

出國報告（出國類別：考察）

赴以色列、新加坡及菲律賓考察「海水淡化廠建設、新生水及污水下水道BOT建設案」出國報告

服務機關：行政院經濟建設委員會

出國類別：短期考察

出國人員：張景森、黃金山、梁為公、
張楨驩、毛振泰

派赴國家：以色列、新加坡、菲律賓

出國時間：93年9月4日至93年9月11日

赴以色列、新加坡及菲律賓考察海水淡化廠建設、新生水及污水下水道BOT建設案出國報告

目次

壹、此行目的	3
貳、遠征行程及團員介紹	3
參、以色列行誌	5
肆、新加坡行誌	22
伍、菲律賓行誌	30
陸、日本海淡廠回顧	32
柒、心得與建議	38

摘要

依據九十三年度中美經濟社會發展基金「促進廢水回收再利用及海水淡化落實計畫」內容及九十三年四月二十七日九十四年度政府公共建設計畫先期作業複審會議主席指示，檢選與計畫有關具有參考價值國家考察。以色列、新加坡為因應其水資源之不足，多年來大力推廣新生水(NEWater)及海水淡化等新興水源建設計畫，且對節約用水的推動不遺餘力，其規劃及技術等相關經驗應可供我國參考。另因我國目前正積極推動污水下水道建設（新十大建設）方案，且限定為民間參與興建投資之方針，因此特別赴菲國馬尼拉擷取其推動之經驗及相關訂定法規。以色列行程有埃墟克隆(Ashkelon)海水淡化廠、雪弗頓(Shafdan)污水處理廠、南北縱貫公路沿線之灌溉系統及污水處理後存放之灌溉用人工湖。新加坡行程主要考察海淡 BOT 案公司及新生水工廠。菲律賓行程除拜訪菲國水公司外主要考察其污水處理與鹽水湖淡化水模廠。

關鍵字：海水淡化、污水處理、新生水、以色列、耶路撒冷、臺拉維夫、海水淡化 BOT 案

壹、此行目的

台灣地區的傳統水資源建設，由於天然條件限制，已成為新建開發成本太高且效益低之情況，在達到臺灣國土開發總量限制前之此段期間，為繼續維持並增進民眾生活品質與產業發展，積極謀求替代水源實刻不容緩。海水淡化及廢污水回收再生利用等新興水資源由於不受天候影響，且相關技術已成熟，台灣地區亦已研究多年，目前應是多元化水資源開發之重點工作之一。

以色列、新加坡為因應其水資源之不足，多年來大力推廣新生水(NEWater)及海水淡化等新興水源建設計畫，且對節約用水的推動不遺餘力，頗具其規劃及技術等相關經驗。另因我國目前正積極推動污水下水道建設(新十大建設)方案，且限定為民間參與興建投資之方針，因此特別赴菲國馬尼拉擷取其推動之經驗及相關訂定法規。

台灣地區平均年雨量高達 2510 公釐，為世界平均值的 2.6 倍，若有足夠之蓄水空間，不應存在缺水問題，但台灣地狹人稠，蓄洪設施少、川短流急、降雨不均等，致每人能分配之水量僅為世界平均值的 1/8，竟成為水資源相對缺乏之國家，在目前大型人工湖長期規劃之際，正是設置海水淡化、廢水回收再利用替代水源之最佳時機。

以鄰近之日本而言，其年平均降雨量約 1700 公厘，地文環境、人口分佈等與皆台灣相近，早在 70 年代，日本政府為突破經濟發展因水資源缺乏所造成的瓶頸，由通產省成立「財團法人造水促進中心」，開始從事海水淡化及其他造水技術的推廣，經過多年的努力，目前日本國有海水淡化廠約 370 座，產水量約為每日 78 萬噸。此外，日本亦積極從事污水回收再利用及深層海水多目標利用的研究，皆已獲致初步成效，足為我國借鏡。

本案乃依據九十三年度中美經濟社會發展基金「促進廢水回收再利用及海水淡化落實計畫」內容及九十三年四月二十七日九十四年度政府公共建設計畫先期作業複審會議主席指示辦理。

貳、遠征行程及團員介紹

●行程

◎九月四日

搭機赴以色列臺拉維夫

◎九月五日

由以色列 Export Institute 簡報有關 new technologies of water Treatment in Israel

◎九月六日

Visit to IDE TECHNOLOGIES LTD. In their site in Ashkelon

Visit the Shafdan waste water treatment for Tel Aviv

site in Rishon Lezion.

◎九月七日

以色列出發至新加坡討論有關 NEWater and desalination

◎九月八日

Visit to Meter Workshop, Water Efficient Home

Exhibition and Leak Detection Demonstration

◎九月九日

拜會馬尼拉水利暨下水道系統管理局長 Mr. Orlando C.

Hondrade, Administrator, Metropolitan Waterworks &

Sewerage System (MWSS)

◎九月十日

拜會我國民間公司於菲律賓設置之污水處理供水模廠。

◎九月十一日

搭機返國。

●團員介紹：

◎張景森 行政院經濟建設委員會副主任委員

◎黃金山 行政院經濟建設委員會顧問

◎梁為公 行政院經濟建設委員會組長

◎張楨驩 行政院經濟建設委員會簡任技正

◎毛振泰 行政院經濟建設委員會技正

參、以色列行誌

出發前，因大家都是第一次遠赴以色列，多少有些複雜的心情，尤其是年中該國之公車爆炸案及以往的戰爭經歷，大家顯得緊張而期待，當然在國內能作的就是進一步事前多蒐集些該國資料，以備不時之需。

現在回想起來，遠赴以色列是相當辛苦的，在臺灣飛達曼谷機場後，還要再飛約十小時，才能到達以色列機場，當然其實搭機的經驗還能忍受，但入出境以色列所受到的檢查待遇，可就真教人不敢領教，除了接受其最新式 X-光機檢查外，身上皮帶皮鞋及行理皆要再檢查一遍，這種安全第一的作法，應該很少有觀光客願意赴該國觀光，回想臺灣親切的海關，直覺臺灣的觀光客倍增計畫應非常容易執行。

一、以色列介紹：

以色列位於阿拉伯半島西北角，地中海東南海岸，北接黎巴嫩，東北與敘利亞為鄰，東與約旦接壤，南及西南連接紅海及西奈半島，與非洲大陸相望，西瀕地中海，自古以來即為交通要道，北至南沿海為狹長之平原，北部為山地及溪谷，南部為沙漠。全國土地有一半以上屬無法耕種之沙漠及山地，北部為主要農業區。

全國面積 2 萬 1,500 平方公里(不包括迦薩走廊和西岸)未達臺灣面積 3 萬 6,000 平方公里的三分之二。該國人口約 665 萬人(2002 年)亦僅接近我國人口三分之一。以色列氣候屬地中海型氣候，有溫帶氣候，也有熱帶氣候，陽光充足，只有兩個差別顯著的季節：以十一月至來年三月的多雨冬季，以及接著延續七個月的乾旱夏季。以色列的北部和中部降雨量相對較大，南部的內蓋夫沙漠區就要少得多。夏季炎熱乾燥，氣溫高達攝氏 33 至 37 度，冬季溫和多雨。在沿海一帶，夏季潮濕，冬季溫暖；在山區，夏季乾燥，冬季不大冷；在約旦河谷，夏季炎熱乾燥，冬季氣候宜人；而在南部的內蓋夫，則長年是半沙漠氣候。天氣變化極大，北部高山地區的冬季會下雪，全國以中部為分界，北部地區較有綠意，南部地區景色荒涼。因自然氣候條件之影響，及欠缺豐沛水源，就水資源條件上屬於半乾旱地區，夏季常面臨缺水危機。

耶路撒冷(Jerusalem)為以色列首都、國會、政府各部會所在地，以色列第一大城，惟在以巴衝突之糾結情況下，耶路撒冷東城歸屬權迭有爭議之情況下，其首都地位國際間並未獲普遍承認。希伯來大學(The Hebrew University of Jerusalem)亦設於此，此城一直是猶太人的歷史、精神和民族信仰中心，並為基督教及回

教聖地。



耶路撒冷(Jerusalem)著名的哭牆許多猶太教徒長期於該處禱告



特拉維夫(Tel-Aviv)濱地中海為一繁榮且著重休閒的都市



以色列的太陽能使用及通訊使用俯瞰其都市建築屋頂可見其普及

特拉維夫(Tel-Aviv)濱地中海為以色列商業、金融及文化中心，工商業組織、銀行、各大報社、期刊和出版社，大多把總部設在這裡。

今日以色列約有 665 萬人，他們多數本地出生，其餘來自世界各地。以國人民背景極為多樣，有不同的宗教和文化背景。猶太人約佔 550 多萬，約 84%，以色列的非猶太公民大多是阿拉伯人，有 95 萬約 14%，其餘 3%是德魯茲人(Druze)及其它少數民族。在以色列猶太教徒居大多數，回教徒約佔 14.2%，基督徒約佔 3%。生活方式多樣化，有現代的，也有傳統的，有城市的，也有鄉村的，有集體的，也有個體的，與我們對該國一般印象差異頗大。

希伯來語(Hebrew)與阿拉伯語同為以色列的法定語言。由於以色列係一移民國家，文化多元，英語甚為普遍，俄語及歐洲語言亦通行。

以國為民主國會制。政府運作由內閣主持，並由總理領導，總理將重新回復由多數黨產生，受國會信任並對國會負責，目前政府係於 2003 年二月組成，由國會最大黨聯合黨組成，國會任期為四年，惟近年來，以國政局相當動盪，內閣更迭頻頻。該國總統由國會選出，任期七年，連選可連任一次，屬間接選舉。總統的權限為：國會大選後，召集多數黨議員組內閣；接受外國使臣的到任國書；簽署國會通過的條約和法律；法官及央行總裁的任

命權，接受陳情與特赦權等權力。目前總統 Moshe Katsav 是在 2001 年 8 月 1 日宣誓就任，為以色列第八任總統。

二、以色列的水資源

以色列 60% 國土面積被列為乾旱地區。建國 50 多年來，以色列在水資源利用和管理以及廢水回收利用方面摸索出的一套成功辦法使農業產量增長 12 倍，農業用水量卻只增加了 3 倍。

以色列政府對水資源實施嚴格監管。1959 年頒布的《水資源法》，規定了以色列境內所有水資源均歸國家所有，由國家統一調撥使用，任何單位或個人不得隨意開採地下水。以色列為此專門設立水資源委員會，具體負責水資源定價、調撥和監管。

水資源委員會根據用水量和水质確定水價和供水量。城鎮居民用水價比農民用水價高出許多，政府還向城鎮居民另外收取污水處理費。農業生產用水量大，為鼓勵農民節約用水，政府給農民用水規定了階梯價格：在用水額度 60% 以內水價最低，用水量超過額度 80% 以上水價最高。

以色列地形南北狹長。平均年降水量最多的是北部（800 公釐），最少的是南部（25 公釐）。水資源集中在北部和中部，但是農田卻主要分佈在東部和乾旱的南部。因此政府投資興建了“北水南調”工程——國家供水系統，於 1964 年投入使用，每年從北部加利利湖向南部納蓋夫乾旱地區輸送水 4 億噸。同時，政府還在冬季和春季北部雨水充沛時將多餘的水送往東部地中海濱海區，注入地下蓄水層，以防海水因地下水水位下降而倒灌。如果把國家供水系統比作大動脈的話，那麼與之相接的全國各小型供水系統就好比毛細血管，彼此連通，形成一個四通八達的網路。水資源委員會可以按需調撥用水。

以色列雖於以往已充份調配有限的淡水資源，然而隨著人口不斷增加（統計表明，過去 10 年間以色列人口增長 30%），用水壓力與日俱增，人口增長的壓力使這個國家的淡水資源趨於緊張，於是以色列便進一步開源節流，一方面積極支持和推廣節約用水技術，一方面鼓勵廣開門路，增加水源。最顯著的成果即是以色列建國以來，農業灌溉用水從每公頃 8000 噸下降到 5000 噸，可耕地面積卻增加了近 180 萬公頃。農業用的滴灌技術是眾多節水技術中的傑作。滴灌技術可以使水直接輸送到農作物根部，比噴灌節水 20%，而且在坡度較大的耕地應用滴灌不會加劇水土流失。化肥製造商也千方百計開發可溶於水的產品，施肥可與滴灌同時作業。反觀我國，大部份農業仍以粗放方式浪

費水源，又不回收利用回歸水，這種情況我國農業單位的努力成果，遠不及以國。



幾乎所有灌溉皆以滴灌技術使水直接輸送到農作物根部



地下皆埋藏著附監測設備的供水管線嚴密禁止漏失

在增加水源方面，以色列因極需覓得水源，加大了對污水處理和海水淡化工程的投入。以色列於十年前即制定了增加水資源長期規劃，包括興建一座年產淡水 4 億噸的海水淡化處理廠和年產 5 億噸淨化水的污水處理廠。以色列計劃未來農業灌溉全部採用污水再處理後的迴歸水。

以色列另一有趣的水資源問題為敘以戈蘭高地的水資源問題。戈蘭高地水資源豐富。太巴列湖南北長 23 公里，東西最寬處

約 14 公里，面積為 165 平方公里，平均水深為 45 米，儲水量 30 億—40 億立方米。以色列每年將 4.5 億—6 億立方米的湖水用水泵抽送到比太巴列湖高 475 米的巴圖夫水庫，經該水庫將湖水輸送到各地區。抽水所需的電量占以色列全國用電量的 18%。以色列 40% 的用水靠太巴列湖水源。對於水資源嚴重短缺的以色列來說，太巴列湖具有涉及國家生存的利害關係。因此，以色列要求完全控制太巴列湖以及巴尼亞斯河和哈斯巴尼河的一段，在這個問題上讓以色列作出讓步是非常困難的。如果敘利亞同意以色列控制太巴列湖的要求，以色列在戈蘭高地問題上是可以作出讓步的。再提到以色列的南部加薩地區，以色列和巴勒斯坦分用的這塊土地，不是沙漠就是雨量稀少，所以，如果要讓當地每個人都有足夠的水來維持相當好的生活水準，就必須謹慎，目前，每個以色列人得到的水量是巴勒斯坦人的 5 倍，在加薩地區這種不均衡的情況更嚴重：以色列移民得到的水是其巴勒斯坦鄰居的七倍。換句話說，在約旦河西岸，每個以色列人平均每天得到 92.5 加侖的水，巴勒斯坦人每天只有 18.5 加侖。美國國際發展局及世界衛生組織建議，在家庭和都市裡，每人每天最少的用水是 26.4 加侖。



以色列為維護該國水資源，限制巴勒斯坦人的用水量，禁止開鑿新水井，並且限定已開鑿水井的取水量，巴勒斯坦地區 60% 以上屬於乾旱和半乾旱地區，包括地表水、河流和地下水等可再生水資源總量估計為 20 億立方米。在數量上，以色列佔有和消耗全部水資源的 80%，巴勒斯坦自治區只能享用剩餘的 20%，主要係以色列開發在 1967 年「六日戰爭」之前沒有控制到的水資源，例如位於西岸的東部地下水層（Eastern Aquifer）和加薩地下水層（Gaza Aquifer）。以色列從佔領區獲得新的水資源，主要施惠於以色列移民。

三、以色列的海淡廠【以色列--埃墟克隆(Ashkelon)海水淡化廠】



以色列的埃墟克隆海淡廠是該國為了解決其長期缺水的問題而擬定的一系列海淡廠中的頭一個。在該國 2000 年發布的海淡總計劃裡，規劃在地中海沿岸建設一系列的海淡廠。在 2005 年底前，會提昇其國家總供水到每年四億立方公尺的處理能力，最終於 2020 年前完成七億五千萬立方公尺的處理量。

計劃摘要

該計畫海淡廠於 2000 年 7 月開始競標的程序，在 2001 年 9 月由以色列 Ministry of Infrastructure and Finance 原訂每年提供五千萬噸出水量的海淡廠 BOT 計劃交給了由 IDE Technology, Veolia,

及 Dankner-Ellen Infrastructure 三家公司合資形成的計劃公司 VID。惟在 2002 年 4 月，該廠的處理量被追加一倍到每年提供一億噸出水量，本計畫所提供每年一億噸的出水量，幾乎占以色列家庭用水量的 10 分之 1，平均日供水量約為 33 萬噸，惟最大日供水量可達 38 萬噸。建設已於 2003 年展開，預計第一期每天 165,000 噸的處理量，在 2004 年 12 月完成。第二期預計在 2005 年 5 月完成總量每天 223,000 噸的處理量。全部工程預計 2005 年 8 月完成。

該計劃的總建造成本是 21,200 萬美元【約 70 億臺幣】。性質屬 BOT 由特許公司代操作 25 年，即特許合約期間為 25 年，興建工程時間為 30 個月，工程完工後該公司依據合約提供每噸生成水之單價為美金 \$0.527 元，每年 1 億噸生成水供給當地政府使用，政府每年需支付約美金 5,538 萬元【約 18.5 億臺幣】之合約價格給該公司，本計畫之財務計畫同意書在去（2003）年的 1 月 23 日由雙方共同簽認確定。

設計概念

該廠被設計為兩座幾乎可完全獨立操作的分廠。少數共用的設備也設計足夠的餘裕能力使之不會影響兩廠的分開操作。由於場地的限制及海洋地形，取水口是為海洋開放沉水式的，廠區面積占地甚小，只有 7.5 公頃(300Mx250M)。取水口海水鹽份 40,750 ppm TDS，處理後鹽份小於 40 ppm TDS，遠低於世界衛生組織所規定的飲用水水質標準範圍(250 ppm)。



該廠被設計為兩座幾乎可完全獨立操作的分廠參訪時廠房鋼構已組立完成

海水淡化的前處理

前處理包括混凝、多介質砂濾、及 Cartridge 過濾器。混凝具有線上即時控制流速的功能。多介質砂濾設計採用長水力停留時間及一套可減低堵塞和防止拘限流通路徑形成的送水系統。多介質砂濾和 Cartridge 過濾器分別有 33%和 40%的閒置處理量。



本團與以色列當地代表交換海淡廠、廢水回收經驗及政策討論情況

薄膜處理技術

該廠計有 32 套逆滲透處理系統。分別使用 Double Work Exchanger Energy Recovery 裝置來節省膜分離所須的高壓能源。由於以色列海水的特性，該廠有特別做礪的前去除處理，以免影響薄膜處理功能。



埃墟克隆(Ashkelon)海水淡化廠雄偉的逆滲透處理系統



埃墟克隆(Ashkelon)海水淡化廠相關節能設施規劃非常細心
電力需求--埃墟克隆發電廠

為了減低成本，該計劃建設了一個專屬的發電廠。淨水所需的電力一部份由這電廠供應，一部份由公用的電力系統供應。在海水淡化廠興建計畫中，最具影響的因素之一，即屬電力價格，為了降低海水淡化廠運作的經濟延伸成本，主要就要靠自設的電

力能源以減輕必需的能源成本。為此所有的海水淡化廠，多需靠自行設置之發電廠提供廉價能源以降低操作成本。

埃墟克隆發電廠是本地區的第二個民營電廠，可以提供電力供消費者及以色列電力公司使用（本地區另一個電廠為埃墟柯勤電廠）。惟該電廠係第一個使用天然氣為燃料之電廠，由於沿海岸供氣管線的鋪設，未來可能會刺激更多的私有天然氣電廠的設立。設置這種電廠的好處，不僅可以提供廉價的電力，同時有助於減輕空氣污染。

該電廠係緊臨海水淡化廠設立，可以就近提供海淡廠所需電力外，同時可以對每年使用固定電力者，提供新設施的競爭性，促使電力價格下降。該私有電廠之造價約為美金 7,000 萬元【約 23 億臺幣】。該電廠可供給 80MW，其中 56MW 提供海水淡化廠優先使用，其餘電力提供其他消費者使用，該電廠係由西門子（Siemens Company）為承包商，在完成簽約後 27 個月完成並供電。



該電廠係緊臨海水淡化廠設立以就近提供海淡廠所需電力
環境影響評估方面

由於以色列政府已確認必須以海水淡化做為取得生活用水的惟一解決途徑，而海淡廠的生產運作過程是自海洋抽取兩倍以上的海水，經過處理後取得其中一半的淡水做為生活用水，另一半

高濃度鹵水目前必需再排入海洋，對鄰近海域的生態會造成局部環境的改變，就埃墟克隆海淡廠的設計而言，該廠每年預定生產 1 億噸的生活用水，就要自海洋每年抽取 3.15 億噸的海水做為原水，經過處理後每年會有 1.6 億噸的鹵水排入海洋，鹵水的濃度通常是海水濃度的 1.86 倍，在處理後的鹵水中通常會含有一些前處理的雜質，因此在排入海洋前必需先予淨化及利用發電廠的冷卻水稀釋後再排入海洋，以減輕對海洋生態環境的影響。

以色列政府為了陸續推動建設必要的海淡廠，已就整體國土規劃利用的角度研訂海淡廠的適當設置區位，主要限制在沿海的已設工業區或公用事業用地範圍內為興建設置原則，並且不能減損原有海岸沙灘之觀光遊憩、休閒功能，如埃墟克隆海淡廠之雀屏中選，就因為其位於 EAPC(Eilat-Ashkelon Pipeline Co.) 公用事業用地範圍，該用地在埃墟克隆市南方兩公里的海岸線旁，取水方便，又不影響原有海岸功能。



埃墟克隆(Ashkelon)海水淡化廠模擬俯視圖

四、以色列的污水處理廠【以色列—雪弗頓(Shafdan)污水處理廠】

以色列由於人口快速成長及高科技工業密集發展之下，造成嚴重的環境污染及水源不足問題，於是滇區區域城市發展協會

(The Dan Region Association of Towns DRAT)，為了保護環境及地區水源缺乏問題，做成兩項重大決議：

1. 區域範圍內產生的廢水必須在區域範圍內先行妥善處理後才能做適當處置，以避免河川及沙灘遭受污染。
2. 妥善利用處理後的再生水供以色列南部地區之農業使用。

以色列的滇區區域城市發展協會是於 1955 年成立，由區域內的 Tel Aviv-Jaffa, Ramat Gan, Bene Beraq, Petach Tiqwa, Giv'atayim, Holon, Bat-Yam 七個城市市長及地方有名望人士組成，為協會的主要決策機構，其下設有污水及環境保護議題小組，負責區域內的廢污水處理與環境保護事宜，以色列早期的污水是採直接放流入海，直到雪弗頓污水處理場成立後，才開始處理家庭污水，而最早期的污水處理方式是採用氧化塘(Oxidation Pond) 方式處理，目前已改進成為傳統式的二級污水處理廠，該廠之造價約為美金 18,000 萬元【約 60 億臺幣】，已是地中海沿岸國家中最大且最先進的污水處理廠。

雪弗頓(Shafdan)污水處理廠，是以色列國最大的污水處理及再生水處理廠，除了收集處理滇區區域城市發展協會會員地區的廢污水之外，基於環保要求，對於非協會會員地區產生的廢污水每日約 30 萬噸亦將就一併納入處理，因此目前集收的污水可以說在區域範圍內的廢污水幾乎都透過直接收集或截流系統送到雪弗頓(Shafdan)污水處理廠處理，處理後的水就注入沙丘，藉助土壤的過濾作用深入地下水層儲存約 400 天，與地下水混合後的水質，可達飲用水的水質標準，不過主要還是用於農業灌溉使用。



雪弗頓(Shafdan)污水處理廠位置圖



雪弗頓(Shafdan)污水處理廠鳥瞰圖

雪弗頓(Shafdan)污水處理廠，佔地面積 200 公頃，可以處理 150 萬都市人口的家庭污水及部分工業廢水，主要設施包括前處理單元，4 個生物氧化池(每個容量 55,000 立方公尺)、12 個終沉池(每個容量 7,500 立方公尺)，構成標準的二級生物處理，處理流程如附圖，每年現可處理 1 億噸廢污水，未來預定可擴充到 1.5 億噸的廢污水，由於處理後的生成水再注入地下，等於每年可增加地下水存量 1 至 1.5 億噸，對於以國水源不足問題提供極大助益，該污水處理廠的重要性不言可喻。

該廠是由一民營公司經營管理，名為 Mey Ezor Dan – Agricultural Cooperative Water Association Ltd. 它是受滇區區域城市發展協會補助之公司，該公司再與國家水公司(National Water Company)合作共同妥善運用有限之水資源。以國尚有甚多類似之處理家庭污水再利用之公司，基本上將處理後之污水計價賣給國家水公司，水公司再轉售給需水單位如農業或工業機構使用。

以國之農業地區主要分布於沙漠性質之沙質土壤上，蒸發量大，因此灌溉系統多採埋設管路做為輸送灌溉水之用，送到灌溉地區後再採微細水管之滴灌方式以節省用水量，因為農人灌溉所需水量是需要付費取得，因此十分珍惜水資源之使用，絲毫不會浪費。



雪弗頓(Shafdan)污水處理廠污水處理流程圖



該污水處理廠污水處理流程縮小模型供教育宣導使用

五、以色列臺拉維夫 Tahal Consulting Engineers Ltd. (TCE)、MOTOLOLAR 等民間公司之水資源新科技

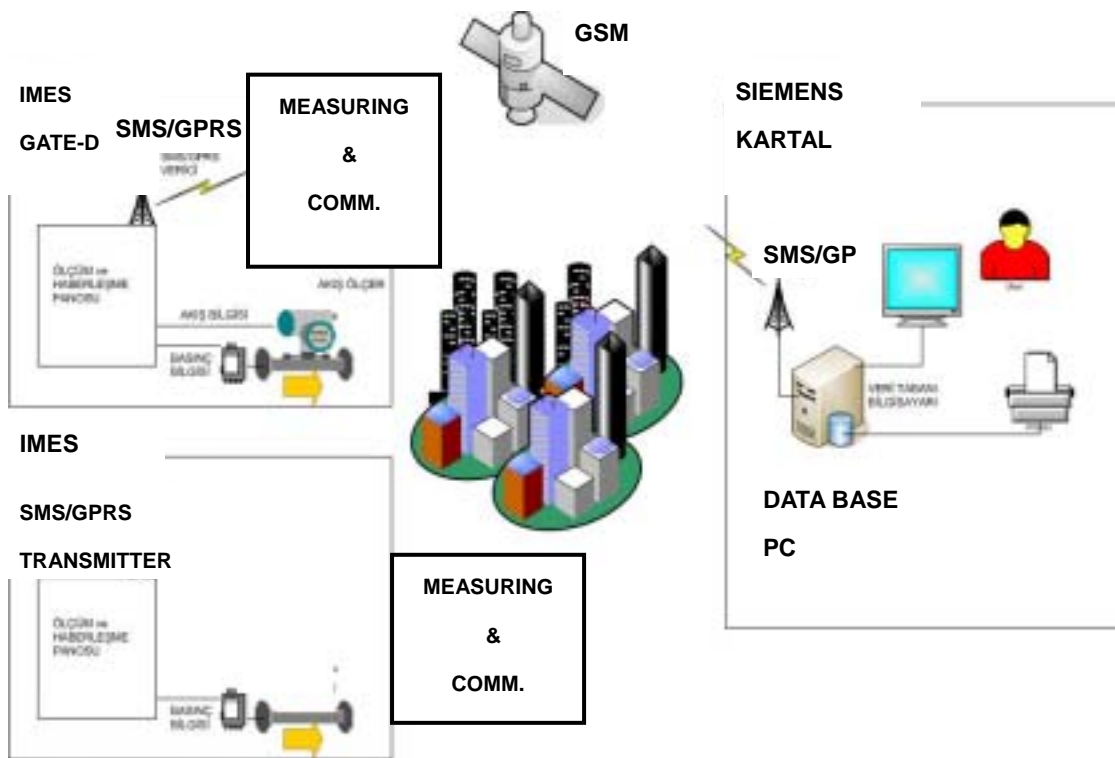
(一) 以色列的自來水公司 (IWRM system) 應用以下方法處理水資源缺乏問題及透過管理的方式因應都市發展的用水需求。

1. 一全國運水單位 (National Water Carrier (NWC)) 將全國地表、地下水資源、水庫及含水層予以管理。
2. 透過 NWC 將冬季河川多餘的水回灌入地下水儲存。
3. 特別重新利用廢水，將臺拉維夫都市區域用過之民生用水廢水處理後重新應用於農業灌溉。
4. 特別的管理轉硬體系統 Supervisory Control & Data Acquisition (SCADA) systems 設立於 NWC 及都市水管網達成能量節省及省能之各項設計目標 (about 21% of all energy is used for pumping water in summer and electricity comprises about 60% of water tariffs)。
5. 於都市中裝置偵漏設備降低主輸水幹管各種物理性損失。
6. 應用鹹水，興建大型海淡廠，並自土耳其利用大型船艦運水。

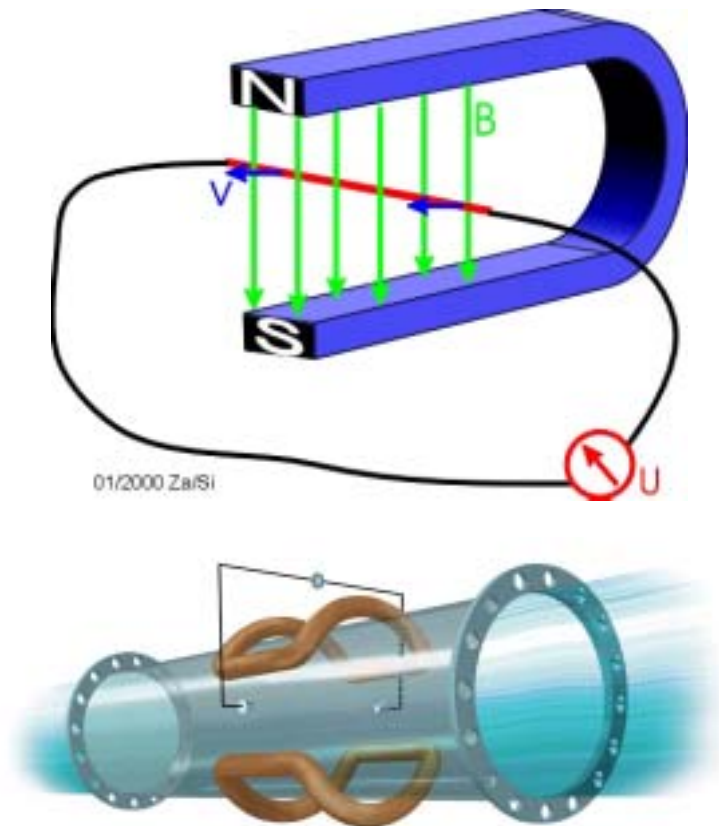
(二) 在需求面，以色列最大民間 TCE 公司協助 Water Commission 成功的水管理如下

1. 調整水稅率及於乾旱時降低各類別之用水量。
2. 對於工業節水及灌溉農業節水予以補助
3. 鼓勵並計劃灌溉用水改變已往以原水澆灌而以以處理後的廢水來澆灌。
4. 從 1960 早期，以色列民間公司以於世界 50 多國引進新的水科技產業，從 1996 年，該國民間公司亦於世界各地使用 BOO and BOT 計畫在水供應等各項工程。

(三) TCE 公司目前正與 Motorola 合作進行 SCADA 計畫 thus the Client receives the specialized expertise of both firms. TCE 使用其管線與管網檢測 GIS 系統，結合 Motorola 的監控設施，處理管網物理性之滲漏及管中水壓調整等節能手段，使得供水效率能因 SCADA 設備，花小前而大幅提昇。



以色列處理管網物理性之滲漏及管中水壓調整等節能方式說明圖



Principal of Electromagnetic Debimeters



以色列灌溉自動閘門控制系統

肆、新加坡行誌

一、新加坡介紹：

新加坡的歷史是一部充滿瑰麗浪漫色彩、香料貿易、海盜傳奇、殖民色彩及成長血淚的史詩。西元七世紀時，新加坡名為「海城」(Temasek)，是蘇門答臘的古帝國斯里佛室王朝的貿易中心。

西元 13 世紀時，新加坡有了個新名字「新加普拉」，意為「獅子城」。該名的由來據說是巴鄰旁王子桑尼拉烏它瑪到當地遊歷時，看見一頭野獸「行動敏捷而美麗，艷紅的身軀，漆黑的頭」。王子顯然不是動物學家，因為他所見的野獸可能是頭獅子。但由於他一言九鼎，富有想像力的詞藻，這個 13 世紀時的名稱一直延用至今。

一世紀之後，新加普拉成為兵家互爭的戰場。戰爭的結果並無明顯的贏家，新加坡卻成為最大的受害者。戰後新加坡被各方所遺棄，房屋全毀而淪為叢林，從此沈寂隱沒直至西元 17 世紀。

新加坡的再度被發現是在西元 1811 年的時候，一百名馬來人在其首領田緬剛的帶領下，在此地落戶。八年後，英國的史丹福萊佛士爵士在新加坡河岸登陸，他認為縱使當地海盜猖獗，新加坡仍是一個最理想的英國海外貿易據點。

萊佛士將新加坡建設成為自由港的理想逐步實現，其後的 110 年間，新加坡蓬勃發展，許多辛勤工作以追求個人幸福的移民，更視新加坡為理想中的亞洲天堂。

之後，戰爭爆發，日本入侵新加坡，夢想幻滅了。第二次世界大戰改變了新加坡的命運，新加坡人決定脫離英國尋求獨立。

西元 1959 年，新加坡人的願望順利達成，繼而推舉劍橋大學畢業的律師—我們熟知的李光耀先生出任第一任總理。新加坡的面積很小，面積 692 平方公里，為台北市 2.5 倍，人口也不過 435 萬。

二、新加坡新生水(NEWater)計畫及海淡計畫

新加坡面積 682 平方公里，年平均降雨量 2400 公厘，人口總數 400 萬，每日需水量 135 萬立方公尺。過去新加坡主要供水來源靠集水區收集雨水（集水面積約新加坡一半的面積），以及半數以上用水來自馬來西亞輸入，由 Johor 河川配水至新加坡。

新加坡水源缺乏，由於人口成長、工商用水需求增加以及供水受制於馬來西亞，因此新加坡政府便不斷地朝節約用水以及非傳統替代水源開發等方向持續努力。在推動節約用水及減少自來水公水管線配水漏失率新加坡政府已展現驚人成效，根據新加坡公共事務局（PUB）統計，在 2001 年家戶中每人每日用水量已降至 164 公升，而自來水不可記數損失包括漏水等（unaccountable for water），由 1990 年 10.6% 降至 2001 年僅 5.3%；在非傳統替代水源開發方面，新加坡公共事務局在 2001 年 10 月成立水再生利用署（water reclamation department），負責海水淡化及新生水製造，預定在 2012 年以前，海淡水及新生水將佔總需水量 25%。

新加坡水回收（Water Reclamation）研究（NEWater）始於 1998 年，由該國公共事務局 Public Utilities Board(PUB)和環境及水資源部 Ministry of Environment and Water Resources(MEWR) 合作推動，主要目的是要決定將用過的水(Used water)經處理後做為補充性原水，供自來水系統使用之策略是否可行。新生水是將用過的水經過嚴謹的雙濾膜(Dual-membrane microfiltration and reverse osmosis)淨水過程和紫外線殺菌處理後之新生水，然後將新生水注入水庫與自然水混合後，提供傳統自來水廠生產飲用水，這也就是所謂計畫性非直接飲用使用(Planned Indirect Potable Use 簡稱 IPU)。

自來水系統利用 IPU 做為原水水源並非新鮮事，在美國很多地方已實施了二十年以上，在南加州橘郡水區(Orange County Water District)的 Water Factory 21 自 1976 年開始將用過的水回收淨化後注入地下水層，再抽出供自來水廠生產飲用水使用。同樣

的在北喬治亞州的 Upper Occoquan Sewage Authority (UOSA) 自 1978 年開始將淨化後回收水注入 Occoquan Reservoir 而這個 Occoquan 水庫正是提供美國首府華盛頓特區數百萬人生活用水的水庫之一。水回收再利用措施，在美國是日顯重要的趨勢，目前尚有許多類似的 IPU 計畫正實施中，包括喬治亞州 亞特蘭大鄰近的 Gwinnett 和亞利桑那鳳凰城鄰近的 Scottsdale 都正在施作中。

2001 年開始，新加坡公共事務局的年度供水計畫中，增加一項提供非傳統來源的供水項目是屬於非飲用水使用項目，也就是提供大量新生水供應晶圓製造廠商或冷却水塔所需的冷却水，由於這些鉅大用水客戶的轉向使用新生水，使得原有日常飲用水的供應壓力大為減輕；同時新生水的生產成本與海水淡化的成本比較，由於海淡廠需要較多的能源使用，其生產成本當然較新生水為高。新加坡政府在 2003 年 3 月初剛簽訂第一座海水水淡化廠合約，該海淡廠採 BOO 方式辦理，預定於 2005 年下半年開始營運，每天供水 13 萬 6000 噸，佔新加坡總用水量 10%；新加坡自 2002 年底開始設置新生水廠，至今已完成三座分別在 Bedok, Kranji and Seletar 每日供水量可達 93,000 噸，主要供應高科技晶圓廠所需用水，其中的 Bedok 新生水廠係一個完整的新生水處理展示廠，其內包括有展覽廳、各種濾膜構造、新生水生產流程，做為 Visitor Center 供新加坡民眾參觀、了解以及供國際觀摩使用。

新加坡公共事務局因為大力推動新生水使用之成就業已獲得美國國家水資源研究學會 National Water Research Institute USA 頒發之新生水示範計畫最優獎，其新生水廠所生產之新生水水質與世界衛生組織所訂之飲用水水質標準比較如附表。

	NEWater	USEPA /WHO Standards
A) Physical		
Turbidity (NTU)	<5	5 / 5
Colour (Hazen units)	<5	15 / 15
Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<200	Not Specified(- / -)
pH Value	7.0 - 8.5	6.5-8.5 / -
Total Dissolved Solids (mg/L)	<100	500 / 1000
Total Organic Carbon (mg/L)	<0.5	- / -
Total Alkalinity (CaCO_3) (mg/L)	<20	- / -
Total Hardness (CaCO_3) (mg/L)	<20	Not available
B) Chemical (mg/l)		
Ammoniacal nitrogen (as N)	<0.5	- / 1.5
Chloride (Cl)	<20	250 / 250
Fluoride (F)	<0.5	4 / 1.5
Nitrate (NO_3)	<15	- / -
Silica (SiO_2)	<3	- / -
Sulphate (SO_4)	<5	250 / 250
Residual Chlorine (Cl, Total)	<2	- / 5
Total Trihalomethanes (as mg/l)	<0.08	0.08 / -
C) Metals (mg/l)		
Aluminium	<0.1	0.05-0.2 / 0.2
Barium (Ba)	<0.1	2 / 0.7
Boron (B)	<0.5	- / 0.9
Calcium (Ca)	<20	- / -
Copper (Cu)	<0.05	1.3 / 2
Iron (Fe)	<0.04	0.3 / 0.3
Manganese (Mn)	<0.05	0.05 / 0.5
Sodium (Na)	<20	- / 200
Strontium (Sr)	<0.1	- / -
Zinc (Zn)	<0.1	5 / 3
D) Bacteriological		
Total Coliform Bacteria (Counts/100 ml)	Not detectable	Not detectable
Enterovirus	Not detectable	Not detectable



本團在新加坡與新生水代表討論情形

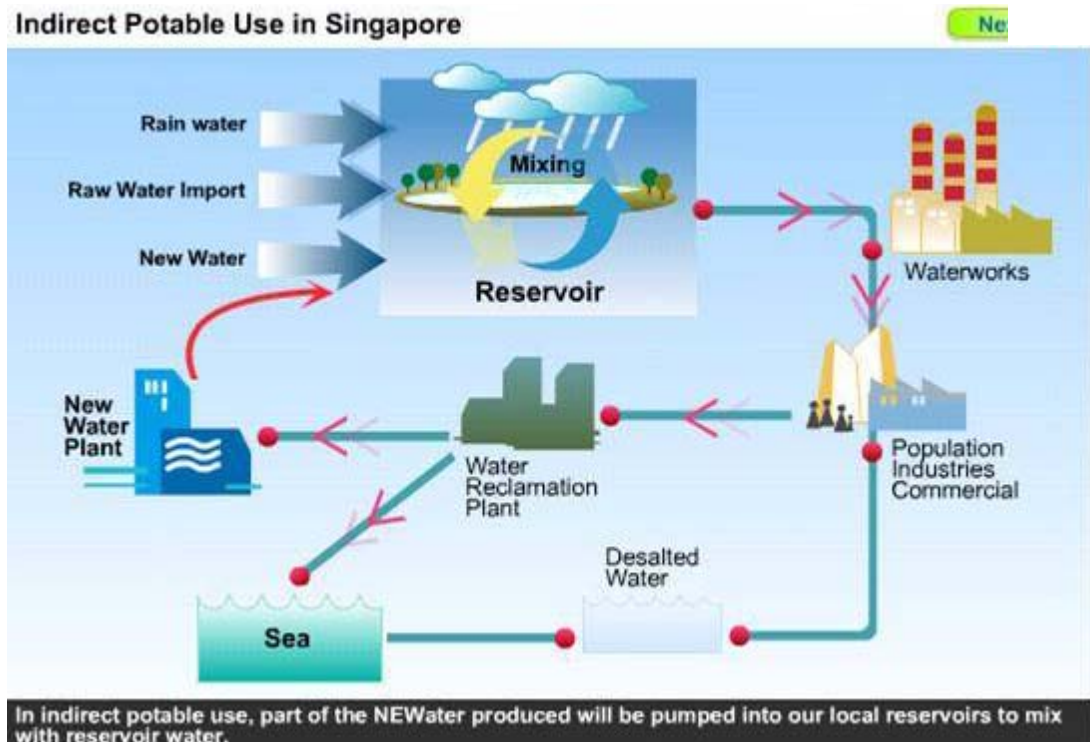
新加坡供水概況

1. 全國供水由公用事業局 (Public Utilities Board) 掌管。
2. 新加坡每日需水量 135 萬噸，供水水源包括水庫、由馬來西亞進口水(Johor Water)、新生水(NEWater)及海水淡化水(2005 年運轉)等四類。水庫儲水佔總供水的一半左右，新生水佔 5.8%，其他不足的部分則由進口水來供應。新生水是指將處理後的生活污水再經高級處理至符合飲用水水質標準的再生水，目前每天可產 72,000CMD，其中工業用水約 63,000CMD，輸送至水庫為 9,000CMD。
3. 目前馬來西亞與新加坡現有的供水合約共兩份，1961 年簽署為期五十年合約至 2011 年期滿及 1962 年簽署為期一百年合約，將於 2061 年到期。兩份合約規定大馬每日供給新加坡的生水總水量為 157.5 萬 CMD，售價是每 4.5 噸三分錢 (以馬幣計)。馬來西亞希望能夠在 2002 年至 2007 年間，將水價提高到每 4.5 噸馬幣六角，並於 2007 年至 2011 年，再調高到每 4.5 噸馬幣三元。新加坡方面的想法是在第一項供水條約期滿後以每 4.5 噸四十五分的價格向馬來西亞購水；第二份合約期滿後則提高水價至每 4.5 噸六角，並每五年調整水價。由於雙方認知差異大，新加坡承受相當大的供水依賴壓力。
4. 公用事業局目前預定之新水源開發方案

為了降低對鄰國的需水壓力，新加坡不斷的努力尋找水源，目標為在 2012 年將外購水量降至 25%左右，50%由降雨供應，25%則由新生水及海淡水來替代。非傳統水源開發：新加坡計畫於 2012 年將海水淡化及新生水的供水比例提升至總供水的 25%。其中，海水淡化供水目標為 135,000CMD，新生水為 295,000CMD。



新加坡兩座新生水廠位置圖



新加坡新生水及海淡運用說明圖

5. 新加坡用水需求管理

為降低用水需求，新加坡由兩個方向下手，一是減少所謂的 UFW (Unaccountable For Water) (包含漏水、流量計讀數的誤差及其他造成配水與用水差異的水量)，方法有：控制配水管線的漏水量、精確的流量計、正確的計算用水及嚴格的立法；另一個則是實質的降低用水量；如此一來，珍貴的水資源就能被有效使用。整個 UFW 的比率已從 1990 年的 10.6% 降低到於 2002 年的 4.8%；各項管理重點如下：

- a. 管線漏水控制：方法上包括使用品質較佳的管線、主要管線的定期汰換、主動偵測漏水點及對大眾回報立即處理。在管線的更新上，於 1995 年即開始汰換每年每公里有三個裂縫以上之主供水管線；於 2000 年開始汰換 50 年以上的老舊主供水管，這些行動使回報的漏水點數量由 1991 年的 7386 點降低至 2002 年

的 3424 點。

- b. 流量計精確度控制：為達到 100% 的量測到所有的流量，水廠一律使用電子式流量計，而用戶的水表誤差控制於 3% 以下，且需定期的更換（15mm 的水表為 10 年更換一次，大型水表為 7 年更換一次）。為了能夠提高非家庭用大型水表的量測範圍，在管線旁另加一較小管線及水表；且有專門的流量計工場進行流量計的測試服務工作。
- c. 降低實際用水量：這方面的工作包括使用省水器材及利用替代水源（如新生水、海水及工業廢水再用等），在省水器材上，推動使用 4.5L/次的省水馬桶（一般 9L/次），水龍頭則安裝省水片降低流量（已由一般 8~12L/min 左右降低至 6~9L/min，目前進行部份降低至 2L/min 的測試）；由於新加坡的民生用水佔總用水的 55%，省水器材推廣可有效的降低整體用水需求。其他如使用新生水於冷卻水塔、使用海水沖洗船身等也可有效減少自來水用水需求。
- d. 教育宣導：除了各項工作的推行之外，要徹底高效率的使用水資源必須要全體國民的共同配合；所以到學校對學生進行宣導、節水宣傳品的製作、發放等都能有效促進節約水資源，減緩整體用水需求的成長。

6. 新加坡以 BOO 方式興辦海水淡化

海水淡化是新加坡政府擴大長期供水來源策略之一，新加坡政府在 2003 年 1 月 17 日授與 Sing Spring 公司，3 月初簽訂第一座海水水淡化廠合約，該海淡廠採 BOO 方式辦理，期限結束無須轉移政府，採 20 年期限，自海淡運轉開始計算。預定於 2005 年下半年開始營運，每天供水 13 萬 6000 噸，佔新加坡總用水量 10%。該淡

化海水價格每噸 0.78 新幣（約 0.44 美元）相當於新台幣 16 元。未來實際價格仍將依通貨膨脹率與能源價格波動做調整。

伍、菲律賓行誌

一、馬尼拉介紹

位於天然港口口岸的馬尼拉由昔日的細小部落濱變成為今天熱鬧繁華的大都會、政治工商經濟教育中心——大馬尼拉。大馬尼拉由四個城市、十三個市政府構成，所包括面積達 630 平方公里。馬尼拉是菲律賓的首都，通往國際的重要通道。

大馬尼拉是一個新舊交錯、傳統與現代集合的都會、古老建築物與新式高樓大廈相林立、現代化購物商場夾雜著舊式街販、莊嚴肅穆的博物館與熱鬧的士高酒吧相輝映。然而帶給本團印像最深刻的莫過於當地的治安，只要是公共場所或私人大型住宅，皆有擁槍保衛的保鏢。

二、菲律賓都會區域給水及污水處理系統民營化

馬尼拉都會之自來水系成立甚早，可謂亞洲地區最古早系統之一，該系統自 1878 年就開始建立，現行自來水及污水處理主管機關則係於 1972 年依法成立都會區域自來水及污水處理管理局，主要任務包括審議、監督及管制。



本團在菲國與該國自來水及污水處理主管代表討論情形

我國民間公司於菲國已設立一水源淨化模廠，並已與菲國簽訂合約，利用該國 Lagunan 湖之受污染水源，經過模廠處理後達可飲用水標準。



Lagunan 湖濱模廠廠景



Lagunan 湖濱模廠廠景

陸、日本海淡廠之回顧

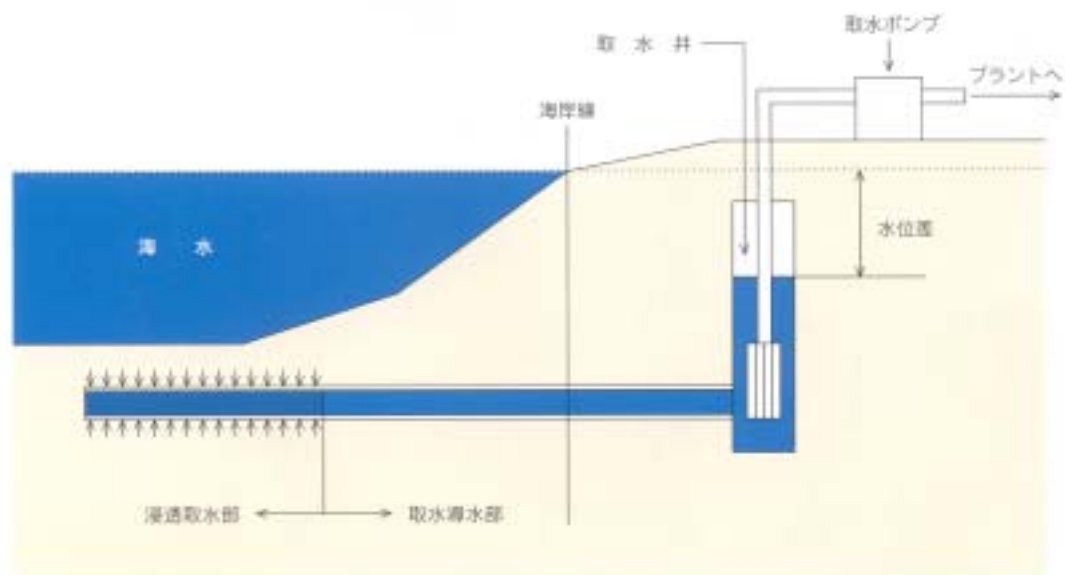
一、福岡大林海水淡化廠

福岡位於日本北九州，人口約 130 萬人，為日本第八大都市，年平均降雨量約 1600 mm，其水源主要為附近河川如多多良川、那珂川、寶見川及遠端之筑後川等，均屬中小型河川，故水資源相對缺乏，福岡市自 1923 年開始供水以來，分別於 1978 年及 1994 年遭遇嚴重乾旱，總限水天數分別達 287 天及 295 天，因此，福岡市先天上水源的不足，已嚴重限制了該地區的產業發展。

經福岡地區水道企業團之評估，至 2010 年，福岡地區之供水缺口約達 11.2 萬噸/日，可供開發之地面水源筑後川、那珂川共計 6.2 萬噸/日，最後不足的 5 萬噸/日，則以興建海水淡化廠補足。

福岡大林海水淡化廠自 1997 年開始進行廠址的環境基本調查及擬定基本計畫，1999 年開始動工興建，預計 2005 年 3 月可完工通水。該廠總用地面積為 46,000 m²，其中建築物主體面積為 16,000 m²。

本海水淡化廠最大的特色為根據現地海流狀況，設計了一套海床滲透取水的方式，並配合 UF 膜的低壓前處理，有效提昇原水品



海床滲透取水示意圖



質，大大將低了膜的損耗，另配合膜技術的進步，採高壓逆滲法（83KG，一般為 50-60KG），其淡水回收率高達 60%，較一般海水淡化廠的 40% 的回收率高出甚多。其滷水排放方式為先與污水處理廠放流水混合後，再排入博多灣，以降低含鹽濃度及，減少對生態之影響。

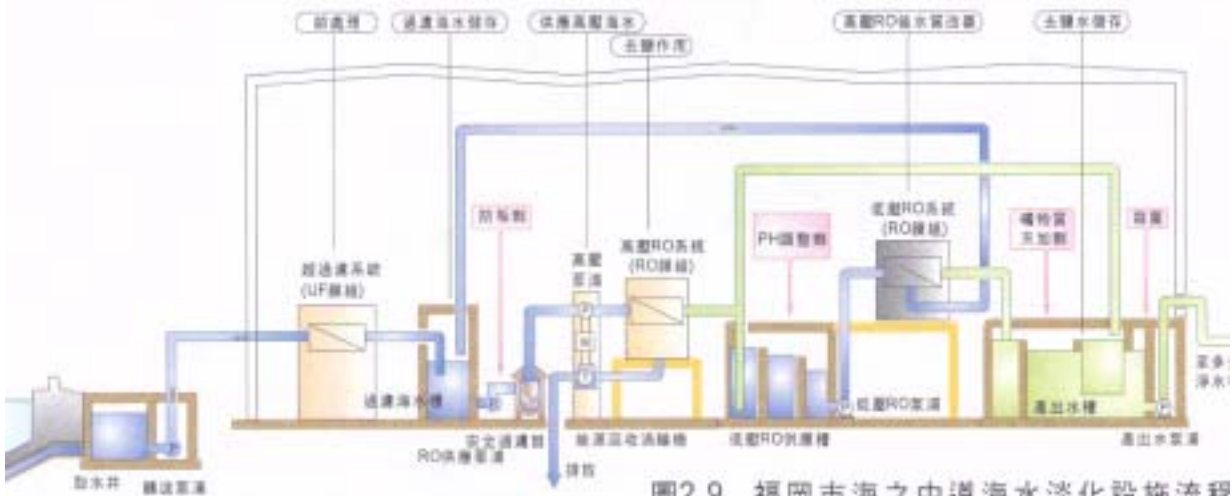
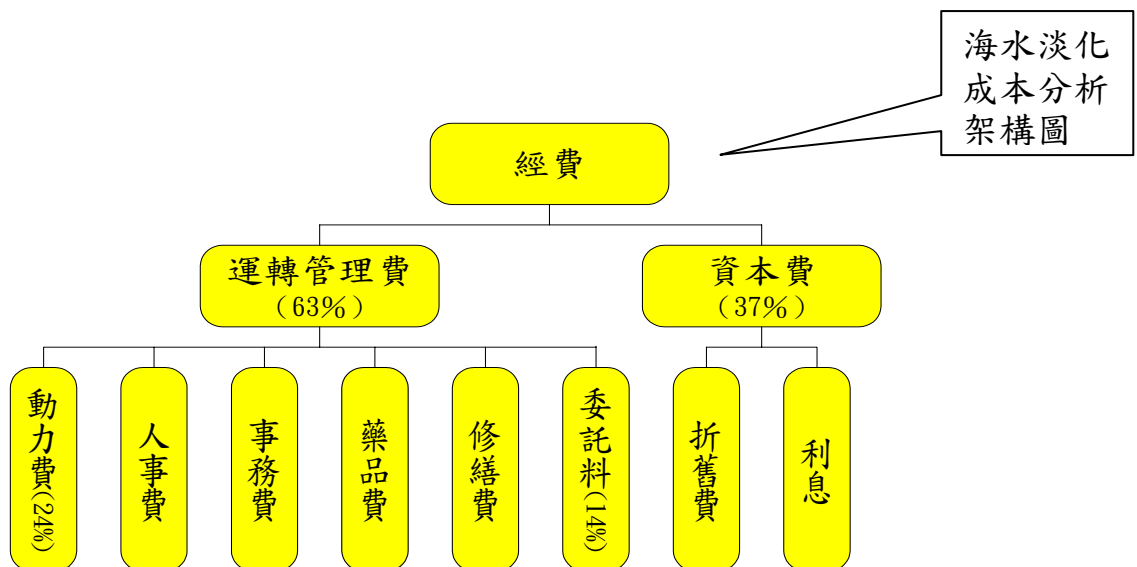


圖2.9 福岡市海之中道海水淡化設施流程

該廠供水方式先注入下原配水池，與地表水混合後再提供作為民生用水。該計畫總工程經費為 440 億日元，其中由國庫補助 85%，整廠在 90% 之運轉下，耗能約為 5.3 度電/噸，產水成本約為 230 日元/噸，其中動力及膜損耗費用預估約為 110 日元/噸，當地水價為 150 日元/噸，可知當地水價已可支持運轉費用。



二、沖繩北谷海水淡化廠

一、背景介紹：

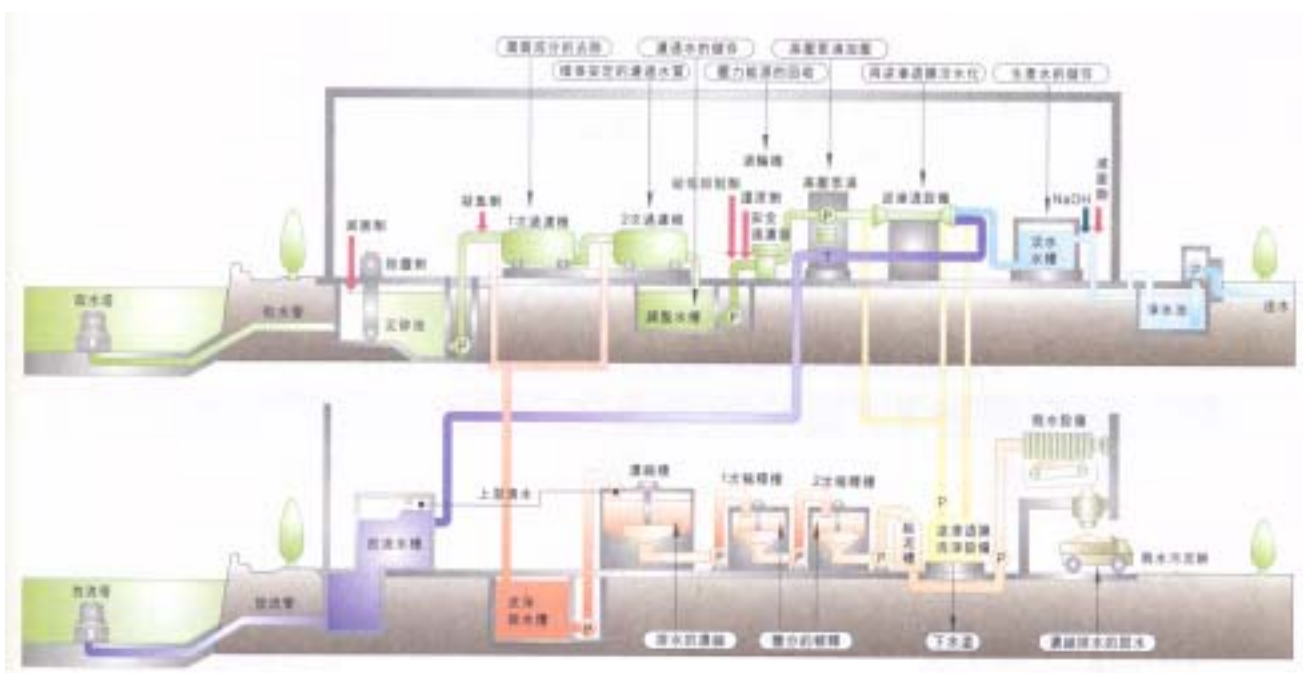


沖繩縣由 1600 個島嶼組成，人口約 130 萬人，其中約 90% 居住於沖繩本島，人口密度為每平方公里 566 人，沖繩縣年降雨量約為 2000 mm，由於地狹人稠，該縣每人所能分配之水量每年僅約 2600 立方公尺，另全年降雨主要集中於梅雨及颱風季節，降雨分配極度不平均，導致該縣屬一水資源匱乏的地區，據統計自該縣 1972 年回歸日本當局迄 1999 年止，27 年間有 14 年實施限水，總限水天數達 1,130 天，其中一次連續限水天數最長達 326 天，沖繩縣於 1992 年開始興建日產 4 萬噸之海淡廠，迄 1997 年完工通水後，已大幅改善沖繩地區之缺水情形。

目前沖繩地區水的來源可分為水庫、河川、地下水與海水淡化四種來源，以 2000 年為例，該地區用水來源之比率為水庫之儲水 65.8%；河川等地表水 22.1%；地下水 10.7%；淡化海水 1.6%。

沖繩北谷海水淡化廠自 1989 年開始擬定基本計畫，1990 開始進行廠址的環境基本調查及基本設計，1992 年開始動工興建，至 1995 年先完成部分機組供水（10,000 噸/日），至 1997 年全部完工，總供水能力為 40,000 噸/日。海水淡化廠基地面積約為 12,000 m²，建築物佔地約 9,000 m²，樓地板面積約 17,600 m²。

本海水淡化廠之取水方式為以海底取水塔取水，而其前處理屬傳統之混凝、沈澱、過濾法。產水方式以採常壓（約 60KG）逆滲透法產水，其淡水回收率為 40%。後端之滷水排放採水中擴散放流方式，由放流塔噴孔噴出，與海水充分混和。



沖繩海水淡化廠海水淡化流程圖

海水淡化機組由八個獨立機組組成，可由需求水量決定運轉機組數。



這樣為一個機組，產水量為 5000CMD，共有八組，豐水期，需以一個機組為單元運轉，維持最低運轉。

先注入配水池，與地表水混合後再提供作為民生用水。本計畫總工程經費為 347 億日元，其中由國庫補助 85%，整廠在 90% 之運轉下，耗能約為 5.5 度電/噸，全廠以 90% 運轉能力運轉者，其產水成本約為 170 日元/噸，其中動力及膜損耗費用預估約為 110 日元/噸，當地水價為 102 日元/噸，可知當地水價幾可支持運轉費用。

柒、心得與建議

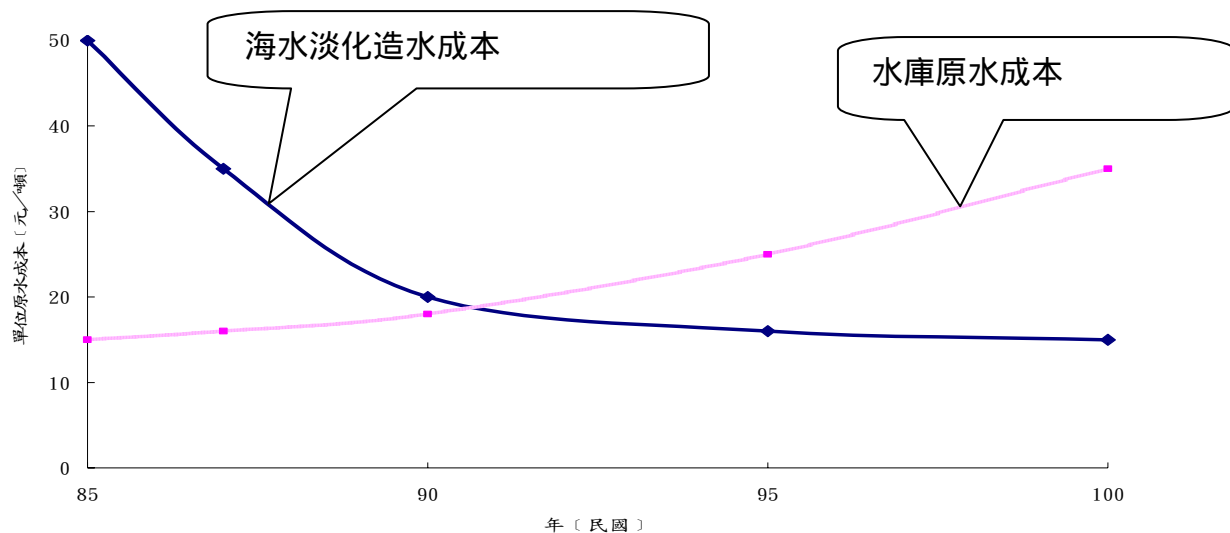
在臺灣水資源利用管理與永續發展進行至少也有十年了，為了達成永續綠色矽島的使命，事實上大家都知道未來新興水資源在國內是不可避免的必須與傳統水利共同存在發展，然而海水淡化及廢水回收的政策絕不是短時間內就可達到令人滿意的結果，但我國應在此海水淡化不再是「貴」不可攀的水資源情形下，立即切入先進行相關政策技術之磨合，以避免日後之措手不及。以色列海水淡化成本每公噸約新台幣 18 元左右，事實上已遠低於國內小型海淡廠及建造水庫的成本，這顯示海水淡化等非傳統水資源已具發展潛力，且隨科技快速進步，未來處理成本還會再低，台灣對這種趨勢發展不能再視而不見，且美國目前已有海淡船鑑之科技，可移動提供臨海缺水工業園區，我國在仍面臨有缺水風險情況下，實應在水利科技上再努力。

海水淡化過去被認為不符經濟效益，但以國內新建水庫雲林湖山水庫為例，水庫原水成本就達每公噸 27 元，而且建水庫對生態破壞很大，相當之下，取之不盡的淡化海水反而比築壩、建庫的傳統水資源便宜得多，國內用水太浪費，要免除水荒，未來除應積極興建海淡廠外，農業方面，也應全面規畫節水管路，不能再任由溝渠式的灌溉水道浪費水資源。

各海淡先進國家在設廠初期均進行完整之海域調查，而如何評估取得澄清的水質及適當的前處理方式，為降低成本及確保運轉順利之關鍵，我國經常忽略這個要項，應是我國海淡廠案例失敗的主因。

世界各國海淡之興建以彌補水資源之缺口為規劃目標，雖現階段我國之海水淡化廠以確保高科技產業百分之百供水為目標（即降低缺水風險），然而我國某部分高科技公司對某些微量元素要求標

準高，因此未來海淡水勢必比照國外混合地面水後併入自來水系統或透過水權交換併入自來水系統，再供園區使用。



九十年二月於新加坡召開之海水淡化研討會所作之預測【上圖】，今天已成為事實，我國除了具開發海水淡化水資源優勢外，還存在豐富的風力資源，因此，世界上第一座大型風力海淡最可能設置的地點，應是我國，風力海淡最重要的是風力電力儲存或穩定的問題，電力不能直接提供海淡廠，風力電力要先供電廠再由電廠供電給海淡，給予穩定能源。以澎湖為例，未來二年內澎湖風力發電將佔百分之20之情況，風力海淡可說是我國未來對外展示水資源科技的重要指標。