

行政院所屬機關出國報告

(出國類別：實習)

河川流域整體規劃實習報告

服務機關：經濟部水利署水利規劃試驗所

出國人職稱：副研究員

姓名：林志銘

出國地區：美國

出國期間：九十一年八月二十日～十一月十九日

報告日期：九十一年二月

65/
C09105597

公務出國報告提要

頁數: 54 含附件: 否

報告名稱:

赴美國實習「河川流域整體規劃」/河川流域整體規劃實習報告

主辦機關:

經濟部

聯絡人/電話:

/

出國人員:

林志銘 經濟部 水利署 副研究員

出國類別: 實習

出國地區: 美國

出國期間: 民國 91 年 08 月 20 日 -民國 91 年 11 月 19 日

報告日期: 民國 92 年 02 月 12 日

分類號/目: G5/水利工程 G5/水利工程

關鍵詞: 集水區(watershed),經營管理(management)

內容摘要: 摘要「河川流域整體規劃」實習情形，其中除在維吉尼亞大學土木系跟隨余嘯雷教授修習集水區環境水文相關課程外，並進行以下現場觀摩與實習，一、至馬里蘭州拜訪自馬里蘭大學退休之蔡住發教授，與其討論生態工法之相關主題並比較台灣與美國在生態保護上之異同。二、至維吉尼亞州首府里其蒙（Richmond）西南swift creek 水庫參觀其淨水廠設施，並至其現場觀摩其集水區管理與水質、水量監測情形。三、至華盛頓DC之美國環保署（EPA）拜訪楊仁泰博士，了解其業務及組織運作相關情形。四、至馬里蘭州哥倫比亞特區拜訪水處理局 (WASA)張建棋博士，由水處理局委託之管理技術顧問公司作相關業務簡報並參觀其污水處理廠區。五、至馬里蘭州喬治王子縣拜訪縣政府環境土木部門陳茂松博士，由陳博士作相關業務簡報並參觀集水區整治研究等相關措施。六、至匹芝堡大學拜訪邱照淋教授，與其討論集水區經營管理相關研究。七、至伊利諾香檳大學拜訪Edward E. Herricks教授，與其討論生態工法相關研究，並至現場觀摩實習。八、至加州洛杉磯大學拜訪葉文工教授，與其討論水資源整體運用相關研究，尤其是地表水之聯合運用與地下水補助之相關研究應用。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

河川流域整體規劃出國實習報告

摘要.....	IV
圖及照片目錄.....	II
一、前言及實習行程表.....	1
(一) 前言.....	1
(二) 實習行程表.....	2
二、各實習項目與其心得.....	3
(一) 生態工法之基礎研究—馬里蘭大學蔡住發教授.....	3
(二) 參觀 Swift Creek 水庫與其淨水廠.....	3
(三) 美國環保署 (EPA).....	11
(四) 馬里蘭州哥倫比亞特區之水處理局 (WASA).....	14
(五) 馬里蘭州王子喬治縣.....	27
(六) 集水區經營管理之基礎研究—匹芝堡大學 University of Pittsburgh.....	32
(七) 生態工法之基本研究—伊利諾香檳大學 University of Illinois at Urbana - Champaign.....	39
(八) 水源應用及地下水補注—加州洛杉磯分校 (UCLA) -..	42
三、成果檢討.....	42
(一) 河川生態工法.....	42
(二) 河川流域規劃與管理.....	46
四、建議.....	53

圖及照片目錄

圖 1 Swift Creek 水庫平面位置圖.....	4
圖 2 Swift Creek 水庫之飲用水處理過程.....	12
圖 3 佔哥倫比亞特區 1/3 之老舊合流式下水道系統分布區域 及其示意圖	16
圖 4 哥倫比亞特區合流式下水道系統污水控制計畫圖.....	17
圖 5 針對 Chesapeake Bay 協定 (1987) 地方擔當之環境 監護者角色	19
圖 6 WASA 利用結構式決策歷程建立共識之整體計畫圖.....	21
圖 7 WASA 之污水及污泥處理流程圖	22
圖 8 WASA 計畫中新污泥處理流程圖	23
圖 9 蛋形消化槽剖面示意圖.....	25
圖 10 WASA 計畫中蛋形消化槽佈置現場示意圖	26
圖 11 社區中傳統管路及水池集中控制之佈置示意圖.....	28
圖 12 社區中低衝擊開發(Low Impact Development)之佈置 示意圖	28
圖 13 馬里蘭州王子喬治縣 Somerset Flow 施作不同工法之 區域比較圖	33
圖 14 馬里蘭州之集水區復育行動策略之採樣調查位置圖 ...	37
圖 15 馬里蘭州王子喬治縣進行集水區模擬之 3D 數化圖	38
照片 1 Swift Creek 水庫之庫區情形 (1)	5
照片 2 Swift Creek 水庫之庫區情形 (2)	5
照片 3 美國集合住宅區之沉澱池設置情形 (1)	7
照片 4 美國集合住宅區之沉澱池設置情形 (2)	7
照片 5 Swift Creek 水庫集水區現場之水質觀測情形 (1) .	8

照片 6	Swift Creek 水庫集水區現場之水質觀測情形 (2)	8
照片 7	Swift Creek 水庫庫區水質受污染情形	9
照片 8	Swift Creek 水庫上游集水區沖刷情形 (1)	9
照片 9	Swift Creek 水庫上游集水區沖刷情形 (2)	10
照片 10	Swift Creek 水庫上游集水區沖刷情形 (3)	10
照片 11	馬里蘭州哥倫比亞特區之水處理局鳥瞰 (1)	15
照片 12	馬里蘭州哥倫比亞特區之水處理局鳥瞰 (2)	15
照片 13	馬里蘭州王子喬治縣 LID 綠地施作前 (1)	29
照片 14	馬里蘭州王子喬治縣 LID 綠地施作後 (1)	29
照片 15	馬里蘭州王子喬治縣 LID 公園施作前 (2)	30
照片 16	馬里蘭州王子喬治縣 LID 公園施作後 (2)	30
照片 17	馬里蘭州王子喬治縣 LID 停車場施作前 (3)	31
照片 18	馬里蘭州王子喬治縣 LID 停車場施作後 (3)	31
照片 19	馬里蘭州王子喬治縣傳統工法現場	34
照片 20	馬里蘭州王子喬治縣 LID 現場施作後 (尚未穩定)	34
照片 21	馬里蘭州王子喬治縣傳統工法之水量監測情形	35
照片 22	馬里蘭州王子喬治縣傳統工法之水質監測情形	35
照片 23	馬里蘭州王子喬治縣 LID 之水量監測情形	36
照片 24	馬里蘭州王子喬治縣 LID 傳統工法之水質監測情形	36
照片 25	現場調查前 Herricks 教授之解說情形	40
照片 26	現場調查情形 (以電魚方式補捉)	40
照片 27	現場捕獲之魚類 (未鑑定前)	41
照片 28	Herricks 教授針對現場捕獲魚類之鑑定與解說	41
照片 29	阿拉巴馬州田納西河之 Wilson 壩 (TVA 計畫之一部份)	50

摘要

「河川流域整體規劃」實習情形，其中除在維吉尼亞大學土木系跟隨余嘯雷教授修習集水區環境水文相關課程外，並進行以下現場觀摩與實習，

- 一、至馬里蘭州拜訪自馬里蘭大學退休之蔡住發教授，與其討論生態工法之相關主題並比較台灣與美國在生態保護上之異同。
- 二、至維吉尼亞州首府里其蒙(Richmond)西南 swift creek 水庫參觀其淨水廠設施，並至其現場觀摩其集水區管理與水質、水量監測情形。
- 三、至華盛頓 DC 之美國環保署(EPA)拜訪楊仁泰博士，了解其業務及組織運作相關情形。
- 四、至馬里蘭州哥倫比亞特區拜訪水處理局(WASA)張建棋博士，由水處理局委託之管理技術顧問公司作相關業務簡報並參觀其污水處理廠區。
- 五、至馬里蘭州喬治王子縣拜訪縣政府環境土木部門陳茂松博士，由陳博士作相關業務簡報並參觀集水區整治研究等相關措施。
- 六、至匹芝堡大學拜訪邱照淋教授，與其討論集水區經營管理相關研究。
- 七、至伊利諾香檳大學拜訪 Edward E. Herricks 教授，與其討論生態工法相關研究，並至現場觀摩實習。
- 八、至加州洛杉磯大學拜訪葉文工教授，與其討論水資源整體運用相關研究，尤其是地表水之聯合運用與地下水補注之相關研究應用。

一、前言及實習行程表

(一) 前言

本計畫針對以下項目，即「河川情勢調查」、「流域開發與流域減洪量之對策研究」、「土地合理利用探討」、「流域整治對策研究」、「河川復育及近自然工法之研討」進行廣泛之拜訪實習，然後再針對較重要之河川生態工法與範圍涵蓋較廣之河川流域規劃與管理進行探討。

河川生態工法是政府推動「水與綠建設計畫」中一項主要工作，也是河川環境與景觀計畫復育計畫的工作重點，惟比較先進國家，我國算是起步較晚，故如何急起直追，以保護台灣地區之固有環境與生態資源，以供後續之永續利用，其次以往台灣河川之治理，自日據時代以來迄今，多以從事土地開發保護、增產糧食、振興農業、促進經濟發展及提供產值為目標，長期忽略了河川本身之各項機能，因此產生了許多問題，如河川水質惡化，土石災害不斷、景觀及生態品質劣化等，而面臨無法永續經營之窘境，往常頭痛醫頭、腳痛醫腳的因應方式已不敷所需，故如何師法國際上，晚近一片呼聲中的集水區整體規劃與經營管理技術與理念，實為當務之急。

(二) 實習行程表

經濟部九十一年度赴美實習行程表

日期 (台灣)	行程	交通工具	聯絡(接洽)人員	工作摘要
8/20	離台赴美	長榮班機自中正機場起飛。		
8/20--23	1.過境紐約 2.飛抵華盛頓DC	1.在紐約搭CO班機赴華盛頓DC 2.請蔡教授接機	請馬里蘭大學蔡住發教授接機	河川生態工法
8/23--9/03	華盛頓DC--維吉尼亞大學	公共汽車	請余嘯雷教授代為安排	集水區環境水文相關課程
9/04	維吉尼亞大學--里其蒙	公共汽車	請余嘯雷教授代為安排	Swift Creek 水庫集水區經營管理
9/05--10/07	維吉尼亞大學	公共汽車	請余嘯雷教授代為安排	集水區環境水文相關課程
10/08-10/11	維吉尼亞大學--華盛頓DC	灰狗巴士、公共汽車	EPA 楊仁泰博士-華盛頓DC哥倫比亞特區(WASA)張建棋博士-馬里蘭州王子喬治縣陳茂松博士	河川生態工法、水資源管理經理之相關觀摩實習
10/12-10/27	維吉尼亞大學	公共汽車	請余嘯雷教授代為安排	集水區環境水文相關課程
10/28-11/06	觀摩實習	維吉尼亞州-匹芝堡(二天)-芝加哥(三天)-洛杉磯(二天)。UA及AA班機	匹芝堡-邱照淋教授 芝加哥-Edwin E. Herricks 教授- 洛杉磯-葉文工教授	河川生態工法、水資源管理經理之相關觀摩實習
11/07-11/18	維吉尼亞大學	公共汽車	請余嘯雷教授代為安排	整理資料
11/19	長榮班機離美返台	11/19 抵達中正機場		

二、各實習項目與其心得

(一)生態工法之基礎研究—馬里蘭大學蔡住發教授

蔡住發教授專長於魚類之研究，並在其帶領下，參觀了巴爾的摩水族館，參觀同時其認為若自較大尺度看地球上之魚類，相同緯度之北美魚類，其實與台灣之魚類區分，只是大同小異而已，即在科以上已較少有差異。美國地區人民雖然較重視生態環境，但在都市化的過程中，卻依然對生態造成很大的衝擊，不過在美國之情況與台灣稍顯不同處，在於 1.美國之民眾環保意識較高，有時甚至做法領先政府單位，比如在馬里蘭州與維吉尼亞州交界之 Chesapeake Bay 河口之溼地，在一些企業家或 NGO 團體之購置後，經營為自然保護區的做法，在台灣則較不易發生，2.美國政府一向對基本資料之蒐集與調查非常重視，而台灣在生態基礎分類資料仍未十分完整情形下，做生態基本資料之調查是相當困難的，如河口地區種類極多之魚類及未有完整分類資料之底棲生物的生態調查，都是有待努力與突破的地方。

(二)參觀 Swift Creek 水庫與其淨水廠

1.Swift Creek 水庫概況

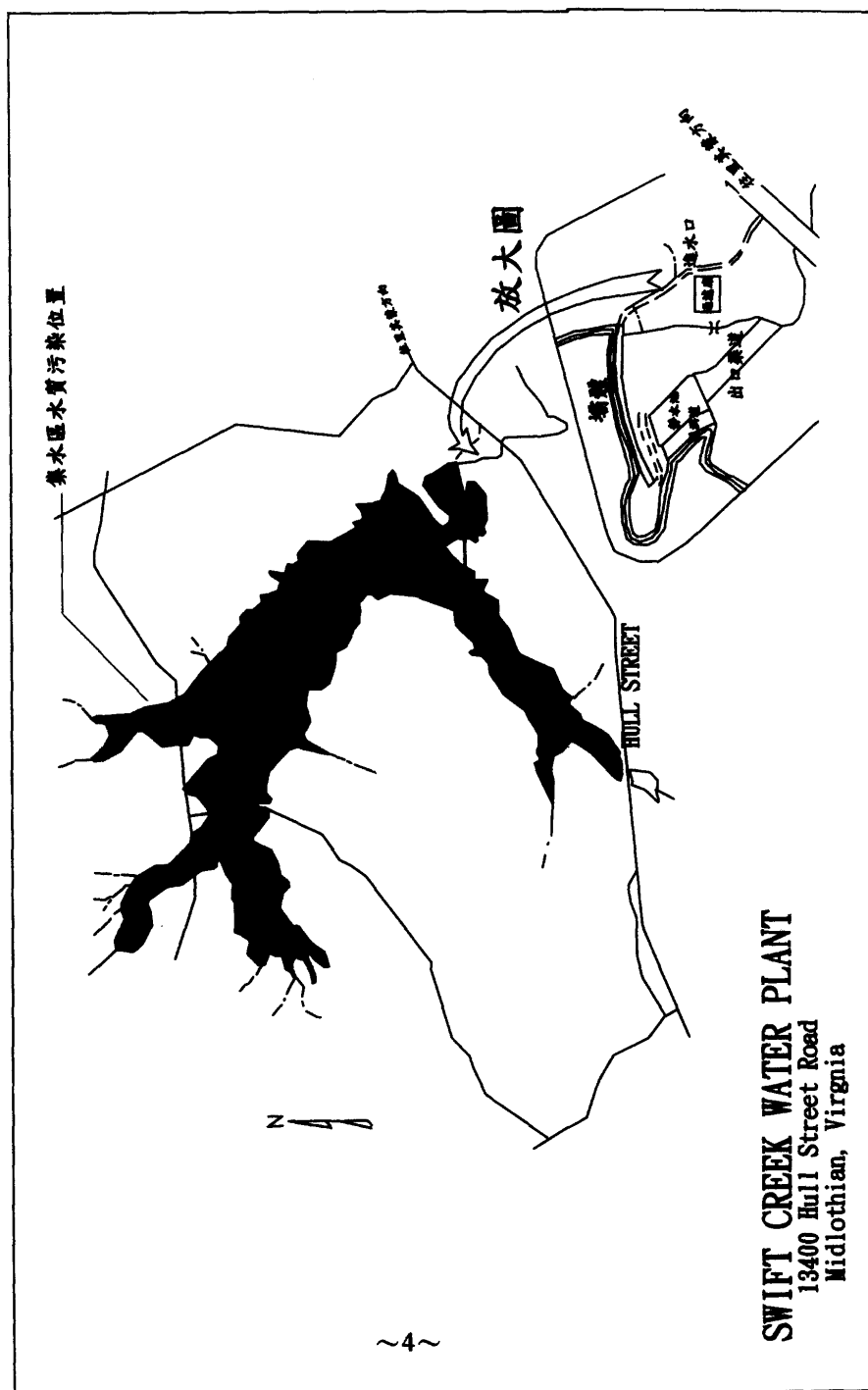
其地理位置位於維吉尼亞州首府里奇蒙西南方，其平面圖如圖 1 所示，其主要供水地區為維吉尼亞州首府-里奇蒙地區

2.Swift Creek 水庫基本資料

(1)水庫（如照片 1、2 所示）

a.水庫水面積：688 公頃

圖1 Swift Creek 水庫平面位置圖(里其蒙西南方)





照片 1 Swift Creek 水庫之庫區情形 (1)



照片 2 Swift Creek 水庫之庫區情形 (2)

- b.集水面積：168 平方公里
- c.水庫容量：19.7 百萬立方公尺
- d.每日供水容量：4.5 百萬立方公尺
- e.造價：126 萬美元（1966 年）

(2)淨水廠

- a.每日處理容量：4.5 百萬立方公尺（包括加氯及其他化學處理裝置）
- b.每日處理容量：4.5 百萬立方公尺
- c.淨化井水容量：1,640 立方公尺
- d.淨水時間：6 小時
- e.造價：100 萬 2 仟美元（1966 年）

3.集水區經營情形

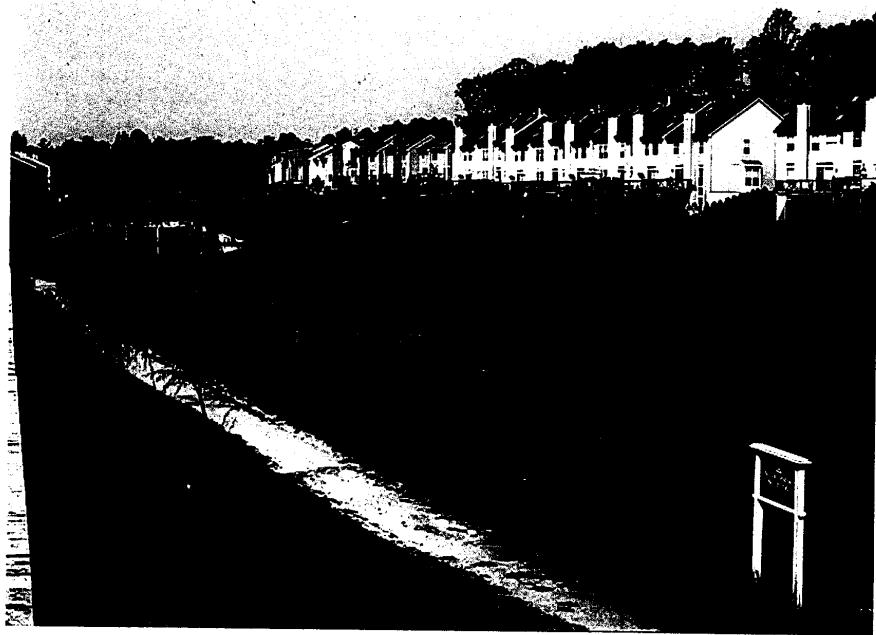
集水區大部分為森林及住宅區，隨著人口之增加，變更森林使成住宅區之情形不斷，其法規要求住宅區須設置沉澱池（詳如照片 3、4 所示），即流入承受水體前需透過沉澱池淨化水質，常由於淤積作用快速，影響淨化功能，其透過與維吉尼亞大學合作，設水量水質自動監測站三處，觀測集水區非點源之污染情形，現場觀測情形，詳如照片 5、6 所示。

4.集水區經營衝擊

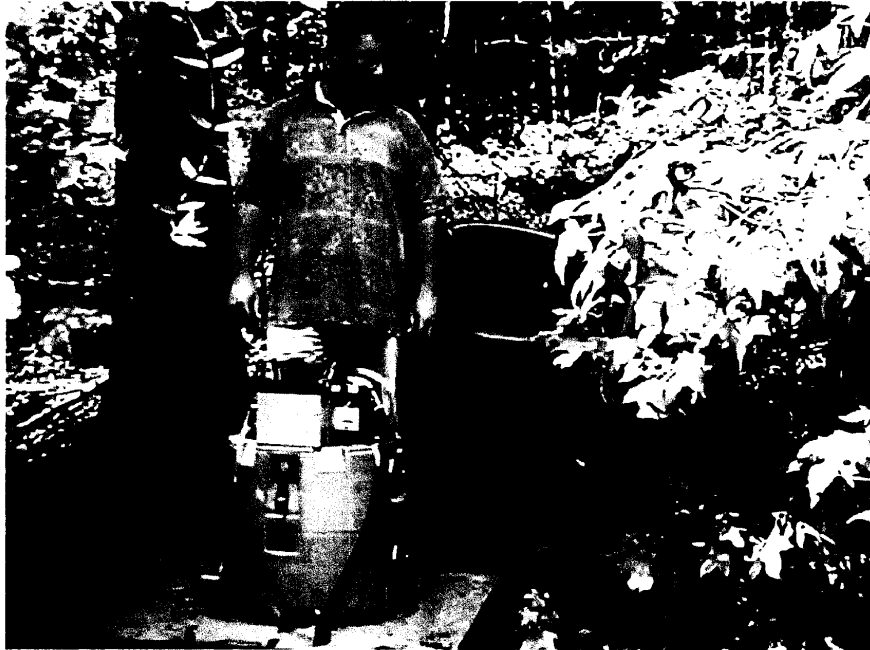
9 月 4 日參訪當時，上游支流正因興建一處住宅區，造成整條支流渾濁（詳如照片 7 所示），其影響範圍詳如圖 1，水庫管理單位經過調查發現，係上游一處新社區之興建過程中，大量整地及相對配合措施未盡完善所造成（上游沖刷情形詳如照片 8-10 所示），其以其過程合法且衝擊時間短暫，故僅要求其施作緊急措施補救以為因應。



照片 3 美國集合住宅區之沉澱池設置情形 (1)



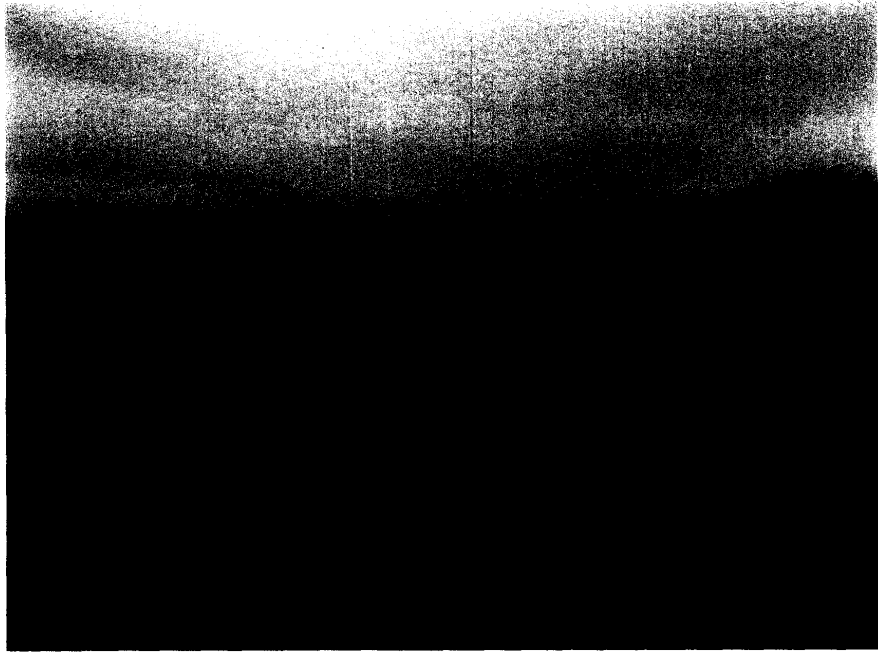
照片 4 美國集合住宅區之沉澱池設置情形 (2)



照片 5 Swift Creek 水庫集水區現場之水質觀測情形 (1)



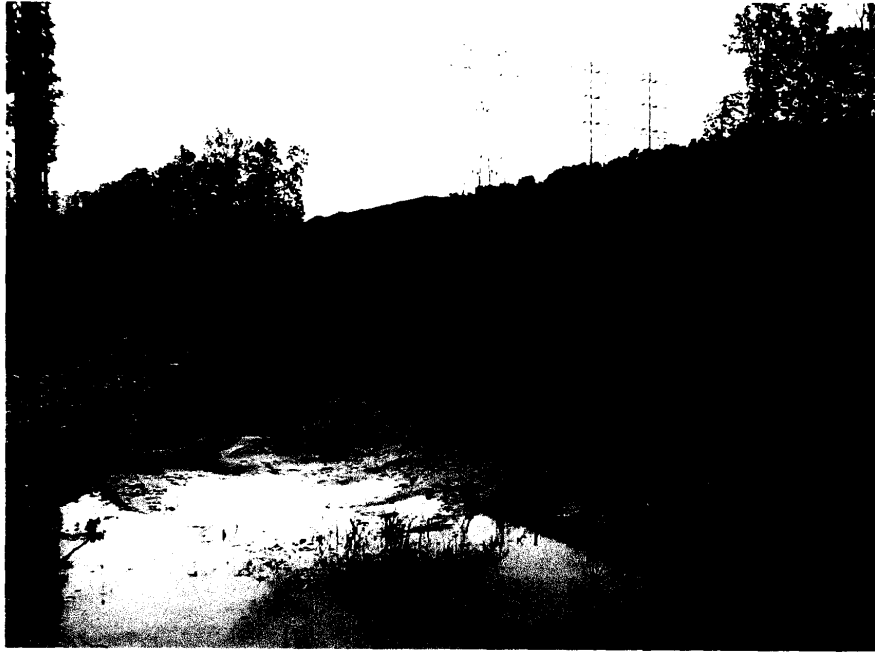
照片 6 Swift Creek 水庫集水區現場之水質觀測情形 (2)



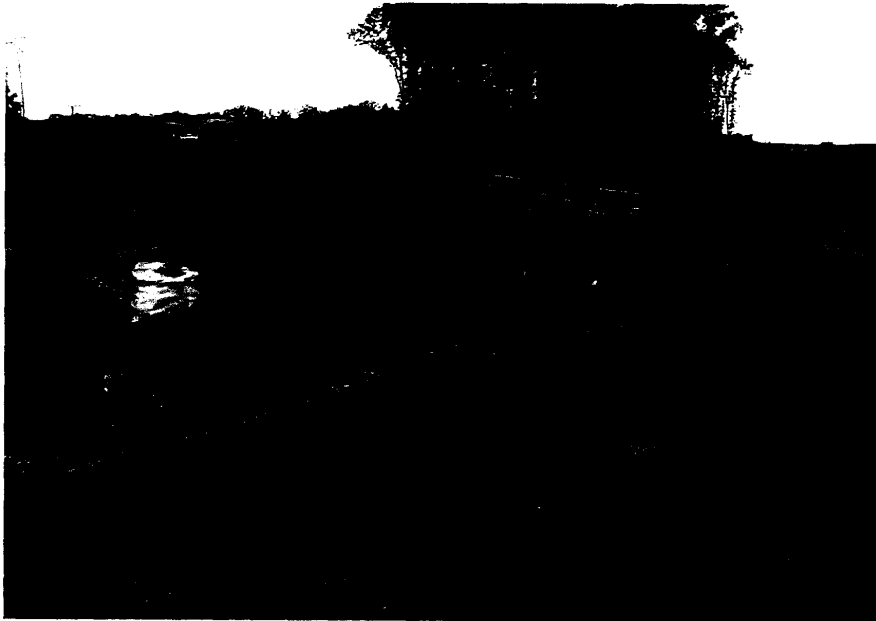
照片 7 Swift Creek 水庫庫區水質受污染情形



照片 8 Swift Creek 水庫上游集水區沖刷情形 (1)



照片 9 Swift Creek 水庫上游集水區沖刷情形 (2)



照片 10 Swift Creek 水庫上游集水區沖刷情形 (3)

5.淨水過程及其水質限制

淨水過程如圖 2 所示。在美國之表面水中有一種叫 *Cryptosporidium* 之微生物寄生蟲，其無法藉由目前之過濾方法百分之百加以移除，其可在水源及處理過之水中發現，其可能引起腹瀉、發燒及腸胃炎等，但尚不致引起生命危險。

(三)美國環保署 (EPA)

1. EPA 之組織架構及相關計畫之合作單位

署長辦公室轄下有行政及資源管理室、空氣及輻射室、財務主任室、強制及許可保證室、環境資訊室、總顧問室、檢查員總室、國際運動室、預防殺蟲劑及有毒物質室、研發室、固體廢棄物及緊急反應室、水辦公室及其他地區辦公室等。

其中較與河川流域相關的為水辦公室，負責人為襄理署長及副襄理署長，其下設地水及飲用水室（實施與襄助部門、標準及風險經營管理部門）、科技室（工程及分析部門、健康與生態評斷之標準部門、準則及應用科學部門）、廢水經營管理室（自治區支持部門、許可部門）及溼地海洋及集水區室（評估與集水區保護部門、海洋及海岸保護部門、溼地部門）等，幕僚有經營管理與操作室、水相關政策室、資源經營管理室、公關團隊及 EPA 美裔印地安人區環境室等。

2. EPA 與其他單位之合作計畫

國家疏浚團隊 (National Dredging Team) 包括交通部 DOT)、美國陸軍工程兵團 (ARMY)、環保署 (EPA)、內政部 (DOI) 及國家海洋大氣署 (NOAA)。

清淨水之行動計畫 (Clean Water Action Plan) 包括環保署 (EPA)、農業部 (DOA)、商業部 (DOC)、國防部 (DOD)、能源部 (DOE)、內政部 (DOI)、司法部 (DOJ)、交通部 (DOT) 及田納西河谷管理局 (TVA)。

3. EPA 之目標任務為：

- (1) 保護美國邊界居民—加勒比海、北極及沿其邊界之墨西哥與加拿大。
- (2) 減少全球環境威脅，影響到美國—氧層破洞、氣候變遷、海洋及海岸污染、生物多樣性之減少。
- (3) 消除貿易障礙—透過 ISO、EU 及其他國際組織，提昇一致的標準、在北美自由貿易協定 (North American Free Trade Agreement) 之架構下推動環境保護、消除不公平貿易障礙 (例如透過較不具強制力之環境法規)。
- (4) 強化海外之環境保護—分別利用設立據點及參加計畫等方式強化海外之環境保護。
- (5) 減少環境保護之成本—利用合作研究協定、創新的管制提案及國際組織合作。

4. EPA 現況

楊仁泰博士說，按其專業領域，係以推動亞洲地區之國際合作業務為主，目前在海峽兩岸均有國際性合作計畫在推動中，惟其亦認為以流域為整體之規劃在目前美國亦感困難，故在 EPA 之補助性研究計畫中均強調團隊合作、綜合性之計畫，亦即除需有跨領域之不同專業人力投入外，團隊領導亦顯重要，其除必須具備溝通協調之基本能力外，亦需具備引導團隊正確

方向的能力。之後他說明如何上 EPA 之網頁，查看相關之研究方向與內容，不過該署因應 911 事件後 Home Security 之需要，該網業已設管制權限使用而使部分內容不易查閱。

(四)馬里蘭州哥倫比亞特區之水處理局 (WASA)

1.概述

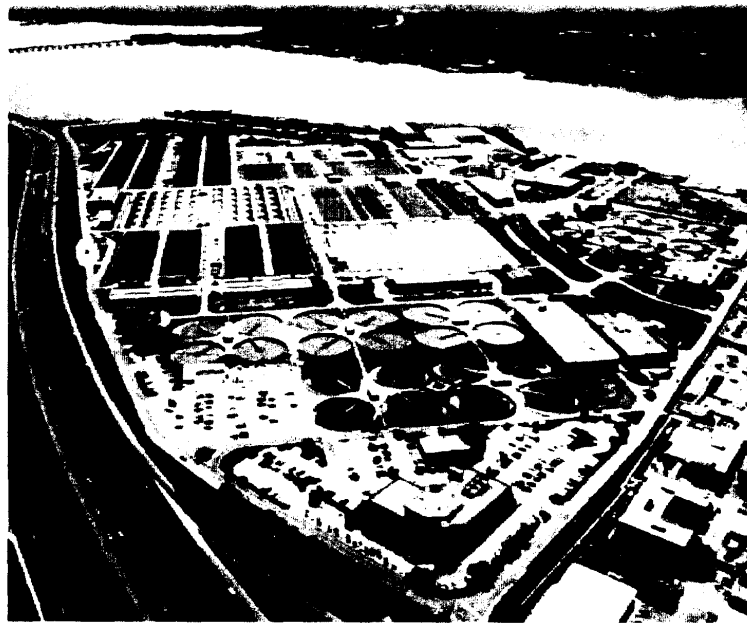
哥倫比亞特區水處理局 (The District of Columbia Water and Sewer Authority, WASA)位於波多馬克 (Potomac) 河旁，位置詳如照片 11 所示，其負責水輸送與水處理概況，至於其淨水部份，受限於水權之擁有權均掌握於美國陸軍工程兵團 (US Army) 手裡，而該團賣出之水均為處理過之水，故該水處理局重點置於水供輸及水污染處理上。

該局對於水量之供輸區域，技術上較無困難，水污染處理上，較大計畫有二，一為計畫發展一草案美金 10.5 億之長程控制計畫 (Long Term Control Plan, LTCP) 針對其區域佔 1/3 之合流式下水道系統 (區域分佈及其合流式下水道系統示意詳如圖 3 所示)，計畫主要為控制合流下水道溢流，以改善 Anacostia river、Rock Creek 及波多馬克 (Potomac) 河之水質，計畫詳如圖 4 所示。計畫完成後之效益為減少合流下水道溢流之 92%、改善水質 (如 Anacostia river 高含菌量之年天數由原來每年 92 天降為 15 天) 及減少漂浮廢棄物。

另一為於 2020 年完成其所謂「Blue Plains」計畫，其預計在未來十年，花費十億美元於該計畫，該計畫企圖建立自我永續、世界之地區性有機固化管理經營



照片 11 馬里蘭州哥倫比亞特區之水處理局鳥瞰 (1)



照片 12 馬里蘭州哥倫比亞特區之水處理局鳥瞰 (2)

圖3 佔哥倫比亞特區1/3之老舊合流式下水道系統分布區域及其示意圖

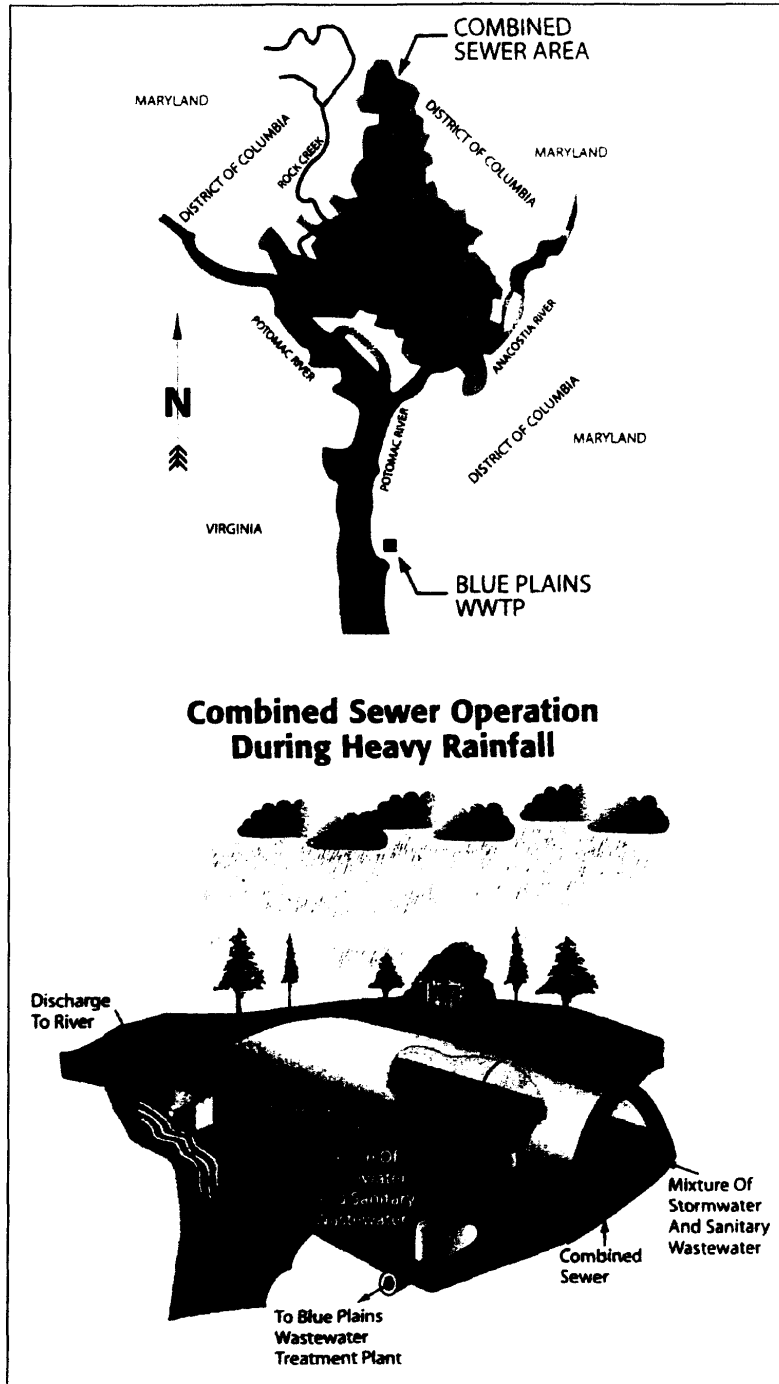
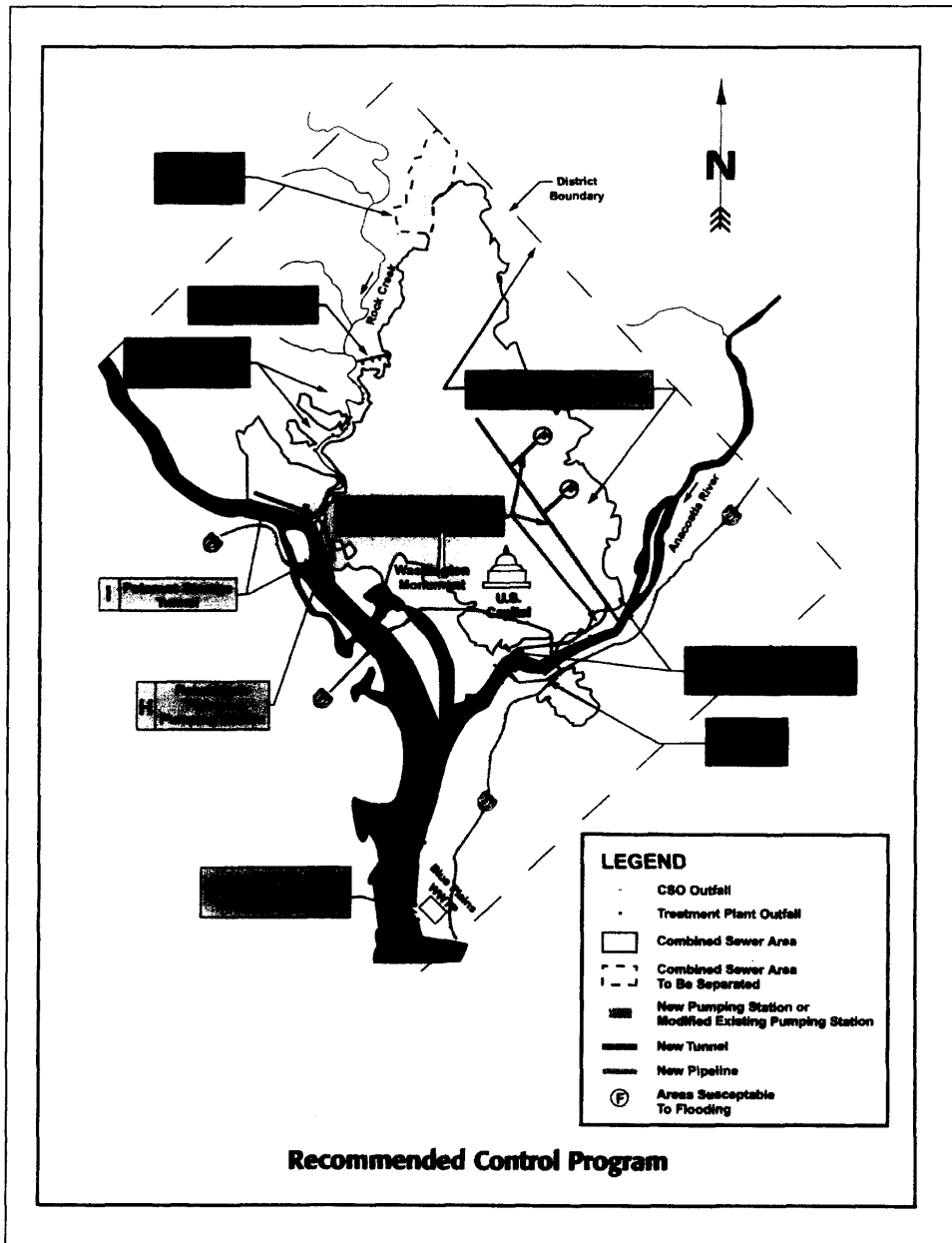


圖4 哥倫比亞特區合流式下水道系統污水控制計畫圖



計畫，以帶領機關通過世紀要求，其有以下幾項挑戰目標。

2.需求上--環境監護者關係--「Blue Plains」計畫之 AWTP(Advanced Wastewater treatment Plant)

自從 1938 年開始操作以來，一直是同類處理廠中規模世界上最大的，在復育及保育波多馬克(Potomac)河、Chesapeake Bay 及其他集水區上亦領先群倫，其擔當地方監護者角色詳如圖 5 所示。

近年來 AWTP 面臨了一些挑戰，包括設施老舊及生物固化經營管理的減少選項。使用利害關係人共識決策過程，即進行整體的、三階段的生物固化經營管理計畫，或稱 BMP，其集中注意力在生物固化使用末端之改善，包括臭味之控制等。BMP 的目標為(1)處理社區的關切課題(2)更新設備及改善系統可靠性(3)減少廠內外之臭味(4)改善生物固化使易於及便宜地經營與循環使用(5)提供處理容量，以符合目前及未來需求(6)提供彈性，以符合進化的市場，這些計畫能確使 WASA 之廢水處理符合高環境與水質標準及未來 10 年顧客的需求。

3.設計上—具共識之整體計畫

(1)目標

- a.使用決策科學過程，求取共識。
- b.整體性及成本有效地
- c.具世紀需求之彈性
- d.具最重要技術之效益
- e.處理顧客之需要及社區之關切，包括臭味的控制
- f.重複使用資源
- g.減少污染及廢棄物

圖5 針對 Chesapeake Bay 協定(1987)地方擔當之環境監護者角色



h.無論處所如何，盡可能循環使用

(2)做法

使用決策過程（詳如圖 6 所示）發展生物固體經營管理計畫，以建立共識，它需要對很多利害相關者，在引導工作室中，費時數月之訊息輸入。

工作團隊建立一視野、任務及目標，成功之發展模式、確定的結論、分析的資訊及界定出經營管理計畫。它發展及分析 15 個替代案，而最高級之替代案要求百分之百的生物固體消化及透過土地應用之持續地再循環化。

行動計畫以迫切需求之計畫為主地分三階段進行，並保持選項開放地於低財政風險及改善、永續目前的計畫。

第一階段--基礎改善計畫，當第二階段實施時，其支援繼續與改善目前固體歷程及土地應用操作，臭味之經營管理是本階段重要的一部份。

第二階段—核心計畫，不論現場之變化區是如何，設備必須長程地支援 BMP，即新蛋形厭氣消化槽，初級污泥濃縮改善，新生物污泥濃縮設備，脫水系統之擴充、升級及處理浮渣產物之浮渣設備等。

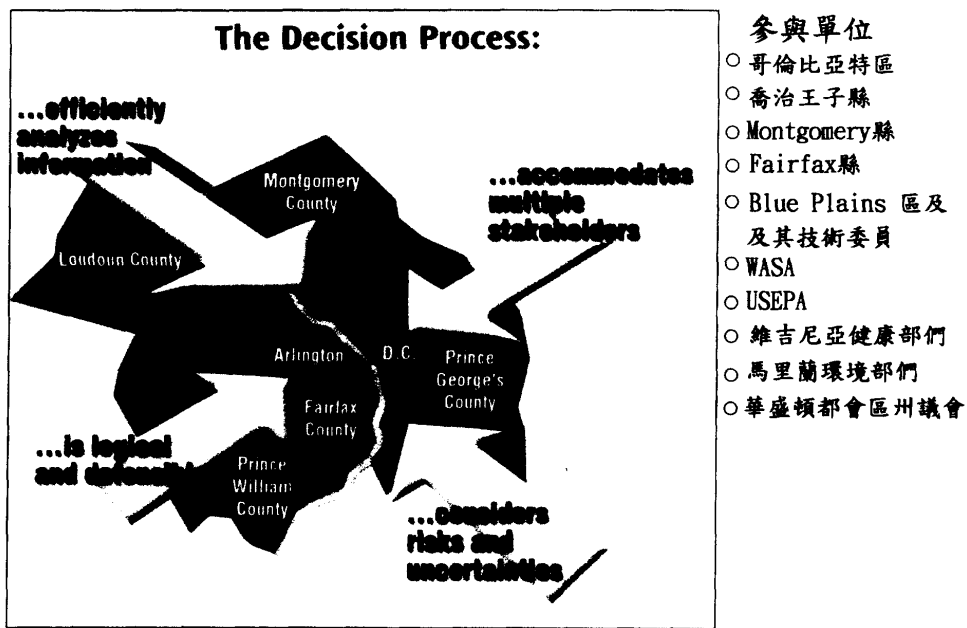
第三階段—未來計畫，實施後可符合未來情況需求，及評估、因應新技術之產生，例如具潛能計畫有熱能乾燥肥料球、發電及自消化過程中有機氣體熱能再用等。

4.操作上—以目前及計畫之流程（詳如圖 7、8 所示）

5.策略上—幾項挑戰

(1) 針對廠內污泥處理歷程

圖6 WASA利用結構式決策歷程建立共識之整體計畫圖



使用結構式決策歷程發展BMP系統，其可達到WASA內部、地區管轄單位及相關利害人員之共識

圖7 WASA之污水及污泥處理流程圖

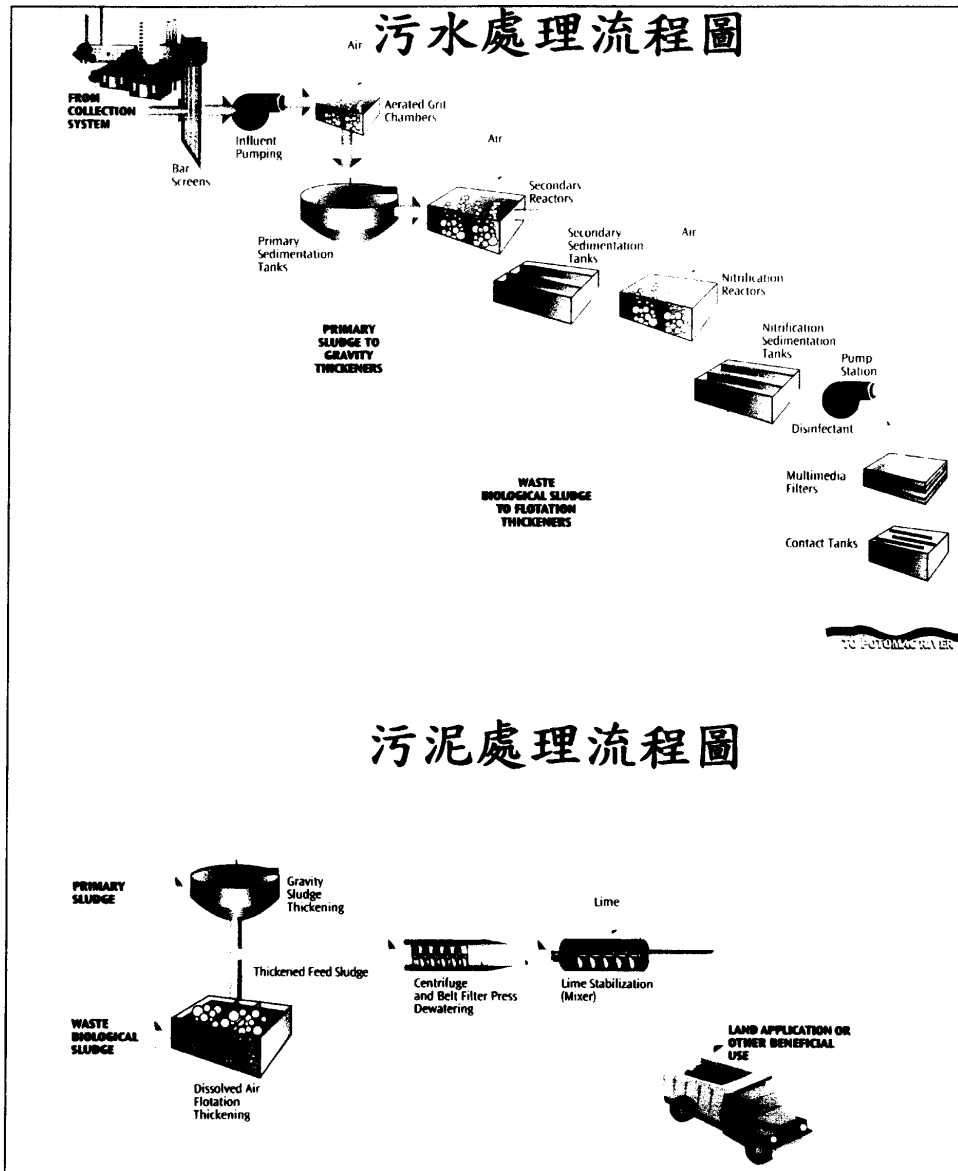
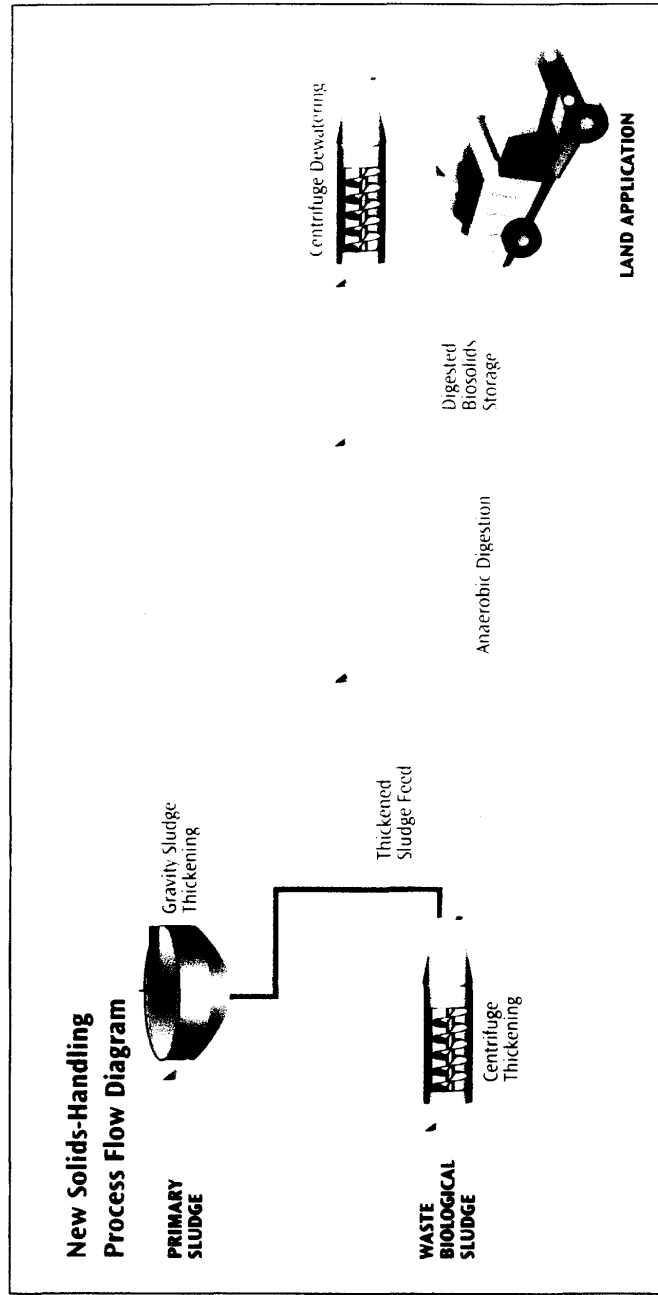


圖8 WASA計畫中新污泥處理流程圖



- a.老舊之濃縮及處理設備
- b.不相容及有時臭味的石灰穩定過之生物固體產品
- c. 超限之生物固體儲量
- d.高操作及維護成本，勞力密集過程
- e.受限的方式中，達到對生物固體之新的及改變的環境規定

(2) 針對廠外經營管理

- a.在土地應用上達近百分之百可信賴度
- b.當天氣惡劣時，長程生物固體之儲存需要
- c.自儲存之生物固體，偶而散發之臭氣控制
- d.載運卡車噪音及污染控制
- e.都市化地區不易發現成本有效之土地應用和儲存現場
- f.增加中之搬運成本
- g.每天載運超過 100 噸的石灰，用於穩定未消化之污泥
- h.嚴厲的聯邦、州及地區的規定

6.生產上--效益

主要效益來自新的厭氣消化系統（詳如圖 9、10 所示），其效益如下

- (1)每年節省數百萬美元於輸出減量上
- (2)在處理現場及土地應用現場，減少臭氣潛能
- (3)減少卡車交通量及相關污染--每年節省 120 萬英哩之卡車里程
- (4)自消化材料中產生相關的及有用的產品，以促使再用（reuse）資源
- (5)產生自然氣（甲烷），其可循環再用，產生電力—

圖9 蛋形消化槽剖面示意圖

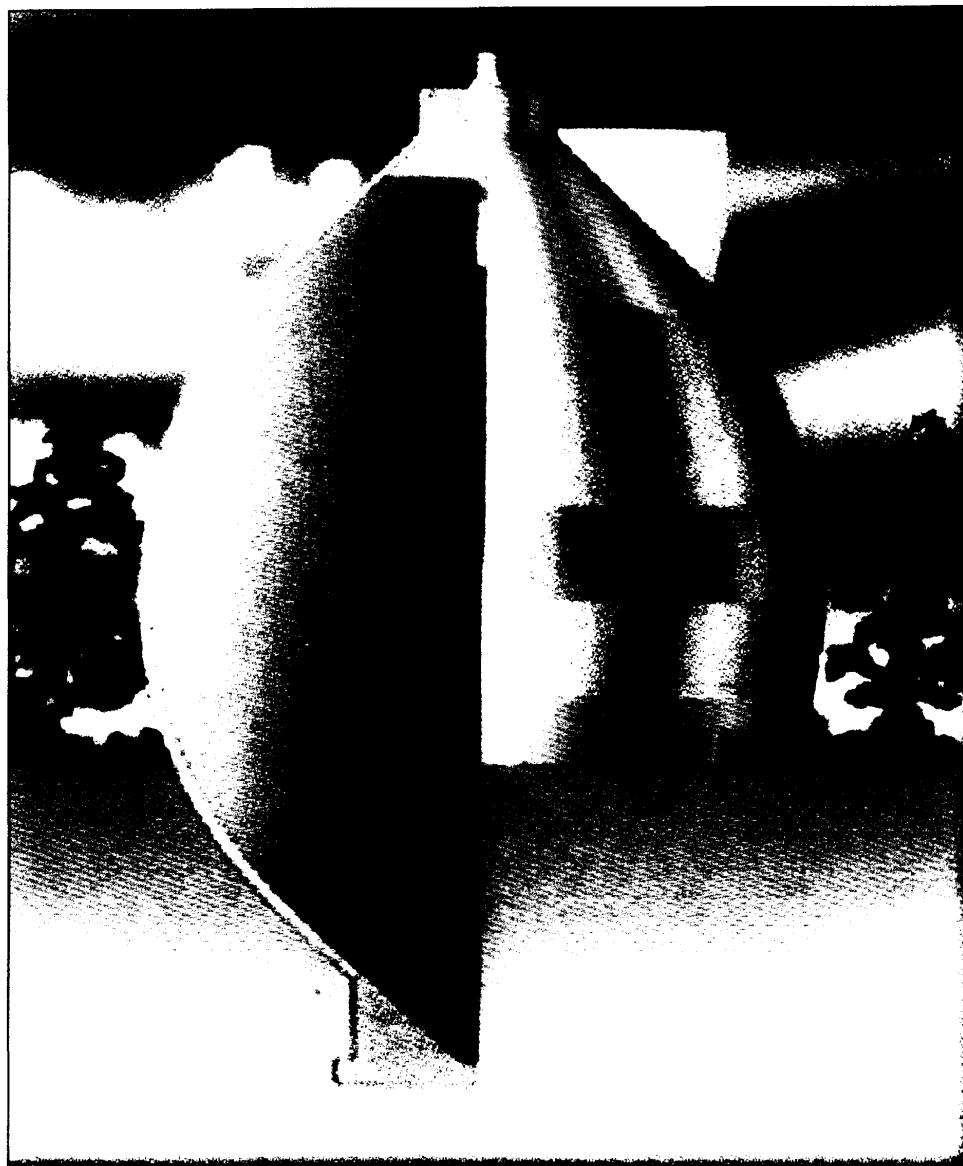
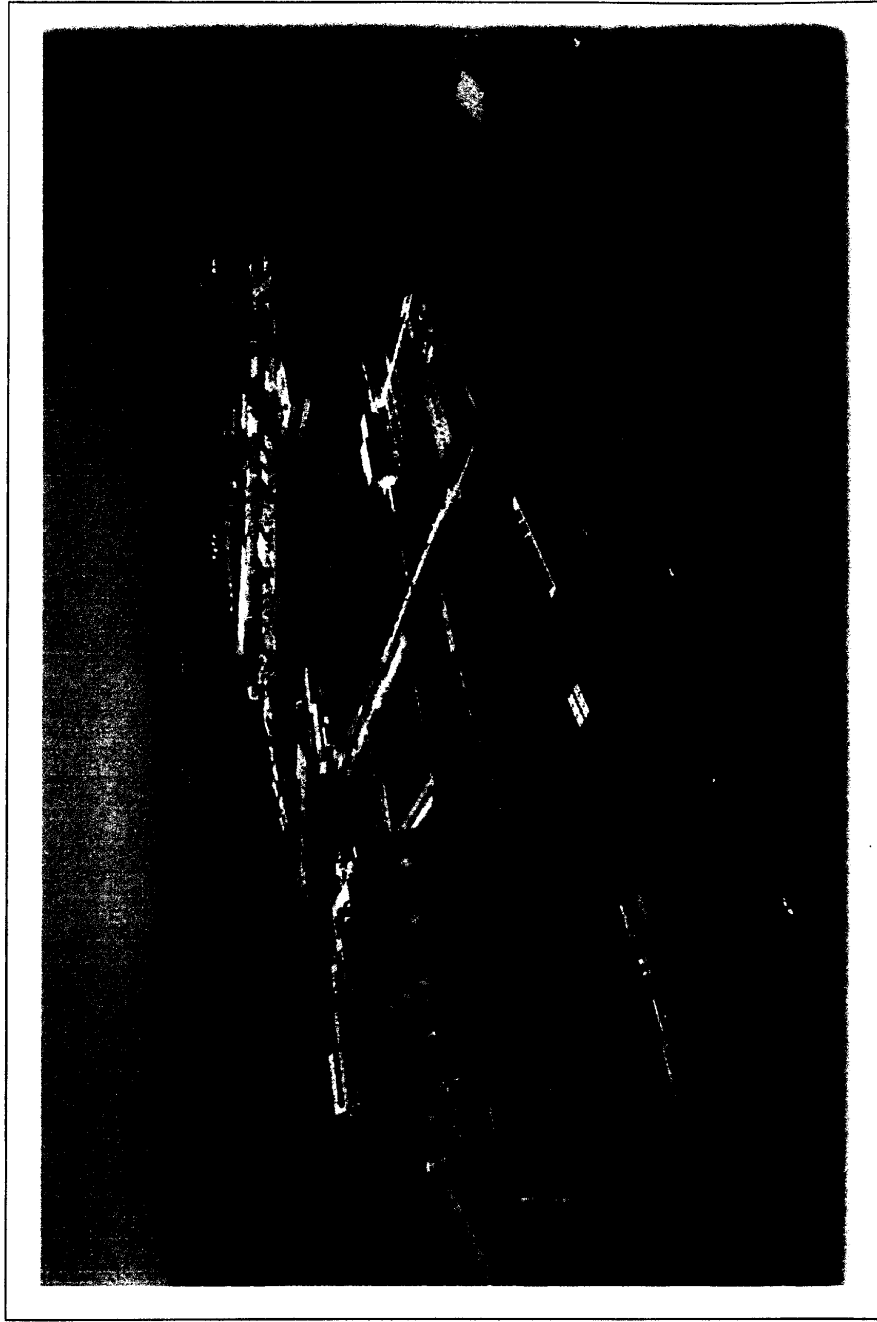


圖10 WASA 計畫中蛋形消化槽佈置現場示意圖



約每年一萬千瓦電力

(6) 允許未來處理過程之擴充及末端使用選項

預計每年可省 1,600 萬美元，及每年數百萬美元之有機氣體。

WASA 在組織運作情形上，其大致為委外辦理為主，下游廠商有工程顧問管理公司對其全權負責，故其隨時可要求其報告計畫執行情形，承包計畫以年度為單位，惟有一缺點，若下游廠商更迭過於頻繁，磨合期較長。其實際人員不多，主要工作為負責與廠商協調上。

(五) 馬里蘭州王子喬治縣

該縣位於馬里蘭州之東部，靠近華盛頓 DC，該縣經濟狀況較佳，據陳茂松博士之介紹，其除固定之預算外，州及聯邦預算亦可透過提計畫書之方式爭取經費。該縣環境部門在陳茂松博士 (section head) 帶領進行多項研究計畫，其性質包括生態基本調查及集水區經營管理等，其實施中的項目大致如下，

1. Presidential Heights 之低衝擊開發 LID (Low Impact Development)

計畫

利用興建中之社區，一半使用傳統工法，即作一大型沉澱池截流非點源污染，另一半使用低衝擊開發，即化整為零，將大型沉澱池轉為無數的小型截流池，如此兩組佈置案對於非點源污染之控制效果，作對照組比較 (詳如圖 11、12 所示)。

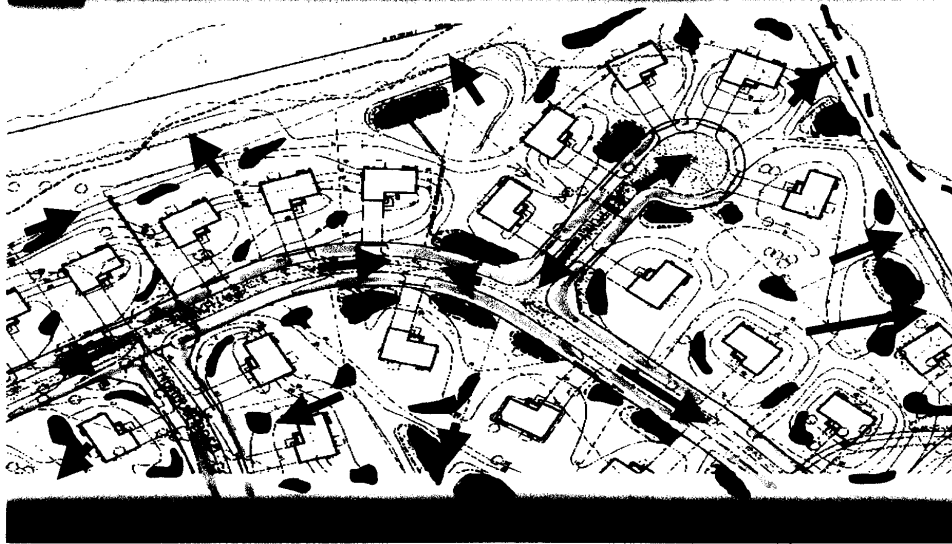
2. 低衝擊開發技術使用於都市地區

試用低衝擊開發技術於都市地區之小塊綠地、公園及停車場等 (詳如照片 13-18 所示)

圖11 社區中傳統管路及水池集中控制之佈置示意圖

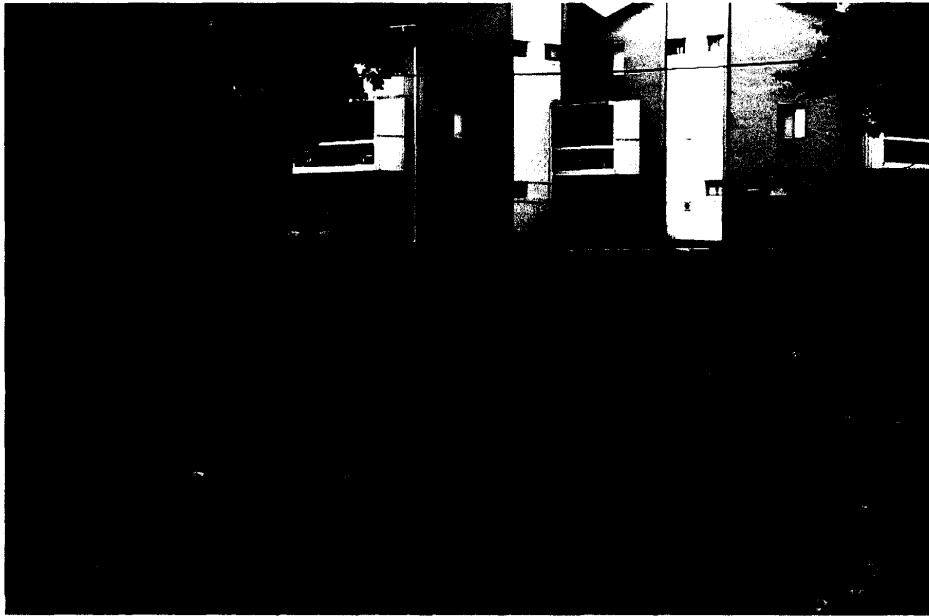


圖12 社區中低衝擊開發(Low Impact Development)之佈置示意圖





照片 13 馬里蘭州王子喬治縣 LID 綠地施作前 (1)



照片 14 馬里蘭州王子喬治縣 LID 綠地施作後 (1)



照片 15 馬里蘭州王子喬治縣 LID 公園施作前 (2)



照片 16 馬里蘭州王子喬治縣 LID 公園施作後 (2)



照片 17 馬里蘭州王子喬治縣 LID 停車場施作前 (3)



照片 18 馬里蘭州王子喬治縣 LID 停車場施作後 (3)

3.Somerset Flow 之 LID 監測計畫

利用兩個集水區，一個使用傳統工法，另一個使用低衝擊開發（區域位置詳如圖 13 及照片 19-20 所示），透過監測計畫評估兩個集水區之洪水水文及河川水質之變化（監測情形詳如照片 21-24 所示）。

4.馬里蘭州之集水區復育行動策略（位置詳如圖 14 所示）

其進行生態基本資料（PH、溫度、溶氧量、電導度、氮、重金屬、棲地評估、底床質、河流橫斷面、魚類及基流量等）調查，並研擬截雨花園、高大野草、溪流監測、暴雨排水鑄模、種樹、溪流清掃及公共教育等多種對策。

5.持續開發應用 BASINS（流域經營管理模式）

利用 5m×5m 網格之地形數位資料（詳如圖 15 所示）進行流域土地使用所造成不同非點源污染狀況之模擬模式。

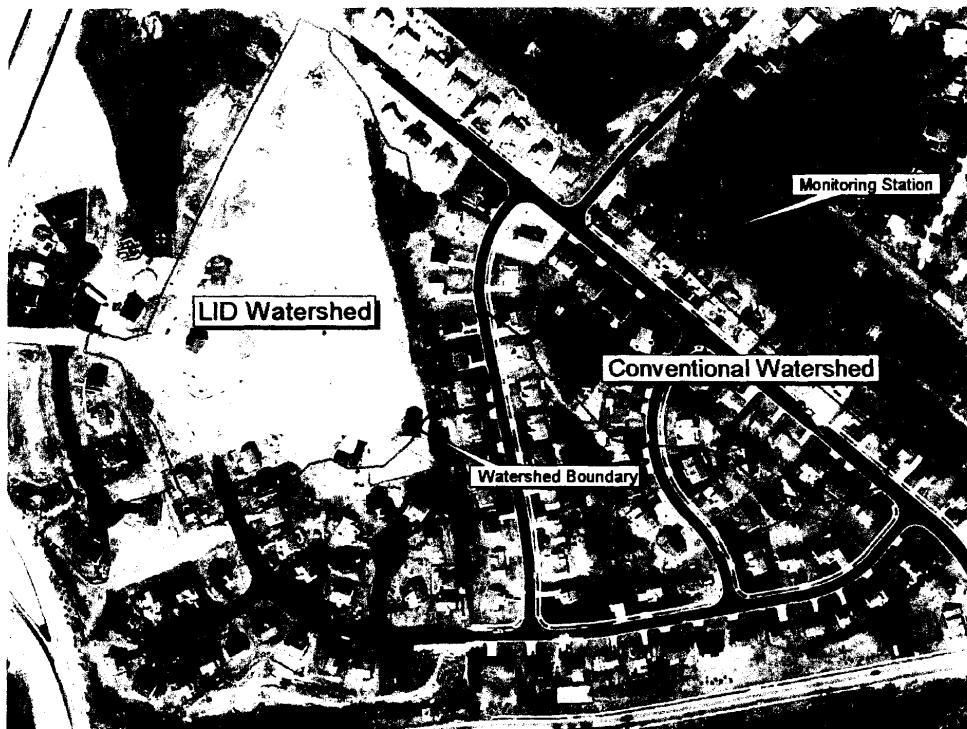
其計畫提出之企劃案尚有 Laurel 湖之集水區經營管理計畫、The Upper Patuxent 河之集水區復育行動策略夥伴關係及 The Upper Patuxent 河之低衝擊開發實施。

由上述研究計畫中可看出地方政府，如王子喬治縣之地方單位所呈現之旺盛企圖心及研究素質，除了體制以外，仍有許多值得學習的地方。

(六)集水區經營管理之基礎研究--University of Pittsburgh

邱照淋教授之專長在水利，其近年來集合其他領域，如 GIS、水庫安全及水質污染等之教授，組織一個研究團隊，嘗試進行集水區經營管理之研究。其發展邱式理論，

圖13 馬里蘭州王子喬治縣Somerset Flow 施作
不同工法之區域比較圖





照片 19 馬里蘭州王子喬治縣傳統工法現場



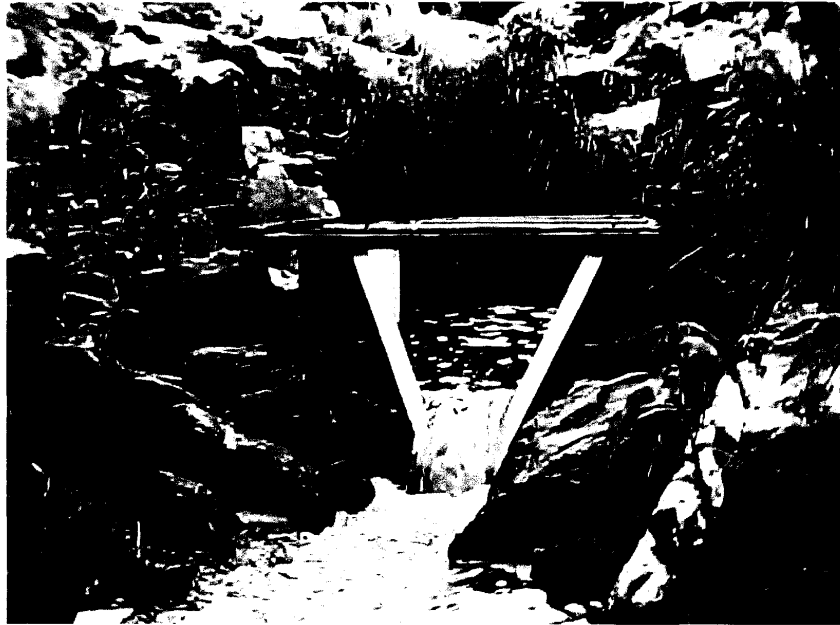
照片 20 馬里蘭州王子喬治縣 LID 現場施作後 (尚未穩定)



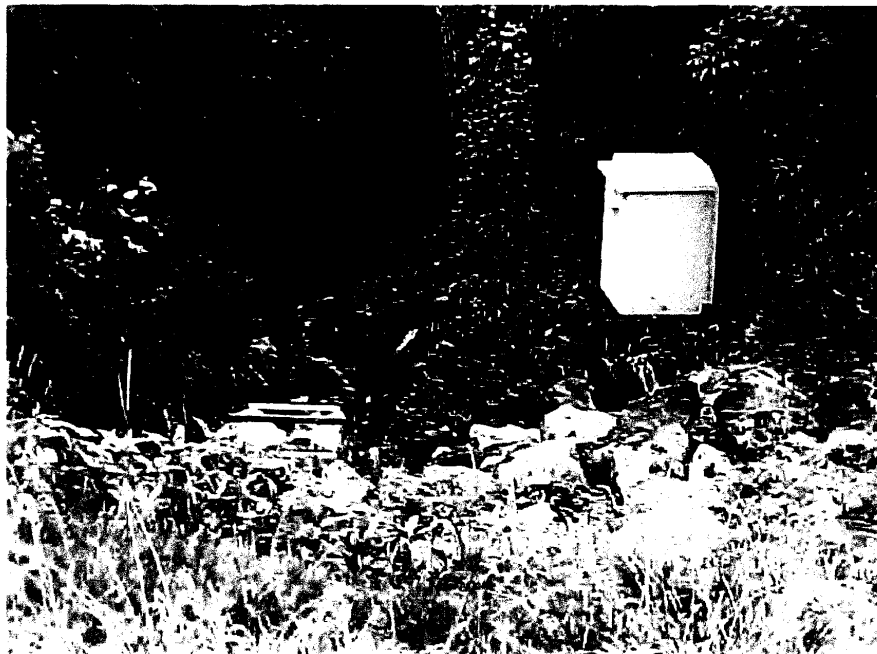
照片 21 馬里蘭州王子喬治縣傳統工法之水量監測情形



照片 22 馬里蘭州王子喬治縣傳統工法之水質監測情形



照片 23 馬里蘭州王子喬治縣 LID 之水量監測情形



照片 24 馬里蘭州王子喬治縣 LID 傳統工法之水質監測情形

圖14 馬里蘭州之集水區復育行動策略之
採樣調查位置圖

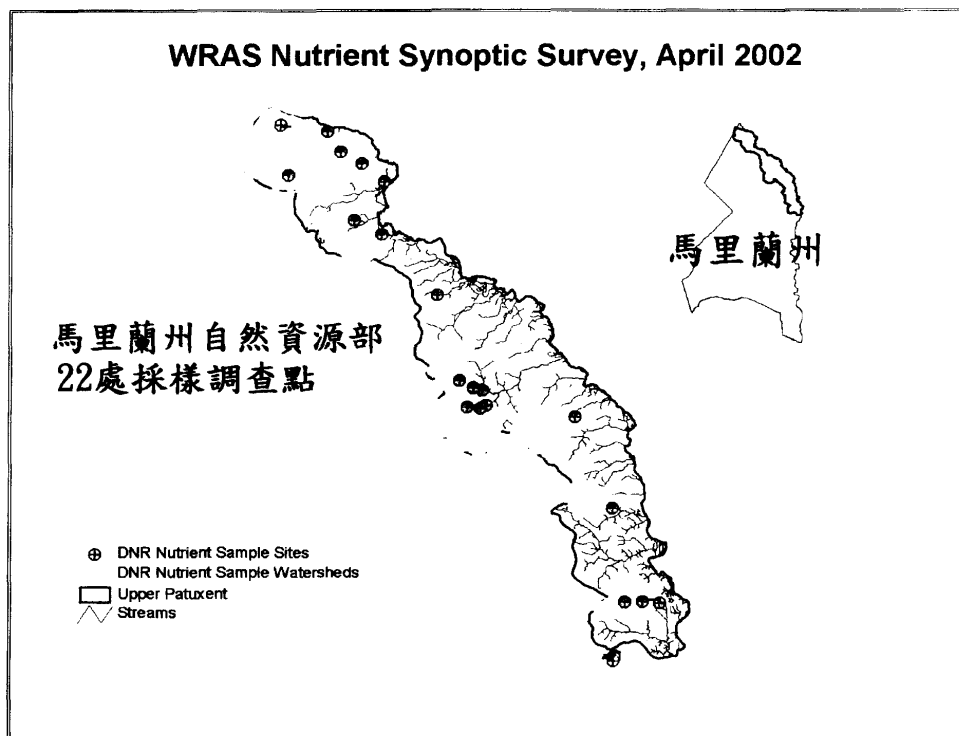
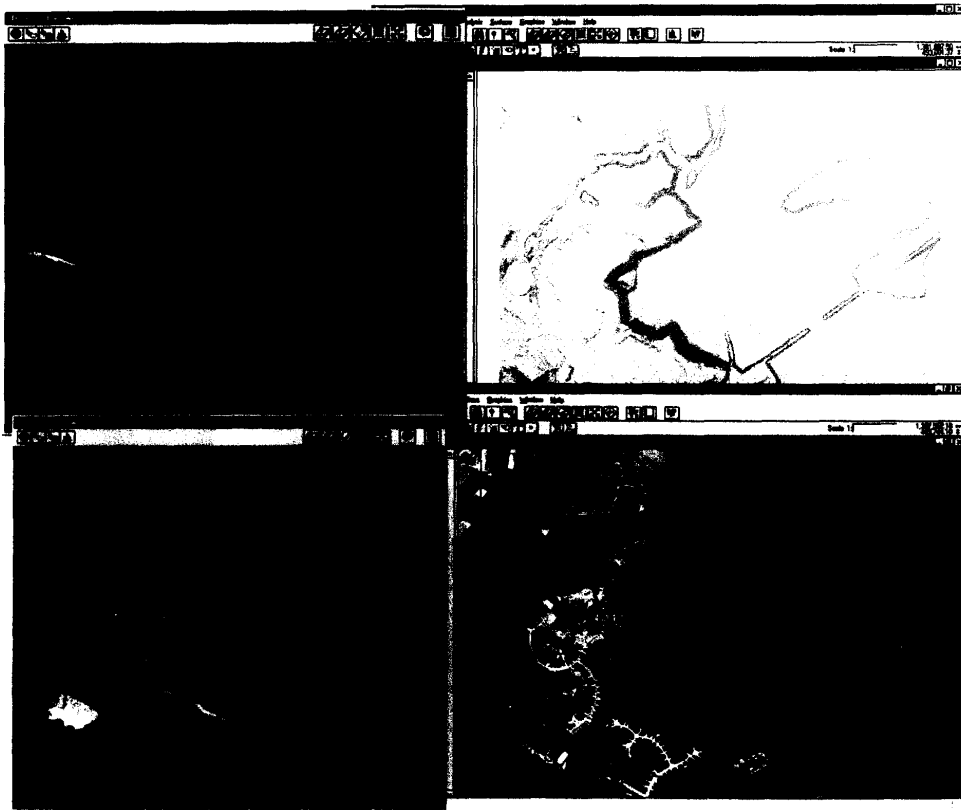


圖15 馬里蘭州王子喬治縣進行集水區模擬之3D數化圖



試圖以較簡易、可行之方式，精確求算河川之洪峰流量，以為流域管理之依據。其強調基本資料之重要性，尤其以台灣之河川之特性—坡陡流急，已往以洪水前之實測斷面，建立流量（Q）-水位（H）率定曲線之做法，嚴重地扭曲了基本數據的正確性，相對地可能造成防洪工程的不安全與過度浪費。

他亦曾於民國81年接受美國政府委託針對介於伊利湖及安大略湖間的尼加拉瓜河進行水量之研究，其考慮及上尼加拉瓜河有夏季野草叢生、冬季結冰等造成水流阻抗之突然局部增加，而影響發電場預估入流量之運作，其利用具不確定性之水流模擬，預測上尼加拉瓜河之入流量。

邱照淋教授亦多次回國發表水利相關文章，其分別於民國80年8月19日及民國83年3月11日在總統府8月份國父紀念月會上報告「由全球及區域觀點分析台灣地區的水資源問題」、全國水利會議專題演講「再創我國水資源事業之新紀元」，對台灣之水資源問題有相當深入的見解。

(七)生態工法之基礎研究--University of Illinois at Urbana - Champaign

- 1.參加土木系 Herricks 教授與其學生之討論會，會中討論，進行中之研究—天然彎曲河道在不同流量下，產生河段不同水深、流速之魚類分布狀況，會中並討論河川型態、規模與物種多樣性之關係，以台灣海島型坡陡流急之特性，前者對推動生態工法之過程更顯重要。
- 2 隨同 Herricks 教授與其學生至現場作魚類調查，該現場係位於一污水處理廠下游約 500 公尺處之一處彎道，該處理廠除處理氮磷外，放流前並作殺菌，該次調查，捕獲魚種約有 19 種，數量頗多，現場調查之相關情形詳如照片 25—28 所示。



照片 25 現場調查前 Herricks 教授之解說情形



照片 26 現場調查情形（以電魚方式補捉）



照片 27 現場捕獲之魚類（未鑑定前）



照片 28 Herricks 教授針對現場捕獲魚類之鑑定與解說

3 與土木系 Eheart 教授討論水權之狀況，由於水權所涉層面甚廣，理論及實際亦有相當距離，鑒於時間有限，僅短暫交換意見，據其說法，美國在水權管理上，亦有許多衝突點，不過藉由實踐所累積得的經驗，是嘗試解決問題的基礎。

(八)水源應用及地下水補注--UCLA

葉文工教授與蔡宗成博士（博士後研究生）合作下，主要計畫有二如下，

1. 跨國性地協助巴西官方與學術界，針對其全國較重要之 19 座水庫之水源應用，進行最佳化之分析，並巴西方面之人員亦至 UCLA 進行技術交流。
2. 加州南方沿海岸線平行佈設一系列之補注井，在加州政府已持續累積三年之詳細調查資料，包括地下水位及地質資料（尤其是斷層資料）下，在年操作成本很高的情況下，加州政府委請 UCLA 幫其作地下水模擬，其目標不僅希望評估效益，更能尋求未來較佳的佈置方案。

由於其政府已有充分之基本資料可供模式之驗證，故尋求最佳化之佈置方案才有成功模擬之條件。

令人印象深刻的是官方針對補助井建造後，基本資料蒐集之詳細與完備，是整個計畫關乎成敗之關鍵，其政府單位對基本資料蒐集之重視，確實值得學習與效法。

三、成果檢討

(一)河川生態工法

由於河川生態工法是因地制宜的工法，而台灣河川有其特殊之條件，故國外之方法論可資為借鏡，故談到生態

復育僅能敘述其原則性要點，再根據各河川之特性，採取適當的策略與方法，此處僅就其理論加以闡述，

- 1.此處僅引用伊利諾香檳大學 Edwin E Herricks 教授之有關「基本生態工法觀念-Herricks 2002」加以引述如下：近年來對工程活動要求要對環境友善，引申為工程設計須有最小之衝擊或說衝擊發生時，使其最小化。

(1)生態工程概念

其係一個工程領域最近發展上的組合，結合環境工程、農業/生物環境工程、與生態環境而成之所謂生態工程。

(2)沿革

一個新興的領域，其沿革為

- a.1989年-第一本教科書
- b.1992年-生態工程期刊
- c.1993年-國際生態工程學會
- d.1995年-SCOPE計畫
- e.2000年-美國生態工程學會

(3)生態工程定義

整合人類社會與自然環境，使兩者都能獲益的永續環境之設計。生態工程需滿足兩項關鍵因素：

- a.設計需能自我維持，這意味著我們必須確認大自然的過程並順應其過程於工程設計之中。
- b.設計必須在「系統」階層整合，且橫跨空間及時間的尺度，我們必須發展處理長時間及大區域的新能力。

(4)基本概念

- a.使用系統方法。
- b.應用生態理論。

- c.基於生態環境自我設計之能力。
- d.應用工程原理。

(5)預期效果

- a.生物與非再生資源之保育。
- b.兼具美學和功能之計畫。
- c.修正設計—低衝擊之設計/發展。
- d.生態相關的機構和個人的早期參與。

2.台灣地區生態工法綜論

由上述論點可推論的發展台灣地區生態工法之可能方向，大致如下述：

(1)確認生態工法之著力尺度

台灣地區在時空下之自然過程尺度大致可分為如下尺度，

- a.大尺度：其可大自台灣原與大陸相連，生態本應一致，惟受陸塊自然分離之影響，以及板塊推昇作用，台灣地區形成一獨特的東陡西緩之海島地形。
- b.中尺度：位於板塊推擠帶上，地震頻仍、地質破碎，加上所處之水文條件，即豐枯明顯之水文條件，常於每年雨季時颱風時，造成土石及洪水災害。
- c.小尺度：台灣地區河川普遍河川短促、坡陡流急，上游受山形地勢限制，溪流轉折，谷深狹小，中游漸變，下游沖積平原上，水流較緩，水量漸豐，並臨出海口。

生態工法之著力尺度，需自小尺度上出發，即改造小規模之河段或點，惟如何使其具生態效益，則需以演化為基礎，拜自然為師，滿足生態於不同尺度之需求。

(2)發展台灣地區生態工法之瓶頸

生態隨著環境而演化，並趨於一動態平衡中，台灣地區生態之環境條件較為嚴苛，不似大陸地區大川大河，相對地穩定，故在台灣地區發展生態工法格外困難，其困難點大致歸納如下，

- a.發展生態工法之歷史較短，相對基本資料之建置較不完整。
- b.台灣地區當地生態之基礎研究較不完整，造成基本資料之調查時，易遭遇瓶頸。
- c.生態設施建置後，缺少相對監測系統，造成生態工法建立規範時，缺乏可供參考之相關資料。
- d.防洪安全與景觀美化，常與生態發生競合及混淆現象。

(3)台灣地區建立生態工法之方向

- a.生態基礎資料之重視，如河流底棲生物及河口地區鹹水魚類之分類系統之完整建立。
- b.利用當地人力物力，大規模地進行生態普查，以建立長期之調查系統。
- c.選定特定河段，建置生態工法設施，並進行監測與回饋機制，以期建立實施之標準流程與部分規範。
- d.儘快建立防洪安全、生態與景觀價值之客觀價值評估方法，以為決策上之參考依據。
- e.民眾自覺是推動生態上的重大助力，故推動生態工法之過程中，如何達到民眾參與的目標，是一項不可少的任務。
- f.在資料相當不足之情形下，誠如 Herricks 教授所言，必須嘗試建立處理長時間與大區域之能力，在邊作邊學下，達成目標。

(二)河川流域規劃與管理

1.此處引用 Isobel W. Heathcote, “Integrated Watershed Management –Principles and Practice”加以引述如下：

(1)概況

根據 Aldo Leopold 於 Sand County Almanac「保育是人與土地的和諧關係」，又根據 Theodore Roosevelt, Message to Congress, Dec. 3, 1907「浪費、毀損我們之自然資源，取代善用它、增長其用途，而剝削、耗盡土地，將為後代子孫之繁榮埋下陰影，而那原為我們的義務應該更放大與更發展地交給他們的」，水可能是我們最珍貴的自然資源，水之豐富與品質導引所有人類系統及同時涵蓋幾乎所有的有機物。直到 1980 年代前，大多數之水資源經營管理實務仍尋求解決單一、地區性之問題，而為這些活動可能對整個較大集水區之生態、經濟及社會單元所造成之衝擊。近 20 年來，一股強烈的全球共識已經形成一個信仰，即集水區是水資源經營管理之最佳單元，目前，世界各地之國家均嘗試將水經營管理活動納入自然及人類系統之考量中。根據世界各地有關整體集水區經營管理之成功經驗，幾乎毫無例外的，需透過廣域不同領域專家之通力合作—工程、生物科學、經濟、社會法律及倫理等—及介於政府部門、私人工業、非政府組織及民眾。通力合作之提昇自早期典型技術官僚處理經營水管理上標記驚人的改變。它同時也標記一個新的、整合的水經營管理型態，包含在強烈水經營管理策略發展之不同領域與觀點之貢獻。

(2)源起

在 1977 年三月，聯合國贊助之水之研討會，在阿根廷 Mar del Plata 舉辦，其對水資源政策推薦可歸結如下：

- a.各國必須定義及持續檢討有關水之使用、經營管理與保育之一般敘述，以為規劃與實施之架構，國家發展計畫及政策必須定位出水使用政策之主要目標，該目標隨後必須轉化為準則、策略與計畫。
- b.各國採用之法規配置需確定水資源之發展與經營管理係為國家計畫之範圍內，及其為所有水資源調查、發展與經營管理體系真正方針。
- c. 各國需檢查及檢討目前有關於水經營管理之立法與行政架構，其必須適當地對水規劃方針作整合性立法。其有關水資源經營管理、保育及保護使免於污染並統一成聯合之合法指令之條款，立法需定義水及大型水工構造物之公共財法規，以及相關條款管理土地擁有問題與其引起之一些訴訟。這些訴訟需具備足夠之彈性，以應其優先次序及其展望上之未來變化。
- d.各國需作必要之努力，採用方法以求規劃與決策形成過程之有效參與，涵蓋使用者及公家單位等。參與者能建設性地影響介於替代計畫及政策間之選項，如果必要時，立法需為上述參與提供規劃、執行計畫、執行及推估過程之整合部分。

(3)流域規劃之成功通則

Schramm (1980) 提出下述「成功流域規劃」之一般通則如下，

- a.針對計畫之內部架構需允許考量及尋求解決觀測

得之問題的一些廣域替代案，並涵蓋及計畫體系各特定負責部分之外部。

- b. 規劃單位必須具備多目標及其估算過程之技術能力，尤其是在經濟、社會及環境之領域。
- c. 內部架構需具備促進計畫調整，以符合改變中國家的、區域的及地區的優先性
- d. 內部架構需具備各團體之代表性，即受特定發展計畫及經營管理影響之各團體
- e. 內部架構需具備回饋報酬介於技術團隊成員間及協力單位內部之起始及更新。
- f. 技術團隊需自時時負責中有足夠的自由，以便其能夠專心於長遠之規劃及對未來問題之預測
- g. 內部需具備隨時間學習與改進之能力，包括在時間上有足夠之連續性及評估以往計畫之能力
- h. 內部架構需具備足夠的權威去規範建造與操作計畫之執行的一致性
- i. 內部架構需能保證經由技術團隊之專業表現下，具備一可接受之最低水準
- j. 計畫執行階段需包括由需要提供服務之其他單位適時的及品質地、數量地足夠供給之條款，以及保證具後續的功能，即操作、修復、部門之維護及提供服務等

(4) 河川流域規劃與管理之方法與步驟

- a. 確認及分級待解決之問題或待恢復之效益用途
- b. 設定清晰且特定之目標
- c. 發展一系列之規劃限制與決策公式，包含公式中任何指定之權重
- d. 確認一適當之方法，用於比較篩選各種經營管理替

代案

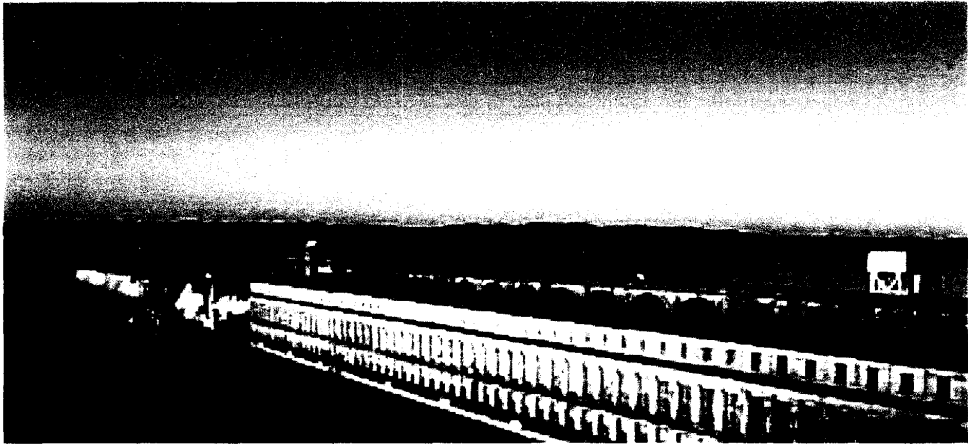
- e.發展一系列經營管理之選項
- f.考量時間、成本、空間或其他限制項，而消去部分不可行之選項
- g.利用確認之方法、決策公式及其權重，檢驗剩下可行選項之效用
- h.評估經濟衝擊、不同可行經營管理選項之法律涵義及環境衝擊
- i.發展一些好的經營管理策略，每一策略均包含一個或多個決策者考量之選項
- j.發展決策者傾向選用計畫之清晰且整體性的實施過程

(5)成功個案

美國田納西河谷管理局（The Tennessee Valley Authority, TVA）

田納西河谷管理局（TVA）是在整體經營管理上最著名的嘗試，也經常被引用的。事實上，透過它令人雀躍的規模及延時，，它影響及全世界的水經營管理策略。

TVA 開始被視為電力開發計畫，開始於 1930 年早期，早期其發展自硝酸鹽工廠供應戰時軍備，開始時 1917 年，在它完全運作前，結束於 1919 年。該工廠需要大量能源，由兩座熱量生產工廠供應，其後，由 Wilson 壩開發之水力發電廠供應（詳如照片 29 所示），在 1920 到 1930 年代間，它有時根據附近河流地形，歸為是 Muscle Shoals 的設施，而其是當時熱們爭論的話題。有人認為可利用其生產氮肥，但工廠僅適合需使用大量電力的 cyanamid 法生



照片 29 阿拉巴馬州田納西河之 Wilson 壩 (TVA 計畫之一部份)

產。假如工廠真被轉變成該用途，它將需要所有水力發電廠的電力，而排除其他民生用電之空間，不同的其他公眾及私人興趣

亦被涵蓋在這場爭論中，其持續地停留在不景氣的初始階段中。當時羅斯福（Franklin D. Roosevelt）總統，他視 Muscle Shoals 工廠不是一個地方性計畫，而是流域中一個寬廣的經濟計畫，他構想在一系列計畫的中心發展電力計畫，一系列計畫包括在 Tennessee 河之航道改善計畫、洪水控制及集水區的土壤沖蝕控制、森林再造、農業土地利用改善及增加與多樣化的工業發展等，

TVA 的中心特質與羅斯福總統對計畫的目標一致，是「強力會計」，其允許在河川及河谷的建造可由 TVA 自行興建，僱請當地工人，而非由流域外的建設公司。TVA 提供其員工與其家庭人員福利與教育，因此形成地區經濟復甦的基礎。

TVA 計畫行動以發展一系列的火力發電廠，增加電力產能，使運作良好地進入 1940 年代。建造計畫經費均由債券賣出及電力與其他資源賣出所得之國家稅收募集基金，聯邦補助金還繼續補助環境保護、山谷農業延伸及其他目標等，但這些基金相較自 TVA 計畫之總收入是很小的。今天結合低廉電力、安適地可用的熟練工人及源自工業發展現場為創造對地區之吸引力，所創造令人愉快的環境等。這計畫仍舊是成功的公眾所有及多目標發展的重要里程碑。

2. 台灣地區河川流域規劃與管理綜論

台灣地區位於板塊推擠帶上，地震頻仍、地質破碎，加上所處之水文條件，即豐枯懸殊之水文條件，

加諸台灣地區河川普遍河川短促、坡陡流急常於每年雨季時颱風時，造成土石及洪水災害。面對如此特殊之條件，容易導致頭痛醫頭，腳痛醫腳及應接不暇的現象，也因此反映出台灣地區河川流域之整體規劃與管理不易生根之原因，也因此針對該問題，有以下幾點建議：

- (1)改變頭痛醫頭、腳痛醫腳之祇注重短期效益之作法，必須針對台灣地區之河川流域特性，改採長短期兼治的策略，且原則上應要求每次成立一計畫，須有明確之中長程計畫，並兼及建造後之維護與經營管理計畫。
- (2)技術掛帥之單一決策系統隨著時代之進步，已不符需求，一項計畫的進行必須肩負多項使命，建立結構式的決策過程，科學地建立機關內部，相關利害人及地方管轄單位之共識，以設計出具共識之整體計畫。
- (3)整體計畫之執行亦可參採 TVA 的「強力會計」方式之精神，其允許在河川及河谷的建造可由 TVA 自行興建，僱請當地工人，而非由流域外的建設公司，此可創造效益與凝聚共識。
- (4)河川流域整體規劃不應為靜態的規劃過程，或某個時間點下的產物，而應為與相關單位、人及背景相互作用下之動態過程，因此於計畫之起始階段，應備有多項替代案，內中包括「不做 (do nothing)」之替代案，以為建立共識過程中之後續彈性空間，佈置計畫胎死腹中，而具進入實施階段之可行性。

四、建議

- 一、建立完整之台灣地區之生態基礎分類與鑑定系統。
- 二、仿效日本推動台灣地區河川情勢調查，整合地利用當地人力物力，建立可長可久之生態基本資料蒐集網。
- 三、仿效美國國家野生聯盟（NWF）使用「乾淨水法案」之集水區復育條款，將美國各州依其對集水區非點源污染之控制努力，加以評估分級，以期保護地區湖泊、河流及河口地區生態環境。
- 四、選定特定河段，建置生態工法設施，並進行監測與回饋機制，以期建立實施之標準流程與部分規範。
- 五、儘快建立防洪安全、生態與景觀價值之客觀價值評估方法，以為決策上之參考依據。
- 六、台灣地區河川防洪設施之防洪標準設計中，所引用之基本資料中，率定曲線（流量與水位）資料之引用頗具爭議性，而易流於防洪規劃盲點，有必要進行探討及釐清。
- 七、無論是地上水或地下水之模擬模式，其驗證是確認模式正確之一道重要手續，而驗證過程亟需詳實基本資料之支撐，故建立基本資料蒐集之健全體系，是流域整體規劃之基礎條件。
- 八、為喚起民眾之參與，促進其對所處環境之自覺，並意識到整體利益與個人利益是一致的，願意協助政府保護環境生態，促進永續發展，以營造雙贏之局面。
- 九、河川流域整體規劃不應為靜態的規劃過程，或某個時間點下的產物，而應為與相關單位、人及背景相互作用下之動態過程，因此於計畫之起始階段，應備有多項替代

案，內中包括「不做（do nothing）」之替代案，以為建立共識過程中之後續彈性空間，佈置計畫胎死腹中，而具進入實施階段之可行性。

- 十、台灣地區在生態工法及河川流域整體規劃管理起步較晚，故人才之培育相對重要，而出國觀摩實習是最具速效的方式，故建議增列相關名額，以增時效並提昇規劃與管理之品質。
- 十一、跨領域之河川流域規劃與管理是未來之趨勢，故適當引入經濟環境生態學、景觀生態學、社會環境生態學乃至推對跨領域之整合性合作計畫，以整合不同知識領域之人力，使其發揮真正整體功效。
- 十二、由馬里蘭州王子喬治縣之縣環保部門之高研究素質與旺盛企圖心，相對比較於該州哥倫比亞特區之水處理局之以委外辦理為主，本身配置人力較少，兩者各具特色，即前者以行政區域為主，地方治理地方，互動較多，後者以流域為主，推動結構式決策歷程以建立共識彌補不足，兩者均有其值得效法處。