

日本農業工程之發展研究與應用*

梶田仁志博士** 演講 黃金全 翻譯 吳銘塘 記錄

本人這次到臺灣，在短短的十四天作了一次有益的參觀旅行，見到臺灣各地研究機構的設施以及研究人員的研究情形，對臺灣在研究方面的努力感到非常驕傲。在此本人首先要向兩位先生表示敬意，首先一位就是牧隆泰先生，牧先生是東京大學的教授，也是本人在東大唸書時的恩師之一。當本人東大畢業後開始再學習時，對於臺灣的灌溉排水以及有關農業問題的認識，可以說是接受牧教授豐富的學識經驗所介紹的，也可以說本人對臺灣問題的學習是從牧教授開始。另一位就是金城教授，自從他在東大讀書時本人便與金先生建立了良好的關係，無論在研究或其他方面，尤其是以後從臺灣到東大唸書的許多學生的推薦，都是經過金先生而完成的。這次本人到臺灣來，能親自看到由金教授一手提倡與貢獻的旱作灌溉與輪流灌溉，在臺灣已經奠立了良好的基礎，更使本人加深對金先生的敬佩。

今天的演講大致可以分爲以下三部份：

第一是介紹日本農業土木學會，希望藉此能夠與臺灣的農工學會和水利工程學會在學術研究上以及各方面建立密切的關係。

第二是介紹日本的農業政策與土地改良。

第三是報告灌溉排水有關問題。

一、日本的農業土木學會

日本農業土木學會創立於1906年，它的前身叫做耕地整理研究會，1929年改爲現在的名稱，該會創立迄今已有60年歷史，全國農業土木學會下分六個支部，分設於北海道、東北部、關東、四國、近畿及九州六個地方，全部會員大約有 8,200 名左右，支部之外學會還設有14個委員會，從事各種有關工作，這些工作比較重要的大致是以下四項：

(1) 從事設計基準的鑑修工作，因爲一個農業土木工程的技术包羅萬象，各層技術人員的水準絕對無法相同，因此所設計出來的工程，自然良窳不一，假如我們有設計的基準，那麼便可以統一設計標準。這種設計基準的釐定本來是屬於農林省的工作，農林省設有專門負責此項工作的工程師，但是這些工程師大多是學會會員，因此透過這種關係學會便接受農林

省的委託，設立了一個專門委員會負責全國設計基準的鑑修工作。學會負責釐定有關設計基準的種類很多，目前已完成的基準彙編，集疊起來大約有60公分那麼厚。因爲工程技術是時時在進步與變化的，所以設計的基準也不是一成不變，因此設計基準的鑑修委員會也要時時刻刻修訂過去所釐定已經不能適用的基準。

(2) 出版農業土木手冊工作：日本農業土木學會所出版的農業土木手冊十年前便已經出版，可是經過十年來，這一本手冊裡面的內容有很多已經不能再適用了，因此學會設有專門委員會負責修訂和出版這一部農業土木手冊，此項工作預計在三年內便可以完成。

(3) 研究土地重劃有關問題的工作：日本國內土地重劃的規劃標準是以 0.3ha 的單位爲規劃的標準，這個單位可以配合30~40馬力的機械動力在田間耕作，這是目前土地改良政策的一個目標，可是要把零碎的土地，重劃或爲整齊而且具有良好灌溉排水設施的田區，所產生的困難問題必然很多，而這一個困難問題便是由學會專設的委員會來負責解決的。

(4) 河川逕流量觀測的工作：研究水源的蘊藏與其開發對於逕流量的測定是非常重要的，但是逕流量的測定並不是一件單純容易的工作，學會爲了收集資料提供給將來工程規劃的參考，特設專門委員會負責逕流量的測定工作。全國各地從南到北，從山地到平地都設有試驗站或觀測站，進行逕流量之測定與研究工作，此種設置對於水資源利用與開發的貢獻甚大。

以上四項工作只是列舉比較重要的部份，其他還有許許多多重要工作不勝枚舉，此處從略。

農業土木學會另外還有一個特徵，就是學會本身之外還有很多研究組織，因爲學會對於會員是一種服務的性質，所以它應該盡量培養會員，使每一位會員能够自由發展他自己的研究，因此在會員中可以集中一些志同道合的人員成立一種特殊的研究組織，來盡量發展研究的工作，到目前爲止，會員中已成立了七個研究小組，如應用水力、土壤物理、旱作灌溉、材料工程、水產土木等等。水產土木在日本是近新才有

* 五十六年一月五日在臺灣大學農學院森林館演講詞

** 東京帝國大學農學部教授兼農田水利研究室主任

的東西，就是專門研究與漁業有關的土木工程，例如如何施工或建築一個適於漁類棲息的環境，如何建築一個容易捉到魚的環境等等的研究等。這種由會員成立的研究小組，多半是由學會接受一點外界經費補助而扶持成立的，學會本身的工作除召開會員大會之外，盡量協助這些研究小組從事於各種研究與發展，各小組現在都已擁有廣大的工作會員，有些事業機構如果有問題要研究，各小組也可以和這些機構商洽以便能取得經費進行研究，他們甚至可以逕向如教育部等政府機關申請研究經費的補助。上面這些研究小組的成立時間雖然很短，可是這種小組的存在，對於學會本身活動的幫助非常大，也就是由於這些小組的存在，學會才顯得活躍。

全國農業土木學會每年召開一次會員大會，各地的六個支部每年召開一次或兩次會議，會議中盡量讓會員發表研究論文，因為本會會員較多，在一年一次的大會中，會員發表的機會比較不容易，因此必須盡量讓會員在支部發表，使每一位會員對於個人的研究都有發表的機會。

關於學會的出版物，除了每月出刊一次，全年出刊十二期的農業土木學會會誌外，一年中還出版四次論文集，這是學會的定期刊物。至於不定期的刊物或專門書刊，最近出版了一本農業土木專門用語字典，收集大約有 1,600 個英日對照的專門名詞及用語，還有一本就是渠首工構造物的圖集輯，類似此種不定期或專門書刊，相信以後仍會繼續出版。

談到學會會費的來源，一部份是來自農林省委託事業的補助經費，農林省有某一種特殊的工作或事業時，往往可以委託學會辦理或研究，這些辦理或研究的全部經費，當然必須由農林省全部負擔。學會會費來源之二就是會員的會費，每一位會員每年繳 1,500 元日幣，免費贈閱會誌十二期，但這種會費並不包括論文集與專門書刊的費用在內，合計學會本會部份全年的預算大約為 4,300 萬元日幣。

學會對於每一位會員，當然是基於一種服務，學會對會員服務程度的好壞，本人認為可以從每年出席參加大會的出席率來衡量，日本農業土木學會每年一次的會員大會，出席率大約都達 80%，美國農工學會擁有會員大約有 7,000 人，該會每年一次的大會出席率也祇有 30%。本人很期待日本這一個學會，每年的出席率能夠再提高。因此今後擬再透過各種服務，多開幾個研究會以培養會員們對於學會的興趣。本人決定朝向此方面努力。

今天本人介紹日本農業土木學會最大的原因，就是希望藉此能使日本農業土木學會與貴國農工學會以及水利學會，彼此建立友誼關係，今後兩國學會所召開的一切學術研究大會，希望雙方都能够交換出席人員在學術或技術上共同來研究與發展。

二、日本的農業政策與土地改良

各位可能都已經知道，日本目前的農業生產效益，是低於其他各行業的，農林省有鑑於此，故在 1961 年曾頒布了所謂「農業基本法」，農業基本法的主要目的有二；①就是要使日本今日的農業生產效益能夠同工業及其他行業接近；②就是要增加農家的收入。這就是日本今日農業上最大目標，當然要達到這個目標有各種不同的方法，不過最重要的還是創立所謂「健全的生產基盤」，這種健全的生產基盤就是像日本現在土地改良所規劃的，具有能便利灌溉與排水的設施，且配合 30~40HP 動力機耕的土地條件，要使農業的生產效益同其他產業的生產效益公平競爭，那麼除了改良日本全國的耕地，使具有上述健全的生產條件外，實無他途可循。

日本現在有灌溉設施的水田大約有 340 萬公頃，佔全國耕地總面積（600 萬公頃）之 58%，其他 42% 的面積，大致缺乏灌溉設施。前年 8 月本人曾到菲律賓參加一項會議，在菲律賓聽到菲國的灌溉總面積才祇佔總耕地面積之 8%，高棉則僅佔 2%，臺灣現在灌溉總面積却高達 60% 以上，這一個比例是相當高的，同時也是值得驕傲的。日本 340 萬公頃的水田大約祇有 2/3 比較平坦，其他 1/3 大致有 1/100 的坡度，不過這些水田祇要稍加以改良便可以適合機耕的條件。適合於機耕的條件，從地下水問題談起，一般的情形地下水位須要低於田面 70cm 以下，才能夠安全適合於機耕，但是日本現在 340 萬公頃的水田中，祇有 1/3 面積的地下水位在非灌溉時期低於 70cm 的，亦即從地下水位的條件看，日本 340 萬公頃的水田祇有 1/3 的面積可以適用於機耕，其他 2/3 的面積必須改良。再從灌溉排水方面看，在灌溉方面適合於機耕的水田根據調查，才祇佔 12%，在排水方面適合於機耕的面積，也同樣祇佔 12%，至於灌溉條件與排水條件都良好（完全不須改良）的面積那就更少了，據調查在 340 萬公頃面積中，這種完全不須要改良的面積僅佔 7%，這就是說明日本 340 萬公頃的水田中有 93% 的面積不是地下水位有問題，便是灌溉排水有麻煩，所以這些水田都必須加以改良；日本為使農業生產邁

到農林省所頒佈的目標，唯有將此等田地改良成爲 0.2~0.3 ha 的整齊耕地，且須具有能順利灌溉排水的設施，以及配合 30~40HP 動力的機耕條件。那麼農業的生產效益才足以和其他產業部門一較長短。

以上簡單的說明，相信各位應可以瞭解，日本的土地改良配合今日的農業政策，應須如何去努力了。

三、灌溉排水有關問題

在這裡，本人願意就過去感到很有趣的五個問題，提出來向各位報告，同時藉此向各位領教。

(1) 就是關於灌溉排水技術的一個特性問題：在廣義方面灌溉與排水應該是屬於土木工程範圍，土木工程同一般的電機或機械工程等在某些特性上顯然是不一樣的，因爲電機或機械要設計一項工程時，所能收集的資料往往是非常完整與正確的，可是土木工程却不然，土木工程要設計一件工程時，大部份的資料都要依靠估計與分析才能獲得，這些估計包括很多，很多不能確定的因素在內，例如設計一件灌溉排水工程，我們實在無法確知一條河川的逕流量有多少，滲漏量又多少的資料，凡此等等特性都是和電機或其他工程不同的地方，這些沒有確定的資料，全部要靠技術員豐富的工作經驗以及長期研究心得來判斷與分析才可以求得，而這些判斷與分析出來的資料往往不像電機或機械那樣絕對準確。

前年本人在美國會同一位朋友談到外科醫師和土木技師往往動不動就開刀或施工，而且愈快愈好，他們忽略了開刀或施工前綿密的診斷或調查的工作，這種做法是我們所不能贊同的；本人認爲一件工程施工前的規劃、測量調查與計劃的工作是非常重要的。但是日本從前許多土地改良事業却都忽略了這個重要性，當然現在的情形已稍有改進，在規劃的工作方面已肯花一點工夫，因此現在有花掉三年或五年，甚至十年以上的時間去完成此項重要工作的，這是一件可喜的事。施工前的規劃固然重要，但是施工後的檢查、應用、管理以及保養等工作也同樣重要，我們如果辛辛苦苦完成了一條渠道，那麼完工後我們也一定要經常檢查施工後的工程是否仍與原設計完全相同，水流是否暢通，粗糙率是否有改變，我們還須要知道以後如何去保養和管理等等，這些都是我們不能忽略的工作，可是本人走遍了很多地方却很少發現有人注意到這一方面的事，這是非常遺憾的。

(2) 就是談到灌溉用水量與合理使用水量的問題：灌溉用水量無論水田或旱田，都可用下列公式來

表示：即

用水量 (Q) = [蒸發量 (E) + 蒸散量 (T) + 滲漏量 (P)] - 有效雨量 (R) - 土壤含水量 (Sw)

在這裡 E、P、T 和 R 大致上都不會有什麼問題，有問題的就是 Sw，因爲 Sw 的估計影響用水量很大，在日本水田灌水情形下，Sw 所佔的份量甚大，這種 Sw 的值通常在灌水的水田都是趨近於飽和而成爲固定值，此種固定值與在旱田之下的 Sw 值相差極大。但在臺灣輪流灌溉下的水田，因爲田面並沒有經常灌水，因此水田的 Sw 值與旱田的 Sw 值非常接近，此種現象本人認爲非常理想，不管任何地方，如果水田的 Sw 值與旱田的 Sw 值相接近都是理想的，本人深信將來的農業可能也會趨向於此種現象。本人有一個構想就是假定有一塊農場，土壤的條件是最單純的砂土，在這一塊農場裡我們可以隨時給以作物最需要的肥料，隨時灌溉作物最適合的水量，那麼本人深信這一個農場的產量一定是很高，不論經營的是水田或旱田，它的產量一定是最高最理想的，另外一個構想就是假定我們將來能根據試驗，繪出各種作物的產量與用水量的關係曲線時，那麼我們便可以根據這種曲線找出各種作物，要多少產量，便要消耗多少水分的數值，假如再考慮市面上的價格，或者使作物的生產效益成爲產量的函數，那麼在這種情形下，我們可以判斷在水量缺少，或水量有餘的時候，要得到某一種程度的效益，我們應該栽培那一種比較不耗水，或比較耗水的作物，使農場裡作物的總灌溉用水量，符合作物產量的需要，而此種產量又符合既定的生產效益標準。這種經營的方法，本人認爲非常理想，不過這種方法，現在祇是一種構想，因爲繪曲線本身便是一件很不容易的事。但是許多複雜變數的相關以及複雜計算的工作，現在也許可以藉電子計算機來完成。遠在 1951 年，本人便會將上述農業經營的構想，發表於美國農工學會會報，事隔迄今有十餘年，距離實現的日期似乎還有一段距離。

1952 年 10 月本人曾在美國拜訪一位很有名的農業氣象專家 Thorntwaite 教授，這位教授把他的實驗室搬到一個叫 Siebrock 公司的農場去做他的研究，在他的辦公室桌子上面放着一個很大的計算尺，計算尺上面是作物的刻度，下面是氣象的刻度。Thorntwaite 教授就利用這種儀器，拼命地在這個農場計算何時需要栽培何種作物，何時需要施行灌溉，要灌溉多少水量，何時作物要收穫，收穫以後又需要再種植何種作物，種多少面積等等。Thorntwaite

是一位氣象專家，他知道自種植至收穫完成一項作物的栽培需要多少熱能，因此他能夠控制栽培與收穫的時間，並且配合農場產品在市場上的價格與需要。某種作物在市場上的價格高，或者在某一個時期，市面上很需要某種作物，他便配合這種價格與需要，計劃生產這種作物，例如市面上鬱金香 Tulip 這種花在某一時期賣價很高，聖誕節需要大量的聖誕花木等，經過他那支萬能的計算尺一算便可以找出合理的數字出來，於是他便知道何時種植聖誕花木，可以迎合聖誕節的需要，何時生產 Tulip 的花可以在市面上賣得最高。Thonthwaite 教授利用他的計算尺，使這個農場的生產效益提高了好幾倍，當然農場的老板是非常高興的。

像 Thornthwaite 教授那種經營的方法，在日本現在水田湛水情形與各種灌溉排水不甚理想的狀態下，當然沒有考慮實現的餘地，不過從許多條件看起來，他這種農業經營的方法，也許在將來的某一天，能够在臺灣付諸實施，希望臺灣從事於這方面工作的農業土木技術員，能够多加以考慮與研究，本人非常期待這種理想將來能在臺灣實現。

(3) 就是談到目前本省的輪流灌溉與排水問題：本人聽說臺灣的輪流灌溉比較以往的續灌灌溉方法，可以節省20%或更多的水量，節省下來的水量可以再灌溉更多的耕地面積。本人對臺灣此項問題也感到非常興趣，日本的水田大致都是湛水的，所以浪費水量很多。日本於是改用旱作栽培方法栽培水稻，試圖節省用水量，可是却發現旱作栽培下的水稻產量年年降低，本省實施輪流灌溉方法栽培水稻，却還可以使水稻增產，這是一件值得注意的問題，如果推測輪流灌溉方法栽培水稻不會減產的原因，本人認為輪流灌溉在平均 7.5 天灌溉一次的期間，田面仍有湛水的機會，在比較粘性的土壤大約有 3 或 4 天的湛水期間，就是砂土亦有 1~2 天的湛水時候，也許這短短幾天的湛水，就是使生產於此種田內的水稻，不致減產的原因。日本在各地曾經做了很多水稻增產的競賽和試驗，每次對於產量特優的水稻都做了很詳密的調查，發現這些水稻共同具備的條件有四：①是深耕，②是施用適當的氮肥，③是施用堆肥，④就是排水良好。排水良好，可使土壤空氣暢通，增加氧氣的供應，故有助於根的伸長，排水過分良好的地方，也許會有減產的現象，這種原因可能因排水過份良好，導致肥料流失之故，通常每日排水量在 50mm 以上的水田就可能有減產的現象，但是排水不良的地方，則不管施

用多少肥料，仍然不會提高產量；換言之，在排水不良的地方，多施肥料對產量並沒有什麼效果。

本省的輪流灌溉在排水良好的水田，如能再多施肥料，也許還有增產的可能，日本水田通常排水量低於每日 50mm 的地區，施肥的效果，大致都很明顯。排水與施肥對產量的關係與效果有待試驗機關，從試驗中作更進一步的證實。

(4) 就是談到量水與節省水量的問題：在新德里設有一個國際灌溉排水委員會 (International Commission on Irrigation & Drainage) 現在共有 58 個會員國，該會目前有三個共同的研究課題：①是如何避免渠道的滲漏損失，②是如何防止或減少大面積蓄水庫的蒸發損失，③是研究作物灌溉用水問題，I.C.I.D. 要研究這三項問題的原因，是有感於世界水資源的開發日漸困難以及逐漸減少，故想研究如何去防止水的浪費，以增加灌溉用水。日本在該會的第③項研究課題中已完成了水稻需水量的研究報告，現在正從事於小麥需水量的研究，接下去研究的作物便是棉花。由 I.C.I.D. 提出這三項研究課題的動機，本人連想到，今後的灌溉如果要節省水量，必須由計量收費的辦法着手，計量收費的辦法目前在日本的例子也並不多。日本四國有一個叫吉野村的地方，這個地方的土壤質地，有屬於比較粘性的，也有屬於比較砂性的，當施行灌溉時，比較砂性土壤的用水量往往要多於粘性土壤好幾倍。像這種地方如果沒有計量收費的話，那麼屬於砂性土壤這邊的農民，就不知道如何去節省灌溉水量，如果實施計量收費辦法，那麼農民知道砂土耕地的耗水量很大，為了節省灌溉水費，他便自動會設法防止土壤的滲漏，改良土壤，研究最省水的灌溉技術，以及最節水的田間操作等等。許多農民如果都能够愛惜用水，自然便可以大量節水，就像日本以前農村的用電一樣，農民為了省電，天未亮就把電燈關掉，打開窗戶讓陽光代替燈光，使電量消耗到最少的程度。當然計量收費的灌溉水，如果能像用電那樣有精密準確的計量表，那是最理想了，但是要實施計量收費的辦法，即使不能使用像計算電量那樣方便與精確的計量儀器，我們無論如何也必須設計一套可以合理計算水量的器具。計量收費的辦法，不祇可以節省用水量，而且可以從各農戶的水費單知道某一塊地方的作物耗用了多少水量，對於作物需水量的研究及水庫水量的運用管理都有很大的幫助。臺灣現在徵收水費的辦法是按農民耕地大小的標準來徵收，將來實施計量收費的辦法，也許可以依照現在的輪

區為單位計量收費，計量收費的辦法是進一步達到水資源經濟利用的方法，本人很期待這種辦法能在臺灣實施。

(5) 就是談到灌溉與排水的關係：這是本人要向各位討教的問題，灌溉與排水應該是密切配合而不可分開的，本人曾走遍了有五十三個國家，看到灌溉很發達的地區，對於排水的問題也非常注意，例如美國的碱土灌溉。碱土灌溉如果不排水的話，碱分便會再上升。故祇灌溉而不排水是不能達成灌溉任務的。還有在海邊地區能够把灌溉所貯留的水或排出來的餘水收集起來，再把這些本來要流入海中的水送到其他地區再應用於灌溉方面，這些就是灌溉與排水密切配合的例子。

本人經常對東大的學生談起「灌溉」這兩個字的意義，在英美許多大字典或像韋氏 (Webster) 這種大字典中對「Irrigation」這一個字的解釋都有好幾種意義，但是其中必有一個解釋是「喝酒」的。此次到臺灣特向貴地的朋友請教「灌」字的意義，在貴地獲知「灌」字也有「喝酒」(灌酒)的意義，可見「灌溉」是與「喝酒」有關的，「排水」也同灌溉一樣在許多字典的解釋中含有喝酒的意義，本人對貴國的歷

史雖然不甚清楚，但聽說唐代的李白喝了酒以後便可以作百篇詩，另外一位有名的歷史人物叫陶淵明聽說對喝酒也非常有興趣，如果拿灌溉與排水同喝酒比喻的話，那麼「灌溉」就像李白豪飲的那種喝酒的喝法，而排水就像陶淵明慢慢喝酒的那種喝法。如果追溯灌溉的起源，那麼灌溉本來便是由於河流而產生的，灌溉多半在河流彎曲的地方攔水與取水，因為大家在河流的地方爭相取水，所以在河流的地方常常會引起爭執與打架。從英文字 River (河流) 與 Rival (敵對) 的意義細味起來，河流就是打架，打架就是河流，英文 River 與 Rival 兩字的來源似乎不是巧合的。在河流中引水灌溉，既然經常會發生爭執，為了平息這個爭執，自然便想到喝酒言好，於是喝酒與灌溉便因此併連在一起，這似乎就是灌溉所以稱為喝酒的原因，本人認為灌溉與排水兩者是應該密切合作的，在日本形容灌溉與排水一家的說法叫做「灌排一如」，這四個字在中國人看起來似乎是不適當的，但是假如在坐的各位能够用貴國文句，把灌溉與排水兩者的關係用任何適當美麗的文句或文字形容出來，那麼拜託各位將這一美麗的詞句告知本人，本人必定會覺得無限高興，同時會大大地向各位道謝的。

供應 臺灣大學噴霧機試驗室證實之

性能最優秀之各型

動力噴霧機

提供 全省各地已購
用戶公認之

最週到熱誠之技術服務

中國農業機械公司榮譽出品

中農牌

動力噴霧(粉)兼用機

總經銷

中國農業機械公司出品

慶豐股份有限公司

地址：彰化市南瑤路 250 號

電話：2327 號

