

三、菲律賓農田之灌溉管理

國立臺灣大學農工系副教授

徐 玉 標

一、菲律賓農業自然環境簡介

菲律賓是一個島國，大小島嶼共7,083個，總面積達297,404平方公里；其中以北部之呂宋島(Luzon)面積104,687平方公里及南部之民答那峨島(Mindanao)面積94,630平方公里二島最大，佔總面積三分之二。此外如Samar, Negros, Palawan, Panay諸島均在一萬平方公里以上。論農業經營，以呂宋島最爲進步，其他各島嶼，有待開發之耕地仍多。有關農業之自然環境簡述如下：

A.氣候：菲律賓雖地居熱帶，北緯(4°40'-21°10')，惟氣候屬海洋性，月平均氣溫差異不大，全羣島之平地部份，約在25°-28°C之間，相差僅2-3°C，以4-5月份較高。雨量受地形及季節風之影響，全國可概分爲四大類型：

a.冬春乾燥夏秋多雨型：呂宋島西海岸及 Mindoro 島西南海岸屬之。

b.終年無乾雨季，冬季多雨型：Mindanao 島北海岸，Luzon 島，Samar 島東海岸屬之。

c.月降雨量差異不大，但每年有1-3月短時間之旱季型：Luzon 島北海岸及 Romblon 島屬之。

d.赤道雨型：終年多雨無乾季，在北緯5°以南地區屬之。

統計全羣島平均年總雨量爲2360mm，以冬春乾燥夏秋多雨之地區分佈最廣，且多屬農業中心地帶。

B.地形及土壤：菲律賓羣島形狀多樣，地形複雜。一般言之，山脈多屬南北走向。農業多集中在海拔100公尺以下之平原部分，全國較大平原計有：呂宋島中部大平原及Cagaycay縱谷盆地；民答那峨島之Cotabato與Agusan之兩河平野。Panay島之Jalaur及Panay南北兩河流域平原；Leyte島之東北平原以及Negros島之肥沃蔗園等等。上述各大平原水草豐茂，一望無際，都是數十萬公頃以上之沃野。土壤多屬火成岩之安山岩，石灰岩，泥板岩等沖蝕而成之

沖積土，肥力高。其中尤以中呂宋平原，南北長達170公里，東西寬約80公里，可耕地面積達130萬公頃以上，更是菲國農業精華所在。

C.水源：菲律賓是以稻米爲主食之國家，平原地帶多種植水稻，年種植面積達3,124,000公頃，佔可耕地面積46.6%，惟多屬「看天田」，僅雨季中種植一作。根據亞洲開發銀行之調查統計，全國在雨季中已灌溉面積爲729,357公頃(包括地表水，地下水及私設埤圳)佔水稻種植面積23.3%，其中在國立灌溉管理局(National Irrigation Administration)管轄下，利用河川水灌溉面積，在雨季爲267,524公頃，乾季僅99,254公頃。至於灌溉水源，大部分尚未利用，如呂宋島北部之Maget河，中部之Pampanga河，民答那峨島之Mindano河及Pulangi河以及其他各島嶼之主要河流，雖在枯水期，水量仍豐，水源開發之潛力很大。惟各河下流，雨季多成沼澤地，排水問題，甚爲嚴重。

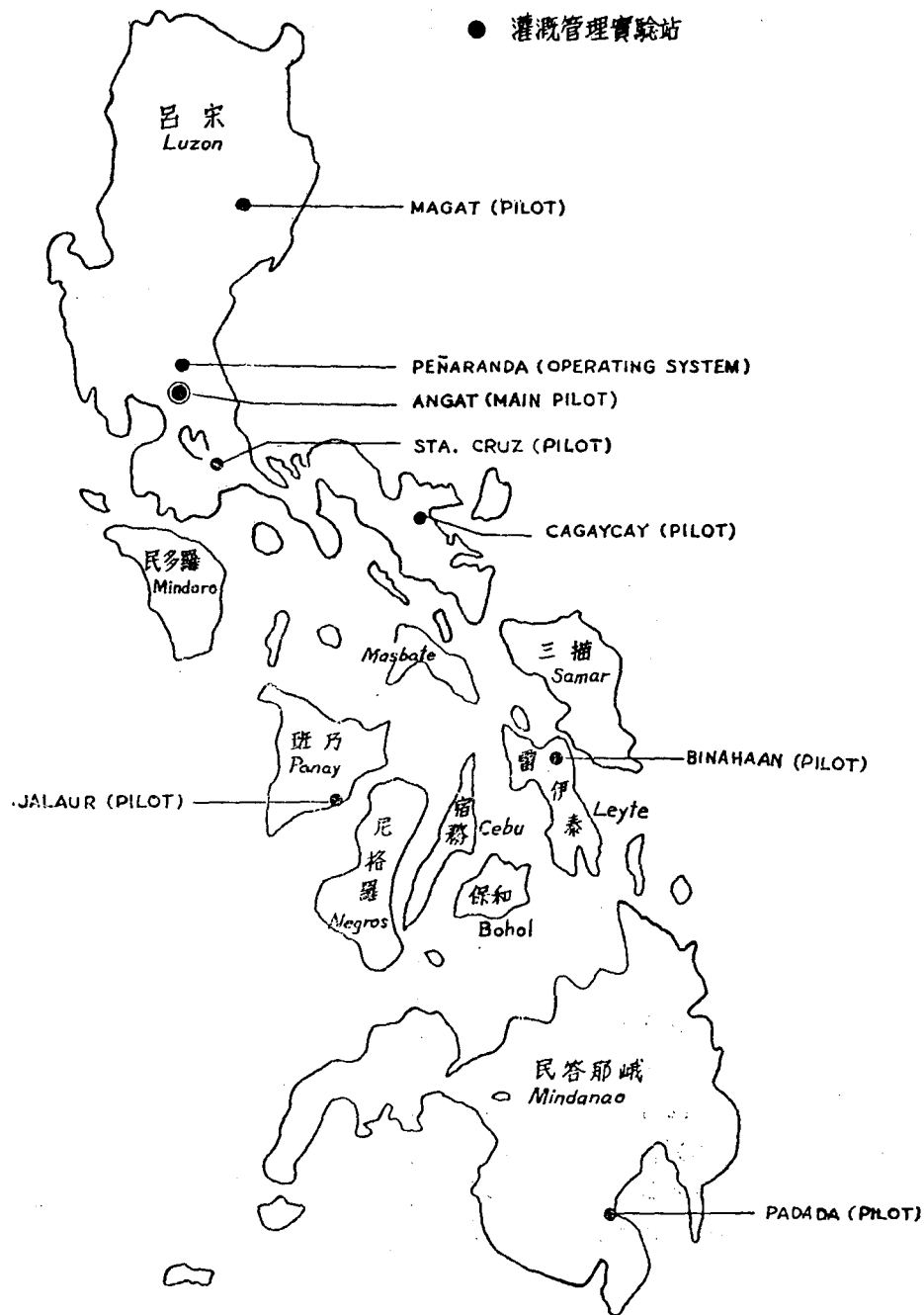
D.土地利用：菲律賓因島嶼地形之關係，山脈綿互，加上地處熱帶，故森林茂盛，面積亦非常廣闊，全羣島之原生林、再生林及砍伐後之草原達17,757,000公頃，約佔總面積60%，爲菲律賓最重要出口資源之一。1966年全國可耕地已達6,708,000公頃，其中水稻田佔3,124,000公頃，旱田佔3,584,000公頃，旱田面積略多，達53.4%，旱田中以種植玉米達2,106,000公頃最多，其次甘蔗爲1,402,000公頃，此外煙草爲76,000公頃；除林地、農地外，尚有數十萬公頃湖泊、沼澤及河床、海灘地，將來土地改良，仍有開發價值。

綜上所述之農業自然環境，吾人可得一概念：菲國疆域遼闊，年平均氣溫高，雨量多，水源豐沛，土質亦很肥沃，可耕地爲臺灣7.7倍，人口爲臺灣2.5倍，水稻年可三熟，農業前途，實無可限量。惟一遺憾是每年六月至十一月，多颱風，爲害農作物甚大，然颱風帶來雨量，充裕灌溉水源亦未嘗不是優點。但以目前農業經營之現況觀之，水稻單位面積產量低下，

全國平均每公頃年產量僅 1.3 噸。由於人口繁殖，糧食有逐年不足之現象；根據菲律賓政府統計：1960 年進口食糧為 25,000,000 美元，至 1965 年達 95,000,000 美元之鉅。故如何促進單位面積增產，為當前急務。若從灌溉水利之立場來衡量，目前可耕地面積之灌溉

率，實嫌過低，在雨季僅佔 23.3%，乾季不及 10%，所以一方面開發水源，一方面就現有之各灌溉系統中加強灌溉管理，以擴大灌溉面積，為今後農業發展之一重要課題。

圖一：菲律賓群島及灌溉管理實驗站



二、菲律賓農田灌溉管理之現況

菲律賓農田灌溉管理有三種方式：①在 National Irrigation Administration (NIA) 管轄下利用河川水灌溉者有79個灌溉系統，其中較大者有56個。總灌溉面積在1968年約267,000公頃。② Irrigation Service Unit (ISU) 管轄下用抽水機灌溉，全國達70,000公頃，每一抽水機灌溉範圍自10-1,000公頃不等。③農民私設埤圳自行灌溉，灌溉面積尚無精確統計。估計不下於 NIA 所屬之灌溉系統。

菲國農田，一般田間灌溉設施及水之輸配管理尚處在萌芽階段。渠道斷面參差不一，甚多地區幹支渠因利用自然排水溝，渠道彎曲過剩，水位很低，每次灌溉必須用閘板控制開門，以提高必要水位，不但影響輸水損失，且在低流量之情形下，部份農田，往往不能灌到。無歲修預算，護岸沖蝕甚烈，渠底滋長雜草，分水門及量水設備多不完全。自分水門以下之末端工程包括農路，灌溉溝，排水溝幾乎全無，灌溉時，採越田方式，儘其慢流，大雨之後，又造成排水困難。

由於灌溉工程設施不如理想，加上農民耕作粗放，灌溉用水浪費情形，亦極嚴重；其不但農田滲漏水再利用情形很少，就是在灌溉區，灌溉後之餘水，亦往往不能控制，直接流入大排水溝中。因此，在渠道中流之田區，造成用水不足，下流反而成爲沼澤地，爲無法插秧之現象。惟近年以來，經 NIA 當局，銳意整頓經營，勸導地主及佃農，同意開掘田間灌溉溝及排水溝，已漸有成效。同時實行支、分渠輪流灌溉方式 (Rotation Irrigation by Lateral)，節省用水不少。

談到灌溉用水在人事行政上之管理 若與臺灣農田水利會相比較，有頗大之出入：第一：在全國79個不同灌溉系統中，每一系統均有設置一 Superintendent Engineer，主管技術及行政上一切事務，由 NIA 直接指派；與臺灣水利會長民選主持行政完全不同。第二：農民水租之收入，直接繳納國庫，再

由國家撥款交 NIA 統籌支用；與臺灣水利會之經費預算自給自足亦完全不同。第三：灌溉渠道之管理，通常是以一支渠灌溉面積約1-2,000公頃之間設置一 Watermaster，在 Watermaster 之下有若干名 ditchtenders, ditchtender 掌管之農田面積約150公頃，專司管區內之灌溉排水以及渠道堤岸之雜草清除等工作；其與臺灣農田水利會所屬之水利工作站組織，亦有程度上之不同。第四：無農民水利小組之組織，目前各灌溉區域正在發動開掘農路、灌溉溝及排水溝，此種末端工程之維護，應由農民負責，故 NIA 及其他農業有關機關正在亟力策動組織中。

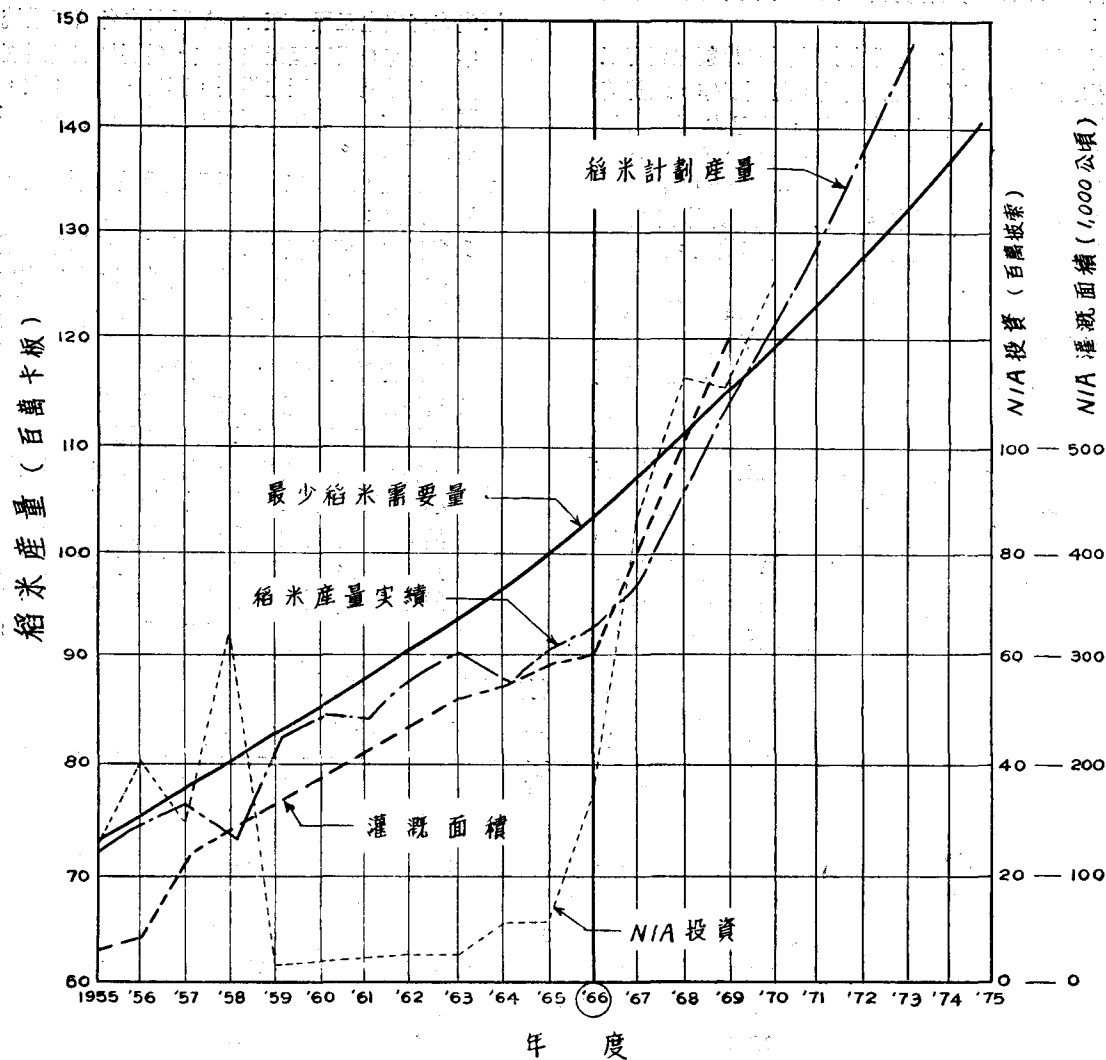
最後說明水費之收支情形，NIA 訂定地表水之灌溉在雨季中種植水稻，每作每公頃爲25 peso，折合臺幣約250元，乾季種植者爲35 peso。水費由地主及佃農分擔，自訂定此標準以來，農民繳納並不踴躍，僅達40~50%。水費繳納不高之原因有二：一、農民認爲偏高，經常推動議員向國會提出降低水費之要求。二、所繳水費直接繳歸國庫，對各地區灌溉管理處之經費支配無直接相關。據云：菲政府擬於1974年以後，將仿臺灣農田水利會之辦法，由 NIA 自給自足、屆時可望改善。

三、NIA 四年糧食自足灌溉計劃

如前所述，菲國農業生產，隨著人口膨脹，自1960至1965年間，糧食供應不足之現象，遞年增加，1965年輸入穀類達一億美元之譜。爲此，NIA 曾經提出「四年糧食自給計劃」，希望自1966年至1969年四年之中，逐年增產分別爲7%，15%，22.5%，30%，於1966年缺糧減爲年總消耗量10%，1967年爲7%，並於1969年達到自給自足，1970年以後，可望有餘糧輸出。茲將計劃錄如圖(二)：

爲了實現上述計劃之艱鉅任務，NIA 必需做到：(一)原有之灌溉系統加強灌溉設施。(二)加強灌溉管理，設法使單期作田成爲雙期作田。(三)擴充新灌溉面積，每年能達到100,000公頃之目標。茲將灌溉發展計劃及投資預算表錄如表(一)：

圖二：稻米增產與灌溉計劃



* PROJECTIONS : NIA (JULY OF 1967)

** 一卡板：44公斤

表(-)：NIA灌溉發展計劃

(Feb. 5. 1968)

項 目	投 資 預 算 (單位：百萬披索 (4))					總 計	灌溉總面積 (公頃)
	1968	1969	1970	1971	1972		
復 舊 工 程 (1)	13	17	0	0	0	30	42,000
尚 未 完 成 計 劃	58	23	3	0	0	84	92,000
新 計 劃 (2)	17	69	92	119	107	404	347,000
其 他 (3)	2	8	17	17	39	83	19,000
總 計	90	117	112	136	146	601	500,000

(1) 包括農路。

(3) 包括 "Communal Irrigation Projects" 及 "Upper Pampanga Project"

(2) 包括勘察調查費用。(4) 1 披索約等台幣10元。

目前 NIA 之工作方針，致力於下列所述之諸項目標：

A. 水源開發計劃：全面性水源開發計劃之調查工作已於1968年4月正式開始，此項工作，以前美國墾務局曾經作過初步調查，現已由 United Nations Development Program (UNDP) 及 the Food and Agriculture organization (FAO) 聯合進行中。其目的是對菲律賓之水資源提出詳細投資計劃，並估計其效益。此外，United States Agency for International Development (USAID) 亦正協助調查菲國七大河流域中水資源，對該地區之原有灌溉系統加以改善，同時對地下水開發工程，予以經濟上之援助。

B. 灌溉工程計劃：灌溉工程計劃可分復舊、尚未完成及新建工程三大部分，茲分述如下：

a. 原有工程之復舊或改善：自1968年開始，NIA 已開始應用自己之預算，著手改善各地區之灌溉工程，同時 UN World Food Program 亦以糧食補助工人工資之方式對各種復舊工程

加以援助。其進度預算如表(-)所列。

b. 尚未完成之工程：在 NIA 所屬之各灌溉系統中，尚有22個工程還未完成，為要加速發展灌溉以應付糧食增產之需要，菲總統特別撥款，限令於1970年前全部完成。此外，USAID 亦有撥款援助。

c. 新建工程：新建工程就其形式及投資額而言，可分三類：

1. 多目標水壩工程：NIA 自 1968 年已興建 Upper Pampanga 多目標水庫，預定六年後 (1974) 年完成，灌溉目標為 81,000 公頃，投資達 80,000,000 美金之鉅，其中向世界銀行貸款 35,000,000 元。

2. 渠道工程：包括進水口，輸送及調節等工程，目前正在進行施工，以及尚在設計階段者，總計達 102 個計劃，這些計劃中，規模較小，灌溉面積在數千公頃，投資不超過百萬披索者，不請求外援，準備以菲政府本身預算來完成。至於較大型之工程已分別向世界銀行及亞洲開發銀行請求貸款。茲將 NIA 向亞銀請求貸款之十項工程內容表錄如下：

表(-)：NIA 向亞洲開發銀行貸款之十項工程內容

No.	計劃名稱	灌溉面積 (ha)	工 程 預 算 (披 索)			益 本 比
			總 計	自 籌	亞 銀 貸 款	
1	Salug **	7,100	6,900,000	2,900,000	4,000,000	7.70
2	Balit **	3,200	3,440,000	1,514,000	1,926,000	6.58
3	Dummon	1,200	1,370,000	495,000	875,000	3.16
4	M' Lang *	1,400	2,100,000	845,000	1,255,000	7.64
5	Molino	1,000	1,200,000	470,000	730,000	6.06
6	Kinale	3,600	2,500,000	1,090,000	1,410,000	4.55
7	Marbel *	2,900	4,200,000	1,771,000	2,429,000	7.14
8	Banga *	3,200	3,000,000	1,200,000	1,800,000	7.35
9	Baratac	1,200	1,950,000	907,000	1,043,000	2.06
10	Bawa	1,600	2,580,000	1,236,000	1,344,000	4.37
總 計 或 平 均		26,400	29,240,000	12,428,000	16,812,000	5.66

** 已經開始動工建造中。 * 已獲亞洲開發銀行貸款，於1969年五月開始建造。

3. 地下水深井工程：地下水深井工程或許在建造時之投資較省，但在操作及維持費却很高昂，因此利用地下水灌溉其面積多在 100 公頃以下，同時是以地表水不能灌到之地區為對象。這種計劃是由 Irrigation Service Unit (ISU) 負責，目前全國已有數百個深井及小型淺井，灌溉面積於 1967 年已達 70,000 公頃。USAID 已給予相當之補助。

C. 灌溉管理計劃：根據1967年世界銀行及1968年亞

洲開發銀行先後對菲律賓農田灌溉管理現況調查報告中，均一致指出，目前各灌溉區域之管理缺乏效率，灌溉用水浪費太多，認為對現有之灌溉系統中，設法加強用水管理，是 NIA 最迫切亟待解決之問題。

FAO 之專家亦曾指出，農民對灌溉水費繳納率不及50%之原因，是由於灌溉管理不善，圳路中流，往往不能按時得到應配之水量，下流則因中上流排水太多，積水太深，不能插秧之緣故

。為此，NIA 於1968年初，曾向亞銀提出計劃，請求派遣專家，對全國八個較大之灌溉區域系統中作實地勘察，然後按其建議劃分輪區、單區，改善末端工程，設計各種配方法，組織農民水利小組，並訓練水利技術人員等。該計劃已於同年七月開始，目前正在進行中。

四、NIA 灌溉管理計劃

根據亞洲開發銀行之調查報告書「The Report of the Exploratory Mission to the Philippines on Water Management and Irrigation Project Formulation」，曾經指出，NIA 之灌溉管理計劃，應該實現如下之目標：

A. 依據各灌溉系統之實地情況，乾雨季之分佈情

形，設計數種可行的灌溉配水方法。

B. 選定若干個示範區，從實地田間操作上比較各種配水方法之優劣，投資效益及學習實地經驗，然後擇其優者，供將來全面推廣後，大面積配水時之參考。

C. 探討並擬定各灌溉區域中最適合之作物輪作制度。

D. 訓練灌溉管理工作人員。

E. 組織農民水利小組。

F. 示範或觀摩排水問題之重要性。

同時 NIA 亦在全國數十個灌溉區域中，選出八個較大且具有代表性之灌溉系統先行舉辦，茲將灌溉區域總面積及其示範區面積表列如表(三)，區域位置列於圖(一)。

表(三)：灌溉管理選定之各灌溉系統總面積及其示範區面積

名	稱	省 別	總 面 積 (ha)	示範區面積 (ha)
Angat River Irrigation System		Bulacan	30,930	680
Penaranda River Irrigation System		Nueva Ecija	19,900	460
Jalaur River Irrigation System		Iloilo	8,960	244
Binahaan River Irrigation System		Leyte	2,400	720
Magat River Irrigation System		Isabela	22,000	300
Libungan River Irrigation System		Cotabts	10,000	300
Sta. Cruz River Irrigation System		Laguna	4,000	508
Cagaycay River Irrigation System		Camarinessur	2,300	300
總	計		100,490	3,572

農田灌溉在管理之方法上可分：(一)灌溉水的輸送及分配(二)田間灌溉的方法二大過程。前者是一種線及點的管理，即灌溉水在幹、支、分渠輸水系統中，依其所屬灌區面積之大小，而作全面性的調配及營運，其過程包括：取水，輸水，調節，控制及分配等操作，最後送達田間灌溉溝。後者是面的管理，目的是使田間每一丘塊之田區，灌溉水都能達到適時適量之要求。所以前者是由水利團體來經營，後者則由農民自行施灌。NIA 之灌溉管理方針，亦循上述之原則進行，並與亞銀合作，共同撥款，FY 1968/69 撥出 US\$ 105,000，預計 1969/70 亦將撥出 US\$ 102,000 來完成。

關於工作進度 NIA-ADB 共同擬定之目標簡述如下：

1968/69

第一期：(1968年 8 月至10月)

Angat 及 Penaranda Pilot Area 之勘察，田間輪區、單區之佈置，分水門、給水路、排水溝、量水設備及農路等開始動工建造，並於室內設計各種配水方法。

第二期：(1968年11月至1969年 4 月)

在 Pilot Area，將各種配水方法行實際操作管理，並記載各種記錄資料，供室內統計分析，同時比較其優劣及效益。此期間內訓練全國各地灌溉管理主管人員。至於其他六個 Pilot Area，當負責人受訓之後，由他們自行設計配水管理，平時祇給予一般性技術指導。

第三期：(1969年 5 月至1969年 7 月)

在 Angat 及 Penaranda 兩灌溉系統現有之設施情況下，按乾雨季之分佈情形，作物之栽培制度，用大輪灌方式 (Rotation by Lateral) 全面設計配水。並於此期間內訓練第二批全國各

地灌溉主管人員。

迄目前為止，1968/69 之工作進度均能按預定計劃執行，工作尚稱順利，關於 1969/70 年之工作進度，擬定如下：

第一期：(1969年 8 月至1969年12月)

- (1)強化其他六個 Pilot Area 之各種配水方法之實際操作，由其經驗供將來全面配水之參考。
- (2)加強灌溉管理工作人員技術訓練。
- (3)加速進行組織農民水利小組。
- (4)進行對灌溉管理有關之基本研究。

第二期：(1970年 1 月~1970年 7 月)

- (1)Angat 及 Penaranda兩灌溉系統共50,830 公頃，依新配水方式使正常化，並加強系統內之灌溉排水各種工程設施。
- (2)對其他六個灌溉系統共 49,660公頃亦試行大輪灌方式全面配水管理。

五、灌溉管理設計綱要

灌溉管理所涉及之範圍很廣，為要在短時間內有所改善，所以歸納四大部門，分別同時進行，但由於許多基本資料，一時無法取得，不得不依當地氣候，土壤，地形，水源之概況，再參酌臺灣或其他地區之資料，先作假設，然後進行配水設計，將來希望籍實地操作管理時所得資料，或由直接進行基本研究所得之資料來校正，修改配水方法，以達到合理的灌溉用水目的。

A.灌溉區域內有關配水基本資料之調查研究：

- (1)土地分類調查：已完成 Angat 及 Penaranda 兩處 Pilot Area 之調查工作，明年繼續完成其他六個 Pilot Area，至於全灌區土地分類調查預定於1972年完成之。
- (2)降雨分佈及有效雨量之分析研究：已完成 Angat River Irrigation System，其他在進行中。
- (3)水稻蒸發散量之研究：在進行中。
- (4)乾季、雨季河川水之流量及有效水量之探討：已完成 Angat River，其他地區尚未開始。
- (5)作物輪栽制度之研究：已完成 Angat 區，Penaranda 正在進行，其他地區尚未開始。
- (6)地下水位週年變動之調查：Angat 區已在進行中，其他地區尚未開始。
- (7)渠道損失量之調查：渠道損失量分幹、支、分渠及農田小給水路兩種，Angat區在進行，其

他地區尚未開始。

(8)灌區內水收支之調查研究：尚未開始。

B.田間輪區、單區、農路及灌排系統之佈置：

1968 年 9 月至 1969 年 4 月在 Angat 及 Penaranda 兩灌區 Pilot Area Farmditch level之精密輪流灌溉，其輪區、單區之劃分及灌排系統、量水設備等之佈置均已先後完成，至於其他六個 Pilot Area，亦在進行中。全面積大輪灌配水設計方式，Angat 區亦試行營運中，其他區域將於1970年開始執行。茲將設計之步驟及方法簡述如下：

(1)輪區及單區之劃分：

輪區中之面積為50公頃左右，輪區之內再劃分若干單區，面積在8-12公頃，為避免輪區或單區間灌溉系統之紊亂，其界限儘量採用農路或排水溝，使輪區或單區間之灌溉水不相混雜。輪單區之形狀在地形許可之限圍內儘量劃成近方形，使灌溉溝不致過長，而增加輸水損失及配水糾紛。

(2)分水門及量水設備之建造：

每一輪區最好均要有一分水門及量水設施，因地形關係，分水門間或可集 2-3 輪區設置一個，但要有分水箱 (Division Box) 來配合以控制水量。量水設備有數種型式，視田間坡度及可能應用水頭之高低來決定；水頭損失能達流水本身之三倍以上者可採三角堰 (Triangular Notch Weir)，短形堰 (Rectangular Weir) 或梯形堰 (Trapezoidal Weir)；水頭損失達20厘米以上者可採用巴歇爾量水槽 (Parshall flume)；水頭損失僅達 6 厘米以上者，一般採用定水頭孔口量水門 (Constant Head Orifice Gate)。每一輪區之量水範圍，為顧及尖峯用水之需要，最高量水量要達 150 l/sec.。此外在輪區，單區灌溉系統中水路分歧點，坡度轉變點、單區交界點均應埋設閘板，以控制水位及流向。

(3)製備土地登記卡：

各輪區、單區所屬之灌溉系統區域內每一丘塊面積，所屬之佃農、業主、灌溉狀況、以及可用性土地利用限度等，儘可能均錄入登記卡中，此登記卡將來可作為徵收水費，土地改良，以及輪區間農民土地交換，或土地重劃之參考資料。

C. 配水計劃：

配水計劃視灌區內之灌溉工程設施，乾、雨季中河川及地下水有效水源之多寡，作物栽培制度，土壤分佈性態，作物在各季節月份及生長期中之蒸發散量，根系土層之滲漏量，渠道輸水之損失量，以及年降雨分佈情形等等因素來決定。一般說來，田間若無灌溉溝，排水溝及農路之情況下，渠道斷面够大，可採用大輪灌方式 (Rotation by Laterals) 配水，如果末端工程設施完善，可採用精密輪灌方式 (Rotation by farmditch) 配水，後者較前者更能省水而確保產量。

a. 大輪灌之配水方法：

大輪灌實際言之僅是灌溉水在渠道運輸系統中之一種調節、營運而已；分水門以下，因無農田灌溉溝，故仍採用越田灌溉方式，乃屬過渡時期之一種灌溉管理，其設計步驟大致可分如下：

(1) 在支、分渠所屬之灌區中，面積在300-1,000公頃為宜，按其原有灌溉配水系統劃分為若干單區，每單區面積在150-300公頃之間。

(2) 根據試驗或調查之資料計算：

- i 田間日需水量 (日蒸發散量 + 滲漏量)
- ii 渠道損失量
- iii 有效雨量

設無此項資料，設計時不妨暫作假定，俟以後有試驗結果或實地配水操作中所得之資料，再酌情修改之。

(3) 決定每次灌溉之期距，從而決定每次灌溉合理之水深。

(4) 計算每一單區中，每次灌溉時所需之水量 (m³)，包括田間需水量及渠道損失水量。

然後再計算全支渠 (Lateral) 之總用水量。

(5) 用全支渠總用水量與每一單區用水量之比例，算出每一單區一次灌溉所需之時間。

(6) 從各單區每次灌溉所需之水量及時間，計算灌溉水在閘門之所需流量 CMS。

(7) 製備各單區灌溉水流量及時間表，供管理人員操作之依據。

茲舉計算實例如下：有一支渠 F，面積 566.74 公頃，其單區劃分為：

單區	灌溉渠道	面積 (公頃)	總面積 (公頃)
第一單區	F, F-1	157.44	566.74
第二單區	F-2	149.99	
第三單區	F-3	145.34	
第四單區	F	113.97	

(a) 水稻浸田及整地田間需水量：

第一期作：3月11日~3月31日，21天

第二期作：8月11日~8月31日，21天

設浸田及整地所需水量為 160mm，渠道損失率為 20%。

則閘門所需之日流量為：

$$Q = \frac{0.16 \times 566.74}{21} \times 10,000 = \frac{806.784}{86,400 \times (1-0.2)} = 0.6224 \text{ cms}$$

(b) 本田需水量及配水量之計算表

項	目	第一單區	第二單區	第三單區	第四單區	總計
(1) 面積	(ha)	157.44	149.99	145.34	113.97	566.74
(2) 各單區每日田間需水量 (T + E + P) (mm/day)		7	10	9	8	
(3) 渠道總損失量	(%)	10	12	15	20	
(4) 輪灌期距	(日)	6.5	6.5	6.5	6.5	
(5) 每次灌溉所需之水深	(mm)	45.5	65.0	58.5	52.0	
(6) 包括渠道損失量在內之虛面積 $\left[\frac{(1)}{1-(3)} \right]$ (ha)		174.9	170.4	171.0	142.5	658.8
(7) 在水門之需水量 $[Q = (5) \times (6) \times 10]$ (m ³)		79,580	110,760	100,035	74,100	364,475
(8)* 各單區應灌之時間	(hrs)	34.06	47.41	42.82	31.72	156
	(小時:分)	1day 10:00	1day 23:25	1day 18:50	1day 7:45	
(9) 在水門所需之流量 $\left[Q = \frac{(7)}{(8) \times 86,400} \right]$ (cms)		0.6490	0.6490	0.6490	0.6490	

* 各單區應灌之時間

$$\text{第一單區} = \frac{156 \times 79,580}{364,475} = 34 \text{ 小時 } 0 \text{ 分}$$

$$\text{第二單區} = \frac{156 \times 110,760}{364,475} = 47 \text{ 小時 } 25 \text{ 分}$$

$$\text{第三單區} = \frac{156 \times 100,035}{364,475} = 42 \text{ 小時 } 50 \text{ 分}$$

$$\text{第四單區} = \frac{156 \times 74,100}{364,475} = 31 \text{ 小時 } 45 \text{ 分}$$

b. 精密輪灌之配水方法

精密輪灌是依靠農田灌溉溝，實行每一丘塊配水，不採越田灌溉方式，所灌之水深依每一丘塊水稻不同生育期及土壤性態而定，其配水之步驟如下：

(1) 秧苗期：

1. 秧苗所需之面積約為本田1/25。
2. 秧苗整地播種期間，為配合本田插秧期，每一輪區通常為20天左右。
3. 秧苗浸田整地用水一般在160mm左右。
4. 秧苗輪灌期距在4~6天之間，灌溉水深在30mm~50mm。
5. 秧苗生育期視氣溫而不同，在菲律賓一般第一期作為15天，第二期作為20天。
6. 如實行共同秧田，秧田應選靠近水圳旁，輸水損失不應大於10%。

(2) 本田浸田及整地期：

1. 每一輪區浸田及整地期大約在20天左右。
2. 浸田所需之水量，視土壤質地及構造而不同，一般在輕黏土，黏壤土，砂質黏壤土之質地約需140~160mm；砂壤土質地疏鬆，不須浸田，浸田約在插秧前一星期為之。
3. 整田時間，因各地習慣及當地水源豐欠之不同，有與浸田幾乎同時，亦有相隔相當時日另行灌水整地者，一般整地需水量約為30~40mm。

(3) 本田灌溉期

本田之灌溉以輪區為單位，面積約在50公頃左右，其中再分若干單區，約10公頃。配水量是根據下述之資料設計。

1. 計算全輪區之田間日需水量；水稻各生育期之日蒸發散量+土壤滲漏量。
2. 計算每一單區間之灌溉溝之輸水損失量。
3. 依土壤之性態決定每次輪灌之期距，從而決定每次灌溉之合理水深。

田間配水量之計算依下列之公式求出：

$$Q_1 = \frac{H \times A}{T} \times 10,000 \dots\dots\dots(1)$$

$$Q_2 = \frac{Q}{86,400} \times \left(\frac{1}{1-L} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Q_1 = 田間需水量 (m³)

Q_2 = 水門應配水量 (cms)

H = 灌溉水深 (mm) A = 灌溉面積 (公頃)

T = 時間 L = 輸水損失 (%)

實例：一輪區之面積為 51.49 公頃，劃分為五單

區之面積如下：

- | | |
|----------------|------------|
| 第一單區： 12.79 公頃 | } 51.49 公頃 |
| 第二單區： 10.67 公頃 | |
| 第三單區： 9.94 公頃 | |
| 第四單區： 9.00 公頃 | |
| 第五單區： 9.09 公頃 | |

(1) 秧苗苗床需水量：

1. 整地需水量：

$$T = 20 \text{ 天} \quad A = 51.49/25 = 2.06 \text{ 公頃}$$

$$H = 160 \text{ mm} \quad L = 10\%$$

$$Q_2 = \frac{\frac{0.16 \times 2.06}{20} \times 10,000}{86,400 \times (1-0.1)} = 0.0040 \text{ cms.}$$

2. 灌溉需水量：T = 4 天

$$A = 2.06 \text{ 公頃} \quad H = 60 \text{ mm} \quad L = 10\%$$

$$Q_2 = \frac{\frac{0.06 \times 2.06}{4} \times 10,000}{86,400 \times (1-0.1)} = 0.0021 \text{ cms.}$$

(2) 本田浸田及整地需水量：

1. 浸田需水量：T = 20 天

$$A = 51.49 \text{ 公頃} \quad H = 150 \text{ mm} \quad L = 20\%$$

$$Q_2 = \frac{\frac{0.15 \times 51.49}{20} \times 10,000}{86,400(1-0.2)} = 0.0559 \text{ cms.}$$

2. 整地需水量：T = 20 天

$$A = 51.49 \text{ 公頃} \quad H = 60 \text{ mm} \quad L = 20\%$$

$$Q_2 = \frac{\frac{0.06 \times 51.49}{20} \times 10,000}{86,400(1-0.2)} = 0.0224 \text{ cms.}$$

(3) 本田灌溉需水量：

1. 自插秧至分蘗期：T = 4.5 天

$$A = 51.49 \text{ 公頃} \quad H = 54 \text{ mm} \quad L = 20\%$$

$$Q_2 = \frac{\frac{0.054 \times 51.49}{4.5} \times 10,000}{86,400(1-0.2)} = 0.0894 \text{ cms.}$$

2. 自孕穗至成熟期：T = 4.5 天

$$A = 51.49 \text{ 公頃} \quad H = 63 \text{ mm} \quad L = 20\%$$

$$Q_2 = \frac{\frac{0.063 \times 51.49}{4.5} \times 10,000}{86,400(1-0.2)} = 0.1043 \text{ cms.}$$

3. 分蘗末期晒田期：T = 4.5 天

$$A = (51.49 - 4.5 \times \frac{51.49}{20}) = 39.90$$

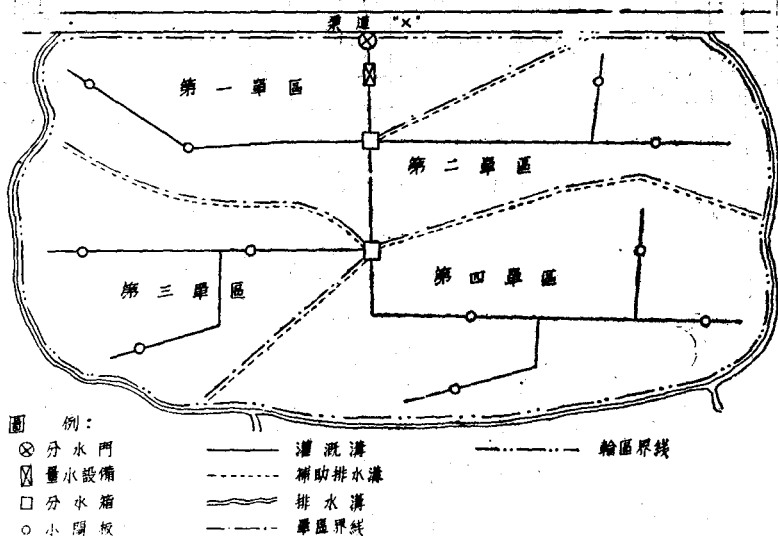
$$H = 63 \text{ mm} \quad L = 20\%$$

$$Q_2 = \frac{\frac{0.063 \times 39.9}{4.5} \times 10,000}{86,400(1-0.2)} = 0.0808 \text{ cms.}$$

第一輪區五單區間配水時間表

(量水設備：一呎巴歇爾水錶)

輪區數		5		輪區別		1		2		3		4		5													
		單區面積 (公頃)		279		10.67		9.94		9.00		9.09															
輪灌奇偶次序		奇		偶		奇		偶		奇		偶		奇													
灌溉時間 (小時)		26:50		22:23		20:51		18:53		19:03																	
水錶位置說明	輪灌次數	每次灌溉水深度 (mm)	配水時間	起		8:00 A.M.		8:00 P.M.		10:50 A.M.		10:50 P.M.		9:13 A.M.		9:13 P.M.		6:04 A.M.		6:04 P.M.		0:57 A.M.		0:57 P.M.			
				迄		10:50 A.M.		10:50 P.M.		9:13 A.M.		9:13 P.M.		6:04 A.M.		6:30 P.M.		0:57 A.M.		0:57 P.M.		8:00 P.M.		8:00 A.M.			
				輪灌距離 (米)		灌溉時間		月		日		月		日		月		日		月		日		月		日	
安南期	1	60	4.5	6.0	2.7	3	1	3	2																		
	2	60	4.5	6.0	3.5					3	5	3	6														
	3	60	4.5	6.0	4.5	3	10	3	11																		
登地中地期	4	60	4.5	9.0	17.9					3	14	3	15														
	5	54	4.5	26.0	87.5	3	19	3	20					3	20	3	21										
	6	54	4.5	29.0	106.5					3	23	3	24														
分養期至幼齡成期	7	54	4.5	33.0	128.3	3	28	3	29					3	29	3	30										
	8	54	4.5	36.0	147.3					4	1	4	2														
	9	54	4.5	28.0	99.3	4	6	4	7					4	7	4	8										
字種期至成熟期	10	54	4.5	26.5	89.4					4	10	4	11														
	11	54	4.5	26.5	89.4	4	15	4	16					4	16	4	17										
	12	63	4.5	26.5	91.0					4	19	4	20														
	13	63	4.5	27.0	94.5	4	24	4	25					4	25	4	26										
	14	63	4.5	28.0	97.8					4	28	4	29														
	15	63	4.5	25.5	84.8	5	3	5	4					5	4	5	5										
	16	63	4.5	24.5	80.8					5	7	5	8														
	17	63	4.5	24.5	80.8	5	12	5	13					5	13	5	14										
	18	63	4.5	24.5	80.8					5	16	5	17														
	19	63	4.5	26.5	89.2	5	21	5	22					5	22	5	23										
20	63	4.5	29.0	103.6					5	25	5	26															
21	63	4.5	29.0	104.3	5	30	5	31					5	31	6	1											
22	63	4.5	29.0	104.3					6	3	6	4															
23	63	4.5	29.0	104.3	6	8	6	9					6	9	6	10											
24	63	4.5	29.0	104.3					6	12	6	13															
25	63	4.5	28.5	102.0	6	17	6	18					6	18	6	19											
26	63	4.5	25.0	82.3					6	21	6	22															
27	63	4.5	20.0	58.6	6	26	6	27					6	27	6	28											
28	63	4.5	14.5	35.4					6	30	7	1															
29	63	4.5	15	32	7	5	7	6					7	6	7	7											



D. 組織農民水利小組

輪流灌溉配水能否達到適時、適量及依序之要求，完全依靠農民水利小組之組織是否健全而定。水利小組通常是由輪區內所有農民在大會中推選篤農家組成，再推選其中最孚衆望，熱心公益，能幹有魄力者為組長，執行如下之任務：

1. 每作插秧前，編列預算或督促農民修理維護農田灌溉溝及排水溝。
2. 雇用共同掌水工，按水利會配水時間表，執行輪區內之配水工作，如不能實行共同掌水工制度，則應發傳單通知農民在應灌時間中於田間等候接收灌溉水。
3. 實行共同秧田作業。
4. 維護輪區中之灌溉工程設施。
5. 協助徵收水費及排解配水糾紛。
6. 執行水利會所交辦事件。
7. 接受當地農業研究或推廣人員之指導，以促進增產。

為要達成上述之任務，水利小組應有一辦公處所，或在田間有一草寮，供掌水工休憩之用，草寮中備有桌、椅、黑板、時鐘、旗幟、手提燈或手電筒、記錄簿、灌溉用具等等，草寮前有一公告

牌，招貼各單區配水時間表，以示信於農民。

六、結 語

灌溉管理是一種永久性之事業，其成功之先決條件視農民合作之程度而定。它不像建造一項水利工程，有了充足之預算及有經驗之工程師，便可刻日完成。它除了技術管理之外，還含有教育農民之任務。

農民性保守，欲贏得農民之衷心合作，首先應使其瞭解節水增產之可能性。因此，試驗研究、示範觀摩、以及宣傳、推廣便成為灌溉管理之先驅工作。然後假以時日，日積月累，使農民有印象，再加上親身體驗，然後才能收效。

已往許多開發中之國家，主持農田水利者，率多熱中於水源之開發，而忽略灌溉管理之業務。結果水壩成功之日，却無法引灌於農田，或是勉強引灌於農田，亦形成用水嚴重浪費之情形，為國家經濟建設之一大損失。論者多謂，水庫壩工之完成，係衆目共睹者，事功昭彰；而灌溉管理，雖為造福民生，惟其績效，係屬無形，不如前者之顯而易見，由於開發中之國家，已發生之許多實例證之：灌溉管理成功之另一因素，主持農田水利主管人員之政策及其抱負如何，實為一大關鍵。