

林口台地水源涵養區位優選之研究

楊至翔⁽¹⁾ 傅桂霖⁽²⁾ 林昭遠⁽³⁾

摘要

受全球氣候變遷之影響，極端降雨事件發生頻率增加，林口紅土台地因土壤入滲能力不佳，台地頂部地勢平坦開發度高，致使超滲逕流累積，造成下游都會區常有淹水發生，因此，找出林口紅土台地水源涵養區位，以發揮沉砂、滯洪及水源涵養之功能，乃林口紅土台地水資源保育之重要議題。本研究以水系通過台地周圍環狀道路為評估點劃定集水分區，利用土壤及土地利用圖套疊分析後，可得集水分區 CN 值之空間分布，推估開發前、後最大蓄水潛勢之平均差值，配合淹水潛勢圖驗證水資源保育之重點集水分區，透過數值高程模型(DEM)找出重點集水分區之天然滯蓄區位，並以滯蓄量體進行分數評比，優選重點集水分區之最佳水源涵養位置，俾供淹水災害防治之參考。

(**關鍵詞**：紅土、林口台地、CN 值、水源涵養、滯蓄區位)

Priority selection of water conservation sites in Linkou Terrace

*Chih-Hsiang Yang(1) Kuei-Lin Fu(2) Chao-Yuan Lin(3)**

Graduate Student (1) Ph.D. Student (2) Professor (3) Department of Soil and Water Conservation, National Chung-Hsing University, Taiwan

Under global climate change, the extreme rainfall event is frequent. Linkou Terrace with gentle slope and nearby urban area has been rapidly developed by urbanization extent recently, which increases the surface runoff and will be vulnerable to inundation. In order to operate the function of sedimentation, flood detention and water resource conservation, how to screen the water storage sites in Linkou Terrace is a crucial issue. In this study, the watersheds were delineated by the outlets which derived from the interception points of the river and road located on the skirts of Linkou Terrace. Curve number evaluated from maps of land-use and soil to estimate the difference of maximum retention potential under watersheds

(1) 國立中興大學水土保持學系教授碩士生(通訊作者 e-mail: cylin@water.nchu.edu.tw)

(2) 國立中興大學水土保持學系教授博士生

(3) 國立中興大學水土保持學系教授

development. The potential inundation map is applied to verify the hotspot watersheds for water resource conservation. According to the results, the natural depression storage sites can be extracted from DEM of the selected hotspot watersheds, and the optimal site of water conservation can be ranked by the volume of depression storage. The study results can be a reference of related authorities for inundation prevention.

Keywords: Laterite, Linkou Terrace, Curve number, Water resource conservation, Depression storage

前言

近年來隨著大台北都會區蓬勃發展快速，周邊林口、桃園地區已發展成為人口密集、農工商發達之地區，同時本區已逐漸有大型工程及建築物之開發建設，將來之發展必更為快速(謝昭輝等，1997)。

陳昭宇(2007)分析都市化前後由於不透水面積差異，易導致地表逕流增加。都市地區會對地表逕流造成兩大影響：(1)因地表覆蓋形式改變，降低地表逕流之延遲功能，集流時間縮短，不僅使洪峰時間提前，亦使逕流量大增；(2)大量不透水層覆蓋，如停車場、人行步道、建築物等。降雨後入滲率幾近為零，使雨水在窪地儲存量、植物截流量大大減少，而地表逕流量增加。

土地利用之變遷會對逕流產生影響，而逕流係數常用於探討集水區產生逕流的潛勢能力評估，Bosch et al.(1982)統計全球 94 個集水區實驗發現，當森林覆蓋面積減少會使逕流量增加，不同植被覆蓋情形亦有不同的影響。

林口紅土台地地質條件屬紅土堆積層，顆粒較細、黏性較高，易形成不透水面，降雨時逕流不易入滲，而快速累積，且林口紅

土台地東、南兩側皆周邊鄰人口密度較高之都會區，一旦逕流匯集時往往釀成水災。水資源再利用情形，有利水及治水之功能，而滯蓄地區或農塘係以直接開挖地面或利用地面較低窪處貯蓄水源，不但能提供農業灌溉用水或養殖業用水，亦可提升水源涵養功能(林昭遠等，2010)。

本研究以林口紅土台地水系通過台地周圍之環狀道路為出口，劃定管理分區，利用土壤及土地利用圖套疊分析後，得到集水分區 CN 值之空間分布，經推估開發前(假設土地利用不受人為干擾或破壞之情形之天然林)及開發後(以 2009 年土地利用圖作為比較)最大蓄水潛勢之平均差值，配合淹水潛勢圖驗證，可篩選水源涵養之重點集水分區，針對重點集水分區，可採數值高程模型(DEM)找出天然滯蓄區位，以其量體進行分數評比，優選重點集水分區之最佳水源涵養位置，據此提供水資源管理之參考。

研究樣區

林口紅土台地位於台北盆地之西北側，行政區包括：新北市的林口區、八里區、五股區、泰山區及新莊區；桃園市的龜山區、蘆竹區及桃園區(圖 2)。本區東北及東側隔著淡水河與淡水、關渡遙遙相望，東南側臨接

台北盆地西緣，南側與山仔腳地塊相連，西南側接續桃園台地，西北側則面臨台灣海峽。林口台地的中央頂部，海拔 240 到 260 公尺之間，仍舊保有寬廣的平坦地形面。在高度上與湖口台地、平鎮台地、伯公岡台地、大肚台地、八卦台地等地形面相近。



圖 1 林口台地之行政區域範圍

Fig. 1 Administrative area of Linkou Terrace

材料與方法

本研究利用交通部運輸研究所製作之 1/5000 道路(西濱快速道路 61 號、台四線、台 15 線及 104 縣道)及水系圖(表 1)，作為劃定林口紅土台地山坡地範圍之集水區，並以水土保持局 1/25000 土壤圖及國土測繪中心

1/5000 土地利用圖進行分析 CN 值，透過淹水潛勢圖判定重點集水分區，後續以農林航空測量所製作之 DEM(40m x 40m)進行分析天然窪蓄區位，配合易取得土地權屬優先考量，俾供營造截蓄保水設施之區位，降低淹水之危害(圖 1)。

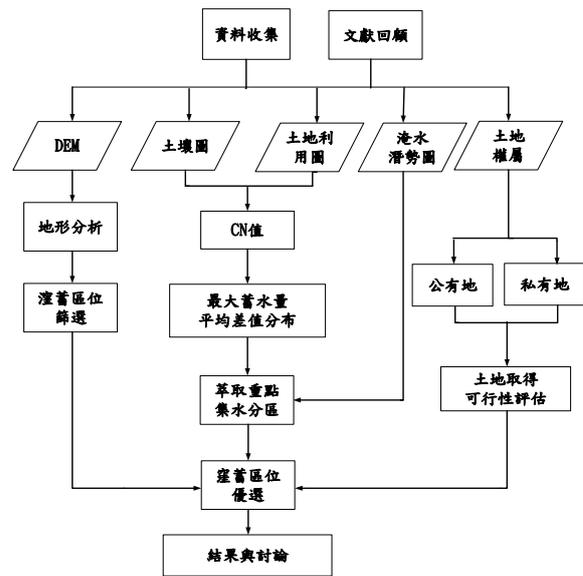


圖 2 研究流程

Fig. 2 Flowchart of the study

1. 集水區分析單元劃定

林口紅土台地之水系，係由台地頂端以放射狀方向流出，分別流入淡水河、台灣海峽及南崁溪，倘台地頂部超滲逕流集中，對林口紅土台地下方周邊都會區之安全造成威脅，因此將台地陡坡與緩坡交界處作為重要之評估點，故本研究以台地周邊之山腳道路與水系出口交點，劃定台地之集水分區(圖 3)，作為後續分析水源涵養能力之單元。

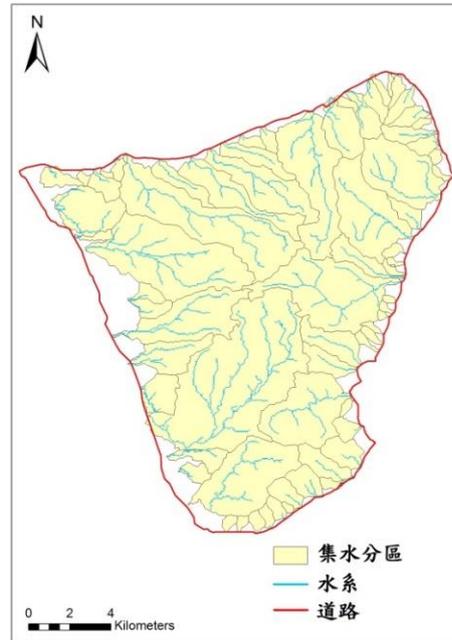


圖 3 集水分區劃定結果

Fig. 3 Result of sub-watersheds delineation

表 1 研究材料

Table 1 Study material

圖資名稱	解析度	年份	來源	用途
DEM	40m x 40m	1986	農林航空測量所	地形分析
土壤	1/25000	2005	水土保持局	CN值推估
土地利用	1/5000	2009	國土測繪中心	CN值推估
道路	1/5000	2008	交通部運輸研究所	環境指標萃取
水系	1/5000	2008	交通部運輸研究所	環境指標萃取
淹水潛勢	1/5000	2008	經濟部水利署	淹水潛勢分析

2. SCS方法-曲線值

為推估林口台地水源涵養之水源涵養能力，本研究採土地利用圖與土壤圖類別之關係建立曲線值法之 CN 值(褚思穎，2008)。為求得集水分區 CN 值之空間分布，藉由地理資訊系統之套疊技術建立土地利用與土壤質地等相關資料，配合查表即可得知集水分區 CN 值之空間分布。其值可藉由土壤圖及土地利用圖決定(表 2 及 3)，再利用 SCS 方法以下式推估最大蓄水潛勢(S)。

土壤覆蓋依不同土地利用、耕作方式、水文條件及土壤種類而不同，SCS 依上述方式定出曲線值(Curve number)CN，其經驗公式轉換公制(USDA-SUS，1985)如下，並可以推估最大蓄水潛勢(S)：

$$CN = \frac{25400}{254 + S} \quad (1)$$

$$S_{(mm)} = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

表 2 水土保持局土壤分類及對應之 SCS 土壤分類

Table 2 Soil category corresponded between SWCB and SCS

分類	水土保持局土壤質地分類	SCS 土壤分類
0	粗砂土、砂土	A
1	細砂土、壤質砂土、壤質粗砂土	
2	壤質細砂土、粗砂質壤土、砂質壤土、細砂質壤土	
3	極細砂土、壤質極細砂土、極細砂質壤土	
4	坊質壤土、坊土	B
5	壤土	
6	砂質黏壤土	C
7	黏質壤土、坊質黏壤土	D
8	坊質黏土、砂質黏土	
9	黏土	

資料來源：行政院農委會水土保持局，(1995)

表 3 SCS 法之曲線值

Table 3 Curve number of SCS method

土壤水文特性 / 土地使用	A	B	C	D
建地	74	84	90	92
針葉林	25	55	77	77
地表水	94	93	95	96
旱田	62	71	78	81
公園、墓地	39	61	74	80
保安林	25	55	70	77
荒地	77	86	91	94
濕地	92	93	94	95
闊葉林	36	60	73	79
水田	70	79	84	88
果園	45	66	77	83
其他林地	38	62	74	80

資料來源：Dunne and Leopold，(1978)

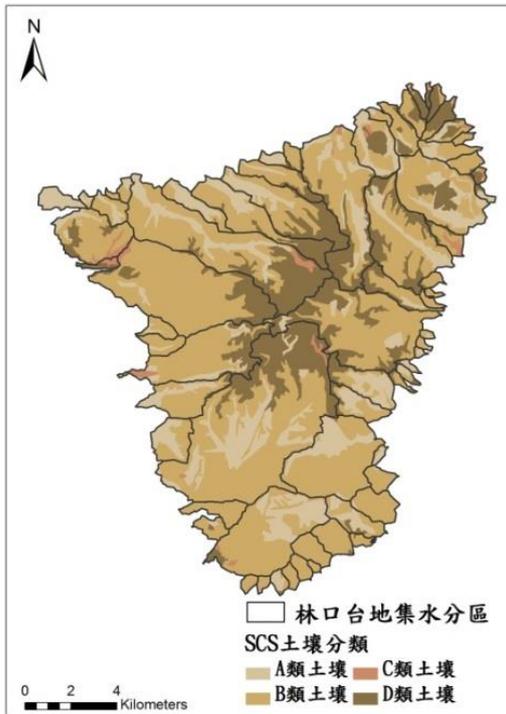


圖 4 土壤分類之空間分布

Fig. 4 Spatial distribution of soil category

依(表 2)可知，SCS 土壤分類可分為 A、B、C、D 四類，入滲率由 A 類土壤為最高，向 D 類土壤遞減至最低，並由(圖 4)可得知，林口紅土台地頂部屬 D 類土壤(黏質壤土、坩質黏壤土)，故降雨逕流不易於台地頂部平地入滲，往往由四方排水路向下游流動。

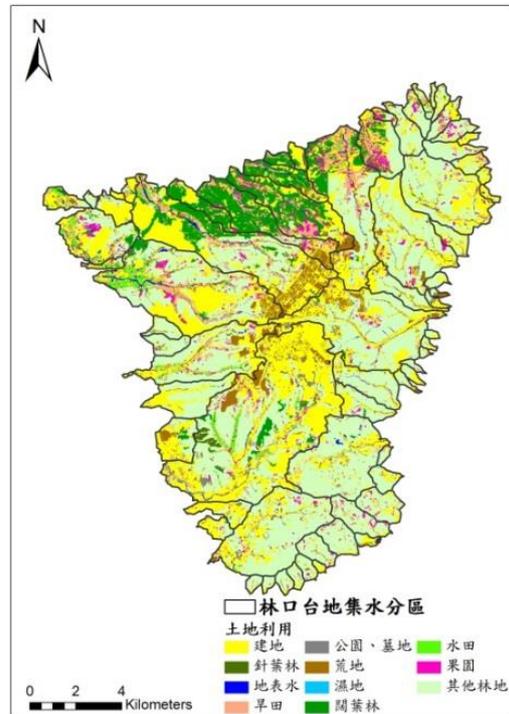


圖 5 土地利用現況之空間分布

Fig. 5 Spatial distribution of land use

暴雨發生後，常因上游山坡地過度開發，不透水面積增加，而地表逕流之入滲量減少，為此本研究利用上述方法與開發前(假設土地利用不受人為干擾或破壞之情形下均視為闊葉林)狀態(圖 6)之最大蓄水潛勢進行比較，若最大蓄水潛勢減少，則該區位為地表逕流產生之重點區位。

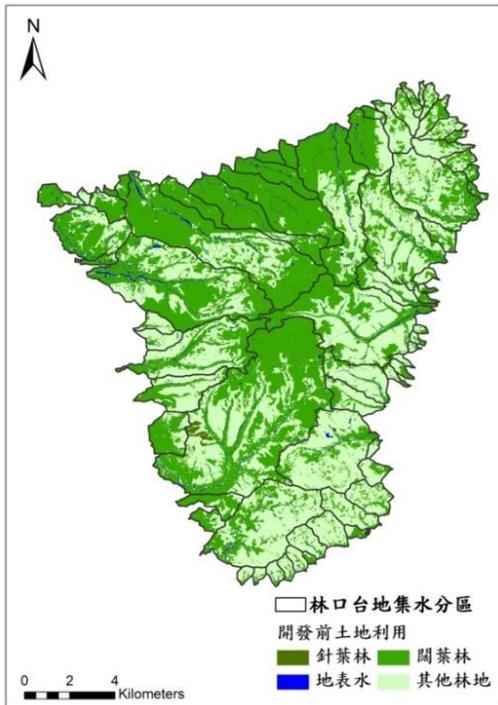


圖 6 開發前土地利用之空間分布

Fig. 6 Spatial distribution of land use pre-development

3. 滯蓄區位萃取

利用高差法(Jenson and Domingue, 1988)萃取滯蓄區位、斜面法結合 PROMETHE 理論以計算集水區初始流向，並以源頭追蹤法萃取水系網，計算其中下游網格高程大於上游網格者，並視為窪地區位（圖 7）。本研究搭配所萃取之水系網，以區分窪地分屬河道或坡面，其窪地因所在區位不同而有不同之設施功能。例如：坡面型窪地區位可提供有效蓄水或滯洪沉砂設施的場址，而河道型窪地區位可設置防砂壩、固床工或其他橫向設施，發揮截蓄功能。

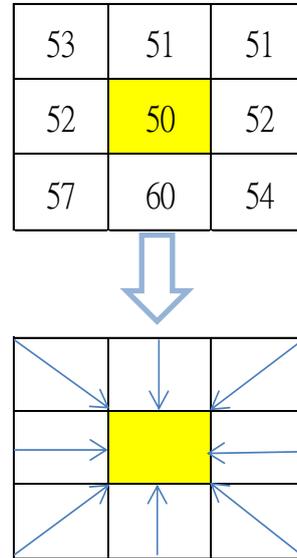


圖 7 滯蓄區位萃取示意圖

Fig. 7 Illustration of depression storage sites extraction

結果與討論

1. 評估水源涵養空間分布

由圖 8 及圖 9 將林口台地未開發前及現況 CN 值空間分布轉換為最大蓄水量呈現，得圖 10、11 現況及未開發前最大蓄水量空間分布，現況林口紅土台地頂部中心區塊，因地勢較平緩，開發度較高，林口長庚醫院及相關大型商場林立，加上大面積林口工業區及各大校園開發，使該區塊最大蓄水量較低，因此為涵養水源不佳之區位，CN 值較高。

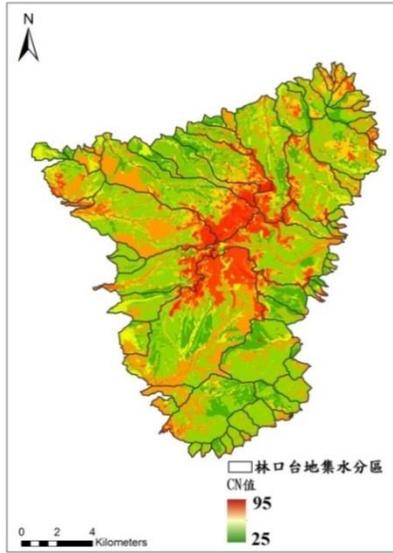


圖 8 開發後之 CN 值空間分布

Fig. 8 Spatial distribution of curve number (post- development)



圖 9 開發前之 CN 值空間分布

Fig. 9 Spatial distribution of curve number (pre- development)

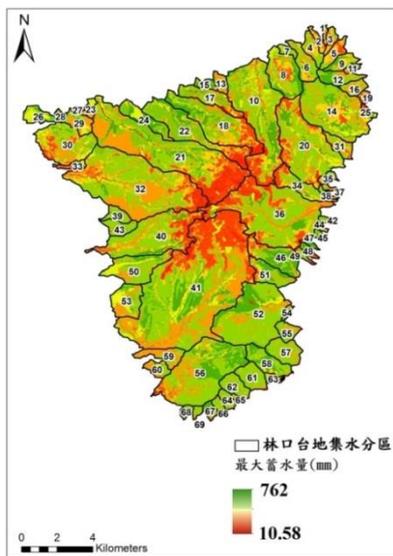
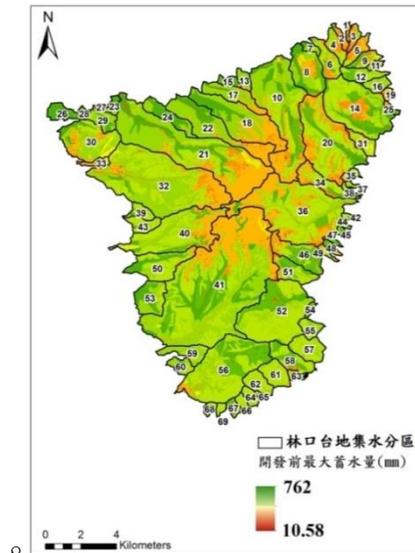


圖 10 開發後之最大蓄水量空間分布

Fig. 10 Spatial distribution of potential maximum retention (post- development)



8

圖 11 開發前之最大蓄水量空間分布

Fig. 11 Spatial distribution of potential maximum retention (pre- development)

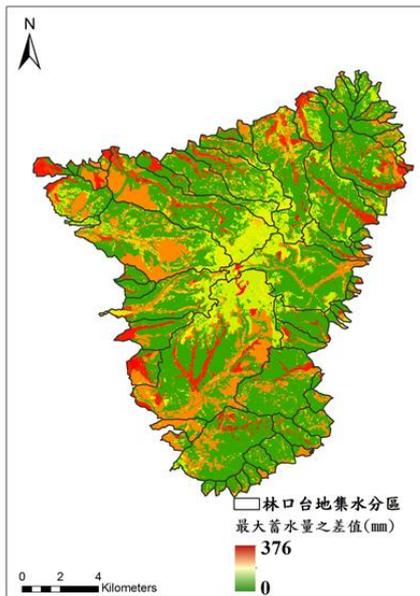


圖 12 開發後之最大蓄水量之差值

Fig. 12 Maximum retention decrease (post-development)

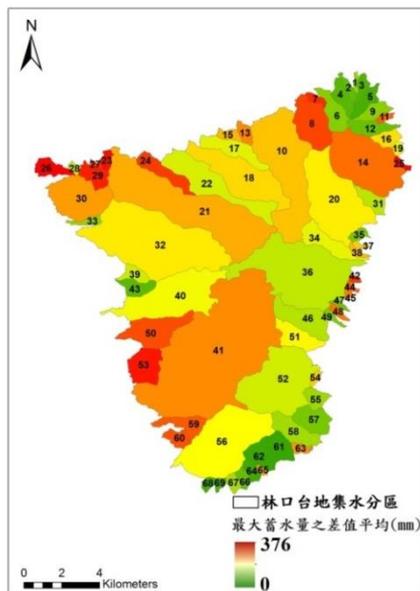


圖 13 開發後之平均最大蓄水量差值

Fig. 13 Average maximum retention decrease (post-development)

將開發前、後(圖 12)之最大蓄水量相減，利用各集水分區最大蓄水量之差值面積佔各集水分區總面積之比值，可得各集水分區最大蓄水量差值平均並給予編號後，可得其最大蓄水量之差異(圖 13)，結果顯示，編列 68 個集水分區中，以編號 26 及 55 集水分區產生最大蓄水量之差值平均，可知兩者集水分區入滲能力不佳，蓄水能力最差，逕流量迅速集中由排水路往低處流動。

由(圖 14)可知，以區域排水重現期距 25 年不溢堤為考量，呈現 24 小時 25 年頻率年之淹水潛勢分布，發現台地與平地緩坡間均容易造成淹水之高潛勢分布，為降低下游淹水危害，因此將上游地表逕流水截蓄於坡面或河道或其他滯蓄區位，以降低造成下游災害發生。

另外台地頂部因開發度已高，不透水面積使入滲能降低，故遇極端降雨時，市區排水及雨水下水道容易造成無法宣洩，因此淹水機會極高，為使淹水程度降至最低，需於適當低窪地點建立蓄水防洪設施，平時可補注地下水或作為消防及遊憩之用。

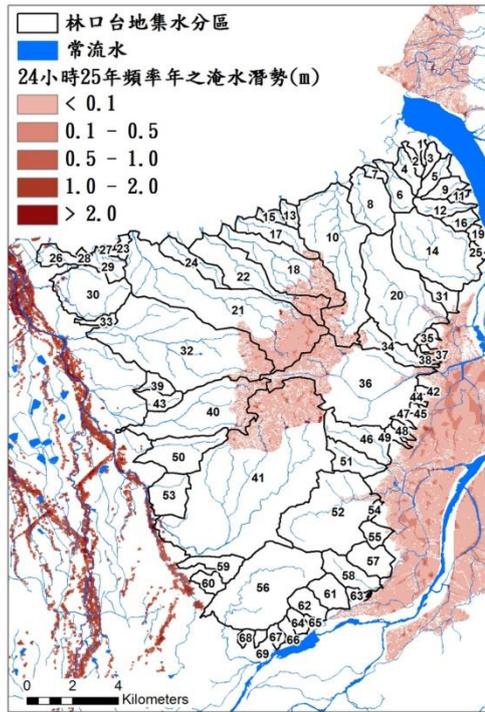


圖 14 24 小時 25 年頻率年之淹水潛勢分布

Fig. 14 Spatial distribution of flood potential estimated by 25-yr return period in one day

土地利用變遷對原排水設計保護影響

考量林口台地土地利用快速變遷，不透水面積增加，入滲量降低，使地表逕流集中，雨水經由上游坡地排水匯集於坑溪後，並匯入周邊區域排水，造成下游地區原排水系統降低保護標準之問題，因此探討坡地排水系統與區域排水之設計保護標準。

依據經濟部 2016 年修訂之「排水管理辦法」，排水依功能及集水區域特性分為下列五種：

農田排水（指排洩停滯於農田田面及表

土內過剩之水）。

市區排水（指排洩都市計畫範圍內經依其計畫規劃設置排水設施內之雨水或污水）。

事業排水（指排洩事業使用後之廢水、污水及水力發電後之尾水）。

區域排水（指排洩前三款之二種以上匯流者，或排洩區域性地面或地下水，並經中央主管機關公告者，但不包括已有主管機關管轄之排水）。

其他排水（指排洩不屬於前四款之水）。

由上述可知區域排水渠道設計標準以通過 10 年重現期洪峰流量，25 年重現期洪峰流量不溢堤為原則（水利規劃所，2007）。

依據「水土保持技術規範」（水土保持局，2014）第 82 條規定，坡地排水系統為利用工程或其他方法將上游之地表水或地下水引導、分流或排除，使其破壞力減低，以減輕或避免災害之發生。因此坡地排水保護標準主要係為保護結構物安全而訂定，而並非著重於洪水排除。另「水土保持技術規範」第 83 條規定，排水系統之設計洪水量原則，坡地農地內排水系統之設計洪水量，以重現期距 10 年之降雨強度計算。其他非農業使用以重現期距 25 年之降雨強度計算。

由此可知，上游坡地排水系統係以水土保持降雨強度公式計算，採用短延時降雨分析，與區域排水採用較長延時（一日、二日、三日暴雨）降雨分析而不同，故無法以重現期距大小作為河道介面整合依據，因此極可能上游坡地排水瞬間強降雨出流量大於區域排水設計入流量的問題，需針對銜接段介

面可容許入流量進行檢核，為避免區域排水無法負荷坡地排水系統出流量，而降低排水系統達到保護標準，故建議以上游坡地排水系統之出流量配合下游區域排水計畫之容許入流量進行檢討。若坡地排水設計流量大於區排設計入流量時，建議由各目的事業主管機關協調後，視需要於適當窪蓄地點可設置滯蓄洪設施。

2. 水源涵養區位篩選

為發揮涵養水源最大效益，透過 DEM 分析萃取窪蓄區位，如圖 15 所示，依重要集水分區內窪蓄區位之體積及集水分區面積大小進行排序，以優選最佳營造窪蓄區位之蓄水設施。以(圖 16、17)編號 26 及 53 集水分區為例，圖中之窪蓄區位以邊坡型為主，考量原有蓄水設施外，可利用集水分區內窪蓄區位營造農塘或多功能生態池等蓄洪設施。

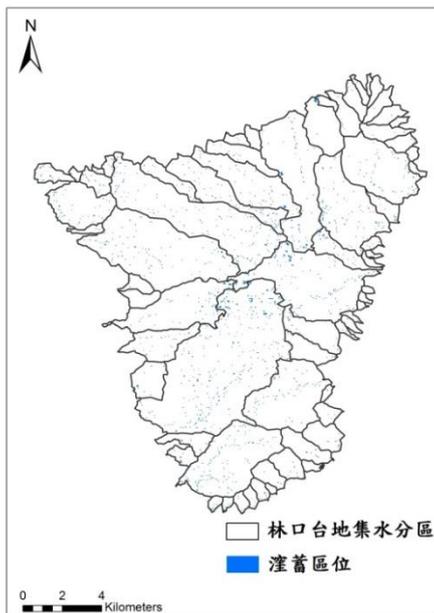


圖 15 窪蓄區位之空間分布

Fig. 15 Spatial distribution of depression storage sites

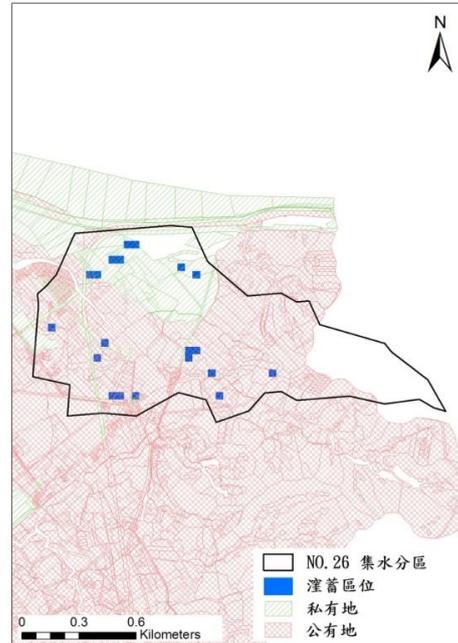


圖 16 NO.26 集水分區窪蓄區位之空間分布

Fig. 16 Spatial distribution of depression storage sites in the NO.26 sub-watershed

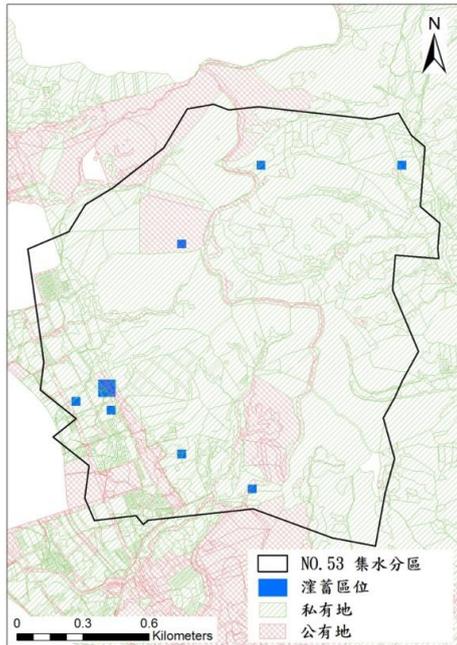


圖 17 NO.53 集水分區窪蓄區位之空間分布

Fig. 17 Spatial distribution of depression storage sites in the NO.53 sub-watershed

3. 活化國土利用增加附加價值

窪蓄區位應優先活用公用閒置或低度利用土地做為滯蓄洪設施，惟無法達減洪目的時，可尋求低窪地區私有地，藉由提出土地活化提高土地價值，例如配合地方發展推動觀光產業，營造景觀、生態及休閒遊憩等整合性規劃滯蓄洪設施，建議政府機關給予經費補助，結合地方社團後續認養，提高民眾參與意願。以國土保安、水土保持及水源涵養之土地保育與開發並重，永續經營為目標，有效運用土地活化策略。

結論

本研究藉由整合環境指標，進行集水分區分析最大蓄水量，並萃取天然窪蓄區位，可優選出最佳水源涵養區位，以截蓄地表逕

流，為降低土地開發所增加之逕流量，減輕對下游排水之影響，減洪方法一般以滯洪沉砂池為主。滯洪池不但能降低洪峰流量延緩集流時間，亦能蓄存水源加以利用、增加入滲、沉澱泥砂、減少排水路淤積並改善水質。大面積之土地開發案，區內建議依排水區位妥善規劃佈置多功能之滯洪池。對於已開發之都市計畫區，亦可利用公園、綠地、停車場等規劃多功能滯洪沉砂池調節洪峰，提供活水、親水之遊憩場所。

參考文獻

1. 行政院農業委員會水土保持局(1995)，「坡地土壤圖資料說明」。
2. 行政院農業委員會(2014)修訂，「水土保持技術規範」。
3. 林政侑(2012)，「應用環境指標劃定集水區地覆類別及熱點區位監測之研究」，國立中興大學水土保持學系碩士論文。
4. 林昭遠、張嘉琪、鄭旭涵(2010)集水區窪蓄區位自動萃取之研究。中華水土保持學報。42(2)：137-150。
5. 褚思穎(2008)，「逕流係數與 SCS 曲線值關係之研究」，國立中興大學水保研究所碩士論文。
6. 經濟部水利署水利規劃所(2007)，「區域排水整治及環境營造規劃參考手冊」，第 62 頁。
7. 經濟部(2016)修訂，「排水管理辦法」。
8. 謝昭輝、孫明光、謝盛雄、黃志文(1997)，「桃園地區南崁斷層之震測調查研究」，地工技術，第 64 期(民國 86 年 12 月)

第 93-104 頁。

9. Bosch, F.X. (1982), (Oncology Service, Hospital de Sant Pau, Avda S Antonio M Claret, 167 Barcelona 25 Spain), Orta J., Garcia , A., Juvanet J., Camprodon A and Pumarola A. Cancer mortality in Barcelona 1960– 1978, International Journal of Epidemiology 11: 46–48.
10. Dunne, T., L.B. Leopold (1978), “Water in environmental planning,” New York: WH Freeman.
11. Jenson, S. K., J. O., Domingue, (1988) “Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographical Information System Analysis.” Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54(11), 1593- 1600.
12. USDA, Soil Conservation Service(1985). “ Hydrology” National Engineering Handbook, Section 4.

水土保持學報 49 (2): 2039–2052 (2017)

Journal of Soil and Water Conservation, 49 (2): 2039–2052(2017)

105 年 06 月 01 日收稿

105 年 06 月 13 日修改

105 年 06 月 22 日接受