



行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

評估山坡地區雨水貯集之防洪及水資源保育故益

Study of the effectiveness of rainwater catchment on flood control and water conservation in slope land areas

計畫編號：NSC89-2313-B-034-008

執行期限：88年8月1日至89年7月31日

主持人：盧光輝 教授 中國文化大學土地資源學系

一、中文摘要

在台灣，集水區資料的收集包括有土壤、地形、水文和土地利用。這些資訊伴隨著 AGNPS 模式常用於評估集水區的狀態，可客觀地評估暴雨所造成的非點源污染輸送。本指標性研究的主要目的是模擬如何使用蓄水池或藉由植樹提高入滲量及收集暴雨雨水的方式。利用不同大小的暴雨模擬產生的逕流量，可以供應足夠的資訊，作為現場研究及追蹤調查，提供有效洪水逕流的運用。

關鍵詞：洪水應用、逕流量、滯留池、強化入滲、泥砂滯留

Abstract

Watershed data are being gathered in Taiwan that includes soil, topography, hydrology, and land use. These information along with the AGNPS model are used to assess watershed conditions and objectively evaluate storm-related generation and transport of non-point source pollution. The main objective of this pilot study is to simulate storm water collection using retention ponds and infiltration enhancement through tree planting. Runoff volume results from various storm sizes may provide adequate information for a follow-up on-site study to optimize flood runoff utilization in Taiwan.

Keywords: Flood runoff utilization, Runoff volume, Retention ponds, Infiltration enhancement, Sediment storage.

二、緣由與目的

台灣約三分之二土地面積為不規則的山脈。中央山脈北向南排列。強烈的颱風豪雨、陡峭的地形、年輕且薄弱的地質構造和易侵蝕的土壤都是極端不利的自然條件，加快了地質侵蝕和逕流的速度。除這些條件外，人口壓力、多樣化的農作物、小型農場、陡峭的山坡地上任意耕種和社經壓力，使更多的土地面臨土壤侵蝕加速，而且逕流也帶來不可挽回的損害。詳細的自然環境評估和正確評估潛在的侵蝕和逕流，可以減輕當地及下游的損害。

許多侵蝕和逕流模式已經發展用來預測流水所產生的土壤侵蝕問題。AGNPS(農業非點源污染)模式擁有評估非點源污染的能力和預測集水區沈積作用的特性。適當的修正後，已能在台灣許多集水區的模擬和測量輸砂量方面有優異的表現(Lo,1995)。

本研究的目的是整合地理資訊系統(GIS)和 AGNPS 兩項工具，利用多變的降雨尺度來模擬土壤侵蝕、逕流和輸砂量，作為最適化水里溪集水區暴雨逕流利用的設計。在台灣，雨水收集可以利用蓄水池和種植樹木來提高入滲量。由不同降雨條件所產生的逕流量，應有助於研發後續最適化的雨水逕流利用。

三、樣區概況

水里溪座落於南投縣(圖一)，是濁水溪的一條支流。在水里溪有兩次集水區，名為明潭和明湖。總面積約為 57 平方公里。其主要坡向是朝向南方，有許多起伏不定的水流、丘陵和高山。平均年溫約 19.5 °C，最高溫是在八月，而最低溫是在一月。平均年降雨量約 2,400mm，最大降雨量發生在四月到九月之間，而十二月和一月是較乾燥月份。

集水區範圍內大部分土地為政府所有(75%)，約 20%才是私人擁有的土地，而剩下的是土地銀行所擁有。在此研究區的土地利用因為地形環境、土壤特性、氣候和農民習俗的變化而有明顯不同。約 69%的土地面積擁有覆蓋森林。檳榔園約佔集水區 23%。其他的土地利用包括茶園、稻田和其他作物。

四、研究方法

AGNPS 模式是由美國農業部農業研究服務中心、明尼蘇達污染控制局和土壤保育服務中心所共同發展的(Young et al.,1987)。這個模式是將集水區集水量細分為整齊劃一的正方形格子，稱之為「區塊」。從集水區的上游到出水口，經由區塊的逐步分析可以找出潛在的污染物。模式更可以在其任何一點，分析水流量及其水質狀況。因此，集水區所有的特徵均可以藉由區塊階層來表達。

AGNPS 是一事件基礎的模式，模式的構成要素包括水文、侵蝕、沉積物和化學物的輸送。在水文構成要素中，是計算逕流量和最高峰的流量。侵蝕部分則是計算總地表侵蝕量、總河道侵蝕量和五種土壤顆粒(黏粒、粉粒、砂粒、小型礫石和大型礫石)來源的明細。地表侵蝕是藉由集水區的地勢運送至各區塊，沉積物的輸送同樣也是計算這五種顆粒的總數。而化

學輸送部分為其中一部分是處理可溶解的污染物；另一部份是處理沉積物附著的污染物。

運用 ARC/INFO GIS 電腦軟體來處理和分析輸入的資料，是因為其具備了接受、儲存、管理、和展示網格及向量兩種資料形式，且可將兩種資料格式互相轉換，也因而廣泛被應用。正確的數位向量資料，首先是將網格格式輸入。而創造 AGNPS 模式的資料檔案，其資料層的組成有：內政部 1/25,000 地形圖及土壤圖；地質調查研究所 1/50,000 地質圖。

要製造模式利用的輸入資料檔案，首先將水里溪分割成 679 區塊，每個區塊佔有約 9 公頃。每個區塊的水流方向則定義為流水離開區塊的方向，是以其形狀和地形環境為基礎而估計的。

五、結果與討論

(一) 模式的輸出

水里溪流域的侵蝕和潛在逕流首先由 200mm 的暴雨，降雨侵蝕指標 80 作為初步評估。在流域出水口的土壤侵蝕估計約為 1.25 公噸/公頃，輸砂量約 509.2 公噸，總逕流量約 87mm。在所有的區塊間，逕流、侵蝕和輸砂量的最高值分別為 200mm、20.6 公噸/公頃、1305.8 公噸。而逕流、侵蝕和輸砂量的最低值分別為 2.8mm、0.0 公噸/公頃、0.0 公噸。侵蝕敏感地區多位於陡峭的地形、疏少的地表覆蓋和過度的農地耕作區，高輸砂量區則集中於或靠近河流河道。因此，控制措施應該優先應用在這些區塊。適當的補救工作可以防止沉積物移動和侵蝕問題漫延，更進一步增進集水區經營管理政策和農業發展計劃等效能。

(二) 收集地點的選擇

暴雨逕流可藉由地表溝渠挖掘來收集或儲存在小型蓄水池中。這樣系統對於水

與土資源經營是一個嶄新的開端，雨水的收集可用於灌溉、飼養家畜、水產養殖、遊憩事業和荒地開墾以及引進高價值的農作物。逕流的收集與利用可以增加資源的有效利用。同時亦提供其他許多益處，包括降低水災洪峰、減少土壤侵蝕，提供大量沉積物的儲藏空間和增強渠道及水庫的運作功能。

最佳的滯留雨水位置應該滿足下列設計標準：①集水區的上游；②最大的逕流攔截；③最小的沉積物負荷。因此，集水區的流域型態(圖二)，再加上藉由 AGNPS 模式對每一區塊的逕流和沉積物分析，應該可以充分的用於決定最佳建造蓄水池和農塘的位置。

模式在集水區範圍內，共選擇了 12 個地點，分別位於編號為 39、68、113、193、273、354、386、401、440、449、644 和 674 的區塊。大部分位於集水區上游的東北方和西南方。這些地點的地表逕流型態特點為逕流量大都從 3 個或更多的在其上方區塊匯集。因此，大大地增加總逕流量。然而，進一步調查區塊所接收的沉積物負荷量，共有 5 個區塊(編號為 67、131、440、640 和 674) 當逕流量增大時，同時其沉積物也增大。這將不利於蓄水池和農塘長期收集雨水利用，而這些區塊大多種植檳榔樹。唯一補救措施，可藉由模式的模擬，將這些土地利用型態改變為自然森林，由目前的逕流曲線數、覆蓋物、經營管理因素和地表型態修正為森林土地利用的適當值。

雖然藉由森林的轉換所產生的逕流量減少約 52~58%，但沉積物的減少卻是相當的顯著，約達到 95%。這個結果指出要有效地利用雨水，使用蓄水池和農塘來收集雨水，適當的土地利用和落實水土保持措施，才可以保證攔截最大的逕流量和最

小的沉積物負荷量。

(三) 不同暴雨大小之逕流收集

總逕流量收集組合之計算是一部份從其上方進入到接收區塊的逕流，而其餘的部分是從區塊本身而來。根據此計算程序，表一列出一場 200mm 暴雨 12 個選取地點的總逕流收集量。一場暴雨已可產生及收集 20,060 到 47,352 立方公尺水量。然而，根據長期氣候統計值，這類型暴雨每年在這個地區只發生一、二次而已。所產生的沉積物也列於表一，總沉積物負荷(上方+區內)最大為 13.2 噸。這表示蓄水池和農塘一方面收集集水區上游大量的暴雨逕流，同時也可以減少大量的沉積物傳輸到下游。但另一方面適當且有效的水土保持措施如攔砂壩和淨水池，也需在現場設置，用以清除大量的沉積物負荷。

這個模式同樣也重覆用來模擬其他小型暴雨的逕流輸出量。一場 100mm 的暴雨，在所選擇的地點其逕流收集的範圍從 3,789 到 14,507 立方公尺不等。總沉積物負荷變化很小，最高負荷量同樣發生在編號 354 的區塊，其值約 5.8 噸。一場 50mm 降雨，收集到的逕流變化範圍從 74 至 3,707 立方公尺，總沉積物則少於 2 噸。這種沉積作用比率發生在 9 公頃的廣大面積而言，應該是一點也不顯著。根據長期氣候統計，水里溪集水區一般而言每年會約有 2 場 200mm 的暴雨，5 場 100mm 的暴雨和 20 場 50mm 的暴雨。利用此統計值，且忽略蒸發和流失損耗，則每年在 12 個所選擇的地點收集範圍是介於 60,550 和 241,394 立方公尺之間。這龐大的水源應該可以提供廣大的利益，從基礎水源供應灌溉用途到娛樂目的的遠端水源供應。

六、結論

在一個伴隨著陡峭地形、強烈暴雨且降雨豐沛的集水區，常引起土壤加速侵

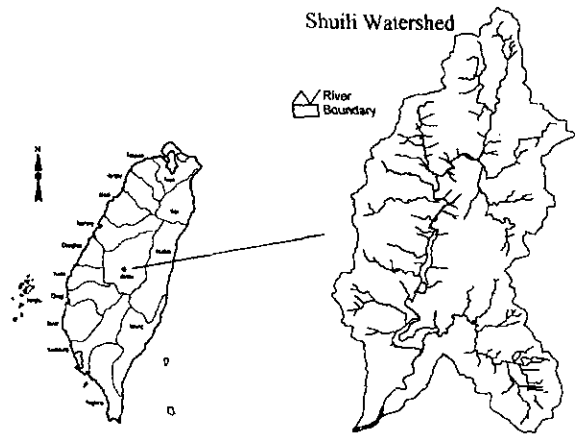
蝕，且逕流會導致下游地區嚴重的損害。洪水逕流之收集應該可以增加水源的有效利用且包括其他附加益處，例如降低洪峰、減少土壤侵蝕、沉積物貯存、水庫和河道運作改良等。AGNPS 模式是一個電腦模擬模式，具有評估集水區內任何一點的非點源污染的能力，同時亦具有鑑定集水區內高逕流量和高度侵蝕區的能力。這些都可提供及挑選適宜設置蓄水池和農塘的有用方針。模式的輸出可以用於計算所選擇地點的每一場暴雨的總逕流收集量，模式也可以模擬不同暴雨強度所產生的逕流量，提供有效的洪水逕流利用。

七、計畫成果自評

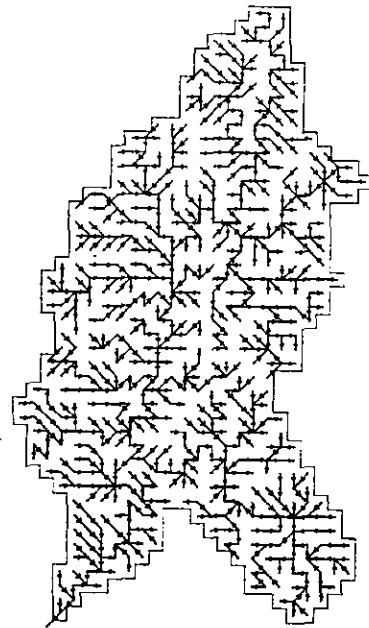
計畫研究內容與研提內容及預期目標均一致，在短短一年時間內，已獲得初步具體的成果，經適當修正及整理後，應可在學術性期刊中發表。重要的研究成果含括有效評估台灣山坡地水土流失量；有效判別集水區內高逕流量和高度侵蝕區；提供及挑選適宜設置蓄水池和農塘的有用方針，有效規劃洪水逕流的運用。

八、參考文獻

- [1] Lo, K.F.A. 1995. Erosion assessment of large watersheds in Taiwan. *J. Soil and Water Conserv.*, 50(2): 180-183.
- [2] Young, R.A., C.A. Onstad, D.D. Bosch and W.P. Anderson. 1987. AGNPS: An agricultural nonpoint source pollution model: A watershed analysis tool. U.S. Dept. Agric. Conservation Research Report 35, Washington, D.C., USA, 150 pp.



圖一、水里溪集水區地理區位置及水系



圖二、集水區內排水系統

表一、一場 200mm 暴雨所收集之逕流及沈積物負荷。

區塊	收集逕流量 (m ³)	沈積物質負荷(t)	
		上方	區內
39	23624.1	6.18	4.63
68	23624.1	4.84	2.78
113	47352.4	7.62	0.03
193	23454.4	5.47	3.71
273	20059.7	6.81	3.71
354	20059.7	6.86	6.49
386	28578.2	4.94	2.04
401	27255.1	3.56	3.71
440	27255.1	1.87	7.42
499	20059.7	4.48	3.71
644	20059.7	4.60	4.08
674	27255.1	2.81	4.08