

## 2. 菲律賓灌溉用水管理計劃方案

(Irrigation Water Management Project in the Philippines)

臺大農工系教授

施 嘉 昌

### Abstract

The water management project in the Philippines was technically assisted by Asian Development Bank from July 1968 to August 1970. Eight pilot areas were established and two Irrigation Systems with total area 50,000 ha. have been improved on the irrigation structures, water measuring devices, cropping schedule and water distribution, etc. Four training classes were held with the total participants about 80 engineers in the National Irrigation Administration during the two years. A lot of data have been got from the pilot areas, based on them, already estimated water requirement of rice, conveyance losses, effective rainfall and diversion requirement in the eight Irrigation Regions of the Philippines and also formulated water distribution method which will be carried out after implementation of the irrigation facilities. This project will be continued by Philippine government for three years more.

### 一、引 言

本計劃為亞洲開發銀行 (Asian Development Bank) 技術援助菲律賓國家灌溉總署 (National Irrigation Administration) 增產糧食為目的，名為灌溉用水管理計劃 (Water Management Project)，為期二年，自 1968 年 7 月至 1970 年 8 月。第一年由亞銀聘請五位顧問協助解決灌溉用水管理有關問題，即灌溉工程師、農藝、農經、灌溉管理及土壤等專家，前三位來自日本，後二位依次聘自臺灣與美國；同時菲國灌溉總署亦派遣當地有關專家共同工作。第二年亞銀停聘農經與土壤二專家，另三位顧問人選尚由日本及臺灣專家繼任，臺灣方面派遣徐玉標先生與筆者分任前後二年工作。因本計劃之目的為灌溉用水管理，一切工作皆以灌溉管理為中心，其他方面工作僅以配合而已，故徐先生與筆者皆已全力以赴，幸得菲律賓當局及亞銀之贊揚，實感欣慰。本文所述僅限灌溉用水管理部分，又第一年有關本計劃之用水管理工作及菲國天然條件已由徐先生報導於農工學報十五卷第三、四期，本文恕不贅述。

菲律賓國家灌溉總署管轄下之灌溉系統計有 101 個，總計面積為 300,000 公頃，然 1967 年雨季灌

溉面積僅 250,000 公頃，在乾季僅 100,000 公頃，其主要原因一為缺乏水源，另一為灌溉用水管理不善，其最有效解決水源問題為興建水庫與增設抽水機站，因為耗資甚巨未能於短期完成，故菲國政府採用加強用水管理以投資最少而速達宏效之途徑，此為菲國請求亞銀技術援助之動機，經第一年計劃完成後成績超著，繼續請求第二年援助，亞銀深感欲收全面用水管理之效非長期進行不為功，因此在菲國政府同意自行出資繼續三年之條件下，由亞銀再補助一年，共計五年。第一年計劃費用為菲幣 \*105,000，第二年為 100,000，其中亞銀補助 40%，菲政府配合款為 60%。

### 二、行政組織與灌溉系統現況

菲律賓國家灌溉總署下設工程組 (Department of Engineering) 之管理部門專司灌溉管理工作，在現場分全國為八區名為區辦公處 (Regional Office) 由區工程師 (Regional Engineer) 主持公務與臺灣水利局工程處處長相似，每區辦公處下設若干灌溉系統辦公室 (System Office) 由督導工程師 (Superintendent) 掌理公務，每灌溉系統辦公室管

\* 一元美金折合菲幣六元

轄一個或數個灌溉系統，在灌區內有工作站(Division Office)由管理員(water master)負責管理，工作站內尚有渠道與閘門管理工人(ditchtender and gate keeper)若干人，管理員與管理工人之職責分述如下：

1. 渠道與閘門管理工人：二者職責無甚差異，最大之區別前者以管理渠道為主，後者以管理閘門為主；管理渠道之工人以幹支渠除草為多，其次為水費之徵收；閘門管理工人遠較渠道管理工人為少，負責工作除管理閘門外亦須除草。每工作站之管轄面積約1,000-2,000公頃，渠道與閘門管理工人約計5-10人，即每人所負責之面積約200公頃。

2. 管理員：其主要職責為督導渠道與閘門管理工人清理溝渠，修理渠岸及徵收水費等，其他為綜理工作站之一切行政事務。

以上所述為行政管理系統，表面看來層責分明，猶如臺灣水利會之組織，然管理人員稀少，平均為一系統辦公室總工作人數僅10-20人，管理工人整日清理渠道已無足夠時間，其他有關灌溉用水管理與分配等問題無暇兼顧，故灌溉水川流不息，上流下接，近渠道者引水自如，離渠道遠處或下游農田，乾旱時無法得水，雨季餘水源源而來而成排水不良地區。其灌溉系統實際情形可分列如下：

1. 幹支渠全無內面工。
2. 幹支渠無量水設備，節制閘與給水閘門皆不完整。
3. 給水門設於幹支渠二岸毫無限制，無論灌溉面積，給水水頭，閘門高低皆未經設計。
4. 自幹支渠取水後，灌溉水直接灌入田區，甚少地區有給水小渠。
5. 作物以水稻為主，種植與收穫期無定時，由農民自行決定。

### 三、灌溉示範區之設立

灌溉示範區之設立為本計劃之主要工作，在菲律賓全國八灌溉區中選擇代表性之地區八處，其位置如圖一所示，各示範區之面積為：

地名	示範區面積(ha)
Angat	616
Penaranda	460
Jalaur	244
Binahaan	300
Magat	300

Libungan	260
Sta. Cruz	258
Cagaycay	300
總計	2,738ha

在每一示範區埋設量水設備，依地形分若干輪區及單區實施輪流灌溉，每作水稻灌溉水量皆有詳細記錄，以作灌溉水量之基本研究。其他每區之基本觀測資料尚有以下各種：

1. 氣象資料：包括雨量、蒸發、地下水位，日照時間及熱量之觀測等。
2. 土壤資料：包括土質與土壤剖面之調查。
3. 作物調查：包括水稻之品種，種植及收穫期，田間管理，施肥量及產量之調查。
4. 渠道輸水損失之觀測：分幹渠支渠與小給水渠，觀測法大部分用水池法(ponding method)如渠道斷面過大，不使用水池法時，以流速儀流入流出法觀測輸水損失。
5. 田間管理損失之估計：此項損失乃灌溉水灌入田區後，因管理不當，田間排水及橫向滲漏所損失之水量。

上列八個灌溉示範區中以 Angat 地區最為完整，除上列各基本觀測外，Angat 站尚有滲透計栽培試驗，因本計劃辦公室在 Angat，隨時可照顧與督導。

### 四、灌溉系統之改善

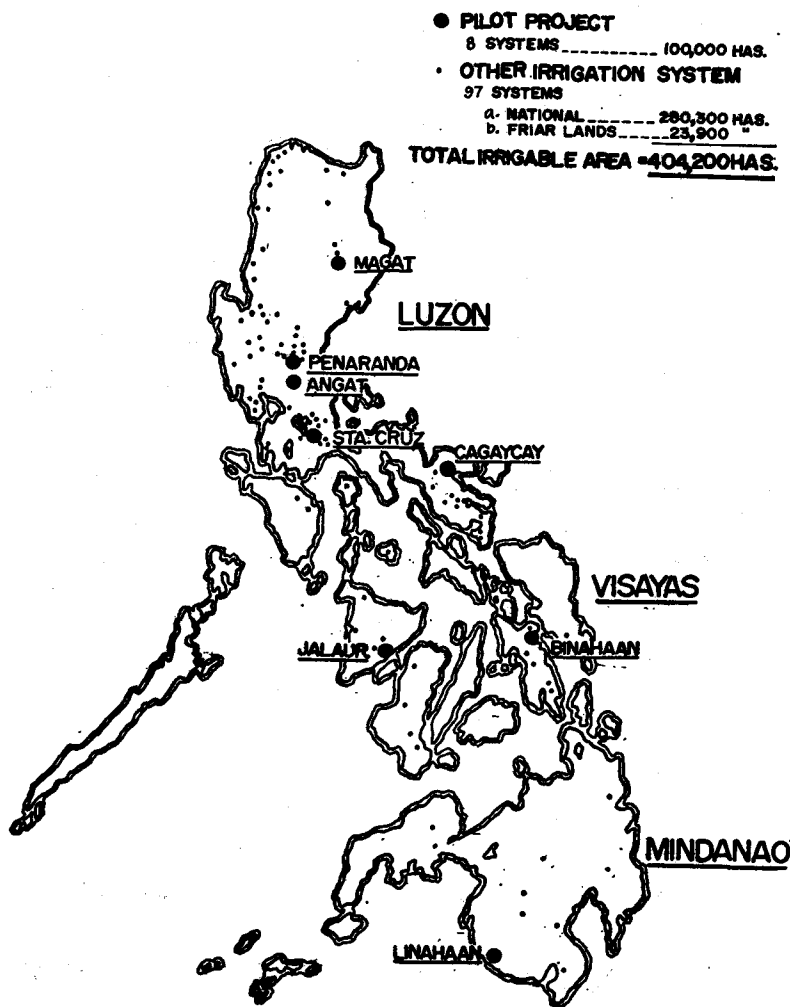
由示範區所求得之資料，以作改善灌溉系統之準繩，故本計劃亦包括了兩個灌溉系統，即為 Angat 灌溉面積 30,930 公頃及 Penaranda 灌溉面積為 19,960 公頃。因第一年時間短暫，基本資料不能及時求得，故系統之改善工程僅完成 Angat 北側灌溉系統，面積約 17,000 公頃，第二年完成兩系統之全部改善工程。

改善工程項目包括節制閘，渠首閘門及分水閘門，給水設備(Turnouts)，量水構造物，小給水渠及排水溝等，第一年經費為菲幣 642,500，第二年為 998,000。

工程完成後，曾設計了一適合當地之配水方法(參看第八節)不失為一定時適量依序的科學灌溉方法。

### 五、灌溉技術人員之訓練及灌溉小組之組織

過去菲律賓之灌溉用水管理雖有專門機構負責，



圖一 菲律賓國家灌溉總署灌溉系統分佈圖

但無用水管理之觀念，要實施理想之灌溉用水管理，無論高低級管理人員及農民，必須灌輸用水管理之基本觀念，故本計劃有訓練班之設立，訓練方式分下列四種。

1. 菲律賓灌溉總署高級人員訓練班：訓練人員包括區工程師，督導工程師及負責示範區工程師等高級人員，第一年舉辦二次，第二年一次，平均每次20人，約計60人，訓練期間為10天，訓練課程大部分由亞銀顧問擔任外，部分由當地專家負責。課程包括灌溉方法與水量分配，量水構造物及觀測，水稻需水量及其觀測法，輸水損失及其測定，有效雨量之統計分析，水稻田間管理，渠道保養與維護農田排水等，此訓練班之目的，非但訓練實際工作人員，且尚訓練師資

，故有部分工程師連續參加訓練班兩次者。

2. 管理人員訓練班：管理人員訓練班，即訓練 water masters, ditchtenders 及 gate keepers, 實際在田間管理人員，此訓練班僅於第二年舉行一次，約20人，訓練期間為六天，課程為高級班之綱要及加強實習，由高級班優秀工程師及當地專家擔任，採用菲語講解，亞銀顧問隨班出席，等候諮詢，隨時解答問題。此次訓練班之目的有二，一為訓練實際工作人員，另一為講師之實習。本計劃結束後，由灌溉總署自行負責訓練。

3. 國外人員訓練：由總署當局挑選曾參加國內訓練班之優良工程師四人，第二年被派至臺灣及日本各二人，訓練期間為四個月，在這四個月內必須包括水

稻自秧田整地，插秧及收穫，全部水稻生長過程之管理，返菲後，對菲律賓之灌溉用水管理會有更深刻之瞭解並指導改進用水計劃。

4. 農民訓練：在八示範區常召集農民講解品種選擇，插秧時期，雜草控制，病蟲害防治，施肥時期與數量，灌水時期與水量等等，並在示範區作實際操作，及比較精密管理前後之水量與產量。將以上資料作有系統之整理送至菲律賓電臺作每週一次之廣播。

除以上四項外，在本計劃結束前數月曾編寫「灌溉用水管理手冊」，作為將來菲律賓訓練工程師與管理人員之教材及參考資料，此手冊非但僅為菲律賓灌溉用水管理之準繩，且亦可適用於東南亞其他國家之參考。此外尚特製彩色幻燈片一套，亦可作為將來訓練人員之教材。

為達全面灌溉用水管理之目的，僅由灌溉總署員工之努力是不夠的，因此配合菲律賓之當地環境在每一給水門之灌區內，農民自行組織灌溉小組 (Irrigator Association)，自行管理配水工作，相當於目前臺灣水利會工作站下之灌溉小組。此小組人數三至十人不等，視灌區面積及農戶多少而異。灌溉時由灌溉小組組員輪值該區之配水工作，猶如臺灣之掌水工。灌溉小組之組織自示範區開始，逐漸推廣，惟此種組織有關國家法令及農民改變原來配水之觀念，將來欲普遍實施實非易事。

## 六、基本資料之試驗與研究

欲達妥善之灌溉用水管理，基本資料之求得乃刻不容緩之舉，在二年內，全部計劃工作人員大部時間皆化於資料之試驗與研究，包括單位引水量 (Diversion Requirement)，實際示範區內之灌溉用水量及滲透計 (Lysimeter) 之試驗資料等。所謂單位引水量可以下式表之：

單位引水量 = 蒸散量 + 滲漏量 + 田間損耗量 - 有效雨量 + 輸水損失 (包括幹渠，支渠及小給水路)。

茲將各項試驗數據及估算單位引水量方法說明如下：

1. 用水量 (Water Requirement) 包括蒸散量與滲漏量之總和，表一為用圓桶法在各示範區中所觀測之數據：

表一 圓桶法觀測用水量表

地 區	蒸散量 公厘/日	滲漏量 公厘/日	用水量 公厘/日	土質	備 註
Angat	4.5	1.1	5.6	黏壤土	8個月平均
Magat	4.0	1.2	5.2	淤質黏 壤土	5個月平均
Penaranda	5.0	0.9	5.9	淤質黏 壤土	6個月平均
Libungan	4.0	1.2	5.2	黏壤土	3個月平均

由表一所示，用水量值在5.2-5.9公厘/日，依實用觀點言之可採用6公厘/日。

2. 田間損耗量：(Farm waste) 影響田間損耗量的因子很多，即不當之排水，給水渠與田埂之好壞，灌溉管理之程度，地勢之緩急，給水渠與排水溝之密度等等皆影響田間之損耗量，因此估計田間損耗量甚為困難，如選擇代表性之明顯界線區域作水收支之調查方可粗略估計，即在某生長季節內觀測該區之雨量，流入流出水量及區內水稻之需水量及滲漏量，由下式即可計算其損耗水量。

$$\begin{aligned} & \text{雨量} + \text{流入水量} - \text{流出水量} = \text{淨灌溉水量} \\ & \text{淨灌溉水量} - \text{蒸散量} - \text{滲漏量} = \text{田間損耗量} \\ & (\text{田間損耗量} / \text{淨灌溉水量}) \times 100 \\ & = \text{田間損耗量百分率。} \end{aligned}$$

本計劃在各示範區內選擇適當地區求得其田間損耗率約15-20%，惟因觀測之精確度不同，上列數值僅為非常粗放數據，尚需進一步之試驗。

3. 小給水渠之輸水損失，在各示範區內用水池法求得小給水渠之輸水損失如下表：

表二 給水小渠之輸水損失 (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/day)

觀 測 地 點	給水小渠輸水損失	土 質
Angat 支線 B	0.048	黏 壤 土
Penaranda	0.052	淤質黏壤土
Magat	0.162	淤質黏壤土
Sta. Cruz	0.152	壤 土

實際應用時建議小給水渠之輸水損失百分率為黏質壤土5%/km，淤質壤土7.5%/km，壤土10%/km。

4. 幹支渠之輸水損失：用於觀測幹支渠輸水損失之方法為水池法與流速儀流入流出法，前者用於流量較小之支渠，後者用於幹渠及較大流量之支渠，其值示於表三

表三 幹支渠輸水損失

觀 測 地 點	輸 水 損 失	土 質	備 註
<b>a. 流速儀流入流出法</b> (每公里輸水損失百分率)			
Magat 灌溉系統 幹渠 0+200~1+200 2+500~5+500	6.19	砂 質 黏 壤 土	0+200~1+200 觀測二次, 2+500~5+000 觀測三次平 均值
Magat 灌溉系統 幹渠 5+400~6+800	2.3	淤 質 黏 壤 土	
Magat 灌溉系統 支渠A 0+100~1+010	6.35	砂 質 黏 壤 土	
Magat 灌溉系統 支渠A 2+850~3+660	0.58	砂 質 黏 壤 土	渠道左側與渠底為漿砌塊石內面 工
Magat 灌溉系統 支渠A 4+280~4+690	23.20	砂 質 黏 壤 土	渠道左側 20m 處為低窪地
Sta. Cruz 灌溉系統 幹渠 1+845~2+867	11.80	壤 土	
Penaranda 灌溉系統 幹渠 5+318~6+366	3.43	淤 質 黏 壤 土	
Penaranda 灌溉系統 支渠E 2+708~3+340	4.09	淤 質 黏 壤 土	
<b>b. 水池法 (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/day)</b>			
Angat 灌溉系統 支渠E	0.0043	黏 灌 土	
Penaranda 灌溉系統 支渠 D <sub>2</sub> a	0.096	淤 質 黏 壤 土	
Magat 灌溉系統 支渠 A <sub>2</sub> a	0.182	淤 質 黏 壤 土	
Sta Cruz 灌溉系統 支渠 A <sub>2</sub>	0.125	壤 土	

由表三數據所示，就是同一土質，其輸水損失之差異甚大，是因各渠道實際情況不同，如渠道位置之高低，渠道兩側地勢之狀況，渠道養護之程度等等皆可影響同類土質渠道不同之觀測值，為求渠道較精確之輸水損失數據，惟有作多次觀測。目前為求實際之應用，各種土質之輸水損失參照表三所測定之值建議如下：

黏質壤土 1.5%/km  
淤質黏壤土 2%/km  
壤土 3%/km

5. 有效雨量之估計：本計劃曾分別估計八灌溉系統之有效雨量，估計方法與步驟如下：

(1) 在該灌溉系統內選擇代表性之雨量站，記錄只

少為10年，此項資料常取自當地氣象局。

(2) 計算每年各月之週間降雨量及降雨日數，最後求其10年之平均值，將計算結果詳細列入表中。

(3) 以月份為橫軸，週平均雨量及降雨日數為縱軸繪分佈曲線。

(4) 在圖中選擇平均週間雨量大於 42mm 者為雨季，反之為乾季。

(5) 以日雨量 6mm 為標準，計算雨季與乾季之日有效雨量及有效雨量百分率。

(6) 計算雨季與旱季之平均降雨日數。

經分析後，八灌溉系統有效雨量之分析結果如表四：

表四 菲律賓各灌溉系統有效雨量分析表

灌溉系統	代表雨量站	雨 季	日有效雨量 mm		有效雨量 百分率		降 雨 日	
			雨季	乾季	雨季	乾季	雨季	乾季
Angat	Manila City	五 月 中 至 十 月 中	5.90	1.61	60	100	6.7*	1.8*
Magat	Ilagan, Isabela	六 月 末 週 至 十 二 月 第 二 週	5.71	2.45	60	100	2.7	1.2
Penaranda	Cabanatuan City	五 月 第 三 週 至 十 月 第 二 週	5.96	1.33	53	100	4.7	0.9
Libungan	Midsayap	不 分 明	4.73		90		2.4	
Jalaur	Iloilo	六 月 末 週 至 十 一 月 末 週	5.66	2.00	59	96	4.1	1.9
Sta. Cruz	Sta. Cruz, Laguna	七 月 第 一 週 至 十 二 月 第 一 週	5.78	1.94	68	100	4.3	2.1
Binahaan	Inopascan, Leyte	不 分 明	4.53		81		2.6	
Cagaycay	Naga, City	不 分 明	4.41		70		4.4	

\* 旬間降雨日數餘為週間降雨日數

上列資料對作物種植時期之計劃，引水量之估計及配水量之設計等很有用處，如以每日降雨量來估計每次灌溉遲延日數時可用表五查得。

表五 每日降雨量估計每次灌溉遲延日數表

③	①			備 註
	7mm/day	8mm/day	9mm/day	
1	5~8	5~9	5~10	①每日應灌水深
2	9~14	10~16	11~18	②每日降雨量 mm.
3	15~21	17~24	19~27	③每次灌溉遲延日數
4	22~28	25~32	28~36	
5	29~35	33~40	37~45	
6	大於35	大於40	大於45	

6. 單位引水量之估計：本節開始時曾提出計算單位引水量估計之定義，現影響單位引水量之各項數據已於本節 1-6 討論，茲應用以上之數據估計雨季及乾季每公頃應引之水量如表六

表六 單位引水量之估計

項 目	引 水 量 mm/day					
	黏質壤土		淤質黏壤土		壤 土	
	雨季	乾季	雨季	乾季	雨季	乾季
蒸散量 (Et)	4	6	4	6	4	6
滲漏量 (P)	1.5	1.5	2	2	3	3
田間損耗量 (Et+P) × 15%	0.83	1.13	0.90	1.20	1.05	1.35
小給輸水損失 平均長度 500m	0.16	0.22	0.26	0.35	0.40	0.50
幹支渠輸水損失 平均長度 15km	1.46	1.98	2.15	2.87	3.80	4.88
每 日 引 水 量 (mm)	7.95	10.83	9.31	12.42	12.25	15.75
每 公 頃 引 水 量 (ℓ/s)	0.92	1.25	1.08	1.44	1.42	1.82

表六所列數字尚未考慮有效雨量，如表四兩季平均每日有效雨量約為 5mm，乾季為 1.8mm，則考慮有效雨量之單位引水量可改成如表七所示。

表七 考慮有效雨量後之單位引水量表

單 位	黏質壤土		淤質黏壤土		壤 土	
	雨季	乾季	雨季	乾季	雨季	乾季
mm/day	2.95	9.03	4.31	10.62	7.25	13.95
ℓ/s/ha	0.34	1.05	0.50	1.23	0.84	1.61

單位引水量之估計僅為全區灌溉系統計劃之用，如用為配水設計僅考慮表六前四列數據即可，因幹支渠之輸水損失已於設計渠道流量時考慮在內，表八之第一列數據即為表六前四列數字之和而在應用時無需採用如此精確之數字，故表中第二列數字為第一列之近似值，稱灌溉用水量，配水設計時，因土質種類即可選定採用。如考慮有效雨量時，可採用表五所列之數據估計每次遲延日數。

表八 各不同土質灌溉用水量表

單 位	黏質壤土		淤質黏壤土		壤 土	
	雨季	乾季	雨季	乾季	雨季	乾季
mm/day	6.49	8.85	7.16	9.55	8.45	10.87
mm/day	7	9	8	10	9	11

7. 整田需水量：水稻整田需水量與耕犁深度，土壤孔隙率，土壤孔隙率，地下水位高度，整地前土壤含水量等因子有關。為使整地需水量配合實際需要，本計劃曾在不同地區試驗二次，一在 Baliuag，另一在 Bustos，得飽和水分之整地需水量分別為 74 及 133mm，二者水量約差一倍，因試驗前之土壤水分，地下水位及試驗田周圍之環境完全不同，前者試驗

田周圍有水稻田，田面積水，因此試驗田地下水位高達離地 50cm，故整地需水量 74mm 已足。而在 Bustos 之試驗田，灌水前裂縫寬達 2cm，且近田埂之裂縫與隔壁田丘通連，滲透水在所不免，又其地下水水位低達 2 公尺許，因此整地需水量高達 133mm。以上二數據雖相差懸殊，吾人可視為在雨季之整地可採用 70mm，乾季時採用 130mm，惟試驗次數過少，建議將來應作多次試驗，目前所建議 120mm 之整地需水量尚可繼續採用。

8. 試驗區實際用水量與產量比較試驗：1969年11月至今年2月在 Angat 試驗區選地二處，一為每日灌溉 6mm 由試驗站人員管理，另一處由農民自行管理，二處田間管理皆同，即除草施肥等處理完全一樣

，其試驗結果如下：

平均每日灌溉水量二區分別為 7.29 及 8.63mm，全生長期間之灌溉水量各為 736.29 及 871.49mm，可省水 15.5%，而產量用水少者每公頃為 4,313 公斤，用水多者為 2,857 公斤，可增生 34%。由此試驗可知，如訓練農民妥為管理灌溉，非但可省水並可增產。

9. 示範區中施灌水量之統計：每示範區之配水方法皆採用輪灌，區內約分 50 公頃為輪區，10 公頃為單區，灌溉水量皆由量水設備量測後灌至農田，並考慮有效雨量，其灌溉用水量如表九所示，其值在 5.34~8.44mm 之間，在灌溉系統中實施灌溉時，此值僅視為下限，因灌溉系統中之給水渠密度沒有示範田內大，且示範區內管理人員較多，管理比較精密。

表九 示範區灌溉用水量統計表

地 區	生 長 期	灌 溉 面 積 (ha)	實 灌 水 量 mm/day	有 效 雨 量 * mm/day	平 均 灌 溉 用 水 量 mm/day
Angat	1969~70 乾季	39.12	4.08	1.26	5.34
Angat	1969 年 雨 季	39.12	2.84	3.56	6.40
Peneranda	"	41.09	6.45	—	6.45
"	"	21.65	6.23	—	6.23
"	"	37.66	8.44	—	8.44
"	1969 年 雨 季	37.66	5.39	1.20	6.59
Magat	1970 年 雨 季	—	5.09	2.35	7.44

\* 此處有效雨量乃假定田面蓄水多於 100mm 者為無效。

10. 滲漏計 (Lysimeter) 試驗：在 Angat 示範區會做過續灌與間歇灌溉之比較試驗，全生長季之用水量分別為 1,283.8mm 及 1,152.9mm 此項數字包括整田用水，而不包括逕流與滲漏水量。如考慮田間灌

溉之實際應用，逕流與滲漏水量應同時考慮，則灌溉用水量分別為 1,309.9mm 及 1,114.1mm，惟單論生長期間之灌溉水量分別為 1,133.8 及 992.9mm，如再作詳細比較與分析，參看表十

表十 滲漏計試驗續灌與間歇灌溉水量比較表

處 理 別	整 田 水 量		水 稻 灌 溉 水 量		灌 溉 用 水 量		
	mm	%	mm	%	全 季 節 mm	%	每 日 mm
續 灌	150	94	1,133.8	114	1,309.9	118	7.3
間 歇 灌 溉	160	100	992.9	100	1,114.1	100	6.2

上表表示間歇灌溉較連續灌溉可省水 18%，如論每日灌溉水量，間歇灌溉較續灌可節省 1.1mm。

經以上基本資料之分析，可得下列結論：

1. 單位引水量由用水量，田間損耗量，有效雨量及輸水損失估計而得，其值為 0.92-1.82 l/s，如考慮有效雨量，其值可改為 0.34-1.61 l/s 視乾雨季與土壤類別而異。此等數據僅供灌溉計劃之用。

2. 在配水設計時每日平均灌水深度為 7-11mm 視乾雨季與土壤類別而異。

3. 示範區灌溉用水量為 5.34~8.44mm/day，與前項 2 之數據比較略低，因示範區精密灌溉管理，與全系統之灌溉有差，故每日平均灌水量 7~11mm 尚稱合理。

4. 整田用水視乾雨季及其地區環境有別，在未得

更多之試驗前，整田用水 120mm 尙可採用，插秧前再灌30mm計150mm尙稱合理數字。

### 七、灌溉給水渠與給水設備

灌溉系統現況已如上述，即給水閘門殘缺不齊，閘門以下有小給水渠者僅約佔 5%，因此灌溉用水管理與配水無法實施。本節乃說明小給水渠及給水閘門之規劃與設計，茲分述如下：

1. 給水小渠之規劃：規劃小給水渠須與給水閘門同時考慮，用比例尺 1/4,000-1/5,000 地形圖，將其位置點繪於圖中，其要點如下：

(1) 小給水渠應位於灌溉區之中間，以便灌溉二側田區。

(2) 小給水渠應位於灌溉之最高位置。

(3) 較平坦地小給水渠橫越等高線爲宜。

(4) 如可能時小給水渠所輸送之水直接到達每一坵塊。

(5) 小給水渠與排水溝要分開。

(6) 每小給水渠之長度以一公里爲適。

(7) 小給水渠末端應連接排水溝或天然河道。

依照 Angat 示範區小給水渠之密度僅每公頃63公尺，如此灌溉水未能到達每一田區，故建議小給水渠之密度只少每公頃以70公尺爲適。

Angat 及 Binahaan 灌溉系統曾調查應加設之小給水渠，但除 Binahaan 外，Angat 之密度尙嫌

不足，同時調查後之小給水渠分佈尙未達完善，此項工作不能僅由管理工人調查，灌溉工程師應實地參與工作。

2. 給水閘門之設置：給水閘門之加設及修繕之調查，Angat 及 Binahaan 已完成，但尙未達完善程度，有許多地方僅 2 公頃之灌溉面積用12吋或24吋之短管給水，調查及設計給水設備時應遵照下列三點：

(1) 第一步由管理工人實地調查應加設及修繕之給水閘門。

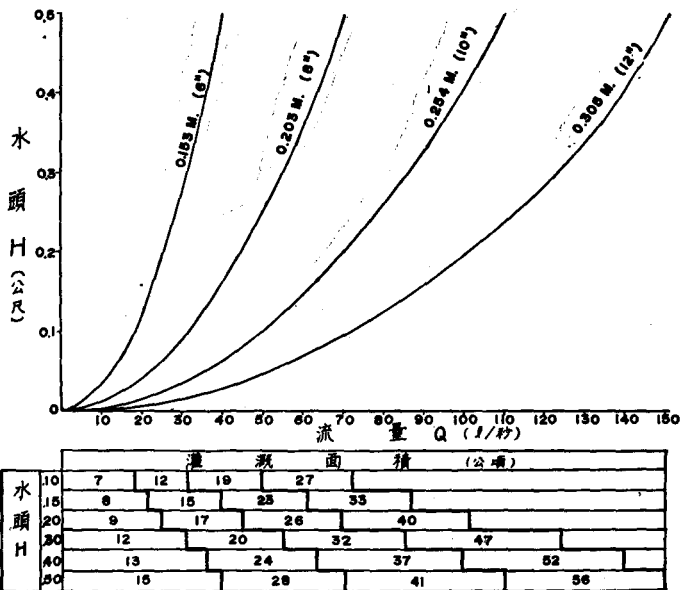
(2) 經管理工人調查後，灌溉工程師應去現場巡視一次，檢查是否應加設與修繕，檢查後立刻改正。給水短管之大小與灌溉面積應遵照下表

短管尺寸 (吋)	灌溉面積 (公頃)
6	7
8	12
10	19
12	27

(3) 設計給水設備時，應同時考慮短管之大小，灌溉面積，引水水頭及最大流量等四條件，標準規劃請參看圖二。

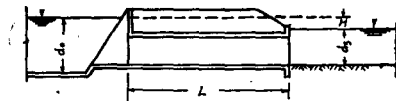
3. 改善小給水渠與給水設備之預算舉例：

(1) 小給水渠：根據 Angat 北側給水小渠之調查資料，現有給水小渠之密度每公頃僅 8 至 30 公尺不等，爲達每公頃 70 公尺之標準，平均每公頃尙需非幣



流量公式  $Q = CA\sqrt{2gH}$

$Q$  = 流量 ( $m^3/sec.$ )  
 $C$  = 0.7 (常數)  
 $A$  =  $\frac{1}{4} \pi D^2$  ( $sq. m.$ )  
 $D$  = 短管內徑 ( $m.$ )  
 $H$  = 水頭 ( $m.$ )  
 $g$  = 重力加速度  
 $= 9.82 m/sec./sec.$



$d$  = 支渠流量  $\frac{1}{2} Q$  時之水深  
 $d_3$  = 給水小渠水深  
 $L$  = 小於 5 m.

灌溉面積公式  $A (Ha) = 37.0 Q$

最大用水量 - 20 mm/day  
 田間損耗自給水小渠輸水損失 - 15%

圖二 給水短管規劃圖



22.91元，Binahaan 尚需 15.59元。

(2)給水設備之預算須先從單價着手，下表即為各不同大小給水設備之單價，即包括閘門及短管之材料及裝設之人工費等

給水設備大小 (吋)	單價 (菲幣元)
6	100
8	120
10	135
12	165
18	220

改善灌溉給水閘門平均每公頃之單價 Angat 北側灌溉系統需菲幣 10.28元而 Binahaan 需 15.09元。

綜合本節田間給水系統所需每公頃之改善單價平均為菲幣31.64元

	Angat 北側灌溉系統 (菲幣元)	Binahaan 灌溉系統 (菲幣元)	合計 (菲幣元)
小給水渠	22.91	15.59	38.50
給水設備	10.28	15.09	25.37
計	33.19	30.68	31.64

### 八、配水計算方法

本計劃配水方法目前在試用者有二，即在示範區配水方法為臺灣目前之輪灌配水法，即輪區與單區配水，此法在菲律賓過於精密，現有之構造物及給水小渠不適實用；另一法為在支渠分段實施輪灌，每段灌溉面積數百公頃不等，此法又過粗放。經長期之研究與討論，配水應以實際系統構造物為基礎，再加以改善才為將來可行之配水方法，故每一給水設備以灌溉 10-20 公頃為度，亦可視為臺灣之單區，因此配水方法決定在支渠內分段以給水門來控制流量實施輪灌，同時又配合當地農民之習慣，開閉給水門避免在深夜舉行，並由灌溉小組組員輪流管理彼等之灌溉，即為將來擬採用之配水方法。茲舉例說明如下：

#### 1.設計資料

浸田用水 120mm

整田用水 30mm

本田用水 10mm/day

田間損耗量，本田用水量之20%

渠道輸水損失，每公里為渠道流量之3%

灌溉區實際之資料如表十一

給水門編號	面積 (ha.)	給水口直徑 (in.)	最大流量* (ℓ/s)	給水門離支渠 起點距離 (km)
1	11	12	50	0
2	9	10	35	0.7
3	10	10	35	1.1
4	12	12	50	1.7
5	13	12	50	2.4
6	8	8	22	2.9
7	10	10	35	3.4
8	11	12	30	4.1
9	9	10	35	4.5
10	7	8	22	5.0

\* 用流量公式  $Q=0.7A_1\sqrt{2gh}$   $h=0.1m$

2.設計各灌溉時期給水門之流量與灌溉日數設支渠最流量為 230 ℓ/s

(1)整田時流量與灌溉日數之計算，計算法如表十二

	淨流量 (ℓ/s) <sup>2</sup>	包括田間損耗與 給水小渠損失 (ℓ/s)	應灌日數(日)	
			計算值	效正值
Q <sub>7</sub> <sup>1</sup>	122 <sup>2</sup>	152 <sup>3</sup>	6.90 <sup>4</sup>	7.0
Q <sub>8</sub>	138	173	7.86	8.0
Q <sub>9</sub>	156	195	5.55	5.5
Q <sub>10</sub>	174	218	6.23	6.5
Q <sub>11</sub>	191	238	4.75	5.0
Q <sub>12</sub>	208	259	5.17	5.5
Q <sub>13</sub>	226	282	5.63	7.0

註1 Q<sub>7</sub>, Q<sub>8</sub>, ... 等表示灌 7,8公頃所需之流量

$$2 \frac{0.15 \times 10000 \times 7}{86,400} = 0.122 \text{CMS} = 122 \text{ ℓ/s}$$

$$3 \frac{122}{(1-0.2)} = 152 \text{ ℓ/s}$$

$$4 \frac{152}{22} = 6.9 \text{ 日}$$

(2)本田灌溉流量與日數之計算，計算法如表十三

	淨流量 (ℓ/s)	5 天輪灌 流量(ℓ/s)	包括田間損耗與 給水小渠損失 (ℓ/s)	應灌日數(日)	
				計算值	效正值
Q <sub>7</sub>	8.1 <sup>1</sup>	40.5 <sup>2</sup>	50.5 <sup>3</sup>	2.30 <sup>4</sup>	2.5
Q <sub>8</sub>	9.4	47.0	59.0	2.68	3.0
Q <sub>9</sub>	10.5	52.5	66.0	1.89	2.0
Q <sub>10</sub>	11.6	58.0	72.5	2.07	2.0
Q <sub>11</sub>	12.7	63.5	79.0	2.25	2.5
Q <sub>12</sub>	13.9	69.5	86.0	1.72	2.0
Q <sub>13</sub>	15.5	77.5	97.0	1.94	2.0

$$註1 Q_7 = \frac{0.01 \times 10,000 \times 7}{86,400} = 8.1 \text{ ℓ/s}$$

$$2 8.1 \times 5 = 40.5 \text{ ℓ/s}$$

$$3 \frac{40.5}{(1-0.2)} = 50.5 \text{ ℓ/s}$$

$$4 \frac{50.5}{22} = 2.30 \text{ 日}$$

3. 計算支渠之輸水損失，計算法如表十四

給水門編號	給水門之流量 (ℓ/s)	支渠起點之流量 (ℓ/s)
1	50	50.0
2	35	35.7*
3	35	36.0
4	50	52.7
5	50	53.8
6	22	24.1
7	35	39.0
8	50	57.0
9	35	40.5
10	22	38.0

\*  $\frac{35}{1-(0.03 \times 0.7)} = 35.7 \text{ ℓ/s}$

4. 整田與本田灌溉時間表，如表十五

日數自整田算起	給水門編號										所需流量 (ℓ/s)	支渠起點流量 (ℓ/s)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1~5		×	×		×	×	×			×	199	227
6		× <sub>AM</sub>	×		×	×	×			×	189	227
7			× <sub>AM</sub>		×	×	× <sub>AM</sub>		×	×	164	216
8	×			×				×	×		207	225
9	×	①		×				×	×		220	236
10	×	①		×				×	×		220	236
11	×	①	①	×				×	×		220	236
12	×	①	①	×				×	× <sub>AM</sub>		220	236
13				× <sub>AM</sub>	①	①	①			①	179	208
14		②			①	①	①			①	165	191
15	①	②				①			①	① <sub>AM</sub>	129	148
16	①	②	②					①	①		170	184
17	① <sub>AM</sub>	②	②	①				①			220	235
18				①		②	②	① <sub>AM</sub>			157	173
19		③			②	②	②			②	167	188
20	②	③			②	②				②	179	202

註：1. ×表整田與浸田灌溉。

2. ○表本田灌溉。

3. ×<sub>AM</sub>表整田灌溉半天自上午8:00至下午8:00。

4. ○<sub>AM</sub>表本田灌溉半天自上午8:00至下午8:00。

5. 無AM符號者表整天灌溉，自上午8:00至翌日上午8:00。

6. 表中最後一行表示支渠起點之流量，自表十四中求得。

例：自1~6日之流量，為給水門2，3，5，6，7及10號計算支渠輸水損失後流量之總和，亦即支渠起點之流量即  $35.7+36.0+53.8+24.1+39.0+38.0=227 \text{ ℓ/s}$

## 九、結 論

以上各點所述即為菲律賓灌溉用水管理在二年內由亞洲開發銀行技術協助計劃下所擬定之方案，即由訓練技術人員與農民開始，進而管理機構之組織與改善，最後由示範區求得基本資料擬定灌溉配水管理方案。以上所述方案僅包括灌溉管理方面及人員訓練組織部分，尚未包括自取入口至給水門灌溉工程及灌溉田區之農事管理，如新設水門之設計與預算，水稻種植與收穫時期，施肥除草與病蟲害防治等，因此二方面工作由兩日本顧問負責，本文不包括在內。

本方案進行之步驟可分為基本資料之收集，準備工作，管理實施與系統維持等四項，茲分述如下：

1. 基本資料收集：包括雨量，用水量，作物種植時期之調查，河川與進水口流量之統計分析，幹支小渠輸水損失及田間損耗水量之估計等項目。

2. 準備工作：修繕原來灌溉系統內之設備，如制水閘、分水閘、給水門、幹支分渠堤岸、小給水及小排溝等；新設量水設備及灌區雨量計，添設給水門，小給水路及排水溝等。

3. 管理實施：檢定量水尺，量水設備及給水門流量，配水計算與實施，改善農事管理，訓練技術人員與農民，組織灌溉小組。

4. 系統維持：定期清除渠岸雜草，包括幹支分渠與小給水渠，每年挖掘淤泥歲修渠岸及系統內構造物各一次，維持給水門符合設計流量，經常催繳水費等項目。

此外本案方向作改善行政組織及用水管理實施細則之建議，本文不一一述及，僅將改善行政組織部分說明如下：

第二節已說明過去灌溉用水管理由工程組管理課負責，該課管理人員僅四、五人，何能管理如此大之灌溉面積？故筆者建議另成立管理組（Department of water management），取消工程組內之管理課，而成立與工程組平行之機構。管理組下分研究與發展課（Division of research and development）內容為基本資料之研究與分析，人員訓練及實驗成果之宣傳與推廣；二為規劃課（Division of plans and program）下分灌溉與農業二股，前者負責系統設備修繕之設計，量水構造物之檢定，配水計算等，後者負責農事管理，灌溉小組之組織等；三為系統維持與灌溉實施（Division of Operation and Maintenance）前者包括渠道與構造物之歲修，小給水路與排水溝維護之督導等；後者為配水實施，新構造物與小給水路等之施工，水費之徵收等工作。事實上實際參與灌溉之機構有區辦公處與灌溉系統辦公室，故在總署內所設之管理組乃着重策劃與督導工作。

欲改變一灌溉制度，必須具備三個條件即法令，經費與技術，同時須配合果剛之精術與較長之時間方可達其目的。亞銀對菲國灌溉管理技術協助計劃二年，僅為此計劃之開端，將來對此計劃之成敗全靠菲國自己努力，菲國政府對此計劃非常重視，故該政府已決定對此計劃再繼續三年，希望他們能按步就班地去做，而達最成功之灌溉用水管理。

# 東海汽車貨運 股份有限公司

地址：花蓮市海濱街  
電話：花蓮六〇〇號