

溪頭地區災後崩塌地之整治成果

王亞男¹ 梁治文² 詹明勳³ 賴彥任⁴

¹ 國立臺灣大學森林環境暨資源學系教授兼實驗林管理處處長

² 國立臺灣大學實驗林管理處技正兼副處長

³ 國立臺灣大學實驗林管理處助理研究員兼教研組組長

⁴ 國立臺灣大學實驗林管理處助理研究員

報告人：衛強（報告地點時間：溪頭 2006/1013）

國立臺灣大學實驗林管理處助理研究員 wchiang@exfo.ntu.edu.tw

摘要

近年臺灣中部地區因遭受 921 地震及桃芝、納莉等颱風引發之土石流災害，造成本處轄區原有林相破壞，於林地內及道路邊坡產生大量之崩塌地。災後經行政院農業委員會林務局 90 及 91 年所執行「國有林崩塌復育造林」計畫及年度「土石流及崩塌地源頭緊急水土保持處理工作」之經費補助，於本處轄區受災地區以裂縫填補、打樁編柵、截排水工、點播、散播、人工植栽等多種工法進行崩塌地整治計 143 件。其中有 50 件位於溪頭營林區，整治面積計 42.42 公頃，治理經費計新台幣 57,108,153 元。治理件數佔總件數的 35%，治理經費佔總經費之 61%，而因地制宜之施作配套工法達 17 種，佔全部施作工法 31 種之 55%，而平均 1 公頃之治理經費為 1,346,319 元。經 94 年調查 118 件交通可及之整治地點現況顯示，溪頭營林區在調查之項目中，無損害案件達 30 件，佔全區無損害案件之 75%，其中只有 1 處為完全損害。顯示溪頭營林區因位於重要保全對象區域，其所施作配套之工法較為多樣化，因此治理成效亦較本處其他營林區為佳。而由坡度、區位及暴雨的分析顯示，隨坡度增加，破壞的可能性有增加的趨勢，此三項因子對於邊坡穩定之治理成效仍有待進一步之綜合評估。

前言

民國 88 年發生九二一大地震，臺大實驗林林地之北端與震央集鎮以濁水溪相隔，因此受災相當嚴重，實驗林轄區內各營林區之山壁，因地震滑落形成許多新的危險崩塌地，面積達二千餘公頃，不少山腰處堆積了大量土石，民國 90 年桃芝颱風及納莉颱風帶來之豪雨，沖刷土石崩落，造成土石流直接崩塌至山下之村落，再度產生為害。因受損之林地多數位於水源上游，如不儘速於短期內完成造林，對於中部地區之水源及水土保持將有相當嚴重性之影響，故有必要在不同地區、不同地形、不同地質、不同土壤之情形下進行植生復育之工作，期能進

一步早日完成復舊造林，恢復森林防護之功能。九二一地震崩塌地亟需整治，水土保持工法及植生工法係崩塌地整治常用方法，然崩塌地區大多天然地勢陡峭或地質土壤先天脆弱，極不易到達，整治上更形困難，而大面積崩塌地區若以高單價水土保持工法進行整治實非政府之財力所能負擔，植生方法整治崩塌地較經濟又合乎生態。希望對崩塌地區儘速完成復舊造林，並探討生育地人工造林之適合性，並藉此尋求適當之植生復舊造林方法，期能對不同崩塌地區位提出較為有效且經濟之整治方法，瞭解不同崩塌地區位生育地人工造林之各樹種材料的適應性包括存活率及生長量等，及自然演替對崩塌地植生恢復速率狀況，以使後續復舊造林工作完滿達成。因此本處於 90 年 91 年及後續崩塌地整治後，於民國 94 年接受行政院公共工程會委託辦理『以臺大實驗林為研究範疇之「集水區崩塌地治理工法之評估」』計畫，由辦理治理計畫之工程資料庫開始進行分析，配合本處各營林區現場人員之實地勘查，輔以多個樣區之植生及生物資源調查，對治理結果進行綜合評估。

溪頭地區環境介紹

(一) 崩塌地環境資料分析

1. 自然環境

(1). 位置與面積

台大實驗林位于北緯 23°28' 10" 至 23°48'49"，東經 120°45'16" 至 120°59'15" 之間，位居台灣中部，跨南投縣信義、水里、鹿谷三鄉，境界南起自玉山，由主峰沿嶺線東西分行，東經北峰、八通關而下陳有蘭溪，西越西山、前山等山嶺以迄自忠山。西境再由自忠山向北延伸，沿阿里山之東側越祝山、大塔山、烏松崙山、五叉崙山、金柑樹山諸峰而迄嶺頭山，復迤向東北而達深坑溪，以溪為界。北境以濁水溪為界，溯溪而上，過龜子頭再南行至陳有蘭溪與濁水溪本流相匯合之龍神橋，自陳有蘭溪支流之牛稠溪以至和社及東埔村對面沙里仙溪一帶，面積總計為 32,781ha，劃分為 42 個林班，分屬溪頭、清水溝、水里、內茅埔、和社及對高岳等營林區(如圖 1)，各營林區之土地利用面積列如表 1 所示：

表 1 台大實驗林各營林區土地利用面積統計表

營林區	林班面積	天然林	人工林	保管竹林	保育竹林	合作造林	公用地	其他
溪頭	2,349	509	954	435	293	38	18	103
清水溝	3,886	425	884	1,024	530	276	33 單	714
水里	3,320	161	610	611	246	808	4 位 : ha	880

內 茅 埔	4,796	753	2,168		472	819	2	582
和 社	12,53	7,601	3,224		120	574	81	931
對 高 岳	5,898							5,898
合 計	32,78	9,449	7,840	2,071	1,660	2,514	138	9,109

(2). 地形與地勢

實驗林跨南投縣鹿谷、水里、信義三鄉，外觀呈狹長形；南北長約37公里，東西寬自6至14公里不等。地勢上為北低南高之走向，最低處為濁水溪南岸之龜子頭海拔 220m，最高點為南端境界線上之玉山海拔 3,952m，高低差達 3,732m。依據海拔分布比例，轄區內主要海拔分佈於500~2500m之間，佔總面積83.7%，海拔1500m以上則佔有44.88%，轄區分佈在15度以上的坡度佔總面積的87.6%，由於轄區內水系多呈南往北走向，因此坡向主要集中在東北、東、西北、北四個方向，分別佔了總面積的19.4%、15.7%、14.1%、15.8%。

實驗林內之重要河川(如圖 3)為北勢溪、清水溝溪、濁水溪、陳有蘭溪等，依其流域分成四大集水區：

- 1) 北勢溪集水區：面積約 2,349ha，包括溪頭營林區1~6林班。
- 2) 清水溝溪集水區：面積約 3,895ha，包括清水溝營林區 7~12林班大部份及水里營林區13林班一部份。
- 3) 濁水溪集水區：面積約 1,823ha，包括水里營林區13~16林班大部份。
- 4) 陳有蘭溪集水區：面積約18,816ha，包括清水溝營林區11、12林班一部份，水里營林區17~19林班及內茅埔營林區20~24林班，和社營林區25~27、30、32~42林班。

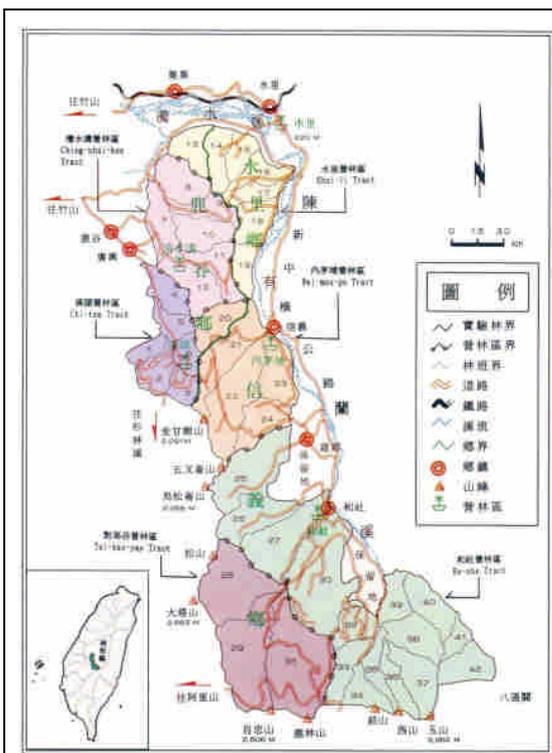


圖1 轄區相關位置圖

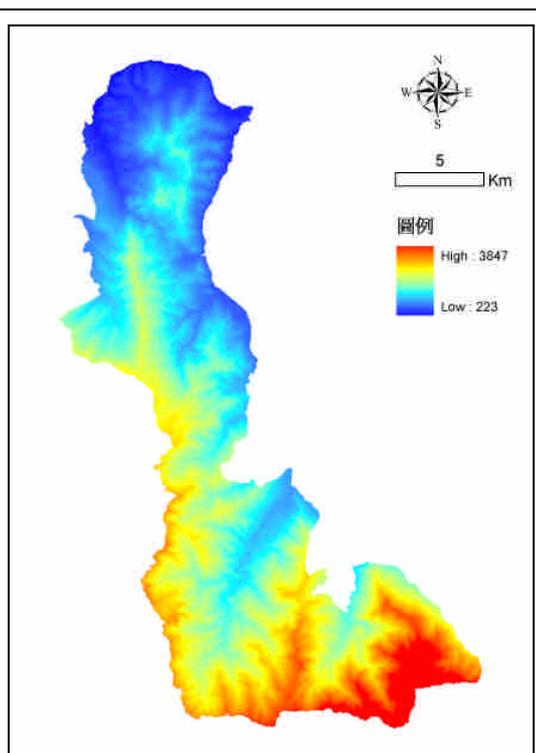


圖2 海拔分佈圖

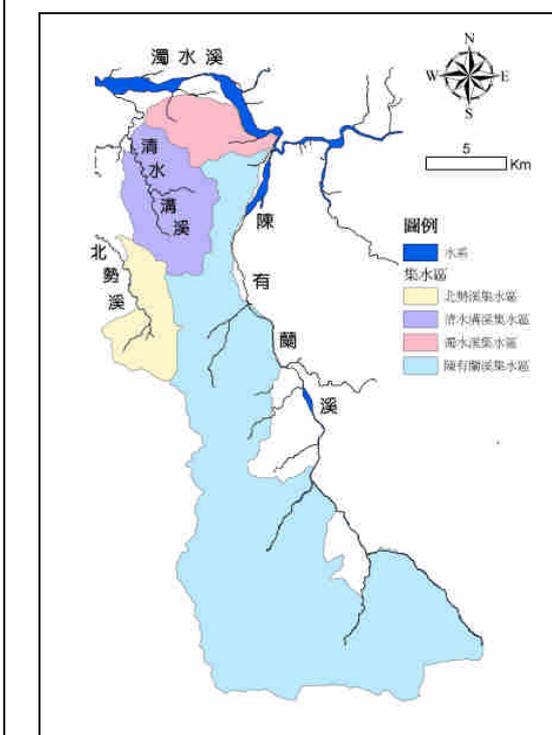


圖3 轄區內重要河川及集水區圖



圖4 參考雨量站分佈圖

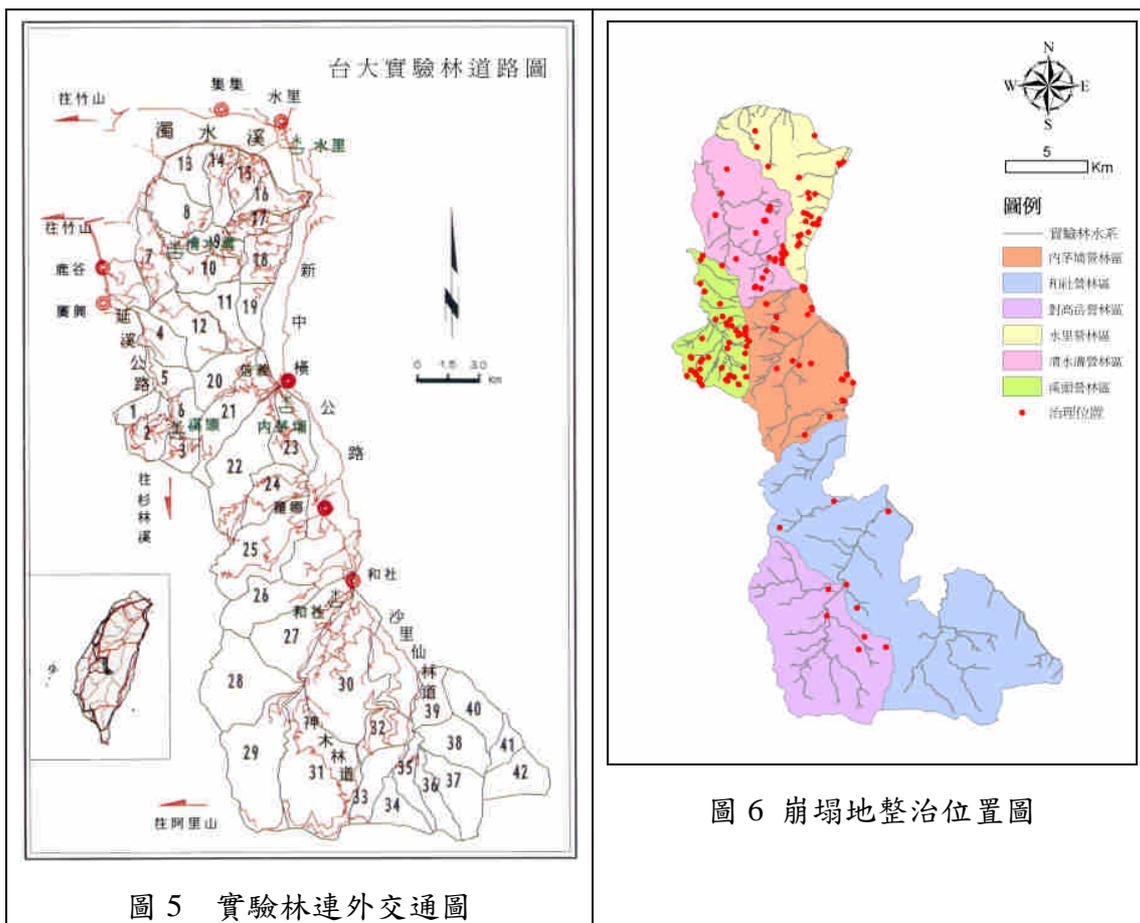


圖 5 實驗林連外交通圖

圖 6 崩塌地整治位置圖

(3).地質與土壤

實驗林內之地質多屬第三紀層，惟其中一部份則屬第四紀沖積層，和社溪以東之玉山山脈以及東埔山方面屬粘板岩系等，於第三紀層之基岩，以砂岩為主，與砂質頁岩相互交疊而成層狀。砂岩之節理發達，較頁岩為厚，且硬度亦大，輒成塊狀崩落，而成巨大之落石，散佈各處，頁岩較薄而脆弱，其中常藏有海生動物之化石，以二枚貝類為多。常在地表面之頁岩露出，頁岩易風化分解，而產生裂及沖蝕隙，上部之砂岩相繼滾落，且因地層傾角之傾斜太陡，故常呈90°之崩壞，復以雨季中大雨不斷沖刷，崩壞面自成擴大之勢，為峽谷深化之主因，形成險峻之地勢。第四世紀沖積層較發達之處，多為溪流沿岸，覆蓋於第三世紀基岩之上部，其最顯著者為大水窟台地及陳有蘭溪沿岸一帶。第三世紀與粘板岩之界線，係見於和社溪及阿里山草原，經東埔山以至與和社溪匯流處之稜線間，多為南北走向，傾斜度約10至15度。基岩乃由粘板岩、砂岩及粘板岩、硬石岩層狀交互重疊而成。一部份粘板岩則呈綠泥質之千枚岩而露出。玉山山麓附近隨處可見較大範圍之崩塌地，其成因係由於粘板岩及千枚岩之風化與崩解所致。

實驗林轄區內各地之土壤，其差異性頗為顯著，大體言之：濁水溪沿岸以粘土為主；北勢溪及陳有蘭溪沿岸多屬砂質壤土；和社營林區一帶則為石礫土。在險峻地區，土壤深度較淺，緩斜地區則土層深厚尚存有腐植質。

(4).氣象與氣候

實驗林轄區遼闊，地形地勢錯綜複雜，山脈蜿蜒迤邐、層巒起伏，海拔分佈自龜子頭的220m，以迄玉山主峰的3,952m，導致氣候迭有變化，氣候型態隨海拔高度之遞昇，形成亞熱帶、暖溫帶、冷溫帶、亞寒帶、寒帶五種氣候型。實驗林轄區內，目前仍維持氣象觀測工作之氣象站計有六處，分別是竹山站、溪頭站、清水溝站、水里站、內茅埔站及和社站等，其中溪頭站於民國79年、和社站於民國82年、水里站於民國83年、竹山站於民國85年、內茅埔站於民國86年增設農業氣象自動觀測系統，進行24小時全方位的觀測工作；除此之外，實驗林內或週邊則有隸屬於中央氣象局的日月潭氣象站、阿里山氣象站、玉山氣象站等三處測站。

實驗林所管轄者之水文站，僅於溪頭集水區設置量水堰一處，從事逕流之觀測試驗，該站設立於民國76年，前經營期間曾遭逢民國78年的「八一四」水災、民國79年的「九一二」水災及民國85年的「賀伯」颱風，三次水

災均因超大雨量引發土石流而將量水堰淹沒，導致觀測中斷。本期計畫應將隸屬於台灣省水利局的東埔水位站、內茅埔水位站、集集水位站等水位觀測資料加以蒐集，以作為經營之參考。

年平均氣溫介於 4°C (玉山) $\sim 23^{\circ}\text{C}$ (竹山)，若以月平均氣溫在 22°C 以上為夏季，不足 10°C 為冬季，則水里地區的4~10月為夏季，春秋兩季僅5個月，無明顯冬季；清水溝、內茅埔及和社等三地的5~10月為夏季，長6個月，春秋兩季亦為6個月，溪頭無明顯夏、冬季；海拔高度2,000m地區，全年中無明顯夏季，春秋兩季長7個月，11~3月為冬季，長5個月；海拔高度3,000m地區則全年均為冬季。

降雨量對於治山防洪工作，是一個重要的影響因子，林道排水工程、野溪整治的橫斷面之設計，必需仰賴長期的雨量觀測資料，作為推估逕流量之依據。實驗林轄區內之平均年雨量介於1,847~4,075公厘，以和社及內茅埔兩個地區較低，分別為1,847公厘及1,867公厘，中高海拔地區較高，參考阿里山氣象站資料為4,075公厘；雨量的時間分佈隨降雨型態而異，實驗林內的主要降雨型態可區分為：颱風或熱帶性低氣壓降雨、梅雨、熱雷雨及鋒面雨等四類，前三種降雨集中於每年5~9月，是為實驗林之潦澇期，此期間之雨量約佔年雨量76%以上，尤其是颱風或熱帶性低氣壓降雨，雨勢甚大，經常帶來豪雨導致山洪爆發，沖毀路基及相關設施，造成程度不等之危害。

雨量資料的頻率分析方法有很多種，需視各地區的降雨特性而決定，台灣因降雨型態特殊，降雨量、流量的頻率分析大都採用對數皮爾遜第三型分佈法，經蒐集了溪頭、清水溝、水里、內茅埔、和社、阿里山及玉山等站的累年最大日雨量記錄，分析發生機率為0.5%、1%、2%、4%、10%、20%、50%、99%等，亦即迴歸週期為200年、100年、50年、25年、10年、5年、2年及1.01年之最大日雨量，結果詳如表5。

為瞭解90年後暴雨對於崩塌地復舊治理工程之衝擊影響，本研究自本處氣象資料庫擷取鄰近7個雨量站從90年至93年之時雨量資料進行分析(其分佈位置如圖4)，分別為龍神橋、內茅埔、東埔、新高口、神木村、鳳凰與溪頭等雨量站。

在暴雨場次與篩選上，採用詹錢登(2002)所提，時雨量大於4mm視為連續降雨之開始，而將降雨結束點為連續6小時之時雨量均低於4mm。由暴雨資料可看出實驗林轄區附近自民國90年以後，所歷經之桃芝、納莉、利奇馬、雷馬遜、敏督利與艾利颱風所帶來的豪雨仍為極端暴雨之來源，尤以桃芝颱風(神木村 632.5mm)、敏督利颱風(新高口 760.5mm)與艾利颱風(龍神橋 694mm)最為嚴重。

(5). 道路與交通

實驗林之聯外交通大抵分成兩線，溪頭營林區藉延溪公路與台3 線省道聯接可北上南投或南下斗六，另和社、內茅埔營林區藉台21線省道（現為新中橫水里段）出至水里後，再接台16線省道至名間後轉接台3 線北上或南下。

實驗林內之聯絡交通大抵皆靠林道(包括產業道路)。轄內之林道共計155條，總長557公里，但部份林道因路基崩塌不通，根據調查現能通行之林道長度為277公里，若扣除林務局暫管之對高岳營林區不計，則實驗林現時之道路密度高達20.71m/ha，其原因乃因實驗林之開發時間甚早，因此區內之交通網路甚為便捷，其分佈網路如圖 5。

災後崩塌地整治成果

(一) 崩塌地整治之環境資料庫、工程資料庫、影像資料庫建置分析

以本處已完成之基礎資料庫，包括環境資料庫、工程資料庫及影像資料庫等分析。民國 88 年 921 大地震後，造成土石鬆軟、地質不穩定，林地崩塌約千餘 ha，除了天然林及契約林地外，造林地受損崩塌面積約 254ha，其中 30%面積約 76ha，以人工栽植復建造林，另約 30%之面積 76ha，施行人工點播林木種子復建，其餘約 102ha，因崩塌處變為岩石壁、陡峭，則讓其天然復建。

民國 90 年 7 月 30 日桃芝颱風與 9 月 16 日納莉颱風的肆虐，充沛的降雨量，造成實驗林嚴重受創，本處於 90~91 年執行國有林崩塌地復育造林（點播、撒播、人工栽植作業等，其中人工點播之植生包括高狐草、黑麥草、相思樹；人工栽植之樹種有相思樹、肖楠、檫木、三角楓、台灣欒樹、苦楝等）約 227.36ha。

誠如上節所提，實驗林內之重要河川為北勢溪、清水溝溪、濁水溪、陳有蘭溪等，可依此分成四大集水區，若對照地質圖，集水區的區界可反映出地質分佈情形，為地文因子空間分佈有效變數，因此在空間分佈之探討時，應可依此進行分類。再者本處於行政管理上，常以營林區地理位置與保全對象之重要性為決策考量，若將四大集水區套疊本處營林區可清楚看出(圖 6)，溪頭營林區完全屬於北勢溪集水區；清水溝營林區則絕大部分位於清水溝溪集水區；水里營林區位於濁水溪及陳有蘭溪集水區下游；內茅埔營林區位於陳有蘭溪集水區中游；和社與對高岳營林區則位於陳有蘭溪集水區中上游。因此，未來本研究，將以營林區單位進行空間分析，探討北勢溪、清水溝溪、濁水溪及陳有蘭溪集水區下游、陳有蘭溪集水區中游、陳有蘭溪集水區中上游等四大空間區位之治理成效。

根據工程資料庫分析，本處於 90~91 年度經費共執行崩塌地整治工程有 143

件，其中位於溪頭營林區 50 件、清水溝營林區 26 件、水里營林區 30 件、內茅埔營林區 24 件、和社營林區 6 件、對高岳營林區 7 件；治理崩塌地面積溪頭營林區 42.42ha、清水溝營林區 12.91ha、水里營林區 29.41ha、內茅埔營林區 67.71ha、和社營林區 54.56ha、對高岳營林區 20.36ha；治理崩塌地面積溪頭營林區 57,108,153 元、清水溝營林區 9,157,863 元、水里營林區 7,707,992 元、內茅埔營林區 7,051,915 元、和社營林區 5,538,597 元、對高岳營林區 7,668,972 元。其中溪頭營林區辦理 50 件佔總件數 35%，經費 57,108,153 元佔總經費 61% 為最高，其中溪頭營林區由於擁有本處之溪頭森林遊樂區，為台灣重要遊樂地區，每年皆有近百萬遊客來園旅遊，屬較高保全對象之區域，因此因地制宜而施作不同配套工法共計 17 種，佔全部組合 31 種之 55%，平均一 ha 花費 1,346,319 元進行治理；而治理面積則以內茅埔營林區之 67.71ha，佔總面積 29%，然而工程經費為 7,051,915 元，平均一 ha 花費 104,150 元進行治理，與和社幾乎相當，但仍低於陳有蘭溪之土石流源頭所在之對高岳營林區，其平均一 ha 花費 376,669 元進行治理。綜合觀之，治理方法則多屬於縱橫向截排水、打樁編柵、撒播與人工栽植等工法與其他工法組治理，單前四項組合共治理 181.91ha。

(二)治理現況調查分析與綜合評估

1. 治理現況調查分析

工程資料庫紀錄了本處工程竣工後相關資料，影像資料庫則有會勘、施工前、施工中、施工後之相關影像，然由於本處地緣遼闊，外加每逢暴雨風災，林道崩壞中斷，實無法經常性監控所有治理區域之工程狀況與植生復育情形。藉由本計畫，本處請各林班負責人前往各治理區域進行現況初勘普查，誠如上述林道時因暴雨風災而中斷，因此全數 143 件工程仍有 25 件仍無法前往勘查，所有工程相關紀錄，包括經費年度、治理面積、核銷經費、座標位置、工程內容以及崩壞時照片、竣工照片、現況照片皆彙整於附件。茲就已勘查部份進行分析探討：

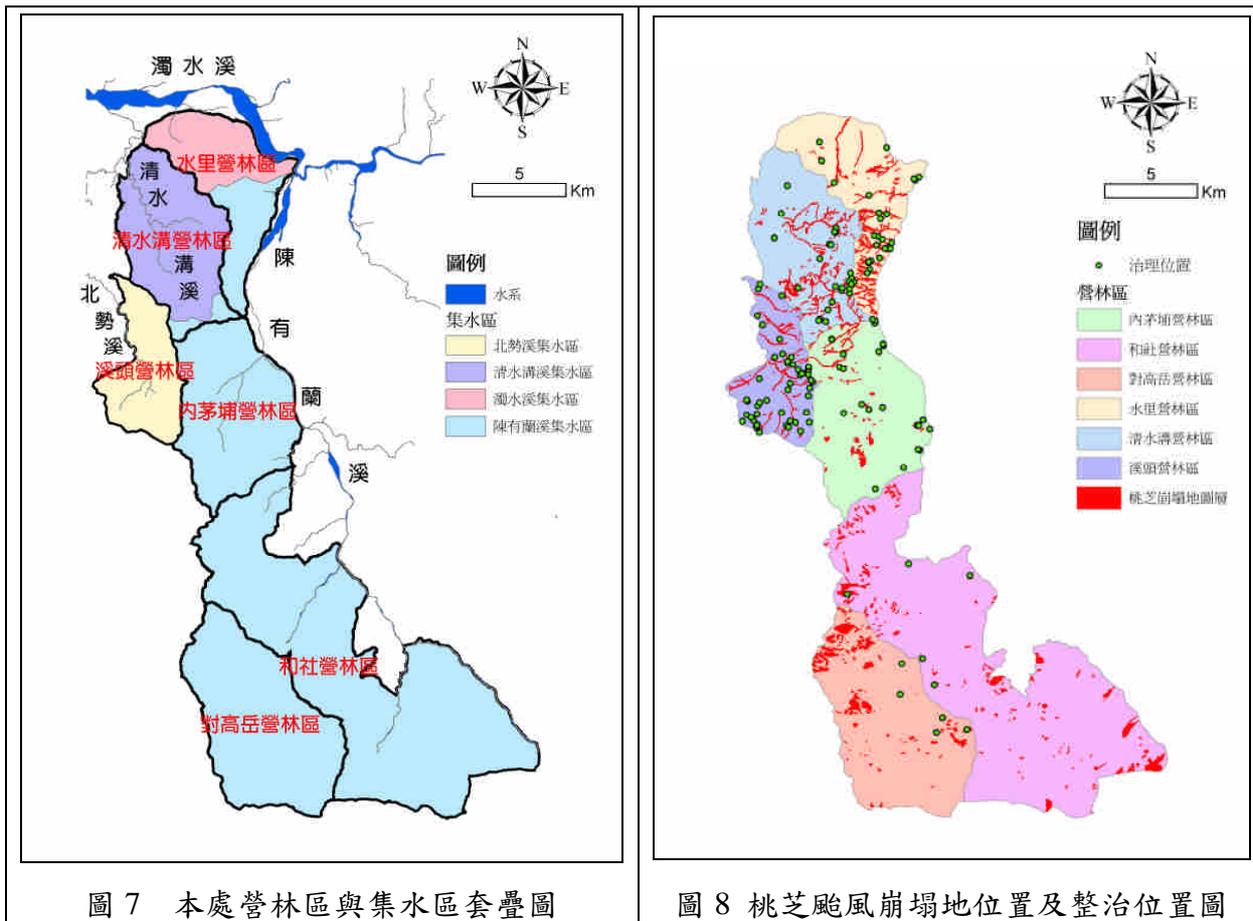
本次現勘除請林班負責人拍攝現況照片外，亦調閱竣工照片前往現場比對評估，依崩壞情形分無損壞、部份損壞、全部損壞三個狀態進行現狀初步勘驗。若依營林區進行件數、面積、經費於上述三個狀態之統計如圖 9~圖 11 及表 3 與表 4 所示。若依件數看，治理成效以溪頭營林區最佳，無損壞件數達 30 件，達此區所有調查件數之 75%，全部損壞則僅有 1 件；反看內茅埔營林區則有 14 件全部損壞，達此區所有調查件數之 64%。若依治理面積看，仍以溪頭營林區最佳，有 27.21ha 無損毀，全部損毀只有 0.11ha；反看內茅埔營林區則有 58.69ha 全部損壞，僅 0.43ha 無損毀，和社營林區皆有損毀，其中 50.75ha 為全部損毀，為本

表 2 各年度執行崩塌地治理統計表

	Year	內茅埔	水里	和社	清水溝	溪頭	對高岳	總計
治理工程 件數	90	12			7	10		29
	91	12	30	6	19	40	7	114
	總計	24	30	6	26	50	7	143
治理崩塌 地面積(ha)	90	56.88			3.46	6.61		66.95
	91	10.83	29.41	54.56	9.45	35.81	20.36	160.41
	總計	67.71	29.41	54.56	12.91	42.42	20.36	227.36
治理工程 結算經費(元)	90	1,048,825			2,345,181	17,173,938		20,567,944
	91	6,003,090	7,707,992	5,538,597	6,812,682	39,934,215	7,668,972	73,665,548
	總計	7,051,915	7,707,992	5,538,597	9,157,863	57,108,153	7,668,972	94,233,492

表 3 各營林區治理成效件數表

營林區	溪頭 (%)	清水溝 (%)	水里 (%)	內茅埔 (%)	和社 (%)	對高岳 (%)	小計 (%)
無損壞	30(25.4)	16(13.6)	13(11.0)	1(0.9)	0(0)	3(2.5)	63(53.4)
部份損壞	9(7.6)	0(0)	2(1.7)	7(5.9)	3(2.5)	2(1.7)	23(19.4)
全部損壞	1(0.9)	4(3.4)	8(6.8)	14(11.9)	3(2.5)	2(1.7)	32(27.2)
小計	40(33.9)	20(17.0)	23(19.5)	22(18.7)	6(5.0)	7(5.9)	118(100)



處治理面積中全部損毀最嚴重區域。然而對高岳營林區雖位於土石流源頭，有 8.27ha 全部損毀，卻仍有 10.92ha 無損毀，治理狀況似乎相較而言，仍屬較佳區域。綜合上述分析，溪頭營林區由於位於重要保全對象區域，雖因地制宜而施作不同配套工法高，因此治理成效較高，清水溝營林區為其次，而以內茅埔與和社營林區等位於陳有蘭溪中上游區位成效較為不彰。

若以不同坡度的治理成效分析如表 5，轄區內治理的區位多位於 15~45 度之間，佔全部治理件數的 79%，然而無損害、部份損毀及全毀所佔比例並無特別明顯的趨勢，45~60 度之間共有 8 件，有 4 件無損害，有 1 件部份損毀，另有 2 件全毀；而 60 度以上僅有 1 件，目前為全毀。若將損壞部份綜合評估，0~15 度之間共有 18% 損壞；15~30 度之間共有 37% 損壞；30~45 度之間共有 46% 損壞；45 度以上共有 44% 損壞，目前利用縱橫向截排水、打樁編柵、撒播與人工栽植等工法組合治理崩塌地，隨坡度增加，破壞的可能性有增加的趨勢。所有工程竣工時間從 2000 年 12 月 16 日至 2003 年 12 月 27 日，歷經多次暴雨風災，若參考上節所統計之暴雨場次累積降雨量，至少歷經 2004 年之 9 場暴雨，其中包括敏督利颱風所造成的 72 水災。由目前已知損壞時間之 19 件分析，毀壞時間集中在桃芝颱風(2001/7/30~2001/8/1)及敏督利颱風(2004/7/2~2004/7/4)，顯然

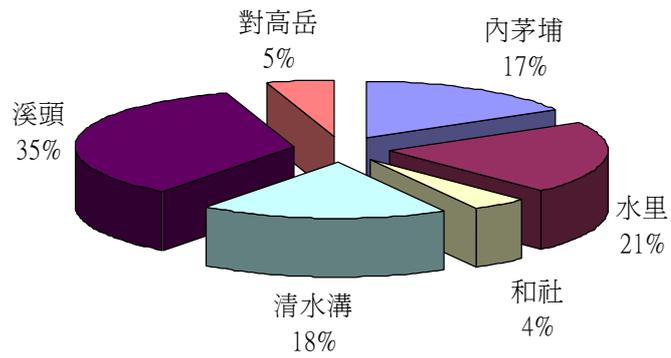


圖 9 90~91 年度各營林區執行崩塌地治理件數比例圖

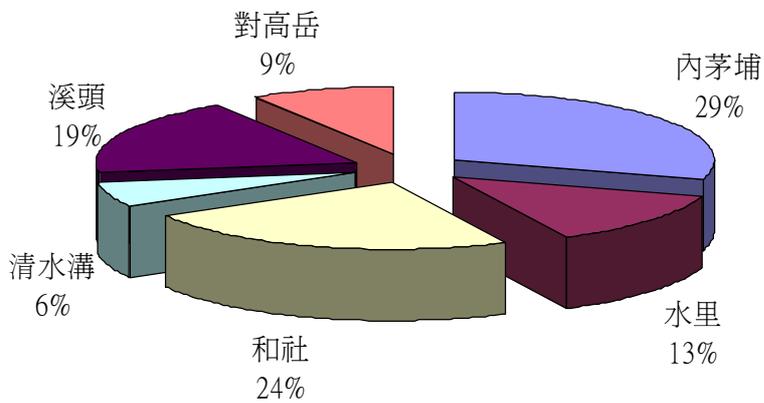


圖 10 90~91 年度各營林區執行崩塌地治理面積比例圖

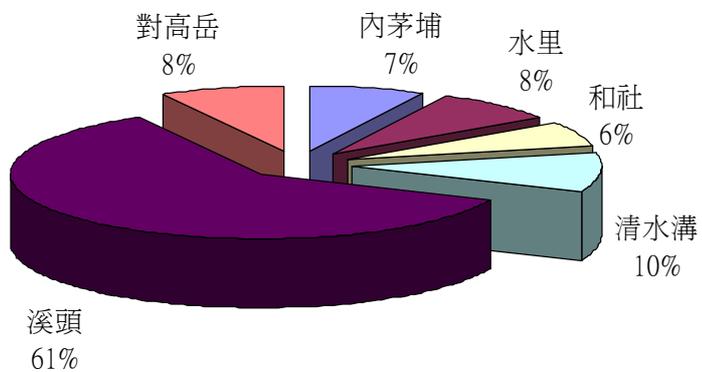


圖 11 90~91 年度各營林區執行崩塌地治理經費比例圖

目前利用縱橫向截排水、打樁編柵、撒播與人工栽植等工法組合治理崩塌地仍無法承受極端性暴雨所造成的衝擊。

2. 綜合評估

根據敏督利颱風濁水溪流域調查團隊勘災調查分析顯示，敏督利颱風災情主要原因在於超大之降雨量。在濁水溪水系內，由本次敏督利颱風與七二水災所造成之災害以坡地災害為主，災害類型不同於民國 90 年桃芝及納莉颱風時所造成之土石流災害。推測其原因，可能為 921 大地震後造成之地表鬆動土石，於桃芝及納莉颱風後已大多滑落至土石流堆積區內；因此，此次水災過後土石流災害數已不如以往，反而是豪大雨造成山區土壤含水量趨於飽和，使道路遭崩落土石阻斷。尤其以隸屬於濁水溪流域之陳有蘭溪附近台 16 及台 21 省道延線坡地災害最為嚴重。此外重要橋樑遭洪水侵襲中斷，造成山區對外交通受阻，山區居民無法將農產品對外輸出，嚴重影響農民生計。

若以桃芝颱風發生期間為界，切割竣工時間統計表綜合分析如表 6 至表 8，依上述推論，土石生產區之對高岳營林區，工程皆於桃芝颱風之後才竣工，坡地鬆動土石可能於桃芝及納莉颱風後多已滑落至土石流堆積區，因此治理面積仍有 10.92ha 無損壞；相對而言，內茅埔營林區區域可能因極端性暴雨造成坡面土壤含水量趨於飽和，發生地表沖蝕與淺層性崩塌，造成治理工程崩壞，此現象持續在桃芝颱風及敏督利颱風兩次風災中發生。水里營林區於桃芝颱風前無工程竣工，爾後於敏督利颱風已知有 4.74ha 全部損壞，顯示此區坡地仍有鬆動土石而可能於未來崩落。此部份推論仍須更多坡面土方量相關調查(例如電氣探測、簡易貫入試驗、透地雷達等)資料加以驗證。

誠如上節分析，利用縱橫向截排水、打樁編柵、撒播與人工栽植等工法組合治理，符合生態工法的理念，也可抵抗暴雨的衝擊，但卻無法抵抗颱風等極端性的暴雨的衝擊，針對保全對象不高地區，仍建議採用具有生態工法理念之工法來治理，以兼顧保全與生態；然溪頭營林區因位於重要保全對象區域，因地制宜而施作不同配套工法高，因此治理成效確實有較高趨勢，亦說明了土石流抑制、邊坡穩定、野溪穩定等治理所採用的工法，仍應綜合考量環境及保全對象等多項複雜因子，才能提出確切的治理方法。因此本研究建議未來土砂防治，仍請相關專家學者及技師前往會勘後，再研商治理方式為宜。

本研究針對本處於 90~91 年度執行之 143 件崩塌地整治工程進行評估，統整本處已完成的基礎資料庫，包括環境資料庫、工程資料庫及影像資料庫等綜合評估，依目前的評估分析，坡度、區位以及暴雨的衝擊為工程構造物對於邊坡穩定治理成效之有效因子，爾後若要進行相關治理成效評估，建議將其納入綜合評估。

表 4 各營林區治理成效面積表(單位：ha)

營林區	溪頭	清水溝	水里	內茅埔	和社	對高岳
無損壞	27.21	8.07	4.78	0.43		10.92
部份損壞	8.00		1.23	4.05	3.81	1.17
全部損壞	0.11	2.40	4.87	58.69	50.75	8.27

表 5 治理成效與坡度對照表

坡度(°)	無損害	部份損毀	全毀	尚未調查	總計
0~15	12(8%)	3(2%)	1(1%)	6(4%)	22(15%)
15~30	22(15%)	8(6%)	11(8%)	10(7%)	51(36%)
30~45	24(17%)	11(8%)	17(12%)	9(6%)	61(43%)
45~60	4(3%)	1(1%)	2(1%)	1(1%)	8(6%)
60~90	0(0%)	0(0%)	1(1%)	0(0%)	1(1%)
總計	62(43%)	23(16%)	32(22%)	25(17%)	143(100%)

表 6 以桃芝颱風為界之竣工時間件數統計表

竣工時間	溪頭	清水溝	水里	內茅埔	和社	對高岳	總計
桃芝颱風前已竣工	0	7	0	11	0	0	18
桃芝颱風後竣工	50	19	30	13	6	7	125
總計	50	26	30	24	6	7	143

表 7 以桃芝颱風為界之竣工時間件數面積表(單位：ha)

竣工時間	溪頭	清水溝	水里	內茅埔	和社	對高岳	總計
桃芝颱風前已竣工	0.00	3.46	0.00	32.98	0.00	0.00	36.44
桃芝颱風後竣工	42.42	9.45	29.41	34.73	54.56	20.36	190.92
總計	42.42	12.91	29.41	67.71	54.56	20.36	227.36

表 8 以桃芝颱風為界之竣工時間件數面積表(單位：元)

竣工時間	溪頭	清水溝	水里	內茅埔	和社	對高岳	總計
桃芝颱風前已竣工	0	2,345,181	0	740,229	0	0	3,085,410
桃芝颱風後竣工	57,108,153	6,812,682	7,707,992	6,311,686	5,538,597	7,668,972	91,148,082
總計	57,108,153	9,157,863	7,707,992	7,051,915	5,538,597	7,668,972	94,233,492

(三)設置樣區及工法劃分

上節已針對工程進行現勘狀況分析，由治理工法可看出本處治理崩塌地主要是希其儘速植生復育，而植生復育成效則將選定樣區進行動植物樣區調查與踏勘，以瞭解植生指標、植生多樣性指標及鳥類多樣性指標。彙整各營林區治理成效面積(件數)統計(表 21)，本研究希能瞭解人工復育與自然復育之成效差異，因此以現況為分類基礎，再由各營林區選定數個樣區進行調查。因此於溪頭營林區選定 2 處無損壞與 2 處部份損壞樣區進行調查；清水溝由於全部損壞區域非常難以到達，故選擇 4 處無損壞樣區進行調查；水里營林區由於未來崩塌之潛在機率較大，分別調查 6 個無損壞、1 個部份損壞與 1 個完全損壞樣區；內茅埔則調查 2 個部份損壞與 2 個完全損壞樣區；和社調查 1 個部份損壞與 1 個完全損壞樣區；對高岳調查 1 個無損壞與 1 個完全損壞樣區，總共調查 24 個樣區(表 22)。

表 9 各營林區治理成效面積(件數)統計表

面積單位：ha

營林區	溪頭	清水溝	水里	內茅埔	和社	對高岳
無損壞	27.21(30)	8.07 (16)	4.78(13)	0.43 (1)		10.92 (3)
部份損壞	8.00 (9)		1.23 (2)	4.05 (7)	3.81 (3)	1.17 (2)
全部損壞	0.11 (1)	2.40 (4)	4.87 (8)	58.69 (14)	50.75 (3)	8.27 (2)

表 10 溪頭營林區已設置樣區摘要表

營林區	林班	工程編號	工法	治理面積 (ha)	竣工時間	現況	備註
溪頭	2	011	打樁編柵、撒播、截排水	0.13	91.11.20	部份損壞	
溪頭	5	018	打樁編柵、撒播、截排水	0.19	91.11.20	無損壞	
溪頭	5	038	裂縫填補、撒播	0.5	91.11.06	無損壞	
溪頭	4	028	打樁編柵、撒播、截排水	0.33	91.11.06	部份損壞	

(四)植生指標

植生調查應包括定性描述及定量分析。調查區內如具有保育、景觀及學術研究上之重要植物群落，應特別記錄加以保護。調查樣區之最小面積如下表：

分類	樣區面積(m ²)
草本層	1~2
低灌木及高草本層	4
高灌木層	16

喬木層	100
-----	-----

植生定量分析，係以植生定量調查結果之參數加以組合，或以不同解析方法計算群落指數，藉以探討植物社會之特性。其分析項目如下：

- 1、豐多度：植物存在數量之表示法。可分為稀少、偶爾出現、時常出現、豐多、很豐多。
- 2、密度：單位面積內植物之個體數。
- 3、頻度：某種植物在所調查的樣區中，被記錄到的樣區數。可區分為五級：A (1-20%)、B (21-40%)、C (41-60%)、D (61-80%)、E (81-100%)。
- 4、優勢度：用以表示某種植物在該植物社會中所占的重要性。可以覆蓋面積與所佔空間表示之。可分為五等級：A (少於 5%)、B(5-25%)、C(26-50%)、D (51-75%)、E (76-100%)。

(1)基本定量計算：以密度、頻度及優勢度(或覆蓋度)等轉換成相對值，以為計算重要值指數之依據。

相對密度 = 某種植物之株數 / 所有植物之株數 × 100,

相對頻度 = 某種植物之頻度 / 所有植物之頻度 × 100,

相對優勢度 = 某種植物之覆蓋率 / 所有植物之覆蓋率 × 100。

(覆蓋率係指自坡面垂直上方之植株投影面積比率為準。)

(2)重要值指數：用以表示一植物社會中所有植物種類之重要性，其計算方法為：相對密度、相對頻度及相對優勢度之組合。

(3)溪頭林區植生分析結果

崩塌地樣區編號 2 林班工程編號 011 目標撒播樹種以台灣赤楊 60%復舊情況良好，依據水土保持技術規範值生調查結果屬 D 級優良，演替植物以五節芒覆蓋 70%屬 D 級。樣區編號 5 林班工程編號 018 目標撒播樹種以台灣赤楊 30%復舊情況適中，屬 C 級，演替植物以 80%覆蓋屬 E 級演替情況最優。樣區編號 5 林班工程編號 038 目標撒播樹種以台灣赤楊 30%復舊情況適中，屬 C 級，演替植物以台灣蘆竹、阿里山落新婦、昭和草、大業洩疏覆蓋率分別為 20、10、10 屬 B 級數量為少。崩塌地樣區編號 4 林班工程編號 028 目標植物復舊情況不佳，依據水土保持技術規範值生調查結果屬 B 級，演替植物以五節芒 80%覆蓋率屬 E 級演替情況最優。

綜觀溪頭各樣區之植生調查表 11 顯示各植生相對頻度與覆蓋度、重要值指數，目標植物以台灣赤楊之重要值指數為 28.60，相對頻度 10.00、相對覆蓋度 18.6，演替植物以五節芒重要性指數高達 44.11%最高、相對頻度 10.00、相對覆蓋度 34.11，此結果顯示台灣赤楊重要值指數 28.60 低於五節芒 44.11，但以整體復育情況而言仍屬良好。

表 11 溪頭營林區崩塌地各植生樹種之重要值指數表

樹種	溪頭		
	相對頻度 (R.F.)	相對覆蓋度 (R.C.)	重要值指數 (IVI)
五節芒	10.00	34.11	44.11
臺灣赤楊	10.00	18.60	28.60
大葉溲疏	10.00	4.65	14.65
木賊	6.67	6.20	12.87
臺灣何首烏	6.67	6.20	12.87
臺灣蘆竹	6.67	6.20	12.87
阿里山落新婦	6.67	3.10	9.77
腎蕨	6.67	3.10	9.77
昭和草	6.67	3.10	9.77
臺灣澤蘭	3.33	6.20	9.53
普刺特草	6.67	1.55	8.22
山黃麻	6.67	1.55	8.22
孟宗竹	3.33	3.10	6.43
假毛蕨	3.33	0.78	4.11
火炭母草	3.33	0.78	4.11
小花蔓澤蘭	3.33	0.78	4.11

(五) 4 種不同崩塌地工法對植生重要值標影響

在轄區 24 個地面樣區依據工法不同組合分成 4 種分別為打樁編柵、撒播、截排水計有 13 個樣區最多，其次為打樁編柵、撒播計有 7 個樣區，另外有撒播樣區數 3 個及裂縫填補、撒播樣區數 1 個。這些被選作樣區的不同工法以撒播工法崩塌地損壞情況最高，3 個樣區就有 2 個損壞。不同工法對植生復育重要值指標分述如下：

(1).打樁編柵、撒播、截排水工法

本工法所營造復育的生育地以五節芒及山黃麻 2 種演替植物重要值指標分別為 36.37 及 13.44 復育情況較佳，依據水土保持技術規範植生調查結果屬 C 級及 B 級復育情況尚佳；目標植物相思樹重要值指數 18.38、相對頻度 6.45、相對覆蓋度 11.93 屬 B 級於本工法中重要值指數名列第 2 名復育情況尚佳，另外目標樹種台灣赤楊重要值指數 7.68 於本工法中名列第 5 名。綜合本工法主要仍以演替植生和本科五節芒為復育出現主，其次為榆科之山黃麻，目標樹種相思樹及台灣赤楊於本工法次之；台灣檉在本工法復育情況不佳重要值指數很低。

表 12 打樁編柵、撒播、截排水工法各植生重要值指標摘要表(樣區數 13)

植生	相對頻度 R.F	相對覆蓋度 (R.C)	重要值指數 IVI
五節芒	9.68	26.69	36.37
相思樹	6.45	11.93	18.38
山黃麻	7.26	6.19	13.44
紫花藿香薊	4.84	8.49	13.33
臺灣赤楊	2.42	5.26	7.68
臺灣蘆竹	3.23	3.84	7.07
昭和草	4.84	1.62	6.46
葛藤	4.03	2.02	6.05
羅氏鹽膚木	2.42	3.44	5.86
臺灣魚藤	2.42	3.23	5.65
小花蔓澤蘭	3.23	2.22	5.45
白匏子	2.42	2.43	4.85
血桐	3.23	1.21	4.44
水雞油	0.81	3.23	4.04
木賊	1.61	1.62	3.23
臺灣何首烏	1.61	1.62	3.23
木苧麻	2.42	0.81	3.23
野桐	1.61	1.42	3.03
碗仔花	2.42	0.61	3.03
臺灣澤蘭	0.81	1.62	2.42
腎蕨	1.61	0.81	2.42
大葉溲疏	1.61	0.81	2.42
普刺特草	1.61	0.40	2.02
苧麻	1.61	0.40	2.02
假酸漿	1.61	0.40	2.02
銀合歡	1.61	0.24	1.86
鱗蓋鳳尾蕨	1.61	0.24	1.86
三角葉西番蓮	1.61	0.20	1.82
孟宗竹	0.81	0.81	1.62
三年桐	0.81	0.81	1.62
孟仁草	0.81	0.61	1.41
阿里山落新婦	0.81	0.40	1.21
大花咸豐草	0.81	0.40	1.21
構樹	0.81	0.40	1.21
求米草	0.81	0.40	1.21

紅毛草	0.81	0.40	1.21
杜虹花	0.81	0.40	1.21
假毛蕨	0.81	0.20	1.01
火炭母草	0.81	0.20	1.01
月桃	0.81	0.20	1.01
日本金粉蕨	0.81	0.20	1.01
天草鳳尾蕨	0.81	0.20	1.01
酸藤	0.81	0.20	1.01
臺灣檫	0.81	0.20	1.01
臺灣澤蘭	0.81	0.20	1.01
紫斑大戟	0.81	0.20	1.01
通條木	0.81	0.20	1.01
光果龍葵	0.81	0.20	1.01
白白	0.81	0.04	0.85
山芙蓉	0.81	0.04	0.85
甜根子草	0.81	0.04	0.85
雞屎藤	0.81	0.00	0.81

(2).打樁編柵、撒播工法

本工法所營造復育的生育地以山黃麻及羅氏鹽膚木 2 種演替植物重要值指標分別為 19.01 及 15.27 復育情況較佳，依據水土保持技術規範植生調查結果屬 B 級復育情況尚佳；目標植物相思樹重要值指數 18.78、相對頻度 5.66、相對覆蓋度 13.11 屬 B 級於本工法中重要值指數名列第 2 名復育情況尚佳，另外其他撒播目標樹種並無出現。綜合本工法主要仍以演替植生榆科之山黃麻為主，其次為羅氏鹽膚木及禾本科五節芒次之，目標樹種相思樹於本工法次之，另外其他目標撒播樹種並無出現。值得注意的是目標樹種相思樹於打樁編柵、撒播、(截排水) 工法植生重要值指標居次，不若演替植物復育強勢。

表 13 打樁編柵、撒播工法各植生重要值指標摘要表(樣區數 13)

植生	相對頻度	相對覆蓋度	重要值指數
	R.F	(R.C)	IVI
山黃麻	5.66	13.35	19.01
相思樹	5.66	13.11	18.78
羅氏鹽膚木	6.60	8.67	15.27
血桐	5.66	7.96	13.62
五節芒	4.72	8.90	13.62

小花蔓澤蘭	4.72	5.39	10.10
野桐	3.77	3.98	7.75
紫花藿香薊	3.77	3.75	7.52
構樹	4.72	2.34	7.06
大花咸豐草	3.77	3.04	6.82
葛藤	2.83	3.28	6.11
銀合歡	2.83	3.28	6.11
月桃	3.77	1.41	5.18
馬櫻丹	2.83	1.64	4.47
臺灣蘆竹	2.83	0.94	3.77
白匏子	0.94	2.81	3.75
臺灣山桂花	1.89	1.17	3.06
鵝仔菜	1.89	1.17	3.06
鐵刀木	0.94	1.87	2.82
香澤蘭	1.89	0.70	2.59
密毛小毛蕨	1.89	0.70	2.59
苧麻	1.89	0.47	2.36
海金沙	1.89	0.47	2.36
闊葉鴨舌癩舅	0.94	0.94	1.88
大馬唐	0.94	0.94	1.88
桑樹	0.94	0.94	1.88
山珠豆	0.94	0.94	1.88
天草鳳尾蕨	0.94	0.94	1.88
三角葉西番蓮	0.94	0.47	1.41
土密樹	0.94	0.47	1.41
昭和草	0.94	0.23	1.18
刺莧	0.94	0.23	1.18
樹薯	0.94	0.23	1.18
日本金粉蕨	0.94	0.23	1.18
裂葉艾納香	0.94	0.23	1.18
臺灣鱗球花	0.94	0.23	1.18
多子漿果莧	0.94	0.23	1.18
鱗蓋鳳尾蕨	0.94	0.23	1.18
竹葉草	0.94	0.23	1.18
閉鞘薑	0.94	0.23	1.18
粗毛鱗蓋蕨	0.94	0.23	1.18
白毛臭牡丹	0.94	0.23	1.18

紅毛草	0.94	0.23	1.18
揚波	0.94	0.23	1.18
地膽草	0.94	0.23	1.18
紅花野牽牛	0.94	0.23	1.18
兔尾草	0.94	0.23	1.18

(3). 裂縫填補、撒播工法

本工法所對生育地僅施以裂縫填補，未營造復育生育地，由表 33 重要值摘要表中發現以台灣赤楊目標樹種要值指標為 51.96 復育情況較佳，依據水土保持技術規範植生調查結果屬 D 級復育情況尚佳；演替植物以禾本科台灣蘆竹重要值指數 40.20 次之。綜合本工法主要以目標樹種台灣赤楊為主，另外演替植生禾本科之台灣蘆竹為主，另外榆科之山黃麻重要值指數雖不高，亦出現於本工法之自然演替植生當中。值得注意的是目標樹種台灣赤楊於本工法中最優勢，於前兩個工法打樁編柵、撒播、(截排水) 營造生育地植生重要值指標居次情況不同，本工法以目標植物復育較優勢。

表 14 裂縫填補 撒播工法各植生重要值指標摘要表(樣區數 1)

植生	相對頻度 R.F	相對覆蓋度 (R.C)	重要值指數 IVI
臺灣赤楊	16.67	35.29	51.96
臺灣蘆竹	16.67	23.53	40.20
阿里山落新婦	16.67	11.76	28.43
大葉溲疏	16.67	11.76	28.43
昭和草	16.67	11.76	28.43
山黃麻	16.67	5.88	22.55

(4)撒播工法

本工法未對生育地僅施以任何營造與工法，以演替植物以禾本科五節芒及台灣蘆竹 2 種植生復育情況最佳，重要值指數分別為 44.71 及 30.59 依據水土保持技術規範植生調查結果屬 D 級復育情況最優；目標樹種台灣赤楊及台灣檉重要值摘要表中分屬於第 5、6 名復育情況不佳。綜合本工法自然演替植生五節芒、台灣蘆竹為主，木本植物羅氏鹽膚木屬於第 3 名；目標樹種台灣赤楊及台灣檉復育情況不佳；本工法對目標撒播樹種復育情況最差，適度的對崩塌地生育地的營造與改善可能對於目標樹種復育情況較佳。

表 15 撒播工法各植生重要值指標摘要表(樣區數 3)

	相對頻度 R.F	相對覆蓋度 (R.C)	重要值指數 IVI
五節芒	11.76	32.94	44.71
臺灣蘆竹	11.76	18.82	30.59

羅氏鹽膚木	11.76	9.41	21.18
孟宗竹	5.88	9.41	15.29
臺灣赤楊	5.88	7.06	12.94
臺灣檫	5.88	5.88	11.76
揚波	5.88	3.53	9.41
臺灣何首烏	5.88	2.35	8.24
月桃	5.88	2.35	8.24
碗仔花	5.88	2.35	8.24
臺灣澤蘭	5.88	2.35	8.24
水雞油	5.88	1.18	7.06
假酸漿	5.88	1.18	7.06
三年桐	5.88	1.18	7.06

(5) 植生重要值指標評估各工法

24 個地面樣區依據工法不同分成 4 種，分別為打樁編柵、撒播、截排水計有 13 個樣區最多，其次為打樁編柵、撒播計有 7 個樣區，另外有撒播樣區數 3 個及裂縫填補、撒播樣區數 1 個。這些被選作樣區的不同工法以撒播工法崩塌地損壞情況最高，3 個樣區就有 2 個損壞。

另外演替植物山黃麻屬木本陽性先驅樹種在 2 種工法中重要值指數也僅次於目標植生。目標植生台灣赤楊復育情況最佳之工法以裂縫填補、撒播，但僅有 1 個樣區較不具代表性；4 種不同工法中以撒播工法對目標植生台灣赤楊、台灣檫復育重要值最低復育成效不佳，而以演替植生五節芒、台灣蘆竹較佳。綜合觀之演替植生在本區以五節芒、台灣蘆竹、山黃麻為普遍及優勢之植生，目標樹種以相思樹、台灣赤楊復育情況較佳，台灣檫成效不佳；整體而言目標植生之復育情況尚屬良好，並隨不同工法間而有差異，以裂縫填補、撒播最優其次以打樁編柵、撒播、(截排水)，撒播工法對目標植生復育最差。

打樁編柵、撒播、截排水工法目標植生以相思樹、台灣赤楊 2 樹種復育的成效較佳，僅次於演替植生五節芒、台灣蘆竹；植生復育指標最佳。

打樁編柵、撒播工法值得注意的是目標樹種相思樹重要值指標居次，不若演替植物復育強勢，就工法上不若打樁編柵、撒播、截排水植生復育指標好。

裂縫填補、撒播工法目標樹種相思樹及台灣赤楊復育情況均不若陽性演替樹種強，因此就整體而言崩塌地復育上較差。

單存撒播工法就目標樹種台灣檫及台灣赤楊等樹種復育情況在這 4 個組合法中最低。

(六) 鳥類多樣性指標

鳥類調查鳥類調查方法採固定邊界圓圈法 (fixed circular-plot method)，樣點距離各崩塌地邊緣 100 m 以上，以避免邊際效應 (edge effect) 所帶來的影響，每次調查每個樣點在非雨天時進行調查，固定於樣區內觀察 30 分鐘並記錄，不論是聽到或看到的鳥類都要記錄其種類、數量，林冠以上飛行的鳥隻則不予記錄。鳥類多樣性分析採各林區崩塌地樣區出現鳥類之頻度計算，並換算成相對頻度以表示各崩塌地樣區鳥類之豐多度進行比較。

(1) 溪頭林區分析結果

各樣崩塌地樣區以 5 林班工程編號第 038 號出現鳥種計 16 種最多，其次為 4 林班工程編號第 028 號鳥種計 11 種，最少為 5 林班工程編號第 018 號鳥種計 4 種。另外與植群調查所得結果交叉分析比較與植群頻度及種類沒有直接相關；初步發現與崩塌地面積似乎比較有直接相關性，出現最多鳥種之崩塌地樣區第 5 林班工程編號第 038 號面積計 0.5ha，最少鳥種之崩塌地樣區第 5 林班工程編號第 018 號面積計 0.19ha，與第 2 林班工程編號第 011 號面積計 0.11h 相當。

溪頭林區崩塌地 4 個調查樣區均有出現的鳥類有藪鳥及山紅頭 2 種，也是本地區出現主要優勢鳥種，崩塌地面積均在 1ha 以下，調查資料受到鄰近不同生育地及林相的干擾，推測可能受到鄰近生育地環境影響很大；其次相對頻度較大者如紅嘴黑鸛及白耳畫眉等都是這裡常見的鳥類。

表 16 溪頭營林區崩塌地之鳥類出現頻度與相對頻度表

鳥類	溪頭樣區				頻度	相對頻度 (R.F.)
	2 林 011	5 林 018	5 林 038	4 林 028		
藪鳥	*	*	*	*	4	11.11
山紅頭	*	*	*	*	4	11.11
鱗胸鷓鴣	*				1	2.78
小翼鸛	*				1	2.78
金背鳩	*				1	2.78
樹鵲		*			1	2.78
紅嘴黑鸛		*	*	*	3	8.33
棕面鶯			*	*	2	5.56
白尾鳩			*		1	2.78
繡眼畫眉			*		1	2.78
台灣小鶯			*		1	2.78
紅頭山雀			*		1	2.78
冠羽畫眉			*		1	2.78
頭烏線			*		1	2.78

洋燕	*	*	2	5.56
大冠鷲	*		1	2.78
金背鳩	*		1	2.78
白耳畫眉	*	*	2	5.56
白腰文鳥	*	*	2	5.56
大彎嘴	*		1	2.78
褐頭鷓鴣		*	1	2.78
斑文鳥		*	1	2.78
灰鵲		*	1	2.78
小彎嘴		*	1	2.78

(2) 鳥類多樣性指標評估各工法

鳥類多樣性指數在 24 個地面樣區依據組成不同分成 4 種，各種工法間鳥類多樣性指數差異不大，反而是與崩塌地面積大小比較有關係；這些影響包括受到鄰近森林與各種鳥類活動的範圍影響最大。

結論

一、本研究針對本處於 90~91 年度執行之 143 件崩塌地整治工程進行評估，統整本處已完成的基礎資料庫，包括環境資料庫、工程資料庫及影像資料庫等綜合評估，並依破壞情形、區位及工法選定 24 個地面樣區植生及動物調查，並依此進行崩塌地治理成效評估。

二、本研究彙整 143 件崩塌地整治工程相關資料，面積約 227.36 公頃，總經費達 94,233,492 元。治理方法則多屬於縱橫向截排水、打樁編柵、撒播與人工栽植等工法與其他工法組合治理，前 4 項組合共治理 181.91 公頃。另分無損壞、部份損壞、全部損壞等 3 個情況，進行現況調查達 118 件。從件數及面積評估審視溪頭營林區由於位於重要保全對象區域，多因地制宜而施作不同配套工法，因此治理成效較佳，清水溝營林區為其次，然而內茅埔與和社營林區等位於陳有蘭溪中上游區位成效較差。另坡度分析顯示，隨坡度增加，破壞的可能性有增加的趨勢；暴雨衝擊分析顯示，縱橫向截排水、打樁編柵、撒播與人工栽植等工法組合治理崩塌地仍無法承受極端性暴雨所造成的衝擊。

三、本研究顯示坡度、區位以及暴雨的衝擊為工程構造物對於邊坡穩定治理成效之有效因子，爾後若要進行相關治理成效評估，建議將其納入綜合評估。

四、植生重要值指標、鳥類多樣性指標、水棲昆蟲反應水質進行工法評估，並以 24 個地面樣區依據組成工法不同分成 4 種，分別為打樁編柵、撒播、截排水計有 13 個樣區最多，其次為打樁編柵、撒播計有 7 個樣區，另外有撒播樣區數 3 個及裂縫填補、撒播樣區數 1 個。

打樁編柵、撒播工法目標樹種相思樹重要值指標居次，不若演替植物復育強勢，就工法上不若打樁編柵、撒播、截排水植生復育指標好。

裂縫填補、撒播工法目標樹種相思樹及台灣赤楊復育情況均不若陽性演替樹種強，因此就整體而言崩塌地復育上較差。

單存撒播工法就目標樹種台灣欖及台灣赤楊等樹種復育情況在這 4 個組合工法中最差。

鳥類多樣性指標評估各工法鳥類多樣性指數在 24 個地面樣區依據組成不同分成 4 種，各種工法間鳥類多樣性指數差異不大，反而是與崩塌地面積大小比較有關係；這些影響包括受到鄰近森林與各種鳥類活動的範圍影響最大。

參考文獻

1. 國立臺灣大學農學院實驗林經營計畫 1999 國立台灣大學農學院實驗林管理處林業特刊 14 號。
2. 國立臺灣大學生農學院實驗林經營計畫-期中檢討 2003 國立台灣大學農學院實驗林管理處林業特刊 14 號。
3. 敏督利颱風濁水溪流域調查團隊勘災調查報告 2004。
4. 以臺大實驗林為研究範疇之「集水區崩塌地治理工法之評估」 2005 行政院公共工程委員會研究報告 094029。