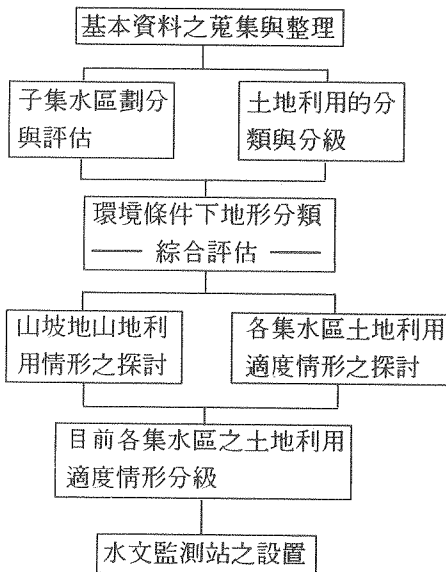


二、研究方法

本次水文環境監測站設置，主係以環境條件下地形分類之綜合評估為主探討之，其評估方法係從土地利用計畫（開發及保育計畫）之著眼點上將土地條件（地形、岩盤、自然災害等），利用地形分類圖進行分析。首先利用5000分之1的土地利用圖、將土地利用高度化的程度，予以評估之後再與土地條件的評估結果相互比較，從中探討將來在土地利用上應高度化地區及應限制開發的地區，以期對今後山坡地大面積開發規劃上提供重要之參考依據，其評估之流程簡示如下：



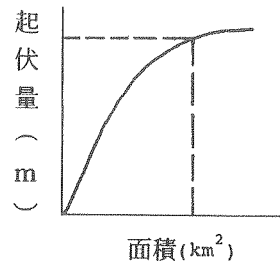
(一) 集水區之分級

有關集水區分級之評估是利用縱橫方格網行之，方格大小取 500m×500m：關於土地條件，如表 2.1-1 分為五個階段評估，而土地利用則根據表 2.1-2 之評估標準亦以 5 個階段評估開發之適應性。集水區之分級乃根據同一方格內土地條件的評估點 u 與土地利用的評估點 v 之比 u/L 大小來判定， u/L 的數值等於 1 時可視為土地條件與土地利用型態配合適度，數值小於 1 地區是為具高開發潛力，有趨向高度化之可能地區，愈是大於 1

愈是應限制其土地利用，也就是應加強防災設施之地區，至於詳細之評估步驟則分述如下：

1. 地形成長及網格之繪製

- (1) 地形生長曲線的繪製：乃以某山頂為中心，描繪不同半徑 r 之同心圓及各圓內最低點與中心點之高差（起伏量），繼而以圓面積 (πr^2) 為橫軸，起伏量為縱軸，點繪之即所謂地形生長曲線，而由此推知削峯存在之情形，進而了解該地區準平原化趨勢。
- (2) 網格大小的決定：當地形生長達某一界限時，其同心圓面積的增大而起伏量的增加則變緩和，而於生長曲線上出現一明顯折曲點（如圖 2.1-1 所示），此折曲點所對應之面積取其根號值即為網格邊長，網格面積亦由是決定。



$$a = \pi r^2$$

$$\text{網格邊長} = \sqrt{a} = \sqrt{\pi r^2}$$

$$= 1.77r = L$$

$$\text{網格面積} = L^2$$

圖 2.1-1 地形生長曲線圖

- (3) 繪製以最高點為中心，邊長為 1 之網格圖，涵蓋整個研究區域。本研究地形成長之中心點，係以為中心進行分析統計，為方便計乃取單位面積為 25 公頃，邊長 500m 之網格為基本單位。

2. 環境條件下地形分類的綜合評估

利用求積儀，套配有關之地形圖、土地利用圖... 等，求算各網格內各不同起伏量比，植生狀態分布情形及其所佔網路面積之比率 $k \times i$ ：

$$K \times i = (A' \times i / L^2) \times 100\%$$

(A' × i 各不同植物於網格內所佔面積)

起伏量比(RR%) =
 (網格內等高線數) (等高線高差)
 (網格邊長) × (地形圖比例尺)

就各網格所得之地形因子(起伏量比)、
 依山坡地保育利用條例中有關利用限制分級
 , 由表分別求算U、L值、然後就 U/L ratio
 予以綜合評估之

$$U/L \text{ ratio} = \sum(U_x \cdot K_{xi}) / L_{xi}$$

U_{xi} = 各不同土地類型對應之U值
 L_{xi} = 各不同地形類別對應之L值

表2.1-1 土地條件總合評估表(L)

評 分 點	評 估 標 準				地盤 條件	自然災害 盤下 水潮害陷滑塌	土地利用的 適合度	都市的 土地利 用	農村的 土地利 用
	地 形	地盤高 (m)	地耐力	洪高震地地崩 盤下 水潮害陷滑塌					
5	平坦的 高燥地	台地、段丘(除掉上方一下方淺的谷線及周圍的急陡部分)	5以上	大			適當	適當	
4	大部分 為平坦	山麓緩坡面 小起伏的丘陵地、略圓折的台地段丘		略大	△ △△		大致 適合	大致 適合	
	乾燥 地	扇狀地 大規模氾濫平原的自然堤防挖土所形成平坦地	4~5	略大	△△△ △△				
3	排水較 好的低 地、平 坦地	谷底平原 氾濫平原 高的鎮土地 安定之崖錐	3以上	略小 (支持地 盤淺)	○○○△		適合 一部 分須 防災 設備	適合 一部 分需 防災 設施	
2	起伏大 之傾倒 地	山麓坡面(坡 度約30以下)				○○	人口 或設 施密 集的地 區	大致 適合	
	低濕地	三角洲的自然 堤防 三角洲	1以上	小	●●●●●		隨土 地條 件必 須有 防災 對策	必須 有防 災設 施	

評 分 點	評 估 標 準				地盤 條件	自然災害 盤下 水潮害陷滑塌	土地利用的 適合度	都市的 土地利 用	農村的 土地利 用
	地 形	地盤高 (m)	地耐力	洪高震地地崩 盤下 水潮害陷滑塌					
1	陡地	山腹坡面(約 30度以上)					○○	不適 (開 發困 難)	只適 合林 地
	顯著的 低濕地	後背濕地 舊河地 高水地區 新生地 6公尺地帶	1以下	極小	●●●●●			不適 合	只適 合水 田耕

圖例說明：災害發生之可能性高低。

符號	說明	符號	說明
	低	○	高
△	中	◎	極高

表2.1-2 土地利用評估表(U)

評分	評 估 標 準	主要土地利用區分
5	不特定之多數人口集中, 在日常生活中心中不可或缺的土地利用	住宅區、商業區、公園綠地
4	不特定人口利用度高, 即使有特定人口利用, 但密集度高, 且生產性高的土地利用區	工業區、運輸區、公共區村落
3	農村土地利用中生產性高、人口集中度還不算高的地區	水田、旱田、果園
2	農村土地利用中生產性不高的地區人口集中度低的地區	森林、草地、竹林
1	土地利用皆無實施的地區、人口亦不可能集中的地區	河川、湖沼、裸露地、水鳥區、墓地

(二) 監測方法：

1. 監測站佈置

- (1) 量水堰一組，由兩座潛壩、一座沉砂池、一座靜水池、一組矩形堰板及一座護坦所組成。
- (2) 雨量水位計一組，型式為 WR-11 長期自記水位雨量計，預定裝置於靜水池旁。
- (3) 水位計一組裝置在位於監測站附近之鑽探孔上，量測地下水位。

2. 觀測方法

(1) 雨量、逕流量之觀測

試驗期間之雨量觀測，使用傾倒式自記雨量計，其記錄卷軸之轉速為每小時 18mm，當傾倒式辱槽承滿 0.5mm 深之雨量時，即會自動利用槓桿原理傾一次，並帶動指針跳動半個刻畫格數，依此連續記錄，可得雨量累積曲線，該記錄紙之時間座標則以 1 小時為一個刻度，雨量座標則以 1mm 為一個刻度。

逕流量之觀測是以 WR-11 內之自記水位計量測之水位記錄推算之，以浮筒式自計水位計置於量水堰之靜水井旁記錄水位歷線，其流量可由矩形之堰板流量公式推算，即

$$Q = CLH^{1.5} \quad (Q: \text{cms}; H, L: \text{m})$$

此即實際量測所得之集水區內實際逕流量，該水位雨量計內記錄卷軸之轉速為 18 mm/hr，雨量及水位均記錄於同一紙卷上，惟記錄不會發生交錯現象，水位計為每 12 分鐘為一刻度，雨量計為每 6 分鐘為一個刻度。

(2) 地下水位變化監測

本計畫於兩集水區之鑽探孔上設置地下水位監測站，各配置鐵箱乙只，水位計乙具，每月派員換紙，記錄每月地下水之變化。

(3) 泥砂量之觀測

泥砂產量之量測分為河床質及懸浮質部份，河床質部份擬於固定時間派人工清理、清砂時打開堰體下方之圓形閘門排水、再以人工清運、上岸、量取其總體積之後，採取部份土樣、烘乾秤重，求出乾土與含水砂土

單位體積之重量比，乘上總體即為河床質之重量。

懸浮質部份則在每次暴雨時，至現場採取 250cc 之水樣，烘乾秤重，再乘上直接逕流量對 250cc 之倍數，即為懸浮質之重量。

將河床質與懸浮質之重量相加即得泥砂產量。

(4) 現場透水試驗

本透水試驗的主要目的在量測此試驗區內各部份土壤之滲透係數 K ，是水流入介質中快慢之一種度量單位，作為評估地下水位變動指標參數。

在試驗程序上，乃直接利用現場地質調查鑽探留下鑽孔，地下水位之監測井，並以此作為微量試水法的試驗井。以容積約 20~30 公升的水器直接乘水灌入水井內，瞬時提昇井內水位高，由壓力傳感器顯示出之讀數，轉換成水位高，將時間 (t) 對應水位變化繪成關係圖，計算出實驗所得之傳導係數。

三、結果與討論

(一) 集水區分級之綜合評估

分別求算各網格之 U/L ratio 後，由統計結果得佑台北市及台中市山坡地 U/L ratio 平均值為 1.3，此結果顯示，山坡地開發利用已超過環境地形限制條件，亦即該地區之坡地利用存在不合理現象，概括而論，U/L ratio 大於 1 者則仍具開發潛力，換言之，研究結果顯示都會區之山坡地已呈高開發情形。

U/L ratio 分析結果列於表 3.1-1、3.1-2 所示。本研究共設置七座水文監測站，除配合台北山豬窟垃圾場興建而設置之監測站外，其 U/L ratio 均大於 1，屬於宜加強水土災害防治地區。

(二) 水文環境監測站網規劃

山坡地水文環境監測站之設置，依其設置目的而異，且影響日後水文資料與水文模式之分析，本研究針對土地對水文環境影響之目的，設置水文站予以監測之，故由 U/L

ratio探討，除建立其土地利用與地形環境條件關係之相對基準，並藉以探討水文設置需要及供日後水文分析時環境變異之關聯性。

本次水文監測站設置對象，係以屬於宜加強防災設施之地區為主，其定案站址分別說明如下：(A)台北地區：(1)信義區東大排溝（挹翠山莊），土地利用型態以坡地社區開發為主；(2)木柵無名溪（指南里），土地利用型態以觀光茶園與道路工程開發（北二高）為主；(3)南港四分溪（中華工專），土地利用型態，以道路工程開發與大型違規棄土為主；(4)士林青（明德樂園），土地利用型態以觀光遊憩區及未來之市地重劃為主；(5)士林內雙溪（陽明山國家公園），土地利用型態，以國家公園及水源保護區為主，本站亦可供作其他監測之對照區，以判別上游土地利用對下游水文環境之影響；(6)南港山豬窟溪（舊莊里），土地利用型態，以礦渣棄置與未來之垃圾場開使用為主；(B)台中地區則選定大坑溪（逢甲橋至正大橋段），土地利用型態，以觀光遊憩及坡地社區開發使用為主。

(三)資料分析

監測內容包括了降雨量、地下水位變化量及其泥沙產量，並定期對其地表水及地下水進行水質採樣及檢測。根據目前已完成之水文資料分析結果示，觀測所得之降雨量與河川水位有一定之相關性，以水理公式 $Q = CLB^{1.5}$ 相較 c 值變化於 1~1.7 之間，與理論值 $c = 1.705$ 相距尚屬合理，而與地下水位觀測與分析，確可提供相當程度之背景資料。至於地下水變化，通常經由長期觀測，可提供其地下水流量及蘊藏量之變化，並可提供地區邊坡穩定分析檢討。在本研究中，因其建立較晚尚無法作成定論，唯現地下水位變化與降雨有某種延遲的相關係存在。而地表水及地下水的水質檢測結果，雖然僅於每季作業乙次，卻發現普遍水質變劣表徵，顯示土地利用其有相當程度之影響，將來應加強檢測工作。

表3.1-1 台北市山坡地水文環境監測站設置需要性建議表

集水區名稱	土地利用情形	水文站設置需要性	U/Lratio
貴子坑集水區	高度		1.32
磺港溪集水區	高度		1.64
泉源集水區	高度	✓	1.40
溫泉集水區	中度	✓	1.14
奇岩集水區	中度	✓	1.14
南磺溪集水區	高度	✓	1.54
琪哩岸集水區	中度		1.08
青礮溪集水區	高度	已選定設置	1.66
內厝溪集水區	高度		1.75
陽明集水區	高度	✓	1.45
外雙溪集水區	中度		1.19
芝山集水區	中度		1.21
北磺溪集水區	高度		1.74
磺溪集水區	高度		1.47
清水溪集水區	高度		1.36
內雙溪集水區	中度	已選定設置	1.28
金龍集水區	高度		1.30
碧山集水區	高度		0.98
內溝溪集水區	低度	✓✓	1.06
四分溪集水區	中度	已選定設置	1.10
山豬窟集水區	低度	已選定設置	0.98
大坑溪集水區	中度		1.06
博嘉集水區	高度	✓	1.44
富德集水區	高度	✓	1.59
頭庭集水區	高度	✓	1.61
無名溪集水區	高度	已選定設置	1.34
老泉溪集水區	中度		1.03

一 水文環境監測站設置及其資料分析

表3.1-2 台中市山坡地水文環境監測站設置需要性建議表

集水區名稱	土地利用情形	水文站設置需要性	U/L ratio
西平北坑集水區	低度		0.94
西平南坑集水區	中度		1.08
林厝坑集水區	中度		1.10
水崛頭集水區	高度	✓ ✓	1.38
普濟坑集水區	高度		1.76
東安坑集水區	高度		1.47
知高坑集水區	高度		1.34
山子腳集水區	高度	✓ ✓	1.32
番社腳集水區	中度	✓	1.08
同安厝集水區	中度	✓	1.10
軍功寮集水區	低度	✓ ✓	0.98
大坑溪集水區	高度	已選定設置	1.75
濁水坑集水區	高度	✓ ✓	1.66
清水溪集水區	高度	✓	1.61
橫坑溪集水區	高度	✓	1.36
北坑溪集水區	中度		1.28
廓子坑溪集水區	中度		1.19

註：1. 低度：U/L ratio < 1

中度：1 < U/L ratio < 1.30

高度：U/L ratio > 1.30

2. ✓：為需要設置者

✓✓：為極需設置者

(四) 後續之研究

目前都市化集水區之規劃設計，最常用推求洪峯流量之方式即為合理化公式，合理化公式雖然簡單，其實仍有其嚴謹之學理基礎。一般而言，其所推算之洪峯值，即集水區在達到平衡流量狀態下運動波所達致之最大流量值。本研究已於前驅研究中，對合理化公式之基本假設、集流時間及逕流係數，作較詳盡之探討。另外經比較研究相關文獻發現，於都市化山坡地之暴雨模式中，運動波理論已被確認為模擬漫地流水流運動相當有效之憑藉。為了將此一理論，應用於求解

實際狀況之漫地流問題，並配合合理化公式之使用，本研究將於後續工作中，以運動波理論推導都市化V字型集水區之相關理論。

四、結論與建議

都會區四周山坡地之各種土地利用對下游之各個水文因子影響相當複雜，在現階段，要完全以學理方法來定量推導難達成。然為因應山坡地都市化之明顯趨勢及避免將來可能之災害。本研究分野外監測，室內模擬及學理推導三個方向，進行研究，希望能更深入地了解土地利用可能造成之影響，以求有關單位對山坡地的管理能更臻完善。本期之研究側重於基本資料之蒐集與整理，子集水區之分級、監測網站之規劃以及水文監測站之土木工程細部設計與儀器佈置圖示等。詳細研究結論與建議則分述如下：

(一) 本研究首先以航照圖劃分台中市與台北市之子集水區、就其土地條件與土地利用現況的比值，即U/L 值來評估目前該地區之山坡地發展情況。爾後，由於後續之開發或水土保持設施之建立，U/L 值亦將隨之變化，因此藉著水文監測站及其他監測系統的設立，對今後該地區之發展可提供有效參考依據。

(二) 針對研究地區之自然環境條件與其山坡地使用現況，本研究共選擇七處不同使用狀態之集水區設置水文監測站，及地下水監測站，其監測內容包括降雨量、逕流量、地下水位變化量及其泥沙產量並定期對它其地表水及地下水進行水質採樣及檢測，以此建立水文環境監測站之模式，並可為未來規化其它集水區之水文環境監測站時參考。

(三) 根據目前已完成之水文資料，分析結果顯示，觀測所得之資料與河川水位有一定之相關性，而與地下水變化亦有一定之稽延關係。顯示所進行之水文觀測與分析，確可提供相當程度之背景資料。

(四) 台灣山坡地由於受自然環境及人文條件影響，以降雨、流量與泥沙產量間，甚

難獲得正常之定型關係，尤其以單一暴雨模式或短期水文模式為甚，本研究初步所測之資料，經分析即發現有上述現象。據此，在未來後續之研究中，將根據完成之七座監測站觀測結果，進行相關水文模式之驗證或修正工作。

(五)都會區四周山坡地之水土保持工作，已漸往精緻型態發展，即強調山坡地管理以及針對集水區都市化所造成水文環境之衝擊而預作之協調工作，因此，發展地形圖、地籍圖及土地利用圖之數化疊合技術，並建立水文、土壤沖蝕及地質之監測站網與資料庫，實為當務之急。此外，坡地開發對下游水文因子影響中，泥砂產量及集流時間均可藉由工程方法加以改善，諸如防砂壩、調洪池之設置，惟此類工程設計技術與依據，仍有賴上述資料庫與監測站網之佐助，始得臻於完善。

(六)目前都會區之排水系統多已完成，且不易，拓寬或改建，惟上游山坡地不斷開發利用，致使洪峯流量與泥砂產量增加，每易形成下游都會區之水土災害。將來配合台中市山坡地之重大工程開發，尤其為減少因為山坡地開發對下游水文環境造成之衝擊，除應儘速建立相關之水文監測系統，亦宜於山溝谷口間規劃大型之調節池並配合相關之親水遊樂工程，以收相輔相成之效。

參考文獻

1. 何智武、蘇苗彬，1990年6月，台北市山坡地土地利用對下游水文環境影響研究，台北市政府委託報告。
2. 何智武、蘇苗彬，1990年6月，台北市山坡地水文環境監測站設置計畫，台北市政府委託報告。
3. 何智武、段錦浩，1984年，小集水區土地開發與保育處理對溪流量及泥砂產量之影響，農委會委託研究報告。
4. 段錦浩，1985年，山坡地開發對洪災的影響(三)，國科會委託研究報告。
5. 日本財團法人防災研究協會，1984年，交野市防災に關する調査研究。
6. 臺灣省自來水股份有限公司中區工程處，1992年，大坑地區供水計畫。
7. 都市水文研究グループ，昭和63年6月，調節池の計劃と設計。
8. 徐義人、呂珍謀，1984年8月，藉試驗參數推算小集水區之洪峯流量，林試所委託研究報告。
9. 顏清連、林崇民，1981年12月，坡地逕流及沖蝕模式之比較研究，農委會委託研究報告。
10. 中興工程顧問社，1988年12月，台北市大安至松山邊防洪調節池先期規劃報告，台北市政府委託報告。
11. 台大水工試驗所，1989年5月，台北市雨水下水道規劃手冊，台北市政府委託報告。
12. 農林航測所，1988年，台灣地區山坡地土地可利用限度分級與土地利用狀況調查報告，上、下冊，該所叢刊第66號。
13. 汪正忠，1988年，中華水土保持學報19(2):63-74，山坡地開發對逕流、入滲及泥砂產量影響之研究。
14. 盧惠生等，1987年，集水區不同土地利用逕流與沖蝕之研究，中華水土保持學報18(2)112-121。
15. 台中市政府，1990年12月，台中市大坑風景區整體開發建設計畫。
16. 台中市政府，1992年2月，台中市都會動物公園初步開發可行性分析。
17. 省自來水中區工程處，1992年6月，大坑地區供水計畫。
18. 巨達工程顧問有限公司，1992年6月，台中市大坑風景區申請開發許可應注意事項及審查規範。台中市政府委託報告。
19. 台中市政府，1991年，台中森林遊樂公園開發計畫。
20. 蘇苗彬，1992年2月，台中市西南屯野溪坑溝治理規劃，台中市政府委託報告。

A Study on Runoff Characteristics and Sediment Transport of Slopeland Urbanization (I) — Hydrological Observation and Data Analysis

Chih-Yuan Lin⁽¹⁾ *Chih-Wu Ho*⁽²⁾ *Maiu-Bin Su*⁽³⁾

Summary

The objective of this research is to study the impact on rainfall-runoff and sediment transport characteristics of slopeland urbanization in Taiwan by the investigation of the hydro-environmental change for slopeland development and different types of landuse sites. The hydrologic characteristics studied include the evaluation of the relationships between percentage of development and allowable landuse capability. And, the results achieved are then applied to the planning of field monitoring system for future data collection.

As the results, seven observation stations were established in Taipei & Taichung. The observation items include the rainfall intensity, sedimentation, water quality and hydrograph on the time scale. The preliminary analysis of field records compared reasonably well with the theorem of hydrology. The monitored data can be applied to hydro-environmental study in the future.

(1) Graduate Student, Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R.O.C.

(2) Professor, Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R.O.C.

(3) Associate Professor, Department of Civil Engineering, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R.O.C.