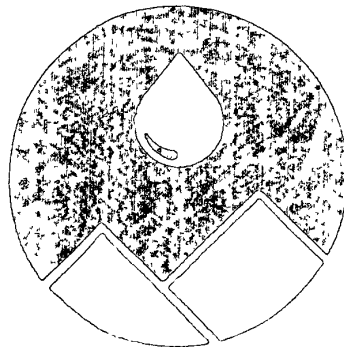




行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：研習)

二〇〇一年度中日技術合作計畫  
「工業用水回收及再利用」  
出國報告書



出國人： 經濟部水資源局副工程司阮香蘭  
經濟部水資源局助理工程司李安銘  
經濟部水利處課長蔡孟元  
經濟部加工出口區管理處科長朱訓智

行政院研考會/省(市)研考會  
編號欄

45/  
CO9006966

出國地點：日本

出國期間：90年11月4日至11月22日

報告日期：中華民國90年12月

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：研習)

二〇〇一年度中日技術合作計畫  
「工業用水回收及再利用」  
出國報告書

出國人：  
經濟部水資源局副工程司阮香蘭  
經濟部水資源局助理工程司李安銘  
經濟部水利處課長蔡孟元  
經濟部加工出口區管理處科長朱訓智

行政院研考會/省(市)研考會 編號欄

出國地點：日本

出國期間：90年11月4日至11月22日

報告日期：中華民國90年12月

系統識別號：C09006966

## 公務出國報告提要

頁數：55 含附件：否

報告名稱：二〇〇一年度中日技術合作計畫「工業用水回收及再利用」

主辦機關：經濟部水資源局

聯絡人/電話：蔡靜怡/ (02) 27542080 EXT 125

出國人員：經濟部水資源局副工程司阮香蘭

經濟部水資源局助理工程司李安銘

經濟部水利處課長蔡孟元

經濟部加工出口區管理處科長朱訓智

出國類別：研究

出國地點：日本

出國期間：民國九十年十一月四日至民國九十年十一月二十二日

報告日期：民國九十年十二月五日

分類號/目：G5/水利工程 G14/環境工程

關鍵詞：工業用水道, 中水道, 雨水利用, 廢水處理, 造水

內容摘要：1.經濟開發是改善吾人生活品質，資源保護是維持吾人生存空間，兩者在衝突時，必需要找出兼顧合理的作法，水資源的利用攸關經濟開發之動力，亦會影響到現在和後代子孫的生存，台灣地形特殊，水資源難以大量的開發，故合理有效的利用，就將成為兼顧的關鍵。

2.日本與我國有諸多相似之處，在水資源合理有效的利用下，使用河川水、下水道水、工業廢水等採取中水道系統來回收 (Reclaim)、循環使用 (Recycle)、再利用 (Reuse)、再生 (Regeneration)，達到經濟發展與水資源保護併行不悖的效果，足堪我國借鏡。日本在推動上，除了法令的建立外，中央經濟產業省扮演居間水權協調、溝通和工業用水道、中水道系統推動的地位，地方自治團體(各都、道、府、縣)在發展轄區經濟和獲得補助、貸款之誘因下，願

意扮演執行推動的重任。產業在自來水高水價與工業用水道、中水道水價之價差下，以及確保穩定的生產供水誘因下，無不積極投入參與。民眾亦在水價的價差誘因下，願意主動的配合。

3.日本推動中水道系統已三、四十年，除了促使經濟高度的發展，也確保了水資源的維護，亦帶來水處理及週邊設備之研發技術，發展出高效率低成本的設備，不但運用在相關的產業製程上以降低生產成本，同時，技術輸出賺取大量的利潤，也促使在競爭下技術提升、產業轉型。地方自治團體在中水道系統經營下，雖不以營利為目的，但確保產業根留轄區內繁榮經濟，同時，如有盈餘，尚可改善財政，亦可使用價廉之中水道水做為街道沖刷、公共車輛清洗、路樹公園澆灌、消防用水等，減少市政支出，民眾在水價價差誘因下，減少了生活消費支出，而移至改善生活品質上，獲益良多。

4.我國推動中水道系統經年，成效難見，檢視其原因並參卓日本推動之經驗，恐似在法令上應予立法，舉凡水權分配、土地路權之取得、下水道之興建、補助貸款之依據、各級政府推動之責任規範，均應明確訂定，對於喚起地方政府、產業、民眾的積極參與配合，應給予經濟誘因，在各種經濟誘因中，以水價之價差誘因效果最大，故我國以往低水價政策似應調整，否則，中水道系統之推動將難有突破。

5.日本政府於 70 年代為因應將來經濟成長所需用水問題，於 1973 年成立(財)造水促進中心，該中心主要任務為廢水再生利用、合理用水、海水淡化等造水技術的調查研發、推廣及國際相關技術交流及協助。

6.日本產業發展全興時期因超抽地下水，致地層下陷問題嚴重，在造水促進中心調查日本國內工廠用水實際狀況，開始執行工業用水合理化的指導協助工作，已有效減緩地層下陷問題。

7.東京都墨田地區的兩水利用在日本為居於領導地位，在區役所大力的推廣及勸說下，許多新設的公共建築物及一般民眾家庭已大量採用兩水利用設備，除可減低都市過度開發的洪水問題外，亦有效的

利用雨水達成節約能源的目的。

- 8.日本製鋼所與石川島汎用株式會社合作生產之水處理產品可有效將進入鍋爐或循環冷卻系統之水中含有之有害鍋爐或管線之物質，利用不同金屬產生之自然電場及磁鐵的永久磁場兩種物理特性，予以結晶化，以避免附著或侵蝕作用。
- 9.日本之海水淡化設施除以海水為水源外，尚利用「汽水」(或譯「鹼水」。含鹽度稍低，取自臨海地區之地下水、鹹水湖泊或河川出海口之半鹹水)。衡諸全球海水淡化發展，亦以海水及「汽水」為主要水源(依據 1999 年 12 月 31 日之統計資料，世界各國設置容量 100 噸/日以上之海水淡化廠，以海水為水源者占 58%，以「汽水」為水源者占 25.5%)，可供國內海水淡化建設之參考。
- 10.國內半導體業製程用水係就自來水以 R.O.(逆滲透法)處理為純水，該種處理方式如以海水或「汽水」為水源(即改採「海水淡化」供水)，亦能產生同等水質之用水，並節省相當之自來水用量，可為國內半導體產業用水規劃之參考。
- 11.日本之海水淡化發展，除興建海水淡化廠外，亦建造有移動式之造水車，視用水調度需求，將造水車開至指定地區，就地以廢污水或海水為水源，透過造水車之設備造水，機動支援缺水地區或災區之緊急用水，深值國內師法借鏡。
- 12.在新用水水權取得不易，而興建水庫日益困難，且成本高、工期長之考量下，名古屋市上下水道局所轄之「辰巳淨水場」係以該市排放之廢污水(含生活污水、工業廢水及雨水，合稱「下水」)，分別經該市「千年廢污水處理場」以活性污泥處理，及「辰巳淨水場」淨化後，應用於工業用水，以取其價廉、方便取得、水量穩定特性，並有效利用水資源。
- 13.廢污水原為無用之污染物，惟經處理後，可轉化為有用之水資源，除有效再生利用外，並解決環境污染問題。國內工業發展面臨用水不足困境，可借鏡名古屋市上下水道局及住友輕金屬工業株式會社

以廢污水處理水作為工業用水之做法，除加強督導企業改善自身工廠製程廢水之回收再利用外，並規劃市鎮或區域性廢污水之處理，應用於工業用水，以利水資源之最佳有效運用。

14. 日本工業用水道事業發展完備，有效降低原水處理成本，依靜岡縣案例，工業用水水價約為自來水水價之 1/10；反觀國內倡議「飲用分離」政策經年，迄今仍未能落實推動，頗值深思。
15. 日本企業界甚為重視員工之在職教育訓練，公營機構亦不例外，觀諸富士川事務所設置之工業用水道管線設施，體會其員工教育訓練非僅型式化之講授課程，尚著重於實務操作訓練，強化對事故、災害之應變處理能力，相較於國內企業工安事故頻仍，可引為殷鑑。

## 目 錄

誌謝 .....	III
壹、前言 .....	1
貳、研修行程 .....	3
參、研修內容 .....	6
(一) (財) 造水促進中心簡介、水使用合理化調查 .....	6
(二) 膜分離生物處理法之水再生利用技術 .....	9
(三) 日本的工業用水政策 .....	10
(四) 千葉縣的工業用水道事業、水源及料金體系 .....	12
(五) 千葉縣佐倉淨水場的工業用水道設施見學 .....	14
(六) 日本的海水淡水化技術及海水淡水化實驗設施見學 .....	16
(七) 東京都的雨水利用及墨田區的小規模雨水利用見學 .....	18
(八) 東京都江戶東京博物館的雨水利用設備見學 .....	20
(九) 落合下水處理場運作說明及參觀、水循環中心運作說 明及參觀 .....	21
(十) 水處理設備研發技術見學 .....	23
(十一) 日本的工業用水道歷史、工業用水法、工業用水道事 業制度及工業用水水質 .....	25
(十二) 下水處理水與工業用水道之聯合運用見學 .....	29

(三)下水處理水與工業用水道利用狀況見學 .....	30
(四)一般機械器具製造業工場之水利用見學 .....	31
(五)鋼鐵業之水利用見學 .....	32
(六)鍋爐用水的新技術見學.....	33
(七)造船所見學.....	35
(八)電子業水處理系統、上水道用水設備、超純水處理系 統見學 .....	35
(九)食品工場團地的廢水處理見學.....	39
(十)靜岡縣工業用水道及工業用水道研修設備見學.....	41
(十一)金屬表面處理工業團地之水利用及廢水處理見學 ....	44
肆、心得與建議 .....	47
一、心得.....	47
二、建議.....	53



## 誌謝

二〇〇一年度中日技術合作計畫—「工業用水回收及再利用」研修，承蒙經濟部國際合作處、台北駐日經濟文化代表處及財團法人造水促進中心之協助，才得以順利成行。在日本研修期間更蒙台北駐日經濟文化代表處何秘書坤松以及造水促進中心長澤末男先生精心安排課程及行程，經濟產業省產業施設課、千葉縣企業廳工業用水部、千葉縣佐倉淨水場、茅崎臨海研究所、東京都墨田區役所、東京都江戸東京博物館、東京都下水道局落合下水處理場、新宿水循環中心、日立プラント建設(株)松戶研究所、日本工業用水協會、名古屋市辰巳淨水場、住友輕金屬、日本製鋼所廣島製作所、淀川製鋼所吳工場、石川島汎用ボイラー、石川島播磨重工業、オルガノ、京葉ユーティリティ、靜岡縣工業用水道富士川事務所、中央鍍金工業協同組合協同公害防止處理中心等單位派員陪同參觀見學並詳盡解說，並感謝造水促進中心長澤末男先生及北川正博先生之全程陪同；小田敬子、山本惠美小姐全程翻譯及生活上之協助，使得行程順利圓滿達成，在此謹致上最誠摯的謝意。

## 壹、前言

日本為一島國，其地理、氣候、地形等環境相類似於台灣，面積 37 萬 8 千平方公里，為台灣之 10.5 倍，人口數約 1 億 2,576 萬人，為台灣之 6.3 倍，年平均降雨量為 1,714 公厘，則較台灣年平均降雨量 2,500 公厘少約 32%，由於同屬地狹人稠，山勢陡峻，河短流急，蓄存不易情形，亦同樣面臨水資源缺乏及穩定供應等問題。工業為經濟發展之基礎，攸關於社會繁榮及民眾生活品質的提昇，而工業的發展與水資源的穩定供應息息相關，如何在有限的水資源下穩定供給工業生產不虞匱乏，除提高用水效率、合理用水外，工業用水回收再利用亦為重要研究課題之一。

日本為工業發展先進國家，台灣在工業發展過程中借鏡於日本相關法規制度及技術開發引進甚多，隨著台灣經濟發展及產業升級，工業用水需求與日俱增，惟水資源的開發則面臨水庫壩址難尋、生態環境維持及民眾抗爭等問題，復以相關不合理的用水效率，致造成水資源缺乏困境，目前國內工業用水回收率僅約 40%，較諸日本之 78% 仍有相當的改善及成長空間。

因此爰由二〇〇一年度中日技術合作計畫下「工業用水回收及再利用」項目，藉參訪日本水源供應、運用相關機關及協會之節約用水措施與工業用水回收再利用政策等，汲取經驗，以資國內工業節水及水資源再生有效利用之參考借鏡。

本研修計畫，係依據經濟部國際合作處九十年十月十七日經（九〇）國處字第〇九〇〇三〇六三六〇〇號函，通知由經濟部水資源局阮副工程司香蘭、李助理工程司安銘、經濟部水利處蔡課長孟元、經濟部加工出口區管理處朱科長訓智赴日研修。研習期間自民國九十年十一月五日至十一月二

十一日止，為期十七日。

研修課程內容除了聽取日本工業用水政策、工業用水道建設之沿革、造水技術、雨水及中水利用現況等課程外，並見學下水處理場、工業用水道相關設施、各大產業之水利用及水處理、雨水及中水利用等之運作現況，以輔助瞭解工業用水政策之各環節實務。

## 貳、研修行程

月	日	星期	研修場所	內容
11	4	日	台北—東京	赴日行程
11	5	一	(財)造水促進中心	1. 開業式 2. 造水促進中心介紹、研修日程及內容概要介紹 3. 水使用合理化調查
11	6	二	(財)造水促進中心	膜分離生物處理法之水再生利用技術
			經濟產業省產業施設課	日本的工業用水政策
11	7	三	千葉縣企業廳工業用水部	千葉縣的工業用水道事業、水源及料金體系
			千葉縣佐倉淨水場	千葉縣佐倉淨水場的工業用水道設施見學
11	8	四	(財)造水促進中心	日本的海水淡水化技術
			茅崎臨海研究所(神奈川縣)	海水淡水化實驗設施見學
11	9	五	東京都墨田區役所	1. 東京都的雨水利用 2. 墨田區的小規模雨水利用見學
			東京都江戸東京博物館	東京都江戸東京博物館的雨水利用設備見學
11	10	六	東京	資料整理
11	11	日	東京	資料整理

11	12	一	東京都下水道局落合下水處理場	落合下水處理場之下水處理及再利用見學
			新宿水循環中心	新宿水循環中心之中水配送供給見學
11	13	二	日立プラント建設(株)松戸研究所	水處理設備研發技術見學
			(社)日本工業用水協會	日本的工業用水道歷史、工業用水法、工業用水道事業制度及工業用水水質
11	14	三	名古屋市辰巳淨水場	下水處理水與工業用水道之聯合運用見學
			住友輕金屬(株)	下水處理水與工業用水道利用狀況見學
11	15	四	日本製鋼所廣島製作所(株)	一般機械器具製造業工場之水利用見學
11	16	五	淀川製鋼所吳工場(株)	鋼鐵業之水利用見學
			石川島汎用ボイラー(株)	鍋爐用水的新技術見學
			石川島播磨重工業(株)	造船所見學
11	17	六	廣島—東京	移動日
11	18	日	東京	資料整理
11	19	一	オルガノ(株)	電子業水處理系統、上水道用水設備、超純水處理系統見學

			京葉ユーティリティ (株)	食品工場團地的廢水處理見學
11	20	二	靜岡縣工業用水道富士川事務所	靜岡縣工業用水道及工業用水道研修設備見學
11	21	三	中央鍍金工業 協同組合協同 公害防止處理 中心	金屬表面處理工業團地之水利 用及廢水處理見學
			(財)造水促進中心	意見交換及結業式
11	22	四	東京-台北	返程

## 參、研修內容

此次研修行程計分為講學及見學兩部分，講學部分係針對日本工業用水政策、工業用水道建設之沿革、造水技術、雨水及中水利用現況等作一全面的說明；見學部分則包括下水處理場、工業用水道相關設施、各大產業之水利用及水處理、雨水及中水利用等主題之運作現況進行參訪，以輔助瞭解工業用水政策之各環節實務，依研修行程分述如後。

### (一) (財) 造水促進中心簡介、水使用合理化調查

研修時間：2001 年 11 月 5 日

研修場所：(財) 造水促進中心

講員：造水促進中心常務理事 後藤藤太郎、水處理技術部部長代理 長澤末男

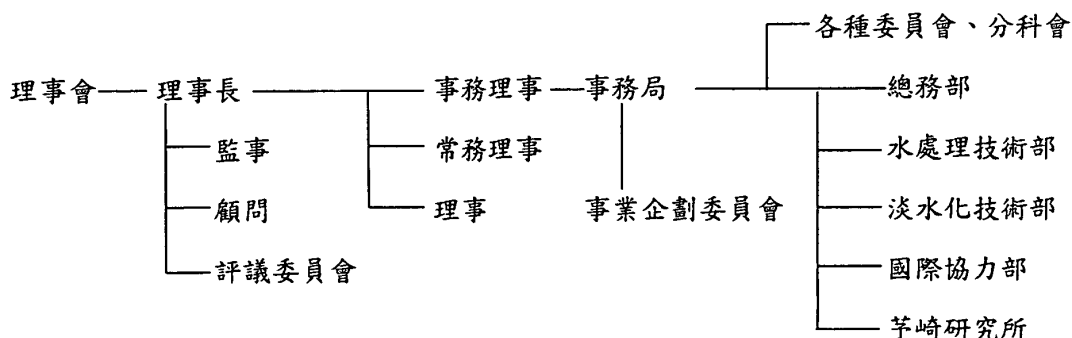
重點內容：

#### (1) (財) 造水促進中心簡介

日本政府於 70 年代經濟興盛時期，已預測將來缺水危機，為維持經濟持續成長，解決相關用水問題，於 1973 年創立造水促進中心，迄今已將近有 30 年歷史，為屬經濟產業省下設之財團法人，其設立之目的、主要工作內容、組成及財源等分述如下：

- ① 設立主要目的：發展海水淡化、廢水再生利用及合理用水等技術的開發推廣，意即與開發新水資源有相同之效果，因之名為「造水」。
- ② 主要工作內容：造水技術相關的研究開發、調查研究、普及推廣活動，國內外相關機關技術的交流及協助。
- ③ 組成：造水促進中心為採會員制，目前由 79 個政

府相關機關及工商團體所組成，包括工業用水的供給者及地方公共團體 31 個、工業用水利用者團體 11 個、造水相關產業 27 社、金融機關 6 行、損害保險社 6 社，其組織如下圖所示：



④財源：造水促進中心運作基金約有 14 億日圓，是由相關的產業提供，另有政府補助及私人捐獻等。

經過造水促進中心多年的努力，並在日本政府的支持下獲致相當的成果，工業用水回收率已由 1972 年的 40% 提昇至 1998 年的 78%。地層下陷地區的工廠經用水使用合理化的指導，已減緩大部分地區地層下陷問題。海水淡化高效率蒸發法的應用及逆滲透膜技術的開發，相關技術及設備透過國際合作及技術交流已廣泛的推展至世界缺水地區，在未來造水促進中心將加強國際合作及技術交流研發、推廣節水，再生利用、合理用水、海水淡化等科技，以期有效運用有限之能源及確保生活環境。

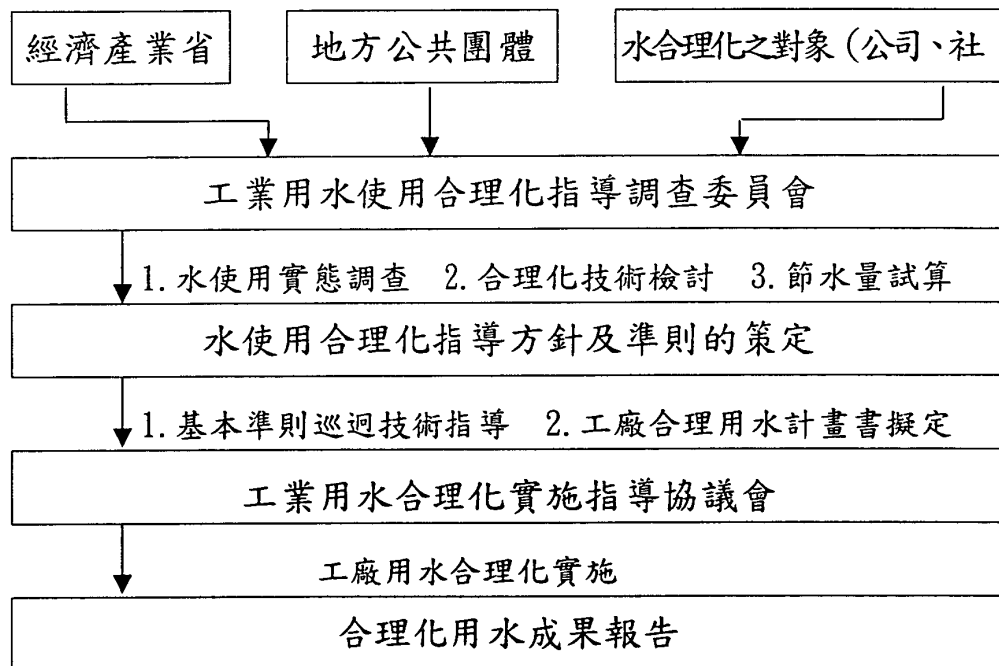
## (2)水使用合理化調查

用水合理化，雖然沒有廢水再生利用及海水淡化有直接立即的成效，卻是「造水」中不可或缺的一環，日本工業用水合理化起因於地下水超抽使用所引起的地層下陷問題，造水促進中心在政府及地方公共團體要求下，開始調查日本國內工廠用水的實際狀況，



並在地層下陷嚴重地區內的工廠開始執行用水合理化的指導工作，目前已累積有將近 6,400 家工廠接受了該中心水合理化相關的指導及調整，已有效的減緩工廠地下水超抽引起之地層下陷問題，而合理化用水的相關節水計算量，已被採用作為近年來經常發生乾旱季節缺水的解決方式。

工業用水合理化調查程序及內容如下圖所示，相關實例介紹及現場見習已安排於本次研習課程及實地現場參訪。



## (二)膜分離生物處理法之水再生利用技術

研修時間：2001 年 11 月 6 日

研修場所：(財)造水促進中心

講員：三菱レイヨン株式會社アクアライフ事業部 上原勝

重點內容：本內容主要介紹槽浸漬膜活性污泥有機排水處理法〔MBR (MembraneBioReactor)〕及日本下水道處理概要，摘要如下：

- (1)關於膜的應用，包括 RO、UF、MF 等，其中 RO 主要做為海水淡化用，UF 及 MF 過去 20 年，多應用於半導體、醫療用途及電子用途等之超純水製造，近 10 年來已應用於淨水場及下排水處理。
- (2)以膜加生物處理應用於淨水場為例，傳統的方法係將原水於生物處理槽處理後再以幫浦加壓經 UF 膜過濾（詳圖一），因屬循環處理，故所需能量成本高，處理成本約為 150 日圓／噸，本次介紹的 MBR 法，係將膜置於曝氣內，經試驗及實用驗證，其效率較高、處理水質較佳、系統較為小型簡單、設備維護管理容易，且其處理成本約僅為 10~20 日圓／噸。
- (3)日本的下水道普及率為 58%，未施設下水道者以淨化槽處理，二種方式計處理生活排水達 90% 以上，此處理後的水多數放流，少部分再生利用。
- (4)生活廢水中的屎尿，過去一般以屎尿處理槽處理，目前日本約有七百萬台，僅作屎尿之處理。近來日本發展合併淨化槽，即合併處理屎尿及廚房排水等生活廢水，此種合併處理方式，目前僅日本使用，且將 MBR 導入合併淨化槽，由於 MBR 效率高且可簡單施設、維護，不需大型場地，因此，在下水道建設不易且成本高的情況下，將為未來發展主要模式，甚至可利用

住宅前院的地下作為合併淨化槽施設，對於解除生活廢水的處理甚有潛力，環境廳及科學技術廳已預計推動單獨淨化槽普及於家庭，目前正進行相關配套研究。

- (5) MBR 亦可應用於產業排水處理，尤其高 BOD 排水的產業如食品工廠、畜產場等之廢水處理即相當合適。

### (三)日本的工業用水政策

研修時間：2001 年 11 月 6 日

研修場所：經濟產業省經濟產業政策局產業施設課

講員：小長井山治、角英明、岩澤大、宮國順英

重點內容：

- (1)日本工業用水供應緣起於 1923 年兵庫縣高砂町（現高砂市）之二公司，因受鹽害之苦，為協助解決二公司之用水問題，遂開始提供工業用水，至 1950 年沿海地區因工業過度使用地下水而出現地層下陷現象，1956 年工業用水法下制定「工業用水地下水採取規則」，同年亦建立「地盤沈下防止對策事業費補助」的國庫補助制度；1957 年再擴充增加「產業基盤整備事業費補助」；1958 年制定工業用水道事業法，一方面提供工業低廉豐富的用水，一方面達到防止地下水過度使用的發生；1967 年擴增「水源費補助制度」；1981 年擴增「改築事業費補助制度」；1985 年擴增「小規模工業用水道事業費補助制度」（註：指 30,000 噸以下之規模）。基本而言，日本工業用水道的建設相當完備，並以獎勵補助為運作之手段，達到工業界之配合與投入。

- (2)以 1999 年為例，日本工業用標的別的水資源使用量

(120 億立方公尺) 僅佔總水資源使用量之 15.4%，惟工業用之實際水資源總量為 549 億立方公尺，回收水量達 429 億立方公尺，即回收率達 78.1%，較 1965 年之 36.3% 提高甚多，主要肇因於歷經 1973 及 1977 年二次石油危機，故產業界致力於效率提高的改良。

- (3) 過去工業快速發展時，為因應可能的需求，一度大量建設工業用水道，然而隨著產業結構的變化、回收率的提昇，目前工業用水道已呈現過剩現象。
- (4) 工業用水道的施設包括取水設施、導水、淨水、送水及配水等，所有建設營運由縣政府為之，水價則由國土交通省計算，經濟產業省專司工業用水政策制定及國庫補助金之核給，以 2001 年為例，預計「地盤沈下防止」之補助總額為 110.8 億日圓，較 1977 年之 263 億日圓下降甚多。
- (5) 經濟產業省之地下水對策係依工業用水法之地下水採取規則行政，針對地下水異常降低、鹽水污水侵入、工業用水利用量大增、工業用水道施設或一年內計畫施設區等要件，進行指定區域之劃定，目前計有 10 都府縣 17 區域列為指定區，並透過指導轉用工業用水道、地下水利用適當化及水使用合理化等對策，以保全指定區之地下水。
- (6) 有關地下水利用適當化的調查包括地下水理調查、地下水利用實況調查等，以水收支作為判別基準，經濟產業省將進行調查觀測 5 年，5 年後各項調查設施及設備移轉予地方政府，並由地方政府持續監測，以監控評估是否為指定區之劃定。同時，亦進行水使用合理化調查，此一部份，主由諮詢公司（如經濟產業省下設之財團法人造水促進中心）針對指定區內各企業用水行為進行調查，並提出水合理使用指導計畫書，

惟僅為建議性質，無強制執行權，不過，一般企業均會採納配合改善。

- (7)依國土廳調查近 20 年缺水狀況，仍有部分區域缺水達 4~8 年者，為解決缺水危機，除如前述進行水合理使用指導（主為防止地下水過度利用）外，亦進行造水促進工作。造水對策係以海水淡化、產業廢水處理及再利用等為之。造水設施所需場地較水庫小，資金規模亦較小，且無水庫建設的環境破壞問題，其次，產業廢水經處理後，其施流水質較佳，亦可降低環境污染，因此，是未來發展主力。
- (8)經濟產業省在造水促進對策計含技術開發、普及促進、國際合作及稅制財投獎勵等方面。技術開發方面係委託下屬財團法人造水促進中心或民間企業進行開發；在普及促進方面則利用稅制、財投優惠獎勵及技術輔導等為之。稅制方面係以企業投資之造水設施折舊費 30%或所得稅 7%（二選一）得以免稅；財投措施即企業引進造水或省水設備，可向公營特約銀低利貸款。

#### (四)千葉縣的工業用水道事業、水源及料金體系

研修時間：2001 年 11 月 7 日

研修場所：千葉縣企業廳工業用水部

講員：千葉縣政府企業廳工業用水部給水課副主管 稻塚稔、管理課主管 松野繁、水質管理班主查 圓谷彰夫

重點內容：

- (1)該縣企業廳因東京灣沿海地區由該廳地域種類部填土造地，設立京葉工業區，為因應工業區用水以及防

止沿海地區抽取地下水造成地層下陷等目的，在 1957 年開始調查養老川河流量、水質，並於 1959 年開始建立第一個五井市原地區工業用水道，1964 年 4 月開始部分地區供水，至 1965 年 1 月建立山倉水庫後才全面供水；隨著經濟不斷發展，東葛、東南、千葉、五井市原、五井崎、房總臨海、木更津、北總地區陸續建造完成八個工業區，佔地 5,930 公頃，至 1993 年開始該工業用水道亦全部完工，全面供水，最大量可提供 1,166,360CMD，八個工業區涵蓋 13 個市、2 個町、290 家大企業，現每天供水 82 萬 CMD。

- (2)當初在籌建時，係依據日本國國土交通省之「利根川水系及荒川水系開發計畫」製定該區域之水源水量供給計畫，並與關東地區結合，透過國土交通省之協調、調配，千葉縣依據協調再作計畫之調整，基本上工業用水道之水源包括有三：利根川水系、千葉縣境內河川，以及千葉縣地區之地下水，總計可提供水源為 1,430,360CMD，其分配為利根川水系供給東葛、千葉、五井姉崎、房總地區，千葉縣境內河川水源供給五井市原及南部地區，地下水水源則供給千葉線北、中部地區。
- (3)對於工業用水之管理採「個別原價主義」，亦即針對各個工業區之工業下水道建設時之政府補助金、企業分擔之費用、貸款利息、建設資本支出，以及操作維護管理費等不同，分別各個計算水費，並逐年隨物價調整，至目前工業用水費在 17.5~38.5 日圓／噸之間，約是自來水費的 20%。
- (4)該廠與企業用水戶訂定契約，言明企業每月契約用水量，如使用未達契約用水量，仍應付契約用水量之費用，稱之為「責任使用制度付費」，其優點在於政府

可以掌握固定的收入，財務管理上亦易控管，對企業而言，可以瞭解每日供水總量，在供水總量控制下，企業經營管理會有穩定性，但亦有其缺點，當企業減產時，仍要負擔契約用水量未使用之水費，一旦增產超過契約用水量時，短期尚可勉為調度供應，長期而言，因水已總量分配各企業，恐無餘量可再提供。除非再另埋設水道，開發新水源解決。

- (5)目前因經濟衰退，景氣低迷，企業減產有之，關廠歇業有之，企業界無形增加了負擔，尤其關廠歇業後，這些建設費攤提成本，反而由政府來負擔，再面對有些管線機器設備多已超過三十年，面臨更新時期，在收入無法增加，支出又勢必增加下，該縣企業廳在經營上相形困難，現在過剩的工業用水，已移至清掃街道，或供給次級用水上。
- (6)由於日本國國土交通省的規劃，協調河川流域的各縣市政府分配水量及建設費，故工業下水道及工業用水的建設在共同合作下得以完成，且用水對象顯少有高精密之電子 IC 半導體行業，多為石化、鋼鐵、化學、電氣機械、造紙等對水質要求不高之行業，故均可接受工業用水之水質，即便某企業須用高水質的供水，則該企業必需在使用時，仍要作前處理措施，才能使用，但總比缺水來得好，尤其新開發水源困難下更是得來不易，以日本群馬縣為興建一座水庫為例，民眾抗爭五十餘年，最後雖達成回餽協議，但仍付出大量的費用與耗費時間，對經濟之發展不利。

#### (五)千葉縣佐倉淨水場的工業用水道設施見學

研修時間：2001 年 11 月 7 日

研修場所：千葉縣佐倉淨水場

講員：千葉縣佐倉淨水場長 時田五郎

重點內容：

- (1)該場處理量為 40 萬 CMD，水源分別來自鹿島川河流下游邱旖沼地 30 萬 CMD 及鹿島川河流 10 萬 CMD，並經政府許可抽水量為 5CMS，由 75HP× 4pump 將水從進水口經粗攔污柵、細攔污柵抽至沉砂池沉砂後，如濁度超過 15 度時，則加混凝劑（硫酸鋁  $Al_2(SO)_3$ ），經快混、慢混後進入沉澱池沉澱，如濁度未及 15 度，則直接進入沉澱池沉澱；該場沉澱池分二類：一為水平式沉澱池可處理 20 萬 CMD，一為循環式高速沉澱池亦可處理 20 萬 CMD，沉澱後將水送至配水池配送用水戶。
- (2)經處理過之水，因係供工業使用，其要求水質不似飲用水，但亦有一供水水質標準：水溫應為常溫，濁度在十五度以下，pH 在 6.0~8.5 之間，事實上該處理場處理後之配水水質其水溫在 29.3~5.8°C 之間，濁度在 14.7~1.2 之間，pH 在 6.4~8.0 之間，電導度在 52.5~11.9<sup>ms</sup>/m 之間，硬度 as  $CaCO_3$  在 120~20 毫克/升之間，岩鹽基化合物(Cl)在 83.7~5.0 之間，總鐵在 41.4~4.49 毫克/升之間，COD 在 7.8~1.3 毫克/升之間，水質如係供工業用水使用，尚稱良好。
- (3)處理過後，沉砂池及沉澱池之污泥，用 pump 抽至污泥濃縮池加消石灰濃縮，由含水率 97% 濃縮至 90%，再將污泥送至處理室加壓濾水後，泥餅含水率 58%，因泥餅中含有大量之有機質（河川水之故），且含消石灰濃縮劑為植物之生長必需營養劑，故泥餅再賣予農民做蔬菜、花草之培養土或土壤之改良劑或當作混凝土之填加劑製成混凝土塊，完全無二次污染之公害



問題。

- (4)配水池加壓至配水塔後，用重力流輸送至工業區用戶，為有效調節，該場亦與附近之工業淨水場相互支援調度，在千葉縣有許多工業淨水場，只有佐倉淨水場為政府經營，其餘均為民間經營、管理。

#### (六)日本的海水淡水化技術及海水淡水化實驗設施見學

研修時間：2001年11月8日

研修場所：(財)造水促進中心茅崎臨海研究所

講員：造水促進中心淡水化技術部部長代理平井光芳

重點內容：

- (1)造水促進中心茅崎研究所於昭和44年(西元1969年)成立，座落於神奈川縣茅崎市，其主要業務為省能源型、逆滲透法等海水淡化技術研發，造水能力試驗及實用推廣，海洋污染處理及海水膜過濾法技術開發，海水淡化前處理研究，協助中東地區缺水國家進行海水淡化建設等。
- (2)日本海水淡化除以海水為水源外，尚利用「汽水」(含鹽度稍低，取自臨海地區之地下水、鹹水湖泊或河川出海口之半鹹水)。衡諸全球海水淡化發展，亦以海水及「汽水」為主要水源(依據1999年12月31日之統計資料，世界各國設置容量100噸/日以上之海水淡化廠，以海水為水源者占58%，以「汽水」為水源者占25.5%)。
- (3)全球海域之海水含鹽度大致相同，其中氯離子濃度約為20,000ppm上下；如海水淡化係以供應民生用水為標的，需去除海水中99%之氯離子，使濃度低於

20ppm。然海水淡化非僅以民生用水為唯一標的，依據日本全國調查資料，其國內海水淡化廠總設置容量除飲用水占 8.4%外，概以超純水（占 65%）、純水（占 12.3%）及其他工業用水（占 7.6%）為大宗，顯示海水淡化多元化之發展趨勢。

\*世界各國陸地用之海水淡化廠之用水標的仍以民生用水占 60.6%最高，工業用水占 27.7%次之。  
（1999 年 12 月 31 日，以設置容量 100 噸／日以上之海水淡化廠資料統計）

(4)海水淡化技術發展迄今，技術益臻成熟，其方法繁多，其中較常用者為逆滲透法、蒸發法及電氣透析法，茲就渠等特性比較如下表：

比較項目	逆滲透法	蒸發法	電氣透析法
實績	應用普遍	最早應用，規模較大	多用於「汽水淡化
運轉管理	需加壓，過濾時需加藥，膜需定期清洗、更換	海水須 90~120℃加熱，溫度、真空度需調整，需加藥	採直流電，過濾時需加藥，膜需清洗
經濟性	能源消耗量最小，且可回收	能源消耗量大，但產生之廢熱可利用	用於鹽分濃度較低之「汽水」，所需能消耗量小

(5)日本海水淡化成本以沖繩縣之北谷海淡廠為例，設施規模 40,000 噸／日，其建設費達 370 億日圓（由政府補助 85%），造水成本為每噸水 170 日圓；另依造水促進中心演算，以設施規模 50,000 噸／日之海淡

廠建設費需 286 億日圓，造水成本約每噸水 331 日圓。

- (6)海水淡化技術雖日新月異，惟造水成本仍高，尤以國內自來水價偏低，益加凸顯海水淡化之珍貴。政府為照顧離島地區居民用水權益，仍有必要加強海水淡化建設及相關研究。
- (7)半導體業製程用水係就自來水以 R.O.處理為純水，該種方式如以海水或「汽水」為水源，亦能產品同等水質之用水，節省相當之自來水用量，可為國內半導體產業用水規劃之參考。
- (8)日本之海水淡化發展，除興建海水淡化廠外，亦建造有移動式之造水車，就廢污水或海水為水源，機動支援缺水地區及災區之緊急用水需求，深值國內師法借鏡。
- (9)海水淡化過程產生之廢熱如何回收，轉換為可用之能源，應有整體之規劃。

## (七)東京都的雨水利用及墨田區的小規模雨水利用見學

研修時間：2001 年 11 月 9 日

研修場所：東京都墨田區役所、雨水資料館

講員：村瀨誠

重點內容：

### (1)東京都墨田區的雨水利用

東京都墨田區的雨水利用在日本為居於領導地區，此次參訪由東京都墨田區環境保全課雨水利用主查村瀨博士負責說明，村瀨博士推動雨水利用已有 16 年之經驗，墨田區內幾座公共建築物之中水(含雨水)利用系統均由他推動完成，本日研習內容重點如下說

明：

## ①雨水利用的三大目標

### a.街坊的小小水庫

墨田區的水源幾乎依賴位距該區 150 公里遠之利根川上游大型水庫，由於目前幾乎已無興建大型水庫的條件與空間（與台灣情形類似），應重新思考區內所降的雨就是自有的水源，儘可能謀求水源的自立，推廣於公共建築物及一般民眾住屋將雨水予以截留貯存，形成街坊的小水庫。

### b.防止都市型洪水

東京都地區下水道系統普及率已達 100%，由於地面幾乎已為瀝青及混凝土建物所覆蓋，當集中豪雨時，短時間內雨水即衝入下水道造成下水道滿溢，造成都市型洪水及污染情形，若能將降到屋頂上的雨水予以截留貯存，可防止全部即時衝入下水道，將有助於防止都市型洪水的發生。

### c.在災害中保護街坊

所貯留的雨水有助於火災時的消防用水，在緊急事件如地震發生自來水管線遭破壞，也可利用為生活用水。

## ②實例介紹

### a.墨田區役所大樓

墨田區役所辦公大樓屋頂雨水收集面積為 5,000 平方公尺，貯水槽容量為 1,000 立方公尺，為採用「中水」系統，作為廁所馬桶沖洗之用，其系統為將大樓廢水處理後，結合雨水利用，不足之用水再由自來水補充，經統計結果截存之雨

水使用佔該大樓總用水量之 30%。

#### b. 國技館（相撲）

國技館屋頂雨水收集面積約為 8,400 平方公尺，貯水槽容量為 1,000 立方公尺，其貯留之雨水除作為廁所沖洗用外，亦作為空調系統的冷卻水利用。

#### c. 推廣一般民眾使用「天水尊」及「路地尊」

對於一般民眾墨田區域所亦規劃了各種不同容量之「天水尊」及「路地尊」供民眾採用，同時定有雨水利用的獎勵辦法，鼓勵民眾將屋頂之雨水截流至地面上的貯槽作為種菜、澆花、洗地、擦車等用途，此類型容量大約為 200 公升之貯槽稱為「天水尊」，而「路地尊」則為設置於地面下較大型的水槽，一般為社區共同使用。

### (2) 雨水資料館見學

為推廣宣導雨水利用之展示館，內有世界缺水地區之圖片及降雨情形介紹，同時展示日本、德國（柏林）兩先進國家雨水截留設備實物展示，由於台灣亦屬水資源缺乏地區，村瀨博士曾多次受邀參加研討會及演講，他認為台灣尤其台北地區也非常適合推廣雨水截留貯存利用。

### (八) 東京都江戶東京博物館的雨水利用設備見學

研修時間：2001 年 11 月 9 日

研修場所：東京都江戶東京博物館

講員：江戶東京博物館管理課管理係松井孝雄

重點內容：

江戶東京博物館屋頂雨水收集面積約為1萬平方公尺，雨水貯存槽為設於地下一樓容量約2,500噸，經屋頂收集之雨水，經過貯水槽的沉澱，砂過濾後混合中水（該館亦接用工業用水，在不下雨時配合使用）後，用抽水機抽至4樓及6樓，作為廁所沖洗、消防用水等使用，根據松井先生表示本套系統雨水利用量佔該館總用水量平均約37%，故該館除文物展示外，雨水利用設備亦為特色之一。

#### (九)落合下水處理場運作說明及參觀、水循環中心運作說明及參觀

研修時間：2001年11月12日

研修場所：東京都下水道局落合下水處理場、新宿水循環中心

講員：落合下水處理場佐藤、水循環中心尾崎

重點內容：

- (1)東京都右2/3範圍計分為23區，目前有13個下水處理場（落合下水處理場為其一），左邊屬多摩地區，計有7個下水處理場，東京地區之下水處理均以標準活性污泥法處理。
- (2)下水處理的功能除了淨水、防止污染外，於洪水期間尚能利用下水道排洪，以減輕洪患，且於災時（包括震、洪、旱、火災）可作為緊急替代水源之用。
- (3)東京都下水處理場多位於住宅區內，其場區因噪音、臭味常為人詬病，落合處理場遂將設施置於地下，地上部則建設為公園，於1964年開始運轉。一般處理場均設計為二級處理，其流程為工場、家庭廢水→下水道集水→幫浦抽送→處理場→沈砂池（大垃圾及砂

石濾除) → 幫浦抽送 → 第一沈澱池 (自然沈澱法, 約需 1~2 小時) → 曝氣槽 (活性污泥法, 約需 6 小時) → 第二沈澱池 (約需 3 小時) → 上部乾淨水加氯後放流入海 (BOD 約為 4ppm)。落合處理場則為三級處理, 其流程即於第二沈澱池後再經高度處理後加氯後再放流 (BOD 約為 2ppm); 其高度處理法係將水導入砂濾池 (下層約為 1 公尺高之小石, 上層為 1.3 公尺高之砂子) 底部, 水則由下上湧經砂過濾。

- (4) 落合處理場處理能力目前為 38 萬噸/日, 其中 30 萬噸/日排入神田川, 4000 噸/日配送至新宿水循環中心再供給新宿 20 棟大樓、中野 5 棟大樓作廁所沖水用 (本項中水利用已有約 16 年歷史), 其餘大部分排入城南三河川 (涉古川、目黑川及吞川), 以利三河川之清流復活, 小部分作消防用水、處理場場區機械沖洗、東京都電車沖洗、路樹澆撒等。
- (5) 處理場處理後之污泥以幫浦抽送至 11 公里外之小台污泥處理場, 經濃縮脫水後焚燒成灰, 灰燼半數作為垃圾掩埋場掩埋土或土壤改良劑, 半數再生利用, 包括作為水泥原料、下水道管材料、建築材料, 或燒成磚作為道路、公園鋪面, 亦可製成花瓶、花台、領帶夾及項鍊等, 達到百分之百的資源化。
- (6) 污泥處理場的廢熱則再利用於空調設施中。污水處理場曝氣槽之臭氣由抽氣設備輸送至生物脫臭場以活性碳過濾後排出, 達到零污染及充分資源化之目的, 該場並於 1999 年獲 ISO14001 之認證。
- (7) 東京上水 (自來水) 水價係依水管大小費率不同, 大約為 460 日圓/噸, 中水水價於商業大樓為 260 日圓/噸, 一般家庭為 130 日圓/噸, 下水處理費依水量、水質而費率不同, 一般家庭為 110 日圓/噸, 係隨上

水徵收。由水價觀之，中水利用有其誘因，目前僅新宿、中野區 25 棟大樓使用中水，未來此區內新大樓之廁所用中水均將以中水系統供應。

#### (十)水處理設備研發技術見學

研修時間：2001 年 11 月 13 日

研修場所：日立プラント建設（株）松戸研究所

講員：展示部部長 小笠原嘉伸

重點內容：

- (1)該公司於 1929 年成立，主要是研發各種工廠的生產設備，開始時，係以生產食品工業之水處理設備為主，經過數十年的研發，已發展至各行各業之工廠的建廠及機器設備、生產流程等之規劃、設計、施工、生產管理、維修等等，該公司的方針為：積極投入開發，為全世界人類貢獻，現已跨足至建築材料、空調設備、無塵室、生產機器、冷凍機器、水處理、發電廠、焚化爐、懸吊機具、電腦軟體等 R&D 之研究，迄今 2001 年資本額 73 億日圓，營業額達到 2,420 億日圓（美金 19 億 5 千萬）行銷遍及世界各地現有集團人員 3,700 人，其中研發人員就有 2,460 人，為世界知名的科技研發輸出公司。
- (2)該公司在水處理研發方面因在草創之初，即以研發食品工業的淨水及廢水處理設備為始，故在這一方面可謂累積了 60 年之經驗，從傳統的處理單元如沉砂、混凝、曝氣、活性污泥、過濾的處理設備研發至開創新的氮磷去除、薄膜過濾等技術均有突破，尤其中空膜之研發成功更為水處理技術之一重大突破，不但降低處理場之面積、操作成本外，同時無論任何骯髒



污染的水均可處理至純水的地步，對於工業生產上水資源的回收循環使用助益良多，最近日本造水中心，利用中空薄膜技術用在海水淡化上，亦成功的將海水處理至比陸地上淡水還純淨之水，對未來世界上水資源面臨枯竭的窘狀帶來生機。

(3)實場展示參觀（僅記述水處理有關之部分）

- ①民生用水處理系統：包括淨水處理流程之設計，研究產品有取水泵及其操作（含電腦操控）高速快混池、浮除池、沉澱池、過濾（包括砂濾、反沖洗、壓力等）活性炭吸附（包括 GAC 和 PAC）、化學處理、配水設備等系統及周邊相關配套設備。
- ②廢水處理系統：包括廢水處理流程之設計，研發產品欄污柵（粗、細）初級沉澱池、活性污泥處理、最終沉澱池、消毒槽（包括氯、UV、臭氧消毒）污泥處理（包括離心脫水、高壓脫水、中心懸浮去水）氮磷消化槽（包括可燃氣回收利用）及其週邊配套設備。
- ③工廠少量廢水處理系統：包括氧化曝氣、批次活性污泥處理、真空廢水收集、微生物處理系統、衛生掩埋廠廢水處理、油質和有機物溶解空氣浮除（DAF）、水質惡臭去除、發電廠廢水處理等及其週邊配套設備。
- ④廢水回收再利用系統：包括 UF 膜、MF 膜、RO 膜過濾去鹽化、離子交換、滾輪式中空膜、超純水處理等其週邊配套設備。

所參觀之各類研究設備、除了高科技研發成果外、其中不乏是傳統之處理設備，但經公司研發改良後，一改過去傳統處理設備之缺點而達到以下之優

點：

- ①高處理效率：減少停留時間、增加反應速率、擴大處理數量。
- ②低處理成本：循環回收再利用，減少佔地面積，節省水、電能源，減少處理單位，無人管理（或自動操作），維護成本低。
- ③最佳化水質：處理後之水質比一般傳統處理結果佳，可達到無污染環境，再循環使用效果。

其中最令人印象深刻者為薄膜技術之突破，該公司研究之 MF (um 過濾) UF (nm 過濾) 以及 RO (逆滲透過濾) 系統，不但能快速省能的將所有雜質去除達 99.9999% 外，尚能去除 coliform (糞便大腸桿菌)、病毒 (viruses) 以及溶解性物質達到純水之地步，尤其運用在海水淡化上可達到比陸地水處理後更佳之水質，薄膜技術雖然在過去亦有所應用，但薄膜之材料、處理時間以及處理成本均高、除了特殊廢水（如醫療、食品、高科技電子等）外，鮮少普及使用，該公司成功的研發特殊材質，能夠既快速又便宜的將廢水純化，在水質的處理和水源的利用上，將是一大突破，惟因限於 Know How，其中之特色較難深入探討是唯一遺憾。

(土)日本的工業用水道歷史、工業用水法、工業用水道事業制度及工業用水水質

研修時間：2001 年 11 月 13 日

研修場所：(社) 日本工業用水協會

講員：專務理事 松本清、業務部部長 植草敏雄、業務部 桑原直雄、業務部工務課長 本郷秀昭、

總務部廣報課長 芳田丈夫

重點內容：

(1)日本國在二次世界大戰前急驟發展工業包括鋼鐵、紙業、石油、電力、化學、紡織等，造成新瀉港埠工業區用水不足，遂於昭和九年由該地區各工業公司出資設立工業用水道，抽取地下水處理後供應工業之生產，至昭和十一年第一個公營工業用水道事業，由川崎市政府成立，亦以抽取地下水淨水，而後陸續各縣均成立公營工業用水道事業以解決縣內工業生產用水之不足，惟因多抽取地下水為水源，造成各地地層下陷之嚴重情況，日本政府遂於昭和 31 年頒布「工業用水法」禁止抽取地下水利用，而改以河川水、下水道水以及工業廢水回收當作水源，並對工業用水道事業予以獎勵補助。

(2)日本工業用水道事業可區分為：

- ①工業用水道事業：由各地方自治團體、在其轄區內與各工業單位合作設立，並採取公營方式、民營方式或公民營合作方式經營。
- ②自家用工業用水道事業：對於特定的大用水戶企業（日超過 5,000 m<sup>3</sup> 以上），經過政府之許可，自行開發供自己的企業使用。

這兩種工業用水道事業必須經日本通產省（現改名為產經省）申請許可，並透過日本國土交通省與地方自治團體和流域經過之水權管理單位等協調，取得水權後始能建設。

政府對於工業用水道事業，依法均予以補助其建設費用，其建設費有固定之計算公式：

$$\text{建設投資額} = \frac{\text{計畫給水量} \times 365 \text{ 日} \times \text{每 m}^3 \text{ 收費一年經費}}{(\text{利息率} + \text{償還率})(1 + \text{建設利息率})}$$

依上列公式計算出建設投資額後，再由日本產經省依據不同之地區設定不同百分比之補助率，乘上該補助率即為該工業用水道事業能獲得之補助，其不同之地區設定為四大工業地區、新成立之工業地區、其他地區以及沖繩地區，而在每個地區又分為地層下陷區及未下陷區，再依據各地區設定不同之補助率由 25%~45%，惟沖繩地區例外，補助由 75%~100%，因有不同之補助率，日本產經省為公平起見，故組織審查委員會公平的審查決定補助率。

- (3)自昭和 32 年起，日本各都、道、府、縣等自治團體，紛紛為了發展轄區之經濟，而開發工業用水道現已有 140 個，其中由地方公共團體經營者有 131 個，由企業團體經營者 7 個，由公司自行經營使用者 1 個，由社團經營者 1 個，每日最大提供水量 6,429 萬 CMD，但現在每日使用量為 2,187 萬 CMD，而後這些工業用水道事業為研發淨水技術，另成立社團法人日本工業用水協會，辦理①爭取工業用水道事業之創設補助、借貸事宜。②調查研究工業用水道事業之經營管理。③出版研究發表學術論文（昭和 54 年被指定為學術團體）。④各種講座、技術人員進修。⑤發行學術刊物—工業用水。⑥接受政府、公共團體之調查研究工作。⑦水質調查、試驗方法、水質標準、管線標準之認證。⑧地下水技術開發利用管理之指導等。該協會現有正會員 168 個事業（工業用水道事業以及工業用水道使用之企業）特別會員 76 個（經理事會通過聘請專家學者），以及贊助會員 95 個（為工業用水

道事業之上下游產業)，協會之運作完全由會員繳交會費及經營調查、研究、認證等收入來維持。

- (4)現日本各工業用水道事業經營均採各別原價主義及責任使用制度。各別原價主義者，即是按原設定之資本支出成本減去政府之補助款加上操作維修人事費用，除上用戶之契約用量，則是收費之單價。所謂責任使用制度，即是由各用戶與工業用水道事業簽定合約，約定每日之供水量，未達到使用量，亦需按契約用量付費，除了有餘量供應情形下，各用戶不得超用，該兩制度優點在於確保資本回收，經營管理不致發生虧損，但亦有其缺點，當遇景氣不振，投資兌減時，使用戶將減少，收入就不易平衡。近十年來，因日本經濟急驟衰退，產業外移或減產，現各工業用水道事業收入均有捉襟見肘之感。
- (5)各產業之所以願意配合日本政府工業用水道之政策，經探討最主要之原因在於供水價格，日本各都、道、府、縣之自來水價因成本不同而有差異，多在 250～450 日圓／噸之間，(較貴地區甚至達 450 日圓／噸)平均亦 350 日圓／噸上下，但工業用水道之水價約在 20～40 日圓／噸之間，平均約 28 日圓／噸上下，其間差距頗大，故使用工業用水道不但節省了大量成本(約節省了 80%～90%)而且工業用水道水源供應結論在用水尖峰或枯水期均無斷水之故慮，可以確保生產無礙，在此兩大誘因下，各工業用水戶均願意配合使用工業用水道。
- (6)由於日本經濟衰退不振，且水權之分配已不多，因此工業用水道之開發在最近十年已出現趨緩之現象。在平成六年(1994年)之前，日本產經省每年補助工業用水道事業之建設資本費均在 200 億日圓以上，但平

成七年以後，補助由 150 億日圓／年逐減至平成十三年每年僅補助 100 億日圓左右，而這 100 億日圓之補助只是用在各工業用水道事業之更新設備上，已無補助新的工業用水道事業之創設開發，現有的工業用水道事業供水量已供過於求，使用量只是供給量之 1/3 至 1/2，但咸認這是大環境使然，基本上工業用水道的政策仍是保護地層下陷、水資源充分合理的利用，同時，為後代子孫永續發展原則下，奠定厚實經濟發展基礎與優質的生存保護空間，在推動的方向上仍有其意義。

#### (土)下水處理水與工業用水道之聯合運用見學

研修時間：2001 年 11 月 14 日

研修場所：名古屋市辰巳淨水場

講員：名古屋市辰巳淨水場係長伊藤賢一

重點內容：

- (1)日本自第二次世界大戰後以降，經濟發展迅速，工業用水需求激增，多仰賴地下水供應，因長期抽汲地下水結果，導致地下水位劇降，海水入侵使水質鹽化，並造成多處地區地層下陷問題。
- (2)為改善上開抽取地下水造成之危害，日本政府制訂了工業用水法，針對地層下陷區進行專用之工業用水道建設，以為因應。名古屋市上下水道局即負責該市之工業用水道事業，自 1961 年起完成淨水場及水路相關建設，開始營運供水。
- (3)在水權取得不易，興建水庫日益困難，且成本高、工期長之考量下，名古屋市上下水道局所轄之「辰巳淨水場」係以該市排放之廢污水（含生活污水、工業廢

水及雨水，採合流式，合稱「下水」)，分別先經該市「千年廢污水處理場」以活性污泥處理，及「辰巳淨水場」淨化後，應用於工業用水，以取其價廉、方便取得、水量穩定特性，並有效利用水資源。

- (4)該「下水」利用之水質處理流程如下：生活污水、工業廢水、雨水合流—「千年廢污水處理場」沉沙池—前曝氣槽—初期沉澱池—高速曝氣沉澱池—名古屋港放流（原處理方式）—「辰巳淨水場」高速凝集沉澱池—水位槽—急速過濾池—配水池—工業用水（現採行方式）
- (5)所處理後水質須符合日本工業用水協會所訂定之水質標準；另名古屋市亦規定有工業用水水質管理條例，分別規範工業用水水質，濁度：15 以下、pH 值：6.0~7.5、水溫：<27°C。
- (6)名古屋市下水處理水除用於工業用水外，尚由該市環境事業局規劃應用於公園澆灌、市區大眾運輸系統清洗及醫院等公共設施之沖廁用水。

### (三)下水處理水與工業用水道利用狀況見學

研修時間：2001 年 11 月 14 日

研修場所：住友輕金屬（株）

講員：住友輕金屬工業株式會社能源管理部部長笠松

重點內容：

- (1)住友輕金屬工業株式會社以生產鋁、銅壓製品為主要營業項目，其用水類分為：
  - ①自來水：用水量 1,140 噸／小時，用於金屬沖洗、冷卻用水及飲用。

- ②工業用水：用水量 1,400 噸／小時，用於冷卻用水及 RO 純水製程用水。
  - ③ RO 純水：用水量 64~77 噸／小時，用於金屬沖洗、鍋爐補充水及冷卻用水。
- (2)該廠用水原以自來水為主（水價約 330 日圓），惟考量 RO 純水(以工業用水為水源)成本僅約 76.7 日圓，較自來水更廉價，且水質更佳；是以，逐年提升 RO 純水用水比率，已收降低生產成本效益。
- (3)廢污水原為無用之污染物，惟經處理後，可轉化為有用之水資源，除有效再生利用外，並解決環境污染問題。國內工業發展面臨用水不足困境，可借鏡名古屋市上下水道局及住友輕金屬工業株式會社做法。

#### (四)一般機械器具製造業工場之水利用見學

研修時間：2001 年 11 月 15 日

研修場所：日本製鋼所廣島製作所（株）

講員：金子信雄，木村正幸，荒谷秀治

重點內容：

- (1)日本製鋼所 JSW (THE JAPAN STEEL WORK, LTD.) 廣島製作廠面積約 340,000 平方公尺、員工 1,100 人，在 1920 年 JSW 成立以來即為該公司最重要的製造廠，為生產各類產品製造的成套設備，舉凡射出或壓出成型設備，工業生產用機械設備，金屬鑄射出成型機械等，另包括軍事用途的大砲砲管的製造，產品種類繁多，該廠並設有科技研發中心，提供客戶需求之生產設備最新的科技及技術。
- (2)此行主要目的為介紹 JSW 與石川島汎用ボイラー株式



會社 (IBK) 合作生產之水處理產品 (スゲルキラー)，其原理為利用不同金屬產生之自然電場及磁鐵的永久磁場兩種物理特性，將進入鍋爐或循環冷卻系統之水中含有的有害鍋爐或管線物質如  $\text{Fe}^{++}$ ， $\text{Ca}^{++}$ ， $\text{Cl}^-$ ， $\text{Si}(\text{OH})_3\text{O}$  等結晶化，以避免附著或侵蝕作用。

(3) 一般傳統鍋爐的使用水在進入鍋爐前必須先經過軟水器的處理後，為避免鍋爐生銹腐蝕需再加藥調整 PH 值到 11~12 間，才能進入鍋爐使用，本產品即為免加藥的程序，同時不需另加外部電力，其效果如下：

- ① 熱交換效率的維持：鐵銹將減少熱力的傳導。
- ② 補給水量減少：可大幅減鍋爐的排氣，節省水的補給。
- ③ 不需使用藥品：不用一般調整 PH 值的藥品。
- ④ 維護管理簡易：節省管理人力及經費。
- ⑤ 延長裝置機器 (如鍋爐、管線) 壽命。
- ⑥ 淨化排水及排氣：減少污染保全環境。

(4) 由於鍋爐、管線為工業生產的基本設備，スゲルキラー除可降低生產的成本，且體積小不佔空間，目前最大的型式 (其標率流量每小時 5,700 立方公尺)，尺寸為 176 公分，重 1,800 公斤，可接直徑 30 英吋的管路，故已在日本逐漸的被採用。IBK 採用的行銷方式有兩種，一為直接賣售，價格約為一般傳統加藥 1 至 2 年的藥價；一為租用，租金則為每月藥價的一半，其使用壽命則與鍋爐差不多。

#### (五) 鋼鐵業之水利用見學

研修時間：2001 年 11 月 16 日

研修場所：淀川製鋼所吳工場（株）

講員：吳工場工務課松本祐之、靜間直樹

重點內容：

- (1) 淀川製鋼所係於 1935 年設立，資本額為 232.2 億日圓，年銷售額 1,111 億日圓，員工數約 1,800 人，計有鋼板部門、建材部門、滾筒部門、蓋板部門及工程事業部門等，下設吳、市川、大阪、福井等 4 工場，台灣之盛餘股份有限公司為其投資之子公司。本日參觀之吳工場，主作鋼板表面處理，日本最大表面處理廠。
- (2) 鋼板表面處理流程包含熱軋、酸洗、軋延、鍍鋅及烤漆等，吳工場之產品部分完成鍍鋅程序即可出品，部分需再進行烤漆，後者多用於建築材料或電器產品。
- (3) 該場工業用水使用概要(詳圖一)，必要水量為 32,000 噸／日，其中循環利用水量為 24,000 噸／日，實際給水量為 8,000 噸／日，惟其工業用水之契約水量為 9,300 噸／日，計其用水回收率約 75%。場區分為第一工場、第二工場及表面處理場，其中表面處理場為二年前興建，其用水回收率高達 90% 以上。
- (4) 洗淨用水及鍋爐用水並不回收，經廢液處理後放流入瀨戶內海，總量為 7,800 噸／日，瀨戶內海之放流標準甚為嚴苛，惟仍有居民抗爭情事。
- (5) 本場目前使用之鍋爐有二套系統，一套未使用スゲルキラー（傳統型，需注藥），一套使用スゲルキラー（不需注藥），惟均由電腦自動化控制，未使用スゲルキラー者，設備所需場地較大，且需堆置藥品。

(六) 鍋爐用水的新技術見學

研修時間：2001 年 11 月 16 日

研修場所：石川島汎用ボイラー（株）

講員：海外部部長千葉櫻宏、技術部部長三好孝徳、生産管理部部長荒谷秀治、事業所長有賀雅彦

重點內容：

- (1)石川島汎用ボイラー株式會社（IBK）生産普通型鍋爐已有 40 年歷史，鍋爐係為火、材料、水之集約設備，因此需進行三物質的了解、管理，才可創造最佳產品。未來該公司產品將考量環境、通訊面結合之技術問題，以求創新。
- (2)目前該公司生産的鍋爐有三種，分別為①水管式鍋爐：合於壓力高、蒸氣量大者，多為大企業使用；②爐筒煙管式鍋爐：中型鍋爐，如蒸氣機、火車等即屬此類；於日本，操作水管式鍋爐或爐筒煙管式鍋爐，均需執照，目前已越來越少使用；③貫流式鍋爐：小型鍋爐，蒸發量小於 2 噸／小時。
- (3)鍋爐材料為鐵,由於水中含有  $\text{Ca}^{++}$ 、 $\text{Mg}^{++}$ 、 $\text{Si}$  等成分，易氧化，如氧化成  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，稱為紅銹（色紅，故名之），將破壞鍋爐，如氧化成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ，色黑，稱為黑銹，可作為鍋爐之安定被膜，防止內壁腐蝕。鐵於電位—PH 變化圖上的氧化情形關係圖觀之（如圖），一般鍋爐操作係於 PH=11~12 之條件下，故電位低者，有利於  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  產生，反之，易生成  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，甚至腐蝕，故降低電位可利於鍋爐壽命之維持，依此觀點，開發スゲルキラー，透過磁場、電場以降低電位，並應用於鍋爐水的管理，經證明可完全替代傳統注入藥品控制水質，維護管理鍋爐的方法，且因無藥品注入，故亦無排水廢液污染之問題，價格低且管理簡單，甚具潛力。

## (七)造船所見學

研修時間：2001年11月16日

研修場所：石川島播磨重工業（株）

講員：長井寬、北條宏明

重點內容：

- (1)石川島播磨重工業株式會社(IHI)係於1853年創立，其下工場及事業所計有八處，吳地區工場為其一，緣於1889年吳鎮守府下之海軍工廠，專司軍艦建造，歷史有名者，如「大和」、「長門」皆為吳工場所出，下有第一工場、第二工場及新宮工場等三場，目前第一工場主為造船場，第二工場為航空器噴射引擎製造，新宮工場為橋樑、港灣工程建造。本次見學場所為吳第一工場。
- (2)船泊之製造流程分為設計、簽約、材料訂購、開工、船體區塊(Block)加工、區塊組裝、移裝及試運轉等。
- (3)參觀第一工場目前建造中之新貨櫃船，該船可容6,400貨櫃，80,000馬力、柴油引擎、螺旋槳轉速100rpm、時速25節，據長井先生說明，此船之區塊加工約需2個月，區塊組裝2個月，實際建造如此龐然大物僅需4個月，令研修員們大為驚異，後參觀其區塊加工區，對於其各項單元之自動化、機械化，不得不相信4個月建造期確有可能。
- (4)第一工場之排水處理能力為3,190噸/日，處理設備於1975年製造，處理方法為一般性方法。

## (八)電子業水處理系統、上水道用水設備、超純水處理系統見學

研修時間：2001 年 11 月 19 日

研修場所：オルカノ（株）

講員：理事兼技術生產本部企劃業務部長 宮島正行、  
次長 富岡良治、環境事業部計劃部課長 廣川  
浩之、電力事業部營業部課長代理 本多哲之、  
電子部高級新技術研究員 今岡孝之博士

重點內容：

- (1)該公司於 1946 年創立，當時在長野縣諏訪市以製造蒸餾水、脫鹽分水之機器設備為主，而後陸續發展製糖脫鹽、脫色設備、化學製藥、電子工業純水設備、食品業供水、排水設備等與水有關之設備生產、開發，及至 1974 年成立股份有限公司，進行研發、設計、生產與水有關之各種技術，迄今實收資本額 82 億 2,550 萬日圓，且股票上市，平成 13 年實際營業額 745 億日圓，現有員工 780 名，研發且取得之專利已超過 730 個以上，海內外分支機構有 23 個，並在台灣新竹投資日商奧璐佳璫台灣分公司，專營水處理設備之研發、設計、銷售等。
- (2)在電力冷卻用水回收循環系統上，無論是用核能或火力發電，均是將水蒸發為蒸氣後，轉動渦輪發電，蒸氣使用過後冷凝成水，如果排掉，將浪費大量用水，如果回收在技術上過去較難克服，該公司研發出利用海水經樹脂交換系統及薄膜（membrane）過濾，將鹽分（ $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ……）去除淡化並循環使用，每日僅補充蒸發失去的水分，一改過去取淡水使用之浪費方式，並且採冷凝成水所使用之冷卻水，亦抽取海水不做處理，經鈦金屬之管線（防腐蝕）冷卻後將海水排至大海，完全不用海水淡化，雙重節省用水，現在日本已有數火力發電廠及核能發電廠採該公司

技術運轉，對水資源之節約可謂一大突破。

(3) 薄膜技術在生活污水、工業廢水、飲用水、超純水上之應用，已有數年之歷史：

① 薄膜現分有四種：MF 可將  $0.1\ \mu\text{m}$  以上之物質過濾去除，UF 可將  $0.1\ \mu\text{m}$  至  $1\text{nm}$  之物質去除，NF 可將  $1\text{nm}$  以下之物質去除  $99.7\sim 99.9\%$ ，RO 幾乎對小於  $1\text{nm}$  的物質去除  $99.9999\%$  (可謂完全去除)，要利用生活污水，工業廢水回收再利用或海水淡化利用，現在已非用薄膜技術不能達成，站在資源永續發展及環境保護上，薄膜之運用在未來勢不可免。

② 薄膜用在水處理上有兩種形式，一為有外殼裝置，薄膜於殼中，水經過薄膜過濾 (外壓式)，一為無殼裝置，將薄膜直接放置水中過濾 (中空內壓式)。過濾方式亦分為二，其一為十字交叉型過濾，一面過濾，一面將過濾物去除。另一種為全量型過濾，其過濾物會隨過濾水留在膜表面上，故需用物理方式清洗 (如逆洗) 或用藥物清洗 (如用鹼將有機物氧化或用界面活性劑清洗無機物)，清洗可在線上直接清洗或分離式拆除清洗，端視處理之水量及水質而定，並無一定的規範。該公司自從研發薄膜技術，在日本已推廣 235 件案例，全由該公司設計、裝置、維修，提供之行業包括上、中、下水之處理、食品、醫藥、工業製程之用水處理，運用極廣。

③ 以今市市水道部瀨尾淨水場為例，其取該市大谷川之河流水，經處理並提供  $10,000\text{CMD}$  (最大量為  $14,400\text{CMD}$ )，處理單元為洗砂，混凝沉澱，薄膜過濾後，配送各工業用戶，處理過之水濁度在  $0.1$  度以下，薄膜採 6 個單位，每單位 20 個膜組，即

可達到以上供應標準，對工業生產所需之用水量及水質確保無慮，且佔地面積是傳統水處理用地 1/10 以下，又無人運轉方式操作，成本低廉，薄膜運用之優點在本案例中充分顯示出來。

#### (4) 半導體業超純水供應系統

- ① 高科技電子產業之發展是吾人當前及未來之趨勢，而高科技電子產業以生產晶圓、液晶顯示器 (LCD) 及封裝等最為耗水，如何為創造經濟，又能節省水資源，同時兼顧環保，各產業均投入大量資金研發可行技術。Organo Co. 在這方面頗有績效，其中薄膜技術研發已如前述，另一研發為半導體超純水之回收再利用系統之突破亦頗令人讚嘆。
- ② 以往晶圓、LCD、封裝之製純水廢液回收約在 40~70% 之間，未能完全回收原因在廢液中含有  $F^-$  (氟離子) 之故，其廢液經過混凝沉澱，而後固液分離、回收，其缺點在於用藥品混凝後之出流水必須再一次處理，費時且耗成本，又必須要有較大之佔地面積來處理，處理效果最多為去除 60~70%，故回收率一直無法有效突破。Orango Co. 則研發晶析法處理，先種晶後通以含  $Ca^{2+}$  液體，將  $F^-$  形成  $CaF_2$  附著於種晶周圍後析出 (因涉及 know how 未能充分詳加討論)，因析出為固型物且廢水中之  $F^-$  約 95% 可析出，一改以往之缺失，處理過後，完全無污泥問題，處理設備佔地面積可減少 2/3，處理後之廢水可回收 90~95%，達到水循環使用之目的。
- ③ 又如 IC、LCD 之產品在製程上必須製造純水或超純水做為清洗劑，在製造純水、超純水過程必須使用硫酸、碳酸等酸性物質，造成廢水處理上之困

難。Orango Co.研發以電析法（EDI）在過程中加入 H<sub>2</sub> 及 O<sub>3</sub> 等，藉 H<sub>2</sub> 之強還原性及 O<sub>3</sub> 之強氧化性可將水中物質去除進而回收再利用，不會造成廢液污染環境，且降低成本增加競爭力。

- ④高科技電子產品已是未來之趨勢，但製程中高耗水量、高污染量亦是不爭之事實。高科技電子產品未來將越來越精密，功能越來越大情況下，更是消耗了大量水，同時製造大量之污染，如何將污染去除再回到製程上來循環使用，是一重要之課題，Orango Co.在這一方面投入大量研究經費，且均有突破，成效卓著。

#### (五)食品工場團地的廢水處理見學

研修時間：2001 年 11 月 19 日

研修場所：京葉ユーティリティ（株）

講員：千葉縣京葉食品聯合協議會理事長兼京葉聯合有限公司董事長 井伏昇三、京葉聯合有限公司工務部水處理課課長 三宅哲也、三浦岡

重點內容：

- (1)千葉縣緊鄰於東京都東方，該縣東方為山丘，西、南面臨東京灣，二次世界大戰前即為日本食品工業之重鎮，於 1960 年中，因為民眾環保意識高漲，且背山面海、平原短點，缺乏用水，故日本通產省在東今灣填海造地，將千葉縣食品工廠遷至部分的人工島上成立京葉食品工業專區，一為有利於千縣政府規劃工業用水水道，另達到遠離市區、集中生產、便於管理之目的。該工業區佔地 676,500m<sup>2</sup>，現有各類食品如啤酒、咖啡、便當、調理食品、蔬果分裝、包裝食物等



公司 34 家，並於 1973 年，由該 34 家公司成立京葉食品工業區協議會，以共同管理該工業區，至 1977 年為節省營業成本，便於有效管理起見，再由 34 家公司共同出資成立京葉食品聯合公司，舉凡區內之用電變電所，蒸氣製造，廢水處理排放，工業用水事項以及消防安全等，集中由該公司經營管理，雖為有限公司，但不以營利為目的，僅求自給自足，提供有效率的管理。

(2) 該園區各公司自千葉縣工業用水道取得工業用水，依各公司使用水質狀況自行處理使用，使用完後之廢水經區內之廢水管引入該聯合污水處理廠，處理至排放標準後排至東京灣內，目前因該園區內廢水處理場有二套系統，分為 A、B 兩處理場，B 廠處理 Sapporo 啤酒廠之廢水，A 廠則處理 Sapporo 啤酒廠以外 33 家食品工廠之廢水，其處理單元分別為：

① A 廠：沉砂池、曝氣池、活性污泥池、混凝沉澱池、消毒池等，每日處理能力為 7,700CMD，其進流水管制標準為 COD：330 毫克／升、BOD：550 毫克／升、SS：250 毫克／升，處理後排放水質為 COD：7.5 毫克／升、BOD：1.0 毫克／升、SS：2.0 毫克／升。

② B 廠（專處理 Sapporo 啤酒廠廢水）：沉砂池、曝氣活性污泥池、混凝沉澱池、活性碳吸附池、臭氧氧化池、加氯消毒池等，每日處理能力為 8,700CMD，其進流水管制標準為 COD：370 毫克／升、BOD：1100 毫克／升、SS：480 毫克／升，處理後排放水質為 COD：6.5 毫克／升、BOD：1.0 毫克／升、SS：1.1 毫克／升。

(3) A、B 廠之污泥處理場：A 場污泥處理採 NATECO 的

乾燥式脫水系統，每日處理量為 20 m<sup>3</sup>，B 場污泥處理採帶式壓力脫水系統，每日處理量為 680m<sup>3</sup>。

(4)另因千葉縣工業用水道之供水在進入各公司使用前，為減輕各公司處理之成本，故先導入該公司淨水場做前處理，將一部份中水道回收的工業用水污染物去除泰半部分，其處理計二系統，處理單元分別為：

①過濾系統：混凝沉澱、砂過濾、消毒等處理單元、每日處理量為 13,300CMD。

②高級處理系統：利用活性炭吸附處理單元、每日處理量為 8,700CMD。

(5)千葉縣為供應各工業區之工業用水，已設有中水道淨水場（取河川水及下水道水處理），當淨水後送至各工業區，其水質自仍不符工業之需求，尚需自行處理至需求的標準，而所產生之廢水亦為符合環保要求之排放標準，各公司亦需在處理至排放標準始能排放，但如由各公司自行處理，其成本自然增加，如果統一處理，不但能降低成本，亦符合環境規劃管理之基本原則。京葉食品工業區之京葉食品聯合公司為區內各公司統一處理水質，確保用水安全及環境保護即是一明顯的例證，在成本共同分擔下，降低各公司機器設備、操作維護、行政管理之各項費用，雖然在成本考量下，處理過之廢水不再回收利用（直接排放至東京灣），但一旦中水道供水缺乏時，仍可再引入千葉縣中水道淨水場處理利用，該成功之例子，可為我國工業區開發時之借鏡。

(五)靜岡縣工業用水道及工業用水道研修設備見學

研修時間：2001 年 11 月 20 日

研修場所：靜岡縣工業用水道富士川事務所

講員：靜岡縣企業局富士川事務所所長石川勝

重點內容：

(1)靜岡縣企業局負責縣境工業用水道建設、管理事業，就區內 230 家企業，提供全天候穩定之工業用水，其下轄三處工業用水道系統，分別為：

①靜清工業用水道：

a.自西元 1940 年起營運，係因應二次世界大戰國內製鋁廠工業用水需求而興建，為日本最古老之工業用水道事業之一。

b.以安倍川及伏流水為水源，計畫取水量 96,000 噸／日。

c.本身無淨水場設施，由它處（富士川淨水場）經水質處理後，送至「上原配水池」配水。

d.水價為每度 9.5 日圓。

②富士川工業用水道：

a.自西元 1964 年起營運，供應「岳南地區」之造紙業用水（為日本重要之造紙中心）。

b.原以富士山地區之地下水為水源，惟因取水量大，導致地層下陷、水質鹽化問題，現改以「芝富發電廠」發電尾水為水源（電廠用水取自「芝川」【富士川支流】），計畫取水量 214,000 噸／日。

c.原水濁度甚高，經「富士川淨水場」處理，送至用水戶後，仍需由各企業視用水需求，再行處理應用。

d.水價每度為 7.3 日圓。

③東駿河灣工業用水道：

a.自西元 1971 年起營運。

b.以「日輕金發電廠」發電尾水為水源（電廠用水取自「富士川」），計畫取水量 1,415,000 噸／日。

c.原水經「厚原淨水場」處理後送至用水戶，惟因富士川溪水含沙量大，尤以颱風季時，濁度值可高達 3,000；是以，須經高度處理（平時以硫酸鋁處理，濁度高時另以多分子聚合物處理），使濁度降至 20 以下。

d.水價為每度 16 日圓。

(2)因都市發展伴隨之市街地下化工程，交通量增加引發之車輛衝壓，及管線老舊問題，造成工業用水道毀損情形頻仍；為維護工業用水道相關設施，加強對工業用水道從業人員之教育訓練，由靜岡縣企業局開設「水道技術研修課程」，於富士川事務所設置工業用水道相關管路設施，針對中、高階主管、幹部及新進人員，進行有計畫之實務操作訓練，以熟稔業務所需技能，確保工業用水道之安全與正常運轉。

(3)日本工業用水道事業發展完備，有效降低原水處理成本，依靜岡縣案例，工業用水水價約為自來水水價之 1/10；反觀國內倡議「飲用分離」政策經年，迄今仍未能落實推動，頗值深思。

(4)日本企業界甚為重視員工之在職教育訓練，公營機構亦不例外，觀諸富士川事務所設置之工業用水道管線設施，體會其員工教育訓練非僅型式化之講授課程，尚著重於實務操作訓練，強化對事故、災害之應變處理能力，相較於國內企業工安事故頻仍，可引為殷鑑。

(三)金屬表面處理工業園地之水利用及廢水處理見學

研修時間：2001 年 11 月 21 日

研修場所：中央鍍金工業協同組合協同公害防止處理中心

講員：協同組合公害防止處理中心所長 上田雄二

重點內容：

- (1)日本東京都內之各表面處理電鍍業在 1960 年代以前，均散在東京都內各地，由於社會、經濟不斷提升，且在環保法令一再趨嚴下，民眾環保意識抬頭，表面處理電鍍業面臨被迫關廠、歇業或走出之壓力，東京都政府有鑒於此，利用東京灣填海造地，成立京濱島工業區，將東京都內各表面處理電鍍業遷至該工業區，繼續生產，又因該工業區缺乏供水，雖有東京都中水道系統，但仍感不足情況下，特別要求遷入之業者，需採省水節水之生產方式，同時排放廢水需符合法令之要求，願接受此條件者始准遷入，否則只有被淘汰；該工業區於 1961 年成立，當時，遷入有 60 至 70 家，但經兩次石油危機之衝擊，現僅存 23 家，其中 21 家為直接生產業者，2 家為關聯性生產業者，當時遷入之業者，在東京都政府之指導下，成立了中央鍍金工業協同組合，對於區內之各項公共建設、管理等，由各公司共同出資經營，由於設立之初，舉凡各項費用龐大，對遷入區內之中小企業形成投資負擔，故由東京都政府貸款予該協同組合，分十五年償還，成立迄今已 25 年，當時之建設貸款均已還清。
- (2)表面處理電鍍業，其最大之成本負擔在於消耗大量之用水，以及所產生之廢水處理困難，該協同組合為解決這個問題，特別設立聯合廢水處理系統，藉由專門

的技術和統一處理以降低各公司之投資成本，防止污染事件，安心生產，其聯合廢水處理場概述如下：

①將各公司電鍍廢水導入，並依據各公司電鍍廢水之成份不同，先行分類處理，其分類為： $\text{CN}^-$ 廢液、 $\text{Cr}^{+6}$ 廢液、特殊高濃度  $\text{Cr}^{+6}$  廢液、酸性廢液、鹼性廢液、一般性廢水等。

②於各廢液在各公司排入聯合處理場前，需預作處理達到進流標準後，始能排入聯合處理場，該場在接受進流水後依據不同之廢液作前處理，各液前處理如下：

$\text{CN}^-$ 酸性廢液：先酸化氧化分解處理。

$\text{Cr}^{+6}$ 廢液：將  $\text{Cr}^{+6}$  還原至  $\text{Cr}^{+3}$ 。

特殊高濃度  $\text{Cr}^{+6}$  廢液：利用離子交換或電解處理再還原。

鹼性廢液、酸性廢液、一般性廢水：調整 pH。

③當前處理完畢再將各股水導入混凝池加混凝劑（硫酸鋁與高分子聚合物）混凝沉澱，最後調整 pH 至排放標準後排放，混凝池沉澱之污泥另刮除經濃縮、脫水後送磚瓦廠作建築材料。

(3)由於該工業區採共同處理，所有處理成本共同負擔，然因各家公司送至處理場之水質均不同，操作成本亦大不相同，如何做到公平、正義的收費來維持，是共同處理的成敗關鍵，該處理場係依據各公司的水質以電磁閥採樣分析濃度，計算處理所消耗的藥材，乘上藥材費用，再加上排水量乘上處理水量每立方公尺之單價，即為該公司每月應負擔之費用，因此，每家均應負擔排放進流水中水質處理費用及水量處理費用，既符合環境規劃管理學中之正義原則，也符合公

平原則，在各家均無異議遵照下，聯合共同處理場才能維持營運。

- (4)因為各公司排放進流水水質差異懸殊，同時為便於共同處理場易於處理以及收費管理，因此，必需要求各公司在生產過程中降低用水量以控制進流水之水質，也因為降低了用水量，亦同時降低了處理成本，公司因而在獲利之誘因下，願意配合，舉一例說明，原電鍍槽分四清洗，最先清洗之槽，廢液濃度最高，依次而降，以往當電鍍清洗完畢後排放，經改良流程，將第四槽濃度較低之水，經簡單循環稀釋處理後移作第三槽使用，依次第三槽水移至第二槽，第二槽水移至第一槽，僅排放清洗後第一槽高濃度水至處理場，如此循環使用後，只是原製程耗水的 10%，將近 90% 的水得以繼續循環使用，廢水處理成本亦得以降低，達到水資源的合理運用，排放廢水減量，處理場容易處理，不致污染環境，也因此，處理成本隨之降低，不致造成投資障礙，無論在資源、環境之管理上和經濟開發上均獲得確保，該工業區實為一成功之例證。

## 肆、心得與建議

### 一、心得

- (一)資源使用會改善生活品質，環境保護則會改善生存空間，這兩個課題也是吾人在矛盾中不斷的掙扎，何者應優先？揆諸世界環境及發展委員會（WCED）在1987年發表「永續發展」，定義為：在符合當代需要的發展，但不損及後代追求其本身需要的能力；1990年國際自然和天然資源保育聯合會（TUCN）、聯合國環境計畫組織（UNEP）及世界野生動物基金會（WWF）共同發表「永續發展」的定義為：在生存不超出維生生態系統容受力情形下，改善人類之生活品質。該二定義，已充分說明為兼顧吾人當代及未來，在環境的容許下，合理的使用資源，也為資源使用和環境保護兩者矛盾爭議獲得註解。
- (二)日本水資源的總用水量，工業用水約佔16%，農業用水約佔66%，生活用水約佔18%，依近10年來的調查，生活用水每年平均約有1.3%的成長，農業用水大致維持，工業用水則相對逐年減少，日本雖受近年來經濟不景氣影響，惟工業生產仍維持一定水平，其工業用水之所以能逐年減少則歸功於日本政府的遠見，在30年前即預測經濟成長及水資源短缺問題，在生活及農業用水移撥困難，而新的水庫開發更面臨壩址難覓、生態環境及民眾抗爭情形下，有限水資源端賴節水、合理用水、廢水再生利用等措施，並設立了專責機構來從事調查、研究、開發、推廣及技術轉移等工作，此種遠見及總體規劃觀念實值敬佩及學習。
- (三)日本在早期為供應二次世界大戰之軍需補給，抽取地



下水做為生產的工業用水，但卻也造成嚴重的地層下陷和水質鹽化，尤其在戰後，日本經濟發展突飛猛進，工業用水更是短點，日本通產省不得不禁止抽地下水利用並改以河川水、下水道污水及工廠排放廢水等回收淨化後，在供給產業利用，由日本通產省和國土交通省協調各都、道、府、縣等自治團體和產業共同開發工業用水道系統，分配水權以因應經濟的發展。當工業用水道系統建立後，水處理淨化的技術亦隨之發展，兩相配合下，再輔以降低成本和建設補助及妥善管理的誘因，產業無不爭相配合，達到在水資源合理應用下，不與經濟發展發生衝突。

(四)日本的水道分離政策發展相當完備，依用途別分為上水道（自來水）、工業用水道、農業用水道及下水道等，整體配套措施亦完善，如下水處理達 90%，因此河川污染輕，相對的，提供工業用水的水源，其前處理成本低（一般僅做濁度濾除，水質標準為冷卻水用水標準，各企業自工業用水道受水後依水質需求，自行再處理），因此，工業用水水價約為自來水水價的 1/10。目前，我國工業用水未設專管（僅少部分），因此，與民生用水共用，於緊急時，主管機關難以作妥適調配，再者，企業對用水水質需求不一，需求高者，仍需自行再處理，需求低者，過多前處理則形成浪費，總體而言，對企業、對自來水公司，皆為不必要之浪費，對於工業用水道的施設宜儘速考量規劃。

(四)日本工業用水道事業發展迄今，已達 241 個，由於工業用水道事業之蓬勃發展，水處理及相關技術也伴隨成長，這些技術雖然研發目的在水處理上，期使獲得廉價質優的水質和水量，但經過改良後，尚可使用在工業的生產上，不但降低成本，同時也提昇了工業生

產技術，再透過日本雄厚產業基礎和行銷能力，將這些技術遍布推廣至全球，可謂是推動工業用水道系統帶來另一種利益，例如，過去鍋爐或冷卻系統在水循環上，常有高濃度垢腐蝕管線及機設，因而研發出電位磁場防垢裝置，不但對爐體和管線之安全確保，又可免去因防腐蝕的用藥，除降低了成本，環境也得以保護。另外，再改良處理水質過濾系統，因而研發出MF、UF、NF、R.O.等過濾材質系統，這些突破性的研發，不但可將再髒的水處理至純水或超純水的程度，同時，也應用在電子、食品、醫藥、太空、、、等等事業生產流程上。這些相關技術的研發輸出獲得高額之附加價值，和產業自然升級之利益頗為有利。

(五)綜觀日本推動工業用水道及中水道系統成功，不外乎法令與經濟利益的誘因兩個因素搭配而成，過去日本工業所仰賴地下水使用，在法令嚴禁後，日本政府另闢利用下水道、河川水、工業廢水回收取代地下水，並給予地方自治團體、水權單位、生產事業以及民眾經濟利益的誘因，自然水到渠成，該兩者缺一均可能事倍功半，甚至功敗垂成，值得我國省思。

(六)台灣地區降雨量雖達2,500公厘，惟降雨集中、分佈不均，雨季時經常豪雨成災，旱季時亦經常面臨缺水危機，尤以近年來受溫室效應影響結果，氣候異常現象愈為頻繁且造成災害情況也特別嚴重，在日本及北美等地區亦有相同的情形，台灣地區在本年內即遭受桃芝、納莉颱風超大降雨強度的侵襲而嚴重受創，而都市化地區由於皆為建築物、瀝青路面所覆蓋，復因上游坡地過度開發，水土保持不良等問題，降水無法滲透而迅速夾帶土石流入河川，造成水位急速上升為主要災害原因之一，日本墨田地區之雨水截留貯存，

除可減低因都市過度開發的洪水問題外，亦有效的利用雨水，達成節能的目的。

- (七)雨水或中水系統的使用必須在建築物設計時配合貯槽及管路的佈設，在日本雖無法律上強制性的規定，但在墨田地區經大力的推廣及勸說下許多新設的公共建築及一般民眾家庭已大量採用雨水利用設備，並已有相當的成效，此亦值得台灣推廣及學習之處。
- (八)在高水價的政策以及中水道差價的誘因下，中水道系統亦推廣到民眾的生活用水上，只要住家裝設中水道管線，可利用中水道水作為廁所沖刷、花木澆灌、車輛清洗、空調冷卻、大樓消防等多種用途，以降低生活成本支出，另外，住家亦可採雨水儲留之方式作以上生活用途，亦可降低生活成本支出，民眾之所以願意配合，主要在於高自來水價，用自來水作以上生活用途是屬不經濟行為。對於民眾面對日本高所得高消費的經濟型態，如能節省支出，對改善生活品質不無助益，而各自治團體亦利用中水道做為公園嬉水、花木澆灌、車輛清洗、街道清洗、消防用水以降低市政成本，又可將處理中水道之污泥賣做裝飾品材料、建材添加劑、農業土壤改良劑，以增加財庫收入，符合公共政策管理之開源節流原則。
- (九)在造水對策方面由於我國自來水水價較低，對企業的造水投資優惠不足，故難以普及推動，事實上，企業的造水投資如屬用水的處理，可減輕供水的前處理成本（惟前提是工業用水及民生用水水道分離），如屬廢水處理，則可減輕環境的污染及下水處理成本，就環境整體面有其正面之意義，宜積極推動之。
- (十)日本之海水淡化設施除以海水為水源外，尚利用「汽水」（或譯「鹼水」。含鹽度稍低，取自臨海地區之地

下水、鹹水湖泊或河川出海口之半鹹水)。衡諸全球海水淡化發展，亦以海水及「汽水」為主要水源（依據 1999 年 12 月 31 日之統計資料，世界各國設置容量 100 噸／日以上之海水淡化廠，以海水為水源者占 58%，以「汽水」為水源者占 25.5%），可供國內海水淡化建設之參考。

- (土)國內半導體業製程用水係就自來水以 R.O.（逆滲透法）處理為純水，該種處理方式如以海水或「汽水」為水源（即改採「海水淡化」供水），亦能產生同等水質之用水，並節省相當之自來水用量，可為國內半導體產業用水規劃之參考。
- (土)日本之海水淡化發展，除興建海水淡化廠外，亦建造有移動式之造水車，視用水調度需求，將造水車開至指定地區，就地以廢污水或海水為水源，透過造水車之設備造水，機動支援缺水地區或災區之緊急用水，深值國內師法借鏡。
- (土)從落合處理場及水循環中心之整套流程參觀後，不僅其處理水質的能力令研修員印象深刻，其各環節配套設計之嚴謹，包括污泥處理、水再生利用、廢熱回收再利用等，均令我們佩服，台灣河川污染之嚴重，已令原本水資源匱乏的先天條件雪上加霜，下水處理有其迫切的需要，宜積極推動之。
- (土)污泥處理資源化之產品如透水磚、工藝品等，均甚為精緻美觀，惟其成本仍高，但以污染減量的觀點觀之，加以台灣棄置場所難覓及防止二次污染起見，此等投資，經濟價值當更甚於所見，因此，廢物資源化的研究與投資有其更大的意義，應於未來政策中加強推動。
- (土)在新用水水權取得不易，而興建水庫日益困難，且成

本高、工期長之考量下，名古屋市上下水道局所轄之「辰巳淨水場」係以該市排放之廢污水（含生活污水、工業廢水及雨水，合稱「下水」），分別經該市「千年廢污水處理場」以活性污泥處理，及「辰巳淨水場」淨化後，應用於工業用水，以取其價廉、方便取得、水量穩定特性，並有效利用水資源。廢污水原為無用之污染物，惟經處理後，可轉化為有用之水資源，除有效再生利用外，並解決環境污染問題。國內工業發展面臨用水不足困境，可借鏡名古屋市上下水道局及住友輕金屬工業株式會社以廢污水處理水作為工業用水之做法，除加強督導企業改善自身工廠製程廢水之回收再利用外，並規劃市鎮或區域性廢污水之處理，應用於工業用水，以利水資源之最佳有效運用。

(六)スゲルキラー在日本適用的水為自來水、地下水、河川水、工業用水，惟台灣地區據 IBK 人員表示尚未引進使用，故台灣地區的水質情況是否適用尚需進一步的水質分析及測試。降低生產成本為提高競爭力的不二法門，惟能兼顧環境生態保全，才符合時代潮流，達到永續發展的目標，本產品倘能適用於台灣，實值予推廣。

(七)參觀吳市三大重工業公司，其工場規模、機械規模均令研修員印象深刻，此一行程安排，雖與水利無直接相關，研修員於國內亦甚少有機會見習國內相關之產業，惟對日本、對工業在生產、管理、行銷及水資源供需或操作等方面之觀念或行動，有甚多的啟發，如スゲルキラー之開發，即以利用水的物理處理法，得到化學效應的控管；又如爐筒煙管式鍋爐之建造，其爐筒及煙管刻意形成螺紋狀，據分析可吸收熱膨脹，增加設備之強度，並可提高其效率約 20%，此種對材

料物理、化學性質之深入了解，並控制運用之觀點，對研修員啟發甚深。過去，水利單位偏重水量的開發、利用及管理，對於產業界在水的利用層面之質能問題並未涉及。以環保為依歸，深入解析物質的原理，以創造物質的利用方式是值得突破開發的另一事業。

- (六)日本企業界甚為重視員工之在職教育訓練，公營機構亦不例外，觀諸富士川事務所設置之工業用水道管線設施，體會其員工教育訓練非僅型式化之講授課程，尚著重於實務操作訓練，強化對事故、災害之應變處理能力，相較於國內企業工安事故頻仍，可引為殷鑑。

## 二、建議

- (一)關於 MBR 導入淨化槽之實際成效，相關單位宜再深入評估。台灣水質污染嚴重，下水道建設率低且建設不易，對於單獨淨化槽或區域淨化槽的施設可能較為可行，惟事權分散，建議下水管理單位、環保單位及建管單位宜評估淨化槽普及的可行性及相關配套措施。
- (二)在有限的水資源分配下發展經濟，中水道系統的建立有其必要性，從推動的程序上，水源的取得首應解決，環視台灣的環境，水源不外乎從河川水、工業廢水回收、下水道水回收、農田水利多餘釋出水來考慮，但仍有其不足而亟待解決。例如：河川水豐枯期水量不穩定，各式各樣工業廢水匯集後處理之困難度增加，下水道普及率不高，農田水水權釋出爭議等，任何單一水源之取得均不易，惟初步可先取得各水源之一部分匯集後當作中水道之水源，似為可行。
- (三)其次推動中水道系統之權責單位應釐清，依據日本推動之經驗，產經省下設專責部門協調及溝通相關單

位，化歧異為助力，各都、道、府、縣自治團體下亦設有專門的部門、課辦理主軸工作，在我國建議可由經濟部擔任協調溝通工作，工業局、加工區管理處以及國科會科學園區管理局，在建設新區開發時，應規劃中水道管線系統，並在吸引投資時，即要求設廠應使用中水道做為生產水源，並規劃前處理設施，各縣市政府為提振轄區之經濟發展，更應責無旁貸的擔任中水道系統之建設、經營及管理的要角，尤其對轄區內處理場土地之取得、管線埋設路權之取得、吸引產業投資之選擇、水源調配之便利等等，非地方政府而不能。

(四)地方政府財政困難，初期推動上，中央財政支援有其必要性，但在公平正義原則下，財政支援僅對建設費給予一定程度之補助（如日本產經省之補助模式），並協助其貸款。地方政府應以自給自足之方式經營，最後盈餘歸地方政府充裕財政，亦可解決地方政府長年財政困難之窘境。

(五)中水道供水價格一定要低於自來水供水價格，否則難以喚起產業界和民眾之誘因，基本上，自來水僅供飲用或與民眾健康有關之使用，用自來水當作生產用水或民眾次要用水是屬不經濟之行為，因此，自來水高水價的制定亦有其必要性，相較於中水道水之廉價，才會形成誘因，產業與民眾才会有參與配合之意願，否則中水道供水價與自來水水價相當，任何人均會選擇自來水，中水道系統之推動將會功虧一簣。

(六)依據行政程序法之規定，政府無法則不能行，但徒法亦不足以自行，故中水道系統推動之關鍵有二：其一，法源建立，無論是中央或地方政府之推動、水權、路權、土地之取得及收費之標準等，恐均需立法始有

依據。其二，誘因之建立，無論是地方政府推動上之補助、貸款、盈收或發展地方經濟等，要有足夠誘因才能促使其推動意願，對於產業及民眾亦然，否則中水道系統之建立恐緣木求魚。

(七)依據過去推動公共政策之經驗，嚴刑峻法固然有迫使遵守之效果，但不如經濟誘因激勵其主動參與配合來得大。綜觀中水道系統之推動，固然立法重要，但經濟誘因恐係最主要的成敗關鍵，雖然補助、貸款、減免稅賦亦是誘因，但這只是一時的，水價之價差才是永續的誘因，過去政府顧及民生而採取低水價政策，致中水道系統之推動就消失了利益的誘因，揆諸日本中水道系統所以能成功，在於其高水價製造了民眾和產業的利益誘因，大家才會群起效之。我國調漲水價已高喊經年，但多在政治考量下無疾而終，憑心而論，低水價政策，除帶來外部不經濟，亦會迫使中水道系統之推動添加失敗風險，值得吾人深思。