

# 稻米轉作合理用水與配水技術之研究

## Study on Rotational Water Use and Water Distribution Technique of Shift from Paddy Rice to Upland Crops

臺灣大學農工系技士

湯 松 義

Song-yih Tang

### 摘 要

爲解決本省稻米生產過剩，近年來政府大力倡導稻田轉作政策，惟推行上缺乏集團轉作，形成零星之轉作田分布於田間，造成水利會灌溉管理上之不便，影響及灌溉用水之浪費與旱作物之生產，亦可能造成田區之排水不良。

目前之灌溉營運計畫，均以水稻爲主之配水計畫，採用定水頭、定流量之配水方式，故無法遷就小部分之轉作田區，又雜作之種類繁多，需水量、需水日期、栽培方式等灌溉條件均不相同，難以制定合理之配水計畫。

本研究即針對稻田轉作後，所產生之水稻、雜作用水問題，予以深入探討，考慮各種旱作之需水型態及其田區情況，擬發展水稻旱作混植之配水計畫模式，冀期達到合理配水之目標。

### ABSTRACT

For decreasing rice production but increasing upland production in recent years, the new agricultural policy in Taiwan is reducing paddy rice area with replacement of upland crops area. It has brought about some salient phenomena in the area consisting of rotational irrigation blocks. The irregularly scattering of plots grown with a great many sorts of upland crops in addition to paddy rice in each block has inconvenienced irrigation management in each areas, and consequently results in the difficulty drainage.

While the existing irrigation scheduling is based on the prerequisite that, within each rotational block before, the sorts of crops cultivated were uniform in every crop season; obviously it is no more applicable to the new situation mentioned previously. Besides, the different cultivation methods, and various water requirements as well as irrigation times due to existence of multi-crops in a block, have caused difficulty in establishment of rotational water distribution schedules.

This paper aims to deal with the abovementioned problem pertaining to field irrigation water requirement after shifting paddy

rice by upland crops. Considering the water requirement patterns of the crops cultivated in the field and the water effective factors of irrigation, water management and scheduling were deeply discussed in this paper to establish an irrigation model for water distribution within mix-planted rotational tertiary. Hence it is hoped that all the crops on field will be irrigated with adequate quantity at the right time.

## 一、前 言

由於國人飲食習慣的改變，食米量逐年下降，造成稻米生產過剩，因此政府大力提倡稻田轉作，但是轉作之推行仍欠缺整體性之計畫，因此原應植水稻之區域內，農民零星轉植旱作，而水利會為配合現況轉作制度，僅顧及計畫，而忽略了整體配水型態。對於輪區中零星轉作田區，一律以水田用水供給，因此除了會造成灌溉用水之浪費，影響旱作物之生育情況外，甚或造成田區之排水不良。

在灌溉系統操作營運上，本省一向以水旱田兼用之開水路灌溉方式，採用定水頭、定流量之配水型態。為維持一定水量及合理灌溉時間，無法遷就小部分之轉作區域，調整進水口流量，又目前水利會配水方式採用（灌溉率）及（種植面積）之單純關係計算，此方法有待進一步之商榷，且為突破上述諸問題及考慮轉作後節餘用水之合理利用，確有進一步研究之必要。

本研究針對稻田轉作後，所產生之水旱田用水問題，予以深入探討，於平常之水稻配水計畫中，加入旱作因子，考慮各種旱作之需水型態及其於田區情況，發展水稻旱作混植模式，以期能達到轉作後同時滿足水田及旱作之灌溉需水量，且不造成用水浪費及管理不便之理想目標，並對水資源調配系統管理與土地利用，具有相當助益。

## 二、研究 方 法

本研究中為發展出一套合理之配水模式，達到轉作後能同時滿足水田及旱作之灌溉需水量之目的，預定之研究方法，如下步驟：

1. 目前水利會配水計畫制定方式之探討。
2. 既有合理化配水模式之探討。
3. 研擬水旱田混植輪區之合理配水模式。
4. 計畫區內基本田間資料之調查。

5. 輪區現場配合模式實地配水及觀測。
6. 現場觀測結果分析。
7. 修正水旱混植配水模式。
8. 再現場執行觀測，並修正至合於田間實際狀況。

其過程如以下之流程圖：

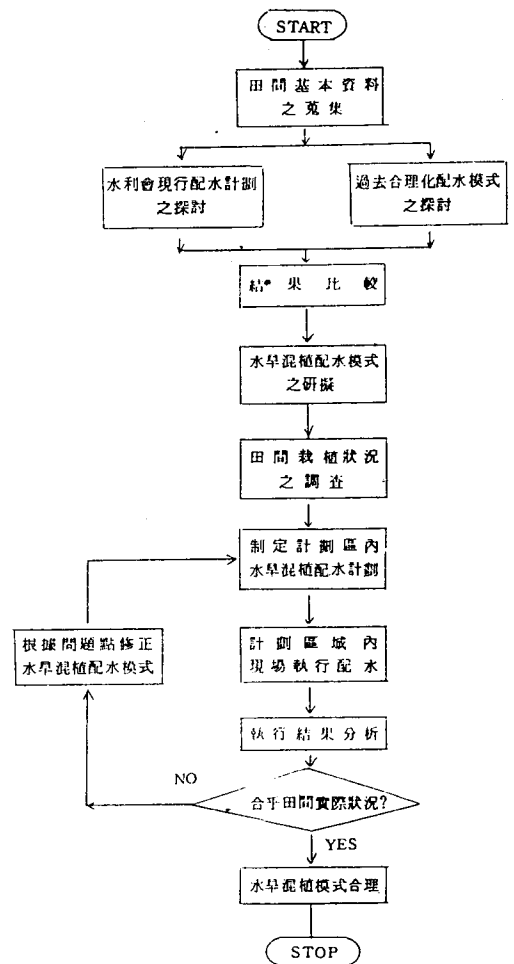


圖 1 研究方法流程圖

### 三、研究區域概況

#### (一)基本資料之蒐集

##### 1.背景資料：

##### 崙背工作站（雲林農田水利會）

##### (1)位置：

雲林農田水利會位於臺灣西岸，北以濁水溪與彰化為界，南以北港溪與嘉義為界，東與南投相鄰，西臨臺灣海峽，為臺灣主要之農業生產區。

崙背工作站位於雲林農田水利會中，新虎尾溪之河旁，屬於西螺管理站之轄區。

##### (2)水源：

以濁幹線為主要水源，取自北界之濁水溪，其主要取水幹線包括：濁幹線、斗六大圳、鹿場課圳等，另一水源為新虎尾溪，取水幹線為新虎尾溪別線。

崙背工作站之主要水源即為新虎尾溪別線，另有大義、九隆等工作站之排水路——八角亭分線，為併用水源，為迴歸水之有效利用，另有地下水井之抽取，為補助水源。故崙背工作站之水源，相當穩定。

##### (3)土壤狀況：

雲林地區之土壤，屬中質土，其粘土百分比約在20%左右。而崙背工作站之粘土百分比在27.9%左右，屬坩質壤土。

##### (4)區域面積：

雲林水利會現有之灌溉面積為 66,877 ha，其中崙背工作站之灌溉面積為 1608 ha，分為12水利小組，選擇鹽園區做為實例演算之代表區域。

鹽園區亦分為三小區，三小區之面積分別為：

第（Ⅰ）小區： 32.3654 ha

第（Ⅱ）小區： 60.0853 ha

第（Ⅲ）小區： 39.9684 ha

總 計： 132.4191 ha

##### (5)灌溉制度：

雲林水利會之轄區，屬臺灣之主要農業生產區，其耕作制度配合之灌溉制度相當健全。

而崙背工作站，由於加入併用水源（八角亭分線）故區內除三年一作，三年二作之灌溉方式外，另有併用水源區之雙期作方式，其面積分別為：

三年一作區： 29.81 ha

三年二作區： 1133.74 ha

雙期作區： 444.61 ha

鹽園三小區，即位於併用水源區內，屬雙期作之耕作方式。

##### (6)水路系統：如圖2。

本區水路由新虎尾溪引水至新虎尾別線進入工作站轄區。

##### 大客工作站（嘉南農田水利會）

##### (1)位置：

嘉南農田水利會為目前臺灣灌溉面積最大的水利會，其灌溉區域位於本省西南部嘉南平原。東起中央山脈西臨臺灣海峽，東西寬約71公里，北從北港溪，南至二仁溪，南北長約86公里，總灌溉面積為81,896公頃。

大客工作站位於嘉南水利會灌溉區域北部，在嘉義縣新港鄉之西南部。

##### (2)水源及取水方式：

嘉南水利會之水源主要為水庫供水，包括曾文水庫、烏山頭、白河水庫等，另外還有河川取水、地面水補助水源及地下水補助水源。

本區之水源為烏山頭和曾文水庫之聯貫運用，屬於水庫取水系統，其供水量除南部長期乾旱外，水量皆足，水庫水量穩定，工作站皆依配水計畫施灌。

##### (3)工作站轄區

本轄區內共有月眉潭、北月眉潭、潭子、外六斗、大崙、東大客、西大客、西潭子、北外六斗等九個小組27個輪區。全部面積 1085.40 ha。

##### (4)土壤狀況

本區多種植水稻，土壤多為粘質壤土，其滲漏量值低。依「嘉南地區水稻田灌溉調查研究」報告中得知約在1.67 mm/day左右。

##### (5)灌溉制度：

嘉南水利會之灌溉制度與耕作方式現行之制度有：

(1)三年二作田 (2)蔗作田 (3)雙期作田

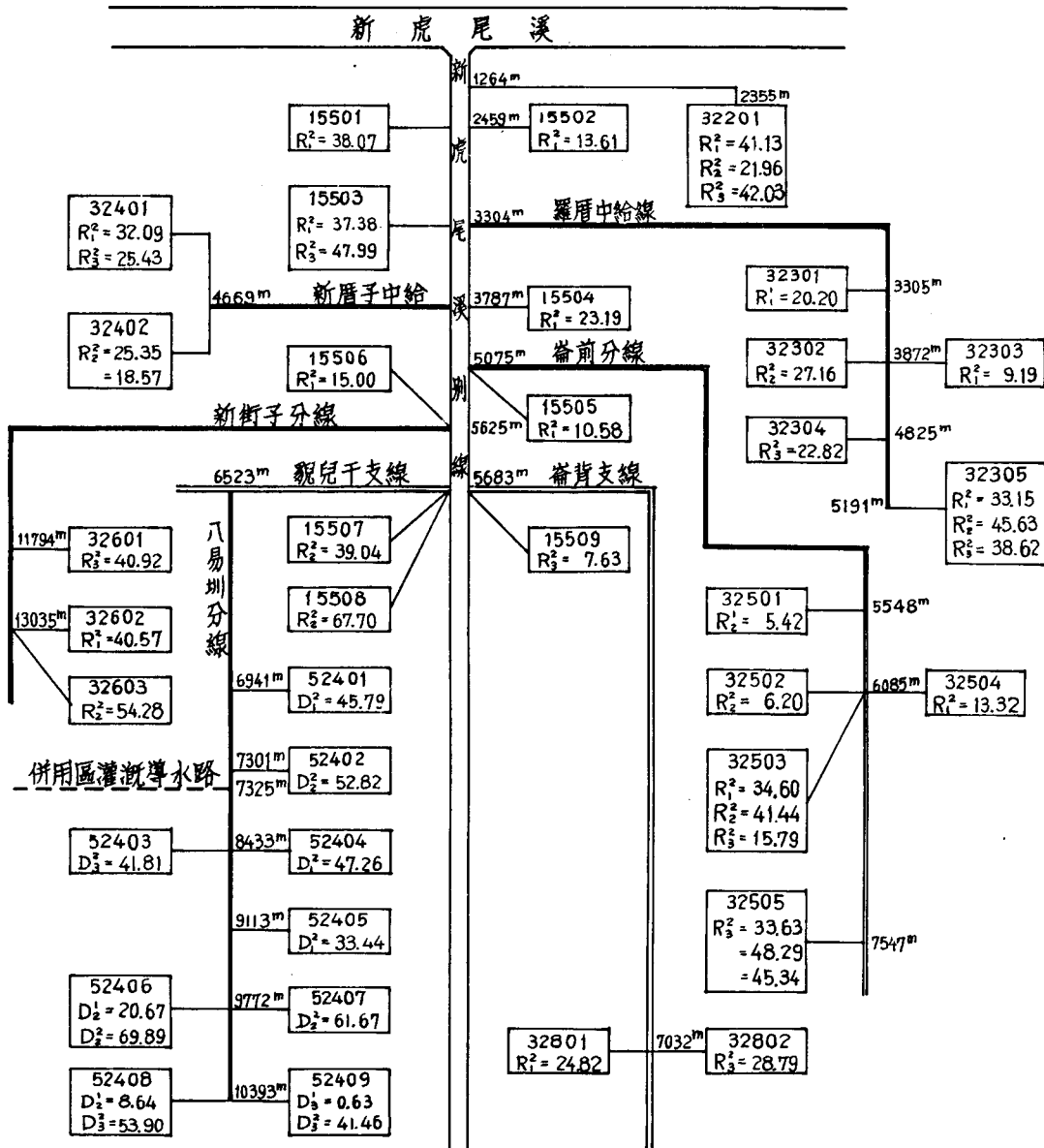
##### (4)單期作田

大客工作站栽培方式

①三年二作：月眉、北月眉、大崙、北外六斗。

三年二作 1 區： 100.20 ha

三年二作 2 區： 113.81 ha



$R_1^2 = 20.20$  三年一作第1小區  
 $R_2^2 = 5.42$  " " 第2小區  
 $R_3^2 = 366.70$  三年二作第1小區  
 $R_2^2 = 279.63$  " " 第2小區  
 $R_3^2 = 464.98$  " " 第3小區

$D_2^2 = 29.31$  併用區單期作第2小區  
 $D_3^2 = 0.63$  " " 第3小區  
 $D_1^2 = 126.49$  " 二期作第1小區  
 $D_2^2 = 184.38$  " " 第2小區  
 $D_3^2 = 137.17$  " " 第3小區

合計 = 1614.91 公頃

圖 2 雲林農田水利會新虎尾溪別線崙背工作站灌溉系統圖

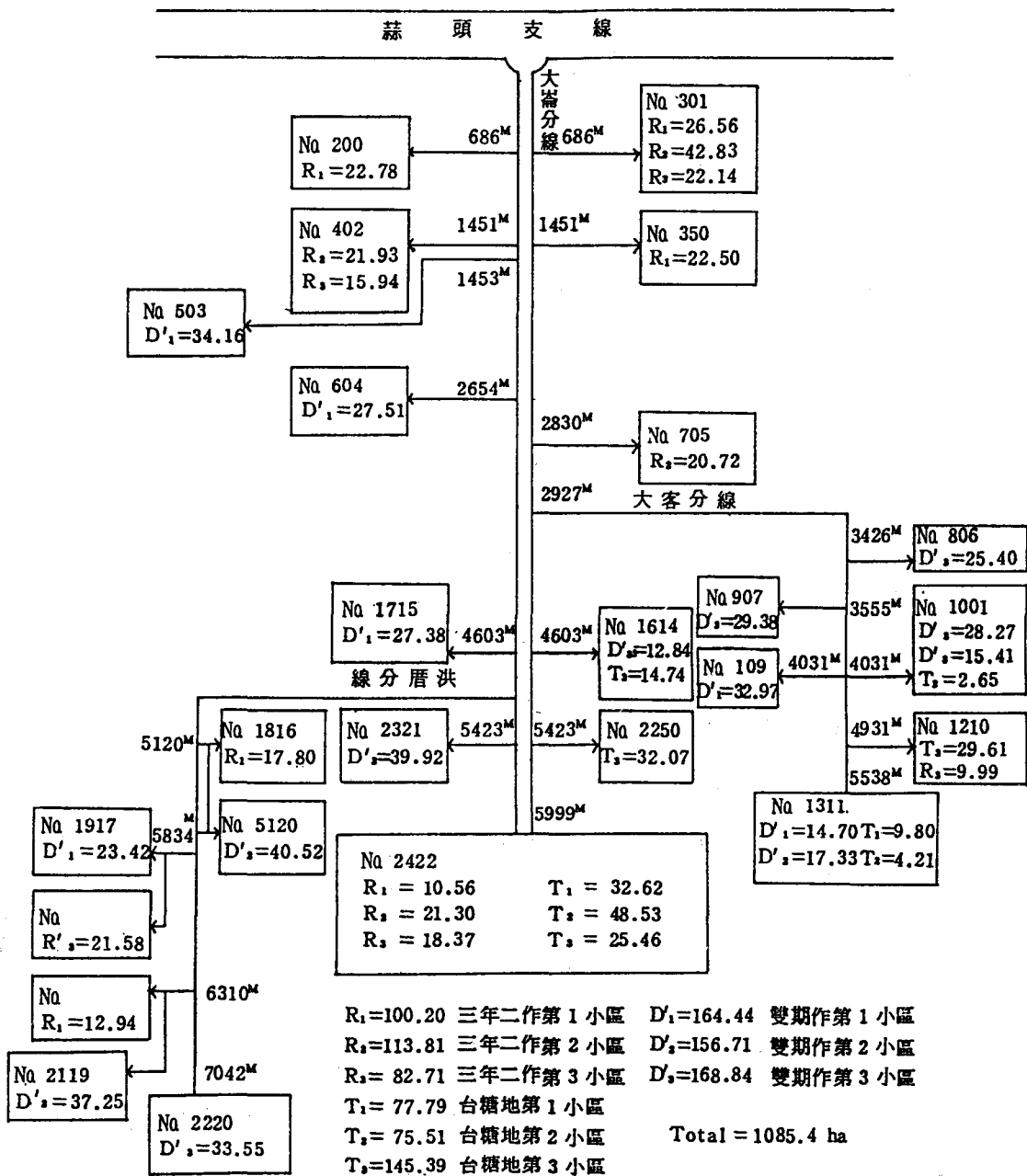


圖 3 嘉南水利會蒜頭支線大客工作站灌溉系統圖

三年二作3區： 87.71 ha

②蔗作田：西大客、北月眉、大崙、北外六斗等。

蔗作田第1小區： 77.91 ha

蔗作田第2小區： 75.51 ha

蔗作田第3小區： 145.39 ha

③雙期作田：潭子、東大客、西潭子。

雙期作第1小區： 164.44 ha

雙期作第2小區： 156.71 ha

雙期作第3小區： 168.84 ha

(6)水路系統：如圖3。

本區水路由北幹線引水至蒜頭支線，至大崙分線，進入工作站轄區，再至大崙分線及紅厝分線。

(A)大崙分線：

(a)渠道容量：1.115 C.M.S.。

(b)分線區域：月眉潭、北月眉潭、東大客、西大客、北月眉潭。

(B)大客分線：

(a)渠道容量：0.522 C.M.S.。

(b)分線區域：潭子、東大客、西大客、北月

表1. 鹽園區田區利用概況表

編 號	作 物 別	小 區 別 面 積	第一小區	第二小區	第三小區
			(32.37 ha)	(60.09 ha)	(39.97 ha)
1.	蔬 菜		2.8546	2.2555	0
2.	瓜 類		18.4691	34.3107	29.3408
3.	花 生		3.6663	7.2399	0.5384
4.	芹 菜		1.3368	2.3128	0.8979
5.	牧 草		0.3710	1.0583	0
6.	甘 藷		0.4109	0	1.3961
7.	玉 米		0	0.3780	0
8.	大 豆		0	0.3419	0.9108
9.	漁 池		0.4139	0	0.3255
10.	秧 苗 場		0.4121	0.5104	0
合 計			27.9344	48.4075	33.4095
各小區轉作百分率			86.3%	80.6%	83.6%
全區轉作百分率				82.9%	

眉潭。

(C)洪厝分線：

(a)渠道容量：0.587 C.M.S.。

(b)分線區域：外六斗、西潭子、北外六斗。

2.田間基本資料：

(1)地籍資料調查

調查項目包括：灌溉順序、地號、小給水路長、補給水路長、坵塊長度、土壤質地、平均灌溉效率、輸水損失等。

(2)地籍圖：

為了解水路位置狀況，亦蒐集崙背工作站之十二個水利小組及大客工作站之九個水利小組等21張崙背及大客之水利小組地籍圖。

3.氣象資料：

為計算二地區之灌溉需水量標準，故亦蒐集蒸

表2. 鹽園區田區利用概況表

編 號	作 物 別	小 區 別 面 積	第一小區	第二小區	第三小區
			(32.37 ha)	(60.09 ha)	(39.97 ha)
1.	稻 米		23.80	44.33	28.82
2.	花 生		3.0171	7.0814	4.5690
3.	蔬 菜		0.5742	2.3569	1.7682
4.	牧 草		3.8207	2.5766	0.6134
5.	大 豆		0.1600	0.5888	0
6.	甜 玉 米		0	0.6491	0
7.	蒜 頭		0	0.2214	0
8.	甘 藷		0	0.4109	1.1503
9.	瓜 類		0	0.4140	1.6269
10.	甘 蔗		0	0	0.9295
11.	秧 田		0.9941	0.5104	0
12.	池 沼		0	0	0.2455
13.	建 屋		0	0	0
14.	空 地		0	0.9485	0.2448
合 計			8.5661	15.7580	11.1467
各小區轉作百分率			26.5%	26.2%	27.9%
全區轉作百分率				26.79%	

發量及降雨量二項與灌溉最相關之因子之資料。

(二)田間栽植狀況調查

根據設計之調查表，請水利工作站之工作人員，在插秧結束後，調查輪區內之栽植作物，及栽種日期，可得以下之結果

1.雲林水利會崙背工作站鹽園區

(1)七十五年二期作(表1)

(2)七十六年一期作(表2)

2.嘉南水利會大客工作站外六斗區

七十六年一期作(表3)

表3. 外六斗區田間利用概況表

編 號	作 物 別	小 區 別	面積		
			第一小區 (40.02 ha)	第二小區 (37.47 ha)	第三小區 (39.78 ha)
1.	水 稻		31.92	33.30	32.50
2.	番 椒		0.30	0	0
3.	蔬 菜		2.60	1.18	1.47
4.	席 菜		2.38	0	0
5.	蕃 茄		0.3	0.99	0.39
6.	菜 豆		0.1	0.24	0.0
7.	瓜 類		0.87	0.82	1.52
8.	蒜		0.68	0	0
9.	馬 薯		0.31	0	0
10.	花 瓜		0	0.1	0
11.	玉 米		0	0.16	0.335
12.	花 生		0	0.16	0.86
13.	甘 蔗		0	0	1.35
14.	畜 舍		0.86	0.49	1.19
15.	池 沼		0	0.03	0.08
16.	空 地		0	0	0.09
合 計			8.10	4.17	7.285
各小區轉作百分率			20.2%	12.1%	18.3%
全區轉作百分率				17.1%	

(三)農民種植意願傾向

1.作物栽培制度之無約束力

以上所介紹之二地區，鹽園區及外六斗區，皆為雙期作田區，亦即水源供給較充足之地區，而農民仍對種植旱作興趣較高。而無視作物栽培制度之規定。

2.二期作之轉作率大於一期作

根據工作站人員之經驗，由於二期作可種植之旱作種類較多，且一期作之稻作產量較高之故，農民多願於一期植水稻，二期植旱作。

3.轉作之作物種類紛雜

由前三表可知，農民之轉作，全憑個人之意志，無一整體之規劃，故旱作種類紛雜，造成配水之不便。

四、配水計畫之制定

(一)水利會現行之配水計畫

1.計畫原則：

(1)灌溉制度：

依照三年二作、三年一作、二年一作、雙期作、單期作等之輪灌制度之別，以稻作灌溉為主，計算每月每甸之灌溉用水量。而旱作部分另行計算，不列入每月之灌溉用水量之內。

(2)灌溉水深：

水利會依作物別，訂定出灌溉水深之標準。水稻之灌溉水深依當地之降雨、土壤等情況，每甸有不同之灌溉水深；而旱田則以每期作施灌2~3次為基準，訂出一次施灌水深。

一般而言，水稻之灌溉水量可分為三種：

$$\text{① 田間需水量} = \text{作物葉面蒸散量} + \text{田面蒸發量} + \text{田間滲漏量}$$

$$\text{② 田間用水量} = \text{田間需水量} - \text{有效雨量}$$

$$\text{③ 水門用水量} = \text{田間用水量} + \text{水路輸水損失}$$

(3)灌溉率：

灌溉率乃單位流量所能施灌之面積。在考慮一次輪灌循環時間與乾田時間之因素時，灌溉率可以下式表示：

$$\text{中小給水門灌溉率} = \frac{8640}{\frac{\text{田間用水量} \times \text{輪灌期距}}{1 - \text{中小給水路消耗率}}} \text{ (ha/CMS)}$$

由上述三項原則，便可訂出完整之灌溉配水計畫。

2.計算方式：

(1)灌溉計畫：

以水稻為例，灌溉計畫之內容包括：

①秧田時期：約20天。

秧田水深：一般秧田之水量，以定流量供給，依期作別及工作站而異，一般約在 0.01 CMS 左右。

②整田時期：約20天。

整田水深：通常訂定固定之整田水深施灌。目前普遍以機耕方式整田，整田水深約在 150 mm 左右，各水利會所定之值不一。

③本田時期：起迄日期，約100天。

本田水深：依水稻之生長期之別，及不同時期之降雨、蒸發等條件下，具有不同之施灌水深。

(2)灌溉面積：

①秧田：

秧田面積，一般以本田種植面積之1/25計算。

②整田 ( $A_p$ )：

整田時期由於早期整完之田必須養護，故以本田面積代入換算，故整田時本句本田面積 ( $A_{p,m}$ )

$$= \text{前句本田面積} + \frac{\text{前句整田面積} + \text{本句整田面積} (A_{p,p})}{2}$$

$$A_p = A_{p,p} + A_{p,m}$$

③本田 ( $A_m$ )：

本田面積即為種植面積。

(3)中小給水路消耗率 ( $L$ )：

隨各水利會工作站之水路狀況而定。

(4)灌溉率 ( $E$ )：

①田間：

$$E_r = \frac{8640}{\text{施灌水深}} (\text{ha/cms})$$

(on farm)

②中小給水門：

$$\begin{aligned} E_g &= \frac{8640}{\text{施灌水深}} (\text{ha/cms}) \\ (\text{checkgat}) & \frac{1 - \text{水路消耗率}}{1 - L} \\ &= \frac{8640}{D_i} = (1 - L) E_r \end{aligned}$$

(5)用水量之計算：

①秧田：

以定流量供給。

②整田：

$$\text{用水量} = \frac{\text{灌溉面積}}{\text{灌溉率}} (\text{cms})$$

$$\text{整田用水量} (Q_p) = \frac{\text{整田面積}}{\text{整田灌溉率}}$$

$$+ \frac{\text{整田時期之本田面積}}{\text{本田灌溉率}} = \frac{A_p}{E_p} + \frac{A_{p,m}}{E_m}$$

③本田：

依水稻之生育階段不同，其用水量亦各不相同，其差異表現於各時期不同之灌溉率。

$$\therefore (Q_m)_i = \frac{A_m}{(E_m)_i}$$

至此便可將各句之灌溉用水量計算出，完成一水稻之灌溉計畫。

3.實例演算：

以雲林水利會崙背工作站中，鹽園區為例計算說明。

(1)灌溉面積：

鹽園區位於崙背工作站之西北角，屬於水源併用區，水源分別取自，新虎尾溪別線，耕作制度屬於雙期作區，故在水利會之配水計畫中，屬於一年栽植雙期，且全區皆栽植水稻之地區，故其栽植面積即為全區面積：

鹽園區總面積：132.4191公頃

分為三小區：

第一小區：32.3654 ha

第二小區：60.0853 ha

第三小區：39.9684 ha

(2)灌溉率：

①整田灌溉率：

以整田總水深150mm (10 day) 計算：

$$E_p = \frac{8640}{150} = 57.6 \text{ ha/cms/10 days}$$

②本田灌溉率：

依水稻生長時間，及時間之不同而異，在此選定八月份上、中、下三句之灌溉率代入計算，便可算出八月份三句之計畫用水量：

八月份：

上句： $E_r = 782 \text{ ha/cms}$

中句： $E_r = 833 \text{ ha/cms}$

下句： $E_r = 865 \text{ ha/cms}$

③流量計算： $Q = \frac{A}{E}$

(A)八月上旬

第1小區



$$Q_{11} = \frac{32.3654}{782} = 0.0414(\text{cms})$$

第2小區：

$$Q_{12} = \frac{60.0853}{782} = 0.0768(\text{cms})$$

第3小區：

$$Q_{13} = \frac{39.9684}{782} = 0.0511(\text{cms})$$

(B)八月中、下二旬亦依上述之方法計算出計畫用水量，其結果如下表：

小區別		I	II	III
旬別	面積	32.3654	60.0853	39.9684
	灌溉率			
上	782	0.0414	0.0768	0.0511
中	833	0.0389	0.0721	0.0480
下	865	0.0374	0.0695	0.0462

由上述之步驟即可計算出水利會各旬之配水計畫用水量，其流程如下圖：

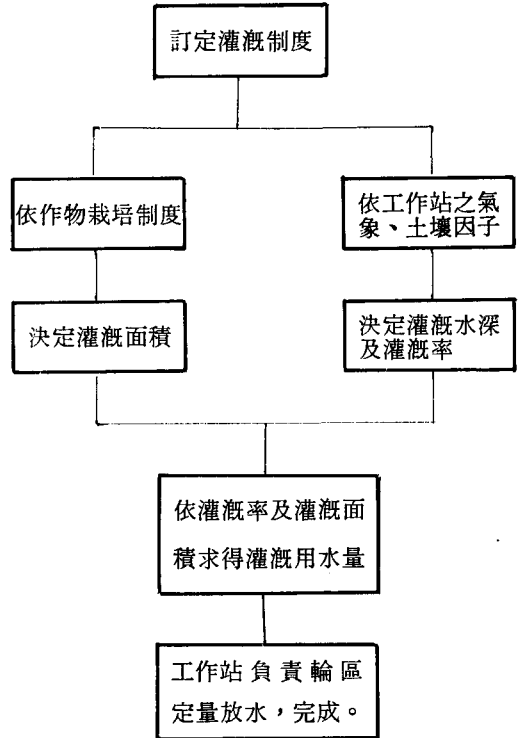


圖4 水利會灌溉計畫制定流程圖

表4. 鹽園區七十六年一期作配水計畫(例)

小區別	項 面積	月 旬 別	月別												
			2		3		4		5			6			
			中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下		
第一小區	32.3654 (ha)	田間灌溉率 (ha/cms)	1,184	1,184	1,067	1,067	1,067	1,217	1,217	1,217	1,122	1,122	1,122	1,168	1,168
		田間用水深 (mm)	7.3	7.3	8.1	8.1	8.1	7.1	7.1	7.1	7.7	7.7	7.7	7.4	7.4
		水門灌溉率 (ha/cms)	746	746	751	751	751	845	845	845	794	794	794	745	745
		水門用水量 (cms)	0.0430	0.0430	0.0430	0.0430	0.0430	0.0380	0.0380	0.0380	0.0410	0.0410	0.0410	0.0430	0.0430

表5. 外六斗區七十六年一期作配水計畫(例)

小區別	項 面積	月 旬 別	月別										
			2		3			4		5			
			中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
第一小區	40.02 (ha)	田間灌溉率 (ha/cms)	1,238	1,320	1,467	1,523	1,467	1,238	1,131	1,165	1,238	1,238	1,238
		田間用水深 (mm)	7.0	6.5	5.9	5.7	5.9	7.0	7.6	7.4	7.0	7.0	7.0
		水門灌溉率 (ha/cms)	990	1,056	1,174	1,218	1,174	990	905	932	990	990	990
		水門用水量 (cms)	0.030	0.038	0.034	0.033	0.034	0.040	0.044	0.043	0.040	0.035	0.035

(二)配水計畫合理化模式

1.輪區配水之考慮因子：

(1)作物別需水量：

①水稻：

$$ET = K_c \cdot K_p \cdot E_o$$

其中  $K_p$ ：隨地區而不同之係數

$K_c$ ：作物係數

水稻之作物係數依生長期之不同，由成活~成熟期分成8個不同之作物係數。

$E_o$ ：由蒸發皿測得之蒸發量

②旱作：

$$CU = a \cdot E$$

其中  $CU$ ：旱作物期作平均需水量

$a$ ：蒸發散比

$E$ ：期作蒸發皿蒸發量

旱作又因需水程度之不同，以0.8 CU代表需水量較少之作物，以1.2 CU代表需水量較多之作物。

(2)土壤因子：

土壤因保水能力之不同，對作物有不同之影響，對水田而言，影響其滲漏量，對旱作而言，影響毛管水供給率：

①水田：

$$P = \frac{240}{I \times \text{粘粒}\%} \text{ (mm/day)}$$

$I$ ：土壤係數

②旱作

$$S = K(ET + P) \quad K：毛管水補給率$$

(3)氣象因子：

①蒸發量：影響作物需水量。

②降雨量：由降雨量計算有效雨量。

$$AR = \min \{0.6 \cdot RN, 0.5 \cdot (ET + P)\}$$

$RN$ ：降雨量

綜合上述三影響因子，便可計算出田間灌溉用水量。

①水田： $IR = ET + P - AR$

②旱田： $IR = CU - S - AR$

(4)灌溉效率：

送到田間之水量中，有效使用於作物生長之水量，以百分比表示者，統稱為灌溉效率，藉以評估灌溉效果之程度。灌溉效率乃為一廣泛之名詞，常用之表示方法有：

①耗水效率

②施灌效率

(Water-application efficiency)

③輸水效率

(Water-conveyance efficiency)

④水之分佈效率

⑤蓄水效率

⑥用水效率

各有其不同之意義。

在討論輪區灌溉時，我們所必須考慮之灌溉效率，為施灌效率。

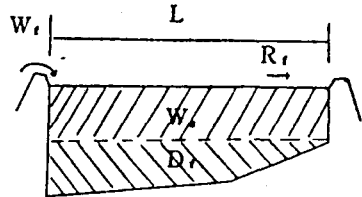
施灌效率表示灌溉時根系土層所能蓄存之水量，與輸送到田間之水量之百分比。

$$\text{施灌效率}(E_a) = \frac{\text{根系土層蓄存水量}(W_s)}{\text{送至田間之水量}(W_r)} \times 100\%$$

$$\text{亦即， } E_a = \frac{W_r - (R_r + D_r)}{W_r} \times 100\%$$

上式中  $R_r$  → 表面逕流損失

$D_r$  → 深層滲漏損失



由上圖可知，當水流之流長愈長時，田區始端之深層滲漏較大，故在計算輪區坵塊之灌溉效率時，便以坵塊長度為考慮因子。一般以下式表示。

$$d = \alpha L^\beta$$

$d$ ：灌溉時前進流長所施灌水深

$L$ ：灌溉流長

$\alpha, \beta$ ：係數

故每坵塊皆可依其坵塊長度計算出其灌溉效率。但在考慮全輪區所有坵塊時，便無法每坵塊分別考慮其灌溉效率。

對於流長與灌溉效率之關係，可用輪區內平差之方式加以合理之修正：

①先求輪區內之坵塊平均流長

$$\bar{L} = \frac{\sum L_i A_i}{\sum A_i}$$

$L_i$ ：每坵塊之流長

$A_1$ ：坵塊面積

②以平均流長時之灌溉效率為平均灌溉效率，而修正得出各坵塊灌溉效率。

$$\therefore d \propto L, d \propto \frac{1}{E}$$

$$\therefore L \propto \frac{1}{E} \Rightarrow E_1 = \frac{\bar{L}}{L_1} \cdot \bar{E}$$

$E_1$ ：各坵塊之灌溉效率

$\bar{E}$ ：平均灌溉效率

為符合實際灌溉情況，修正得出後之E值大於100%時，以100%計算。而當坵塊流長大於120 m時，以120 m計算，不再降低其灌溉效率。

(5)水路狀況：

由於灌溉均靠水路輸水至田間，故水路狀況影響灌溉配水極大。其主要影響有：

①水路損失：

水路損失，在土水路與內面工水路中，有不同之結果：

(A)土水路：輸水損失與距離成正比，與通水時間成反比。

即  $S = aL^b T^c$  (a, b, c 為實驗定數)

(B)內面工水路：輸水損失與距離成正比，而與時間無關。

當已知一輪區內之平均輸水損失時，亦可以輪區內平差之方式，求得至各坵塊之合理輸水損失。

$$\bar{S} = \alpha \frac{\sum(L_1 A_1)}{\sum A_1}$$

$\alpha$ ：單位水路長之輸水損失(%/m)

$\bar{S}$ ：平均輸水損失(%)

則，各坵塊之輸水損失為

$$S_1 = \frac{L_1}{L} \cdot \bar{S}$$

②通水時間：

灌溉水源自輪區口引入田區，所需之時間即為通水時間。通水時間與水路長度間，存在一如下式之正比關係：

$$t_1 = \alpha L_1^p$$

每坵塊之流達時間，即以上式求得。

(6)灌溉流量及時間：

灌溉開始後，係由取水口分水閘處，引水入輪區，而後按已定之灌溉順序，計算出流量及灌溉時

間。

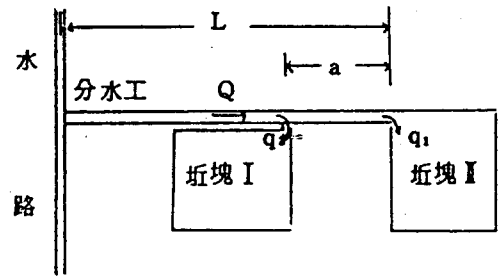


圖5 輪區配水坵塊間水流示意圖

一般計算灌溉時間的方法如圖7所示，乃假設自輪區口，取入定流量Q之水量，流經水路長度L，而至坵塊內施灌，則其開始灌溉時間 $t_0$ 為：

$$t_0 = \alpha L^p$$

$$S = aL^b t^c$$

而其灌溉時間 $t_1$ 為：

$$t_1 = \frac{A_1 d}{Q_1 \cdot E} \quad (\text{min})$$

$t_1$ ：坵塊I的灌溉時間 (min)

$A_1$ ：坵塊面積 ( $\text{m}^2$ )

$d$ ：灌溉水深 (mm)

$Q_1$ ：平均灌溉流量 (cms)

$E$ ：坵塊內之灌溉效率

由於坵塊之灌溉時間，較整個輪區之時間短，故將坵塊之平均流量視為開始與結束灌溉流量之平均值。

$$Q_1 = \frac{1}{2} (Q_{1S} + Q_{1E})$$

$$Q_{1S} = Q (1 - aL^b t_{1S}^c)$$

$$Q_{1E} = Q (1 - aL^b t_{1E}^c)$$

$$\therefore Q_1 = \frac{Q}{2} [2 - aL^b (t_{1S}^c + t_{1E}^c)]$$

就灌溉時間以全輪區之時間為基準，則坵塊I之開始灌溉時間

$$T_{1S} = t_0$$

而坵塊I之灌溉時間 $t_1$ 為：

$$t_1 = T_{1E} - T_{1S} = T_{1E} - t_0 \Rightarrow$$

$$T_{1E} - t_0 = \frac{2A_1 d}{EQ [2 - aL^b (T_{1E}^c + t_0^c)]}$$

由上式可求得坵塊I之灌溉終了時間  $T_{1E}$ 。

由於相鄰坵塊必須具連續性，故坵塊I之灌溉終了時間  $T_{1E}$ ，即為坵塊II之灌溉開始時間  $T_{2S}$ ，必須相配合。

由於此種計算方式，為從開始之連續性方程式，故可自第一坵塊計算主輪區結束。可很完整地將全輪區之灌溉計算完成。

(7)灌溉順序：

一般灌溉順序可分為二類：

①甲上往下，先左而右：

民衆長久而來的習慣，即為由上往下之方式。

②由下而上：

水利局規定之灌溉順序，但民衆施灌，仍大部分採用由上而下施灌，故皆需加以測視。

灌溉順序之不同，對輪區配水之影響，在於水路通水時，其通水時間之影響。

(8)作物栽培制度：

在輪區配水計畫中，作物栽培制度影響施灌面積及灌溉時間。有三年二作、三年一作、雙期作、單期作等。

2.輪區配水合理化模式：

(1)配水計畫之合理化：

根據前章所考慮之影響因子，可定出一套合理之配水模式。所採用的公式及觀念包括有：

①田間需水量 (IR)：

$$IR = ET + P - AR \text{ or } IR = CU - S - AR$$

②灌溉效率：

$$E_1 = \frac{\bar{L}}{L_1} \cdot \bar{E}$$

③輸水損失：

$$S = aL^b \cdot T^c \Rightarrow S_1 = \frac{L_1}{L} \cdot \bar{S}$$

④通水時間：

$$t = \alpha L^p$$

⑤灌溉時間：

$$T = \frac{Ad}{QE}$$

(2)考慮不同灌溉順序之流量：

①「由上往下」施灌：

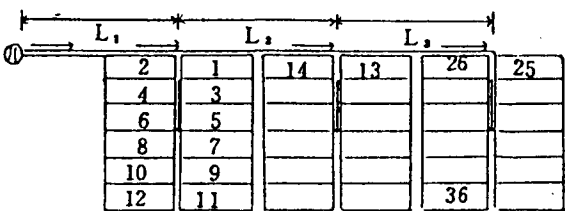


圖 6 由上往下施灌示意圖

「由上而下」之施灌方式，其水流於渠道之時間，只考慮每換一條補給水路時，所增加之小給水

路通水時間，即圖 8 之  $L_1, L_2, L_3$ ，而不考慮在補給水路中，每坵塊間之水路長度，原因在於「由上往下」施灌時，第一片坵塊灌滿後，會溢流至下一坵塊，故不必考慮其流經補給水路時，所費之時間。亦可將補給水路中之田區灌溉方式，視為續灌方式，節省各坵塊間之流達時間。以圖 8 為例，其通水時間為：

$$\Sigma t = \alpha (L_1)^p + \alpha (L_2)^p + \alpha (L_3)^p$$

②「由下往上」施灌：

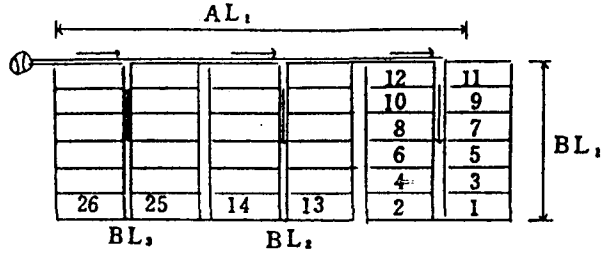


圖 7 由下往上施灌示意圖

「由下往上」之施灌乃將水量先送至末端田區，於予施灌，而後次第往上游施灌。其水流於渠道之時間，一開始便須考慮全段小給水路長度及第一段補給水路長度之和 (即  $AL_1 + BL_1$ ) 之通水時間，由於渠道內已充滿水，故各坵塊之開始灌溉時間，不必另加通水時間，直至更換補給水路時，再加上此段補給水路之通水時間即可，以圖 9 為例，其通水所佔之時間為：

$$\Sigma t = \alpha (AL_1 + BL_1)^p + \alpha (BL_2)^p + \alpha (BL_3)^p$$

(3)模式流程圖：

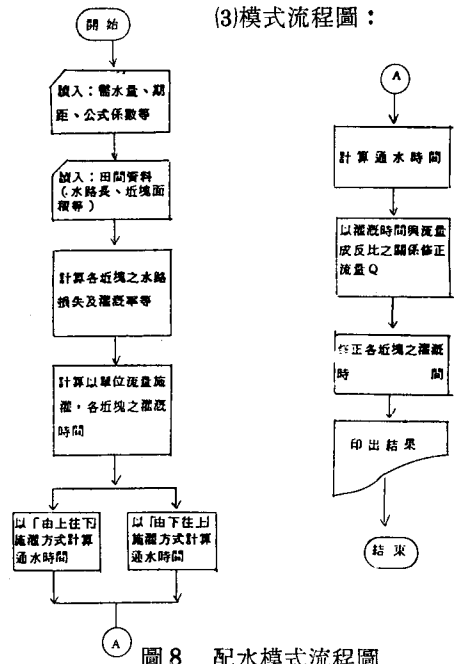


圖 8 配水模式流程圖

(4)實例演算：選擇雲林農田水利會崙背工作站鹽園三小區，為模式中之對象區域。

輸入資料：

①田間坵塊之基本資料：

包括坵塊面積、長度、水路長度、種植作物等。

②作物別：

由於鹽園屬於雙期作田，故計畫中以種水稻為主。於模式中輸入之水深見表6灌溉期距為10 days。

③灌溉效率：

輸入平均灌溉效率  $E = 80\%$ 。

④輸水損失：

輸入平均輸水損失  $S = 20\%$ 。

⑤通水時間：

輸入  $t = \alpha L^\beta$   $\alpha = 0.102$   $\beta = 1.1$

此期之稻作，於七月上旬開始整田，故於8月應屬成活期及分蘗（I）期，其施灌水深見下表6。

表6 灌溉用水量計算表 單位：mm/day

影響因子	旬別		
	8月上旬	8月中旬	8月下旬
蒸發量 (E)	3.74	3.44	3.17
作物係數 ( $K_c$ )	1.02	1.11	1.20
滲漏量 (P)	5.1	5.1	5.1
有效雨量 (AR)	2.70	3.10	3.50
用水量 (IR)	6.21	5.82	5.40

以上述之條件輸入模式中，而得之結果，見表7。

表7 旬別、小區別、不同灌法之流量表

單位：cms

小區別面積	灌法	由上往下			由下往上		
		旬別			旬別		
		8上	8中	8下	8上	8中	8下
(I) 32.3654		0.037	0.034	0.032	0.038	0.035	0.032
(II) 60.0853		0.067	0.062	0.056	0.072	0.066	0.060
(III) 39.9684		0.046	0.042	0.038	0.049	0.045	0.041

(三)水稻旱作混合灌溉配水模式

1.旱作灌溉計畫之制定：

依照田間所植旱作之種類，根據水利會工作站工作人員，及當地之農民，其多年之栽培經驗，調查各種旱作物之灌溉特性，如一次灌溉水深、灌溉次數、期距等，做為建立旱作配水計畫之基本資料。其調查結果，如表8、表9所示。

2.水稻正常灌溉期距內，加入旱作灌溉：

由於田間之灌溉，仍以水稻灌溉為主，故必需在不妨礙水稻之用水情況下，將旱作灌溉加入。故配水計畫之制定，仍以水稻之施灌期距為基準，作整期之配水計畫。在每個施灌期距內，測試各旱作田之灌溉日期是否在此期距，是則加入此期距之灌溉；否則跳開，此期距不灌溉。以此種方式，將旱作灌溉，加入水稻灌溉計畫內，且不妨礙水稻之正常用水情形。其流程如圖9。

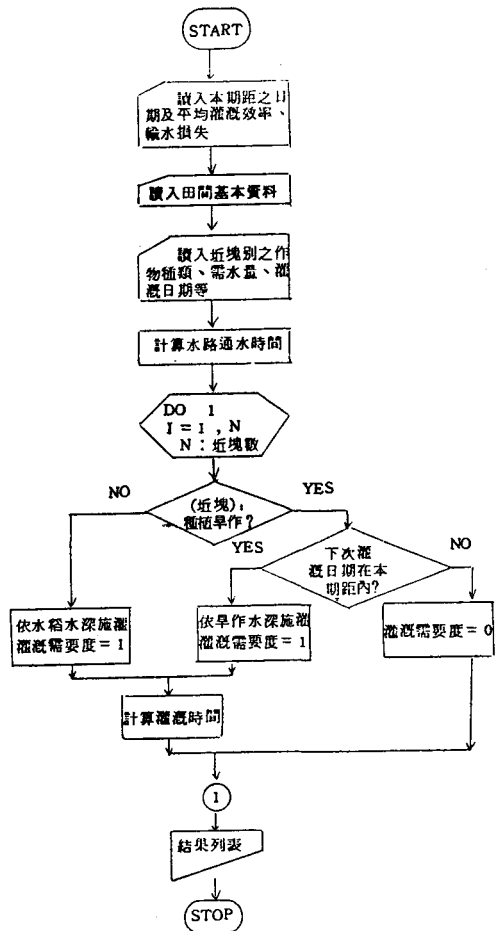


圖9 水稻旱作混合灌溉計畫流程图

表8 崙背工作站七十六年一期作鹽園區雜作栽種情形

作物種類	代號	一次灌溉水深 (mm)	總灌溉次數	灌溉期距 (day)	距栽種後應灌日數
花生	1	60mm	2	30~85	如無雨30天左右灌溉1次，開花前再灌溉1次。 130天
蔬菜	2	35~40mm	7	0~70	栽種後即時灌溉10~15天1次。 90天
牧草	3	20~30mm	長期作物灌溉 次數無法估計		栽種後即時灌溉1次，如無下雨在施肥前要灌溉，採收後要灌溉追肥。
大豆	4	30mm	1	30~40	如遇在早期時，灌溉1次即可。85天
甜玉米	5	60mm	5	50~110	0~50天不灌 如無雨約13天1次。 120天
蒜	6	—	—	—	於三月中旬調查時是蒜頭可收成，至今已收成後即再播水稻。
甘藷	7	90mm	1	插植後 50~70	畦溝灌溉。 130天
瓜	8	70mm	9	0~100	栽種後即時灌溉1次，如無下雨幾乎每隔10~13天即灌1次。 120天
甘蔗	9	80~90mm	4	60~300	0~60天不灌，如無雨約40~70天灌溉1次。 1年

表9 大客工作站七十六年一期作外六斗區栽種情形

作物種類	代號	一次灌溉水深 (mm)	灌溉次數	作物距栽種後應灌之日數
水稻	0			
番椒	1	30mm	一星期一次	Furrow 12月種，(5個月收)
蔬菜	2	40mm	10天一次	不定，再分A、B、C……等級 90天(大白菜)
蔗草	3	水稻用水		7個月
蕃茄	4	30mm	15天	(近尾聲)馬上種，馬上灌 (10天一次) ⇔ 15天一次 5個月
菜豆	5	30mm	15天	4個月
瓜類	6	西瓜1/2水稻	一星期 ⇔ 7.5	大畦溝灌 12月種 130天
蒜	7	60~90mm	30天一次，共2次	共100天
馬藷	8	70mm	2次	border 60天第一次，再30天第2次。
花瓜	9	30mm	一星期	120天
玉米	10	60mm	20天	0~50天下灌 無雨約15天一次 120~天
花生	11	65mm	50天一次 +30天(如無雨)	0~50天不灌
甘蔗	12	90~100mm	一年4次	已灌3次，2下(中)，3下，9下10(上) 11中

## 五、現階段結果比較

水利會配水計畫與既有合理化配水模式之比較

### 1. 結果比較 (以崙背工作站鹽園三小區為例)

八月上旬：(cms)

灌溉方式 \ 小區別	(I)	(II)	(III)
水利會	0.041	0.077	0.051
由下往上	0.038	0.072	0.049
由上往下	0.037	0.067	0.046

八月中旬：(cms)

灌溉方式 \ 小區別	(I)	(II)	(III)
水利會	0.039	0.072	0.048
由下往上	0.035	0.066	0.045
由上往下	0.034	0.062	0.042

八月下旬：(cms)

灌溉方式 \ 小區別	(I)	(II)	(III)
水利會	0.037	0.070	0.046
由下往上	0.032	0.060	0.041
由上往下	0.032	0.056	0.038

由前二章實例演算所得之結果，可明顯看出，水利會所採用之計畫用水量，有偏高的傾向。而模式中之「由上往下」施灌及「由下往上」施灌之結果，亦有所差異。其中之問題點，茲討論於下：

### 2. 水利會現行計算方式之探討：

#### (1) 以灌溉率求流量之可行性：

水利會工作站，在計算每旬之用水量時，雖採用面積除以各旬不同之灌溉率，但此等不同之灌溉率，乃以一、二期作別，而有不同之隨水稻生長期而改變之值。此二組灌溉率值，雖考慮至水稻生長期不同之需水量，但却忽略了實際栽培時間所造成之影響。故以灌溉率推求用水量之方法，仍須進一步研究灌溉率之影響因子，使此計算方式，能達方便、實用、且合理之效果。

#### (2) 水利會之灌溉管理方式：

水利會本會在灌溉管理上僅負責各幹、支線之給水作業；而水源工作站將水源送至支、分線，由田間工作站，負責輸區進水之作業，但亦僅負責將水送入取水口，而後之田間取水，由農民自行取水，故取水之情況水利會無法控制，便以一修正係數，供給較多之水量，以水資源換取人力資源。但若在水資源短缺之際，則必須由此方向着手，方能達到有效利用水資源之目的。

### 3. 配水模式之探討：

#### (1) 以施灌時間調整流量之可行性：

此模式之計算方式，原以定流量決定灌溉時間；再算出水流經水路所需時間，以灌溉期距減去，便得實際之灌溉時間，再利用流量與時間成反比之關係，求得實配流量。但却未考慮至其用水量總和之比較，故此模式尚可進一步研究，達其更合理之結果。

#### (2) 模式所得結果與現行灌溉管理方式之比較：

由此模式所得之結果，可明顯看出，「由下往上」施灌方式，較「由上往下」施灌方式耗水。但水利局却明文規定，實施輪灌之田區，一律採「由下往上」之順序施灌，自有其道理存在。然而，實際上之田間灌溉方式，經由全省性之問卷調查，有以下之結果：

{ 由上往下：67.8%  
 由下往上 11.7%  
 自由取水 20.5%

#### ① 「由下而上」施灌之優缺點：

水利局規定「由下往上」施灌之理由，即在：以此順序則未施灌之坵塊不敢先偷水，而已施灌之坵塊無水可偷，可節省營運上之水量。

#### 缺點：

- (A) 灌溉管理較為麻煩，每坵塊灌溉完畢後，必須關閉水門，以防止灌溉水溢流至區域外。
- (B) 下游坵塊先飽和，無法利用迴歸水，水資源之利用無法達更有效之成果。

#### ② 「由上而下」施灌之優缺點：

#### 優點：

- (A) 節省水量。
- (B) 節省人工之管理。
- (C) 可有效利用迴歸水。

(D)農民之習慣。

缺點

(A)缺水時期，上游易搶水，造成下游末端水量不足。

綜合上述可知，「由上向下」施灌順序，已成爲潮流所趨，若能在缺水期間，加強灌溉管理工作，即可克服其缺水，而達灌溉之最佳效果。

3.配水模式應用於目前營農狀況之缺失：

本模式與目前狀況最不能配合者，乃其無法加入轉作後，計算整體之用水量。

以鹽園區爲例，雖屬水源併用區，栽植雙期稻作，但經現場之調查，栽植水稻之面積僅佔全區面積之17.13%，但在水利會之灌溉計畫中，鹽園區亦屬雙期作田，其用水量亦將全部植稻之面積代入計算，與現場狀況相當不能配合，亦造成灌溉水之浪費。

故應針對本模式之缺失，儘速完成轉作後之配水模式，以配合實際狀況，達灌溉水之有效利用。

## 六、示範輪區實地執行

爲瞭解根據本研究之水稻旱作混合灌溉方法，計算而得之流量、水路通水時間、灌溉時間等結果，於田間實際執行時，能否達到預期之目標？是否有執行上之困難？等，故進行田間實際配水灌溉，以了解現場執行之情況。

(一)實驗地點

分別於雲林、嘉南二水利會，各選定一水利工作站，進行現場實驗：

1.雲林水利會崙背工作站：

崙背工作站之灌溉面積共1,608公頃，分成12個水利小組。故選定一水利小組，即鹽園區，進行現場觀測實驗。

鹽園區爲水源併用之雙期作田區，面積132.46公頃，於此小區內，延請掌水工，進行現場觀測記錄工作。

2.嘉南水利會大客工作站：

大客工作站之灌溉面積共1,085公頃，共有9個水利小組，選定外六斗區做爲目標實驗區，進行觀測。

外六斗小區爲雙期作田區，面積共117.27公頃，亦於此小區內，延請掌水工，進行現場觀測記錄工作。

(二)實驗設備

於實驗地點之各輪區進水口、裝設量水設備：

1.雲林崙背鹽園三小區：

由於雲林水利會爲河川取水系統，水量變化大，平日並無嚴格地依配水計畫供給水量，而輪區進水口之量水設備，多已損壞。故完全裝設全新之巴歇爾水槽，以控制入渠流量。故於鹽園三小區之進水口，裝設三座1 foot之巴歇爾量水槽(Pars-hell Flume)。

2.嘉南大客外六斗三小區：

由於嘉南水利會爲水庫給水系統，水量之供給，完全依配水計畫進行。故輪區進水口之量水設備，皆以原有之設備，加以整理修護後，即用以進行實驗。

目前外六斗三小區之進水口，裝設有二座1'巴歇爾水槽，及一矩形寬頂量水堰。

(三)實驗步驟

1.觀測表之製作：

依本研究之水稻旱作混合灌溉方法計算而得之配水計畫，製作現場執行觀測表。觀測之項目，包括：實際灌溉時間、施灌效率等。

觀測表如表10、表11、表12所示，依各灌溉期距，製作不同之觀測表，其中

灌溉期距：雲林水利會：4.0天

嘉南水利會：7.5天

2.觀測表製作完成後，交予工作站站長，判斷其可行性，並決定開始灌溉日期，而後執行至本期作結束。

3.延請掌水工觀測記錄施灌情形：

於目標觀測區內，延請二位掌水工，日夜輪值，觀測並記錄施灌情形於觀測表。而目標觀測區分別爲：

(1)雲林崙背站鹽園第二小區

(2)嘉南大客站外六斗第三小區

於此二小區內，由掌水工管理施灌。但不嚴格執行輪灌，由農民自行取水，其結果可做爲目標觀測區之比較用。

(四)實驗結果

1.雲林崙背地區：

雲林水利會之灌溉方式，原本即爲放任自由取水；而且流量之大小，端視河川取水量之多寡，故灌溉方式，非常自由。造成農民之灌溉習慣，無法接受：定時定量、順序施灌之觀念，形成實驗執行時，一股相當大之阻力。



## 2.嘉南大客地區：

由於嘉南水利會原即採行責任灌溉，現場觀測執行，較為方便。在此，將其現場執行後，其過程及大致之結果，略述於後：

### (1)執行日期：

原本計畫於四月底即開始執行灌溉，但由於當時水利會實行間歇灌溉，隨後南部又降甘霖，皆無法施灌，故延至五月七日開始觀測。

### (2)旱作灌溉：

由於在實驗之前夕，南部下了一場大雨，以致田間之旱作物，已獲得足夠之水量，實驗時，便將其跳過不灌，故全區之灌溉時間，由原本之7.5日，減少至7天6時55分。

表10 觀測表(一)

稻米轉作合理用水與配水技術之研究  
田間實際配水實驗觀測表

實驗地點：雲林農田水利會

崙背工作站

鹽園區第二小區

進水口流量： 立方公尺/秒 (CMS)

輪灌期距： 4.0天

日期：七十六年 月 日

表11 觀測表(二)

### 觀測表說明

1.需要度：0：不需灌溉

1：必須施灌

2.作物種類：0——水稻

6——蒜

1——花生

7——甘藷

2——蔬菜

8——瓜

3——牧草

9——甘蔗

4——大豆

10——休耕地

5——甜玉米

3.實際灌溉時間：請註明本坵塊實際灌溉之開始時間及結束時間。

4.灌溉程度：請註明在限制時間內，實際之灌溉程度。

5.有任何未及考慮之田間狀況，請註明於備註欄內。

### (3)施灌效率：

將旱作田跳過不灌，僅灌溉水稻田區。但由於雨後施灌，田間原已存有餘水，造成依規定時間給水灌溉後，其施灌效率皆達100%。

### (4)水路時間：

本模式預測之水路通水時間，經由田間實驗後，發現與實地之情況不符合，估計時間過長或過短之情況，皆發生，表示模式之通水時間部分，必須重新加以考慮。

## 七、結果討論

### 1.水稻轉作後，輪區全期總灌溉用水量是否減少？

根據本研究模式，計算崙背鹽園第2小區，及大客外六斗第三小區，76年一、二期作之各期別別流量，與水利會制定之旬別流量，繪成如圖12—15所示，深入探討結果：

(1)模式用水量之曲線較呈不規則之變化，此乃參有旱作物之需水量之故。

(2)如圖14，模式用水量有些部分較水利會制定之用水量高，呈現用水量之尖峰。探究其原因，乃旱作物適值灌溉期，又旱作之一次灌溉水深高，可能各類旱作物同時灌溉之故。本模式即考慮此情況，在各田坵調查栽種作物別、日期，配合各作物之需水型態，則施灌日期即可自然錯開，以避免同一作物同時施灌之情形，亦較適合田間之實際需要。

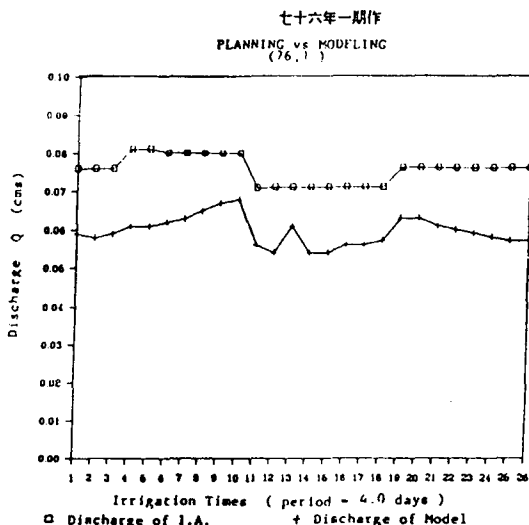


圖10 計畫流量與模式流量比較圖  
(鹽園第二小區 (76,1))

表 12 觀 測 表 (三)

鹽園區 第二小區

年 月 日

灌溉次序	地 號	需 要 度	灌 溉 面 積	通 水 時 間	灌 溉 開 始 時 間	施 灌 時 間	灌 溉 結 束 時 間	流 量	作 物 種 類	灌 溉 水 深	實 際 開 始 灌 溉 時 間	灌 溉 程 度	備 註
			公 頃	時 分	日 時 分	時 分	日 時 分	CMS		公 厘	日 時 分	%	
1.	836	0	.2459	0 0	0 0 0	0 0	0 0 0	.058		5 60.0			
2.	835-1	1	.2462	0 30	0 0 30	0 19	0 0 50	.058		0 24.0			
3.	835	1	.3490	0 4	0 0 54	0 27	0 1 22	.057		0 24.0			
4.	834	1	.3388	0 3	0 1 25	0 27	0 1 53	.057		0 24.0			
5.	833	1	.2268	0 4	0 1 57	0 18	0 2 16	.056		0 24.0			
6.	832-1	1	.2786	0 4	0 2 20	0 22	0 2 43	.056		0 24.0			
7.	832	1	.2795	0 3	0 2 46	0 23	0 3 9	.056		0 24.0			
8.	831	1	.2686	0 3	0 3 13	0 22	0 3 35	.055		0 24.0			
9.	830	1	.5020	0 4	0 3 40	0 42	0 4 22	.055		0 24.0			
10.	829	1	.4406	0 4	0 4 26	1 2	0 5 28	.054		2 40.0			
11.	828	0	.2214	0 0	0 5 28	0 8	0 5 28	.054		6 0			
12.	827	1	.4513	0 5	0 5 34	0 38	0 6 12	.054		0 24.0			
13.	826-1	1	.2142	0 2	0 6 14	0 18	0 6 33	.053		0 24.0			
14.	826	1	.2288	0 0	0 6 33	0 19	0 6 52	.053		0 24.0			
15.	825	1	.2287	0 5	0 6 58	0 19	0 7 17	.053		0 24.0			
16.	824	1	.4214	0 4	0 7 22	1 32	0 8 54	.052		5 60.0			
17.	823	0	.4109	0 0	0 8 54	0 0	0 8 54	.052		7 90.0			
18.	822	1	.5104	0 9	0 9 4	0 45	0 9 50	.051		0 24.0			
19.	820-1	1	.1671	0 5	0 9 55	0 15	0 10 10	.051		0 24.0			
20.	820	1	.1539	0 1	0 10 12	0 13	0 10 26	.051		0 24.0			
21.	819-1	1	.1682	0 1	0 10 27	0 15	0 10 42	.050		0 24.0			
22.	819	1	.3801	0 3	0 10 46	0 34	0 11 21	.050		0 24.0			
23.	818-1	1	.2969	0 2	0 11 23	0 27	0 11 51	.050		0 24.0			
24.	818	1	.2701	0 2	0 11 53	0 25	0 12 18	.049		0 24.0			
25.	817	0	.2704	0 0	0 12 18	0 0	0 12 18	.049		1 60.0			
26.	959	1	.2937	0 4	0 12 22	0 23	0 12 45	.058		0 24.0			
27.	960	1	.3344	0 4	0 12 49	0 26	0 13 16	.058		0 24.0			

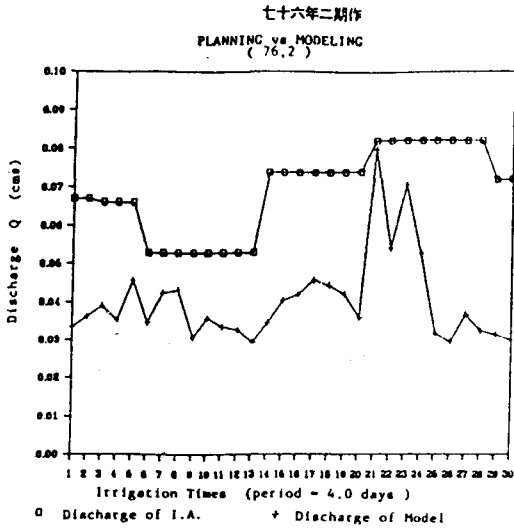


圖11 計畫流量與模式流量比較圖  
(鹽園第二小區 (76,2))

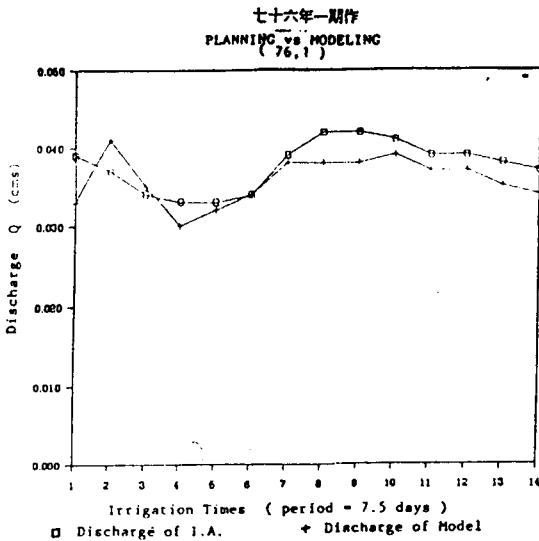


圖12 計畫流量與模式流量比較圖  
(外六斗第三小區 (76,1))

2. 過去之輪區內配水計畫，乃計算某一輪灌期距之配水計畫，而本研究由於加入旱作灌溉，則必須以全期作加以考慮，方可得知旱作是否需要灌溉，故可做出全期作之配水計畫。

### 八、結論與建議

1. 水稻輪區內，為轉作加入旱作物，水稻栽種面積減少，而旱作物全期用水量亦比水稻為少，故水稻旱作混植，輪區總用水量必較全栽種水稻者少。但並非按轉作面積比率成正比例減少，其減水

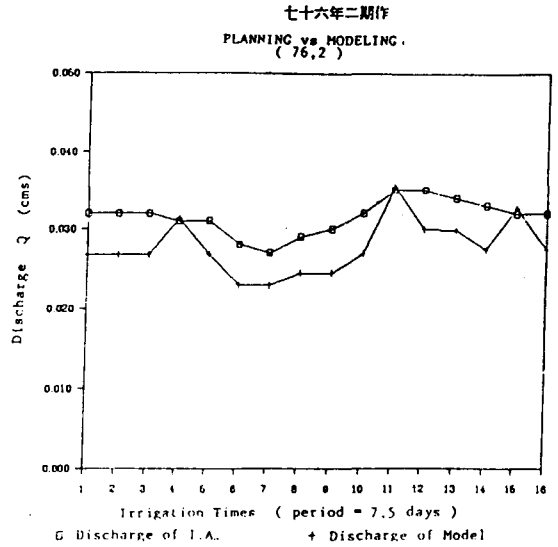


圖13 計畫流量與模式流量比較圖  
(外六斗第三小區 (76,2))

量常受作物種類、田間狀況、氣象等諸因子之影響，與轉作面積比率並無一定之關係存在。

實驗區水量變化統計表

地區別	嘉南大客外六斗第三小區		雲林崙背鹽園第二小區	
面積	39.78 公頃		60.09 公頃	
期作別	76(I)	76(II)	76(I)	76(II)
(1) 計畫總用水量 (m <sup>3</sup> )	341,302	285,768	654,912	642,164
(2) 模式總用水量 (m <sup>3</sup> )	324,648	251,553	535,335	387,478
(3) 總省水量 (m <sup>3</sup> )	16,654	34,215	119,577	254,686
(4) 旱作百分率 (%)	18.3	20.5	26.2	79.5
(5) 省水百分率 (%)	4.9	12.0	18.3	39.7

2. 本研究所擬之水稻旱作混植輪區配水模式，係針對目前輪區內零星轉作之情況，考慮田間作物，制定適時適量之輪區灌溉配水計畫，滿足田間所需。由於旱作物之灌溉次數少，故其一次灌溉水量大，如果旱作物均在同一天種植，則其需水日期均相同，在灌溉期距上必然產生尖峰流量，儘管某幾次期距之需水量較高，但全期累積之總用水量仍因水稻轉作而減少。

3. 本研究所制定之配水計畫，可以按水利會目前掌水工之管理方式，執行水稻旱作混植之配水，日後自動化灌溉之境界達成時，可將之利用

於精密灌溉上，解決水稻旱作混植在灌溉管理工作上之困難。

4. 本研究模式計算之灌溉用水量，比目前水利會以水稻為用水標準之灌溉用水量更合理而確實。
5. 轉作為政府既定政策，往後水稻旱作混植之情況愈普遍，欲使田間所需滿足，達到灌溉之效果，則建議採行下列方法以配合本模式之實際運用。
  - (1) 灌溉工作專業化。
  - (2) 健全水利會基層組織。
  - (3) 擴充工作站之設備。
  - (4) 集團栽培之推行。

### 九、謝 誌

本研究進行期間承臺大農工研究所甘俊二教授之指導，謹此誌謝。又蒙臺大農工研究所研究生林茂佟及李慧瑩同學之協助收集資料，在此一併誌謝。

### 參 考 文 獻

1. 臺灣省水利局，臺大農工系，68.4，「灌溉系統配水技術之分析與研究」，臺大農工系研究報告334號。
2. 甘俊二、湯松義，62.12，「烏山頭水系灌溉配水計畫與農業用水量推估之有關研究」，農工灌溉第21號研究報告。
3. 甘俊二、湯松義，65.4，「濁幹線系統應用電子計算機處理灌溉配水之可行性研究」，農工灌溉第22號研究報告。
4. 嘉南農田水利會，76.6，「農田水利營運問題探討」。
5. 雲林農田水利會，76.12，「濁幹線灌溉系統配水實務」。
6. 嘉南農田水利會，75.4，「嘉南農田水利會輪灌配水計算」。
7. 雲林農田水利會，75.12，「灌溉用水管理工作要領」。

收稿日期：民國79年8月17日

接受日期：民國79年8月29日

## 土壤強化連續壁SMW工法

### 營業項目

1. 隧道、橋樑、鐵公路及一般土木工程。
2. 建築工程。
3. S.M.W地下連續壁。
4. 噴漿、一般化學灌漿工程。
5. 一般地錨、PZ永久地錨工程。
6. P.C樁、R.C樁、鋼管樁、鋼板樁施工。
7. 反循環樁、反循環擴孔樁、沖擊樁。
8. 防水工程。



衆力基礎營造股份有限公司

台北市民生東路340號11樓

電話：(02) 5019788 (6線)

FAX：5023808

Telex: 20124 UNIIT