

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

97 年 1 月 7 日

報告人 姓名	丁澈士	服務機關 及職稱	國立屏東科技大學 土木工程系教授
時間 會議 地點	2007 年 10 月 28 日至 2007 年 11 月 2 日 美國、亞利桑那州、鳳凰城		
會議名稱	(中文)第六屆國際地下水人工補注研討會 (英文)6 th International Symposium on Managed Aquifer Recharge		
發表論文 題目	(中文)1. 地下水補注阻塞之試驗研究-屏東平原個案 2.地下水人工補注井之維護與操作及入滲能力評估之研究-屏東平原 個案 (英文)1. Clogging Effect on the Artificial Infiltration Basin : a case study at Pingtung Plain, Taiwan 2.Maintenance Plan for Operation and Infiltration Capabilities for Aquifer Storage and Recovery in Pingtung Plain ,Taiwan		

一、參加會議經過

第六屆國際地下水人工補注管理研討會於 2007 年 10 月 28 日~11 月 2 日在美國亞利桑那州鳳凰城舉行。

本次研討會由亞利桑那水文協會 (Arizona Hydrological Society) 為永續地下水補注管理 (Management of Aquifer Recharge for Sustainability)，前 5 屆曾在加州、佛羅里達州、荷蘭、澳洲及德國舉行；本屆來自世界超過 30 國家近 300 位學者專家集聚一堂。研討會分別以口頭發表(Oral Presentation)及海報發表(poster presentation)二種型式及主題會議(Managed Aquifer Recharge(MAR))進行學術交流，交換工作及研究心得，為期六天之研討會；其中有一場專題演講(Keynote Address，由 Dr. Ed. Bouwer)；研討會中並安排五個技術考察場址及四場研習課程(workshop)及一場工作會議(plenary session)。

本研討會由 MAR 發起人之一澳洲著名地下水人工補注研究學者 Dr. Peter Dillion 領導之下，進行 54 篇論文宣讀及 76 篇海報研討。本屆會議主要在宣導本世紀水資源主要議題在於水如何保育及永續經營，透過地下水人工補注是處理水最主要及合理運用之方法。地下水人工補注之箴言為「從小規模開始，一邊學習，再視需要擴大規模」(Start small, learn as you go, and expand as needed)。透過地下水人工補注專業研討會，可互相學習各國經驗，來分析本國環境所需之條件後，再來應用實施，並藉由科研者與工程師之合作，共同解決補注系統之問題，並提供經驗分享，此乃本屆研討會之精神。

本屆研討會共有十大議題 (topic)，分別為：含水層在整合水資源管理之角色(Role in Integrated Water Management)、地下水力學與儲存 (Groundwater Hydraulics and Storage)、操作、控制及經濟 (Regulations, Governance and Economics)、地下水補注之水文地質化學變異(Geochemistry of Aquifer Recharge)、致病菌及有機物之宿命(Fate of Pathogens organic)、區域性議題(Regional issues)、亞利桑那州地下水人工補注經驗談(Arizona Managed Aquifer Recharge)、池浸補注法 (Basin Recharge)、地面水質變化(Subsurface Water Quality Changes)及操作與管理(Operations and Management)。

筆者以 1.地下水補注阻塞之試驗研究-屏東平原個案 2.地下水人工補注井之維護與操作及入滲能力評估之研究-屏東平原個案，二篇海報論文發表，海報發表在 10 月 29 日下午 3:30 及 10 月 30 日下午 5:00 舉行。會中討論熱烈，尤其與美國 Prof. H. Bouwer、日本 Prof. Hida 及澳洲 Dr. P. Dillion 多方交換意見，探討美國、日本及澳洲從研究、實驗到實務運用歷程。其中，日本與台灣過程接近，值得參考及學習。

二．與會心得

每逢汛期，如 2007 年 8 月屏東林邊溪下游大洪災，高屏溪攔河堰供水濁度飆高，台灣各處水利及水資源防災及供水進入緊張狀態。

上善若水、利益眾生；然水之為害也，卻也互古不斷。各國如，日本、泰國，亦紛紛投入地下水人工補注，如何將地面水導入含水層來管理，「增源減洪」之觀念與技術之「心」與「新」思維，應具體在「產、官、學、研」形成共識，才能對「水水水台灣」旗艦計畫，有所新的策略。

三、考察參觀活動

研討會前筆者透過安排拜訪在河床伏流水收集井及河岸取水、海水入侵防制已有 80 多年歷史及經驗的專業公司(Ranney Collector Wells)。Ranny 公司由總裁及副總裁及總工程司在訪問時安排做公司簡介簡報及該公司承作之實務參觀。由專業角度來評估水資源開發，以河床伏流水收集井(輻射井)及河岸取水(井)是目前歐洲、美國、澳洲在水資源開發皆積極採用此種技術；尤其在台灣地區每逢汛期時，如各河川(高屏溪)濁度高到 2 萬度，此時用此種工程技術取水，可以解決供水壓力(以備援角色)，甚至可發展至全時期(整年)供水。請參考照片。

研討會後筆者也透過安排參觀加州橘郡地下水人工補注之案例：

橘郡(Orange County)是加州南部靠近洛杉磯一個郡，年降雨量只有 330~380mm，人口約 250 萬，氣候乾旱，水資源短缺。該郡西北部的需水量占全郡需水量的 75%，主要是由地下水供給的。為了保護此地的地下水資源，橘郡水區 (Orange County Water District -OCWD) 和橘郡衛生下水道區(OCSD)兩個單位聯合成立了地下水補充系統 (Groundwater Replenishment (GWR)System)計畫。OCWD 系統成立於 1933 年，60 年代中期興建水再生處理廠，如著名的 21 水廠(WF-21)。OCWD 主要負責管理和保護地下水源、水的深度處理和回注系統，OCSD 主要則進行市政廢水處理和地下水的表面入滲補注系統。

OCSD 系統收集全郡 20 餘個市鎮排放的市鎮廢水，應用比較傳統的二級生化處理技術，水質達到排放標準後，送至 OCWD 進行再生處理，其主要之處理方法包括：微過濾(Microfiltration；MF)、逆滲透 (Reverse Osmosis；RO)、紫外光照射(Ultraviolet Light；UV)以及自然

過濾(Natural Filtration)等水處理技術深度處理，於2004年OCWD設置了一套MF-RO-UV的試驗性設備(pilot facility)，成功的產出約1.9 萬 m³/day 水量。經由此深度處理過後之水源到全部指標滿足加州飲用水水質標準後，引入含水層進行地下水補注。地下水補注主要實施於橘郡Forebay的地表漫滲(Spreading basin)補注系統以及防止海水入侵之阻隔(Barrier)補注井設施兩部分。

Forebay地表漫滲補注系統係利用聖塔安納河(Santa Ana River)9.6公里長的天然河段和14處池湖作為入滲補注(漫滲)處理池。各補注池豐水期以橡皮壩取水，定期輪換放空，並用專門的浮船式刮砂機刮去補注池底部的沉澱物(可作建築材料)，以提高入滲效率。

由於橘郡位於加州南部，其歷來的農業用水已經為與日俱增的都市用水需求所取代。在1950年代初期，沿海地區地下水超抽的情形導致海水入侵至淡水地下含水層。OCWD乃於Huntington Beach及Fountain Valley一帶地區設置一道防止海水入侵的屏障(Barrier)地下水補注設施，業已控制住地下水流域的超抽狀況，並增加了供水的可靠度。經由OCWD深度處理過後的成品水，經由23個多點注入井(*multi-point injection well*)，被注入4個有海水入侵傾向的地下含水層中，這些注入井彼此相距152m，涵蓋的距離約3.2公里。

根據OCWD的估計，地下水補充系統(GWR)將有約26.5萬 m³/day的高品質水量產能，能提供加州橘郡人口成長所需之水量。由於OCWD革新的傳統已造就WF-21的成功應用，以及橘郡Forebay提供的額外補注地下水的地下水補注操作。這些計畫業已為安全且有利地利用經過高度處理之再生水進行地下水補注，提供了科學的支持。OCWD對於研究與發展的長期承諾，已孕育出地下水補注以及保護沿海地下水之改善方法的新構想。廣泛且超過法規要求的監測計畫的實施，已證明了高級廢水處理技術的可靠與其成效。OCWD多年來在地下水補注的經驗，結合新的或是改良的處理技術之評估，將可獲得地下水補注的最大成果，並提供橘郡一個可靠的、優質的地下水水源。

四、結論與建議

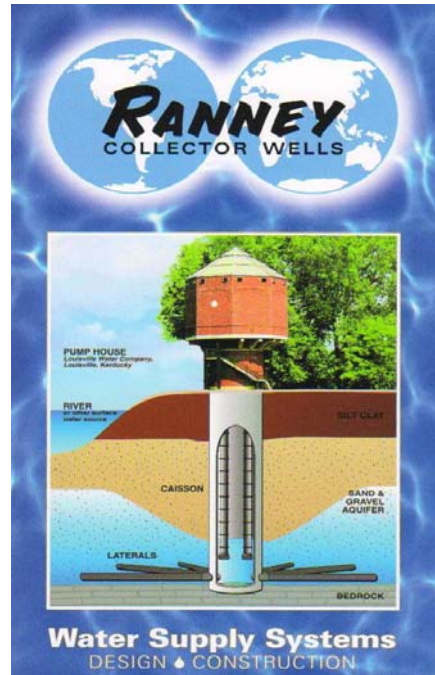
國際地下水人工補注研討會，在國際上已舉辦了近三十年，累積了很多國際的知識及實務經驗（已有百年），並在研討會相互切磋與交換。目前筆者與研究團隊長年在屏東平原地下水資源評估與管理之研究，已取得多項研究成果，正積極要向實務推動，並向國際宣示台灣與世界在水資源議題「接軌」。並透過聯合國教科文組織補助即將在 2008 年 2 月 4 日至 6 日在泰國清邁召開之「第一屆亞太地區地下水人工補注國際研究會議」(The First Annual International and Research Meeting on Artificial Recharge of Groundwater)。冀期透過本次會議喚醒亞太地區各國政府對水資源開發利用之技術，要與歐美澳之技術同步。筆者更期待台灣各水政單位對「地下水人工補注」及水資源開發利用技術(如河床收集水井 collector wells；及河岸取水 riverbank filtration)能投入關注與重視，台灣此刻之水政策應重新思考，才能有「心」與「新」的對策。

五、攜回資料名稱及內容

1. 論文集：Management of Aquifer Recharge for Sustainability
2. 技術研習手冊：Design and Construction Techniques for Recharge and Recovery well
3. 技術考察現場實務實錄。



筆者與 Ranny 公司總裁及副總裁合影



Ranny 公司伏流水收集井(輻射井)示意圖



伏流水收集井(輻射井)之外觀



伏流水收集井(輻射井)之觀測井



伏流水收集井(輻射井) 之內部



伏流水收集井(輻射井) 之內部



伏流水收集井(輻射井) 之供水馬達



伏流水收集井(輻射井) 之施工情形



OCWD 之地下水補注回收系統



OCWD 之補注湖入水口



OCWD 之告示牌



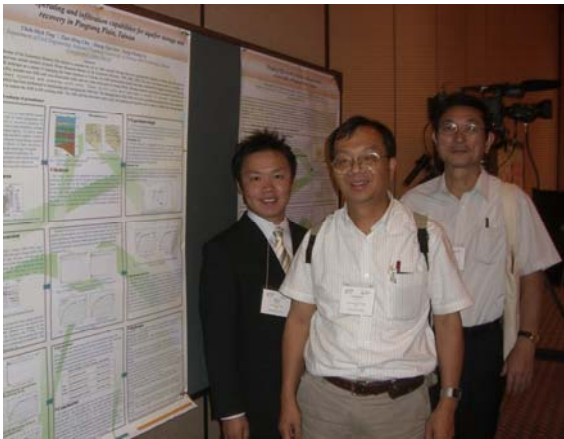
OCWD 之生態景觀區



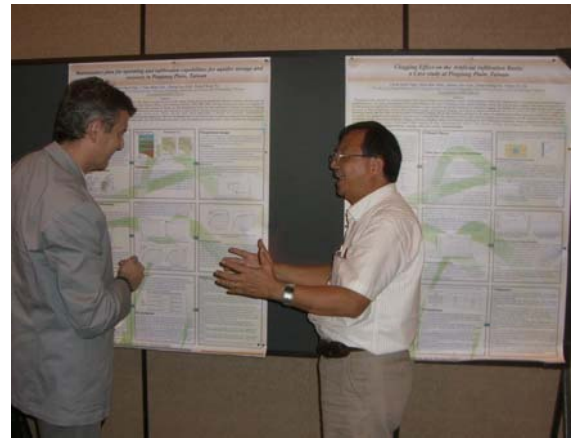
OCWD 之工程師向筆者解釋地下水人工補注操作過程



OCWD 之水質淨化廠區一角



研討會展示場



研討會展示場



研討會展示場筆者與日本
Prof. Hida 合影



研討會展示場筆者與澳洲
Dr. P. Dillion 合影



研習會場筆者與美國
Prof. H. Bouwer 合影



研習會場筆者與荷蘭阿姆斯特丹自由大學
Prof. P. Stuyfzand 合影