

# 平地水筒模式於釋出農地內調節池設計之應用

## Application of Diffusive Tank Model to Detention Pond Sizing for Released Farmland

國立中興大學土木工程學系副教授

國立中興大學土木工程學系碩士

陳榮松

劉欽益

Rong-song Chen

Chin-yi Liu

### 摘 要

本研究利用平地水筒模式，以前置研究所分別率定出之水、旱田參數合理模擬農地釋出前後出流變化的情形，以供農地釋出區內調節池設計之用。針對此出流變化，本研究採用三種不同排水方式之調節池，探討所需設計調節池面積之大小。且在做調節池設計時，考慮低平地水流容易受到下游水位所影響，而在探討調節池之設計時，將外水位對排水之影響納入考慮。由研究結果顯示，若以抽水機輔助調節池排水，則可以減小調節池面積。而若將調節池向下挖掘，則可以更進一步的減小調節池面積至釋出區面積的 2% 以內。

**關鍵詞：**釋出農地，調節池，平地水筒模式。

### ABSTRACT

On the detention pond sizing for released farmland, the diffusive tank model and the obtained parameters of paddy and dry field were used to simulate the runoff difference of the farmland before and after releasing in this research. According to the runoff difference, three types of detention pond were considered to estimate the size of the detention pond. Because the flow on the flat area was easily influenced by the downstream water, the influence of downstream water was added in calculating when size the detention pond. The results show that using a pump in drainage could obviously decrease the size of detention pond and the deeply digging detention pond could further decrease the area of the detention pond.

**Keywords:** Released farmland, Detention pond, Diffusive tank model.

## 一、前言

「農地釋出方案」已於行政院 84 年 7 月 27 日第 2441 次會議議決通過，並經行政院 84 年 8 月 3 日台 84 農 28277 號函核定實施，方案中所擬定之釋出面積，以「國土綜合開發計畫」中所估計之農地變更需求總量，至民國 100 年約 48,000 ha，為第一監控量，以農委會所估計可釋出農地面積約 160,000 ha，為第二監控量。而當農地釋出，轉做為高經濟作物區或住宅區等其他用途後，由於原本水田區之水田坵塊被破壞，導致水田坵塊先天具有之蓄洪功能喪失；且轉做為以上所述等用途之後，由於不透水面積增加，入滲能力相對變低，區域之逕流量相對增加；再加上必須將區域內雨水迅速排除之需求，而來加強區域內之排水系統能力。在此情形之下，極有可能會因尖峰出流量的大增，而使下游區域遭受更加嚴重之淹水災害。有關此等因土地利用變化所導致洪水出流特性上之變異的探討在國內外已有許多相關之研究成果[小林慎太郎等(1984)；杉山博信、田中宏宜(1987)；角屋睦(1988)；早瀬吉雄、角屋睦(1988)；四方田穆、千家正照(1988)；陳榮松(1990, 1996)；陳榮松等(1994)；陳榮松、黃盈華(2000)]，為保護於其下游之區域及不使原有排水系統增加負擔，本研究基於農地釋出後所增加之洪水量需於釋出區內自行吸收之原則，將針對在釋出區內設置調節池等方式時，可帶來之削減洪峰、延緩出流等滯洪功能加以分析探討。

此外，有關調節池設計上大致可區分為 3 種設計方式，分別為簡便法、無因次法、傳統試誤法等，而在以往的研究成果上[都市水文研究群(1988)；Osman(1989)；James 等(1996)；陳榮松等(1994)；鄭克聲等(1999)；吳瑞賢、余濟(1996)；余慶璋等(1999)]亦指出若能取得調節池之精確入流量，以傳統試誤法來進行調節池設計之嚴密算法將可得到較為合理的設計。然由於上述研究大多以坡地為其探討對象，對於低平地區水流流動容易受到下游水位影響之特點並未加以考慮。有鑑於此，本研究將採用對低平地區有良好

模擬精確度的平地水筒模式，加入對下游水位之影響考量來合理評估農地釋出前、後之出流變化情形。再以此出流變化為基礎利用傳統試誤法來進行調節池之設計計算。

## 二、模式理論分析

本研究在探討調節池設計之前，必須要先能掌握區域之出流情況，才能針對此出流狀況來探討調節池之設計。本研究利用對低平地區有良好模擬精確度的平地水筒模式，以此模式來模擬農地釋出前、後之出流變化情形。再針對此出流變化來探討調節池之設計。研究中使用三種不同型式之調節池，來針對區域釋出所增加的尖峰出流量加以控制。第一種型式為傳統調節池，此為純重力式排水之調節池。第二種型式為遊水池模式，此遊水池模式為重力式排水與機械式排水相互配合使用調節池。第三種型式為抽水式之調節池，此型式為將調節池池底向下挖掘，並採用純機械式排水之調節池，由於能將池底向下挖掘，所以此型式之調節池能夠有效的縮小調節池面積。

### 2.1 平地水筒模式

在坡度平緩的低平地區，對水流具有良好的貯留效果。而平地水筒模式基本上是由多個具有貯留效果的田區及與其相互連接的水路網系統所構成，模式中分別以田區水筒及河道水筒作為流域模式構成的主要元素。此所謂之水筒，其在劃分原則上是將流域中水路的部分適當地分割成數個區間，每個區間視為一貯水池，稱為河道水筒；而同一水路之田區部分，也適當地分割成數個區間，每個區間也視為一貯水池，稱為田區水筒。此外田區水筒依其出流缺口型態分類，又可分為有缺口高型的水田水筒與無缺口高型的旱田水筒。水田水筒係考慮水田坵塊具有之蓄水功能而建構，本研究以此水田水筒代表農地釋出前的土地利用狀況；而旱田水筒出流缺口高與田面同高，亦即水流可直接流入河道水筒，將田區內的水迅速排除，本研究以此型水筒代表釋出後之土地利用狀況。

模式中河道水筒間之水流計算，可以連續方程式之差分式表示如下，

$$W_j \frac{H_j^{(t+1)} - H_j^{(t)}}{\Delta t} = \frac{\sum (QI_{jm}^{(t+1)} + QI_{jm}^{(t)}) - \sum (QO_{jm}^{(t+1)} + QO_{jm}^{(t)})}{m} + W_j r \dots\dots\dots(1)$$

式中，上標字為時間序列， $H_j$ 、 $W_j$  為河道水筒  $j$  的水位及水表面積(若各時點之水表面積不同時可以  $(W_j^{(t+1)} + W_j^{(t)})/2$  計算之)， $QI_j$ 、 $QO_j$  為河道水筒  $j$  的流入量及流出量，以下游方向為正， $\Delta t$  為時間間隔， $r$  為有效雨量。

另一方面，河道水筒  $j$ 、 $k$  間的流量計算，可依照曼寧公式計算。

$$QO_j = \frac{A_j R_j^{2/3}}{N_j \sqrt{X_j}} \frac{H_j - H_k}{\sqrt{|H_j - H_k|}} \dots\dots\dots(2)$$

其中， $A_j$ 、 $R_j$  為河道水筒  $j$  之斷面積和水力半徑， $H_j$ 、 $H_k$  為河道水筒  $j$ 、 $k$  之水位， $X_j$ 、 $N_j$  為河道水筒  $j$ 、 $k$  間之距離和曼寧糙度係數，

而田區水筒  $i$  流至河道水筒  $j$  之流出量可利用以下之堰流公式來計算。

$$\text{潛流： } QI_j = \frac{3\sqrt{3}}{2} \mu \sqrt{2g} B h_2 \frac{H_i - H_j}{\sqrt{|H_i - H_j|}} \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{自由流： } QI_j = \mu \sqrt{2g} B h_1^{3/2} \frac{H_i - H_j}{|H_i - H_j|} \dots\dots\dots(4)$$

$$\begin{aligned} h_1 &= H_H - Z, H_H = \max(H_i, H_j) \\ h_2 &= H_L - Z, H_L = \min(H_i, H_j) \end{aligned} \dots\dots\dots(5)$$

其中， $H_i$  為田區水筒  $i$  的水位， $H_j$  為相連接河道水筒  $j$  之水位， $QI_i$  為田區水筒的流出量(=河道水筒  $j$  之流入量)， $B$  為堰口寬(= $bA$ ， $b$  為單位面積堰口寬， $A$  為田區水筒面積)， $\mu$  為堰流之流量係數， $g$  為重力加速度， $h_1$ 、 $h_2$  為超過堰高之水深， $Z$  為堰高。

本模式中待定之參數值有三個，分別為堰流

之流量係數 $\mu$ 值及單位面積堰口寬  $b$  值及河道之曼寧糙度係數  $N$  值。其中曼寧  $N$  值可利用一般水利相關之教科書中的曼寧糙度值表來評估現場實際水路狀況後代入適當之值。水田之單位面積堰口寬  $b$  值可於現場實測得知。在前置研究中，在礁溪水田試驗流域以四場暴雨事件率定出水田堰流之流量係數 $\mu$ 為 0.01，而單位面積堰口寬  $b$  採用現場實測值為 1.05 m/ha，各渠道之  $N$  值則介於 0.02 到 0.05 之間。並於礁溪、新營與大寮等 3 個水田試驗流域以六場暴雨事件驗證了此等水田參數在其他水田區的通用性[陳榮松、黃盈華(2000)] [黃盈華、陳榮松(1999)]。此外有關旱田參數方面，亦在西螺旱田試驗流域以四場暴雨事件同時率定出旱田堰流之流量係數 $\mu$ 與單位面積堰口寬  $b$  分別為 0.5 與 5.48 m/ha，並於東石旱田試驗流域驗證了此旱田參數在其他旱田區的模擬效果 [黃盈華、陳榮松(1999)]。本研究將沿用以上研究成果之各參數值進行排水分析計算。

## 2.2 傳統調節池

傳統調節池之構造如圖 1 所示，為以重力排水之調節池。其演算過程以連續方程式(6)式為依據，並配合出流孔口各流況的流量公式(7)式[都市水文研究群(1988)][吳瑞賢、余濬(1996)]以差分方式逐步進行調節池之水理演算，而本研究所採用的出流孔形式為正方形的孔口。研究中所採用之設計法為逐步試誤法，此法係先假設一較小之池底面積及一較大之出流孔口，並以區域之出流歷線做為調節池之入流歷線，再演算孔口之出流歷線及池內水位變化歷線，若池內水位高於合理水位，則表示需將池底面積再放大，若尖峰出流量大於容許排放量，則表示需將出流孔口再加以縮小，如此反覆試誤演算，最終即可得合理之池底面積及出流孔口尺寸。

$$\frac{dV}{dt} = I - Q \dots\dots\dots(6)$$

式中， $V$ ：池內蓄留體積， $dt$ ：計算時間間隔， $I$ ：入流量， $Q$ ：出流量。

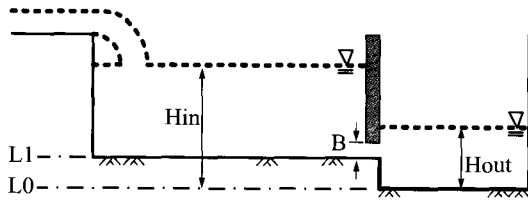


圖 1 傳統調節池示意圖

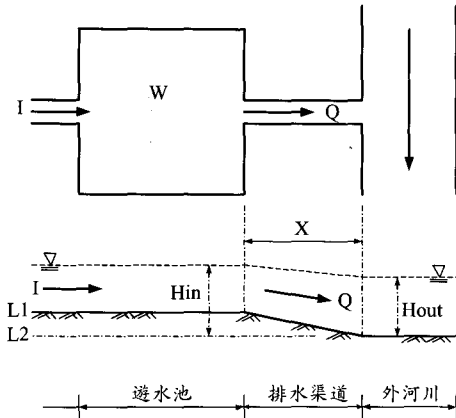


圖 2 遊水池模式示意圖

$$\begin{cases} Q = C1 \times B \times h^{1.5} & h \leq 1.2B \\ Q = Q1 + \frac{Q2 - Q1}{0.6B} h & 1.2B < h < 1.8B \\ Q = C2 \times B^2 \times (h - 0.5B)^{0.5} & h \geq 1.8B \end{cases} \dots\dots(7)$$

其中， $Q$ ：出流量， $Q1$ ：當  $h=1.2B$  時之流量， $Q2$ ：當  $h=1.8B$  時之流量， $h$ ：出水高， $B$ ：出流孔尺寸， $C1$ 、 $C2$ ：係數。流出量的計算將依池內水位的高低選用此式中適當之公式，分三個階段來計算流出量。當池內水位高於出流孔下緣而低於  $1.2B$  時，以堰流之自由流況計算，當水位高於  $1.8B$  時，則以壓力孔口流公式計算，而當水位位於  $1.2B$  到  $1.8B$  之間時，則以線性內差的方式計算。

### 2.3 遊水池模式

遊水池意指河川兩旁地勢平坦，平時河川水位較低時並無水流流過，而當發生豪雨水位高漲時會淹水、有水流流動之區域，具有類似緩衝區(Buffer)的效果。遊水池模式示意圖如圖 2，如圖

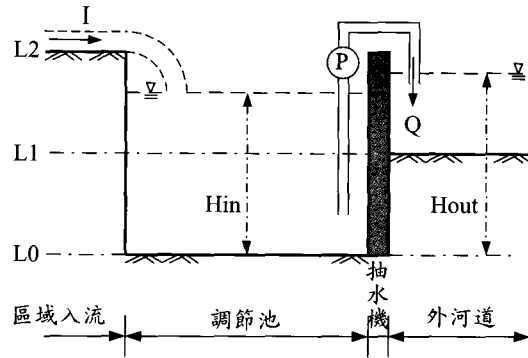


圖 3 抽水式調節池示意圖

所示在遊水池中設有一具抽水機，當排水區域內之水位與排水區域外之水位差距小於  $0.1 \text{ m}$  時，立即關閉排水閘門改以抽水機排水，直到內外水位差距大於  $0.3 \text{ m}$  為止，其演算過程需符合連續方程式(1)式。排水渠道之流量以曼寧公式求算，而抽水機之抽水量函數式，則由抽水機揚程-抽水量曲線圖[H32200 型抽水機-櫻川抽水機公司提供]讀取資料再迴歸求得。

$$Q = -0.0048p^2 - 0.0654p + 2.2 \dots\dots(8)$$

其中， $Q$  抽水量( $\text{m}^3/\text{sec}$ )， $p$  為內外水位差( $\text{m}$ )。

### 2.4 抽水式調節池

若能將調節池池底向下挖掘，並以抽水機行機械式排水，則可以大幅縮小調節池面積。圖 3 為其示意圖。理論上，調節池池底向下挖掘越深，所需之調節池面積越小，然而抽水機仍有抽水揚程之限制，本研究設定之挖掘深度為  $4.5 \text{ m}$ ，即圖 3 中之  $L0=0.0\text{m}$ ， $L1=2.5\text{m}$ ， $L2=4.5\text{m}$ 。抽水機抽水量二次多項式同上。

## 三、區域逕流模擬

本研究乃探討釋出農地內調洪設施之設計，目前待釋出之農地大多為水田，而釋出後可能轉變為高經濟作物區(如具溫室之旱田)、住宅區等其他用途。因此本研究將水田設定為釋出前之狀況，而需在雨後立即排水之溫室旱田為釋出後之狀況，並利用平地水筒模式來模擬因土地利用改變，所導致的出流特性變化。

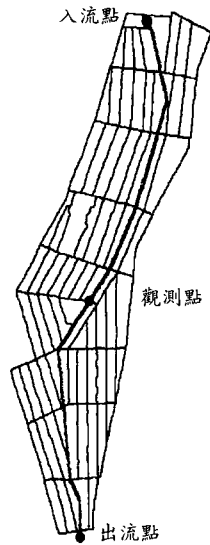


圖 4 大寮試驗區平面圖

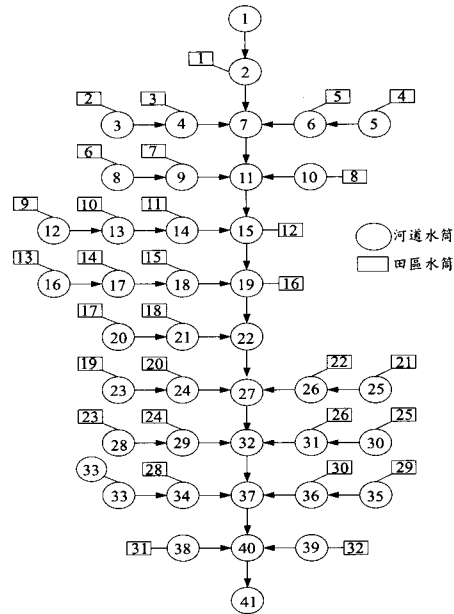


圖 5 大寮試驗區水筒劃分圖

### 3.1 對象流域

本研究所模擬的對象流域是位於高雄縣大寮鄉，右鄰高屏溪，試驗區總面積 303 ha，平均坡度 1/1500。圖 4 為大寮試驗區之平面圖，圖 5 為大寮試驗區之水筒劃分圖。如圖所示，整個試驗區分為 41 個河道水筒與 32 個水田水筒，而本研究所針對的釋出區域乃是圖 4 中觀測點以上之區域，故將觀測點以上之 1~18 號田區水筒改為無缺口高型旱田水筒，其他區域則保持原來的水田水筒，而 1~18 號田區水筒總面積約為 175.7 ha。

### 3.2 降雨條件與模擬結果

雨量設計包括雨量頻率分析與設計雨型兩個主要部分，根據台北市下水道工程設施標準(1990)第 17 條的規定，雨水調節池之雨水量應依據長時間降雨資料做成之降雨歷程線推算，山坡地以 10 年 1 次、平原地區以 5 年 1 次之暴雨強度計算社區開發後之雨水最大逕流量。在此採用 10 年頻率之降雨強度來推算逕流歷程線。降雨強度-延時採用(9)式所示之 Hornor 公式，其中參數 a、b、c 於高雄地區 10 年頻率之值分別為 10204、188、0.873，則 10 年頻率 24 小時之降雨量為 384.8mm，而其設計雨型則採用高雄地區二次多

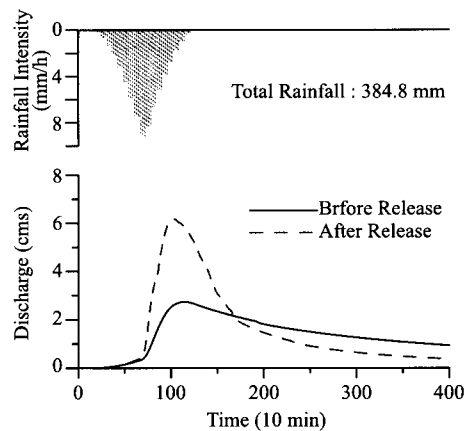


圖 6 試驗區釋出前後之出流變化

項式分佈雨型[林國峰、張守陽(1992,1993, 1994)]。表 1 為高雄地區 10 年頻率 24 小時設計暴雨。圖 6 為區域釋出前、後之逕流變化圖，其中實線部分為釋出前、其土地利用狀況為水田時之出流歷程線，虛線為釋出後之出流歷程線，由圖中可以看到釋出前之尖峰流量約為 2.74 cms，釋出後為 6.17 cms，約增為原來的 2.25 倍。

$$I_t = \frac{a}{(t+b)^c} \dots\dots\dots (9)$$

表 1 大寮地區十年頻率 24 小時設計暴雨

時間(Hr)	1	2	3	4	5	6	7	8
降雨百分比(%)	0	0	0	0.25	1.02	2.07	3.41	5.03
降雨量(mm)	0.00	0.00	0.00	0.96	3.92	7.97	13.12	19.36
時間(Hr)	9	10	11	12	13	14	15	16
降雨百分比(%)	6.94	9.13	11.6	14.36	12.94	10.33	8	5.95
降雨量(mm)	26.71	35.13	44.64	55.26	49.79	39.75	30.78	22.90
時間(Hr)	17	18	19	20	21	22	23	24
降雨百分比(%)	4.18	2.7	1.51	0.6	0	0	0	0
降雨量(mm)	16.08	10.39	5.81	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00

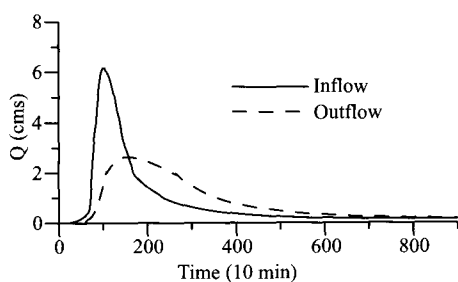


圖 7 傳統調節池之入出流歷線

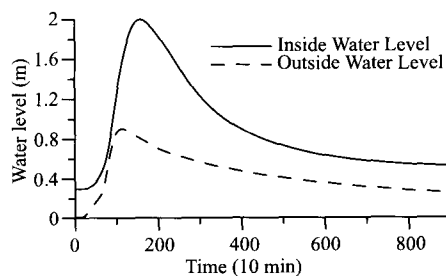


圖 8 傳統調節池之池內外水位變化圖

其中,  $I_t$  為某特定延時之平均降雨強度(mm/h),  $t$  為降雨延時(min),  $a, b, c$  為地區參數。

#### 四、調洪池設計

本研究以「區域釋出後之尖峰出流量不超過釋出前之尖峰出流量」為原則, 將調節池容許排放量訂為該區域農地釋出前之尖峰出流量。然而, 農地釋出區多位於坡度平緩的低平地區, 由於低平地區之坡度變化不大, 對於以重力式排水之調節池而言, 其可以利用之高程差範圍並不大。一般而言, 可利用之高程差大約在 2~3 m 之間, 若要吸收增大的洪峰流量則需將調節池面積設得很大。相對於此, 本研究亦一併考量將調節池池底向地下挖深並配合採用機械排水之方式, 以提供另一個可大幅縮小調節池面積之選擇方式。

##### 4.1 傳統調節池

本研究以試誤法所求得之出流孔口為高寬各 0.950 m 之正方形孔口, 圖 7 為入、出流歷線

圖, 圖 8 為池內、外水位變化圖, 尖峰出流量為 2.650 cms, 池底面積為 108,400 m<sup>2</sup>, 池內最高水位為 1.990 m。而此池底面積(108,400 m<sup>2</sup>)佔全釋出區(175 ha)的 6.17%。

##### 4.2 遊水池

演算過程中以試誤法, 逐步調整排水渠道寬度與遊水池面積, 最後求得當排水渠道渠寬為 1.900 m 時, 尖峰出流量為 2.739 cms, 池內最高水位為 1.963 m, 所需遊水池面積為 80,950 m<sup>2</sup>, 此面積佔全部釋出區(175 ha)的 4.61%, 圖 9 為入、出流歷線圖, 圖 10 為內、外水位變化圖。

##### 4.3 抽水式調節池

利用前述之抽水量公式  $Q = -0.0048p^2 - 0.0654p + 2.2$ , 以試誤法求取適當之調節池面積, 演算求得所需調節池面積為 34,300 m<sup>2</sup>, 池內最高水位 4.495 m, 此抽水式調節池之面積佔釋出區之 1.96%, 其入出流歷線如圖 11 所示, 池內水位變化如圖 12 所示。

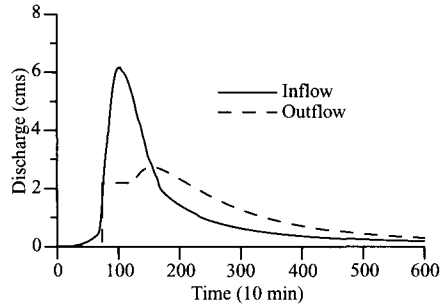


圖 9 遊水池之入出流歷線圖

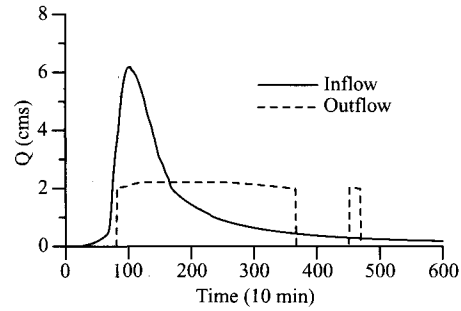


圖 11 抽水式調節池之入出流歷線圖

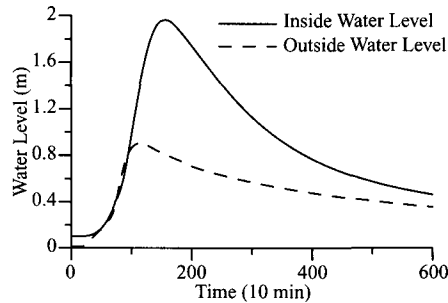


圖 10 遊水池之池內外水位變化圖

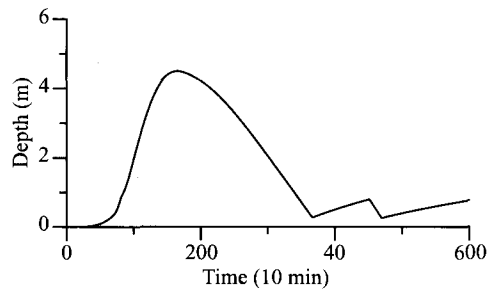


圖 12 抽水式調節池之池內水位變化圖

表 2 調節池之比較

項目	傳統調節池	遊水池	抽水式調節池
出流口尺寸(m)	0.950	1.900	-
調節池深度(m)	1.990	1.963	4.495
調節池面積(ha)	10.840	8.095	3.430
調節池體積(m <sup>3</sup> )	183,196	150,809.85	154,178.5
尖峰出流量(cms)	2.650	2.739	2.200
池面積佔釋出區比例(%)	6.17	4.61	1.96

#### 4.4 結果比較

綜合以上三種型式之調節池，整理結果如表 2 所示。

若以傳統調節池與遊水池來加以比較，調節池面積佔釋出區面積比例已從 6.17% 減小到 4.61%，顯示抽水機確實可以達到幫助排水的效果。而若以遊水池與抽水式調節池來比較的話，由於調節池池底已向地下挖掘，改行機械式排水，故可有效的縮小調節池面積，其面積比例可從遊水池的 4.61% 減小到 1.96%。而若以日後維護成本來看的話，由於遊水池模式與抽水式調節池中均設置有抽水機而需要持續消耗電力，同時

抽水機之維護成本亦較高。而傳統調節池並無設置抽水機，日後維護成本相對較低，但其所需設置之調節池面積較大。

## 五、結論與建議

本研究以高雄大寮試驗區為對象，並以可較為準確評估平地水田出流狀況之平地水筒模式合理模擬出農地釋出前、後之該地目的出流變化。再根據此出流變化為基礎，使用三種不同排水方式之調節池，探討所需調節池面積之比例，其結果顯示：依據本研究所設定之條件下，傳統調節池的演算結果，所需調節池面積約佔釋出區

之 6.17%。具有抽水機輔助排水的遊水池模式，其所需設置的遊水池面積約佔釋出區之 4.61%。採用機械式排水的抽水式調節池，所需調節池面積約佔釋出區之 1.96%。當然，若演算時所設定之條件不同，例如調節池池底挖掘深度或是抽水機抽水馬力大小不同等時，則上述三種形式調節池所佔有之面積的相對比例亦會有些許的差異。然而由本研究已能明顯看出抽水式調節池能有效的減小調節池面積。又，在排放原則上，本研究是根據「區域釋出後之尖峰出流量不超過釋出前之尖峰出流量」為原則來計算的，當然視實際需要，亦可在不做下游排水路更新改善的條件下，依據下游渠道之真實容量來訂定容許排放量，以推求農地釋出的可能最大量。

### 謝 誌

本研究承蒙行政院農委會之經費補助(計畫編號：91 農發-8.2-林-01(6))方得順利完成，在此謹致謝忱。

### 參考文獻

1. 陳榮松、王孝宇，「水田轉作對排水系統之影響評估」，台灣水利季刊，第 44 卷，第 4 期，第 61-71 頁，1996。
2. 陳榮松，黃盈華，「平地水筒模式於水田區域排水分析之應用研究」，中國農業工程學報，第 46 卷，第 3 期，第 59-68 頁，2000。
3. 黃盈華，陳榮松，「水稻田轉作洪患風險分析」，第十屆水利工程研討會論文集，第 116-124 頁，1999。
4. 鄭克聲、陳葦庭、葉惠中，「坡地開發滯留池之水文設計探討」，台灣水利，第 47 卷，第 4 期，第 41-57 頁，1999。
5. 吳瑞賢、余濬，「台灣地區山坡地滯留池容量計算方法之比較研究」，台灣水利，第 44 卷，第 1 期，第 53-63 頁，1996。
6. 余慶璋、吳瑞賢、余濬，「滯留池設計問題之探討」，第十屆水利工程研討會論文集，G34，1999。
7. 台北市下水道工程設施標準，台北市政府，1990。
8. 林國峰、張守陽，「台灣地區雨型之研究(一)」，台灣大學水工試驗所報告，第 144 號，1992。
9. 林國峰、張守陽，「台灣地區雨型之研究(二)」，台灣大學水工試驗所報告，第 163 號，1993。
10. 林國峰、張守陽，「台灣地區雨型之研究(三)」，台灣大學水工試驗所報告，第 193 號，1994。
11. 國立台灣大學水工試驗所，「水文氣象資料之應用與整合研究(三)」，1994。
12. A., Osman Akan, "Detention Pond Sizing For Multiple Return Periods," *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 115, No. 5, May, pp.650-664, 1989.
13. James, C., Guo, Y., and Ben, Urbonas, "Maximized Detention Volume Determined By Runoff Capture Ratio," *Journal of Water Resources Planning and Management*, January/February, pp.33-39, 1996.
14. 小林慎太郎、田中丸治哉、丸山利輔，「造成農地之流域與洪水流出特性-農地造成前後之流出特性變化(1)-」，日本農業土木學會論文集，第 113 期，第 1-7 頁，1984。(日文)
15. 四方田穆、千家正照，「水田轉作所伴隨的流出變化」，日本農業土木學會誌，第 56 卷，第 11 號，1988。(日文)
16. 早瀨吉雄、角屋睦，「都市化所伴隨的出流水變化」，日本農業土木學會誌，第 56 卷，第 11 號，第 31-37 頁，1988。(日文)
17. 杉山博信、田中宏宜，「土地利用型態與出水特性-牧草地、高爾夫球場、放牧草地之案例-」，日本農業土木學會論文集，第 130 期，第 51-59 頁，1987。(日文)
18. 角屋睦，「土地利用改變所伴隨的出流特性變化」，日本農業土木學會誌，第 56 卷，第 11 號，第 5-9 頁，1988。(日文)
19. 都市水文研究群，調節池之規劃與設計，山海堂，1988。(日文)



20. 陳榮松，「造成農地的流出解析之相關研究-丹後地區之案例-」，京都大學碩士論文，1990。(日文) (日文)
21. 陳榮松、小林慎太郎、丸山利輔，「以 PC 自動決定洪水調節之沉砂池容量與孔口斷面」，水與土，第 96 號，第 11-14 頁，1994。

收稿日期：民國 92 年 4 月 10 日

修正日期：民國 92 年 5 月 7 日

接受日期：民國 92 年 5 月 19 日