

# 砂丘地之旱作灌溉

日本九州大學教授

茶業改良場技佐

長智男主講

劉榮仁記錄

趁日本教授長智先生來臺考察之便，本學會能請長教授作「砂丘地之旱作灌溉」之演講，甚為難得。今天因陳理事長有事不能來主持此演講，由本人代理。首先介紹長教授之學經歷：長教授於 1944 年 9 月畢業於日本九州大學農學部農業工程科，1962 年 2 月得農學博士；1948 年 6 月在鳥取大學鳥取農林專門學校任講師，1951 年 2 月改任該校大學部講師，1954 年 6 月改聘為助教授，1958 年 3 月任九州大學農學部助教授，1967 年 4 月改任鳥取大學農學部教授，1975 年 8 月兼任該大學砂丘利用研究施設長，1977 年 1 月任九州大學農學部教授迄今。對學會方面任農業土木學會理事 4 年，日本砂丘研究會會長 3 年及畑地農業振興會理事 10 年，由此可知長教授對砂地方面已有 30 年之研究經驗，甚為難得，特於演講開始前先作介紹。

施嘉昌附誌於 65 年 8 月 16 日於中華農學會演講室

先自我介紹，本人係日本九州大學教授，此次代表日本農業土木學會來此考察，蒙貴會之關照，並舉辦討論會，本人甚表感激。

臺灣氣候溫和，山多雨多，水田發達，人口多，與日本情況相似，此次本人能到貴會舉行此方面的學術交流，甚感榮幸。日本農業土木學會將於一、二年內舉辦創立五十週年紀念。日本農業土木學會會員計 12,000 會員，學校會員占一成，其餘皆為各機關專業人員，與貴學會類似。農業土木學會計有六分會，每年舉辦一次大會，分會舉辦 1~2 次之集會。學會內設有若干研究部。農業土木工作範圍很廣，工作規範由農林省進行規劃，委由學會各委員會制定。大學除進行基本研究外，也進行實際工作。所遇之問題研究學會甚重視國際間之學術交流，目前世界距離縮小，接觸頻繁，日本也受亞洲開發銀行之委託協助亞洲國家進行研究工作。但日本農界對熱帶農業缺少經驗，臺灣農業在此方面較為先進，值得日本參考。

現在我們討論本題，日本過去的農業係以水田為主，在我個人的想法，在水稻栽培方面，日本是第一流的，但來到貴地考察後，方知此方面臺灣農業界較日本更為先進。日本工業發達，國民生活提高，也帶動了農藝與園藝方面的進步。日本耕地共五百六十萬公頃，旱地約二百四十萬公頃，過去水利灌溉皆利用天然坡度，引入水源以灌溉水稻。因水田較平坦，將水引入即可。以往水利灌溉以水田開發為主，占

耕地 40% 之旱地大多為水利設施不佳，僅靠天然降雨耕種之地區，由於水利設施不佳，旱作栽培較為落後。日本雖多雨國家，但降雨不均，在部份季節時感雨量不足，因此在水源不安定之情況下，勞力及投資皆不足，旱作栽培普通旱地約占 65%，樹園地之 71% 皆係土壤條件不良之地區。日本地形陡，坡度在 8' 以下部份占 57%，8°15' 者占 24%，15° 以上者占 19%，且旱地不集中，200 公頃以上占 40%，200~100 公頃占 14%，100 公頃以下占 46%，因此農業機械化也較落後。旱作灌溉係由戰後方開始發展進行。旱作灌溉在都市附近進行較早，係以水桶挑水方式進行施灌。在鳥取縣砂丘地地下水位較高之地區打淺井挑水灌溉一天只能灌 0.1ha，水量約在 7~10m<sup>3</sup> 單位面積灌水量約為 70~100 m<sup>3</sup>/ha，此種操作極需勞力，此地區稱之為「殺媳婦」之工作。旱作灌溉發展之第一期係由美國引進之燥地區旱作灌溉技術。1952 年在火山灰較多的神奈川地區開始施行溝灌，對象以水稻為主，並行旱作研究陸稻及水稻栽培法。第二期係發展濕潤地區之旱作灌溉。日本六月進入雨季，由於作物根層較淺，且對水份較敏感，因此日本旱作栽培與美國不同。砂丘地入滲率大，水量在地表不產生逕流，因此為使田間灌水均勻，除用噴灌外別無他法，因噴灌須壓力，用管路加壓即可，操作方便。1953 年，本人年輕時開始作噴灌試驗，研究結果可行性頗高，先於愛知縣進行噴灌，其次於鳥取縣砂丘地縣營事業開始發

展，後來在愛知縣方有大規模噴灌設施之推廣。目前旱作灌溉99%用噴灌法。這種發展係由於下列原因：

①日本是濕潤地區之補給灌溉，根層較淺，一次灌水量少，輪距短。

②此系統在坡地較容易操作。

③使用管路較易進行，且不浪費農地。

④管路埋設可配合各式各樣之田間地形變化。

⑤滲漏量較少。

⑥可於小規模集約農場使用，節省勞力。

⑦農家知識水準提高，很容易使用及維護此項系統。

⑧工業發達，零件器材容易購買配置。

以上種種原因使噴灌系統大行其道。

日本旱作灌溉之規模約為美國的 1/150，歐洲的 1/15，旱作灌溉以提高單位面積產量為主，其過程在：第一，提高作物收量及品質；第二，引進收益較高之作物，提高栽培指數；第三，計劃生產，使市場運銷能有計劃之推行。為提高水資源有效應用，日本正努力推廣旱作灌溉，1960年首期開始着手果樹茶園地區旱作灌溉之推行，另外，露地蔬菜栽培亦以噴灌法實施。次期再進一步進行大型溫室之噴灌設施。目前日本溫室栽培占世界第一位，此舉為土地生產力提高之重要措施。目前日本農業生產成本較高，在農產品自由輸入政策下難以經營，因此成本問題跟着發生，加以農村人口流入都市，農村勞力不足，對土地整備工作（土地改良，重劃，水利設施等）進行必須做，但此無法擴大面積。因此必須提高單位面積產量，降低成本，並實行農業機械化。此二種情況與旱作灌溉實為一貫之作業。第三期目標在使旱作灌溉系統作多目標之利用。1965年開始在坡地柑橘進行多目標之灌溉，其中防除病蟲害效果甚佳，如此一來對病害防除工作由研究而實用化。為減少蟲害及提高品質，在茶園地區亦施予噴灌，此種工作成功後，管路系統同時進行噴水與噴洒農藥，大大提高系統之利用率。此種多目標的利用，對此高價之噴灌系統可提高其利用效率，改進農民生活，提高收入。多目標利用情形，以園藝地區對系統之利用率較高。對大面積灌溉設施之管理工作，及短時間設施之移動操作，流量控制等，均甚重要。因此系統之管理工作宜採自動化或半自動化。此問題有必要做一整體性之考慮。

日本有 24 萬公頃砂丘地，占全耕地面積 5%，此砂丘地最須施行旱作灌溉。戰前，砂丘地係不毛之地，少部份係防風造林地區。砂丘地易飛砂，且水源

不足。飛沙易覆沒水田，過去皆認砂丘地係一障礙。50 年前方考慮改良，進行造林工作，防止飛砂。防風林帶內部之砂丘地安定後，方進行開發工作。砂土過去被認為不良土壤，其缺點，第一，易生飛砂，第二，保水力低，第三，缺乏適當營養，第四，地溫較高，第五，黏性低，乾燥時步行或機械運行困難。世界上有很多砂丘地皆未被利用。日本過去未發展砂丘地前，僅都市近郊之砂丘地做園藝利用。在防風林內安定後之砂丘地多做園藝栽培，同時推行機械化進行開發。美國、以色列、荷蘭、西德等，皆有此類之灌溉。較黏土壤對作物不利，操作困難，因此黏土作物根部外觀，品質皆不良。砂丘地改良後對根系改善極佳。砂丘地之優點，第一，通氣與通水皆良好。第二，春季溫度較高，宜旱作。第三，砂層很厚，不發生連作之害。第四，易控制水分及適當之施肥。第五，機械操作容易。因溫差大，作物外觀及品質皆佳。砂丘地水分不足可以灌溉來補足，肥力不足可以肥料補充。若產品暢銷的話，砂丘地是很可利用之地區。

砂丘地 80%~90%種蔬菜，空隙率約 40%~50%，滲透量大無地表逕流之流失，但毛管上升水在 30~40 公分，作物難以利用。砂地灌溉，田間含水量約在 7%~10%，因此有效水份只有 6~7%。砂丘地灌溉水深少，期距短，灌溉次數密度較高。砂丘地溫度易提至甚高，係砂本身水份含量少所致。砂之熱容量小，熱傳導率小，且表面蒸發意外的少，散熱較小。上述之條件使其溫度有時超過 60°C，接近表層溫度亦相當高。海岸地區有季節風，風力大，因此砂丘地之作物栽培，蒸發散量較高，基於此原因砂丘地作物須常灌溉，因此砂丘地作物除了噴灌與滴灌外別無他法。

此種灌溉期距短之灌溉必須考慮輪灌計劃或設施，灌溉期距之區分有幾個因素，主要以農業因素來考慮，而不單純以土木水利之觀點就可解決。灌溉期距與水量，耕地面積，農村勞力，管路容量等等均須做一整體性之規劃。

輪區灌溉建立之後，輸配系統亦須着手規劃。管路有開放式，閉塞式，半閉塞式。亦可分為自然壓力式，抽水機加壓式二種。加壓又可以三種方式進行：①高低落差加壓。②於機房旁做壓力槽。③直接由抽水機加壓。以往灌溉只須輸水，目前須再加壓力。在規劃過程，地域問題，灌區配置，水源等等因素，皆須多方考慮。在廣大地區管路的配水問題，應涉及水頭高度，水路損失等計算。

對管路材料之選擇亦甚重要，一般係由廠商推薦，可選擇適用性最佳之材料。管路附屬設施如調壓設施，通氣設施，管理設施等，亦需慎重其事。尤其對大地區之配水系統，還須有調整地設施。很喜慰，臺灣農工界對此方面已有相當之研究。

本人昨天參觀桃園臺地，對貴地池塘灌溉之調節作用之發展，深感敬佩。此設施若加以改進，並研究其功能應用，將成爲一門重要之學問。此種調整池係水源到末端灌溉間之最佳調整設施。不但可提高用水之自由度，且使末端灌溉保持彈性。調整池水位昇降之資料，亦可用來調整末端灌溉之水量。

現在談談土地整備。旱作灌溉之土地整備不及稻作。日本之土地整備與臺灣的農地重劃不同。旱作灌溉之整備工作包含：第一，農地區劃，每耕區之規劃，此爲第一步問題。第二，耕區內之圍區規劃。圍區之間設農路，灌溉與排水設施。其中填土，挖方勢所難免。有些地區尚須土層改良。對防風林及防風牆之種植亦須同時着手。

旱作灌溉作物種類很多，因此必須先加以分類。一般可分爲兩種：一爲維持農家生活之經濟作物，二爲提高農家生產之附屬作物。分類之後便可建立輪作制度，同時可引進經濟價值較高之作物。耕區作物種類必須整體統一規劃。欲提高旱作灌溉效率，必須先考慮農業經營方式，再配合整體灌溉。規劃時耕區大小，輪灌作業，末端灌溉效率，機械作業，共同作業

單位等因素，均須涉及。長期作物必須集中經營才能提高灌溉效率。圍區規劃儘可能使機械操作方便，圍區內最好不加任何設施，農路，管路規劃須配合機械搬運及進出等因素。防風牆宜植於農路旁邊，但如有飛砂，在耕區設立爲佳。此情況最好能加以徹底整地，使成爲坡度較平坦之耕區，降低飛砂。

噴灌之主要目標係供給植物適當之水份，但還有下列優點：第一，簡化農業管理：噴水，噴藥及施肥等操作均可以噴灌系統解決。第二，防止災害：鹽份侵入可以噴灌洗除，此外尚有防止飛砂等作用。第三，調整環境：噴灌實施後可調整地溫。由上可知，噴灌之種種措施實爲土地整備之工作。

過去農業工程僅涉及水源及水庫之開發，目前雖已有開發水庫之地區，但今後之水庫開發將因成本費之提高而更形困難。因此發展水源及土地條件不佳之地區之水利事業，應針對有限水資源，土地開發，農業經營，產品運銷等因素作整體之研究。

本人三十年前對旱作灌溉提出建議報告，被人責爲新奇而引爲笑柄。但目前旱作土地之改良，水利設施之統一規劃，將有限之土地提高其價值，已成爲農業工程之重大課題。日本與臺灣在此方面所面對的問題相似之處很多，本人很樂意於此方面學術性與技術性的交流，此次能在此與各位見面，共同交流，深表謝意。

會後放映幻燈片，並進行討論。

## 本會徵稿簡則

1. 本會農工學報歡迎有關農業工程之論著，譯述，專題研究，學術講座，資料統計等稿件，如屬譯稿，請附寄原文，或註明原作者姓名、書刊名稱及出版時間地點。
2. 來稿請用稿紙繕寫滿楚，註明標點，並請附英文標題及英文摘要，以便與國外學術刊物交換。文內如有插圖，請用透明紙繪製並加墨，以便製版。來稿文責作者自負。
3. 本刊對來稿有增刪權，其不願刪改者，請先註明。
4. 具有學術性之文稿，經刊載後，致送該文抽印本 100 本，不另致稿酬，但可參與該年度論文獎之競選。不用之稿件，當即退還。
5. 稿末請作者註明真實姓名，簡歷及通訊處，如用筆名發表，亦請註明。
6. 來稿請寄：[107] 臺北市羅斯福路臺灣大學農業工程學系內中國農業工程學會學術組編輯部收。