

專 論

臺灣農業水利之研究發展芻議

國立臺灣大學農工系教授

施 嘉 昌

前 言

農業水利為一門應用科學，其目的為保持農用地力與作物增產。其範圍包括灌溉、排水、淤積、洗鹽、水質污染及水土保持等項目，如妥為配合，非但可作土壤改良，同時亦可保持農地永恒之地力。現代之農業科學日新月異，不能以過去單純之灌溉排水可滿足將來農業發展之需要。加之本省工商業特飛飛猛進，農村勞力減少，以往古老之灌溉方法亦極待改進；工廠林立，灌溉水污染問題勢必發生；人口增多現有之耕地必須有合理之處理，邊際土地之開發亦應積極實施；水源之經濟利用與開發等問題均為將來農業水利研究發展之方向。

農村環境與灌溉排水設施

本省因經濟之加速發展，無論都市與鄉村人民生活水準提高過去髒亂與辛苦之生活有待改進，對此方面，水之利用與處理尤為重要，茲分述於後：

1. 住宅環境之改善：通常農村均建築在耕地附近，非用水不便，排水不良，即為排水系統堵塞，有碍衛生，以用水而言，每戶或數戶均開鑿水井，以供人畜飲水或洗滌之用，但地下水源之多寡與水質等資料從未預先研究，乾旱時無水可取，如遇過度超抽而不注意補注，會影響也層沉陷。同時賴地下水源灌溉地區，灌溉水量不足，招致農作物減生，以排水不良，排水系統不善而言，小則環境潮濕，蠅蚊叢生，有碍健康，是為疾病之源；大則洪水淹埋田地房舍，危及生命財產。因此，將來灌溉之研究應供給農民地下水資料或在設計灌溉系統時，非但應考慮灌溉水量、水質與補注等問題，同時應計劃農村人畜用水之簡易設計；在農田排水之研究上亦應考慮農村之排水系統及堤防之與築等問題。

2. 循環水流系統與小型污水處理：將來水資源開發日益困難，現有水資源應有循環利用之觀念。已利用之水源，除發電外，均含有雜質與不同之化合物，如何將用過的水，作污水處理後再用於洗滌或

灌溉，應為將來經濟用水之措施之一。如家庭與高地之滲漏水作妥善之處理後，再用作灌溉是為一例。

3. 低濕地之綜合經營，為經濟利用土資源，如低濕地不可能用一般之排水方法處理或不經濟時，可由政府收買挖掘池塘或湖泊，引用水源作蓄水池或作養魚之用，挖出之土可填至周圍土地，或改為建築用地，因此，可作低濕地之經濟利用。

4. 灌溉排水系統規劃之基本觀念：欲達作物增產之目的，除供應作物本身所需之必要水分外，欲使作物有良好之生長環境，必須加強新陳代謝作用，換言之，灌溉與排水欲快速運用。日本水稻產量較高之原因，為不計較灌溉龐大之水量，需要排水時即迅速排除，僅以改善水稻生長之環境為目的，如欲達水源之經濟利用，在下游收集排水量，稍作處理即可用作第二次灌溉。目前臺灣之灌溉水量限制過嚴，灌溉之速度似嫌不夠，排水系統除容納雨水外，甚少考慮灌溉水之排除。欲達加速作物新代謝之目的，灌溉排水溝渠之容量尚需加大，各田區灌溉系統均須具備有獨立灌排之條件。臺灣雨量豐沛，降雨強度甚大，擴大排水溝之斷面尤為需要。

5. 節約農用水源之政策：目前水資源之利用，農業用水約占 88%，但臺灣水源開發已受限制，將來工業用水與公共給水必須仰賴農業用水節約供應，為達此目的，政府應計劃一套可行之辦法，一味命令從事農業用水者節約是徒然的。其中最要者，為節省用水所需經費及補償原用水機構措施等，有待明確厘訂。

農地開發與灌溉

臺灣地少人多，據統計全省耕地面積約 87 萬公頃。歷年來因積極發展工業，部分良田已劃撥為工業用地。目前臺灣可資開發土地，計有海埔地、河川地、砂丘地與山坡地四種，此等農地之開發，雖需要特殊之技術與龐大之經費，但對擴展國土之觀點，尚甚有價值。此等農地開發後，其生產價值

恐較現有耕地為遜，如能合理分配農工業之應用，亦不失為有效經濟利用土地資源之良策。目前為求集約之農業經營，如有大批農地開發後，可用大面積農場作企業化經營。加之發展工業而影響勞力缺乏，可實施高度機械化一貫作業，甚至用飛機播種，施肥及噴藥，可使臺灣之農業經營有一劃時代之革新。其開發利用方法分別說明如下：

1. 山坡地開發：臺灣可資利用之山地共約 250 萬公頃，部分土地可作林業經營，使林地能發揮保安國土與調節水源功能；其他坡地，以水土保持技術處理後，選用適當作物，使用耕作機械，可作農用土地之面積約計 60~80 萬公頃，如能全部開發，等於現有耕地面積。臺灣土地以高差立體分佈而言，可種植熱帶、溫帶及寒帶作物，山坡地開發後可依其標高、溫度及土質類別選種農藝、園藝及藥用等經濟作物，對全省之農業經濟大有可為。

山坡地開發後之灌溉問題，應在山各中覓找泉水作為水源，或修築池塘，蓄積雨水，因山坡地水源不足，加之坡度較大，不適一般之地表灌溉，僅能利用少量水作噴灌與滴灌亦為山坡地唯一之灌溉方法。

2. 海埔地開發：本省西海岸海埔地面積約計 53,000 公頃，可資開發之面積 22,000 公頃，已開發者僅 5,700 公頃，對海埔地開發技術，本省已有相當之研究，並自信能完成所有開發工作。問題是開發資金龐大，除圍堤抽水外，尚須投資防風林栽植，土壤改良及田區之灌排系統與道路之工程費用，因此欲開發二萬多公頃之海埔地，非由政府大力支持不為功。但開發後之土地如作為工業用地及魚塢養殖，可減少土壤改良及灌排系統之工程費用，對經濟觀點而言，更為合算。

海埔地開發後，如用為耕地須有豐沛之水源，方可達洗鹽灌溉之目的，其法可引用內陸高地或河川之水量，或取用地下水，但其取用經費昂貴，適當措施急待研究。

3. 砂丘地開發：所指砂丘地為海埔地與山坡地之間沿海之丘陵地，其性質及開發技術與二者有別。砂丘地因受地形、土質及氣候等條件之限制，尚未積極利用。如能針對海岸砂丘地之特性，並配合灌溉施肥及防風定砂等技術，仍為一極有前途之農用土地。全省可資開發之砂丘地約 20,000 公頃，開發方法可自調查著手，針對各地之土壤性質，氣候狀況、適種作物種類，作通盤之規劃經營。目前

農發會與水利局已在苗栗縣崎頂海岸砂丘地作實地綜合性之試驗研究，成績超著，可供將來全省大面積開發利用砂丘地之藍本。

4. 河川地開發：全省可資開發之河川地約 15,000 公頃，開發之方法無一定之規則可循，須依河川流勢與水理等因素判定其開發技術，因此對河川地之水文、土壤、地形等，應詳加調查，並研判開發之可能及開發技術。

綜合水資源開發

1. 水資源開發基本資料之建立：欲研究水資源必須健全其基本資料，包括氣象、水文、水質觀測站之設立，新型科技設備之增購，技術人員訓練及成立資料中心等，均為必要之措施，茲分述如下：

(1) 氣象、水文及水質觀測站之設立：此三種觀測站之設立，應以流域為單位。各流域支流之氣象觀測站似多已設置，是否已考慮各種地形及其密度，似有再商榷之必要，各氣象站等級及觀測儀器精粗亦應分別考慮。水文站之設立，過去似多著重水位觀測，流量觀測但對設站密度似嫌不夠。為求準確之水資源，以上二種觀測站適當密度與精度，在全省各油川應仔細探討研究。水質觀測站，過去常被忽視，近年來工業發展迅速，工廠林立，污水排入河渠隨處可見，因此河渠水質之控制必須自設置水質觀測站著手。水質觀測站設置之原則與上列兩觀測站之設置有別，應與河渠二側渠設置工廠之種類與密度配合，河川中下游之觀測站應較上游為密，設備亦應較完善。

(2) 新型科技設備之增購：過去各地雖設置各種觀測站，大部分觀測設備陳舊而簡陋，所觀測之資料未敢信任，因此更新設備為求得準確資料之應具條件。各流域通訊系統之建立，遙控技術之改進及洪水預報系統之設置等均為日後開發水資源之重要措施。

(3) 觀測與分析人員訓練工作：過去各觀測站工作人員之素質常被忽視，甚多觀測站均委託當地農民兼任，有時因忙於本身工作未能按時記載。觀測者因限於基本知識雖儀器故障亦不能發現，更談不上修理。甚多山區觀測站交通不便，運輸費時，觀測人員必須兼具儀器修理與保養技術。同時觀測人員應知悉分析方法，分析人員亦須經歷觀測過程，如此觀測與分析者如遇特殊問題亦不難解決。因此觀測與分析人員除具備基本知識外，尚需有適當之

訓練。

(4)水資源資料中心之設置：觀測水資源資料機構繁多，為節省人力與財力，所有基本資料應集中某中心，以便研究人員綜合應用。目前氣象資料已由中央氣象局統一管理，而水文與水質資料尚未建立資料中心，使研究者無所適從。有些機構視此等資料視為秘密文件，研究者為法取得，如此有碍水資源之研究，將來應徹底改革。

2.研究水資源之保育、管理與合理分配技術，提高用水效率：

過去水資源之利用以農業為主，但近年來工業發展神速，人口逐年增加，人民生活程度提高，對用水之需要量亦增加。但欲大量開發水源似非可能，尚須賴節流方式來解決水源問題。故應以區域為一整體，配合人口與社會及經濟發展之需要，厘訂短期與長期計劃，對水資源之保育、控制及利用，全盤統籌規劃運用。

水資源之保育係指全流域之水土保持工作，過去山地農牧局似乎未與水利機構取得密切聯繫，山坡地開墾未有嚴格限制，縱使坡度非常大之坡地，林木依然被砍伐而變為果園等其他作物，致使表土沖刷嚴重，非但影響水庫與河川之淤砂問題，同時亦會帶來嚴重之災害。高山大規模之崩塌地亦為陡峻山坡地土壤沖刷之嚴重問題，發生崩塌之主要原因與地質有關；但陡坡開築道路與墾植亦可增加崩塌之機會。防止崩塌地之方法，可將崩塌嚴重地區劃為保安林，並在發生崩塌地區構築攔砂壩，圍阻游泥砂，以免淤河床與水庫。如能注意道路選線施工與維護，設置完善之排水系統與謹慎開發山坡地，或可減輕崩塌之程度。

加強用水管理可提高用水效率之有效措施。筆者過去曾提及水權重分配問題(5)，但採用何標準分配？分配前應具何種資料？均頗費推敲之問題。筆者意見，在水權重分配以前，必須先調查各流域支分線之枯水流量，再校核申請機構之用水標的，以輕重緩急核定水權，加強用水管理之項目甚多，對農業用水而言，如能以量計費取代以面積計費時可節省甚多水置，但農用水量龐大，在以量計費以前必須解決量水問題，非但各取水口應設置量水設備，在輸水系統之幹、支、分線亦應精密之量水設備。其他加強用水管理可提高用水效率尚有下列措施：

(1)土渠加做內面工及管路系統減少渠道輸水損失。

(2)修理陳舊之渠道系統水工構造物，減少漏水損失。

(3)調整作物輪作制度，盡量利用天然雨水及有效雨量。

(4)限制滲漏特大地區種植水稻，以節省水量損耗。

(5)水稻實施輪流灌溉，旱作盡量採用噴洒及滴水灌溉。

(6)嚴密管理使流失之水減少至最少限度。

(7)利用迴歸水作多次利用。

(8)訓練農民適當用水習慣，改善農民「多多益善」之用水觀念。

3.研究水資源調查規劃及新水源之開發：調查重要河川水資源，選擇優良壩址，築壩蓄水，調節供應。研究地下水開發限度，地下蓄水及人工補注之可能性。對旱害缺水，繼續實施人造雨試驗。

灌溉排水之綜合規劃

臺灣各地大部分地區種植水稻，普通一年二作，經常有水蓄積田面，如長期觀測地下水位，定可發現地下水位逐漸上升，久之可減少作物產量。本省常有一個通病，大家均重視灌溉而忽視排水，事實上，臺灣地處亞熱帶及熱帶，雨量豐沛，屬濕潤地區，灌溉僅補充天然雨水不足，目前灌溉水量，筆者認為已經過多。民國四十三年大旱，甚多地區實施輪流灌溉，方渡過此難關，結果該年水稻產量較常年高，此為甚好證明。反言之，本省非但雨量多，且強度大，排水不良地區，到處皆是，眾人以為水深浸淹田面方稱為排水有問題，事實上，地下水位接近離地面一公尺時對作物之產量已受到影響，僅減產程度較無灌溉地區顯著而已，因此眾人均認為灌溉重於排水。大旱時期，雨量稀少，地下水位普遍降低，作物根系通氣，生長環良好，僅以少量水補充那可達理想之產量，故產量增加之原因亦可能為地下水位降低所致。因此筆者認為欲增加作物產量，永遠保持地力，灌溉與排水同樣重要，尤其地下排水更應注意。

依據臺灣之氣候環境與作物種植種類，提高地下水位必然會發生的問題，但吾人不能解釋僅重視排水而不必灌溉亦可達作物增產之目的。筆者認為二者並重，處理灌溉排水適得其時，方可使作物得最高產量。即使水稻種植區，亦需控制適當之地下水位，因此在根系下排設暗管，不但可使土層通氣，改善根系之生長環境，同時可促進新陳代謝作

用，尤以黏土區爲最。對旱作區而言，地下水位較高地區更應設置地下排水，在水稻區附近之旱作地尤爲重要。但旱作區之地下水位，一年四季受氣候之影響，地下水位高低不定，設置地下排水地區，雖已控制地下水位至適當限度，但至乾旱時期，地下水位過低，如欲達有效之灌溉，可將水灌至入孔，由排水管中供給根系之水分，相當於地下灌溉。鹽分較高地區，亦可設置暗管，將溶解於水中之鹽分可自暗管中排出。以上各種灌溉排水綜合應用措施，臺精公司已有初步資料，將來如在臺灣各地普遍應用，尙待進一步之研究推廣。

水 污 染 防 治

因工業日漸發展，工廠廢水排入河川溝渠常有可見，灌溉水受嚴重污染，有害農田灌溉之面積日漸擴大。據水利局調查統計，全省十四個農田水利會之灌溉面積 440,000 公頃中，直接或間接受污染面積，63 年底約爲 60,000 公頃，約佔 13.7%，64 年底增至 62,000 公頃，約佔 14.1%，其中嚴重影響農業生產之農田約 7,000 公頃。受害現象包括急性枯萎，作物減產，品質低劣，農田廢耕，土質惡化及累積毒物等項，已達公害程度。目前大家雖已注意到此問題，但有效防治方法，尙未有具體政策，因此問題牽連之範圍甚廣，應採取之措施，列舉說明如下：

1. 成立統一權責之水污染防治組織：影響水污染之範圍，除農工業外，尙有畜牧業與社會上每一人士。執行機構，中央方面有經濟部之水資會、工業局及衛生署；省政府方面有建設廳之水污染防治所，交通處之基隆與高雄兩港務局及各縣市之建設局等，目前各單位之權責不分明，同時亦未訂有政策性之措施。

2. 訂定灌溉水質標準：水質標準之訂定爲水污染防治之必要措施，將來可用此標準作爲執行之根據，但初次議訂時應力求從寬，待民衆了解水污防治之意義後，根據將來之需要程度局部修改，以免執行時發生困難。

3. 定期全面調查河川及溝渠之水質：調查之目的在知悉水質污染之程度，作爲水污染防治之基本目標。必要時選擇特定地區設置檢驗站。

4. 訂定故流標準及處所：嚴格規定廢水故流標準，如工廠廢水爲害物過多，該工廠有義務設置初步處理設備，並規定其固定之故出口；牛豬糞尿之故流亦然，應作預先處理或計劃用作農田灌溉增加肥分，或用作土地改良。

5. 研究水質處理構造物：廢水之含有物依工廠之性質不同，在故流以前有不同之處理方法，各種處理構造物必須預先研究，以供各工廠索用。

6. 水質污染數學模式之建立：因故流水含有物不同，危害作物之程度亦因之而異，同時故流水中含有物因洪枯季節不同，含有物之濃度應分別表明，此等資料均應由各不同模式表示，以供應用時之參考。

7. 訓練污水處理之技術人才：我國對水質污染之處理尙屬初創，人才缺乏，將來如全面進行調查與資料分析，需要衆多之技術人才，除由學校當局經常訓練此方面之人才外，將來所需技術人才之數目應預先估計，如迫切需要之量甚多時，應開設短期訓練班，自行訓練水污染人才。

總之，水污染之防治應以整體發展著眼，以河系及水利會爲單位，從人口分佈與工業區位置著手整體研究規劃。其要點包括推行水源與工地規劃之研究與都市人口之適當分佈及居住環境標準之關係，工業區位置整體研究與規劃暨研究區域性環境維護與整體發展之實施方法與步驟。

本文所提均係將來農業水利有關問題之研究發展，所提各節均爲甚重要之問題，希望從事農業水利同仁共同努力，使農業水利事業能配合將來農業與工業發展之需要。

主要參考文獻

1. 農復會與中國農業工程學會：『農業工程與農業發展』1976。
2. 行政院科投會議專題報告：『能源、天然資源、環境、醫藥衛生與科技』。第四中心議題，1978. 1
3. 水利局：『臺灣水利建設卅年』1977。
4. 金子良：『都市化進行流域における浸透域、貯留域の役割』農業土木誌 46 (2) Feb. 1978
5. 施嘉昌：『臺灣農業水利發展之方向』臺灣水利 23 卷 2 期 1975.6。