

對應改變-嘉南平原的農田水利組織與 輪流灌溉制度

COPING WITH CHANGES- THE IRRIGATION ORGANIZATION AND ROTATION IRRIGATION
TECHNOLOGY IN CHIANNAN PLAIN

醒吾科技大學
觀光休閒(系)所
教授

張煜權*
Yu-Chuan Chang

國立臺灣大學
生物環境系統工程學系
名譽教授

甘俊二
C.E. Kan

摘要

本文藉由世界各國農田水利事業的概況、嘉南平原的農田水利組織發展及輪流灌溉制度的形成，回顧農田水利組織如何回應自然與社經環境的變遷，藉此找出臺灣農田水利事業成功的關鍵因素與未來永續發展的方向。

研究結果顯示，嘉南平原初期的農田水利組織型態，由於規模不大，比較類似灌溉合作社的純粹農民組織。日治時期則逐漸轉換成公共灌溉方案及灌溉整備計畫並行。直至水利組合實施之後，嘉南農田水利事業開始確立以地方自治為主體的農田水利會型態。1990年代以後，極端氣候變成常態，不同標的間的用水競爭日益激烈，2020年，為能持續擴大對農民的服務，並強化農業水資源的有效利用，乃將原有的農田水利會改制為公務機關，保留農區以下由地方自治的水利小組，類似目前亞洲常見的混合管控灌溉方案，尋求公部門與私部門的共同合作，發展公私協力的新方向，未來可參考日本土地改良區的發展經驗，透過健全組織與教育訓練等方式，強化水利小組的自治能力。在灌溉制度方面，各時期的灌溉制度均與當時農田水利事業的型態、水利秩序的形成與社會優勢團體彼此的合作關係息息相關。而現有輪流灌溉制度則是累積歷年來各地對應乾旱缺水對應的成功經驗。唯近年來，自然與社經環境改變，現有輪流灌溉制度仍需要考慮與農業以外的產業相互結合，不應只局限於單純的作物制度與水源狀況，還須考慮農村勞動力、土地及環境等錯綜複雜的關係。

以往農田水利組織視為公法人，主要在於組織必須同具備管理眾人之事的立場與調適環境改變的能力，而「做出改變」是嘉南平原長期以來面對自然與社經環境變化的成功關鍵。面對未來極端化氣候的常態，如何將有限的水資源發揮最大的灌溉效益將是一大挑戰。期待嘉南農田水利組織改制為公務機關之後，能將先進的科技技術應用在傳統以人力發展出來的輪流灌溉技術，並發展足以反映田間實況的智慧型用水管理，藉此提升灌溉效率，並減少乾旱時期停灌休耕的情形，避免將缺水風險由其他用水標的轉移到農業。

關鍵詞：極端氣候、公私協力、永續農業。

* 通訊作者，醒吾科技大學觀光休閒(系)所教授；國際灌溉排水協會(ICID)組織與制度(IOA)工作小組委員
244 新北市林口區粉寮路一段 101 號 · e06033@gmail.com

COPING WITH CHANGES- THE IRRIGATION ORGANIZATION AND ROTATION IRRIGATION TECHNOLOGY IN CHIAPAN PLAIN

Yu-Chuan Chang*
Hsing Wu University
Department of Tourism and Leisure

C.E. Kan
National Taiwan University
Department of
Bioenvironmental Systems Engineering

ABSTRACT

Based on the patterns of irrigation organizations worldwide, as well as the development of rotational irrigation technology in the Chianan Plain, this research reviews how the framework of irrigation organization copes with changes of the natural and social-economic environments, and elicit the success factors and prospections of sustainable irrigation water management in Taiwan.

The results show that, in the early development of the Chianan Plain agriculture, the pattern of irrigation organization was regarded as an irrigation cooperative due to its small scale. During Japanese colonial period, public irrigation schemes and irrigation settlement projects were applied concurrently. The implement of irrigation group system was one of the important policies, and this concept of self-governance has become the main essence of irrigation organization in Taiwan. After the 1990s, extreme weather has become the norm, and water competition between sectors increased dramatically. In 2020, for the purpose of expanding irrigation services and enhance irrigation efficiency, the irrigation association is incorporated as a government agency. However, irrigation group is still regarded as a local self-government group, which is similar to the irrigation schemes of mixed control commonly seen in Asia countries. Through the cooperation of the public and private sectors, public-private participatory system is developed to seek for sustainable agriculture in the reforms of irrigation organization. Regarding the irrigation distribution technology, the methodology during each period is greatly dependent of the type of irrigation organization, the supervisor of water distribution on farm, and the cooperation between primary groups in rural area. Based on rich experience on facing water shortage, the existing irrigation distribution technology integrates different types of water sources and various irrigation requirement, and brings out as the world-renowned "rotation irrigation technology". However, due to the changes of the natural and social-economic environments, the existing irrigation distribution technology needs to take water demand from other water sectors into account. This highlights that the labor productivity, land, environment, and cost are also becoming the constraint factors in the planning of irrigation distribution system.

The irrigation organization was regarded as a public juridical person mainly because the organization must have the capacity of managing public affairs and the ability to adapt to environmental changes. "Coping with changes" is the critical factor to successfully face the of the constantly evolving natural and social-economic environments in the Chianan plain. It is a challenge to effectively utilize limited water resources under extreme weather conditions in the future.

Incorporating irrigation organization as a government agency is expected to improve the traditional human-based rotational irrigation by applying high-tech skills and developing intellectual water management on farm, which can enhance irrigation efficiency and avoid the deficit risk shift from other sectors to agriculture by the practice of irrigation curbs and fallow paddy field during water shortage.

Keywords: Extreme climate, Public-private collaboration, Sustainable agriculture.

一、前言

臺灣農田水利事業的開發大致可追溯到元朝(謝堡丁, 1972), 初期人口稀少, 農業仍以游耕為主, 爾後荷蘭人引進當時較先進的農耕技術與管理手段, 農田水利的發展才算稍有起步。當時全球正經歷小冰期(Little ice age), 各地氣溫偏低, 植物可以生長的季節較短, 土壤低溫作物產量少, 饑荒與瘟疫頻傳。東亞沿海地區因物資貧乏, 在生活艱困的情形下鋌而走險, 這段時間不只大陸沿海居民和日本人相繼來到臺灣, 荷蘭人、葡萄牙及西班牙人也在臺灣做過短暫的停留。直至 19 世紀末期, 全球才逐漸脫離小冰期的威脅。根據統計, 1911 年至 2009 年間, 臺灣年均溫度增加了 1.4°C, 增溫速度為每 10 年 0.14 °C (盧孟明等, 2012)。此階段臺灣在政治上經歷了日本的軍國殖民政策與自由民主化的臺灣, 其中日治時期的殖民地農業, 讓臺灣的可耕地迅速擴張, 農業水利事業加速發展。1945 年回歸自由民主體制之後, 臺灣的農田水利事業的基盤逐漸穩固, 並在 1980 年代以完善的農田水利組織及輪流灌溉制度聞名世界。

唯近年來氣候變遷的影響日益加深, 尤其近 30 年臺灣增溫速度加快(每 10 年 0.29 °C), 高低溫紀錄屢屢創新。在降雨部分, 雖然百年來年總降雨量無明顯的長期趨勢, 惟年降雨日數減少, 極端大雨會出現, 冬季降雨減少, 夏季降雨增加, 旱澇災發生頻率增加。其次, 高度都市化與工業化的發展, 使各標的用水量激增, 區域在降雨量不穩定的情況下, 農業灌溉用水的調配越來越受到重視。然而根據農業統計年報, 在 1961 年, 每公頃的農業損失約 2 萬元, 之後則以平均每年約 0.6 萬元/公頃幅度增加, 2017 年更大幅成長到 59 萬元/公頃的農業損失金額。其原因固然與農業發展情形, 如發展精緻農業、每單位面積種植量增加、種植高經濟價值作物等因素有關, 但災害影響的加劇與乾旱發生時利用停灌休耕確保區域用水安全的情形, 恐怕也是把災損與缺水風險移轉到農業的原因之一(張煜權, 2006)。

嘉南平原的農田水利的組織與制度化的形成, 可追溯到 300 年前荷西時期, 可以說嘉南平原的開發歷史就是一份最完整的農田水利事業調適自然與社經環境變遷的教材。本文將由世界各國農田水利事業的概況、嘉南平原的農田水利組織發展及輪流灌溉制度的形成, 回顧農田水利組織與制度如何回應自然與社經環境的變遷, 藉此找出臺灣農田水利事業未來永續發展的方向。

二、世界各國的農田水利事業

農田水利事業亦稱為農田灌溉排水事業, 兼備生產、生活及生態等三生功能, 為維繫農業永續經營所必需的事業。世界上幾乎所有的國家均會將水資源視為國家所有, 因此政府會透過不同的形式參與農田水利事業的開發與利用, 以謀求公共最大的利益。茲依據 FAO 與 ICID 資料(周師文, 2019; 張煜權, 2019; 掘井健三等, 1996; Coward, 1980; FAO, 1982), 將各國農田水利事業營運型態與經費來源加以彙整, 如表 1。

表中, 各國農田水利事業營運型態可依灌溉執行單位區分為輸水系統(off farm) 與農區灌溉(on farm) 兩個階段。在臺灣則以輪區進水口(斗門) 為界, 斗門以上的輸水階段(或稱系統) 相當於輸水系統, 斗門以下的配水階段(或稱輪區或田間) 相當於農區灌溉。在輸水系統階段主要是確保大量的水能由水源輸送到農區, 因此水路必須有足夠的容量並能以內面工避免輪漏水的損失。在這個階段由於所需經費龐大, 受益者眾多, 故大部分是由有能力的政府來興建, 經費來源也以政府為主, 只有少數國家與受益者分擔。至於農區的灌溉則是將斗門進水口的流量公平適時的分配到每一個田坵, 讓農民灌溉坵塊裡的作物, 因此這個階段所著重的是以公平合理、依時依序及適時適量等三個原則作為農田水利營運管理的準則。然而這個過程涉及到不同農民相對之間權益的競合, 甚難以法律完全涵蓋所有的問題, 大部分的時候會與農民的公民教育有關。此外, 由於大部分的國家在斗門以下尚未實施農地重劃, 農區內採越田灌溉, 並不一定具備每一個坵塊都有獨立灌排系統的輪區(rotation unit 或 tertiary unit) 條件, 因此如何仰賴農民之間的共識, 進而發揮自治(self-government) 的精神就相當重要, 而經費來源則大部分由受益者支付或分擔為主, 藉此建立受益者的權利義務關係。

由上述得知, 農田水利組織是公部門與私部門之間很重要的資源分配與溝通協調管道, 因此 FAO 又將各國農田水利組織的營運型態依據事業開發的屬性 & 公部門介入的程度加以區分, 包括專業型、整合型及多目標型農田水利組織, 如下:

1. 專業型農田水利組織: 僅以灌溉排水為目的, 主要有三類。

(1) 公共灌溉方案(Public irrigation schemes): 公部門主導, 屬公共事業。例如西班牙、土耳其、玻利維亞、伊朗、肯亞及厄瓜多。

表 1 各國農田水利事業營運型態與經費來源

項目		灌溉執行單位			
		輸水系統 (off farm)		農區灌溉 (on farm)	
洲別	國家	負責單位	經費來源	負責單位	經費來源
非洲	埃及	水資源部	政府	農民組織	受益者負擔
	坦尚尼亞	農牧部灌溉局		土地改良團體	
	象牙海岸	公共事業監督局		無組織	受益者負擔 (但收不到)
	奈及利亞	聯邦水源部		無組織	
	肯亞	國家灌溉委員會		無組織	不收費
歐洲	法國	農業水產部		受益農場	受益者負擔小部分費用
	荷蘭	農林部		受益農場	國家補助
	義大利	州政府農營單位		受益農場	地方政府補助部分費用
美洲	哥斯大黎加	地下水灌溉排水廳		團體營	受益者負擔
	宏都拉斯	水資源局		農業共同組合	
	美國	內務部墾務局		農業經營者	
	阿根廷	政府大規模農家		使用者	
	哥倫比亞	國營或公司經營		農場 (大型)	
	智利	公共事業部灌溉局		-	
	巴拉圭	農牧部		無明確組織	
	玻利維亞	水資源局	無組織		
	厄瓜多	水資源公社技術局	依農場規模而定	業主負擔	
亞洲	印尼	公共事業部	農民組織	受益者負擔	
	泰國	皇家灌溉局	水利用團體		
	土耳其	國家水利廳	農民組織		
	斯里蘭卡	開發部灌溉局	灌溉組合		
	巴基斯坦	農業局	-		
	日本	構造改善局	土地改良區		
	尼泊爾	灌溉局	水利用組合		
	中國	省水利局	農民組織 (公社)		
	菲律賓	國家灌溉廳	共同灌溉事業		
	臺灣	農田水利署	水利小組		受益者負擔 (政府代繳)
	孟加拉	水資源開發公社	政府 (國際接助)	農業開發公社	政府 (國際接助)
	馬來西亞	灌溉排水局	政府 (國際接助)	水利用團體	受益者負擔 (但收不到)
	寮國	尚無健全組織	徵收穀物	-	受益者負擔 (但收不到)
緬甸	農林部灌溉局	政府 2/3	管理委員會	受益者負擔	

- (2) 混合管控灌溉方案 (Irrigation schemes with mixed control)：公部門與私部門協力合作，半官方半民間。為目前一般亞洲地區常見的發展型態，輸水系統 (輸區斗門以上) 由政府部門管控，農區灌溉 (輸區斗門以下) 由農民組成水利小組自行管理。
- (3) 農田水利會 (Irrigation associations)：純粹的農民組織，無公部門介入。其他如美國的灌溉區 (Irrigation districts) 及用水區 (Water district)，印尼的 Subak，阿富汗、智利和西班牙的農田水利會 (Irrigation association) 等，均屬於此類。
2. 整合型農田水利組織：除灌溉排水等，尚包含其他

- 農業發展項目，主要有三類。
- (1) 大規模-國營農場 (State farm)：公部門主導，屬公共事業。如利比亞。
- (2) 小規模-灌溉整備計畫 (Irrigation settlement projects)：公部門主導，屬公共事業。如肯亞 Mwea 地區。
- (3) 灌溉合作社 (Irrigation cooperatives)：純粹的農民組織，無公部門介入。常見於已開發國家，農民本身已有足夠的能力及財力經營農田水利事業。
3. 多目標型農田水利組織：以區域綜合開發為目的，非僅以農業發展為主體，主要有兩類。

- (1) 多目標公共灌溉方案 (Multipurpose public irrigation schemes)：公部門主導，屬公共事業。
- (2) 計畫發展機構 (Project development authorities)：公部門主導，屬公共事業。

臺灣早期的農田水利組織型態，由於規模不大，比較類似灌溉合作社的純粹農民組織。日治時期則逐漸轉換成公共灌溉方案及灌溉整備計畫並行。直至水利組合實施之後，臺灣的農田水利事業確立以地方自治為主體的農田水利會型態。1990 年代以後，不同標的間的用水競爭加劇，伴隨著社經型態的轉變，農田水利事業的定位與發展在這個階段開始受到廣泛的重視與討論。直到 2020 年，為能持續擴大對農民的服务，乃將原有的農田水利會改制為公務機關，保留農區以下由地方自治的水利小組，類似目前亞洲常見的混合管控灌溉方案，尋求公部門與私部門的共同合作，朝向公私協力 (Public-private partnerships, 簡稱 PPP) 的方式發展。

三、嘉南平原的農田水利事業發展

若將臺灣農田水利事業各時期發展的歷程與當時的自然與社經環境加以對照，可以更清楚地了解到臺灣農田水利事業為適應環境變遷所做出的改變，如表 2。

表 2 中，臺灣農田水利事業雖然源於元朝，但當時民眾散居於各地，只需以簡易方式導引河水灌溉小

規模農田，栽培水稻，尚無需要大型水利建設與組織。其後開始有較具規模的農田水利組織則與居民共同拓墾土地的過程有關，例如宜蘭地區特有土地拓墾的結首制度 (例如一結、二結等)。真正的具有事業的規模，則始於十七世紀，迄今約有 300 餘年歷史。發展初期，相關設施多由民間私人出資築埤開圳，水利視同私產，與土地一樣可以自由買賣，但因缺乏強而有效的管理，引發諸多的用水糾紛，導致水資源無法有效的運用。為了提升管理品質，於是有農田水利組織的產生 (謝丁堡，1972；農委會農水處，2003)。

嘉南平原是台灣面積最大的平原，位於台灣島的西南部，地勢東高西低，西起西部海濱，東止於阿里山山脈山麓及高屏溪西岸，東西寬約 71 公里，南北長約 110 公里，面積約 4,550 平方公里。雖然名為「嘉南」，但事實上涵蓋雲林縣、嘉義縣、嘉義市、台南市、高雄市等行政區，係由濁水溪、北港溪、八掌溪、急水溪、曾文溪、鹽水溪、二仁溪等溪所沖積而成的平原，為台灣最早也是最主要的農業地區之一。嘉南平原特色是少雨 (夏雨冬乾)、日照長，早期為倚賴天候決定收成的「看天田」，土地生產力僅北宜、中彰之一半，沿海地區更有鹽分高的問題。直到 1930 年嘉南大圳完工起大幅改善供水系統，始得「穀倉」之美稱。其後政府投注多年水力建設，今臺南市一地即建有七處水庫，水資源豐富。嘉南平原的農田水利組織與制度的形成，可追溯到荷西時期，可以說嘉南平原的開發歷史就是一份最完整的農田水利事業調適自然與社經環境變遷的教材，茲依據表 2，回顧嘉南平原農田水利事業的發展軌跡。

表 2 臺灣農田水利事業的發展歷程

發展階段	社經環境	農田水利發展重點或措施	自然環境	背景
事業的啟蒙 (1624-1895)	殖民農業	1624-1662 王田	全球歷經小冰期(Little ice age)，氣溫低，植物生長季節短，土壤降溫，作物產量少，世界各地饑荒與瘟疫頻傳。	荷西
	屯田政策	1662-1683 營盤田		明鄭
	消極治臺	1683-1895 民辦官督		清領
事業公共化 (1895-1945)	殖民經濟	1896-1908 公共埤圳	-逐漸脫離小冰期威脅 -每十年年平均溫度增加 0.14 °C	日治
	臺灣農業、日本工業	1909-1921 官設埤圳		
	三年輪作、水利實行小組合	1922-1945 水利組合		
事業自治發展 (1945-1993)	二戰結束	1946-1955 農田水利協會、水利委員會	-1954 及 1955 連續乾旱 -1959 年 87 水災 -1989 年 莎拉颱風	自由民主臺灣
	土地改革、農地重劃	1956-1964 農田水利會		
	工業產值超越農業、加速農業機械化	1965-1971 農田水利會組織通則		
	加速農村建設、稻米保價收購	1972-1982 健全農田水利會		
組織的改革 (1993-迄今)	政府協助農民代繳會費、稻田轉作	1983-1992 改進農田水利會	-近 30 年來極端化氣候成常態 -冬季降雨減少，夏季降雨增加 -旱澇災發生頻繁 -環境永續日益重要	
	農業綜合調整方案	1993-2000 遴派與改制之議		
	加入 WTO	2001-2020 回歸自治		
	政府組織再造	2021-迄今 改制公務機關、管理處		

3.1 事業的啟蒙 (1624-1895)

1. 荷西殖民農業下農田水利事業的啟蒙

17 世紀，世界正經歷小冰期的威脅，地理上的大發現使得人類得以遷徙到較溫暖的熱帶與亞熱帶。此時台灣正經歷荷西時期，在殖民地農業的背景下，荷蘭以南臺灣為根據地，引進商業價值高的甘蔗，並依據當時歐洲對地權的看法（管理與利用權可以分割），將佔領的土地以「甲」（akker 田園之意）計算，每甲十畝，提供給漢人耕種，並教導農業技術，所有耕牛、農具、種子及修築陂塘堤圳的費用，均由荷蘭人供給及管理，農民則交付稅賦與田租給地主。由於當時漢人及原住民稱荷蘭商館的長官為 Ongh（王的台語發音），因此又稱為王田制度。至此，嘉南平原的作物制度大致形成類似當時歐洲的「公社合作」（Communal cooperation）型態，並引進二圃制或三圃制¹等較為先進的耕作制度，讓缺乏肥力的土地得以休息，土地產能提高；此外，臺灣也逐漸形成日後以水稻及甘蔗為主的作物制度，而當時衡量農地經營規模的面積單位「甲」也沿用至今。

2. 明鄭屯田政策下農田水利事業的拓墾

明鄭時期接收荷蘭人的「王田」改稱「官田」，實施寓兵於農的「屯田政策」，所闢之田又稱為「營盤田」（如柳營、下營、中營），農業以稻作為主，以烏山頭附近的水源地為核心，鼓勵民眾興築水利，以確保軍民所需的糧食。不同於荷人發展農業是為了商業利益，明鄭更著重稻米的生產，沒有賦課，為地區自給自足的型態。然由於灌溉需水量大，因此須能開發較能蓄水且規模較大的陂或潭。就文獻上的紀錄，明鄭時期的陂，主要修築於現今的臺南與高雄兩地，水租的繳納則以每甲約六石稻米或時幣十元，自此水源的經營開始有軍政人員的介入。此時土地面積單位雖仍沿用荷治時期的「甲」，但土地的取得則是以配置耕犁的鼓勵方式。開墾戶如果土地面積達五甲以上，即可獲得耕犁一張。後來就將五甲土地稱為一張犁，是以開墾戶也喜歡以「犁」為面積單位（如三張犁、六張犁）。現在灌區系統的劃分，會將同一灌溉系統劃分為若干輪區，每一輪區之面積約 50 公頃

（FAO 建議掌水工一人所能管理的範圍），輪區內再依給水系統分為若干單區，每單區之面積約 10 公頃，則相當於當時配置二張犁的開墾戶規模。

3. 清領消極治臺下農田水利事業自治發展的萌芽

1683 年，臺灣歸於清朝統治，移居臺灣的人口日益增加，主要以北稻南蔗為主。隨著稻米糧食需求的增加，農民紛紛在拓墾的土地上種植水稻，也開啟了大規模的「水田化」過程。而為能取得大量的灌溉用水進行水稻生產，民間獨立或共同合股投資興建較具規模的水利設施漸多，因此開啟了「民辦官督」灌溉事業，如 1695 年的道將圳即由游立夫與陳日新共同出資興建，其他如將軍圳、加走圳及麻腳圳則有受益地主共同出資興建。此時期拓墾與行政重心仍離不開臺南附近，然不同於荷西時期的水利設施是由荷人資助興築，明鄭時期是由官方、屯墾士兵及有力士紳所關建，清代則多由民間自辦，由墾戶業戶投資或業佃合築，或聚落所有農戶共同集資，部份有官方出資助修，各業戶或佃人每年以稻穀或時幣向埤圳管理人繳納水租，水租的計算則有依面積、水量、收穫量或土地等級等不同的方式。而官府則向埤主徵收規費，發出諭告、埤照及戳記（相當於現今的水權狀、水利會登記證及印信）。灌溉面積較大者，在現地設有「水館」，負責埤圳的維護、用水的調節及水租的徵收等工作；埤圳設有「圳頭」或「公鋤」（相當於今日的掌水工或埤長），管理用水及修補圳路。農閒期有關灌溉地的耕作人共同出工修補。如埤主對埤圳修繕管理怠慢，致不堪使用時，埤主應喪失其權利，官府准由他人替代經營。

而上述農田水利事業的興辦過程，也逐漸孕育出由民間自治興辦水利事業的雛型。此外，在圳路灌溉系統中，如何將不同的水量分配到面積大小不一的灌區是相當重要的一件事，故在當時以「固定汴」作為分水之設施，為灌溉配水管理得以制度化的重要依據。圖 1 為台東管理處現存於東河鄉的分水汴，此分水汴為東海岸阿美族人所接受且沿用已久的公平分水法，裝設在各圳給水口前，或以木材或水泥製作，由各埤長管理。

¹ 中古歐洲還不知道要使用肥料，為了恢復地力，當時的土地耕作制度大致可分為兩種。一種是續耕續休制（run-rig），即對一塊地連續耕種幾年後讓其長期休耕，這種制度主要在居民點分散的山區實行，與世界各地原住民的刀耕火種、山田燒墾或游耕（slash-and-burn, swidden farming, shifting cultivation）類似。另一種是讓一塊地每二年或三年中休耕一年，習稱為二圃制或三圃制，以三圃制的三年輪耕制為例，即將耕地分為「春耕地」、「秋耕地」以及「休耕地」。
<https://kknews.cc/history/bze2ma9.html>



資料來源：農田水利會聯合會，2018，桃園農業博覽會
<http://water.tjia.gov.tw/conference/2018/exhibition16.asp>

圖 1 現存東河鄉分水汴

3.2 事業公共化 (1895-1945)

1896 年，日本佔領臺灣，統治初期沿用清代舊制，但朝「工業日本、農業臺灣」的方向發展，農田水利事業受到高度重視。清代的水利建設主要靠民間的力量，所興築的埤、圳規模甚小，且技術不佳，容易毀壞，仍以看天田為主，且旱作居多，農業發展因為缺乏穩定水源而受到限制。日人在臺欲積極發展農業，首重修築水利建設，以解決灌溉用水的問題。先是進行埤圳調查及土地清查，再將具有公共利害性質的私人埤圳公共化，納入「公共埤圳」，是臺灣「水權公共化」的開始。其後，由於大型水利建設民間難以進行，遂由政府興建，於是有了幾項「官設埤圳」，如桃園大圳、后里圳、獅仔頭圳等。

1917 年，日人八田與一技師調查到官佃溪上游烏山頭地區有荷西和清領時期的小型水利工程遺跡，相當適合興建水庫，於是提出了「官佃溪埤圳計畫」。後經當地地主與農民積極爭取，乃於 1919 年成立「公共埤圳官佃溪埤圳組合」，並於 1920 年經總督府認可公告。工程歷經十年完工 (1920-1930)，過程中曾商請美國當時的土石壩專家 Joel D. Justin²來臺協助。Justin 在勘查荷蘭人在嘉義蘭潭興建的紅毛埤之後，乃以該壩之構造、原理及做法設計成烏山頭水庫，並建議以水泥作為大壩的心牆 (core)，後因八田與一反對，因此水泥心牆只完成一半 Justin 就返回

美國，其餘部分還是用荷蘭人以密度較高的黏土做心牆的老方法。

當 1924 年嘉南大圳濁水溪系統開始灌溉時，分線以下的小給水路和小排水路都歸土地使用者管理，因此在虎尾就開始組織「水利實行小組合」，相當於現在「水利小組」的前身。在此之前，對於幹支線以下的田間灌溉 (on farm) 不甚注意，故小給水路與小排水路都不完整，灌溉地之間的用水很難協調。因此水利實行小組合最初成立的目的即為開鑿小給水路和排水路，其後進入管理階段時，主要仍在提高用水效率，解決用水爭端。水利實行小組合的運用，是在公共埤圳組織或是水利組合之下，和郡、街或庄的「農事實行組合」間保持密切聯絡，而和同土地有關係的人物協力合作。在台南，到 1934 年新化水利組合設立實行組合為止，實行組合的總數為 1,254 個，並逐漸推廣到其他地方。其組織型態為實行組合聯合會 (水利組合) 之下為支會 (類似工作站)，而支會以下則為實行小組合，組合成員須遵守愛護水路保持秩序，以求灌溉排水的合理。水利實行小組合的實施，確認了中小給水路水門以下的用水管理為水利實行小組合，中小給水路水門以上為水利組合的現代化用水管理任務區分原則。

為能有效分配由上而下的政府資源及提高水使用者的用水效率，在嘉南大圳完工後的 10 年之間，逐步將原有之「公共埤圳」及「官設埤圳」改組成為 108 個「水利組合」，且規定其為「法人」，任務為管理養護灌排工程、徵收會費、處理財務。1941 年公布「農田水利調整令」，將 108 個水利組合合併成 47 個水利組合，並於 1944 年再合併成 38 個水利組合。其中原嘉南大圳 (141,682 甲/1929 年)³、新豐郡 (2,034 甲/1923 年)、新化郡 (780 甲/1923 年)、新營郡 (3,885 甲/1923 年)、嘉義郡 (16,121 甲/1923 年)、斗六郡 (6,798 甲/1923 年) 及虎尾郡 (7,281 甲/1923 年) 的水利組合合併為嘉南大圳水利組合 (178,581 甲/1946 年)。

回顧 1896 至 1945 年日治時期的 50 年期間，嘉南平原的農田水利事業歷經公共埤圳、官設埤圳及水利組合三個時期，對於後來農田水利事業參與式管理 (participatory irrigation management, PIM) 的發展，奠定了很好的基礎。茲引述于景讓 (1950) 以 1919 年臺灣由武官政治轉變為文官政治為界線，論述日治時期

² 科羅拉多河上的胡佛水壩 (Hoover Dam) 設計者，臺灣大學農業工程系張建勛教授亦曾經參與該壩之建設。

³ (灌溉排水面積/水利團體登記年份)。

的水利組合觀點：

-1919 年以前

“把水利事業強制結合成為指定的公共埤圳，明顯地代表半封建性的政治形態，但不失為私人營利事業達到自治組織的過渡橋樑，在公共埤圳組織下養成組員為公眾服務的觀念，可說對以後推行自治制度是一種預備訓練。”

-1919 年以後

“組合人員在公共埤圳及官設埤圳制度下，對於公共事業已受長期訓練，轉為自治制度，於是水利組合大為發達。”

3.3 事業自治化發展 (1945-1993)

1945 年，二戰結束，為能迅速修復臺灣各地因戰爭而受損的埤圳，因此進行了組織的整併與運作的制度化。包括將 38 個「水利組合」改組為 39 個屬於人民團體的「農田水利協會」(1946)，例如嘉南大圳水利組合改組為嘉南大圳農田水利協會，會長由農民選舉；合併「農田水利協會」與「防汛協會」為 40 個「水利委員會」(1948)，例如嘉南大圳農田水利協會改組為嘉南大圳水利委員會。由於「水利委員會」仍屬人民團體，在未經立法程序明定權責，非官非民的情形下，當有涉及人民權利與義務時，常發生困難。

1950 年代，臺灣實施土地改革政策，包含的三七五減租 (1949)、公地放領 (1951) 與耕者有其田 (1953)。這一系列的改革政策讓地主原有的土地資本轉成產業發展的資本，農業資本轉化為工業資本，並累積充裕、低廉且具有高競爭優勢的產業勞動力。在農田水利事業方面，則透過農田水利組織的法制化，彌補原有體制缺失，包括於水利法明訂農田水利會為「公法人」的「水利自治團體」，核准「臺灣省各地水利委員會改進辦法」及「臺灣省各地農田水利會組織規程」(1955)；將 40 個「水利委員會」合併改組成為 26 個「農田水利會」(1956)，實施區域調整，健全組織體制，強化基層組織，建立財務制度及明定監督輔導責任，嘉南大圳水利委員會也改組為臺灣省嘉南農田水利會。

1960 年代，工業產值開始超越農業，經濟發展政策轉為「工業與農業並重」，農業發展逐漸由促進生產轉變為對農民的補償及強化農村的建設。1968 年以後，農村勞力出現短缺，農業開始朝向機械化發展。此時的農田水利事業的任務慢慢由農田水利建設轉變為設施的改進、養護及管理，並頒布了「農田水

利會組織通則」(1965)，讓農田水利組織與營運得以依法有據，依章行事。

1970 年代，政府推動「加速農村建設重要措施」(1972)，實施「臺灣省加速農村建設時期健全農田水利會實施要點」(1975)，依水系將 22 個水利會調整為 17 個，並制定灌溉管理制度，精簡人事編制及補助工程之更新改善經費，使水利會得以有效的提升其營運成效。其中雲林縣境內濁幹線灌溉系統劃歸雲林農田水利會，而臺灣省嘉南農田水利會則由政府代管，會長並由省府派任，藉此改善營運管理的效能，提升水資源有效利用。1982 年，政府健全農田水利方案結束，會長仍由會員選舉產生，恢復為農民自治團體。

1980 年代以後，隨著經貿自由化，臺灣農業所面臨的不再只是技術面的問題，而是經濟面的問題，而生活環境與生態保育的議題也日益受到社會大眾的重視。此時農業政策開始鼓勵水稻田轉作，並朝向以集團栽培為主，而農田水利事業所具備的三生功能也逐漸受到重視。

此時期農田水利會雖因實施健全方案有效的提升營運績效，惟農田水利會會費因配合政府減輕農民負擔政策，未能適度合理調整，以及政府對灌溉排水工程補助款，距實際所需甚遠，長此以往仍將影響水利會之灌溉服務水準並致無法正常營運。故於 1984 年擬定「政府負擔農田水利會灌溉、排水工程補助之檢討及水利會財務改善計畫」，而另一方面也開始有將農田水利會改為政府機構或由政府接管的想法。直至 1989 年莎拉颱風侵襲臺灣，農田受損嚴重，政府體恤農民收入微薄，遂於隔年起改由政府每年編列預算協助農民代繳會費，自此，農田水利會灌區農民無須再繳納會費給水利會。換言之，除了少數財務健全的農田水利會以外，大部分的農田水利會的營運均仰賴來自政府的經費補助或會費代繳，政府對於農田水利會營運管理的影響力越來越大。1992 年所提出的「農田水利會組織通則」，即言明農田水利會仍應維持公法人體制，惟廢除會長選舉，改進會員代表大會結構及政府對農田水利會之補助，期使農田水利會成為農田灌溉排水之專業機構。

3.4 組織的改革 (1993-迄今)

1990 年代之後，極端化氣候日益明顯，冬季降雨減少，夏季降雨增加，極端大雨出現，旱澇災發生頻繁。面臨極端化氣候，環境生態永續日益重要。

1993 年，立法院審議「農田水利會組織通則」，

認為唯有將農田水利會改制為公務機關，方能防杜弊端、健全營運管理及服務品質，進而造福農民。旋即要求行政院應於三年內將農田水利會改制為公務機關，並於 1994 年完成第一屆遴派會長及會務委員工作，農田水利會會費由政府全額補助。惟經 1995 年執政黨所舉辦的農田水利會改制為公務機關得失檢討會中結論，建議修正「農田水利會組織通則」第 39 條之 1 為「行政院應於本條修正公布日起二年內依據農田水利會自治原則，修正本通則有關條文，送立法院審議」。至此，農田水利會改制為公務機關之議，暫告一個段落。

2002 年台灣以「台灣、澎湖、金門、馬祖個別關稅領域」正式加入 WTO。2001 年，再度修正「農田水利會組織通則」相關條文，農田水利會會長則由會員直接投票選舉產生，農田水利會回歸地方自治。配合政府政策的改變，明訂農田水利會之任務為 (1) 農田水利事業之興辦、改善、保養及管理事項；(2) 農田水利事業災害之預防及搶救事項；(3) 農田水利事業經費之籌措及基金設立事項；(4) 農田水利事業效益之研究及發展事項；(5) 農田水利事業配合政府

推行土地、農業、工業政策及農村建設事項；(6) 主管機關依法交辦事項。

隨著臺灣各地都市化的發展，各標的用水的競爭，農田水利會轄區的服務事項日趨複雜，城鄉差距日益擴大。為能強化農田水利會功能，擴大對農民服務，建構國家水資源公共化管理體制，讓農田水利會資源共享，提升服務水準，建構專業化組織，2020 年乃配合行政院組織再造作業，將農田水利會改制升格納入農田水利署之組織架構中，現有農田水利會及工作站等組織架構將維持運作，仍維持代表地方自治精神的水利小組運作方式，凝聚農民用水共識，強化與政府的配合機制 (農委會，2020)。

原「農田水利法組織通則」與「農田水利會組織規程」則於 2020 年起改由「灌溉管理組織設置辦法」與「水利小組設置管理辦法」加以規範 (農委會，2018；農委會，2020)。農田水利會改依「灌溉管理組織設置辦法」第 3 條灌溉管理組織辦理。茲簡易比較灌溉管理組織 (管理處)、工作站及水利小組與原農田水利會、工作站及水利小組的三個組織層級間任務之異同，如表 3。

表 3 灌溉管理組織與農田水利會任務之比較

組織	比較	灌溉管理組織設置辦法	農田水利會組織通則
灌溉管理組織	相近	3. 農田水利設施興建、管理、改善及維護。 4. 農田水利設施災害預防及搶救。 6. 農田水利事業作業基金所屬資產管理及收益。 7. 主管機關及行政院農業委員會農田水利署交辦事項。	1. 農田水利事業之興辦、改善、保養及管理事項。 2. 農田水利事業災害之預防及搶救事項。 3. 農田水利事業經費之籌措及基金設立事項。 6. 主管機關依法交辦事項。
	相異	1. 農田水利用水調配及管理。 2. 灌溉用水秩序維護及水利小組業務輔導。 5. 灌溉管理組織內專任職員之人事管理。	4. 農田水利事業效益之研究及發展事項。 5. 農田水利事業配合政府推行土地、農業、工業政策及農村建設事項。
工作站	相近	1. 小給水門、小排水門以上灌溉排水設施之維護、管理、歲修、改善、違規取締及防汛之搶險。 2. 小給水門、小排水門以上引水、輸水、分水之管理及調節。 3. 水利小組工作之指揮考核。 4. 水利糾紛之協調處理。 5. 水利政令及灌溉制度之推行。 6. 灌溉水質之監視處理。 7. 灌溉計畫之擬訂及執行。 8. 灌溉排水面積及其地籍資料之調查。 9. 灌溉管理組織交辦事項。	1. 小給水門、小排水門以上灌溉排水設施之維護、管理、歲修、改善、水利妨害之取締及防汛之搶險。 2. 小給水門、小排水門以上引水、輸水、分水之管理及調節。 3. 水利小組工作之指揮考核。 4. 水利糾紛之調解處理。 5. 水利政令及灌溉制度之推行。 6. 灌溉水質之監視處理。 7. 灌溉計畫之擬訂及執行，耕作面積與生產量之調查。 8. 會員會籍及灌溉地籍異動之查報。 11. 農田水利會交辦事項。
	相異		9. 會費及工程費等各種費用之經收。 10. 公共財產之維護管理。
水利小組	相近	2. 農田水利設施之小給水路、小排水路之維護、管理及修補。 1. 灌溉用水分配。 4. 有助於提升灌溉用水效率事項。 5. 其他灌溉管理組織指示辦理事項。	1. 小給水路、小排水路之維護、管理及修補。 2. 區域內用水之管理。 4. 區域內補給水路之設施。 5. 小給水路或補給水路分水門之管理。 7. 其他水利業務之委辦或交辦事項。
	相異	3. 農田水利設施災害預防及搶救。	3. 協助工程用地之處理。 6. 水利小組經費之經收及管理運用。

比較表 3 中灌溉管理組織 (管理處) 與農田水利會之間的差異，包括：

1. 灌溉管理組織 (管理處) 任務聚焦在灌溉管理相關業務

原農田水利事業配合政府推行土地、農業、工業政策及農村建設事項，灌溉管理組織 (管理處) 則聚焦回農田水利用水調配及管理、灌溉用水秩序維護及水利小組業務輔導，並增加專任職員人事安排之任務。

2. 工作站任務簡化

灌溉管理組織 (管理處) 下的工作站任務配合由會員服務擴大到農民服務，以及會費的取消，將工作站原有與會員會籍及會費相關之查報與經收工作予以刪除，並刪除公共財產之維護管理。

3. 水利小組任務明確界定為與農田水利相關之業務

灌溉管理組織 (管理處) 的水利小組長由政府遴選，刪除工程用地處理與水利小組經費之經收及管理運用，增列農田水利設施災害預防及搶救。

農田水利是農業生產之一環，故工作站的業務推動不管在過去的農田水利會或現在灌溉管理組織 (管理處) 當中，均須與有關機構密切配合，扮演系統 (off farm) 與農區 (on farm) 之間很重要的角色。彙整過去工作站與其他單位的合作與聯繫關係來看，如圖 2。

圖 2 中，工作站業務與相關單位的聯繫或指揮可以舉例說明如下：有關水利設施事業用地及非事業用地管理 (1、3、12、14)⁴；推廣農業專業區與擴大農場經營規模計畫 (8、9、10、11、14)；協助執行水污染監視防治計畫 (2、14)；妨害水利或侵佔占案件之查處 (4、5、14)；灌溉排水維護或管理 (3、4、5、14)；農業、水利政令之宣傳及推行 (3、12、13、14)；抽水機停電或復電之申請及電器故障修繕等作業 (7、14) 及農地重劃之辦理等 (1、3、14)，均需要與相關民間單位及政府機關相互協力合作。圖中左邊陰影的部分代表協調聯繫涉及私部門的部分，包含公民與非政府組織，右邊則公部門的政府單位。由此可清楚看出過去農田水利會視為公法人的原因，意即管理組織必須同具備管理眾人之事的立場與調適能力，組織若失去公部門賦予的公權力及法規依據，則無法公平合理的分配有限的資源；然在此同時組織又須具備私部門面對自然與社經環境衝擊所具備的韌性與活力，方能面對變遷做出改變。

四、嘉南平原的灌溉制度與輪流灌溉

荷鄭清時期的灌溉主要是利用埤圳儲蓄降雨，水源各自獨立。此時期人與人的合作侷限於家庭、

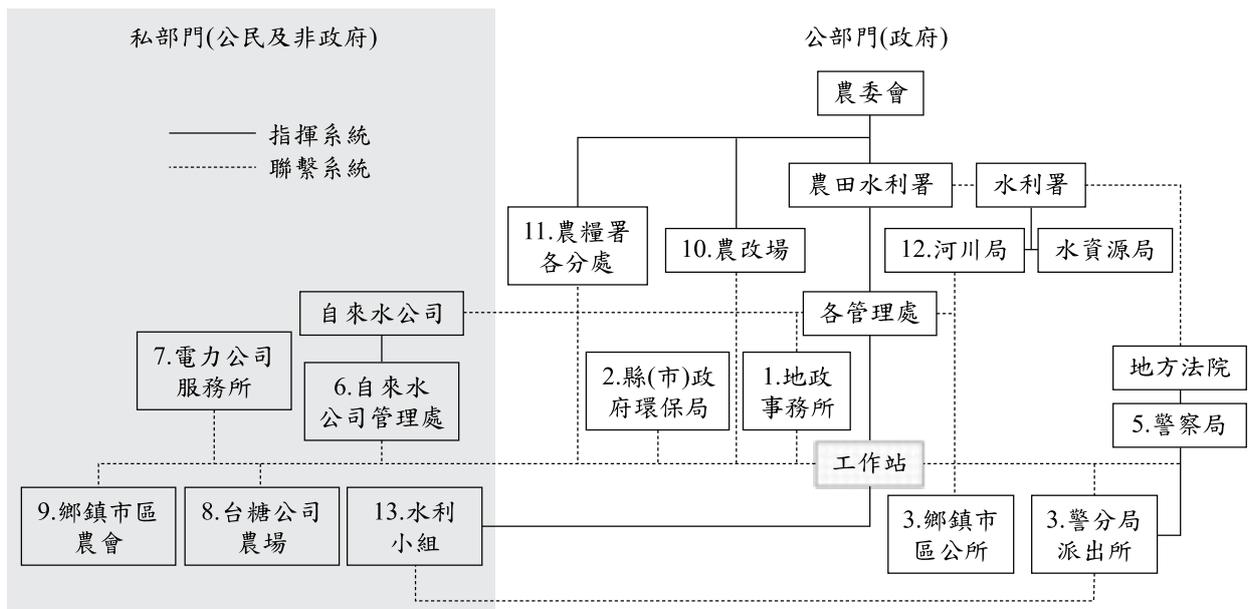


圖 2 工作站與其他單位之聯繫

⁴ 括號 () 內編號代表圖二中聯繫或指揮工作站業務的相關民間單位或政府機關

宗族或祖籍成員。由於資源有限，宗族及祖籍之間相互競爭，例如械鬥。此時期的灌溉雖然缺乏制度，但制度化過程中由受益者共同勞動的觀念與習慣也逐漸形成，包含以稻糖為主要作物的土地利用、二圃或三圃的輪耕制、甲與犁的單區營運規模，及規範權利義務的水租、設立圳頭或公鋤的受益者自治型態。

到了日治時期，由於總督專制，大型水利事業推動，透過公有化整併原本獨立的小型灌溉系統。此時期用水組織內的成員共同為水資源的合理利用而分工合作，打破宗族及祖籍的界線，用水組織即構成成熟的灌溉制度，組織與制度結構日益嚴密。灌溉需水量的試驗、制度化的三年輪作、水利實行小組與農事實行組合的相互合作，均為此時期的灌溉制度奠定科學化管理的基礎。

二戰結束後，延續前一時期的組織型態，灌溉組織與制度功能單純且井然有序，形成穩定農業生產的重要力量。一系列的農地政策與農地重劃，為灌溉制度帶來硬體設施上的改變。然而接連的乾旱也使灌溉制度不再只是反應作物制度的需水情形，更需要能因應水源的變化，做出機動調整。各地乾旱時期輪流供灌的經驗逐漸累積，形成日後的輪流灌溉制度。唯近年來，自然與社經環境改變，輪流灌溉制度開始需要考慮與農業以外的產業相互結合，多功能的標的使輪流灌溉制度不應只局限於單純的作物制度與水源狀況，還須考慮農村勞動力、土地、環境、資金及政治等錯綜複雜的關係。

輪流灌溉制度的形成與各時期水權的概念、公平分水的設備、合理的量水方式、有公信力的水管理組織、適當的營農規模、經濟的作物制度與可以量化的灌溉計畫等，均有密切的關係。由嘉南農田水利事業的發展過程來看，不難了解到嘉南平原在不同時期出現了上述實施輪流灌溉制度的條件，乃至於在 1980 年代嘉南平原的灌溉制度逐漸受到國際社會的重視。而現今印尼政府引以為傲的 *Jatiluha* 水庫灌區實施的配水模式，即在當時由日本政府邀請時任臺灣大學農工系教授的甘俊二博士所建立 (*Sinotech*, 1986)。以下就針對嘉南平原的輪流灌溉制度發展加以說明。

清領時期農業與水利漸興，農村水利糾紛頻傳，官府為保護水利埤圳的經營，發出的諭告中會裁定各埤圳應得的「水分」，以利埤圳內輪番取水，即所謂的五翻、八翻半，以燒線香為準，相等於今日所謂水權，而輪番取水的概念也因應而生。直至 1907 年以前，由於科學技術尚未發達，輪番取水的概念逐漸應用在改善傳統連續灌溉的耗水型態，也就是今日輪流灌溉的雛形。從實際發展的過程來看，最先實施的是

在偶而有缺水的大型灌溉系統的幹渠輪灌，如臺中之八堡圳及荖仔埤圳等。至於支分渠輪灌則為幹渠輪灌之引伸，主要應用在缺水較嚴重的時期或地區。以上兩者均為粗放的大區輪灌，僅於乾旱缺水時期，因時因地臨時執行，並未形成制度。

1907 年以後，鋼筋土泥開始應用在臺灣的水利工程建設上，各項工程計畫也開始著重科學的規劃與設計。第一個應用鋼筋水泥的水利工程是宜蘭第一公共埤圳改善工程，由於在此之前並無相關的試驗及研究足以決定灌溉的用水量，因此灌溉用水量的決定是一大難題。根據于景讓 (1950) 的註解，該水量最終是採用英國人的經驗決定，主要為田間蓄水 3 至 5 吋 (約 8 cm 至 13 cm)，所需水量應於 15 日內引進田間，每日田間耗水量以 1/3 吋 (約 8 mm) 計算，因此每一甲的用水量相當於每秒 0.0538 立方英尺 (c.f.s.，相當於 0.0015 cms)，換算為灌溉率則為 1 c.f.s. 可灌溉 19 甲 (1 cms 約可灌溉 670 公頃)，現在農民灌溉時常用的慣用語「1 個水」指的就是 1 c.f.s.。其後 5 年期間 (1907 年至 1913 年)，日人開始在南部及北部各選一處，進行「測定水稻、甘蔗在栽培上所必要的水量的試驗」，其中南部在台南新化大目降糖業試驗廠，北部則在台北林口庄農業試驗場，台南試驗的結果顯示一期作灌溉率平均約為 19.3 甲/c.f.s. (682 公頃/cms)，二期作則為 18.8 甲/c.f.s. (664 公頃/cms)，台北試驗的一期作灌溉率平均約在 24.3 甲/c.f.s. (858 公頃/cms)，二期作則為 21.7 甲/c.f.s. (766 公頃/cms)。

直至嘉南大圳興建 (1920~1930 年)，因灌溉面積甚大，需有實地測量的灌溉水量作為依據，故持續 4 年進行了水稻作物需水量、蒸發量、滲漏量、單位產量蒸發量及水稻灌溉率的相關試驗。而後又陸續在各地進行不同灌溉水深與灌溉期距的比較，確立水稻間斷灌溉的用水需求。然因烏山頭水庫水量仍無法供應全區稻作灌溉，故在烏山頭及虎尾進行五年試驗，確立三年輪作制度為最佳。即以全區以 50 甲左右為一個單位 (輪區) 加以劃分，三個單位為一個給水區，組織一個水利實行小組。三個單位輪流種植夏季水稻、秋冬灌溉的甘蔗與不灌溉的雜作。而每一個單位內再分成十甲左右的單區，單區之間實施輪流供灌，此為小區輪灌的開始。而基於實際需要，小區輪灌的坵塊面積一再縮小，配水時間的計算更為精密，也逐漸形成了後來的精密輪灌制度。爾後，由於太平洋戰爭 (1941~1945 年) 與國共內戰 (1945~1950 年) 接連發生，戰後初期農田水利組織歷經重建期，直至 1951 年實施美援 (1951~1965 年) 後，灌溉相關的試驗與建設才得以重新恢復。包括水稻灌溉用水量 (台大

農工系，1950~1954年）、輪灌試驗（嘉南大圳中營，1955~1957年；台中區農改場，1956~1959年；桃園實驗田，1956~1957年）與耐旱試驗（台大農藝，1962年）等，開始從作物的生理及土壤的特性來考量水田用地的特性，進而對於實施水稻輪流灌溉的一次灌溉水深與灌溉期距有了更具體地了解。

臺灣光復後，蔗糖生產過剩，稻米需求大增，農民不必再受日本農業政策的約束，水稻栽培面積迅速擴大，導致農業用水大幅度增加，水資源的調配日益困難。而後臺灣連續遭逢乾旱（1954年及1955年），幸而及時推行救急性之大區輪灌，至三月下旬，插秧面積竟達八成以上。使政府及民間深刻認識輪灌之重要性，因此參考日治時期嘉南大圳救旱措施作為臺灣水稻灌溉的實施基準，並定名為「輪流灌溉制度」，並組織「輪流灌溉推進委員會」，開始在臺灣推動輪灌改善工程及輔導輪灌制度計畫。而後於1959年發生八七水災，全台農地受損嚴重，各地重建的同時也進行了農地重劃，使每一個坵塊具備有獨立的灌溉與排水，臺灣的輪流灌溉也得以從大區輪灌及小區輪灌進入到精密輪灌。

輪流灌溉的實施主要是「依序」、「準時」及「適量」的原則。以大區輪灌為例，「依序」意指依照幹渠分段或支渠分渠分組之次序，「準時」乃指灌溉水流達幹渠分段制水閘或支渠進水門之時間，至於「適量」則是規定各段幹渠或各組支分渠分配總水量之百分率，以備在水源流量發生變化時，得以估算其分配水量之增減程度，預作應變措施。至於小區輪灌，則「依序」指輪區以內單區輪灌之次序，「準時」則指灌溉水流達輪區進水門之時間，至於「適量」則可配合插秧之進度、稻作之發育及有效雨量，在計算各輪灌期距間之固定流量時，予以適當之考慮。至於精密輪灌中，「依序」可擴及單區以內坵塊輪灌之次序，「準時」則可適應作物需水時期，「適量」則可考慮作物栽培及發育上之需要與便利，及兼顧水源之有效利用等目標。

輪灌的原理可由簡單的水平衡方程式加以說明：

$$Q \times T = D \times A$$

其中 Q 為進水口之流量， T 為進水口總引灌時間， A 為總灌溉面積， D 為田間一次灌溉所需之水深。依據上式可計算進水口在總引灌時間 T 內，旬別需引進之日流量如下：

$$Q = D \times A / T$$

其中 D 的計算是由田間需水量、有效雨量、輪灌

期距及輸水損失決定。

然為簡化計算的過程，傳統輪灌配水的計算會以早期各灌區已制定的灌溉率 (A/Q) 為基礎，決定各灌區進水口之總引灌時間 T 。

$$T = D \times (A / Q) = D \times \text{灌溉率}$$

再根據灌區內各分區的灌溉面積與輸水損失，將 T 分配到不同分區 T_i 。茲以不同短缺水量 30%、50% 及 60% 為例說明如下，如表 5、表 6 及表 7。

表 5 給水量減少 30% 之輪灌

分區面積	$T_1 = T * W_1/W$	$T_2 = T * W_2/W$	$T_3 = T * W_3/W$
A ₁		斷水	
A ₂			斷水
A ₃	斷水		
灌溉面積	A ₁ +A ₂	A ₂ +A ₃	A ₁ +A ₃

表 6 給水量減少 50% 之輪灌

分區面積	$T_1 = T * W_1/W$	$T_2 = T * W_2/W$
A ₁		斷水
A ₂	斷水	
灌溉面積	A ₁	A ₂

表 7 給水量減少 60% 之輪灌

分區面積	$T_1 = T * W_1/W$	$T_2 = T * W_2/W$	$T_3 = T * W_3/W$
A ₁		斷水	斷水
A ₂	斷水		斷水
A ₃	斷水	斷水	
灌溉面積	A ₁	A ₂	A ₃

其中分組權重 $W_i = A_i / (1 - L_i)$ ， $W = \sum W_i$ ， L_i 代表每一分區的輸水損失。即對每一個分區而言，取用的流量 Q 為固定，但利用不同的取用時間引灌各分區不同灌溉面積所需的水量。至於分區面積之劃分原則則是以能將各分區所分配的引灌時間 T_i 盡量相近為主。當水量減 30% 時，即將灌區內的灌溉面積依水路分三區，一次引灌兩區；水量減至 50% 時，灌區分兩區，一次引灌一區；而當水量減 60% 時，灌區分三區，一次引灌一區。

在不穩定的河川引灌系統中實施輪灌制度可獲得較穩定的灌溉面積。依據過去的經驗，在濕潤地區，當河川流量減至灌溉需水量 40% 時，尚可在延長輪距 15-20 天的情形下，維持全面的灌溉。而在水庫灌溉系統中，當水庫水量不足時，輪流灌溉可在水

稻較不需水的時期實施斷水，將水留在庫區，以增加需水時期的水源，甚至在水稻全期灌溉約 100 日中，可分為 14 天至 20 天輪距，機動調節各輪距間之灌溉水量。在排水不良地區，則可以利用輪灌改善土壤的透氣性。而續灌法之灌溉率平均約在 400 ha/cms 至 800 ha/cms 之間，實施輪流灌溉的結果則以達到 1,300 ha/cms，為續灌法的 1.5 倍至 3 倍之間，比續灌法節省 25~50% 之用水。此外輪流灌溉讓水田反覆在乾濕之間交換，可減少肥份流失並增加土壤中空氣之流通，進而促進稻根生長，減少病蟲害的感染，間接對增產有益。由於輪流灌溉之配水，需有專人負責灌溉，在乾早期間也不會因為農民搶水而擾亂灌溉之秩序。

雖然由上述的分析來看，輪灌有相當多的好處，在理論上也容易可行，然而輪流灌溉在臺灣雖幾經實施五十多年，目前在各水利會除了在極端缺水尚有採行外，幾乎所有的水利會，並不會刻意沿用政府制定的輪流灌溉制度。其主要的因素，可歸類以下數點：

1. 目前臺灣大部分能有較高產量及品質的水稻田用水管理，主要是依據稻作不同生長期及實際土壤的含水量變化，實施適當的乾濕交替灌溉 (Alternate wetting and drying, AWD)。這樣的用水管理方式在虎頭埤水稻增產實例 (甘俊二, 1983) 與目前世界糧農組織所推廣的稻作強化栽培體系 SRI (System of Rice Intensification) (Chang *et al.*, 2015; Uphoff *et al.*, 2016) 之中都可以得到實證。然而實施輪灌 (rotational irrigation) 則是將田間灌至一定水深後即行停灌，並待田間土壤含水量降至田間含水量之後，再行下一輪固定水深的灌溉，對田間而言，也就是所謂的間斷灌溉 (intermittent irrigation，或稱間歇灌溉)。換言之，輪流灌溉僅由水源的觀點，在盡量公平合理的範圍內，輪流供應農民田區灌溉所需水量，但對田間而言，實則是刻意控制稻作用水的方法，並無考慮到稻作生理、天氣變化及土壤環境的需求，因此上述的增產效果只是對應傳統執行連續灌溉 (continuous irrigation) 或淹水灌溉 (flood irrigation) 而言，而輪流灌溉在田間所形成的間斷灌溉效果，已經不符合農民一般時期的實際需求。
2. 目前以人力實施精密輪灌的配水成本極高，因此除非極端乾旱可能發生減產，否則一般情況下不易採用。臺灣坵塊的面積平均約為 0.25 公頃，所分配到的灌溉時間大約在 1 小時 20 分。換言之，輪區內的配水人員幾乎每個小時都要在田間進行配水，用水管理的工作量相當大。然而東南亞的水稻地區，輪區內各坵塊間的供水，全數採行越田灌溉 (plot-

to-plot) 的方式，大約每 15 天才調整一次輪區進水口之水量。至於所轄輪區的規模約為 75~150 ha，約為臺灣輪區 3~4 倍，因此灌溉工作人員調配用水的工作量極少。根據世界銀行在東南亞稻作國家從事的輔導計畫，每公頃灌溉管理費用以稻谷為基準約為 30 kg/公頃，目前還想努力設法降低至 20 kg/ha。反觀臺灣的灌溉體制，各水利會的灌溉成本均高過 300 kg/ha 以上，為東南亞稻作國家的 10 倍以上，造成臺灣稻米在國際競爭市場的相對弱勢。

3. 為了提高灌溉效率，輪流灌溉將水田排水口保持在田面上一定高度，以免田間灌溉水量外排，讓送達田間的水量完全耗損在蒸發散量及滲漏量兩項。然而極端效率化的輪流灌溉結果，也會造成田尾無外排水量，以致田間排水溝內呈現乾枯或無水流動的狀態。過去農村人口稀少，造成的生活污染亦少，當時農村環境尚能維持在可容忍的範圍內。不過，今日之農村部落人口漸屬稠密，加上工廠林立，形成了嚴重的排水污染問題。雖然政府環保單位嚴格的取締污水的排放，仍有大量的生活及工業廢水流入農田的灌排系統，導致水田農業依靠迴歸水灌溉系統的功能停頓，形成排水系統沿線農業區及農村部落的環境劣化。

由於輪灌代表著對灌溉用水量有更嚴密的控制，相對就必須在灌溉組織現有的人力中付出較多的管理作為與監督，若單純以人力為之，在臺灣農村勞力日益短缺的情形下，的確有其限制。然而輪流灌溉畢竟是一項有效利用水源的灌溉制度，由上述輪流灌溉發展的歷史來看，輪流灌溉實施的時機與環境大致都有一定的條件，是以過去輪灌的執行只有在缺水或救旱的情況下，方能奏效。

以 2017 年嘉南灌區所面臨的乾旱為例，連續 10 個月水庫集水區之累積降雨量較歷年平均值約減少了 6 成，導致曾文水庫蓄水量低於 5%。嘉南農田水利會啟動相關救旱應變措施，針對不同缺水程度，採取延後供灌、延長輪灌期距、雇用掌水工執行配水、動用抽水機，抽取地面水或地下水作為補充水源等措施，以節約用水蓄存於水庫。而供水頻率也從以往供 9 天停 7 天，調整為供 7 天停 7 天，並配合降雨調節供灌。用水高峰的抽穗期間，則有夜間巡水隊加強維持用水秩序，以確保農民都能享受到公平的供水服務。至 2018 年 5 月底，總共省下近 3 千萬立方公尺的水資源，也順利完成嘉南地區一期稻作的供灌作業 (楊明風, 2018)。而輪流灌溉制度仍可以被確認為一種節水而不減產之灌溉管理方式。

相對應 2020 年臺灣各地發生嚴重乾旱，政府直接透過停灌休耕的補償方式，讓農民避免可能因為乾旱欠收的損失。雖然這樣的考量主要是相較於停灌休耕補償的方式，傳統以人為管理為主的輪流灌溉實施方式仍較為繁瑣，而其受益的範圍也僅限於灌區以內有完整灌溉系統的會員，無法擴及灌區外所有的農民。然而值得注意的是缺水風險是否也移轉到農糧生產鏈的每一個環節上，包括代耕業、碾米廠的營運缺口及品牌糧商信譽的危機等。

五、結論與建議

農田水利的組織是由農田水利事業受益者互相協助結合而成的團體。至於組織內成員如何善盡職責並能與其他單位共同合作，則有賴灌溉制度。而灌溉制度的形成則有賴「文化與認知」(如社會價值觀、習俗、象徵代表等)、「規範」(如作業標準、專業倫理守則等)及「法規」(如法律、政府行政命令等)等三方面的構築。

嘉南農田水利事業的發展歷經 300 餘年，並在不同時期發展出不同型態的組織與制度。以荷鄭清時期(1624 ~ 1895)來說，主要是利用埤圳儲蓄降雨，水源各自獨立，人與人的合作侷限於家庭、宗族或祖籍成員，組織型態初具雛形。由於家庭及宗教是維繫當時農村社會的主要力量，因此大部分的農田水利建設均由民間宗族主導，是以灌溉制度有賴傳統習慣及民間契約的「文化與認知」加以維繫，而民辦官督責則補足了體制上「規範」的缺漏。到了日治時代(1895 ~ 1945 年)，總督專制，各項建設由政府主導。大型水利事業的推動打破了宗族及祖籍的界線，公有化整併了原本獨立而不成熟的小型水利組織。法律及組合規約賦予灌溉制度在「法規」上的依據，用水組織內的成員共同為水資源的合理利用而分工合作，組織與階層結構綿密。而三年輪作制度雖然是殖民地農業米糖政策下的產物，但卻也因此建立嘉南地區農民取水守法有序的習慣，並透過水利實行小組合實現受益者團體合作的典範，讓地方自治具備調適環境變化的能力與活力。二戰結束後(1945 ~ 迄今)，政府持續透過法律及規約賦與農田水利組織公法人的地位，並健全農田水利地方自治團體的能力，讓農田水利組織具備公部門的公權力及法規依據，公平合理的分配有限的資源；在此同時又讓組織具備私部門面對自然與社經環境衝擊所具備的韌性與活力，以利面對變遷做出改變。

然而近 30 年來，不但極端氣候加劇，都市化與工業化也造成農村勞力短缺及標的間用水的競爭，災害的擴大已經超過農田水利組織在原地方自治架構下所能調適的範圍。為能持續擴大對農民的服務，共同面對環境所帶來的衝擊，政府於 2020 年將農田水利會改制為公務機關，保留農區以下的地方自治水利小組，類似目前亞洲常見的混合管控灌溉方案，朝向公私協力的方式發展。建議可參考日本土地改良區的發展經驗，透過健全組織與教育訓練等方式，強化水利小組的自治能力，使其具備改善有改善自身農區營農環境的知識與技能，包含如何配合契作、集團化栽培、生產專區及代耕作業型代的改變，進行農區配水作業的調整；如何將先進科技導入傳統以人力發展的輪流灌溉配水技術(例如智慧水閘門、田間感測元件與雲端技術等)，以提升農區灌溉配水效率。至於各地灌溉管理組織也應能因應現今農產市場需求擬定適合的作物制度，並有效掌握水源水量的變化，重新檢討灌溉制度。

面對未來極端化氣候的常態，如何將有限的水資源發揮最大的灌溉效益將是一大考驗。臺灣的輪流灌溉已經有相當豐富的經驗與實績，但也相對應有許多都市化過程中窒礙難行的管理手段。未來期待能將先進科技技術應用在傳統人力發展出來的輪流灌溉技術，並發展足以反映田間實況的智慧型用水管理，讓輪流灌溉所節餘出來的水量得以擴大服務更多的灌區，照顧更多的農民。

參考文獻

1. 于景讓，1950 年，臺灣的水利問題，臺灣銀行季刊 3(3)，1-67 頁。
2. 臺灣省水利局，臺灣省之農田水利，國家圖書館臺灣記憶系統，1948 年。
3. 周師文、張煜權，亞洲季風區水利組織手冊，維謙基金會，2019 年。
4. 甘俊二，1983 年，水稻耐旱性及節水措施之系統方法研究，農工中心。
5. 張煜權，2019 年，農田水利組織國際教材，農工中心。
6. 楊明風，2018 年，乾旱時期農業節水灌溉策略-嘉南農田水利會 107 年一期作抗旱經驗，嘉南農田水利會。
7. 謝堡丁，1972 年，臺灣灌溉的組織經營與技術，中山學術文化基金董事會。
8. 行政院農業委員會，2018 年，農田水利會組織通

- 則，行政院農業委員會。
9. 行政院農業委員會，2018 年，農田水利會組織規程，行政院農業委員會。
 10. 行政院農業委員會，2020 年，灌溉管理組織設置辦法，行政院農業委員會
 11. 行政院農業委員會，2020 年，水利小組設置管理辦法，行政院農業委員會。
 12. Uphoff、山路永司及張煜權，2016 年，稻作革命 System of Rice Intensification，SRI 保育型農業環境學會。
 13. 張煜權、陳清田，2016 年，乾旱時期農業用水移用產生缺水風險移轉之研究，臺灣水利 54(1)，87-94 頁。
 14. 農委會，2020 年，農田水利會改制升格，農業水源利用效率會更好專區，2021 年 1 月 3 日，取自 <https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2507911>。
 15. 農委會農水處，2003 年，農田水利史，取自：農委會網站 https://doie.coa.gov.tw/history_detail.php?tid=52&cid=53#。
 16. 盧孟明、卓盈旻、李思瑩、李清滕、林昀靜，2012，臺灣氣候變化：1911~2009 年資料分析，大氣科學 40(3)，297-321 頁。
 17. 掘井健三・籾田、隆・多田博一，1996 年，アジアの灌溉制度，株式會社新評論。
 18. Y.C. Chang, N.T. Uphoff, E.Yamaji. A conceptual framework for eco-friendly paddy farming in Taiwan, based on experimentation with System of Rice Intensification (SRI) methodology, *Paddy and Water Environmen*, 14(1), pp. 169-183, 2015.
 19. Coward E.W. Jr. Irrigation development: Institutional and organizational issues. *In: Irrigation and Agricultural Development in Asia: Perspectives from the Social Sciences*, pp. 15-27, 1980.
 20. FAO. Farmers' participation and organization for irrigation water management. Inter-national Support Programme for Farm Water Management, Land and Water-Development Division, *Rome*. pp. 30, 1982.
 21. Sinotec. Water management project in Citagampor central Java Indonesia. *Sinotec Engineering Consultants*. 1986.

收稿日期：民國 110 年 02 月 02 日

修改日期：民國 110 年 04 月 23 日

接受日期：民國 110 年 11 月 29 日