

出國報告（出國類別：出席國際會議）

赴印度參加
第 60 屆國際灌溉排水協會國際執行委
員會議暨第 5 屆亞洲區域研討會報告

服務機關：行政院農業委員會等

姓名職稱：莊光明（國際灌溉排水協會中華民國國家委員會主席）

陳仲賢（經濟部技監）

林尉濤（行政院農業委員會農田水利處科長）

派赴國家：印度

出國期間：中華民國 98 年 12 月 5 日至 12 月 12 日

報告日期：中華民國 98 年 12 月 29 日

出國人員名錄

序號	姓名	職稱	服務單位
1	莊光明	主席	國際灌溉排水協會中華民國國家委員會
2	陳仲賢	技監	經濟部
3	林尉濤	科長	行政院農業委員會農田水利處
4	李聰輝	顧問	淡江大學水資源管理與政策研究中心
5	鄭 遠	會長	台灣省屏東農田水利會
6	王榮華	管理組長	台灣省台中農田水利會
7	葉世旭	秘書長	財團法人曹公農田水利研究發展基金會
8	李尙仁	管理員	台北市瑠公農田水利會
9	洪秋山	主任	台灣省高雄農田水利會
10	黃富絹	督導股長	台灣省南投農田水利會
11	褚淑慧	副管師	台灣省新竹農田水利會
12	林志浩	股長	台灣省桃園農田水利會
13	李英正	常務 監察人	桃園農田水利研究發展基金會
14	譚義績	教授	國立台灣大學生物環境系統工程學系
15	鄭昌奇	系主任	清雲科技大學工業工程與管理系
16	吳瑞賢	教授	國立中央大學土木工程學系
17	高瑞棋	副所長	國立成功大學水工試驗所
18	劉建邦	經理	中興工程顧問股份有限公司
19	王筱雯	助理教授	國立成功大學水利及海洋工程學系
20	郭品含	博士生	國立成功大學水利及海洋工程學系
21	劉珺貽	行政助理	國立成功大學水工試驗所
22	虞國興	秘書長	國際灌溉排水協會中華民國國家委員會
23	陳正宗	研究助理	淡江大學水資源管理與政策研究中心

摘要

國際灌溉排水協會第 60 屆國際執行會議暨第 5 屆亞洲區域研討會自 12 月 6 日起至 12 月 11 日在印度新德里舉行。此次由國際灌溉排水協會中華民國國家委員會莊光明主席為團長及國際灌溉排水協會中華民國國家委員會陳仲賢顧問為副團長，率領國內各單位派遣有關專家，組成 23 人之代表團，赴印度參加此次大會。本次由國際灌溉排水協會印度國家委員會主辦之研討會議主題為「藉由技術升級及操作與維護改進，以改善灌溉系統效率」，台灣代表參與論文發表共 4 篇，其中 1 篇為論文海報發表，另分別參與 9 場技術委員會工作小組會議。大會並於閉幕式中發表「德里宣言」，強調全球糧食需求預期在未來 25 至 30 年間將增加一倍，灌溉區域增加同時造成糧食生產時所需之總耗水量增加，將成為未來無法避免之趨勢。鑒於糧食價格受到金融海嘯衝擊而飆高一事，儼然成為全球關注的議題，這場國際會議提供了重要平台，以供討論農業用水管理的議題、經驗、最佳實務、創意及挑戰，尤其著重在提升亞洲地區之灌排技術並改善用水管理效率。會中發表了 190 篇以上的技術論文，涵蓋灌溉發展與管理技術、制度及法律議題等廣泛範圍。該宣言所提出之議題，可供我國推動農田水利方向之參考。

此次國際會議在印度召開，印度位於印度次大陸，多條河流發源於喜馬拉雅山區後流經印度。印度幅員廣闊，各區域降雨差異甚大，降雨量由 500mm 至 2,000mm 不等，全國年平均降雨量約為 1,000mm，其水量總體積約為 40,000 億立方公尺，其中，可再生利用之水資源估計有 18,690 億立方公尺。因受限於地理環境及現有科技技術，目前可取得利用之水量僅 11,230 億立方公尺(地面水 6,900 億立方公尺及地下水 4,330 億立方公尺)。

國家發展計畫中規劃將利用流域內輸送水方式，再開發 2,000 億立方公尺水量。水資源部已推動一項計畫，藉由雨水貯集與人工補注方式，以增加地下水之取水量達 360 億立方公尺。目前，供不同用水標的之已利用水量估計有地面水 4,300 億立方公尺及地下水 2,340 億立方公尺。由於降雨時空分配不均，主要水源集中於 4 個月的雨季，並依賴各大、中、小類型之蓄水設施。目前為止，印度境內建有 4,700 座大壩，蓄水量可達 2,250 億立方公尺。爲了善加運用可利用之地面水源及適應全球氣候變遷之來臨，印度極需在全國各地建造適當的蓄水設施。本次技術考察，對印度之灌溉技術及經驗，有進一步之瞭解，在本報告中特別介紹該國之水資源及灌溉發展概況供參考。

目 錄

出國人員名錄	I
摘 要.....	II
目 錄.....	IV
壹、目的.....	1
貳、過程.....	2
一、考察團員.....	2
二、會議行程表.....	3
三、參加會議議程.....	4
四、技術考察.....	6
參、心得.....	7
一、參加會議.....	7
(一) 第 60 屆國際執行委員會會議.....	7
(二) 技術活動委員會工作小組會議.....	12
(三) 第 5 屆亞洲區域研討會-台灣論文發表	18
(四) 德里宣言	19
二、技術考察.....	21
(一) 印度簡介	21
(二) 印度水資源及農田水利發展概況	24
(三) 印度北方邦與拉賈斯坦邦地區農業水利考察	30
三、參加會議及技術考察心得.....	35
肆、建議事項	36

- 附錄一 A Study of Typhoons Induced High Serious Sediment Concentration
Deposition into a Reservoir and Reduced the Water Supply in Taiwan
(台灣論文發表-譚義績教授等)
- 附錄二 The Innovation of Irrigation Water Quality Evaluation Programme in
Taiwan
(台灣論文發表-舒文斌博士及虞國興教授等)
- 附錄三 Study on the Increase of Water-Holding Capacity in Sandy Soils
(台灣論文發表-鄭昌奇副教授及林尉濤科長等)
- 附錄四 The Potential of Developing Agriculture Return Flow in Taiwan
(台灣論文發表-陳弘亶所長及吳瑞賢教授等)
- 附錄五 會議影像集錦

壹、目的

國際灌溉排水協會(International Commission on Irrigation and Drainage, ICID)成立於 1950 年 6 月 24 日，迄今計有 108 個會員國。ICID 為一科學、技術和非營利為目的之非政府國際組織(NGO)，致力於灌溉排水、防洪及環境管理等技術研討以提高世界糧食之需求；其主旨以工程、農糧、經濟、生態及社會等不同專業領域應用於水土資源管理，以達到永續灌溉農業環境的維護。目前 ICID 於水管理技術和處理相關問題已累積 50 年以上豐富經驗。ICID 每一年定期舉行國際執行委員會議及學術研討會議。

我國於 1969 年由農復會申請加入國際灌溉排水協會，至 1995 年由有關機關及團體組成國家委員會，並自 1996 年起以國際灌溉排水中華民國國家委員會(Chinese Taipei Committee-CTCID)之身分積極加入國際灌溉排水協會相關委員會與工作小組之委員，每年參與年度大會及各項研討會議。為展現我國在灌溉排水領域之優勢實力及水利科技實務之成果，我國代表團積極投入參與大會國際執行會議及技術委員會之工作小組會議，期與各國代表相互交流經驗與研究成果，俾推展國際事務連繫及技術交流，以擴展我國在國際組織之活動空間，同時，增加我國對於世界各國在水資源管理、農業發展、環境與生態保護等方面發展之瞭解。

本次組團出國之目的，為參加第 60 屆國際灌排協會執行委員會之技術委員會工作小組會議暨第 5 屆亞洲區域研討會，除由專家學者進行論文發表外，亦另外安排技術考察印度之農田水利及灌溉農業情形。

貳、過程

一、考察團員

序號	姓名	職稱	服務單位
1	莊光明	主席	國際灌溉排水協會中華民國國家委員會
2	陳仲賢	技監	經濟部
3	林尉濤	科長	行政院農業委員會農田水利處
4	李聰輝	顧問	淡江大學水資源管理與政策研究中心
5	鄭 遠	會長	台灣省屏東農田水利會
6	王榮華	管理組長	台灣省台中農田水利會
7	葉世旭	秘書長	財團法人曹公農田水利研究發展基金會
8	李尙仁	管理員	台北市瑠公農田水利會
9	洪秋山	主任	台灣省高雄農田水利會
10	黃富絹	督導股長	台灣省南投農田水利會
11	褚淑慧	副管師	台灣省新竹農田水利會
12	林志浩	股長	台灣省桃園農田水利會
13	李英正	常務 監察人	桃園農田水利研究發展基金會
14	譚義績	教授	國立台灣大學生物環境系統工程學系
15	鄭昌奇	系主任	清雲科技大學工業工程與管理系
16	吳瑞賢	教授	國立中央大學土木工程學系
17	高瑞棋	副所長	國立成功大學水工試驗所
18	劉建邦	經理	中興工程顧問股份有限公司
19	王筱雯	助理教授	國立成功大學水利及海洋工程學系
20	郭品含	博士生	國立成功大學水利及海洋工程學系
21	劉珺貽	行政助理	國立成功大學水工試驗所
22	虞國興	秘書長	國際灌溉排水協會中華民國國家委員會
23	陳正宗	研究助理	淡江大學水資源管理與政策研究中心

二、會議行程表

(一) 出國時間自 98 年 12 月 5 日至 12 月 12 日。

(二) 會議時間自 98 年 12 月 6 日至 12 月 12 日，行程如下：

日期（星期）	行程內容	地點
12 月 6 日 （日）	<ul style="list-style-type: none"> ● 工作小組會議： 「ASRWG」、「WG-HIST」 「WG-ENV」、「WG-DROUGHT」 ● ICID 主席與各國家委員會代表會議 	新德里
12 月 7 日 （一）	<ul style="list-style-type: none"> ● 工作小組會議： 「WG-CLIMATE」、「WG-MIS」 	新德里
12 月 8 日 （二）	<ul style="list-style-type: none"> ● 工作小組會議： 「WG-SDTA」、「WG-WATS」 「WG-ON-FARM」 ● 國際研習會(Workshop)－ 「感潮區域永續發展之監測系統 研習會議」 	新德里
	<ul style="list-style-type: none"> ● 技術考察： 「水井抽水工」、「稻穀收購工廠」 	北方邦
12 月 9 日 （三）	<ul style="list-style-type: none"> ● 第 5 屆亞洲區域研討會 	新德里
12 月 10 日 （四）	<ul style="list-style-type: none"> ● 大會開幕式 ● 第 60 屆國際執行委員會會議 	新德里
12 月 11 日 （五）	<ul style="list-style-type: none"> ● 第 5 屆亞洲區域研討會 ● 大會閉幕式 	新德里
12 月 12 日 （六）	<ul style="list-style-type: none"> ● 技術考察： 「灌溉農業」、「田間灌溉方式」 	拉賈斯坦邦

三、參加會議議程

日期 (星期)	時間	ICID 會議議程項目	開會出席人員 2009 年
12/6 (日)	09:30-13:15	註 冊	
		【ASRWG】 「亞洲區域」工作小組會議	莊光明 主席 陳仲賢 顧問 李聰輝 顧問 劉建邦 經理 高瑞棋 副所長 王筱雯 助理教授 郭品含 博士生
		【WG-ENV】 「灌溉排水與防洪對環境衝擊」 工作小組會議	譚義績 教授 褚淑慧 副管師
		【WG-HIST】 「灌溉、排水及防洪史」 工作小組會議	虞國興 教授 吳瑞賢 教授 鄭昌奇 教授
	14:15-18:00	【WG-DROUGHT】 「乾旱」工作小組會議	鄭昌奇 教授 高瑞棋 副所長 王榮華 組長
	17:00-18:00	【Mtg.-NCs with President】 ICID 主席與各國家委員會 代表會議	莊光明 主席 高瑞棋 副所長
12/7 (一)	09:30-13:15	【WG-CLIMATE】 「全球變遷與灌溉」 工作小組會議	吳瑞賢 教授 譚義績 教授 高瑞棋 副所長 王筱雯 助理教授 劉建邦 經理 李尚仁 管理員
	14:15-18:00	【WG-MIS】 「現代化灌溉服務」 工作小組會議	林尉濤 科長 李聰輝 顧問 鄭 遠 會長 林志浩 股長 李英正 常務監察人

日期 (星期)	時間	ICID 會議議程內容	開會出席人員 2009 年
12/8 (二)	09:30-13:15	【WG-SDTA】 「感潮區永續發展」 工作小組會議	高瑞棋 副所長 王筱雯 助理教授 郭品含 博士生 劉珺貽 助理
		【WG-WATS】 「農業節水」 工作小組會議	洪秋山 主任 黃富絹 督導股長
		【WG-ON-FARM】 「田間灌溉系統」 工作小組會議	葉世旭 秘書長
	14:15-18:00	【WS-SDTA】 「感潮區永續發展」研習會議	高瑞棋 副所長 王筱雯 助理教授 郭品含 博士生 劉珺貽 助理
	14:00-18:00	現地技術考察	全體團員
12/9 (三)	09:30-18:00	第 5 屆亞洲區域研討會	
12/10 (四)	09:30-18:00	第 60 屆國際執行委員會議	莊光明 主席 虞國興 教授 吳瑞賢 教授
	09:30-13:15	第 5 屆亞洲區域研討會 (開幕典禮)	全體團員
	14:15-18:00	第 5 屆亞洲區域研討會	論文發表： 譚義績 教授 虞國興 教授 鄭昌奇 教授 林尉濤 科長 吳瑞賢 教授
12/11 (五)	09:30-18:00	第 5 屆亞洲區域研討會 (閉幕典禮) 發表「德里宣言」	
12/12 (六)	09:00-14:00	現地技術考察	全體團員

四、技術考察

(一)參加團員：莊光明、陳伸賢、林尉濤、李聰輝、吳瑞賢、鄭遠、王榮華、葉世旭、李尙仁、洪秋山、黃富絹、褚淑慧、林志浩、李英正、鄭昌奇、譚義績、劉建邦、虞國興、陳正宗。

(二)考察內容：印度北方邦與拉賈斯坦邦等地區農田水利建設及灌溉農業情形。

(三)時間：98 年 12 月 8 日及 12 日。

參、心得

一、參加會議

(一)第 60 屆國際執行委員會會議

本次進行 15 項議程討論，CTCID 由莊光明主席代表出席參加本次會議，與會各國國家委員會主席表決各項議案，並投票改選總會 3 位副主席。茲將本次議程決議重點整理如下，以了解 ICID 之會務運作，並供我國代表未來參與 ICID 相關活動及會議之參考。

1.新加入 ICID 之會員國

國際灌溉排水協會成立於 1950 年 6 月 24 日，迄今計有 108 個會員國。今(2009)年通過喀麥隆及斐濟之申請入會案。

- 喀麥隆(Cameroon)

位於幾內亞灣的中非國家，總面積為 3.3 萬公頃，沿岸的喀麥隆火山(4,069 公尺)為國內最高峰，主要河流為貝努埃河(Benue)、尼永河(Nyong)與薩納加河(Sanaga)。從喀麥隆火山沿岸向外延伸的綿延高山、丘陵、高原以及鄰近喀麥隆北端的查德湖氣候溫和，尤以西部高原為最，降雨量亦高，並擁有喀麥隆全境最為肥沃的土壤。南部高原向北攀升通往綠草如茵且崎嶇的阿達瓦馬高原(Adamawa)。北邊低地區域則從阿達瓦馬邊緣延伸至查德湖，平均高度為 300-350 公尺，此區為中高溫度且降雨甚少的乾旱區。喀麥隆擁有四種排水模式。

- 斐濟(Fiji)

位於萬那杜與東加王國中間，總面積約為 19.4 萬平方公里，其中約有 10%為陸地。斐濟由 322 個島嶼(106 個有人居住)與 522 個無人小島構成。最重要的兩大島嶼，分別為維提雷弗島(Viti Levu)與瓦姆阿雷弗島(Vamua Levu)。斐濟島嶼多山，最高達 1,300 公尺，亦有茂盛的熱帶林。全國近四分之三的人口皆居住在位於維提雷弗島的首都蘇瓦(Suva)，斐濟的每人每日用水量，都會區約為 200 公升/日，農村區 100 公升/日，境內建有兩座水壩，一為水力發電用的蒙納薩弗水壩(Monasavu)，一為供水用的瓦塔努水壩(Vatanu)，國內總蓄水量為 1.3 億噸。

2.未來會議地點

- 2010年
 - (1) 10月10-16日-印尼·日惹
 - 第61屆國際執行委員會
 - 第6屆亞洲區域研討會
 - (2) 12月-法國·奧爾良
 - 第24屆歐洲區域研討會
- 2011年
 - (3) 10月15-23日-伊朗·德黑蘭
 - 第62屆國際執行委員會
 - 第21屆國際灌溉排水研討大會
 - (4) 5月16-20日-荷蘭·格羅寧根
 - 第25屆歐洲區域研討會
 - (5) 馬里
 - 第3屆非洲區域研討會
- 2012年
 - (6) 澳洲·阿得萊德
 - 第63屆國際執行委員會
 - 第7屆亞洲區域研討會
- 2014年
 - (7) 韓國
 - 第65屆國際執行委員會

3.報告國際灌排協會對第5屆世界水論壇的貢獻

國際灌排協會負責協調第2項主題「推動人類發展與千禧年發展目標」的第2.3項議題「消弭貧窮與飢餓之糧食與水」相關討論。這項議題安排了四場分組座談，分別為：

2.3.1：如何達到所需糧食產量以因應漸增需求？

2.3.2：糧食市場採取的措施，如何提高農村發展並減貧？

2.3.3：生物能源用水還是糧食用水？

2.3.4：改善水資源管理如何減少貧窮與飢餓？(召集人為國際灌排協會主

席 Chandra Madramootoo 博士)。

稍早在前主席 Bart Schultz 與前副主席 Henri Tardiau 的指導下，已經完成「主題報告草案」和「分組座談現況草案」。報告草案欲在與對主題感到興趣的 50 個聯盟夥伴(Consortium Partner)及 17 個諮詢夥伴(Consultation Partner)商討後，概述四場分組座談的相關問題。前三場分組座談所提建議概要，已在第四場分組座談時，由主席 Chandra Madramootoo 提出，亦可在下列網址瀏覽內容：<http://www.icid.org/wwf5>。

國際灌排協會除了協調第五屆水論壇之第 2.3 項主題外，還針對 1.1.3、1.2.3、1.3.3、2.2.1、2.4.2、3.2.3、3.3.3、3.3.4、4.2.4、5.1.4、5.2、6.3.2 等主題，除此之外，也對旱災、2020 年水資源管理、巨大災害及灌溉等分組座談題目提出貢獻。在旱災分組座談中，前副主席 Saeed Nairizi 博士(伊朗)說明了國際灌排協會從事的旱災、缺水及風險管理等相關活動。聯合國教科文組織(UNESCO)公布了《世界水資源開發報告 3》(WWDR-3)：“Water in Changing World”。國際灌排協會秘書長 Er. M. Gopalakrishnan，為 WWDR-3 技術諮詢委員會成員。該報告可在下列網址瀏覽：<http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/>。世界水論壇每日告示板和照片花絮，可在下列網址瀏覽：<http://www.iisd.ca/yimb/water/worldwater5>。

4. 國際灌溉排水協會出版品

2008 年間印製的免費出版品，已經寄發給全體會員國的國家委員會/國際灌排協會委員會、現任主管、管理委員會(MB)成員及其他人士。下列出版品在新德里(New Delhi)發行：

- (1) 農業節水(2008 年)。
- (2) 全球不同農業氣候區噴灑與滴水灌溉系統效能評估手冊(2008 年)。
- (3) 巴基斯坦拉合爾舉行的第 20 屆灌排研討大會會議紀錄及 CD-R 光碟片(2008 年)。
- (4) 國際灌排協會亞洲低度開發國家專案小組報告(2008 年)。

5. 節水 (WatSave) 獎

擔任評審團召集人的前主席 Peter S. Lee，於會中宣布得獎名單，獎項及得獎人員如下：

(1) 節水技術獎—

Dr. Rai Niaz Ahmad (巴基斯坦)

(2) 節水創新水資源管理獎—

Mr. S.M. Somawanshi, Mr. Bharat Kawale and Dr. Sanjay M. Belsare
(印度)

(3) 青年工程師獎—

Dr. Malcolm Gillies (澳大利亞)

6. 麥基爾全球糧食安全國際會議，2008年9月24-26日

麥基爾大學(McGill University)於加拿大蒙特婁市舉行全球糧食安全會議。這場國際會議旨在邀請不同利害關係者齊聚一堂，包括國際組織及政府的高階政策與決策者、國際學者、民間部門代表、在開發中國家推動糧農活動的非政府組織，共同討論可行對策及能夠落實的參與措施，進而在糧食價格浮現前所未有的飆漲下，遏止全球面臨到的糧食危機。國際灌排協會秘書長在麥基爾大學給予全額資金贊助下受邀與會，並從印度糧食危機的角度發表演說。秘書長藉此機會介紹國際灌排協會致力於與新成立的第5屆世界水論壇協會合作，共同處理涵蓋未來全球糧食需求的類似議題，力求達到千禧年發展目標(MDG)。其他與會機構/組織還包括：聯合國糧農組織(FAO)、國際水稻研究所(IRRI)、世界銀行、國際糧食政策研究中心(IFPRI)、世界糧食計畫署(WFP)、美洲農業組織(IICA)、經濟合作開發組織(OECD)、加拿大國際發展署(CIDA)、加拿大國際發展研究中心(IDRC)、加拿大民間部門主管、以及加拿大糧食銀行(Food Grains Bank)。

7.三位副主席之改選

- 副主席選舉

根據國際灌排協會組織章程(1996 年)第 6.2.4 條的規定，下列三名副主席的三年任期(2006-2009)，將於印度舉行的國際執行委員會會議結束後任職期滿。

副主席	Dr. Eiko Lübbe	德國
副主席	Dr. Karim Shiati	伊朗
副主席	Mr. Mohd. Azhari bin Ghazalli	馬來西亞

新任 ICID 副主席：

- Dr. Willem F. Vlotman (澳洲)
- Dr. Laszlo G. Hayde (匈牙利)
- Mr. A.K. Bajaj (印度)



(澳洲)



(匈牙利)



(印度)

(二)技術活動委員會工作小組會議

目前 ICID 技術委員會各類別工作小組中台灣 CTCID 所屬之正式委員計有 12 位，然而各委員並無法全數出席本年度會議，故由代表團分派代表分別參加 9 場工作小組會議，茲將各工作小組會議內容重點摘要如下：

區域性工作小組

1.亞洲區域工作小組會議【ASRWG】

本次亞洲區域工作小組會議共討論 11 項議程，主要討論各屆亞洲區域會議辦理情形、聯合區域性及跨國性機構之合作之議題。茲就小組會議進行的全球氣候變遷(Program of ARTF-CC)討論，提出以下整理與建議：



- (1)由大會副主席 Shinsuke Ota 所提出之「適應亞洲氣候變遷的灌溉排水策略」問卷工作，將各國之水資源現況情勢分為四大類：類型 A 高降雨量及高用水壓力(如：日本、韓國、斯里蘭卡、菲律賓)，類型 B 高降雨量及低用水壓力(如：越南、緬甸)，類型 C 低降雨量及低用水壓力(如：東帝汶、寮國、柬埔寨)與類型 D 低降雨量及高用水壓力(如：巴基斯坦、伊朗、澳洲、中國)；分類後針對各國之水資源開發、灌溉設施、排水設施、管理組織、洪水控制設施、都市用水、工業用水等七大項目，進行權重分析，完成各國之水管理現況雷達圖。建議台灣亦可透過此問卷及雷達圖的呈現方式，搭配 IPCC 之相關預測報告，將水資源管理現況及受全球氣候變遷影響下之情勢發展予以展示，並據以擬定因應策略。
- (2)韓國代表 Prof. Tai-Cheol Kim 分享因應氣候變遷下，韓國預計陸續將提高灌溉用水壩、溢洪道、排水設施等硬體結構效能以因應氣候變遷，但礙於成本效益的考量，在可行性上有相當大的疑慮，且保護標準並非無限上綱，因此，建議能以風險、生態、安全、社會、經濟等綜合層面來檢視此硬體策略之可行性，並就其疑慮提出其他軟性或非工程措施。
- (3)就台灣利用水田加高的方式來滿足農業需求、並於洪氾時期提供滯洪空間的做法，建議可進一步與他國類似經驗做交流。

(4)建議就各國之全球氣候變遷趨勢與因應做法能有更多座談或工作坊之交流，透過分享及對話的方式，以吸取更多的經驗引以為鑒。

知識類組

2.灌溉、排水及防洪史工作小組會議【WG-HIST】

本工作小組編纂各區域性灌溉史，包括：東亞灌溉史、南歐及地中海地區之灌溉、排水與防洪歷史等。同時，Hafied A. Gany 博士提議在 2010 年印尼·日惹舉辦的第 61 屆國際執行委員會期間籌辦一場“東亞灌溉史”之專題研討會，其主題著重於



現代化之用水技術。此外，關於東亞灌溉史出版進度方面，就目前校稿情形而言，主任委員表示這份東亞灌溉史的草稿仍需更進一步地校對與潤飾，並建議應將緬甸及斯里蘭卡納入東亞灌溉史中且重新命名為「Monsoon Asia History」。

流域類組

3.乾旱工作小組會議【WG-DROUGHT】

本工作小組原擬改選本小組主任委員、副主任委員及秘書，因出席人員不足，且出席者意願皆不高，故延至明年印尼會議再行選舉。由工作小組所撰寫“*Irrigation under Drought and Water*



Scarcity”之文件已進入最後審稿工作。工作小組新委員 Dr. Jafari(伊朗)在會議中提出—“WG on Water Management in Water Stressed Regions”之 3 年工作計畫(2010-2013)。

台灣委員代表鄭昌奇教授在工作小組會議上報告目前台灣人均水量僅世界平均之 1/6~1/7，故台灣亦屬水資源缺乏地區，並於會議上陳交本委員會所編製之節水文宣“*Outstanding Water-Saving Irrigation Management in Taiwan*”至小組主任委員。列席之本會 Director Labhsetwar 亦告知希望本委

員會能提供相關報告之電子檔。本年度新成立之工作小組，未來將針對「乾旱管理對策」、「面對水源稀少性」及「永續農業之降雨管理」等議題，訂定新的工作任務及計畫。

4.全球變遷及農業水管理工作小組會議【WG-CLIMATE】

本工作小組由美國籍前總會副主席 Mark Svendsen 主持，除台灣代表委員吳瑞賢教授外，譚義績、高瑞棋、王筱雯等台灣團員亦出席本工作小組會議。小組主任委員首先討論同意了上屆會議紀錄，並且接受來自南非新委員代



表之加入。同時主任委員提議由本委員會之委員代表吳瑞賢教授接任工作小組秘書一職，主要是因為吳瑞賢教授曾於去年巴基斯坦會議上代理了主席與秘書之工作，並且原南非籍之秘書未能出席今年及去年之工作小組會議，而其委員資格亦被新南非成員所取代，全體小組無異議通過。

主任委員再度說明本小組認為全球變遷是不斷演變之課題，不適合以產生文件或報告之方式作為本小組之工作計畫，故以提供資訊交流平台之方式交換各國間關於全球變遷之看法及成果，同時決定將以「氣象變遷對糧食生產之可能影響」做為明年(2010)工作研習會之課題。

工作小組會議上接著由成員及觀察者進行簡報，簡報內容包括：

- (1)印度水資源受氣候變遷之衝擊
- (2)加州水資源受氣候變遷之 5 項衝擊
- (3)日本農業水受氣候變遷之衝擊
- (4)澳洲之氣候變遷衝擊
- (5)中國水田之甲烷排放(由本委員會譚義績教授代表灌排工作小組報告)
- (6)西班牙灌溉用水需求受氣候變遷之衝擊

最後，討論聯合國“水與氣候”之文件內容，以及近來各國際會議相關議題之討論，並由各出席委員提出報告。

5.感潮區永續發展工作小組會議【WG-SDTA】

茲就小組會議進行，提出以下整理及建議：



- (1)以荷蘭學者 Prof. Bart Schulz 所提出之觀察，於 2050 年時預計會有約 80% 的全球人口居住在洪災潛勢地區上，雖全球氣候變遷之勢不容忽視，但人類對環境帶來的衝擊仍是主因。以美國紐奧良在颶風 Katrina 事件後的省思，災情的很大部分乃是來自於全區的堤防等防洪措施皆建構於相同的保護標準上，因此宜再深入檢討現存低地防洪的保護措施。
- (2)就本工作小組未來之工作方向可朝向因應全球氣候變遷、低地治理、海洋能源發展等方面努力，另建議宜積極參與其他各相關工作小組技術合作與經驗交流；舉辦研討會活動以推動氣候變遷之下，海岸潮間帶等低地灌溉排水與禦潮設施設計標準；於海岸低地區域設立物理化學及生態環境監測系統，以進一步建立洪水及乾旱預警系統；以及進行海岸地下水調查評估與及對海洋能開發可行性進行了解。
- (3)有關低地治理中的滯洪溼地規劃，宜進一步檢視現行各國做法(如美國環保署等)的設計標準，並根據地層下陷實際狀況的限制因素，就水力效率與經濟效益等層面進行評估。
- (4)有關於 2011 年預計在 ICID 期刊刊載的 Sponsored issue 與在荷蘭舉辦的 European Regional Conference，建議宜及早規劃準備。

6.灌溉排水與防洪對環境衝擊工作小組會議【WG-ENV】

去年拉合爾之工作小組會議中，本小組著重於討論水質對於人類健康之影響以及水質與灌溉和排水間之關聯性。尤其是由於水質不佳而造成疾病之相關議題皆需要討論。此外，本工作小組建議在標題中刪除



‘農村’此字並只保留‘水資源工程對人類健康之衝擊’等字。另，本工作小組需準備一份符合新任務議程項目清單，以提供做進一步之審議。

系統類組

7.現代化灌溉服務工作小組會議【WG-MIS】

本工作小組主任委員首先提請出席委員確認去年巴基斯坦拉合爾之會議記錄，經無異議後通過。為決定是否同意由巴基斯坦國家委員會提名的 Engr. Syed Mansoob Ali Zaidi 之資格以取代原任的 Dr Illahi B. Shaikh(已改擔任 ICID 副主席)，先由主席請 Engr. Syed 做簡單自我介紹後，經全體委員接受其資格。本工作小組網址為 <http://www.misicid.citg.tudelft.nl>，係由主任委員於 2009 年 7 月間所建置，旨在發布相關小組之主要資訊如：小組任務、目的、委員名單、工作計畫與重要活動等，主任委員同時建請各委員瀏覽該網站，並提供改善網頁及豐富其內容的意見。聯合國之水指數－監控與報告專案 (Water Task Force on Indicators – Monitoring-Reporting) 主席報告其提供給本專案之 3 項事務如下：

- (1)關於 ICID 的指數和基準建立之議題資料
- (2)關於有效區分需求與供給之關鍵指數
- (3)關於數據蒐集包括遙測之新方法

主任委員將關注本專案之後續發展活動，並適時轉知各委員。本小組內部研討會設在斯里蘭卡之國際水管理研究所 (IWMI) 已排定在本屆 ICID 大會中，於會場內與 ICID 聯合舉辦「灌溉趨勢 (Trends in Irrigation) 研討會」，時間為 12 月 9 日 09:30~13:00，主任委員籲請委員們屆時踴躍參加。此外，關於本工作小組 2009~2012 年之工作計畫，主任委員重覆簡提去年會議決定之 4 項工作計畫如下：

- (1)MASSCOTE 方法之應用。主任委員曾於該會議中簡報其在祕魯 (Peru) 進行之個案研究概況，並表示將接著在荷蘭進行新的個案研究。
- (2)本小組提議於技術、法律及組織方面進行研究，以及對於改善的灌溉服務之選擇。
- (3)灌溉現代化之歷史。本項工作中的部分項目將可與 ICID 之灌溉史工作小組 (WG-HIST) 合作編纂。
- (4)能力建構，將與 ICID 之青年專家論壇工作小組 (WG-YPF) 協同辦理。主任委員曾在上次會議要求各委員以 e-mail 提供意見，但僅接到了澳

洲委員回應，稱該國並未採行 MASSCOTE 方法，但類似的工作則正在進行中。

主任委員當即於會議中尋求與會人士之有關反應和意見，而當場本委員會所報告之內容如下：

- 目前國內灌溉系統之量水設備雖曾普遍設置，但甚多因水利會財務日漸困難已年久失修，近年來已由政府補助經費改善，惟大多注重在自動測報設備方面，目前正在辦理由農委會全面調查量水設備現況，作為研擬更新改善依據。同時建請本小組能提供有關使用及維護簡便、價格廉宜之各種量水設備類型資訊，提供各國參考。

主任委員接著報告其採用 MASSCOTE 方法在祕魯進行灌溉服務現代化所完成之個案研究，並提議本小組擴大辦理採用 MASSCOTE 方法之灌溉現代化服務的首要工作－關於問卷調查，並經委員們同意。於是當場調查有那些國家代表願意提供相關案例於 2011 年之小組會議上討論，當場本委員會並由林尉濤科長及李聰輝委員提出回應。而所需辦理案例之問卷調查內容，將由主任委員以 e-mail 傳送給本委員會代表林尉濤科長及李聰輝委員。同時，主任委員冀望至少有 6 件案例可完成，供在下次會議上提出報告。（註：上述關於本委員會允諾辦理事項，係本小組李委員於當場獲得林科長同意參與本項工作，並應允以其領導之科做為後盾，而向工作小組主任委員提報的。）

8. 農業節水工作小組會議【WG-WATS】

本次會議通過工作小組委任事務之要點：「確認業已證明具節水成效之方案，並確定及推廣成功之水資源保育工作」。

另，本次會議擬在 2010 年於印尼·日惹舉行第 61 屆國際執行委員會暨第 6 屆亞洲區域研討會議之同時舉辦「節水創新」之工作小組內部研習會，本工作小組主任委員籲請各委員踴躍提供相關文宣及技術經驗等，並邀請各委員明年(2010)踴躍出席研習會。

農田類組

9. 田間灌溉系統工作小組會議【WG-ON-FARM】

本次會議中通過本工作小組之任期延續至 2014 年，並且通過工作小組新任務內容如下：

- (1) 促進田間灌溉成爲綜合水資源管理之一部分。
- (2) 促進田間灌溉之有效永續發展策略。



(三) 第 5 屆亞洲區域研討會議-台灣論文發表

會議主題：「藉由技術升級及操作與維護改進，以改善灌溉系統效率」

作者	論文題目	內文
子議題 1：Modernization of Public/State Operated Irrigation System and Services 「公營/國營灌溉系統與服務的現代化」		
譚義績 Yih-Chi Tan	A Study of Typhoons Induced High Serious Sediment Concentration Deposition into a Reservoir and Reduced the Water Supply in Taiwan 颱風造成水庫淤積而減少供水課題之研析	附錄一
虞國興 Gwo-Hsing Yu 舒文斌 Wen-Pin Shu	The Innovation of Irrigation Water Quality Evaluation Program in Taiwan 台灣灌溉用水品質評估調查制度檢討與革新	附錄二
鄭昌奇 Chang-Chi Cheng 林尉濤 Wei-Taw Lin	Study on the Increase of Water-Holding Capacity in Sandy Soils 提升砂土保水能力之研究	附錄三
子議題 3：Integrated Approach in Agricultural Drainage 「農業排水方面的綜合方法」		
陳弘由 Hung-Kwai Chen 吳瑞賢 Ray-Shyan Wu	The Potential of Developing Agriculture Return Flow in Taiwan 台灣農業回歸水發展潛能	附錄四

(四)德里宣言

序言

本次大會是由印度的國家灌溉委員會(INCID)負責主辦，會議主題為「藉由技術升級及操作與維護改進，以改善灌溉系統效率」。共有來自 40 個國家逾 700 人的專業人士、專家、研究人員、政策制定者、企業經理人、資助機構、開發夥伴、以及國家及國際機構代表與會。



全球糧食需求預期在未來 25 至 30 年間將增加一倍，因此增加灌溉面積以及因而造成的糧食生產所需引水量之提高，自是顯得絕對必要。鑒於糧食價格受到金融海嘯衝擊而飆高一事，儼然成為全球關注的議題，這場研討會可謂契合時宜。許多國家政府，尤其是在新興及低度開發國家，必須付出重大心力才能達成所需求糧食的增產量。這場全球大事提供了重要平台，供討論農業用水管理的議題、經驗、最佳實務、創意及挑戰，尤其著重在提昇亞洲地區的技術，並改善用水管理。在研討會中發表了 190 篇以上的技術論文，其範圍廣泛地涵蓋了灌溉發展與管理之技術、制度及法律等議題。

印度總理 Manmohan Singh 博士主持本屆研討會開幕儀式，他強調糧食需求、氣候變遷、水災與旱災所帶來的挑戰，都需要透過整合資源管理的方法，並透過人民與政府攜手行動，才能節水及確保資源獲得公允分配。

本宣言內容如下：

- 1.瞭解人口、工業化及都市化程度漸增。
- 2.預見各式用水標的，尤其是農業用水，對珍貴水資源需求增加。
- 3.體認與水部門相關的挑戰及其複雜度甚為龐大。
- 4.考量氣候變遷對農地及水資源的可能衝擊；以及

經充分考量各技術工作小組會議、特別議題會議及亞洲區域研討會的會議紀錄和慎重討論的內容後，在此決議如下：

- 5.關於現有社經及生態因素方面，迫切需要實施各種策略和措施，以可能的最高效率來利用可以取得的水和土地資源，俾提升農業產量。由於安全的糧食產量大多來自於灌溉農業，對半乾燥及乾燥國家而言更是如此，因此呼籲大幅改善灌溉與排水部門之整體績效。
- 6.全球約有 70%之灌溉面積位在亞洲區域，恰似亞洲地區人口佔全球人口的比例。因此亞洲地區之農業用水管理，不僅在處理糧食需求方面，並且在減貧方面，特別是農村地區，均扮演著舉足輕重的角色。各國政府為求糧食供給無虞，必須重視公營灌排系統的現代化/改良工作，協調農業的與水的政策。
- 7.認清到灌溉部門所面臨的莫大挑戰及複雜問題，因而需要政府與民間資源增加投資，這不僅為了擴展灌溉，也為了透過適當的制度安排，將既有灌溉基礎設施現代化。同時，鼓勵民間部門積極參與，履行其在水與糧食部門方面的社會責任。
- 8.諮詢主要的利害關係者-農民-是應該要做的，而女性在糧食生產上也扮演著重要的角色。參與式灌溉管理(PIM)之附帶有妥善引進的改革方案者，能夠提升灌溉績效。鼓勵國家與區域政府及資助機構支持參與式灌溉管理，並動用財務及技術資源以推動改革。有必要促使農田水利會或用水者協會(WUA)的財務健全，並獲得法定權限。
- 9.必須加強協助研發，能力建構，以及改善對所有利害關係者(尤其是農民)提供技術/資訊/知識傳播的推廣服務。提倡最佳農業技術，並將其普及至農民層級。
- 10.考量到氣候變遷對可取得的水資源及農作物產量可能造成的衝擊，呼籲各國政府及有關組織發展可採用/減緩之措施的工作計畫，並鼓勵加以執行。
- 11.有需要著手發展及採用適合當地條件的現代技術和工具，從規劃/執行階段起的一套農業排水綜合方法，用來改良排水不良及含鹽分地區。
- 12.立即關切政府與民間結為夥伴關係致力於發展及管理灌溉水資源，並邀請當地利害關係者(尤其是農民)參與，以確保有效管理稀有水資源。
- 13.鼓勵私與公的資源均能增加對於水資源部門尤其是灌溉的投資，這將對於以行動為導向之計畫具有推進力。

二、技術考察

(一)印度簡介

印度共和國 (Republic of India) 位於亞洲南部的印度次大陸，與孟加拉國、緬甸、中國、不丹、尼泊爾和巴基斯坦等國家接壤，與斯里蘭卡和馬爾地夫等國隔海相望；其國土實際面積為 3,166,414 平方公里，居亞洲第 2 位；印度民族和種族眾多，號稱「民族博物館」，其中印度斯坦族佔印度總人口的大約一半，是印度最大的民族。

1.人口及行政區劃

印度總人口 11.03 億(2005 年)，居世界第 2 位，僅次於中國；人口自然增長率 2.1%，人口密度每平方公里 227 人，城市人口約占 26%。

現行印度行政區劃主體上為四個層次和五個層次並存的格局，四個層次為：一級行政區、縣、鄉(市)、村(鎮)之四級制，五個層次為：一級行政區(邦)、專區、縣、鄉(市)、村(鎮)之五級制。印度城市，不論大小，絕大多數隸屬於縣，鎮與村則隸屬於鄉。

印度的一級行政區包括有 27 個邦、6 個聯邦屬地及德里國家首都轄區。27 個邦每一個邦都有各自的民選政府，首都轄區與邦處相同的地位，而聯邦屬地則由中央政府直接管轄；各邦行政區域地理位置等，如圖 2-1 所示。

2.地理環境

印度位於印度次大陸，主要由三個地理區組成：在北部的喜馬拉雅山區的高山區（其中就有海拔 8,598 公尺的印度最高峰康城章加峰）、中央平原/恆河平原 (Indo-Gangetic Plain) 以及南部的德干高原。

多條河流發源於喜馬拉雅山區後流經印度，例如有恆河、布拉馬普特拉河、亞穆納河、戈達瓦里河以及奎師那河 (Krishna River)。

印度河上流的一小段也位於印度境內；印度南方是熱帶季風性氣候，北方則是溫帶氣候；乾旱缺水、季風性氣候帶來豪雨所形成的突發性洪水、超大暴雨、地震等是印度的主要之自然災害。

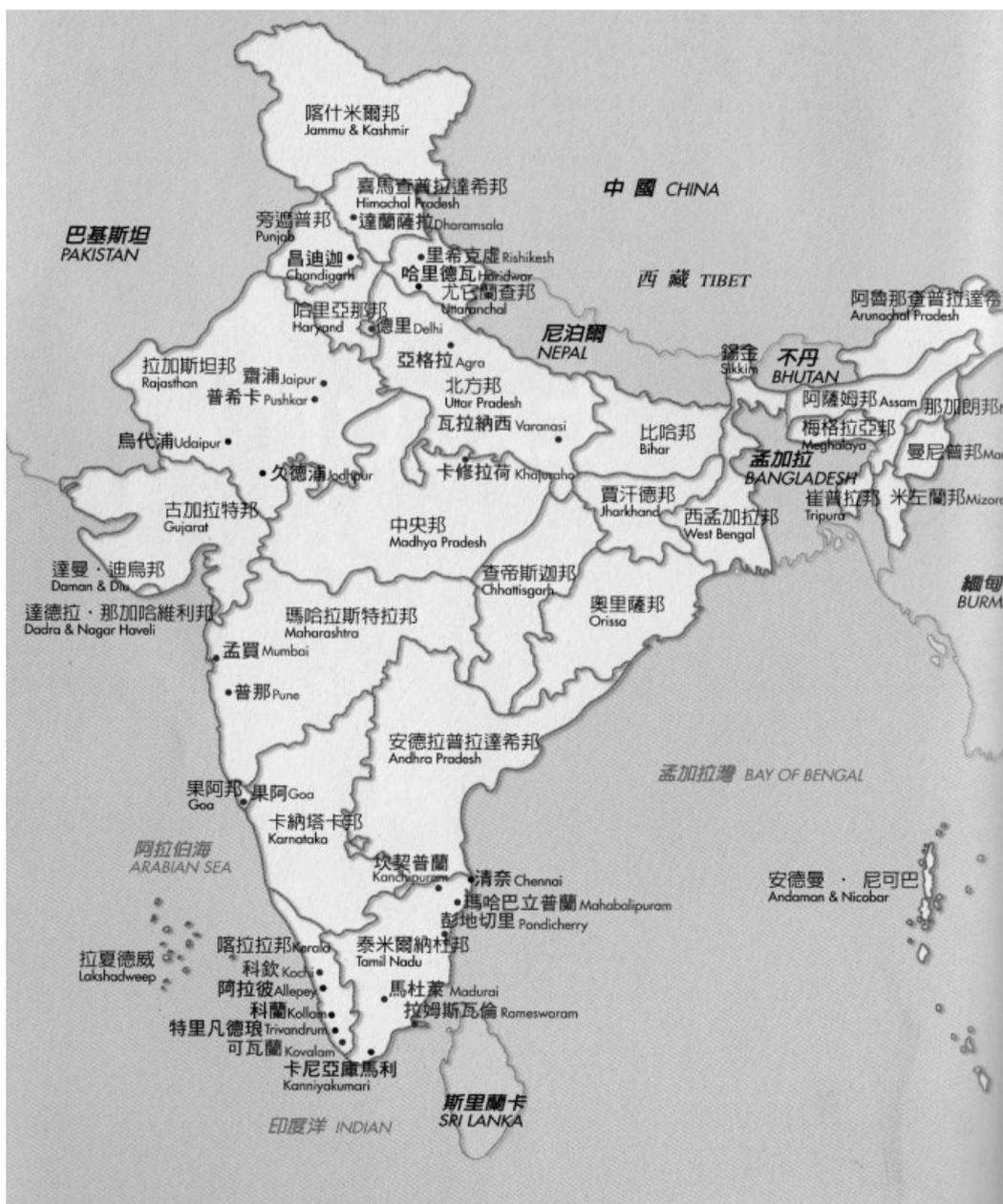


圖 2-1 印度一級行政區包括有 27 個邦之行政區域圖

3.產業與經濟

印度經濟以傳統耕種、現代農業、手工業、現代工業以及其所支撐之產業為主，其全國迄今仍有四分之一人口無法溫飽，惟印度外匯存底充足，匯率穩定，未來官方也將全面解除外匯管制，由市場決定幣值；由於英語是印度第二官方語言，故精通英語的人口甚多，目前是 21 世紀全球最主要的資訊服務業生產國、電腦軟體出口國以及眾多軟體工程師的祖國。

印度實行民主政治的同時，還併行著准社會主義，以往政府對私人經濟活動及外國資本直接投資等嚴格控管，迄 1991 年，通過經濟改革，放鬆對外貿和外資的管制，逐漸開放國內市場、國有企業民營化，惟所涉及相關的政治爭論仍然持續不斷。

印度是世界上發展最快的國家之一，經濟增長速度引人矚目，1990 年代初期，印度開始實行經濟體制改革後，印度的經濟規模獲得了較快速度的增長。若以同等購買力來衡量，印度 2006 年國內生產總值約 4 兆美元，在世界排行第四，僅次於美國、中國和日本。但是，若以美元匯率評估，印度的國內生產總值僅有 1 兆 1,030 億美元，世界排行第 12 位，尚不及約 5,000 萬人口的韓國。印度屬發展中國家，其社會財富極度不平衡，全國 10% 的人口掌控全國 33% 的收入。由於印度人口眾多，平均國民生產總值很低，2006 年為 979 美元，名列世界之第 128 位。

印度之勞動人口有 4 億 9,640 萬，其中 60% 從事農業或農業相關行業，28% 從事服務業及相關產業；從事工業的佔 12%。由 GDP 比例觀察，農業佔 GDP 的 19.9%，服務業和工業分別佔 60.7% 和 19.3%。主要農作物包括大米、大麥、油菜籽、棉花、黃麻、茶葉、蔗糖和馬鈴薯。主要工業包括軟體、汽車、水泥、化工、消費電子、食品加工、機械、採礦、石油、製藥、鋼鐵、運輸設備和紡織品。近年來，印度政府大力投資本國教育，大批能說英語的人才投入外包行業（即是外國企業把客戶諮詢，電話答錄等等服務轉移到印度）。印度已經成為軟體業出口的霸主，此外，金融、研究及技術服務等也即將成為全球重要出口國；印度最重要的貿易夥伴是美國、歐盟、日本、中國和阿拉伯聯合大公國。

如前所述，雖然目前印度的經濟成就引人注目，然而也面臨了多項挑戰，例如嚴重的人口過剩、環境惡化、大量的貧窮人口以及印度國內的種族以及宗教衝突等，皆將侵蝕其經濟面之努力成果。

(二)印度水資源及農田水利發展概況

1.水文

印度之幅員廣闊，各區域降雨差異甚大，降雨量由 500mm 至 2,000mm 不等，全國年平均降雨量約為 1,000mm，關於印度不同季節及月份之降雨量紀錄與各區域降雨分布情形，分別如表 2-1 及圖 2-2 所示。

表 2-1 印度各區域城市不同季節及月份平均降雨分布表

Average precipitation in various Indian cities (mm)													
City	Winter (Jan - Feb)			Summer (Mar - May)			Monsoon (Jun - Sep)			Post-monsoon (Oct - Dec)			Year-round Total
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Port Blair	40	20	10	60	360	480	400	400	460	290	220	150	2,890
Thiruvananthapuram	26	21	33	125	202	306	175	152	179	223	206	65	1,713
Bangalore	31	20	61	110	150	212	249	279	315	291	210	140	1,962
Nagpur	16	22	15	8	18	168	290	291	157	73	17	19	1,094
Bhopal	4	3	1	3	11	136	279	360	185	52	21	7	1,043
Guwahati	8	21	47	181	226	309	377	227	199	92	25	10	1,722
Lucknow	20	18	8	8	20	114	305	292	188	33	5	8	1,019
Jaisalmer	-	-	3	-	7	10	90	88	15	-	6	-	219
Dehradun	47	55	52	21	54	230	631	627	261	32	11	3	2,024
Amritsar	24	33	48	30	45	27	231	187	79	18	6	18	746
Shimla	60	60	60	50	60	170	420	430	160	30	10	20	1,530
Srinagar	74	71	91	94	61	36	58	61	38	31	10	33	658
Leh	12	9	12	6	7	4	16	20	12	7	3	8	116

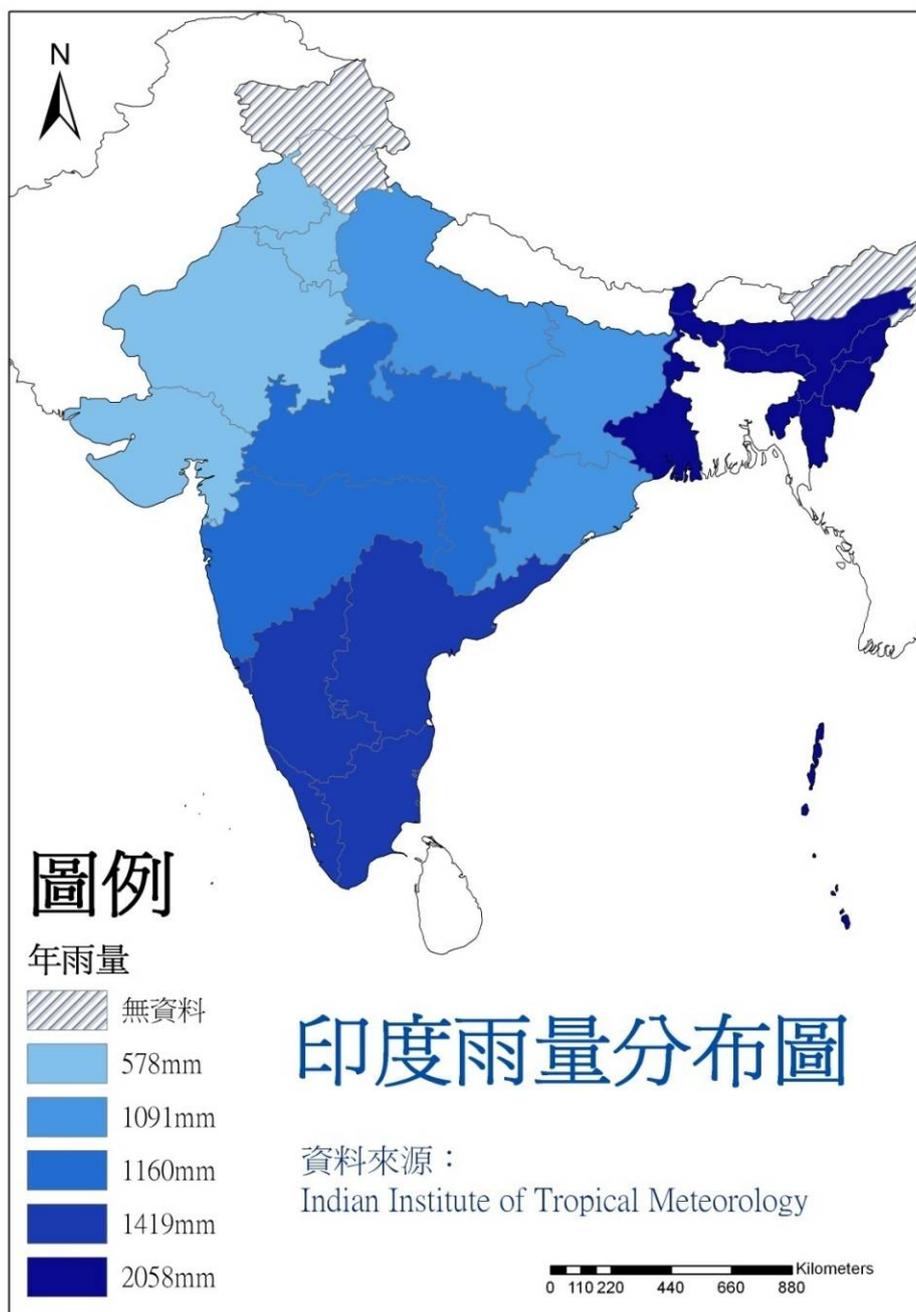


圖 2-2 印度各區域降雨分布圖

2.主要的河流

(1)恆河

恆河位於印度北部，為印度最大的河流，亦稱為「聖河」，其發源於喜馬拉雅山西段南麓，東南流，進入恆河平原後，自西向東，最後經孟加拉國注入孟加拉灣。幹流全長 2,527 公里(從河源至孟加拉灣)，流域面積 105 萬平方公里，河口處多年平均逕流量為 5,500 億立方公尺，多年平均輸砂量為 1.96 億噸。

恆河在哈丁橋(Hardinge Bridge)測站所測得之最大流量為 73,200cms (1941 年 9 月 1 日)；據西元 1965~1988 年的實測資料，該站多年平均流量為 10,900cms，逕流量為 3,440 億立方公尺。最大年平均流量為 14,100cms (1978 年)，最小為 6,620cms (1979 年)。恆河流域之北部與喜馬拉雅山脈接壤，南部與溫蒂亞山脈相鄰，西部與印度河平原相接，東部以布拉馬普特拉河流域為界。恆河—布拉馬普特拉河平原地面為深厚的沖積層，最大厚度超過 1,800 公尺，但形成時間可能還不超過一萬年。

恆河幹流坡降很小，河面寬闊，所以流速緩慢。從德里至孟加拉灣全程長約 1,600 公里，落差僅 210 公尺。從安拉阿巴德至瓦拉納西(貝拿勒斯)的河段為 1/10,500；從法拉卡至拉傑沙希的 105 公里河段，比降為 1/18,700，從拉傑沙希至哈丁橋的 75 公里河段比降為 1/22,200 從哈丁橋至戈阿隆多 112 公里河段比降為 1/28,000。恆河的流域面積計算至布拉馬普特拉河河口(戈阿隆多)約為 102 萬平方公里。

恆河流域的逕流，部分來自 7~10 月季風帶來的降雨，部分來自 4~6 月熱季喜馬拉雅山的溶雪。流域的降雨伴隨西南季風而來，但也與 7~10 月孟加拉灣的旋風有關。11 月~翌年 1 月降雨很少。降雨量的變化：從流域西端的 750mm 到東端的 2,250mm。在北方邦上恆河平原平均約 750~1,000mm；在比哈爾邦恆河中游平原為 1,000~1,500mm；在三角洲地區達到 1500~2500mm。三角洲地區 3~5 月和 9~10 月，往往遭受強旋風暴雨的襲擊。

恆河流域的洪水問題主要在北岸地區，多半由於支流漫堤和河流改道造成。戈西河是北岸一條大支流，河道寬度為 6~16 公里，有許多支流匯入，年最大流量為 5,700~26,000cms，出現在 7 月中至 9 月底。由於地殼運動，河床逐漸變陡，引起了河岸和河底的沖刷，形成了高含砂水流。在過去 200 年間，河流擺動了 112 公里，河流的擺動和泥沙淤積使比哈爾邦有約 7,680 平方公里土地成為不毛之地，造成大量城鎮、村莊遷移。三角洲地區，河網密佈，水流很慢，如一潭死水，每逢雨季，河水氾濫，一片汪洋。尤其發生強旋風暴雨時，常常帶來入、家畜死亡和房屋、財產損失。1970 年 11 月一場災難性的旋風暴雨，導致大量入口死亡。

(2)印度河

印度河流域幾乎均在巴基斯坦境內，僅北部位於印度國境，其水系的主要河流以融雪為源。其流量在一年中的不同時期迥然有異，冬季(12~2 月)流量最低，春季和初夏(3~6 月)水位上升，雨季(7~9 月)洪水出現，偶有災難性之暴洪。印度河及其支流所有的水源均來自其流域上游山區，在流出山麓時流量最大，在平原上幾乎沒有地表水流匯入，倒是由於蒸發和滲漏而大量失水。另一方面，在雨季後，兩岸滲漏迴歸水也可增加一些水源。在印度河主流中，水位從 12 月中旬至 2 月中旬最低，此後河水開始上漲，最初緩慢，而在 3 月底較為迅速。高水位通常出現在 7 月中旬至 8 月中旬，此後河水急遽下降，直至 10 月初，水位開始較為平緩地減退。印度河年水量約 1,200 億立方公尺。

3.水資源利用及灌溉排水現況

(1)水資源利用

印度平均總降雨量 40,000 億立方公尺，其中，可再生利用之水資源估計有 18,690 億立方公尺。因受限於地理環境及現有科技技術，目前可取得利用之水量僅 11,230 億立方公尺(地面水 6,900 億立方公尺及地下水 4,330 億立方公尺)。國家發展計畫中規劃將利用流域內輸送水方式，再開發 2,000 億立方公尺水量。水資源部已推動一項計畫，藉由雨水貯集與人工補注方式，以增加地下水之取水量達 360 億立方公尺。目

前，供不同用水標的之已利用水量估計有地面水 4,300 億立方公尺及地下水 2340 億立方公尺。由於降雨時空分配不均，主要水源集中於四個月的雨季，並依賴各大、中、小類型之蓄水設施。目前為止，印度境內建有 4,700 座大壩，蓄水量可達 2,250 億立方公尺。為了善加運用可利用之地面水源及適應全球氣候變遷之來臨，印度極需在全國各地建造適當的蓄水設施。

(2) 灌溉發展

雖然英國統治時期，在亞穆納河運河東部上游地區建造許多重要的灌溉設施及卡佛裡河 Anicut 大壩，但對地面水資源利用影響甚鉅的莫過於 1951 年展開的一項五年計畫，灌溉面積(未耕地/耕地)相較於 1950 年之 2,260 萬公頃，至 2007 年已增加四倍之多達 8,723 萬公頃。然而，自 1990 年起，在灌溉區內之渠道灌溉已逐年減少(如圖 2-3)，取而代之的是由民間投資地下水灌溉逐年急遽增加，目前，60%總灌溉區取用地下水源。

據估計，利用地面區水及地下水之總灌溉潛能(粗估)可達 1 億 4,000 萬公頃。2000 年，各標地用水之 6,340 億立方公尺總取水量中，約 5,410 億(85%)立方公尺為灌溉用水。根據水資源整體發展國家委員會(NCIWRD, 1999)表示，即使將灌溉效率自 35%提升至 60%，至 2025 年及 2050 年時，灌溉用水量仍將分別高達 6,110 億立方公尺及 8,070 億立方公尺。1974 年推動灌溉區域發展計畫，本計畫目的在於建立灌溉潛能開發及利用之關係，2004 年重新建構該計畫以將農業生產納入計畫目的。

目前為止，透過民間參與灌溉管理(PIM)機制成立 56,000 多個用水者協會(WUAs)，涵蓋 1,300 萬公頃之渠道灌區。面對水資源缺乏情勢升高，政府鼓勵推動園藝農業與經濟作物，並且推動省水灌溉。現今，印度已有 200 萬公頃灌區實施噴灌且約有 100 萬公頃灌區採用微灌系統。同時，隨著農業技術之精進及灌溉水源之取得，糧食生產可達 2.3 億噸(其中 56%來自灌溉農業區)，不僅可自給自足且可外銷至其他國家。

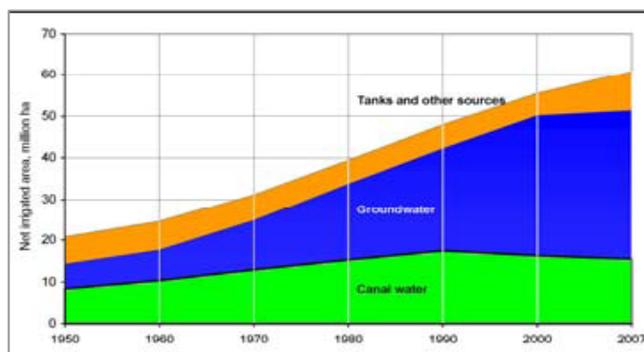


圖 2-3 印度灌溉區內各種水資源開發趨勢圖

(3) 排水現況

灌溉區域的擴展相對產生一些問題，諸如不當的水管理、排水不良及土壤鹽分等現象，往往造成土地流失及糧食生產減少。據估計，印度境內現有約 300 萬公頃土地排水不良及 645 萬公頃土地鹽化。雖然全世界最大的灌溉面積以印度為屬，但卻缺乏適當的排水設施，預計 2025 年將有 1,300 萬公頃土地受限於排水不良及土壤鹽化之影響。有關現代化地下/地面排水(SSD)技術已實施於約 5 萬公頃之渠道設施的灌區，並已公佈了一些公私部門合作 SSD 的成功案例。

(4) 未來面臨之挑戰

印度即將面臨嚴峻的挑戰，乃是在 2050 年時必需生產 2 億 3,000 萬噸之 2 倍的糧食以滿足 16 億人口之所需，為達成這個目標，必將擴大灌溉區域面積及增加 2 倍的灌溉用水量。由於灌溉用水及其他用水標的之需求量急遽增加，同時面臨氣候變遷可能造成之威脅，印度無法再採用“一般的”水資源發展與管理(WRDM)方法，因此，印度需要的是整體管理方式以實施水資源發展與管理，如利用水資源管理/節水之現代化與科學化的技術與工具，制度改革及所有利害關係人之能力建構，以達到水資源之有效及永續利用。

灌溉用水為印度最主要之用水標的，不論從水源處至灌區的用水改善，對擴大灌溉面積皆有助益，未來，必將減低生產作物所需用水量。對於印度水管理者、研究人員及政策決策人員而言，其將面臨的挑戰包

括作物產量降低、整體水資源利用之低效率、不適當的土地排水、地下水超抽、地下水及地面水質惡化及不良灌溉水質等問題。



圖 2-4 印度年生產 9,500 萬噸稻米所賴 4,300 萬公頃農地插秧情形

(三)印度北方邦與拉賈斯坦邦地區農業水利考察

1.北方邦

印度北方邦 (Uttar Pradesh)的坎普爾 Kānpur 是印度人口第九大城市，阿格拉 āgra 為第 20 大城市，加茲阿巴德 Ghāziābād 人口逾十萬。北方邦有許多名勝古蹟，如瓦拉納西、泰姬陵等。

北方邦，處於印度北部，和中國接壤，毗連印度的喜馬偕爾郡、哈裡亞納邦、拉賈斯坦邦、比哈爾邦以及中央邦，是印度人口最多的邦。邦政府之首府為勒克瑙 Lakhnau，官方語言為印地語，其面積為 294,413 平方公里，為全國 36 邦中之第五位；人口達 16,605 萬人。

本地區年降雨量約 1,000mm，地面水源較為缺乏，農業灌溉水源多為農民自行抽取地下水。政府為照顧當地農民，抽水井之抽水電費，單位面積內定額不超過之柴油動力費用均由政府負擔。

本地區地下水位約 5 至 15 公尺，農民施設之抽水井，通常均將動力馬達至於地表之水井旁，抽水機則置於水井中，距離地表約 2 公尺處（詳圖 3-1），進行抽水。

北方邦地區農作物以小麥及油菜花為主，每公頃每年平均需要 8,000 立方公尺灌溉水量，該地區之抽水機型式及大小均類似，每台抽水量約 0.01cms，平均每日抽水 5 小時，每日出水量約 180 立方公尺，約可灌溉 10 公頃農地，由於田間灌溉方法仍以「漫灌」及「溝灌」為主，灌溉效率仍有

相當可提高之空間。

沿途同時參訪稻穀收購處理工廠，廠內之倉儲及碾米機具等，均甚為原始及老舊；該處理工廠為私有企業，近年米價較往年高，平均每公斤稻穀收購價格為 11 盧比，當地每公頃稻田平均產量為 2,160 公斤，因此，每公頃每期作可收穫價格為 23,760 盧比；稻穀經處理後，以每包 60 公斤裝袋，運送至全國各地消費市場。



圖 3-1 莊主席率團員現地考察水井抽水供灌情形



圖 3-2 北方邦普遍農地所種植之小麥、油菜花之情形



圖 3-3 參訪北方邦之稻穀收購處理工廠情形

2.拉賈斯坦邦

印度拉賈斯坦邦 (Rajasthan) 位於印度西部，與巴基斯坦相接壤，是印度境內的一個邦。該邦官方語言為印地語以及拉賈斯坦語 (Rajastani)，而除此之外包括信德語、古吉拉特語和旁遮普語在內的其它語言亦通用於該邦。拉賈斯坦邦建於 1948 年，西鄰巴基斯坦。設有 200 席的立法議會。邦內河流交錯，西部是塔爾沙漠，南部是安納瓦利山脈。農產品有甘蔗、油菜籽、豆類及棉花。工業產品有食糖、水泥、玻璃及紡織品。礦產則有鹽、長石、石棉、磷、銀、銅、及長石。

拉賈斯坦邦之面積為各邦之首，達 342,239 平方公里，人口為第 8 位，計 5,647 萬人。拉賈斯坦邦年平均降雨量明顯較北方邦為少，約 600mm，亦普遍缺乏地面水源，農業灌溉水源多依賴地下水。政府為照顧當地農民，對於抽水井之抽水動力費用，亦給予是當之補助。惟該地區地下水位較深，一般均在 30 公尺以上，農民所開鑿之抽水井，需以沈水式馬達抽水，再以 PE 軟管輸水至鄰近農田，抽水井附近通常興建蓄水池調節水量使用，如圖 3-4。拉賈斯坦邦主要農作物與北方邦相似，以小麥及油菜花為主，田間灌溉方法亦以「漫灌」及「溝灌」為主，由於水源較為匱乏，且地下水位較深，動力費用高昂，因此該地區亦有相當比例之農地已施設噴灑灌溉設施，除提高效率外，亦達到節水之目的。



圖 3-4 使用沈水式抽水馬達之深水井抽水供灌情形



圖 3-5 抽水馬達採計量方式依據電表收費情形

三、參加會議及技術考察心得

印度全境炎熱，屬熱帶季風氣候，全國年平均降雨量約為 1,000mm，無法與台灣 2,000~3,000mm 之年降雨量相比，惟該國憑藉淵遠流長之恆河及印度河水，仍能發展出可觀之農業產值，其有效利用水資源之技術及經驗皆值得我國參考。

印度耕地面積 1 億 8,350 萬公頃，灌溉地占 5,680 萬公頃，灌溉普及率約 31%，主要農作物包括大米、大麥、油菜籽、棉花、黃麻、茶葉、蔗糖和馬鈴薯。恆河位於印度北部，為印度最大的河流，其發源於喜馬拉雅山西段南麓，東南流，進入恆河平原後，自西向東，最後經孟加拉國注入孟加拉灣。而印度河流域大部分在巴基斯坦境內，僅少部份位於印度國境，其水系之主要河流以融雪為源。印度因受限於其地理環境及技術條件之下，目前可用水量為 11,230 億立方公尺(地面水 6,900 億立方公尺及地下水 4,330 億立方公尺)，因此該國水資源部正積極推動一項計畫，藉由雨水貯集與人工補注方式，以增加地下水之取水量達 360 億立方公尺。目前，供不同用水標的之用水量估計有地面水 4,300 億立方公尺及地下水 2,340 億立方公尺。由於降雨時空上之分布不均，其水源主要集中於四個月的雨季，並依賴各大、中、小型之蓄水設施及儲水裝置。目前為止，印度境內建有 4,700 座大壩，蓄水量可達 2,250 億立方公尺。為妥善運用其可用之地面水及因應全球氣候變遷，印度亟需在全國各地建造適當的蓄水設施。

印度之水資源管理策略，為達到充分糧食供應及灌溉永續發展，必須將土地與水資源作最佳化利用。水資源與灌溉永續發展之主要課題，較佳的操作管理與成本回收，灌溉與農業部門之間的合作，提升整體灌溉效率及農作產量，與我國之灌溉管理策略相似。至於印度境內現約有 300 萬公頃土地排水不良及有 645 萬公頃土地受到鹽分影響，在台灣尚無此方面之困擾問題。

我國代表團此次參訪明顯感受印度當地居民對其他亞洲人之友善，並在本次大會舉辦期間，我國代表團特拜訪了 ICID 印度總會辦公室，大會及總會對我國代表團之接待皆相當親切。未來台灣似可藉由此次機緣中所建立之友誼，進一步以 ICID 之名義進行兩國間水利專家之互訪，進而推廣至學術教育及增進兩國間之交流，替台灣農田水利界之國際交流開啓另一扇窗。

肆、建議事項

以下建議提供我國灌溉排水協會國家委員會及其團體會員參考，共同努力推動：

1. 為維護國際灌溉排水協會中華民國國家委員會之基本會員權利，建議由我國家委員會秘書處向 ICID 大會反應，要求往後每年於舉行國際執行委員會議期間，應尊重我國家委員會基本會員之權利，如在會場內懸掛屬於各國之國旗時，應主動提供足以象徵我國之旗幟，故建議我國家委員會應主動聯繫 ICID 大會秘書處，並提供象徵我國旗幟之樣本設計給 ICID 大會秘書處，以維護我國家委員會之權利以及中華民國之尊嚴。
2. 參與國際技術交流對於提升我國灌溉排水技術水準有所助益，故持續參與國際灌溉排水協會之研討會議活動有其必要。因此建議我國國家委員會每年參加前作參與前置規劃，鼓勵專家學者發表論文，並將國內農田水利成果編譯成英文簡介，在會議期間提供給各國水利專家分享，拓展國際能見度，會議後，將收集之國際農田水利資料及值得參考論文摘譯，供國內相關農田水利之產、官、學、研等各界從業人員參考。
3. 為展現我國在灌溉排水領域之優勢實力及水利科技實務之成果，鼓勵我國代表團積極投入參與大會技術活動委員會之工作小組會議，透過與各國代表相互交流經驗與研究成果，俾於推展國際事務連繫及技術交流，擴展我國在國際組織之活動空間，以增進我國對於世界各國在水資源管理、農業發展、環境與生態保護等方面發展之瞭解。同時，鼓勵參與現地技術考察，一方面可參考各國農田水利建設之成果，另一方面亦可汲取各國專家學者農田水利之相關技術及經驗。