

棲蘭檜木林的地景生態與歷史地理

文/圖 雷鴻飛 ■ 私立中國文化大學地理系助理教授

棲蘭及其周邊地處雪山山脈北段主稜，地層形成於始新世至中新世的近岸巨厚泥質沈積物(參見王鑫，2000)。區域變質程度由西向東增強，但是輕度變質的沉積岩並不意味較強的抗剪強度。四稜砂岩經常構成醒目的山嶺，而這層堅硬的岩體在整座雪山山脈，只出現在相對狹窄的主要山嶺附近，其餘多是富含泥質的岩體。砂岩蓄水，硬頁岩、硬泥岩難透水，加上向斜構造控制，使中高部位山體能蓄積多量地下水。本區四季有雨，山勢超過海拔1,000公尺，山谷輕風以及海陸輕風在副熱帶季風影響下的島嶼東岸，幾乎日日帶來雲霧沉降，為此地提供溫和濕潤的氣候條件，使得此一地體能夠為其依附的地景生態提供充足的水熱，以及透過旺盛風化作用所產出的礦物質和營養鹽。

四稜砂岩岩石本身抗剪强度高，保津寒山沿線、15k工作站的西北方山嶺，以及130線道

沿線都可以看到四稜砂岩構成的高大崖壁(圖1)，但是板塊運動創造的裂隙，嚴重破壞岩體強度，加上充足雨量維持的地下水壓，以及高溫多雨促成的化學風化，使得看似堅挺、高大的四稜砂岩崖面，成了本區風險極高的潛在崩場地。風化作用一方面為地景生態提供充足的礦物質和營養鹽，另一方面則提高崩山風險。從衛星影像可以看出這些因為強大板塊作用而被



圖1 四稜砂岩構成的高大崩崖，下方即是巨大的溝壑。

高舉的山嶺四周滿布蝕溝與崩塌。15k工作站所在的山坳本身就是潛在崩場地，其下方石頭溪的溝蝕發達，溝頭與河道兩側更因坡腳侵蝕，造成解壓與自由端，引發較密集崩塌；留茂安對岸的大型複合式崩山，是本區崩山的最好釋例(圖2)。

如果台灣檜木和台灣扁柏只是森林演替過程的先驅淺根植物，並且和50年或100年一週期的強降雨引起的崩塌共生共演，以蘭陽溪源頭小集水區1/10的面積遭遇崩塌或溝蝕來看，本區小集水區內每塊坡地每1,000年就必須輪流被摧毀1次，根本沒有機會創造年齡高於1,000年的成群神木。正因為神木群即是地理事實，也是清領、日據、民國以來許多自然學者的筆記、素描或照片所記錄的歷史事實，當前本區大面積崩塌和溝蝕，是除林與人類破壞環境的

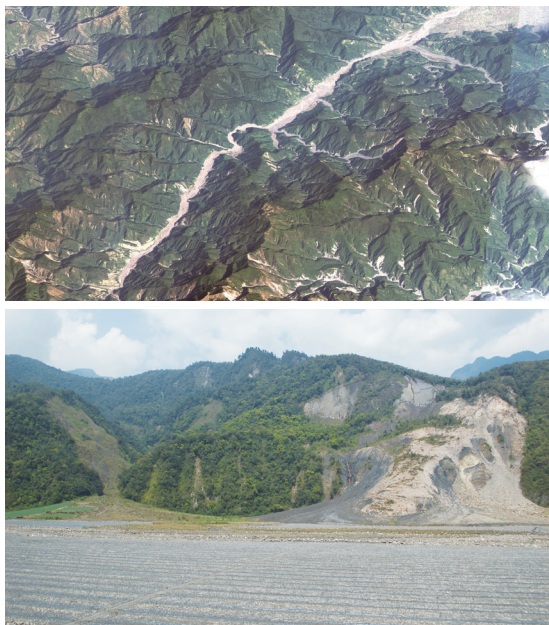


圖2 圖左是2009年到2010年之間的冬季福衛2號棲蘭影像，遠處河灣為獨立山，它的對面即為石頭溪，上游是15K工作站位置。圖幅近處河岸裸露地即為留茂安對岸複合式的大崩場，圖右照片是該崩場地於2011年3月的景象。

長期直接產物，或者氣候變遷產物，而非穩定環境下的自然演替產物。地史近期是地震相對不活躍的時期。小林村下游的五里埔階地上數千年前洪水帶來的橢圓巨礫，其直徑可以高達1.5公尺，但是88水災帶入位於小林村和五里埔之間的角埔溪的礫石直徑卻不超過此一規模，顯示現代人類活動出現之前的第四紀期間，台灣強降水規模應不小於今日所見。自然災害不是消滅台灣原始林的原因。

根據棲蘭及雪山山脈北段四周20座雨量站過去幾十年的資料推知，10年一週期的日雨規模在多雨山地就可以超過1,000公釐(圖3)，而週期越長，此一數值是以指數函數遞增。自然地理與地景生態的首要驅動力就是日照以及它在地表環境所建構的溫度分布。根據中央氣象局的主要氣象站的資料，台灣本島從南到北跨距大約3個緯度，緯度每上升1度，年均溫下降1度(圖4)。如果趨勢不變，從台灣北部向北延伸到北緯65度的北極圈附近，年均溫就應該從台灣北端的攝氏22.5度，下降到攝氏-17.5度。實際上佔有地表70%以上的海洋對於平衡高低緯度

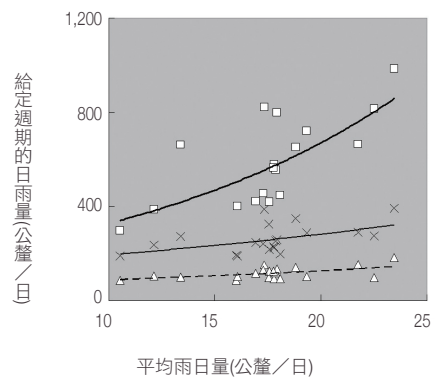


圖3 根據棲蘭及雪山山脈北段四周20座雨量站過去幾十年資料，推知10年一週期的日雨在多雨的山地可以超過1,000 mm。圖中細虛線表示3月週期的日雨規模，細實線表示1年週期的日雨規模，粗實線表示10年週期的日雨規模。

的能量起了非常強大的作用，從而使得挪威南部到加拿大中央的極圈附近擁有攝氏-5到+5度的年均溫，維持了北方冷溫帶針葉林的生態。

台灣本島山區海拔2,500公尺處的年均溫為攝氏10度，3,500公尺處再降至攝氏5度，而根據中部氣象站的海拔高度來看，台灣本島每上升200公尺，年均溫下降1度(圖4)。因此，接近400公尺的玉山年均溫約在攝氏5度以下。此一氣溫隨海拔高度增加而降低的規則，在台灣本島隨著海拔高度從低到高，給出了副熱帶季風雨林到冷溫帶針葉林的序列垂直分布。實際上，台灣中央山脈頂部附近經常出現大面積的高山草甸，而非冷溫帶針葉林，顯示此一水熱條件適合冷溫帶針葉林的棲地，曾經遭遇強大干擾。此一干擾是來自於因為高度而被放大的地震一崩山效應？相對短期的劇烈氣候震盪？抑或人類活動？值得探究。

圖5顯示棲蘭四周海拔高度每上升100公尺，年均溫只下降攝氏0.46度，略低於台灣一般趨勢，顯示此地較易受到海洋水氣調節。最近的一次冰川侵蝕以及隨後1.2萬年的暖化，決

定了台灣高山土壤與地景生態發育的進程，但是3,000公尺以上的草甸，高山稜線旁的溝壑中集中出現的喬木群，以及南湖大山等高峰四周山谷的局部季節性凍土指出，1.2萬年的土壤發育和地景生態演替，應可使得冷溫帶針葉林覆蓋台灣山脊。高山的疾風和災變(火災、山崩)，及其伴隨的缺水環境，可能是阻止冷溫帶針葉林覆蓋台灣山脊的主因，它並且解釋了為何疾風趨緩、水土集中保全的山坳、溝壑之中容易發現喬木群，例如合歡山。有關災變一項，日治文獻顯示它與原住民的生活不無關係；稍後將根據相關的歷史地理知識，討論此一議題。儘管目前對於高山水文仍然缺乏實際觀測，即有的測站資料和最近有關高山雲霧沉降的研究，在現有坡地水文知識下給出了一個複雜有趣的地理空間圖像。

葉青峯(2004)根據2003年3月到2004年2月的連續觀測，指出棲蘭15k工作站下方面向東南坡地上的台灣扁柏人工密林(海拔1,650公尺)的雲霧覆蓋時數，佔全年總時數37.9%，其中6到8月每日雲霧覆蓋時間為中午過後到入夜之間，

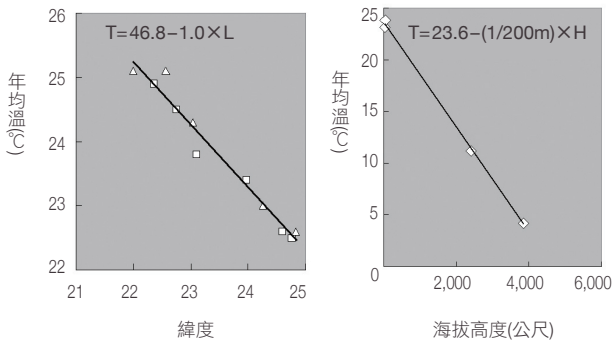


圖4 根據中央氣象局主要氣象站的觀測資料，台灣本島緯度每增加1度，年均溫下降攝氏1度(圖左)，海拔高度每上升200公尺，年均溫也下降攝氏1度(圖右)。

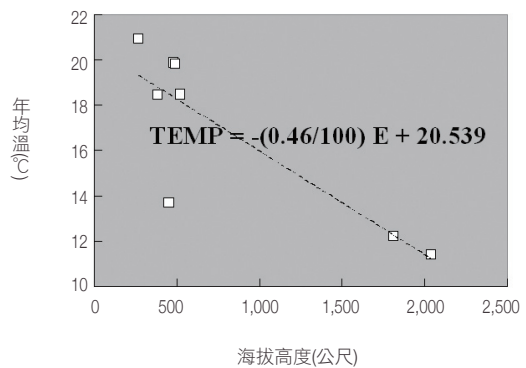


圖5 棲蘭一帶海拔高度每上升100公尺，年均溫只下降攝氏0.46度，略低於台灣一般趨勢，顯示此地較易受到海洋水氣調節。

其他季節平均每日雲霧覆蓋時間都在8小時以上，2003年11月的平均每日雲霧覆蓋時間高達14.2小時。葉青峯(2004)更進一步推估該觀測年的雲霧捕獲之降水當量為328mm，而直接雨量為2,940mm，因此雲霧捕獲之降水當量約佔年總雨量10.0%，台灣大學大氣科學系林博雄的研究團隊在觀霧也得到類似結果。

賴冠良等(2009)利用FDID研究觀霧的雲霧捕獲，推估有霧無雨的雲霧捕獲之降水當量佔觀霧年雨量7%，他們更進一步把雨霧共存期間的雲霧捕獲也列入雲霧降水當量，估計觀霧每年有625mm的降水來自雲霧，佔年雨量21%。隨後根據持續觀測資料，林博雅重新計算雨霧共存期間的雲霧捕獲，得到觀霧的雲霧降水當量佔直接降水的34%。如果面對東北季風，並且地勢更為開闊的棲蘭在雲霧降水比例上不低於34%，那麼棲蘭雲霧捕獲降水當量可達829mm(=2,439mm×0.34)，而直接降水應為2,439mm。

根據氣象局宜蘭站資料，葉青峯觀測期間宜蘭平地直接降水是1,591mm，以海拔高度1,650公尺量得的直接降水2,439mm，與宜蘭平地直接降水的1,591mm比較，推得宜蘭山地每上升100公尺增加53mm直接雨量，如果加上34%雲霧捕獲之降水當量，則為71mm。根據海岸山脈周圍41座雨量站記錄，推得年均雨量估算模式為

$$R=1715+9.6\times Y+E-17.7\times D \quad \text{公式1}$$

其中，R代表年均雨量(以mm計)，Y代表從台東起算向北移動的距離(以公里計，緯度北增1度大約北移110公里，近乎海岸山脈135公里全長)，E代表海拔高度(以公尺計)，D代表距海遠

近(以公里計)。儘管此一經驗迴歸模式的推估誤差可以高達750mm之譜(圖6)，顯示年雨量可能顯著受制於坡向與季風雨的相對關係等其他未計因素的影響，它已經足夠說明在緯度跨距3度，短軸半徑150公里的島嶼上，4,000公尺的海拔高度是造成區內降水地理分布差異的最重要因素。如果海岸山脈周圍年均雨量的空間變化趨勢也適用於棲蘭一帶，海拔每上升100公尺，年均雨量就增加100mm，這和前面53或71mm的推估結果是同一個級數。葉青峯(2004)研究更指出此一雲霧沉降規模顯著，對大氣養份輸入必定有影響。

理論上，顯著雲霧捕獲具有兩個更為重要的地景生態意義。第一、每日發生的山谷輕風以及海陸輕風，為面向東南的棲蘭帶來穩定的水源供應，此一顯著穩定的供水規模，可以緩和行星風系決定的雨量變率，增強植被覆蓋的穩定性和根墊系統的發育。如果除掉34%每日穩定雲霧降水供應，季風與颱風降水的巨大變率將不利棲蘭山檜木林的發育。第二、此地降水隨著海拔高度的增加而顯著增加，但是海拔

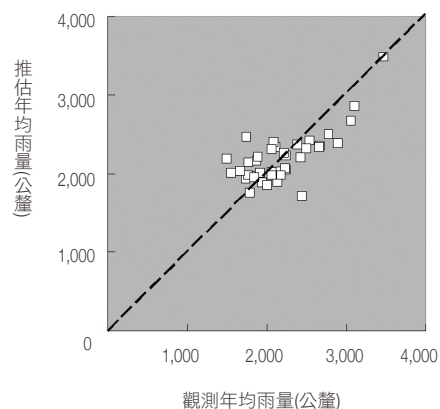


圖6 海岸山脈周圍41座雨量站記錄，年均雨量觀測值和推估值的比較。

高度增加同時意味坡地集流面積的入滲供水減少，以及地下水面遠離地面。隨著海拔高度增加，觀測資料指出前者大約呈線性遞增(圖6)，而後者根據Kirkby的坡地水文函數(Kirkby, 1978)可能呈指數遞減，於是創造出亞熱帶季風島嶼上特殊的山地水資源生態景象(圖7)。

根據劉益昌(2000: 3)，台灣中北部高山地帶史前以來，都一直有人居住及活動；長期居住聚落的高度至少在海拔1,700公尺以上，短期居住聚落的高度則可達海拔2,950公尺。然而，劉益昌調查報告提及的考古遺址多為低地者，所引用的泰雅族聚落資料則是來自森丑之助1917年出版的《台灣蕃族志》，該資料顯示日

本集團遷移政策之前的原本聚落位置八處，他們的海拔高度都在1,000公尺以下(圖8)。森丑之助的資料不應視為完整的記錄，而其後的日治資料因為嚴重受到入侵壓力和原住民島內遷徙的影響，也很難作為山地原住民原本適應山地環境所構成的歷史地理實況，前述矛盾論述還需要更多資料和分析才能釐清。

但就上述雪山山脈高山土壤水文的海拔分布概念圖來看，一個穩定的原住民生活空間極可能發生在土壤水文相對穩定的中海拔山地，也就是海拔高度500公尺到1,500公尺之間，而非海拔1,700公尺以上的地方。更何況此地出現許多緩坡、高岡，免去洪水、崩山威脅，又可以就近取用1,500公尺以上霧林帶豐富的自然資源，並以上部山嶺和下部深谷作為部落的天然屏障。進一步整理舊部落空間分布，估算人口，重建原住民的人類生態實況，是我們進一步規劃、發展台灣山岳生活的重要地理與地景生態知識基礎。

如果台灣霧林帶的地形降水中有一半來自森林自身貢獻，那麼除林後果將是在海拔高度上消滅圖7中的過渡帶，同時山地生態賴以維持

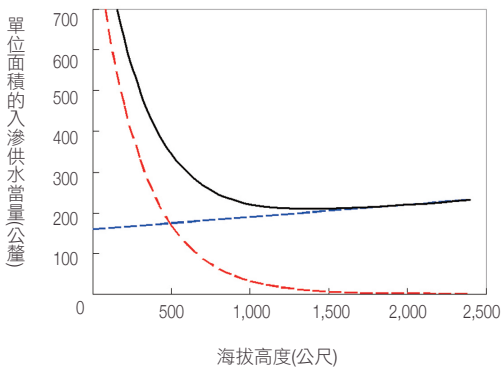
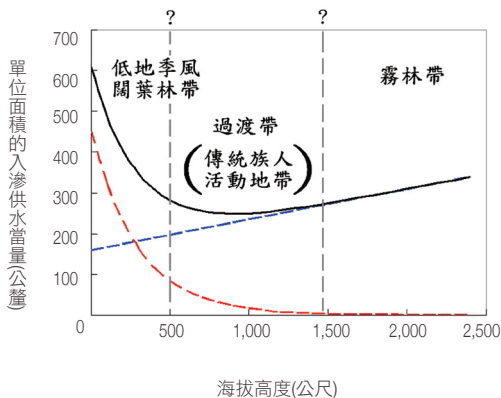


圖7 台灣霧林帶海拔高度與單位面積入滲供水當量的關係以及除林效應之理論模式。

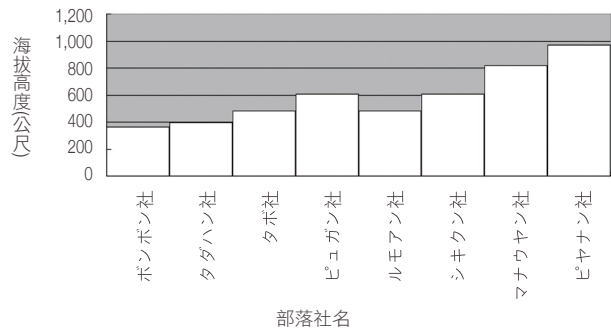


圖8 日人森丑之助1917年出版的《台灣蕃族志》記載日本集團遷移政策之前的原本聚落位置八處，他們的海拔高度約在500公尺到1,000公尺之間，與劉益昌(2003:3)的說法不合，但與圖7高山坡地土壤水文分布的概念圖示相映。

的霧林帶因為有效供水的顯著減少而遭破壞，而低地顯著提升的入滲供水當量，將增加洪水規模與頻率，從而增加溝蝕、坡腳侵蝕、自由端掏空，提高崩塌風險。這也就是前面討論石頭溪、埤南溪以及附近溝蝕與崩山和除林關係的理論基礎。

本區地形深受地史近期板塊運動以及海平面變化的影響，使得海拔高度明顯集中在500公尺到1,500公尺之間。在圖9所示的範圍內，500公尺到1,500公尺之間的地區佔了全區56.6%的面積(圖中紅線段所示區間)，但是它只代表全區3,520公尺總起伏度的28.4%；這一個地理事實對於地景生態，特別是近年熱衷討論的生物多樣性，有決定性的影響。

根據島嶼生物地理理論，物種多樣性正比於棲地面積。如果此一規則試用於棲蘭，並且物種多樣性的空間密度不變，那麼我們幾乎可以推定雪山山體此段海拔高度界於500公尺到1,500公尺之間的地區，雖然只佔總起伏度的28.4%，其物種豐富度應是其他海拔位置物種豐富度的3倍以上。近年學者在討論物種多樣性與海拔高度和文化地景的關係時，因為沒有考慮此一生物地理規則，而誤判物種多樣性實況。推測

台灣山地原住民原本聚集於500公尺到1,500公尺之間的山地，其理由是土壤水的穩定以及物種豐富度，並且後兩者條件是水文地形、高山氣候以及地形發育所給定的土壤水文以及海拔面積分布所造成的。原住民並未增加物種豐富度，反過來說應該是原住民「逐水草而居」，遷就資源豐富且安全的地點作為文化居所，才造成文化地景與物種多樣的關聯。

坡度的尺度效應非常顯著；測量單元愈大(解析度越小)，坡度越小。據此反推本區一般10×10公尺的地景單元上之的崖面最大坡降，其數值大約300，相當於坡度71.6度。如果此一坡度代表本區裸露的新鮮岩體所能維持的初始平均崖面坡度，再假設本區輕微風化岩體的平均內摩擦角為17度，根據Carson的簡化公式： $a = (i + \phi)/2$ (詳見Carson and Kirkby, 1972)，本區平均次生坡度應為44.3度。此一次生崖面如果繼續頻繁崩壞，過程中因岩體暴露時間短暫而維持相同的平均內摩擦角，其所生成的崖堆坡或岩幕坡的平均坡度為30.4度。

坡地一旦處於崖堆坡或岩幕坡，除非坡腳侵蝕，一般風化岩屑都會長期滯留地面，風化成土，在台灣高溫多雨的環境中與植物共同建

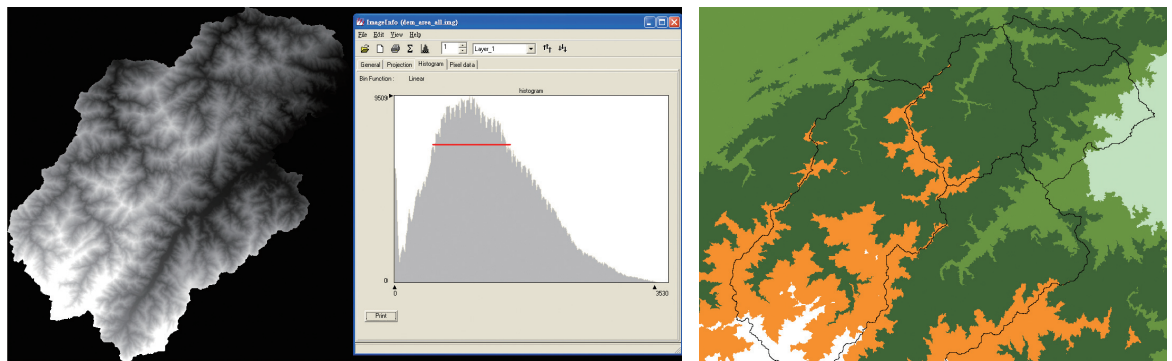


圖9 棲蘭的海拔高度頻率分布有4個關鍵高度，分別是70、450、1,500、2,350公尺。

構根墊系統，穩定邊坡，從而形成主要坡群。因此，此一穩定坡群進一步的崩壞必須依賴外部擾動，而最常見的兩種是：一、坡腳侵蝕，使得坡面累積的風化材料失穩；二、充分風化的土石浸入飽和水分，內摩擦角歸零。根據此一假設，本區崖堆坡或岩幕坡在經歷較長的風化作用之後，會因為地形災變和外部擾動，進一步推生出材料內摩擦角為零的水砂坡，其平均坡度應為15.5度，或者更為低緩，卻容易被河流侵蝕與堆積作用摧毀、取代的地形單元，它在坡度頻率圖上出現在極小值的位置。

圖10是以40×40公尺解析度的DEM推算出本區的坡降($100 \times \tan \theta$)頻率分布，其重數在60，極小出現在8，另有24和96分別是低坡群

和高坡群的分布轉折點，4個特徵坡降的坡度從大到小分別是43.8度、31.0度、13.5度及4.6度，標誌著本區岩體材料、崩壞作用與坡度的關係。以此為基礎，本區地形依坡降可分為4以下的平原或台地、4-16的水砂堆積坡、16-42的土石堆積坡、42-78的崖堆或岩幕坡，以及78以上的主坡或崖面。將本區以天然海拔轉折點和山坡梯度天然斷點區分地形單元，再疊上河網參考，我們看見了雪山主稜線附近高而平坦的棲地，那正是孕育台灣大片高山森林的地方，雖然如今它們多已被砍伐。

最陡的坡地多分布於河道邊或者山嶺邊，歷史上形成漢人或日人侵入泰雅生活圈的天險，也是地理上如今現代化生活引入山區的最大災難所在地。造成本區大量輸砂的

重要原因之一是高溫多雨。本區高溫多雨，風化速率快。若有森林保護，廣被巨大的根墊系統將可有效減少輸砂規模。但是，高差大、地形切割嚴重的雪山山脈，棲地與地景生態的複雜度高，一旦除林將造成輸砂規模激增，而這已是實況。

根據本區山坡梯度分布的天然轉折來分類，我們可以看出最陡的坡地幾乎多半集中在河道兩岸(圖10)，而中、高海拔處有非常顯著的部分是緩坡地。此一地形樣貌在台灣山地和低地之間，建立了天然障礙。它不但說明了為何原住民很晚才進入部分山地，例如18世紀末才進入南勢溪流域(參見鄭安晞和許維真，2009)，也說明了日據時期控制山地的困難。儘管現

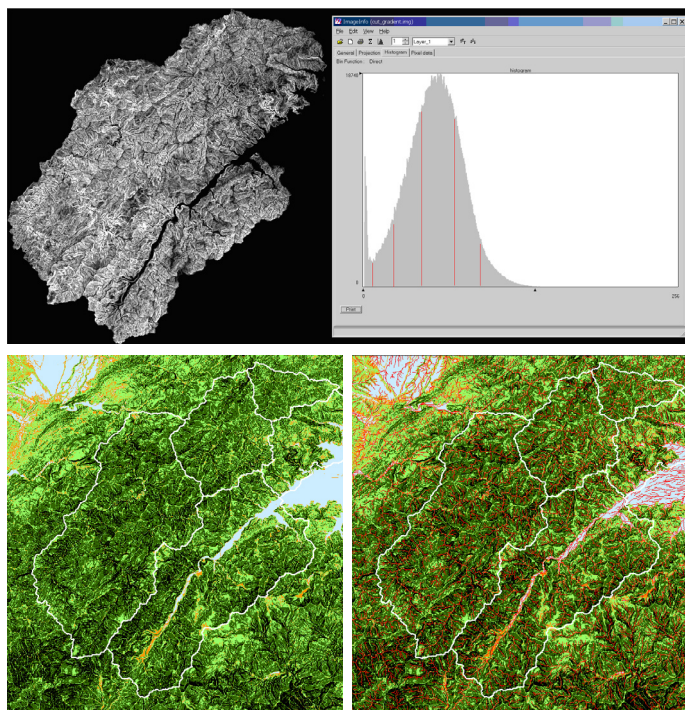


圖10 以40×40公尺解析度的DEM推算出本區的坡降($100 \times \tan \theta$)頻率分布，其重數在60，極小出現在8，另有24和96分別是低坡群和高坡群的分布轉折點，4個特徵坡降的坡度從大到小分別是43.8°、31.0°、13.5°及4.6°，標誌著本區岩體材料、崩壞作用與坡度的關係。

代交通遍布台灣山地，進出山地卻等同於上下必經陡坡區，這造成巨大的風險，並且不時發生的公路邊坡崩塌，幾乎成了下游水庫淤沙的主要來源。

有趣的是鄭安晞和許維真(2009)根據日人記錄的原住民口述歷史，指出泰雅族是在18世紀末從南邊進入南勢溪定居，隨後向東、向北擴張。但是根據清治文獻，18世紀上半泰雅與漢人即在今天大坪林和青潭一帶發生衝突。隨著漢人南進開墾，19世紀上半葉的衝突地點出現在青潭以南、北勢溪以北。鄭安晞和許維真的想法是，18世紀上半此地就已經是泰雅的狩獵

場所，所以此地與「原漢」的接觸時間比口述歷史所載時間早了50年左右。然而，根據地形分析，烏來以北進入青潭之前的原始地形障礙極大，四周山稜線切割崎嶇，也不利於交通。日後泰雅的卡奧灣群更利用此一天然地勢頑抗日軍，造成日人巨大損失。日人記錄的原住民口述歷史和清治文獻之間的時空差錯，應是意味著兩次所記的人並非「同一群人」。建構在有限史料上的歷史想像，必須考量具體地理條件，才有機會揭露人類社會發展實況。畢竟，「現在是過去的一把鑰匙」。

參考文獻(請逕洽作者)