

第二章 花蓮溪縱谷段沖積扇特徵與類型之認定

本研究採用數值航測法輔以等高線地形圖，並經野外考察檢核，於縱谷段兩側共判定 54 個沖積扇，包括中央山脈側 38 個，海岸山脈側 15 個。本研究數化沖積扇圖層〈圖 2-1〉，並建立屬性表（附錄 2-1）。海岸山脈側小溪相鄰，沖積扇幾乎皆為聯合扇，難以區分單一扇體，扇端多以陡崖和花蓮溪主流鄰接，顯示部分扇體被主流蝕去，所以本文僅針對中央山脈側沖積扇進行說明和分析，不包含海岸山脈側沖積扇特性。本章依序說明沖積扇的形態和沈積物特徵，再結合此二類資料和土石流發生記錄來區分沖積扇的類型。

第一節 沖積扇面積和坡度特徵

花蓮溪縱谷段中央山脈側沖積扇的規模差異甚大，將 38 個沖積扇依面積排序，最大的為壽豐溪沖積扇（編號 021）面積可達 7280.4 公頃，木瓜溪扇（編號 006）則次之¹，面積最小的沖積扇（編號 034）只有 0.52 公頃（圖 2-2）。本研究區壽豐溪（編號 021）、木瓜溪（編號 006）、萬里溪（編號 027）、馬太鞍溪（編號 028）等四個沖積扇，位於花蓮溪主要支流谷口，雖然受限於縱谷谷床範圍，但面積皆在 1000 公頃以上。荖溪（編號 016）、鳳林溪（編號 025）、清水溪（編號 033）、光復溪（編號 036）等四個沖積扇位於上述四大扇之間，由其扇端與四大扇的空間關係來看，屬於末端受限扇（圖 8），面積在 100-1000 公頃之間。其他 30 個沖積扇的面積皆在 100 公頃之下；其中 21 個沖積扇位於縱谷邊坡之小溪溝的谷口，扇體位在上述 8 個較大扇面上，另 9 個則位於花蓮溪主要支流之小溪溝的谷口，由北至南包括木瓜溪的銅門(008)、榕樹(007)、仁壽(009)、荖溪的 010、012、013、014、015 沖積扇和光復溪的 035 沖積扇，這些扇體之扇緣均受限於主

¹張瑞津等(1994)、楊淑君(1996)和陳紫娥(2000)認為木瓜溪扇為花蓮溪最大的沖積扇，壽豐溪扇次之，與本研究不同，研判可能為沖積扇劃定範圍不同標準所致。

要支流的谷床範圍，屬於末端受限扇（圖 1-9）。

花蓮溪中央山脈側沖積扇的平均坡降也有很大的差異，本研究採用兩種平均坡降來看沖積扇的形態。第一種為河道的平均坡降，以流經沖積扇之主要河道的高度差除以河道長，坡度最大者為 23.60%（編號 030 扇），最小者為 0.53%（編號 037）。第二種為扇面平均坡降，利用 DTM 算出扇面每一個網格（大面積扇用 40×40 m，小面積扇用 5×5 m）的平均坡度，再加總後平均。扇面坡度最大者為 25.57%（編號 035 扇），最小者為 1.43%（萬里溪扇，編號 27）（圖 2-3）。

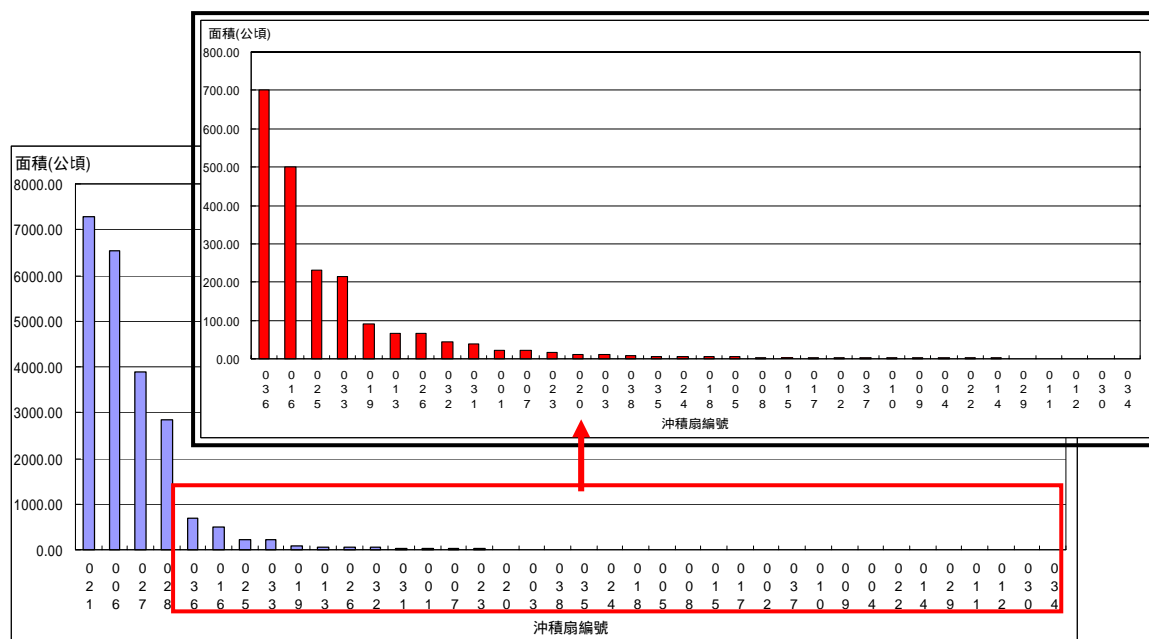


圖 2-2. 中央山脈沖積扇依面積大小排列圖

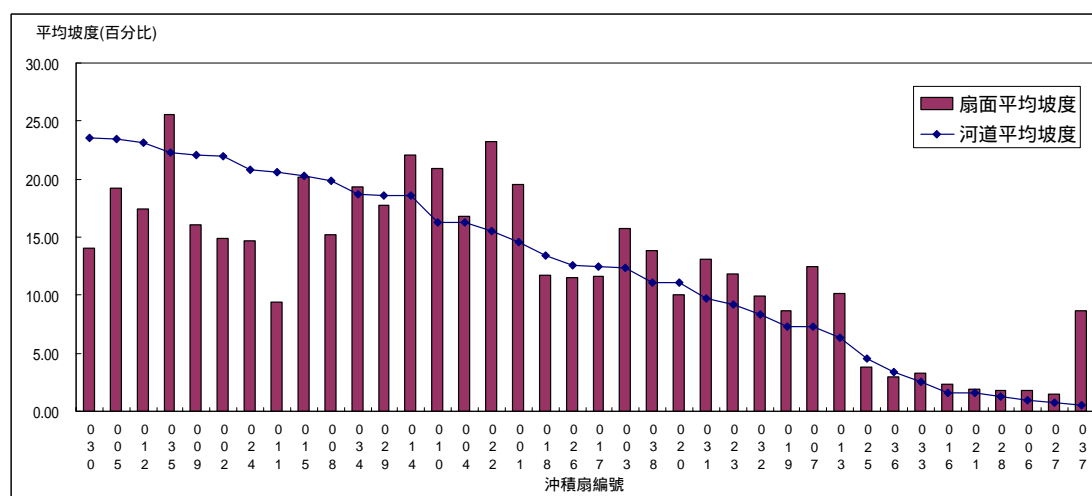


圖 2-3. 中央山脈側沖積扇的河道平均坡降和扇面平均坡降比較圖
（依河道坡降排序）

這 38 個沖積扇的面積和坡度的關係也頗明顯，面積最大的 8 個沖積扇的河道坡度均低於 5%，而其中前 4 個大沖積扇坡度均小於 2%；其他面積小於 100 公頃者的沖積扇的坡度則均大於 6%，沖積扇面積及坡度兩者呈現負相關〈圖 2-4〉。

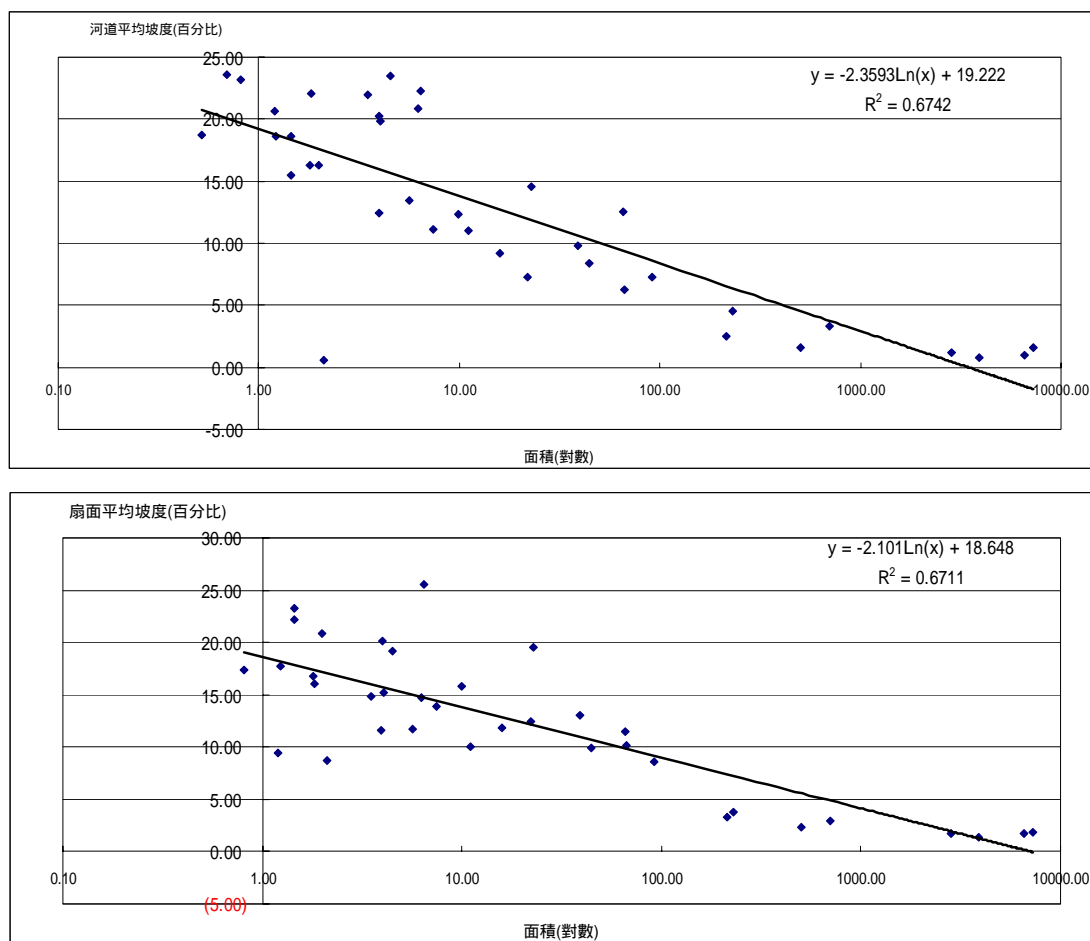


圖 2-4. 中央山脈側沖積扇面積與坡度關係圖

第二節 沖積扇沈積物特徵

在過去的研究中，學者們若要判定扇體的主導營力所採用的方式為尋找沖積扇的露頭，透過沈積物的特徵(Kostaschuk *et al.* 1987; Blair and McPherson; Crosta and Frattini 2004; Scally and Owens 2004; Wilford *et al.* 2004)，如有無層理結構、淘選度、覆瓦構造，屬碎屑支持或質支持等判別沖積扇的主導營力（表 1-2）。本研究嘗試尋找沖積扇的露頭，透過沈積物的特徵判定沖積扇的主導營力。

在考察中發現本研究區溪流多建有河堤、護岸等工事，因此觀察到的露頭數較少，目前只有 16 個沖積扇露頭數（附錄 2-1）。為方便比較不同規模之沖積扇的沈積物特徵，選取都是位於扇頂或谷口的露頭進行討論，代表大、中、小規模扇體的露頭個數分別是 3 個、3 個、4 個（表 2-1）。

雖然露頭個數不多，但仍能看出沖積扇面積小者（編號 018、017、015），露頭沒有層理、礫石排列無方向性、礫石圓磨度不佳等（照片 2-1），沈積物特性明顯趨向於土石流扇的特徵。沖積扇面積大者，露頭位置皆在河中沙洲的岸壁，礫石圓磨度多屬中等，其排列具方向性，有時可見分層和覆瓦構造（照片 2-2），確實展現流水作用的特徵。沖積扇面積次大者，礫石排列不具方向性。

表 2-1. 不同規模沖積扇之代表露頭的沈積物特性比較表

沖積扇	面積 (公頃)	河道 平均 坡度 (%)	位置	露頭 高度	最大 粒徑 (cm)	圓 度	分 層	基質／碎屑 支持	礫石 排列 有無 方向 性
021 壽豐溪	7280.43	1.55	扇頂	1.9	35	次 圓	有	碎屑支持	有
027 萬里溪	3901.78	1.22	出谷 口處	1.7	21	次 圓	有	分四層，除 最下層(約 0.65)為碎屑 支持外，大 多為基質支 持	有
028 馬太鞍 溪	2848.24	1.22	扇頂	1.8	36	次 圓	無	碎屑與基質 支持	有
036 光復溪	699.81	3.35	扇央	2.5	100	次 角	有	碎屑與基質 支持	無
025 鳳林溪	230.79	4.54	扇端	1.4	53	次 角	無	基質支持	無
033 清水溪	207.31	2.55	出谷 口處	4	60	角	無	碎屑與基質 支持	無
031	38.76	9.75	扇頂	4	70	角	無	基質支持	無
018	5.63	13.40	出谷 口處	1.2	100	角	無	碎屑支持	無
017	3.96	12.42	出谷 口處	2.2	40	次 角	無	基質支持	無
015	4.0	20.26	出谷 口處	3.5	100	角	無	基質支持	無

註：1. 圓度依 Powers(1953)分級～非常角(very angular)、角(angular)、次角(sub-angular)、次圓(sub-rounded)、圓(rounded)、非常圓(well-rounded)。2. 露頭照片置於附錄 2-1 之後。



照片 2-1. 扇 018 (樹湖附近) 的露頭，無層理、礫石無排列方向且圓度



照片 2-2. 萬里溪扇 (編號 027) 出谷口處露頭，具有層理，圓度高、礫石排列具方向性。

第三節 沖積扇類型的認定

多數學者係以沈積物特性來判定沖積扇的主導營力，本研究所找到的露頭數有限，必須結合其他指標來判斷各沖積扇的主導營力。Stanistreet and McCarthy (1993)曾根據扇面坡度、植被覆蓋及扇縱軸長將沖積扇分為三類，他指出土石流優勢扇扇面坡度 0.01-0.1，植被覆蓋極少(0-5%)，最大扇縱軸長 10 km，美國死谷為典型的例子；網狀河流扇〈即一般所稱之洪水扇〉扇面坡度 0.0003-0.01，植被沿著河道覆蓋(40%)，最大扇縱軸長 120 km，印度 Kosi Fan 為一例；低曲率/曲流沖積扇扇面坡度約 0.00030，植被覆蓋程度高(70-90%)，最大扇縱軸長 150 km，南非 Okavango 扇為一例。本研究區中木瓜溪扇坡度最緩(1.01%)、縱軸最長(約 8 km)，若根據上述標準，則幾乎本區所有的沖積扇都該歸屬於土石流扇，但因 Stanistreet and McCarthy 是從全世界典型的案例加以歸納，而花東縱谷最寬之處不過 7 公里，木瓜溪等大支流沖積扇的發展都受限(如圖 1-8 所示)，否則扇的面積很可能更大、坡度可能更緩。不過該分類仍肯定了土石流扇坡度大、範圍小，網狀河流扇坡度小、範圍大的概念。

Kostaschuk *et al.* (1986)曾依據沖積扇的沈積物特性區分加拿大亞伯達省近 Banff 地區的河流優勢扇及土石流優勢扇，之後進一步歸納出其中 8 個河流優勢扇的體積大於 100 公頃、坡度小於 2.5%，12 個土石流優勢扇的規模約在 1-100 公頃之間、坡度通常大於 4% (Kostaschuk *et al.* 1987)。這是針對單一區域沖積扇所做的劃分，比較符合本研究區的狀況，他的研究成果也肯定了土石流優勢扇坡度大、面積小，河流優勢扇扇坡度小、面積大的概念。

在過去的研究中，若研究區內露頭數缺乏，學者會以土石流發生史代替沈積物特徵作為劃分主導營力的指標。如：Coe *et al.* (2003)因研究區中沈積物露頭不足，而改採土石流發生史(22 年)作為缺露頭之沖積扇劃分主導營力的指標。

依據上述所言，本研究結合沖積扇形態(包括沖積扇的面積和坡度)和溪流土石流發生史再輔以有限的露頭資料，來討論研究區各沖積扇的主導營力。

本研究區的 38 個沖積扇從扇體面積和平均坡降來看，可以明顯區分出三組，即面積 >1000 公頃、坡度 <2% 的 4 個大而緩的沖積扇，面積 <100 公頃、坡度 7-24% 小而陡的 30 個沖積扇，以及介於其間的 4 個中而略陡的沖積扇（表 2-2）。在沈積物特性方面，大扇（共 7 個露頭）的露頭的礫石圓度明顯較小扇（共 6 個露頭）為佳，大扇有覆瓦構造且多數露頭可看到分層現象（7 個露頭中有 6 個具有分層現象），屬於洪水扇的堆積特性；小扇則礫石無排列方向性（表 2-1），屬於土石流扇的堆積特性。此外，本研究彙整土石流發生之記錄（水土保持局 2003），谷口為大沖積扇的 4 條溪流沒有發生土石流的記錄，而谷口有小扇的 28 條溪溝中，有 18 條曾發生土石流。至於谷口為中扇的 4 條溪流（荖溪、鳳林溪、清水溪和光復溪）中有 3 條曾發生土石流；陳紫娥(2000)提到這 4 個沖積扇以洪水災害為主（約佔 85%），土石災害較少且限於扇頂，顯示這 4 扇的主導營力不止一種，洪水和土石流皆可能為這 4 扇的主導營力。

依據上述沖積扇形態、沈積物特徵和土石流發生史的整理，初步將本研究區的 38 個沖積扇加以區分：其中木瓜溪扇、壽豐溪扇、萬里溪扇、馬太鞍溪扇是河流優勢的洪水扇，而 30 個 <100 公頃的沖積扇為以土石流主導的土石流扇。荖溪扇、鳳林溪扇、清水溪扇、光復溪扇介於兩型之間（表 2-2）。不過除了荖溪之外，其他三溪都有土石流發生記錄，具有土石流發生體質，因此暫且將它們歸類為介於洪水扇和土石流扇之間的土石洪水扇。

表 2-2. 沖積扇的形態、沈積物和土石流發生史

沖積扇	面積	河道平均坡降 (%)	露頭沈積物特徵	所在溪流的土石流發生記錄*
木瓜溪(006)、壽豐溪(021)、萬里溪(027)、馬太鞍溪(028)	>1000 公頃	<2	圓度以次圓為主 以碎屑支持為主 礫石排列具有方向性，有覆瓦現象	無
荖溪(016)、鳳林溪(025)、清水溪(033)、光復溪(036)	100-1000 公頃	1-5	圓度以次角-角為主 碎屑支持與基質支持皆有 礫石排列無方向性	除荖溪外，其他三條皆曾發生
其他 30 個沖積扇	<100 公頃	6-24	圓度以次角-角為主 以基質支持為主 礫石排列無方向性	其中 20 條曾發生

* 彙整自水土保持局(2003)、附錄 2-2



照片 2-3. 木瓜溪扇 (編號 006)，本研究判定為洪水扇 (攝於 2005.9.23)



照片 2-4. 光復溪扇（編號 036），本研究判定為土石洪水扇
（林雪美攝於 2001.9.20）



照片 2-5 水廣頭扇(編號 031)，本研究判定為土石流扇
（資料來源：花蓮縣政府(2004)）

第四節 小結

本研究利用數值航測系統輔以等高線圖判釋出中央山脈側 38 個沖積扇，海岸山脈側沖積扇受主流逼近的影響，大都相連成扇，且扇體不完全，難以區分單一扇體，因此本側沖積扇的特性不列入之後的討論中。

本研究區沖積扇露頭因為大小溪流多已被整治，以致沖積扇地層露頭難尋，乃改以沖積扇形態特性作為劃分的依據，而沈積物特性則為輔助的指標。

以沖積扇形態結合沈積物特性和土石流發生史將中央山脈側沖積扇分類，其中 4 個大扇被歸類為洪水扇，30 個面積小坡度陡的沖積扇被歸為土石流扇，介於中間的扇仍有 4 個。這顯示面積大而低緩或面積極小而陡兩類扇體容易區分，但面積次大而坡度次陡的扇體則較難歸類，在本章中暫且把他們劃入土石洪水扇中。