

1. 日本旱作灌溉之發展

Development of Upland Crop Irrigation in Japan

農復會水利工程組副工程師

蔡 明 華

筆者去年（六十七年）十月二十三日起奉派與臺灣省水利局副工程司蔡奇成及朱健一、屏東農田水利會管理組長葉西耀、嘉南農田水利會灌溉股長曾金億、雲林農田水利會管理股長蔡玉釗等一行六人，赴日考察研習「旱作灌溉」，為期一個半月。從考察所見、所聞及研習資料所獲了解，發現日本於戰後開始發展旱作灌溉，由於情勢所趨及各方面之配合努力，（包括政府機關之政策性倡導配合，學術機關技術支援，灌溉設備製造廠商並進配合發展等），雖僅有三十餘年之歷史，惟成長迅速，其成果已有相當之水準，令人欽佩。因日本之農業發展經濟條件及地形氣候型態等與臺灣有頗多相近之處，故其經驗及技術成果可引進以供借鏡，促進臺灣之旱作灌溉事業之發展。為此，特先就所了解之日本旱作灌溉發展概況簡介供參考。

日本現有耕地面積約有五八〇萬公頃，其中旱田約有二四〇萬公頃，約佔百分之四十二。戰前之農業水利，均以水田為重點。過去之日本農業歷史，可說是水田稻作之歷史。過去之水利，利用自然坡度導水，平坦能灌溉之地均闢為水田，剩下的屬於水利灌溉不便之地區，才闢為旱田，栽培旱作物只有依賴天然降雨。日本雖屬世界上多雨地區，由於降雨不均，雖有豐富之年降雨量，惟旱作物栽培仍時有季節性水分不足之現象，亦即易受旱害，生產不安定。如此生產不安定之條件，導致農民不願意投入充分資本及勞力，故過去均認為旱田土壤較水田貧瘠，生產力低。旱田之土壤不良者，普通旱田中佔百分之六十五，樹園地中佔百分之七十一。不良土壤所佔比率較高之地區有九州、北陸、中國四國、北海道等地。旱田面積二四〇萬公頃之分佈情

形，以北海道六九萬公頃、關東六一萬公頃、九州三八萬公頃、東北三四萬公頃等地區較多。旱田面積中，樹園地約四七萬公頃，以關東、九州、中國四國、東北等地區較多。旱地之傾斜度大，坡度八度以下者佔百分之五十七，八至十五度者佔百分之二十四、十五度以上者佔百分之十九。又旱田之集團規模小，面積二〇〇公頃以上者佔百分之四十，二〇〇~一〇〇公頃者佔百分之十四，一〇〇公頃以下者佔百分之四十六。假設大型機械作業考慮之限界條件以坡度八度及集團面積一〇〇公頃略估，則旱田中有三分之二屬於不良條件者。因此能配合農業機械化之農地重劃工程實施進度甚慢。目前旱田中，農道整備完全者，有三五萬公頃，約佔百分之一五，部分整備者一二八萬公頃，約佔百分之十六，有灌溉設施者約十萬公頃，約佔百分之五。

真正之旱作灌溉事業可說是自戰後開始發展，由於蓄水、揚水、引水及配水等水利技術之發達，促進其發展，使原為水利不便之旱田已能積極地舉辦灌溉事業。惟其發展歷史與水田相比，可說甚淺。促成旱作灌溉事業積極發展之因素尚有其他因素如國民對食之習慣改變。二次戰後，由於工業發達，資源之輸入與產品之輸出，步入國際貿易時代，國民生活水準顯著提高，國民食用之種類增加，除稻米生產物外，諸如園藝及畜產之發展漸趨重要。亦是促進事業發展之時代因素。

在日本最早採用旱作灌溉之地區，係以砂丘地帶之棉花及都市近郊之蔬菜為對象，採用水桶以水工挑水灌溉。以在鳥取縣下之砂丘地為例，在砂丘地地下水位較高之地區挖井，以水桶挑水灌溉，夏天每分耕地約需挑七~十立方公尺（重約七~十噸

)之水，均以人力挑水灌溉，由於勞力不足，耕作面積不能擴大至四分地以上。因挑水工作過分勞苦，中年以後常得腰酸背痛之疾病，多年生產所積存之錢最後又移轉至醫生手裏。故一般少女多不願嫁作此地區為農家婦，（該地挑水工作常由女人擔任，因其工作過勞，而有「殺媳婦」之稱）。有些地區雖採用風車自水井抽水，但抽到水槽之水，仍然需要人力挑運。

按九州大學長智男教授之分法，將發展歷史分三階段。真正日本旱作灌溉事業發展之第一期，係引進美國乾旱地區之灌溉技術，以防旱為重點，解決生產之不安定。可是像日本這樣之濕潤地域，為此目的之施設利用效率低，事業費高。此期約自一九四五年至一九五五年。其灌溉方法在砂丘地用小型抽水機抽取地下水，以木槽導水流入地表灌溉，或用軟管洒水。研究方面曾進行陸稻等食用作物之灌溉試驗，包括埤間灌溉方法之設計要件調查、食用作物之灌溉水量、灌溉期距、灌溉效果等，並研究陸稻之灌溉栽培法及水稻旱作栽培等。

發展之第二期係建立濕潤（多雨）地區特有之灌溉技術與栽培法。由於雨期多濕，作物之根域土層較淺，此層水分之多寡，極易影響作物之生育，此需與乾旱地區之土壤水分管理有所差異。日本農家經營規模小，因此需朝向單位面積生產力提高之方向努力。由於旱作灌溉技術之引進，促使農業技術得以採用高度利用水之灌溉農業方法，並以下述為目標：(1)提高栽培作物之產量與品質；(2)引進收益性高之作物及品種，並提高年間之土地利用率；(3)能達計劃生產與出貨。此期約自一九五六年至一九六四年。噴洒灌溉方法之引進與發展為此期之重要貢獻。噴洒灌溉試驗由砂丘地開始，由於砂丘地之土壤入滲率大，地表流水困難，要使田間給水均勻，需採噴洒灌溉方法。噴灌需要壓力，故必須採用管路，因此噴洒灌溉方法與管路系統並行發展。

噴洒灌溉法由於(1)適於根域淺需採一次灌水量少而灌溉次數多之灌溉農耕栽培法；(2)可適應於有坡度與起伏多之地形；(3)採用管路輸水，在起伏地形容易配水，且用地少；(4)容易適應各種田區劃分；(5)根域淺時，亦能均勻灌溉，深層損失少；(6)集約農業經營，灌溉勞力少；(7)農家技術水準高，容易吸收利用此種方式；(8)工業技術優良，資材及機械，可在短期間內提供等因素，促使最近二十年間

有快速的發展。

噴洒灌溉於一九五三年在鳥取大學砂丘試驗地開始辦理試驗研究，翌年在愛知縣渥美半島辦理之團體營事業，在鳥取縣砂丘地帶辦理之縣營事業，以後在愛知用水、鹿兒島縣笠之原國營事業及豐川用水等大規模事業地區，均採用此法。如今，日本旱作灌溉事業幾乎全為噴洒灌溉方式。果樹園自一九六〇年起也成為旱作灌溉事業之補助對象，坡地之旱作灌溉此時開始。隨着經濟之高度成長，露地蔬菜栽培計劃生產地開始配合灌溉，同時有灌溉之溫室施設之園藝栽培也普遍之發展。此期可說是旱作灌溉事業大發展期。旱作灌溉有關之技術研究各地普遍發展進行，國、縣之試驗機構對試驗積極推動。試驗成果包括陸稻之品種育成，施肥法機械化等栽培法之確立，果樹消費水量之檢討、家畜糞尿稀釋還元灌溉試驗等。此外尚有各種蔬菜灌溉效果及用水方法，施設栽培之用水法及給水方式，土壤水分測定法，土壤水分管理方法，地域性各種作物蒸發散量之研究。

旱作灌溉雖已發展成為提高土地生產力之一個重要項目、但因受農產品自由進口之影響，必須降低生產費用，同時農村勞力缺乏，已迫切渴望提高勞動生產力，故過去未被重視之旱地農地重劃工作，才開始進行。為兼顧機械化以節省勞力及達到提高土地生產力，旱作灌溉乃成為旱田農地重劃之一項重要工作。同時檢討對農地重劃之大型田區劃分之有效灌溉方式。旱作灌溉配合農地重劃事業並行，為此後之事業推展重要方式之一。

發展之第三期，為旱作灌溉施設之多目標利用。此期自一九六五年開始，最初在坡地柑桔園，利用噴灌設施以噴洒農藥，使農耕管理工作節省勞力，而且與慣行之防治法比較，結果可得相當之效果，乃受到重視。此後，以噴灌設施實行病蟲害防治之技術，經研究後成為實用化。又為着使容易受凍霜害之茶、桑樹獲得收量與品質之安定，在低溫時實施噴灌以避免氣象災害也試驗成功。如上述所舉，以噴灌方法噴洒水與溶液，已容易地被利用於土壤水分補給以外之目標，且具有效果，因此促成噴灌設施之多目標利用技術之進展。噴灌之多目標利用可提高土地及勞動生產力，雖其水源之取得與施設費用較高，但因水與施設之高度利用，為改良農家經營及提高農家生活均有幫助。

灌溉設施之年間利用次數，在多目標利用地區

及設施園藝地區較多，利用次數高時要考慮節約灌溉之管理勞力，配置在廣大面積之配水設施更需要管理操作，噴灌支管之短時間轉換及對流量變化之定量農藥肥料混入裝置等，均需管理控制，因此對於自動化或半自動化之需求隨之增加。自動化因具有下述特點：(1)可增長日灌溉操作時間，降低系統容量，減低系統設施費；(2)能操作複雜化且需精度高之用水管理，克服人力上之困難，減少勞力之支出，並提高用水之效率。所以雖投資高，但其回報之效益亦高，仍促成自動化控制管理之繼續成長。

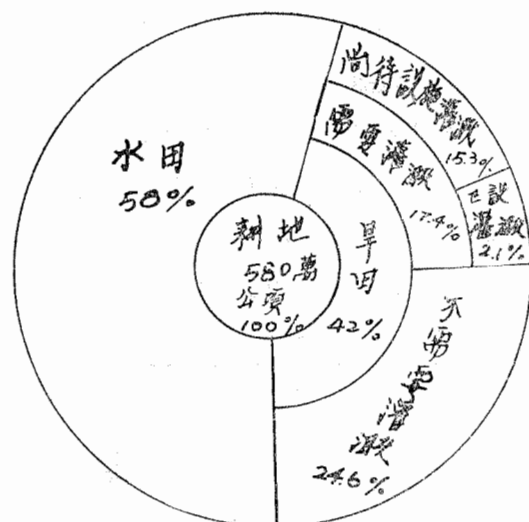
從上述發展知，現在之旱作灌溉設施，不僅是自水源至末端田間有整體性之水利土木設施，而且在末端田區亦為農家農業經營容易使用且有顯著效果之設施。因此，工程設施需要考慮全地域之綜合性問題予以計劃。

現在日本旱作灌溉事業繼續朝減少勞力之機械化、自動化控制發展，及由水源至農家農業經營一貫性之計劃努力。研究方向包括：(1)水源之利用經濟性考慮；(2)各地區各作物別消費水量之建立；(3)少量灌溉效果之檢討及經濟性研究；(4)節水灌溉方法如滴水灌溉研究；(5)多目的利用之灌溉方法；(6)灌溉水質範圍擴大研究；(7)多目的利用之多變化技術對策研究等，以求水資源之經濟有效利用。

臺灣現在之旱作灌溉發展情況，相當於日本之第二期，因經濟條件之限制，較日本稍晚。雖然目前不需要全部採用現階段日本之發展之自動化灌溉設施，但對其技術經驗之學習，預先建立其技術資料及基準，以備需要，則是有益無害者。

附表 1：旱作灌溉發展歷史

發展階段	時 間	發 展 特 徵
早 期	1945年以前	人力挑水灌溉，僅能小面積栽培。
第 一 期	1945~1955	引進美國乾旱地區之灌溉技術，以防旱為重點，解決生產不安定。以小型抽水機抽水，採用地表灌溉及軟管灌溉法。
第 二 期	1956~1964	建立濕潤地域特有之灌溉栽培技術，以增加產量，提高品質，增加收益為目標。採用噴灑灌溉，注重旱地農地重劃工作。
第 三 期	1965~現在	噴灌多目的利用及自動化控制發展，充分利用設施，減少勞力，從水源到末端田間農業經營之一貫性綜合灌溉計劃，配合機械作業之灌溉方法及佈置。



附圖：耕地及旱地灌溉現況

附表 1：農業基盤整備費、水田、旱田關係預算比較

單位：億日元、%

年 度	農 業 基 盤 整 備 費	水 田 關 係		旱 田 關 係		其 他	
		預 算	百分比	預 算	百分比	預 算	百分比
1966	1,098	707	64.4	337	30.7	54	4.9
1967	1,305	852	65.3	394	30.2	59	4.5
1968	1,395	937	67.2	340	28.7	58	4.1
1969	1,623	1104	68.0	501	30.9	18	1.1
1970	1,890	1199	63.4	681	36.1	10	0.5
1971	2,233	1320	59.1	904	40.5	9	0.4
1972	2,755	1472	53.4	1249	45.3	34	1.3
1973	3,446	1821	52.9	1574	45.7	51	1.4
1974	3,476	1802	51.8	1595	45.9	79	2.3
1975	3,595	1838	51.1	1668	46.4	88	2.5
1976	4,373	2218	50.7	2031	46.5	124	2.8