

# 東部及蘭陽地區 森林集水區降雨逕流關係

■陳樹群、黃兆章、黃國輝／

國立中興大學水土保持研究所副教授、

國立中興大學水土保持研究所碩士班研究生、  
台灣省林務局集水區治理組技士

## 一、前言

台灣地區由於人口密度高居世界第二位，且由於都市及農工業之快速發展，造成社會需要用水量持續增加；因此，水資源的保育利用成爲近年來日益重要之課題。而水資源的涵養，多以河川上游之森林集水區爲主；一般相信，森林集水區除了賦有豐富之生態價值外，尚有保育水資源之功用。因此一個經營良好的森林集水區不但可適當地調節流量以供應下游工農業發展，同時亦可提供本身集水區生態環境維護所需。

台灣的森林佔有全島百分之五十以上之面積，

在空間上具有極重之比例；同時由於氣候溫濕、森林生長迅速，更新較容易，因此本省河川上游的森林，實具有相當的潛力，可作爲維護或改進水資源工具之用。然而，森林究竟可以涵養水源或減少供水到何種程度，這是一個需要長期觀測研究的課題。

基於此因素，林務局乃與中興大學水土保持系合作，由東部及蘭陽地區之國有林班地選擇三個試驗集水區，設立量水設備及雨量站，以觀測國有林集水區內降雨量及逕流量；並研究森林狀態的差異與水文變化的相關因素，以定量分析台灣地區森林

涵養水源的功能。經由六年來的努力，目前已有初步的結果。

## 二、觀測集水區之環境概述

研究初期首先依據所收集水區基本資料，並會同農委會、林務局、大、興大等專家學者共同現場會勘，由其中選定林務局羅東林管處之多望溪、花蓮林管處之砂婆礫溪以及台東林管處之加拿溪等三處，建立試驗集水區，於各集水區出口處均設有水位站，並於各集水區適當位置裝設雨量筒。水位站之量水設施由中興大學水土保持系進行室內實驗率定與現場觀測檢定。現將

各集水區之地形概述於下：

### 1. 多望溪試驗集水區

隸屬林務局羅東林管處，位於宜蘭縣大同鄉，為太平山事業區81至96林班，集水區型態屬卵形（圖1）。地形計量之整理分析如表1，經由 ARC/

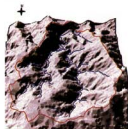


圖1 多望溪集水區三維立體地形圖

千枚岩所構成屬廬山層，由台灣省林相圖套疊林區，計有針葉林佔 52.7%，闊葉林佔 31.5%，針葉混生林佔 7.3%，以及草生地佔 8.5%（圖2）。



圖2 多望溪集水區林相圖

### 2. 砂婆礑溪試驗集水區

隸屬林務局花蓮林管

區型態似扇形（圖3）



圖3 砂婆礑溪集水區三維立體地形圖

地形計量之整理分析如表2，經由 ARC/INFO 將台灣省地質圖與集水區邊界套疊發現集水區為古生代晚期至中生代地質其中變質石灰岩佔 2.35%，其餘則為黑色片岩、綠色片岩、矽質片岩所構成屬大南澳片岩。由台灣省林相圖套疊於集水區發現針葉林佔 0.8%，闊葉林佔 94.2%，針葉混生林佔 5%（圖4）。



圖4 砂婆礑溪集水區林相圖

表1 多望溪集水區之各項地形計量參數

項目	符號	單位	數量	備註
集水區面積	A	ha	3714.966	
集水區周長	P	m	25725.840	
集水區平均坡度	S	%	53.681	
主流平均坡度	S <sub>R</sub>	%	15.217	
集水區平均高程	H	m	1458.000	
主流長	Lo	m	16145.934	
本文流總長	L	m	38561.338	
集水區平均寬度	W	m	230.868	$W = A/Lo$
集水區形狀係數	F	-	0.143	$F = A/Lo^2$
集水區密度	C	-	0.840	$C = 2(A\pi)^{1/2}/P$
集水區排水密度	D	m <sup>-1</sup>	0.001	$D = L/A$
方位	AP	-	NW	

INFO 將台灣省地質圖與集水區邊界套疊發現全區為中新世硬頁岩、板岩、

處位於花蓮市美崙溪上游砂婆礑北溪，屬木瓜山事業區第 2, 3, 4 林班，集水

表2 砂婆礫溪集水區之各項地形計量參數

項目	符號	單位	數量	備註
集水區面積	A	ha	1078.345	
集水區周長	P	m	14118.310	
集水區平均坡度	S	%	76.968	
主流平均坡度	S <sub>R</sub>	%	18.816	
集水區平均高程	H	m	951.000	
主流長	Lo	m	4310.485	
本支流總長	L	m	8171.627	
集水區平均寬度	W	m	2501.679	$W = A/Lo$
集水區形狀係數	F	-	0.580	$F = A/Lo^2$
集水區密集度	C	-	0.82	$C = 2(A\pi)^{1/2}/P$
集水區排水密度	D	m <sup>-1</sup>	$7.578 \times 10^{-4}$	$D = L/A$
方位	AP	-	S	

且其大小與降雨及輸砂量有密切關係。因森林集水區多位於高拔地區，且面積廣大，坡陡流急，泥砂生產豐富且顆粒粗大，對流量之觀測，造成諸多不便。因此，本研究乃利用已構築之防砂壩當作大型量水構造物，一方面可以達到觀測流量之目的，另一方面亦可達到攔阻調節

### 3. 加拿漢溪試驗集水區

隸屬林務局台東林管處，位於台東縣關山鎮，屬卑南溪上游支流，為延平事業區第一林班之全部，集水區型態近似橢圓（圖5）。地形計量之整理

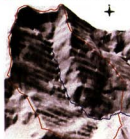


圖5 加拿漢溪集水區三維立體地形圖

分析如表3，經由 ARC/INFO 將台灣省地質圖與集水區邊界套疊發現集水區始新世板岩、千枚岩夾砂岩佔 62.4%，其他為

表3 加拿漢溪集水區之各項地形計量參數

項目	符號	單位	數量	備註
集水區面積	A	ha	756.721	
集水區周長	P	m	10990.660	
集水區平均坡度	S	%	64.785	
主流平均坡度	S <sub>R</sub>	%	28.697	
集水區平均高程	H	m	1130.000	
主流長	Lo	m	3517.532	
本支流總長	L	m	3517.532	
集水區平均寬度	W	m	2151.285	$W = A/Lo$
集水區形狀係數	F	-	0.612	$F = A/Lo^2$
集水區密集度	C	-	0.887	$C = 2(A\pi)^{1/2}/P$
集水區排水密度	D	m <sup>-1</sup>	$4.648 \times 10^{-4}$	$D = L/A$
方位	AP	-	NEE	

古生代晚期至中生代之黑色片岩。由台灣省林相圖套疊於林區內，各林相所佔比例分別為針葉林佔 4.6%，闊葉林佔 95.2%，農耕地佔 0.2%（圖6）。

### 三流量水位率定曲線之推估

流量為集水區經營治理必須具備之基本資料，



圖6 加拿漢溪集水區林相圖

河床砂石，控制流心及穩定坡腳之功能。

本研究之三個試驗集水區所使用之堰型式為具有複式斷面之寬頂堰，主要目的在作為量水設備，因此流量與水位的關係成為本研究之重點。本研究分別從理論分析及現場實測相互驗證，以求出正確之流量水位率定曲線。

為精確求得堰口修正係數  $C_d$  值，本研究曾先後數年至三試驗集水區，以流速儀在堰口上量測流速，並配合水位計求得流經堰口之流量。在剛完工之初期，經反覆檢測得宜蘭多望溪寬頂堰之修正  $C_d$  值為 0.4978，花蓮砂婆礫溪為 0.4759，台東加拿溪則為 0.4538。此時  $C_d$  值較低之原因為堰口之混凝土結構物受沉滓撞擊，造成堰口粗糙度增加，以至於流量較相同水位時之量水堰為低。故據此求得之各集水區流量水位率定曲線分別為：

- (A) 宜蘭多望溪  
 $Q=6.6 \cdot H^{3/2}$   
 $Q=12.15+55.8(H-1.5)^{3/2}$
- (B) 花蓮砂婆礫溪  
 (1) 一號流量站  
 $Q=2.108H^{3/2}$   
 $Q=2.108+77.5(H-10)^{3/2}$   
 (2) 一號流量站  
 $Q=2.108H^{3/2}$   
 $Q=2.108+50.6(H-10)^{3/2}$

(C) 台東加拿溪

$$Q=1.34H^{3/2}$$

$$Q=1.34+18.6(H-10)^{3/2}$$

$$\left. \begin{array}{l} (H \leq 1.0m) \\ (H > 1.0m) \end{array} \right\}$$

在研究之後期，為保護堰口之完整性及不受塊石擊損，因此將堰口包覆鋼板。同時基於靜水池常受淤積之影響，本研究重新率定流量係數。得各水區堰口修正  $C_d$  值分別為宜蘭多望溪 0.615，花蓮砂婆礫溪為 0.87，台東加拿溪則為 0.862。相同之原理據此求得之各集水區流量水位率定曲線分別為：

(A) 宜蘭多望溪

$$Q=8.172H^{3/2}$$

$$Q=15.01+69.01(H-1.5)^{3/2}$$

$$\left. \begin{array}{l} (H \leq 1.5m) \\ (H > 1.5m) \end{array} \right\} \quad (1)$$

(B) 花蓮砂婆礫溪

(1) 一號流量站

$$Q=3.853H^{3/2}$$

$$Q=3.853+93.4(H-10)^{3/2}$$

$$\left. \begin{array}{l} (H \leq 1.0m) \\ (H > 1.0m) \end{array} \right\} \quad (2)$$

(2) 一號流量站

$$Q=3.853H^{3/2}$$

$$Q=3.853+61.1(H-10)^{3/2}$$

$$\left. \begin{array}{l} (H \leq 1.0m) \\ (H > 1.0m) \end{array} \right\} \quad (3)$$

(C) 台東加拿溪

$$Q=2.54H^{3/2}$$

$$Q=2.547+33.07(H-10)^{3/2}$$

$$\left. \begin{array}{l} (H \leq 1.0m) \\ (H > 1.0m) \end{array} \right\} \quad (4)$$

集水區之新舊水位流量率定關係及實測資料作

如圖 7、圖 8、圖 9 所示。顯然經由修正之後的率定曲線較能代表真實之流量。當水位已知時，即可由公式或圖形中求得正確

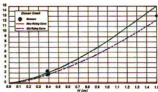


圖 7 宜蘭多望溪水位—流量率定曲線

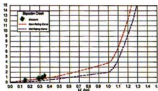


圖 8 花蓮砂婆礫溪一號水文站水位—流量率定曲線

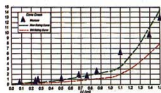


圖 9 台東加拿溪水位—流量率定曲線

之流量。相同水位下，新者之流量較前者為高，主要原因在堰口糙度減低及考慮靜水池淤砂之情況。

#### 四 降雨逕流關係之探討

一般所謂逕流，係指上游渠道或集水區未受任何人工分水、儲蓄或其它人為因素影響之天然流量而言。而逕流歷線可視為某集水區之降雨逕流關係受其特定地文及氣候特性影響後之整體表現，由逕流歷線即可展現出集水區複雜的降雨逕流特性。影響逕流的因子頗多，大致可分為氣象因子與地文因子兩大類，其中氣象因子又包括降水、截流、蒸發、蒸散；地文因子則包括流域特性和河渠特性。在水文分析與設計上，對發生於一集水區之降水與逕流間關係之探討乃十分重

要。近年來興起之系統工程概念，係將集水區視為一系統，降水為該系統之輸入或流入集水區之流量 (inflow)，經過集水區視為一系統，降水為該系統之輸入截流、滯留等後，由集水區水文站量測獲得之部分為輸入或出流量 (outflow) 即為逕流，這便是所謂的「黑盒分析」(black-box analysis)。

本研究為進一步探討宜蘭多望溪、花蓮砂婆礫溪以及台東加拿溪等各集水區中實際觀測降雨資料與水文站實測水位間之關係，以降雨逕流實測資料為基礎，分別由各集水區選取數場暴雨進行探討分析，期更加瞭解集水區特性，作為今後降雨逕流歷線模擬之參考依據，進而推估在不同降雨強度下，可能產生之逕流量大小。

將八十四年之實深降雨流量資料，選取數場降雨逕流歷線圖，分別求出其總降雨量與扣除基流之逕流量，黑繪於降雨—逕流關係圖上，經過歸計算後獲得下列關係式：

#### 多望溪

$$Q = 0.5404P - 22.629 \quad (9)$$

#### 砂婆礫溪

$$Q = 0.5917P - 4.4624 \quad (10)$$

#### 加拿溪

$$Q = 0.7801P - 60.022 \quad (11)$$

其中，Q 代表除去基流後之總逕流量，係以總逕流體積除以集水區面積計算，單位為 mm，P 代表總降雨深度，單位 mm。

三個集水區之降雨量—逕流量關係如圖 10 所示

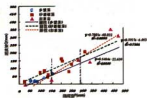


圖 10 各集水區降雨量—流量關係圖(—)

，從定性而言，當降雨量較小時（約小於 156mm），產生之逕流量以砂婆礫溪為最大，多望溪次之，加拿溪最小；降雨量大時（大於 295mm），產生之逕流量以加拿溪為最大，砂婆礫溪次之，多望溪最小。從定量而言，根據上列關係式可知，多望溪迴歸線斜率為 0.54，砂婆礫溪為 0.59，而加拿溪

則為 0.78。由於加拿溪的斜率遠較多望溪及砂婆礫溪為大，此表示隨著降雨量的增加，加拿溪的逕流增加率遠大於其他二集水區，因此當降雨量變大時，最終將導致加拿溪之逕流量高於其他二者。

然而圖 10 中之斜率值尚不足以代表逕流係數 C 之大小，因圖 10 之迴歸式含有一截距值，故而本研究重新迴歸三集水區降雨逕流之相關式，但使其不含截距，所得結果見圖 11

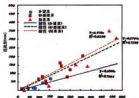


圖 11 各集水區降雨量—流量關係圖(○)，各迴歸線之相關係數  $R_2$  均在 0.8 左右，相關性雖

不若圖 10 為高，但其依舊具有良好相關性。此時之斜率即可代表逕流係數，由分析可知逕流係數以加拿溪之 0.618 為最大，其次為砂婆礫溪的 0.5704，最小為多望溪的 0.3368。加拿溪與砂婆礫溪之逕流數值相近，可能是此二集水區以闊葉林為主，其逕流係數遠大於針葉林為主之多望溪，由於分析可初步得知，單場降雨時，闊葉林之逕流係數較針葉林為大，此可作為未來林業經營的參考，惟整年的逕流係數尚待未來觀測資料趨於完整後再進一步詳細分析。

### 五 結 論 與 建 議

台灣山區大都屬於森林地，森林集水區經營試驗，在本質上屬於山地水文之研究，為收集及分析試驗集水區所得之資料，

並進而認識雨量與逕流量之相關，如能獲得兩者之相關，將可由雨量估算逕流量，作為集水區經營規劃之參攷。

經由初步數個單場降雨分析，得以闊葉林為主之加拿溪及砂婆礫溪逕流係數相若，分別為 0.618 及 0.5704，而以針葉林為主之多望溪其逕流係數僅 0.3368，遠低於前二者，初步可說明闊葉林之逕流量較針葉林之逕流量為大。為本研究現僅針對單場雨量進行分析，未來將詳細整理三集水區之降雨逕流資料，分析年平均、月平均或豐水期、枯水期之降雨逕流相關性。如此方能有效說明各集水區的降雨逕流特性，並提供森林集水區經營方向上的參考。

推 行 環 境 保 護 ， 保 育 自 然 生 態 ；  
加 強 造 林 撫 育 ， 厚 植 森 林 資 源 ；  
實 施 洽 山 防 洪 ， 落 實 水 土 保 持 ；  
發 展 森 林 遊 樂 ， 提 升 遊 憩 品 質 ；  
推 展 林 業 研 究 ， 開 發 林 產 市 場 ；  
利 用 科 學 技 術 ， 承 續 發 展 林 業 ；  
發 展 森 林 遊 樂 事 業 ， 提 高 國 人 生 活 品 質 。