

出國報告(出國類別：其他(研習))

參加永續糧食安全之灌溉水管理創新研討會
(Seminar on Innovations in Irrigation Water
Management for Sustainable Food Security)

出國報告書

服務機關：行政院農業委員會農田水利處

姓名職稱：林國華 科長

服務機關：行政院農業委員會高雄區農業改良場

姓名職稱：王仁晃 助理研究員

派赴國家：巴基斯坦

出國期間：102年1月19日至1月26日

報告日期：102年4月19日

出國報告審核表

出國報告名稱：參加永續糧食安全之灌溉水管理創新研討會			
出國人姓名 (2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位	
林國華	科長	行政院農業委員會	
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>研討會</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)		
出國期間：102年1月19日至102年1月26日		報告繳交日期：102年4月19日	
出國人員 自我檢核	計畫主辦 機關審核	審 核 項 目	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2.格式完整(本文必須具備「目的」、「過程」、「心得及建議事項」)	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.無抄襲相關資料	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.內容充實完備	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5.建議具參考價值	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.送本機關參考或研辦	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.送上級機關參考	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.退回補正，原因：	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(7) 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 其他_____	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.其他處理意見及方式：	
出國人簽章(2人以上，得 以1人為代表)		計畫 主辦 機關 審核 人	一級單位主管簽章
			機關首長或其授權人員簽章

摘要

本次研討會由亞洲生產力中心（APO）主辦，主要行程內容為參加「永續糧食安全之灌溉水管理創新研討會」，研討會由專家提供 8 篇關於灌溉水管理創新相關技術與資訊的專題報告，再由 10 個國家 17 位學員代表提供國家報告，內容為參加學員國家灌溉用水的管理與創新研發議題。台灣薦派農委會農田水利處林國華科長及高雄區農業改良場王仁晃助理研究員參加本次研討會，林國華科長報告題目為「台灣農田水利會組織與創新性灌溉政策之簡介」，主要內容除介紹台灣水資源利用與農業生產情形外，亦針對台灣農田水利會之組織型態、營運經費來源與糧食安全下農業生產政策調整方案等進行介紹，同時說明本會推動之黃金廊道之政策目標及策略；王仁晃助理研究員則以「建構台灣熱帶果樹精準灌溉系統與推廣-以番木瓜為例」，提供台灣熱帶果樹精準灌溉管理研發及推廣經驗。

大會並將所有學員分成兩組，針對研討會主題永續糧食安全，創新性灌溉水管理技術等進行團體研討，研提短、中、長期之建議作法，作為各國未來農業灌溉技術發展之參考。研討會並安排一日參訪巴基斯坦當地試驗研究中心、灌溉水管理相關推廣及研究進展。

目 錄

壹、目的.....	1
貳、過程及內容	2
一、 出國工作行程：	2
二、 專題演講.....	5
三、 各國參加者國家報告精要.....	8
四、 參訪行程紀要	13
參、心得及建議	16
肆、研習會活動照片	20
伍、附件.....	24

壹、目的

本次研討會由亞洲生產力中心主辦，研討會首先由專家提供灌溉水管理創新相關技術與資訊，再由每一位參加人員提供國家灌溉用水的管理（irrigation water management, IWM）及 IWM 相關創新研發議題國家報告，並參訪巴基斯坦當地試驗研究中心、灌溉水管理相關推廣及研究。專家共提供 8 篇專題報告，分別來由 IWMI（International Water Management Institute, 1 篇）、韓國（2 篇）、土耳其（2 篇）、美國（1 篇）、巴基斯坦（2 篇）等國家專家提供。其中國家報告參加學員共 17 人，分別來自中華民國（2 人）、伊朗（2 人）、馬來西亞（1 人）、蒙古（1 人）、尼泊爾（1 人）、巴基斯坦（3 人）、菲律賓（1 人）、斯里蘭卡（3 人）、泰國（2 人）、越南（1 人）等 10 個國家，國家報告所需涵蓋的內容，包括該國農業灌溉基本訊息，如灌溉為國家糧食安全的貢獻百分比、主要種植及耕作制度做法、灌溉面積、灌溉水供應的狀態（充足，不足的情況等），不同的層次灌溉系統如水庫、灌溉水渠、水道及農場之水分利用效率（WUE）。舉例說明該國在灌溉水供應及需求面，如何利用創新技術與策略，提升灌溉水使用效率，最後再經由團體討論，提供國家灌溉水的管理創新技術及問題解決策略，提供給參加學員。

因此，本次研習會之目標為：1. 分享各國創新技術和良好的實務做法，改善灌溉系統的性能；2. 制定建議和行動計畫，以促進 APO 會員國的灌溉用水管理的最佳操作模式。從本次各國派員參與及交流之活動中，已達到 APO 各會員國對於永續糧食安全，創新性灌溉水管理技術等議題技術提升之目的，並作為各國制定農業水資源政策之參考。

貳、過程及內容

一、 出國工作行程：

國外出差日期含往返行程為 102 年 1 月 19 日至 1 月 26 日，共計 8 天，其中 1 月 19 日及 20 日為前往巴基斯坦之旅程，1 月 26 日為返國之路程，有關出國期間工作行程 APO 安排如下：

Day 1: 21 January (Monday)

08:30 – 09:00	Registration
09:00 – 09:40	Opening Session <ul style="list-style-type: none">- Play APO 50th Anniversary DVD- Play NPO DVD- Welcome Remarks by Mr. Khawaja M. Yousuf, CEO, National Productivity Organization, Pakistan- Welcome Remarks by Dr. Muhammad Saeed, Senior Program Officer, Asian Productivity Organization (NPO)- Inaugural address by the chief guest- Introduction of Participants and Resource Persons- Group photo
09:40 – 10:00	<i>Tea/coffee break</i>
10:00 – 10:45	Program orientation By Muhammad Saeed, Senior Program Officer, APO
10:45 – 11:30	Resource Presentation 1: Revitalizing Irrigation Systems in Developing Countries: experience of IWMI By Dr. Arif Anwar, Senior Researcher, Irrigation and Head, IWMI Pakistan, International Water Management Institute
11:30 – 12:15	Resource Presentation 2: Innovations in supply management of irrigation water By Dr. Yusuf Ersoy Yildirim, Ankara University Faculty of Agriculture, Department of Farm Structures & Irrigation
12:15 – 13:00	Resource Presentation 3: Innovative demand management of irrigation water By Dr. Yusuf Ersoy Yildirim, Ankara University Faculty of Agriculture, Department of Farm Structures & Irrigation
13:00 – 14:00	<i>Lunch break</i>

14:00 – 14:45	Resource Presentation 4: ICT Applications in Paddy Irrigation Management By Dr. Jin-Yong Choi, Associate Professor, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University
14:45 – 15:30	Resource Presentation 5: The USA initiatives to improve water resource management in Pakistan By Dr. Otto Gonzales, Special Projects Officer, Rural Development & Natural Resources, USDA & Mr. Richard Todd Drennan, Agricultural Counselor, USDA
15:30 – 15:45	<i>Tea/coffee break</i>
15:45 – 16:30	Resource Presentation 6: Farmers' initiatives for efficient use of irrigation water By Engg. Muhammad Tahir Anwar, Director General, Federal Water Management Cell, Ministry of National Food Security and Research
16:30 – 17:15	Resource Presentation 7: Wastewater reclamation and reuse practices for agriculture in the Republic of Korea By Dr. Jin-Yong Choi, Associate Professor, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University
17:15 – 17:45	Open Forum – Q&A session

Day 2: 22 January (Tuesday)

09:00 – 09:15	Recap of Day 1
09:15 – 10:00	Resource Presentation 8: Innovative ways to use agricultural water By Mr. Muhammad Saleem, Senior Engineer (Water), Pakistan Agricultural Research Council
10:00 – 11:00	Country paper presentations by participants: Republic of China
11:00 – 11:15	<i>Tea/coffee break</i>
11:15 – 13:30	Country paper presentations by participants: IR Iran, Mongolia & Thailand
13:30 – 14:30	<i>Lunch break</i>
14:30 – 16:00	Country paper presentations by participants: Nepal & Philippines
16:00 – 16:15	<i>Tea/coffee break</i>
16:15 – 17:15	Country paper presentations by participants: Sri Lanka
17:15 – 17:30	Briefing on group exercise
19:30 – 21:30	Welcome address hosted by APO

Day 3: 23 January (Wednesday)

09:00 – 11:15	Country paper presentations by participants: Malaysia, Pakistan & Vietnam
11:15 – 11:30	<i>Tea/coffee break</i>
11:30 – 12:45	Group Exercise-1
12:45 – 14:00	<i>Lunch break</i>
14:00 – 15:30	Group Exercise-2
15:30 – 15:45	<i>Tea/coffee break</i>
15:45 – 17:30	Group Exercise-3
17:30 – 17:45	Briefing on field visits

Day 4: 24 January (Thursday)

08:00 – 17:00	Field visits to: 1) National Agricultural Research Centre (NARC)'s Research Area, and 2) Fatehjang Field Station of NARC, Islamabad
---------------	---

Day 5: 25 January (Friday)

09:00 – 10:30	Group Exercise-4
10:30 – 10:45	<i>Tea/coffee break</i>
10:45 – 12:00	Group Exercise-5
12:00 – 13:00	Formulation of individual action plans to be followed up by participants
13:00 – 14:00	Lunch break
14:00 – 14:30	Program evaluation by participants, resource persons, and implementing organization
14:30 – 15:30	Summing up and closing session

Day 6: 26 January (Saturday)

Participants' return to respective countries
--

研習時間共計 5 天，第 1 日由 IWMI、韓國、土耳其、美國、巴基斯坦等國專家進行 8 篇專題報告，引導學員了解先進灌溉水管理技術並分享相關工作經驗；第 2 日和第 3 日則由參加學員報

告各個國家之國家報告 (country papers)，我國之學員被安排在第 1 及第 2 位進行報告；第 4 日則進行現場參訪，參訪地點為巴基斯坦國家農業研究中心 (National Agricultural Research Centre; NARC) 與 Fatehjang 田間試驗站 (位於巴基斯坦 Punjab 省)，及與美國農業部合作進行之集水區復育與灌溉系統改善計畫 THATTI GUJRAN 試驗場觀摩；第 5 日則將全部學員分成 2 組，針對永續糧食安全，創新性灌溉水管理技術進行團體研討與報告。

二、 專題演講

本次研討會共邀請 6 位專家，提供 8 個專題演講，內容包括介紹發展中國家灌溉系統改進、灌溉用水供應及需求管理創新研發、應用資訊與通訊技術 (information and communication technology, ICT) 於水稻田灌溉管理、韓國廢水再生及在農業利用方法、美國在巴基斯坦對促進水資源管理的創新技術介紹及農民如何運用創意於提升灌溉水利用效率等議題，藉由專家的演講可以了解目前發展中國家與巴基斯坦在灌溉水資源利用與管理的概況，並介紹部分提供灌溉水利用效率的辦法，例如使用管路灌溉、噴灌、滴灌等耗水量較低的灌溉方法，並設法將水蓄留於作物栽培的區域 (或根域)，在未來如何利用資訊系統整合運用等議題。

來自於土耳其演講者 Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM，以灌溉用水供應及需求管理創新研發為題，從灌溉水的「供應」及「需求」所進行的創新管理或技術，介紹土耳其灌溉水管理與發展概況，並說明如何提升水資源利用效率的方法。土耳其於 1950 年到 1965 年間開始建造灌溉渠道，從 1965 年以 canalettes 進行灌溉。1970

年和 1980 年之間，開始大量建造 canalettes 系統，但由於土耳其地勢較為陡斜，因此需建構許多的 canalettes 灌溉系統，但該灌溉系統仍然存在許多灌溉水分布的問題。因此開始設置低壓管路灌溉，並於 1980 年代，利用混凝土管低壓灌溉網絡，1990 年起，使用低、中壓管路系統，使得整個灌溉系統獲得較多的進展，灌溉效率也較為提升。土耳其灌溉水 80% 來自於地表水源，20% 為地下水，灌溉比和灌溉效率分別為 65% 和 45%。

在灌溉水供應管理創新研發策略上，包含 (1) 以 Gediz 河流域為例，針對水平衡參數（例如水流量、環境變化、水收支帳及水庫的利用等資訊）多年研究，建立一套電腦模擬系統，作為灌溉水供應的管理決策，利用這套方法管理灌溉水，有效地提高了灌溉水的使用效率。(2) 在容易發生乾旱危機的 Seferihisar 水壩地區，實施限制供水管理，所有水的利用均必須透過水錶，計算水的使用量。(3) 建構集體滴灌系統 (Collective Drip Irrigation Systems, CIS) 以提高供水的效率，滴灌用的灌溉水由機構統一管理，因為使用者必須付費，因此農民必須加強灌溉效率的提升與管理，Eyüpler 灌溉合作社是土耳其最著名的應用區域，政府也支助了部分的管理費用 (25%)，每一個參與合作社的農民，田區的灌溉系統都可以獲得土耳其農業信貸銀行的無息貸款。(4) Alibeyhöyüğü 灌溉合作社，該地區農民使用卡片購買灌溉水，合作社針對水井等供水設施進行統一的建設、維護與監控，目前更開始設置太陽能及風力發電等替代再生能源以驅動設備。(5) 使用替代能源 (太陽能) 於蘋果果園灌溉及良好農業操作。(6) 利用水動力幫浦 (Water-Powered Pump, WPP) 供應水源，目前為初始階段。

土耳其在灌溉水需求管理創新研發策略上，包含（1）GAP 灌溉系統計畫的管理，操作與維護，透過計畫設計合適的灌溉水管理方法，並經由規劃、立法、訓練及執行等，達到灌溉水的需求管理目的。（2）農業用水管理計畫，以 Salihli Right Bank Irrigation Association 為計畫主要實施成員，利用科學數據分析方法，比較 2003 年未經分配管理階段，與目前進行水資源分配和管理的做法後之用水效率差異，目前的管理作法有效地提高了農業用水的效率。（3）Ceylanpinar 州營農場的水資源管理計畫，該農場有 176,100 公頃土地面積，利用灌溉設施可以提高作物生產效率，該州營農場主要利用 294 深水井灌溉 10,900 公頃田區，未來將持續開通 1,203 深井，灌溉區域可達到 25,800 公頃。灌溉設施包含中央樞軸式噴灌（52%），半永久性噴灌設備（40%），滴灌系統（8%），未來總灌溉面積將可達到 60,900 公頃。（4）由州政府針對現代化高效率灌溉設施增加 50% 補助，其中 75% 由農業銀行提供無息及 5 年期貸款的使用。

來自韓國首爾大學 Dr. Jin-Yong Choi 之演講第一部份為：應用資訊與通訊技術（ICT）於水稻田灌溉管理，說明如何妥善的應用 ICT 於農業用水的管理，利用 ICT 可以獲得農業用水的訊息，且具有一定的準確度與即時性，並且可以克服時空上的障礙。因此對於灌溉水的操作與管理有更好的決策基礎，提高水分利用效率，結構維護及確保生產穩定與安全等優點。ICT 系統包含資訊蒐集技術、通訊技術、通訊與資訊連接技術、訊號偵測與通訊連接，電腦與通訊連接設備等，韓國在全國的水稻耕作灌溉區域已經完成 ICT 的設置，因此可以有效的監控水壩、水塘及灌溉渠道等水分狀況，可針對乾旱狀況提出預警，進行有效的灌溉水管理，此

外亦可以透過筆記型電腦或行動電話等，進行水資源的管理與監控。

韓國也針對廢水再生及在農業利用方法進行相關研究，利用來自廢水處理工廠所處理後的水作為灌溉用水，目前有 357 個廢水處理工廠，處理了 87.1% 廢水，每天超過 500 m³/day，總處理廢水量達到 6.7 Billion m³/year。根據評估廢水再生利用具有減少污染、提供部分作物生長所需養分、減少乾淨水源的使用及促進水資源利用產業的發展等優點，但是也面臨了食用衛生安全疑慮及初期設備與維護費用較高等問題。因此必須執行廢水再生的相關試驗，包含植物生長、土壤成分的影響、微生物及重金屬分析、水質檢測、對生態系統的影響及對栽培作業的影響（可減少肥料的使用）等。

三、 各國參加者國家報告精要

台灣薦派農委會農田水利處林國華科長及高雄區農業改良場王仁晃助理研究員參加本次研討會，林國華科長報告題目為：台灣農田水利會組織與創新性灌溉政策之簡介，主要內容除了介紹台灣水資源利用與農業生產情形外，也針對台灣農田水利會之組織型態、營運經費來源與糧食安全下農業生產政策調整方案等，向來自 12 個國家進行中華民國之國家報告，同時也將本會目前大力推動之黃金廊道之政策目標、實施策略與計畫內容等，介紹給參與學員，期藉由此次活動交流，讓亞洲國家對台灣灌溉技術與發展願景，有更深入的了解（報告內容詳如附件 1）。

王仁晃助理研究員則以「建構台灣熱帶果樹精準灌溉系統與推廣-以番木瓜為例」，提供台灣熱帶果樹精準灌溉管理研發及推

廣經驗。台灣番木瓜的傳統灌溉方式為淹灌或噴帶灌溉，由相關的創新研發經驗說明，可利用簡易肥灌設備，設計一套簡便的肥灌管理系統應用於果園。並且藉由田間設置傳統噴帶灌溉與滴灌比較的示範果園，或利用修改現有的灌溉系統，搭配水利會推廣系統，灌輸農民肥灌管理的概念，推廣省工、省肥及提高品質之果樹肥灌管理技術，目前番木瓜肥灌管理技術已逐步推廣至田間，未來將持續擴展至其他熱帶果樹種類(報告內容詳如附件 2)。

伊朗演講者為 Dr. Safar Marofi, Seyed Hamid Mousavi, Saeedreza Eslampour，題目為灌溉水資源管理的革新 (Innovation in Irrigation Water Management)，伊朗正面臨嚴重的水資源缺乏，政府正準備以技術與體制的方法面對這項挑戰，其中一項關鍵策略為將管理責任下放至使用者端。灌溉管理轉移 (Irrigation Management Transfor, IMT) 被視為增進水資源運用與水利設施維護的關鍵策略，可減少水資源損失，並增進灌溉設施的永續性。然而，IMT 的效果正處於初始階段，於基礎設施恢復地區之影響較明顯，因此該報告針對正在進行 IMT 之 Qazvin 和 Kermanshah 兩個省份進行田野調查。

尼泊爾演講者為 Binod Kumar Chapagain，題目為從尼泊爾的永續灌溉管理個案研究探討灌溉與糧食安全 (Irrigation & food security status with a case study of sustainable irrigation management in Nepal)，尼泊爾有兩種灌溉系統必須現代化。其一，為農民管理灌溉系統 (Farmer managed Irrigation System, FMIS)，FMIS 需新增許多基礎灌溉設施與發展能力，以增進使用效率與管理運行，以利永續發展。另一種為機構管理灌溉系統 (Agency managed Irrigation System, AMIS)，由於系統老

舊，無法跟上運作與管理需求，因此效能低落。耕地增加幅度減少，且擴增的可能性非常低，隨著人口的增加，未來的人口與耕地面積比例會逐漸上升，這對於農業生產力停滯的國家是個警訊。尼泊爾現在正面臨糧食安全的挑戰，而近年的情況會持續增加，因為有 31% 的貧窮人口，而且農業生產力低落。農業生產於 2001 年 2 月占尼泊爾 GDP 的 37.4%，到了 2010 年 11 月則下滑至 35%。

Binod Kumar Chapagain 演講中提及 FMIS 與 Panchakanya 灌溉系統(Panchakanya Irrigation System, PIS)之成功原因，農民與水利會(Water Users Association, WUA)建立起合作機制，完成灌溉管理任務，如水資源獲得(acquisition)、分配(allocation)、分佈(distribution)、資源調度(resource mobilization)、衝突調節(conflict management)。由於所有權、組織能力、使用者參與、互信與責任，使得此機制可以順利發展。PIS 在發展與操作上的需求導向，與保證使用者在系統的發展上可全程參與為其兩大特色。PIS 提供了制定與執行灌溉發展與管理的參與模式。而根據對於此系統的評價，可得到以下結論：WUA 在永續灌溉管理與發展上扮演重要角色，對於此系統的擁有權，影響了農民的態度與行為，當農民意識到自己的擁有權，使農民在維護此系統上有更好的效果。WUA 管理系統因為農民積極參與及政府支持，因此為適合尼泊爾的永續發展灌溉管理系統。定義 WUA 與 DOI (Department of Irrigation) 的角色與權責有其必要性，維持透明度，包含與分散合理的決定權至 WUA。DOI 提供之訓練，對於 WUA 增進系統管理效能與發展有顯著的影響力。政府應提供法律方面的支持，包含提供水資源使用權、灌溉管理費(Irrigation

Service Fee, ISF)的徵收、與制裁機制之完整法律性權力。目前WUA可回收運作、維護與管理(Operation, Maintenance, and Management, OMM)之成本，使用者參與的情形已改變，但政府當局對於水力發展的角色依然存在。

菲律賓演講者為Dr. Silvino Q. Tejada, Ceso III，題目為灌溉發展與其對基礎糧食生產之貢獻(Irrigation development and its contribution to staple food production)，增進水分利用效率(Water Use Efficiency, WUE)受到許多有利因素的影響。僅有技術的革新，並無法確保其成功率，亦需有政策、相關規範與計畫，包含長時間與適當之資金釋出。同樣地，初期建設的能力，能使政府單位與農民能有管理小規模灌溉計畫的能力。像菲律賓如此年雨量大，但時間和空間分布變異大的國家，在乾濕季分分明的地區建立雨水收集與儲存設施具有極大的價值。

斯里蘭卡演講者為Eng W A Chandrathilaka，題目為斯里蘭卡之馬哈威利水資源灌溉管理系統(Irrigation Water Management in Mahaweli Systems of Sri Lanka)，農業用水管理需一併考量在灌溉系統之內，因此總體水資源分配(Bulk Water Allocation)的觀念及農民積極參與搭配，可規劃灌溉計畫與行程。導入此觀念後，馬哈威利當局可得到最佳的灌溉水資源管理運作，以及減少農民問題及增進農民與水利當局的關係。在獨特且公平的觀念下，每位農民可從灌溉系統內分配到1公頃的農地用水使用權。

為了使每位農民在灌溉季節分配到適當的水資源使用額度，因此有一套完整的方法。先以灌溉渠道等級，評估農民的作物型

態與用水量。接著農民的灌溉用水估計量將向上移至農民水利組織(Distributory Canal Farmer Organizations , DCFO)等級，所有的DCFO共同擬定每個DCFO每季於灌溉區的用水額度。於計畫層級，水資源管理委員會計算出當季之總計畫用水需求，並將計畫送至水資源管理小組(Water Management Panel)，此時水資源管理秘書室(Water Management Secretariat)將會視當時現行存水量與天氣預報，決定每個計畫或系統之用水量多寡。如果現行水資源可供應所提出之用水需求，則栽培計畫將被批准執行。但如果水資源不足，栽培計畫將依據有效降雨灌溉水進行調整。

另一位斯里蘭卡演講者為D. D. PrabathWitharana，題目為斯里蘭卡之抗旱水資源管理革新(Water Management Innovations for Drought Mitigation in Sri Lanka) 斯里蘭卡逐漸減少的森林覆蓋，是個嚴重的問題，特別是對於分水嶺與表面逕流的產生。起因於氣候變遷的頻繁旱象成為嚴重的問題，對於水資源是個嚴重的威脅，對此的因應措施成為目前國內重要議題。灌溉行程計畫與遙測技術之稻田電腦化資料庫為兩大水資源管理革新。

泰國演講者為Assoc. Prof. Sombat Chuenchooklin，泰國之灌溉水資源管理革新(Innovations in Irrigation Water Management in Thailand)，乾旱與淹水為最常見之水資源問題。皇家灌溉部門(Royal Irrigation Department, RID)嘗試增加灌溉系統內的水分利用效率的方法有：直線型渠道、田間發展工作、水帶灌溉系統、電動齒輪馬達開啟閘門、夜間儲存調節池、自動閘門結構、無線電波傳送之遙測系統以及運河自動化模組之監測

與數據收集系統。另一位泰國演講者為 Dr. Sudsaisin Kaewrueng，題目為泰國中部平原之地下水使用與其潛力 (Groundwater Use and Potential in Central Plain of Thailand)，地下水資源的永續經營，一直是個重要課題。此研究運用不同技術，評估地下水資源使用情形。地下水估計的抽出量，影響了含水層的潛在產能與不同的產量比例。GIS 地圖顯示出關鍵的抽水區與補充區。地下水資源的發展潛力與 UTY 比例成反比，因此地圖可作為有用的資訊工具。

越南演講者為 Tran Van Lam，題目為越南水資源管理與利用現況 (The Current status of management and use of water resources in Vietnam)，越南的水資源之品質與總量皆不盡理想。主要原因為水資源管理與使用不當，而造成之水資源短缺、退化與枯竭。此外，人口的成長、糧食安全的壓力與經濟發展，亦是水資源惡化之原因。有鑑於此，越南透過法律、政策與適當的解決方法有效地管理與使用水資源，特別是農業用水。例如，人們利用鯰魚養殖之廢水灌溉稻作、使用省水技術灌溉咖啡或使用滴灌種植胡椒。

四、 參訪行程紀要

主辦單位安排參訪位在伊斯蘭馬巴德近郊之國家農業研究中心 (National Agricultural Research Centre; NARC) 與 Fatehjang 田間試驗站 (位於巴基斯坦 Punjab 省)，NARC 成立於 1984 年，是巴基斯坦農業研究委員會 (Pakistan Agricultural Research Council ; PARC) 轄下最大的研究中心。NARC 占地 565 公頃，其中試驗用農地面積為 428.25 公頃，設有 14 個研究機構，包括作物

科學、動物科學、農業生物技術與遺傳資源、園藝、植物與環境保護、水資源、社會科學、有機農業中心、生態復育、食品科學與產品開發、農業與生物工程、國土資源、牧場經營管理及蜜蜂等，中心之研究人員共 1,646 人。該國家農業研究中心除了與該國省級科研和推廣機構合作外，也積極與如 Australian Centre for International Agricultural Research(ACIAR)、Consultative Group on International Agricultural Research(CGIAR)、FAO、USDA 等進行國際合作計畫。在農業天然資源領域研究方面，其研究重點為高效率用水管理、替代能源應用於農業灌溉系統（沼氣、太陽能與風力）、主要耕作制度之植物養分綜合管理、鹽鹼土壤管理和微鹹水利用、生物肥料應用於豆類、穀物，棉花和甘蔗、最佳化牧場生產力確保糧食安全、透過整合式管理強化蜂蜜生產。

地球表面雖然約有四分之三被水覆蓋，但是 97.4% 是海水，僅有 2.6% 是淡水，而在這有限的淡水中，其中超過 90% 是冰川、極地冰帽，深層地下水等無法利用的水，所以可供人類使用之水不及可用水之 1%，水資源之珍貴。由於全球人口中有 40% 是處於水資源短缺之情形下，隨著人口不斷成長與全球氣候變遷之故，聯合國環境規劃署(UNEP)預估至 2025 年全球將有三分之二人口是生活在水資源嚴重不足之環境下，因此美國農業部提供資金與巴基斯坦進行乾燥地區灌溉用水研究計畫。這個示範計畫內容包括地表水的擷取、水的存蓄、水的輸送、水的利用、減少用水損失與減少因水的沖蝕所造成的土壤流失。計畫執行期間為 3 年（2011-2014），總經費為 330 萬美金。由於巴基斯坦農業產值約占全國 GDP 之 21%，提供 45% 的就業機會，且出口收入中 80% 來

自農業，但約 4/5 國土年降雨量不及 500 公厘，因此如何讓水更有效率地作農業使用，拓展可耕地，提高農業產值，改善國家經濟，是巴基斯坦須解決之重要課題。主辦單位安排至 THATTI GUJRAN 試驗場觀摩美國農業部與 PARC 合作進行集水區復育與灌溉系統改善計畫之執行情形。

這個試驗場地形為緩坡地，由於缺乏灌溉水源，因此原為無法從事耕種之雜林地，計畫成立後先於坡地下游河谷處，設一小型堰體以儲蓄降雨時由坡面留下之地表逕流水。然而河谷處之灌溉水須以動力方式引至坡頂處之蓄水塔，研討會場地位居首都伊斯蘭馬巴德市區，飯店業者及商場或住家均自備柴油發電機以作為外電供應中斷時之備用電力來源，顯見巴基斯坦之整體電力供應嚴重不足，而試驗場地位處偏遠鄉間，外電供應無法到達，因此研究單位利用巴基斯坦的天然資源—太陽，作為抽水機動力之來源。由於地形為緩坡，為避免降雨時沖刷坡面而造成土壤流失與下游河谷處蓄水池淤積，試驗單位於果樹栽培區，在每株果樹最低處設置高約 15 公分之土堤，做為 Basin (micro catchment) Irrigation method 之圍堰。該試驗場依地形設有穿孔管灌溉、微滴灌、小噴頭噴灌與大型噴槍式噴灌系統等不同試驗區，同時也利用自計式土壤水分張力計來量測不同深度土壤水分含量，藉由自動控制系統達到灌溉系統自動化之目的。另從成本分析來看，太陽動力抽水機系統壽命可達 20 年以上，營運時只需及少數的維護經費，和傳統柴油抽水機比較，太陽動力抽水機約 5 年後即可回本，因此本計畫將做為未來巴基斯坦發展農業灌溉系統示範先驅，深受官方之重視。

叁、心得及建議

- 一、農委會農田水利處林國華科長所提出之國家中，提及我國農田水利會之營運組織與經費來源，與會各國專家對於台灣農民享受農田水利會之灌溉服務，竟然不須負擔任何之經費感到不可思議。因為在他們的國家，由於灌溉設施普遍不足，且政府財力有限，藉由灌溉設施的改善可提高農業生產力，改善農民經濟，基於使用者付費之概念，付費享受灌溉利益是一種天經地義公平合理的作法，也可以讓水資源更有效率的使用。長久以來，由於台灣農民用無須負擔任何費用，且灌溉用水垂手可得，因此與國外相比，水資源利用效率偏低。未來或許台灣也可仿效他國做法，以收費方式公平合理分配農業用水。
- 二、面臨未來全球人口不斷成長之壓力，再加上新興國家經濟快速成長，造成耕地不斷流失，且受氣候變遷之影響水資源日益短缺，未來糧食生產成本恐將逐步上升。而台灣為了提高糧食自給率，為因應未來之內部與外部之挑戰，農業部門應積極研擬耐旱作物，同時應增加管路灌溉系統之普及率，達到省工、省水之目的。
- 三、研習單位所安排之現地參訪試驗場，其發展重點在如何利用太陽能來發展動力式灌溉設施，尤其是在偏遠的鄉間更是重要，台灣電力基礎設施相對完善，然而在石油日益短缺，各項油料成本不斷提高之情形下，台灣亦須利用自身之天然資源優勢，如發展小

型水力發電之灌溉系統或是太陽能發電系統，值得農田水利部門積極透入資源進行相關研究。

四、研習成員中，許多國家 GDP 農業貢獻度高，然其國家農業基礎設施缺乏，而且受限於水資源取得困難，與未來人口成長壓力，國家正努力引進先進的灌溉技術，以提升農業產值。例如：將傳統土渠加設內面工，減少輸漏水損失，減少雜草生長，增加水流之通暢；施設管路灌溉系統，達到省水、省工、省肥之目的；建立農民付費用水制度與建立農民用管理組織，達到公平配水與避免浪費水等，均需積極辦理之事項。台灣目前農業灌溉設施與農田水利會組織及綠能產業，較這些國家進步許多，未來可藉由國際合作方式，協助這些有廣大土地資源但缺乏資金支援的國家，將台灣的農業灌溉技術推廣出去，善盡國際社會責任。

五、由於氣候變遷，水資源日益缺乏，在巴基斯坦正努力研究如何使農家廢水做更有效之利用。在 NARC 試驗場中，其中一區係將區域家庭廢水收集起來，藉由 3 個簡易式過濾沉澱池，將廢水中有機物質，藉由布袋蓮類之植物吸附，降低濃度，達到廢水回收再利用之目的。同時巴基斯坦內陸未臨海之區域，魚類蛋白取得不容易，在試驗場過濾後的沉澱池水也飼養大量的鯰魚，增加農民收益。

六、韓國的農業經營環境與台灣類似，從與韓國首爾大學 Dr.

Jin-Yong Choi 之交流中得知，韓國農田水利會已從過去的農民

組織，轉變為完全受政府控制的組織，其因為原提供灌溉用水服務組織財務困難，其營運經費大部分需仰賴政府補助方得以維持，且有發生被地方派系把持之情形，故改為完全受政府控制後，除可讓政府補助經費做更有效之運用外，也可讓農民直接感受到對農民的照顧。台灣農田水利會營運經費約有 45% 來自政府補助，不足經費大都以出售資產所得盈餘與結餘灌溉用水收入挹注，韓國農田水利會組織演變之過程，值得台灣方面深入探討。

七、近年來 ICT(資訊與通訊技術)快速發展，目前已經廣泛地被運用在水資源管理上，如渠道水的運送監測、灌溉構造物管理、灌溉構造物監控、灌溉區之管理、灌溉效率評估等方面，目前韓國已能運用 PDA、手機、平板電腦、筆記型電腦等載具，從水源、輸水渠道至田間灌溉配水，利用有線、無線、RFID、QR code 等數據傳輸技術，有效精準地管理水資源，值得未來台灣學習。從韓國首爾大學 Dr. Jin-Yong Choi 之簡報，認為雖然運用 ICT 能更精準地管理水資源，但仍須克服設備投資與維護經費龐大，以及操作人員技術水準提升教育等問題。

八、韓國每 4 年就會面臨農業乾旱危機，自 2001-2011 年韓國共有 5 個研究機構進行了 3 階段農業再生水利用之相關研究，並且已建立作物安全準則與健康風險準則等規範，同時全國已有 5 個廠每天提供約 7 萬噸的再生水供農業使用。台灣由於受氣候變遷、環境保育以及民生與工業用水不斷成長之影響，新的水資源開發不

易，農業用水面臨被迫釋出或交換原水水權之壓力，因此對於如何將廢水再生及應用在農業方面之研究，刻不容緩。

肆、研習會活動照片



研討會會場與開幕式後合影



研討會會場外觀與部分與會專家及學員合影



林國華科長進行國家報告



王仁晃助理研究員進行國家報告



巴基斯坦 NPO 部長親自接待與會貴賓



研討會會場



土耳其灌溉水透過水錶計算灌溉水使用量並據以收費

USDA 提供簡易判斷土壤含水量方法

Estimating Soil Moisture by Feel and Appearance

Appearance of clay, clay loams, and silty clay loams soils at various soil moisture conditions.

Available Water Capacity 1.6-2.4 inches/foot

Percent available: Currently available soil moisture as a percent of available water capacity.

In./ft. Depleted: Inches of water needed to refill a foot of soil to field capacity.

0-25 percent available 2.4-1.2 in./ft. depleted

Dry, soil aggregates separate easily, clods are hard to crumble with applied pressure. (Not pictured)

25-50 percent available 1.6-0.8 in./ft. depleted

Slightly moist, forms a weak ball, very few soil aggregates break apart, no water stains, clods flatten with applied pressure.

50-75 percent available 1.2-0.4 in./ft. depleted

Moist, forms a smooth ball with defined finger marks, slight water staining on fingers, ribbon between thumb and forefinger.

75-100 percent available 0.8-0.0 in./ft. depleted

Wet, forms a ball, crumbles medium to heavy with water coating on fingers, ribbon easily between thumb and forefinger.

100 percent available 0.0 in./ft. depleted (field capacity)

Wet, forms a soil ball, free water appears on soil surface after squeezing or shaking, thick water coating on fingers, slick and sticky. (Not pictured)

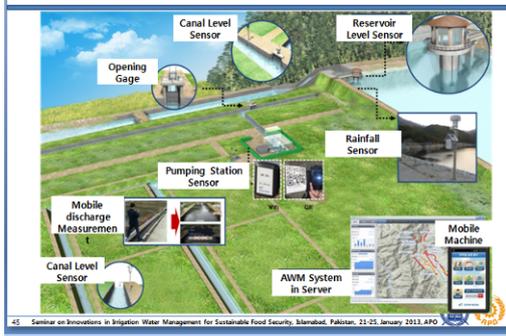


50-75 percent available 1.2-0.4 in./ft. depleted



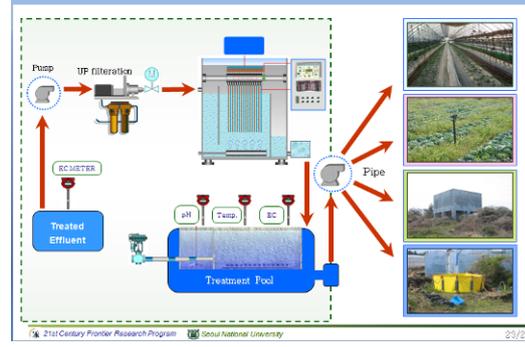
75-100 percent available 0.8-0.0 in./ft. depleted

Conceptual diagram of ICT Irrigation



45. Seminar on Innovations in Irrigation Water Management for Sustainable Food Security, Islamabad, Pakistan, 21-25, January 2011, APO

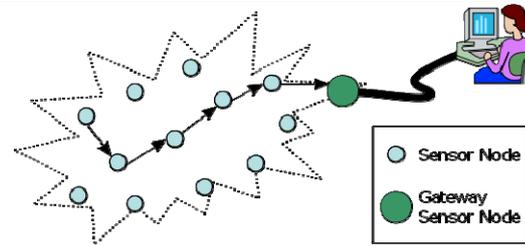
ICT 應用於灌溉的使用概念



韓國廢水再利用系統



在土耳其的缺水地區農民必須使用卡片購買灌溉用水



ICT 的使用概念



田間設置小型集水渠道可保留水分於根圍附近



利用禽畜糞便製造沼氣提供汲水馬達使用



利用太陽能供應汲水馬達



以浮水生物建造生態池淨化廢水



試驗站設置大型噴灌設備



巴基斯坦國家農業研究中心



利用水分張力計監測不同土壤深度土壤水分狀態



以隧道式簡易網室及滴灌栽培蔬果



番石榴以滴灌灌溉



巴基斯坦官方在田間參訪行程中派遣警察隨車



林國華科長領取結業證書



王仁晃助理研究員領取結業證書

伍、附件

繳交至 APO 之中華民國國家報告與簡報

1. Introduction of Irrigation Organizations and Innovative Irrigation Policy in Taiwan
2. Building a appropriate irrigation system for tropical fruit productions in Taiwan – in the case of papaya