

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：專題研究)

都市廢水處理後回收再利用之研究



服務機關：經濟部水利署
出國人 職 稱：科 長
姓 名：馮 德 榮

行政院研考會/省(市)研考會 編號欄

G5/
009105180

出國地點：美國

出國期間：91年6月21日至7月20日

報告日期：中華民國91年11月5日

系統識別號:C09105180

公務出國報告提要

頁數: 137 含附件: 否

報告名稱:

都市污水處理後回收再利用之探討

主辦機關:

經濟部水利署

聯絡人/電話:

/

出國人員:

馮德榮 經濟部水利署 綜合企劃組 科長

出國類別: 研究

出國地區: 美國

出國期間: 民國 91 年 06 月 21 日 - 民國 91 年 07 月 20 日

報告日期: 民國 91 年 11 月 05 日

分類號/目: G5/水利工程 G5/水利工程

關鍵詞: 都市廢水回收,廢水回收利用,USGS

內容摘要: 在「挑戰2008：國家發展重點計畫」中已將污水下水道建設納入列管，期將台灣地區污水下水道普及率從目前7.9%提升至97年20.3%之目標，以減少河川污染，儘早恢復清澈的水環境與創造可親水的河川空間。由於都市生活污水（廢水）一年四季產出量幾乎固定不變，在未來國家之水資源開發策略中也將用水回收再利用列為多元化水資源開發之推動計畫之一，而都市廢水經二級處理後再經過第三級（所謂高級處理技術）處理後提供農業與工業用水之使用，在美國已有很多成功案例與實務經驗，本計畫安排前往美國幾個大都會區，主要研究考察重點為進一步了解其都市廢水回收利用之技術與發展現況，都市廢水處理後回收再利用之應用策略，都市廢水回收再利用是否為新的替代性水源之一，分析其都市廢水回收再利用之發展對我國實務應用上可參採借鑑之處，並探討都市廢水回收再利用在我國未來水資源永續利用上可能之發展情形。謹將相關研究考察資料整理摘錄如後以供參考之。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

摘 要

在「挑戰 2008：國家發展重點計畫」中已將污水下水道建設納入列管，期將台灣地區污水下水道普及率從目前 7.9% 提升至 97 年 20.3% 之目標，以減少河川污染，儘早恢復清澈的水環境與創造可親水的河川空間。

由於都市生活污水（廢水）一年四季產出量幾乎固定不變，在未來國家之水資源開發策略中也將用水回收再利用列為多元化水資源開發之推動計畫之一，而都市廢水經二級處理後再經過第三級（所謂高級處理技術）處理後提供農業與工業用水之使用，在美國已有很多成功案例與實務經驗，本計畫安排前往美國幾個大都會區，主要研究考察重點為進一步了解其都市廢水回收利用之技術與發展現況，都市廢水處理後回收再利用之應用策略，都市廢水回收再利用是否為新的替代性水源之一，分析其都市廢水回收再利用之發展對我國實務應用上可參採借鑑之處，並探討都市廢水回收再利用在我國未來水資源永續利用上可

目 錄

頁碼

壹、研究目的.....	01
一、前言.....	01
二、氣候變化對水資源供需之影響.....	01
三、現階段國家水資源開發政策.....	01
四、都市廢水處理後回收再利用之研究目的.....	02
貳、美國研究考察行程.....	04
一、研究觀摩考察行程之安排.....	04
二、研究觀摩考察行程表.....	04
參、國內外都市廢水處理後回收再利用之發展情形.....	15
一、國外都市廢水處理後回收再利用之應用經驗.....	15
二、台灣地區都市廢水處理回收再利用之發展概況.....	22
肆、前往美國西岸波特蘭、洛山磯研究考察內容.....	30
一、行程安排背景說明.....	30
二、奧利根州波特蘭市永續發展及水部門研究考察內容.....	30
三、波特蘭廢水回收處理後再利用現場內容.....	35
四、加州洛山磯 Seawater Intrusion Barrier Project 考察內容.....	37
五、The West Basin Water Recycling Plant 觀摩考察內容.....	39
伍、前往美國中西部丹佛、堪薩斯研究考察內容.....	41
一、丹佛考察背景說明.....	41
二、美國墾務局研究考察內容.....	41
三、丹佛都市廢水回收再利用考察內容.....	43
四、堪薩斯研究考察內容.....	46

五、美國內政部地質調查所 USGS 薩斯辦公室觀摩考察內容...	48
陸、前往美國佛羅里達州之研究考察內容.....	52
一、背景說明.....	52
二、西南佛羅里達觀摩考察內容.....	53
三、佛羅里達州立大學農業生物工程學系遙測中心觀摩考察內容	55
四、聖約翰河 (St. Johns River) 水管理局觀摩考察內容.....	56
五、佛羅里達州水回收再利用.....	58
六、瞭解 ASR 在美國之發展狀況.....	60
柒、前往美國北大卡萊羅納州夏洛特研究考察內容.....	63
一、背景說明.....	63
二、拜訪夏洛特美國環保產品公司行程.....	64
三、觀摩考察.....	65
四、參觀感想.....	66
捌、前往美國東岸紐約市政府研究考察內容.....	68
一、背景說明.....	68
二、拜訪紐約市政府環保局行程.....	69
三、研究考察內容.....	70
玖、研究考察心得.....	77
拾、結論與建議.....	80

附錄一 NEW YORK CITY WATER SUPPLY STATUS , JUNE 1,2002 。

附錄二 DROUGHT MANAGEMENT PLAN AND RULES ,CITY OF NEW YORK,DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION.

圖目錄

頁碼

圖 3-1 污水回收再利用各處理等級之建議使用範圍.....	85
圖 4-5 LS Seawater Barrier Project Location.....	86
圖 4-1 ASR 操作系統.....	87
圖 4-2 ASR 井設施.....	87
圖 4-3 污水處理廠回收及污泥再利用.....	88
圖 4-4 污泥噴灑系統.....	88
圖 4-6 SEAWATER BARROERS TOUR.....	89
圖 4-7 INJECTION WELLS CONSTRUCTION.....	89
圖 4-8 TITLE22 SYSTEM.....	90
圖 5-2 DENVER REUSE PLANT.....	90
圖 5-1 USBR 整合水經營管理架構.....	91
圖 5-2 DENVER REUSE PLANT SITE.....	92
圖 5-3 REUSE PLANT 旁發電廠.....	93
圖 5-4 WESTMINSTER RECLAIMED PLANT TOUR.....	93
圖 5-6 USGS 水文流量即時資訊系統.....	94
圖 5-5 AURORA RECLAIMED PLANT TOUR.....	95
圖 5-7 USGS 水文流量站.....	95
圖 5-8 流量站設太陽能版.....	96
圖 5-9 USGS 水質自動量測量儀器.....	96
圖 6-1 ASR 操作系統.....	97
圖 6-2 ASR 操作井設施.....	97
圖 6-3 拜訪聖約翰水管理局戴佳雄與黃清次博士.....	98

圖 6-4 DAVID PYNE 介紹 SINK HOLE 地下水補注區.....	98
圖 7-2 淨水場污泥處理池.....	99
圖 7-3 污泥處理作業.....	99
圖 7-4 淨水場備有兩套污泥處理設施.....	100
圖 7-5 蓄水及污泥處理系統.....	100
圖 7-6 污泥經聚合物合後之快速脫乾處理.....	101
圖 8-1 拜訪紐約市政府環保局供水單位.....	101
圖 8-2 紐約市供水系統.....	102

表 目 錄

頁碼

表 2-1 行政院人事行政局九十一年度公教人員出國進修暨研究 觀摩實習行程表.....	05
表 3-1 美國污水再利用準則（與都市有關之類別）	81
表 3-2 美國加州對各種水再利用之水質需求.....	82
表 3-3 日本雜用水水質基準.....	83
表 3-4 中國大陸生活雜用水水質標準.....	84

壹、研究目的

一、前言

在「挑戰 2008：國家發展重點計畫」中已將污水下水道建設納入列管，期將台灣地區污水下水道普及率從目前 7.9% 提升至 97 年 20.3% 之目標，以減少河川污染，儘早恢復清澈的水環境與創造可親水的河川空間。

由於都市生活污水（廢水）一年四季產出量幾乎固定不變，在未來國家之水資源開發策略中也將用水回收再利用列為多元化水資源開發之推動計畫之一，而都市廢水經二級處理後再經過第三級（所謂高級處理技術）處理後提供農業灌溉、澆灌與工業用水之使用，在先進工業國家已有很多成功經驗，未來配合國家永續發展委員會資源與產業工作分組行動計畫之「推動水資源保育及永續利用」任務，如何結合污水下水道普及率之提升，以發展都市廢水處理後回收再利用於可行的用水標的上，是頗值得積極研究發展之工作項目。

二、氣候變化對水資源供需之影響

世界氣象學會已經確定證實全球氣候異常現象已有上升之趨勢，全球各地之在大氣循環運作下對各地水文環境所造成之衝擊影響將更存激烈，乾旱的出現更頻繁，延時更長，反應出水資源化時空更不平均，甚至可利用水資源減少之趨勢；而異常洪水不但造成自然、水、土環境之衝擊，社會經濟人民生命財產之損失，且此部分之水大都無法蓄存利用；氣候異常對於水資源之供需層面之影響，可簡單歸納為可能造成既有水利設施在調配上出現水資源可利用量減少；而環境保育與社經發展之用水需求仍會持續增加，致為使水資源供需平衡，不但必需考量氣候異常所造成的可利用水資源的減少量，而且必須考量需求的增加量等雙重考量。

三、現階段國家水資源開發政策

水資源開發政策，從需求面的管理而言，減少需求相對上可減少

水源的開發，節約用水的推動更顯重要；從供給面而言，透過區域性整體水利設施靈活彈性的聯合運用，可促進水源利用效率的提升以增加供水量，因此計畫對環境影響層面較低，在經濟效益方面較新興水資源開發計畫更具可行性，宜予以優先考量推動；依此原則進行供需分析後，若供給仍落後於需求，則採取適度的多元化開發水源以為因應。未來適度開發水源之主要方式，敘述如下：

依世界潮流開發水源宜朝多元化發展，除考量傳統之攔河堰工程計畫外，對於海水淡化、水再生利用技術、地下水補注與回用等國外均有很多成功的應用實例，亦值得考慮，至於此類水資源回收再利用技術是否能應用於台灣之水資源環境亦須納入水資源開發方案中多方審慎評估；若經水資源供需情勢分析，既有水利設施之供給水量與上述可能方案之搭配仍不足因應生活與工業需求之成長，則後續仍有賴於規劃推動人工湖、離槽水庫等較大型之蓄水設施，提供量足質優之穩定供水。

四、都市廢水處理後回收再利用之研究目的

水再生利用技術廣泛的包括到農業用水、生活用水及工業用水之標的手水之用水回收再利用，由於涵蓋層面甚廣各有其不同水再生利用之技術在不斷地發展與應用；本研究將僅針對都市廢水處理後回收再利用之層面作進一步探討，主要係想尋求既有利於水資源之供給面且有助於水環境品質之提升之策略，而選定都市廢水為對象，主要考量水從自來水廠至使用者及使用後之水被污水下水道系統收集並加以處理，處理後之水應妥善加以改善其水質，讓其在大地上能夠再多加以利用，最後放流至河川而至大海，再進入水文循環系統。

因為都市生活廢水是每天都存在的，其數量幾乎一年四季變動不大，若能針對此部分之廢水能加以處理至再被提供為三標的用水之水源，則相當於投資興建水庫或其他措施以增加供水量，同時生活廢水在加以處理後再排放入水體，對水中生態環境亦有正面效應。因為都

市廢水處理後回收再利用，在台灣過去應用的很少，可以說是剛起步，而在面對未來之環境保護與永續發展之課題，應是政府在水資源與環境保育上必須投入人力經費妥為因應之重要事項。

本研究之主要目的為：

- (一) 瞭解美國都市廢水回收利用之技術與發展現況
- (二) 探討美國對都市廢水處理後回收再利用之應用策略
- (三) 研究美國都市廢水回收再利用是否成為新的替代性水源
- (四) 研究美國都市廢水回收再利用對我國實務應用上可參採借鑑之處
- (五) 探討都市廢水回收再利用在我國未來水資源永續利用上可能發展情形

貳、美國研究考察行程

一、研究觀摩考察行程之安排

本研究題目前往國家為美國，研究期間為一個月，所安排之研究觀摩考察行程，係先針對「都市廢水處理後回收再利用」在美國幾個已有實際營運經驗之大都市列為主要之研究觀摩考察對象，再透過國內、外相識之好朋友，其中包括外國朋友及我國派駐當地的經濟文化代表處等協助之下，分別一個一個的利用電子郵件告知研究主題、目的，期望觀摩的工程計畫及擬拜訪時間等，總計安排前往拜訪之大都市包括奧利根州之波特蘭市（Portland City）、加州之洛杉磯、柯羅拉多州之丹佛、堪薩斯州之堪薩斯市、佛羅里達州之坦帕市（Tampa）、奧蘭多市及佛羅里達大學、北卡萊羅納之夏洛特市（Charlotte）、以及紐約市等都市。主要拜訪單位大部分為政府部門，亦有私部門工程顧問公司；現場觀摩行程亦均屬政府部門所屬之單位，前前後後安排時間大約三個月，在九十一年三月中旬至六月中旬，由於目前網際網路科技之發達及方便，寫了六、七十封電子郵件之書函往返，不必多花任何費用而將行程確定，為政府部門節省一筆安排費用，也與國外友人建立情與溝通管道。特別要感謝的是在美國的朋友給予相當多的友誼協助，也感謝前往拜訪之美國各政府部門非常樂意接受來自台灣政府部門的公務人員前往觀摩考察，負責接待之人員熱心介紹展現了央央大國的風範，也是拜訪行程中特別感受深刻的，也是我政府部門公職人員在服務上值得借鑑之。

二、研究觀摩考察行程表

經過努力三個多月的行程，終於完成觀摩考察之行程安排並奉行政院人事行政局核定，本次研究觀摩行程表如表 2.1，至美國拜訪之單位及現場觀摩聯繫人員之相關資料列之如表 2.2。

有關至各接洽單位拜訪、觀摩及訪問，以及請教之相關內容將於以下章節中詳細予以敘述之。

表 2-1

行政院人事行政局

九十一年度公教人員出國進修暨研究觀摩實習行程表

日期		起訖地點	考察內容	考察機關	住宿
月	日				
6	21	Arrive Portland			Portland
6	22	Portland	(星期六)		Portland
6	23	Portland	(星期日)		Portland
6	24	Portland, Oregon	<ul style="list-style-type: none"> ● 都市污水回收再利用 ● 水資源永續利用 	City of Portland, Office of Sustainable Development; Bureau of Water Works	Portland
6	25	Portland, Oregon	<ul style="list-style-type: none"> ● 都市污水回收再利用 ● 現場觀摩 	1.CH2M HILL 2. Wastewater Management Company	Portland
6	26	Portland, Oregon ARRIVE L.A.	<ul style="list-style-type: none"> ● 污水回收再利用 ● 水資源永續利用 	Bureau of Water Works Portland	Los Angeles
6	27	Los Angeles, C.A.	● 廢水回收再利用－多目標用途及現地觀摩	Department of Public Works Los Angeles County	Los Angeles
6	28	Los Angeles, C.A.	● 廢水回收再利用－應用在海水入侵，現場觀摩	United Water Serves, West Basin Water Reclamation	Los Angeles
6	29	From LA. to Denver	(星期六)		Denver
6	30	Denver	(星期日)		Denver
7	1	Denver, C.O.	<ul style="list-style-type: none"> ● 廢水回收再利用 ● 現場觀摩 	Denver Water Department	Denver
7	2	Denver, C.O. Arrive Kansas city	<ul style="list-style-type: none"> ● 水資源經營管理 ● 國際合作交流 	BRUS, Denver, CO. (美國墾務局)	Kansas
7	3	Kansas → Lawrence → Kansas	● 污水回收再利用與地面水、地下水聯合應用之研究	Kansas Geological Survey, UNI, Kansas	Kansas
7	4	Kansas City	美國國慶日		Kansas
7	5	Kansas city → Lawrence → Kansas	<ul style="list-style-type: none"> ● 應用太陽能於自動化水文觀測系統 ● 水資源經營與供水發展 	Water resources department Of USGS in Kansas	Kansas
7	6	From Kansas City to Orlando	(星期六)		Orlando

日期 月 日	起訖地點	考察內容	考察機關	住宿
7 7	Orlando	(星期日)		Orlando
7 8	Orlando → Tampa Orlando →	<ul style="list-style-type: none"> ● 回收再利用—多目標供水 ● 現場觀摩 	Tampa Water District, F.L.	Orlando
7 9	Orlando, F.L.	<ul style="list-style-type: none"> ● 回收再利用— ● 現場觀摩 	Orlando Water District, , F.L.	Orlando
7 10	Orlando → Gainesville, F.L.	<ul style="list-style-type: none"> ● 水循環再利用 ● 遙測技術在水資源之應用 	佛羅里達大學, 農業生物 工程學系及遙測中心	Gainesville
7 11	Gainesville, F.L.	<ul style="list-style-type: none"> ● 水循環再利用 ● 遙測技術在水資源之應用 	佛羅里達大學, 農業生物 工程學系及遙測中心	Gainesville
7 12	Gainesville, F.L.	● ASR 系統結合回收再利用 之應用與發展	ASR Systems at Gainesville, F.L.	Gainesville
7 13	Gainesville	(星期六)		Gainesville
7 14	From Gainesville to Charlotte N.C.	(星期日)		Charlotte
7 15	Charlotte N.C.	● 污水處理廠回收再利用及 污泥處理技術	USEP, Inc Charlotte, N.C.	Charlotte
7 16	From Charlotte to New York			New York
7 17	New York City	<ul style="list-style-type: none"> ● 前往紐約市政府環保局 ● 拜會我國紐約市駐美投資服 處 	<ul style="list-style-type: none"> ● DEP of New York city ● TECRO 	New York
7 18	New York City	<ul style="list-style-type: none"> ● 水資源發展多元化 ● 乾旱災害應變 	Bureau of Water Supply and Water Treatment, DEP of New York city	New York
7 19	New York City, N.Y.	● 拜訪行程致謝及資料整理		New York
7 20	End Of Visit Trip	星期六)		New York

出國人員簽章： 馮德榮

Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs
Project Implementation Order/Participant

(Attachment)

Name of Participant	Mr. Ferng Der-Zong	Project Title	The study of urban wastewater reclamation and reuse
PIO/P No.			
<p>Kind's of Training Needed and Method of Carrying out</p> <p>Name of participant : Mr. Ferng Der-Zong</p> <p>Sponsoring agency : Central Personnel Administration ,The Executive Yuan ,Taiwan, R.O.C. and Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs, Taiwan , R.O.C.</p> <p>Kinds of training needed and method of carrying out :-</p> <p>The activity target for this training is to provide an opportunity for the participant to study “The study of urban wastewater reclamation and reuse ” for a period of one-month in the U.S.A.</p> <p>Major fields of the study will include :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.To research the development and application of urban wastewater reclamation and reuse in U.S.A. 2.To realize what kind of advanced treatment technique had applied in reclamation and reuse . 3 To study what are the major reasons to promote the urban wastewater reclamation and reuse. 4.To investigate the related cost information of wastewater reclamation and reuse. 			
LOCATION		PUPROSE	
June 21 From Taipei to Portland, Oregon, U.S.			
June 22-23 Stay in Portland			

<p style="text-align: center;">June 24</p> <p>Cogon Owens Cogan Team Oregon at Portland, Oregon.</p> <p>Principal Robert N. Wise Tel:(503) 225-0192, Fax: 503.225.0224 E-mail: bwise@cogonowens.com Portland, Oregon BUREAU OF WATER WORKS Lorna Stickel, Consortium Project Manager e-mail: lstickel@water.ci.portland.or.us</p> <p>OFFICE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT Matt Emlen E-mail: mattemlen@ci.Portland.or.us Web-site: www.sustainableportland.org</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.wastewater reclamation and reuse 2.sustainable development of water resources 3.The impacts of weather change on Portland's water supply
<p style="text-align: center;">June 25</p> <p>CH2M HILL at Portland Bob Long Tel:(503) 235-5000 Bob Long can be reached at our Portland office, 825 NE Multnomah, Suite 1300, (503) 235-5000. blong@ch2m.com</p> <p>Landfill wastewater treatment and reuse plant George Duvendack E-mail: gduvendack@wm.com Web-site:www.wm.com</p> <p>WOODBURN, PORTLAND Wastewater treatment and reuse plant Frank Sinclair E-mail: frank.Sinclair@ci.woodburn.or.us</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Measurements investigated for the availability of urban wastewater reclamation and reuse 2. Oregon state sustainable development and water resources planning and management 3. Reclamation and reuse project field trip 4. Riverbend Landfill, and Woodburn reuse facilities

<p style="text-align: center;">June 26</p> <p>Cogon Owens Cogan. Team Oregon at Portland, State Water department of Oregon. Principal Robert N. Wise and team members Principal Robert N. Wise Tel:(503) 225-0192; Fax :503.225.0224 E-mail: bvise@cogonowens.com BUREAU OF WATER WORKS Dick Robbins E-mail: d Robbins@water.ci.portland.or.us</p> <p style="text-align: center;">From Portland to Los Angeles</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. field trip to wastewater reclamation and reuse 2. BULL RUN Watershed Management of Portland City 3. spend night at Los Angeles
<p style="text-align: center;">June 27</p> <p style="text-align: center;">LA Dept. of Public Works</p> <p>Irvine Ranch Water District , LA Marilyn Smith</p> <p>Dr. Youn Sim can be reached at the Los Angeles Department of Public Works, 900 S. Fremont Street, Alhambra California, 91803, (626) 458-6137. ysim@lapdw.org</p> <p>William Yeh join the tour</p> <p>My phone numbers are: (Home) 310-476-9659; (Office) 310-825-2300. williamy@seas.ucla.edu</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Visit LA Seawater injection Barrier 2. Visit West Basin facility, the LA injection well system 3. LA Seawater Barrier 4. Dominguez Gap barrier extension, which is currently under construction.

<p style="text-align: center;">June 28</p> <p>United Water Services West Basin Water Reclamation EL Segundo, CA 90245 Michael Ruiz (O) 3104140183</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. West Basin Water Reclamation plant field trip 2. Visit SEAWATER BARRIER system by reuse water
<p style="text-align: center;">June 29</p> <p>From Los Angeles to Denver</p>	<p>Saturday, spend night at Denver.</p>
<p style="text-align: center;">June 30</p>	<p>Sunday, stay in Denver</p>
<p style="text-align: center;">July 1</p> <p>Denver water department Brian Good from the Denver Water Department 9 a.m. through 11 a.m. Kevin Bral E-mail: kbral@ch2m.com Kevin Bral 303 771 0952 ext 5517 303 881 5752 mobile 303 688 9585 home</p> <p>Recycled Water Plant of Denver Water BRIAN GOOD E-mail: brian.good@denverwater.org</p> <p>WESTMINSTER Wastewater treatment plant Tim Woodard E-mail: twoodard@ci.westminster.co.us</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. DENVER WATER 2. Reclamation and reuse project 3. field trip to reuse plant <p>Aurora Wastewater Treatment Plant Paul Kottenstette E-mail: sandcreek@pcisys.net</p>
<p style="text-align: center;">July 2</p> <p>Bureau of Reclamation, U.S. Department of the Interior, Denver, Colorado.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction to the water resources development and management in U.S. west and south region

<p>Dr. Chieh Ted, Yang E-mail: tyang@do.usbr.gov Leanna Principe Tel: (303) 445-2127 ; Fax: (303)445-6322 E-mail: lprincipe@do.usbr.gov PM 5:00 from Denver to Kansas city</p>	<p>2 Discussed the Technique Cooperation Program Between USBR AND WRA 3.spend night in Kansas city</p>
<p>July 3 Kansas Geological Survey (KGS), University of Kansas · Lawrence ,Kansas Dr. Ming-Shu Tsou Tel: (785) 864-2120 Fax (785) 8652475 Email: tsou@kgs.ukans.edu</p>	<p>1. Introduction to the research projects and facilities of KGS. 2. Surface and Ground water joint application for water supply 3. A trip to the water treatment plant at Lawrence The water treatment plant has the automatic control system and top technology in water treatment 4. Introduction to the research projects and facilities of KBS</p>
<p>July 4 National Holiday</p>	<p>Stay in Kansas city</p>
<p>July 5 USGS IN Kansas Dr. X. Jay Jian E-mail: xjian@usgs.gov 785-832-3534</p>	<p>1 water resources management and water supply 2.NATIONAL STREAMFLOW INFORMATION PROGRAM 3. Field trip to streamflow station</p>
<p>July 6</p>	<p>Saturday stay in Kansas city</p>
<p>July 7 From Kansas city to Orlando, F.L.</p>	<p>Spend night in Orlando</p>

<p>July 8</p> <p>Tampa Water District</p> <p>Mark McNeal</p> <p>E-mail: mmcneal@ch2m.com</p> <p>Tel : (813) 874-0777</p>	<p>1.Reclamation and reuse</p> <p>2 field trip to visit reuse project in Hillsbrough County.</p> <p>3.spend night at Orlando</p> <p>4</p> <p>Mark McNeal can be reached in our Tampa office at 4350 W. Cypress Street, Suite 600, Tampa, Fl, 33622, (813) 874-0777.</p>
<p>July 9</p> <p>Orlando Water District</p> <p>Mark McNeal</p>	<p>1.reclamation and reuse</p> <p>2. field trip to visit reuse plant at Altamonte Spring</p> <p>3.spend night at Orlando</p>
<p>July 10</p> <p>from Orlando to Gainesville</p> <p>Institute of Food and Agricultural Sciences</p> <p>Agricultural & Biological Engineering Department,</p> <p>Univ. of Florida at Gainesville</p> <p>Chairman Direlle Baird</p> <p>E-mail: baird@agen.ufl.edu</p> <p>Remote Sensing Center , Univ. of Florida</p> <p>Associate Director, Jasmeet Judge</p> <p>E-mail: jasmeet@agen.ufl.edu</p>	<p>1. Introduction to the research projects and facilities of Remote Sensing Center</p> <p>2. remote sensing technology application to water resources.</p>

<p>July 11</p> <p>ST. JOHNS RIVER WATER MANAGEMENT DIVISION</p> <p>Department of Water Resources, Division of engineering Chief Engineer Chiasiung Charles Tai, PH.D. E-mail: sjrwmd.com</p> <p>Donald Brandes, Ph.D. dbrandes@sjrwmd.com</p>	<p>1.Introduction to the research projects and facilities of ST. JOHNS RIVER WMD</p> <p>2. Learn the reuse project in FL.</p> <p>3. FIELD TRIP to dam site</p>
<p>July 12</p> <p>ASR SYSTEMS LLC, at Gainesville President, David Pyne E-mail: dpayne@asrsystems.ws Website: www.asrforum.com Website: www.asrsystem.ws</p>	<p>1. The application of ASR system integrated with water reclamation and reuse in US and WORLD</p> <p>2. Field trip to natural surcharge area</p>
<p>July 13</p>	<p>Saturday, stay at Gainesville</p>
<p>July 14</p> <p>From Gainesville to Charlotte · N.C.</p>	<p>Sunday, stay at Charlotte</p>
<p>July 15</p> <p>Paul M. R. White President U. S. Environmental Products, Inc. 9117 Monroe Road Suite 100 Charlotte, North Carolina 28270 Phone: 704-846-2700 Fax : 704-846-6247 E-mail : pmrw@usep-inc.com Website : www.sludgesuckers.com</p>	<p>1.The water reclamation and reuse</p> <p>2.Sluge treatment of waste water treatment plant</p> <p>3.Field visit</p>
<p>July 16</p> <p>From Charlotte to NEW YORK CITY</p>	<p>Spend night in New York City</p>

<p style="text-align: center;">July 17</p> <p style="text-align: center;">DEP OF NEW YORK CITY http://www.nyc.gov/dep E-mail : crmrepl@crm.nyc.gov TEACRO in New York, USA Mr. Yang Hong E-mail: investny@msn.com Tel: 212-7522340 Fax: 212-8263615</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Study urban wastewater reclamation and reuse project in NEW YORK CITY 2. Learn the decision making for the drought emergency operation system of 2002 in NEW YORK, comparing with the consistent drought situation happened in Taipei now 3. VISIT THE TEACRO <p>**TEACRO help contact with the visit trip</p>
<p style="text-align: center;">July 18</p> <p style="text-align: center;">Bureau of Water Supply , DEP of NEW YORK city http://www.nyc.gov/dep E-mail : crmrepl@crm.nyc.gov Bureau of water supply, Quality &Protection Strategic Services RAPHAEL HURWITZ, P.E. CHIEF (O) 718-595-5426</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Study the project of water resources management development and water supply for ten million residents in New York city 2. Study the strategy for the sustainable development of water resources in New York city . 3. Study the DROUGHT MANAGEMENT PLAN
<p style="text-align: center;">July 19</p> <p>Summary for all data and information of this trip</p>	<p>Stay in New York City</p>
<p style="text-align: center;">July 20</p> <p>End of visit trip to U.S.</p>	<p>Stay in New York City</p>
<p style="text-align: center;">July 21-29</p> <p>Arrange holidays for myself.</p>	<p>Traveling</p>
<p style="text-align: center;">July 30</p> <p>From New York City to Taipei</p>	

參、國內外都市廢水處理後回收再利用之發展情況

一、 國外都市廢水處理後回收再利用之應用經驗

所謂他山之石可以攻錯，在我國尚未發展成熟之都市廢水回收在利用技術，透過研究先進工業發展國家之技術經驗與發展過程，以擷取精華作為參考與借鏡，亦可在短時間內研擬出適合國情之策略與措施。

長久以來世界各先進國家為了追求水資源的永續發展，降低人為污染對環境造成的衝擊影響，皆投入可觀之人力與經費致力於污染防治之相關技術的研究。美國於一九七〇年代通過淨水法案（Clean Water Act），規範了污水排放的水質限制，藉此可降低污水排放至自然水體的污染量。自一九八〇年代以後，隨著總量管制觀念提出，規定可排入自然水體的污染量不能隨人口的增加及工商業的發展而大幅改變，所以污水處理程度必須提昇至更高等級，亦即由初級處理、二級處理升級至三級處理甚至高級處理，而經由二級處理以上等級的排放水已適合做為再生利用的水源。因此，如何適當回收再利用，使其具備經濟效益，已是世界各國政府努力想達成的目標，亦形成尋求替代水資源之發展趨勢。以下針對蒐集之國外資料分別介紹如下。

（一） 美國

根據美國環境保護署（Environmental Protection Agency）之調查，1992年美國共有34個州在進行1,900個水回收再利用計畫。美國水資源委員會預估都市污水再利用量與工業界之廢水循環利用量均將巨幅成長，其利用量如以1975年為基準，至2000年時將成長6倍。以下為美國幾個應用案例說明。

A、加州聖地牙哥市

美國加州聖地牙哥地區長久以來即為缺水地區，其生活用水水源

有 90%是由外地輸入，當地水資源主管機關一直在積極尋找穩定可自行調配的供水來源。隨著水處理技術之日新月異，污水經回收再生處理後的水質已相當好，因此將都市污水回收再利用做為當地可穩定利用水源的想法。

聖地牙哥自 1970 年代即開始探討都市污水高級處理後回收利用的可行性，經持續研究的結果，目前的規劃方案如下：

1. 都市污水收集後先輸送到三級處理的北區水回收再生處理廠 (North City Water Reclamation Plant)，處理容量為每日三千萬加侖 (即 113,550 噸)。
2. 經三級處理後之回收水再輸送到水再純化廠 (Water Repurification Plant) 做更高級的水處理，處理容量為每日二千萬加侖 (即 75,700 噸)，其處理流程包括微過濾 (Microfiltration, MF)、逆滲透 (Reverse Osmosis, RO)、高級氧化 (臭氧) 及離子交換等程序。
3. 水再純化廠的出水水質由自動監測儀器持續監測，若有不符合標準的情況，將立即截流並排出整個回收再利用系統。
4. 水再純化廠的出流水將輸送到 23 哩外聖地牙哥的供水水源聖文森水庫 (San Vicente Water Supply Reservoir)，並與水庫的原水混合一段時間後，再一起輸送到供水系統的淨水廠 (Alvarado Filtration Plant)，經由完整的淨水處理程序後再以配水系統送至用戶。

本計畫是加州第一個將污水回收再利用水注入地面供水水源的計畫，其預期效益如下：

1. 避免遭遇乾旱時，因其他用水者之競爭以致無法順利獲得 90%自境外輸送過來之供水水源，而造成之缺水情形。
2. 發生地震天災造成外來輸水管線毀損時，仍有緊急備用水源可供應。

3. 供水水庫水質將因為更乾淨之回收利用水之注入而逐漸改善。
4. 減少排入自然水體的污染量。
5. 可避免或延緩建造其他新給（集）水水庫或設施，減少工程對環境及生態所造成的衝擊。

聖地牙哥水管理單位經過多年的現場試驗及分析，證明污水回收再利用由公共衛生及健康風險的觀點已完全可行。如何克服民眾的心理障礙是本計畫未來能否順利執行的重要關鍵。

B、喬治亞州 Gwinnett 郡

Gwinnett 郡由於人口快速增加，新的水源建設不敷需求，所以政府水管理單位早已積極研究規劃污水回收再利用方案。另一方面，由於環保主管機關對於承受水體設定了嚴格的污染排放總量管制標準，因此隨著污水量增加，污水處理廠必須有更高的處理效率，以達到管制標準的要求，根據設計的資料，當地污水處理廠排放水水質必須達到化學需氧量（COD）25 mg/L、濁度 1 NTU、氨氮 0.5 mg/L、磷 0.13 mg/L。而這樣程度的水質已相當適合回收再利用，因此水管理單位決定規劃將污水回收再利用。值得注意的是，為了考量未來可能將回收再利用水注入當地飲用水源，因此設計規劃時已經以臭氧取代氯做為消毒單元，並且也加入了薄膜處理單元。

該廠初級處理包括細篩（Fine Screens）、渦流沉砂池（Vortex Grit Removal）及初沉池（Primary Clarification），可去除項目為固體物及有機物。

二級處理為生物處理程序（Deep Multi-Cellular Plug Flow），包括厭氧、缺氧及好氧區，然後排入二沉池（Secondary Clarification）及穩定池（Equalization）。

高級處理包含二種平行的高級處理程序，分別為物化處理及薄膜處理。物化處理包括石灰化學處理及再碳化處理（High-pH Lime Chemical Treatment and Recarbonation），顆粒介質過濾（Granular

Media Filters)，前臭氧氧化 (Preozone Injection)，生物活性碳處理 (Biologically Active Granular Activated Carbon)，後臭氧消毒 (Post-Ozonation)。薄膜處理則包括微過濾 (Microfiltration, MF) 或超過濾 (Ultrafiltration, UF)、極微過濾 (Nanofiltration, NF) 以及臭氧消毒 (Ozonation)。

本廠是美國東南部第一個使用薄膜處理的都市污水處理廠。使用薄膜程序的優點是能比物化處理產生更少的剩餘固體物，同時其產出的水質也可以符合未來可能用於飲用水源的用途。

由於 Gwinnett 郡水管理單位體認到水回收再利用計畫的付諸實現是需要花費相當多的時間去推動，因此 Gwinnett 郡採取分階段陸續應用於不同用水標的。目前回收再利用的水是輸送到 20 英哩外的河川排放，由於經處理後的污水水質已較既有的河水乾淨，因此可藉此改善河川下游社區取水的供水水質。此外，政府單位將尋找灌溉用水及景觀用水的需求者。但政府單位的最終目標仍是推動將回收再利用水注入供水水源 (即 Lanier 湖，容量約為二十五億立方公尺)。新規劃的水回收再利用廠容量為每日六千萬加侖 (即 227,100 噸)，預定使用薄膜技術。

由於喬治亞州時常遭遇乾旱，居民屢受限水之苦，了解水資源對當地的重要性，因此大部分民眾皆能接受污水回收再生的構想。

C、加州 El Segundo 市

西岸都市水管理局 (The West Basin Municipal Water District) 在加州 El Segundo 的污水回收廠 (The West Basin Water Recycling Plant) 原處理容量為每天 142,000 噸，處理水源來自洛杉磯市 Hyperion 污水處理廠的排放水 (每天處理一百四十萬噸)，其回收處理後的排放水主要用於灌溉及地下水補注。最近，水管理局與 Chevron 煉油廠簽訂合約，將擴充原廠規模，以提供每日 16,300 噸的鍋爐用水給 Chevron 煉油廠。此擴充計畫的水源仍為洛杉磯市 Hyperion 污水處理廠，預

定使用的高級處理程序為薄膜技術，即微過濾（Microfiltration, MF）及逆滲透（Reverse Osmosis, RO）。本計畫在 2001 年三月完成。

本回收廠於 1996 年起即開始運轉，最終處理容量將擴充至每日 378,500 噸。西岸都市水管理局另擁有一座較小的排放水回收廠，其回收水亦提供為煉油廠的用水。

水管理局與 Chevron 煉油廠的合約可達到雙贏的目的。對於水管理局來說，Chevron 煉油廠的用水需求量大，所以服務一個客戶就能提供大量的產水量，管理上較方便。而對於 Chevron 煉油廠來說，也樂於以回收水替代自來水，因為回收水不受乾旱時缺水的限制。

此外，本回收再利用計畫也受到環保團體的支持與贊助，因為藉由污水回收再利用將可減少污水處理廠排放水直接排入海洋的水量，降低對海洋環境與生態造成的衝擊。

D、加州橘郡（Orange County）

自 1976 年起，橘郡水管理局開始執行 Water Factory 21 計畫，意謂本計畫為 21 世紀的科技結晶。本計畫之高級水純化廠將每日一千五百萬加侖（約五萬五千噸）的二級污水處理廠排放水處理到可做為飲用水水源的標準，然後輸送到 23 個補注井網補注到地下四個含水層（提供當地 75% 飲用水）。補注水是由經逆滲透處理之回收水及經活性炭吸附處理之回收水混合而成，除了可增加當地的飲用水源水量，同時亦兼具防止海水入侵的功能。

Water Factory 21 之處理程序包括混凝、膠凝、石灰淨化、再碳酸化、沉澱、重力過濾、逆滲透、活性炭吸附及加氯消毒等。石灰淨化在改善水質上為非常有效率之方法，缺點是價格高，用地需求大，且有污泥處置的問題，但通常在許多小規模系統，石灰淨化及重力過濾可用來取代膠凝、二段過濾及匣式過濾。Water Factory 21 的逆滲透膜組以高通量低壓及低電力為主要選擇依據，為避免積垢問題，以超過濾（Ultrafiltration, UF）或微過濾（Microfiltration, MF）作為前處

理的構想已被提出，與傳統前處理比較，能大量去除膠體及噬菌體為其優點，可取代石灰淨化、砂濾及匣式過濾，對膠體尤其效果。

E、科羅拉多州丹佛市

科羅拉多州丹佛市之污水再利用示範計畫以多重處理程序去除水中各式各樣之污染物，使用的程序包括石灰除磷、再碳酸化、過濾、紫外線殺菌、活性碳吸附、逆滲透、氣提、臭氧消毒、氯胺消毒等，以確保處理水質的安全性，而達到做為飲用水水源之目的。

造水成本方面，以一個每日四十萬噸之處理廠而言，每 1,000 噸之處理水經完整高級處理須 600 美元（包括建設費及操作維修費用，1988 年幣值），而每 1,000 噸處理水經初級及二級處理程序約須 80 元，故都市污水以此方式再利用所花費之總成本約為 680 美元/1,000 m³（1988 年），折合新台幣約 23 元/噸。

(二)、 新加坡

新加坡 Changi 都市污水處理廠第一期設計處理的污水量為 2015 年時每日八十萬噸。其回收水量、回收處理程序及使用標的如下[8]：

等級	回收處理程序	回收水量 (CMD)	使用標的
一	MF-RO-次氯酸鈉消毒	6,800	化學製程水、大型設備主要循環冷卻水
二	MF-次氯酸鈉消毒	46,000	噴灑用水、其他冷卻水
三	Straining-次氯酸鈉消毒	60,000	清洗用水、稀釋水

(三)、 日本

依據 1990 年統計資料，全日本有 845 座污水處理廠，每年處理量約 98 億噸，其中有 96 座實施污水廠排放水廠外再利用，每年約九

千二百萬噸之回收用水量，約佔總處理水量之 0.94%，其用途主要是用作工業用水、農業用水、環境用水、融雪用水及雜用水等，較被注目的是環境用水及廁所沖洗等雜用水。雜用水水質相對於自來水之水質，其要求標準較低。目前日本在廢水回收再利用方面的趨勢以中水道系統為主。

日本政府為積極推動水再生與再利用，除大幅支持各項水處理技術的開發外，更結合政府與民間力量，採取輔導的推廣策略，來達到落實普及之目標。最具體的作法便是「日本造水促進中心」的成立，該中心將廢水處理、再生利用技術之研發及推廣列為四大任務之一。

有鑑於邁入 21 世紀後對水再生與再利用技術之需求，由日本通產省主導，有 20 家公司 2 個團體參加，於 1985 年開始為期 6 年的水再生利用系統綜合研發計畫 (AQUA RENAISSANCE '90)，並以廢水處理後其生化需氧量 (BOD) 由原來技術能力之 5 mg/L 降至 2 mg/L，能源消耗減少為原技術之二分之一，系統建廠面積縮小至原來之四分之一，污泥量減少為原來之四分之三，水處理成本降低至原來的二分之一，能源回收成本減少二分之一等為計畫之目標。所研發完成的多項技術與單元設備中，有不少為現階段以及未來的水再生利用所需者。

綜合上述國家 (或地區) 都市污水排放水回收再利用實際執行的經驗，歸納出下列幾項應用趨勢：

- 1、 都市廢 (污) 水處理廠排放水再淨化處理之後除了供作工業用水與灌溉用水外，也逐漸考慮用來作為生活用水，通常採取分階段逐步實施。雖然在水處理技術上證實再生水作為生活用水是可行的，但是多數民眾目前的接受度仍然不高，仍有待進一步的溝通與宣導，因此必須採取分階段實施。
- 2、 為使污水回收再利用的應用範圍更廣，因此除了一般的活性碳吸附、混凝沉澱過濾、離子交換等處理單元外，薄膜技術也已普遍應用在回收水製程，以提昇再生水水質。

- 3、 都市污水處理廠排放水回收再利用量不但大，且可以回收做為區域穩定供水水源，發揮區域聯合調配的功能，同時也能減少排放到承受水體之污染量，符合環境生態保護的世界潮流。
- 4、 提昇供水（含水量及水質）之穩定度與調整合理水價所產生的經濟效益，將是提高產業界使用回收水意願的最大驅動力。而積極有效的宣導與溝通則是降低民眾心理障礙的最佳途徑。
- 5、 在考量成本與需求的情況下，都市廢污水回收在利用設施有朝大規模容量發展的趨勢。

二、 台灣地區都市廢水處理回收再利用之發展概況

台灣地區由於面臨之水資源開發壓力強大，先吸取與參考國外都市廢水回收再利用的經驗，在探討分析水回收再利用是不是未來水循環利用發展中不可或缺的環節。以目前發展情形與世界先進國家相較台灣在都市廢水回收利用領域仍屬起步階段，摘要說明如下。

（一） 在推動水回收再利用的政策、法令方面

由於台灣地區水資源環境的特性與限制，依行政院民國 85 核頒之『現階段水資源政策綱領』，目前水資源政策在於強化水資源的管理、保育與分配，亦即是「開源」與「節流」並重的原則，朝向民國 110 年全國用水總量不超過 200 億立方公尺目標努力。在 90 年底完成政策環評報院核備之台灣地區水資源開發綱領計畫中已將推動水再生利用的計畫列為未來開發替代性水資源之一。另一方面，行政院公共工程委員會，亦已修訂「促進民間參與公共建設法」的適用範圍，將水再生利用也納入其中，已於 90 年 10 月審查通過。

在其它相關法令的制定與配套措施上，因為涉及的範圍與層面頗廣，仍然有不足的情形，例如再生水之法律定位與相關管理辦法之制定，下水道法與水利法等相關法律的修正，再生水之水質標準，合理水價的調整，水污染防治與徵收排污費等等措施，均有待積極的推動與落實。目前在下水道法修正草案中，已新增獎勵廢水回收再利用者的條文，即對於投資相關設備於下水道資源回收者，主管機關得予以

獎勵，以資鼓勵。

(二) 台灣地區都市廢水處理回收再利用的應用情形

台灣地區目前推動都市廢水處理回收再生利用，大多集中在中水道二元系統方面，例如經濟部水資源局近年推動的相關研究計畫，包括「中水道系統推動方案研究計畫」，「中水道二元供水系統示範計畫」等；學術界則自民國 83 年起由各大學主辦「水再生及再利用研討會」，目前共已舉辦了 7 屆，在內容上仍以規劃研究為主；有關都市廢水處理後回收再生利用之實際應用情形尚不多見，以下介紹數個實際規劃或實際應用的案例。

A、迪化污水處理廠部分放流水回收再利用

台北市迪化污水處理廠位於大同區，西側隔環河北路緊鄰淡水河，於民國 69 年 7 月完工啟用。原污水處理設計採初級處理經加氯消毒後放流淡水河，平均日處理量為 27.4 萬立方公尺。

由於前期處理水質無法滿足民國 87 年實施之放流水標準，故擬定提昇二級處理工程，增加生物曝氣及沉澱池等二級處理設施，且一併擴充處理容量至每日 50 萬立方公尺，全部工程預計於民國 92 年 9 月完工。

迪化污水處理廠之提昇二級處理工程中，規劃了每日 1 萬噸的回收水處理設備，可供廠區機械清洗用水、回饋公園澆灌，或供政府、民間企業索取作為澆灌及洗街用水。

B、台北市民生污水廠

台北市民生污水廠自民國 73 年起即規劃將部分二級生物處理後的排放水，經過加壓砂濾池處理以及加氯消毒後，供應廠區內用水及市民免費取用，用途包括清洗道路、校園環境打掃、花木澆灌及消防用水等。民生污水處理廠規劃經三級處理後之回收再利用水量約每日

2,000 噸，其中 1,000 立方公尺做為廠內消泡處理、設備清洗用水以及花木灌溉使用，每日剩餘 1,000 立方公尺的回收水可供民眾取用。而目前實際的回收水使用量每月僅數百噸，主要由園藝公司取水，用於市區行道樹的澆灌用水。目前處理成本為 2.2 元／噸或 4.3 元／噸（含人事費）。

（三） 一般都市廢水處理後回收再利用之技術種類與用水標的

A. 處理技術

隨著人口持續增加以及產業不斷擴張，因此水資源日益珍貴，世界各國政府與民間企業無不紛紛致力於水處理技術的研發與運用，除了可增加水資源外，同時也減少了對環境的污染。例如美國在 1972 年通過「聯邦水污染防治法」要求所有污染源在 1977 年之前採用「最佳實用技術」(Best Practical Technology, BPT)來防治污染，並在 1983 年之前達到採用「最佳現有技術」(Best Available Technology, BAT)的目標，因此為水處理技術帶來蓬勃的發展。

一般污水通常含有懸浮物質、溶解性有機物、氮、磷、無機鹽類、重金屬、色度、臭味、大腸菌類等污染物質，污水處理時需要將各種物理、化學及生物單元加以組合應用，最普遍的污水處理廠通常處理至二級生物處理。而國外污水回收再利用處理程序的水源通常是二級生物處理以上的污水廠排放水，常採用之三級處理技術單元包括化學混凝沉澱 (Coagulation and Sedimentation)、砂濾 (Filtration) 等，常採用之高級處理技術單元則包括薄膜技術 (Membrane Technology)、活性炭吸附 (Activated Carbon Adsorption)、臭氧氧化 (Ozonation)、離子交換等，其中薄膜技術包含微過濾 (Microfiltration, MF)、超過濾 (Ultrafiltration, UF)、極微過濾 (Nanofiltration, NF)、逆滲透 (Reverse Osmosis, RO) 等。而再利用系統可依廢水之水質特性及所要求處理程度的不同，選用單一或混合的高級處理方法，來達到再利用標的所需之水質。而上述水回收再生處理單元經過長期發展，目前幾乎皆是

成熟且已商品化的技術，略述如下：

一、薄膜技術

在污水高級處理程序中，薄膜技術可同時去除懸浮微粒、有機物、無機鹽及微生物，取代傳統之混凝、沈澱、砂濾、軟化處理程序，並具有佔地小、具擴充彈性、完全自動化、系統簡單易維修的優點，因此具有相當的實用潛力，為目前國外污廢水再利用的主要處理技術。一般為了降低水中總溶解固體量及硬度時，必須使用薄膜程序進行處理。薄膜技術經過數十年的研發，除了材質效率不斷改進之外，製造成本亦不斷的下滑，逐漸顯現其經濟效益。與傳統水處理技術相較，薄膜技術之特點有：

1. 絕對的物理過濾作用，可去除懸浮固體物、溶解性固體物、膠體顆粒、藻類、寄生孢子及總硬度。
2. 不需大量化學藥劑就可做到固-液分離及消毒，去除絕大部分的不純污染物，污泥產生量少。
3. 無混凝劑及消毒劑殘留。
4. 雖然原水水質變化大，仍能維持一定的過濾水質。
5. 可視需要性與其它處理程序組合成水處理系統。
6. 利於自動化。
7. 可去除微量有機物。
8. 因為採用模組化設計，易於逐步擴充處理容量。
9. 用地需求遠較傳統處理程序（如混凝沉澱等）少。
10. 不斷研發下，薄膜使用壽命已增長，能源消耗率逐步降低。

薄膜依孔徑大小區分依次為微過濾（Microfiltration, MF）、超過濾（Ultrafiltration, UF）、極微過濾（Nanofiltration, NF）、逆滲透（Reverse Osmosis, RO）。在國外已證實薄膜程序確為可行之回收技術，其中又以 RO 於廢水回收使用上較為廣泛，而 RO 最大的問題在於若沒有良好之前處理程序，其脆弱的膜管在很短時間內即會造成薄膜阻塞，增加操作成本，因此通常以 MF（或 UF）做為 RO 的前處理，最主要的

功能為去除水中的懸浮微粒，有效減少阻塞。

二、內置薄膜生物反應處理

先進國家近期研發完成的「內置薄膜生物反應系統」技術，已經能將薄膜模組與生物反應槽（活性污泥槽）直接結合成一個處理單元，初級污水處理廠經擴充設置此單元後，其處理的水質將優於傳統二級生物處理的放流水，相當於三級處理排放水水質，因而更適合做為後續逆滲透處理的進流水，加上其採模組化設計，土地面積需求相對於其他流程小。

三、強化式初沉池

污水中濁度與色度，主要係由於膠體顆粒、鐵、錳、有機化合物所導致，此類污染物質常難於水中去除，因為其粒徑很小，可以通過一般濾料之孔隙，且不會因重力而沉澱。混凝作用（Coagulation）則是將各別的膠體粒子加以凝集，使其粒徑加大，可以於水中沉澱。一般常用的混凝劑為鋁鹽、鐵鹽，必要時可加石灰或其他助凝劑，目前亦研發出有機合成聚合物可供作混凝劑或助凝劑。

由國外回收水處理廠實廠操作經驗顯示，污水處理廠出流水必須滿足生化需氧量（BOD5）及懸浮固體（SS）皆要小於 30 mg/L 的條件，方有利於後續回收時三級處理廠或是高級處理廠的操作。若污水處理廠僅為初級處理的處理層級，國外有所謂強化式初沉池（Enhanced Sedimentation Tank, EST）的構想可提供解決方案，只需要在初沉池旁增設快混與膠凝的設備，即能利用化學混凝的效果來提高對 BOD5 及 SS 的去除率。例如美國洛杉磯市的 Hyperion 污水廠即利用強化式初沉池的構想，將 BOD5 及 SS 去除到 80% 以上，使出水濃度低於 30 mg/L，相當於二級處理後的出水水質。

四、臭氧氧化

臭氧在水處理上的應用可分為氧化處理和消毒作用，而依目的不

同，加入臭氧的位置亦有所不同。臭氧若以化學氧化為目的，則加入點大都於處理程序前端，而形成的不溶性氧化物可由後續的處理單元程序予以去除。另外，許多雜質亦可與臭氧迅速反應去除，例如鐵、錳、氰化物、硫化物、亞硝酸鹽及其它形成臭味之有機物等。臭氧若為細菌消毒及病毒的去活化，則加入點宜在處理程序末端，加藥須能維持 4 分鐘之接觸時間並保留 0.4 mg/L 的殘餘臭氧量，如此可確保 99.9% 的病毒去活性化，除了對微生物生長具有良好的抑制效果外，亦能避免生物性腐蝕與結垢物成核位置的形成。

五、活性炭吸附

活性炭通常分為粒狀活性炭（GAC）及粉末活性炭（PAC），在污水處理方面，首先係應用於水中臭味、色度之去除，然隨著人工合成有機物之多樣化及環境污染之日益嚴重，目前亦已被廣泛用於去除水中之有機物。另外，除非有抑制生物膜生長原因存在，一般顆粒活性炭（GAC）大多會生長生物膜，而轉變為生物活性炭（BAC），其除有吸附作用外，還可行生物分解作用。

綜合而言，生物活性炭同時具有以下之特點：

1. 具物理／化學及離子性有機物吸附能力。
2. 具有生物性的有機物分解能力。
3. 增長活性炭的使用壽命。
4. 降低廢水處理成本。
5. 減少二次污染危害。

六、離子交換

離子交換（Ion Exchange）可定義為不溶性物質自電解溶液中除去正電或負電離子，並放出相同當量之離子於溶液中。早期之離子交換樹脂材料為天然沸石（Zeolites），現今使用者，多為聚合體組成之合成物質，具有離子官能團；官能團的數目與種類，決定了樹脂的交換能力與離子選擇性。

離子交換常應用於淨水處理中軟化硬水，工業廢水中除去（或回收）離子化合物，而在都市污水處理時，主要應用於除氮、磷，及重金屬物質。

七、AOAO 法

傳統方式以二級活性污泥法處理污水，其處理水中仍含有高濃度的氮氮或硝酸鹽，為改善此一傳統二級活性污泥法之處理程序，降低處理水中氮化物的殘留，以 AOAO 法（即厭氧、好氧、厭氧、好氧法）操作可提昇氮、磷之去除效率及改善傳統 A2O 法回流硝化液的不經濟性。此法可以連續進流之方式進行，在不添加化學藥劑且不迴流硝化液之下，在厭氧段釋磷、好氧段攝磷及硝化、缺氧段脫硝、最後再將溶氧提昇排出，可提昇污水處理系統同時間去除 COD、氮及磷之效率。

B、水再利用之用水標的

一般水再利用用途可大致區分為生活用水、工業用水、農業用水及都市公共用水，依用途之不同，其所要求之水質及處理技術也差異甚大。世界各國之水再利用水質準則略有不同，例如美國環境保護署將水再利用用途細分為都市再利用、娛樂與景觀水塘、施工用水等。日本細分為廁所沖洗、洒水、景觀、親水用水等四項。中國大陸則略分為廁所沖洗與城市綠化、洗車與掃除用水等二種。以下就蒐集彙整之各國水再利用水質準則分別說明：

一、美國

美國環境保護署於 1992 年制定其水再利用準則（Guidelines for Water Reuse），其中與都市有關之準則如表 3-1 所示。在水回收再利用標的及處理等級方面，美國環境保護署建議不同處理等級的應用範圍如圖 3-1 所示。由其建議的應用範圍可知，當人體接觸回收水的機率愈大時，回收再利用之污水所需處理的等級亦愈高。根據美國目前

的經驗，都市污水處理廠排放水再生利用主要應用於灌溉用水、工業用水、地下水層補注用水，而在缺水較嚴重地區如加州聖地牙哥市，則計畫將排放水再生後注入其供水水庫，以增加生活用水水源供應量。有關廢水回收再利用的法規則是由地方政府（州、郡）立法而非聯邦立法，其原因在於廢污水回收再利用之需求是地域性的，缺水地區若因乾旱而水源缺乏，將可能實施限水措施，造成工廠停工、農業休耕等經濟損失，因此必須依各區域的水資源供需情況制定法規來鼓勵各單位將有限的水資源做合理有效的充分利用。「美國對於回收水水質的要求相當嚴格，至 1992 年為止已有 34 州分別制定各種回收用途之水質標準」，例如加州有關水回收再利用的準則如表 3-2 所示。

二、日本

日本厚生省於昭和 56 年考慮中水使用有關衛生的問題，制定「再利用水用於中水道之廁所沖洗水水質基準（暫定）」，該基準著眼於再生水需經過消毒、保有餘氯及定期檢測，以符合衛生性與安全性。建設省在平成 3 年提出「下水處理水再利用技術指針（草案）」，建議廁所沖洗水、洒水用水及修景用水之水質準則，如表 3-3 所示。

三、中國大陸

中國大陸於 1989 年正式頒訂「生活雜用水水質標準」，將生活雜用水分為兩大類，一為廁所沖洗與城市綠化用水，另一為洗車及掃除用水。其水質標準如表 3-4 所示。

肆、美國西岸波特蘭、洛山磯研究觀摩考察內容

一、行程安排背景說明

美國奧利根州波特蘭致力於推動永續發展之實務經驗與績效上在全國評比排行上是數一數二的，遂安排在行程的第一站前往開開眼界，同時拜訪其永續發展與水資源相關部門，並參觀用水回收利用之相關設施。

加州洛山磯地區的水資源利用、保育課題中，洛山磯海岸地區防止海水入侵的地下水補注系統計畫，以其所形成的屏障保護其後方的飲用水主要水源—地下水免受海水入侵之衝擊，以及該計畫中地下水補注的水源之一，係由 West Basin Water Recycling Plant 所提供，爰安排拜會洛山磯公共工程局水資源部門及現場觀摩。

二、奧利根州波特蘭市永續發展及水部門研究考察內容

波特蘭市政府之行程是透過 Cogan Owens Cogan Team Oregon 主管規劃與公共政策的 Robert N. Wise(萬博思先生)協助安排，Team Oregon 亦是排動波特蘭邁向永續發展—環境、經濟、社會的永續發展之機構，經由他的幫忙與波特蘭市政府的永續發展辦公室及供水局相關業務負責人見面，並準備豐富的簡報內容介紹說明，好像在參加波特蘭市政府舉辦之研討會一般，紮紮實實的上了一天半的課程，於早上九點至下午五點。研究考察內容非常多元，也帶回來很多寶貴資料，謹將其永續發展的執行計畫與水資源發展有關的重大計畫摘列敘述如下：

(一) 波特蘭市政府永續發展研究考察內容

在一天半拜訪期間均在波特蘭市政府永續發展辦公室之簡報室與市政府相關主管會面、討論、請教，感謝該辦公室 Matt Emlen 先生與 Robert Wise 精心安排研究考察行程，以下將波特蘭市政府在推動永續發展上之執行情形，就下列五項重點摘錄。

1. Sustainable Development Commission—永續發展委員會波特

蘭市政府設置永續發展委員會，其主要任務：

一個永續的社會，是在自然的方式下，將經濟、生態與社會的福利予以結合，以確保每個人皆過很好的生活。該市永續發展委員會之任務整合政府、市民與企業各界資源以發展與擁護計畫、政策與行動，引導波特蘭大都區邁向永續社會，範圍涵括：

- A. 支持多元與充滿活力的經濟
- B. 促進各類資源的適當分佈
- C. 保護與恢復支持生活的自然系統之完整性包括空氣、水與土地
- D. 保存動、植物生存多元化風貌
- E. 降低人類對區域與全球生態的衝擊影響

2. Green Office Guide—綠色辦公室指南

波特蘭市政府永續發展辦公室為推動辦公室朝綠色環保方向發展，制定 Green Office Guide，協助公、私部門之辦公室以檢視其資源使用達到永續利用之目的。由於在辦公室中每日所做各項決定都會影響到地球暖化、水質、空氣污染與垃圾掩埋等事宜，例如辦公室如果能夠有效率的使用能源，減廢、節約用水則對簡省能源、降低地球暖化、減少土地、水質污染等對地球環境產生正面之作用。故該綠色辦公室指南特別針對下列具有綠色機會的項目提出促進有益環境的指導原則供應用，分述如下：

- A. lighting，經美國能源部（DOE）統計典型辦公室能源使用中照明部分占 29%。
- B. office Equipment，經 DOE 統計，此部份占能源使用之 16%，主要為電腦、列印機、影印機、傳真等。
- C. Paper Products，有效的紙張利用，遵行環保標準：減用，再利用，再回收。
- D. Heating and Cooling，暖氣，冷氣，冷，空調等占能源

使用之 39%。

E. Water，美國住家每人每日用水量 130 加侖約 490 公升是歐洲國家之三倍。依統計 water heating 占能源使用中之 9%，買水、熱水、廢水均需付費。美國舊式馬桶每次沖水使用 3.5 至 7 加侖水量，小便沖水每次 3 加侖。新的效率型標準式便池目前沖水一次使用 1.6 加侖左右等於 6 公升。

F. Cars and parking 與 Other。

3. GREEN PAGES—綠皮書

波特蘭市政府追求城市的永續未來，不但滿足今日需求同時不危害影響下一代滿足其需求的能力，制訂 GREEN PAGES，以作為永續城市原則，給每一位市民瞭解其對永續城市之責任。

GREEN PAGES 中摘要敘述波特蘭之環境現況如空氣品質、地球暖化效應，有害化學物、廢棄物、水及集水區健康程度等，然後列出每一位市民相對需盡到的責任與配合完成的目標值，期每一個人都為共同的環境一起努力。

在 GREEN PAGES 中列有 HOUSEHOLD ACTION 專章，針對家庭中之庭院、廚房、浴室、洗衣間、儲存室、居家環境範圍、飲食事務處理、旅途行車、公寓環境、低收入戶的協助等，均列出行動注意指導原則，俾供導守，次共創綠色環境。

在 GREEN PAGES 中亦列有 COMMUNITY LEADERSHIP—社會領導統率，指導如何組織鄰居成協會或聯盟，擬定社區或鄰居計畫；另外有集水區委員會，對集水區中之森林、野生動物、水質、水中生物、漁類等成立許多社會團體，參予監管保育集水區，亦有學校或社區之志工團體等，對於蓬勃的社區團體活動市府都編列經費補助。

在 GREEN PAGES 中亦提供「EXPLORING PORTLAND」—探索波特蘭之地圖、路線、步道等資訊供市民悠遊其中。

4. Incorporating Sustainability

「Incorporating Sustainability」本報告書是為水公共事業部門如何納入永續經營管理實務之指導原則。公永續性之定義，將目前科學對環境之研究結果呈現，而為促進社會與政府降低其對環境之影響，如何遵守 The Natural Step，以發展及完成環境管理系統。訓練活動包括以知識為基礎的，以應用為主的，以過程為主的各式各樣訓練方式，以傳播、實踐水公共事業之永續性。

(二) The Impacts Of Climate Change On Portland's Water Supply

波特蘭市目前 84 萬人口，主要水源來自 Bull Run 集水區，面積 300 平方公里，有二座水庫，第一座容量 0.38 億平方公尺，第二座 0.2 億平方公尺，年降雨量 2000 公厘，年逕流量 6.4 億立方公尺，自 1895 年開始供水，目前每日需水量 44 萬噸，年需水量 1.6 億噸，用水量僅為年逕流量之 25%，另有下雪量相當 400 公厘降雨量，通常在 6 月前溶雪。

波特蘭一直在永續發長上努力推動各相關計畫，對於水資源的永續利用議題，最引起該市府注意的事項，是全球 CO2 問題產生之暖化效應對全球氣候變遷之影響，因此其水資源部門針對未來 20 年、40 年之水資源供需面作長程的規劃，茲將其執行情形摘列如下：

1. 檢視氣候變遷 Bull Run 集水區水文影響

透過與華盛頓大學土木系氣候影響團隊之合作，進行三個層次之運算，第一為全球氣候循環模式，在氣候變遷對溫度與降雨之影響方面，係以 CO2 濃度改變作為運算依據；在第二層次水文模式方面係利用 GCMS 模式預測氣候對集水區之逕流量之影響；第三為供水模式，以集水區的水文預測值來預估系統的供水能力。

2. 全球暖化對氣候之影響

經分析，至 2020 年平均暖化趨勢為較目升高 1.5°C（最高 3.5°C），至 2040 年平均暖化趨勢為較目升高 2°C（最高 4.5°C）溫度上升會增加當地冬季雨量，但下雪量減少；在晚春與夏天之際降雨量會減少。

3.對水文之影響—水的供給面

- 平均冬季河川流量增加 15%
- 晚春河川流量減少 30%
- 4月至9月間有 50%之時間流量可能減少 12.9BG 等於 0.49 億噸
- 依水庫水位下降之時間分析，其對容量影響較少（平均 1.3BG 等於 500 萬噸）

4.對需求面的影響

- 水需求從氣從變化層面分析比在水文層面之影響更不敏感。
- 至 2040 年水位下降需增加之需求為 8%。
- 至 2040 年平均需水量僅增加 4%。

5.氣候變化對水庫水位下降之影響

- 影響水庫水位下降之時間長度每年均不同！
- 對 1987 年歷史極端枯旱年之改變甚微，然而出現頻率升高。
- 平均水庫水位每年較目前下降之天數達 60 天，水庫水位開始下降時間提早，由於早春退水現象。

6.對供水系統之影響

- 結合氣候變化水文與需要之影響，平均必須增加之容積為 2.8GB 等於 0.11 億立方公尺；最高達 0.20 億立方公尺。
- 全球暖化將迫使未來必須提供更多的供水來源。

7.研究結論

- 評估氣候變化之影響對未來供水規劃是非常重要的
- 氣候變化是長程規劃上惟一的主要因素，其他次要因素包括未來需求，ESA（河川魚類流量之釋放），管理計畫之投資與促進計畫成功。

8.長程供水規劃方案

- Bull Run Watershed 水質在濁度，PH 值及總溶解固體值都超過聯邦標準，水質非常好，又 Bull Run 系統之流量僅被利用 25%，故未來供水規劃方案有第一座、第二座水庫加高計畫及興建第三座水庫計畫在評估比較中。
- 波特蘭市供水計畫有考量平時與緊急之水源系統。如乾旱或大洪水發生時，都利用沿哥倫比亞河之井群系統抽水供應緊急所需用水，故仍持續規劃增加井群之供水能力。
- 波特蘭市亦積極推動水回收再利用計畫，未來供水計畫亦評估 ASR 系統與水回收再利用相互結合之計畫，以因應季節性尖峰需求及緊急應變之供水來源。

本章節內容是波特蘭市政府 Water Works 局 Dick Robbins 與 Regional Water providers Consortium 的 Lorna Stickel（女士）所提供資料。

三、波特蘭廢水回收處理後再利用現場內容

（一）背景說明

6 月 27 日的現場考察行程是透過美商 CH2MHILL 顧問公司在波特蘭辦公室 Robert E. Long 所協助安排。

當日早上先至美商西圖顧問公司拜會有關水與廢水處理性再利用部門後，即由 Bob Long 親自開車前往三個現場地點，第一個是 ASR 系統，地下水補注與回用之現場施工及操作情形，第二個是有關 Landfill 的廢水回收再利用，第三個是污水處理廠之廢水回收利用與污水處理。

(二) ASR 系統

波特蘭的地下水井供水系統位於哥倫比亞河南岸，穩定的緊急供水能力達 90mgd 約等於 34 萬噸，是作為 BULL RUN 水庫供水不足時，以及夏天尖峰需求不足時之補充完備水源，現場觀時間係夏季，地下水井群系統正抽水以補充供水水源。現場觀看到該市政府在舊有的井群系統中，再加上一口 ASR 井可發揮在豐水期將自來水廠多餘的水補注儲存於地下含水層，待需要時再回抽使用，地下水井抽出來的水與 BULL RUN 水庫的水源混合後再進入淨水廠。現場觀摩詳圖 4-1 及圖 4-2。

新設之 ASR 系統即由 CH2MHILL 規劃、設計、施工，未來 20 年內 ASR 系統預計會達到每月 40MGD 即 15 萬噸，目前施工內容為先驅計畫。

(三) Wastewater treatment of Landfill

填埋垃圾場的廢水收集處理與回用，是參觀由美國非常有名的 Water management (WM) 公司隸屬之 Riverband Landfill Company, Inc 所經營，操作經理 George Duvendack 親自介紹說明。

本垃圾掩埋廠將填埋範圍內之廢水收集儲放於廢水槽，再經處理後之水，則透過輸水管線送至周遭之樹木園區以供澆灌，這些樹木成長至一定高度後可販賣給製紙廠，而四周之樹木林區剛好形成景觀以遮住掩埋廠，這些樹木不但有經濟價值，同時也發揮自然的再淨化功能。

(四) 污水處理後回收再利用現場觀摩

在 6 月 25 日下午 4 點參加波特蘭近郊之 WOODBURN 市所設之污水處理廠及其水再利用處理設施。傳統污水處理不另說明，僅就參觀本廠污水處理後再利用之情況及污水處理後之污泥處理情形分別說明，此廠位於郊區田野地帶，佔地遼闊，四週分區佈滿樹林，樹齡不同，成長之高低茂密度

不同，原來這些樹木其肥料之來源就是污泥，污泥在經污水處理後收集抽送至一個儲存槽，此儲存槽埋設污水管線於樹木種植之行距之間，在樹行之前端又設有高壓噴泥槍，可將污泥（液態）噴灑在樹行之間，可作為樹木成長之有機養份，而污水處理後之水則應用於灌溉樹木之水源，當澆灌樹木尚有多餘之部分才排放出去。故本廠可不必花費污泥之再處理費用，而樹木成長 6~7 年又可砍伐賣給製紙企業又具經濟利益，這是污泥及污水處理後回收再予利用變成資源化之很好實例，參觀情形詳圖 4-3 及圖 4-4。

四、加州洛山磯 Seawater Intrusion Barrier Project 考察內容

（一）Seawater Intrusion Barrier Project 簡介

洛山磯縣政府公共工程局水資源組負責操作與直接維護沿加州海岸線之既有的三個不同海水屏障系統，在 6 月 27 日之拜訪行程中，由該組操作科之計畫業務承辦工程師 YOUNG SIM 博士（韓國人）接待，我國旅美學者葉文工教授亦一同參加現場觀摩行程，沈然博士準備了一份報告先作簡報說明，茲將其計畫推動背景簡敘如下：

1. 保護洛山磯盆地的地下淡水資源為計畫目標

由於大量抽取地下水以供應飲用水，致沒有足夠的淡水水壓以使海水侷限留在海灣，遂透過補注地下水以形成屏障，迫使一直向陸域移動的海水不再進入內陸地下含水層即飲用水供水來源，經洛山磯公共工程局驗證在沿海岸線建造一系統補注井，利用購入的自來水與轄區內的水回收再利用水源（相當於飲用水水質）打入局限含水層中，可有效克服海水入侵局限含水層之問題。

2. Seawater Barrier Project 的發展情況

1940 年沿加州海岸的淡水井因海水入侵後即放棄使用，1943 年 USGS 與 LA 做出結論必須立即採取因應措施防止情

勢擴大，經不同方案之分析比較，僅人工地下水補注方案符合經濟可行性。

1951 年加州政府通過法案以籌措預算進行各種地下水補注方案，經運用水源補注地下水局限含水層之試驗結果顯示可將海水排阻在外。這項突破，促使第一個先驅補注井計畫之進行，1953 年底證實這項計畫是成功的阻止海水入侵現象。

在 LA 境內有三個不同的 Seawater Barrier 計畫，最大的系統是 West Coast Basin Barrier Project (WCBBP，這是由最初的先驅計畫擴大而成的)。第二大系統是 Dominguez Gap Barrier Project (DGBP)，在 1971 年開始操作運轉。第三個是 Alamitos Barrier Project 是 LA 與 Orange County 一起合作建設的。

此 LA 三大 Seawater Barrier 計畫之相關位置如圖 4-5 所示，截至 1993 年計畫相關資料如下表所示。

3. LA Seawater Barrier 保護地下水之情況

LA 有五大供水區，其中 Central 和 West Coast Basin 是其中較大者。有 200 萬居民之用水所依賴的地下水來源受到 Seawater Barrier 設施之保護，佔其飲用水供應量之 35%。

4. 補注井群之供水來源。

在 1995 年以來三大補注井系統之補注水源由 Central 和 West Water replenishment District 提供，其水量一部分係向 MWD 購入自來水，有一部分是由其他地方取得之回收水 (Reclaimed Water)。

在 1995 年 6 月 West Basin Municipal Water District 開始輸送經高級處理的回收水以補注 West Coast Basin Barrier Project。其水量是由回收水與購入之自來水以 50% 比例混合後提供給補注井注入地下含水層。

LA 三個 Seawater Barrier Project 相關資料表

Barrier Project	WEST COAST BASIN	DOMINGUEZ GAP	ALAMITOS
Date Begun	1953	1969	1964
Length (miles)	9	4.3	2.2
No. of Injection Wells	153	41	35
No. of Extraction Wells	0	0	4
No. of Observation Wells	276	232	230
Distance of Barrier from Coast (miles)	1	0.5-2.8	2
1992-93 Rate of injection (acre-feet per year)	21,500	4900	4900

5. Seawater Barrier 的補注水水質要求

目前輸送至補注井打入地下局限含水層之水源係符合 EPA 所訂飲用水 (Portable Water) 水質標準。

6. 補注局限含水層之範圍

選擇透水性較佳之砂層、礫石層作為補注地下水之地區。

(二) 現場 Seawater Barrier Project 觀摩

LA 公共工程局水資源組操作科沈然博士安排參觀 Alamitos Barrier Project 現場以及操作狀況，詳圖 4-6；另亦前往 Dominguez Barrier Project，目前正在執行 2002 年之補注井及輸水管線工程，施工狀況詳圖 4-7。

五、 The West Basin Water Recycling Plant 觀摩考察內容

(一) 簡介

The West Basin Water District 之水回收計畫終極目標是每日從 LA Hyperion 污水廠引取 100 萬加侖 (等於 38 萬

噸) 二級處理水進行再處理與回用。

The West Basin Water Recycling Plant 位於加州 El Segundo, 是該局水回收計畫中之焦點, 所有 West Basin 的設施均由 United Water Services 公司在操作與維護。經過第三級高級處理後之水, 經由該局輸送供應至位於 South Bay 地區之 160 個非飲用水需求地點, 水回收再利用之方式為提供灌溉、工業製程與 Seawater Barrier 之補注用水。

2000 年 West Basin 產出 2715 萬噸回收水, 至 2020 年期望提高到 8638 萬噸, 終極目標每年達到 1.234 億噸。

(二) 現場觀摩

由 United Water Services 公司之操作負責人 Michael Ruiz 導引介紹水回收廠之二種不同處理程序, 第一個為 Title22water, 第二個是 Barrier Water。Title22 是指符合加州水回收利用水質法規標準者, 而 Barrier Water 因為是提供作為打入地下局限含水層之用水, 其水質要求較高, 需符合聯邦 EPA 飲用水水質標準。

Title22 之處理流程為 Coagulation, Flocculation, Filtration, Disinfection 及 Distribution。

Barrier Water 之處理流程分為 Conventional 及 Microfiltration / Reverse Osmosis; Conventional 之程序為 Decarbonation, lime clarifier, flocculation, recarbonated, 及 filtered。

現場參觀情形詳圖 4-8。

伍、前往美國中西部丹佛、堪薩斯市研究考察內容

一、丹佛考察背景說明

我國水利部門與美國內政部墾務局(United States Department of the Interior Bureau of Reclamation)雙方簽訂「中美水資源發展技術支援協議」，已建立長久良好的合作關係，尤其台灣許多重大水資源開發計畫之水庫興建工程，均透過該協議邀請墾務局壩工專家來台指導顧問，提供寶貴意見協助推動水庫興建事宜，卓有成效，目前仍繼續雙方合作關係，又本人正好承辦前述技術支援協議業務，爰利用此機會拜訪位於丹佛聯邦政府聯合辦公區內之墾務局辦公大樓，並與墾務局本案聯絡官楊志達博士洽談交換雙方未來合作之可行方向與計畫。

另外丹佛地區對於都市廢(污)水回收再利用方面亦積極在推動，故安排拜訪丹佛水務局並觀摩水回收利用之高級處理廠，以瞭解其在丹佛地區之供水計畫上之定位與未來發展趨勢。

二、美國墾務局研究考察內容

1. 美國墾務局的階段性不同任務

7月2日早上九點抵達墾務局辦公室，先拜會國際事務部主管 Leanna Principe，凡外國人來訪皆經由她安排陳核，她也簡介了墾務局發展至今之任務變化趨勢。

今年剛好是墾務局成立第 100 週年，從 1902 年成立時間推動美國西南部 11 州之水資源開發計畫，當時人口 500 萬人，至 2002 年人口為 1 億，剛好成長 20 倍，此期間墾務局定成超過 600 座壩與水庫，以及 58 座水力發電廠。

惟在 1988 年至 1994 年間墾務局進行機構改造，將 1960 及更早以前以建造工程計畫而成立之組織正式劃上休止符，且由於水壩興建成本之高漲及對環境影響之衝擊，在此期間由聯邦編列新建之水壩也幾年是寥寥無幾，意即墾務局的施政由工程興建轉變成操作

與維護既有的水利設施。

墾務局目前正開展的任務全部集中在水的保育、水的回收，水的再利用；與客戶、各州政府、各部落發展成更好的夥伴；尋求方法以滿足每一個需求者並獲致共同利益；轉換一些設施的名稱與操作至更能有效操作這些設施的當地受益人；以及對納稅人盡到更高水平的財政信賴度。

所有的改變就是為了一個目標，即在保護環境與公眾投資之同時，滿足西部地區成長的用水需求。

2.美國墾務局現階段整合性水經營管理架構

美國墾務局持續不斷地編列經費支持水相關領域的科學與技術計畫，而推動水的科學與技術相關計畫的主要目的，就是透過應用科學與技術在水的經營管理上不斷的追求與增進新發明。

茲從 2000~2001 年墾務局出版之科學與技術報告中，摘列出墾務局「整合水經營管理」架構如附圖 5-1 所示。

從供水技術之創造新的供水水源架構中可看出未來其三個主要發展方向為 Water Treatment (水的處理)、reuse (再利用)、desalination (海水淡化)。

3. 美國墾務局技術服務中心 (Technical Services Center)

7月2日上午10時拜會我國旅美專家楊志達博士 (CHIH. TED YANG; P.E. Ph.D.)，他是在墾務局技術服務中心之水資源服務組擔任輸砂與河川水力小組經理，另外有土木工程、環境資源、大地、公共建設等4個服務組。他也擔任「中美水資源發展技術支援協議」墾務局的聯絡官，先就未來我國在水資源開發計畫一如寶二水庫、湖山水庫、吉洋人工湖等，工程計畫持續執行過程中如有需墾務局專家蒞台指導顧問之事宜交換意見，該中心與世界各國保持良好密切之合作關係，我國因非聯合國會員國，在非邦交國部分若某些水資源發展技術值得我國參採者，透過該中心可為我國之橋樑而與其他國家建立往來之管道，在我國積極參與國際性活動開展外交空間之際，能與該中心建立密切友好合作夥伴，實對我國助益甚大。

「中美水資源發展技術支援協議」中之相關附錄備忘錄內容於本年7月屆期，經修正之附錄內容經中美雙方研商確定後，由本署陳報行政院業於10月上旬奉核，未來五年將據此新修正附錄內容持續進行中、美雙方水資源發展技術之支援與交流，期望藉此建立更好的合作關係，並吸收更多美國在水資源科技上之最新技術，以應用於我國水資源保育、經營管理與再利用等方面。

三、丹佛都市廢水回收再利用考察內容

(一) 背景說明

7月1日由服務於CH2M HILL公司的資深工程師KEVIN BRAL協助安排下先拜會Denver Water (丹佛水務局)，隨後即至目前正在施工中的Denver Water Recycling Plant現場觀摩；另外在柯

羅拉多州之現有 12 個水回用系統中，選擇位於鄰近丹佛的 WESTMINSTER 及 Aurora 兩個城市參觀其水回收利用之處理設施，皆是附設在污水處理廠內，這兩個水回用處理廠皆由 CH2MHILL 公司所設計施工。

在本次訪問期間正值丹佛炎炎夏天，本年在丹佛北方森林因天乾地燥引發森林大火，丹佛地區供水的來源—山區水庫蓄水量也比往常低很多，丹佛地區徹底的實施節水措施。

(二) 丹佛正施工中的 Denver Water Recycling Plant

1. 本日由 DENVER WATER Recycled Water Plant 主管 BRIAN GOOD 親自接待說明。

2. Denver Water Recycling Plant 設計目標

- 有關正施工中之水回收廠配置如圖 5-2 所示。
- 因應目前至 2045 年所增加用戶之年預估總用水量 1.234 億噸之 17%，即提供每年約 2100 萬噸水量，每天約 5.75 萬噸，相當於一座中型水庫之年供水量。此水量可視為飲用水量之減供量，故原供水量可增加很多家庭用水戶之生活用水量，本廠完成後，將成為現階段全美最大之水回收處理廠。
- 因應目前至 2045 年所增加用戶之年預估總用水量 1.234 億噸之 17%，即提供每年約 2100 萬噸水量，每天約 5.75 萬噸，相當於一座中型水庫之年供水量。此水量可視為飲用水量之減供量，故原供水量可增加很多家庭用水戶之生活用水量，本廠完成後，將成為現階段丹佛最大之水回收處理廠。

3. 設計水回收蓄存容量

2004 年水回收蓄儲槽容量 30 百萬加侖每日 11.36 萬噸 (第一階段)，2013 年水回收蓄儲槽容量擴增至 45 百萬加侖為每日 17 萬噸 (第二階段)。

4. 投資費用

第一階段中，水回收處理廠、抽水站及儲存槽費用 5500 萬美元，約 20 億新台幣。

另輸配水管線為 800 萬美元。

5. 回收水之利用

第一階段該廠將回收水提供給鄰近之火力發電廠 Xcel Energy's Chelokee Power Plant 年供水量 640 萬噸，其餘供給高爾夫球場、石化廠及數個城市之公園與湖泊用水。第二階段提供 Gateway 與丹佛國際機場之灌溉與工業用水，所有回收水管線全美皆一致為紫色管線。

6. 回收水水質狀況

超過柯羅拉多州政府公共健康環保局所訂供應農業用水與工業用水之標準。

7. 丹佛市一般家庭用戶之用水分配比例

由於自來水廠送至家庭用戶尚無二元供水系統，即均為飲用水，但一般家庭仍用飲用水於澆灌草坪上，每日用水量用於生活上之使用量約占 30~40%，另外澆灌草坪約占 60~70%之間。

有關現場參觀情形詳圖 5-2 及旁邊之發電廠如圖 5-3 為未來回收水使用者。

(三) 現有污水廠增設回收水處理設施之觀摩

7月1日下午先至 WESTMINSTER 市之公共事務局所屬之回收水處理廠參觀，由 TIM WOODARD 先生導引，其回收水系統提供可靠穩定、可抗乾旱、對環境有益的水，且其費用比飲用水便宜。其回收水處理之高級處理程序中是以臭氧技術來處理以提高其水質。

回收水之用途主要提供非飲用水源，即高爾夫球場、市政府公園綠地以及鄰近之大型商圈及社區大學等利用，該市透過 reducing（降低水污染）、reusing（水再利用）、recycling（水回收）等功能之回收水計畫來保護水資源，並向市民廣為宣傳以維護可利用之水資源。現場參觀詳圖 5-4。

再拜訪前述水回收再利用處理廠後，又參觀了位於 Aurora 市之水回收處理廠參觀，由 Paul Kotterstette 先生接待參觀，此廠係利用紫外線技術來作為高級處理之方法、水回收處理後之用途，與前述相同供灌溉用途為主，以高爾夫球場為主。現場參觀詳圖 5-5。

四、堪薩斯研究考察內容

（一）前言

在接洽至堪薩斯訪問時，一開始與堪薩斯市政府水務局聯繫，惟該局在 911 事件發生時，對於外來訪客特別審慎，尤其在安全部門開出一系列要求提供之證明文件，送審查通過後才准允前往訪問。由於需提供之文件中有本人自己無法提供者，另因在丹佛已安排拜會丹佛市水務局，因此即決定取消拜訪堪薩斯市政府水務局，而聯繫上堪薩斯地質調查所（KSGS）及位於勞倫斯的美國地質調查所（USGS），考察有關水資源之研究發展狀況，茲分別說明如下。

（二）堪薩斯地質調查所

在 7 月 3 日安排拜會堪薩斯地質調查所瞭解其在水資源相關研究之發展趨勢，我國旅美專家鄒明樹博士在此服務 10 多年，進行該州有關地下水資源及水庫集水區水源水質保育等相關研究發展計畫。

該所成立於 1889 年為堪薩斯州提供研究與服務，是由堪薩斯大學運作，主要作務為引導地質調查與研究，並進行蒐集、關連分析、保存並散播資訊讓堪薩州的地質更容易讓人瞭解，尤其特別著重於在富有經濟價值的自然資源，水質與水量，以及地質災害等方面。

該所位於勞倫斯 (Lawrence) 擁有 80 位以上的研究人員與支援研究人力，並有 70 位學生助理共同參與研究計畫

(三) 堪薩斯地質調查所 Dakota Aquifer Program 之研習

KSGS—堪薩斯地質調查所目前在水資源方面之主要研究計畫著重在地下水的永續利用上，尤其堪薩斯州亦是農業大鎮，使用很多的地下水於農作物之灌溉上，故對於地下含水層之地質、次表層水文、地層學、水質及安全出水量等之問題上進行很多計畫，謹將訪問時接觸到之 Dakota Aquifer Program 中有關水資源發展與經營管理部分摘要敘述如下。

1. Dakota 地下含水層的歷史用水狀況

早在 1905 年時 Perton 先生即發現 Dakota 地下含水層已被廣泛被抽於飲水、蒸氣火庫、以及非灌溉農業方面，此時 Dakota 南方的 Arkansas 河谷自流井非常普遍，即地下水井不必用抽水原浦而透過含水層中之自流水壓力即足以讓井流出適度的水量，Derton 估計若打開井的封套，以地下含水層之水流壓力可將水噴到高出地面數尺至 150 英尺高，而每分鐘自井流出之水量在 0~100 加侖之間。

1885 年時在 Kansas coolidge 地區位於 Dakota 含水層第一口自流水井；其自流水噴出地面之高度為 20 英尺，至 1990 年當地擁有水井者能自地下含水層獲取每秒 20~75 加侖水量，惟至 1930 年及 1940 年初期於同權地方出水量已降至每秒 30 加侖以下。

由於地下含水層的水不斷的被抽用，復以未加以規範，以及常年的自流井中流出地下水量等因素至今自流井已在 Arkansas 河谷中消失無蹤。

此外在過去幾十年間對於淺層地下水被大量抽取以供灌溉農業，結果淺層地下水位嚴重下降，而因為需求用水量不變，即造成激烈的抽取地下水之競爭局面，演變成在 Dakota 含水層之西南堪薩斯地區開始開挖深層地下水以補實地下水之抽水量。

1970 年堪薩斯地質調查所估計在 Dakota 地下含水層中有 8095 百萬 acre-ft 的蘊藏水量可予以抽出使手，其水質之總固體溶解量小於 3000mg/l，惟由於 Dakota 地下含水量之複雜性，經確認可供用於農業之可開發水量相當有限。

在此時期在中北部地區，為灌溉作物仍持續自 Dakota 地下含水層抽出限制性之出水量直到目前，而對於限制抽水量之指導原則則僅訂定每口井之間平均距離保持 1 英哩距離。

2. Dakota 地下含水層之永續利用性

最主要的地下水管理訴求即是將 Dakota 地下水開發視為因應需求發展之主要供給水源，必須要考量到地下水資源之永續利用性。對於永續利用性之定義為在計畫 20 年內，不可因為抽用 Dakota 地下含水層之地下水以供應需求用水者，而造成該含水層之蘊藏含水量之減少。

Dakota 地下含水層之水平衡控制因素，須考量到補注量 (Recharge)，或額外補注量如人工補注量 (recharge)；流出 Dakota 含水量之水量 (Discharge) 或減少之流出量 (reduced discharge)；以及抽出之地下水量 Q，故其永續利用之平衡方程式如下：

$$R+r=D-d+Q$$

3. 維持永續利用性之井群佈置方案

經堪薩斯地質調查所之研究，考量 Dakota 地下含水層由不同種類所組成，建議井的空間距離在東西方向間隔 20 英哩，南北方向的井間隔為 5 英哩，俾不致造成井與井之間抽水而造成相互影響。即此為達到該含水層永續利用性之佈井方案。

五、美國內政部地質調查所 USGS 薩斯辦公室觀摩考察內容

(一) 背景說明

美國地質調查所設在堪薩斯之分所已為堪薩斯的自然資源進行測量、製圖、描述達百年以上之歷史，以追求增進對該州資源之

充分瞭解。該所以公正的資料蒐集與解釋而聞名，透過這些資訊讓資源劃者與其他相關人士得以做出重要決定。

現今主要訴求更甚於往昔，即瞭解自然相關災害，並將其對生命與財產之影響降至最低，因應礦物與水資源開發（發展）之持續需要，瞭解人類的各式活動對生物與水資源的影響程度。

USGS 與在堪薩斯州內之聯邦、州、地方等 30 幾個機關共同合作產出資料、圖檔、報告等以協助相關機關管理州內之各種資源。

USGS 在堪薩斯州設有 140 站自動水文觀測站搜集即時河川水情，以供國家氣象服務中心，作為警戒與警告發佈之依據，俾保護生命減少財產損失。

USGS 亦針對水的可利用量提供資訊俾作為相關機關執行水資源管理決策，包括地面水、地下水的水量與水質資料之蒐集整理分析。

USGS 也持續在「都市化對水資源之影響」、「農業對水資源之影響」、「水庫對水資源之影響」等課題上，進行有關其在水資源水量、水質互動影響之相關研究與科技的研發。

（二）觀摩考察重點

由於美國地質調查所以其快速蒐集全國河川水量、水質之接近即時資料並公佈於網站上，提供給各種不同需求者利用而聞名於世，本次特別與位於堪薩斯的 USGS 聯繫參觀其全國河川水情電腦作業系統與現場觀摩現代化的自動化水情即時觀測系統。在我國旅美專家鄒明樹博士之協助下，拜會該所之業務負責人，為大陸旅美專家簡曉東博士，茲將觀摩考察情形敘述如下。

1. National Streamflow Information Program (NSIP)

為加強河川水情之資訊系統，USGS 持續不斷進行其 NSIP，其重要觀念為一河川水情是非常重要的國家資產。USGS 操作 7000 個河川流量站以監看全國的河川。絕大部分的測站是由 800 多個共同

合作的機關、單位編列經費，在 2000 年預算中 USGS 的經費僅占所有測站之 7%。

USGS 網站上提供了全國河川水情的即時與長期歷史資料，以滿足許多使用者的需要。河川水情對下列各項是迫為需要的，如洪水預報與洪泛區域可能範圍之圖示、規劃與管理供水及維護跨州的配套措施、發展水質標準與監視流量變化、設計結構物如壩、堰、橋樑、公路等。

USGS 在蒐集全國河川水情所遇到的問題，如流量觀測站數之減少，有長期記錄的流量站出現不均衡的損失，合作夥伴未續編預算降低 USGS 繼續操作高度需要的流量站之能力。USGS 為改善此問題，並實現聯邦為大眾好處著想之五大目標，分別為跨州與國際的水、洪水預報、河川流域出流量、監護集水區、水質等五項之相關達成事項，於 2000 年啟動「National Streamflow Information Program」。

NSIP 完成後在網際網路上實現之目標：

- 即時資料傳輸

在 7096 個測站中有 1717 站需再提升即時傳輸能力。

- 對抗洪水之堅固性

所有流量測站結構體要能抵抗 200 年再現期洪水之衝擊而不影響即時傳輸功能。

- 預期流量範圍內的全部資料量測要準確

流量率定曲線每一站特性不同，須能夠涵蓋非常低與非常高之水位變化情況，俾估算異常事件時之流量。有 3000 站位於重要的洪水預報位置須將其流量率定曲線再延展。

NSIP 完成後在水資源供需調配上最大的貢獻將在於全程掌控洪水與乾旱事件之全部歷程，在水情之服務上，期望達大的目標為

當需要資料時，無論在何時、在何處都能夠將水情資訊送出去並被接收。

USGS 亦不斷的編列經費投資於新方法、新技術之發展與研究上。

2、流量站現地觀摩

流量站—量測我們國家河川的脈動

這是 USGS 對流量站所擬選的宣傳口號。

簡曉東博士在介紹了 NSIP 後，即帶我至距離辦公室最近的流量站現場觀。此流量站不但量測水位，且附設水質相關資料之自動化量測設備，量測項目總計六項。本測站之電力來源係利用太陽能版將太陽能轉換成電能儲存於充電電池上，透過大型電池拉動由鉛管保護的自動量測水質、水溫項目之儀器，並將量測值自動記錄在電子記錄儀器上，在透過流量站所設之天線，每隔約半小時，將資料送至 GOES 人造衛星上，再由衛星轉送至地上接收站，再傳送至 USGS 辦公室，由電腦將資料轉換處理後即連線掛到網站上，透過全球資訊網，需要使用者可利用網路至網站蒐尋載下資料。有關流量站之設置與即時觀測資料傳輸系統如圖 5-6 所示，現場觀摩詳圖 5-7 至圖 5-9。

USGS 全部 7096 個流量站中，剩 1717 站未設自動即時量測、傳輸系統，未來將在 NSIP 之持續推動下，逐步完成。而為完成 NSIP 核心流量站網必須編列預算以完成 4421 座流量站之自動化即時傳輸，這其中包括既有的 USGS 2791 座，舊的 USGS 867 座流量站重新啟用，另由其他機關操作的 278 座，以及必須新設的 485 座。

陸、前往佛羅里達州觀摩考察行程

一、背景說明

佛羅里達州依據 1972 年之水資源法案 (Water Resource ACT) 將該州劃分成五個水利區，全州總面積 152,560 平方公里，五個水利區分別由 5 個水資源管理局掌理水利事務，分別是西北佛羅里達、史汪尼、聖約翰、南佛羅里達、西南佛羅里達等水資源管理局如圖 所示。

佛羅里達人口自 1950 年的 277 萬至 2002 年增加到 1500 萬人，地勢平坦、湖泊多、溼地多、河川多。該州在用水量方面由地下水源供應 50% 以上之需求用水量，而其中公共用水又占地下水源之 90%，由於地下水量開發大，特別是在沿海地區一帶，因大量抽用地下水，造成地層下陷及海水入侵等問題。為因應地下水超抽及海水入侵問題，以西南佛羅里達水利區 Tampa 為例，即透過都市廢水處理回收再利用之方式，以回收水補注地下水，並於乾旱、枯水期抽取供應公共用水，即都市廢水處理後之回收水，結合 ASR 系統即地下水補注與回用系統，本次觀摩考察即至 Tampa 參觀相關設施之配置與操作情形。

另佛里羅里達大學位於本州 Gainesville (基因斯維爾)，校內農業與生命科學學院所屬之農業生物工程學系，我國學者施孫富教授即在該系服務，透過施孫富教授之協助，我國國際灌溉排水協會與該校合作設立了「中華民國基金」，並利用該系成立之「遙感探測中心」，進行應用遙測技術在水資源管理之人才培訓計畫，已合作辦理多年，趁此訪美期間亦安排前往觀摩考察，以實際瞭解該中心之發展及未來人才培訓之合作方向。

此在聖約翰水資源管理局亦有多位我國旅美專家在該局服務，由於此該管理局轄管面積達 31,066 平方公里相當於 0.86 倍台灣面積，亦想趁此行拜會之以瞭解該局在水資源管理之相當決策與實施計畫或措施，俾供我國之參考。

另外在基因斯維爾有一家顧問公司，係在 ASR 系統應用上俱有二、三十年實務經驗之專家所創辦，透過其所設網站與其聯繫後，安排一天之行程向他請教目前 ASR 系統在美國及世界各地之發展情形，同時提問 ASR 系統之今後發展之前景

二、西南佛羅里達觀摩考察內容

(一) Tampa 因應乾旱建造 ASR system。

Tampa 市水部門為了因應乾旱及解除 Tampa Bay Area 地區之水資源供水壓力，近年來大力推動結合地面水與地下水聯合調配之計畫即地下水補注與回用計畫—即 Aquifer Storage Recovery 簡稱 ASR。該計畫由美商 CHZMHILL 顧問公司在規劃、設計、執行，遂於 7 月 8 日至該公司之 Tampa 辦公室與計畫經理 Made B. McNeal, P.G.相會面，並在辦公室聽取簡報後，於下午至現場參觀 ASR 實際操作之現況。茲將 Tampa 市在 Hillsborough County 規劃推動 ASR 之相關背景與運作情形說明如下：

1. 區域水源供給壓力待克服

由於 Tampa 地區地勢平坦，供水之來源均來自引取河川水量供應，而依河川水文特性，在 4 月至 8 月間河川流量已不足以因應每日需求量，必須設法增加此期間之不足水量，否則有缺水現象。另外 Tampa 區在 1997 年遇到乾旱，且在 1998 年亦遇到聖嬰現象發生之乾旱情形，為因應乾旱，特別針對 2000 年發生一之之乾旱情形作為設計 ASR 系統之基本考量因素。

2. 建立自有緊急因應水源，避免緊急時來自外部之水源亦同時短缺

經考量 200 年乾旱條件後，將 ASR 系統之出水量定為全年總供水量之 15%以設計其規模。

3. ASR 系統之地下含水層貯水容量

(1)都市廢水處理廠之處理後符合回收再利用之水源

- (2) 豐水期多餘之自來水
- (3) 經局部處理之地面水源

4. ASR 系統之補注地下含水層之水源來源

- (1) 提供乾旱或枯水期之重要供水來源
- (2) 發揮蓄豐濟枯功能，減少地下水超抽
- (3) 不會影響擁有水權之合法地下水井之操作
- (4) 可減少限水措施之實施時間
- (5) 當補注地下水之水量超過回抽使用量，對地下水補注發揮更大正面效益
- (6) 可減低使用者之用水費用，枯水期水價浮動上漲之機率減少

(二) ASR 結合用水回收再利用

佛羅里達州之中、西部地區是開啟 ASR 系統與用水回收再利用相互結合之先驅，主要係佛州之水文環境特性促進水再生利用不但非常發達而且非常重要，因為透過 ASR 系統，回收再利用之水量可再必要的季節時才抽取利用，而且佛州之地下土壤結構是很好之蓄水含水層，此外由於回收再利用之水質均符合法規標準，社會大眾可以接受回收水的再利用，並具有節水觀念及瞭解水資源之價值所在。

在佛羅里達州之西、南部地區以都市廢水處理後回收再利用之水量與 ASR 系統相互結合之計畫。至少有 12 個正在進行著。例如在 Tampa 之 Hillsborough County 之西北地區即規劃設置之 ASR 系統其每日出水量達 11-4 萬噸（即 30 百萬加侖），是佛州第一個被核准的計畫（1997 年 11 月），也是第一個與再生水結合運用之計畫（2002 年 1 月），另外 Hillsborough County 正在進行第二個每日補注 17 萬噸回抽 5 萬噸之 ASR 水再利用計畫。

經 Hillsborough County 統計，都市廢水處理後回收再利用之客戶與使用量比例，每日 5 萬噸之回收用水量中 20% 為市民所利用，25% 用於高爾夫球場，23% 用於工業用水，22% 用於商業用途，10% 用於農業用水，回收水使用費，給市民利用之部分每月固定收 9 美元，在

商業方面在 10 萬加侖以內時，每 1000 加侖 0.6 美元，使用量在 80 萬加侖之間者，每 1000 加侖為 0.08 美金，使用量在超過 30 萬加侖以上時，每 1000 加侖為 0.08 美金，使用量在超過 30 萬加侖以上時，每 1000 加侖為 0.06 美金。

(三) 現場觀摩

1. 參觀 Hillsborough County 已興建完成正在運轉操作之 ASR 系統—8 個 ASR 主井，3 個監測井之現場設施。
2. ASR 井其水源主要來自都市污水處理廠之回收再利用水源，該井之管線及馬達相關設施均漆上紫色，代表是回收再利用之水系統。
3. 本次觀摩時期為利用 ASR 井回抽地下水，將水再送回自來水廠之水源混合後，再經淨水處理送至用戶端。
4. 平均由 ASR 井回抽地下水之天數一年均 100 天左右。
5. ASR 井群系統均可在辦公室內透過管理中心，進行遙測操作或至現場人工操作。
6. 現場參觀情形如圖 6-1 與圖 6-2 所示。

三、佛羅里達州立大學農業生物工程學系遙測中心觀摩考察內容

台灣與佛羅里達州立大學農業生物工程學系已建立多年之人才培訓合作計畫，即台灣水利相關單位遴選優秀工程師或中階主管人員至該系所設「遙測中心」研習遙感探測結合 GIS、GPS、光譜影像處理、地探達等應用技術，以提升水資源經營管理技術。

目前該遙測中心係由 Jasmeet Judge 副教授擔任中心副主任，所有台灣之學員至此之訓練課程均由她親自規劃安排，除理論課程外，亦透過選定衛星影像結合實施操作練習之課程，以達理論、實務相互結合之目的。

7 月 10 日上午先與 Jasmeet Judge 會面後，即拜系主任及遙測中心主任(以前為施孫富教授擔任，施教授已於 2001 年往生)，C. Direlle Baird, Ph.D., P.E.，在 2001 年 3 月曾至台，因執行高雄水利會之相關

計畫來台灣曾拜會過盧會長及農業工程研究中心劉主任振宇，他表示希望該系之遙測中心未來能夠為「人才培訓」計畫提供更好的服務，更期望與台灣之合作愈來愈密切，並有助於遙測技術應用於水資源及相關領域上，雖然施孫富教授已往生，他也極力務色適當人選以庚續過去建立之合作關係，持續進行雙方之合作計畫，培訓更多人才。系主任在介紹該系之發展狀況後，親自引導介紹剛興建完成不久的教學及試驗大樓，會談交流一小時後結束。

再回至遙測中心副主任 Jasmeet Judge 辦公室，由她介紹說明。台灣派來受訓學生的研習情形、課程規劃、及戶外參觀研習等事宜，亦介紹遙測中心之工作團隊，上課教材、電腦教室之遙測技術應相關應用軟體及與政府部門合作之研究計畫等，在一天之交談、聽取簡報說明及參觀系上之教學訓練環境後，對於遙測中心及該系之學術研究及研究計畫之執行等有了初步之認識，對於未來雙方進行「遙測技術人才培訓」合作計畫，可規劃符合台灣實務需求之研習項目，並結合該系之師資，設計出更好的培訓計畫課程，此為本次拜訪之主要目的之一。

由於該系是未來屬於農業與生命科學學院，院長 Jimmy G. Cheek 是施孫富教授之好朋友，過去常與施教授一起打網球，目前也常與施教授太太保持聯繫，該院非常重視遙測中心與台灣水利單位所建立之合作計畫，特別於此以拜訪行程中安排與我見面，除了介紹該院目前未來之發展情形外，更表達雙方能夠繼續維持良好之合作夥伴關係，本人也趁此機會何他表示過去多年來對合作計畫之支持謹表謝意，希望未來雙方合作能有更好的發展。

四、聖約翰河 (St. Johns River) 水管理局觀摩考察內容

St. Johns River 水管理局位於佛州之帕拉卡 (Palatka)，該管理局水資源工程部門總工程師是我國旅美專家戴佳雄博士 (Chiahsiung Chaules Tai)，管理局轄管面積約 3 萬平方公里，戴博士在 7 月 11 日之拜會中

說明水管理局之八項主要任務列之如下：

1. 豎立各水利區內之最低流量和水位。
2. 管理水資源和相關之土地資源必須依據保持均衡性為原則。
3. 適當利用地表水與地下水。
4. 管制蓄水池、集水區水工構造物及其他構造，使其能增加地表水移動之功能。
5. 防制洪水、土壤沖蝕及過份排水所造成災害。
6. 協助地方政府擬定綜合性的管理規劃，特別是提供有關水資源資料。為達此目標，賦予各水資源管理局至現場收集資料及研究之權利，以增進水資源之開發。
7. 水資源管理局負責缺水時期之各種緊急措施，以維持可航行河川和港口之安全，以增進州民福利。
8. 參與旱澇災應變措施，澇災後之復建，旱災時之水源調配及保育和維護常淹水或缺水地區。

水管理局營運經費之五個主要來源，列之如下：

1. 聯邦政府撥發指定用途之經費
2. 州政府撥發指定用途之經費
3. 水權費 (Permit Fees)
4. 債卷 (Bonds)
5. 房地產稅。依據水資源法之規定，由房地產稅撥付一定比例的經費做為水管理局的專用預算，是水管理局最大經費來源。

有關 St. Johns River 之河川特性及流域面臨問題：

St. Johns River 為聖約翰河水管理區之內最主要的河川，全長約為 490 公里，亦是全州最長的河流，且為全美少數幾條流向由南往北的河川之一，其河床坡降小於九公尺，平均河道坡降約為 1:54000，該河水流速平均約為每秒 2 公分，故號稱為全世界最”懶”的河流之一。由於流速緩慢而增加其本身對污

染物自淨功能的困難。另外，自 20 世紀迄，聖約翰河上游流域約 70%的沼澤溼地被築堤排水而做為農地耕作及都市發展的用地，造成對生態環境影響很大的衝擊。聖約翰河水管理局有鑑於此，乃針對河川復育及河川污染等兩大課題，自 1980 年開始進行相關計畫，目標回復 5 萬公頃沼澤溼地，以期望恢復流域原本之面貌。

該水管理局之主要工作方向已朝向管理、保育方面為主，尤其是針對水資源保育、水質污染、防洪滯洪、溼地保育、法規執行、親水遊憩等進行流域整體管理計畫。

五、佛羅里達州水回收再利用

St. Johns River 水管理局位於佛州之帕拉卡 (Palatka)，該管理局水資源工程部門總工程師是我國旅差專家戴佳雄博士 (Chiahsiung Charles Tai) 詳拜訪情形如圖 6-3，管理局轄管面積約 3 萬平方公里，戴博士在 7 月 11 日下午拜會該組計畫經理 Ponald Brandes，他提供了很多有關水回收再利用之報告，如該局 2001 年水回收再利用報告，水回收再利用參考手冊，2001 年佛州水回收再利用彙整報告等，茲將佛州州政府自 1986 年至今之水回收再利用情形摘要說明如下：

(一) 佛羅里達州歷年水回收再利用先趨勢變化，如下表

年度	污水廠附設回收處理廠數量	水回收總計容量 (mgd)	年平均水回收利用量(mgd)
1986	118	362	206
1990	212	526	266
1996	444	826	402
1998	451	878	441
2000	457	1116	575
2001	461	1151	584

上述資料係佛州州政府 2001 Reuse Inventory 報告摘列，污水廠附加水回收再利用之處理廠自 1986 年至 2001 年增加 343 座，水回收再利用之處理容量增加 789 百萬加侖 (mgd) 成長 2.18 倍，年平均每日水回收利用量增加 378 百萬加侖成長 1.83 倍。

(二) 2001 年水回收再利用之用途與比例

依 2001 年佛州環保署統計年平均水回收再利用量為每日 584 百萬加侖等於 220 萬噸。其中回收水用於公共空間澆灌(高爾夫球場、私立草坪、公園)占 44%，農業灌溉占 19%，地下水補注占 16%，工業用水占 15%，洗地及其他占 6%。

(三) 水回收再利用之使用費率

1. 住戶型

※ 每月固定費用介於 0~350 美元之間，平均為 13.81 美元。

※ 若以每千加侖單位計價，其平均值 0.32 美元相當於每噸新台幣 3.0 元。

2. 非住戶型

※ 每月固定費用範圍 0~12595 美元之間，平均為 445 美元。

※ 若以每千加侖為單位計價，其平均值為 0.26 美元，相當於每噸新台幣 2.42 元。

(四) 佛州污水處理廠數量、容量及附設水回收利用設備數量

2001 年佛州污水處理廠附設水回收處理容量達 0.1mgd 以上之污水廠計有 461 座，其污水處理總容量為 2220.24mgd，年平均污水處理量 1486.5mgd，水回收處理總容量為 1150.9mgd，年平均水回收再利用量為 584.2mgd，mgd 為每日百萬加侖。

(四) 水回收再利用是佛州政府不斷持續推動之策略

州政府「Use it Again, Florida」作為宣傳口號，明確宣示州

政府對「水回收再利用」持續貫徹執行之決心。

六、瞭解 ASR 在美國之發展狀況

(一) 背景說明

七月十二日在行程中安排拜會 ASR SYSTEMS 顧問公司董事長 R. David Pyne, P.E.，由於 David Pyne 本身（如圖 6-4）在 CH2MHILL 公司服務三十多年，參與美國各州正在運轉中 53 個 ASR 系統中之 27 個 ASR 系統，自 CH2MHILL 公司，開始以推動 ASR 系統作為供水之主要計畫；也利用網際網路自設網站：WWW.ASR.FORUM.COM，以動畫介紹 ASR 運作方式，並將蒐集彙整之美國、英國、澳州、以色列、加拿大等 ASR 發展狀況公布於網站上，同時將目前各國從事 ASR 系統之專家學者資料放在網站上，形成一個全球有關 ASR 系統發展之資訊網，美國在 1969 年第一個 ASR 井完成運轉至今 2002 年雖僅 33 年時間，但是 ASR 目前應用最廣的仍是美國，若對美國應用 ASR 之考量因素背景及技術發展有所瞭解，則能掌握未來 ASR 應用發展趨勢，基此考量特於研究觀摩考察行程中拜會該公司及董事長，期能多瞭解 ASR 系統相關之水回收再利用計畫之互動關連性。ASR 為 Aquifer Storage Recovery 之縮寫，直譯為地下水補注儲存與回用，補注儲存與回用都在利用同一井進行。

(二) ASR 系統應用特性

1. ASR 系統應用之預期目的

想辦法讓水在從天空降至陸地後，經過蓄水、取水、淨水而被利用後，透過用水再處理設施進行處理後，又讓水在地面流動及進入地下流動之時間儘量延長，使水又變成既乾淨且又可再次利用期以較少成本解決平時供水或緊急供水問題

2. ASR 系統應用特性

各國、各地之地理、水文、地質天然環境不一，復社經發展及生活生產、生態環境不同，ASR 系統被應用以解決水資源相關問題之機制、目的即有所不同，須因地制宜、彈性考量其應用方式

3. ASR 系統之特點

- ASR 井容易打設，成本不高；
- 儲水在地下含水層蒸發損失減至最少
- 地下含水層自然的將水質改善
- 受到地面異常變動之影響最小
- 是增加地下水補注的好方法
- 有多餘水源時即補注儲存於地下，在需及時使用時可立即回抽利用，調度利用彈性大

(三) ASR 系統在美國應用發展情形

1. 至 2002 年全美國計有 53 個 ASR 系統在運轉中，在 1983 年時僅有 3 個 ASR 系統在運轉
2. 運轉操作中之 ASR 井群系統，均進行補注地下水並回用之功能以滿足季節性尖峰需求、緊急用水、長期供水及其他的水需求
3. 目前在美國及其他國家有其他 100 個 ASR 系統在不同的調查研究、設計、建造、試驗階段中進行著
4. 在美國各州有 ASR 系統者為佛州、加州、維爾吉尼亞州、南卡萊羅納州、新紐澤西州、德州、華盛頓州、柯羅拉多州、愛俄瓦州、那華達州、猶他州、奧利根州、亞歷那州、威斯康辛州、愛達荷州等。

(四) 美國之外有 ASR 系統之國家

除美國外，在英國、加拿大、以色列、澳州、紐西蘭等國家亦有發展應用 ASR 系統。而對於 ASR 系統之發展應用

情形，在 2002 年 9 月在澳州墨爾本舉辦了「國際 ASR 研討會」，該研討會每四年召開一次，下一屆為 2006 年舉辦。

柒、前往美國北卡萊羅納州夏洛特考察內容

一、背景說明

有關都市廢水處理後回收再利用研究考察計畫，其中在都市廢水處理過程中，有一項污泥處理技術之考察係特別安排在北卡萊羅納州之夏洛特市來進行，會考量到此考察之緣由擬稍作說明如下。

美國在台協會於九十一年三月上旬拜會本署，提到美國北卡萊羅納州夏洛特市有一家 U.S.E.P，美國環保產品公司，專門處理有關自來水淨水廠、污水處理廠、及垃圾掩埋廠所產生之污泥，其專利技術已在美國及其他國家廣泛使用，該公司透過媒體管道得知台灣目前正積極進行水庫淤泥、底泥之清淤，遂透過設於夏洛特市之美國商務部所屬之 Carolins Export Assistance Center 向美國在台協會 AIT 表示，希望將該公司之技術介紹給台灣認識瞭解，認為該公司之快速污泥處理技術對台灣相關政府單位在處理污泥問題上，可提供一個快速的解決技術。對於這項訊息水利署亦向 AIT 敬表歡迎該公司安排適當時間至台灣來說明。

在九十一年三月中旬美國環保產品公司即透過台灣之樂家國際公司與本署（前水資源局）業務單位聯繫，即由本人接辦，之後即於九十一年三月下旬安排該公司總裁與副總裁抵台，並拜訪石門水庫及澄清湖水庫管理機關介紹該公司在一般淨水廠污泥與污水處理廠污泥之真空脫水處理技術與經驗，並交換該技術在水庫污泥、底泥或泥漿之應用情形。

由於本人剛好亦將於九十一年六月下旬至七月中旬前往美國進行「都市廢水處理後回收再利用之研究」，對該公司之污泥處理技術之實用性，很想趁此機會實際觀摩該公司在美國之應用實例並瞭解其被採用之主要動機與實際操作維護之相關問題。遂聯繫該公司表示將於九十一年七月中旬前往觀摩已操作實施之真空污泥處理設施，經過該公司總裁之同意，故特抵夏洛特市考察此污泥真空脫水處理系統之技術應用情形。

二、拜訪夏洛特美國環保產品公司行程

(一) 七月十四日星期天抵達夏洛特市先拜會該公司總裁懷特先生

(二) 介紹該公司自一九七八年起開始應用其污泥處理之專利技術於實務工程上，廣泛應用於自來水淨水廠之污泥處理、生活廢水污泥、工業、農業污泥之快速脫水處理等，污泥處理之種類包括：

- 1 · 喜氣消化 (W.A.S) 污泥
- 2 · 含鐵質污泥脫水及回收
- 3 · 含鋁質污泥脫水及回收
- 4 · 石灰污泥漿脫水處理
- 5 · 水處理業污泥處理
- 6 · 氧化渠 (非消化系統) 污泥處理
- 7 · 動物 (畜牧) 污水污泥脫水處理
- 8 · 食品工業廢水污泥脫水處理
- 9 · 造紙工業污泥脫水處理
- 10 · 礦工業污泥脫水處理
- 11 · 廚具工業廢水污泥脫
- 12 · 化學工業廢水污泥脫水處理
- 13 · 都市污水污泥脫水處理

(五) 真空快速污泥脫水系統流程

如圖 7-1。

(六) 污泥真空快速脫水床操作原理

污泥自污水抽取管流入，撒佈在脫水床介質上，在泥漿進入前，先將化學凝聚劑快速地混入泥漿中，當污泥漿裝滿脫水床時，先行重力壓迫，使水自濾板流入水槽中，污泥漿裝滿時，自動停止流入，真空幫浦開始運作，使污泥水分流入底層。污泥在濾板上層形成污泥餅塊，濾床自動壓力控制器由水位控制，抽出之濾過液 (水) 內固體含量低於 30mg/公升，其固體去除率非常高，當污泥繼續加強固化，污泥餅開始龜裂後，污

泥餅層有空氣滲入，真空幫浦即自動停止操作；污泥床閘門打開，讓推土機進入清除污泥，視污泥成分作丟棄或其他用途，污泥清除後，以高壓水管充洗濾床，洗畢，即可裝上閘門，作下一次污泥脫水作業，成分不同之污泥其脫水亦時間不同，應由作實驗決定操作之速度及時間。

三、觀摩考察

(一) 第一個水庫旁自來水淨水廠之污泥處理系統

此自來水淨水廠其原水係水庫抽取，原水之水質本來就已經非常好，所以淨水廠經沉澱收集之污泥每日之數量不多，故設計二個污泥儲放槽俟蓄存至某一定量之污泥時才進行快速污泥脫水，平均每月作三次之污泥脫水操作，每次時間約一天。此淨水廠配置真空快速污泥脫水床，高度 60 公分，寬 5 公尺，長 40 公尺，其實際佈置情形如圖 7-2 與圖 7-3 所示。另配置一間操作室，以控制污泥之抽入污泥處理床之流量，以及真空脫水控制系統，以及污泥與凝聚劑 (polymer) 混合之作業系統；而污泥處理後之回收水亦設置一儲存槽存放並回流至水庫中。

由於此淨水廠之污泥脫水系統剛建好操作二年，也未作詳細的說明小冊子，整體之佈置謹以現場拍照相片作說明。

整個污泥脫水操作系統只要一個熟練的工程師即可自行操作完成，而填滿容積 120 立方公尺之污泥，僅需 2~3 個小時即可完成，接下來就視污泥含水濃度在何時啟動真空脫水系統以加速水份之抽離。當然此真空污泥脫水系統之主要控制機制即在其專利透水底層，每塊透水床版為 60 公分×120 公分×53 公分 (厚度)，其硬度可支撐鏟土機在其上面行駛進行清除污泥餅塊之作業。

平均污泥從奶昔的形狀變成污泥餅變成乾燥結塊以便清除之情況，依該公司之系統僅需 24 小時時間，而此污泥真空脫水濾床通常是未加遮蓋，若有陽光、空氣流動均有助於污泥之變乾，惟主要控制仍為真空脫水系統。

對於污泥之乾塊（類如一般土壤）之清除，此淨水廠設有堆放處貯放一段時間後，仍可將其回填於大地上，其土質經試驗後可依其特性應用於不同用途，因美國地廣，規劃處理泥土或土壤之去處相較於台灣之情況顯然容易很多。總之真空脫水後之污泥，最後又回歸到大地上而且對環境不會產生負面之影響。

（二）第二個河川旁自來水淨水廠之污泥脫水系統

此自來水廠其水源係從河川中引取水量並存於蓄水池（塘）當中，再將蓄水池中之水抽至淨水處理設施內，由於停留於蓄水池（塘）之時間相較於水庫而言短許多，故水質中之懸淨物自是比水庫中的水源來得多。而此淨水廠出水量為第一個參觀水廠之三倍，故經評估相對配置了二套真空污泥脫水系統，以輪流或同時操作污泥脫水。

本廠之真空污泥脫水系統已經操作七年，目前功能均維持在良好狀態。有關淨水廠之污泥脫水設施之相關配置詳圖 7-4 至圖 7-6。

處理後之污染塊經規劃存於於堆置場，在經過一段時間是日光照射風吹曬乾後就如同硬土壤一樣，可依不同的需求而將其作資源化的再利用。

四、參觀感想

U.S.E.P 所設計建造之快速真空污泥脫水系統，在國內之淨水廠尚未被採用過，在污水處理廠也未被應用過，對於台灣因土地

水，污泥處理亦必須在最短時間內予以處理，該公司之污泥處理技術，具有此優點，可在短時間內將污泥脫水會乾燥之，未來應可嘗試引進作先驅試驗。若其成效較其他傳統處理方式佳，則可再加以推廣。所謂百聞不如一見，此行見到實廠及實際操作，因操作人力不多，維護管理上亦不是簡單容易，只有初期投資成本上與傳統之方式法成本效益比較差異為何仍有賴作進一步探討分析。

捌、美國紐約市研究考察內容

一、背景說明

台灣北部地區在九十一年二月底三月初由於枯水期之降雨量較平均值偏少很多，水庫有效蓄水量亦偏低，故在新竹、桃園地區緊急採取水稻田局部停休耕措施，將農業灌溉用水移用以調配支援公共用水，並在九十一年四月、五月、六月間陸續採取公共用水節水措施、分區停水、固定時間停水等措施；農業用水亦採取打折供水僅夠維持作物成長所必需之最基本水量之供給等，所幸直到六月底因 颱風過境帶來豐沛雨量，水庫蓄水量亦回升至安全蓄水量範圍，才順利解除乾旱造成之缺水危機。

筆者在此乾早期間亦參與抗旱相關業務之處理，又因本研究觀摩、考察計畫須在九十一年六月前出國，故亦在三月至六月間積極與擬前往拜會之美國相關單位連繫，本年發生之乾旱由於發生在北部地區，尤其以新竹、台北、桃園三地區最為嚴重，新竹地區、桃園地區是我國高科技產業重鎮，發生缺水不但會衝擊到產業之正常生產，同時影響到科技產業在全球之競爭力，頗受國內外關心產業發展及股市投資者之高度關注。

而台北大都會區人口眾多，是我國政經、金融中心，亦是世界性大都會，乾旱造成之缺水問題不但舉國關心，也是海內外同胞及許多國外人士相當關切的問題。

就在此期間，美國亦有幾個大都會面臨乾旱缺水之衝擊，如加州洛杉磯丹佛、紐約市等亦嚴厲執行節約用水措施以因應缺水危機，而這些城市平時在水資源的需求面與供給面所採取之策略為何？在面臨乾旱發生時所採取之救旱、抗旱應變措施為何？而都市廢水處理後回收再利用在美國各不同大都會是否為其多元化水資源供給來源之一，其應用程度為何？在實務推動上是否搭配其他相關措施共同推動執行？這些問題剛好亦是本研究擬進行觀摩考察目的之一。

九十一年四月間在上網連接到紐約市政府網站之首頁時，正好看到紐約市政府以頭條跑馬燈呼籲市民徹底實施節約用水以因應乾旱，因此聯想到像紐約市這樣全球矚目的政治、金融中心，在面臨乾旱時，其乾旱因應機制為何？應有值得我國在處理大都會水資源供需及乾旱管理計畫上可供參採之處，爰於四月十六日上網至其留言信箱表示擬於七月下旬至市政府水資源部門拜訪；請其回復是否同意前往拜訪，經過一天後，市政府經由自動回信系統回函稱已收到拜訪請求，將轉交相關單位處理，惟之後二個月之時間均無獲進一步通告，遂聯絡我國駐紐約經濟文化代表處請求協助聯絡拜訪紐約市水資源部門事宜，非常感謝經濟部駐紐約投資貿易服務處來為正主任及楊宏秘書的幫忙，終於連絡上紐約市政府環保局負責供水及廢水處理部門之指定接見拜訪人員，而順利完成紐約市政府之拜訪行程，將拜訪請教的問題及其提供之回答與相關資料整理敘述如下。

二、拜訪紐約市政府環保局行程

七月十六日從北卡萊羅納州之夏洛特（Charlotte）飛抵新紐澤西州之紐華克（Newark）機場，搭車至紐約市皇后區之法拉盛（Flushing）住宿地點，並與我國駐紐約市經濟部投資服務處楊宏秘書聯絡，再確認拜訪紐約市政府的行程，並向他致謝，由於紐約市政府規模龐大若類此拜訪行程，無專人緊迫釘人與該市環保局聯繫，很難取得正式的同意拜訪之回應。且因第一次抵達紐約市，當晚即蒐集交通資料尋找前往紐約市環保局之可行方式，經評估決定以搭地鐵方式最為方便。

七月十七日原本擬先拜會環保局之供水部門（Bureau of water supply），拜訪人員有事改至七月十八日與拜訪廢水處理部門併成一天，也未安排觀摩供水及其他相關設施，囿於時間有限及紐約市幅員廣大也是原因之一。故於今日先行依地址親自抵達紐約市環保局，經確認、地點無誤後，再打電話與楊宏秘書聯繫，前往位於哈頓區經濟部投資服務處辦公室拜訪，順便親身體驗紐約市的都會風光魅力。

感謝楊宏秘書之力協助安排，促成明日的環保局拜訪行程，初步

瞭解紐約市人口約 800 萬；加上從鄰近其他州進出紐約市之流動人口約有 1,000 萬人在紐約市區生活、工作，紐約市全球金融、政治中心，自去年發生九一一之後，為了防範恐怖份子之再度攻擊，市政府對於重要的水資源蓄水、供水、輸、配水設施亦採取高度的防護措施，為服務 1,000 萬人口，其中包括世界各國派駐在此的重要單位及人員供水的服務每天都不可或缺，自是受到市政府相關單位的關注，而為保持可靠穩定的供水，在公車、地鐵搭乘處皆貼著由環保局提供之節約用水之廣告，「Don't Drip the New York Dry」，紐約市在此期間仍實施節約用水措施，每三天澆草坪一次，噴灌草坪一次不得超過二小時，因正值盛夏期間，陽光強烈充分照射很多草坪已經枯萎變黃，重要的公共設施有噴水池功能者均嚴禁使用，而生活用水量照常供應。明日將前往紐約市政府環保局瞭解其水資源供給策略，以及都市廢水處理後是否有回收再利用之經驗與案例。

七月十八日拜訪環保局供水處，品質保護策略服務部門之主管，Raphael Hurwitz, P.E. (拜訪留影如圖 8-1)，在本年乾旱期間他每星期彙整紐約市政府供水情報向市長及紐約州政府報告，此報告中有降雨資料，水庫有效蓄水百分比、水庫出水量、自來水廠每日供水量、乾旱緊急因應對策採取措施等。另外原本於下午將拜會廢水處理部門因此行研究項目為大都市廢水處理後回收再利用之情形，經其說明瞭解到紐約市之供水來源均來自水庫供應，僅局部地區抽取地下水使用，因水庫有效容量已考量到未來五十年之發展需要，因此有關都市之生活廢水經設立之污水廠處理到符合環保法規要求之放流水標準後即排入河川或海洋中，紐約市未進行任何的都市廢水回收再利用之計畫，未來亦未規劃，又剛好擬拜訪人員臨時又公出，因此本日即鎖定紐約市的水資源供需策略及乾旱管理計畫深入瞭解。

三、研究考察內容

想瞭解的水資源相關問題，提出五項問題就教：

- (一) 紐約市中長程（未來二〇年）供水策略與計畫
- (二) 紐約市的節約用水計畫及實施成效

(三) 乾旱營運計畫及作業準則

(四) 都市廢水處理後回收再利用是否為紐約市的一項水資源開發策略或計畫

茲將相關訪談內容分項摘錄如下：

(一) 紐約市未來供水策略與計畫

1. 紐約市現況的供水系統

(1) 絕大部分的紐約市水龍頭的自來水其水源係來自紐約市北部及西部地區的三大水庫系統，分別為 Croton、Catskill 與 Delaware 水庫系統。小部分來自於 Jamaica 地下水井供水系統，平時由 Croton 提供 10% 日常用水量；Catskill 提供 40%；Delaware 則提供 50%。紐約市政府擁有位於遠離城市的十九座水庫，控制三大湖泊；其中 Croton 系統是第一個歷史最悠久，在一八四二年即投入服務行列。三大供水系統與紐約市之相對位置如圖 8-2 所示。

(2) 十九座水庫有效可利用蓄水容積為 5,900 億加倫，相當於 22.33 億立方公尺。比台灣所有水庫之總有效容量 20.5 億還大。

(3) 該水庫系統供應紐約州一半人口的飲用水，包括紐約市超過 800 萬人口與在 West Chester, Putnam, Orange 與 Ulster 四個縣約 100 萬人口，再加上來自世界各地的觀光客與各州進出紐約的通勤族之飲用。2001 年每日飲用水量為 13 億加倫，約等於 492 萬噸。以 1,000 萬人口計，平均每日每人使用 492 公升水量。

(4) 自 1980 年至今實施換裝節水器材措施，已減少每日 200 萬加倫，即 75 萬噸水量，市政府仍持續進行這項措施中。

(5) 三個水庫系統涵蓋之集水面積達 1972 平方英哩，相當

於 5105 平方公里，接近 Delaware 州之面積。

- (6) 1996 年紐約市府擁有集水區百分之七%弱之土地 80,275 英畝，等於 32,479 公頃，其中水庫水域面積佔 33,726 英畝(13,655 公頃)，而其中 46,459 英畝(18,824 公頃) 是水質保護與安全維護之衝擊帶土地，依據一九九七年集水區備忘錄協議，市政府應實施集水區保護計畫，並至少花費 260 百萬美元以收購 36,709 英畝的水文敏感帶土地，截至 2001 年市政府已經投入 98.9 百萬美元以達到保護水質之目的。在這些地帶市政府亦提供遊憩使用，包括登山、釣魚及打獵等。市政府對取得之土地亦評估其土地價值並付稅於當地政府；在 2001 年市政府在集水區當地府付出將近 65 百萬美元之土地財產稅。
- (7) 紐約市政府提供之飲用水其水質超好，符合州政府及聯邦政府的衛生健康法規標準。整個城市的水（飲用水）經加氯以達到消毒標準，加氯以幫助防止牙齒蛀壞，加正磷酸鹽以保護管線內之薄膜並降低金屬的釋放，如家用水管內之銅與鉛，加鈉氫氧化物於 Catskill 與 Delaware 系統之水中以提供 PH 值降低腐蝕。水的過濾在 Croton 系統中以目前及未來的法規標準而言是不需要的。然而聯邦環境保護署及紐約州健康局已決定將來 Croton 系統的水也必須加設過濾及消毒設施及據以操作實施。

2. 紐約市的未來供水計畫

根據紐約市政府人口統計資料顯示，紐約市居住人口達高點時期為一九八二年，後一九八二年至二〇〇二年間居住人口減少約二〇%，主要由於紐約居住不易之關係，不過非紐約市之供水區仍呈少量逐年成長趨勢，

經估計未來三大水庫系統之供水需求預測如圖 所示。若以高成長預測值估計至二〇四五年約每日一七〇〇百萬加倫等於六四三萬噸，若以低成長預測值計至二〇四五年約每日一四五〇百萬加倫等於五四八萬噸。在一九八〇年用水量曾達一六〇〇百萬加倫。

紐約市政府環保局表示針對未來用水需求並未研擬新的水源開發計畫，因為既有的三大水庫系統蓄水容量大，經聯合調配水源以供應至二〇四五年之需求仍然綽綽有餘，未來將持續加強推動節約用水，保護集水區水質，進行自來水管線汰舊換新、偵漏減少損失等管理方面著手。

(二) 紐約市的節約用水成效

依據紐約市政府歷年用水量統計資料，1991年紐約市每日總用水量為 1496.3 百萬加侖，平均每人每日用水量 204.1 加侖，1995年每日總用水量 1325.7 百萬加侖，平均每人每日用水量為 181 加侖，2000年每日總用水量 1240.4 百萬加侖，平均每人每日用水量為 169.4 加侖，2001年每日總用水量 1184 百萬加侖，平均每人每日用水量為 154.6 加侖。

1991年至2001年每日總用水量減少 312.3 百萬加侖相當於 118 萬立方公尺，減少率為 21%；每人每日用水量減少 49.5 加侖相當於 186 公升，減少率為 24%。10年來紐約市政府致力於節約用水，尤其換裝節水器材持續進行，卓有績效。

(三) 紐約市乾旱管理計畫及作業準則

1. 紐約市二〇〇一年六月至二〇〇二年五月之乾旱情形

茲依紐約市政府提供之簡報如附錄一，敘述其乾旱及其管理計畫。

- (1) 紐約市水庫系統月降雨量分佈如附錄一圖 8.1，累積雨量如圖 8.2。
- (2) 紐約市水庫系統月入庫逕流量分佈如圖 8.3。
- (3) 紐約市平均每日用水量為一、二八〇百萬加倫。
- (4) 紐約市 Delaware 水庫系統因提供約 50% 用水量，惟其跨州共用之水庫，其水庫操作規線如圖 8.4，規線分為正常操作規線，乾旱監視操作規線，乾旱警告操作規線、乾旱緊急應變操作規線。
- (5) 紐約市三大水庫系統可利用容積百分比曲線如附錄一圖 8.5，由圖顯示在二〇〇二年三月降至水庫蓄水百分比之最低點僅為四一·五%，至二〇〇二年五月底上升至八三%。

此次乾旱所發生之水庫可利用容量降至一九九三年以來之最低點，如附錄一圖 8.6 所示。

2. 乾旱管理計畫及作業準則

紐約市政府因回一九八〇年至一九九七年間即出現四次之嚴重乾旱，於一九九八年十二月廿九日發佈乾旱管理計畫與作業準則詳附錄二，另外紐約州政府亦於一九八八年即公布其乾旱管理計畫。

紐約市政府之乾旱管理計畫，將乾旱分成三個階段，分別為乾旱監視 (Drought Watch)、乾旱警告 (Drought Warning) 及乾旱緊急應變 (Drought Emergency) 各階段之定義依原文摘錄如下。

Drought Watch :

A Drought Watch is declared when there is less than a 50% probability that either of the two largest reservoir systems, the Delaware (Cannonsville, Neversink, Pepacton, and Rondout

Reservoirs) or the Catskill (Ashokan, and Schoharie Reservoirs), will fill by the next June 1-the start of water-year.

Drought Warning :

A Drought Warning is declared when there is less than a 33% probability that either the Catskill or Delaware Systems will fill by the next June 1.

Drought Emergency :

A Drought Emergency is declared when there is a reasonable probability that, without the implementation of stringent measures to reduce consumption, a protracted dry period would cause the City's reservoirs to be drained. This probability is estimated during dry periods in consultation with the New York State Drought Management Task Force and the New York State Disaster Preparedness Commission. The estimation is based on analyses of the historical record, the pattern of the dry period months, water quality, sub-system storage balances, delivery system status, system status, system construction, maintenance operations, snow cover, precipitation patterns, use forecasts, and other factors. Because no two droughts have identical characteristics, no single probability profile can be identified in advance that would generally apply to the declaration of a drought emergency.

各階段分別訂定行動作業準則，其中乾旱緊急應變階段又分成三層級，每一層級又有訂定其詳細行動作業準則，俾遇乾旱時各單位依其職掌各就其位執行救旱工作。詳細作業準則請參考附錄二。

(四) 都市廢水處理與回收再利用

有關都市廢水處理量由環保局內之廢水處理單位負責，目前有員工二、〇〇〇人，操作十四座污水廠，每天處理十五億加倫等於五六八萬立方公尺之都市廢水，管理八九個廢水抽水站，八個祛水設施，以及四九〇個下水道控制站及六〇〇英哩下水道。

目前紐約市政府對都市廢水處理後未作任何回收再利用之計畫，因為有三大水庫系統其水源充沛。

玖、研究考察心得

- 一、在波特蘭觀摩考察行程中深刻體會到都市永續未來的發展，在這裡已紮下深厚基礎，從政府、市民、企業及非營利事業團體社區等一切的活動都環繞著永續發展為核心不斷地共同努力著，這是一個人、自然、環境和協相融共生共榮的美好都市。

為波特蘭都會區的水資源永續發展，現在開始規劃未來 20 年、40 年之水資源供需計畫，從 CO2 造成全球暖化致氣候變遷，到水資源供水系統之影響程度，皆審慎進行研究及研擬因應對策，對長程水資源供需規劃之作法頗值參採。

對於垃圾掩埋場之廢水處理回收利用及都市污水處理後再利用之情況，採因地制宜之方式結合種樹以消化污泥與回收水源，節省處理成本、增進額外效益並減少排放水之作法令人印象深刻。

關於地下水井謹作為緊急備用水源及因應季節性尖峰用水需求，且進行 ASR 地下水補注與回用計畫作為未來 20 年之緊急應變及季節性供水計畫，頗值參採。

- 二、在洛山磯觀摩考察其 Seawater Barrier Project，從 1950 年至今持續發展之系統，以保護重要供水水源之地下水免受沿海岸線海水入侵之危害，成功的達到確保 Barrier 後端地下水之目標。補注地下局限含水層阻止海水入侵，補注井之注入水源，係由都市廢水處理後再回收利用之水作為一部分之補注水源。這其中的相關技術為我國未來執行沿海岸線地區之地下水保育與補注時，可作為借鑑。

The west Basin Recycling Plant 是目前美國最大規模的水回收再利用處理廠，其回收水提供鄰近工業用水大戶及作為地下水補注之水源，以達到減少水源的開發，延長既有可用水源之供水期程，及保護地下水資源等目標，對未來我國發展都市廢水處理後回收再利用頗有參考價值。

- 三、在丹佛目前正興建每日處理容量 11.4 萬噸之都市廢水處理後再回收利用之處理廠，預計 2005 年完成，主要目的為提供非飲用水源，以增加飲用水源之供應服務。都市廢水處理後回收再利用逐漸成為丹佛都會區不可或缺的非飲用水供水水源之一。

位於丹佛的美國墾務局有機會在這次行程中親自造訪，百聞不如一見，留下深刻印象。未來我國水利相關部門將與 USBR 持續發展良好互動關係，以促進水資源技術與科技之交流與支援。

四、在堪薩斯觀摩考察 USGS 所推的 NSIP 全國河川水情計畫，以其結合現代化科技如電源為太陽能、自動化水質參數量測儀器、所有水情資訊之衛星傳遞接收系統、到整合資訊進入全球資訊網，形成即使水情資訊，及時透過電腦與網際網路可讓需求者下載相關資訊，此系統因可全程監控河川脈動，掌控洪水、乾旱及水質變化狀況，頗值我國提升現代水文觀測系統發展之參考。

五、在佛羅里達州最主要觀摩考察之重點為 ASR (Aquifer Storage Recovery) 計畫，主要係在佛州規劃、操作、維護中之 ASR 系統，皆與都市廢水處理後回收再利用相互結合，以滿足季節性尖峰需求、作為緊急備用水源與部分供水水源。

另外佛州政府積極推動水回收再利用計畫，均附設在污水處理廠中，主要目的在增加非飲用水水源，即提供農業灌溉、公共設施綠化澆灌及工業用水之使用，係我國推動污水下水道普及率及促進水回收再利用上頗值得參考借鏡之案例。

六、在北卡萊羅納夏洛特主要參觀考察有關淨水廠及污水廠在操作處理過程中產出之污泥，如何將污泥迅速處理成乾燥之塊狀，再予以因地制宜作資源化之利用。參觀由 USEP 公司規劃、設計、施工完成快速污水處理系統，係考量在台灣因土地有限，污泥亦無法擺放太久，如何利用快速的方法有效率的將污泥處理或處理後回用，該系統在台灣尚未有任何應用案例，經現場參觀後，初步認為未來在相關計畫中之污泥處理上，其污泥快速 (24 小時) 處理系統可先進行先驅試驗計畫，以與傳統方法相比較分析是否更有效率及更具經濟可行性。

七、在紐約市政府研究考察重點為世界性大都會如何規劃未來水資源供需計畫？紐約市的三大水庫系統為供應近 1000 萬人口之水源，其都市廢水處理後是否有回收再利用作為非飲用水之應用。由於該三大水庫集水區經營管理及保育工作完善，水質超好，又有效容量達 22 億立方公尺，水源充沛，足以因應未來 20~40 年時之用水需求。復以紐約市近十年來常遇乾旱，市政府積極推動節約用水且成效良好，未來繼續執行節水措施，做好需求管理及檢修漏計畫成為工作重點。而都市廢水處理後即排放，未來仍無規劃透過廢水再回收之增加非飲用水計畫。

紐約市政府對於三大水庫供水系統，訂有嚴謹之「乾旱管理計畫」，限水措施之實施時機，在該計畫之不同乾旱階段之因應對策中有詳盡的執行措施，惟若未達限水程度，經市長評估認為因應氣候變化有必須實施限水時市長仍有其自主裁定決定權，今年

（2001年）七月中旬三大水庫有效蓄水量達85%，但紐約市仍實施限水措施，即為市長權宜之政策考量，非關技術層面。這種因應大都會供水之政策執行方式，頗值我國在因應乾旱緊急應變時之參考。

拾、結論與建議

- 一、行政院永續發展委員會資源與產業工作分組之行動計畫中，第一項任務為推動水資源保育與永續利用，並將「提高下水道普及率」列為工作項目之一，其理念為提昇都市生活環境品質及水資源之永續利用，以及避免河川污染，恢復清澈水環境。就本次研究觀摩考察行程之美國各大都會區，其污水下水道普及率不但相當高平均 90% 以上，而且污水處理廠皆正加設高級處理設施，再將放流水處理後之回收水提供作非飲手水之水源，以供灌溉、澆灌或工業用水之使用，其費用較飲用水低，接受程度高，已逐漸成為新的替代性水源發展計畫。對於我國未來在挑戰 2008 將污水下水道普及率提升至 20.3% 時，可考量整合同步推動「都市廢水處理後回收再利用」計畫，以真正達到減少河川污染、恢復自然水環境及促進水資源之永續利用之目的。
- 二、都市廢水處理後回收再利用之各種相關處理技術已經相當成熟，未來在推動執行上主要關鍵性影響因素為政策定位、相關法令之配合修正，如何規劃都市廢水回收再處理、水再利用之用水標的水質標準、回收水利用之需求者、回收水之售水價格、合理調整水價等，未來宜針對上述各項重要因素進一步探討研究，以研究發展本土化之用水回收處理機制。
- 三、由美國目前都市廢水處理後回收再利用之最主要目的在於增加非飲用水源水量，其用途分別有生活用水之二元供水系統之利用（沖廁、澆灌）、高爾夫球場、公共空間之公園、綠地灌溉，以及工業用水如冷卻或其他用途；此外亦作為補注地下水含水層之水源，即結合地下水補注與回用系統（ASR），平時將多餘之回用水儲存於地下含水層中，俟季節性尖峰需求時可回抽利用，並作緊急事故時臨時備用水源之用。在臺灣生活與產業需迫切之地區及地下水超抽之區域，應係都市廢水處理後回收再利用最適於發展、應用地區，可整合相關部會之施政計畫共同推動而達到減少污染、提升生活環境，創造水資源永續利用之目標。
- 四、美國污水下水道普及率相當高，而目前許多州、市政府為因應未來水資源之需求，亦相繼在污水廠內投資高級處理廠，以增闢可利用水源，減少飲用水源之開發。台灣在此方面則處於剛起步階段，政府相關部門應籌編經費投注於研發、應用、計畫推動上，以培育相關人才及提升此領域之相關科技與技術，促進自然環境之永續發展。

表 3-1 美國污水再利用準則（與都市有關之類別）

類別	處理程序	再生水水質	水質監測	安全距離	備註
都市再利用	二級處理 過濾 消毒	PH: 6~9 BOD ≤ 10mg/L 濁度 ≤ 2NTU 糞便大腸菌：不可檢出 餘氯 ≥ 1mg/L	每週 每週 連續 每日 連續	距自來水源 15 公尺 以上	1.若能有效防止民眾接觸，糞便大腸菌可放寬至 ≤ 14 個/100ml。 2.致病菌不可測出。 3.再生水需清淨、無臭、不含有毒物質。 4.需有消毒之程序以破壞病毒。 5.配水管內餘氯建議至少 0.5mg/L 以減少臭味細菌。
娛樂用水塘	二級處理 過濾 消毒	PH: 6~9 BOD ≤ 10mg/L 濁度 ≤ 2NTU 糞便大腸菌：不可檢出 餘氯 ≥ 1mg/L	每週 每週 連續 每日 連續	若底部具透水性，需距自來水源 150 公尺以上	1.再生水需清淨、無臭、不含有毒物質。 2.需有消毒之程序以破壞病毒。 3.致病菌不可測出。 4.需去除餘氯，以保護水生物。 5.再生水需對皮膚、眼睛不具刺激性。 6.營養鹽需去除以防優養化。
景觀用水塘	二級處理 消毒	BOD ≤ 30mg/L SS ≤ 30mg/L 糞便大腸菌 ≤ 200 個/100ml 餘氯 ≥ 1mg/L	每週 每日 每日 連續	若底部具透水性，需距自來水源 150 公尺以上	1.需去除餘氯，以保護水生物。 2.營養鹽需去除以防優養化。
施工用水	二級處理 消毒	BOD ≤ 30mg/L SS ≤ 30mg/L 糞便大腸菌 ≤ 200 個/100ml 餘氯 ≥ 1mg/L	每週 每日 每日 連續		1.施工者儘量減少接觸。 2.若常接觸需高度消毒，使糞便大腸菌 ≤ 14 個/100ml。
環境保育	二級處理 消毒	BOD ≤ 30mg/L SS ≤ 30mg/L 糞便大腸菌 ≤ 200 個/100ml	每週 每日 每日		1.需去除餘氯，以保護水生物。 2.需評估是否影響地下水。 3.再生水溫不可影響生態系。
地下水補注 (散佈或注入法至非飲用水層)	初級處理 (散佈法) 二級處理 (注入法)				1.需保證不滲透至飲用地下水層。 2.注入法需過濾及消毒以防阻塞。
地下水補注 (散佈法至飲用水層)	二級處理 消毒 過濾 高級處理	入滲後符合飲用水標準	每季	距抽水井 600 公尺	1.處理程序視下列情況： a.土壤種類 b.入滲率 c.vadose 層厚度 d.原地下水質 e.稀釋 2.需設監測井。 3.入滲後不得有致病菌。 4.一年後始可抽取使用。
地下水補注 (注入法至飲用水層)	二級處理 消毒 過濾 高級處理	PH: 6.5~8.5 濁度 ≤ 2NTU 糞便大腸菌：不可檢出 餘氯 ≥ 1mg/L 入滲後符合飲用水標準	每日 連續 每日 連續 每季	距抽水井 600 公尺	1.注入點之再生水需符合水質標準。 2.需有消毒之程序以破壞病毒。 3.需設監測井。 4.入滲後不得有致病菌。 5.一年後始可抽取使用。
		PH: 6.5~8.5 濁度 ≤ 2NTU 糞便大腸菌：不可檢出 餘氯 ≥ 1mg/L 符合飲用水標準	每日 連續 每日 連續 每季		1.處理程序視下列情況： a.水體水質 b.時間 c.距取水點距離 d.淨水廠處理程序 2.需有消毒之程序以破壞病毒。 3.致病菌不可測出。

資料來源：USEPA (1992) Guidelines for Water Reuse. EPA/625/R-92/004.

表 3-2 美國加州對各種水再利用之水質需求

項目	排入河川	灌溉用途				工業用途	遊憩用途	地下水補注
		食用作物	牧草	高爾夫球場及景觀灌溉	公園、遊樂場及校園			
BOD (mg/L)	<30/45 ^a	<30/45 ^a	<30/45 ^a	<30/45 ^a	<30/45 ^a	<30/45 ^a	<30/45 ^a	
SS (mg/L)	<30/45 ^a	<30/45 ^a	<30/45 ^a	<30/45 ^a	<30/45 ^a	<30/45 ^a	<30/45 ^a	
COD (mg/L)	<50/75 ^a	<50/75 ^a	<50/75 ^a	<50/75 ^a	<50/75 ^a	<50/75 ^a	—	
濁度 (NTU)	2 ^b	—	—	—	—	—	—	
大腸菌類 (個/100ml)	2.2 ^c	2.2 ^c	23 ^d	—	2.2 ^c	2.2 ^c	200/400 ^e	
NO3--N (mg/L)	—	—	—	—	—	—	2.2 ^c	
pH	6.0~9.0	6.0~9.0	—	—	—	6.0~9.0	6.0~9.0	
處理需求	氧化、混凝 沉澱、過濾 及消毒	氧化、消毒 若為噴灑灌 溉則再加混 凝、沉澱及 過濾	氧化及消毒	氧化及消毒	氧化、混凝 沉澱、過濾 及消毒	視工業需要 而定，例如 冷卻用水要 去除硬度	氧化、混凝 沉澱、過濾 及消毒，並 視需要去除 藻類養分- N,P	除去微量有 機物，視地 下水用途而 決定TDS需 求

a : 30天平均值/7天平均值。

b : 30天平均濁度，且任何24小時內不可有5%時日超過5 NTU。

c : 中值，且任何30天內不可有任何一次超過23。

d : 最近7天分析結果之最大濃度。

e : 30天幾何平均值/7天幾何平均值。

f : 若為飼料、纖維及種子作物只需初級處理。

資料來源：Bouwer, H., "Role of Groundwater Recharge in Treatment and Storage of Wastewater for Reuse", Wat. Sci. Tech., 24(9), pp.295-302 (1991).

表 3-3 日本雜用水水質基準

項目	廁所沖洗用水	廁所沖洗用水 (東京都)	洒水用水	修景用水	親水用水
濁度 (度)	外觀無不快感	—	外觀無不快感	10	無不快感
pH	5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6
大腸菌數 (個/100ml)	1000	1000	50	1000	50
BOD (mg/L)	20	—	20	10	3
臭氣	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感
色度 (度)	外觀無不快感	—	外觀無不快感	40	10
外觀	—	無不快感	—	—	—
餘氯 (mg/L)	保有餘氯	保有餘氯	不小於0.4	—	—

資料來源：宇田川富男，雜用水道之現狀，水道協會雜誌，1991。

表 3-4 中國大陸生活雜用水水質標準

項 目	廁 所 沖 洗 便 器 、 城 市 綠 化	洗 車 、 掃 除
濁 度 (度)	10	5
溶 解 性 固 體 物 (m g / L)	1200	1000
懸 浮 性 固 體 物 (m g / L)	10	5
色 度	30	30
嗅 度	無 不 快 感	無 不 快 感
pH	6.5 ~ 9.0	6.5 ~ 9.0
BOD ₅ (m g / L)	10	10
COD (m g / L)	50	50
氨 氮 (N m g / L)	20	10
總 硬 度 (C a C O ₃ m g / L)	450	450
氯 化 物 (m g / L)	350	300
陽 離 子 合 成 洗 滌 劑 (m g / L)	1.0	0.5
鐵 (m g / L)	0.4	0.4
錳 (m g / L)	0.1	0.1
餘 氯 (m g / L)	管 末 端 不 小 於 0.2	管 末 端 不 小 於 0.2
總 大 腸 菌 (個 / L)	3	3

資料來源：李傳英、范瑾初，淺談中水回收技術，環境與開發，1997。

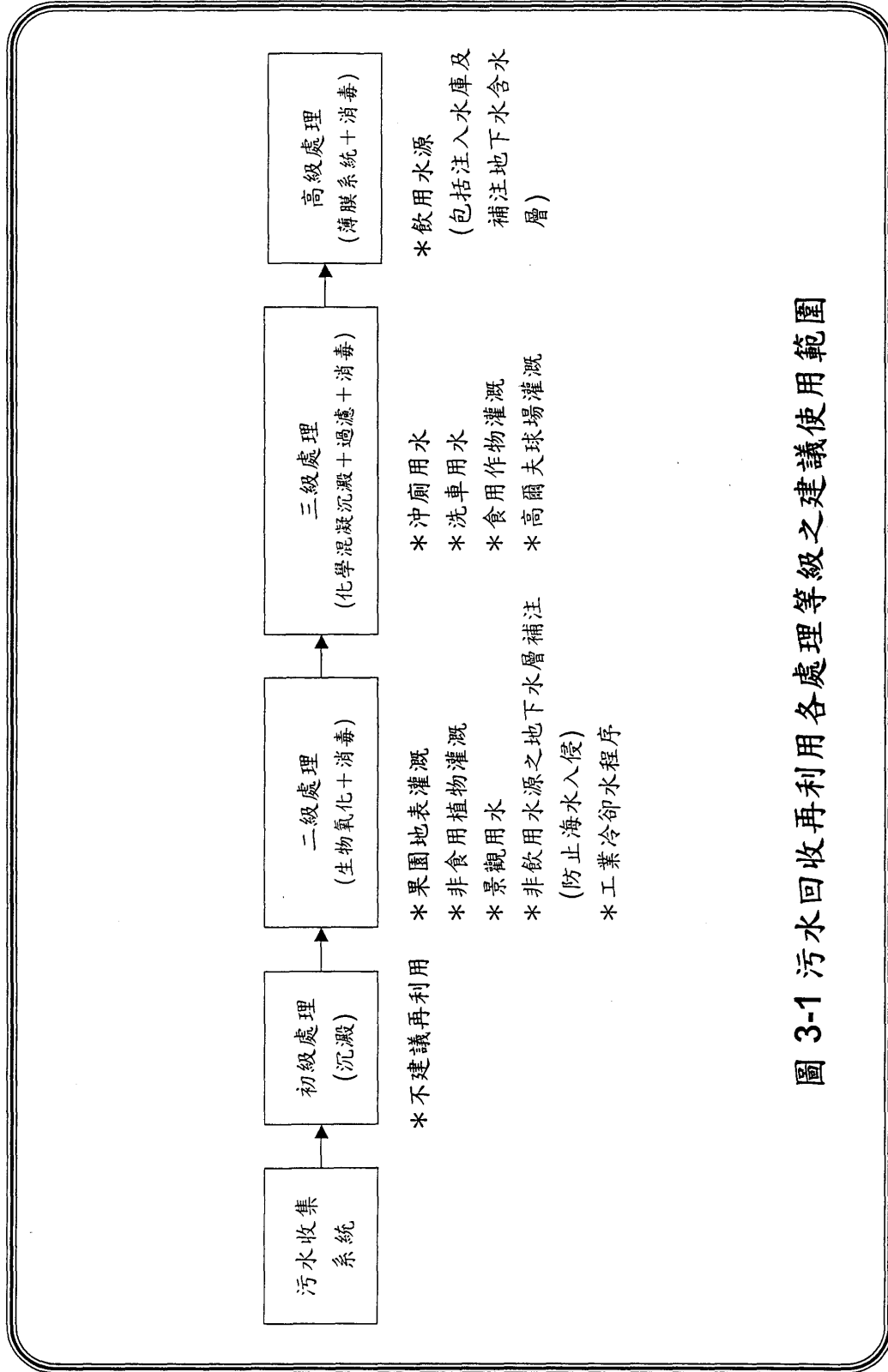


圖 3-1 污水回收再利用各處理等級之建議使用範圍

註：本圖僅做為參考，在實際回收利用時，其處理階段將依各地區之要求而不同。
資料來源：美國環境保護署。

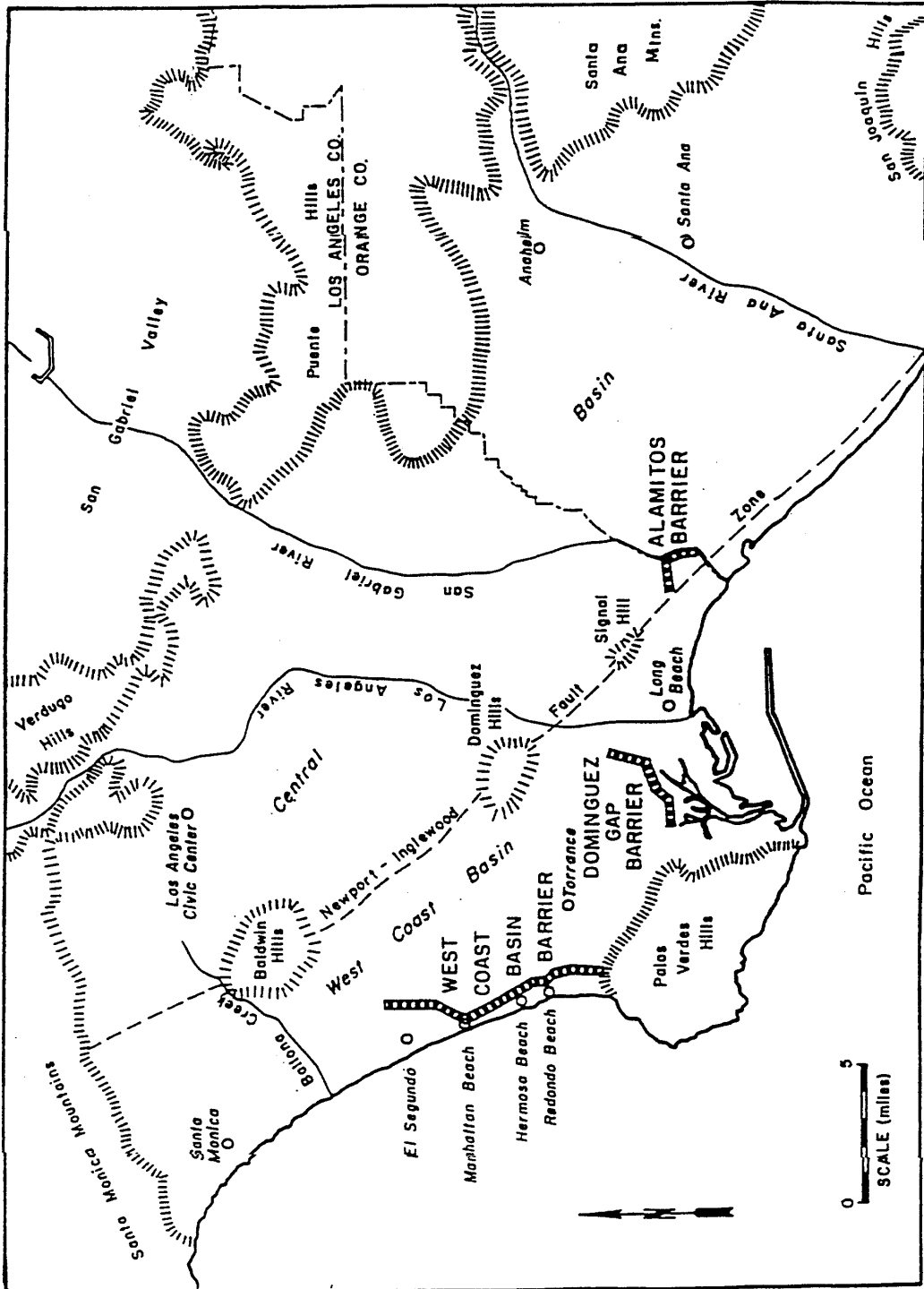


圖 4-5 LS Seawater Barrier Project Location

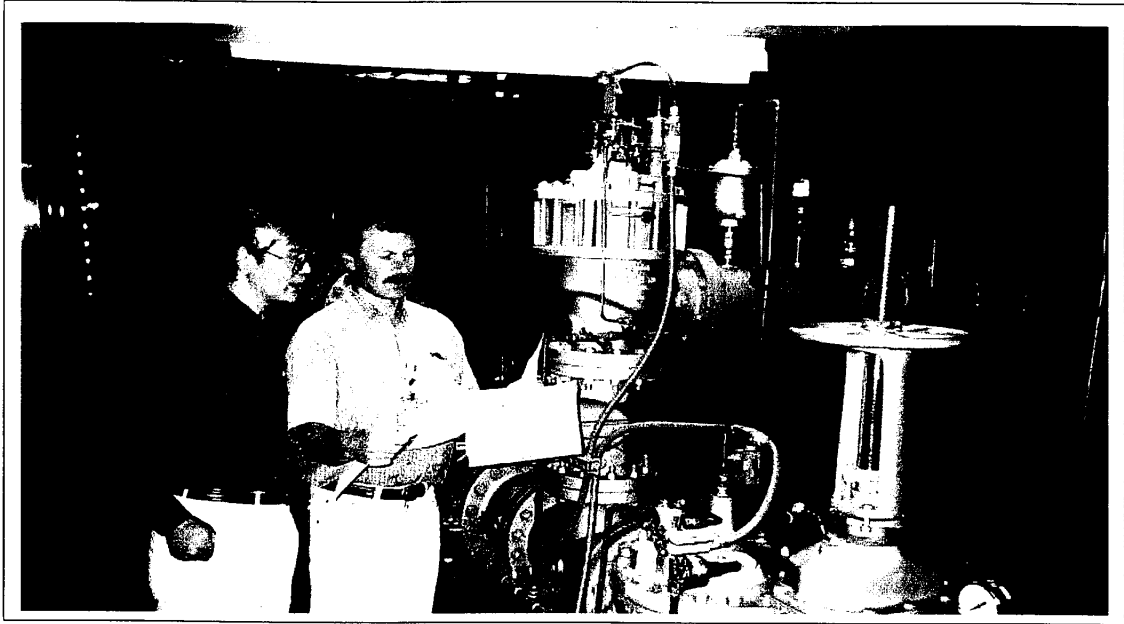


圖 4-1 ASR 操作系統



圖 4-2 ASR 井設施



圖 4-3 污水處理廠回收及污泥再利用

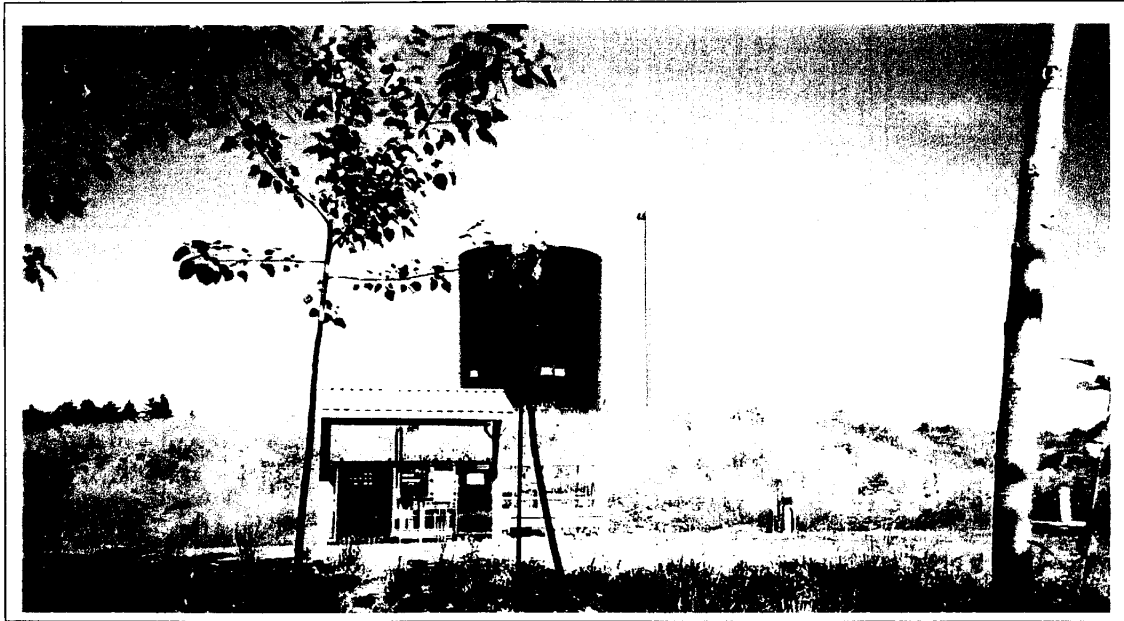


圖 4-4 污泥噴灑系統

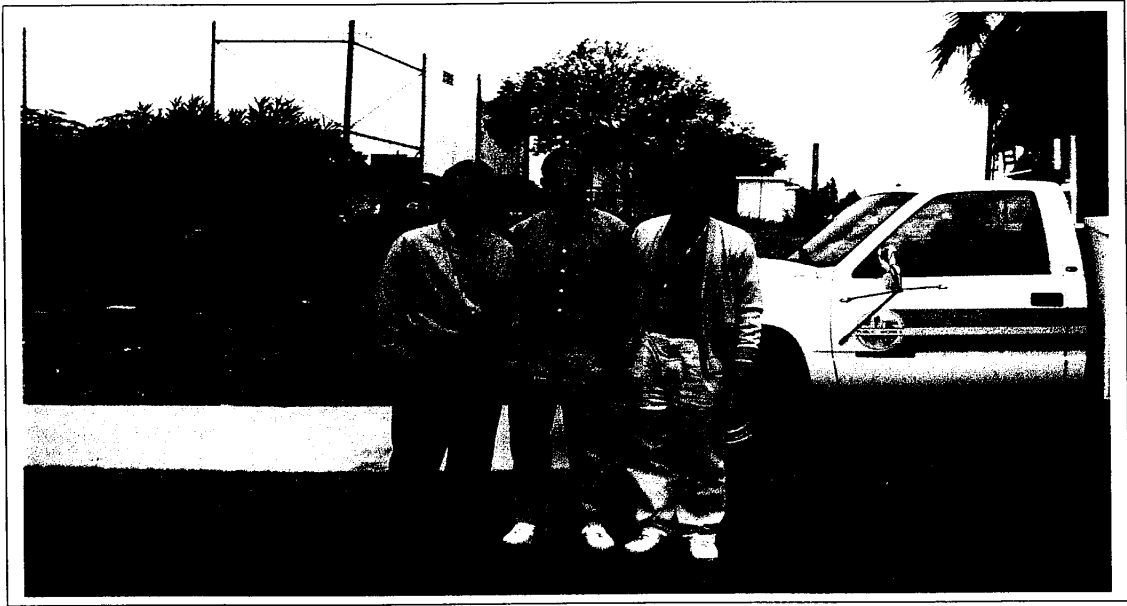


圖 4-6 SEAWATER BARRIERS TOUR

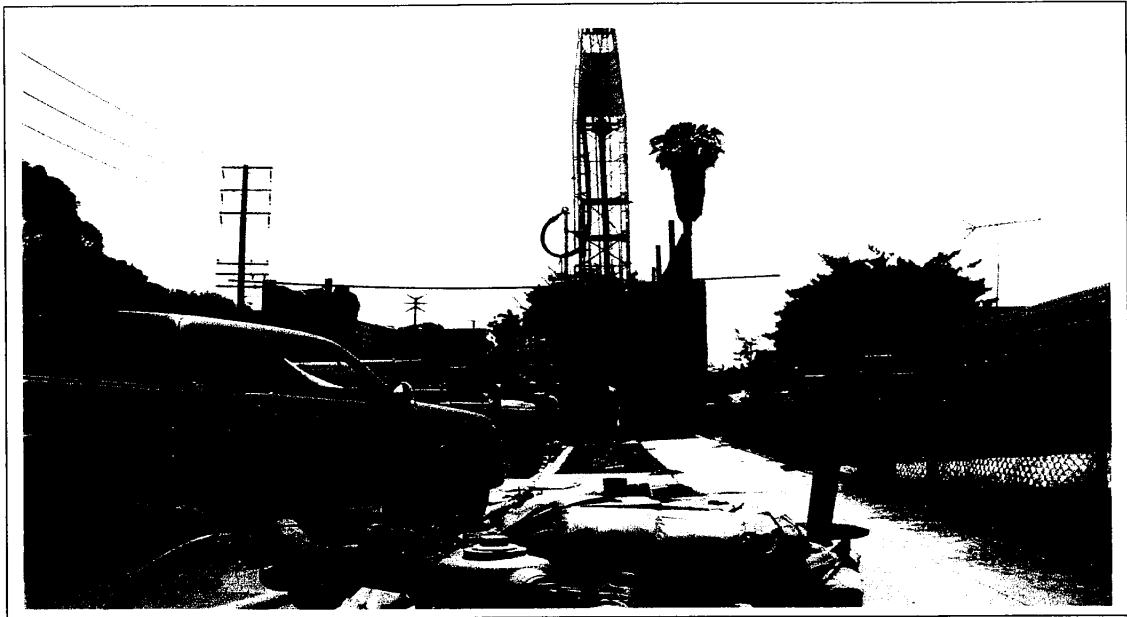


圖 4-7 INJECTION WELLS CONSTRUCTION

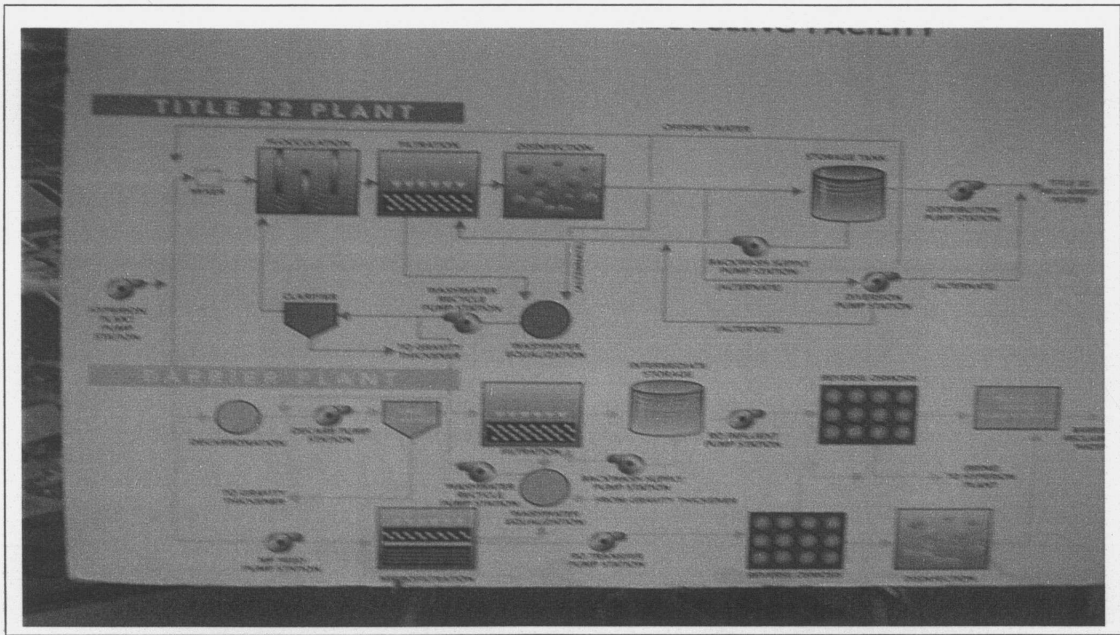


圖 4-8 TITLE22 SYSTEM

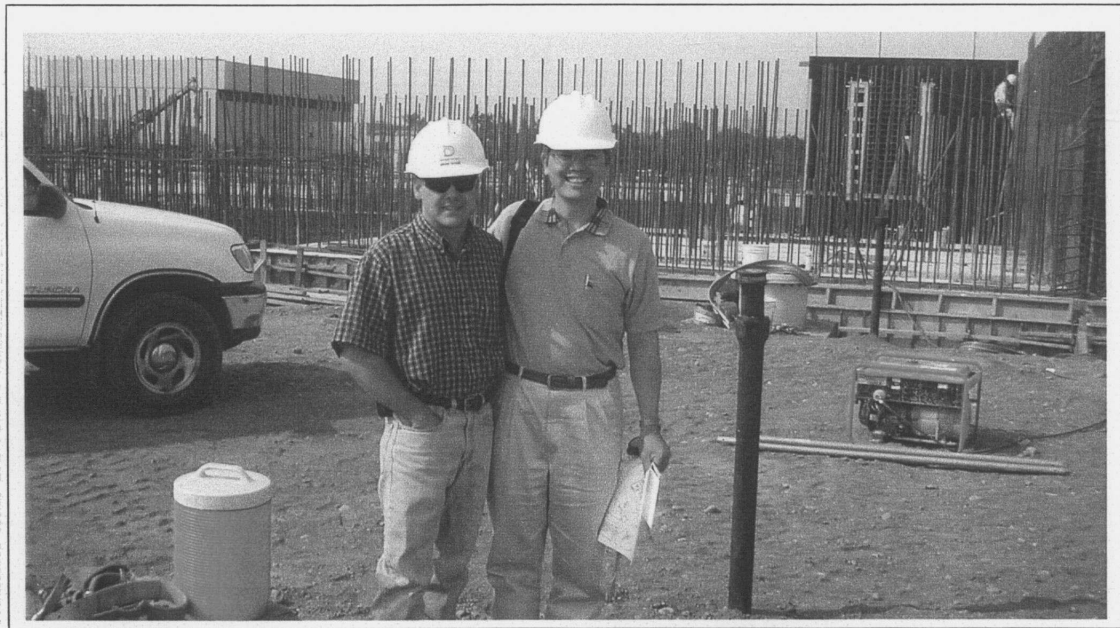
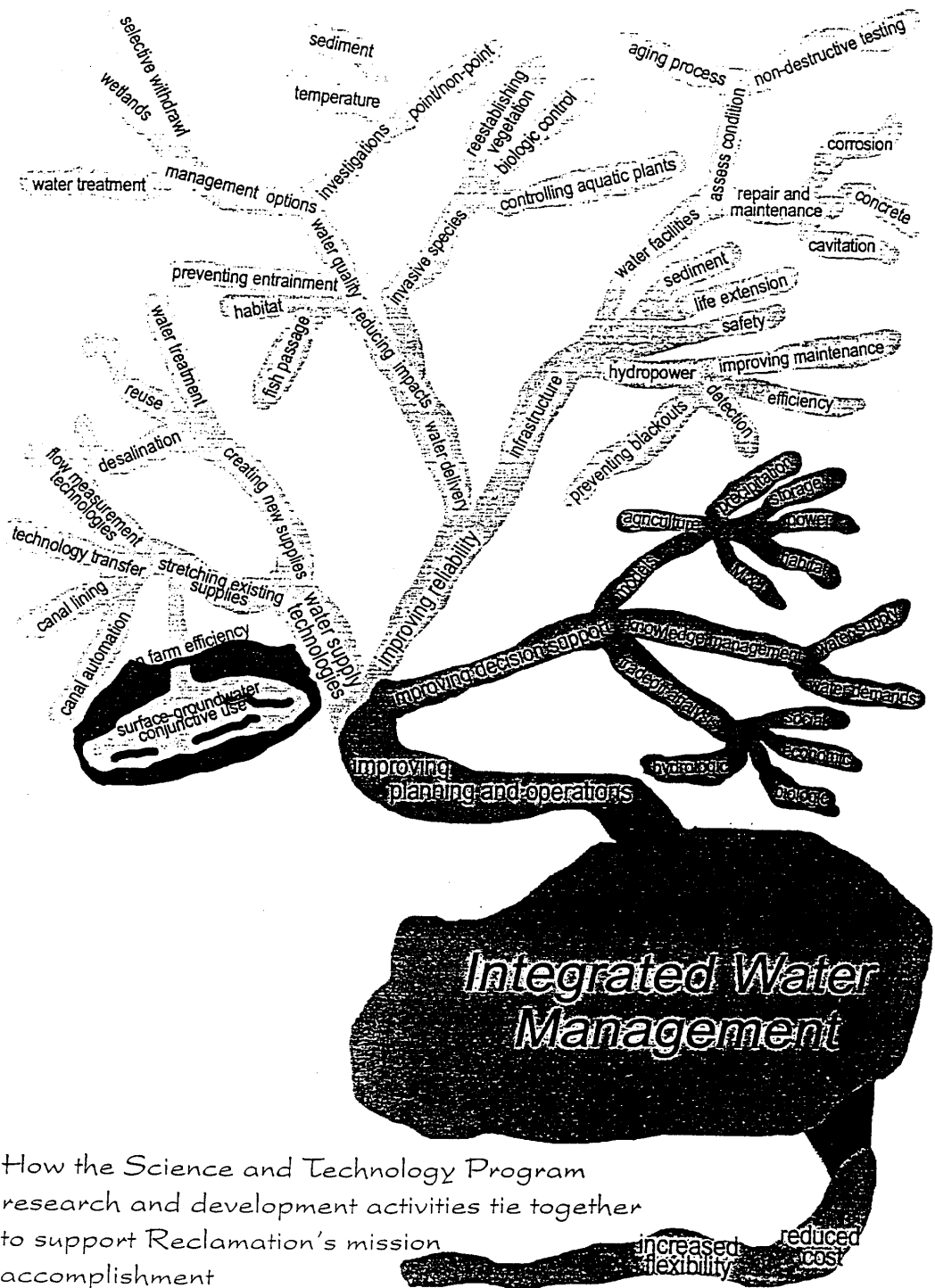


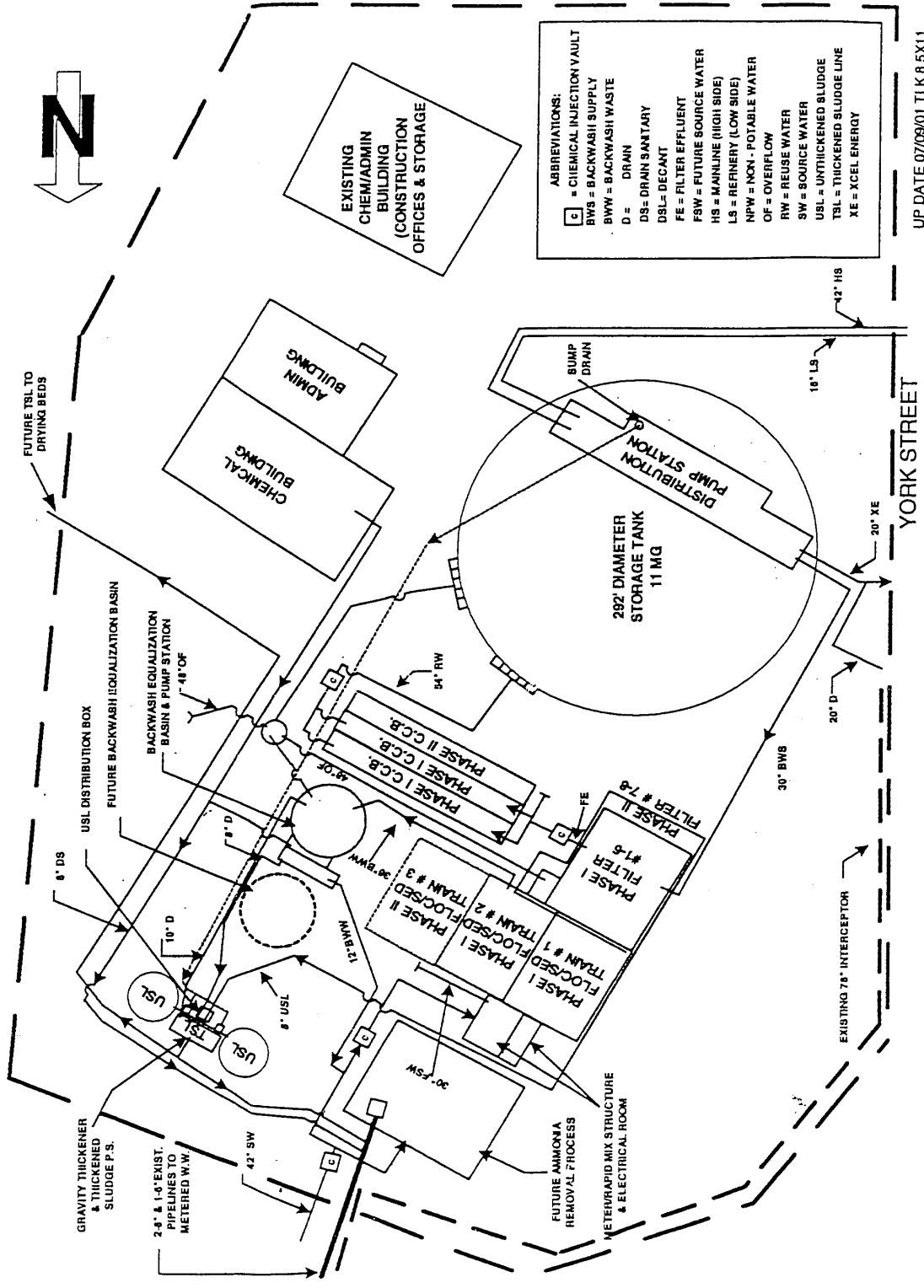
圖 5-2 DENVER REUSE PLANT

圖 5-1 USBR 整合水經營管理架構



How the Science and Technology Program research and development activities tie together to support Reclamation's mission accomplishment

圖 5-2 DENVER REUSE PLANT SITE



ABBREVIATIONS:

⊠	CHEMICAL INJECTION VAULT
BWS	BACKWASH SUPPLY
BWW	BACKWASH WASTE
D	DRAIN
DS	DRAIN SANITARY
DSL	DECANT
FE	FILTER EFFLUENT
FSW	FUTURE SOURCE WATER
HS	MANLINE (HIGH SIDE)
LS	REFINERY (LOW SIDE)
NPW	NON - POTABLE WATER
OF	OVERFLOW
RW	REUSE WATER
SW	SOURCE WATER
TSL	UNTICKENED SLUDGE
USL	THICKENED SLUDGE LINE
XE	XCEL ENERGY

UP DATE 07/09/01 TLK 8.5X11

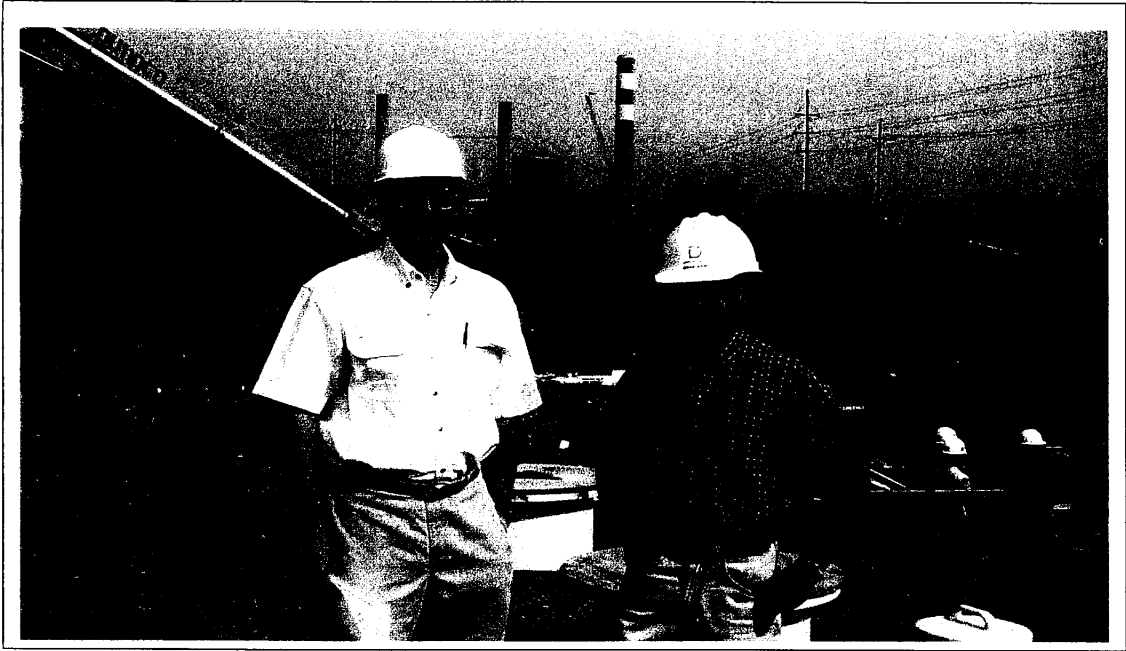


圖 5-3 REUSE PLANT 旁發電廠

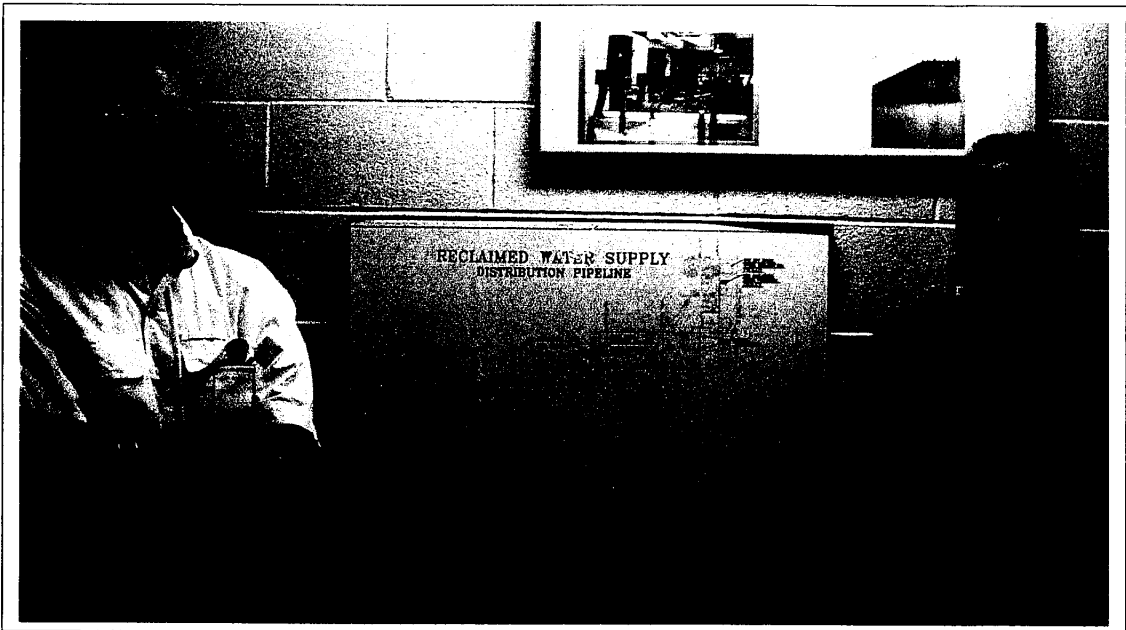


圖 5-4 WESTMINSTER RECLAIMED PLANT TOUR

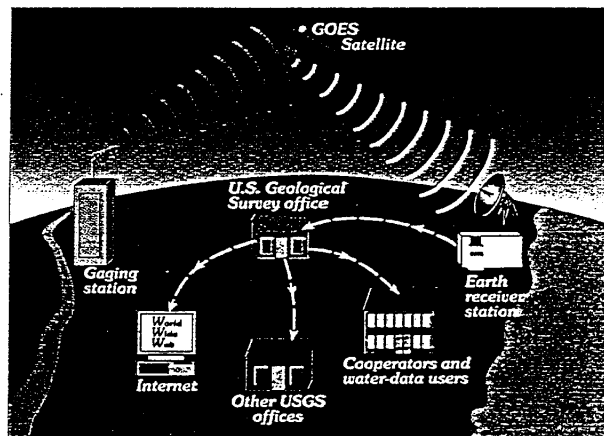


圖 5-6 USGS 水文流量即時資訊系統



圖 5-5 AURORA RECLAIMED PLANT TOUR

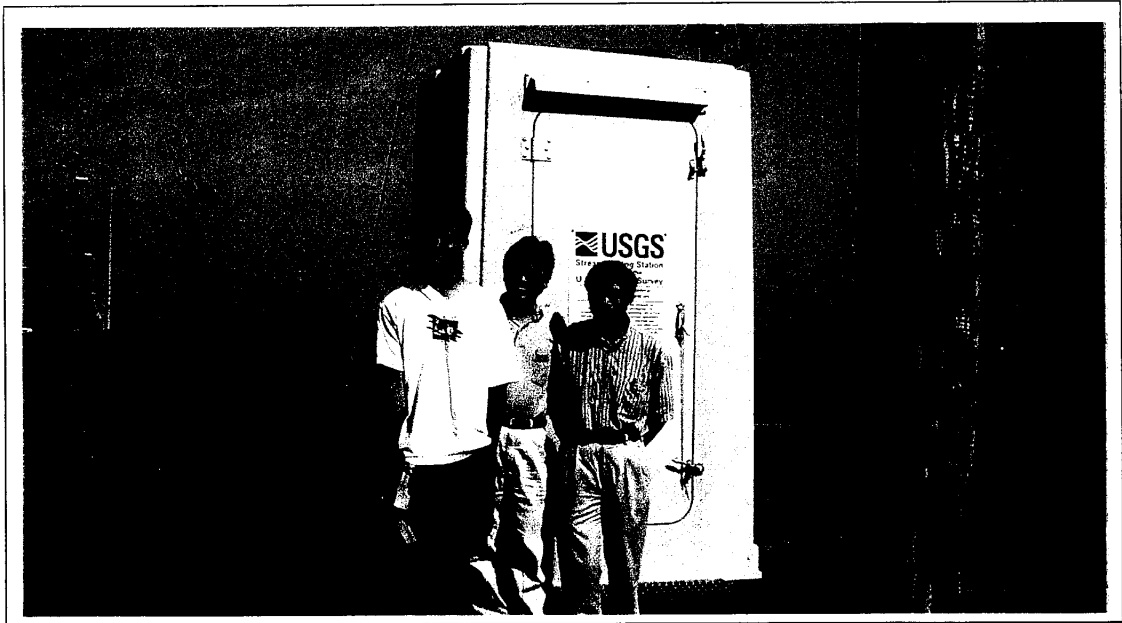


圖 5-7 USGS 水文流量站



圖 5-8 流量站設太陽能版



圖 5-9 USGS 水質自動量測量儀器



圖 6-1 ASR 操作系統

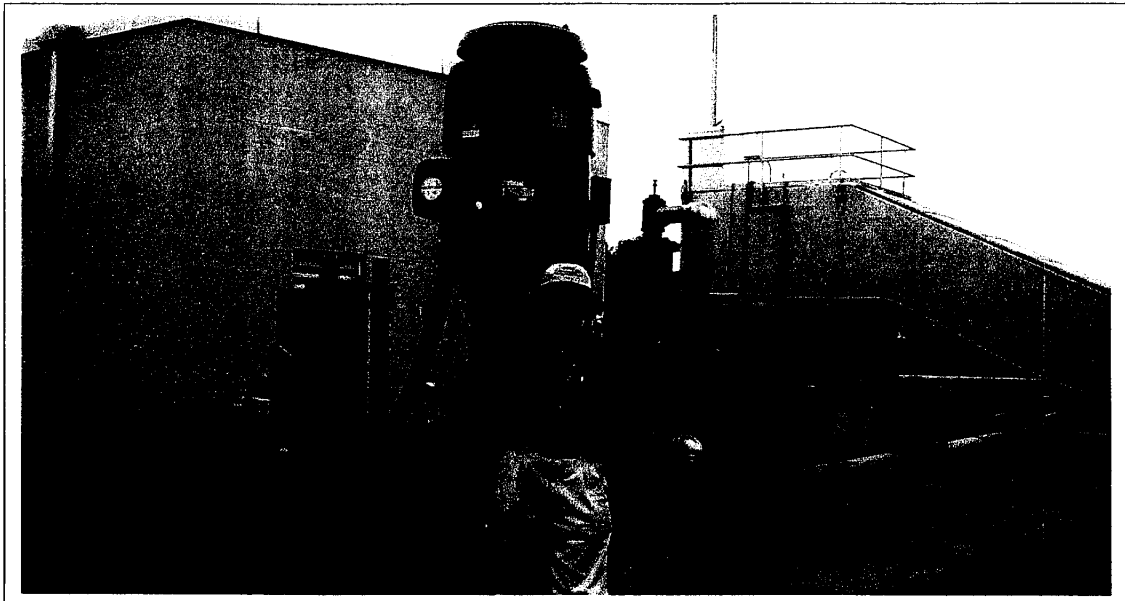


圖 6-2 ASR 操作井設施



圖 6-3 拜訪聖約翰水管理局戴佳雄與黃清次博士



圖 6-4 DAVID PYNE 介紹 SINK HOLE 地下水補注區

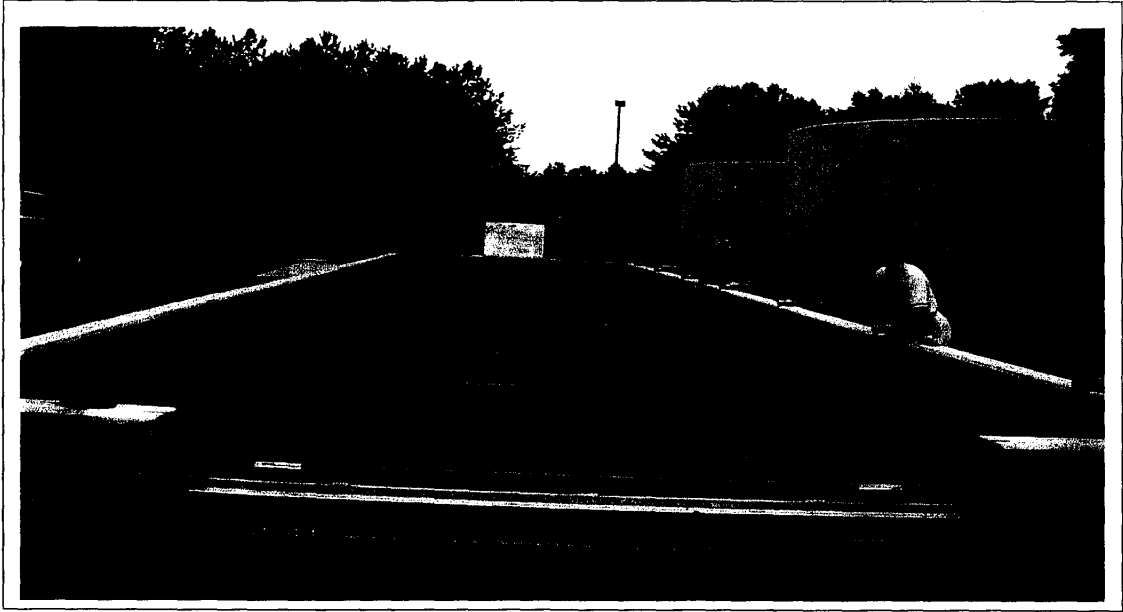


圖 7-2 淨水場污泥處理池

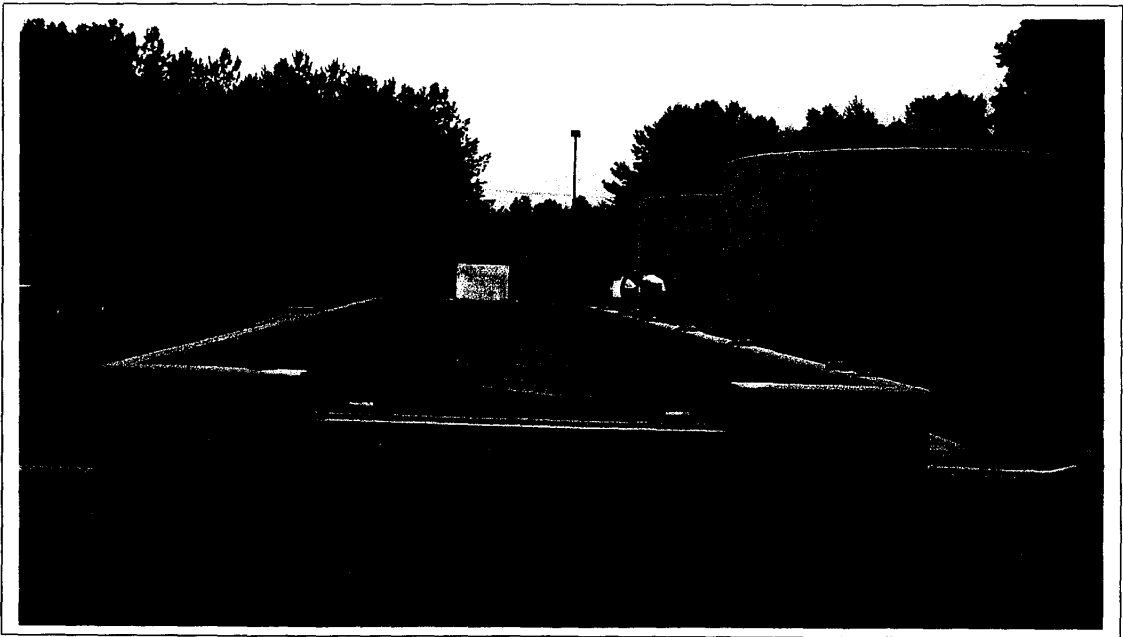


圖 7-3 污泥處理作業

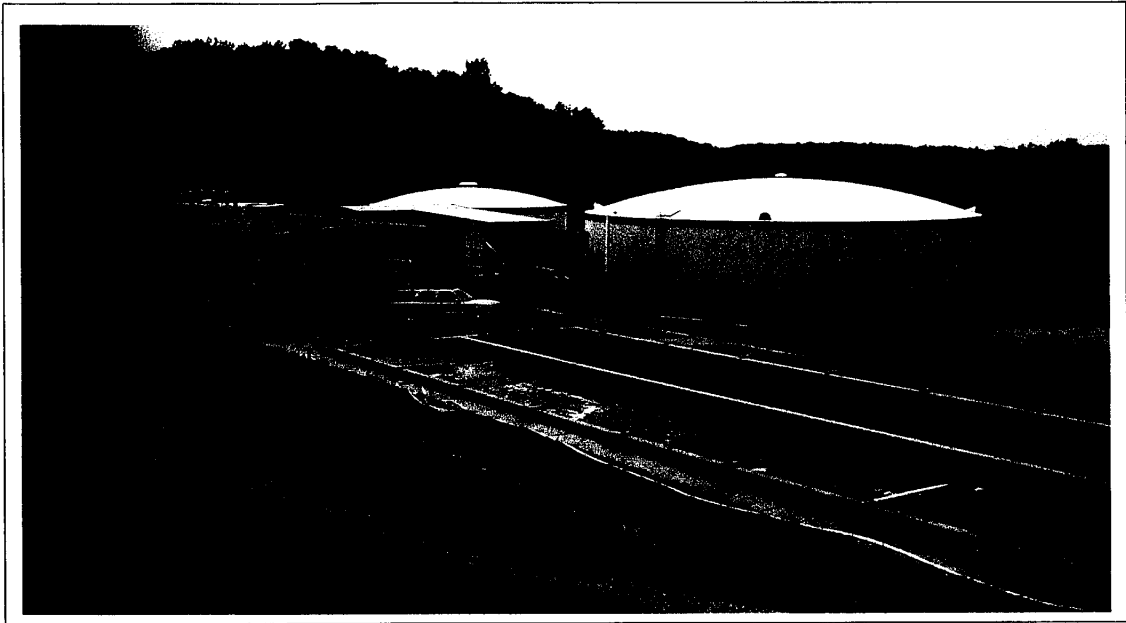


圖 7-4 淨水場備有兩套污泥處理設施



圖 7-5 蓄水及污泥處理系統

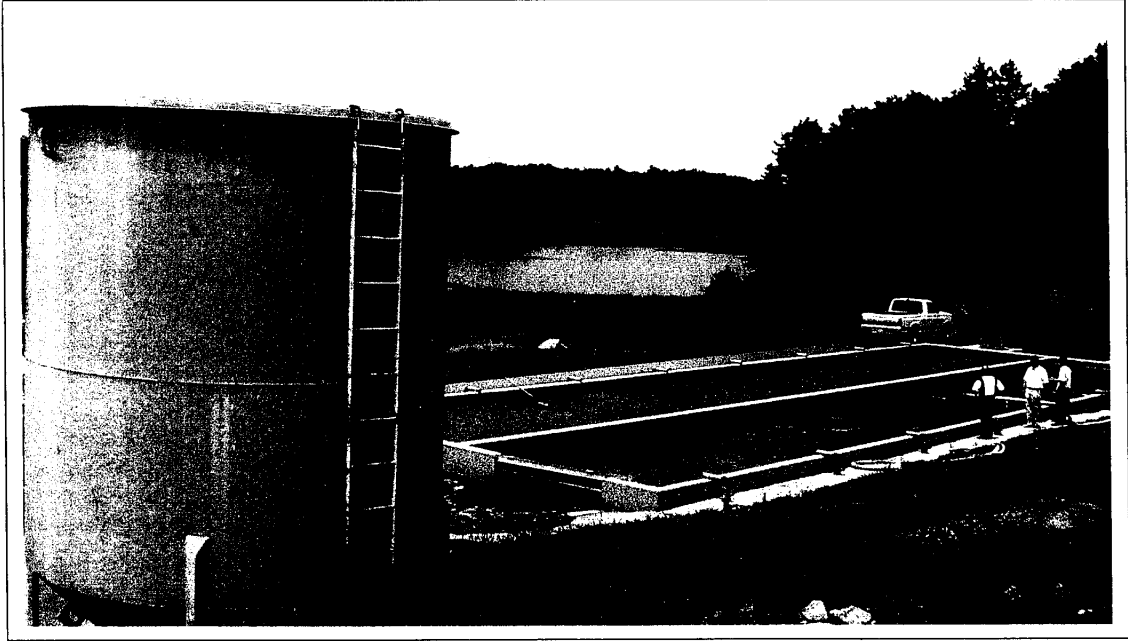
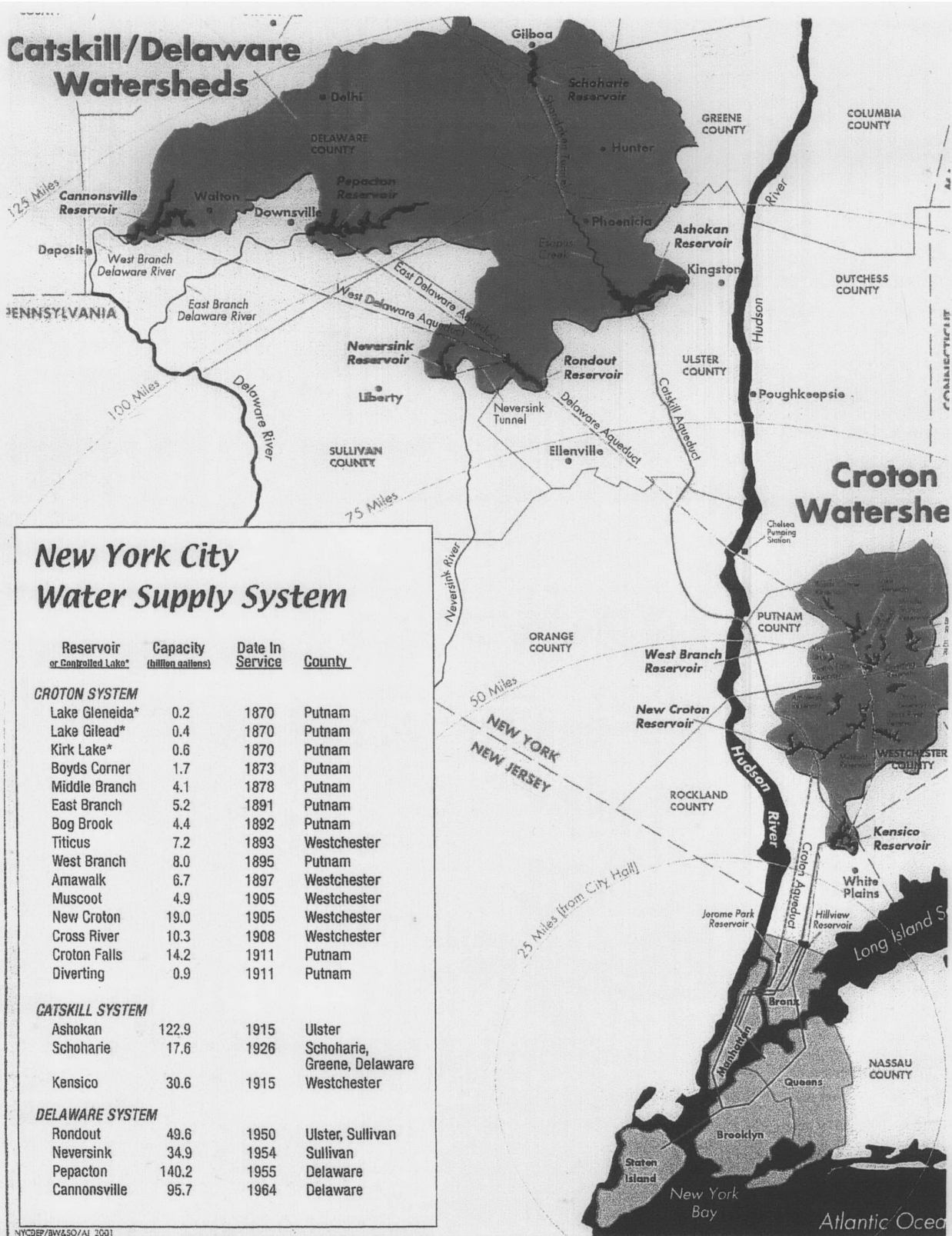


圖 7-6 污泥經聚合物混合後之快速脫乾處理



圖 8-1 拜訪紐約市政府環保局供水單位

Catskill/Delaware Watersheds



New York City Water Supply System

Reservoir or Controlled Lake*	Capacity (billion gallons)	Date In Service	County
CROTON SYSTEM			
Lake Gleneida*	0.2	1870	Putnam
Lake Gilead*	0.4	1870	Putnam
Kirk Lake*	0.6	1870	Putnam
Boyds Corner	1.7	1873	Putnam
Middle Branch	4.1	1878	Putnam
East Branch	5.2	1891	Putnam
Bog Brook	4.4	1892	Putnam
Titicus	7.2	1893	Westchester
West Branch	8.0	1895	Putnam
Amawalk	6.7	1897	Westchester
Muscoot	4.9	1905	Westchester
New Croton	19.0	1905	Westchester
Cross River	10.3	1908	Westchester
Croton Falls	14.2	1911	Putnam
Diverting	0.9	1911	Putnam
CATSKILL SYSTEM			
Ashokan	122.9	1915	Ulster
Schoharie	17.6	1926	Schoharie, Greene, Delaware
Kensico	30.6	1915	Westchester
DELAWARE SYSTEM			
Rondout	49.6	1950	Ulster, Sullivan
Neversink	34.9	1954	Sullivan
Pepacton	140.2	1955	Delaware
Cannonsville	95.7	1964	Delaware

NYCDEP/BW&SO/AJ 2001

Printed on recycled paper 4/01

圖 8-2 紐約市供水系統

附錄一

**NEW YORK CITY
WATER SUPPLY STATUS**

STRATEGIC SERVICES

NEW YORK CITY DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

Bureau of Water Supply

JUNE 1, 2002

BUREAU of WATER SUPPLY
STRATEGIC SERVICES

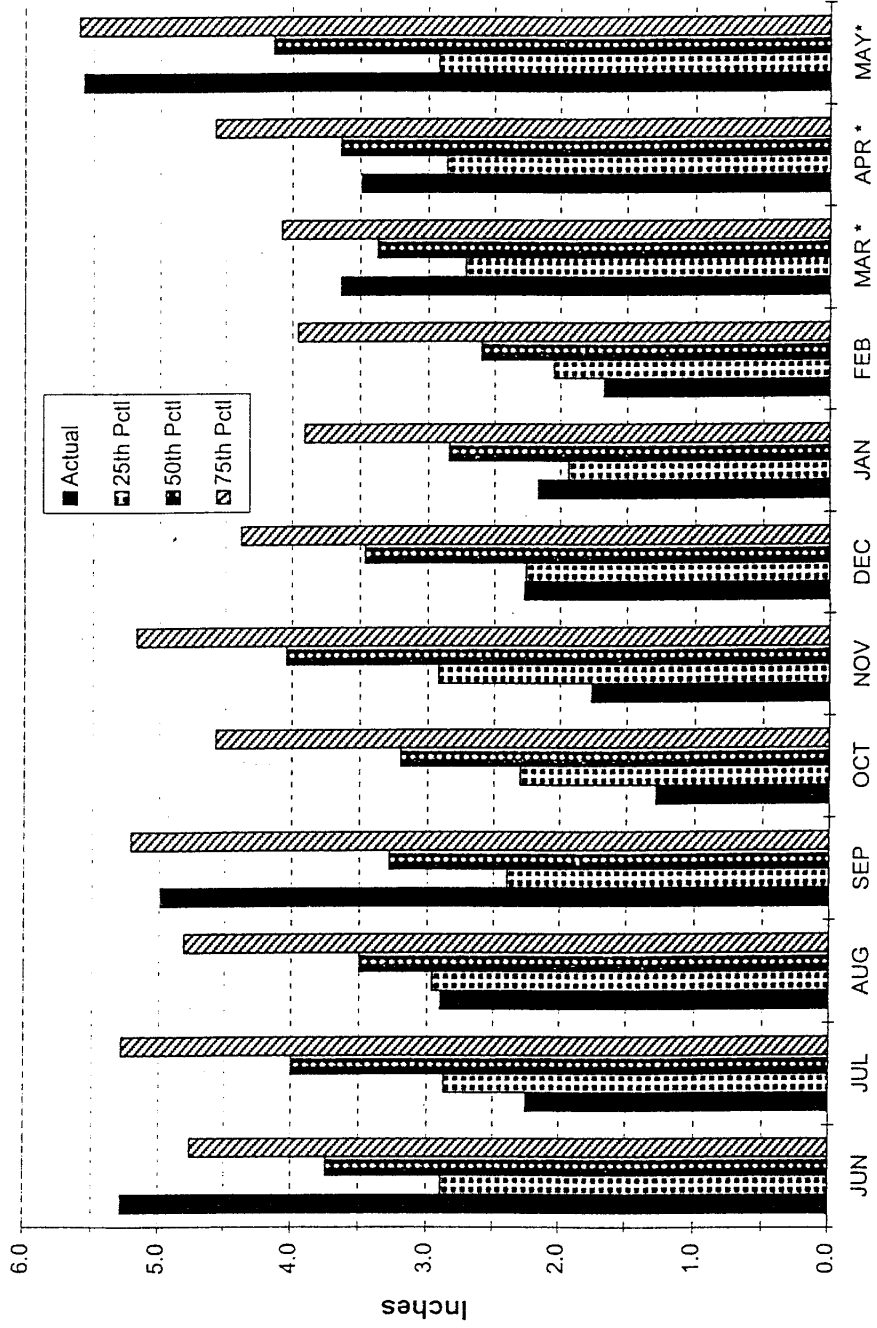
WATER SUPPLY SYSTEM STATUS

JUNE 1 , 2002

	JUNE 1- May 31	MAY
<u>PRECIPITATION (Inches)</u>		
ACTUAL	37.27	5.57*
NORMAL	45.07	4.14
<u>RUNOFF / YIELD (Billion Gallons)</u>		
ACTUAL	532.4	122.5*
NORMAL	877.6	91.8
<u>SURFACE WATER CONSUMPTION (MGD)</u>		
	1280	1220*
<u>STORAGE (AMOL) June 1</u>		
	<u>ACTUAL</u>	<u>NORMAL</u>
Billion Gallons	453.3	547.5
% of Capacity	82.8	100.0
provisional		

New York City Reservoir System
Monthly Precipitation: 2001-2002

NYCDEP/BWS
Strategic Services
June 1, 2002

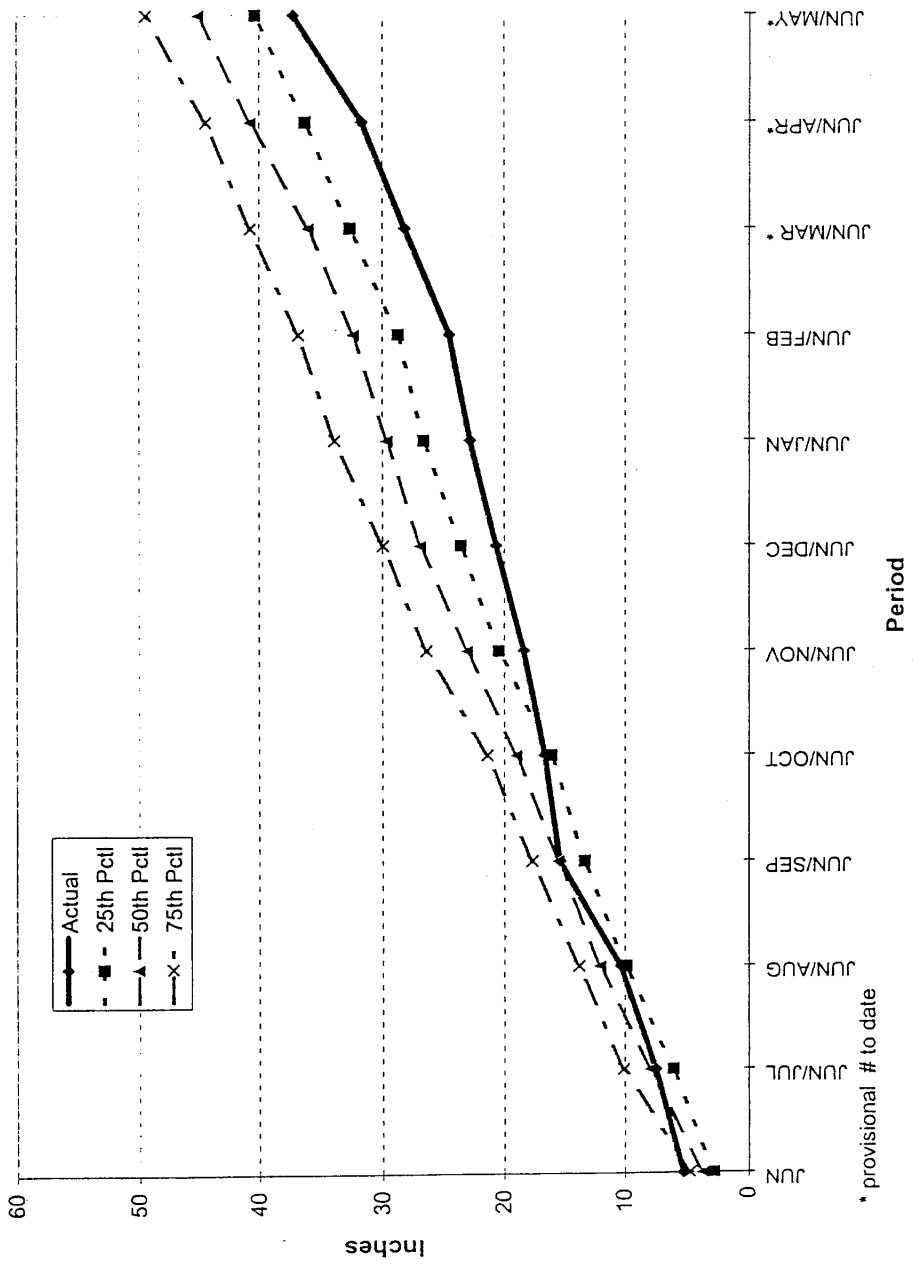


* provisional #to date

8.2

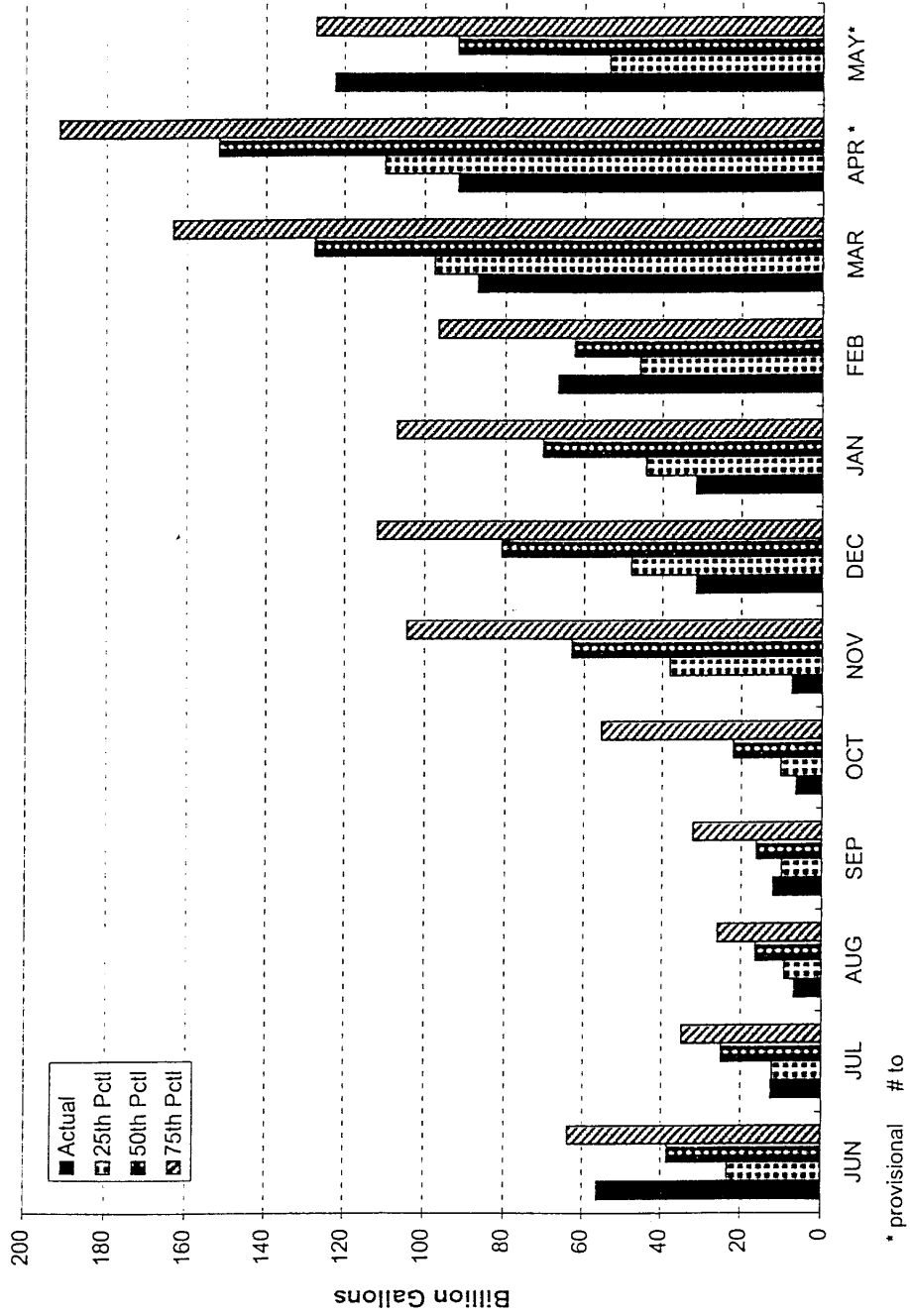
New York City Reservoir System Cumulative Precipitation: 2001-2002

NYCDEP/BWS
Strategic Services
June 1, 2002



New York City Reservoir System
Monthly Runoff: 2001-2002

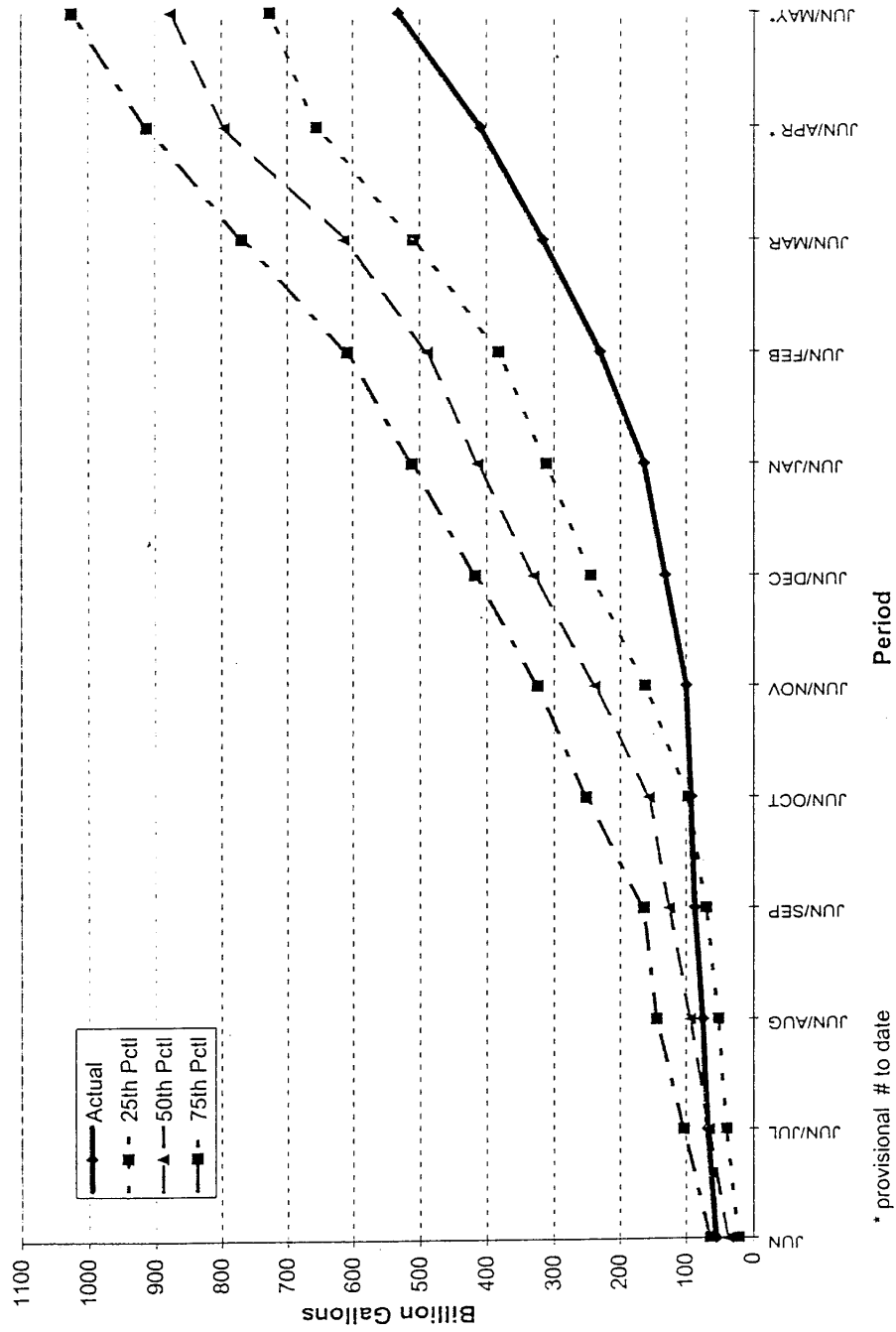
NYCDEP/BWS
Strategic Services
June 1, 2002



* provisional # to

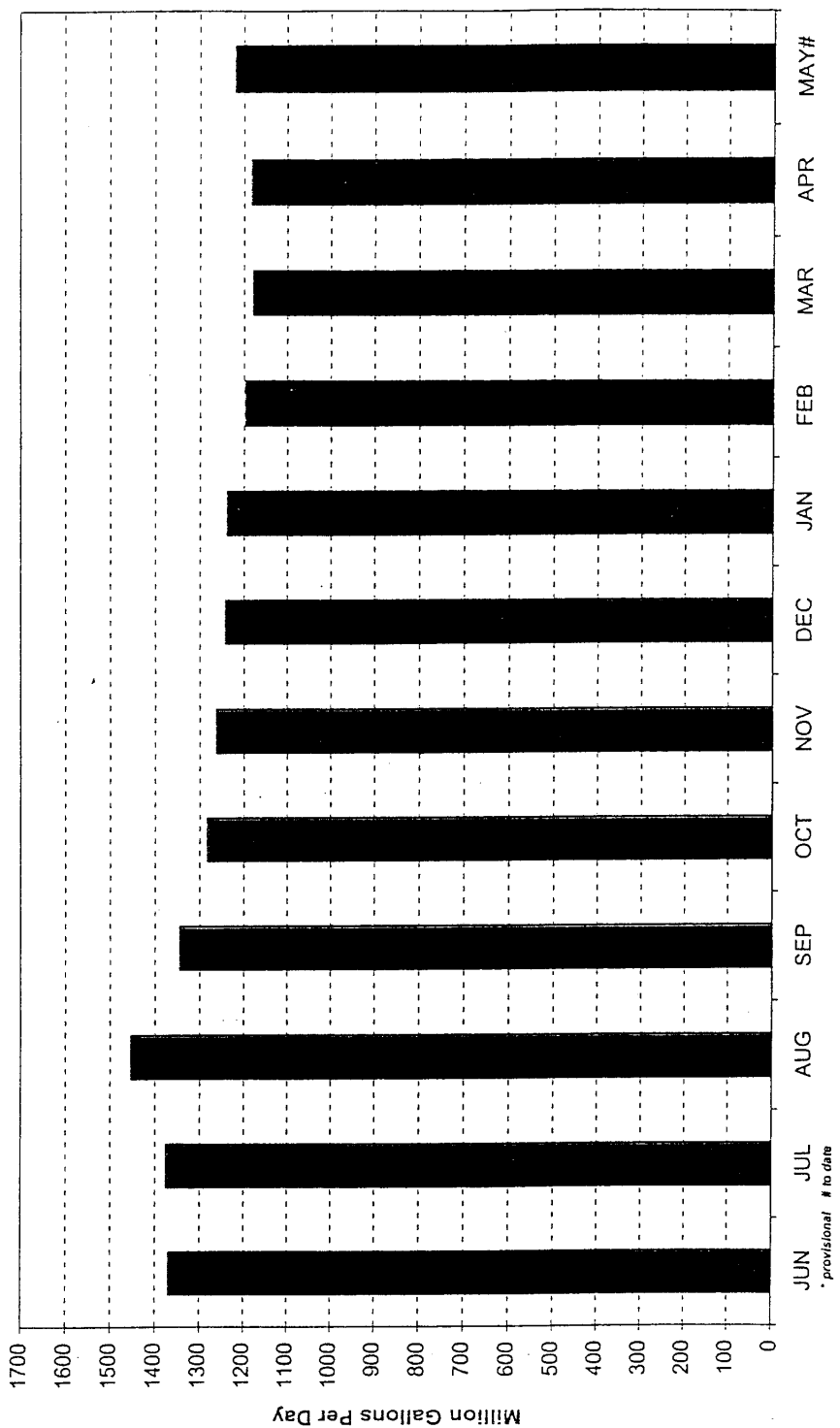
**New York City Reservoir System
Cumulative Runoff: 2001-2002**

NYCDEP/BWS
Strategic Services
June 1, 2002



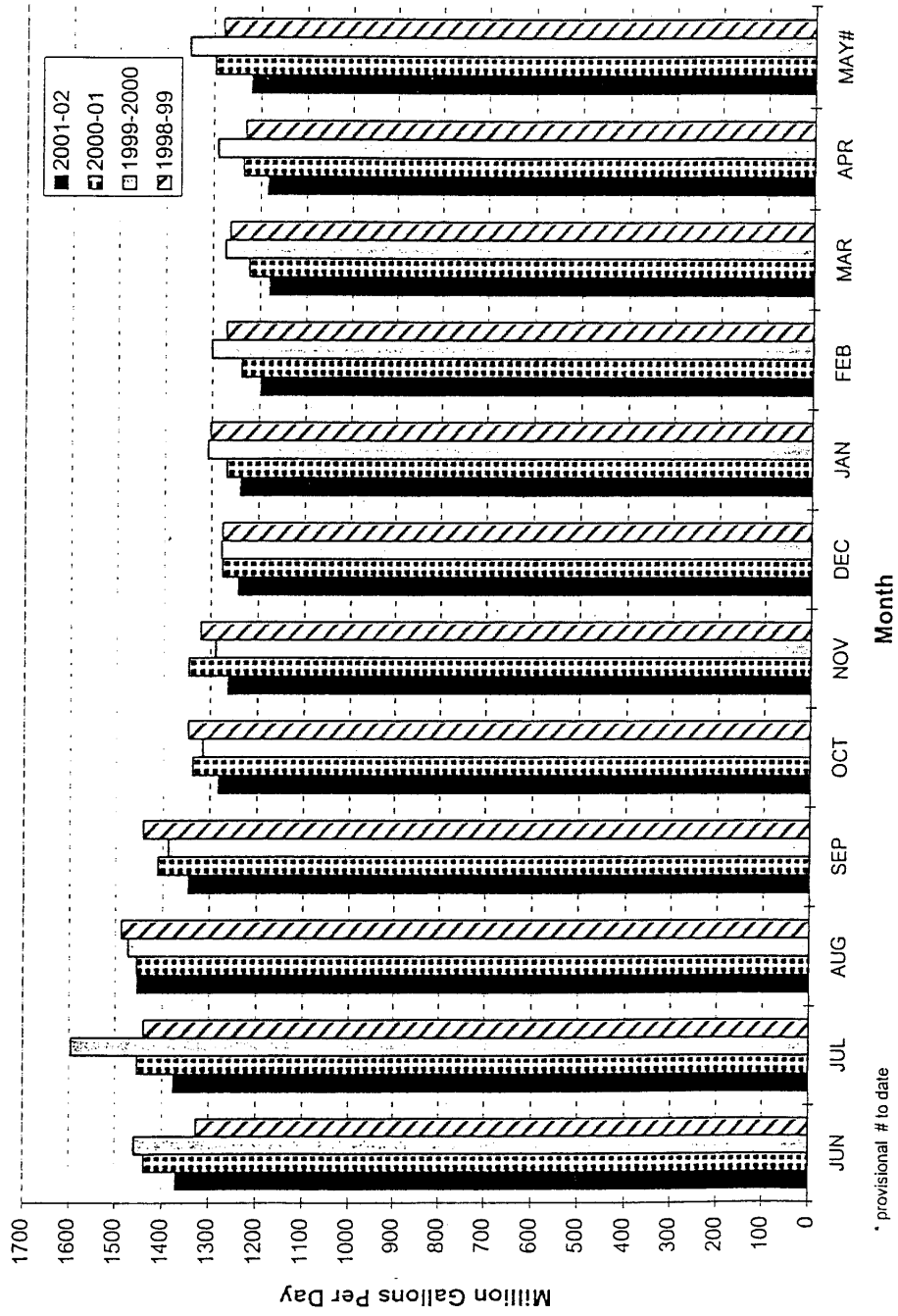
New York City Reservoir System
Total Surface Water Consumption: 2001-2002

NYCDEP/BWS
Strategic Services
June 1, 2002



**New York City Reservoir System
Total Surface Water Consumption**

NYCDEP/BWS
Strategic Services
June 1, 2002



* provisional # to date

8.4

NYC Delaware Basin Reservoirs
Useable Storage

NYCDEP/BWS
Strategic Services
June 1, 2002



This is interstate Drought Management Rules.
(有分州外, 若等州中, 河川生態殺手流等 (fishery), SALT water Intrusion... 等之表也)

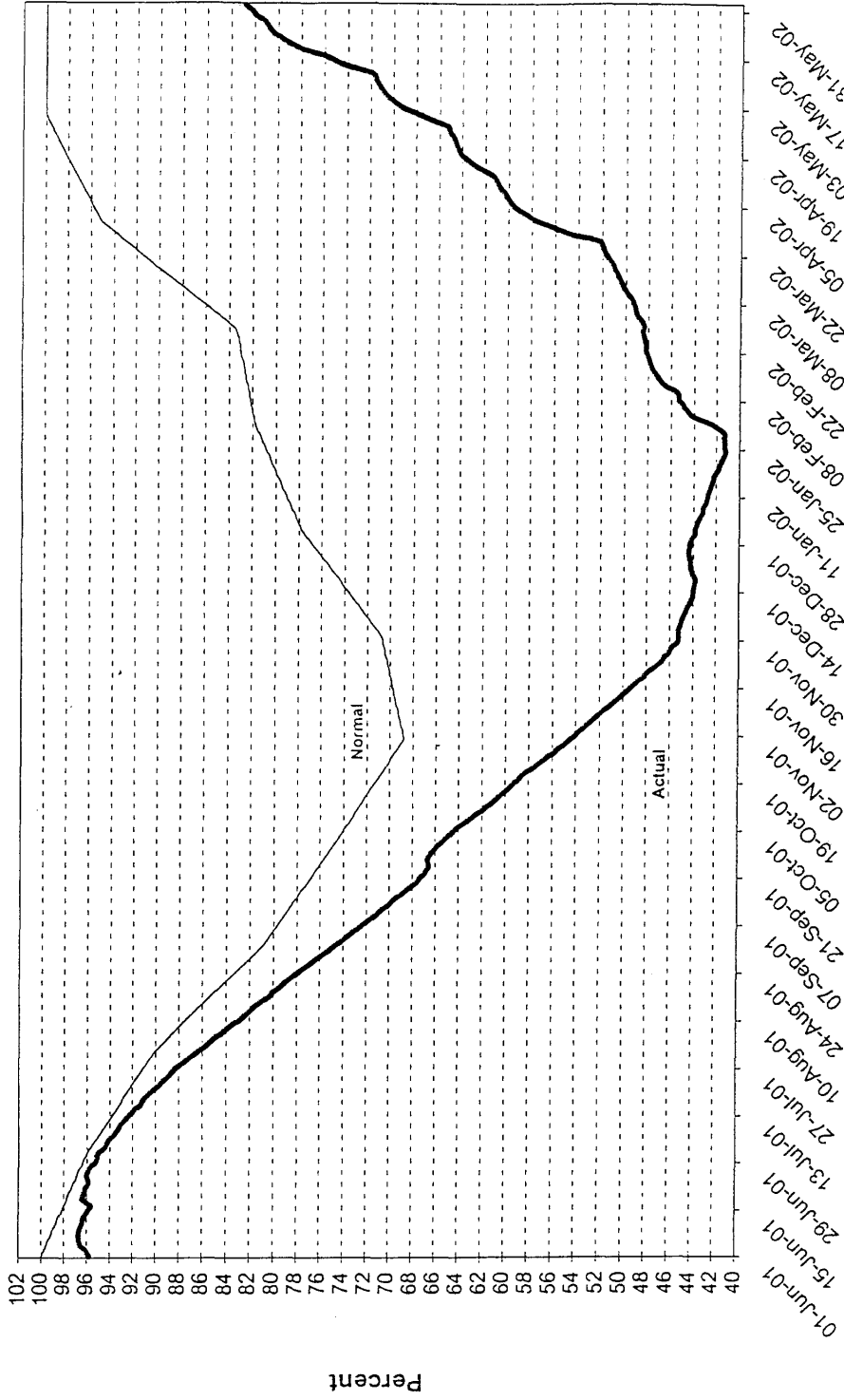
Emergency stage I: (2002. 7. 18 高持續 stage I 開始 2001. 11 至 2002. 4 前維持費 及 2001 年 10 月 20 日)

Emergency stage I: Only in New York City.

12 8.5

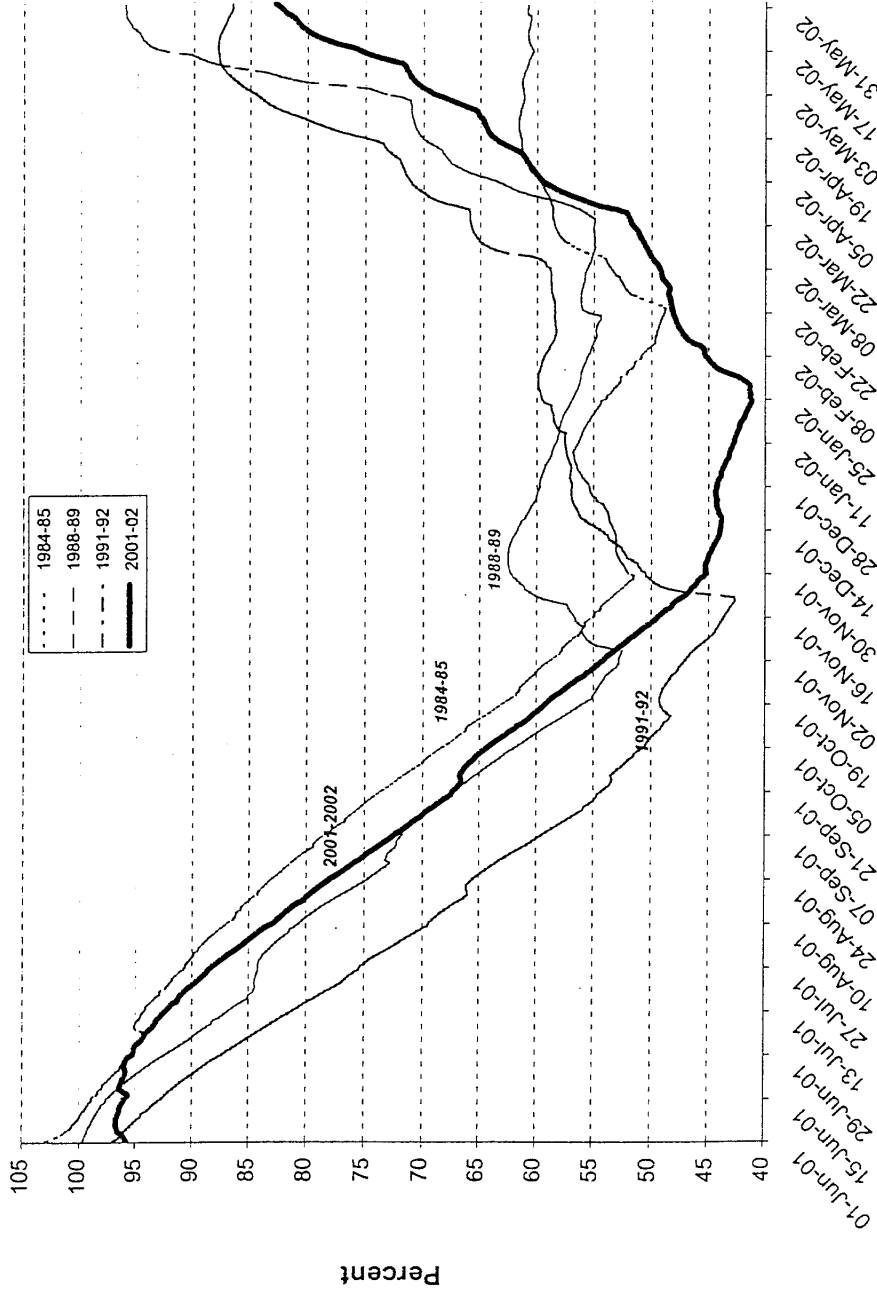
Total NYC Reservoir System
Percent Useable Storage

NYCDEP/BWS
Strategic Services
June 1 2002



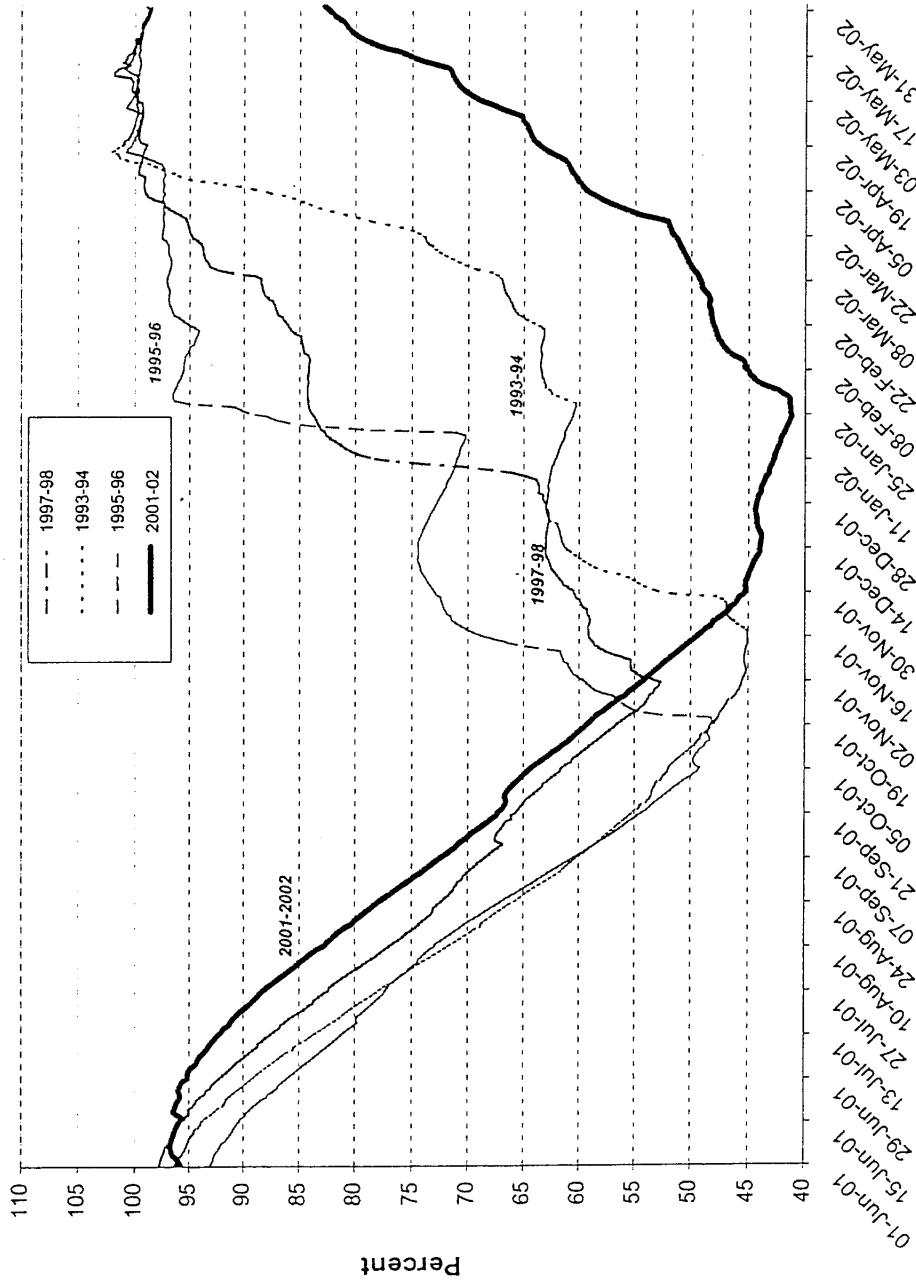
由於在 2002 年 5 月我有致電外是達 83% 但紐約市並未維持 emergency storage 之狀況，大部份博物館也停止

Total NYC Reservoir System
Percent Useable Storage



Total NYC Reservoir System Percent Useable Storage

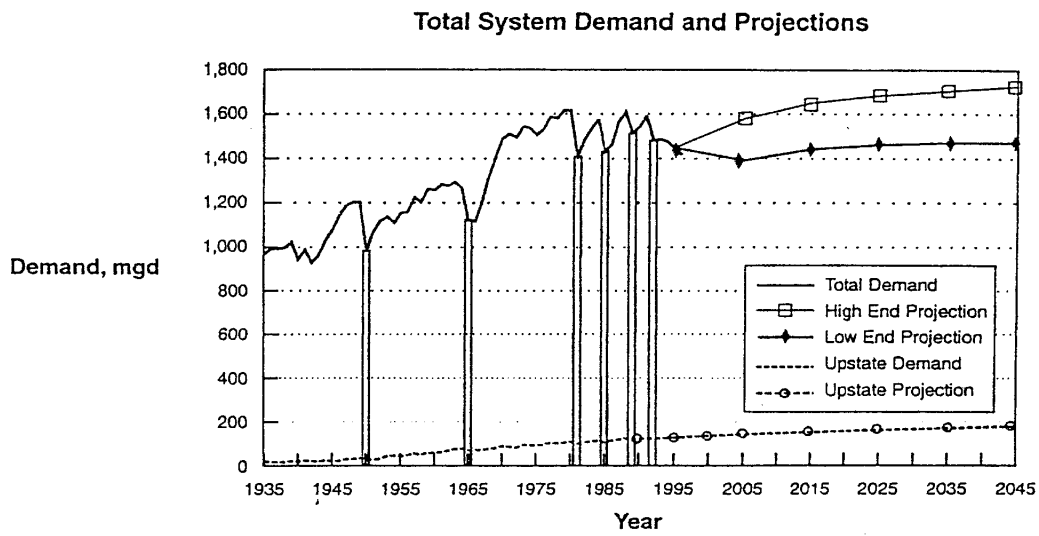
NYCDEP/BWS
Strategic Services
June 1, 2002



Total NYC Reservoir System Percent Useable Storage

NYCDEP/BWS
Strategic Services
June 1, 2002





Vertical bars indicate drought years.

Total System Demand and Projections

附錄二

CITY OF NEW YORK
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

**DROUGHT MANAGEMENT PLAN
AND RULES**

DECEMBER 29, 1998

CITY OF NEW YORK
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION
DROUGHT MANAGEMENT PLAN AND RULES

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION.....	1
DROUGHT PHASES.....	4
COORDINATION WITH OTHER AGENCIES.....	4
ACTIONS AND RULES.....	5
DROUGHT WATCH.....	6
DROUGHT WARNING.....	6
DROUGHT EMERGENCY.....	7
SANCTIONS.....	12
VARIANCES.....	13
GLOSSARY OF TERMS.....	14
MANAGEMENT OF CROTON SYSTEM IN DROUGHT.....	14
MANAGEMENT OF CATSKILL SYSTEM IN DROUGHT.....	14
MANAGEMENT OF DELAWARE RESERVOIRS IN DROUGHT.....	16
EMERGENCY SUPPLY AT THE CHELSEA PUMPING STATION.....	19

ILLUSTRATIONS

FIGURES

1. NEW YORK CITY WATER SUPPLY SYSTEM.....	2
2. DRBC OPERATION CURVES FOR DELAWARE SYSTEM RESERVOIRS.....	18

TABLES

1. CAPACITIES/COMPONENTS OF THE NEW YORK CITY WATER SUPPLY SYSTEM.....	3
2. CROTON SYSTEM CONSUMPTION WITHIN NEW YORK CITY	15
3. DRBC INTERSTATE OPERATION FORMULA FOR REDUCTIONS	16
4. DRBC FLOW OBJECTIVES FOR SALINITY CONTROL.....	17

INTRODUCTION

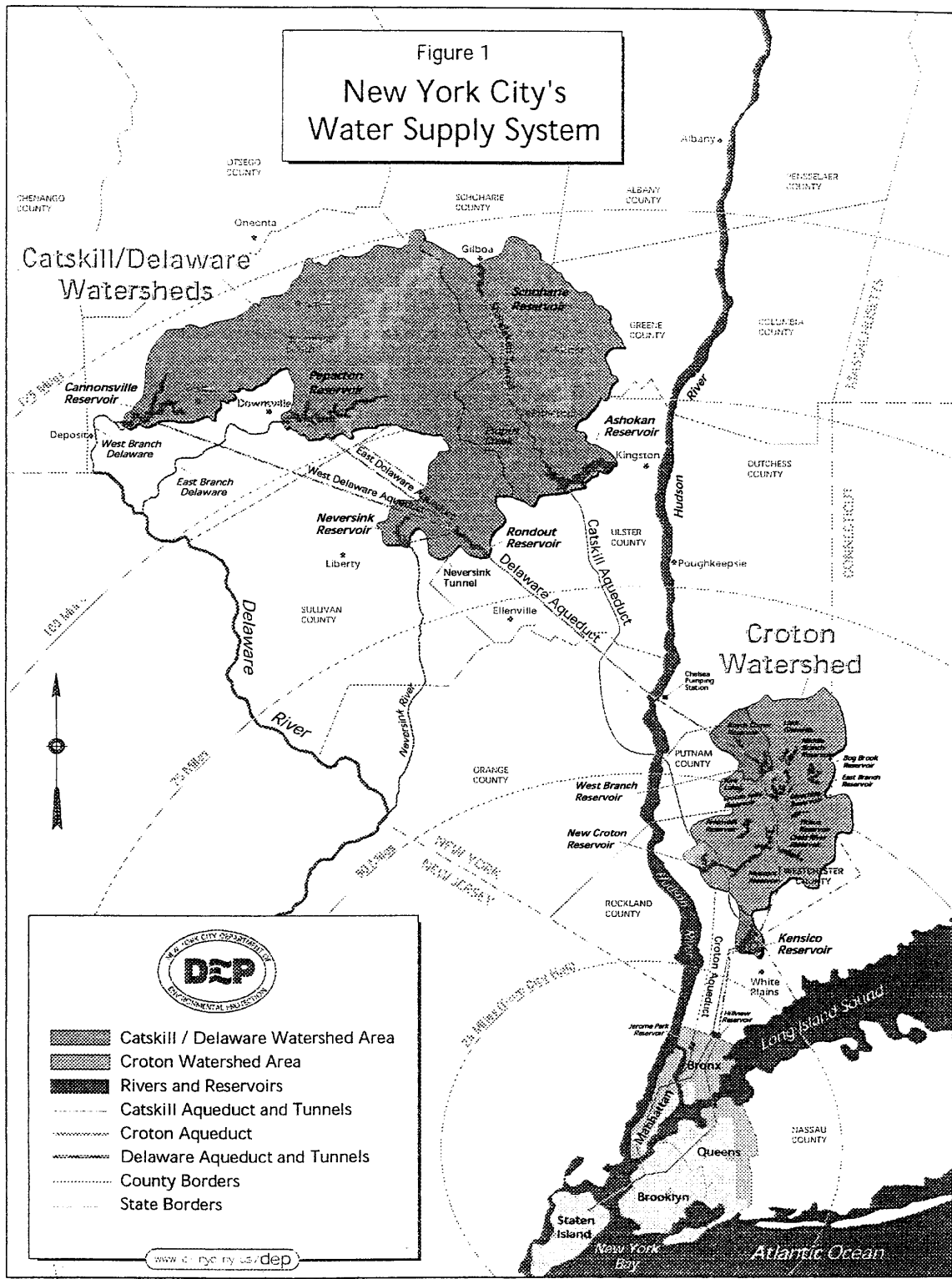
The New York City Water Supply System, which serves the five boroughs of the City of New York (NYC) and many communities in Southeastern New York State, is supplied by three source-water reservoir systems. These three systems, the Croton, Catskill, and Delaware, include 18 reservoirs and three controlled lakes, and have a collective storage capacity of 558 billion gallons. Typically these systems provide 10, 35 and 55 percent of the total daily supply, respectively. The major components of the systems are shown in Figure 1, and their capacities are listed in Table 1.

In addition to the tunnels, aqueducts and the three reservoir systems, there are features in the NYC System which allow for contingency and emergency operations. Several interconnections exist between the reservoir systems. Through these interconnections, water can be transferred from one system to another in response to localized water quality or quantity concerns. In 1996 NYC acquired the former Jamaica Water Supply Company wells located in Queens, NY. A number of these wells regularly supplement the System's surface water supply, while others are available for emergency use (maximum available quantity: 62 MGD) . A pumping station at Chelsea, New York which is capable of drawing water from the Hudson River, is also available to augment the water supply by 100 MGD under emergency conditions.

New York City observes a "water-year" which runs from June 1 to May 31. Using historical data, a profile of typical system-wide storage levels has been established. Using this profile, criteria have been developed to assess the probability of achieving reservoir refill by the start of the succeeding water year. These criteria are used to identify potential or impending drought conditions. The City's Department of Environmental Protection (DEP) monitors and records daily reservoir storage levels, inflow and releases. These conditions are reviewed and regularly compared with the criteria to forecast the probability of achieving adequate reservoir levels to serve the system's consumers throughout the coming water year.

In the event that this comparison reveals emerging and worsening drought conditions, the operators of the system can implement the contingency and emergency operations to supplement the water supply. Conservation measures will also be taken to reduce the demand for water. These measures can slow the depletion rate of the stored water and potentially postpone or eliminate the threat of serious shortage. The City's water supply options and controls are described in the following pages.

Figure 1
New York City's
Water Supply System



DEP
NEW YORK CITY DEPARTMENT OF
ENVIRONMENTAL PROTECTION

- Catskill / Delaware Watershed Area
- Croton Watershed Area
- Rivers and Reservoirs
- Catskill Aqueduct and Tunnels
- Croton Aqueduct
- Delaware Aqueduct and Tunnels
- County Borders
- State Borders

www.cityofny.us/dep

NYDEP/BWS/IAJ 12/21/98

Table 1
Capacities and Components of The New York City Water Supply System

DELAWARE SYSTEM			CATSKILL SYSTEM			CROTON SYSTEM		
Reservoirs			Reservoirs			Reservoirs		
Source Reservoirs	Storage ¹ (billion gallons)	Mandated Releases (million gallons/day)	Source Reservoirs	Storage ¹ (billion gallons)	Mandated Releases (million gallons/day)	Source Reservoirs	Storage ¹ (billion gallons)	Mandated Releases (million gallons/day)
Delaware Basin			Schoharie	176	9	Boyd's Corner	17	10
Neversink	3490	3-29 5	Ashokan	1229	7	West Branch	100	5-20 6
Pepacton	14020	4-45 5	Total - Catskill Sources	1405		West Brook	44	5
Cannonsville	9570	5-210 5	Balancing Reservoir			East Branch	52	25
Sub-Total	27080		Kensico	30	2	Middle Branch	40	- 13
Rondout	4960	0-15 5	(Catskill/Delaware System)			Croton Falls	09	30
Total - Delaware Sources	32040		Distribution Reservoirs			Diverting	142	20
			Hillview	021	3	Croton Falls	103	5
Balancing Reservoirs			(Catskill/Delaware System)			Cross River	67	5-10 6
West Branch	100	5-20 6	Silver Lake Tanks (two)	01	4	Amawalk	72	5
(Croton System)			Tunnels & Aqueducts			Titicus ¹¹	49	- 13
Kensico	30	- 7	Connecting			Muscoot	238	0-75
(Catskill/Delaware System)			Schoharie to Esopus Creek	615		New Croton	13	- 14
Distribution Reservoirs			Ashokan to Kensico	600		3 Controlled Lakes		
Hillview	021	3	Kensico Bypass	600		At Lake, Lake Crest & Catskills		
(Catskill/Delaware System)			Kensico to Hillview	800		Total - Croton	946	12
Silver Lake Tanks (two)	005	4				Sources		
Tunnels & Aqueducts						Distribution		
						Hydraulic Pumping		
West Delaware		Nominal Capacity ⁸ (million gallons/day)				Approximate		
East Delaware		500				Transfer Capacity to		
Neversink		750				Delaware Aqueduct		
		500				Croton River		
Delaware		890				Tunnels & Aqueducts		
		1000				Connecting		
		1000				New Croton to Gatehouse		
		1000				No. 1 In Van Cortlandt Park		
		1800				Gatehouse No. 1 (VCP) to		
						135th Street Gatehouse		
						Nominal Capacity ⁸ (million gallons/day)		
						300		
						250		

1. Storage is the estimated volume between the crest of the spillway and the lowest elevation of outlet of the reservoir

2. Under normal operations the available storage is 10.1 bg. By changing the drawdown from 15 feet to 57 feet to the invert of the outlet structure (El. 300 ft.) the volume of usable storage could be increased to 30.6 bg

3. Total Storage is 0.93 bg

4. Total Storage is 0.1 bg

5. Release varies depending on stream flow and DRBC drought conditions

6. Release varies depending on stream flow and storage conditions

7. No release is required from this reservoir.

8. Nominal Capacity is based on full reservoir. Capacity is reduced when source reservoir are drawn down.

9. There is no release required from the reservoir into Schoharie Creek. The flow of Shandaken Tunnel which discharges to Ashokan Reservoir via Esopus Creek must be sufficient to maintain a year-round minimum flow in the Creek of 160 mgd.

10. Croton Falls Pumping Station is scheduled to be taken off-line in conjunction with Dam reconstruction work, and is expected to be temporarily out-of-service in 2002 and 2003.

11. Cross River Pumping Station is currently off-line. Restoration of service is not expected until 2003.

12. Available storage is the maximum that can be withdrawn from the reservoir through the existing outlet structure and aqueduct

13. There is no natural stream between this reservoir and the next downstream reservoir

14. Release varies depending on stream flow and storage conditions and time of year.

15. Total Storage is 0.77 bg

16. This reservoir has been taken off-line and is not intended to return to service

DROUGHT PHASES

The New York City Drought Management Plan has three phases, which are invoked sequentially as conditions dictate. These are Drought Watch, Drought Warning and Drought Emergency. (Drought Emergency is further subdivided into four stages with increasingly severe mandated use restrictions.) Guidelines have been established to identify when a Drought Watch, Drought Warning or Drought Emergency should be declared and the appropriate responses should be implemented. These guidelines are based on factors such as prevailing hydrological and meteorological conditions, as well as certain operational considerations. In some cases, other circumstances such as low storage or operational constraints on the Croton system may influence the timing of drought declarations.

Drought Watch

A Drought Watch is declared when there is less than a 50% probability that either of the two largest reservoir systems, the Delaware (Cannonsville, Neversink, Pepacton, and Rondout Reservoirs) or the Catskill (Ashokan, and Schoharie Reservoirs), will fill by the next June 1 – the start of the water-year.

Drought Warning

A Drought Warning is declared when there is less than a 33% probability that either the Catskill or Delaware Systems will fill by the next June 1.

Drought Emergency

A Drought Emergency is declared when there is a reasonable probability that, without the implementation of stringent measures to reduce consumption, a protracted dry period would cause the City's reservoirs to be drained. This probability is estimated during dry periods in consultation with the New York State Drought Management Task Force and the New York State Disaster Preparedness Commission. The estimation is based on analyses of the historical record, the pattern of the dry period months, water quality, sub-system storage balances, delivery system status, system construction, maintenance operations, snow cover, precipitation patterns, use forecasts, and other factors. Because no two droughts have identical characteristics, no single probability profile can be identified in advance that would generally apply to the declaration of a drought emergency.

COORDINATION WITH OTHER AGENCIES

Close coordination between City and State officials is required as drought conditions become evident and as they worsen. When conditions indicate difficulty in achieving appropriate storage levels in the reservoirs, NYC notifies the New York State Drought Management Task Force, the New York State Disaster

Preparedness Commission, and any other New York State authorities responsible for coordinating preparations for an imminent drought.

New York State has a Statewide Drought Response Plan. To best address the needs of the different regions of the State, New York has been subdivided into different drought management regions. Since NYC's watersheds are a significant portion of the State, the NYC supply system has its own subdivision designation, which is Drought Region IIA. Accordingly, the Statewide Drought Response Plan includes this document, which outlines the City's drought response plan. Pursuant to the requirements of the State Sanitary Code, the City's plan has been submitted to the New York State Department of Health.

Because the reservoirs of the City's Delaware system impound the headwaters of the Delaware River, NYC, along with the states of Delaware, New Jersey, New York and Pennsylvania, is party to a Supreme Court Decree which dictates the relationship of these parties pertaining to the use of the Delaware River. The decree is administered in part by the Delaware River Master. The States of Delaware, New Jersey, New York, Pennsylvania and the United States of America comprise the Delaware River Basin Commission (DRBC). The City of New York serves as an advisor to the State of New York for DRBC issues. The DRBC and the parties to the Decree have established a drought response plan which is based upon a different set of criteria than that of the NYC plan, but which binds NYC in certain regards (which are reflected in the NYC plan). The DRBC criteria are tied to certain storage levels in NYC's Delaware reservoirs. NYC and the DRBC maintain close coordination in the implementation of either of these drought management plans.

ACTIONS AND RULES

When it becomes apparent that the probability of reservoir refill is approaching the drought criteria the DEP will initiate the following actions:

- Review the Drought Management Plan;
- More closely monitor NYC reservoir and watershed conditions; and
- Coordinate with NYS DOH, NYS DEC & DRBC.

As conditions dictate the declaration of the successive phases of the City's drought response plan, certain actions are to be implemented. For a Drought Watch, the DEP responses are primarily operational, while activities that involve the consumer community are primarily informative and voluntary. For a Drought Warning, voluntary use restrictions are heightened and other City agencies are required to modify their operations. When a Drought Emergency is declared, rules

and sanctions for failure to comply with them are imposed. The details of the specific responses to each of the drought phases follow.

Drought Watch

When a Drought Watch is declared, the following actions are taken by DEP:

1. Apprise NYS DOH, NYS DEC, & DRBC on system status.
2. Institute a drought awareness media campaign within the City & regionally.
3. Maximize Croton Water usage by:
 - increasing gravity distribution;
 - fully utilizing hydraulic pumping stations*; and
 - commencing operation of stand-by electric pumping stations.
4. Maximize the normal output of wells in Queens County from 23 million gallons per day (MGD) to 44 MGD and close selected interconnections to the surface water supply. Investigate boundary valve changes for future expansion of Croton distribution system and increase surveillance of pressure regulators throughout the distribution system.
5. Expand leak detection, leak repair and hydrant surveillance programs.
6. Budget for future resources to be used if drought conditions escalate.
7. Advise non-City consumer communities of the situation and request their cooperation in water conservation efforts.
8. Initiate dialogue with the Mayor's Office and other NYC agencies concerning actions to be taken if a "Drought Warning" is declared.

Drought Warning

When a Drought Warning is declared, all of the actions that are implemented during a Drought Watch become enhanced, and these additional actions are implemented:

1. Request voluntary water use restrictions.
2. Develop plans and commence activities to prepare the Chelsea Pumping Station for operation.
3. Commence operation of standby wells in Queens County to increase the daily system output to approximately 50 MGD and close additional inter-connections to the surface water supply. Prepare additional standby wells in Queens County for operation.
4. Coordinate with non-NYC water system users to initiate appropriate water use restrictions.

* NYS DOH approval required

5. Coordinate the following actions with other NYC agencies: *
- *Sanitation Department* - suspend all street flushing activities;
 - *Police and Fire Departments* - assist closing illegally opened hydrants;
 - *Parks Department* - restrict water use for fountains and golf courses, stop providing make-up water for artificial pond & lakes;
 - *Housing Authority & Housing Preservation and Development* - Request plumbing leak surveys and appropriate repair work, seek installation of low flow devices;
 - *Metropolitan Transit Authority* - reduce fleet washing activities;
 - *Board of Education* -Initiate drought awareness programs for students; and
 - *Department of City-wide Administrative Services* - Conduct leak survey and leak repair activities where necessary at City facilities, cease building washing activities.

Drought Emergency

When a Drought Emergency is declared, drought rules are implemented which direct and restrict the use of water. Additional actions are also undertaken by DEP and other City agencies. Within this plan there are four successive stages of emergency in the Drought Emergency phase. Each stage represents an increase in regulatory activity commensurate with the severity of the drought conditions. As each successive Drought Emergency stage is declared, specific water use regulations and corresponding sanctions are imposed. The rules for Stages One through Three are outlined below. Since Stage Four conditions have not been experienced, rules have yet to be developed for such an occurrence. In the event that Stage Four conditions are imminent, appropriate rules would be developed and enacted.

Listed below are the general actions to be undertaken by DEP and other City agencies during a drought emergency and the specific regulations that would be imposed during each stage of a Drought Emergency.

DEP Actions during a Drought Emergency:

1. Implement and enforce Stages I-III Drought Emergency Rules, as appropriate,
2. Continue media campaign and seeking private sector efforts,
3. Continue maximizing Croton water use including use of the 178th Street Pumping Station diesel motor pumps,
4. Continue leak detection efforts and reevaluate leak backlog, determine what resources need to be allocated to rectify all identified leaks.

* NOTE: the above listing of agency activities is not to be construed as a comprehensive itemization of all activities, but rather a summary of the major agency responsibilities.

5. Work with State Disaster Preparedness Commission and invoke provisions of upstate water agreements to compel non-NYC water system users to implement regulations/measures which are consistent with those in effect in NYC,
6. When water supply and quality are acceptable, enlarge the area supplied by the Croton System by making boundary changes in the local distribution system,
7. Obtain any necessary permits and commence operational activities at remaining standby wells in Queens County, and increase the daily system output to approximately 62 MGD,
8. Reduce pressures slightly (± 5 pounds per square inch (psi)) at regulators and pumping stations, where feasible and in relation to the local distribution system needs,
9. Conduct leak and waste inspections in private buildings using Water Use Inspectors.
10. Include conservation notices with water and sewer billings, and
11. Obtain DOH/DEC permits and activate the Chelsea Pumping Station (Stage III only).

Actions to be performed by other NY City Agencies during a Drought Emergency*

1. *Department of City-wide Administrative Services* - Assign building inspectors to conduct leak surveys in private buildings
2. *Fire Departments* - Conduct leak and waste reports during routine fire inspections of buildings
3. *Housing (Public and Private)*- Encourage voluntary installation of low flow fixtures

Drought Emergency Rules

Summaries of the specific rules for each Drought Emergency Stage are provided below. It should be noted that the full text of these rules appear at Title 15 of the Rules of the City of New York, Chapter 21, "Drought Emergency Rules".

Stage I

Part A:

No person shall cause, permit or allow the use of public water:

1. to leak or otherwise be wasted from any water pipe, fixture, equipment or appurtenance connected to the public water supply system.
2. to wash vehicles via hose, hydrant or other active source.

* See NOTE on previous page

3. to spray, wash, or wet streets, sidewalks, driveways, steps, or buildings via hose, hydrant or other active source.
4. for ornamental purposes.
5. to water lawns, plants, shrubs, trees and golf courses via hose, hydrant or other active source except as follows:
 - a. From 7 am - 9 am and from 7 pm - 9 pm, even numbered addresses may use public water for these purposes on even numbered days and odd- numbered addresses on odd-numbered days.
 - b. Plant nurseries and other commercial plant users may continue to use public water at 95% of previous normal usage.
 - c. Reasonable use of public water for these purposes is allowed if a hand held container is utilized.
6. to be taken from a fire hydrant for any purpose other than fire protection, except via permit obtained through DEP for a specific purpose.
7. to be served to patrons in eating establishments, unless specifically requested by the patron.
8. to operate 2 ton or larger rated air conditioning systems or 10 hp (horsepower) or larger refrigeration units unless the water is recirculated.
9. in swimming pools, except those using recirculating equipment which may be filled once during each calendar year and thereafter the minimum amount of public water necessary to maintain the water level.
10. through showerheads in premises unless they meet any one of the following water conservation criteria:
 - a. The maximum performance standard shall be 3 gallons per minute (gpm) at 60 pounds per square inch (psi);
 - b. The fixture is equipped with a flow restrictor designed to meet this standard; or
 - c. The item is included on the NYS DEC certified fixtures list;

When charged with violation of this section, it is the respondent's duty to demonstrate that the showerhead performs at or below a maximum rate of 3 gallons per minute and pressure of 60 pounds per square inch.

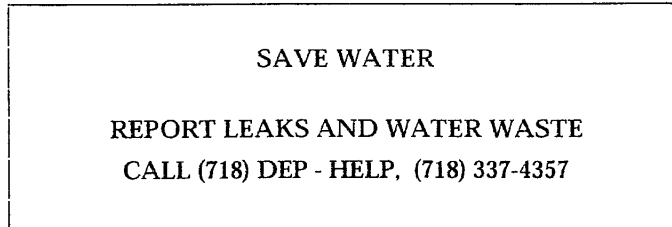
Part B:

Each non-residential public water user shall reduce normal water use by 15%.

Part C:

"SAVE WATER" signs shall be prominently displayed in every building or premises connected to the public water system and it is the responsibility of every such property owner, or agent to assure these postings. This does not apply to under 5-family dwellings.

The sign should be not less than 6 inches by 9 inches and the heading "SAVE WATER" should be in letters not less than 3/4 of an inch in height. It must include the following language and may include other water conservation artwork or language:



Such signs shall be posted in the following locations:

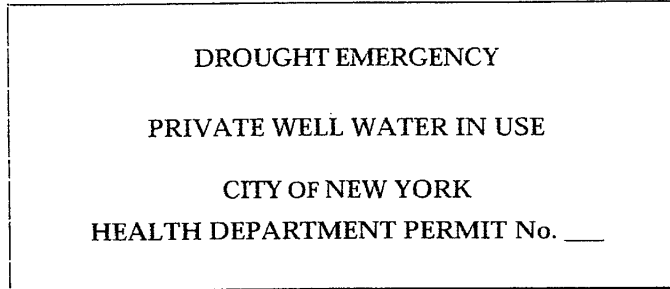
- In over 4-family dwellings, at each entrance and mailbox;
- In hotels, at each check-in desk and cashier, at each entrance, in each common bathroom, and at entrances to restaurants and eating places;
- In hospitals and other health care centers, at each entrance, in each bathroom and shower room, in each laboratory and in each restaurant or cafeteria;
- In office buildings, at each entrance, each bathroom, and in each dining room or cafeteria;
- In commercial and public laundries, at each entrance; and
- In schools, at each entrance, in each bathroom or shower room, laboratory and cafeteria or dining area.

Part D:

No person shall cause, permit or allow the use of a private well for any purpose for which the use of public water is prohibited unless:

- Such installation is covered by a valid permit from NYC Department of Health;
- No cross-connections exist and all swing-joint connections have been replaced by permanent rigid piping or the connection to the City system has been sealed; and

- Signs are prominently displayed, and are not less than 8.5 inches by 11 inches in size with lettering not less than 1 inch in height, bearing the following wording including the permit number:



Stage II Drought Emergency Rules

Virtually all of the rules that are required for Stage II are the same as in Stage I with the following additions.

Part A:

No person shall cause, permit or allow the use of public water:

5. to water lawns, golf courses, plants, ornamental shrubs, and trees except as follows:
 - a. Public water may be used to irrigate, from a hand held container only vegetables or fruits grown for human consumption.
 - b. Plant nurseries and other commercial plant users may continue to use public water @ 80% of normal usage.
9. to fill or maintain the water level in swimming pools except municipal pools and other pools open to the public. These pools may be filled once during each calendar year and thereafter as necessary to maintain the water level, provided that such pools operate with water recirculating equipment

Part B:

Each non-residential public water user shall reduce normal water use by 20 %.

Part C:

The posting of "SAVE WATER" signs becomes more extensive during this phase of the drought. In addition to all of the aforementioned locations and rules regarding signs in Stage I, signs shall be posted in the following locations:

- In over 4-family dwellings, in each elevator
- In hotels, signs must be added to each elevator, all public hallways on each floor, and in the guest bathrooms. (Signs may be reduced to 3 inch by 5 inch for these bathrooms); and

- In hospitals, office buildings, and all other nonresidential buildings signs must be added to each elevator and every floor served by an elevator.

Stage III Drought Emergency Rules

During this stage more stringent measures are enacted as follows:

Virtually all of the rules that are required for Stage III are the same as previous stages with the following additions.

Part A

No person shall cause, permit or allow the use of public water:

5. to water lawns, golf courses, plants, ornamental shrubs, and trees except as follows:
 - b. Plant nurseries and other commercial plant users may continue to use public water @ 75% of normal usage.
 - c. Ornamental shrubs, plants and trees may be watered only from a hand-held container with water that has already been used for some other non-prohibited use.
11. for water cooled air conditioning systems unless the room dry-bulb temperature is not permitted to fall below 79 degrees Fahrenheit, except:
 - a. This does not apply to health care facilities;
 - b. When essential, for the continuous operation of electronic data processing equipment the temperature in a room or floor occupied predominately by such equipment may be maintained lower than 79 degrees Fahrenheit but at the highest temperature compatible with such continuous operation. The burden of proof is upon the respondent to demonstrate this in any administrative hearing contesting such operation.

This section does not apply to air-conditioning using private well water, nor does it apply to air-cooled air conditioners.

Part B

Each non-residential public water user shall reduce normal water use by 25 %.

Sanctions

- A. Violations of these rules shall be punishable by fines and penalties established by Administrative Code, Sections 24-337 and 24-346. Notices of Violation issued for such violations will be returnable to the Environmental Control Board of the City of New York. The minimum penalty is \$100 and the maximum penalty is \$1000. Guidelines for penalty levels may be established within these limits.
- B. In addition to any penalties which may be imposed by the Environmental Control Board, a penalty of no less than \$50 per day may be imposed by the Commissioner where a leak and waste notice has been served in accordance

with Section 24-337 of the Administrative Code and the condition to which such notice relates has not been corrected. Such penalties will be added to the water rents in accordance with the Administrative Code.

- C. Water service may be terminated for violation of any provision of these rules or for any waste of water.

Variations

Upon the notarized application of any person or entity, the Commissioner may in his/her discretion, grant a variance relieving such person or entity from compliance with the requirements of these rules if such person or entity demonstrates to the satisfaction of the Commissioner:

1. that undue hardship would otherwise result;
2. that there are no possible alternatives;
3. that the applicant has taken and will take all possible measures to conserve water, with a complete description of such measures and the water savings to be effected; and
4. that such variance is not inconsistent with the purposes of these drought emergency rules.

In connection with any variance which may be granted, the Commissioner shall impose such terms and conditions as he/she deems appropriate.

Variance application forms may be obtained at the following locations:

Bronx	1932 Arthur Avenue, Room 601 Corner of East Tremont Avenue
Brooklyn	248 Duffield Street, 3rd Floor Between Fulton and Willoughby Streets
Manhattan	1250 Broadway, 8th Floor Entrance on 32nd Street
Queens	96-05 Horace Harding Expwy, 1st Floor Between Junction Boulevard and 99th Street
Staten Island	60 Bay Street, 6th Floor Between Slosson Terrace & Hyatt Street

The Commissioner may delegate any or all of his/her powers relating to drought emergency rule variations. The filing or pendency of a variance application shall not relieve any person or entity from complying with any drought emergency rules, and shall not immunize any person or entity from any civil or criminal prosecution or sanction respecting drought emergency rules.

Glossary Of Terms

- "City water system" means the New York City water supply system including the portion of the former Jamaica Water Supply which lies within NYC.
- "City water" means water supplied by or taken from the City water system.
- "Public water system" means all systems supplying water to users within New York City, including without limitation the City water system.
- "Public water" means water supplied by or taken from such public water system.

MANAGEMENT OF THE CROTON SYSTEM IN DROUGHT

Although the Croton watershed has an estimated safe yield of 250 million gallons per day (MGD), 208 MGD of the water is normally delivered, by gravity and pumping, to the low elevation areas of the Bronx and Manhattan.

When hydrological analysis indicates that the Croton System has a better chance of filling than either the Catskill or Delaware Systems, additional pumping will be commenced at the City's standby pumping stations. During a drought these plants can pump up to a rate of 40 MGD (Table 2), raising the potential Croton usage to 248 MGD.

MANAGEMENT OF THE CATSKILL SYSTEM IN DROUGHT

The combined flows of the Catskill and Delaware Supply provide the system's consumers with the greatest portion of the supply. Normally, these flows are limited by the capacities of the transmission conduits that deliver water from these systems into the City. During drought operations, use of water from the Delaware system is restricted in accordance with interstate agreements. Under these circumstances it is critical for the Catskill System to be operated in a manner that maintains water quality and facilitates the greatest chance for refill of the West of Hudson reservoirs.

TABLE 2
Croton System Consumption within New York City

	Capacity (MGD)	Normal Operation (MGD)	Drought Operation (MGD)
GRAVITY			
East Bronx	20	20	20
South Bronx	10	10	10
Shaft 33			
Lower East Side	30	30	30
Lower West Side	8	8	8
Harlem	55	55	55
Inwood	8	8	8
Sub-Total	<u>131</u>	<u>131</u>	<u>131</u>
PUMPING STATIONS			
Hydraulic (40th Street)	25	25	25
Diesel (179th Street)	30	0	10
Electric			
• Mosholu ¹	52	52 ¹	52 ¹
• Jerome ²	30	0	30
• 86th Street ³	-50 ³	0	-50 ³
Sub-Total	<u>137</u>	<u>77</u>	<u>117</u>
Total	<u>405</u>	<u>208</u>	<u>248</u>

1. Mosholu Pumping Station is under renovation , current capacity = 17 MGD, upon completion full capacity of 52 MGD is expected.
2. Jerome Pumping Station Capacity has been reduced from 50 MGD to 30 MGD due to the installation of a 36" slip-lining in the 48" line.
3. The 86th Street Pumping Station can only be operated if Central Park Reservoir service is restored. Since Central Park Reservoir has been taken off line, these values are not included in the totals

Note: Hydraulic Pumping Stations on the Croton Watershed have not been included:

	Capacity (MGD)	Normal (MGD)
Cross River⁴	35	12
Croton Falls⁵	65	10

4. Cross River Pumping Station is currently off line. Restoration of service is not expected until 2003.
5. Croton Falls Pumping Station is scheduled to be taken off-line in conjunction with Dam reconstruction work, and is expected to be temporarily out-of-service in 2002 and 2003 .

MANAGEMENT OF THE DELAWARE RESERVOIRS IN DROUGHT

The City's three reservoirs in the Delaware River Basin, Cannonsville, Neversink, and Pepacton, are operated in drought according to the rule curves presented in the "Good Faith Agreement" of 1982 (see references at the end of this section). This agreement provides the guidelines for actions by the DRBC, and includes different criteria for initiating drought related activities. The following text and tables are taken, with minor editorial revisions, from the agreement.

For purposes of management during drought, a schedule of phased reductions in diversions, releases and flow objectives is described in this section and set forth in Tables 3 and 4. The formula is based upon a differentiation between "normal", "drought warning", and "drought" conditions as defined by the combined storage levels shown on the operation curves for Cannonsville, Neversink and Pepacton reservoirs (Figure 2). The division of the drought warning zone into upper and lower halves is defined as a physically equal division, or 20 billion gallons in each zone.

TABLE 3

Interstate Operation Formula for Reductions in Diversions, Releases, and Flow Objectives During Periods of Drought

NYC Storage Condition	NYC Diversion (MGD)	NJ Diversion (MGD)	Montague Flow Objective (cfs)	Trenton Flow Objective (cfs)
Normal	800	100	1750	3000
Drought Warning Upper Half	680	85	1655	2700
Drought Warning Lower Half	560	70	1550	2700
Drought	520	65	1100-1650*	2500-2900*
Severe Drought	Diversions and Objectives to be negotiated based on Conditions			

*Varies with the time of year and location of salt front. (See Table 4)

During drought conditions as defined by the operation curves shown in Figure 2., the Montague and Trenton flow objectives should vary according to the location of the salt front (250 mg/l chloride isochlor 7-day average), in accordance with the following table:

TABLE 4
Flow Objectives for Salinity Control During Periods of Drought

Seven-Day Average Location of "Salt-Front" River Mile*	Flow Objective at Montague, N.J. (cfs)			Flow Objective at Trenton, N.J. (cfs)		
	Dec - Apr	May-Aug	Sept-Nov	Dec- Apr	May-Aug	Sept-Nov
Upstream of R.M. 92.5	1600	1650	1650	2700	2900	2900
Between R.M. 92.5 and 87.0	1350	1600	1500	2700	2700	2700
Between R.M. 87.0 and 82.9	1350	1600	1500	2500	2500	2500
Downstream of R.M. 82.9	1100	1100	1100	2500	2500	2500

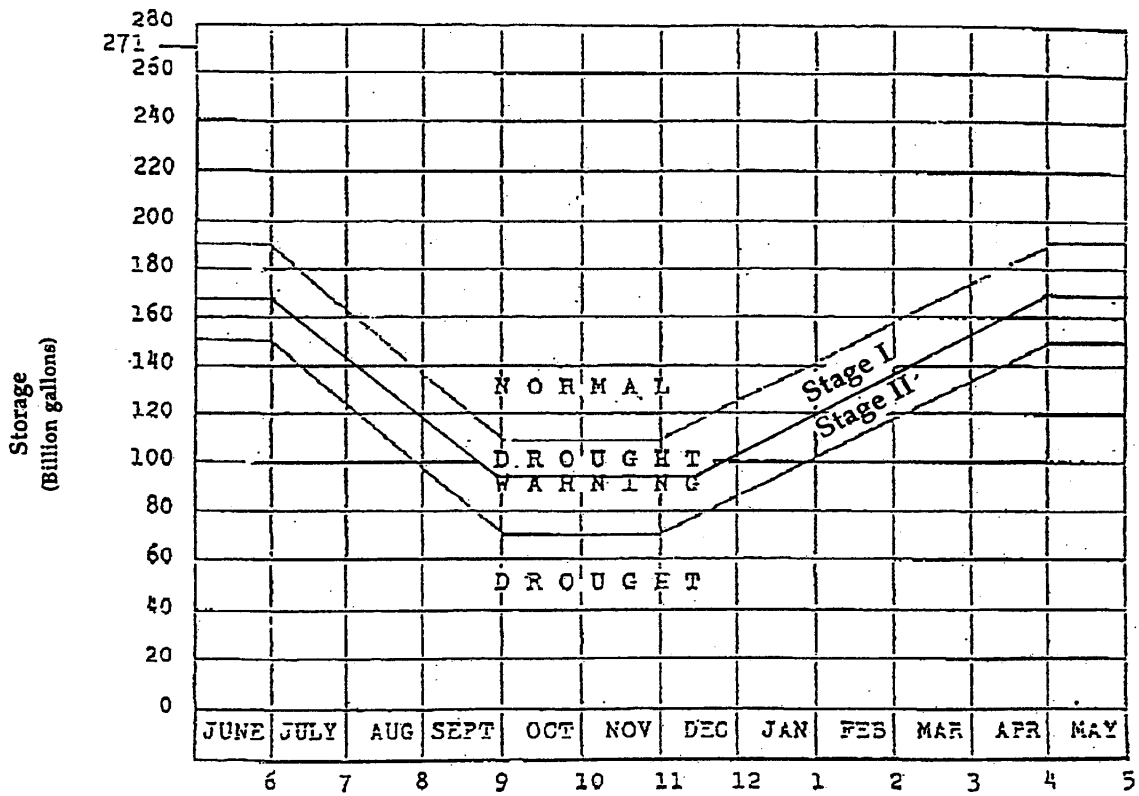
* Measured in statute miles along the navigation channel from the mouth of the Delaware Bay

Diversions and releases under this drought operation formula should go into effect automatically whenever combined storage in the City reservoirs declines below the drought warning line and remains below that level for five consecutive days. When the combined storage (including the projected water runoff equivalent of actual snow and ice) reaches a level 15 billion gallons above the drought warning line, and remains above that level for five consecutive days, the drought operation formula should automatically terminate and normal operations provided for in the Decree should be resumed.

Under the terms of the Good Faith Agreement, the drought operation formula described above will go into effect automatically and be binding on all parties for not less than 180 days following the triggering of drought warning operation, unless terminated automatically by improved storage conditions as described above. During the 180-day period, the parties will convene no less than once each month to review current conditions, and they may extend, modify or extend as modified the formula recommended here. If no unanimous agreement as to a continuing drought operation formula is reached within the 180-day period, all parties shall be released from the above formula and may pursue their rights and obligations under the Delaware River Basin Compact and the U.S. Supreme Court Decree.

[REFERENCE: Parties of the U.S. Supreme Court Decree of 1954 to the Delaware River Basin Commission, Interstate Water Management: Recommendations of the Parties to the U.S. Supreme Court Decree of 1954 to the Delaware River Basin Commission Pursuant to Commission Resolution 78-20 (with appendices), (the "Good Faith Agreement"), November, 1982.]

Figure 2
Delaware River Basin Commission
Operations Curves for New York City's
Cannonsville, Pepacton and Neversink Reservoirs



EMERGENCY SUPPLY AT THE CHELSEA PUMPING STATION

The segment of the Delaware Aqueduct carrying water from Rondout Reservoir to West Branch Reservoir passes under the Hudson River at Chelsea, NY. Shaft 6 of the Delaware Aqueduct, located on the east bank of the river, was designed as a tunnel blow-off and dewatering shaft. The City owns and maintains a 100 mgd pumping station at Chelsea, NY which connects to the Delaware Aqueduct through Shaft 6.

The pumping station may be activated during a drought emergency only when approval to do so is granted by the State. Operation of the pumping station requires concurrent activities at the following sites:

1. The Chelsea Pumping Station All water pumped from the Hudson River at Chelsea passes through an intake crib and an intake conduit into the plant. The principal activities at the pumping station are running the pumps and operating the chemical addition facilities. Water pumped from the Hudson River is treated at the Chelsea site and is then pumped approximately 1/4 mile to Shaft 6, where it enters the Delaware Aqueduct.
2. Rondout Reservoir A chlorination facility at Rondout Reservoir, which is normally on stand-by status, is used to supplement disinfection activities at the Chelsea Pumping Station and to treat any water quality problems that may arise at Rondout Reservoir.
3. Delaware Aqueduct - Shaft 9 Water from Rondout Reservoir and the Chelsea Pumping Station flows through Shaft 9, to the West Branch Reservoir or the West Branch Reservoir By-Pass. Chlorine residuals are monitored. Dechlorination facilities are being proposed at Shaft 9.
4. Delaware Aqueduct - Shaft 10 At Shaft 10, water enters the Delaware Aqueduct from the West Branch Reservoir or the West Branch Reservoir By-Pass. A chlorination facility is in place to maintain required chlorine residuals at Shaft 17, where water enters Kensico Reservoir.
5. Delaware Aqueduct - Shaft 17 Dechlorination facilities are also being proposed for this site.

Prior to operation of the pumping station, the Department conducts extensive test operations at all five of these sites. The activities required at Chelsea, Rondout and Shaft 10 are staffed during appropriate stages of a Drought Emergency on a 24 hour basis, 7 days per week. The Department hires new workers to provide staff for these activities, including Stationary Engineers and Oilers. These new personnel assist in staffing the sites associated with the pumping operation and replace

experienced operators drawn from other Department locations to supervise the Drought Emergency operations.

A variety of water quality control operations are implemented during use of this emergency supply. These include, operating a 24-hour water quality laboratory at the Chelsea Pumping Station, sampling at West Branch, Kensico, and Hillview Reservoirs as well as City Tunnels #1, #2 and #3, chloride monitoring in the Hudson River and enhanced limnological monitoring in West Branch and Kensico Reservoirs and at the discharge of West Branch and Croton Falls Reservoirs. These activities are designed to meet applicable Federal, State and City Requirements.