

台灣中部南湖溪集水區水文特性之研究

鄭皆達⁽¹⁾ 陳家暉⁽²⁾ 葉正霖⁽³⁾

摘 要

台灣森林集水區係主要水資源蘊含的地區，過去台灣較缺乏大於 100km² 之森林集水區水文特性文獻。為進一步了解其水文特性及擬定集水區保育方案，本研究選定台灣中部大甲溪上游南湖溪集水區(126km²)為研究對象，收集集水區鄰近雨量站及流量站共 10 年的資料進行分析，本集水區年雨量之範圍從 1249mm~3215.5mm，10 年之平均年雨量為 2125.8mm；年流量之範圍從 748.81mm~2023.47mm，10 年之平均年流量為 1314.19mm；月平均雨量以 11 月最低為 38mm，最高為 8 月 357.85 mm；而月平均流量以 1 月 34.1mm 為最低，8 月 198.18mm 為最高。水文歷線分析以 Hewlett 定斜率法，分離基流及直接逕流，得到集水區的逕流係數及基流量佔總降雨量的比率。平均逕流係數為 61.8%；基流量對總降雨量之平均比值為 19.55%；直接逕流對總降雨量之平均比值為 44.3%；基流量對總逕流量的平均比值為 39.22%。此外，比較對數皮爾遜第三型頻率分析與合理化公式所獲得不同迴歸週期其可能最大洪峰流量，其中集流時間之計算採用 Rziha 與美國加州公路局公式，而最大機率雨量計算採對數皮爾遜第三型分佈，相關的研究成果，可供作構造物設計及其他使用目的上之參據。

(關鍵字：洪峰流量、集流時間、逕流係數、合理化公式)

Hydrological Characteristics of Nan Hu Forested Watershed in Central Taiwan

J.D. Cheng

Professor, Department of Soil and Water Conservation,
Director, Research Center for Water Resources Conservation and Disaster Prevention National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

C.H. Chen, C.L. Yeh

Graduate Students, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

ABSTRACT

The forested watersheds are major sources of streamflows in Taiwan. However, there are very few information, on hydrologic characteristics of forested watershed exceeding 100 km² in Taiwan. The hydrological characteristics of Nan Hu forested watershed(126km²) in central Taiwan were mainly analyzed with precipitation and runoff data. Based on Hewlett's constant slope method for

¹ 國立中興大學水土保持學系教授

² 國立中興大學水土保持學系碩士班研究生

³ 國立中興大學水土保持學系博士班研究生

separating direct runoff and baseflow. The hydrologic characteristics discussed in this study include annual precipitation(rainfall) and flow(stormflow),baseflow the values of total runoff coefficient (C) and baseflow ratio of watersheds. In addition, Probable maximum peakflows of different return periods were also estimated with the Log-Pearson type III distribution and by applying the rational formula using anying and time of concentration(tc) developed by the Council of Agriculture to offer some useful information for designing water control structures and other purposes,in headwaters forested areas in central Taiwan.

(**Key words:** peak flow、time of concentration、runoff coefficients、Rational Method)

前言

台灣約 2/3 之土地為森林所覆蓋，這些森林地正是台灣賴以涵養水源、淨化水質、國土保安及減輕洪旱之憑藉。然而，人們對森林可涵養水源僅有模糊的概念，涵養水源之機制及其功能卻缺乏具體資料可予以佐證；在森林減輕洪患方面，台灣地區亦缺乏有關數據可予以闡明。

台灣森林集水區暴雨流出量主要來源並非如 Horton 所提之降雨強度(Rainfall intensity)超過土壤入滲容量(Infiltration capacity)所產生的地表逕流(overland flow)；而是以雨水自地表滲入後所形成之地表下逕流(subsurface flow)為主。然而過去台灣中上游集水區的各種逕流解析方法，均以降雨強度超過土壤入滲容量的超滲降雨量為主，甚少考慮以地表下逕流為主要溪流量予以模擬。

以往對於上游森林集水區之研究通常是針對較小的集水區，例如畢祿溪或蓮華池集水區，都算是較小型的集水區。本研究想針對稍大一些的中型森林集水區做研究，所以選擇大甲溪上游之南湖溪集水區為研究材料。

前人研究

森林涵養水源的功能可從林地有利於水分進入土壤層及增進土壤之保水蓄水能力兩方面加以說明。林木之樹冠及枯枝落葉層可有效地消滅雨滴打擊地表之能量，一則可減少表土沖蝕，一則可減免雨滴之密封(sealing)作用，使地表保持最佳的入滲狀況，有助於雨水進入土壤層。枯枝落葉層及複雜交錯之植物體，使地表之粗糙度大為提高，除可增加地表之滯留容量(surface detention storage)外，並可減低地表水流之速度，避免逕流集中，因而增加水分入滲之機會。

腐敗之植物體及動物孔穴，構成龐大的地下渠道網路，雨水得以藉此路徑迅速地進入較深之土壤層內，再全面性地滲漏至各方土壤孔隙內；此種管流(pipe flow)對土壤水及地下水補注均有相當之助益(Lu,1996)。林地由於上述兩方面正面之效應，大部分之降雨得以進入林地之土壤層；保存於土壤孔隙間之水分，若受重力之影響較大，則漸次地向下方移動，終將進入母岩孔隙內或地下水層，得以滯留而貯存較長之時間。此等貯存於土壤或岩石孔隙內之水分以及地下水則為基流之主要來源。因此，森林集水區之基流量通常較非林地集水區為高。

綜合上述，森林涵養水源之功能並非來自林木本身而係整個森林生態系，森林僅提供一良好之環境使土壤層達到最佳之保水蓄水狀況，並藉植物保土護土之功能維持此最

佳狀況。至於涵養水分之多寡，則決定於土壤之孔隙率(porosity)、有機質含量、土壤及母岩深度、地下水位、土壤及岩石層裂隙、不透水層分佈及坡度等多種因素(Lu,1996)。

森林的防洪功能有其極限，乃係不可否認之事實。洪水之發生主要決定於氣象因素，即使有良好之森林覆蓋亦不能防止由極端降雨所導致之洪水；然而，森林卻可減輕或緩和洪水之危害。森林減輕洪水之作用亦可由兩方面加以說明。林木樹冠與枯枝落葉層之截留作用可減少引起逕流之有效雨量；台灣地區天然闊葉林約可截留 13%之年降雨量(Lu and Tang, 1995)。此種截留作用對降雨強度小之降雨當可發生顯著之影響，然而對強度高之降雨卻難發揮防洪功效。事實上，林地減緩小集水區洪峰流量之作用，對 10 年回歸週期以下之洪水方能發揮功效(Lu,1994)。

早在 1930 年 Horton 便發表了其入滲理論學說。1935 年 Horton 由入滲學理導出逕流理論，並指出集水區渠道逕流(channel flow)主要來源係當降雨強度超過土壤滲透率、地表窪蓄及滯留時，所產生之坡面漫地流(overland flow)，稱之為 Horton 氏漫地流(黃國禎,1997)。此理論主要認為土壤入滲容量隨著時間而減小，並且在一定的時間內，降雨強度比土壤吸收入滲的雨水容量為大，即超滲降雨時間內，土壤入滲減弱，地表產生漫地流。於此學說中，入滲是降雨-逕流過程的一個限制參數；且假設漫地流發生在集水區的特定區域或全部流域內。

另外集水區內的低窪區、鄰近水邊區、土層淺薄區或其他因地形而使地表水份易於集中匯合的地區中，會因暴雨的持續、雨水的入滲，而使飽和水層漸漸上升至地表面，之後造成表面逕流，此即為飽和地表逕流

(saturation overland flow)。而在靠近溪流區域，因土壤很快地達到飽和，雨水因無法入滲而流至河川中，此亦為飽和地表逕流的一種(林莉利, 1992)。飽和地表逕流主要發生於河道底部邊緣處，或水流集中的凹陷處，及無法滲透之地層薄土壤構成的特定區域內。因其產生機制不似 Horton 氏地表逕流，即區域內之降雨強度無超過土壤入滲容量(infiltration capacity)，故稱為 Non-Hortonian。一般所說的漫地流(overland flow)，即指上述的 Horton 漫地流(infiltration-exceeded overland flow)與飽和漫地流二種。後續有多位學者提出不同變源(variable source)理論，包括變源-漫地流(variable source-overland flow)及變源-地表下逕流(variable source-subsurface runoff)，以修正渠道逕流來源之觀念。至於變源-漫地流是指土層淺薄、透水性佳、坡度較緩、下坡為凹坡型之坡地環境下，當降雨強度低於滲透率時，滲入土中之水分在末飽和層側流向下，致使下坡土層迅速達到飽和所形成之漫地流而言，亦稱回升逕流(return flow)(盧惠生,1993)。

整體而言，植生覆蓋良好的高山森林地集水區內，其降雨強度均很少超過入滲容量，以致森林地表漫地流甚少發生，均以地表下逕流(中間流)為構成總暴雨流出量的主要來源。而台灣上游覆蓋良好的森林集水區內，地表上均有高滲透薄層存在，故並不容易產生地表逕流；即使於降雨強度稍大之時，也會有林冠覆蓋及枯枝落葉層的截留，使雨滴甚少直接打擊地面，雨水得以入滲至地表下，而後通過大大小小的孔隙，形成地下水流(林莉利,1992)。

森林土壤的高滲透能，主因乃是森林土壤中具有甚厚的枯枝落葉層和腐植質，造成相當多的孔隙；此外還有動物鑽洞及植物根

系腐爛等所造成的大孔隙。鄭皆達、夏禹九(1988)提到地表下逕流的途徑即是(1)在林床(forest floor)及土壤基質層(soil matrix)中流動；(2)經由大孔隙(macro pores, soil channels)此二者結合。

其中，變源-地表下逕流一脈的學者亦一再提到，暴雨時地表下暴雨逕流概由根渠(root channels)、土層裂縫(cracks)、穴居動物所挖掘之孔洞(burrows)及土壤構造中之大孔隙等所構成之通道，以近似垂直之通流(bypassing flow)及側向之截流(preferential flow)所主控，以及少部份經由土壤基質細孔而流出之基質流(黃國禎, 1997)。以上這些學者所提出的變源-地表下逕流即指坡地土壤深厚、坡度陡峻、坡型為直坡或凸坡、透水性良好等環境下，雨水大部份滲入土中，土壤水並直接由通氣層側向流至渠道水槽之水流(盧惠生, 1993)。

自 Mosely 及 Thomas 等研究追蹤渠道水流來源以來，多位學者續以各種方法追蹤分析渠道逕流各成份之貢獻，以及各分量之水流路徑(flow path)，並指出溫帶濕潤地區地表下逕流為低級序集水區之主要水文過程。如 Sklash and Farvolden 以放射性元素於加拿大試驗集水區，進行研究分析河川渠道逕流之來源，結果首先提出森林集水區暴雨時，地表下逕流主控河川渠道逕流歷線之論點；Eshleman 等在紐西蘭試驗集水區，分別以放射性物質、化學元素及性質作示蹤劑，研究結果顯示該地區低級序集水區渠道逕流主要來自地表下逕流(黃國禎, 1997)。

鄭皆達、夏禹九(1988)指出：台灣上游森林集水區雖大部份地勢陡峻，土壤雖淺薄但透水性卻甚佳，且飽和導水度或入滲能量一般均高於降雨強度，所以他們認為台灣除非降雨強度達到 50 mm/hr 以上，否則地表逕

流並不是很重要。但他們亦認為台灣於暴雨或颱風期間，降雨強度有時也會超過 50mm/hr 以上，此時集水區則可能會局部發生地表逕流；因此地表逕流對暴雨流出量所作的貢獻，通常是隨著暴雨總量和降雨強度成正比。

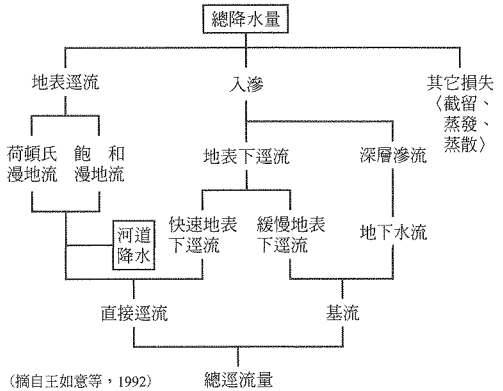


圖 1 降雨-逕流過程的分類

Figure 1. Classification of rainfall-runoff processes

降雨-逕流關係在水文學中，評定逕流的產生機制與路徑為主要難題之一，因而促成了各種不同理論與模式的研發；近年來由於物理學知識的演進，使得降雨-逕流解析方法變得更多元化，導致多種水文模式被提出。不過就森林與坡地經營者而言，其中根據入滲作用而研發之模式相當重要，以下即針對 Horton 漫地流模式(Hortonian overland flow model)應用於台灣中上游集水區之敘述。

在台灣中上游集水區的各種逕流解析方法中，以採用 Horton 漫地流理論之模式最為廣泛。假定降雨強度超過入滲容量之理論為主，但利用入滲理論模式所推估「超滲降雨量」並非台灣森林集水區溪流量之主要來源。Horton 漫地流模式為利用降雨量及一些

流域變數來模擬漫地流，以演算某指定河段的溪流量。雖然有時此類型模式會存在少量的地表下暴雨流量(有時稱為中間流，interflow)，但大部分的暴雨流出量還是以漫地流的產生路徑為主。

材料與方法

一、集水區概況：

南湖溪，發源於南湖大山、南湖南山、中央尖山、無明山等中央山脈北側斜面 3500 公尺以上山麓附近。本溪長達 30 公里，為大甲溪最大的支流，在今環山部落西南方的清泉橋附近先與合歡溪匯合，在更下方一起匯進入大甲溪（伊卡九溪）。南湖溪與大甲溪呈現並行流路，其間為平岩山稜線所形成的河間地域，寬度由一至五公里不等。與南側合歡溪的河間地域之太保久稜線有三至四段顯著平坦面相互對公里長。稱，形成所謂角階地形。南湖溪另有支流耳無溪，由無明山起源，約 10.5km 長。

集水區地文因子：

集水區面積 (km ²)	集水區周長 (km)	集水區長度 (km)	平均高程(m)	平均坡度(%)
125.65	74.56	17.82	2461.71	65.28
起伏量 (m)	起伏比	密集度	圓比值	細長比
2281	0.13	0.53	0.29	0.71

二、資料分析

由於颱風豪雨地震等之天災或人禍，常損毀相關的設施及儀器，致使所收集的雨量流量資料呈現不穩定及中斷之情形，故無法得到完整水文年的資料，只能選定某一期間中，集水區所得到的完整數據做進一步分。

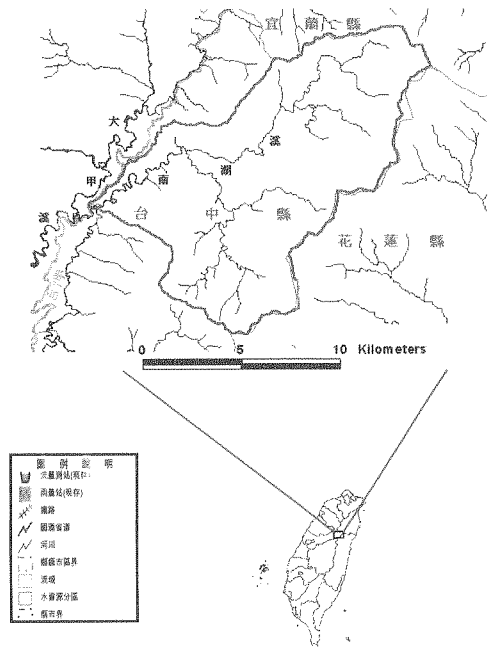


圖 2 南湖溪集水區範圍與地理位置圖
Fig.2 Location of Nan-Hu-chi watershed

析。選定南湖溪集水區 1990~1999 共 10 年雨量及流量資料

選定之雨量站為南湖溪上游之平岩山測站，所屬單位為台灣電力公司，站址位於台中縣和平鄉平等村，TM2 度分帶座標 X：285517.38；Y：2691994，標高 2800M。流量站為南湖測站，經辦單位為台灣電力公司，站址為台中縣和平鄉平等村，TM2 度分帶座標 X：279674.9；Y：2689540.9，高程 1468M，集水區面積為 125.65km²。

森林對水資源效益，目前尚無定量且共同認可的評估方式，以資料分析期間基流量之多寡作為評估森林涵養水源功能之依據。基流係指來自地下水或遲滯性次表流(delayed subsurface runoff)的水流，其水量不會對降雨等水分輸入而立即有所反應，常被視為旱季流量(Chow, 1964)。

而基流與直接逕流(direct runoff)之分離方法係採 Hewlett 的固定斜率分離法，並藉基流量佔總降雨量之百分比作為森林涵養水源功能的一項指標。

設計洪水量分析

以最大可能降雨量(probable maximum precipitation)經由合理化公式推求不同回歸週期之最大可能洪水量(probable maximum flood)，以作為集水區後續經營上之參考。若雨量紀錄太短，可以經濟部水資源局所提供之主要河流域雨量紀錄，挑選出鄰近集水區測站之每年最大日降雨量，先經偏離值測試屏除極端分布，再由對數皮爾遜第三型分佈頻率分析法，求出集水區之最大可能日降雨量。集水區最大洪水量的分析，是應用合理化公式(rational formula)計算之

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \times A \times I_{PH} \times C$$

此處 Q_p ：最大可能洪水量(cms)

A ：集水區面積(km²)

$$I_{PH} = \frac{Rt}{t} \left(\frac{t}{t_c} \right)^{\frac{1}{2}}$$

表 1. 1990~1999 南湖溪集水區各年之年雨量與年流量

Table 1. Annual rainfall and annual runoff of Nan-Hu watershed in duriog the 1990~1999 period

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	平均
年雨量 (mm)	3215.5	1503.5	2905	1249	2405	1729.5	2062	1986.5	2617	1585	2125.8
年流量 (mm)	1569.17	748.81	2023.47	848.34	1684.58	896.16	1488.78	1088.61	1786.22	1007.78	1314.19
年逕流 係數(%)	48.8	49.8	69.6	67.9	70	51.8	72.2	54.8	68.2	63.6	61.8

I_{PH} ：最大可能時雨量(mm/hr)

C ：逕流係數

而 I_{PH} 之計算，則採小時雨量之推定式 (Ho and Chen, 1994)

此處 Rt ：24 小時之最大雨量(I_{PD})

t ：24h

結果與討論

一、年雨量與年流量

收集集水區內 10 年之雨量及流量資料，將年雨量與年流量之資料製成表 1，其中年雨量之範圍從 1249mm~3215.5mm，10 年之平均年雨量為 2125.8mm；年流量之範圍從 748.81mm~2023.47mm，10 年之平均年流量為 1314.19mm。另將年雨量與年流量之關係繪製成圖 4，並得到其迴歸關係式如下：

$$Q = 1.0849P - 323.16 \quad (R^2 = 0.9668)$$

迴歸關係之相關係數高達 0.9668，呈顯著相關，表示此關係式可以適用於此集水區，並可以此關係式代表年流量與年雨量之關係。

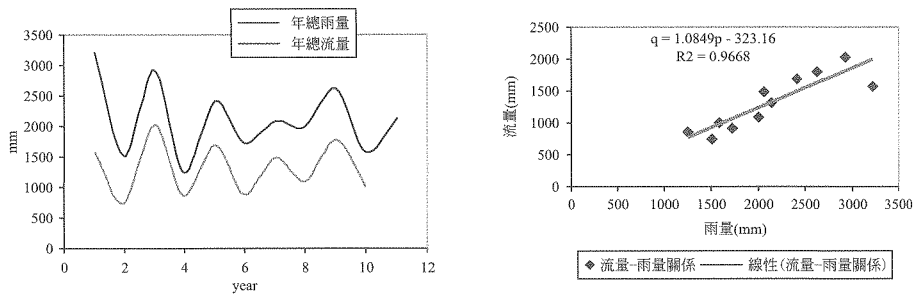


圖 4 1990~1999 南湖溪集水區各年之年雨量與年流量關係圖及年流量-年雨量迴歸關係
Figure 4. The relationship between annual rainfall and runoff of Nan-Hu watershed in 1990~1999

二、月雨量與月流量

將所收集之雨量與流量資料，製成 10 年之各月平均雨量與平均流量如表 2，月平均雨量以 11 月最低為 38mm，最高為 8 月 357.85

mm；而月平均流量以 1 月 34.1mm 為最低，8 月 198.18mm 為最高。並將月平均雨量與月平均流量之資料繪製成圖 5。

表 2. 1990~1999 南湖溪集水區十年之各月平均雨量與各月平均流量
Table 2. Monthly rainfall and monthly runoff of Nan-Hu watershed in 1990~1999

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
月平均雨量 (mm)	83.25	193.15	157.45	198.9	225.35	279.05	194.4	357.85	217.6	130.6	38	60	2125.8
月平均流量 (mm)	34.10	76.95	103.81	109.25	112.99	175.06	123.70	198.18	148.69	137.37	58.59	35.50	1314.19

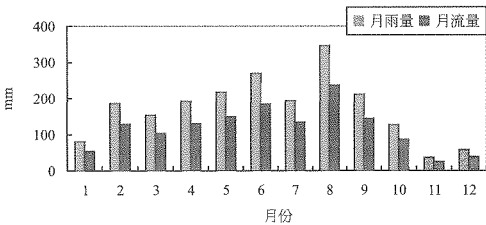


圖 5 南湖溪集水區十年之月平均雨量及月平均流量
Figure 5. Monthly rainfall and monthly runoff of Nan-Hu watershed in ten years

三、直接逕流與基流

爲了求算能應用於設計工程構造所估算洪峰流量時的逕流係數值，應只挑選出大的暴雨事件來分析，而捨棄小的暴雨事件，因爲小的暴雨事件不具工程設計應用上的實際意義，對於工程構造物之安全構成威脅的主要是大的暴雨事件所造成大的洪峰流量。故選取 1991 年 6 月，1993 年 6 月，1996 年 7 月，1997 年 8 月，1998 年 6 月等暴雨事件來做分析。

將所選取之資料，繪成雨量及水文歷線圖如圖 6，應用 Hewlett 的固定斜率法分離出直接逕流及基流。而固定斜率法採用 0.01、0.02、0.03 等三種斜率來做分離，因爲要選擇一個固定斜率能適用於所有的情況，最後選擇斜率爲 0.03，且得到其相關的分析結果如表 3。

由挑選出的幾次暴雨來看，降雨分配不平均，多集中在 6、7、8 三個月份，而且以集中豪雨爲主，受到夏季颱風影響。就表 3 的分析結果，平均逕流係數爲 63.9%，但其中因爲 1996 年 7 月之暴雨是由賀伯颱風造成，加上之前 5 月時有另一場暴

雨事件，所以導致此次之逕流係數高達 86.9%，若屏除此次之逕流係數，則平均逕流係數爲 50.25%。基流量對總降雨量之平均比值爲 19.55%，直接逕流對總降雨量之平均比值爲 44.3%。基流量和直接逕流量對降雨量的比值於 1991 年 6 月分別爲 12% 和 11%、1993 年 6 月分別爲 25.4% 和 40.5%、1996 年 7 月分別爲 14.3% 和 72.7%、1997 年 8 月分別爲 18.4% 和 33.7%、1998 年 6 月分別爲 32.1% 和 27.8%。基流是維持河川長期流量的基礎，基流量比率愈大，則表示集水區經營愈好，水資源保育狀況愈佳。基流量對總逕流量的平均比值爲 39.22%，若屏除 1996 年 7 月之資料，則平均比值爲 44.9%，此處集水區的水文性質對水資源保育是較有利的，可能因爲保有較好的林相，地表干擾程度較低。

將暴雨量與暴雨流出量的資料整理爲表 4，得到平均水文反應比爲 39.6%，最大之水文反應比爲 72.7%，並求得暴雨流出量與暴雨量之迴歸關係式如表 4。

表 3. 南湖溪集水區降雨量、直接逕流及基流量

Table 3. Precipitation, direct runoff and base flow of Nan-Hu watershed

	Total precipitation P(mm)	Total runoff R(mm)	Direct runoff D(mm)	Base flow B(mm)	R/P (%)	B/P (%)	B/R (%)	D/P (%)
1991-6	238	54.91	26.24	28.67	23.1	12	52.2	11
1993-6	459.5	302.73	186.18	116.55	65.9	25.4	38.5	40.5
1996-7	739.5	642.99	537.43	105.56	86.9	14.3	16.4	72.7
1997-8	599	312.17	201.76	110.41	52.1	18.4	35.4	33.7
1998-6	293.5	175.8	81.51	94.29	59.9	32.1	53.6	27.8
平均	465.9	297.72	206.624	91.096	63.9	19.55	39.22	44.3

表 4. 南湖溪集水區暴雨流出量與暴雨量之水文反應比與迴歸關係式

Table 4. The hydrologic response ratio and the relationship between stormflow and rainfall of Nan-Hu watershed

	暴雨量(P,mm)	暴雨流出量(SF,mm)	水文反應比(%)
平均	401.75	159.1	39.6

最高	739.5	537.43	72.7
迴歸關係式	SF= 0.7282P - 133.47		

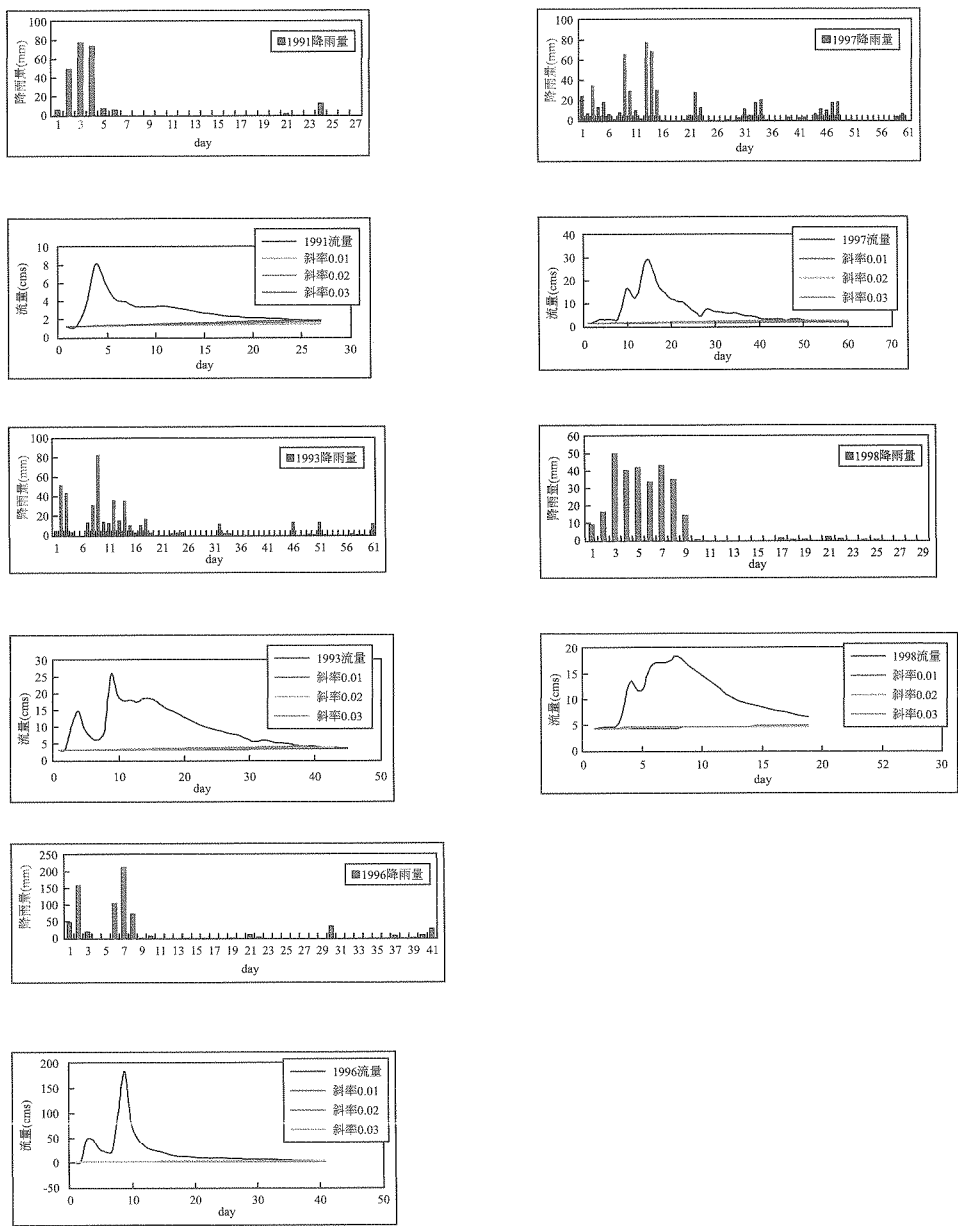


圖 6 南湖溪集水區雨量及分離之水文歷線圖
Figure 6. Hydrograph Separation with Hewlett method of Nan-Hu watershed

四、合理化公式是目前國內被採用最多，用以估算逕流量的公式，惟其中重要兩項參數 C 逕流係數 I 雨量強度之數值，則因相關條件而衍生許多不同的算法。其中 C 值之範圍在起伏地或森林地約在 0.60~0.75 (Chen, 1984)，國內一般使用於丘陵或森林地的值在 0.50~0.75，開發中則提高至 0.95~1，開發後則為 0.90。表 4 為以合理化公式估算洪峰流量時之逕流係數參考值。

tc 的計算，常應用 Rziha 公式和加州公路局公式。

(1) Rziha 之經驗公式：

$$t_c = \frac{L}{V}$$

及

$$V = 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6}$$

其中 L 為集水區主要河川長度(km)

H 為集水區標高差值(km)

V 之單位為 km/hr tc 之單位為 hr

(2) 美國加州公路局公式：

$$t_c = \left(\frac{0.87L^3}{H} \right)^{0.385}$$

其中 L 為集水區主要河川長度(km)

H 為集水區標高差值(m)

應用皮爾遜第三型分佈法及集水區相鄰雨量站資料，可得集水區不同迴歸期的最大可能日降雨量(如表 6)。再由小時雨量推定式，計算各回歸年之 I_{ph}，最後由逕流係數及合理化公式求出各回歸年之可能最大洪水量 Q_p(如表 6)。

根據表 6 的計算結果，此集水區以 50 年迴歸期算得的可能最大洪水量為 421.45 cms，若換算成比流量則為 3.35 (cms/km²)。

洪水量計算係根據集水區之集流時間、平均降雨強度、集水面積及與集水區內土壤、覆蓋、地形、地勢等因子有關之逕流係數相乘而得。集水區面積 1000 公頃以內，合理化公式適合性佳，但面積在 10km² 以上則可能較不適合。故在表 7 比較由(a)對數皮爾遜第三型頻率分析與(b)合理化公式所求得之可能最大洪水量 Q_p。

表 5 以合理化公式估算洪峰流量時之逕流係數參考值

Table 5. Suggested Values of Runoff Coefficient (C) for Calculating Peak Flows with Rational

Method	Impermeable	Forested	Agriculture	Urbanized	Rural
Steep slope	0.95	0.85	---	---	0.80
Moderate slope	0.90	0.75	0.80	0.90	0.75
Rolling terrain	0.85	0.70	0.75	0.85	0.70
Flat	0.80	0.65	0.65	0.80	0.60

* Add 0.05 to 0.10 for peak flows of return periods greater than 50 years.

表 6 南湖溪集水區不同方式所得之集流時間

Table 6. Time of concentration of Nan-Hu watershed

Values of tc(h)	
Rziha	HRB of California

1.96	2.45
------	------

表 7 南湖溪集水區不同迴歸週期之可能最大日雨量、時雨量及洪峰流量

Table 7. Values of daily rainfall, hourly rainfall and peak flow of different return periods for Nan-Hu watershed

	Return Period (year)		
	10	25	50
$I_{PD}(mm)$	337.69	388.98	421.21
$I_{PH}(mm)$	48.74	56.14	60.8
$Q_p(cms)(a)$	329.57	388.18	421.45
比流量(cms/km ²)	2.62	3.09	3.35

表 8 南湖溪集水區不同迴歸週期之洪峰流量以(a)對數皮爾遜第三類頻率分析(b)合理化公式計算

Table 8. Values of Peak Flows ($Q_p, m^3/s$) of Different Return Periods for Nan-Hu Watershed Calculated with(a) Log-Pearson Type III Frequency Analysis (b) Rational Method

Watershed	Q_{10}			Q_{25}			Q_{50}		
	a	b	(a-b)/a	a	b	(a-b)/a	a	b	(a-b)/a
NAN-HU (A=125.65 km ²)	329.5 7	1020.7	-209%	388.18	1175.6	-202%	421.4 5	1273.2	-202%

結論

一、森林調理水資源的功能，首在減少集中豪雨後的逕流，使之成為可用的基流。南湖溪集水區之平均年雨量為 2125.8mm，平均年流量為 1314.19mm，逕流係數 C 值為 61.8%。平均月雨量以 11 月最低，8 月最高；平均月流量以 1 月最低，8 月最高。影響基流量的因子，最主要的是與降雨特性有關，其次是集水區經營狀況。基流量對總降雨量之平均比值為 19.55%，基流量對總逕流量的平均比值為 39.22%。此外，地質、地形及土地利用亦為影響水文之重要因子，可作為後續研究之

方向。

二、估算集水區可能產生的最大洪水量，仍以合理化公式最為常用。其中影響因子的集流時間(tc)及降雨強度之計算，尚有改進的空間，目前集流時間的計算採用美國加州公路局公式及 Rziha 之經驗公式，計算出的結果相差不大，且美國加州公路局公式較適用於道路暗溝的排水設計，故採用 Rziha 之經驗公式的計算結果。另外因為此集水區面積較大，合理化公式會高估而不適用，故以對數皮爾遜第三型頻率分析法求算集水區可能產生的最大洪水量。

三、逕流係數值可依實際降雨與流量資料分析求出，並參考集水區地質、地形、土壤、植生覆蓋等因子，作為選擇合適 C 值的參考。

四、在工程設計上，計算森林集水區洪峰流量時，應由降雨、逕流資料進行水文歷線分析得到較合理的逕流係數與集流時間，再使用於工程上的計算公式。

參考文獻

- 1、王如意、易任(1982)，應用水文學。
- 2、水土保持技術規範(2000)。
- 3、黃瓊滂、陸象豫、林壯沛，「台灣東部國有林集水區水文特性之研究」，台灣林業科學 13(3)：199-207(1998)。
- 4、黃國禎，(1997)，坡地暴雨地表下逕流及陽離子通量歷線模擬之研究，國立中興大學水土保持學系博士論文。
- 5、盧惠生，(1993)，坡地逕流特性分析，台灣林業，19(8)：9-17。
- 6、蔡玉袁(2000)，「台灣中部森林集水區水文反應之研究」。
- 7、鄭皆達、林莉利，「台灣上游集水區洪峰流量的產生和計算方法之研究」，中華水土保持學報 23(2)：29-39(1992)。
- 8、鄭皆達、夏禹九，「上游森林集水區暴雨流出的產生與其在集水區經營、工程設計上的應用」，生態原則下的森林經營研討會論文集：231-244(1988)。
- 9、鄭皆達、夏禹九，「台灣上游森林集水區水文特性之探討」，土壤沖蝕及河川沖淤研討會論文集：213-227(1990)。
- 10、鄭皆達、蘇瑞榮、葉正霖，「森林和森林經營對溪流量特性的影響」，森林資源保育與經營研討會論文集：143-165。
- 11、盧惠生、林壯沛、陸象豫、黃良鑫，「上游小集水區逕流係數之研究」，水土保持學報 21(2)：1-11(1990)。
- 12、Chen, H. S. (1984). Forest hydrology. National Institute for Compilation and Translation. 523pp.
- 13、Chow, V. T. (1964). Handbook of applied hydrology McGraw-Hill, New York. Pp. 14-19.
- 14、Ho, C. W., S. C. Chen. (1994). Studies on hydrological data survey and analysis of national forest land(3).Dept. Soil and Water Conservation, National Chung-Hsing Univ.52 pp.
- 15、Lu, S. Y. (1994). Foresting harvesting effects on streamflow and flood frequency in the northern Lakes States. Ph. D Thesis, Dept. of Forest Resources, Univ. of Minnesota, St. Paul, MN, 213 pp.
- 16、Lu, S. Y.,and K. J. Tang. (1995). Study on rainfall interception characteristics of natural hardwood forest in central Taiwan. Bull. Taiwan. For. Res. Inst. New Series, 10(4):447-457.
- 17、Lu, S. Y. (1996). The role of forests in soil and water conservation. Taiwan J. For. Sci. 11(3):333-347.
- 18、Taiwan Forest Bureau (TFB). (1995). The third forest resources and land use inventory in Taiwan. TFB. 258 pp.

91年5月 8日 收稿

91年6月 6日 修正

91年6月12日 接受