

森林集水區伐木作業與河川流量

◎林業試驗所・林淵霖

◎林業試驗所副所長・林國銓 (kuolin@tfri.gov.tw)

森林為一具生物多樣性的生態系，森林水源涵養的機能也極為複雜。雨水經過森林及土壤進入溪流的過程，受到許多因素的影響。人類經營管理森林，往往對森林水源涵養機能造成重大的衝擊，進而造成鄰近河川流量的激烈變化。而利用集水區進行長期觀測，為瞭解森林作業對河川流量衝擊的最佳方法，因此世界各國已設立不少試驗集水區，長期觀測水文的變化，以瞭解森林經營對河川流量的影響。

日本林業試驗場(森林總合研究所)在1906年開始進行森林集水區試驗，從北海道至九州先後設立13個集水區試驗地，本文就引用日本森林總合研究所森林環境部水土保持科科長真島征夫彙整該研究所共13個森林集水區長期試驗的結果所出版的「森林與水研究」論文集，以及其它相關的研究報告，選出森林伐木作業如何影響河川流量的相關研究結果3篇，摘要

其重點，提供國內林業經營者參考，希望能做為臺灣森林集水區經營伐木作業的一些借鏡。

針葉樹與闊葉樹集水區之比較

位於森林總合研究所的茨城縣笠間，太田集水區試驗區為具有幾乎同一立地條件之兩處集水區，兩集水區皆分別有針葉和闊葉樹林，可進行針葉樹與闊葉樹集水區的流量觀測試驗。兩試驗區之針葉樹林有柳杉(人工造林)之壯齡林，闊葉樹林有木蘭科落葉喬木、櫻樹等。利用此兩集水區進行一段期間之監測，其結果如表1所示，長期流量與年平均逕流率的比較，笠間集水區的針葉樹林，顯示具有較大之逕流率；而太田集水區的闊葉樹林，顯示逕流率較高。另以一場降水其降水量80 mm以上之高流量作為比較，如表2所示，笠間、太田集水區均顯示闊葉樹區較大。

表1 不同林分之年平均逕流率

集水區	針葉樹林			闊葉樹林		
	降水量(mm)	流量(mm)	逕流率(%)	降水量(mm)	流量(mm)	逕流率(%)
笠間	1,646	557	34	1,669	481	29
太田	1,683	742	44	1,607	990	61

表2 不同林分集水區之最高流量

降水量(mm)	笠間		太田		
	最高流量(mm/hr)		降水量(mm)	最高流量(mm/hr)	
	針葉樹林	闊葉樹林		針葉樹林	闊葉樹林
131.0	1.4	2.9	162.6	6.9	8.8
120.0	0.6	1.3	153.5	9.0	12.7
106.4	1.0	1.3	152.9	10.1	13.2
93.6	0.4	0.3	82.3	3.3	4.6
93.0	0.6	1.5	-	-	-

另一試驗集水區則為伐採水青岡為主之闊葉樹林木後，種植黑松、柳杉等樹種之林分。造林後以針葉樹的樹齡約25年生做比對，圖1和圖2顯示集水區降水與河川流量之特性。如圖所示，因伐採期間流量增加，其後隨著林木生長，又漸漸回復原來狀況。

推測闊葉樹與針葉樹集水區流量之差異，可能與林分蓄積量、樹葉量、林分構造等不同因素有關。

根據世界各地森林集水區長期試驗資料，不同林相被伐採後，年流量通常會增加。針葉樹集水區植生減少後，比落葉闊葉樹集水區年流量大。由此可以思考針葉樹林區產生較多之蒸發散量。從保持水分立場而言，森林立地條件的影響較大。因此僅以針葉樹與闊葉樹作比較，條件過於簡單。且過去提供之闊葉樹集水區幾乎都是以落葉樹植群為主體，若以常綠樹林為主體時，其評價可能產生差異。今後應加上常綠闊葉樹的試驗資料，且需明確表示闊葉樹之蒸發散特性。

森林集水區帶狀伐採作業

以觀察帶狀伐採前後各5年間之氣象水文記錄，探討帶狀砍伐作業如何影響集水區流量。在面積6.48 ha集水區實施帶狀伐採作業，以傾斜距離50 m寬度，依等高線砍伐林木，保留50 m原有林木，如此每間隔一區伐採一區林木。伐採面積比率約52.5%，砍伐材積約54.0%。為避免破壞土壤，砍伐作業以架線方式空中集材，砍伐跡地不造林，且保持自然狀態。

以溫暖期(6~10月)之日流量畫出日流量曲線如圖3。帶狀伐採後之流況顯示平水量、低水量及枯水量均大為增加，推測蒸發散量可能因伐採林木而減少。短期(5個月)間之溫暖期所得的蒸發散量變化如圖4所示，因帶狀伐採5個月合計減少66.3 mm之蒸發散量。另外在降雨時之直接逕流量增加了6~13%(直接流量/連續降雨量)。若一場連續降雨量超過100 mm時，其尖峰流量比帶狀伐採前增加1.16~1.41倍(圖5)。

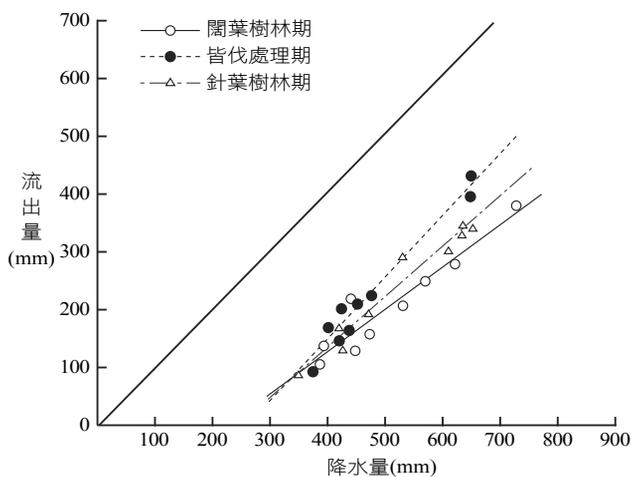


圖1 無積雪期間(8~10月)降水量與流量

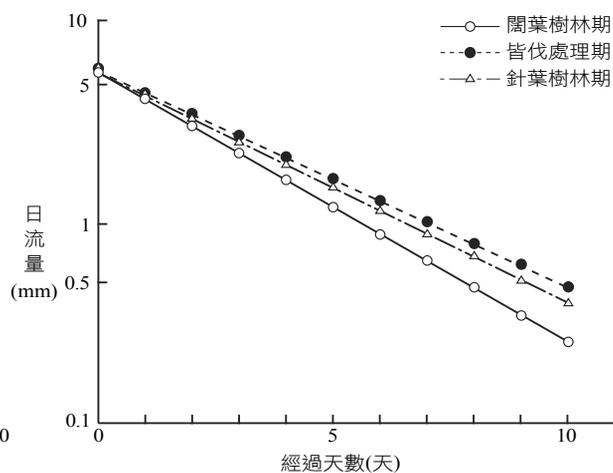


圖2 平均減水曲線

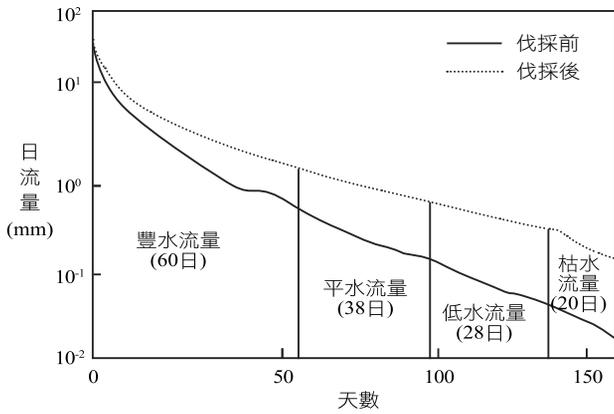


圖3 溫暖期平均日流量曲線

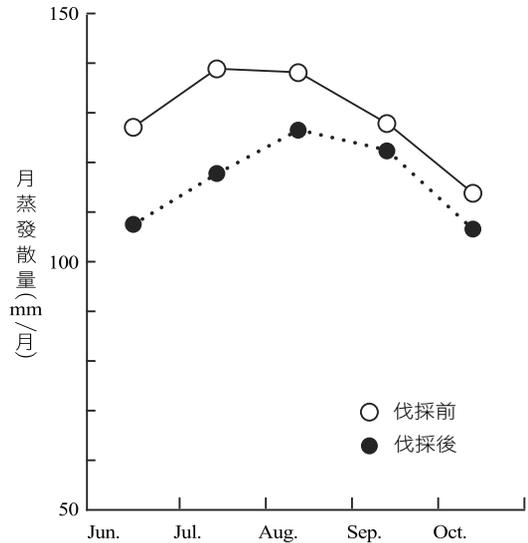


圖4 短期間之月蒸發散量

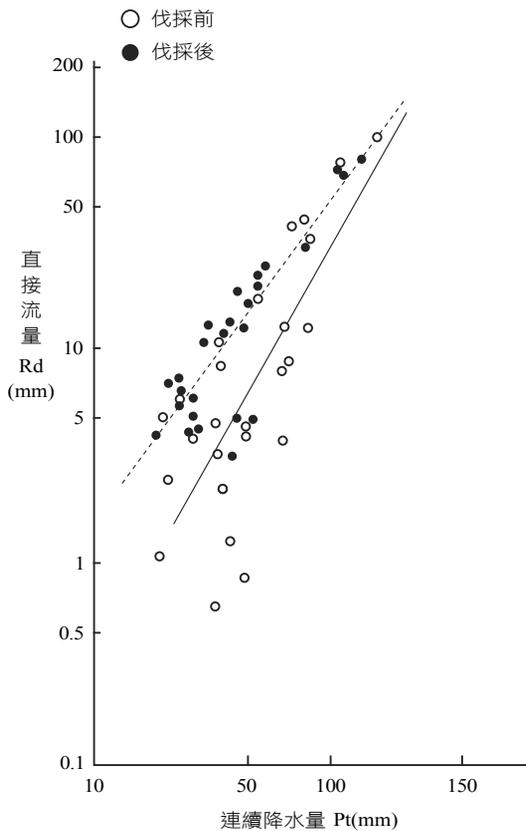


圖5 直接流量和連續降水量之關係

森林集水區伐木作業產生水循環的變化，起因於林分密度、樹葉量等構造因伐木而引起的變化。蒸發散量、積雪、融雪、土壤濕度等條件的變化，則引起流量的改變。帶狀伐採後雖然增加直接流量，但豐水流量增加較小，低水流量和枯水流量上升較多，因此增加可用的有效基本流量。

各種森林伐木作業如何影響流量變化的相關研究不多，目前只獲得森林量與質影響的初步認識。各項作業改變其它因素所造成的影響，尚缺乏資料，尤其是各項作業影響森林蒸發散特性、土壤特性均與流量有關連。

皆伐作業

森林集水區的林木被皆伐後，必定發生流量增加的現象，但必須對影響的程度有所掌握。皆伐林木的目的，一般分為木材利用及土地利用的變更。尤其是土地利用的變

更，除林木伐採的影響外，還包括土壤、地形等地表層的變化。

森林伐採後，產生較大的流量變化，主要由於蒸發散量減少，以及地表受干擾而影響土壤原有的滲透能力。因此，實施皆伐作業後，其直接流量顯示為皆伐前之1.5~2倍，尖峰流量從1.05~1.9倍。在一場雨量超過100 mm程度時，其直接流量及尖峰流量增加到1.22~1.55倍及1.36~1.81倍。

因林木皆伐而增加直接流量的主要因素為：伐採作業易干擾地表，壓密土壤而減退土壤滲透能力，發生小水徑增加地表流；減少截留及蒸發散量，減少初期水分損失。對皆伐增加基本流量而言，主要原因為減少森林蒸發散。洪水到達時間亦受到皆伐作業的影響而縮短，其時間縮短情況亦受降水強度影響，如圖6所示。

林木皆伐後，在伐木跡地保持自然狀態下，研究年流量的長期變化。伐木第一年

後，增加的370 mm等於降雨量的20%，也等於伐木前的蒸發散量。經皆伐後，蒸發散量幾乎是零，但隨著草類的成長，增加蒸發散量與地面蒸發量。

年流量的增加因森林種類、集水區地形、地質及土壤條件差異而相異。在同一地理條件時，即由降水量等氣象條件決定。若降水量每年保持大約相同，其年流量即隨著伐採林木的進行而變大，當伐林作業完成時，年流量達到最大。

伐木跡地因草本植物和林木的入侵而植被緩慢恢復時，年流量漸漸變小。再度形成森林狀態時，回復為伐採前的年流量。

一般對森林砍伐與流量變化的關係已有相當程度的了解。今後應針對地理、氣象條件如何影響流量，以及因森林種類、林分構造之差異，而造成之蒸發散量改變等之山地森林集水區，其綜合其水文特性，更進一步探討。⊗

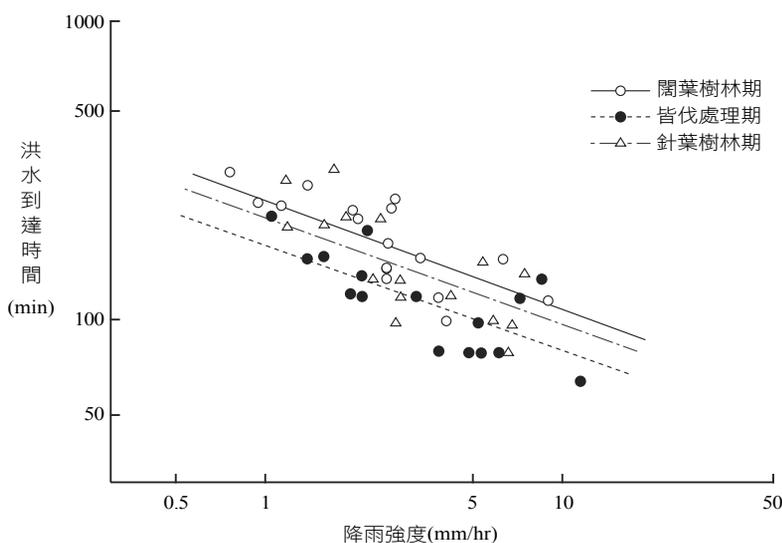


圖6 洪水到達時間與降雨強度之關係