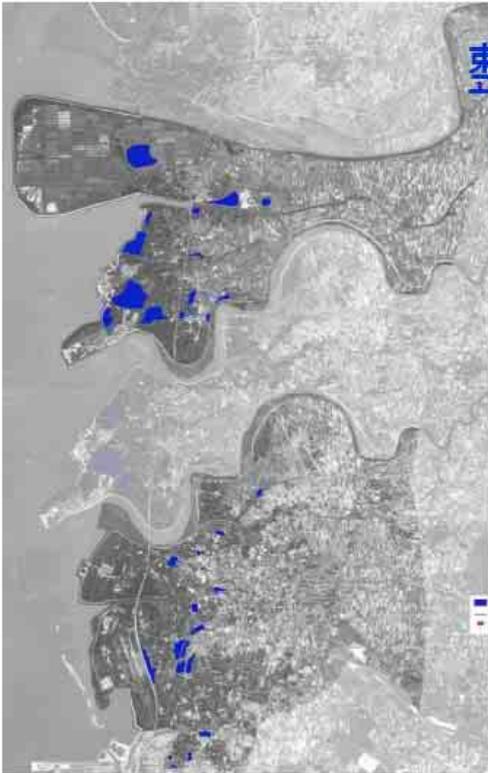
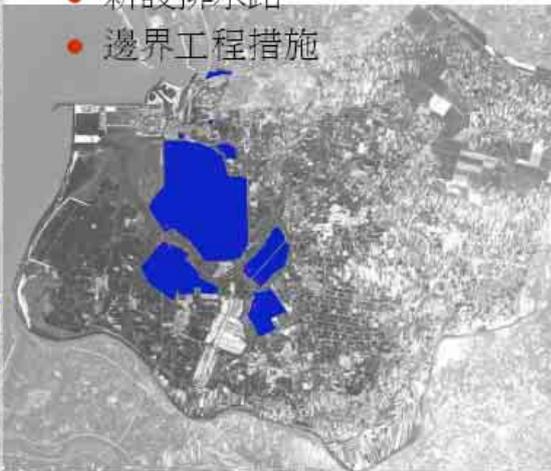


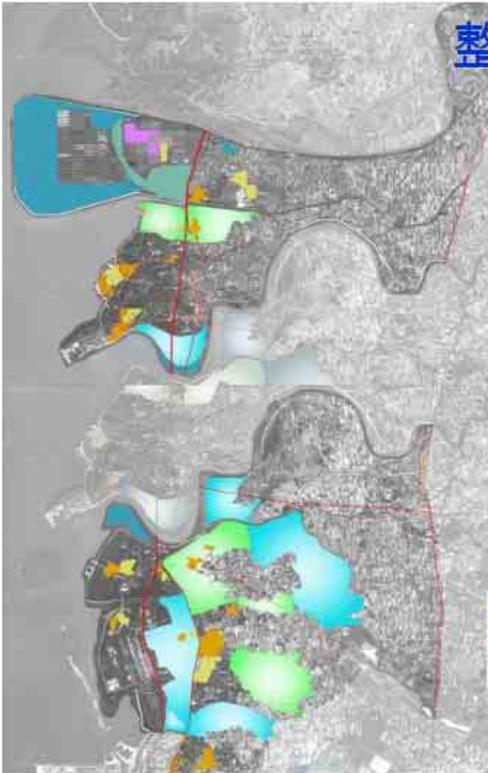
整體規劃建議策略



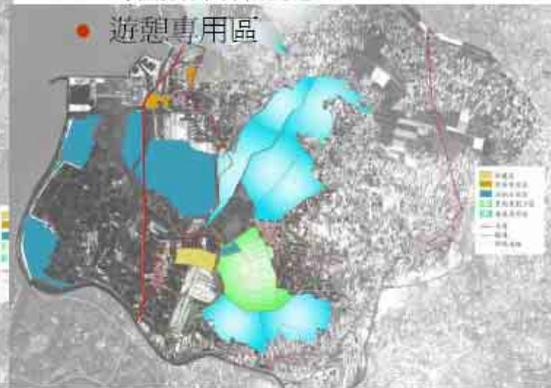
- 水患治理
 - 蓄淹區(蓄洪池)
 - 抽水設施
 - 新設排水路
 - 邊界工程措施



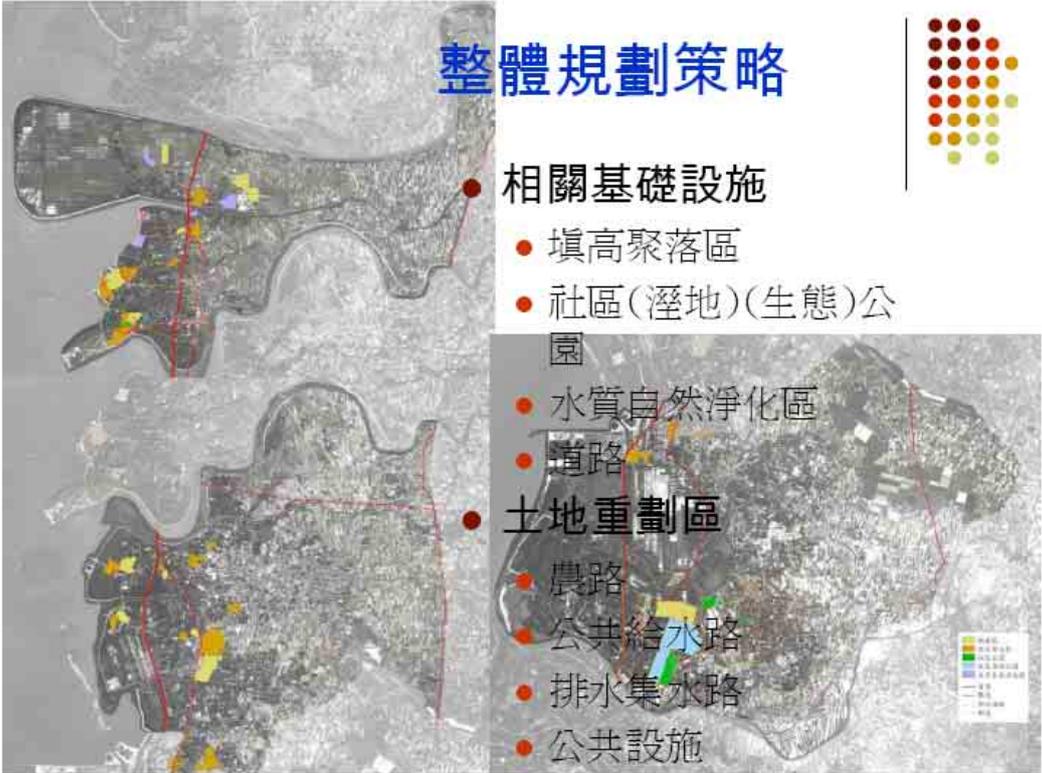
整體規劃建議策略



- 分區產業發展調整
 - 養殖專用區
 - 溼地生態區
 - 聚落(新建架高)區
 - 農地(重劃)區
 - 野生動物保護區
 - 遊憩專用區



整體規劃策略



- 相關基礎設施
 - 填高聚落區
 - 社區(溼地)(生態)公園
 - 水質自然淨化區
 - 道路
- 土地重劃區
 - 農路
 - 公共給水路
 - 排水集水路
 - 公共設施



- 全區經費162.6億元
- 水患治理63.5億元
- 水土環境復育14.3億元
- 土地及基礎設施與產業調整84.8億元
- 年計成本分析
 - 計畫成本：10.32億元
 - 維管稅捐成本：4.90億元
- 年計效益分析
 - 淹水改善：6.17億元
 - 土地增值：9.21億元
 - 水源利用：0.84億元
 - 地陷防治：1.52億元
 - 觀光遊憩：9.00億元

● 益本分析 $\text{益本比} = \frac{\text{年計效益}}{\text{年計成本}} = 1.757$

項目	主管機關	執行機關
水患治理 蓄洪池 抽水站 新設排水路 邊界工程 人工湖蓄洪池 防淤閘 水文監測網規劃與建置 預警系統規劃與建置	經濟部(水利署) 經濟部(水利署) 經濟部(水利署) 經濟部(水利署) 經濟部(水利署) 經濟部(水利署) 經濟部(水利署)	水利署第五河川局、嘉義縣政府
聚落與道路 新建住宅區 新建填土區 駕駛場地專用道路 解落聯結道路(新設、拓寬) 現有道路改善 村落圍墾區口改善 社區公園 苗圃公園 其他公共設施	內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 嘉義縣政府 嘉義縣政府 交通部(公路局) 嘉義縣政府 嘉義縣政府 嘉義縣政府	開辦者 嘉義縣政府/開辦者 嘉義縣政府 嘉義縣政府 嘉義縣政府 嘉義縣政府 嘉義縣政府
環境生態復育 本質自然淨化區 溼地公園 生態緩衝區 地下水復育先期示範區	內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 經濟部(水利署)	嘉義縣政府 嘉義縣政府 嘉義縣政府 水利署第五河川局
土地與產業 野生動物保護區 生態旅遊游憩專區 生態產業示範區 生態產業專區 農地重劃區 養殖專用區 示範專區 都市計畫變更(新訂、擴大) 土地變更作業 傳統產業輔導 新興休閒產業推廣	內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署) 內政部(國土管理署)	嘉義縣政府 開辦者 開辦者 嘉義縣政府/開辦者 嘉義縣政府 嘉義縣政府 開辦者 嘉義縣政府 嘉義縣政府/開辦者 嘉義縣政府 嘉義縣政府

嘉義地層下陷議題涉及以下單位：

- 行政院
- 五個以上部會署
- 十個以上二級署局

政府組織必須再造創新才能有效面對治水議題

治水總體策略

- 行政
- 立法
- 工程
- 宣導
- 國土規劃

一、行政層面的解決策略



- 要解決水患的問題，要從**國土規劃**著手
- **跨部會的整合**：當前水患問題，必須跳脫落伍的「治水」及防洪工程技術思維，以土地管理和都市空間利用以及變更政府政策的方式來減輕水患，宜提高層級，由行政院整合眾多不同專業部會一起共同參與
- 法令不應疊床架屋，**管理事權應該統一**：凍省後政府相關組織調整太慢，加上政府忽視治水業務，目前水資源機構權責劃分不清，協調連繫不足，分縣市及分段治理，缺乏整體及生態觀念
- **尊重專業**：依據淹水潛勢高低、降雨強度與地面逕流資料為準，並考慮人口密度、成本效益及經濟產業活動加以檢討，釐定水患治理優先順位，而非依據媒體報導或考量選舉因素的頭痛醫頭、腳痛醫腳，反而使情況更加惡化

二、法令層面的解決策略



- 將**雨水貯留設施**列入**建築規範**內，不但有助於防洪，兼具水資源回收再利用，例如屋頂、地下室或庭院都可利用作為貯存地點
- 對於**大規模的基地開發**或**山坡地開發**，規定必須**留設雨水調節池**，這些調節水池可作成休閒湖泊，兼具防洪、景觀及生態的功能
- 河川、灌溉溝渠及水路**禁止加蓋**
- 學校操場、公園、人行道及露天停車場等公共建設，**透水率應提高至一定標準**以上

三、工程層面的解決策略(一)



- 非工程手段為主，工程手段為輔，如復育洪水平原或營造人工溼地
- 下水道系統規劃設計，往往耗資數百億元到千億元，不僅政府財力難以負擔且成效不彰，況工程期長達十年至二十年以上，曠日廢時，緩不濟急
- 廣設滯洪池，提昇城市透水率，比提高防洪頻率更為急迫，利用公園、河川綠帶廣闢滯洪池或埤塘，社區庭園水池，小至住宅中庭均可設計成生態雨水調節池的功能，人行道停車場的闢建應考量雨水的入滲功能，對減輕淹水問題幫助大、費用省、施工期又短
- 堤防及抽水站等建設，是最後才使用的手段

三、工程層面的解決策略(二)



都市中降雨入滲地下的效益

- 降低都市表面逕流，延長逕流匯集的時間，減少水患的形成
- 土壤中水份的蒸發可降低都市氣溫
- 地下水的涵養可保護植生、維護湧水，提升河川基本流量



三、工程層面的解決策略(三)



復育洪水平原---除了具備**滯洪** (Floodwater Retention) 的能力，還可以增加**地下水補注** (Groundwater Recharge) 的機會，其水陸交接的特質更是**豐富多樣物種**的棲息地，在洪水期間洪水平原的土壤和植物所產生的化學作用也扮演著**淨化水質**的角色，此外洪水平原也可以提供**休閒和綠地**的機會

三、工程層面的解決策略(四)



人工溼地的功用

- 水質淨化
- 洪氾控制
- 涵養水源、防止地層下陷
- 保護海岸
- 間接減緩地球暖化效應
- 生物多樣性的保存庫
- 文化、教育、遊憩、研究等價值

都會區滯洪池



四、宣導層面的解決策略

- 政府在政策宣導上不應給予民眾錯誤過時的訊息和不切實際的期待，應承認面對氣候災難，**人定無法勝天，水患無徹底免除的辦法**，端視降雨地點及雨量多寡，政府只能盡最大的能力減少民眾損失
- 在台灣，水患的討論仍然停留在治水預算的多寡和政
治分配。大部分的人天真的相信只要政府砸錢治水，
工程儘速施作，就可以解決水患問題。政府應讓民眾
了解，對土地及河川的不當管理和使用等「人為」因
素，才是造成水患越來越嚴重的原因，**工程手段無法
免除水患的發生**
- 針對可能災區擬定**撤離方案**，平時就要透過鄰里告知
民眾撤退安置區；更要掌握需要協助撤退的人員名單
- 加強宣導「**還地於河**」、「**自然防洪**」、「**洪水共
存**」等新觀念和相關案例

國土規劃



- 面對未來不可測的氣候災難，最有效根本的防治辦法 - **國土規劃**
- 國土規劃不單是**土地**的合理開發、分配和利用
- 國土規劃應該是一套涵蓋**價值觀念**、**法令制度**、**行動實踐**以及**管理執行**的體制
- 最重要的是整體**社會價值觀**的扭轉，整體價值思維如果不改變，國土復育不可能達到，永續發展永遠只是無意義的專有名詞，不會有具體落實的真正行動

不合理的國土規劃



- 相對於全球 50%的人口住在都市地區，台灣將近80%的人口住在都市地區，大約90%的人居住在西部海岸平原；對都市周邊地區的生態系統服務造成嚴重耗損
- 北台灣（桃園到基隆）從 1971年到2006年地表複蓋從農業用地轉變為建地的面積，將近 353.3平方公里；自然地區改變成建地使用的面積也高達294.83平方公里，有六百四十八平方公里，大約是二點三個台北市大小的農林用地，因都會區向外展延而變成建地，環境變遷劇烈

高鐵是國土空間與產業再結構的機會



國土空間 新機會



沒有國土規劃觀念的開發只會帶來災難



- 1.高海拔地區高山農業及觀光發展，導致過度開發建設，引發嚴重之土石流，形同災難的源頭
- 西部主要河川上游地區之保育不足，中下游則長期以來與水爭地，不只造成環境污染，也將自己置身於災難之中
- 西海岸嚴重人工化，潮間帶及近海生態破壞殆盡
- 中部沿海地區地層下陷情況已達相當嚴重的程度
- 城鄉地區缺乏以永續觀點之整體規劃，都會生活環境惡化，農村生態保育功能消失

國土規劃應涵蓋的三個面向



1. 水資源的管理利用
 2. 防災體系
 3. 環境生態保育
- 從永續發展觀點來談台灣國土的規劃與復育，除了基本的土地合理開發利用外，在規畫中，應針對水資源、生態和防災這三項預作評估，最後再做區域計劃及都市計畫

一、水資源的管理利用



- 順應、尊重及預留水流空間，還地於河，還地於海
- 加強河川保育復育，恢復河川自然生命力
- 根據用途確定用水優先順序，正確評估水費價格
- 加強水資源再利用
- 整合法令及管理體系
- 水資源的使用與分配，應符合社會公平與世代正義之原則

二、防災體系



台灣未來防災的策略方向

- 一、城市耐災能力的檢討
 - 考量全球氣候變遷對氣候變化之影響，重新檢討都市發展後的水文數據，重行計算洪峰流量數值，並根據新的洪峰流量重新計算都市排水能力，適度規劃足夠的滯洪設備，提高都市耐災能力
- 二、災害防救體系的改善
 - 災害防救體系之層級不宜過多，救災部門應適切整合與分工，但不應過度的切割分工
 - 充分授權，但須配合明確的苛責機制，並且不可自外於民主機制的監督與節制
 - 重視救災人才的培育與經驗的傳承

三、環境生態保育



- 在原則上應尊重自然萬物倫理，維護生物的多樣性
- 依照區域生態環境特性，規劃國土與區域發展
- 重大工程開發應審慎評估
- 落實保育工作
 - 落實森林、山坡地及水土保育
 - 落實海洋、海岸及離島保育
 - 加強河川、水庫、溼地保育復育

結論與建議



- 水是無法被「治」的，該被治的不是水和河流的本身，而人們對於土地和河川的不當利用
- 工程手段治水已經窮途末路，我們不可能做到無限預算去蓋永不淹水的堤防，胡亂砸錢的治水工程無法解決水患問題
- 「還地於河」，揚棄過去以工程防堵為主的治水手段，改以順應河川作用力的方式來減低水患威脅，增大河川本身承載洪水的容量，給河流多一些空間，讓河川可以像以往一樣自行改道，在原本的洪水平原上溢流氾濫，或是降低堤防內河道旁平原的高度，以增加洪水來臨時行水面積和蓄容洪水量
- 將水患管理與都市發展結合



- 忽略全球氣候變遷的治水策略與國土規劃，是徒勞無功的，無法徹底解決問題
- 防洪堤壩或許可以保護人們免於洪災衝擊，但是相對的也造成安全的假像，並進而錯誤的在洪泛平原進行大規模開發，知道洪水是不可能完全控制的道理
- 台灣目前最迫切的是建立跨領域對話機制，從科學界、產業界到政府充分理性溝通，如果沒有科學、產業和政府等跨領域對話，永遠不可能形成對國家最有利的政策
- 資訊必須公開透明,基於事實和信任原則，花功夫和人民溝通，讓民眾一起參與討論，在互信的基礎上才會有政策的出現

Key Message for science - policy co-op:



Climate change is not “a” problem waiting for “a” solution

An effective **strategy** to ensure sustainability in the context of climate change requires more than just good science and good communication ... it requires ...

- **Trusted** science
- **Informed** policy
- **Motivated** business
- **Engaged** public



Thanks for your attention!

議 題 一：屏東水患歷史與經營治理

(綜合治水的策略與實踐)

與 談 人：陳世榮

現 職：經濟部技監兼高屏溪流域管理委員會執行長

最高學歷：國立屏東科技大學 土木工程研究所

經 歷：水利署第七河川局正工程司

水利署第七河川局工務課長

水利署第七河川局局長

經濟部水利署副總工程司

屏東水患歷史與經營治理之管見

陳世榮

高屏流域管理委員會執行長

由過去縣市政府編列水利建設經費額度，可以瞭解多數縣市長對水患整治並非十分重視。原因是治水需要有系統的前置規劃，需要長時間的整治，在四年一任短期內，無法立桿見影，無法立即顯現施政成果。尤其是河川整治，一般都在荒郊野外，做好做壞沒有人關心，祇有在發生災害時，才會引起大眾的注意。所以，一般縣市大多不願花費大筆經費，去改善水患問題。

曹縣長是極少數非常重視水患整治的縣長之一，在環保界有很崇高的地位，對推動生態保育、水資源涵養、水患整治，乃至於水污染防治，一向不遺餘力。過去本人擔任水利署第七河川局局長任內，與曹縣長創立之藍色東港溪保育協會，有長期合作伙伴關係。高屏溪河川環境改造與民間社團認養制度，當年就是在曹縣長積極協助下風起雲湧，並迅速帶動中央管河川一股整治新風潮。

依據水利署文獻顯示，1897年（民國15年）官方開始興建堤防，比隘寮溪六堆民眾集資建堤還晚6年。1911年（民國元年）高屏溪開始「三合一」對策，將上游荖濃溪、隘寮溪、楠梓仙溪合流為高屏溪本流。台灣河川治理過程，1946年（光復後）~1970年代，政府財政拮据，經費短缺，因應防災需要而建堤，都採用土石堤、橫堤，工程材料以就地取材，自然資材為原則。1971年~2000年，政府財政充裕，經濟突飛猛進，重要河川防洪計畫多數在這段期間整建完成，工法多採用安全性高、維護容易的鋼筋混凝土堤岸，亦即廣為環保團體痛批不符環境需求，不符生態保育的水泥河川工法。2000年以後，民眾對河川休憩空間需求日殷，社會對生態環境的期待要求愈高，水利署積極推動河川生態調查、情勢調查，俾建立生態工程基礎資料。水利人都知道生態工法的重要性，也知道中小排水宜採土溝生態工法，但多數百姓却不能夠接受，如何教育民眾是一項重要課題。環保團體、媒體都應扮演推動角色，協助政府宣導、教育廣大民眾。

由早期六堆治水築堤歷史顯示，築堤的目的就是為保護部落居民生命、財產安全。隘寮溪由於塩埔、里港、九如等堤防延建，不僅產生大面積浮粟地，也帶給廣大屏東平原穩定繁榮。個人在水利署服務期間，經常告訴同仁「無保護標的河段，毋須建堤保護」觀念。一旦築堤，住家、工廠跟著來，尤其河川上游屬不穩定河段，更不應該興建堤防，不僅維護困難，萬一損毀，又必須面臨檢調調查。

個人同意曹縣長「治水不再是『工程』」導向的思維。水利署治水理念在數年前已採取流域總合治水策略，例如大甲河流域聯合整體治理規劃、雲林南部總合治水規劃。

有關林邊溪台糖土地納入治水一環乙節，個人有幾點看法：

- 一、林邊力力溪開發時期在民國 63~65 年，國際糖價飆高，增加外銷收入，提昇經濟發展，應有階段性貢獻。
- 二、階段性任務已完成，同意利用台糖廣大土地做為滯洪、蓄洪、分洪及補注地下水用途。
- 三、洪流停滯時間太久，將造成農作物淹水時間過長，對居民財產也會有負面影響。
- 四、河道與台糖土地高度差極大，洪水是否會漫淹，仍須探討。
- 五、平地造林結合潮州人工湖開發，可以營造大面積平地森林遊樂區，對發展觀光、生態旅遊、生態復育及降低水患，有正面功能，是一項頗具前瞻性的計畫。

潮州人工湖是曹縣長任內重要水利建設之一，結合國土復育、水源涵養、休閒旅遊及水資源開發多重概念，本人有幸參與計畫提報階段工作。惟應請縣府加強地下水補注期間，地下水流向及水位觀測，避免對東港溪造成負面影響。

最近幾年，高屏河流域崩塌量特多，95~97 年七河局已疏濬 1,742 萬 m^3 ；98~100 年計畫疏濬 1,125 萬 m^3 。由報告中原住民保留地林木砍伐產生聯想，是否高屏河流域也有同樣情形？這部分應該請權責單位深入瞭解，並研提因應對策。

由過去水患紀錄，屏東縣境內每逢豪大雨，經常淹水地區有多處。其中林邊、佳冬及東港大潭，因位於地盤下陷區內，不僅颱風豪雨必淹水，連艷陽天都會積水，堪稱「淹水明星地區」。屏東縣境內有三條中央管河川，十二條縣管河川。本文以縣管河川林邊溪流域為論述主軸，提出上、中、下游水患治理不同策略，內容非常豐富。但相關配套措施是否能夠順利執行，恐將影響計畫之成效，諸如用地取得、養殖水管拆遷、相關單位之配合等等。另外，下游地區以改善排水路及施設抽水站處理水患問題，恐怕5年、10以後，仍會遭遇地盤下陷高度不足問題。可否參考荷蘭治水經驗，融合景觀、生態、休憩與滯洪觀念，合為一體統合規劃，謹供參考。

議 題 一：屏東水患歷史與經營治理

(綜合治水的策略與實踐)

與 談 人：林盛豐

現 職：實踐大學建築學系教授、余紀忠文教基金會顧問

最高學歷：美國加州柏克萊大學建築博士

建築理論：地點感／現象學等相關理論所涉及之課題，涵蓋如模式語言、象徵、建築認知、意義等非定量建築向度

都市設計：跨國之都市設計案例比較，區層級之地區計劃與設計，台北市全市都市設計綱要及各地區之都市設計準則

經 歷：淡江大學建築系系主任、研究所所長

宜蘭縣政府縣政顧問

公共電視「城市的身世」及「城市的遠見」節目製作及主持人

行政院九二一震災災後重建推動委員會副執行長

行政院政務委員（2002年~ 2006年1月）

議 題 一：屏東水患歷史與經營治理

(綜合治水的策略與實踐)

與 談 人：蔡長泰

現 職：成功大學水利及海洋工程學系教授

最高學歷：成功大學土木工程博士

專 長：沖積河流演變模擬、明渠水理數值模式、洪氾淹水模式、
水庫清淤研究

經 歷：中國土木水利學會水資源組委員

海下技術協會理事

水資源管理學會第四屆候補監事

財團法人水利發展中心第二屆監察人

行政院災害防救專家諮詢委員會委員兼防洪組召集人

地層下陷防治推動委員會委員

中國工程師學會聘函第63屆及64屆理事會獎勵委員會委
員

中國土木水利工程學會候補理事

因應水環境的演變

--「屏東縣水患歷史與經營治理」與談資料

「大自然從未有過平衡」

「一場小災難才能促進生命的創造力」

--海，另一個未知宇宙

法蘭克· 薛慶(Frank Schätigin)

丁君君，劉永強譯

前言

曹縣長之議題一論文「屏東縣水患歷史與經營治理」，由歷史縱深回顧，展望能有永續生活環境的洪水經營治理需有的理念與思維--要認識自然變遷，要剛柔並濟的治理水。

曹縣長由屏東平原的形成論述歷史上的拓墾、淹水、築堤逼河改道、築堤防洪、拓墾新生地為農地、發展沿海漁業養殖，以至迄今之水患與地層下陷，總結認為「治水要由流域總體檢、分進合擊有所策略」，「與水博鬥」不是防洪患唯一方式，「與水共舞」、「與水共生」是進步國家順應自然尋求人類生存出路的一種策略；並由林邊河流域的治水沿革，提出上游(森林保全、防止農林牧用地林木被砍伐)、中上游(人工湖分洪、蓄洪補助地下水、延緩地層下陷)、中游(退耕還林、退耕還河將土地留給洪水)、下游(地下水管制與聯合供水、延緩地層下陷)、以及防洪與排洪設施多元並用等洪水經營治理策略，思考周全，需要盡快規劃推動。

全文考古論今，深入探討上世紀治水對策的成效，檢視歷經多年而出現新的水問題，因而有「21世紀治水新思維」，思慮周密。延伸而言，今日的新對策，可能也會引起將來的水問題，需要將來去因應。因此，治水是不是應該「永勞永逸」以促使我們「居安思危」，不斷的創新改變呢？

水環境必持續演變，需「因地制宜」且「因時制宜」因應水問題

(1)屏東平原持續數百萬年的自然演變

曹縣長收集文獻歸納指出屏東平原是數百萬年來沖積演變而成的沖積平

原、沃野平疇；隘寮溪及林邊溪漂流不定。

因此自然的屏東平原從未有過平衡。

(2)屏東平原有持續數百年的拓墾演變

曹縣長指出世居平原的平埔族以結社聚居，漢人則在明鄭陸續由台南往屏東拓墾，「三年河東、三年河西」就是訴說先民在平原墾拓與洪水氾濫博鬥歷史，可見屏東平原自古多洪患。

隘寮溪，自 1891 年起，歷經 1902、1907、1920、至 1936 年，前後 46 年，向鹽埔里港等地興築堤防，將隘寮溪整個河道改道由里港匯入高屏溪，形成大面積的新生地，且拓墾成大面積的農地。

林邊溪，自 1910 年起，歷經 10 多年，興建來義堤防與萬巒堤防，將聚水腹地縮小至林邊溪與力力溪會合處，並將漫流的洪水限縮在林邊溪河道由林邊、佳冬出海，產生的河床近 5 千公頃的新生地，成糖業會社的蔗田。

因此數百年來，先民為拓墾求生，以築堤阻山區洪水奔流氾濫，幸而能安生立命而有發展，因而改變了人文環境，進而改變自然的地文與水文環境(圖 1 及圖 2)：

經濟繁榮、人口增加、廣增公私建設、改變土地利用與產業型態、水資源利用增加、地下水超抽、入滲減少、地層下陷、環境保育、....。

因此，數百年來，先民改善了原來的環境而得以生存發展，但也引起新的水問題要解決，於是我們有「21 世紀治水新思維」！

(3)永遠要治水--創新進步，永勞永逸

人文環境會持續改變，地文與水文環境就會持續演變，就要處理演變過程中新出現的水問題，有 21 世紀的治水問題，就會有 22 世紀的治水問題。

防洪排水，是自古就有的問題，也自古就有防洪排水設施，隨著人文社會的進步，地文水文均會改變，如土地密集利用，以至平地豪雨積水渲洩不及而淹水成災；如漲潮浸淹沿海圍墾低地；如暴潮上溯防礙排洪等，出現不同以往的水患型態與原因，原有的排水設施不敷利用(圖 3)，不僅要「因地制宜」的改善水環境，更要能面對可能新出現的水問題，「因時制宜」的處理因應，就能有不斷創新進步的治水科技。

未雨籌謀--淹水影響評估與防洪預警

水患治理是平時準備，以因應豪雨洪水。平時準備包括防洪排水設施之整建

維護、緊急應變設施(如移動式抽水站)的準備、易淹水地區緊急搶險器材等，曹縣長在「防洪與排洪設施多元並用」一節中多已申論，同時也提及公共設施未配合地形改建而阻礙排水的情形。因為經濟發展，地形地貌會因公私建設而改變，以及發生超過設計標準的豪雨等，均可能擴大水患災情。因此建議推動淹水影響評估及建立防洪預警系統。

- (1) 淹水影響評估--因為重大的公私建設可能因施工過程中的整地及建設本身改變地形地貌，因而改變水文環境，以致改變了防洪排水設施的功能，故應建立重大公私建設之「淹水影響評估制度」，或列為「環境影響評估」重要課題之一。
- (2) 防洪預警系統--因各項防洪排水設施均有其設計標準，且防洪排水設施也未必能同時完成，故應預警淹水潛勢區，及早應變。一般低地平原，豪雨逕流匯聚甚速，故應整合豪雨預報系統、暴潮預報系統及淹水模擬模式成為防洪預警系統(圖 4)。

發展堤防功能--河流環境保育區

如曹縣長論文所述，隘寮溪與林邊溪之築堤防洪有數十年至百年以上的歷史。這些堤防所發揮之攔阻山洪氾濫功能，保全沿河居民身家安全，使得屏東平原得以發展迄今。

台灣河流平時流量小，僅於少數深槽流動，但山洪發生時，水勢洶湧，漫溢於深槽兩岸沖積平原，奔流氾濫，水面遼闊。防洪工程就是要限制洪漲時的水面寬度，減少淹水範圍。因洪流量大，興建堤防以防洪時，兩岸堤距需要數百公尺至一、二公里。河流深槽在兩堤之間自然演變，兩堤之間的廣大高灘地，每年常僅數日有洪水漫淹奔流，此時的高灘地具有滯洪或蓄洪功能。平時則高灘地可有部分農漁利用及塑造為特色休憩遊樂區，部分形成生態豐富的自然環境(照片 1，照片 2)。

因此，因台灣洪水流量大，築堤保留行水區，也形成寬闊的沖積河流保育區，百年來的河流治理發展了河流保育功能。正如同曹縣長對林邊溪平地森林遊樂區的期望，兩堤之間的河流環境保育區可塑造成水濱休閒遊樂區，有多樣性景觀(深槽水域、深潭淺灘、農漁土地、自然河灘等)及生態多樣性(水獺、野兔、田鼠、燕鴿、魚蝦、候鳥、昆蟲、蝴蝶、蝸牛、螢火虫等)；洪水時又有水勢洶湧澎湃的雄偉水域景觀，及蓄洪滯洪的功能。如果再佈置淺堰固床工，更具有延伸水面，

平時蓄水補助地下含水層，增加地下水資源之蓄涵量，減緩地層下陷率，兼具國土保育、水資源開發、防止河床沖刷、減少水患等多重國土復育目標。

懷古思今，緬懷前輩的治水偉蹟，促成河流環境保育，真是無限崇仰！

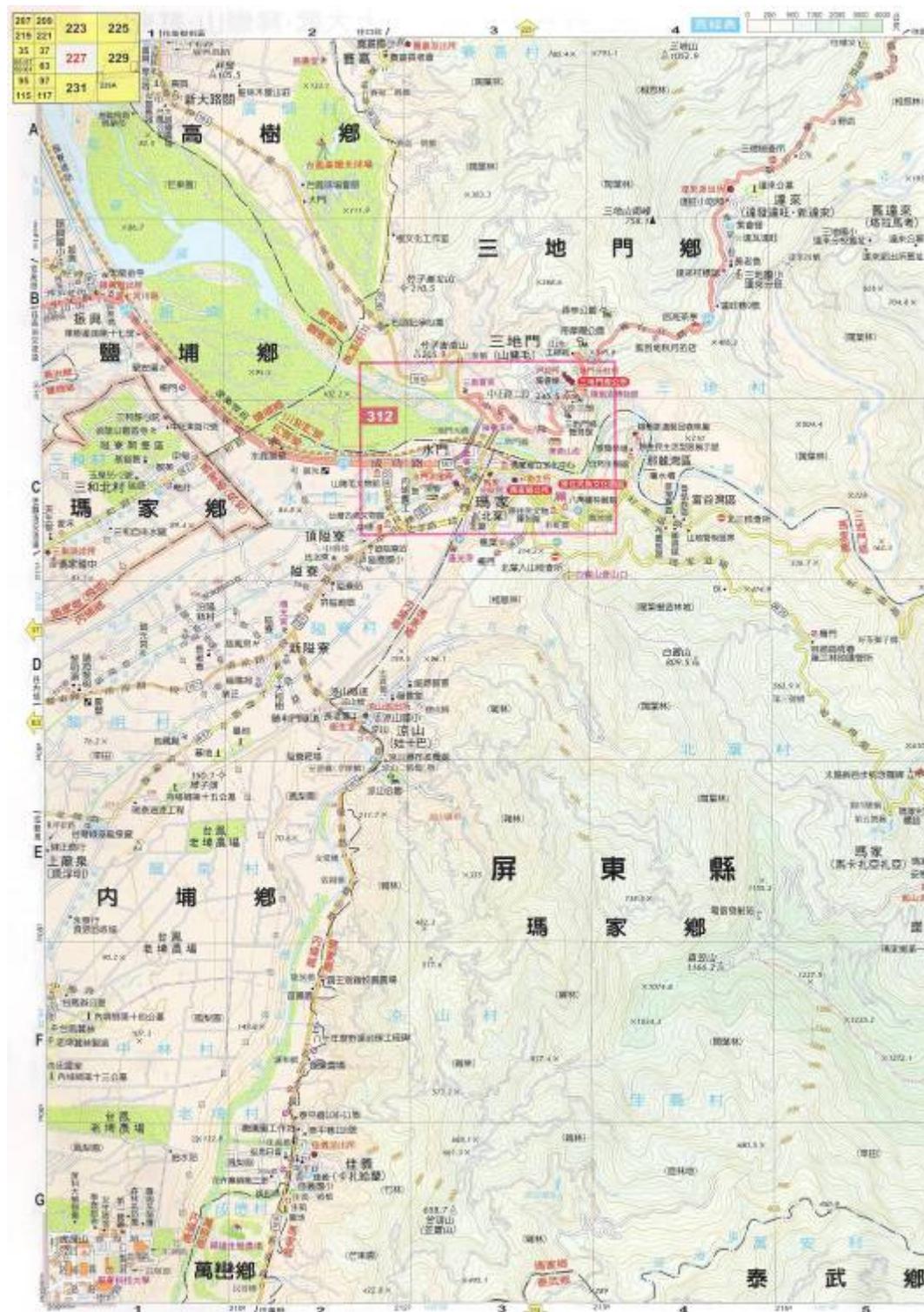


圖 1 隘寮溪改道

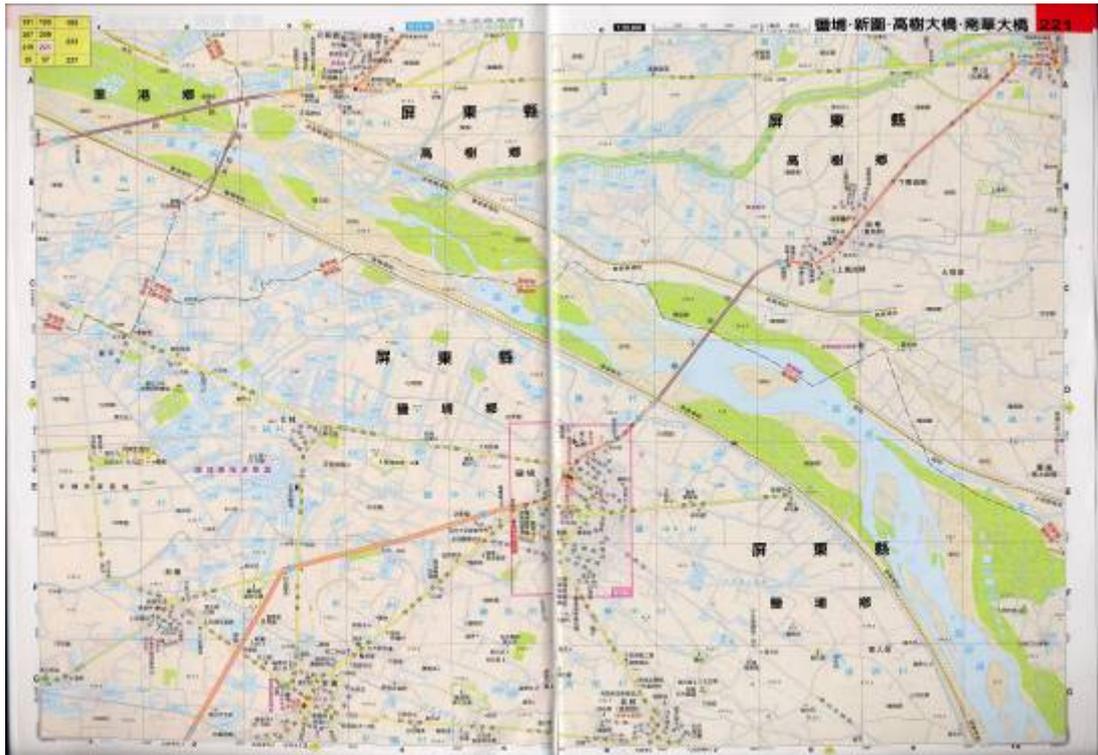


圖 2 隘寮溪改道後流路

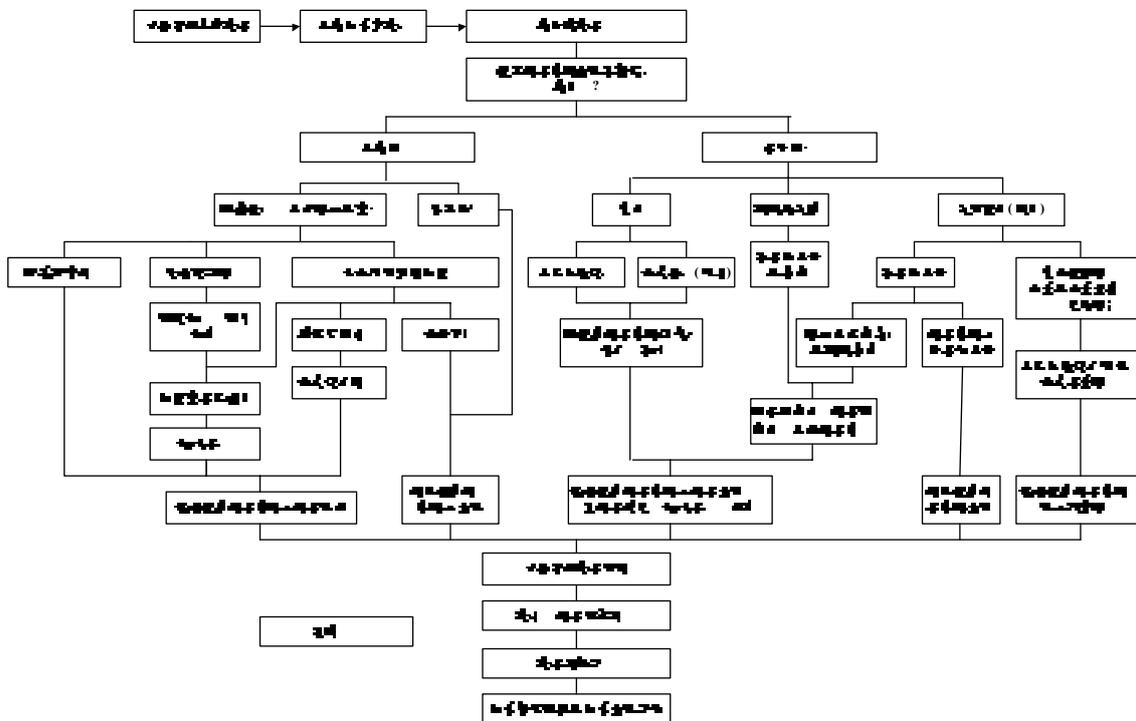


圖 3 沖積平原的淹水問題

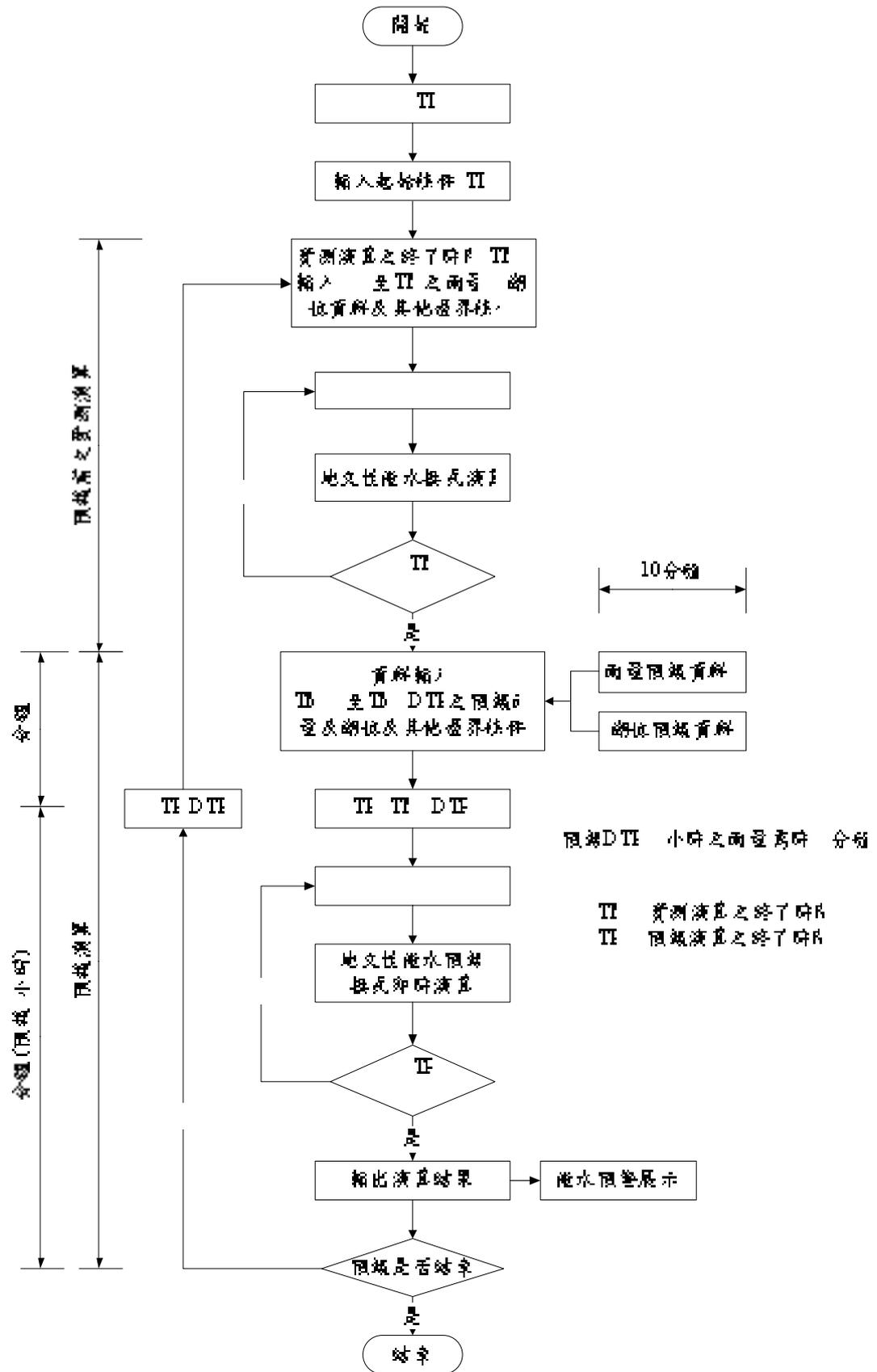


圖 4 八掌溪與曾文溪間之平原防洪預報模式



照片 1 隘寮溪隘寮堤防與大陸關堤防段



照片 2 隘寮溪鹽埔堤防與新南勢堤防段

議 題 二：水患工程治理

(地層下陷地區減輕水患計畫、強化水路防洪排水能力)

主 持 人：李鴻源

現 職：台灣大學土木工程學系教授、余紀忠文教基金會顧問

最高學歷：美國愛荷華大學博士

專 長：河川水力學、泥砂運動力學

經 歷：美國愛荷華大學水利研究所 研究助理

(1980 / 12 ~1984 /05)

美國愛荷華大學 水利研究所 博士後研究員

(1984 / 05 ~1984 /10)

DOOLEY-JONES & ASSOCIATE WATER RESOURCE

ENG. DEP. 資深工程師 (1984 / 10 ~1986 /02)

台灣大學土木工程學系 客座副教授 (1986/ 02~1988 /02)

台灣大學土木工程學系 副教授 (1988/02~1990/ 08)

議 題 二：水患工程治理

(地層下陷地區減輕水患計畫、強化水路防洪排水能力)

發 表 人：張良平

現 職：經濟部水利署第七河川局局長

最高學歷：屏東科技大學土木工程學系碩士畢業

經 歷：台灣省水利處第七工程處工程員

台灣省水利處第七工程處副工程司

台灣省水利處第七工程處課長

台灣省水利處第七河川局課長

經濟部水利處第七河川局課長

經濟部水利處第七河川局副局長

經濟部水利署第七河川局副局長

地層下陷區減輕水患計畫及強化水路防洪排水能力（羌園地區為例）

張良平

經濟部水利署第七河川局 局長

摘要

羌園地區屬林邊溪流域下游，位於屏東縣境內地層下陷區，區域排水有武丁排水、大武丁排水、羌園排水、塹仔一號排水及塹仔二號排水五條區域排水，各排水因地勢低窪加上地層下陷影響，造成水患治理工程之困難度。本文主要以羌園地區為例，探討地層下陷區水患治理工程思維，其綜合治水對策可分為排水對策、流域對策、禦潮對策及防災對策四方面，並僅針對排水對策及禦潮對策探討地層下陷區水患治理工程思維，其地層下陷區水患工程治理排水對策主要為高低地分治，工程治理方式有蓄洪池、調解池、分洪工、排水路改善、抽水站搭配使用，並將集水區劃分數個小區，因地制宜，多種措施綜合運用，以分散並降低風險，提高防洪抗災能力。禦潮對策則為海堤、離岸堤潛堤及防潮堤，以遏止海岸線繼續侵蝕趨勢。

壹、前言

依經濟部水利署^[1]資料，全省縣管區排共 1,418 條，屏東縣有 85 條，目前以易淹水地區水患治理計畫辦理規劃者有：保力溪排水系統、枋寮地區排水系統、東港溪排水系統、土庫地區排水系統、牛稠溪排水系統、武洛溪排水系統、林邊地區排水系統、牛埔溪排水系統、林邊溪水系及港口溪水系 10 項規劃計畫，所規劃之公告區域排水共有 56 條，其中羌園地區屬林邊溪水系規劃案。

2008 年 7 月卡玫基颱風與鳳凰颱風挾帶大量雨水，造成屏東縣許多鄉鎮傳出淹水災情，卡玫基颱風於屏東農田水利會所轄東港雨量站觀測一日總降雨量為 711 毫米，鳳凰颱風則為 484 毫米，由此可看出其豐沛之雨量。屏東縣地層下陷區皆集中於東港鎮、林邊鄉及佳冬鄉。依據屏東科技大學調查報告^[1]，全縣共有 25 處積淹水地區；其中亦包含本文探討之佳冬鄉羌園地區。羌園地區包含羌園村及燄塹村，羌園村其水系屬羌園排水幹線，燄塹村則屬塹仔一號排水幹線。表

一整理出該報告重點調查區域，卡玫基颱風屏東縣淹水面積達 36.35 平方公里，其中地層下陷區東港鎮、林邊鄉及佳冬鄉分別佔 27.04%、8.91%及 3.23%，三地區佔全縣淹水面積之 39.18%。

羌園地區屬林邊河流域，下游地區原本地勢較低，又因早年養殖業發展快速，超抽地下水，致使本區地層持續下陷。其流入林邊溪之區域排水有新埤排水、箕湖排水、武丁排水、大武丁排水、羌園排水、塹仔一號排水及塹仔二號排水，其各排水與林邊溪關係如圖一所示。由於下游地勢低窪加上地層下陷影響，排水出口常受林邊溪水位頂托影響，每逢暴雨成災，嚴重影響民眾生命財產之安全，地方殷切期盼早日進行治理。

本文主要是以羌園地區為例，亦如圖一所示，羌園地區即有武丁排水、大武

表一 屏東縣卡玫基颱風淹水統計表

鄉鎮市名	淹水面積 (km ²)	百分比 (%)	鄉鎮市名	淹水面積 (km ²)	百分比 (%)
潮州鎮	1.89	5.20	竹田鄉	4.20	11.55
東港鎮	9.83	27.04	新埤鄉	0.58	1.60
萬丹鄉	3.16	8.69	新園鄉	1.20	3.30
九如鄉	1.87	5.14	崁頂鄉	0.66	1.82
里港鄉	0.49	1.35	林邊鄉	3.24	8.91
鹽埔鄉	0.29	0.80	南州鄉	2.85	7.84
萬巒鄉	2.06	5.67	佳冬鄉	1.17	3.23
內埔鄉	2.86	7.87	合計	36.35	100.00

丁排水、羌園排水、塹仔一號排水及塹仔二號排水五條區域排水，淹水主要原因如下。

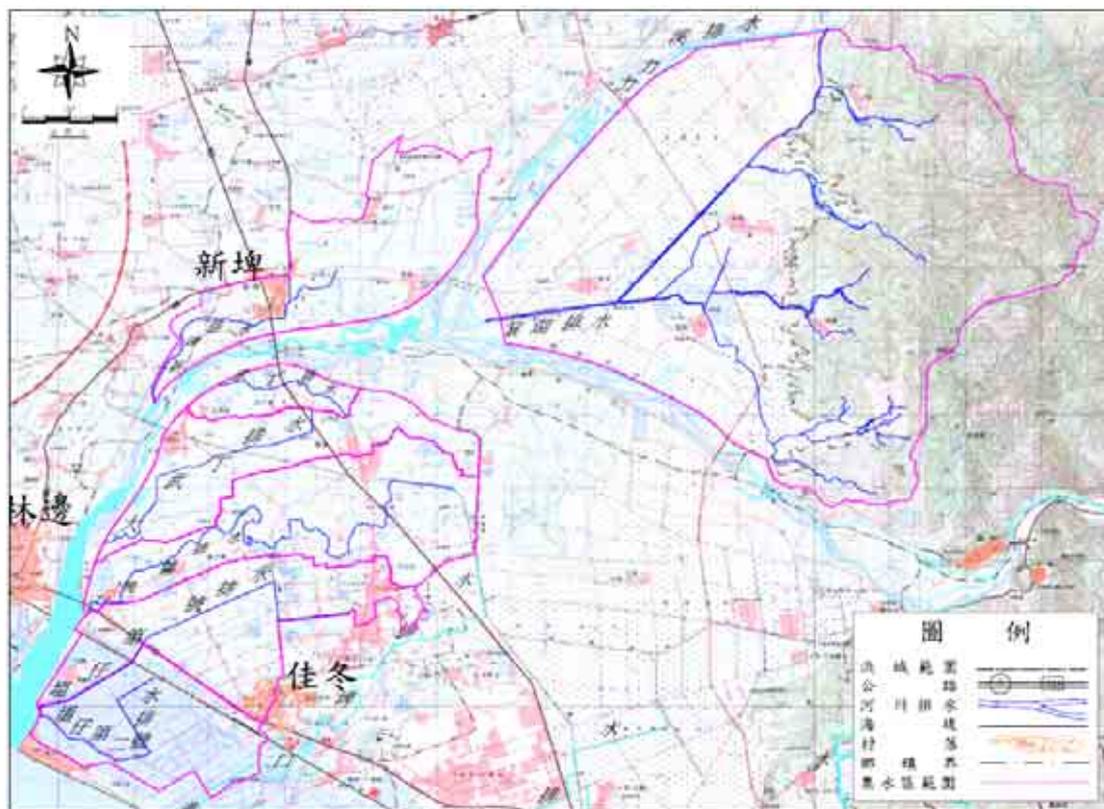
1. 地勢低窪，地表坡降平緩，排水條件差。
2. 地層下陷，外水位相對升高，排水問題更加惡化。
3. 排水出口淤積，降低排水功能。
4. 漁塹養殖利用排水路取海水，降低防潮閘門功能，增加淹水災害及維護管理困難。

5. 排水改善及維護管理經費不足，無法發揮原有排水功能，以致保護基準降低。
6. 武丁排水、大武丁排水漫流越域至地勢較低窪的羌園流域，致使羌園地區承受集水區外更多的溢淹水量。

因此，為有效改善羌園地區淹水問題，依據經濟部水利署水利規劃試驗所^[2]規劃之改善目標及原則主要是應用綜合治水對策，結合國土復育策略方案，排水改善方案採整體規劃、分散風險、綜合效益、永續利用為原則，因地制宜，訂定適當之綜合治水方案。綜合治水設施完成後，人口密集地區外水保護程度達50年重現期，低地農田保護標準提升到5年。現階段排水幹線大多無法通過2年重現期洪峰流量提升到能通過10年重現期洪峰流量(25年重現期洪峰流量不溢堤)。且在減輕淹水災害同時減緩地層下陷、維護生態環境、提升生活環境品質、確保自然資源之永續利用。

貳、地層下陷區域概述

羌園地區位於林邊溪之南，屬於屏東平原一部份，平原內有高屏溪、東港溪及林邊溪三流域，流域面積有 1,210 平方公里，屏東平原內之地下水源來自流域內之降雨逕流，羌園地區正位於本平原之扇尾地區。由於屏東沿海有甚多河川出口，沿海居民從事農漁業者參半，惟因農耕面積狹小，又靠沿海地利之便，自民



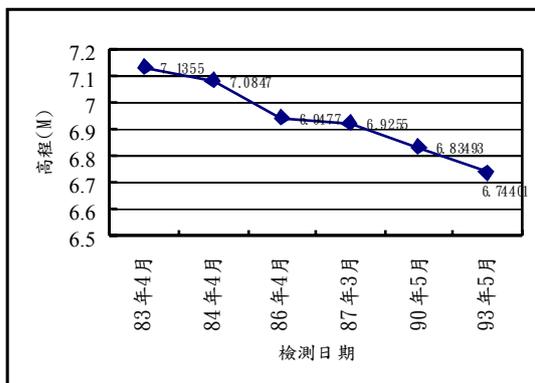
圖一 排水與林邊溪關係圖

國 63 年起，淡鹹水混養漁業興起，養殖面積最多時曾達 2,000 公頃；目前養殖面積約 500 公頃，鹹水養殖可分成魚類養殖、蝦類養殖及魚苗繁殖，成魚養殖以石斑、鯛類等海水魚類為大宗，養殖所需地下水急遽超抽結果，影響地質結構，導致地盤下陷，尤以林邊、佳冬、枋寮等地區最為嚴重，更造成海水倒灌及淹水災害。

由於 60 年代沿海養殖業興盛大量超抽地下水，致使美園地區在短短的數十年間地層下陷嚴重，原來的沙灘逐漸消失直逼防波堤，加高的堤防與下陷的地層形成美園地區低於海平面的特殊景觀。自民國 80 年起，政府已警覺到沿海地區地層下陷之嚴重性，遂於民國 85 年由當時台灣省政府水利局第七工程處（經濟部水利署第七河川局前身）進行地層下陷區高程檢測；而後於民國 90 年至民國 93 年由經濟部水利署委託工業技術研究院能源及資源研究所^[3,4]繼續地層下陷區高程檢測工作。由於美園地區養殖業興盛，業者抽取地下水與海水混合養殖，如圖

三所示。此為造成地層下陷原因之一，致使住宅新建時需加高地基（如圖四）；廢棄老屋沉陷、伸手可及屋頂、窗戶與路面齊平（如圖五）。

依據經濟部水利署^[4]全台最新地層下陷檢測資料顯示，近7年來宜蘭、桃園、高雄及屏東地區地層下陷已趨平緩，嘉義及台南地區已趨緩至每年3.8公分及2.9公分，而彰化地區下陷速率已由每年17.6公分減緩為8.4公分，成效最為卓著；另雲林沿海地區從每年5.7公分減緩至3.7公分；雲林內陸地區則從每年12.2公



圖二 羌園地區溫子開門地層下陷站



圖四 新建戶地基加高



圖三 養殖業者私設管線抽取海水



圖五 廢棄老屋沉陷



圖六 屏東縣下陷範圍圖

分減緩至 8.2 公分，全台持續下陷面積部分，由原有之 1,529 平方公里減少至 803 平方公里。而美園地區最新地層下陷檢測成果，如圖六所示，顯示美園地區塹子開門地層下陷站從 83 年至 93 年間地層下陷最嚴重約 0.5 公尺/年；然民國 83 年以前資料尚未統計，其報告亦說明自民國 61 年以後，美園地區地層下陷歷年來最大達 3.24 公尺，民國 87 年至 90 年下陷超過 3 公分之下陷區約為 4.9 平方公里，圖三為屏東縣下陷範圍圖。

參、 水患工程治理思維

3.1 綜合治水對策

要解決本地區淹水災害，單純的排水改善工程效果有限，必需因地制宜、整體考量，結合國土復育策略方案，訂定適當之綜合治水對策才能竟全功。本地區綜合治水對策可分為排水對策、流域對策、禦潮對策及防災對策四方面進行。

為降低本地區淹水災害，首先需確立區域排水對策，建立基礎的排水設施，針對本地區排水特性，訂定正確之治理方針及工程措施，進行排水整治才能達到功效。另一方面，需要整體流域的產業經營及管理措施配合，確保整治的成果不

會因為地層下陷量或不當開發造成逕流量增加等因素而失去功效，針對流域整體的土地開發及產業發展加以適當規範，流域對策涵蓋流域內保水、遊水機能之維持、開發增加逕流雨水流出之抑制、土地之合理使用、建築物之耐水化等措施；對於超過防洪設計規劃保護標準之洪水災害，需預作準備以降低洪水造成之損失，擬定防災對策包含洪災預警、防災演練、洪災保險、教育宣導等方面。

一、排水對策

集水區依據可自然重力排水的程度劃分為高地、低地及漁塭等三個區域，其劃設原則及排水對策分述如下：

- 1、高地區域：集水區地表高程較外水位為高，可完全重力排水區域。治水對策以即時排水為主，排水路需整治達一定通水能力，高地排水路兩岸盡量採平岸方式治理，確保排水路兩岸地表水匯入，但為了減少排水路用地面積，或受制於既有之排水路斷面，搭配滯洪措施，減緩地表逕流，以降低排水路洪峰流量，俟水位降低後在重力排除。
- 2、低地區域：集水區地表高程較外水位為低，需以高堤保護，且排水出口受外水位影響，大部分時間不可重力排水，或僅低潮位時可短暫排水。治水對策以防止高地排水溢流為先，故高地排水穿越低地之水路需有足夠堤高及穩固堤身，防止上游洪水溢流，低地排水之水路盡量採平岸方式治理，確保排水路集水能力，低地排水與高地排水銜接處，需設置閘門防止倒灌，對於區內的降水，則採動力抽排或蓄洪設施處理，可能之滯洪方式包括利用農田及漁塭蓄洪等。
- 3、漁塭區域：漁塭大部分位於排水路下游沿海區域，故地勢極為低窪，需以高堤保護，排水出口受外水位影響，大部分時間不可重力排水，且漁塭區排水路除提供排水功能外，亦負擔漁塭取水功能，故管理上極為困難。其治水對策為漁塭區與非漁塭區隔離、漁塭取水與排水分離，建議設置漁塭養殖專業區，漁塭區取水建議設置海水統籌供應系統，防止漁塭

二、流域對策

集水區地文因子對於洪峰流量影響甚大，土地的開發利用行為如濫墾濫伐、不當開發、建築物及不透水鋪面增加、低窪地填高等皆會導致地表逕流量增加，加重排水路的負擔。因此，土地的開發利用需有適當的限制或是配套的措施如下：

1. 排水總量管制：為避免過度開發造成洪峰流量增加，使得環境破壞及生活品質降低，針對集水區容受量及排水路容量進行估算，作為土地開發管制之參考，對於開發行為所增加之地表逕流量，需由開發單位自行承納。
2. 土地利用管制：配合國土復育計畫，將地勢低窪地區設定為國土保育區，限制其使用之類型，以避免過度之開發，可減少未來洪災損失及風險，例如利用低窪地區作為溼地公園或作低密度開發，若能確保符合原設定之使用目標，將不致造成地區的不當負擔。
3. 綠地保全及增加地表入滲：植物具有涵養水源、降低污染、抑制土壤沖蝕及防止土石流失的功效，故應劃定自然保育區保留綠地，取締違法濫墾及濫建，積極獎勵及輔導植生、造林，或沿排水路設置森林緩衝保護帶。此外，將馬路、人行道、地面停車場等鋪面以透水性強的材質取代水泥及柏油，以增加地表的入滲率，除了可降低逕流量外，亦可補注地下水源。
4. 地層下陷防治：地層下陷與抽取地下水息息相關，然而當地居民長期以來以農業和漁業為主要營生來源，若無法提供更多樣性的產業選擇以及解決淡水資源供應的問題，仍將很難杜絕私人地下水井的設置，然而增加地面水資源的供應，在短期內恐無法解決，因此建議朝產業轉型著手，在養殖漁業方面，可規劃養殖專業區，推廣純海水養殖，設置海水統籌供應系統，提供乾淨海水，可減少抽用地下水，亦可豢養高經濟價值的海水魚，提高產值。在農業方面，可推廣種植耐鹽、耐旱作物及獎勵造林著手，以降低農作物需水量，倘若進一步

結合休閒觀光產業，與鄰近的鰲鼓溼地、湖口溼地連結為一野生動物棲地的動線，發展生態教育或生態旅遊，便可以使當地農業有另一個轉型發展的選擇。

5. 加強維生系統防洪能力：村落保護標準較農田高，常淹水村落可墊高地基或推廣高床式建築(高腳屋)，以降低淹水損失，若要徹底解決村落之淹水問題，造鎮遷村最為有效，惟居住在農漁村未填高改建之居民大多屬年紀較長或較無財力者，因此大多數居民沒有遠離自己土地遷村之意願，若是在既有聚落旁填土新建社區，或是既有聚落全面填土抬高地基改建，所需經費龐大且須考慮當地居民配合之意願，恐不易全面實施。對於這些未遷村之居民，政府仍需設法減輕其水患，可再強化水利署以往推動之沿海低窪地區村落圍堤抽排設施，如村落增設滯洪池，避免抽水規模不足或抽水機故障時，亦能滯留部份雨水，降低村落淹水之風險。此外，淹水村落之主要聯絡道路應予以加高，以利於災害之避難及搶救。

三、禦潮對策

海岸治理原則早期以禦浪防潮為主，主要興建海堤、保護工及離岸堤等以碎波消能、防止潮浪越堤，近年來更加入了生態復育、景觀改善、營造親水環境之目標，以改善現有海堤景觀、維護既有海堤構造物之功能及增加離岸潛堤加強消波。現今海岸防護工作，已朝向自然與環境相融合，以「海岸永續發展」理念為基礎，以近自然柔性工法為手段，達成兼顧沿海居民生命財產安全，國土保全、環境保護、生態保育、景觀保持、創造親海環境等多重目標為努力方向。

目前第七河川局海岸治理主要以維持既設海堤禦潮功能、保持沙灘寬度及減少越波量為主，以緩坡式定沙及親水性之海堤型式改善既設海堤環境景觀，並將附近社區居民之生活動線引入海岸環境，達到海堤即為後花園與休憩空間之「環境及景觀改善、創造海濱休憩環境」之理念。

四、防災對策

排水設施有其一定的設計容量，對於超出設計容量的洪水事件，必需做好預警及防災的準備，故研發降雨及逕流預報模式、淹水模式，擬定緊急狀況計畫，在暴雨前預測暴雨量，並在集水區裝設即時雨量資料蒐集系統，以預報低窪地區之可能淹水情況，使低窪地區居民及早獲得洪水情報，在洪水來臨前預作警戒及防範措施，並依計畫做好各種緊急之處置，以減少民眾生命財產之損失。此外，需加強民眾教育及宣導，運用新聞媒體及舉辦相關活動，藉以教導防洪之概念及方法，提高民眾防災意識，以減少洪災損失，並教導民眾愛護河川排水，不隨意丟棄廢棄物，阻礙排水，宣揚自然生態保育觀念，公告經常淹積水範圍，以避免不當之開發，減少洪災損失；推動河川排水清掃等民間活動等。

3.2 排水水患治理工程方案

羌園排水過去出口處約於 1k+800 處排入林邊溪，10 年重現期距之水位約為 3.1 公尺，排水下游段附近村落屬低地排水態勢。排水幹線自出口處往上游整治長度約 1 公里，其餘大致維持自然土堤，堤岸高度及通水能力不足，需予以改善；現況出口已設置閘門，可避免外水倒灌；出口僅設置 2 部 0.3cms 抽水機，無法滿足上游高地流下之水量，加上受林邊溪外水影響，造成羌園排水迴水壅高阻礙排水，且下游羌園地區內水無法排除，致使村落淹水嚴重。

依據屏東縣政府 96 年 2 月「羌園地區排水檢討及環境營造規劃報告」^[6]，其改善方案應急工程方面為出口設置 10cms 抽水規模之抽水站、村落防護措施，中長期工程為施作背水堤、下游出口段改道及道路加高等工程設施。依前述規劃，遇 10 年重現期暴雨，排水下游段出口若未改道，排水出口抽水站抽水規模 10cms 之抽排效果有限，無法達到顯著減災之效果；排水出口下游段出口若改道，排水出口抽水站抽水規模 10cms 已足夠，可達到預期之減災之效果。

為解決水患問題，目前第七河川局已於民國 97 年完成羌園抽水站 10cms 抽水機組施作及閘門改善應急新建工程，屏東縣政府加速辦理落圍堤工程(全長 800m，施設高程 EL. 2.8m)，因部分地主反對，尚有缺口未能完封；其應變計畫採大型太空包阻隔，惟效果有限。依據經濟部水利署水利規劃試驗所報告^[2]，其林邊溪左岸羌園地區縣管排水武丁排水、大武丁排水、羌園排水、塭仔一號排水及塭仔二號排水等五條排水系統之水患治理工程方案整理如表一，若要將羌園地

區人口密集區解決水患問題不淹水，僅讓農業區淹水，預計需花費 28 億元，表二僅整理 96 年度至 98 年度所所需經費，其中 98 年度經費為 9.1 億元。

表二 羌園地區年度水患治理工程方案彙整表

年度	工程名稱	(預定)完工日期	工程經費(含用地)	備註
96	屏東縣佳冬鄉羌園排水出口閘門及抽水站工程	97/4 月已完工	1.40 億元	羌園抽水站 10cms
97	塹仔一、二號排水出口閘門及抽水站工程	98/7/8	1.42 億元	出口閘門及抽水站(4cms)工程
98	羌園排水改善工程(No.0+950~1+950)	99/4/30	5000 仟萬	排水路改善 1000 公尺
	羌園排水分洪工程	99/12/31	1.50 億元	排水路改善 1500 公尺及截流工 2400 公尺
	大武丁排水系統改善工程(No.0+000~2+202)	99/12/31	1.40 億元	排水路改善 2202 公尺及調節池 2 公頃
	大武丁排水分洪工程	99/12/31	1.0 億元	分洪工程 650 公尺
	大武丁出口閘門及抽水站工程	99/12/31	1.3 億元	排水出口閘及抽水站(7cms)工程
	武丁排水改善工程	99/12/31	1.3 億元	排水路改善 2099 公尺及出口閘門工程
	羌園排水整治(NO.1+950~3+860)	99/12/31	2.1 億元	排水路改善 1910 公尺

3.3 禦潮對策治理工程方案

屏東縣位於台灣最南端，三面環海，東靠太平洋、南接巴士海峽、西鄰台灣海峽，海岸北起高屏溪口左岸，往南繞過恆春半島再往北至屏東、台東縣界止，海岸線總長約 136 公里。自新園鄉之鹽埔村至枋寮漁港段屬砂土質或砂礫土質海岸，為侵蝕性海岸；枋寮漁港至楓港段為等屬砂礫土或卵石土質海岸，在發生暴潮時，風浪直接沖蝕灘岸腹地及村落；楓港以南東繞至牡丹鄉之旭海均屬風化岩盤層，村落臨海。全縣海堤 24,123 公尺、防潮堤 4 座、離岸堤 94 座、潛堤 13 座、突堤 7 座及保護工 3,165 公尺。

屏東西岸屬於侵蝕性海岸，又受地盤下陷等因素影響，故部分海岸之侵蝕程度顯著增大，且因位於亞熱帶颱風盛行範圍內，自早期即為台灣海岸地區潮浪災

害最嚴重地區之一，幸靠海堤保護，才得以保全居民生命財產安全。塭豐離岸主要為保護羌園地區，依據台灣省水利局委託成功大學研究之「台灣南部海岸地形侵蝕對策：塭豐離岸堤規劃研究」^[7]，在屏東縣災情較嚴重地區，如塗家厝、崎峰、水利村及塭豐海岸興建離岸堤，方稍遏止繼續侵蝕趨勢。羌園地區禦潮對策治理工程彙整表如表三，目前塭豐地區至葫蘆尾全線海堤 3,553 公尺，離岸堤 24 座、潛堤 3 座及防潮堤 2 座。

表三 羌園地區禦潮對策治理工程彙整表

海堤名稱	行政區域	種類	長度(座數)
塭豐海堤	屏東縣佳冬鄉	混凝土堤	3116m
塭豐離岸堤	屏東縣佳冬鄉	離岸堤	24 座
塭豐離岸堤	屏東縣佳冬鄉	潛堤	3 座
葫蘆尾海堤	屏東縣佳冬鄉	混凝土堤	437m
葫蘆尾防潮堤	屏東縣佳冬鄉	混凝土堤	2 座

肆、 結論與建議

- 一、自民國 61 年以後，羌園地區地層下陷歷年來最大已達 3.24 公尺，顯示該地區地層下陷嚴重，增加水患治理工程之困難度。
- 二、本文主要以羌園地區為例，探討地層下陷區水患治理工程思維，其綜合治水對策可分為排水對策、流域對策、禦潮對策及防災對策四方面，文章內容主要針對排水對策進行說明，排水對策主要為高低地分治，工程方式有蓄洪池、調解池、分洪工、排水路改善、抽水站搭配使用，並將集水區劃分數個小區，因地制宜，多種措施綜合運用，以分散並降低風險，提高防洪抗災能力。
- 三、除排水對策外，流域對策及防災對策亦應一併加速辦理；沿海之各養殖漁業生產區應輔導為海水養殖，農委會亦應逐步規劃設置海水供水系統或辦理養殖區土地重劃，設置養殖專用供排水路，以解決養殖供水與排水相衝突問題；對於局部道路路堤效應及橋梁改建，尤其台 17 線附近低地部分，公路單位亦應配合改建。

四、對於美園地區水患治理工程各方案，第七河川局設計階段亦考量水岸空間多目標及多功能發展方向，使防洪工程達到環境營造效益，並利用堤岸及蓄洪區多目標治水策略，兼顧休閒遊憩並符合水域生態原則。

參考文獻

1. 經濟部水利署，「中央管、直轄市管、縣市管區域排水手冊」，97年10月。
2. 國立屏東科技大學，「屏東縣地區卡玫基颱風與鳳凰颱風勘查報告書」，97年1月。
3. 經濟部水利署水利規劃試驗所，「屏東縣管河川林邊溪水系治理規劃總報告」97年11月。
4. 經濟部水資源局，「台灣地區地層下陷之監測、調查及分析(1/4)」，90年12月。
5. 經濟部水利署，「台灣地區地層下陷之監測、調查及分析(4/4)」，93年12月。
6. 屏東縣政府，「美園地區排水檢討及環境營造規劃報告」，96年2月。
7. 台灣省水利局，「台灣南部海岸地形侵蝕對策：塭豐離岸堤規劃研究」，74年。

議 題 二：水患工程治理

(地層下陷地區減輕水患計畫、強化水路防洪排水能力)

與 談 人：陳鎮東

現 職：中山大學海洋科學學院海洋地質及化學研究所教授、
余紀忠文教基金會顧問

最高學歷：美國邁阿密大學海洋學院博士

經 歷：應邀擔任 IGBP, IGBP/IHDP/WCRP/DIVERSITAS Monsoon Asia Integrated Regional Study (MAIRS)及 Global Water System Project-Asia，以及 Program of the East Asian Cooperative Experiments (PEACE)科學指導委員。
2004 年獲國家科學委員會傑出研究獎(獎金：3 年各 30 萬元)。
2004 年獲侯金堆傑出榮譽獎--環境保護類(獎金：50 萬元)。
2006 年獲西灣講座教授(獎金：3 年各 36 萬元)。

我不看好「地層下陷區減輕水患計畫」

陳鎮東

中山大學海洋地質及化學研究所教授

余紀忠文教基金會河川環境小組顧問

民國 97 年 7 月 18 日卡玫基及 7 月 28 日的鳳凰颱風，帶來中、南部空前的暴雨，東港雨量站觀測到卡玫基颱風一日內總降雨量為 711 毫米，鳳凰颱風則為 484 毫米。台南縣南化鄉、高雄縣阿蓮鄉 1 日之內更降下近 1,000 毫米雨量，與全世界年平均雨量 980 毫米相當。

更可怕的是台中市 6 小時內下了 600 毫米，超過 1,000 年暴雨頻率；要不是後來雨量儀故障，記錄可能更為可觀。而 96 年的帕布、梧提、聖帕 3 個颱風，為高雄縣美濃鄉及屏東縣瑪家鄉，帶來單日 1,000 毫米以上的超級大雨，居然是氣象局「超大暴雨」標準的 3 倍。台灣地區現階段排水幹綫，大多無法應付 2 年重現期的洪峰流量。標準較高的都市下水道排洪規格，可應付的也只是 5 至 10 年暴雨頻率，難怪每隔 3、5 年，就要淹一次水。

94 年 3 月 14 日，當時的行政院長謝長廷先生，召開上任後的首次財經會報，宣佈將推動「八年八百億元之水患治理計畫」。在立法院預算審查時，就有頗多聲音質疑急就章趕出來的治水計畫，像是為選舉綁樁。多年來民間關心河川保育的團體，如余紀忠文教基金會之前身--時報文教基金會的河川保護小組，也針對相關問題，與水利署署長陳仲賢開過很多次會議，認為相關計畫治標不治本，見木不見林，且缺乏監督、易生弊端，難收成效。

即使明知不妥，誰又願擋人財路？更何況民意代表又不願意被扣上「不知民間疾苦」的大帽子，因此治水條例匆匆審查通過。也就因為這頂大帽子，94 年 8 月馬莎颱風之後，石門水庫濁度太高，無法正常供應自來水，謝院長換下了當時

的經濟部常務次長尹啟銘，改由謝院長任高雄市長時的副市長侯和雄接手。明眼人都知道，在混濁的泥砂沒有沉到水庫底之前排出，是維持水庫生命的必要之惡。然而剛剛才換掉了常務次長，誰又願意說實話呢？結果就只抽取水庫最表層較清澈的水供應自來水，而任令較下層混水內的泥砂沉到庫底。水庫的庫容，煞時就少了幾千萬噸。不但下次再有暴雨，石門水庫蓄洪的能力大打折扣，下次再有乾旱，供水的能力，也少了幾千萬噸。

屏東縣是全國水資源最充沛的地方之一，人口密度不高、工業也不發達，因此過去沒有興建水庫的必要。在沒有人造水庫的情況下，綠色水庫及地下水庫就扮演著十分重要的角色。早期台灣由於森林覆蓋率達九成，綠色水庫的蓄水功能甚佳。根據「台灣雜記」記載，「...深林茂竹，行數日，不見日色」；又「裨海紀遊」則說「...林木如蝟毛，聯枝累葉，陰翳晝暝，仰視太虛，如井底窺天，時見一規而已。雖前山近在目前，而密樹障之，都不得見」。

然而，台灣開發的歷史雖短，對山林的破壞卻極大。「台海使槎錄」記載，「內山林木叢雜，多不可辨，樵子採伐鬻於市，每多堅實；紫色竈煙，間有香氣拂拂。若為器物，必係精良，徒供爨下之用，實可惜！」。如今，台灣原有的原始林，由於濫伐的結果，已消失殆盡。筆者老家的「彰化縣志」記載「大肚山...山麓陰翳，樵採者行歌互答...今則萌孽無存，已見濯濯矣」。

綠色水庫的破壞眼睛看得到，地下水庫的破壞，雖然目不可視，卻也有脈絡可循。何以得知？看水井狀況及地面淹水就八九不離十了。2、30年前，屏東平原還有許多自流井，不需打水，水就自然溢出。地下水超抽之後，地下水位下降，水壓不足，自然不再「自流」。

地下水抽掉之後，留下的空隙，一方面會被海水乘虛而入，淡水井就慢慢變成鹹水井。要不然無法承重，就會逐漸被壓密，接著就產生地盤下陷。若到林邊鄉的塭豐村看看就知道了，到處可見陷入土中半層樓高的房子，還不知有多少

先人的居所淹在水裏呢...

地層下陷區不只是因為地勢變低，容易淹水。另一方面是土壤被壓密之後，就像受擠壓的海綿，吸水能力也跟著降低，大雨之後進到地下的水變少；反之，地表逕流、以及雨後淹水機會就增加了。先民們沒有超抽地下水的問題，卻早就知道「斧斤以時入山林」；對濫伐的後遺症也並非束手無策。

例如清朝「嘉慶會典」明訂「...陂澤池湯蓄水處所，無論官地民地，概禁開墾。瀕臨江海湖河沙漲地畝，如有阻遏水道、為隄工之害者，禁其報墾，以禦旱潦」。反觀我們現代人，台南的「台江內海」，「倒風內海」，以及高雄的鳥松、大小貝湖、凹子底等原有的大水塘，雖然未開墾，卻紛紛變成高樓。

今天所聽到的「地層下陷區減輕水患計畫」，所提出的綜合治水對策可分為排水、流域、禦潮及防災四方面，並針對排水及禦潮對策探討地層下陷區水患治理工程思維：其地層下陷區水患工程治理排水對策主要為高低地分治。工程治理方式有蓄洪池、調解池、分洪工、排水路改善、抽水站搭配使用，並將集水區劃分數個小區，因地制宜，多種措施綜合運用，以分散並降低風險，提高防洪抗災能力。禦潮對策則為海堤、離岸堤、潛堤及防潮堤，以遏止海岸線繼續侵蝕。

這些其實還是典型的治標工程，無法治本。目前台北市淡水河有全國最高的防洪標準，是依 200 年洪水頻率設計。中央管河川防洪標準為 100 年，縣管為 50 年，區域排水為 25 年，都市雨水下水道則僅為 5 至 10 年。因此，就算政府花上天文數字的經費，加高堤防、徵收河川內私有地、同時保障河道暢通，一旦碰上千年一遇的暴雨，還不是一樣沒輒？

那怎麼辦呢？再把堤防加高兩公尺嗎？再高的堤防上佈滿了抽水用的洞，能擋住水嗎？同時，兩公尺够不够？整治規劃中，未見最根本的研究，也就是說在全球氣候變遷的威脅下，未來台灣的雨量到底會如何改變？為什麼幾年內不但屢

屢出現所謂百年不見的暴雨，連理論公式計算所得的千年不見的暴雨，都接連發生。這是不是表示根據過去雨量推導的理論公式出了問題？為什麼國內學術界過去 20 年來大聲疾呼的全球變遷警訊未受重視？為什麼還在超抽地下水、任地盤繼續下陷？為何還不把「治水」重點，放在恢復「綠色水庫」原有的蓄水、延緩水庫淤積的功能上？

要怎麼治本呢？地下水庫一旦失去，後悔莫及；即使加壓灌水，也無法讓下陷的地盤膨脹回原來的地面。為什麼不能不再抽水，讓地盤不再繼續下陷？不過，這是社會科學--管理及選票--的問題，與自然科學無關。

至於綠色水庫呢？還來得及；在山坡地多種樹就可以降低暴雨時的洪峰，也可以在旱季緩慢地釋出森林所涵養的淡水。余紀忠文教基金會多年來推廣種樹救台灣，也始終不認為純粹以工程的手段，解決得了台灣的水患(不管是旱、是澇)。是不是有工程才能有大筆預算？才能彰顯政績(或養樁腳)？看看國外的新觀念吧！

以與海爭地出名低地國的荷蘭為例，已開始把原來屬於大海的還給大海，令海岸線退縮、讓出土地作為洪泛區。中國大陸也已在洞庭湖等大湖「退田還湖」。這是管「理」水，不是用工程「治」水。杭州市除了遷移西湖周邊 2,000 多戶民居與 100 多個機關單位之外，還將杭州市西邊，距西湖不到 5 公里、廣達 11 平方公里的溼地保留下來；寧可放棄千億的土地開發價值，而讓溼地淨水、吸碳、滯洪。

97 年「718」水災之後，馬總統提出「標本兼治」的治水構想。其實政府花再多的錢，也解決不了若干地區（像是超抽地下水的地層下陷區）的淹水問題。少從加高堤防，多買抽水機的「治」水著手，而多從永續的角度出發，在山坡地廣植森林，以全球氣候變遷為前提，整體考量國土規劃，並減少低窪地之開發，視滯洪區淹水為必要之惡，才是正道。



寬廣的高屏溪河口，卻全是海水



是誰讓先人的居所淹水

議 題 二：水患工程治理

(地層下陷地區減輕水患計畫、強化水路防洪排水能力)

與 談 人：柳 中 明

現 職：台灣大學大氣科學系暨研究所教授、

余紀忠文教基金會顧問

最高學歷：美猶他大學博士

專 長：氣候變遷、空氣污染

相關著作：Yang, S. S., C. M. Liu, C. M. Lai and Y. L. Liu, 2003:

Estimation of methane and nitrous oxide emission from
paddy fields and uplands during 1990 - 2000 in Taiwan.

Chemosphere., 52, 1295-1305、Lam, K. S.; Wang, T. J.;

Wang, T.; Tang, J.; Kajii, Y.; Liu, C. M.; Shim, S. G., 2004.

Overview of surface ozone variability in East Asia North

Pacific region during IGAC/APARE (1991-1996), Journal of

Environmental Sciences-China, 16(4), 599-609.

沿海地層下陷區之治理建議

柳中明

臺灣大學全球變遷研究中心

一、過去百年台灣降雨變遷

曾與簡(2008)分析氣象局資料，發現台灣地區平均降雨趨勢在過去 100 年中僅有近百公釐的改變，比變化量(標準差)小很多，顯示台灣全區雨量的變化率並無特別的統計顯著性。大部份區域在某些年雨量較多，某些年雨量較少，所以較沒有明顯的長期趨勢變化。若從各季節的降雨來看，雨量的變化較為複雜，區域性和空間性亦沒有較一致的變化趨勢。

汪(2006)則整合全島降雨量資料，指出臺灣地區的年際雨量變化非常大，從年降雨量最多的 3,841mm，至最少的 1,577mm，高低相差達 2,264mm，很接近於六十年的平均值 2,549mm，顯現出臺灣降雨量的高度變異性。不過，自 1940 年代以來，臺灣整體平均年雨量的長期趨勢卻沒有明顯變化，只有微幅的下降趨勢。然而若分區來觀察，北區及西南區卻有明顯且方向非常不同的降雨量趨勢：北區長期的趨勢是增加的，而西南區卻是減少的。臺灣東部也呈現略為減少的態勢。很顯然的，一條乾溼分隔水文線在新竹及花蓮間正隱然成形。依降雨期來觀察，臺灣整體呈現的是豐雨期的雨量約占年雨量的七成，但長期趨勢正逐漸略減；枯水期的雨量約占年雨量的三成，但長期趨勢卻略為增加。以區域來說，北區的全年雨量分佈較均勻，豐雨期與枯水期是六四比(56:44)。西南區的豐枯比最高，為八二比(83:17)。東部地區的豐枯比也接近八二比 (77:23)。在 1940 年代以後，臺灣有四次相對較大的氣象乾旱期，顯示近六十年來乾旱發生的次數較多。汪(2006)推測：臺灣地區氣象乾旱的發生，除了全球氣候暖化的影響外，東亞地區空氣污染惡化及太平洋周圍含硫量高的火山噴發活動等，都是主要的因素。

此外，分析台灣地區過去百年與過去 30 年降雨日數(單日降雨>1 公釐)的趨勢變化，可發現各地降雨的日數呈現一致性地明顯減少。其可能是因為降雨型態改變使得台灣地區較難降雨，但是一旦發生降雨，其降雨量會比以往要來的多，所以台灣降雨量趨勢並沒有變異量來的大，但是降雨日數卻明顯減少。

盧與林(2008)分析台北、台中、台南、花蓮、台東等五個測站 1 小時延時降

雨事件各超越機率(EP)下之累計雨量與年降雨總量平均百分比例，結果顯示各站之間的比例差異不大，超越機率(EP)33%的事件累積雨量幾乎占年降雨量的30%，超越機率(EP)10%的事件也占年雨量的15%以上，反映出台灣地區雖然降雨頻繁，但是雨量來源仍高度依賴較少發生的強降雨事件。再者，每年的極端事件雨量在年降雨量所占比例有相當明顯的年際變化。分析超越機率(EP)5%降雨事件之雨量在年總雨量所占比例距平的時間序列發現，台北測站極端降雨事件所占比例在1976年之後有增加的趨勢，而1977-1998年期間花蓮和台東測站的極端降雨比例相對於1977年以前明顯偏多，年際差距可達年雨量之30%以上。台中在1978-2000這些年極端降雨的雨量比例明顯偏低，而1957-1977期間極端降雨所占比例雖有震盪，比例偏高的次數還不少。反觀台南，雖離台中僅數十公里，卻沒有類似於台中的變化，極端降雨的雨量比例在1978-1994年反而偏高，顯示極端降雨事件的年際變化可有明顯的地區性差異。

2. 未來百年台灣氣候變遷

柳等(2008)提出臺灣地區未來氣候變遷預估，氣溫上升乃是必然的，而其幅度會因未來全球溫室氣體濃度的增加狀況不同而不同。在A1B情境(請參考IPCC報告)下，二十一世紀末的二十年，相對於上個世紀末的二十年，約平均上升 2.3°C ，且是以平地都市地區增溫大，所以西岸增溫又較東岸為顯著。其他情境下的增溫情況類似，但強弱不同，B1:A1B:A2約等於0.65:1:1.09。此外，夏季增溫高於冬季，乃因地處副熱帶海陸交界處之故。

降雨的變動呈現於不同地區與不同季節，而總降雨量的變動微弱，在A1B情境下，二十一世紀末的二十年，相對於上個世紀末的二十年，約平均增加5.2%，B1:A1B:A2約等於0.60:1:1.08，且呈現西岸少雨，東岸多雨的形勢。主要特徵是：冬季東北季風減弱，北部地區降雨減少，其他地區則受南方暖濕空氣影響，降雨量增加。夏季長江梅雨鋒面因西南季風加強而加強，其前後方之反氣旋加深，所以華南與台灣地區降雨減少。受地形影響與季風變動，各地降雨變化不一。

在極端氣候變遷分析方面，夏季日最高溫與冬季日最低溫的平均值都將上升，而極端高溫或低溫也確實可能發生，並會不斷打破過去記錄，但是其能被成功預報的機率並不高。同時，無雨的早日出現日數將增加，特別是中南部在旱季

期間；而大雨日數似乎不會顯著增加，但是破記錄的降雨卻會不斷出現。圖 1 為未來月最大日降雨量出現狀況的統計盒鬚圖，可發現降雨主要分佈為無雨日及小雨日佔大多數，其分佈在未來整體而言呈現增加情形，平均值約落在 60mm 上下。以恆春及台東測站變化最為顯著，最大日降雨量可能超過 1000mm，表示未來豪大雨出現的機率將會增加，但顯然出現機率小於 5%，非常難以預報。

在有關世紀末海水位上升預估方面，近期南極夏季冰棚融解速率驚人，北極夏季海冰亦加速消失，使得多數海洋學者提出本世紀末全球海水位至於上升一公尺的預期。本報告建議參考荷蘭策略，取未來將上升一公尺為相關因應之考量基礎。

3. 對沿海地層下陷區之治理建議

我國沿海地區地層下陷速率高於全球海水位上升速率，已是不爭的事實。而若全球暖化，21 世紀末海水位上升一公尺，再加上如屏東地區百年將下沉三公尺，則當地沿海地區將可能有大片土地淹沒。同時，我國西南地區未來破記錄降雨狀況仍會發生，低窪地區將面臨更頻繁的淹水事件，應也是可預期。所以，沿海地層下陷區的水患治理，將面臨的是：今日保護的土地，明日是否會消失？

建議：應以百年海岸後退四公尺為最低預期，再考量每一項禦潮對策可能需耗時數年規劃與施工，然後擔負約 20 年的保護工作，爾後再加上臨時性防禦工程，以至可再延續十年。如此，政府需建立起先保護後緩撤的三期各三十年海岸保護策略。其具體內容將包括：海岸與氣候變遷長期監控、當期治理工程之施工、維護與延退、緊急災變撤退計畫、每 30 年為一期的區域發展與人口遷移計畫等。設若不先規劃三期各三十年的長期方案，則相關經費將無法先期掌控。並若每次都待淹水地區擴大與災難損失顯著增加後，才來努力爭取經費與進行相關研究規劃與施工等，將會緩不濟急。當然，民眾若現在就接受到百年將後退四公尺的科學預估，將會顯著衝擊現有沿岸地區土地資產，但民眾有知的權力。依據荷蘭的百年氣候變遷調適規劃，最終的決策是在當地民眾，中央與地方政府乃是民選，要負擔的是執行保護民眾與民眾認可的工作。規劃三期各三十年的長期方案，不應是只有專家參與，而是需當地民眾共同討論決定。

圖 2 為柳等(2009)所建議之海岸與臨海地區的氣候變遷調適行動方案建議示意圖。為因應海平面上升的衝擊，調適策略應包括對臨海國土進行保護，如自然

緩衝區的調整、現有河海堤檢討與改善、臨海工業區與都會區的評估、離島的防治措施以及加強災害預警、災害防救體系等。易淹水地區與各項防洪設施的設計標準應定期進行檢討與改善。衝擊評估方面，則加強對臨海低窪區與易淹水地區之脆弱性分析與衝擊評估，臨海都會區、工業區、離島、港灣、河海堤與臨海交通幹線受氣候變遷衝擊之影響，也需進行評量。更且，民眾的相關認知與參與，也需積極予以推動。

參考文獻

- 汪中和，2006，氣候暖化對台灣水文環境的衝擊。《東苑理工學院學報》，第 13 卷第 4 期，74-79。
- 柳中明、吳明進、林淑華、陳盈蓁、楊胤庭、林瑋翔、曾于恆、陳正達，2008：臺灣地區未來氣候變遷預估。臺灣大學全球變遷研究中心。31 頁。
- 柳中明、華昌宜、游保杉、王淑芬、何興亞、李河清、高家俊、許晃雄、曾于恆、董東璟、詹士樑、蔡慧敏、賴進貴，2009：我國「全球氣候變遷長期評估與衝擊調適策略之整體綱要計畫」建議。經建會計畫編號 97022703。98 頁。
- 曾于恆、簡睦樺，2008：台灣過去百年氣候變遷研究與評析。氣候變遷論叢，1。
- 盧孟明，林昀靜，2008，1961 年以來台灣極端強降雨的頻率分析，2008 台灣氣候變遷研討會。

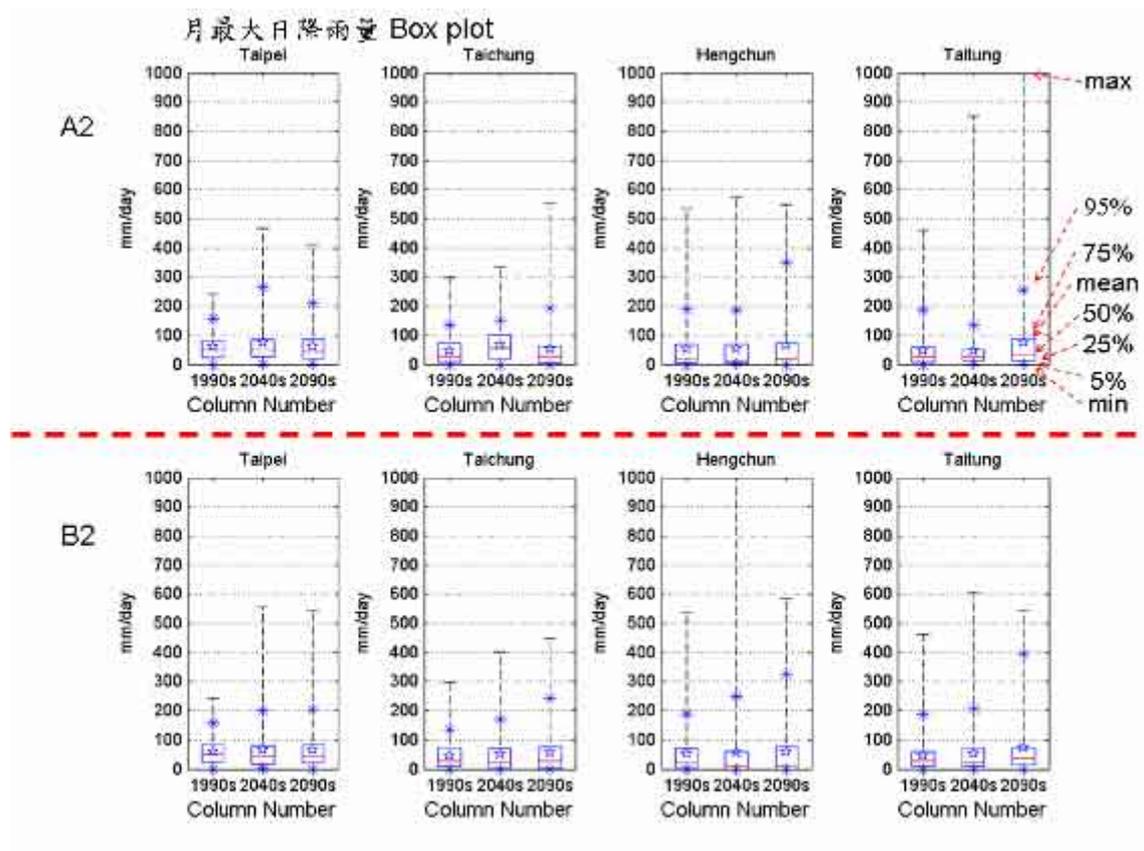


圖 1：為台北、台中、恆春、台東在 1990、2040、2090 年代 A2(上)、B2(下) 情境下之月最大日降雨量盒鬚圖(box plot)。(A2, B2 為 IPCC 所建議之未來氣候變化情境，前者增溫較速，後者緩和)

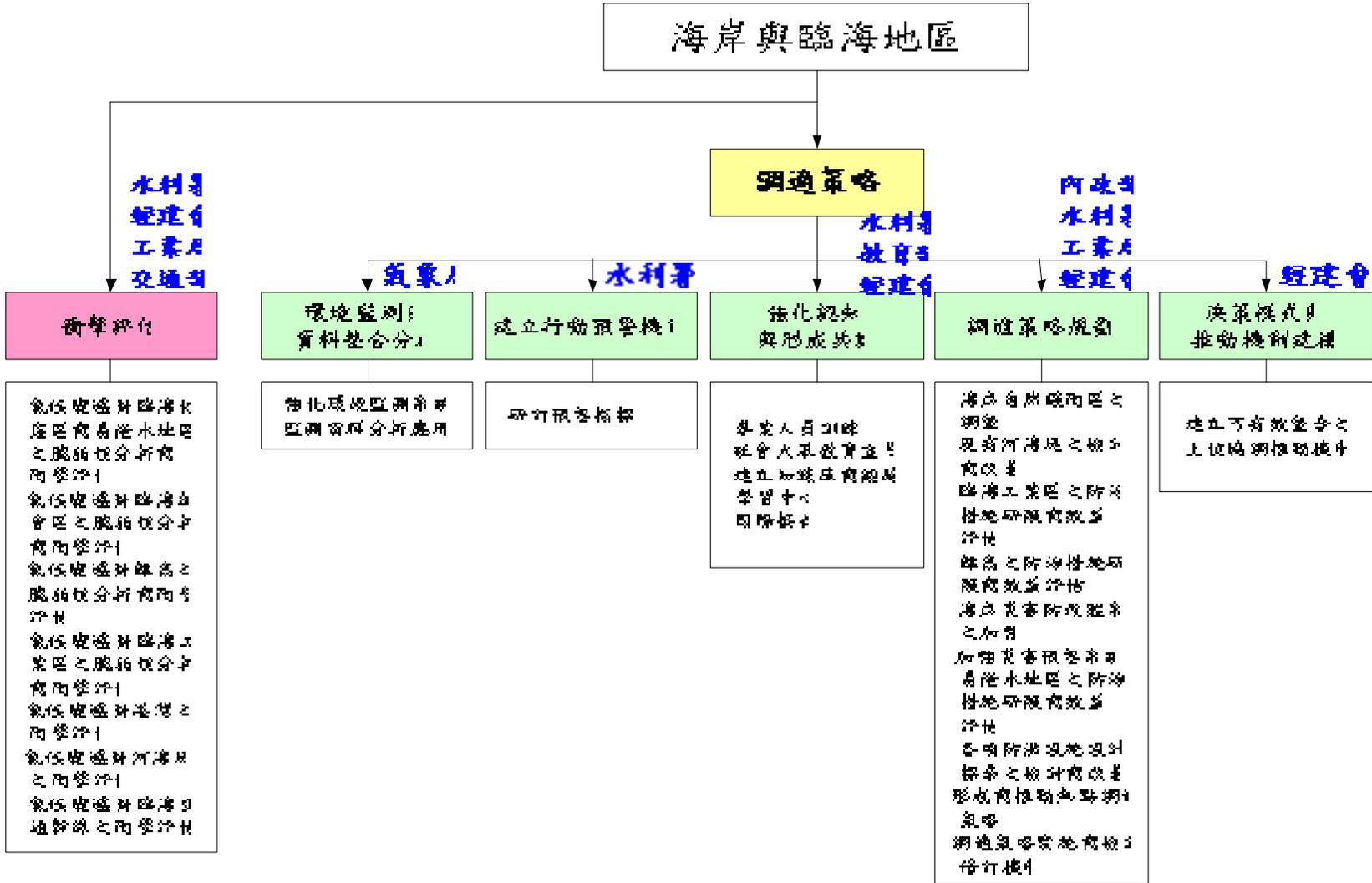


圖 2：海岸與臨海地區的氣候變遷調適行動方案建議。

議 題 二：水患工程治理

(地層下陷地區減輕水患計畫、強化水路防洪排水能力)

與 談 人：游保杉

現 職：成功大學水利系教授兼工學院副院長

國家災害防救科技中心洪旱災害防治組召集人

最高學歷：英國伯明罕大學土木系博士

專 長：水文學、發電工程、中等水文學、高等水文學、

水文統計、水文分析、水資源工程、洪水預報

經 歷：中國工程師學會高雄市分會 秘書長 (2005/07~2007/06)

成功大學水利及海洋工程系 系主任 (2004/08~2007/07)

國家災害防救科技中心洪旱災害防治組 共同召集人

(2003/08~2005/01)

成功大學水利及海洋工程系 副教授 (1990/02~1996/07)

台灣電力公司營建處 土木工程師 (1980/12~1985/07)

從流域水平衡談水患治理

與談人：游保杉教授

成功大學水利及海洋工程學系特聘教授兼工學院副院長

一、前言

由於人口與經濟發展已使流域水文系統承受甚大改變，也增加洪水帶來的風險。流域的水文系統與土地開發彼此間具有動態互動關係。當考慮流域的水文系統時，降水即為此系統之輸入量，截留、窪蓄（如圖一）、入滲為該系統自然地表儲蓄量，蒸發散量與河道流出量為系統之輸出量。此時水平衡方程式即為：輸入量（降雨量）＝自然地表儲蓄量＋輸出量。但當流域輸入量大於自然地表儲蓄量與輸出量時，流域自然水文系統即造成不平衡，多餘水量即形成淹水。水平衡方程式雖然簡單，但水利工程師已長久努力從觀測或建立數學模式來計算其中每一項目。從水平衡方程式來看，發生洪水有三種可能。

第一類型淹水為水平衡方程式之輸入量（即降雨量）太大，我們可稱為自然氣候條件造成之洪水。當自然流域地貌與地文特性未受干擾，其截留、窪蓄、入滲、蒸發散之特性保持不變，即流域水平衡方程式中地表自然儲蓄量大致上維持固定時。如果發生超量降雨量時，超過流域自然儲蓄量與河道輸出量，流域中多餘水量無法流出之部份則續存於地表而形成淹水。氣候變異導致極端降雨增加可歸類於此類型淹水。

第二種類型淹水為水平衡方程式之地表自然儲蓄量減少（即流域之水源涵養能力降低），因此在相同降雨輸入量下，地表自然儲蓄量減少，導致逕流量增加超過河道輸出量而造成淹水。人類活動與都市化經常干擾自然流域地貌與地文之特性，降低流域截留、窪蓄、入滲能力，使流域水文循環之儲蓄能力（即水源涵養能力）降低。都市化可歸類於此類型淹水。

第三種類型淹水為水平衡方程式之輸出量降低，使得集水區排水能力降低，在相同降雨與流域儲蓄能力相同下，因輸出量降低而淹水，目前地層下陷區域或河道出口淤積導致排水不易，可歸類於此類型淹水。

目前綜合流域水患管理策略大多基於如何恢復(或增加)流域地表儲蓄量（截留、窪蓄、入滲），比如「滯洪」策略即是恢復(或增加)流域窪蓄能力(如圖二)，「保

水」策略即是恢復(或增加)流域入滲能力，主要針對第二類型淹水。另外利用工程方法比如抽水機、河道清淤等方法增加河道輸出量，以減少淹水量，主要針對第三類型淹水。因此在流域水患管理策略，仍須回歸到水平衡基本方程式，考慮整體水文循環管理(Manage the water cycle as a whole)，即流域水在時間與空間的平衡著手。然而由於氣候變異導致極端降雨增加的第一類型淹水，未來可能需要多所注意。



圖一：自然窪地具有蓄水功能



圖二：人工創造滯洪設施提供窪蓄蓄水功能(日本鶴見川)

二、水患治理面臨之挑戰

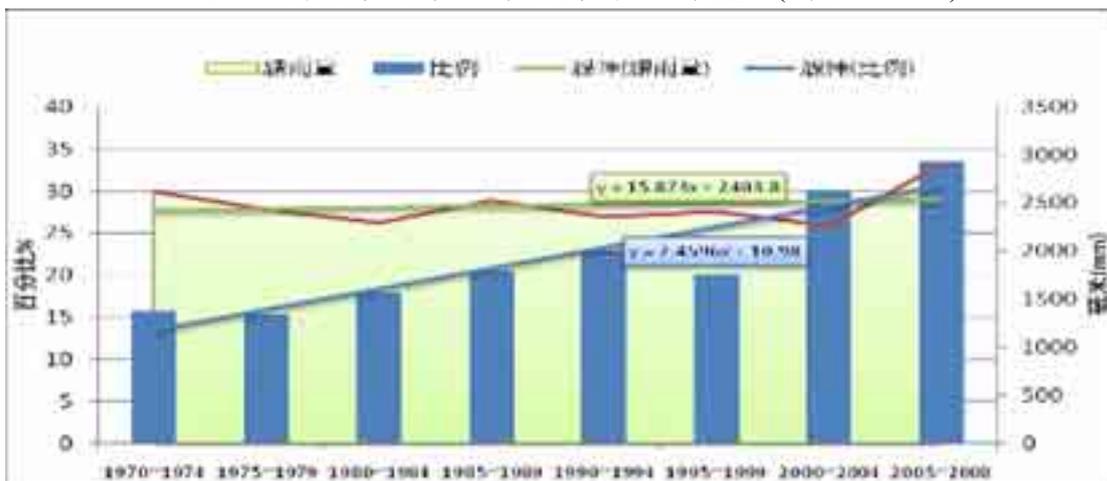
張局長文中提出綜合治水對策分為排水對策、流域對策、禦潮對策與防災對策，已經相當中肯與適切。以下僅針對綜合治水對策，提出幾點補充意見，說明如下：

1.氣候變遷之影響

近年台灣劇烈降雨記錄資料顯示有增強趨勢，如圖三所示為劇烈降雨（95%）頻率每 10 年之變化，由圖中可以看出，近十年之劇烈降雨占有所有降雨之百分比比較過去提高許多。另外從年降雨量與颱風降雨歷史紀錄比較如圖四：單獨從年降雨總量的歷史紀錄觀察，發現並無太大差別。但從年颱風降雨量佔年降雨總雨量之比例(台灣 23 氣象局測候站平均)發現：此一比例卻有逐年提高趨勢。由於颱風降雨是造成台灣洪災的主要原因，由圖四顯示颱風降雨量有更為嚴重之趨勢。因此未來流域治理上將面對水文系統輸入量增加趨勢，對於水患治理工作可能面對之衝擊將更加難以掌握。由於圖三與圖四僅為歷史降雨紀錄，僅能作為推估未來降雨趨勢參考，比較嚴謹的推估值仍然需要依賴可靠的降尺度方法來推估。



圖三：劇烈降雨（95%）頻率每 10 年變化(摘自 NCDR)



圖四：颱風降雨佔總雨量比例(23 站平均) (摘自 NCDR)

2.流域行政多元，宜建立各單位水文平衡管理機制

由於水、砂在流域系統之循環具有整體性與動態特性，因此人類對流域上游水文循環的擾動，往往會牽動流域中、下游的水文循環系統。然而目前流域管理系依據流域不同管理標的而有不同之管理單位，例如流域管理中相關行政單位有原住民委員會、林務局、營建署(含國家公園管理處)、水保局、水利署、農田水利處、農糧署、漁業署及地方政府等。且單位間位階係屬於平行關係，因而衍生流域治水的界面問題。目前正在研擬的流域綜合治水即擬解決此一問題。

本文擬建議加強前言中所敘述的水平衡觀念，來呼籲各單位重視流域水循環系統之整體性與動態性，建立規範避免在各自管轄範圍內因工程、土地開發或人為活動，干擾原有水文循環之平衡，自然可以減少因流域多元行政單位所衍生界面問題。如能進一步加強流域地表儲蓄量，以抑制流域輸出量，有利於流域治水。

3. 明確的政策，完善的法規

洪水管理由於牽涉多元行政單位因此會面臨不同意見的競合，整合是推動綜合洪水治理的第一道難關。藉由政治手段與立法制度對於綜合洪水治理或許可以協助不同部門間的聯繫，及詳細檢視政策、法規與管理的制定。比如都市土地利用保水率、與洪水平原管理等。

4. 訊息的交換，與民眾教育

為了要達成各部門間，地方與中央，政府與民眾、及建立利害關係者與機構間共同可採納的綜合洪水策略，必須跳脫各自狹隘且短期關心的事物，才能做出理性且客觀決策。透過各個單位之間所提供資料、資訊、知識與經驗的分享與交換。對於上述共識的建立、衝突的管理以及策略選擇，應具有正面貢獻。另外為了讓利害關係者可以有效率參與及支持，透過民眾教育提供他們專業之建議與相關知識取得，有助於利害關係者與政府之間對綜合洪水策略的共識與支持，比如非法抽取地下水、蓄洪設施土地的取得...等。

三、結語

台灣地層下陷區淹水治理面臨層面廣泛，首先減緩甚至儘早停止地層持續下陷宜為首要工作。張局長文中提出綜合治水對策分為排水對策、流域對策、禦潮對策與防災對策，相當中肯與適切。然而綜合治水基本概念係基於流域水在空間與時間之平衡，因此流域多元行政單位如能對流域水文循環概念加以留意，在各

自管轄範圍內建立規範，以減少干擾原有水文循環之平衡，應能避免上游水文循環干擾問題帶到下游單位，減少因行政多元所衍生界面問題。另外綜合治水牽涉流域內多元行政單位不同意見的競合，加強各單位間訊息交換與認知，讓各單位跳脫各自狹隘且短期所關心的事物，應有助於建立理性且客觀決策。利害關係者與政府之間對綜合洪水策略共識建立也很重要，建議加強民眾教育提供他們專業之建議與相關知識取得，應有助於政策推動。

議 題 三：治水新思惟—大潮州人工湖

主 持 人：陳鎮東

現 職：中山大學海洋科學學院海洋地質及化學研究所教授、
余紀忠文教基金會顧問

最高學歷：美國邁阿密大學海洋學院博士

經 歷：應邀擔任 IGBP, IGBP/IHDP/WCRP/DIVERSITAS
Monsoon Asia Integrated Regional Study (MAIRS)
及 Global WaterSystem Project-Asia，以及 Program
of the East Asian Cooperative Experiments (PEACE)
科學指導委員。

2004 年獲國家科學委員會傑出研究獎(獎金：3 年各 30 萬
元)。

2004 年獲侯金堆傑出榮譽獎--環境保護類(獎金：50 萬元)。

2006 年獲西灣講座教授(獎金：3 年各 36 萬元)。

議 題 三：治水新思惟—大潮州人工湖

發 表 人：丁澈士

現 職：屏東科技大學土木工程系教授兼

屏東科技大學水資源教育及研究中心主任

最高學歷：荷蘭阿姆斯特丹自由大學地科院水文系水文地質組博士

專 長：水文地質模式分析、地下水資源評估與管理、
溼地水文地質生態學、水資源開發、生態工法、
深開挖祛水系統工程

經 歷：屏東科技大學土木工程系副教授（1997/08~2005/08）

屏東技術學院土木工程技術系講師（1992/08~1997/07）

屏東農業專科學校農業土木工程科講師
（1986/08~1992/08）

高雄港務局過港隧道工程處工務組穀倉工作小組工程司
（1981/08~1985/09）

屏東縣治水新思惟-兼談大潮洲地下水人工補注湖計畫

發表人：丁澈士

國立屏東科技大學土木工程系 教授兼

水資源教育及研究中心主任

國立成功大學兼任教授

高屏溪流域管理委員會委員

高高屏三縣市永續發展委員會委員

台灣藍色東港溪保育協會理事長

荷蘭水利暨環工學院(IHE-UNESCO) 水利工程碩士

荷蘭阿姆斯特丹自由大學 水文地質碩士、博士

Email: csting@mail.npust.edu.tw

屏東縣內埔鄉學府路 1 號

一、洪水特性

台灣夏季颱風汛期常造成洪水災害，歐美及中國大陸亦常有發生，故洪水發生是自然現象，應該以正面態度面對它。

在最近的 10 年間，由於洪水頻發，歐洲許多國家接二連三遭受了慘重的生命與財產損失。2003 年，法國南部的萊茵河和盧瓦爾河發生了數次洪水。2002 年 8 月，在奧地利、捷克、德國和俄羅斯，洪水沖毀了城鎮和村莊，造成的經濟損失高達數千億歐元。人們不禁要問，為什麼會發生這種情況？我們應如何避免將來再次發生類似的損失？1997 年的夏季洪水席捲中歐五年之後，萊茵河中下游又發生了特大洪水。許多人開始質疑，為什麼現在的洪水比過去更頻繁，造成的損失比過去更嚴重呢？

問題答案是十分清楚的。近年來，洪水成災的主因是人類對於流域、河流及其洪泛平原之管理不善。事實上，整個歐洲為了便於航運，曲折的河道被取直了；為了將洪泛平原用於農業生產、城市發展和交通建設，政府修建堤壩將河流限制在狹小的人工河道內。這樣，造成的直接後果是河水的流速更快了，容納河水的空間更小了。在正常情況下，洪泛平原可以安全地容納多餘的水量，但是由於它與河流的水文聯繫被切斷，這使得洪水無處可去。即使花更多的經費把堤壩修建

得再高再堅固，洪水仍會衝垮它們，重新回到它們原來的河道。

同時，許多流域的土地利用增大了洪水對下游地區的威脅。土地利用方式會極大地影響地表逕流進入河道的流量和流速。過度放牧、土壤壓實、森林砍伐和不透水面積的增加(如機場和水泥鋪面)等，都顯著增加了洪水發生的風險。再加上氣候變化使歐洲極端天氣事件增多，就調成了一杯致命的雞尾酒！它給整個歐洲數百萬居民和公司帶來了更多的災難和巨大的經濟損失。

在歐洲文明的進程中，河流一直扮演著重要角色。河流提供了生產和生活用水，提供了豐富的魚類產品，同時還是主要的交通廊道。因此，河流支撐著歐洲大部分重要城市的發展，如布達佩斯、倫敦、巴黎和維也納。河流還是一個不斷變化的動態系統，它從源頭到海洋，不斷地隨著季節變化而變化，影響著大範圍的自然要素，包括局部的氣候和地質狀況。

河流塑造了地表形態，帶走了逼人河道的可溶性物質和沉積物。土地和水在一個自然系統內形成了生態上的聯繫，這個系統被稱為流域(通常也稱為集水區)。流域是一個複雜的系統，它包括河道、支流、濕地、地下水以及向它匯流的所有土地。流域中的洪泛平原和濕地對於維持河流正常的自然水文循環尤為重要，它們可以減少洪水對人類生命與財產造成的損失，而且也是歐洲富饒的生物多樣性。

洪水是每年都會發生的自然現象，歐洲一般發生在冬季或春季，有時也發生在夏季，這由河流的水文情勢所決定，如阿爾卑斯山、地中海、大西洋地區的河流。同樣，洪水頻率也取決於降雨量，尤其是當土壤含水量已達到飽和時。在一定條件下，就會發生統計學上所說的五十年一次、百年一次、兩百年一次或五百年一次的洪水頻率，此時的洪峰異常高，會對河流沿岸居民的生命與財產造成災難性的影響。

洪水具有重要的生態價值，它所維持和更新的生態功能對社會經濟具有非常重要的價值。洪水將河流和洪汎平原連接在一起，它為魚類和水禽帶來豐物的食物，並帶來了免費的沃土，補充了海岸侵蝕造成的土壤損失，促進了基因的交流。地下水是人類重要的飲用水源，而洪水在補給地下水方面也有其非常重要的意義。此外，當洪水淹沒洪汎平原時，會發生一係列生物化學過程，這些生化過程能滲濾水、循環利用營養物、有機污染物和固定無機物，從而達到淨化水效果。

而且洪水還可以通過改變河流的水位和沖淤平衡，形成許多的生物多樣性很高的斑塊狀小生境。所有這些功能都會對社會經濟產生積極的影響，如維持漁業發展、提供免費的肥沃土、補充地下水等。

洪泛平原是鄰接河流、湖泊和海岸帶的周期性被水淹沒的低地。洪泛平原是歐洲最有價值的、同時也是退化最嚴重的生態系統。在這些地方形成的濕地(如沼澤、濕潤草地和季節性洪泛森林)具有很高的生產力和巨大的生態、社會經濟重要性。當第一批居民到來時，他們便在洪泛平原上捕魚、狩獵、收穫果實和獲取飲用水。但是，隨著技術進步和一系列出於良好願望的活動(如促進農業生產、增加耕地面積、改善河流航運條件和提高能源產量等)，使得洪泛平原逐漸與河流分離開來了。

在歐洲的許多地方，減少洪水和根除瘧疾也是歷史上造成洪泛平原減少的重要原因。現在，歐洲僅有小部分洪泛平原還維持原有的生態功能。WWF(World Water Forum)研究結果顯示，多瑙河沿岸 80%以上的洪泛平原和萊茵河沿岸 90%的洪泛平原都遭到了破壞。但是，在最近的 20 年，人們逐漸意識到洪泛平原的自然功能提供了一係列令人驚嘆的、完全免費的環境和社會經濟服務(Loster,1999)，例如蓄洪和削減洪峰，洪泛平原作為一個天然的蓄水庫，先蓄積洶湧的洪水，然後緩慢地將其釋放回河流中。除了防洪，洪泛平原所提供免費服務還包括：

(1).保存營養物：

當水緩慢地流過洪泛平原時，其攜帶的固體物質會沉積下來，當地農民幾千年一直得益於這些天然的肥料。但是現在由於農田向河流中排放了大量的富含化肥的徑流，歐洲許多河流的營養元素含量超過了自然水平。在洪泛平原生態功能正常的地方，河流中的一些營養元素會沉積在洪泛平原和河岸上，從而降低了河水中營養元素的含量。隨後，濕生植物生長會吸收這些沉積下來的營養元素。這樣有助於維持河流的水質，防止營養元素(如氮和磷)累積造成污染。更重要的是，這些營養元素還可以維持食物鏈下一營養級生物的生存，依賴河濱植物生長的動物會從中受益。

(2).豐富的生物多樣性：

洪泛平原是眾多動植物的棲息地，包括許多珍稀的瀕危物種，也是魚類的產卵場和水禽的重要遷移通道。

(3).維持可持續的農業、林業和漁業：

洪泛平原及其濕地具有較高的生產力，為可持續農業和自然資源利用提供了很多機會。

(4).補充地下水：

當洪泛平原與河流連接在一起時，洪水定期地淹沒土地，地下含水層的水得到補給，從而有助於確保人類的水資源供給。

(5).娛樂與旅遊：

功能正常的洪泛平原具有天然的多樣性和美麗的景觀，是一筆有價值的社會經濟資產，可以為旅遊業和娛樂業的可持續發展提供很多機會，包括徒步旅行、野營、家庭旅館、騎自行車郊游、觀鳥、游泳和寫生等。

人們普遍地將洪水視為一種"自然災害"。但是，洪水是自然界的一部分，是客觀存在。對自然界而言，洪水並不絕對意味著威脅和損失，而是對重要生態過程的定期更新。因此，在制訂洪水管理策略已預防或減少洪水對生命與財產的不利影響時，應當考慮洪水的正面作用。

然而，人類對自然過程的幹擾使流域發生了劇烈變化，增加了洪水對人類生命與財產的威脅，這也是近年來歐洲洪水災害愈演愈烈的主要原因之一。人類對付洪水的傳統方法，如修建很高的防洪堤壩，只會使洪水更強大，進而增加了洪水的破壞力。

現在，我們必須建設性地審視過去的做法和歐洲目前的狀況。政府和其他決策者應開始學會與自然合作，而不是與自然為敵。

河流與其洪泛平原的聯係，恢復自然的洪水模式。表面上看這是一個容易實現的解決方案，但有一股巨大的力量在維持現狀，而使之難以實現。這種力量包括政策手段(如歐盟共同農業政策，該政策鼓勵進行高強度地耕種洪泛平原)和短期的物質利益(如開發土地用於工業或居住)。隨著歐盟的擴大，新一輪的交通發展計

劃也正想方設法地利用洪泛平原，因為在平坦、開闊的洪泛平原建設交通設施成本要低得多。

二、 治水供水的方法—尊重自然

傳統的防洪主要依賴於工程措施，如修建堤防和水壩，僅僅使用這種方法效果並不好，但洪水管理仍需要一些工程措施。有用的工程措施的例子包括制定法律將房屋和其他基礎設施建在洪泛區以外；規劃合適的土地利用類型和方法；根據自然防洪條件調整規劃和設計，消除工程設施對環境和其他方面的不利影響。隨著對洪水認識的加深，人們逐步認識到要確保防洪措施的有效性和可持續性，就需要使用其他類型的措施和方法，如使用下列補充的預防性措施：編制一份詳細清單，列出所有的易遭受洪水威脅的地區；實施前期預警系統；及時、準確地向利益相關方傳達洪水風險信息；組織社區有效地抵禦洪水。

如果在正確的尺度(如流域尺度)上制度和實施規劃，任何措施都將會產生長期的效益。這就要求有跨領域的合作，特別是：國家、區域和地方；跨部門的政策綜合(特別是環境保護、土地利用規劃、農業、交通和城市發展等方面的政策)；在風險管理的各階段即風險評估、減災規劃和實施等的合作；所有利益相關方的合作(如農民、各行業、當地社區和非政府組織)。

老子說：「上善若水，水善利萬物而不爭，處眾人之所惡，故幾於道。」水性善，利益萬物而不爭。

據《史記·河渠書》載：「於是禹以為河所從來者高，水湍悍，難以行平地，數為敗，乃廝一渠以引其河。北載之高地，過降水，至於大陸，播為九河，同為逆河，入於勃海。九川既疏，九澤既灑，諸夏艾安，功施於三代。」大禹治水不僅僅是描述了一個人神同在時期的史記，同時，也是神告訴人，水性和人與水的關係。

劉鶚在他的《山東治河續說》中說：「而治黃本之何也？凡天下之大川經瀆，皆不可以人力治之，故禹貢導漾、導江、導沅、導淮、導渭、導洛，皆以一導字貫之。」

從鯀到禹，治水的成敗，告誡人們：河有其性，有其形，有其道。水同於道而利萬物，人須知其性而善待之。

回顧中國歷史，而西漢年間，自漢武帝時期開始，黃河頻繁決溢，成為朝野關心的國家大事，之後，陸續提出過多種工程治黃方案。大約在公元前 6 年，賈讓提出治河三策，這是流傳下來的最早的治理黃河的規劃方案，並以其適應洪水規律以減輕水災損失的主張獨樹一幟，對後世有重要影響。

賈讓治河上、中、下三策

歷史上記載的賈讓治河論是中國先人對天地萬物同出於自然的見解。據《漢書·溝洫志》載：綏和二年九月，賈讓應詔上書，提出了治河的三種方法：

.....「如出數年治河之費，以業所徙之民，遵古聖之法，定山川之位，使神人各處其所，而不相奸。且以大漢方制萬里，豈其與水爭咫尺之地哉？此功一立，河定民安，千載無患，故謂之上策。」

.....「今瀕河堤吏卒郡數千人，伐買薪石之費歲數千萬，足以通渠成水門；又民利其溉灌，相率治渠，雖勞不罷。民田適治，河堤亦成，此誠富國安民，興利除害，支數百歲，故謂之中策。」

若乃繕完故堤，增卑倍薄，勞費無已，數逢其害，此最下策也。

賈讓的上策提出，「遵古聖之法，定山川之位，使神人各處其所，而不相奸。」使河有河道，人有人道，和諧相處，「河定民安，千載無患」。

這一上策沒被朝廷採納。隨著歷史的走向，中策和下策漸漸成為人們多採用的辦法。修渠引水灌溉農地築堤防範為歷代人們的主要活動。

(1).上策的想法：

擺脫目前黃河河道高聳狹窄的困難局面，另外開闢一處寬廣的場所容納焚河

洪水，具體方案是將黃河改道西行，在當時的黃河和西面的太行山麓之間的寬敞地帶北流入海，這一地區是典州的轄區，為此，要把冀州的百姓遷移出來。搬遷只相當幾年的黃河歲修經費，不難解決。他認為這是根本上消除貫河水患的辦法。

(2).中策的想法：

賈讓的中策是在上策的基礎上的改進，也就是說，如果顧慮上策所放棄的土地過多，那麼可以在黃河以西、太行山麓以東的適當地點向北新修一道大堤，讓黃河在新堤與西山麓之間北流。此外還可以在新堤之上修建若干水閘，水閘可供東部地區引水灌溉，同時對航運也有好處。他認為中策雖然談不上是聖人的做法，但也是"富國安民，興利除害"，文數百歲的治河良策。

(3).下策的想法：

此外，他認為堅守目前狹小和混亂的黃河堤防，每年為治河花費大量經費還難免決溢的做法是下策。

柏楊-資治通鑑

「我曾經聽說，五行之中，水是根本，(五氣：金、木、水、火、土)，水的特徵是公平。王道就是政治公平。政治公平，則河川治理，派絡暢通。如果政治偏失，河川潰決，土地一定敗壞。而今，汝水(淮河支流)、潁水(也是淮河支流)，大雨成災，給人民帶來巨大災害。這正是-詩經形容的「百川沸騰」，責任正在皇甫總管之輩。

世界上所有的河流，對人類都有益處。只有黃河，帶來的全是禍害，而黃河卻偏偏生在中國國土。它在歷史上扮演的角色，像一條喜怒無常的巨龍，翻滾奔騰，專門製造可怕的災難。從紀元前二十三世紀，到紀元後二十世紀初葉，四千餘年間，便有一千五百餘次的大小決口-包括七次慘決人寰的改變河道。

賈讓在其治河對策申首先分析了黃河演變的歷史。他指出，古代的時候，河有河的流道，人有人的住處，各不相干。河流兩岸並不築堤，只是在居民區附近修些矮小的堤埂防護一下。這樣，夏秋季節的洪水可以四處游盪而不受約束，本

無所謂水災。但是到了戰國時期，各國為了各自的利益，開始在兩岸築堤防洪，雖然這不是好的辦法，但當時黃河兩岸堤距達 50 里，洪水尚不至於被束縛得過份嚴重。然而此後情況進一步惡化，老百姓貪圖黃河肥美的灘地，逐漸在堤內加築民撚，圈堤圍墾，圍墾一再深入河灘，以至大堤之內又有好幾道民堤，民堤離河床遠的不過數裡，近的只有一裡多，河道寬窄不一，河線再三彎曲，嚴重阻礙行洪，可見，由此造成洪水泛濫，房屋田產被淹沒，那完全是人們自己造成的。

人們的生產和生活應主動避讓洪水，在滿足洩洪以外的地方「度水勢所不及」去進行，而不能過份地侵佔河灘，壓迫洪水。也就是說，人們的防洪努力，一方面要為改善生存條件，和不利的自然環境作鬥爭，另一方面，也要遵循自然規律，主動地限制國土開發利用的強廢以適應自然。賈讓"必遺川澤之分，度水勢所不及"，是他從黃河治理的歷史演變申得出的結論。他提出的社會發展要有一定限度，應主動與河流洪水的規律相適應的自然觀，是客觀的和積極的。後代也有治河主張，例如，元豐四年 (1081)宋神宗。

三、 後水壩時代的水資源經營-地下水人工補注

黃河水利委員會委員長李儀祉先生(1882-1938 年)，年在 27 歲時(1909 年)到德國研讀水利工程，回國後即主張溝洫洪水（即所謂蓄水地下）；

利用洪水蓄水地下(李儀祉全集，第 124-125 頁)

洪水之由於雨，或由於山上積雪之溶，要皆能將地面上 — 山上或田塍 — 所有對於生長植物沃美之料滌盪而去，以之入於河而納於海，噫！是誠天下之至可惜者也。

洪水之時或即多雨之期，故水在此時不為人恩，而或反為人害。然天時稍旱，雖欲得此水不可有，於是河枯井竭，苗槁舟擱，國家經濟及人民生計大受損害矣，西北黃河流域，尤感其困

洪水在綏諸省，亦有為農民引起灌溉者，然面積極小，以百分計殊等於零

余於二十年前即主張以溝洫蓄洪水，惜此事今尚未能引起國人注意。最近數年則歐人亦頗注意於此問題，尤以在德國為盛，所謂蓄水於地下：Kuntliche Anreicherung des Grundwassers.

地下本為蓄水之大庫。．．．地下蓄水之量，既亦受天時之變異，有豐有枯，救濟其失，在如何以人力增裕地下水藏之量，溝洫之制，其一端也。

吾民宜於洪水至時，未入於海之先，竭其智能以利用之，導引以灌溉西北黃土及砂土地面，用之最大也。不能立時利用者，則導而蓄之容儲地下，其在地下並非損失，而仍繼續全部為吾民所用：一、地下水面高，則禾苗可以得其滋潤，其益較之地面上灌溉尤大；二、地下水可以鑿井汲水引以為灌溉及飲水等用；三、地下水滲出地面，泌而為泉，仍為人用；四、地下水之流入溪流者，亦增加河水流量、利航、利工、利農，其利仍在。

增裕地下水藏之法，按 G.Trosbach 之所舉，有：

- 一、 在泉源之處掘深槽及滲露地層已收泉水入地，使不至隨河水流去。
- 二、 在山坡容易透水之處掘深槽。
- 三、 地面上有苔蘚，母壤及他種不透水種不透水之覆掩足以阻水之滲入地下者，除去其層。
- 四、 增加及擴大已有之滲水區域。
- 五、 堰堵溪流，開鑿槽向水溝以引洪水至可以容水之處。

西北之黃壤，層積至厚，容水量至大，西人有以海棉比之者，固天然滲蓄水之一物也。應極人之所能以之蓄水。

此同時在德國、荷蘭（海牙供水公司成立 1874 年）即以人工方式在海岸沙丘作補注，一百三十年來一直成功的運行；在美國加洲、澳洲、瑞士、蘇聯、日本、大陸、中東（以色列、伊朗）皆有實例。

中國人的智慧在兩件事上，受到無情的考驗，而迄今為止，仍不能通過。一是建立民主法治的政治制度，一是治理黃河，建立民主法治的政治制度，屬於另一個範圍。而治理黃河失敗，固然限於科學知識，但更限於政治制度不允許產生的政治家，去支持一項百年千年地記得決策。官場政治只貪圖「眼前歡」，缺乏遠程眼光，賈讓先生均上等方略是不是就是上等方略，我們不知道，但迄今為止，中國人對黃河之束手無策，卻是事實。在原理上，必需用政府力量，使上游兩岸

的水土保持，達到最高水準，然後含沙量才能減少，含沙量減少之後，才能維持河床不再升高。高堤防不是危險之物，荷蘭王國的土地就在高堤防保護之下。危險之物是河床不斷升高，只有嚴格的水土保持方可克制，但軟弱的政府和昏庸的官具，無力承贍這項重擔。等到含沙量減少之後，再用堅固的堤防夾緊下游河道，在水勢衝刷下，河床可能降低，水色可能清澈。才會有灌溉、航行、漁業的利益。

四、兼論大潮洲地下水人工湖計畫

屏東平原概述

潮州斷層崖位於屏東平原東側，為一標準的斷層崖。由山地往西流向屏東平原之河川，在流經此斷層崖時，因高低落差大，來自東側林邊溪河谷的沖積物和順沿崖坡而下的崩積物的堆積，逐漸於其山麓形成廣大的林邊溪沖積扇，如圖 1。因林邊溪上游山區降水量大，河流在匯集了降水後，流出山區進入平原，出谷口後，前述之大量的堆積物在潮州斷崖下堆積，這些以粗礫為主的堆積物透水性好，是很好的地下含水層，故河水大量入滲至地表下(即為伏流)，地下水隨坡降往扇端方向潛行後，以湧泉、井水等方式主要於扇端流出。其沖積扇地形及地下水流動狀況亦詳見圖 1 所示。

屏東平原上之沖積扇地帶的土地拓殖活動，因為受自然與人文等因素的影響，一直未有太大的進展，其原因為：一、沖積扇往往是河川泛濫時遭受直接衝擊的主要地帶。因此，一旦洪水泛濫，不但辛苦的拓墾成果付之東流；而且，隨著洪水挾帶而來的大量砂石也使日後有心再進墾者，望之卻步。二、因砂石顆粒粗糙，不易含水，致灌溉工事難以進行。凡此種種，使得沖積扇地帶的土地拓墾成本過高，難以支撐墾民或墾戶的進墾意願。

因此，林邊溪沖積扇上各族群在墾殖過程之成功與否，主要繫諸於與『水』的關係，茲就各族群之墾殖歷史沿革說明如下：

(1).扇頂：

由於本區冬、春有明顯的乾季，故沖積扇地形所孕育的地下水資源就成為本區聚落拓墾先後及族群分佈的關鍵因素。清朝中葉，受國家機器長期剝削的茄藤社與放鏢社平埔族，不得已離開沖積平原的舊社，於乾隆中葉以後被派往山腳下

的扇頂區，區隔生番及漢人。

在扇頂甚至扇央區不斷遷徙，只為找尋可以安身立命的地方落腳。平埔族聚落中約有五分之一是福佬人，他們以耕佃或業主的身份定居在山腳下，與平埔族同居一處。

(2).扇端(尾)：

地下水資源最豐富也最容易取得的扇端區(為沖積扇末端之湧泉帶)，是本沖積扇區得天獨厚的地區。主要住著來自嘉應州鎮平(蕉嶺)的客家人，且多以耕佃身份入墾，形成地緣性聚落，且每個家族規模都不大。雖然自康熙中葉以後就有不少客家人入墾此地，但要到乾隆中葉以後才有較多的客家人定居在臺灣，但與大陸原鄉的交流卻仍持續到日治末期。雖然客家人在此過著傳統水稻農耕之“晴耕雨讀”生活，但嚴重的水患及緊張的族群關係使客家人團結聚居形成集村的現象。

(3).扇央

因地下水資源最不易取得以至千百年來呈現荒涼景觀的扇央區，在日治時期「殖產興業」的治臺理念下，臺灣製糖株式會社取得本區官方有原野的開墾權，並投入大量的資本開發。番地平定後農場得以順利開墾，在大型機械的助耕及流水的灌溉下，來自台南北門郡等地的福佬人與本地的平埔族在此筆路藍縷地拓荒，扇央區在日據時代 1923 年以後陸續墾成 4,000 公頃以上的蔗園，但由於過程辛苦，故聚落成員的流動性頗大。

不管是扇頂的平埔族、扇端的客家人或扇央的農場移民，住在沖積扇上的族群因沖積扇地形中多礫石的土層及常變遷的河道對農耕的限制，普遍生活都較貧困。由於其位於屏東平原南部邊陲位置，是拓墾的前哨站，也是各族群勢力激烈角逐的地方：貧苦的平埔族由此進入東部及南部的番地發展，客家人與其他族群也在此展開長達 150 年的械鬥。

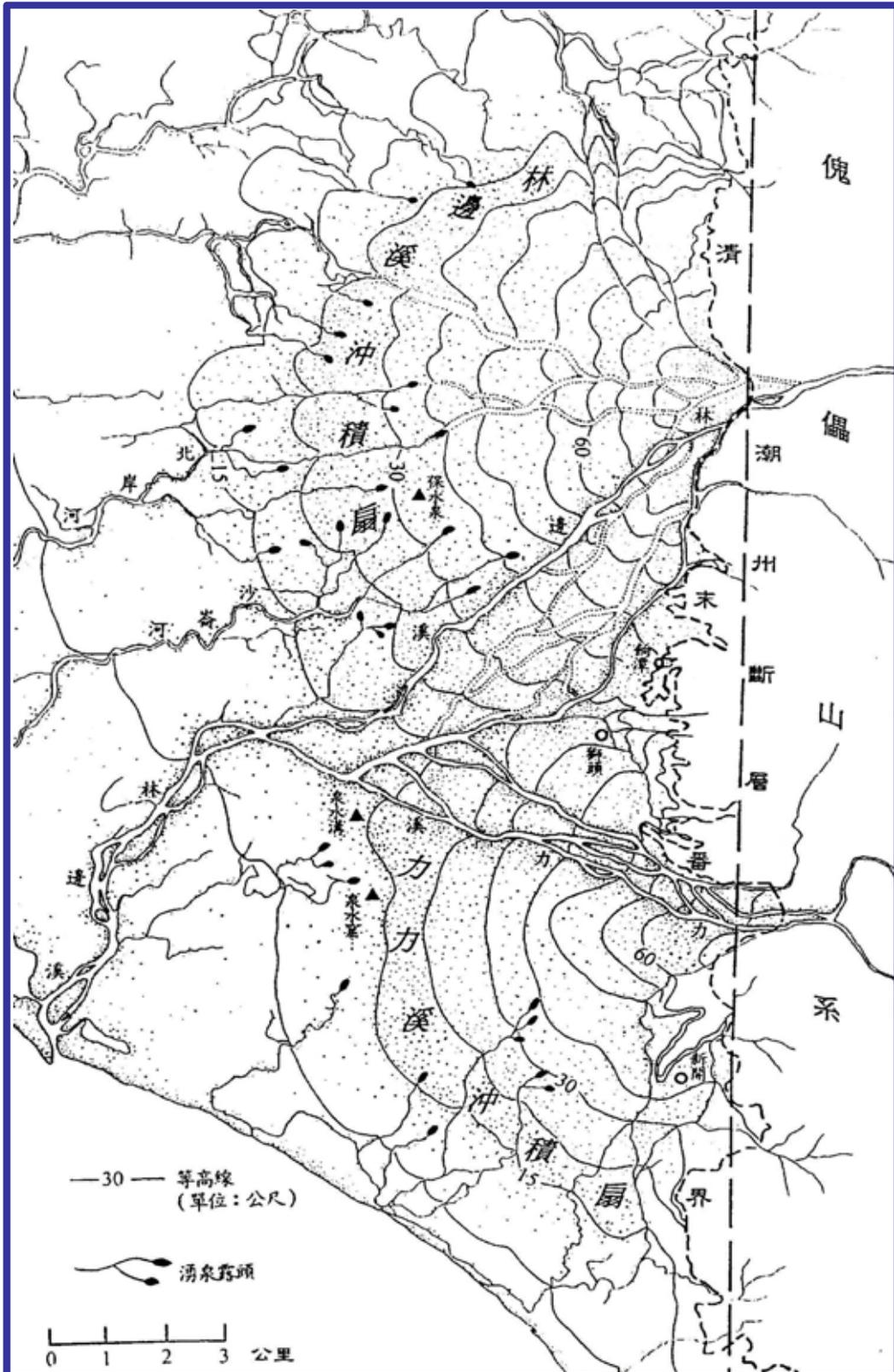


圖1 林邊溪及力力溪沖積扇地形圖

地下水人工補注湖計畫

地下水人工補注

地下水人工補注：在有規劃之條件下將地面水（例如河川、湖泊）導入在地表之入滲補注之設施（如：漕溝、深坑、人工湖、補注井）在天然重力或加壓下，進入至地面下土壤孔隙（地下含水層，或稱為地下水庫）以增加在天然補注時不足，並足夠提供超過平常之安全出水量，參考圖 1 及圖 2。

Artificial recharge may be defined as the planned activity of man where by surface water from streams and lakes is made to infiltrate the ground, Commonly at rates and in quantities many times in excess of natural recharge, giving a corresponding increase in the magnitude of the safe yield (Huisman and Olsthoorn, 1984).

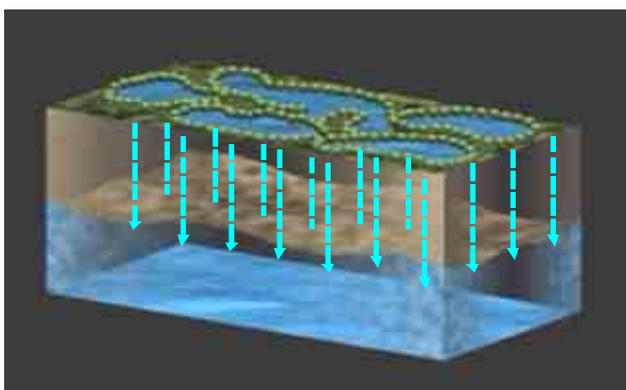


圖1 地下水補注概念示意圖

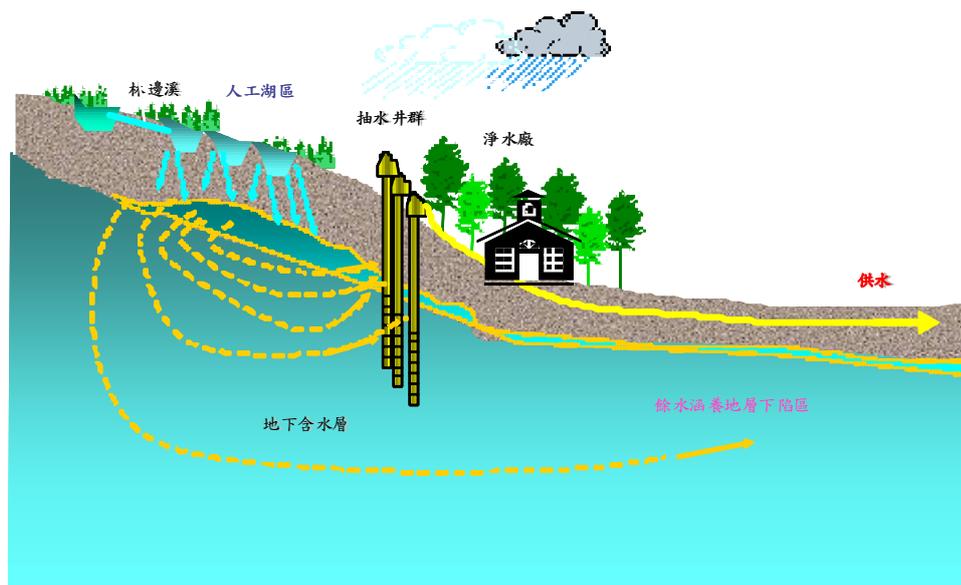


圖2 含水層補注概念圖

大潮州地下水補注湖計畫緣起

壹、依據

行政院於民國 94 年 1 月通過「國土復育策略方案暨行動計畫」及 5 月通過「國土復育條例(草案)」。屏東縣政府在「國土復育策略方案暨行動計畫」上位計畫之指導原則之下，以目前所知全台最佳地下水補注區域之一，積極推動規劃建置地下水補注人工湖及滯洪池，並結合地層下陷地區復育計畫，以尊重及順應自然之新思維，推動此一以攔截暴雨期之洪水，經沈澱後以人工湖補注地下水之國土復育與保育計畫，以減緩地層下陷速率與水患頻率，並有效增加地面水之蓄存率，利用自然的涵容力量轉而成為地下水庫進行復育。

經濟部為有效治理地層下陷問題，於民國 84 年 11 月 2 日奉行政院台 84 經字第 38924 號函核定「第 1 期地層下陷防治執行方案」，實施期程自民國 84 年 7 月 1 日起至 89 年 6 月 30 日。並於民國 92 年 04 月 01 日奉行政院院臺經字第 0920015533 號函核定「第 2 期地層下陷防治執行方案」，實施期程自民國 90 年 01 月 01 日起至 97 年 12 月 31 日。

其中第 2 期工作項目貳、『推動區域水資源調配與管理』第 1 項即為『辦理地下水保育與管理工作』，屏東縣政府即在地層下陷防治執行方案第 1 期指導下，於民國 88 年間在經濟部水資源局（經濟部水利署之前身）補助經費支援，委託屏東科技大學執行「推動屏東縣地層下陷防治工作計畫」及「屏東平原設置人工湖可行性評估計畫」，建議利用林邊溪上游之台糖公司現有農場設置人工湖區補注地下水(詳圖 1)。依據該行動方案建議，屏東縣政府再於民國 92 年 5 月委託中鼎工程股份有限公司規劃「林邊溪上游人工湖設置工程計畫」，已完成相關可行性規劃及環評作業，藉此地下水補注工程計畫達到國土復育、分洪、疏洪及滯洪之功能。

本計畫於民國 95 年 9 月 19 日第 41 次經濟部水資源審議委員會議審議通過，並於民國 96 年 5 月 1 日經行政院經濟建設委員會前會議審議原則同意，惟計畫名稱應更正為「屏東縣地層下陷區國土復育計畫-大潮州地下水補注湖計

畫」，並請經濟部水利署於2個月內依該會議6項原則檢討修正後再陳報，經濟部水利署旋即於民國96年5月7日經邀集相關單位研商本計畫規劃檢討事宜，並責成經濟部水利署水利規劃試驗所（以下簡稱水規所）依前揭經建會研商會議指示6項原則及該會議意見修正送核。經濟部水利署水利規劃試驗所爰依「屏東縣地層下陷區國土復育計畫-大潮州人工湖(草案)，屏東縣政府，民國96年1月」檢討研提本實施計畫，並建議下列八點供屏東縣政府參考。

- (一)人工湖分洪、滯洪或減洪效益，尚待測設時進一步評估。
- (二)本計畫於林邊溪設置取水工前、後之水理分析檢討或物理模型試驗，應於測設時辦理。
- (三)取水工址附近(丹林橋上游約1.3公里)之地質鑽探或物理探測研判等工作，應納入測設辦理。
- (四)地下水補注效果(每日10~20公尺入滲率或阻塞情形)及其流向之研判與追蹤，應於第1期工程施工前經監測追蹤確認，俾利確定本計畫地下水補注之實際功能。
- (五)本工程第1期約有土石方426萬立方公尺，相關砂石之輸運、動線、車流等營管措施，應於測設時研擬。
- (六)應於人工湖周圍設置圍籬或其它安全措施，以防閒人進入，而造成意外跌落之危險，並且環湖道路及非人工湖部分，亦應儘可能綠美化，以求景觀之協調。
- (七)由於本計畫之引水期間大多於洪水期之高濁度水，引水入補注池後會沈積，人工湖之營運管理操作，建議採取乾濕分離操作模式進行為原則，於濕季蓄水入湖進行地下水補注，乾季湖水乾枯時對邊坡及湖底淤泥進行挖除，以利下一年度之地下水補注。
- (八)為利工程推動，建議主管機關或執行機關，未來得另訂辦法酌列地方回饋金，經費得由將來砂石收益提列。

屏東縣政府乃邀集專家學者共同商討後，以經濟部水利署水利規劃試驗所研提實施計畫版本為藍本，再融入原規劃已通過環評之版本，完成修訂本請經濟部轉呈行政院核定。

貳、計畫目標

一、目標說明

本計畫將於林邊溪上游之台糖公司萬隆農場作為人工湖區場址，藉由引入林邊溪豐水期原逕流入海的地面水，以人工湖導引補注地下含水層，以增加地下水資源之蓄涵量及減少地層下陷率，並附帶部分分洪、滯洪、減少水患等國土復育目標。

- (一) 本案開發後，每年可於林邊溪上游引地表水約 1.5 億立方公尺補注地下水，除可大幅涵養地下水資源外，對於改善屏東沿海地區之地層下陷、地下水鹽化現象有正面之助益。
- (二) 人工湖開挖後其可利用砂石，可先提供作為屏東地區之砂石料源，俾緩和林邊溪砂石的開採壓力。
- (三) 搭配人工湖區之土地利用規劃，可結合屏東地區之景觀遊憩資源，提供另一遊憩據點，對當地景觀等觀光事業有正面之效益。

二、預期績效指標及評估基準

屏東縣政府於民國 92 年 5 月委託中鼎工程股份有限公司完成規劃「林邊溪上游人工湖設置工程計畫」，經評估結果技術可行，對環境有正面影響，並獲專家學者及環保團體認同，爰於民國 92 年 11 月 13 日通過環境影響說明書審查。

計畫開發總面積廣達 300 公頃，惟由於本工程兼具防洪及地下水補注之功能，係為國內首項案例，其效益須持續觀測方能量化，並參照國外地下水補注計畫之經驗，將本工程分兩期進行，第 1 期計畫擬開發 50 公頃之地下水補注湖區進行地下水補注，並兼為其先驅試驗計畫。第 2 期計畫則完成其餘 250 公頃之地下水補注湖區開發工程，惟需俟第 1 期計畫實施成效後再研辦，故僅針對第 1 期計畫之預期效益說明如下：

- (一) 完成取、輸水流量為 50 秒立方公尺工程，預估每年可引林邊溪剩餘地面水約 1.5 億立方公尺，進行地下水補注，涵養補注屏南地區

地下水資源量，有效改善沿海地區地層下陷及海水入侵現象。

- (二) 完成地下水補注湖區開發工程，建立基本營運管理機能。
- (三) 完成地下水位監測系統工程，建立補注機制及操作規範。
- (四) 可利用之砂石土方量約 460 萬立方公尺。

參、工程內容

本計畫包括：林邊溪來義大橋附近設置 2 座管柵溪流取水堰工程，並以輸水箱涵連接至萬隆農場(面積約 300 公頃)。2 座取水堰工分別於來義大橋附近之上、下游地區，取水後以輸水箱涵沿林邊溪本流堤防路徑後，進入萬隆農場現址之沉砂槽及沉澱池後，引入人工湖區入滲補注地下含水層，茲將工程內容摘述如下。

1.取水工程

(1).取水量

於豐水期(6 月~10 月)引取林邊溪上游之地表水，最大取水量為每天 1000 萬噸(1000 萬 CMD \cong 116cms)，估計平均每年總取水量為 1.46 億噸。

(2).取水工型式

採用管柵溪流取水工 2 座，設於來義大橋上、下游，每座設計取水量為 500 萬 CMD。取水工頂部高程(EL.119.0m 及 EL.116.0m)，約與河床面齊平，不阻礙水流及砂石之運移。取水工跨越河道的長度為 120m，中間設置魚道讓迴遊性魚類能順利往返。

本取水工之設計理念具有構造簡單，施工容易，造價低廉，視覺景觀佳，又可避開洪水期大量砂石及漂浮物之撞擊。

2.輸水工程

(1).輸水量

針對短時間大流量來設計，輸水渠道分成兩槽並聯，每槽之設計輸水量為 500 萬 CMD。

(2).輸水工型式

輸水渠分成 2 道並聯，每道水渠之內寬為 4m，高為 4.2m 之矩形鋼筋混凝土箱涵。

(3).輸水路線

沿著林邊溪堤坊線內側之高灘地，較無土地徵收問題，且施工時對交通及環境影響較小。輸水起點為銜接兩座管柵取水工，終點則銜接萬隆農場人工湖區之沉砂槽；沿線累距約 3,000m。

(4).輸水水理

- 輸水路坡度約為 8/1,000。
- 每渠最大輸水量 500 萬 CMD(58cms)，平均流速為 7.4m/sec，平均水深為 1.96m，福祿數為 1.69 屬超臨界流，流況亦可能產生水躍，水深變為 3.8m，平均流速則為 3.8m/sec，福祿數為 0.69，屬亞臨界流。因此，渠高設計為 4.2m。

3.沉砂槽工程

沉砂槽設置於輸水渠道尾端，將設計兩座沉砂槽並聯。主要分為二段沉砂，第一段為粗骨材段沉砂槽，以沉澱 4 號篩(約 5mm)以上之粗骨材，第二段為沉澱 50 號篩(約 0.3mm)至 4 號篩之細骨材。粗骨材段之沉砂槽分為 4 槽，每槽長度為 80m，單座沉砂槽之總容許最大沉砂量約為 4,800m³，兩座之沉砂量為 9,600m³。細骨材段之沉砂槽分為 8 槽，每槽長度為 80m，單座沉砂槽之總容許最大沉砂量為 12,800 m³，兩座之沉砂量則為 25,600 m³。

4.沉澱池工程

沉澱池係考慮將通過沉砂槽之泥砂，即粒徑小於 0.3mm 之懸浮顆粒集中沉澱，以避免含泥量高的水流進入補注池後，造成淤積阻塞，而減低補

注池之功能。沉澱池面積約 50 公頃，分成三池，開挖深度為 15m，蓄水容積為 675 萬 m³，為 10,000 萬噸的水量流進沉澱池，其若小於 30,000 ppm 時，則靜水沉降時間約 3 小時，而含砂量大於 30,000 ppm 時，則靜水沉降時間約需 16 小時。本沉澱池之功能，可達到 93%之因砂率。

5.地下水補注池工程

當水流經沉澱池之後，將進入地下水補注池。依據本計畫現場補注試驗結果，本區地質透水性良好，每天之入滲速度約為 10m/day~20m/day 之間，若以 10m/day 作為設計參數，則 100 公頃的補注池每天即可入滲 1,000 萬噸的水量。

6.監測系統工程

包括：監控中心、人工湖區監測系統、取水工監測系統、輸水渠道監測系統、地下水監測系統等工程。

7.景觀、遊憩及公共設施相關工程

本區的土地使用將分成三區：地下水補注區、水資源生態遊憩區及公共事業用地等，扣除人工湖水域面積 150 公頃(沉澱池面積 50 公頃、補注池面積 100 公頃)，尚有約 150 公頃之陸域面積。

(1).水資源生態教育區

本區將提供遊客水資源教育解說及從事各項遊憩活動。

(2).地下水補注區

本區以地下水補注及學術研究為主，遊客需透過申請方可進入本區。

(3).公共事業用地區

本區主要以員工宿舍區及辦公室為主，提供管理人員之辦公宿舍及

特殊目的人員住宿及參觀活動。

(4).景觀工程

包括：緩衝綠帶、湖區造林等。

(5).遊憩工程

包括：水資源生態教育解說館、親水活動區及休憩區等工程。

(6).公共設施相關工程

包括：員工宿舍、辦公室、餐廳、污水處理設施、道路、排水系統、停車場等。

五、 結語

台灣由於先天水文、地文之特性，包括：

1. 全年降雨在時間上之分佈極不均勻，5月到10月為豐水期。在雨季中，幾場之暴雨或幾場颱風所帶來之雨量，幾乎就差不多是全年的降雨量，若無法有效的把這些雨水截留起來；或是降雨量不足，那缺水是在所難免的。
2. 河川坡陡流急，腹地狹隘，水源之攔蓄及利用率低。要是在河流中沒有建造任何蓄水之水工構造物，一旦下雨，馬上便流入了海裡，即使有再多的雨量，留不住，也是枉然。
3. 地形條件欠佳，不利於水庫之建造，且優良水庫壩址多已開發利用，水庫建造成本遞增。台灣乃由大陸板塊與菲律賓板塊撞擊推擠而成，斷層、破裂面多，此種地形地質非常不適用於建造水庫，而地震頻繁，易造成各種危險。且現今環保意識高漲，水庫對環境影響頗大，再加上河川挾砂量大，容易造成水庫淤積，威脅水庫，建造水庫已逐漸完成歷史階段任務。
4. 污染嚴重，面臨有水卻不能用之窘狀。並不是有水源就行，我們所使用之自來水乃是由自來水公司從河川、水庫或是任何水源取得後，經過一系列之處

理，才能讓人們使用，假如取得之水品質不良，就必須加強處理能使用，例如：高雄市之自來水已經被人詬病已久，乃是因為在自來水之上游水源不良，處理之後，氯含量較高造成口感不好。然而，只要水之品質差到某種程度，此些水源即使在多，也只能望梅止渴。台灣現今面臨許多問題，水庫集水區遭到嚴重破壞，水庫優氧化日益嚴重，河川遭傾倒有毒物質，污染嚴重，地下水層遭有毒廢棄物、口蹄疫病死豬屍污染，種種事件的發生，已對台灣僅有之珍貴水資源造成威脅，保育工作刻不容緩。

5. 再加上沿海地區，地下水集中且大量開發，地下水位持續下降，因而產生地層下陷、海水入侵、土壤鹽化等環境地質災害。

因此，如何面對台灣在後水壩時代的水資源生態及永續經營管理，為本世紀水政單位面對艱鉅挑戰的課題。水庫的確確是保存水最直接也是現今最普遍的方法，在過去，對於山陡水急、平原狹小的台灣來說，蓋水庫為保存水唯一的方法，至今台灣水庫約有二十幾座，但是水庫淤積嚴重，水質嚴重優氧化，良好之壩址已所剩無幾，加上現今民意及環保意識高漲，如南部地區美濃、瑪家兩座水庫建造計畫受到強烈反彈。無疑的，大型之水工結構物對環境影響頗大，不蓋水庫不就沒有水了嗎？這個問題的卻值得好好討論。2005年9月，因桃園停水引發了關於石門水庫泥沙淤積問題的討論，甚至出現在上游另建水庫的聲音。石門水庫泥沙淤積，據估計已超過兩千萬立方公尺，將來的清淤工作，勢必大費周章，在技術及成本上皆須商榷；如果水庫上游集水區，又有天災或疏於水土保持，水庫服務壽年一樣打折扣。因此，有人建議在更上游新建水庫比清淤更節省經費，然而興建水庫之複雜程序及時程，卻不是那麼容易如願的。不管清淤或另建水庫，都是儲存地面水，這也是目前水政單位的主要思維和作法。其實，颱風帶來的豪大雨，進帳的不止是水庫，更可貴的是經由各沖積扇及補注區補注入地下含水層的水，這才是我們要開發的新資源。

水政單位不是常說地下水是「救命水」，為什麼遲遲不肯啟動？究其原因仍是跳脫不出使用地下水會引起地下水位下陷、地層下陷、海水入侵、土壤鹽化之

窠臼，更根本的原因是長期以來水政單位對地下水欠缺研究與學習，對地下水資源的利用沒信心。其實，抽用地下水而引起環境地質災害問題，是出在抽取量大於補注量，解決之道在於地下水的管理上。

今大潮州地下水補注湖計畫已於 2008 年 5 月奉行政院通過實施，目前屏東縣政府亦積極努力配合辦理計畫相關事宜。冀期台灣第一次實施地下水補注湖計畫能達成預期成果。

最後，僅就個人從事水利水資源工程實務、教學、研究近三十載，對台灣在後水壩時代的水資源開發利用、管理也提出下列之議題供思考並能與「2009 年 3 月 16 日在伊斯坦堡召開的全球論壇，來自全球 192 個國家的與會者齊聚在土耳其伊斯坦堡 (Istanbul)，參與「**第五屆世界水資源論壇 (the World Water Forum)**」。這個論壇吸引了 3 位王子、3 位總統及 5 位總理、超過 90 位部長、63 位市長及超過 2 萬 3 千名與會者的參與。討論如何逆轉全球性的水資源危機，和紓解國際間為爭奪河流、湖泊和冰河所引起的緊張關．．．。」接軌：

1. 珍惜水資源之教育
2. 水回收再利用之實施
3. 地下含水層之管理
4. 現有蓄水設施之檢討
5. 虛擬水資源貿易之可行性
6. 流域綜合管理之實現

參考文獻

1. 中華叢書委員會，1956，李儀祉全集。
2. 中鼎工程股份有限公司，2000，屏東縣水資源開發與保育整體規劃及林邊溪上游人工湖設置工程計畫，屏東縣政府。
3. 經濟部水資源局，2000，台灣地區地下水補注量估算。
4. 世界自然基金會，2007，河流管理創新理念與案例，科學出版社。
5. 台灣環境資訊中心，2009，<http://e-info.org.tw/>。
6. 第五屆世界水資源論壇，2009，<http://www.worldwaterforum5.org/>。
7. 聯合國教科文組織，2009，<http://www.unesco.org/water/>。

議 題 三：治水新思惟—大潮州人工湖

與 談 人：李振誥

現 職：成功大學資源工程系 教授

最高學歷：EDUCATIONAL BACKGROUND 美國亞利桑那大學採
礦及工程地質學系博士

專 長：工程地質、水文地質、地下水工程、地下水室開挖、
土木水利工程

經 歷：成功大學資源工程學系教授

成功大學資源工程學系教授兼系主任(2003~2005)

成功大學資源工程系副教授

私立遠東工專講師

「與水共舞－屏東縣總和治水論壇」

與談「屏東縣治水新思維-兼談大潮州地下水人工補注湖計畫」

與談人：李振誥

國立成功大學資源工程系教授、大地資源研究中心主任

壹、引言

為了有效解決水患問題，屏東縣政府已針對縣內易淹水地區擬定「水患治理」計畫，針對縣內河川流域、區域排水流域，整體檢討規畫，並與余紀忠文教基金會共同邀請產、官、學及民間團體參與「與水共舞－屏東縣總和治水論壇」討論。丁澈士教授所論述「屏東縣治水新思維-兼談大潮州地下水人工補注湖計畫」內容包括洪水特性、尊重自然治水供水的方法、後水壩時代的水資源經營之地下水人工補注、論大潮州地下水人工湖計畫等主題，相當有看法與建設性，值得參考。由於地下水水資源經營與人工補注主題，常因地區不同而有不同策略，工程措施也因地制宜，以下本人就高屏河流域水資源與管理策略，地層下陷環境問題與解決，興建人工湖工程規劃與興建技術建立等議題提出看法。

貳、前言

全球環境受到暖化的影響持續惡化，氣候異常情形頻繁，台灣地區近年水患頻繁，民眾生命財產遭受極大的威脅，使得主管單位防洪救災能力，面臨嚴格考驗。當前台灣現階段面臨之水患問題及挑戰，最主要遭遇的共同問題有：

一、淹水與缺水同時發生

上游集水區因地震、農業、觀光等因素造成土石坍塌，土壤涵養能力降低，在豪大雨侵襲下，泥沙大量沖刷流入水庫，使原水濁度激增，影響自來水廠之處理能力，致使供水中斷。這種淹水與缺水並生的問題在石門水庫、高屏溪攔河堰等上游幾已成為常態。特別是，過去的艾莉颱風使得石門水庫原水濁度因豪大雨飆高，曾造成桃園地區的停水，考驗政府單位危機處理能力。

二、地層下陷導致排水功能失靈

西南沿海地區因長期超抽地下水，導致地層下陷，海水入侵、土地鹽化，地面低於海平面，使得排水困難。幾次颱風都造成大面積且長時間的淹水，不論是雲林台西、口湖，嘉義東石、屏東林邊等地，受害面積及災情至廣至深。過去經驗得知，地層下陷難單獨以水利工程措施解決，需配合土地整體規劃及產業發展政策等方面，方能克服此問題。

三、氣候變遷與地震引致的水文環境改變

台灣位處東亞季風帶，氣候變遷使得暴風雨頻率激增、颱風數目變化劇烈，變異劇烈的水文條件使水資源供應及防洪保護風險增加。台灣位於歐亞與菲律賓板塊交接處，導致地震多，相對的地質亦相當破碎，例如過去 921 地震後，中部地區主要河川如大安溪、大甲溪、烏溪等，產生水文與水理極大變化，由於土地大規模的崩塌以及潛在滑動坡面，流域沿岸處於非常不穩定的狀態，沿岸遭受土石流與洪水肆虐，災情慘重，因此如何降低防洪及給水系統的風險，實為政府面臨之重大工程課題。

四、河川治理須兼具安全、生態保育和景觀

現代水域環境的營造，必須考量民眾的需求，兼具安全、生態保育和景觀，以打造親水的環境為目的。因此，在確保人民生命財產安全無虞下，採用生態工法目前已成為共識。對於目前政府正推動流域整體規劃、兼顧防洪、生態保護和景觀美化等措施，其思維與作法上都與過去傳統整治策略與措施有所不同，因此對水資源管理經營之工作挑戰性亦大增。

參、高屏河流域水資源面臨問題

台灣南部地區近年來工商業發展迅速，除台南科學園區、路竹科學園區、

台南科技工業區等高科技工業區用水快速成長外，公共給水需水量亦逐年增加，導致用水需求日益殷切，圖 1 為台灣南部地區水源供需未來成長所需比較圖。

高屏溪水系有豐沛之水源，但逕流利用率僅達 12%，低於全台平均之 18%，故豐水期水量大部份流入大海而無法加以利用。經濟部水利署計畫利用高屏溪有水量無水庫，曾文溪有水庫卻水量不足之特性，將高屏溪支流荖濃溪之豐水期餘水，利用隧道越域引入曾文水庫蓄存，以增加水庫進水量。該隧道越域引水計劃實施後，預計可增加供應南部地區每日 60 萬噸用水，因應民國 101 年後用水需求，同時可增加曾文水庫與高屏溪水源利用率。

行政院核定之高屏大湖開發案為在荖濃溪與旗山溪匯流處，台糖土地的手巾寮農場與土庫農場約七百公頃進行開發人工湖。工程規畫 588 公頃的人工湖面，總容量預計 6,500 萬立方公尺，完工後每天供應高屏地區 34 萬噸水量，可望解決高屏地區民國 96 至 100 年的用水需求，是美濃水庫興建案暫停後的重要南區供水替代方案。

高屏河流域雖然已有多項水利設施，水資源經理仍面臨下列問題包含：

- 一、水量與水質之要求管理提昇：對民生用水量而言，每人每日用水量增加。對於南部地區重工業高耗水與高科技產業存在相對高耗水量。供水水質標準提昇亦將增加水處理耗水量增加。
- 二、供水穩定度不足：屏東平原地下水年安全出水量 10-12 億尚未確定，川流水缺水風險與其他水源(自行引取川流水或抽取地下水)未必穩定，故提高供水穩定度，增加可靠需求與降低缺水忍受度。
- 三、輸配水系統效率低：屏東平原主要以農業為主，減少農業用水之輸水損失與民生用水之輸水損失、處理損失與供水損失。
- 四、水源調蓄能力不足：高屏河流域無大水庫蓄水，但屏東平原有豐富地下水，故加強地面水與地下水資源管理、改變需求以適應供應潛能水，枯早期缺水危機處理。
- 五、全球氣候變遷，水文氣象不確定性增加：降雨時空分佈改變，山區與都市之

降雨日數減少、降雨強度增大；颱風襲台次數減少，皆增加未來水資源不確定性。

六、水權問題：過去由於相關法規規範不盡相同，導致農、工、民生等各標的水權分配不均，同時，使用者付費與獎勵保育者制度建構未完全，故推動合理分配水權為重要事項。

七、流域整體經營管理與治理：屏東平原有豐富地下水，應優先推動非工程措施，除保育高屏溪流域地面水外，亦應增加地下水補注，防止下游地區地層下陷持續擴大，故劃設水源特定區與保護水源區亦為重要課題。

八、落實中央與地方水利事權分工，加強多元水源開發，確保水源穩定供應：研訂多元化水源開發利用綱領計畫；除依既訂之水資源開發方案適時推動外，並推動多目標人工湖、海水淡化、水回收再利用及協調農地造塘。

九、溫泉水之管控：高屏溪流域上游有豐富溫泉資源，對山區水資源地下水管理政策之擬定應及早擬定。

肆、高屏溪地層下陷環境問題與解決

地層下陷的原因主要為由於超抽地下水，使原本充滿水溶液的未固結地層孔隙，因地下水流失太快，補注不及而喪失了支撐作用，引起地層的壓實作用。過去三十年台灣部分地區地下水超抽，地下水資源過度使用，已導致嚴重地層下陷與海水入侵等現象。有鑒於此，政府已提出長期「台灣地區地下水觀測網整體計畫」與「地層下陷執行方案」等防治措施，沿海地區已有減緩趨勢，然而部分地區地下水位仍在持續下降中，尤其山麓區地下水之降低，此亦警示地下水環境惡化有往山區漫延的趨勢。

依據民國 97 年之監測資料顯示，台灣地區持續下陷面積達 795 平方公里，地層下陷較為嚴重地區發生在彰化及雲林，年地層下陷速率皆在 5 公分以上，且已有移往內陸的趨勢(水利署，2009)。過度使用地下水於濱海地區海水入侵導致土地鹽化，影響淺層與深層之地下水含水層。台灣屏東沿海由於地下水超抽海水入侵相當嚴重，屏東平原之深層含水層海水已向內陸深入 9km，平均每年

向內陸入侵約 300-500 公尺，受影響面積達到 115 平方公里，屏東平原之累積下陷量與下陷面積分別示於圖 2 與表 1。

屏東平原地層下陷除起因於對於整個地區含水層地下水系統與水文地質特性未能全盤了解外，加上沿海水土資源未能確實合理整合利用，方導致地層下陷量增加國土資源喪失，地下水資源耗竭，同時，亦產生與地層下陷有關之沿海公共工程設施損壞之問題。

地層下陷防治策略與對策，須以分階段目標、分地區空間與分時段來解決，來考慮地層下陷對居民與產業造成的危害，亦即防治策略須考慮地下水抽取水量之管制、天然地面水供應量與地下水補充量增加等三方面。防止持續發生對策，在於區域地下水與地面水資源統一規劃與合理調配，以及整體地面水與地下水系統之聯合運用得宜與否，使的地層下陷區沉陷量、沉陷速度、地下水補注入滲量、地下水抽取量四者得到合理的平衡。改善對策包括：地層下陷區土地再利用、加強地層下陷區產業輔導工作、加強地下水管制及水資源規劃、加強水土保持，避免過度沖刷與教育宣導。

屏東平原沿海地層下陷區改善方法及補救之道可分成短期與長期兩方面：

- (一) 短期方面：除利用工程技術為主外，應積極進行蒐集建立整體與區域地層下陷、水文地質、地下水水文及地下水水質等資料庫，並將基本資料蒐集與電腦建檔，評估規劃以確定其發展方向。
- (二) 長期方面：主要需針對地層下陷之原因，除全面之水土資源合理規劃管理外，採取必要之管制與輔導措施，以防地層下陷之擴大與惡化，其中包括增加供給地面水或海水、管制地下水抽取與水資源規劃、土地再利用、產業輔導及教育宣導，例如供給海水、循環用水之鼓勵、對於養殖業用電之限制、改善養殖供水與技術及養殖政策引導等。

近年來，由於氣候變遷造成海面上升與極端降雨現象，其將可能直接衝擊台灣沿海及低窪地區，特別屏東沿海之東港、林邊與佳冬等地層下陷區之災害潛勢將提高。因應氣候變遷於地層下陷區之水資源操作，可對地層下陷區考量洪水

脆弱度、淹水模式、生態與地下水污染、易致災害潛勢區評估等因子後，調整地面地下水之合理調配與操作模式，達到淹水與地層下陷災害減緩，並提供國土調整分析之建議，整體架構示於圖 3。

伍、興建人工湖工程規劃與技術

地下水補注為地下水資源開發利用與保育的重要環結，合理且適當之地下水補注對地下水資源利用與地層下陷有直接的助益，其主要利用天然與人工措施將地面水轉化地下含水層之地下水，以增加地下可用水源。地下水補注機制大致可分為直接補注、局部補注與間接補注等方面。

地下水補注實施前，於工程技術規劃與階段，應考慮因子為選擇地下水補注區、地下水補注量評估方法及地下水人工補注技術與方法，以探討人工補注技術之適合性，因此地下水補注實行必須考慮合適的水文地質、補注地區之補注水源、補注水之水質與人工補注經濟性，以了解地下水補注特性與補注量，以及補注後引起環境衝擊。整體而言，地下水補注實施，不僅需要考慮水平衡力學與污染控制外，還須經由適當法規（包括法律、政治、經濟規劃）與管理評估（包括水文地質條件與補注技術層面），達到經濟效益與環境永續的目標。

一般人工補注設施以補注井（廊道）與人工湖（池）為主，且常兩者互相應用。地下水補注設施的配置，須視不同地區的水文地質特性、補注水源、地形等條件進行適當的調配，構築人工湖為一種含蓋水土資源開發、利用與保育之永續經營手段之一。人工湖興建之成功與否，除與人工湖之整體經營環境有關外，對於興建人工湖事前調查、施工之工程技術及構築後所造成人文、社會、景觀等非工程因素之衝擊亦是重要影響因素。建造後所產生效益，往往是多方面的，有如有效防滯、涵養水土資源、保護水源、維護自然生態環境等。影響人工湖地點選擇之決定受制於自然與人為因素、經濟條件、社會條件與政治條件等。

興建人工湖泊原則性需考慮排水面積的適合性、有效湖泊容積與最小湖泊深

度、排水面積之有效保護與景觀評估等。興建築堤式湖之工程技術考量則需評估：一、改良前之人工湖區域土層性質；二、所需改良之程度及其檢驗方法；三、改良之面積及深度；四、國內廠商之施工能力及以往之工程經驗；五、環境限制因素；六、工期與經費等。

在目前國內土地不易覓得，欲進行人工湖區構築，若以徵收方式進行，會負擔大量社會成本。在台灣西南部海岸地區或利用目前地層下陷區域、或利用河川沿岸公有地、高灘地，或都市公園綠地，或者於上游水源地等，進行構築一系列人工湖工作，為一種增加水資源可行方式。

一般而言，人工湖興建具有下列一種或多種功能效益：

- 一、可提供休閒遊憩之處，增加景觀觸覺，改善生活環境之品質；
- 二、促使生態環境體系多元化，建立或維持生態系統，以達自然界之平衡；在豐水與枯水期時可調節河川流水，使河川維持正常機能；
- 三、具滯洪池之功能，增加截留量，可滯流暴雨逕流，減少河川峰值流量，延後其尖峰時間，避免河川洪水氾濫，能達到洪災消滅之功效；
- 四、可擴大都市用水，引導都市化所導致之額外逕流量；
- 五、可增加水質自然淨化，控制水中污染物，提升水質，並可攔截泥沙，減緩河川水庫之淤砂，延長其壽命；
- 六、人工湖旁沿岸坡地種植被，減緩土壤流失量及增加水源涵養；
- 七、補注與涵養地下水源，保持地下水位穩定，可減緩下游地區地層下陷、海水入侵、地下水與土壤鹽化等；
- 八、可提供民生用水與工農漁牧業用水並提升經濟效益。

對高屏河流域豐水期地面水常因濁度太高而無法使用，若能於高屏溪上游地區（如美濃、高樹等地）實施地下水人工補注，配合河岸取水方式可有效改善水質濁度太高問題，平日進行河川水質改善措施(如武洛溪水質改善等)，如此可提升高屏溪地面水利用率。因此綜合以上人工湖之效益，屏東大湖洲人工湖之設置除具備水源與地質之條件外，尤其對下游之東港、林邊與佳冬等水利署劃設嚴重

地層下陷地區，有直接且正面之效益，在此地是適合且值得推廣的。

陸、高屏溪流域水資源管理策略

如前述，台灣特殊的地理環境與自然條件及全球氣候變遷溫室效應之影響，再加上民生及工業用水量持續增加，因此使台灣水利事業面臨水資源蓄水設施抗旱能力嚴重不足、降雨量過度集中造成淹水、地面河川排水路水質污染以及嚴重超抽地下水造成地層下陷等問題，而針對這些問題，政府應以「永續水資源發展」理念方向為施政基礎，強化經營管理取代無限制開發行為，營造安全、生態、多樣的水環境與永續的水資源。

水資源經營策略，以管理需求導向替代開發供應導向，推動流域綜合治理，降低淹水災害損失；整體保育水土資源，維護水文循環體系；確保既有供水功能，提升水資源利用效率，強化調配機制及市場機能，推廣回收再生利用，促進水利產業發展；落實分區水源需求總量管制，節水措施，水源開發多元化，推動人工湖、雨水貯留、水回收再利用、農地造塘等，以穩定供應各標的用水；落實水岸環境改善，營造生態親水環等。

地下水資源管理目前主要在於合理開發、最佳利用與合適保育等三方面。一般地下水資源管理模式所須之考量之內涵，主要在藉由地下水系統之水量水質規律和管理決策系統，確定管理目標、管理範圍與管理期限後，使以一定形式來預測出系統響應能力，達到最優管理過程。對於以地下水補注作為管理決策變量而言，主要考慮在合乎地下水之水質標準下，補注地下水滿足水量與水位於區域上與時間上之分佈，防止地下水水量、水質與環境水文地質品質降低，避免地下水負面相關問題產生。

地面水與地下水聯合運用基本概念，在於豐水期間將多於地面水補注地下水儲存，待枯水期來臨時，即可運用豐水期間所存之地下水，亦即將地下孔隙視為地下水庫空間。台灣降雨時空分配不均，地勢陡峭，河川短，地面水來的快，流

失亦快，空間儲量有限。而地下水流速緩慢，但地下容水之空間廣大，在地面水源不確定性增高之情況下，如何遲滯地面水，增加地面水進入地下含水層之機會，為地面水與地下水聯合運用之關鍵。在台灣由於豐水期間地面水多，相對的地下水位亦高，因此在豐水期間於下游端，抽用地下水作為主要水源，造成水力梯度之增加，可加速中上游之地面水補注速率。另一方面，地下水在含水層之流動十分緩慢，並非補注後一、二日即流出含水層造成水源損失，其運動可能需要數個月至幾年才會由上游端進入下游端，因此可利用時間差，可藉以彌補乾溼季之地面水量，活化水資源之利用。

高屏河流域水資源管理策略，除配合地下水補注水作為水源，來進行高屏河流域地面水與地下水聯合運用管理，另外，可依高屏河流域上游、中游或平原地區與下游地區來考慮，由於上游為重要地面與地下水源供給與保育地區，應有效管理山區水量與維護水質，利用山區森林環境，配合水文地地質構造增加含蓄水源與淨化水質能力，以調節水文循環、保育國土及平衡生態系。中游或平原地區之水資源使用，則以屏東平原之扇頂地區為補注地區，利用平原中低窪地為滯洪池，滯留豪雨洪水，減低氾洪淹水，並透過地層過濾水源，進行適當的污水處理方法，使用漁業養殖排水，農田灌溉尾水及都市廢水做為再生水源補注地下水。在下游地區則可利用原水或再生水，配合天然與人工補注工法，減少海水入侵與土壤鹽化之威脅，降低地層下陷的危害。

雖然地下水補注可增加提供地下水，然而其仍有多方面臨之挑戰與解決：

- (一) 地下水補注之時間與空間變化：地下水補注量的估測方法雖然很多，補注量之決定仍存在相當的天然與人為不確定性因素，且地下水補注之後，其流向與流速無法確定，導致補注效益難以評估。
- (二) 補注水質與補注效率：無論採用地面設施或井設施來補注，有水質、懸移質堵塞與長期水質之變化趨勢監測與建立保護措施等問題需解決。
- (三) 都市發展對地下水補注工程設置與生態之相互影響。
- (四) 高屏河流域地下水與地面水取供調配經營管理：除增加地下水庫存外，合

理且有效之水資源運用操作模式尤為重要，地下水抽補水操作機制與地點之選定，與地面水聯合調配等方面，皆須審慎考量以維護地下水環境。

柒、結語

因應高屏溪流域水資源問題，透過丁澈士教授對大潮洲地下水人工補注湖之論述以尊重自然治水供水理念與地下水人工補注等概念，是值得肯定的。本人就高屏溪流域水資源面臨問題，地層下陷環境問題與解決，興建人工湖工程規劃與興建技術建立等議題提出看法。高屏溪流域水資源面臨問題包含水量與水質之要求管理提昇、供水穩定度不足、輸配水系統效率低、水源調蓄能力不足、全球氣候變遷、水權問題、流域整體經營管理與治理、落實中央與地方水利事權分工及溫泉水之管控等九點。關於高屏溪流域地層下陷環境問題與解決，除提出中長期之改善方式之外，本人亦提出地層下陷區因應氣候變遷條件下之水資源調配架構以供參考。於高屏溪流域開發人工補注湖，其兼具多功能效益，若能於高屏溪上游實施地下水人工補注，配合河岸取水方式改善原水濁度太高問題，平日進行河川水質改善措施，如此可提升高屏溪地面水利用率，對下游之地層下陷地區，更是有直接且正面之效益。然而，地下水補注仍有多方面臨之挑戰與解決，在此提供各界討論。

參考文獻

- 李振誥、蘇瑞榮(1998)，地層下陷現況與策略，台灣海岸何去何從--國際海洋年的
沉思研討會，港灣技術研究所舉辦，臺北國立台灣大學應力所，pp. 9-1-9-23。
- 李振誥(1998)，河岸與海岸人工湖興建技術，第十七屆近代工程技術討論會，中
國工程師學會舉辦，臺北，pp. 453-462。
- 李振誥(2000)，台灣地區地層下陷環境問題之防治及其保護措施，現代化研究，
第21卷，pp. 4-22。
- 潘文健、李振誥(2001)，屏東平原地下水人工補注效益之研究，新世紀水資源問
題研析與對策研討會，中華水資源管理學會第二屆研討會，D25-33。
- 陳忠偉、潘文健、李振誥(2002)，濁水溪沖積扇與屏東平原地下水合適出水量之
研究，台灣水利，第50卷，第3期，pp. 70-82。
- 鄭遠、王裕民、陳美惠、李振誥(2003)，屏東隘寮圳灌區地表水與地下水聯合運
用分析，農業工程學報，第49卷，第4期，pp.73-82。
- 陳仲賢（2005）臺灣水利產業之機會與挑戰，經濟部水利署第十四期「水利」。
- 陳美惠、李振誥、丁澈士(2004)，人工湖入滲補注之研究-以萬隆農場試驗場址為
例，第六屆地下水資源及水質保護研討會，9-16頁。
- 曾漢洲、李振誥、陳昭旭(2004)，地層下陷區推動設置人工湖策略及其效益評估
研究—以嘉義縣為例，第一屆資源工程研討會，3月25日國立成功大學舉辦。
- 李振誥、徐國錦(2007)，地下水補注評估與管理措施，工程，中國工程師學會會
刊，第80卷，第6期，pp. 80-99。
- 楊豐榮、李振誥、蕭富元、劉俊杰(2008)，隧道施工中地質探查-以曾文越域引水
隧道為例"，地工技術雜誌，第117期，pp.47-58，9月。
- 謝堽煌、陳忠偉、李振誥(2008)，即時供水管理決策支援系統建置，自來水會刊，
第27卷，第2期，pp.1-13。
- 水利署網站(2009)，<http://file.wra.gov.tw/>。

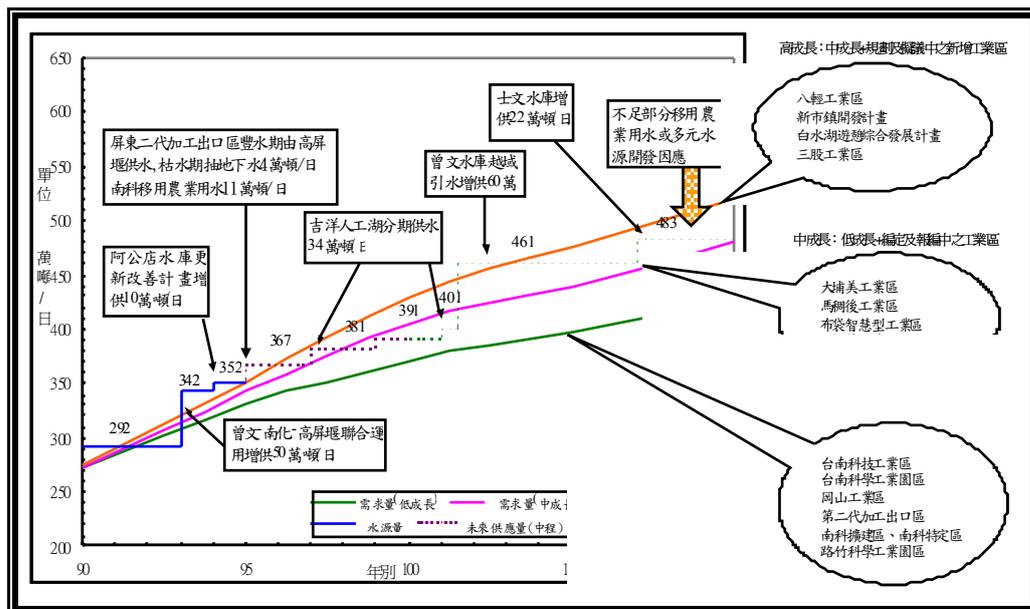


圖 1 為台灣南部地區水源供需未來成長所需比較圖。經濟部水利署第七河川局 (2004) 高屏溪治理簡介。

表 1 民國 90 至 97 年地層下陷最大累積下陷總量及持續下陷面積比較表

地區	最大累積下陷量起算年份	90 年度		91 年度		92 年度		93 年度		94 年度		95 年度		96 年度		97 年度	
		最大累積下陷量(㎝)	持續下陷面積(km2)														
台北	39	2.10	0	2.09	0	2.10	0	2.10	0	2.10	0	2.12	0	2.11	0	2.11	0
桃園	86	0.075	0	0.086	0	0.0865*	0	-	-	-	-	0.13	0	-	-	-	-
宜蘭	73	0.40	0	0.42	0	0.43*	0	-	-	0.44	0.2	-	-	0.45	0	-	-
彰化	74	2.02	408	2.14*	-	2.20	357.3	2.29	368.1	2.36	263.4	2.45	278.3	2.49	225.6	2.52	214
雲林	64	2.10	-	2.15*	610.4	2.20	703.1	2.24	516.0	2.30	678.6	2.35	557.1	2.37	551.5	2.4	581
嘉義	77	1.24	-	1.29*	211.8	-	-	1.34	268.5	1.37	170.0	1.38	28.6	1.39	26.1	-	-
台南	77	0.80	294	0.80	-	0.84	34.3	-	-	0.9	27.5	-	-	0.92	0	-	-
高雄	76	0.22	-	0.22	-	0.23	0	-	-	-	-	0.23	0	-	-	-	-
屏東	61	3.20	4.9	-	-	-	-	3.22	7.4	-	-	3.24	0	-	-	-	-

註:1:表中統計資料係選取目前各縣(市)最大地層下陷累積總量之測點：台北盆地之北門測點、桃園縣之桃 26 測點、宜蘭縣之永鎮測點、彰化縣之西港測點、雲林縣之台西測點、嘉義縣之三江派出所測點、台南縣之北門測點、高雄縣之茄苳測點及屏東縣之埤豐測點。
 2:*代表參考地層下陷監測井之觀測分析資料。彰化地區參考西港國小監測井，雲林地區參考新興國小監測井，嘉義地區參考網寮國小監測井。
 3:持續下陷面積：年下陷速率超過 3 公分之區域面積定義為「持續下陷面積」，計算方法為將檢測區所有水準樁之高程減去前一期高程而得水準樁下陷量，再利用內插模式繪製等下陷速率圖，以 GIS 系統計算速率超過 3 公分之等值區域面積。
 4:累積下陷量及最大累積下陷量：計算某一特定期距內調查區各水準點之累積下陷量定義為「累積下陷量」，其中最大之點為「最大累積下陷量」。

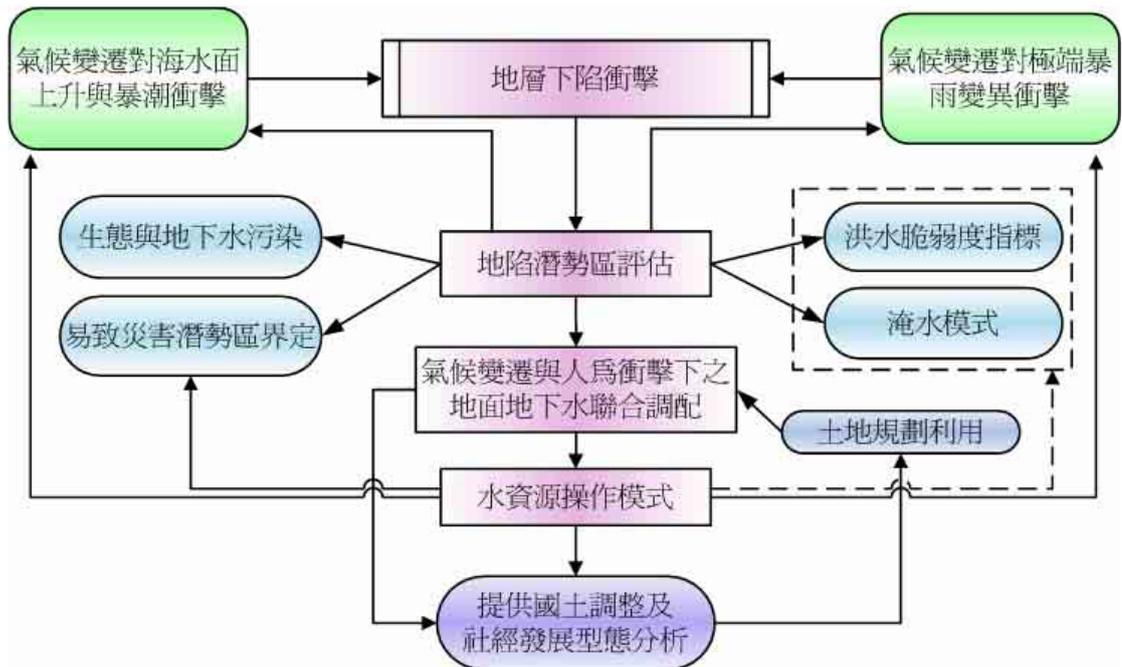


圖3 因應氣候變遷於地層下陷區之水資源操作架構

議 題 三：治水心思維—大潮州人工湖

與 談 人：葉欣誠

現 職：臺灣師範大學環境教育研究所教授

最高學歷：美國康乃爾大學環境工程博士

專 長：環境規劃與管理、環境系統分析、水資源規劃管理、
環境素養調查防災教育、永續發展指標、綠色大學

相關著作：楊朝仲、張良正、葉欣誠、陳昶憲、葉昭憲，「系統動力
學—思維與應用」，五南圖書，台北市，2007。

葉欣誠，「地球暖化怎麼辦？」，高雄市政府環境保護局
與新自然主義有限公司發行，台北市，2006。

李誠、朱雲鵬、林師模、李育明、葉欣誠，「福爾摩沙報
告書 2004」，天下文化，2004 年 12 月。

屏東縣治水新思維：回歸自然規律

葉欣誠

國立台灣師範大學環境教育研究所教授

中華民國環境教育學會常務理事

高雄市永續發展委員會委員

屏東縣環境教育輔導團顧問

國立台灣大學土木工程學系學士、環境工程學研究所碩士

美國康乃爾大學水資源與環境系統博士

E-mail: scyeh@ntnu.edu.tw

一、 人治水還是水治人？

「治水」一詞對於國人而言，已經是耳熟能詳的名詞了。由於台灣長期重開發而忽視水土保持與國土保育，再加上氣候變遷帶來的極端降雨事件日益增多，水患常在可預料或不可預料的地方與時機發生，前幾年納利颱風造成台北都會區精華商圈的大淹水即為一例。台灣的水患除了上述原因外，還有一個獨特的因素，就是因為超抽地下水而引起的地層下陷。因此，不僅颱風或梅雨季節的大雨會造成水患，有時甚至一場不起眼的午後雷陣雨或暴雨也會造成淹水；地層下陷區域的淹水可以延續月餘，自來水廠因泥沙入侵，可以數個月停止運作...。也因為如此，「治水」變成了民眾的呼聲、政客的口號，也成為無人可以反對或提出保留意見的標籤。「八百億治水」特別預算通過時，行政院僅提了再簡要不過的說明給立法院，立法委員一片罵聲，但也不敢延宕預算的通過。因為在台灣，「治水」不僅代表解決民眾的痛苦，也代表了財富的重新分配，有其奧妙之處。

然而，我們是否曾經想過為何是人來「治」水呢？地球誕生至今 46 億年，水便是地球上一直存在的物質，後來水更成為了生命起源的關鍵性媒介。在地球上，水一直依循著大自然的規律在循環著，以液態、氣態或固態的樣貌在不同的時間與空間出現，醞釀了目前地球的相對穩定氣候與如此豐富的生物多樣

性。而「人」呢？直到二百到三百萬年前，人類才在地球上出現。從以前到現在，人類的居住地多傍水而成，也顯現出水對於人類生活的重要性。若以先來後到的觀點來看，我們現在所看到了水造成的各種災害，事實上是人類侵入了水原來行走的路徑，或是人類的行為改變了水依自然規律的時空分佈，才會發生的。或是說，人事實上受制於水，但因為人口過度膨脹、物質需求擴大，讓人類需要更多的水，且佔據或約束了更多的水路，造成水對於人而言造成更大的禍患。

然而，作為生物界的一個族群，且是地球上目前的優勢物種，人以經習慣以自己的立場為中心思考各種問題。於是，「水」變成了一種材料或工具，需要妥善運用與管理。我們小時候都讀過「大禹治水」的故事，知道應該大禹的父親鯀以圍堵的方式無法解決水患，反而造成更大的問題，而大禹以疏導的哲學設計工程，並且三過家門不入，經年累月地勤奮工作，終於成功地「治水」，也因此因當了領袖。

「山海經」的最後一卷（第十八卷）「海內經」的最後，即以大禹治水這段故事作為結尾：

「洪水滔天，鯀竊帝之息壤以堙洪水，不待帝命。帝令祝融殺鯀於羽郊。鯀復生禹，帝乃命禹卒布土以定九州。」

這樣的故事深植在我們的人心中，讓我們清楚地瞭解幾件事情：

1. 水的問題自古就存在；
2. 水的問題是一件大事，且需要龐大的人力、物力、智慧與意志力才能解決；
3. 如果可以把水的問題解決，就可以一統天下。

因此，「治水」一詞其實是人類面對大自然的力量奮力求生的一種工作。若以更廣的眼光來看，其實是水在治人。人事實上無法抵抗自然的規律，所以只好用力「治水」。由山海經中所論述的大禹治水等故事的態度，也可以看出，在傳統中國思想中，將水視為自然現象的成分居多，人就算可以天神交往，但仍必須靠自己的智慧與努力解決水所帶來的問題。在西方基督教世界的傳說中，

大洪水是上帝對人類的懲罰，讓世界重新開始。這些傳說有共通點，也有相異之處，但均顯現了水在物理與治理二方面的力量。

二、 治水為治理之一端

自從人類在一萬年前邁入農業文明，定居下來耕種糧食起，水往往造成爭端之起因。英文中 rival（競爭、對手）一詞，源於拉丁文之 rivalis，意即「共用一條河」之意，因為河岸土地的所有者，經常是爭奪共同水源之對手（沃爾夫等, 2005）。由此可見，若未能妥善處理淡水的的使用與分配，極有可能引發爭端。正如 Mark Twain 的名言——威士忌好飲，水好戰(Whisky is for drinking, water is for fighting over.)。

跨界水域經常在賴其維生的社會間製造緊張。但是這些緊張並非孤立事件，而和更廣泛的因素有關，如國防、經濟發展、環境永續性等。中東地區水資源有限，水資源是非常敏感的議題。以色列總理夏隆（Ariel Sharon）在 2001 年論及 1967 年中東六日戰爭時表示，雖然敘利亞與以色列之邊界紛爭十分重要，但河水分流才是生死之爭。2003 年接受 BBC 訪問時又表示，一般人認為六日戰爭始於 1967 年的月 5 日，然而事實上應該在此之前兩年半便展開了，那就是以色列決定以行動反制約旦河分流計畫之時（Kupchinsky, 2005）。

然而，證諸史實，以及近代的發展，可發現並沒有發生「水戰爭」；水會引發的衝突，通常是在國內層級。這是一個值得玩味的議題。為什麼人類競爭有限的水資源，不但沒有引起國家間的戰爭，反而促進合作？且各國的合作層級、內容差別很大。其次，過去的經驗，是否能夠一直複製到未來？未來的條件和以往必定有所不同，是否在某種情況下，人類終將爆發水戰爭呢？

在一些全球性的大型組織、尤其是世界銀行和某些聯合國下屬機構，使用「治理」之頻率越來越高。其實世界銀行自 1990 年代初期便大量使用「治理」此一概念。時至今日，在這些全球性組織在處理有關發展之議題時，幾乎都是由治理的角度研究之。其實，世界銀行在刊物中經常提及「善治」（good governance）此一詞彙。引入「善治」是為了強調在發展時（尤其是東歐國家）與國家改革有關的政治敏感問題。與此同時，像國際貨幣基金（International Monetary Fund, IMF）等金融組織亦提倡善治之觀念，主因這些組織禁止處理政

治議題，而使用治理此一觀念可使這些組織涉入政治與社會問題，而不與相關之政府直接對立。在定義上，治理是相當技術性的術語，它是指夥伴們共同努力以促進投資與成長。通常改善治理就是指改革。

在永續發展的領域中已承認治理的重要性，但在水資源議題上，仍未予以核心的重要地位。事實上，「治水」乃「治理」之一端，且為成功治理某一國家或地方相當重要的因素。維持使用水的質與量的穩定，是政府相當重大的挑戰。我國將水利署放在經濟部之下，也彰顯了水資源的運用對於經濟發展與國計民生的重要性。

三、 治水的內涵與典範

由水利署規劃的牛埔溪、林邊溪與武洛溪的整治計畫中，治理原則與策略均大同小異，包括譬如「通水斷面不足」、「低窪地區內水排除不易」、「拓寬不易」等，洪水頻率的標準為以能通過 10 年重現期距洪峰流量且 25 年重現期距洪峰流量不溢堤為原則。隨著時代的變遷，目前的治水目標不僅限於改善計畫區淹水情況，也將維護生態環境、提升生活環境品質、確保自然資源之永續利用等納入考量。此外，工程僅能將洪患問題解決到某一個地步，在治水計畫中亦強調應配合洪水預警、避洪與防災教育等非工程措施，以減少洪災損失。

在這些傳統水利工程的思維與加入永續性考量的較整合性的作法中，我們不難發現，洪水平原的自然現象仍然沒有受到尊重。隨著過去人們生活圈的侵入與長時間人為環境變遷的結果，通水斷面因淤積而縮減，也因此形成區域性的低窪地帶，造成排水不易。此外，由於許多既定的人為建物佔領了河川地或洪水平原，就算以工程方法計算出理論的通水方式，但礙於人為障礙，仍然無法達成。因此，這些又傳統又創新的「治水策略」究其實並不符合自然法則。若以大禹治水時的邏輯來看，就是疏導洪水時無法搬遷或拆除地面建物，且無法遷徙當地居民。在已經艱難的環境之下保留許多人為限制，以系統分析的角度來看，難以找到最佳解或至少非劣解。

當然，目前地球的人口已經高達 65 億以上，台灣的人口更是高達 2300 萬人，人口密度高居全世界前幾名。洪水平原通常是農耕條件與交通條件較好的平地區域，自然聚集了更多了人。在無可奈何的限制條件下，我們以自然規律

為師，仍設法找出與永續的境界較為接近的其他整治策略。

地下水人工補助就是這樣的一種策略。一種策略的名稱中有「人工」二字，即已表示其基本上是一種非自然的治水策略。地下水資源是屏東縣的特色，值得充分利用。若能藉由工程規劃與設計，讓適當的位置成為一地下水庫，足以強化屏東縣的水量與水質的穩定性，則是一種符合資源善用原則的作法。然而，任何工程方法都必須要有許多條件的配合，也有一定的相應風險。地下水人工補助的工程本身是否有造成無法預期的狀況的可能，也是要一定考量的事情。

此外，屏東縣的水資源應用方面一直有一個沒有明確願景的議題，就是屏東縣是我國唯一自來水普及率低於 50% 的縣份。當然，有些民眾主張地下水水質良好，因此不需有自來水管網的鋪設。然而，以健康風險的角度來看，不論水源是地下水還是地面水，集中處理與配送仍是較為安全的方式。這樣使用水當然不是符合自然規律的方式，自來水中添加的氯在水中形成的三鹵甲烷具有致癌性，就是最好的說明。然而，這樣做的原因是為了降低用水被人為活動污染的機率，所以使用另一種人工手段解決人帶來的問題。

我們期待屏東縣治水有績效，地下水的人工補助也可以達成符合當初規劃目標的效果。屏東縣的自然環境優於許多西部沿海的縣分，自然的規律在這裡更為適用。可以期待的是，以自然為師的治理策略可以讓屏東縣更趨近於永續。

參考資料

阿倫·沃爾夫，安尼卡·克雷默，亞歷山大·卡里斯，杰弗里·達貝爾科。〈管理水衝突，促進水合作〉。在《世界報告 2005—重新定義全球安全》，世界觀察研究所編，曹建海，謝玲、鄧文華譯。石家庄：河北教育出版社，2005 年。頁 99-126。

Kupchinsky, R. 2005. "Water Could Become Major Catalyst for Conflict."

<<http://www.eurasianet.org/departments/civilsociety/articles/pp091805.shtml>>

議 題 三：治水新思惟—大潮州人工湖

與 談 人：洪輝祥

現 職：屏東環保聯盟理事長

最高學歷：東吳大學社會學研究所碩士

專 長：環境生態、社區行動

經 歷：屏榮高中輔導主任

屏榮高中教師會理事長

全國教師會私校委員會主任委員

治水新思惟一潮州人工補注湖

與談人：洪輝祥

1

師法自然

- 水是生命之母，在地面、在地下、在大氣中循環，滋養萬物。而人類只是物種的 **1/3000萬**
- 地下水的特性：是大地生態系統的血脈，是水循環中不可或缺的一棒，是特別地質與水文的產物。
- 河堤改變這一循環過程...

2

台灣地區地下水分區特性

賴典章、費立沅、江崇榮

- 屏東平原地下水區之水文地質架構受到古地形與構造運動影響，大致上為三層富水層間夾二層阻水層之結構，各水層均向外海溺谷延伸，因此各富水層均直接與海水連通

3

江崇榮、陳瑞娥

- 水利署估計，台灣地區民國78年至87年，年平均用水總量約181.3億立方公尺，其中由河川引水供應75.9億立方公尺(41.9%)，地下水抽用量62.8億立方公尺(34.6%)，水庫供水42.6億立方公尺(23.5%)；由此可知，地下水供水量為水庫供水量之1.5倍。地下水年補注量約僅40億立方公尺，正處於嚴重超抽狀態

4

吳銘志

國立成功大學 地球科學系

- 臺灣全區之地下水資源蘊含量約為**173.3**億立方公尺；其中，於平原區約為**48.6**億立方公尺，山區約為**124.7**億立方公尺。

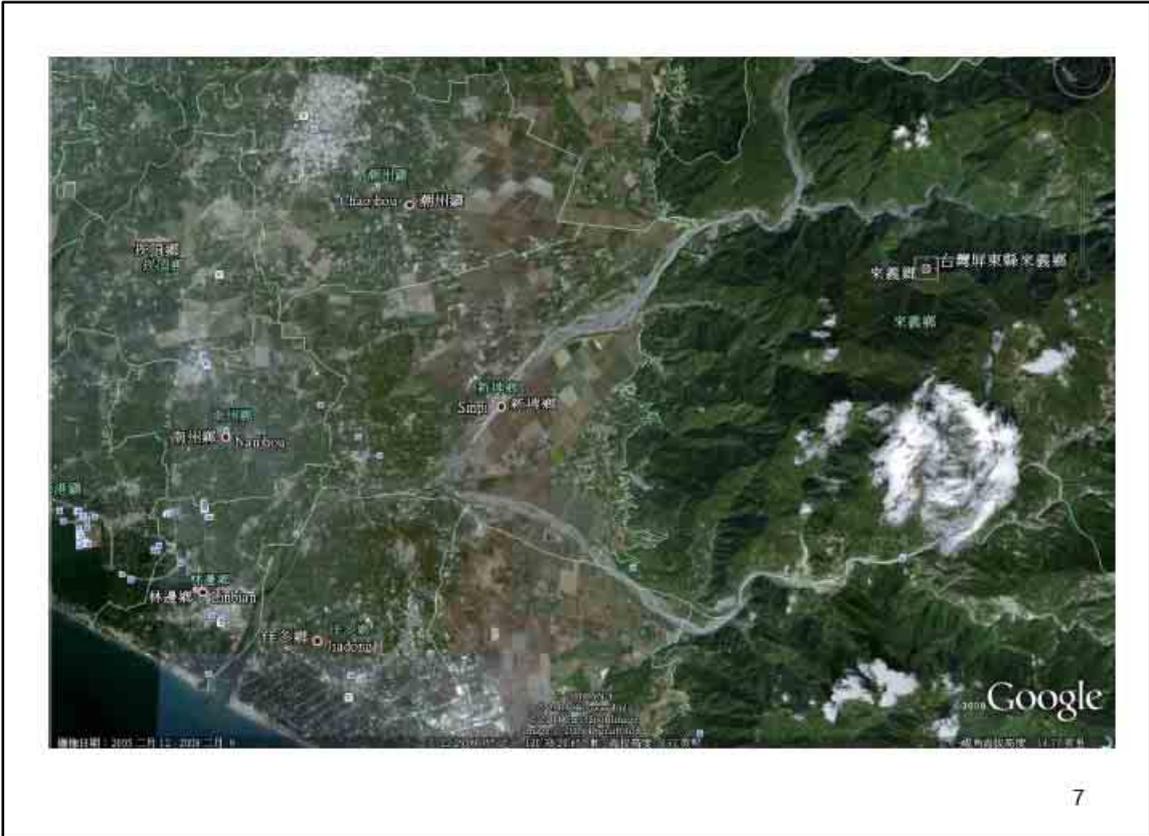
5

吳銘志

國立成功大學 地球科學系

- 表一 臺灣全區各縣市天然地下水資源蘊含量評估結果（單位：百萬立方公尺）
-
-
- 宜蘭縣市 268.86 1560.00 1828.86
- 基隆縣市 3.24 163.98 167.22
- 臺北縣市 394.26 2279.20 2673.46
- 桃園縣市 374.21 207.14 581.35
- 新竹縣市 164.17 440.39 604.56
- 苗栗縣市 303.64 401.77 705.41
- 臺中縣市 419.77 633.54 1053.31
- 南投縣市 310.89 1629.76 1940.65
- 彰化縣市 377.02 6.29 383.31
- 雲林縣市 313.70 14.70 328.40
- 嘉義縣市 131.28 210.56 341.84
- 臺南縣市 214.49 70.01 284.50
- 高雄縣市 279.22 644.38 923.60
- 屏東縣市 719.79 589.10 1308.89
- 臺東縣市 293.58 1390.68 1684.26
- 花蓮縣市 292.26 2229.79 2522.05
- 臺灣全區 4860.38 12471.29 17331.67

6



7



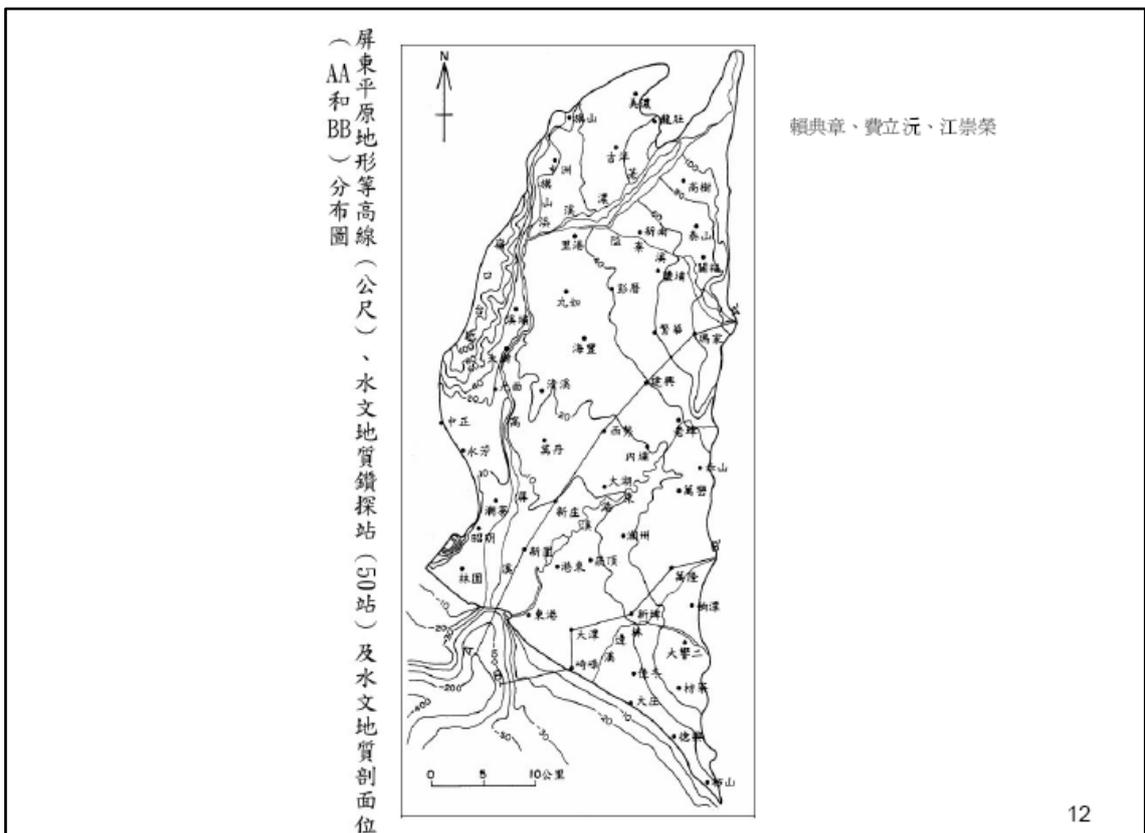
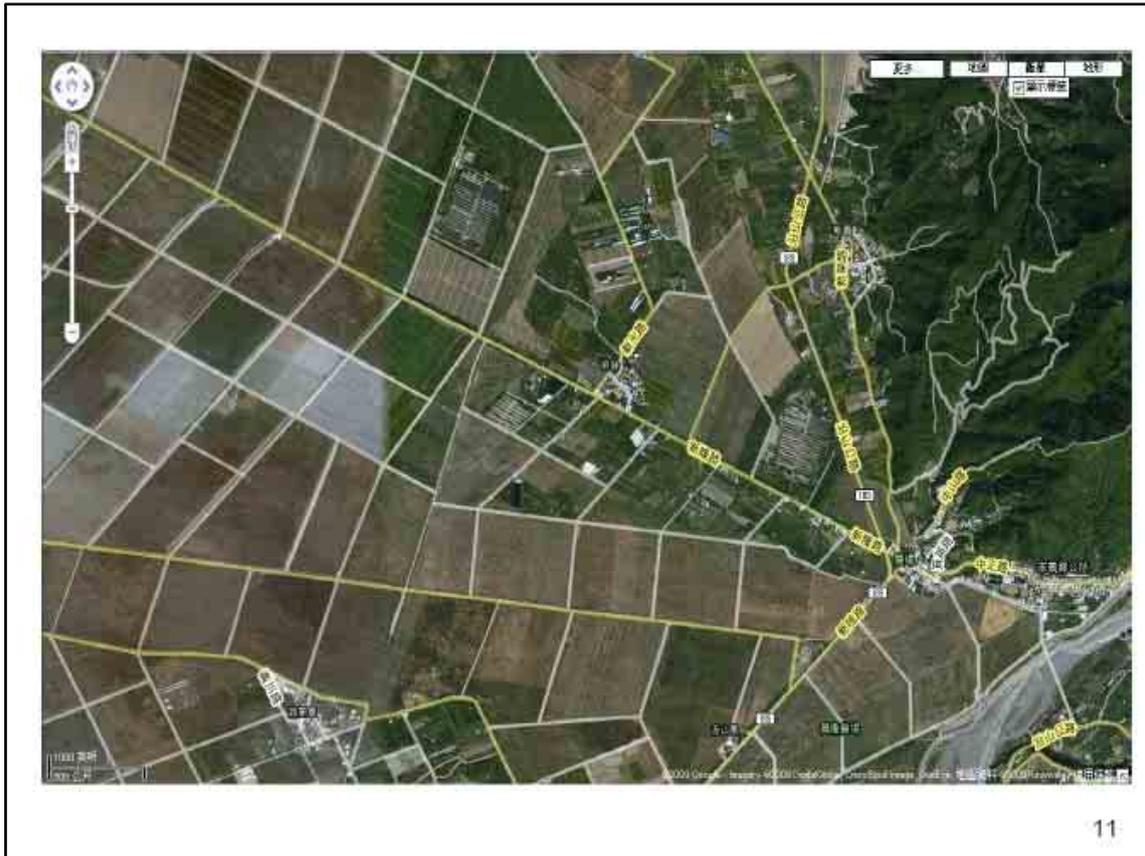
8



9



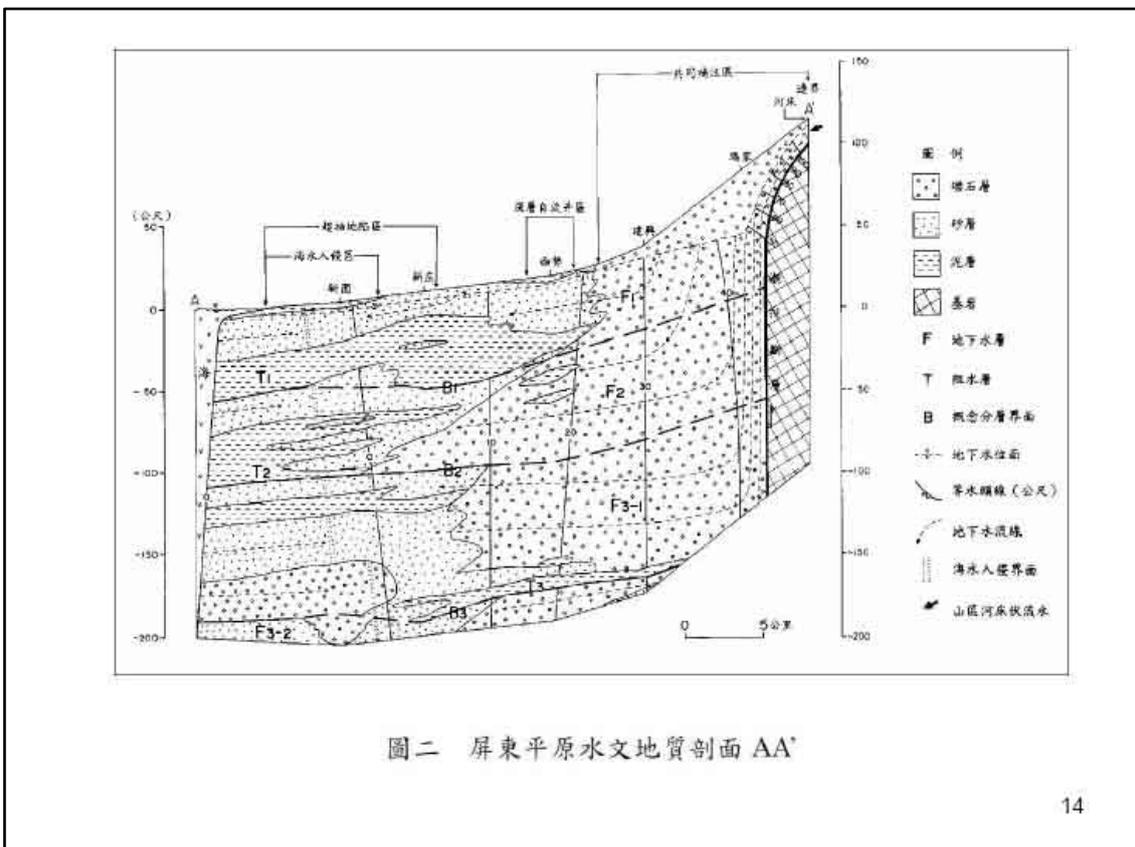
10





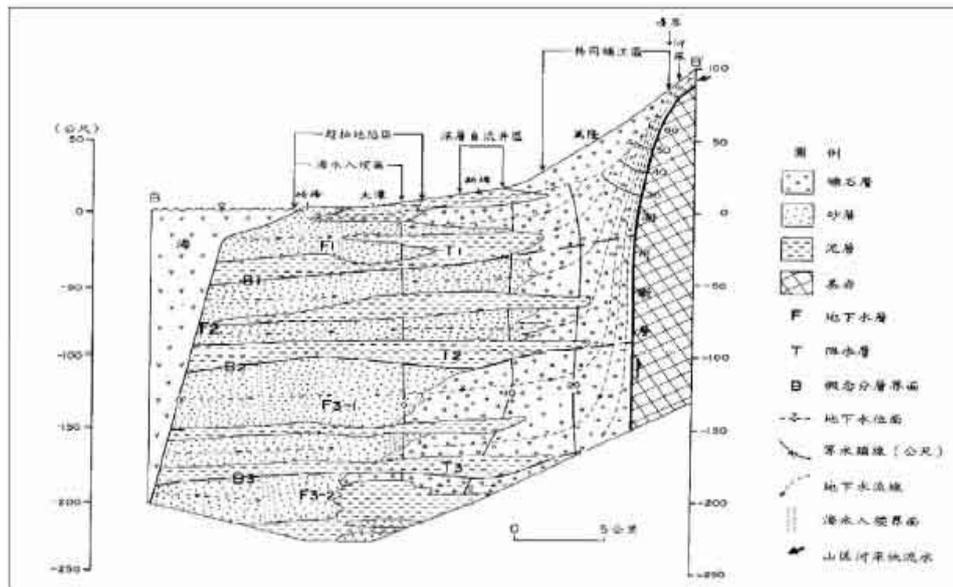
圖四 屏東平原地下水層一 (F1)民國 88 年平均地下水等水位線及地下水流線分布圖

13



圖二 屏東平原水文地質剖面 AA'

14



圖三 屏東平原水文地質剖面 BB'

15

表一 以氫氧穩定同位素質量平衡評估屏東平原地下水補注量在空間上之分配比率⁽⁸⁾⁽⁸⁾

補注區	面積		平原降雨 補注%	山區河水 補注%	合計 補注%
	km ²	%			
扇頂非受壓區 (主要補注區)	418.4	49.6	27	45	72
非扇頂非受壓區 (次要補注區)	424.5	50.4	28	0	28
合計	842.9	100.0	55	45	100

16

表三 屏東平原各區位 88 年至 90 年地下水年平均補注量統計表⁽⁸⁾

區位	補注區面積		補注儲蓄量		補注量	
	km ²	%	×10 ⁶ m ³	%	×10 ⁶ m ³	%
主要補注區(扇頂非受壓區)	418.4	49.6	1599.27	77.4	1600.87	77.5
次要補注區(非扇頂非受壓區)	424.5	50.4	463.35	22.4	464.98	22.5
非補注區(受壓區)	0	0	3.23	0.2	0	0
合計	842.9	100	2065.85	100	2065.85	100

17

表四 屏東平原各區位 88 至 89 年地下水年平均補注比率和補注量總表⁽⁶⁾⁽⁸⁾

區位	年補注量				面積	
	氫氧穩定同位 素質量平衡	地下水位 歷線分析	平均		km ²	%
			*10 ³ m ³	%		
扇頂非受壓區(主要補注區)	72	16.01	77	75	418	34
非扇頂非受壓區(次要補注區)	28	4.65	23	25	425	34
受壓區(非補注區)	0	0	0	0	393	32
合計	100	20.66	100	100	1,236	100

18



潮州地下水人工補注湖評析1

- 1.每年引水1.5億噸。累計十年才補注地下水資源涵養1億噸。(環境影響說明書5-15；7-21)效益不大。
- 2.比較二峰圳建好至今85年不花1度電，不花一毛錢(除了因採砂導致河床下陷6公尺，隄堰出露3公尺的不當政策)，每年持續出水5000萬噸以上，十年出水超過5億噸，本案尚需總經費76.8億(同上頁5-14)經濟效益不彰。

潮州地下水人工補注湖評析2

- **3.砂石係非再生能源，每一粒砂都來自山區的風化與崩塌。深挖15米的良田，有不可逆性，第一期要產460萬立方砂石，全期產700萬立方。對土地永續不利，且砂石建構物(RC)並不符綠色建築概念，實應大幅減用。**

21

潮州地下水人工補注湖評析3

- **4.對地層下陷的實質幫助不大：**
沿海地區地層下陷與海水入侵的主因係長期超抽受壓含水層所致。而本案的補注效應主要效果在於淺層的自由含水層。而受壓層的補注主要以來自高山的地層結構與壓力，才能對受壓層有好的補注效益。因此，對改善沿海地層下陷助益不大。
- **5.綜合評述：思維很新卻是舊工程手段**

22

議 題 四：治水與河川環境綜合思惟

主 持 人：溫清光

現 職：成功大學環境工程學系教授、余紀忠文教基金會顧問

最高學歷：成功大學土木博士

研究領域：工程統計、水質模式分析、水污染規劃

(Statistics , Water quality model, Water quality management)

經 歷：成功大學環境工程系(所)主任 (1991~1992)

美國康乃爾大學土木工程系、加州大學 DAVIS 分校土木工程系訪問教授 (1984)

議 題 四：治水與河川環境綜合思惟

發 表 人：楊貴森

現 職：屏東縣政府水利處水土保持科科长

最高學歷：交通大學碩士、中山大學海洋環境及工程學系博士候選人

專 長：水利及環境工程

經 歷：水利署北區及南區水資源局、屏東縣政府環保局

參與重要案件：(1)水庫集水區水土保持工程(2)台灣南部地區水資源
規劃分析(3)旗山溪攔河堰規劃設計(4)屏東縣垃圾處理場規劃設置及
營運管理(5)屏東縣屏南及屏北垃圾轉運站規劃設置屏東縣 13 處垃圾
場復育及綠化工程(7)屏東縣屏東市河川行水區垃圾棄置場移除計畫
屏東縣萬年河流域整治復育計畫(9)下淡水溪鐵橋屏東端週邊整體開
發計畫

治水與河川環境綜合思維

楊貴森

屏東縣政府水利處水土保持科科長

目錄

壹、前言

貳、整治理念

- 一、少一點灰多一點綠
- 二、生物多樣性棲地營造
- 三、休閒運動空間創造

參、屏東縣計畫案例概述

一、武洛溪排水改善工程

(一)背景說明

(二)工程執行

(三)預期成效

二、萬年溪流域整治

(一)背景說明

(二)工程執行

(三)預期成效

三、下淡水溪屏東端整體開發

(一)背景說明

(二)工程執行

(三)預期成效

肆、維護管理

(一)政府機關辦理

(二)推動民間團體參與

伍、參考資料

壹、前言

水之萬物，平凡而重要，水太多或太少都將給人類帶來災害，即淹水或缺水，而水循環之定律是不變的(如圖 1)，惟近幾年來受到全球氣候暖化及氣候變遷的影響，異常暴雨及颱風發生的次數更是頻繁且難以預測。

台灣地區年平均降雨量約 2500mm，而南部地區更甚且約 80%的降雨量都集中於 6 至 10 月間，由其颱風侵襲時於河川流域集水區上游，其單日降雨更超過 1000mm 以上已不足為奇，加上土地超限利用，讓河川治理困難度更加艱難。

然對於河川流域集水區治理一般都採上游水土保持，中游分、滯、蓄洪及下游排水及抽水，且僅以防洪排水安全為主要考量。但因近年來民眾生活品質的提昇，對於青山常在、綠水長流、魚蝦常駐、人類常遊之需求與日俱增，故對於河川治理需將親水休閒及景觀環境及生物多樣性納入考量方能滿足現代民眾之所需，故現階段對治水非僅對防洪安全要求而已，且對親水休閒、生態工法、環境生物多樣性需求日漸增加，而此需考量乃對水利工程師而言更是一大挑戰。

水利工程是一種對自然、休閒、景觀及安全深具影響的公眾事業，要成就優美永續的水利建設，提供人們舒適的生活環境，就需從「自然」、「生態」與「安全」並重的觀念思考，對集水區整體開發管理、對河川修復、對河堤多樣性構思、對水環境保護等均與人民生活空間環境的串連實屬習習相關密不可分，也惟有如此才能使水利工程與環境長久共生及永續。

貳、整治理念

一、少一點灰多一點綠

往昔河川治理多以混凝土構造物為保護工法的方式去執行河川整治，而忽略了原有綠色植生及環境生態系統的考量，讓河川變得了無生趣民眾不願意親近(如圖 2)。

河川治理在系統安全允許的考量下，應採用較不破壞河川環境原貌的近自然工法方式治理，如於河川常水位以上採加勁植生護坡工法(如圖 3)，於河川上游段採植樁植生護坡工法(如圖 4)及防洪植樹的方式，均可使堤岸環境綠化，創造出河岸綠帶廊道，而此都是有效減少灰色及增加綠色堤防比例的方法，對降低熱島效應亦有所助益。

二、生物多樣性棲地營造

生物多樣性環境簡單的說，就是能多一種野生生物出現在我們四周，也就是

多一份永續生存的希望，而經由綠帶、動植物、生物棲地及水等基本元素的結合，才能創造出生物多樣性的環境生存空間。

往昔河川以混凝土工法治理，使渠道造成三面光而無法透氣呼吸，且扼殺了生物棲地環境（如圖 5）。於河道中藉由跌水設施的變化及改善，可創造出『漪』及『灘』及『瀨』及『淵』之效果（如圖 6 至 9），讓水力停留時間增長，使河川產生自然曝氣增加溶氧量及增加水域面積及魚類棲息空間；並藉由濕地的設置可提供動物、鳥類及生物生存棲地空間，可創造出小型之生物生態系統，進而達到生物多樣性。

三、休閒運動空間創造

由於土地超限利用及都市化過度的開發，使現代人多活在鋼筋及混凝土的建築叢林裡，尤其在過渡工業化都市中已經很難有可達數十公頃以上大面積綠地的休閒運動空間了。

伴隨節能減碳政策推動下，自行車運動隨之風行，而屏東縣政府於曹縣長就任以來就積極推動無碳單車國道網，而本縣主要有八大系統（如圖 10）已陸續完成。其利用河川堤岸、河川高灘地、高速公路底下平面道路等空間串連利用，已創造出健康、永續、自然及拉近人與土地關係的大面積綠地、自行車道、濕地、林蔭道等可供休閒運動的空間。

參、屏東縣計畫案例概述

以下就屏東縣政府積極執行的武洛溪排水改善工程、萬年河流域整治計畫及下淡水溪屏東端整體開發計畫等 3 個案例作說明（如圖 11）

一、武洛溪排水改善工程

（一）背景說明：

武洛溪排水流域位於屏東縣之屏北境內，源於屏東縣鹽埔鄉，流經九如、里港、鹽埔、高樹、長治等鄉，其流域均屬平地，地勢由東北向西南傾斜，其平均坡度約 1/300~1/700，而河川平均比降約為 1/500，流域面積約 54 平方公里，集水區面積約 110 平方公里，排水路總長約 100 公里，最後於九如鄉與屏東市交界處匯入高屏溪。

流域內年平均氣溫約 25°C，相對濕度約 76%，武洛溪排水於枯水期流量約 5cms，豐水期最大流量約 20 cms，該區域地下水位平均約在地表下 3 公尺。

其土地利用除部分村莊、工業用地及公共設施外，多為農作，並以稻米、蔬

菜、青果、畜牧及水產養殖為主。

(二)工程執行：

於河道整治以通過 10 年洪水頻率及 25 年重現期洪峰流量不溢堤的設計原則下辦理，本次治理區域為由台 3 線九如橋往上游至東寧橋，全長合計約 3 公里。

將河道河面拓寬為 45 至 50 公尺寬，堤防高度約 3.5 公尺，邊坡採 1 比 1.5 方式設置，而堤寬腹地約 15 公尺含堤內排水渠道、自行車道、護坡、邊坡植草及植樹等區域，其整治斷面型式（如圖 12）且在兩岸設置自行車道長約 6 公里。

因該區地下水位高堤防基礎採預鑄方式施工（如圖 13）護坡堤岸採加勁生態工法施設（如圖 14），俾利後續生態多樣性環境棲地的營造。

本工程經費約 1.9 億元，於 96 年度底招商完成，並於 97 年度開始執行施工，預計於 98 年度底前完成。藉由武洛溪排水改善工程中利用堤防綠帶及自行車道設置，未來能經由此系統讓二高橋下之自行車道可串連至下淡水溪幸福左岸園區。

(三)預期成效：

- (1)安全的洪水防治，並解決九如、鹽埔地區淹水之苦。
- (2)堤岸結構物以近自然化工法設置，達到多綠少灰目標。
- (3)讓自行車道銜接水岸空間。
- (4)河川環境生態得以復育。
- (5)達到水環境棲地改善及遊憩功能強化等目標，作為本縣未來溪

流整治的方式及目標方向。

二、萬年河流域整治

(一)背景說明：

萬年河流域源於屏東市區域東北角，上游有崇蘭新圳及崇蘭舊圳流入，經中游歸來公館圳而穿越大連路與廣東路沿自由路南下，於新生里附近與殺蛇溪匯流後稱為牛稠溪，全長約 10 公里，集水面積約 850 公頃。

流域內有 2 大主要污染源，一是在迎春橋至牛稠溪橋之間直接排入萬年溪中下游之生活污水，另一是畜牧廢水由萬年溪上游崇蘭舊圳流經歸來公館圳，注入市區段的萬年溪而流向下游。因萬年溪沿岸廢水及生活污水直接排入，以致水質惡化到黑濁惡臭之程度，目前給民眾感受是一條髒、臭，讓人難以親近的河川，其水質屬嚴重污染河川 RPI 年均值約 8.5，由其枯水期更甚，使得萬年溪淪為『萬

年臭』之惡名（如圖 15）。

本計畫首要乃將 2 污染源截斷，但此將造成萬年溪流域在枯水期間河道成無水流情況，故本計畫重要工作除斷截污染源外，另一是讓乾淨水源挹注入萬年溪。計畫將引入 35,000CMD 乾淨水源注入，使萬年溪水質達到中度污染以下，其河川 RPI 值達 5 以下，讓其指標魚種鯉魚、鯽魚得於存活，使萬年溪活化讓其達到親水及生物多樣性的目標。

(二)工程執行：本計畫於 96 年至 98 年將執行七期工程。

第一期河道整治工程，於縱貫鐵路橋至公園橋間於河道內設置 8 座跌水設施，以增加水力停留時間，創造水域生物棲息環境空間，增加自然曝氣淨化作用，營造河道多樣性；於千禧公園內採木樁加植生的近自然生態工法，將河道邊坡不穩定部分予以改善（如圖 4 及 6 至 9）。

第二期水源工程，於萬年溪流域上游崇蘭舊圳及番子寮溪交接處以輻射井方式集取伏流水約 11,000CMD（如圖 16 至 17），及引取海豐老圳約 6,000CMD（如圖 18 至 19），合計約 17,000CMD 之 RPI 值低於 5 以下之乾淨水源，直接引入崇蘭舊圳（如圖 20）流經歸來公館圳注入市區段的萬年溪，以改善其水質、水量及生態問題。

第三期水環境改善工程於牛稠溪橋至復興橋間設置人行步道，跨溪穿越景觀橋，植栽綠化，帶狀公園，並以公共論談方式決定墩柱再利用方式，讓河岸景觀改善並提供居民散步休閒公共空間（如圖 21 至 22）。

第四期水源工程，萬年溪流域上游崇蘭新圳約 12,000CMD（如圖 23 至 24），將以圳路整治、水門整修及倒虹吸工設置等方式（如圖 25 至 26），將引取 RPI 值低於 5.5 以下乾淨水源，直接藉由崇蘭新圳導引，注入歸來公館圳後流入市區段的萬年溪本流，以改善其水質、水量、生態及親水問題。

第五期水源工程，利用萬年溪流域上游崇蘭舊圳圳路將武洛溪的水流量導引進入向台糖承租約 10 公頃土地，首先藉由長約 2 公里，寬約 2 公尺的圳路（如圖 27）作第一次沈澱後取中上層水，再進入長 250 公尺寬 30 公尺的氧化塘作第二次沈澱並加以曝氣增加溶氧量後，採自然溢流方式流進長約 4.5 公里的 FWS 自然渠道再將水質淨化，最後溢流進入生態池後將 BOD 及 SS 低於 15mg/L 以下約 6000CMD 的水量導入崇蘭舊圳後，流經歸來公館圳，再注入市區段的萬年溪（如圖 28）。

第六期生活污水截流工程，於人口集中之市區段萬年溪沿岸，從迎春橋至萬年溪與殺蛇溪匯流處止，計設置 11 座截流井（如圖 29），用以截取屏東市區約 13,900CMD 的生活污水，並透過既設污水下水道管線系統，將其導入本縣六塊厝污水處理廠處理，以斷絕萬年溪生活污水之污染源，並以確保由上游段導入約 35,000CMD 之乾淨水避免再遭受污染。

第七期水環境改善工程，將於民貴二橋至勝利橋間設置緩衝植栽綠帶、生態水池、廣場、人行步道、帶狀公園及景觀鐵橋（如圖 30），並將河道堤岸已近自然工法加以整治，讓民眾多一處可提高生活品質及休閒的公共空間。

(三)預期成效：

- (1) 改善萬年溪市區段水質，由嚴重污染降為中度污染為。
- (2) 恢復河川自然環境，增加魚類可棲息水域空間，並創造出生物多樣性。
- (3) 提高河岸居民生活品質、活絡河岸沿線經濟、環境改善、增加休閒運動遊憩空間。
- (4) 河道內創造出『漪』及『灘』及『瀨』及『淵』之效果。
- (5) 減緩水流速度增加水資源利用，並產生曝氣增加容氧量。
- (6) 改善調適區域氣溫上升及植樹綠美化營造綠帶及生物棲息環境。
- (7) 提高居民對河川環境保育的認知性，讓社區民眾參與河川維護。

三、下淡水溪屏東端整體開發

(一)背景說明：

下淡水溪屏東端整體開發區域即幸福左岸，其地點位於高屏大橋上游左岸之高屏溪與武洛溪匯流處屬高屏溪之高灘地，其整體區域範圍含概武洛溪第一、二期濕地、R6、R2、海星草原、河濱第一、二期草原等區域，合計約 60 公頃(如圖 31)。

於基地東側緊鄰 25 米機場西側聯外道路，並與屏東市凌雲新村、大鵬新村、慈恩新村及台糖農場接臨，北臨屏東機場，南接高屏大橋及屏東縣二代加工出口區，西邊緊臨高屏溪畔，整個區域其間有台糖新舊鐵路橋及武洛排水道貫穿越其中，而距屏東市區中心約 3 公里。

另環保署鑑於武洛溪污染狀況嚴重，於民國 92 年及 93 年經費補助經濟部水利

署第七河川局辦理完成武洛溪第一、二期濕地工程。

(二)工程執行：

關於下淡水溪屏東端周邊整體開發計畫行政院公共工程委員會於 96 年 1 月 16 日同意本計畫，並由水利署、營建署、農委會、環保署、文建會、體委會等中央各部會、署，就分項所屬業務予以經費補助，合計約 1.4 億元，其主要工程含海星草原工程、河濱公園第二期工程、道路橋樑拓寬改建工程、自行車步道及停車場工程、綠美化工程、鐵橋活化再利用工程、鐵路眷村周邊綠美化、喬木移植及濕地公園重整計畫等。

中央各部會署於 96 年 9 月份正式核定本計畫，於是本府考量在不影響高屏溪 200 年排洪安全情形下，以自然、簡單、好維護原則下對本計畫區內相關設施進行細部設計，並利用土丘、草、樹、水及石材等元素納入細設並減少混凝土使用，於 96 年 11 月份陸續完成相關細部設計，於 97 年 12 月份後相關工程已陸續完工。

本計畫其主要推動工程內容計有入口及節點廣場、大面積草原約 15 公頃、喬灌木植栽約 2 萬棵、生態水池、停車場、自行車道約 12 公里、觀景平台、鐵橋解說區、自行車引道工程 1 座及水質淨化濕地等(如圖 32 至 36)。

於幸福左岸內已完成設置一條可以暢通連貫全區域總長約 12 公里之自行車道，其從第一、二期武洛溪濕地感受生態水池及鳥類生物和動植物之多樣性，銜接到 R6 區域的大面積草原、水岸及鐵橋風貌，R2 區域之水質淨化教室，並體驗於海星草原及河濱第一、二期之林蔭車道、土丘、夕陽、綠地及火車觀賞，另可在觀景平台上觀賞軍機翱翔，成為腳踏車友享受自然風光及親子天倫樂的最佳去處及可感受何謂幸福屏東之幸福心境(如圖 37 至 38)。

另舊鐵橋除銹工程已完成，目前正積極進行騎上國家二級古蹟鐵橋的自行車引道工程(如圖 39)，其長度約 70 公尺，預計於 98 年 5 月底前完成後，將續向文建會爭取經費辦理舊鐵橋古蹟再利用，讓舊鐵橋上可散步及騎乘自行車，讓民眾及自行車能在二級古蹟上觀賞高屏溪之美，成為全國首創。

戶外水質淨化教學區域其面積約 9 公頃(如圖 40 至 41)，每天引取水質屬嚴重污染的武洛溪 4000CMD 水量，先經由初沈澱後再進入 FWS 系統後流入密植池及生態池，其水力停留時間約 4.6 天，經濕地自然淨化處理後其 BOD 及 SS 低於 10mg/L 以下，NH₃-N 低於 4 mg/L 以下，極具做為國中小學生戶外教學的教

育場所，並提供園區生物多樣性的棲息場所。

(三)預期成效：

- (1) 區域內已種植水柳、桃花心木、樟樹、南洋杉、欒樹、黃槿、鳳凰木、青剛櫟、黃連木、大葉欖仁、翠盧莉、...等多達 30 種以上植物，已創造出植物多樣性。
- (2) 提供國中小作為戶外教學示範區。
- (3) 人工濕地提供動物及鳥類及生物棲息繁衍空間，並透過入滲補充地下水源。
- (4) 在高灘地多元利用下已創造出觀賞夕陽鐵橋區、垂釣、攝影、自行車活動、鳥類棲息、假日親子活動等休閒活動之場所，達成恢復多元利用之目標。
- (5) 藉由河川綠帶、濕地、大面積綠地已建立「綠色網絡」。

肆、維護管理

(一)政府機關辦理

上述工程及計畫完成後，先期由縣府發包委託廠商維護管理 3 至 5 年不等，並配合政府擴大就業人力投入執行幸福左岸整個區域範圍的環境維護管理工作，後續將於上述期間屆滿前其能將此 3 工程計畫案，讓民間團體予以認養或委由民間企業經營管理，以減少政府財務負擔。

(二)推動民間團體參與

以結合地方社區與民間志工、協會及環保團體，形成休戚與共的夥伴關係，並藉由訓練當地民眾擔任解說工作，將愛護、維護、保護周遭環境的工作深植於地方民眾，進而提升住民生活居住環境品質，增進鄰里關係，而藉由團體的互動培養出愛鄉、護土的意識。

藉由引入 N.G.O. (如荒野、野鳥協會、社區發展協會等) 及民眾的參與來增加民眾對地方的認同感，此將可減輕公部門的工作負擔，而讓管理機制能得到永續。

藉由推動民間團體參與，預期將可達以下之功效：

- (1) 導入全民監督與參與概念，並利用民眾參與的機制，凝聚社區向心力。
- (2) 鼓勵社區民眾參與管理維護及教育解說，讓住民作為志工來

進行協助，並鼓勵企業或個人認養活動。

(3) 減少公部門管理維護工作及人力，及減少人為破壞的機率。

目前已有屏東縣九如鄉河川關懷協會願意認養武洛溪排水工程及萬年溪上游段部分區域，另本府將陸續邀請屏東縣萬年溪保育協會、濕地保護聯盟、荒野保護協會及鄰近社區發展協會來認養認養萬年溪及幸福左岸部分。

伍、參考資料

(一)行政院公共工程委員會 2004 生態工法案例編選集

(二)屏東縣政府 2006 下淡水溪鐵橋屏東端周邊整體開發計畫

(三)屏東縣環保局 2007 屏東縣下淡水溪鐵橋濕地公園重建工程細部設計

(四)屏東科技大學 2008 屏東縣政府財務總顧問 97 年度計畫

(五)屏東縣政府 2008 屏東縣萬年河流域整體整治計畫

(六)屏東縣政府 2008 縣管區排武洛溪排水系統規劃

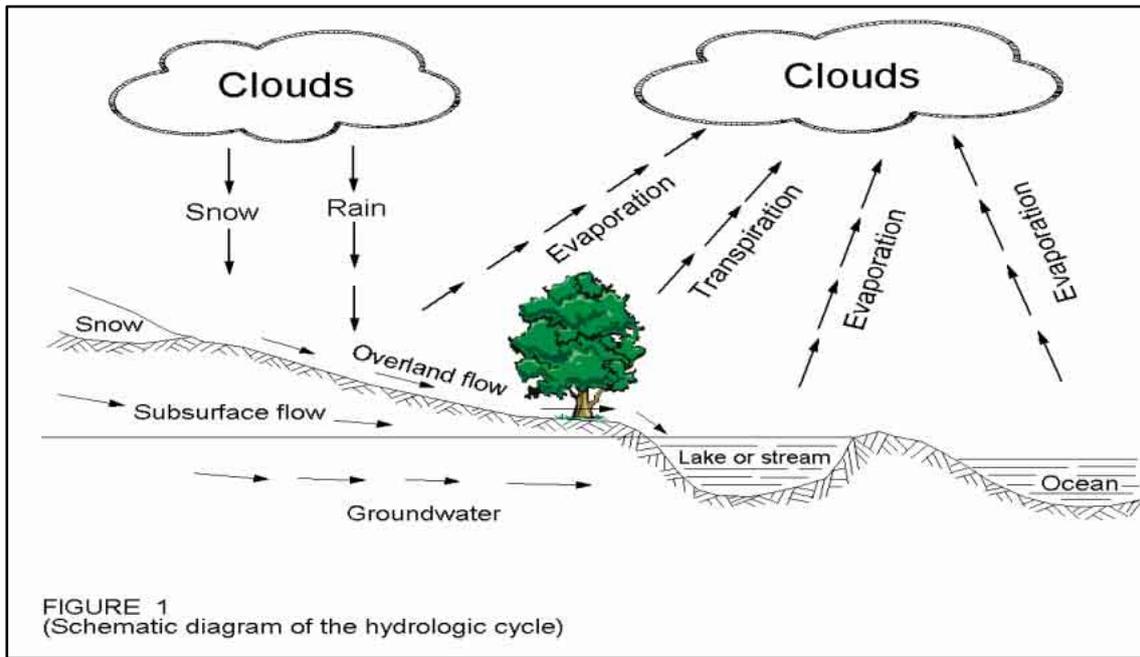


圖 1 水循環圖



圖 2 混凝土三面光



圖 3 常水位上採加勁



圖 4 植樁植生護坡工



圖 5 渠道混凝土三面



圖 6 河道改善後圖



圖 7 河道改善後圖

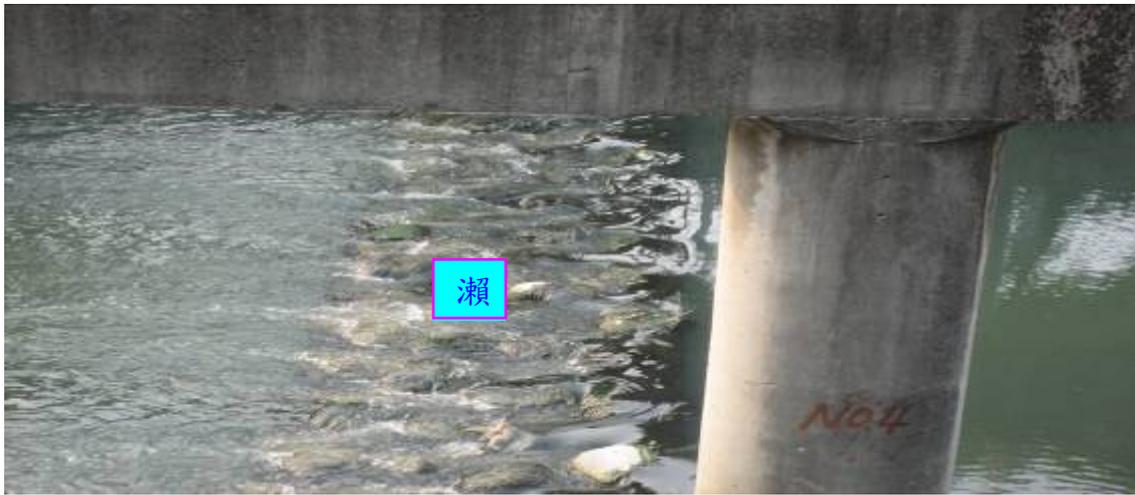


圖 8 河道改善後圖



圖 9 河道改善後圖

圖 10 屏東縣單車網圖



圖 10 屏東縣單車網圖

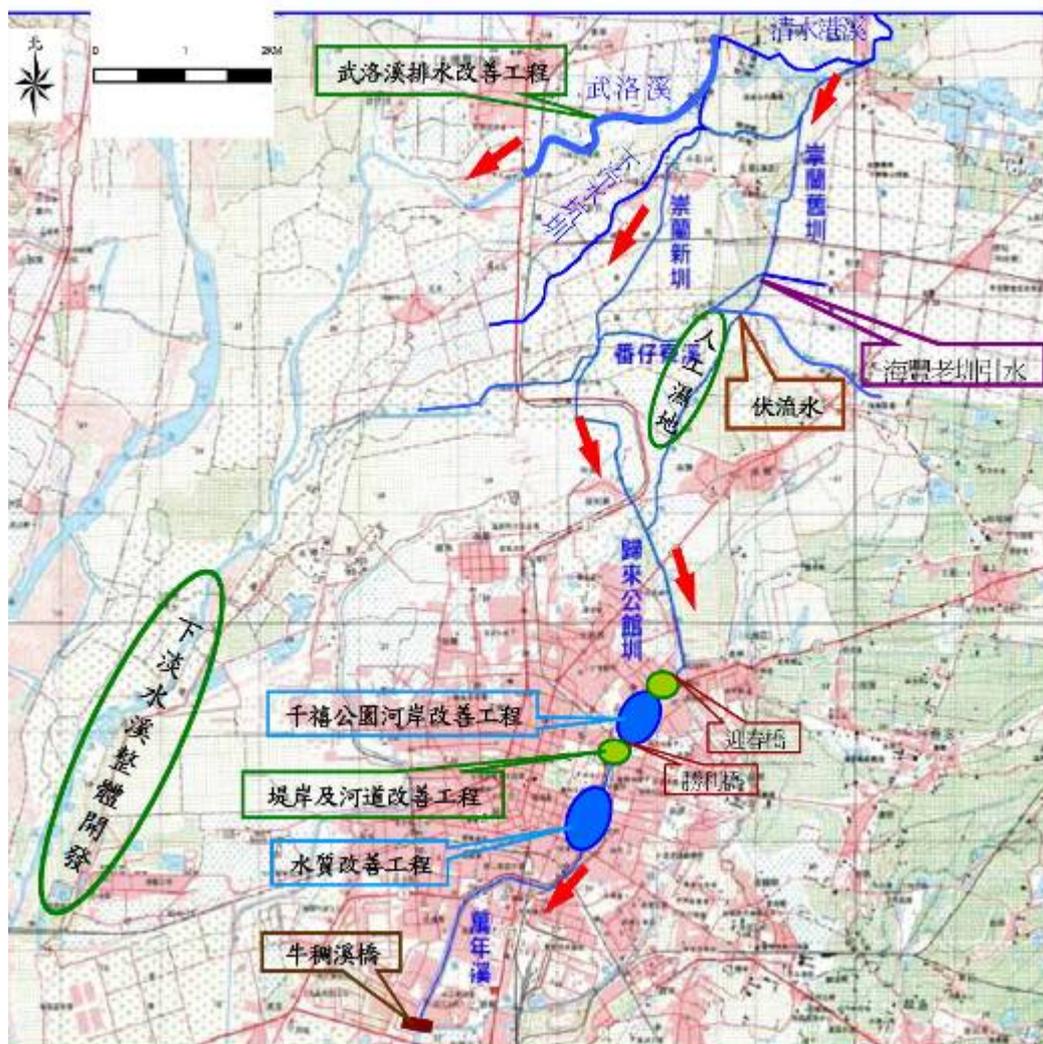


圖 11 屏東縣 3 計畫案相關位置圖

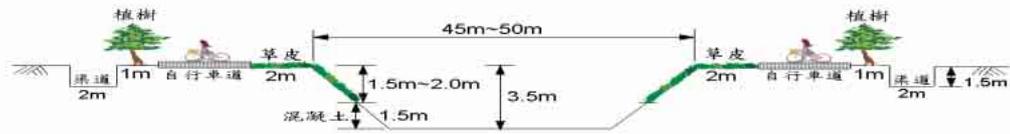


圖 12 武洛排水整治斷面示意圖



圖 13 預鑄塊安置情形



圖 14 加勁生態工法



圖 15 萬年溪受污染水質情形



圖 16 伏流井施設情形



圖 17 伏流井施設情形



圖 18 海豐老圳水源



圖 19 海豐老圳引水渠



圖 20 舊圳引水閘



圖 21 萬年溪左岸願景圖



圖 22 萬年溪左岸願景圖



圖 23 新圳水源頭



圖 24 新圳下游水源



圖 25 倒虹吸工管



圖 26 倒虹吸工設置處



圖 27 舊圳圳路渠道



圖 28 自然淨化區域位址

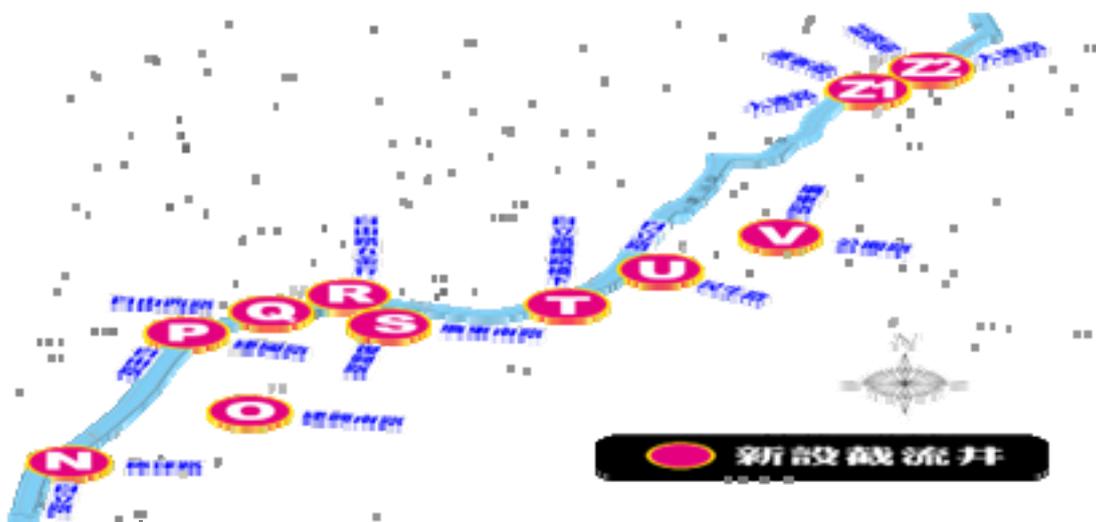


圖 29 新設 11 座截流井



圖 30 民貴二橋至勝利橋願景圖

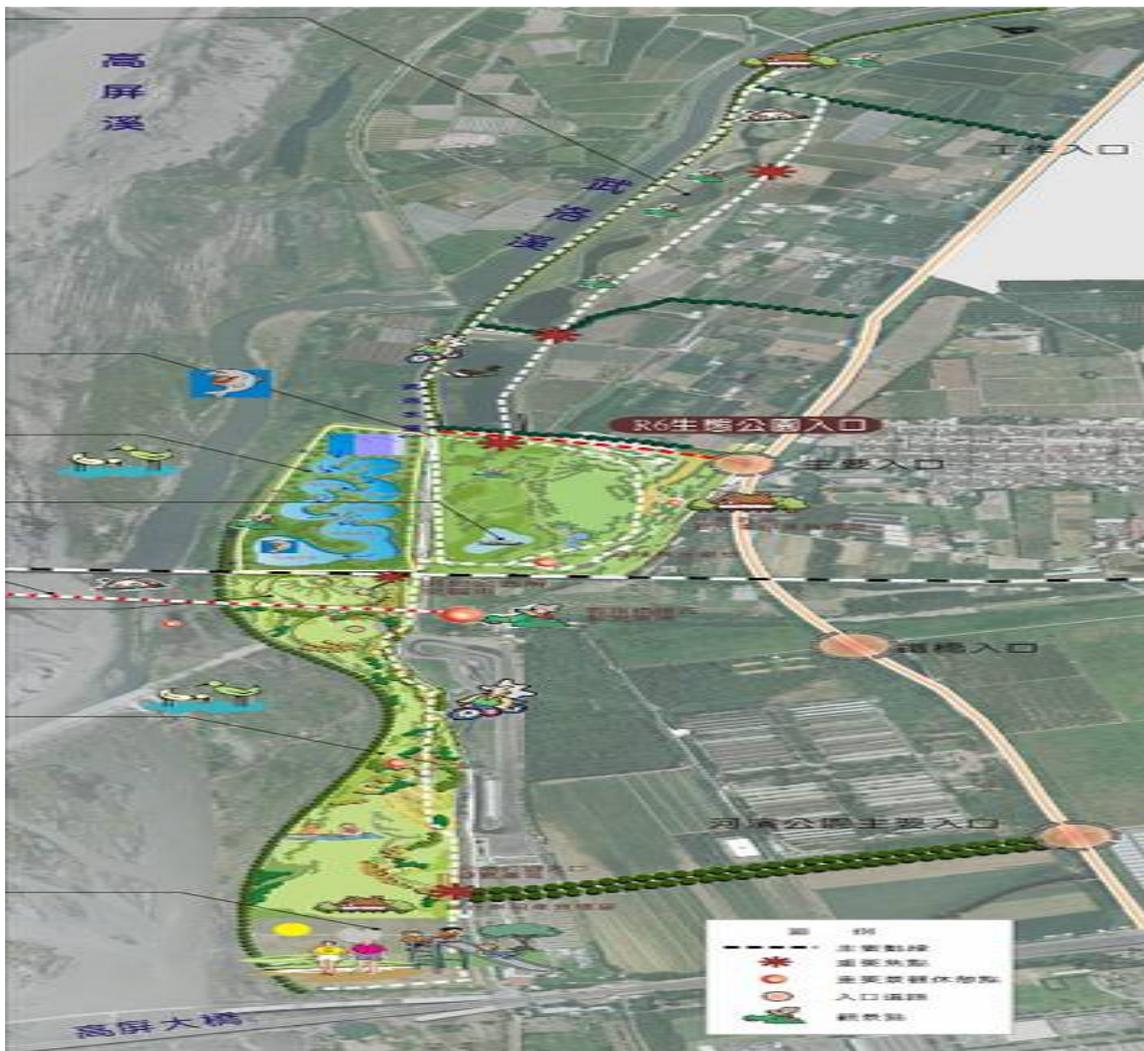


圖 31 幸福左岸區域圖



圖 32 幸福左岸停車場



圖 33 幸福左岸生態水池



圖 34 幸福左岸自行車道



圖 35 R6 內自行車道



圖 36 海星草原內自行車道



圖 37 大草原及自行車道



圖 38 武洛溪二期溼地



圖 39 自行車引道工程

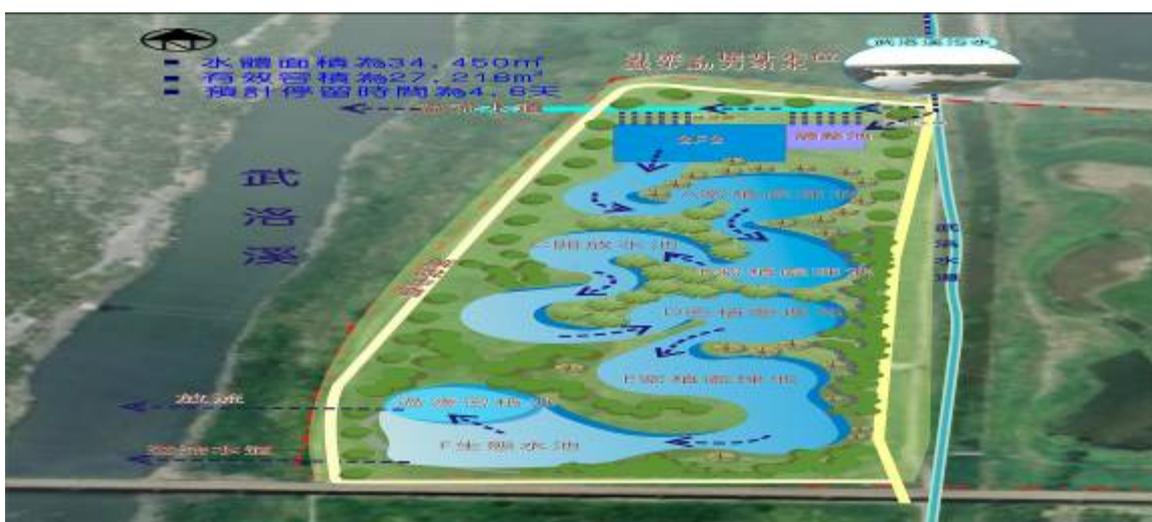


圖 40 水質淨化 R2 區示意圖



圖 41 R2 溼地

議 題 四：治水與河川環境綜合思惟

與 談 人：林欽榮

現 職：交通大學建築研究所教授兼高雄市都發局長

最高學歷：美國麻省理工研究（建築與規劃學院都市研究與規劃系—
都市與區域研究學程）

專 長：都市與區域研究、都市設計公共政策分析、社區與城鄉發
展、建築規劃與評論、地景與空間理論、文化資產保存

經 歷：交通大學客家文化學院人文社會系專任副教授
(Since 2007.07)

內政部營建署署長（借調）（2007.08~2008.07）

高雄市政府都市發展局局長（2006.12~2007.06）

高雄市政府工務局局長（2002.06~2006.12）

高雄市政府工務局代理局長（2002.05~2002.06）

高雄市政府工務局副局長（2002.01~2002.05）

新竹市政府都市發展局局長（2000.01~2002.01）

治水與河川環境綜合思惟：與談與回應

林欽榮

國立交通大學人文社會系/ 建築所 副教授

人類生活方式轉移到都市生活以後，為了保護農地、住居等生活與活動空間，便開啟了馴服自然界河川的企圖。尤其從前半世紀以來，仗持著工程科技的進步，人類對於規制、馴服大自然的野心，越發無節制。在台灣，我們一再看到政府的都市計畫對於「防洪計畫」既是忽視也包含蓄意的無知。於是河川的行水區域不斷被建築開發或公共工程道路佔用（當然，亦有非都市計畫所允許的違佔建戶，採以蠶食鯨吞的方式，竊據河川之行水區域，而又無政府部門之迅速取締與拆除），企圖以自認可行的人為堤防工程約束河水行經之區域。一旦洪水來襲，更由於數十年來全球氣候之遽變，時有超大豪雨傾盆而下，人為的工程卻往往不敵自然的反撲。於是乎，在台灣年復一年堤防潰堤，不曾淹水區域也開始遭洪水猛獸之吞噬，救災與防災的事件不斷重複上演。

整治一條河川的防洪治理，需要以河川流域來做整體考量，且因應上、中、下游不同區段與地理形勢、功能等情勢，有著不同的防洪治理方式。從古早的文獻載記至累積的經驗，一再提醒我們在河川防洪治理上，是有多種的工程方式來因應。至少包括「導洪」：即疏導洪流，治理河道；「束洪」：則是以堤防約束河水流經之區域；「分洪」：則如台北縣二重疏洪道、瑞芳員山仔分洪隧道；「蓄洪」：即是興建具防洪功能的水庫或是系列的滯洪池。除了上述的數種河川防洪工程方法外，早在1960年代起，在國外的城市空間治理上，即採行「避洪」措施，亦即廣泛認為是工程以外的另種防洪方法。當洪水即將來臨時，地區的人們即經由政府或是社區安全防護組織的洪水疏散系統預警下，立即撤離具有洪泛潛勢地區往高地避難處所，以避開淹水之災難。

從1960年代開始，「生態觀」的思潮興起，人們開始關心起棲息在河川及其周遭的生態。是故，河川整治的目標，便由只是爭取人類生活的空間，逐漸變為爭取人與自然生態共存共生的關係營造。而在台灣，無論是中央或者是地方層級政府部門，一向對於污水下水道系統建設都很少重視，也鮮少進行此項經常被地方民選首長所稱謂的：看不見的投資—污水下水道系統建設。

遲至1990年代起，無論在政府部門以及專業團體才啟動了致力於河川水質

的改善，期改變台灣的河川水質幾乎瀕臨死亡之困境，能重新對河川所應該擁有的生物生命的復育。然而，要能夠使河川污染獲得整治，尤其是針對都市河川污染整治的課題，事實上，最根本的治理策略，卻又必須要有：看得見的投資—污水下水道系統建設為依歸。

是故，自 1992 年（民國 81 年）我們台灣的政府開始陸續推動污水下水道建設，歷經 10 餘年來，全國污水下水道用戶接管普及率僅為 17.48%（截至 2007 年底止）。若台灣地區污水下水道建設無法普及，除生活環境無法改善，影響國內投資環境及國人健康外，台灣的河川也將很難有生態復育的機會。

2000 年起，台灣社會開啟對於城鄉溼地保育新的政策與認知，揭示河流與濕地皆孕育生物多元性價值亟需保育，並維護人們在城居生活條件所應擁有的親水性。是故，這也開啟了生態工法的新整治觀點。生態工法在河川治理上的強調是在一般工程上，營造出自然生態界的生物基本棲息空間；然而，生態工法亦是要求在安全考量下，給予各種動植物生長所必須之棲息空間、活動的環境形成。

當然，屢屢在颱風水患之後的台灣，「到底生態工法是不是有效的整治工程？」不斷地被提出質疑，這即顯示了對生態工法的基本運用原理與邏輯，相對與一貫強勢的鋼筋水泥壁岸、堤防工程的執行，有著差距。但終歸，後續更多案例實證之比較與分析，必然會給予出答案。但在「永續觀」的全球思維前提下，地球上所有的生物原都是生態平衡體系下的各個環節，唯有能與萬物共存共生，方能維護包含人類在內的萬物在「只有一個地球」的情境下，存續著「永續發展」的可能。

「河川」從國土從城鄉觀點，是一種開空間形式，也是一種環境地理形勢的呈現；除此之外，它更是蘊含生物生命棲息、生養、繁衍的生態場域，也同時是現代城市中可以讓公眾生活領域得以延伸，與自然接觸的資產。於河道加蓋成為停車場、綠地，或者是於河道上方加建高架道路，時有所見於台灣各個城市，也是近半世紀以來，台灣城鄉對應河川整治常有的治理慣性。甚至說，所有流經城市的河川在防洪治水安全為上的政策下，都被視之為是大排水溝，都市計畫單位的作為也就只得毫無主張地隨之配合編定為行水區或是溝渠用地。因此鋼筋水泥壁岸、堤防工程、排水箱涵的執行是唯一的選項。因而河川本質與面貌，便千篇一律是鋼筋水泥壁岸與堤防的邊緣形式所界定，或者變成是埋入於地表面下的鋼筋混凝土箱涵構工因此從市民的集體記憶中消失。河川一旦變成為一種毫無可能

讓生物棲息、繁衍的水道，便斷絕了城市擁有自然生態的品質，也斷絕了市民生活對大自然萬物共生與學習的機會。

近年來從我們也樂見在台灣的城市風貌經營，產生了一些好的城市河川治理的經驗，從冬山河在宜蘭為開端，又有新竹護城河的實踐，接續又有高雄愛河的驚豔等等案例的積累，都足以讓居住於台灣城市或鄉鎮的人們開始感受同時也理解治水與河川環境的重新經營，對於地方生態復育的重要性，同時對於地方意識的凝聚，甚至是地方經濟的發展都是相當具有助益。近期，屏東縣的『屏東萬年溪整體營造計畫』經由 98 年度「台灣城鄉風貌整體規劃示範計畫」競爭型計畫獲評選全國特優第一名的計畫已經正在展開；令人雀躍。看待也期待屏東萬年溪整治工程，一方面是件實質的治水公共工程，同時也是一件城鎮發展與河川整治相互整合的實驗計畫，另一方面這項計畫也必然是一項「重建市民與河流的環境倫理」的社會工程。社會工程的實踐，將會進一步考驗地方政府與地方民間社團組織與社區的互動與相互依賴信任的社會關係。也唯有地方願景的提出、好的計畫實踐能力以及好的地方公共治理才能保證這項河川整治工程的成功；必然，這些都需要屏東自己聲明是否已經準備好了？而且需要清楚回答的提問。

議 題 四：治水與河川環境綜合思惟

與 談 人：李永展

現 職：桃園縣政府城鄉發展處處長、余紀忠文教基金會顧問

最高學歷：美國密西根大學環境規劃博士

專 長：環境保育、永續發展、環境規劃

經 歷：桃園市副市長

中國文化大學建築暨都市計畫研究所教授

行政院國家永續發展委員會委員

文建會文化景觀審議委員會委員

農委會生物多樣性小組委員、野生動物保育諮詢委員

教育部社區教育學習體系推動委員會委員

台北市、台南市、嘉義市永續發展委員會委員

台北市、台北縣、台南縣環境影響評估委員

「治水與河川環境綜合思維」的回應 《以區域治理來治理水區域》

李永展

「屏東縣總合治水論壇」研討會

2009年4月22日 屏東縣政府

Water is the drive of Nature (Leonardo da Vince, 1452-1519)

壹、前言

根據聯合國環境規劃署在 2008 年底的評價，金融風暴及氣候變遷造成的天災所造成的生命損失，使 2008 年成為有史以來最具破壞力的一年。世界最大的再保險公司「慕尼黑再保險」及聯合國環境規劃署金融倡議機構合夥人估計，與天氣有關的大災難於 2008 年耗費約 2 千億美元，是 2007 年損失的兩倍以上(ENS, 2008)。易言之，氣候異常（包括毀滅性的洪水、嚴重的乾旱、暴風雪、熱浪及強烈冷氣團）替 2008 年寫下鮮明的註解，而北極的冰體體積降到有史以來的第二低也讓人觸目驚心。

有鑑於此，各種因應氣候異常的土地使用規劃構想及作法相繼出現，包括與水患共存（Living with Flood）、為水留下空間（Make Space for Water）、跨域治理、綠色大眾運輸導向發展（Green-TOD）、生態城市規劃、生態街廓營造及垂直農場等，因此，在全台各地積極投入治水工作的當下，應有更宏觀且具體的新思維。

貳、治水新思維

一、全民應有永續國土的共識

行政院經建會研擬的「具競爭力的『一點多心』」之國土佈局（經建會，2009）是否成為台灣國土空間治理的共識？如果是的話，那後續的治水方案便應有所呼應。「一點多心」的「一點」是指在全球競爭下，台灣在全球空間的佈局只是其中的一個節點（node），政府應該在這個體認下進行國土規劃、經濟建設及產業區位考量；而「多心」則是指台灣各個地區應有不同的區域結構及各自發展的特色，以建構彼此互相支援的多核心。

因此，建構在「一點多心」的空間結構下，治水應從區域政府（regional government）的思維轉變為區域治理（regional governance）的思維，強調除了應有跨域政府組織，更應有跨域的治理作為，所以應該和不同的公私部門及第三部門合作，發揮公私合夥（public private partnership）的合作機制，才能回應全球化的「一點」及地方化的「多心」，也才能真正體現「全球地方化」(glocalization)的思維。

在水區域治理的新思維下，下一步應有分期落實水區域治理的「路徑圖」(roadmap)，以 UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) 在 2007 年通過的「峇里島路徑圖」(Bali Roadmap) 為例，該路徑圖明確指出，將在 2009 年底訂出取代京都議定書的新協定，為 2012 年第一期承諾期後的行動架構訂定明確時程。而歐盟則在其 2007 年的環境部長會議中宣告，2020 年二氧化碳排放量將降至 1990 年排放水準再減 20%；2050 年全球溫室氣體排放量將比 1990 年降低至少 50% (經濟部，2009)。台灣在因應氣候異常時，也應具體研擬路徑圖，審慎訂出各個時期應有的願景、策略綱領及行動策略，然後再據以推動各項因應計畫及行動方案；地方政府也應在此架構下訂出因地制宜的路徑圖。

二、全球變遷應作為治水新思維的背景

在一個愈來愈熱、愈平、愈擠的地球下 (Friedman, 2008)，應將傳統的治水「三底線」(Triple Bottom Line, TBL) 轉變為納入氣候因子的「四底線」(Quadruple Bottom Line, QBL) (World Tourism Organization (WTO), 2008; Becken, 2008)。而在「與水患共存」及「為水留下空間」的思維下，從事治水工作時，如何實踐聯合國倡議的「綠色就業」(green job) 便是一個回應全球挑戰的具體作法。

「綠色就業」計畫是由聯合國環境規劃署 (UNEP)、國際勞工組織 (ILO) 及國際工會聯合會 (ITUC) 共同提出的，其目的在評估、分析及推廣相關環境政策，該計畫由政府、雇主及工會協調，希望能促進環境永續的就業機會以因應氣候變遷及金融風暴的嚴峻挑戰。而聯合國環境規劃署則委託看守世界研究中心 (Worldwatch Institute) 發表了「綠色就業：邁向永續、低碳世界的體面工作」之研究報告，要求世界各國關注環境問題並採取適當措施以因應人類面臨的嚴峻環境挑戰 (李永展，2009)；從「四底線」面向而言，治水工作便是創造綠色就

業的最佳範例，也是邁向永續、低碳世界的好工作。

三、必須納入台灣社經發展現況

治水的新思維必須納入台灣發展的現狀，包括少子高齡對產業結構、空間分佈及治水計畫的影響；高鐵及兩岸直航的「一日生活圈」（兩岸一日生活圈及台灣西部走廊一日生活圈）所形成的人口重份佈（集中在北／中／南三大都會區）對治水的影響；產業再結構（政府提倡的六大重點產業）與國土空間分佈的鏈結等。

從空間角度而言，未來治水應從國土層級，逐步推動到區域、縣市、鄉鎮、社區，才能真正從各個不同面向因應全球暖化所造成的治水問題。以北台八縣市的淡水河整治為例，應從流域範圍內上游到下游的跨縣市整治來思考，上游的大漢溪及石門水庫的整治勢必影響到中下游的新店溪及淡水河，而大漢溪的整治則受到宜蘭縣及桃園縣境內水源保護地區的水源保育及水土保持之影響。南部高高屏區域的結盟也是秉持著同樣的區域治理理念而形成，因此屏東縣的治水方案應納在高高屏區域治水的範疇內。

四、必須妥善管理埤塘水圳系統¹

長期以來，為加速經濟發展，政府不斷在各地劃設工業區及產業園區，再加上各種重大交通建設不斷投入，以及都市計畫區之擴大與變更，已造成台灣國土空間的四分五裂。而各縣市由於產業結構轉型，土地使用變更不斷擴大，造成各地地景的重大變遷，建成地區的擴張及道路系統的切割，使原本形成網絡系統之地景斷裂與破碎化，而重大建設計畫之環境影響評估仍疏於將埤塘水圳納入評估範疇。

目前都市土地及非都市土地分別採用都市計畫法及非都市土地使用分區管制規則加以管理，但兩者均未針對埤塘水圳的地景加以規範管理，僅以用地別或使用分區給予限制。例如非都市土地的埤塘水圳，用地別多為水利用地或農牧用地，少部分為甲種建地、養殖、林業或遊憩用地。其中，編定為水利用地，或受水利法管轄之埤塘（水利會灌區）規定不得填埋外，其餘相關用地之管理或變更均無明文規定。而位於都市計畫區之埤塘水圳，除了劃為公園綠地或特定專用區

¹ 本節修改自桃園縣政府（2008）。

等有明文規範外，並無特定之保存與管理規定。

此外，不同用地之計畫管理多分別由地方政府或中央各目的事業主管機關依相關辦法逕行審查核定，事權分散、無法可管，使埤塘水圳之保存更加困難。而國土計畫法（草案）仍在立法中，尚待重新調整現行之區域計畫、都市計畫、非都市土地使用計畫等內容，也未給予埤塘水圳系統保存之定位，使土地開發成為埤塘水圳消失的重要因素。

埤塘水圳的存在扮演著各種不同空間的功能，例如水資源涵養及滯洪能力可減緩或避免都市及山區洪災的發生；而埤塘水圳所發展出來的公園綠地、藍帶、綠帶系統，亦可提供緊急災難時的臨時避難所及緊急用水的來源。然而現行的都市及非都市地區之防災、避災計畫，仍未針對埤塘水圳系統進行妥適的規劃。

另一方面，台灣各地的埤塘水圳形成已有多多年歷史，不僅與當地生態環境融合，呈現出穩定的生態狀態，且扮演著不同價值的重要生態角色（如生態棲地及生態廊道等）。然而，生態環境是極具敏感性的系統，當穩定的生態系遭受外力干擾時，將影響相關的生態作用，較小的變遷或許可透過能量的重新分配與流動逐漸達到平衡，但過大的破壞將可能徹底改變整體生態系的機制，直接衝擊到原有埤塘水圳空間扮演的角色。

因此，如何改善埤塘水圳之生態，並藉以提昇其產業價值，同時兼顧水資源保育及社區居民生活的參與，實為埤塘水圳規劃管理之重要課題。未來於生態復育及相關工程手段規劃，應有妥適之規劃及維護原則，例如任何挖填行為均須維持水域總體積（蓄水量）不變，並維持原水文調節及排水、引水、輸水功能。埤塘水域及周邊動線規劃應配合地形地貌及現況紋理，減少水域及生態環境衝擊，同時依功能、定位，劃分不同層級之維修道路、自行車道、步道。埤塘周邊重要生物活動棲地與遷徙路徑應予以保留，並且避免動線穿越生態敏感之特殊區域（如水鳥棲地），而應改以局部接攘的方式進行配置，降低人為干擾。

而各地的埤塘水圳系統應遵從國土計畫、區域計畫、縣市綜合發展計畫、縣市景觀綱要計畫及鄉村綱要計畫的指導與整合原則。台灣各地的埤塘水圳作為溼地系統的一環，其獨特性與重要性在於每個埤塘水環境與歷史人文脈絡、在地產業生活與活動，以及居民日常生活利用息息相關，每個埤塘水圳同時連結著周邊

社群，發展出個別結合自然人文的獨特地景風貌。因此應關注於營造整體的埤塘水圳地景，將埤塘水圳系統（包括所在社區人文環境、灌溉之農田系統、農業地景、社區水資源利用範圍、周邊之農場、產業區等），同時納為完整計畫之一環，並發展出該埤塘水圳獨特之地景計畫。

而為了因應各地方小型、與社區緊密相連的埤塘水圳特性，可嘗試進行有別於專家數據系統之生態監測計畫，建議發展一種貼近日常生活行為的關注行動，作為發展民眾參與式的生態監測計畫。例如藉由推動埤塘水圳周邊地主對水質污染的看護；社區居民對於日常、原生動植物的日常觀察；埤塘水圳邊坡的維護等，形成在地力量挹注、永續發展之行動模式。

參、代結語

「上善若水。水善利萬物而不爭，居眾人之所惡，故幾于道。夫唯不爭，故無尤。」
（老子道德經，第八章）

全球各地的科學家紛紛提出警告，指出氣候變遷將造成糧食及水源短缺，引發社會動盪，甚至國際戰爭，而這些大災難可能於 2030 年降臨；科學家也警告各國政治領袖，再不搶救地球，將發生不可逆轉的災難。世界各國不僅須儘速釐清氣候變遷趨勢、了解社會崩盤的可能性、擬訂長期策略及因地制宜的解決措施，更須共同面對各項解決氣候變遷問題所帶來的挑戰。在全球氣候變遷會議紛紛召開及各種研究成果陸續出爐之際，政治人物是否能正視氣候變遷問題，不再以任何政治、經濟因素作藉口，全民都在關注。

Brown & Garver (2009) 曾指出，加拿大 Alberta 省生產瀝青砂 (tar sands)，不僅改變了地殼下各種物質之間的關係，也因為在抽取瀝青砂時會同時將石油抽出，因而影響到地表上的森林、河流、濕地及湖泊等。這些石油一旦被抽出，便形塑了空氣及水之間一系列永久的新關係，不只影響到生產地的 Alberta，而且當這些石油被應用到車輛、煉油廠及使用者的生產鏈之產熱廠 (heating plants) 時，也甚至影響到中國及美國德州；而當地原本水量充沛且用來滋養針葉林的 Athabaska 河也因此成為沒有生命的河流。

Brown 及 Garver 將這種關係稱為「錯誤的關係」(wrong relationship)，並將這種河流及森林的錯誤關係與三峽大壩及伊拉克戰爭相提並論 (Brown &

Garver., 2009)。他們呼籲應以「正確的關係」取代錯誤的關係，「正確的關係」提供一個引領人們關懷人類社會及所有生命的倫理觀，也就是永續發展的倫理觀，這個倫理觀在一個愈來愈熱、愈平、愈擠的地球上，更應在全球各地被廣為倡導。

台灣雖然不是聯合國會員國，但不應也不能漠視全球環境變遷議題，不同部門、不同組織應有相對應的策略及行動，從宏觀的國土規劃、水區域治理，到微觀的永續社區營造。治水的新思維及具體作法，勢必要同時考慮「全球思考，草鄉行動」；質言之，在全球思考的面向中，必須納入全球環境變遷的挑戰，而草根行動的具體作法則在融合社區民眾及地方政府，惟有此，才能在嚴峻的氣候變遷挑戰下，找出各個地方可能的出路。Aldo Leopold 曾指出：「如果作某件事能有助於保存生命共同體（commonwealth）的完整、彈性及美麗就是對的，否則就是錯的」（Leopold, 1949: 224-225），讓我們以正確的關係做對的事吧！

參考文獻

- 李永展（2009），「綠色就業：在低碳世界中實踐永續發展」，台北：環境資訊中心（<http://e-info.org.tw/node/41207>）（上網日期：2009/4/13）。
- 桃園縣政府（2008），《桃園縣 98 年度國家重要溼地生態環境調查及復育計畫——回復「千塘之鄉」、重現「埤塘之美」》，桃園：桃園縣政府。
- 經建會（2009），《國土空間發展願景及空間發展策略》，「國土空間發展策略規劃全國會議」，2009 年 3 月 25 日。
- 經濟部（2009），《永續發展與能源安全》，「98 全國能源會議核心議題」（<http://www.moeaboe.gov.tw/Policy/98EnergyMeeting/level/prepare/draft/%A5%C3%C4%F2%B5o%AEi%BBP%AF%E0%B7%BD%A6w%A5%FE%C4%B3%C3D%B3%F8%A7i%C2%B2%B3%F8.pdf>）（上網日期：2009/4/13）。
- Becken, S. (2008), "The UN Climate Change Conference, Bali: What it Means for Tourism." *Journal of Sustainable Tourism*, 16 (2): 246-249.
- Brown P. G. & G. Garver (2009), *Right Relationship: Building a Whole Earth Economy*, San Francisco, CA: Berrett-Koehler

ENS (2008), UNEP: 2008 Was The Year of Living Dangerously (環境資訊中心:「聯合國:2008年生存於危機中的一年」(<http://e-info.org.tw/node/40155>))(上網日期:2009/4/13)。

Friedman, T. L. (2008), *Hot, Flat, and Crowded: Why We Need a Green Revolution – And How it can Renew America*. New York: Farrar, Straus and Giroux.

Leopold, A. (1949), *A Sand County Almanac*. New York: Oxford University Press.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2007), *Bali Action Plan* (Decision 1/CP.13) (<http://unfccc.int/documentation/decisions/items>) (Retrieved on 2009/4/13).

Vertical Farm Project (2009), *2009 The Vertical Farm Project* (<http://www.verticalfarm.com/index.html>) (Retrieved on 2009/4/13)

World Tourism Organization (WTO) (2008), *Climate Change and Tourism: Responding to Global Challenges*, Madrid, Spain: WTO.

議 題 四：治水與河川環境綜合思惟

與 談 人：林朝成

現 職：台南社區大學校長

最高學歷：臺灣大學哲學系博士

專 長：道家美學、禪宗美學、中國佛學、環境倫理學

經 歷：成功大學中國文學系教授

成功大學中國文學系副教授

生活空間品質與城市公共衛生機能的規劃

-----回應「治水與河川環境綜合思維」

林朝成

台灣的城鄉人文空間發展，從歷史的墾拓脈絡來看，與河流流域的分佈息息相關。例如河口平原本身具備貿易渡口的優勢，有助於物品交易的貿易發展，因此工業化社會的都市城鎮，一般都是在河口平原發展起來，並且與交通網路的建置與周邊區域形成一定程度的依賴發展模式；到了中游則是已靠近內山、處於山丘陵地與平原接壤的地帶，此地區微氣候變化豐富，平原多由河域沖積的扇頂平原，有機土壤肥沃、生態系統多元，是形成農業發展重要的條件，因此此區域的農村往往都是台灣農業發展的重地；到了河流的上游源頭處，主要為高山針葉林地帶，亦是河流水源大部分的集水區，此區域的分佈主要為原住民的生存領域，生產力與生產方式和自然條件的影響更加緊密，但其在國家整體空間資源的配置上，卻也處於相對弱勢的地區，許多的城市污染或不受歡迎的建設，大多設立在這種地方，形成一種空間權力配置的面貌。

本案的位置是屏東市，角色上已屬中下游的人口發展較為密集的區域，同時也是屏東縣的縣治所在地，對於河流的治理上，更多的是著重於城市的區域排水和集中且大量的污水截流的問題，以下，則是針對河流整治的兩大主要目標：水量與水質，提出一些淺見。

「順勢而為」的生態工法

在過去生態工法常被誤解為只要「生態」不顧「安全」的工法，或是只要表面「綠化」卻不顧內部「結構」的化妝工法，尤其這些說法通常都發生在工程界的爭辯裡頭，儘管在土木工程界都知道任何工法都不可能無視力學結構的基本設計要求，否則頂多只能被視為暫時性的「假設工程」而非主體工程，但這種可輕易辨別的法則卻仍然在媒體的口水戰中，被唾沫渲染的一塌糊塗。

在國人生活品質漸漸提高下，對於自然保育及親近大自然之需求大增，就水利工

程而言，一般傳統野溪整治迷信水泥工程的作法頗受生態保育團體詬病，尤其台灣經歷過盲目迷信開發與建設主義的年代，生活在一片令人不耐的水泥叢林中，枯燥、單調、呆板的生活空間讓社會顯得沒有生命力。因此，在水患治理與生態保育間，近幾年整個台灣社會都在反省探索這一最佳平衡點：如何讓公共安全和生態環境之間，建立一種新的工程價值觀，生態工法則是目前在這方面具有較強之著力點。

依據國外生態工法河溪邊坡整治經驗及國內環境之高敏感性，對於傳統所採取之整治方式有必要做一全盤之檢討及必要之修改。另外，人類的科學技術應考量自然環境的永續利用，更應修正「人定勝天、征服自然」之心態，建立尊重自然、愛好自然，進而親近自然。因此，重新思考現今的整治措施與長遠規劃方向，且因應世界潮流之趨勢及國內整體環境因素，生態工法之推行是必行之方向！

因此，在這裡我們想要談的生態工法的概念，並非僅就工程設計上強調生態與綠美化的思維而已，這裡還包括了與自然地形地勢的順勢而為，基本上可說是遵循自然法則，使自然與人類共存共榮，把屬於自然的地方還給自然。以台灣山高水急但是平原又地緩水漫的特性，在平原地區城市的水患治理，主要面對的是水流漫淹的問題，因為平地的地勢高差很小，流速緩慢，在山區地勢落差大的地方所排出的急速流下的洪水，當流經中下游的城市的時候，已經滯留了大量水量並且以有限的流速向河口流去，此時對於河流排洪來說，爭取更多漫淹的地方延長滯洪時間或許將比擴大河川斷面要來的重要，否則就只是將河道變成滯洪池的一部份「積水成池」而已。另一方面，從墾拓歷史發展的角度來說，台灣許多土地本就由河流經年累月的不斷改道、漫流所逐漸堆積出來的平原，因此我們需要體認到「土石流」與「水患」本就是我們在台灣生存的主要自然課題，所以如何面對淹水存在的必要性，恐怕是我們在水利治理思維上需要調整的地方，因此，從生態工法的角度來說，有些地方在歷史上本就屬於河流洪泛地的洪泛平原，在治理上，我們應該優先考慮的應該是「土地管制」與「空間發展」的問題，也就是說：該淹水的地方就應該找地方讓它淹水！在不得已的層次上，才是考慮築堤束水的工程策略，但在違背自然水文的情形下，我們常會發覺該淹的地方硬是排洪的結果，成效往往會大打折扣，這才是生態工法理念給我們最大的反省之處。

當人類不可能重回石器時代的情況下，如何著手將人類活動所帶來的生態衝擊降至最低？重新回復生態系原有的風貌？成了現今城市發展的當務之急。在實際中如何追求生態與發展的平衡，唯有透過將包含人類與自然的生態系視為一個整體，也許才有可能得到較多的解答吧。

河域	發展型態	人口密度	地勢特性	河道特性	治理策略
上游	山地	最低	山高水急	水勢強易切割	水土保持
中游	農村	次低	地勢較緩	水勢緩易漫流	滯洪分洪
下游	都會	較高	地層下陷	排洪難易積池	人工排水

落實污水截流處理，不要水清無魚的假象

台灣目前已有六成以上的人口居住在城市裡頭，再加上如果地制法通過後，誘導各縣市的行政整併，預料將帶來更大人口聚集的趨勢，同時這種人口聚集的趨勢將集中在河流的下游城市，尤其是生活機能較為完備大型城市的更是如此。

人口的大量集中造成生活需求與污染源的大量生產，如何將這種大量集中生產的污染源作一適當處理，是一個現代文明城市發展的指標，這種指標，有一個非常容易辨認的對象：河流！任何一個城市幾乎都有至少一條河流經過，並且成為判斷該城市是否文明很好的要素，即使是一個暴起的新興城市亦然。在積極的創造高度經濟增長的同時，規劃城市未來公共機能的視野與發展潛力，河川的清潔度往往被視為城市發展成熟度的判准依據。一個被欣羨著有眾多高樓大廈的城市，儘管看起來美輪美奐，然而在不斷競逐比高的城市競賽的背後，如果沒有功能完善的排污（水）網絡，則隨後引發的城市公共衛生與污染問題，將影響整個城市的生活品質與衛生條件，嚴重的話將會導致一個城市的迅速衰敗，產生更多發展的問題。因此，有人說，促成一個大城市的出現的重要條件，其實並非我們眼中所看見的高樓或繁華街道，而是端看這個城市是否具備完整的地下（污）水道，與自來水網絡等基層建設的完備。

因此，本案對於屏東市區鄰近的幾條重要河流的整治，讓我們注意的是對於污水截流的作法，是否具備並合乎長遠的規劃遠光。基本上，對於民眾來說，要求一條乾淨的河流，不僅僅只是為了生活空間的品質要求，更重要的是整個城市機能對於公共衛生等基礎建設的完備性。污水截流並非將其引到其他看不到的河川排流，讓污染成為另一條河川的問題；然後從他處較乾淨的河流的水援引進來，讓原來的河川看起來變得潔淨，這種作法並非解決問題，而僅是將問題置換到其他地方。希望這只是因應現階段因為工程條件限制下的暫時性作法，長遠來看，一個城市本來就應該針對其廢水排除的管道末端，進行污水的處理和淨化後，在各種機質的含量都合乎環境自淨能力的標準下，才排入本身的河流當中。

對於一條河流的整治，潔淨是最基本的要求，河道兩旁的堤防空間具備生態綠美化的整治要求只是表現出城市的美感與民眾的美學程度，但背後真正的意義應在於整個城市對於公共衛生機能的長遠規劃與完備的設計。也許這才是一個成熟的城市發展的象徵。

屏東縣總合治水論壇--【與水共舞】論文集

著作及合作者：曹啟鴻、李鴻源、陳世榮、林盛豐、蔡長泰、張良平、
陳鎮東、柳中明、游保杉、丁澈士、李振誥、葉欣誠、
洪輝祥、楊貴森、林欽榮、李永展、林朝成

發行人：經濟部水利署、屏東縣政府、余紀忠文教基金會、
國立屏東科技大學

編 輯：丁澈士

出版者：國立屏東科技大學水資源教育及研究中心

地 址：屏東縣內埔鄉學府路 1 號

電 話：08-7703202

08-7740238

傳 真：08-7740409

E-MAIL：csting@maul.npust.edu.tw

初版一印日期：中華民國九十八年四月

印刷廠：