生態工程以整治之。

本溪下游爲鄰近住宅區，工程設計之初除考量減低環境視覺景觀破壞外，並兼顧社區親水休閒空間之營造，期以提供社區後花園之功能。本溪護岸完全以自然石塊堆砌而成，以保持自然景觀。溪溝河道中並視地形設置固床工等構造以降低河床落差，並利魚蝦等生物之生

存繁衍，還有選擇適當的地點設置親水設施，提供市民親水機能。

位於台北市信義區的虎山溪，是台北市第一個以生態工法整治的野溪，於八十六年間施工並綠化、復育，希望除了美化環境外，更能恢復植物與昆蟲的生機，現在螢火蟲的大量出現，顯現了都市野溪綠美化與生態復育並存的良好成果實例。

生態工法所能發揮的功能與影響是大範圍的，在生態的領域內最主要的功能即為可維持自然之水文系統，可自身調節地表處環境之溫度與溼度，創造出更理想的生長條件，提供多樣化的生物棲息地。自然穩定的河岸，通常為自然植生良好的河岸，可見植物對水土保持功能之重要性，因此，植物是生態工法中不可或缺之重要部分。另外，良好而豐富之植被也可提供生物一個適當的棲息地。安全方面利用植物形成之根系改善土壤的溼度，增加坡面穩定性，減緩風化作用造成土石崩落。透過結構之改善在施工與維護成本上費用更是大大降低並兼具教育、遊憩之功能。

1.3.2 非點源污染控制最佳管理作業

在生態工法的研究領域內包含污染物的削減措施，非點源污染控制措施（Best Management Practices，BMPs，或稱最佳管理作業）之規劃與執行顯得相當重要，利用工程結構設施搭配自然植物將污染物攔截、滯留處理，達到減低污染程度。BMPs 中常見的有乾濕式滯留池、人工溼地、草溝、草帶、砂濾設施等。

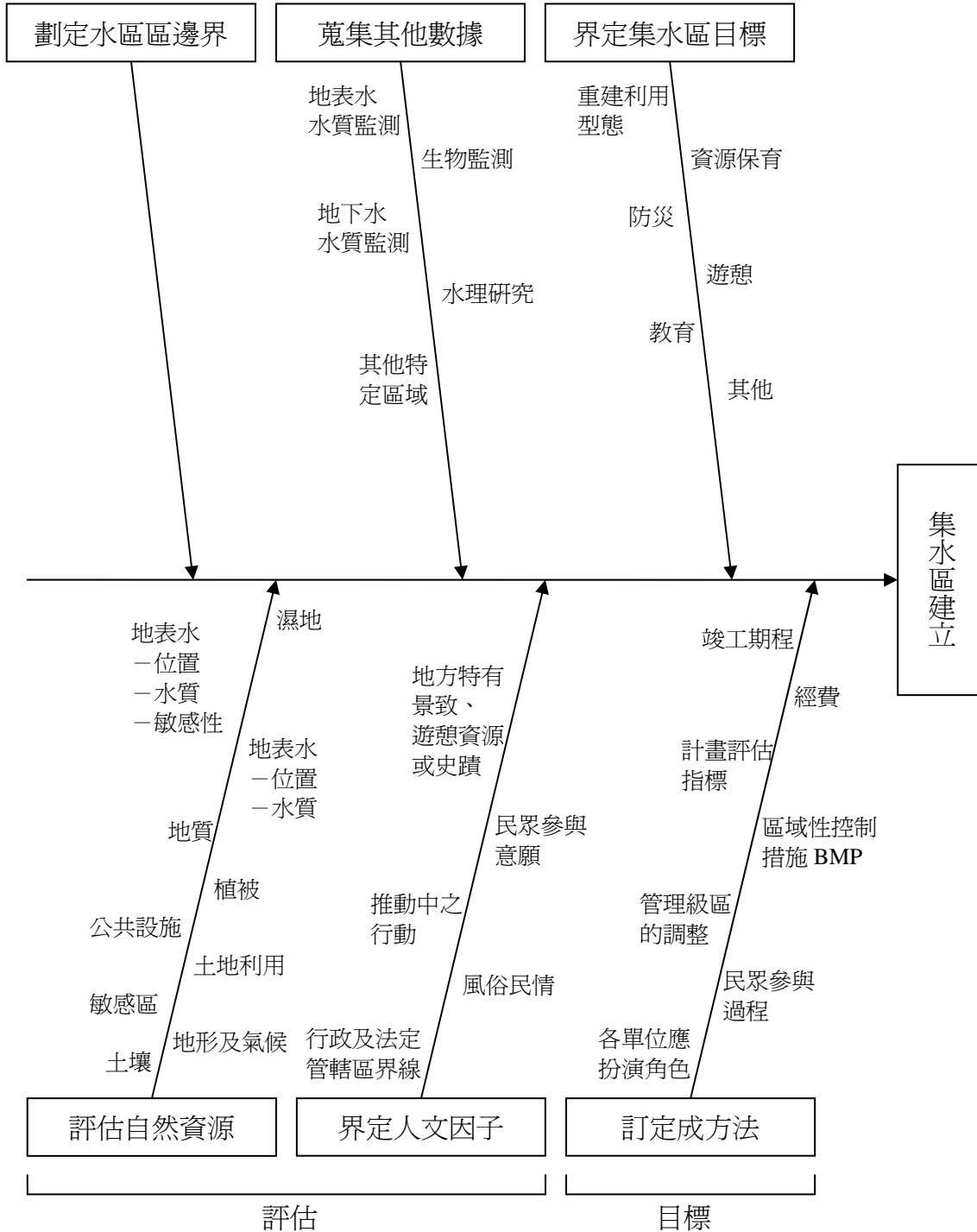
BMPs 主要功能在於減少污染源，減緩逕流量，及利用重力沉降或植物攝取等機制來去除污染物。在集水區建立非點源污染控制措施，對於詳細集水區評估至完成施行目標其計畫流程圖如下（圖 1-1）

非點源污染控制措施分類為如下

1. 入滲系統：利用加強雨水入滲率來減少地表雨水逕流量，過濾水中沉澱物的方法。一般常見的入滲設施有入滲池、入滲溝、入滲乾井及透水性路面等。
2. 滯留系統：傳統上滯留系統為防洪設施之一，在 BMPs 單元中改良滯留池之設計，賦予去除非點源污染的功能。即以同時降低洪峰，減少雨水逕流污染目的，並將景觀、休閒及生態等功能列入設計，而成為多功能滯留池。
3. 人工濕地系統：人工濕地為人工開挖或使用擋水設施造成的窪地，裡面經常保持濕潤或有淺層的積水，並種植水生植物。目的在去除顆粒性及溶解性污染物，並應用生態工程技術，以處理廢污水或彌補自然損失的人為設施。
4. 植物性污染控制設施：利用原生植物，樹木或草來控制雨水逕流為一種自然而經濟的方法。而且可將各種植物控制設施之規劃融合於整個規劃之中，以增進景觀方面之價值。
5. 砂濾設施：此過濾設施主要由一個沉澱池與一個濾床所構成，暴雨逕流在沉澱池中短暫滯留，去除較大顆粒物質後，在流入濾床中濾除微細懸浮物。濾床濾料一般為砂子，但也可以砂子與泥煤之混合物。過濾設施可沿著道路或不透水面設置，亦可與排水系統側接。其去除機制是利用濾料的過濾作用去除雨中的沉質與其他污染物²。

² 林鎮洋、邱逸文，生態工法概論 p.198~p.200

圖 1-1 (建立集水區計畫流程圖)



(資料來源 林鎮洋、邱逸文生態工法概論)

1.1.3 人工濕地

人工溼地為一項在自然的運作下且具有經濟效益的一門技術。近年來，國人已逐漸了解濕地在生態上的重要性，尤其對保護沿岸濕地做為候鳥棲息地特別重視，然而，濕地尚有淨化水質的特殊功能。

利用濕地自然處理的自淨過程，包括一連串濕地生態中的物理作用（沉澱、過濾及吸附作用）、化學作用（氧化還原、吸附、離子交換與錯和反應）及生物作用（生物的同化吸收作用、礦化分解作用及植物的同化吸收作用等）來將污水水質淨化，減少對環境的污染，亦可維持自然濕地或人工濕地之生態系統。此外，若經二級以上處理過之廢污水，再經濕地處理淨化後，其放流水可考慮回收再利用之可行性，以達到水資源永續利用的目的。

溼地主要功能有提供鳥類、水生動物棲息地、調節水量、補注地下水、景觀遊憩、降低洪患、淨化水質、固沙護岸等功能。

溼地系統其形式可分為下列

1. 表面流動式（free surface flow）：

是指濕地的水面高於土壤面，也就是說水可在表面自由流動的人工濕地，通常此種人工濕地中所種植的水生植物以挺水性植物及漂浮性植物為主，並由附著在地下莖及根部區的微生物進行處理污染物質。

2. 表面下流動式（subsurface flow）：

指水面位於土壤面之下，也就是不能於濕地表面看到水層的人工濕地系統，此種濕地中一般種植挺水性或草本植物，此種系統是利用土壤或礫石表面生物膜之生長，而幫助處理污染物質，但會產生孔隙阻塞之問題，所以需配置過濾設備或反沖洗設施，減少系統水頭上的損失。

國外多個案例顯示出溼地具有 BOD、COD、細菌等污染物的高去除率，在營養鹽方面的處理則有所限制。利用植物的根部吸收營養鹽，做為營養鹽暫存區，為避免營養鹽的釋出，植物需定期收割，也可控制溼地的水位，藉由乾與濕的循環增加 N、P 的去除。目前應用方面在處理家庭廢水、學校廢水方面等生活污水都有不錯的成效。

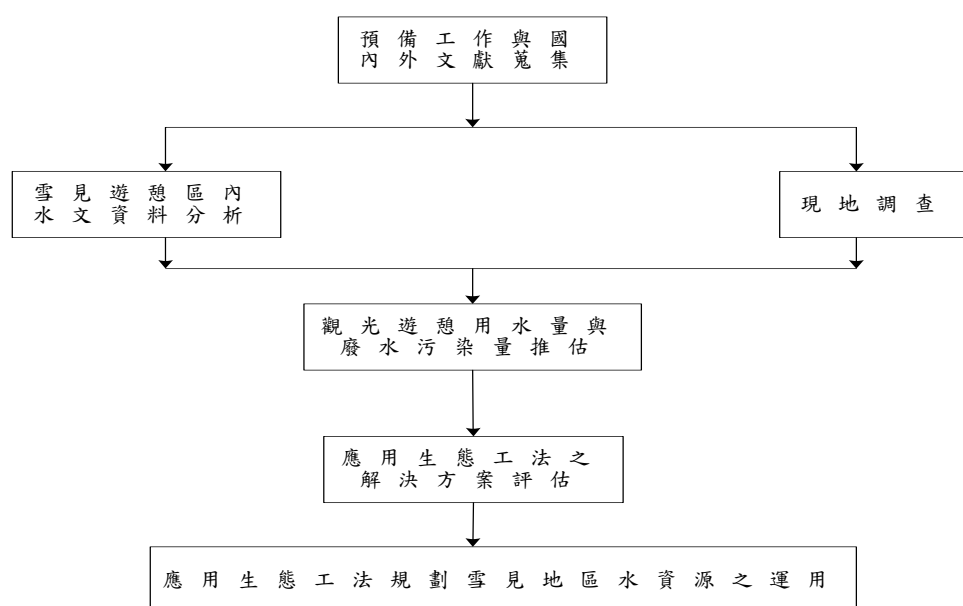
濕地是地球上最重要的生態系統，它多樣化的功能與類型，目前已獲得國際上的認可，水資源和流域管理問題更與濕地的應用接軌，這些發展都值得我國特別重視。至於人工濕地方面，在國際間也已經有相當普遍之應用，台灣有關人工濕地的規劃與功能應用方面研究也開始在起步，對於污水之處理、調洪、暴雨逕流的處理，以及景觀生態環境的再造，期望有日新月異的成果。

第二章 研究方法

第一節 研究方法

計畫實行自民國九十三年一月至九十三年十二月，為期一年，研究流程圖如(圖 2-1)。先由收集國內外相關文獻開始著手，包括雪見地區河川水文、水理資料，國內外相關生態工法之應用案例與方法。其次，藉由所收集之資料，輔以現地調查目前水資源利用之現況與可能之污染，以及未來對雪見遊客中心之用水規劃，進而推估未來該區開放觀光後，所需之用水量與污染排放量。爾後，針對廢污水排放至河川後，估算河川之涵容自淨能力是否足以承載該污染量，並提供數個結合生態工法之解決方案，包括更適當的處理觀光遊憩產生之廢污水，或提出操作簡易，成本低廉之水回收再利用程序，期能由減少取水量與降低污染排放量，雙管齊下，以維護該區生態與開發之共榮。

圖 2-1 (流程圖)



應用生態工法規劃雪見地區水資源之應用

- 一、水文資料分析：針對雪見地區大安溪河川流量與象鼻測站做歷年雨量資料的收集。
- 二、現地調查：進行實地現勘
 - (一) 河川位置圖：搭配地圖做河川位置確認，
 - (二) 雪見遊憩區：現勘建築物工程進度。
 - (三) 雪見遊憩區水源位址：針對遊憩區水源與已施工完成的水資源儲存設施調查。
- 三、污染量推估：收集之數據與現場資料做整合，進而針對日後進入雪見遊憩區觀光人數所產生的廢水量與污染量展開推估。
- 四、水資源應用：為使其廢水污染量不超過河川涵容能力，輔以生態工法應用於當地水資源的規劃，針對集水區上游提供非點源最佳管理方案，同時可對在開放後的觀光遊客利用文宣資料做為宣導，教導正確之用水方式與水資源回收再利用之觀念，以達到有效率的水資源應用。