

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：其他－國際研討會)

參加綠色生產國際永續水管理研討會 出國報告書

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：沈一夫/副處長

派赴國家：南韓首爾市

出國期間：99年10月27日至31日

報告日期：100年1月28日

摘要

此行主要目的係參加由南韓高麗大學(Korea University)主辦之綠色生產國際永續水管理(Sustainable Water Resources Management for Green Growth)研討會，本署與國立臺灣大學蔣本基教授及臺北醫學大學張怡怡教授共同發表論文「Implementation of Integrated Watershed Management Plans for Sustainability」，主辦單位並安排與會者參訪首爾市清溪川整治成果，其經驗可作為我國推動都會型河川整治之參考。另透過首爾市立大學教授引介，請益南韓環境部負責水污染防治之退休官員，以了解該國推動流域整體治理及河川污染整治之策略。

目 錄

壹、目的

貳、行程簡介

參、參加「綠色生產國際永續水管理研討會」

肆、韓國流域整體治理與水污染防治策略

伍、清溪川參訪

陸、心得及建議

附錄一、綠色生產國際永續水管理研討會議程

附錄二、臺灣大學、臺北醫學大學與本署共同發表論文

「Implementation of Integrated Watershed Management Plans for
Sustainability」資料

壹、目的

為地球暖化造成的全球氣候變遷，除了造成海平面上升外，降雨強度增大、澇旱加劇，因此對水資源之經營必須有更整體之規劃，以利其永續利用。本出國計畫參加研討會與國內學者共同發表論文，並了解國際關於此議題之關心重點。並收集南韓河川流域之整治策略，及就國內水污染現時所遭遇之問題與韓國學者、專家討論，並就近觀摩首爾市著名之清溪川環境總體營造，以為國內都會型河川污染整治與河廊環境改造之借鏡。

貳、行程簡介

10月27日：桃園飛往南韓首爾

10月28日：參訪首爾市立大學收集韓國河川流域整治資料

10月29日：綠色生產國際永續水管理研討會(第一天)

10月30日：綠色生產國際永續水管理研討會(第二天)－參訪清溪川

10月31日：南韓首爾返回桃園

參、參加「綠色生產國際永續水管理(Sustainable Water Resources Management for Green Growth)研討會」

本研討會係由南韓 Korea University (高麗大學) 所主辦，邀請包括美國、泰國、我國與其本國的學者與專家共同就水資源的永續管理進行討論。總共發表 11 篇論文，其議程如附件一。

本署與國立台灣大學環境工程研究所蔣本基教授、臺北醫學大學生化學科張怡怡教授，共同就「Implementation of Integrated Wastewater Management Plans for Sustainability」發表論文(論文內容如附錄二)。本論文係以整體流域管理計畫並以五大績效指標 (K P I) 進行成效評估：水質清靜程度、流域生態環境、水岸環境活化、政府行政管理及民間投入參與等五大面向。並以高屏溪流域為例進行總量管制 (Total Maximum Daily Load, TMDL) 之研析。



會場遠眺漢江



論文發表

會中其他論文之重點如下：

來自美國 Columbia University的學者 Kartik Chandran提出污水處理與溫室氣體的關係，並提供解決方案。其論點為生物除氮(Biological Nitrogen Removal)在特定操作條件下可能是溫室氣體 N_2O 與 NO 的重要來源，如BNR被廣泛應用於廢水處理之去氮，其排放將相當可觀。如能避免使反應槽 N 負荷過量或避免在低溶氧時進行硝化作用， N_2O 和 NO 的排放，工程上可藉由降低 N 的負荷以及維持氧氣的供應來解決。

夏威夷大學(Manoa)的 Sarmir Khanal 教授則從能源、環境以及食物三個面向，討論綠色城市發展、環境影響的計算程式以及永續的量化。

泰國亞洲理工學院的 Sangam Shrestha 博士則就水部門以全球的眼光報告水資源問題、氣候變遷、兩者的關連、與氣候變遷的調適，並從全球/區域/國家三個層次討論調適的努力，以及國際上提供的資源。

韓國 K-Water Research Institute 的 Min, Kyung-Jin 則就南韓的水資源政策提出報告。韓國近年亦面臨氣候變遷的衝擊，其主要因應方案為對四大流域的復育計畫，目標為到 2020 年前達到保護人民免於極端的澇旱，以及改善河川水質與生態系統。四大策略為強化防洪能力、增加抗旱能力、活化河川生態系及環境，以及發展先進的預測及監測技術。

韓國環境機構 (Korea Environment Institute)的 Ik-Jae Kim 則報告氣候變遷對底泥以及水體溫度的影響，此兩項是氣候變遷對水體生態環境的兩項主要指標。在此論文中都觀測到兩者的增加，並建議需有長期而廣泛的監測。

肆、韓國流域整體治理與水污染防治策略

由於我國對於韓國之資訊管道缺乏，韓國環境部網頁之英文資訊有限，因此透過研討會出面接待的首爾市立大學(University of Seoul)生態能源研究中心 (Research Center for Eco-Energy)主任 Hyunook Kim 副教授收集資料，並安排會見韓國環境部(Ministry of Environment, MOE)退休官員邊先生，就與水污染相關之問題進行請教與了解。茲整理相關會談內容與資料如下：

一、流域整體治理

韓國地狹人稠，欲維持河川水質高標準，需要面臨許多的挑戰，南韓環境部 1998 年至 2000 年間，針對韓國四條主要河川：漢江 (Han-gang、洛東江 (Nakdong-gang)、錦江 (Geum-gang)、榮山江(Yongsan/Sumjin-gang)，分別建立綜合水質管理特別措施(Comprehensive Water Quality management Measures)，涵蓋超過 4,000 萬人口水的需求。主要措施包括以建立流域管理制度(如 TMDL 制度)、擴充環境基礎建設，以及提高排放標準。其中漢江為首爾都會區內 2,300 萬人口的用水來源。

問題與威脅

世界各地的都會型河川都面臨兩大問題，其一為水文循環的改變；其二為水質惡化的問題。前者因快速都市化而不透水鋪面增加、抽取地下水使基流減少、氣候因素使澇旱加劇，使得都市流域有水源枯竭之虞；後者則是因污水排放及都市非點源污染而產生的問題。

整治投入

1.目的

因為各項水文因子間的關係緊密，單一目標的計畫已無法滿足流域管理問題。加上近年永續概念的引入，資源於各面向的利弊皆須考慮。整合水管裡可以滿足以下四項標準：(1)水供給充足；(2)維持水質標準；(3)使洪水損害降至最低；(4)允許永續的經濟發展。

2.政府投入(水環境管理整體計畫)

韓國環境部提出水環境管理整體計畫 (The Water Environmental Management Plan)，呈現國家未來 10 年(2006-2015) 政策方向。

這項計畫的核心指標有 4 點：

- (1)在水質保護法修正後，仍維持 85%的水質於高標準。
- (2)在 25%的非自然河段(21,800 公里)，回復成自然河段。
- (3)在水源區上游取的土地，創造 30%的緩衝帶，作為河岸生態帶。
- (4)公共衛生的基本標準，將從 9 項增加到 30 項；關於保護人體健康的相關標準將從 17 項增加至 35 項。

主要的國家政策內容有以下八點：

(1)創造生態健康水環境

A.首先，應創造評估水生生態系統健康的架構，可以透過兩個方法來執行：其一為實施水生生態系統的基本調查，調查出關於水生生態系統的現狀以及河岸發展的狀況；其二為發展出可以評估生態系統健康的指標，一些指標生物包括水生植物、魚類、大型水生無脊椎動物以及沉積物控制標準，都將可以備表示成數值的指標。

B.復原自然河道以恢復水生生態系統的健康。相關政府部門的聯合計劃團隊，將落實復原水生生態系統的指導方針。並且有水生生態系統復原計畫的三年示範計畫。

C.發展出緩衝帶管理總體計畫，以便於有系統的管理緩衝帶。包括緩衝帶管理的方向、欲優先購買的土地和創造緩衝帶的計畫等。四大流域中已有 1,130 被指定為河岸緩衝帶

D.創造河岸生態帶。藉由購買土地，將建立起河岸生態帶，這將連結水體合緩衝帶，以增進水生生態系統的健康。在水源區上游購買土地中的 30%，將轉

變為河岸生態帶。

E.創造緩衝帶合適的管理架構，加強緩衝帶建立後之管理。將大部分的土地購買和管理事宜，交由專責埔地管理的法人。例如漢江流域就將要成立這樣的一個專業土地管理機構。

(2)保護水體避免有害物質

A. 建立影響水生生態系統的有毒物質的資料庫。

B.增加特定水質危害標準的項目，已達到歐盟設立的標準。2005 年有 15 項；2010 年增加 8 項至 25 項，其中包括 ethylbenzene 以及 2,4-dinitrotoluene；2015 年將再增加 10 項到總共 35 項標準，其中增加的項目包括 anthracene 和 2,4-dichlorophenol。

C.引進全排放物毒性(Whole Effluent Toxicity)的方法。建立放流水毒性標準，當做工業廢水的放限制。

D.應用進階的事業廢水控制系統。對每一種事業(韓國區分事業為 82 種)作廢水排放現況及現行處理技術之調查，將其結果列出一份污染物清單；評估每一種事業最佳的廢水處理技術之方法，將被發展及應用；且針對每一種事業，訂出污染物的排放標準。

(3)應用進階的水質標準和評估方法

A.加嚴人體健康的水質標準。參考南韓飲用水標準和世界衛生組織的建議，將一些污染物，如砷、鉛，提高標準至原標準之兩倍，並增列苯、二氯甲烷兩管制項目(均自 2008.01 實施)。2007 年人體健康水質標準的項目，增加 5 個水質標準項目；在十年內，逐步實行 43 個人體健康水質標準項目

B.引進利用指標生物的水質評估。提供指標生物所依賴的水質標準及其生活環境。

C.將大腸桿菌納入水質標準項目，因為此項與糞便造成的水污冉有很大的關係。

D.讓水質標準更全面性和系統性。不同的污染程度，除了以敘述的方式表示外，還有以數值的方式表示。(以七個等級劃分水質污染程度，從 Very Good 到 Very Poor)

等 級		標 準					
		pH	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	Coliforms(/100mL)	
						Total Coliforms	Fecal Coliforms
Very Good	Ia	6.5~8.5	≤1	≤25	≥7.5	≤50	≤10
Good	Ib	6.5~8.5	≤2	≤25	≥5.0	≤500	≤100
Fair Good	II	6.5~8.5	≤3	≤25	≥5.0	≤1,000	≤200
Fair	III	6.5~8.5	≤5	≤25	≥5.0	≤5,000	≤1,000
Fair Poor	IV	6.5~8.5	≤8	≤100	≥2.0	-	-
Poor	V	6.0~8.5	≤10	無漂浮物	≥2.0	-	-
Very Poor	VI	6.0~8.5	>10	-	<2.0	-	-

(4)加強對於湖泊、海岸及河口的國家水質政策

- A.將湖泊環境的評估，納入水環境管理計畫。到 2010 年完成基本的調查；考量湖泊的用途、污染源以及生態敏感度，指定出優先湖泊，並發展湖泊保護方法。
- B.對環境友善的湖泊管理。
- C.在作為供水來源的湖泊之上游集水區，加強管理惡化水質的污染物。
- D.加強上游集水區的水污染控制。

(5)澈底執行水污染總量管理系統（The Total Water Pollution Load Management System, TWPLMS）

- A.應用 TWPLMS 到所有的河川。
- B.再下一階段(2011~2015),增加 BOD 和總磷等目標標準項目,以利於 TWPLMS 之應用。
- C.建立排放許可交易系統之架構。

(6)聚焦在非點源的管理和來自畜牧場的污染

- A.發展出最好的非點源控制模式
- B.從山地來的非點源污染物的控制，需要推廣相關的調查及研究計畫。
- C.執行都市地區和道路非點源計畫。
- D.推廣減少肥料使用和家畜糞便污染的基本方法。
- E.擴展公共的家畜糞便處理設施，並增加其處理效率。

(7) 改善水循環的作用何加強水需求管理

- A.透過幾個計畫的執行，以加強入滲率。其計畫內容主要為藉由使用透水性佳的材料，作為道路、人行道的鋪面，以改善雨水的入滲率。
- B.發展、利用替代性的水資源，例如回收水。
- C.加強地下水的管理，促進地下水的有效利用。

(8) 合理化鄉村基礎建設的投資，及提高投資的功效

- A.增加鄉村地區環境設施的投資。在非都市地區擴展小規模的污水處理廠。
- B.增加小規模污水處理區域，使設備管理改善制度化。
- C.澈底改善污水管線，以增加廢水傳送的效率。鋪設 11,909 公里的污水管線，並維修 5,080 公里的現有污水管線。
- D.提升工業廢水處理系統的效率。其方法有：藉由增加政府基金，淘汰老舊破損的管線；設立遠距即時監測系統，監測廢水處理的情況。

(四) 成效

由附表可以看出，韓國四大河川水體的 BOD 至 2007 年已經降到 3 mg/L，顯示其整治的成果。

河 川	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
漢 江	1.5	1.4	1.3	1.4	1.3	1.3	1.1	1.2	1.6
洛東江	2.8	2.7	3.0	2.6	2.1	2.6	2.6	2.7	1.5
錦 江	2.6	2.7	3.7	3.3	2.1	3.2	2.9	1.1	2.8
榮山江	6.8	6.5	6.2	5.6	4.8	6.1	5.3	1.1	2.2

二、牲畜糞肥管理

由於我國畜牧廢水為河川污染重要來源，因此特地了解相關問題在南韓的狀況。

在 2007 年底時，南韓 20 萬個牧場中總共畜養了 1,226 萬頭牛及豬。養豬業穩定的成長，而肉牛及乳牛飼養則漸減，同時牧場的數量也較以前減少。以飼養規模區分，大型的牧場佔 53%，中型的牧場佔 34%，飼養規模有變大的趨勢。牛和豬糞的產生量每日達 13 萬 5,400 立方公尺，其中豬糞的產量為 8 萬 2,600 立方公尺（61%），乳牛糞為 2 萬 700 立方公尺。以體積而言，畜牧廢水僅佔韓

國廢污水量的 0.6%，為以污染負荷而論則高達 26%，使其成爲一主要的污染源。在 2007.09.28 廢止的「污水、排泄物及牲畜廢水處置法(Act on the Disposal of Sewage, Excreta & Livestock Wastewater)」，牲畜的定義爲牛、乳牛、豬、馬、羊、鹿、雞及鴨，牧場則依據規模分爲許可、登記及不需登記等 3 級。在 20 萬牧場中有 17 萬 4000 處係屬許可/登記之牧場。管制目標設施需要在其場地設置符合牲畜糞肥處理設施標準及放流水標準的牲畜糞肥處理設施。此外大約 80%的牲畜糞肥被農場利用爲肥料，其他牧場則經由純化處理、再利用事業、海洋棄置及公有處理設施處理其糞肥。

按我國對養豬事業管制分二級，位於自來水水質水量保護區 10 頭以上、非位於自來水水質水量保護區 20 頭以上且未滿 200 頭者，以及飼養頭數 200 頭以上者。依據農委會農業統計，2010 年 5 月全國養豬頭數 612 萬 6,485 頭，養豬戶數 10,274 戶。其中飼養規模 200 頭以上者達 4,940 戶，飼養總頭數達 583 萬 3,599 頭。顯然我國的總養豬頭數爲南韓約 250 萬頭的 2.5 倍以上，以國土面積而論，韓國山區比例亦達 65%，因此我國飼養密度爲韓國 7 倍，且飼養規模普遍爲中大型的企業化經營。

在 2007.09.28 新公布施行的「牲畜糞肥管理及使用法」(Act on the Management and Use of Livestock Manure)，犬亦在管制之列，另總氮及總磷亦加入放流水標準，管制特定地區之中型牧場及所有的大型牧場放流水排放。

由 1991 年開始，南韓政府爲了處理小型牧場的糞肥處理問題，在各地設置並操作牲畜糞肥處理設施。這些設施優先於需要水質保育的集水區設置及操作，並與政府四大河流域水質管理綜合措施結合。至 2008 年，總共有 64 處設施提供每日 11,200 立方公尺處理量。

建立牲畜糞肥管理計畫：Act on the Management and use of Livestock Manure (2004.11)公布施行後，牲畜糞肥管理措施被導入並付諸施行。由於南韓與美國 F T A 自由貿易協定簽訂可能在 2011 年中生效及自 2012 年開始海洋廢棄物處置將被禁止，這些措施必須被補充，法律也修正並自 2007 年 11 月施行。主要的修正包括由公有處理設施處理 60%的牲畜廢肥，擴充液肥物流中心數量由 59 處至 140 處，並修正液肥的強制使用及儲存時間的規定，預計至 2012 年投資 4000 億韓圓(約合新台幣 100 億元)。

三、污水及水肥管理系統整合：

過去韓國污水及水肥係分由「下水道法」與「污水、排泄物及牲畜廢水處置法」規範。南韓環境部已經建置大型廢水處理廠在污水下水道服務區，區外則設置小型污水處理設施與建築物污水處理設施。至 2008 年，已經設置了 370 個污水處理廠，並在沒有下水道服務的地區設置了 35 萬餘個小型污水處理設施及 275 萬個建築物污水處理設施。至 2006 年，韓國的下水道普及率已由 1976 年的 61% 增加到 2006 的 85.5%。

截至 2007 年底，韓國下水道之普及率為 87.1%。全國共有 357 座污水處理廠總處理量 2,395 萬噸(含試車及部分運轉者)。而污水下水道總長度達 96,280 公里，以完成總規劃長度 130,774 公里之 73.6%。其中 49,636 公里(51.6%)為污水與雨水合流式下水道，46,643 公里(48.4%)為污水獨立之分流式下水道。

廢水處理廠係設於工業區或工廠區以處理大量工業廢水的處理設施，至 2008 年底，全國共有 136 座污水處理廠，總處理量每日達 1121 萬噸。而註冊的代處理設施至 2007 年底則有 73 家之多。

南韓下水道普及率

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
全國人口 (千人)	47,174	47,543	47,977	48,289	48,518	48,824	49,052	49,268	49,624	50,034
下水道 服務人口 (千人)	31,009	32,539	33,843	35,369	36,760	38,449	39,924	41,157	42,450	43,568
污水廠	114	150	172	184	207	242	268	294	344	357
普及率(%)	65.9	68.4	70.5	73.2	75.8	78.8	81.4	83.5	85.5	87.1
日處理量 (千噸/日)	1,662	1,771	1,840	1,923	2,023	2,095	2,162	2,257	2,327	2,395

韓國放流水標準

污水廠分類		BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Total Coliform (/100 mL)
污水下水 道污 水處 理 廠	> 50M3/日	≤10	≤40	≤10	≤20	≤2	≤300,000
	<50M3/日	≤10	≤40	≤10	≤20	≤4	≤300,000
工業區 廢水處 理廠 ()內數 值適 用事 業廢 水處 理廠	2008.1~ 2010.12	≤20(30)	≤40(40)	≤20(30)	≤40(60)	≤4(8)	≤300,000
	2011.1~ 2012.12	≤20(30)	≤40(40)	≤20(30)	≤40(60)	≤4(8)	≤300,000
公有水 肥及畜 牧廢水 處理廠	水肥處理 設施	≤30	≤50	≤30	≤60	≤8	≤300,000
	公立糞肥 處理設施	≤30	≤50	≤30	≤60	≤8	≤300,000

冬季 T-N 及 T-P 放流水標準為 ≤60 mg/L 與 ≤8 mg/L

公立污水處理廠於部分保育區或水源保護區依定範圍內 Total Coliform 適用 100,000/100mL 標準。

由於我國亦正研擬放流水標準光電業生物急毒性管制，訪問時也了解此項事業的領導國家之作法。近年，韓國環境部提出「全放流水毒性管理系統」(Whole Effluent Toxicity management System)，於 2007 年 12 月針對 35 類大量排放有毒化學物質的事業(含國水污染相關法規將排放事業區分為 82 類)訂立放流水生物毒性管制標準，執行時間自 2011 年將適用。南韓採用水蚤為生物急毒性測試物種，測試時間為 24 小時，其毒性單位 (Toxic Unit)管制值為 TU1 或 TU2。韓國放流水急毒性管制標準主要依據排水量、排放之承受水體和事業別有不同管限制值。工業廢水依其排水量區分為五個等級，Class I (> 2,000 m³)、Class II (700~2,000m³)、Class III (200~700 m³)、Class IV (50~200 m³)和 Class V (非屬前述四等級)；排放之承受水體依水體用途區分為乾淨區域、A 區域、B 區域和其他區域四種，其中乾淨區域係指水源水質保護區，亦即河川上游。至 2016 年凡排放至乾

淨區域之事業，其放流水水蚤急毒性 TUa管制限值為 1，排放至其餘三類水體之事業、TUa管制限值為 2；其中金屬電鍍業/染整業/其他化工產品製造業，和無機化學製造/合成染料製造兩類型事業給予較長緩衝時間因應調整，採逐步加嚴管制之作法，TUa由 8 或 4 加嚴至 2。針對下水道污水處理廠或工業園區廢水處理廠，考量其排放水量大，對水體環境影響較為顯著，不分排放水量和排放之承受水體，其水蚤急毒性 TUa管制值均定為 1。

南韓放流水生物急毒性排放性質

排放	排放規模	承受水體	排放標準 (TUa)	執行時間
下水道污水處理廠與最終廢水處理廠			1	2011.01.01
金屬電鍍業/染整業/其他化工產品製造業	Class I 和 II	A 區域、B 區域和特殊區域	4	2011.01.01
			2	2016.01.01
	Class III、IV 和 V		4	2012.01.01
			2	2016.01.01
無機化學製造/合成染料製造	Class I 和 II	A 區域、B 區域和特殊區域	8	2011.01.01
			2	2016.01.01
	Class III、IV 和 V		8	2012.01.01
			2	2016.01.01
其他自行排放事業	Class I 和 II	乾淨區域	1	2011.01.01
		A 區域、B 區域和特殊區域	2	
	Class III、IV 和 V	乾淨區域	2	2012.01.01
		A 區域、B 區域和特殊區域	1	2016.01.01
			2	2012.01.01

伍、清溪川整治參訪

研討會第二天，主辦單位安排與會者參觀首爾市引以為傲的清溪川(Cheong Gye Cheon)整治工程。

清溪川是一條由西往東穿過 600 年的首都首爾核心區域的河流。在朝鮮王朝（1392-1910）時期，婦人群聚於河邊洗衣，而兒童在旁嬉戲玩耍。自 20 世紀初到韓戰(1950-1953)後，大批由鄉村地區湧向首爾謀生的人以及難民在河兩岸搭起一間又一間的克難住所，攤販林立，成了首爾都市之瘤。

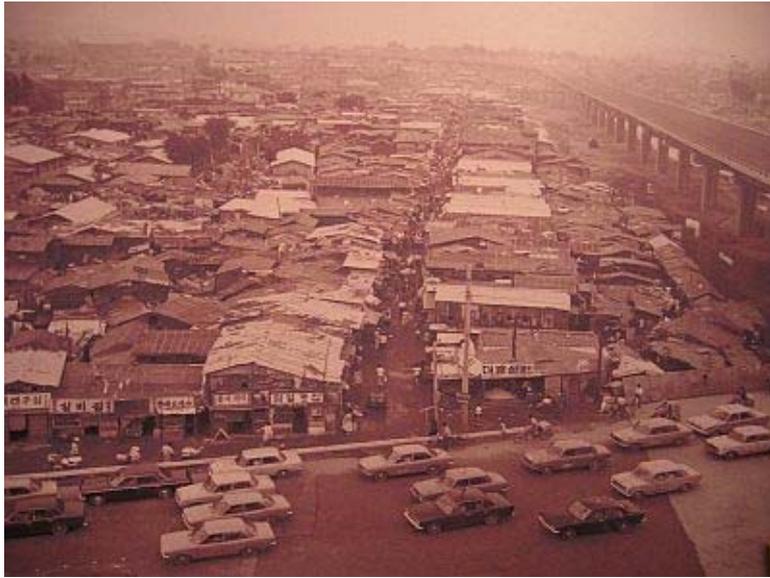


清溪川早期景觀



清溪川河邊之違建

在 1958 年，爲了改善清溪川觀瞻的問題，其上曾陸續被加上水泥蓋，到了 1976 年更在其上興建高架道路，長度達 6 公里。從此曾經見證這個國家發展的清溪川終於消失。



早期清溪川附近市容



清溪川整治前狀況

南韓現任的總統李明博於 2002 年參選首爾市長，首要的政見就是拆除高架橋，讓清溪川重見天日。在其上任的一個月後，2003 年 7 月 1 日工程隨即啓動，準時在要求的 2 年 3 個月內於 2005 年 10 月 1 日完工啓用，現在是首爾最熱門的觀光景點，被視為南韓的奇蹟之一。



新與舊之對比

由於我國目前也在推動都市型河川的整治與河道環境改善，首批推動的有基隆市的田寮河、新北市的中港大排、台中市柳川、高雄市鳳山溪以及屏東市萬年溪，其中鳳山溪及萬年溪均已階段完成，桃園縣也開始規劃推動老街溪澗仔壠水岸新驛再生計畫，因此對於此都市河川再生的典範更是抱著取經的心情前往。

經親炙清溪川後，總結清溪川工程的偉大在於首爾市政府與民眾的溝通作得充足，工程的效率高。雖然李明博市長競選時以整治清溪川為主要政見，表示已獲得大部分選民的認同，惟對於清溪川兩岸受到直接衝擊的居民及謀生者的說服更為重要。清溪川的整治成功，並非河川污染的成功整治，因為韓國的下水道普及率在 2002 年就已達到 75.8%，更不要說首善之區的首爾市。其應該說是都市更新發展的一個案例，重新創造一個商業大樓林立的精華區，而清溪川為其中一巨型的景觀工程。據了解其環境影響評估在 2 個月內就通過，是否有時間思考河川生態和永續經營是個問題。清溪川 80% 的水是靠抽水機由漢江抽來的，水面只有河面的五分之一，兩岸與河床都是不透水材料，水深僅 40 公分，在參訪當日並未見水中有游魚。與過去能連貫的是保留的古橋，有穿韓國傳統服裝的解說員解說，並安排傳統迎娶遊行等文化活動。



清溪川一景(一)



清溪川一景(二)



古橋與歷史解說員



遊行隊伍



古婚禮迎娶

在我國的案例中，除新北市中港大排有小段路段係將加蓋的水道打開外，其餘上無像清溪川將整條高架道路廢除的大魄力，惟鳳山溪支流曹公圳兩岸違建的拆除也是考驗地方政府的決心。我國河川的整治，污染源移除為第一要務，長期當然以建設污水下水道為根本之道，短期應急措施則以污水截流入已興建完成的污水處理廠，或以自然淨化工法（如礫間處理、人工濕地等）施作處理設施，或使用聚落式建築物污水處理設施。而部分河川因有海水補注，只要移除污染源水質自然可改善（如田寮河、愛河）。然由於都會型河川之污染量大且集中，很多早已整建成三面光之河道，腹地有限，施作自然淨化設施之用地常可遇不可求，惟為喚起民眾的環境意識，妥協以較人工之方式營造近自然之水環境，仍不失為

一良策，而在環境永續上之不足，將以大環境之改善為補償，整體評估仍是利多於弊。

陸、心得與建議

- 一、在全球氣候變遷環境下，水環境受到最直接且重大的影響，且其影響除了人民生命的安全外，亦影響糧食的生產與生態環境，對於水資源的保護應更具體與確實。
- 二、由於氣候變遷日益，傳統的水污染防治將不足以面對未來水資源缺乏的挑戰，流域的整體治理為未來的趨勢。
- 三、韓國於基礎建設如下水道、河川污染整治之成果已領先我國，尤其其四大流域之整治都已有顯著成果。其使用的總量管制工具亦發揮其功能。
- 四、在都市型河川之整治上，首爾清溪川經驗並非全然可應用於我國，亦非依符合永續觀念的整治。而我國面臨的最大問題仍在於污水污染之移除，除部分得地利得以截流或現地處理而得減輕或解決外，最終仍須仰賴下水道建設進度的提升。
- 五、由於我國與南韓在光電及半導體業為產業領先國家，除商業的競爭外，對於相關行業所產生的污染問題，可透過學術界進行研究交流，以保障兩國人民的健康。

附錄一：「綠色生產國際永續水管理研討會」議程

Date	Time	Name	Title
Friday October 29, 2010	10:00 10:50	Zuwhan Yun (Korea University/KURIS)	Return of the Green Agent
		Kartik Chandran (Columbia University)	Wastewater Treatment and Climate Change: Inventories and Mechanisms of Biogenic Nitrous Oxide
	11:00 12:00	Samir Khanal (University of Hawaii at Manoa)	Green Growth: Energy, Environment and Food
		Kwangbaik Ko (Yonsei University/KSWQ)	UV/H ₂ O ₂ Oxidation of Endocrine Disruptor Chemicals for Water Reclamation and Reuse
		Pen-Chi Chiang (National Taiwan University)	Development of Integrated Watershed management Plan for Sustainability
	13:30 15:00	Seock-Heon Lee (Korea Institute of Science and Technology)	Microbial evaluation of sand-and micro-filtration systems as pretreatment for seawater reverse osmosis desalination using culture-independent analysis based on the 16S rRNA gene
		Sangam Shrestha (Asian Institute of Technology)	Climate Change Impacts and Adaptation in Water Sector
	15:30 17:30	Kyung-Jin Min (K-Water)	Korea's Water Policy for Green Growth
		Ikjae Kim (Korea Environment Institute)	Assessing a Vulnerability of Sediment Yield and Changes in Water Temperature with Respect to Climate Change
		HoJae Hwang (Pangaea 21 Ltd.)	Water Scarce Country: Saudi Arabia Case Study
		Young Kim (Korea University)	Green Environmental Application of Biogenic Titanium Oxide Nanoparticles from Marine Diatoms
Saturday October 30, 2010	09:30 12:00	Technical Tour- Cheong Gye Cheon	

附錄二：論文「 Implementation of Integrated Watershed Management Plans for Sustainability」

 **National Taiwan University** *International Symposium
on the Sustainable Water Management for Green Growth
Oct 30, 2010*

Implementation of Integrated Watershed Management Plans for Sustainability

P.C. Chiang
Graduate Institute of Environmental Engineering, National Taiwan University, Taiwan

E.E. Chang
Department of Biochemistry, Taipei Medical University, Taiwan

I.F. Shen
Deputy Director, Department of Water Quality Protection, Taiwan EPA

*International Symposium
on the Sustainable Water Management for Green Growth
Oct 30, 2010*

1

 **National Taiwan University**

Outline

- I. Introduction**
 - I-1. Climate Change Impacts on Water Quality
 - I-2. Adaptation policy
 - I-3. Adaption Strategies
- II. Integrated Watershed Management Plans**
 - II-1. Water Quality and Esthetic
 - II-2. Conservation Approaches and Tools
 - II-3. Water Front
 - II-4. Administration Efficiency and Effectiveness
 - II-5. Public Participation
- III. Security and Sustainability of Water Supply System**
 - III-1. Optimization of Water Treatment Plant
 - III-2. Energy Saving
- IV. Conclusions and Recommendations**

2



I. INTRODUCTION:

I-1. Climate Change Impacts on Water Quality

- Reduction of oxygen content
- Alteration to habitats and distribution of aquatic organisms
- Bacteriological conditions and incidence of pathogens
- Alterations to thermal stratification and mixing of water in lakes (Dokulil et al., 2006)
- Change of nutrient cycling in aquatic systems and algal blooms.
- Increase of nitrogen mineralization and nitrification processes in the soils (Whitehead et al., 2002; 2006)

3



I-2. Adaptation Policies

- The first priority for adaptation should be to reduce the vulnerability of people and societies to shift in hydro-meteorological trends, and extreme events.
- The second priority should be to protect and restore ecosystems that provide critical land and water resources and services.
- The third priority should be to close the gap between water supply and demand.

4

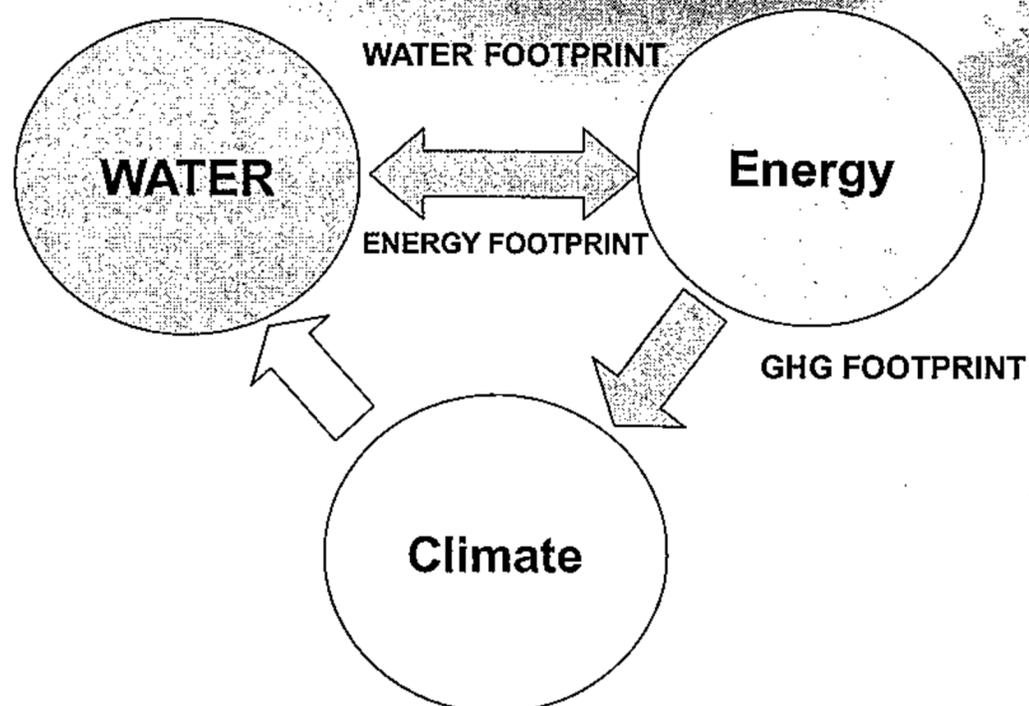
I-3. Adaption Strategies

- Increase reservoir capacity
- Increase transfers of water
- Implement water efficiency schemes
- Scale-up programmes of coastal protection
- Upgrade wastewater and storm-water systems
- Build resilient housing
- Modify transport infrastructures
- Install or adopt crop irrigation measures
- Make room for rivers
- Create wildlife corridors

Reference: Willows and Connell, 2003

5

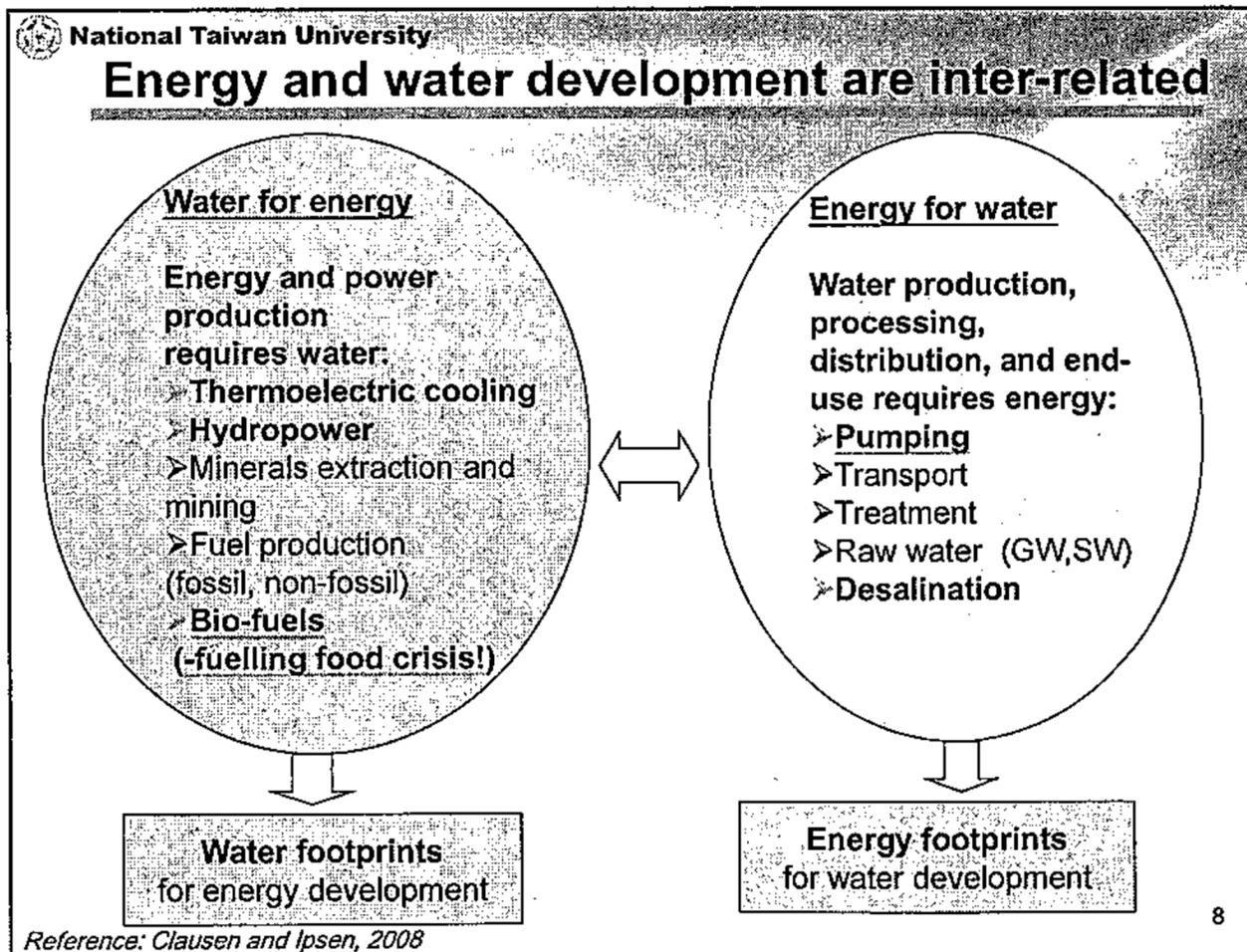
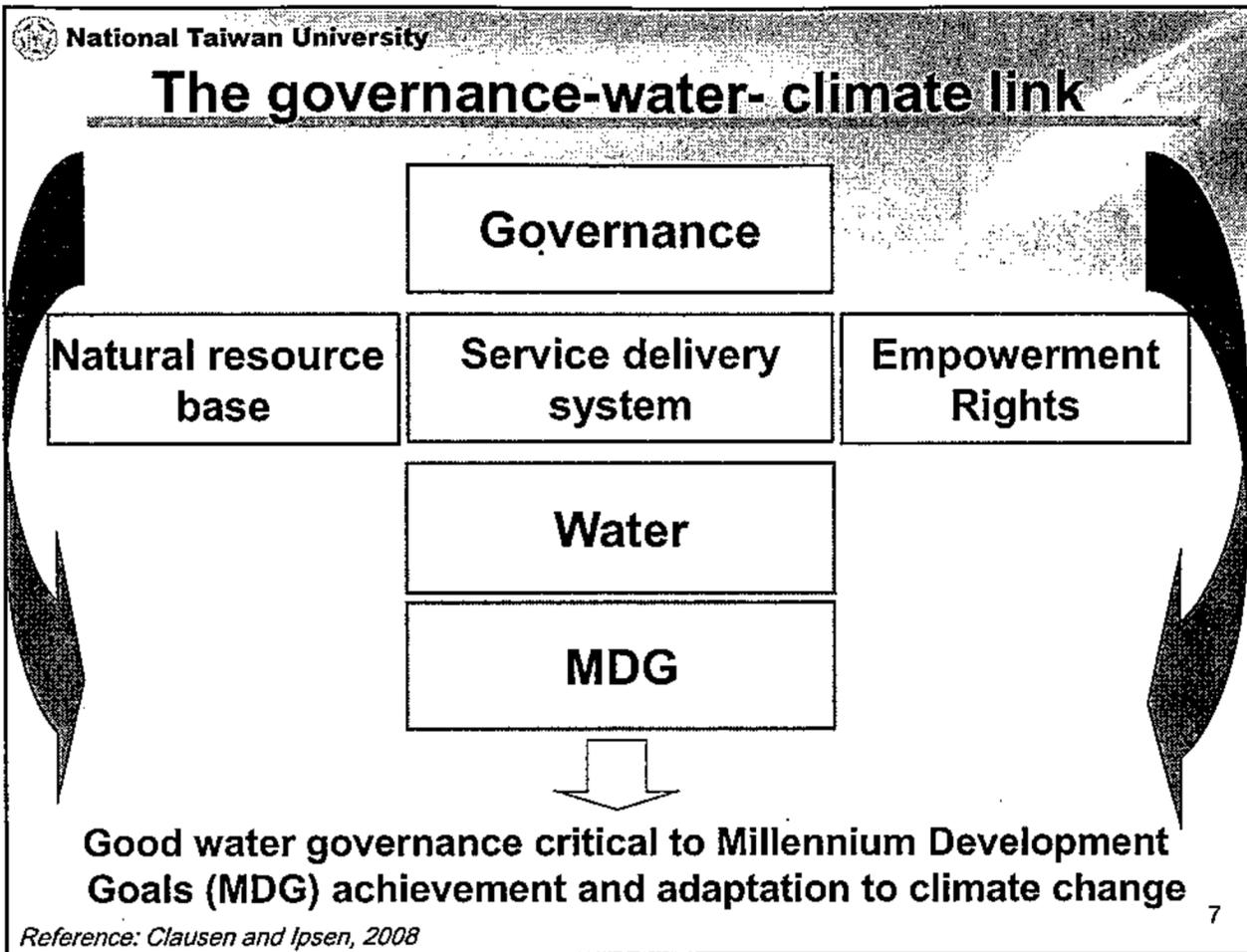
Water → Energy → GHG footprints

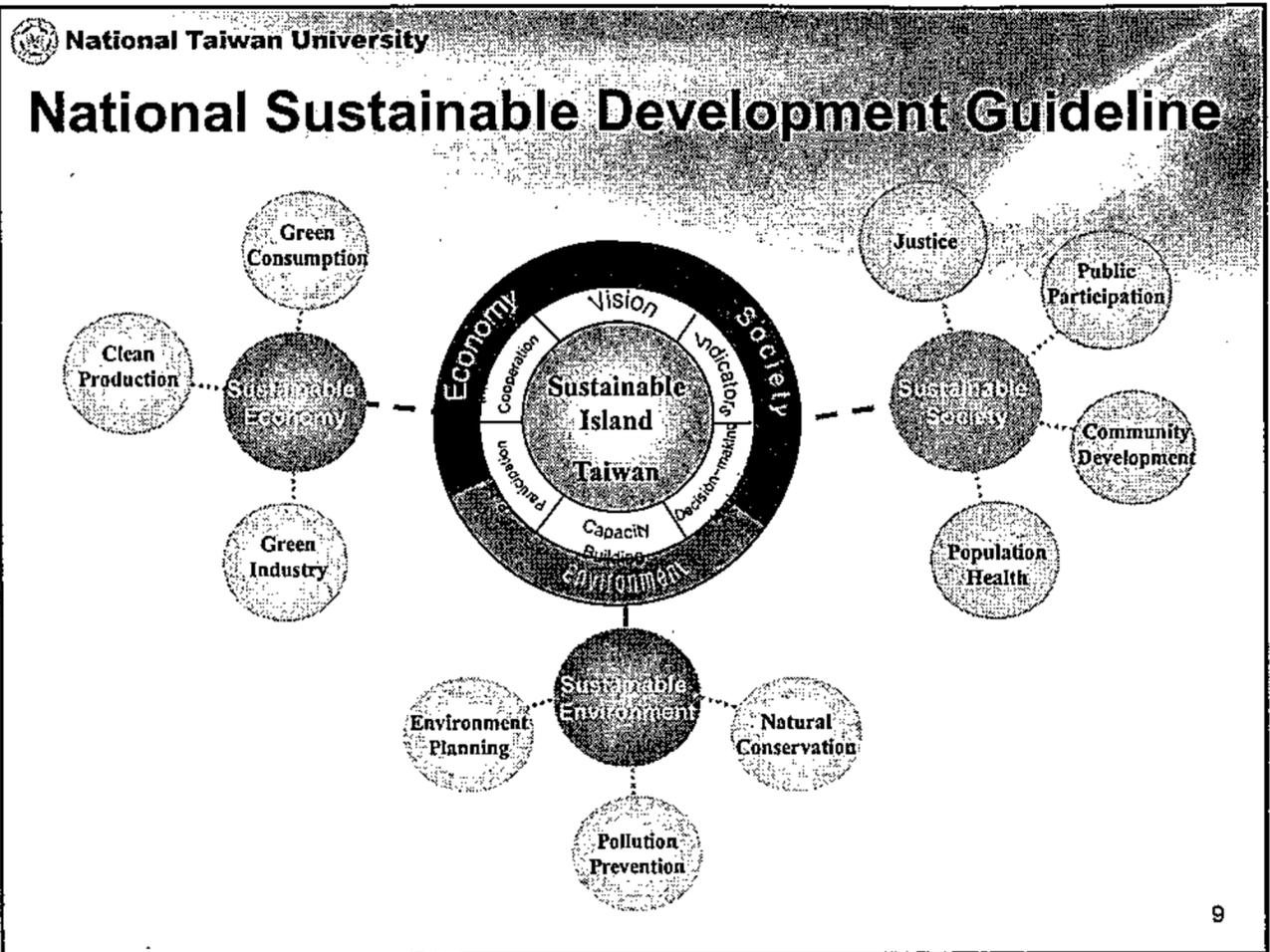


An inter-related system!

Reference: Clausen and Ipsen, 2008

6





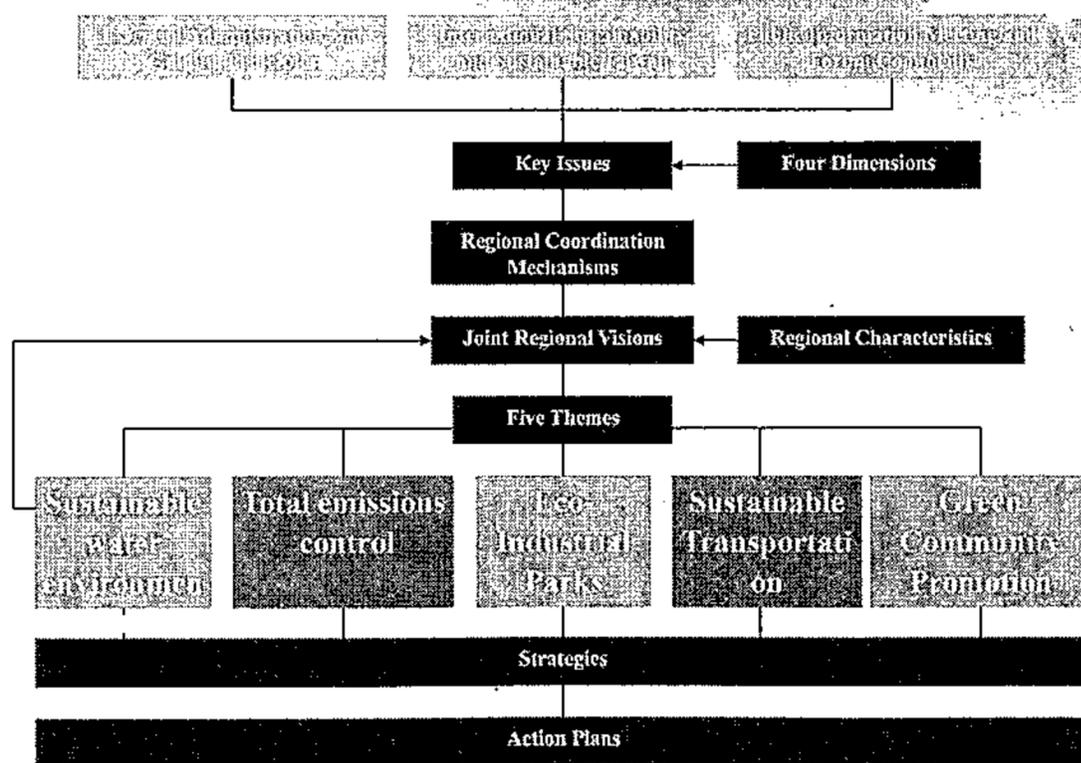
- National Taiwan University
- ## Sustainable Environment Guidelines
- Pollution prevention and treatment policy emphasizes effectiveness
 - Nature conservation policy focuses on pre-emptive measures.
 - Environmental planning policy stresses the sustainable use of resources
- 10

Local Agenda 21: Environmental Action Plan Towards Sustainability



11

Local Agenda 21: Environmental Action Plan Towards Sustainability



12

II. Integrated Watershed Management

- Promote national soil conservation plan, establish impact response plan in water resource, agriculture, public health, and infrastructure.
- Establish a sustainable reservoir management plan.
- Development of integrated and multimedia watershed management plans for the potential hazard and intensively used watersheds.
- Adopt low carbon generation land use model

13

Implementation of River Basin Management Plans (RBMP)

- The RBMP across political and administrative boundaries by bringing together all interests upstream and downstream.
- The RBMP considers not only technical, but also socio-economic and ecological aspects.
- The RBMP focuses on complex decision-making that involves multi-disciplinary teams.
- The RBMP addresses specific social and economic needs in addition to the protection to natural resource and ecological health.
- KPIs for RBMP should be politically accountable, socially acceptable, technically executable, and economically affordable.

14

II-1. Water Quality and Esthetic (25%)

1. Criteria contaminants
2. Eutrophication
3. Hazardous contaminants
4. Amenity
 - Clearness and sanitary
 - Smell and odor

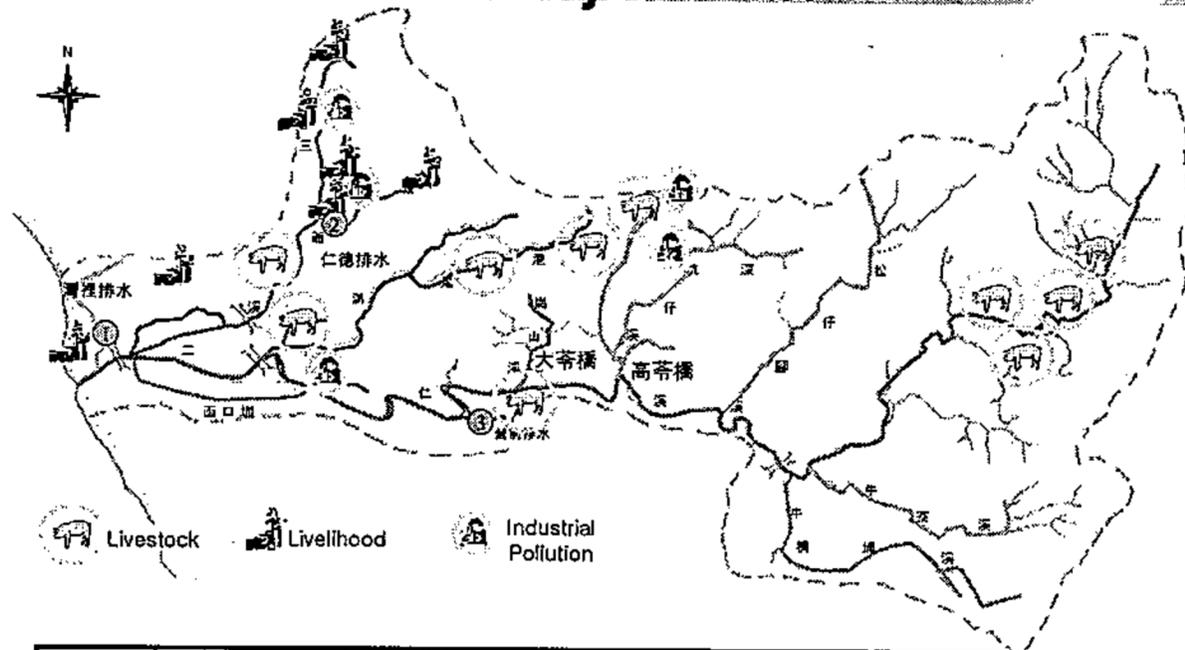
15

Control of Odor

- Analytical Methods including chemical and olfactory analysis
 - the “flavor profile analysis method, FPA”
 - Classification and strength of the odorous substance
 - GC/MSD and sensory-GC.
 - Confirmation for the odorous substance
 - Forced-Choice Ascending Concentration Series Method of Limits, FCM
 - threshold

16

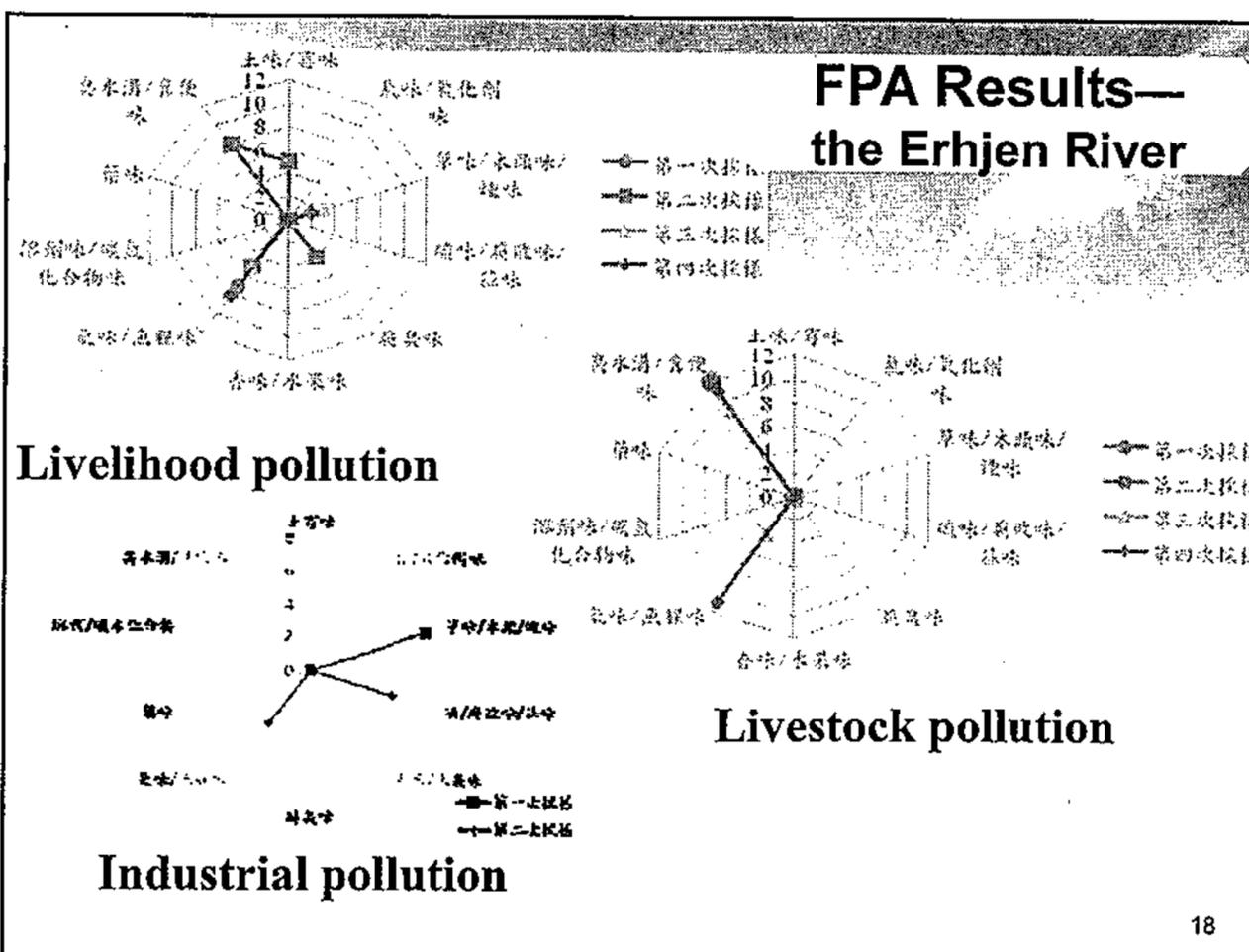
Sampling points of heavily-polluted river—the Erhjen River



symbol	N	E	Pollution type
①	22° 55' 41.81"	120° 11' 01.33"	Livelihood
②	22° 57' 28.57"	120° 15' 23.85"	Industrial Pollution
③	22° 53' 35.23"	120° 17' 0.45"	Livestock

17

FPA Results—the Erhjen River



18

Correlation among 10 Common Odorous substances in water

Pearson Correlation	2-MIB	Geosmin	β -cyclocitral	β -ionone	Indole	CS ₂	DMS	DMTS	DMDS	d-limonene
2-MIB										
Geosmin	0.35									
β -cyclocitral	0.11	-0.14								
β -ionone	-0.07	0.01	0.08							
Indole	-0.09	-0.07	0.00	0.00						
CS ₂	-0.22	0.03	0.40	0.45	0.02					
DMS	0.16	0.20	0.25	0.00	0.01	0.72**				
DMTS	-0.12	0.53*	0.03	-0.01	-0.08	-0.01	0.11			
DMDS	0.15	0.41	0.23	0.03	-0.16	0.68**	0.80**	0.29		
d-limonene	-0.05	0.09	-0.01	0.98**	-0.03	0.35	-0.06	0.06	0.04	

* : 0.05 顯著水準下

** : 0.01 顯著水準下

- Geosmin and DMTS are medium-related.
- β -ionone and d-limonene, DMS and DMDS are highly-related.
- Sulfur type odorous substances are often detected in water bodies.
- Highly-related odorous substances are possibly generated from the same pollution source, which can be interrelated.

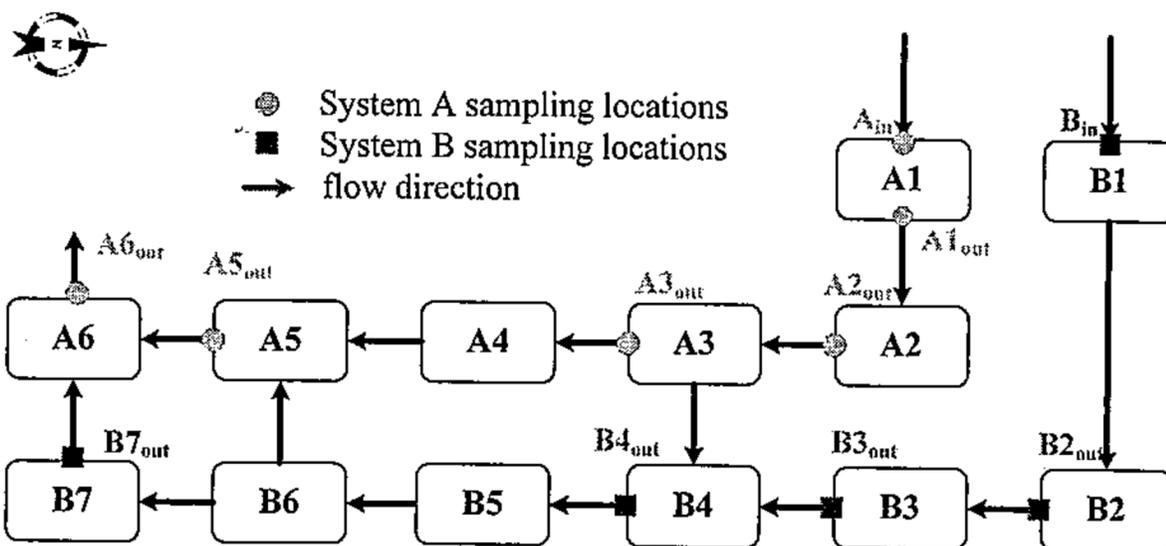
19

II-2. Conservation approaches and tools (15%)

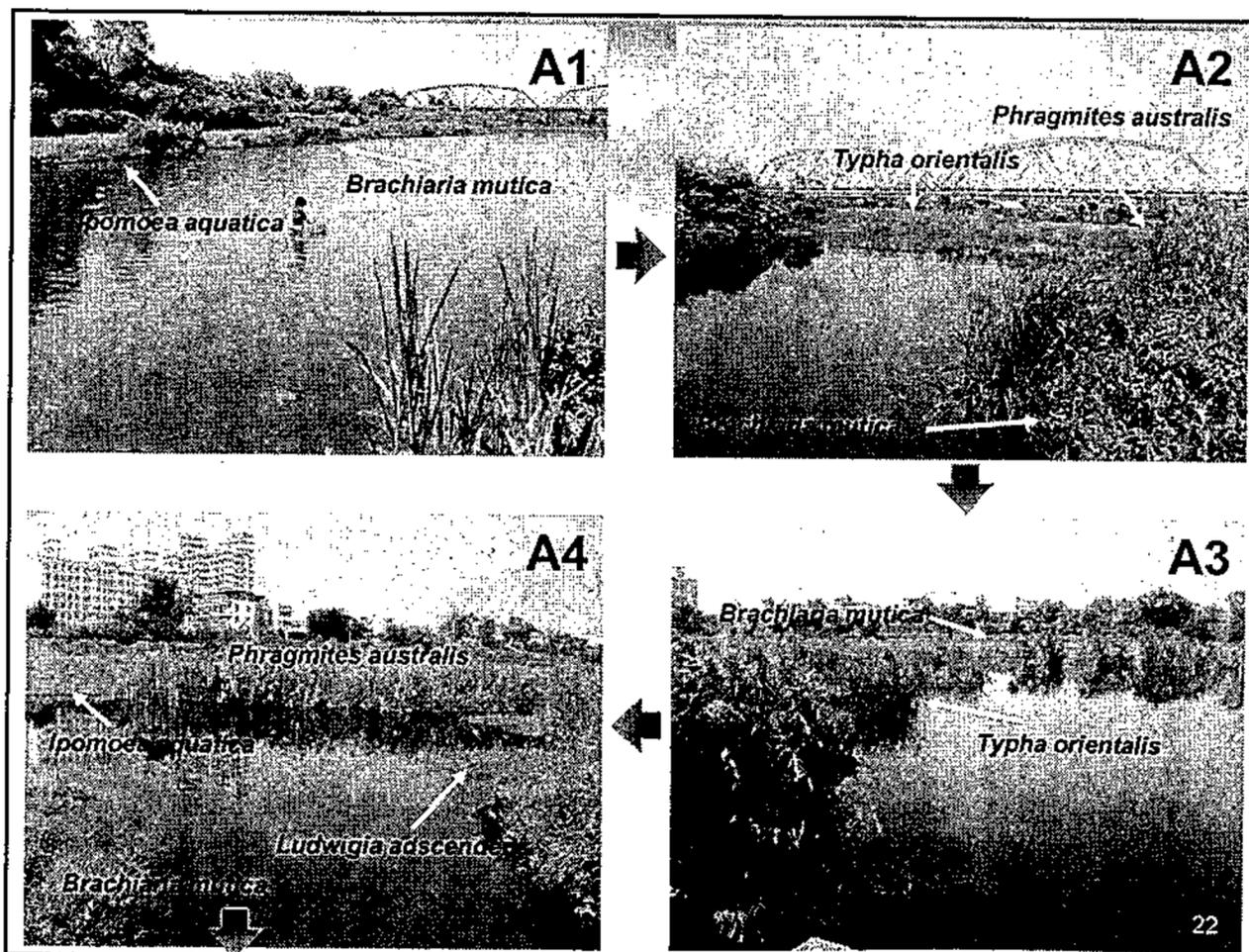
1. Habitat and biodiversity conservation
2. River corridor protection
3. Land protection programs and land use ordinances

20

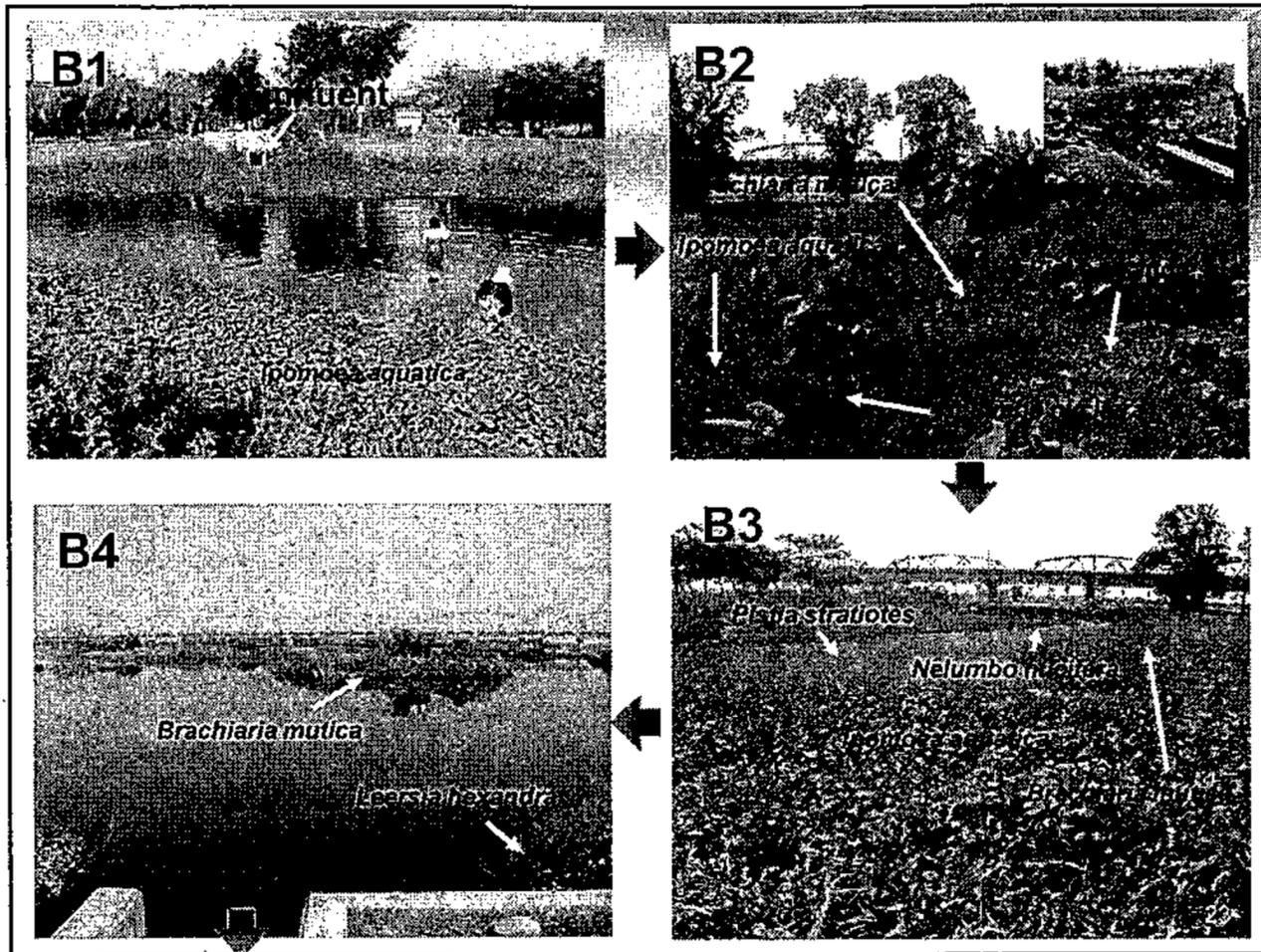
Sampling Locations Kaoping River Constructive Wetland



21



22



Achievements and Correction Plans

- The overall removal efficiencies are 99% for TC, 50% for BOD, and more than 30% for nutrients (e.g., total nitrogen, total phosphorus).
- The wetland system has a significant effect on water quality improvement and is capable of removing most of the pollutants from the local drainage system.
- The wetland sediment contained high concentrations of nutrients and metals.
- Pretreatment system is required to minimize the metal accumulation in the sediment.

II-3. Water front (15%)

- 1. Green infrastructures**
- 2. Ecological engineering practice**
- 3. Access to recreation**
- 4. Landscape conservation**

II-4 Administration Efficiency and Effectiveness (25%)

- 1. Strategic and business plan**
- 2. Point-source control**
- 3. Non-point-source control**
- 4. Cost-effectiveness analysis**

Total Maximum Daily Loads

- The main strategy to execute TMDL is to assess the carrying capacity of the objective water body. After assessment, all point-source-pollution discharges in the designated area can be allocated through discharge permission.

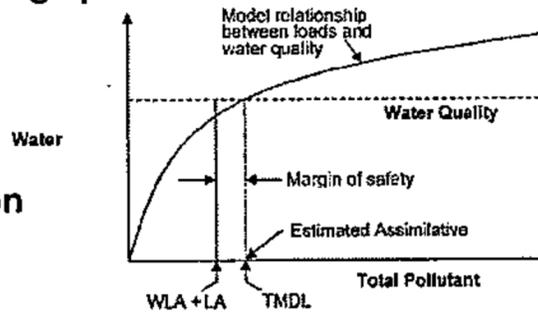
$$\text{TMDL} = \text{WLA} + \text{LA} + \text{MOS}$$

where

WLA: point-source pollution

LA: non-point-source pollution

MOS : Margin of Safety



- Objective river
 - ☞ Kaoping River: Major river in southern Taiwan; seriously struck during Typhoon Morakot disaster in 2009.

27

Water Quality Analysis Simulation Program (WASP7)

- Simulation objectives
 - BOD, NH₃-N, DO, SS
- Input variables
 - Hydrodynamics
 - Velocity, flow rate, and depth
 - Water quality
 - Boundary conditions, point and non-point sources
- Key parameters
 - BOD deoxygenation rate
 - Nitrification rate
 - Reaeration coefficient
 - Sediment oxygen demand

28

Objectives—the Kaoping River

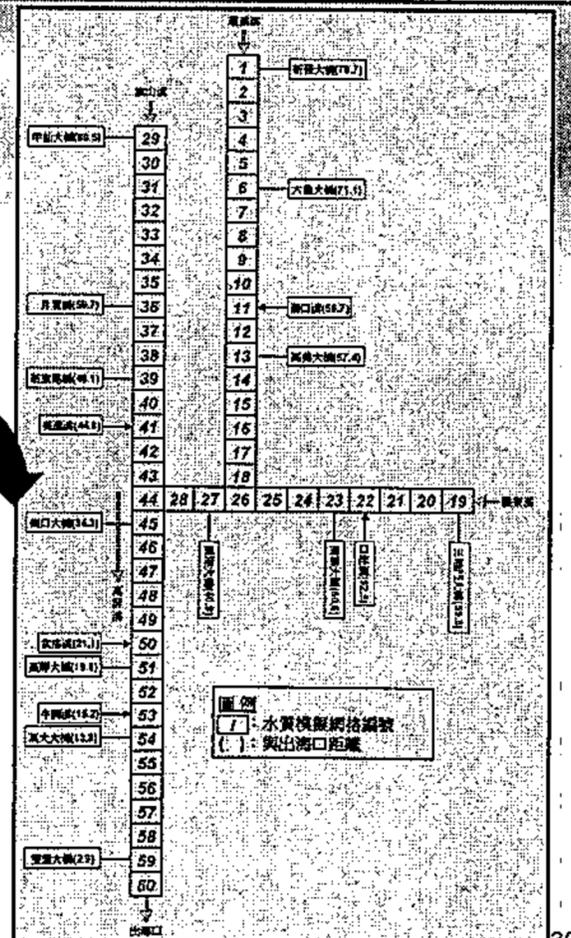
- Background

- Major pollution sources
 - Livestock and non-point sources
- Length: 171 km, watershed area: 3,257 km²
- Main branches: Chi-shan Stream, Lao-nom Stream, Juo-ko Stream, Ai-liao Stream
- Number of hydrologic station: 8
- Number of water quality station: 17

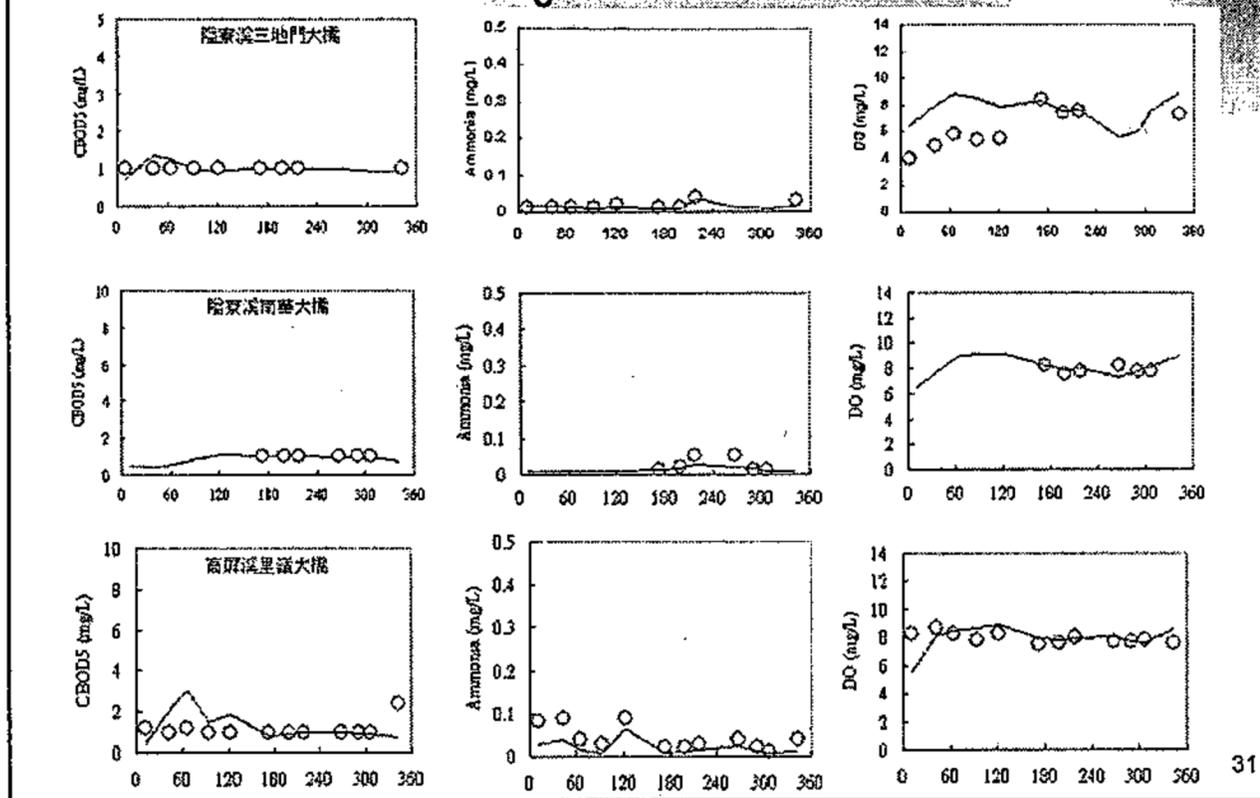


- Morakot Typhoon Disaster in 2009

Definition of the grids for water quality simulation



Predicted and Measured results of BOD, NH₃-N and DO



31

Preliminary assessment results

- o Upper and middle streams
 - Non-point source pollution
 - Especially high SS after storm or torrential rain
- o Down streams
 - Segment from Kaoping Weir to the sea receives great quantity of livestock wastewater discharge.
 - High priority for remediation

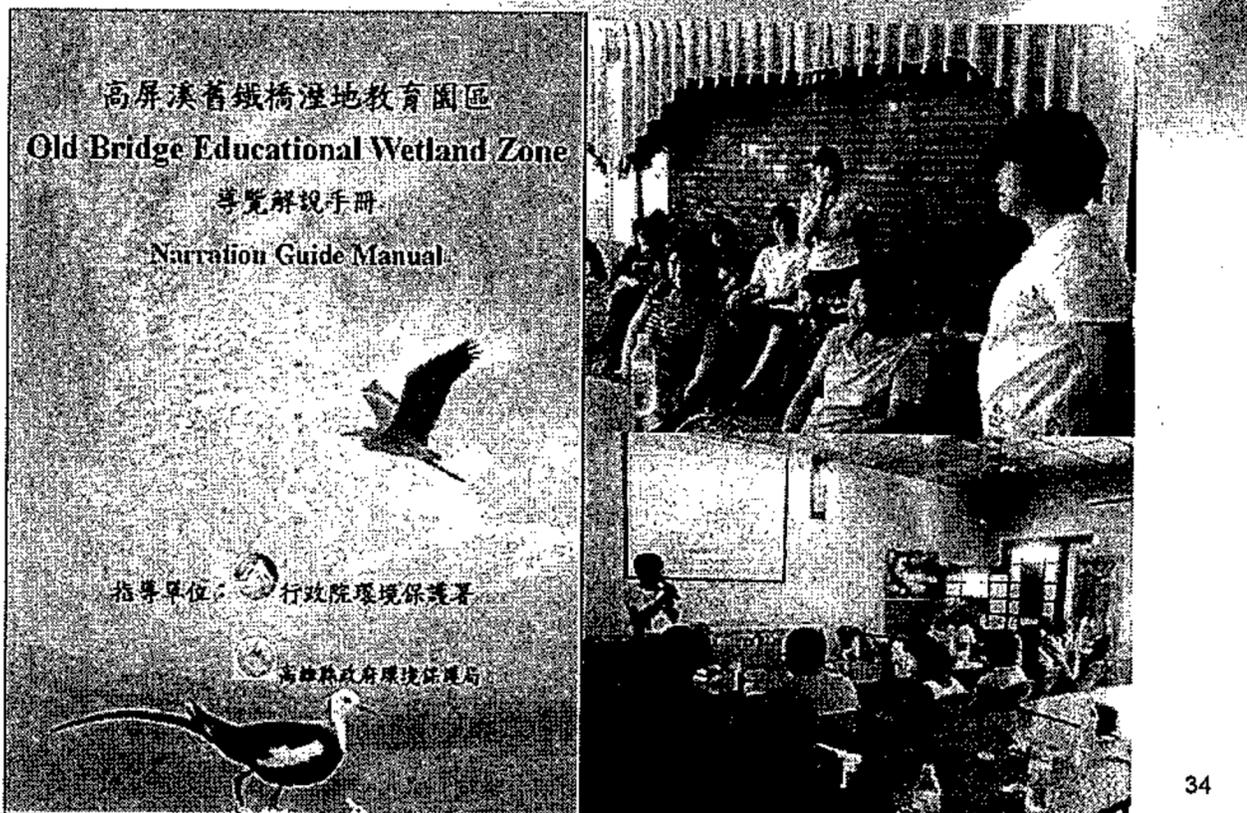


32

II-5. Public participation (20%)

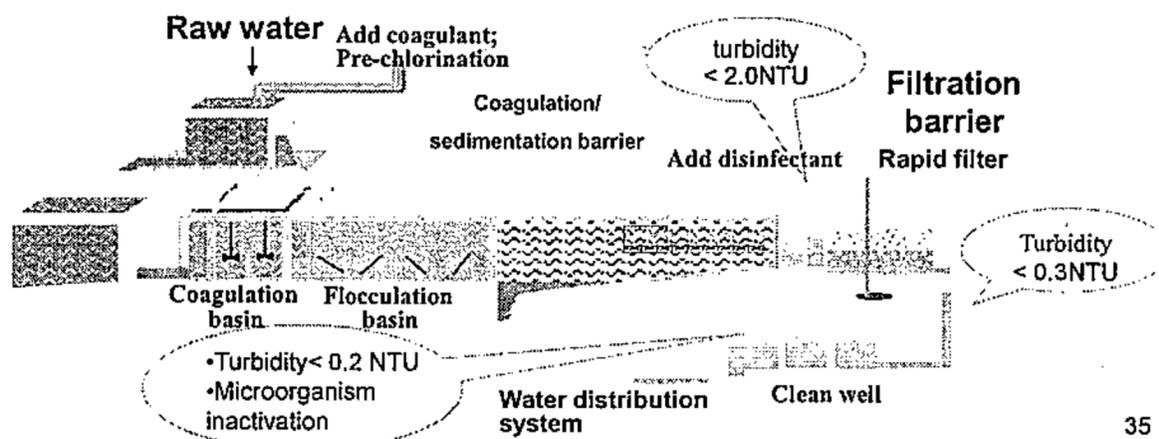
1. Stakeholder involvement
2. River patrol and audit
3. Public education
4. Outreach

Development of Education Program

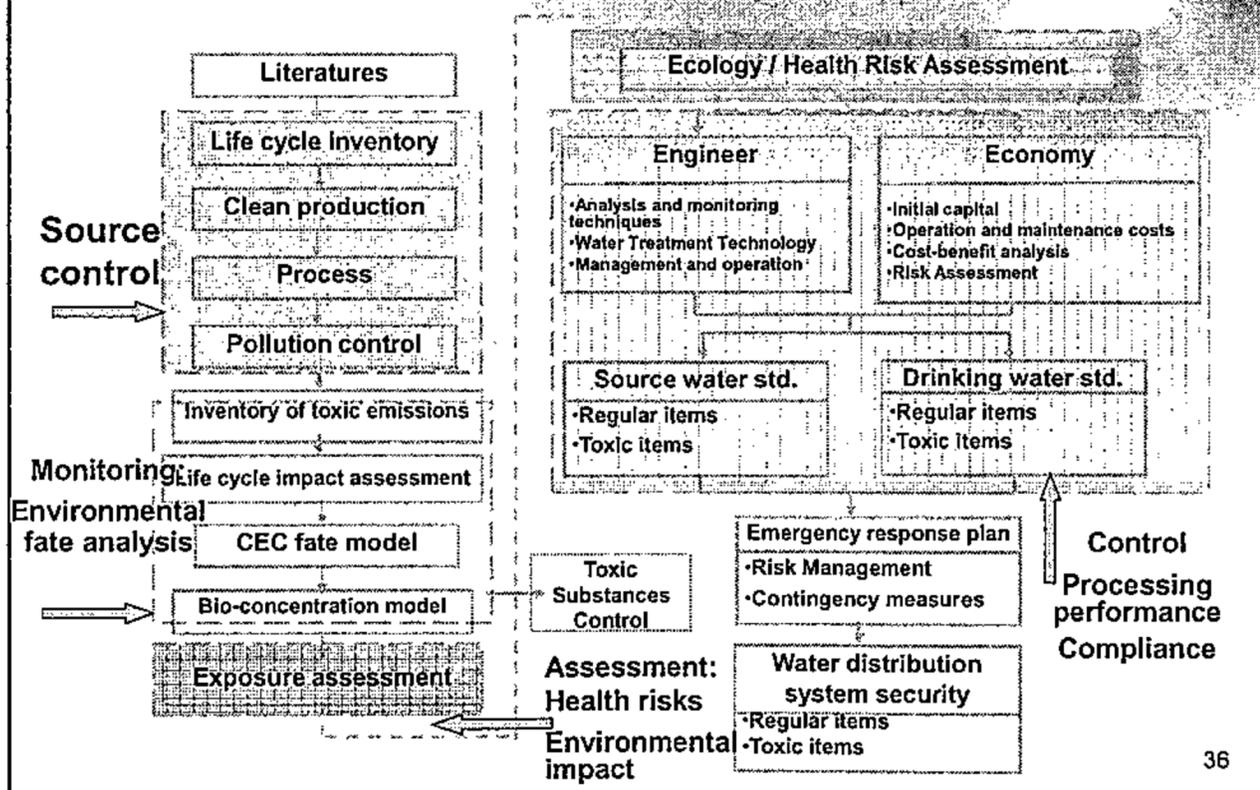


III. SECURITY AND SUSTAINABILITY OF WATER SUPPLY SYSTEM

IWA established the Bonn Charter which provides a framework for drinking water safety and has an emphasis on water resource management, from source development, through water treatment, to distribution and ultimately to the consumption stage .



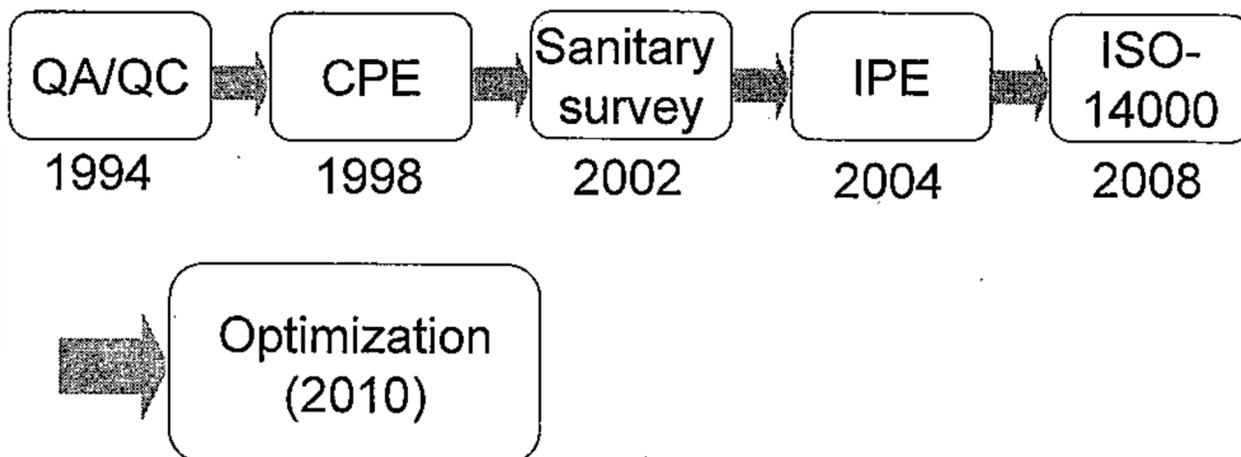
Strategic Control of CECs



III-1. Optimization of WTP

- Develop adequate and representative indicators for performance evaluation;
- Utilize the information technology to effectively execute the multi- barrier approach for protecting water quality;
- Up-grade the efficiencies of chemical coagulation, sedimentation, rapid filtration and chlorination processes ;
- Introduce the ICA (Instrumentation, Control and Automation) and MIS (Management Information System) techniques for optimum control;
- Install the advanced water treatment processes including ozonation, activated carbon and membrane.

Optimization of WTP— the Road Map



Comprehensive Assessment for Safe Drinking Water Scientific Questions

Source



How can source waters be assessed and managed?

Treatment



How effective are candidate treatment technologies?

Distribution



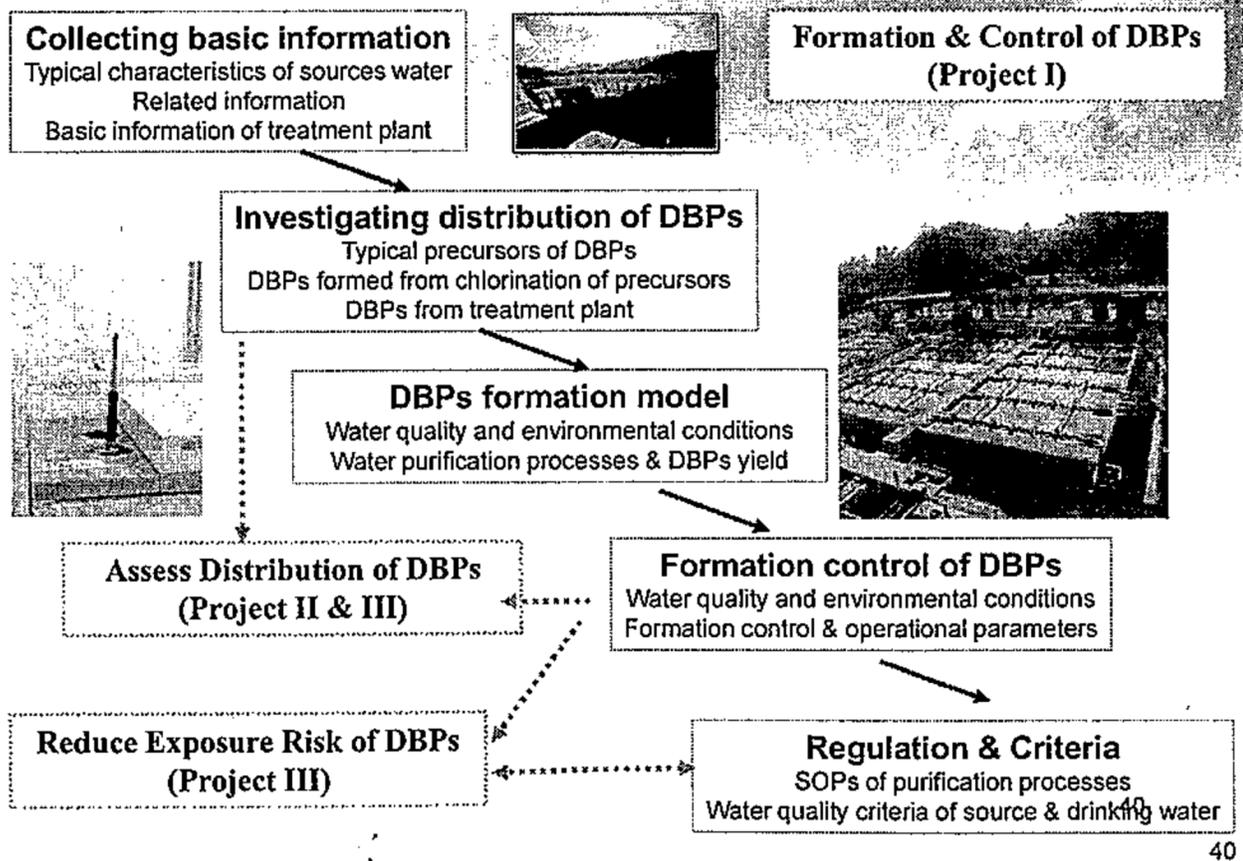
How can risks associated with changes in water quality in the distribution system be reduced?

Exposure

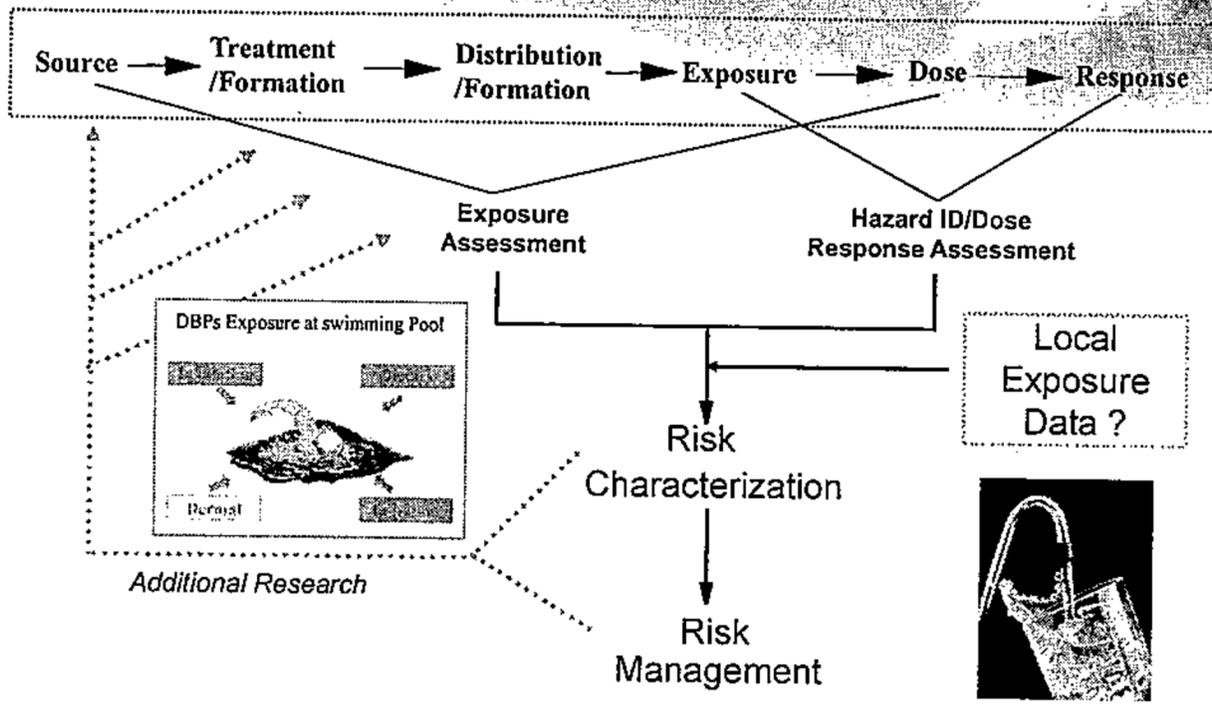
What is the exposure of the population to contaminants in drinking water?

39

Comprehensive Assessment for Safe Drinking Water



Comprehensive Research Strategy for Total Exposure Assessment and Risk Management



41

Determination of Optimum Dose by Response Surface Model

□ Jar test

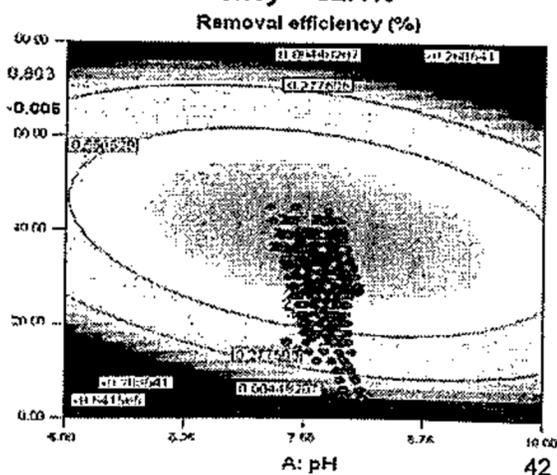
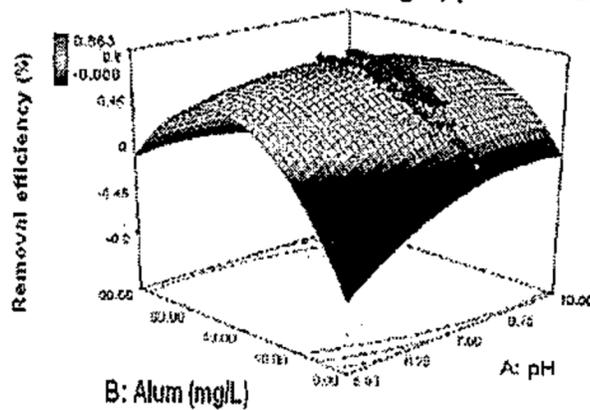
➤ Low turbidity, < 30 NTU

(1) Model development

$$Y = -3.75 + 0.8A + 0.07B - 0.003B^2 - 0.04A^2$$

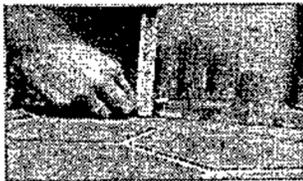
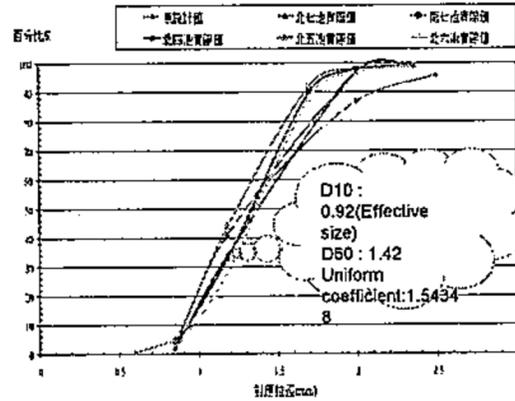
(2) Optimum dose

Alum = 40 mg/L, pH = 7.7 and the removal efficiency = 82.4%



42

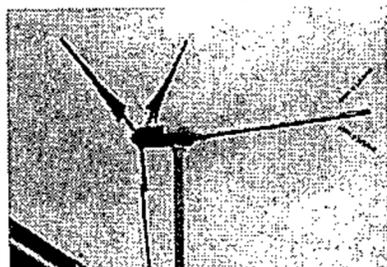
Maintenance Program: Rapid Filtration Inspection



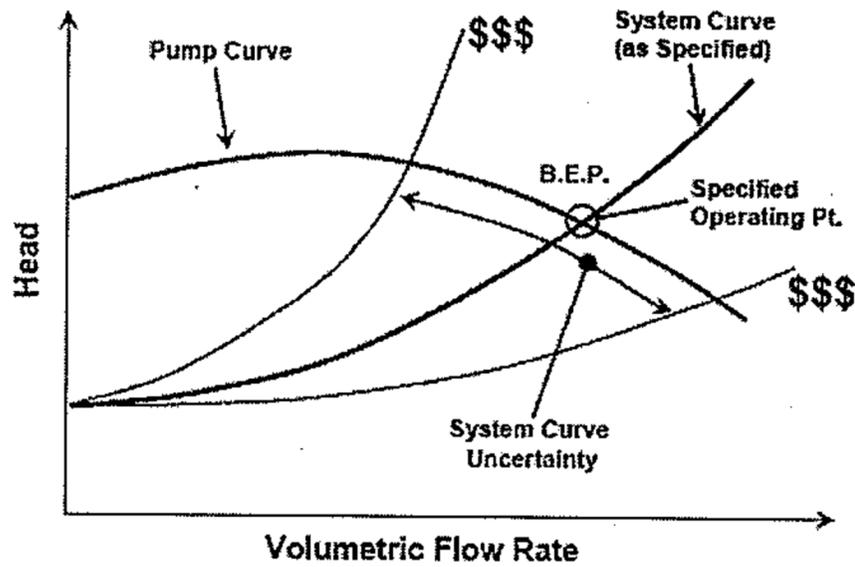
III-2. Energy Saving



- Incorporate the concept of "carbon neutralization" ..
- Develop energy saving service technology and manufacturing capacity.
- Promote the energy saving policy and improve the energy saving efficiency.

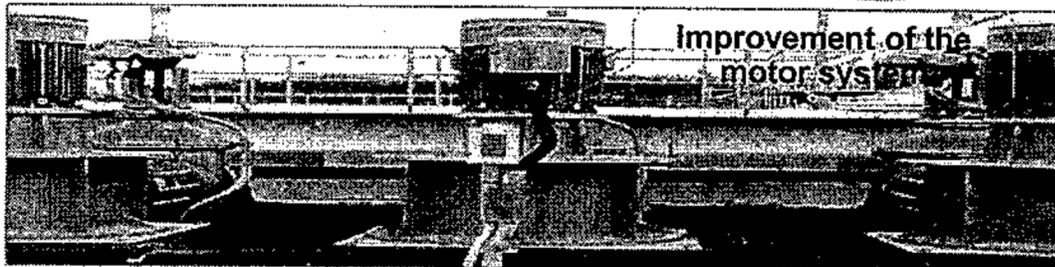
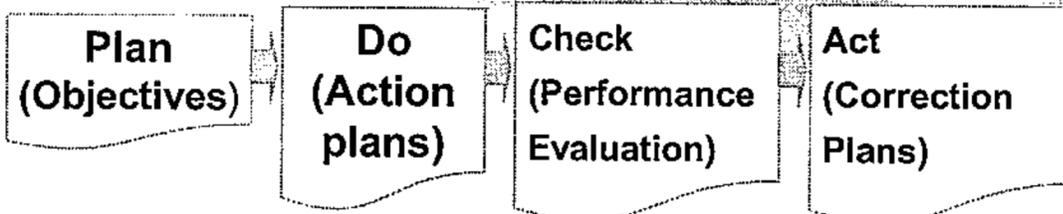


Energy Saving



Motor system and the best efficiency point (BEP)

Energy Saving



Flow rate (*10 ⁴ CMD)	No. of filter	Water saving per year (M ³)	Energy saving per year (kWH)
70~80	24	—	—
60~70	22	365000	26900
50~60	20	730000	53800
40~50	18	1095000	80700



Adaptation to Climate Change: Water Resources and Energy

- **Plan for alternative water sources (i.e., treated wastewater or desalinated seawater)**
- **Improve water use efficiency**
- **Revise water allocation**
- **Increase energy efficiency to offset increases in energy consumption**
- **Protect facilities against extreme weather events**



Important Issues for Integrated Management Plan

- **Security and Sustainability of Water Supply System**
- **River Basin Management Plans (RBMP)**
- **Optimization of Water Treatment Plant**
- **Development of Eco-Industrial Park**
- **Life-Cycle Assessment for System Optimization**

