

奧萬大楓林區遭土石掩埋後生長與存活之監測(2/3)

委託計畫

The entrusted plan to monitor the plants growth and survival after mudflows and landslides at maple tree zone in Aowanda (2/3)

結案報告



委託機關：行政院農業委員會林務局 南投林區管理處

執行單位：國立中興大學森林學系 森林植物分類暨生態研究室

計畫主持人：呂金誠 教授

協同主持人：曾喜育 助理教授

研究人員：曾彥學、何伊喬、王俊閔、王 偉、廖學儀、趙建棟、
林惠雯、湯冠臻、梁耀竹、鄭婷文、劉世強、張彥華、
陳玟璇、邱于庭、劉惠宜、簡培傑、陳培均

中華民國九十九年十二月

目次

表目次.....	II
圖目次.....	III
壹、計畫緣起.....	1
貳、計畫範圍與研究區概況.....	3
參、前人研究概況.....	6
肆、研究方法.....	9
一、文獻與資源之蒐集.....	9
二、植物標本採集與鑑定.....	9
三、長期動態監測樣區設置與植群調查.....	9
四、植群分析.....	10
五、存活率調查.....	11
六、植物社會之複查.....	11
七、長期動態監測樣區之地形測量.....	11
伍、結果與討論.....	14
一、長期監測樣區環境.....	14
(一)樣區微氣候.....	14
(二)研究期間單日降雨變化.....	17
(三)地形變化.....	17
二、楓林區長期監測樣區土石掩埋後林木生長與活存調查.....	22
三、長期監測樣區小苗調查.....	58
四、對照樣區植物組成與結構.....	68
陸、結論與建議.....	81
柒、參考文獻.....	82
附錄.....	85

表 目 次

表 5-1. 奧萬大楓林區長期監測樣區(90m×230 m)前 20 名主要組成樹種之株數、相對密度、胸高斷面積、相對優勢度、重要值.....	23
表 5-2. 奧萬大楓林區長期監測樣區土石掩埋衝擊區域各樹種存活株數與存活率.....	33
表 5-3. 奧萬大楓林區長期監測樣區土石掩埋衝擊區域各樹種累計枯死率.....	34
表 5-4. 奧萬大楓林區長期監測樣區土石衝擊掩埋後前五名組成樹種於不同年度颱風存活與枯死株數，以及季節枯死株數之平均胸徑比較.....	40
表 5-5. 奧萬大楓林區長期監測樣區干擾後主要組成樹種枯死植株各季節距河岸距離比較.....	41
表 5-6. 奧萬大楓林區長期監測樣區干擾後主要組成樹種存活植株各季節距河岸距離比較.....	42
表 5-7. 奧萬大楓林區長期監測樣區干擾後主要組成樹種枯死植株各季節平均胸徑比較.....	42
表 5-8. 奧萬大楓林區長期監測樣區干擾後主要組成樹種存活植株各季節平均胸徑比較.....	42
表 5-9. 奧萬大楓林區監測樣區之 2010 年木本與草本植物小苗種類與數量.....	59
表 5-10. 奧萬大楓林區對照樣區前 20 名主要組成樹種之株數、相對密度、胸高斷面積、相對優勢度、重要值.....	70

圖目次

圖 2-1. 奧萬大國家森林遊樂區生態氣候圖.....	3
圖 2-2. 奧萬大楓林區辛樂克颱風前、後之楓林區航照圖比較.....	4
圖 2-3. 2006~2008 年奧萬大楓林區景觀與林內地形環境變遷.....	5
圖 3-1. 濱岸帶地形特點結構圖.....	7
圖 4-1. 奧萬大楓林區長期監測計畫工作流程圖.....	9
圖 4-2. 奧萬大楓林區長期監測樣區與對照樣區示意圖.....	10
圖 4-3. 奧萬大楓林區長期監測樣區設置、地形測量、以及樣木調查、標號.....	12
圖 4-4. 奧萬大楓林區長期監測樣區之地形複測、以及樣木存活、位置、標號之複查.....	13
圖 5-1. 奧萬大楓林區長期監測樣區相對濕度變化圖.....	14
圖 5-2. 奧萬大楓林區長期監測樣區氣溫變化圖.....	15
圖 5-3. 奧萬大楓林區長期監測樣區氣溫變化圖.....	16
圖 5-4. 奧萬大國家森林遊樂區 2008 年 1 月至 2010 年 10 月每日降雨變化圖與主要影響颱風關係.....	17
圖 5-5. 奧萬大楓林區長期監測樣區 1 月、3 月、8 月、11 月之地形變化.....	19
圖 5-6. 奧萬大楓林區長期監測樣區內河道於調查期間之變化.....	20
圖 5-7. 奧萬大楓林區長期監測樣區 2010 年 3 月樣區地形.....	21
圖 5-8. 奧萬大楓林區長期監測樣區內附生植物種類.....	22
圖 5-9. 奧萬大楓林區長期監測樣區主要組成樹種之徑級分布圖.....	24
圖 5-10. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭土石衝擊掩埋後不同時期定點拍攝.....	26
圖 5-11. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後樣區內部不同時間定點拍攝.....	27
圖 5-12. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後楓香樣株 1、2 不同時間定點拍攝監測存活情形.....	28
圖 5-13. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後楓香樣株 3、4 不同時間定點拍攝監測存活情形.....	29
圖 5-14. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後楓香樣株 5、6 不同時間定點拍攝監測存活情形.....	30
圖 5-15. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後楓香樣株 7 不同時間定點拍攝監測存活情形.....	31

圖 5-16. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後楓香樣株 8 不同時間定點拍攝監測存活情形.....	32
圖 5-17. 奧萬大楓林區長期監測樣區九芎樣木經土石衝擊、掩埋後基部發根.....	36
圖 5-18. 奧萬大楓林區長期監測樣區主要組成樹種單季與累積枯死率圖.....	38
圖 5-19. 奧萬大楓林區長期監測樣區之喬木分布位置、地形與河道與辛樂克颱風土石掩埋區域.....	39
圖 5-20. 奧萬大楓林區長期監測樣區調查季節各樹種枯死與存活樣株位置圖.....	41
圖 5-21. 奧萬大楓林區長期監測樣區楓香枯死與存活樣株位置圖.....	43
圖 5-22. 奧萬大楓林區長期監測樣區楓香枯死與存活樣株位置圖.....	43
圖 5-23. 奧萬大楓林區長期監測樣區台灣櫟各季節枯死與存活樣株位置圖.....	44
圖 5-24. 奧萬大楓林區長期監測樣區山肉桂各季節枯死與存活樣株位置圖.....	45
圖 5-25. 奧萬大楓林區長期監測樣區阿里山千金榆各季節枯死與存活樣株位置圖....	46
圖 5-26. 奧萬大楓林區長期監測樣區青剛櫟各季節枯死與存活樣株位置圖.....	47
圖 5-27. 奧萬大楓林區長期監測樣區江某各季節枯死與存活樣株位置圖.....	48
圖 5-28. 奧萬大楓林區長期監測樣區土石掩埋後近河流外側林木枯死狀態.....	48
圖 5-29. 奧萬大楓林區長期監測樣區萬大南溪之溪水淹浸現象.....	49
圖 5-30. 奧萬大楓林區長期監測樣區樹種對土石衝擊所受之傷害.....	51
圖 5-31. 奧萬大楓林區長期監測樣區土石掩埋後受創楓香林木遭受蠹蟲及其他昆蟲危害.....	53
圖 5-32. 奧萬大楓林區長期監測樣區土石掩埋後遭受蟲害.....	54
圖 5-33. 奧萬大楓林區長期監測樣區物種組成之等級—豐量曲線季節變化圖.....	56
圖 5-34. 奧萬大楓林區長期監測樣區外側近奧萬大南溪之對照樣區遭土石衝擊後植物生長狀況.....	57
圖 5-35. 奧萬大楓林區長期監測樣區小苗調查、樣區設置與複查.....	58
圖 5-36. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後於林下發芽之木本植物小苗.....	62
圖 5-37. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後於林下發芽之草本植物小苗.....	64
圖 5-38. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後樣區內部林冠層不同時間定點拍攝.....	65
圖 5-39. 奧萬大楓林區長期監測樣區之小苗種類的等級—豐量曲線之季節變化.....	67

圖 5-40. 奧萬大楓林區長期監測樣區之對照樣區設置、樣木調查及標號.....	68
圖 5-41. 奧萬大楓林區長期監測樣區上方未遭風災土石掩埋之對照樣區.....	69
圖 5-42. 奧萬大楓林區對照樣區主要組成樹種之徑級分布圖.....	72
圖 5-43. 奧萬大楓林區長期樣區之樣株位置圖.....	73
圖 5-44. 奧萬大楓林區長期監測樣區之楓香枯死與存活樣株位置.....	74
圖 5-45. 奧萬大楓林區長期監測樣區之山肉桂和台灣檫樣株位置.....	75
圖 5-46. 奧萬大楓林區長期監測樣區之阿里山千金榆與青剛櫟樣株位置.....	76
圖 5-47. 奧萬大楓林區長期監測樣區之江某與栓皮櫟、台灣朴樣株位置.....	77
圖 5-48. 奧萬大楓林區長期監測樣區之香楠、竹葉楠與台灣赤楠、細葉饅頭果樣株位	78
圖 5-49. 奧萬大楓林區長期監測樣區之小葉桑、呂宋莢蒾樣株位置.....	79
圖 5-50. 奧萬大楓林區紅葉情形.....	79

壹、計畫緣起

奧萬大國家森林遊樂區是台灣最重要之國家森林遊樂區之一，擁有『楓葉故鄉』之美稱，是全台名氣最響亮的賞楓處，楓紅時節遊人如織。本區具有全台最大面積的天然楓香(*Liquidambar formosana*)純林，分布於萬大溪河床沖積處。然於 2008 年在卡玫基、鳳凰、辛樂克與蕃蜜等颱風連續侵襲下(尤以辛樂克與蕃蜜影響最甚)，萬大北溪挾大量砂石衝擊，楓香生育地遭嚴重土石流掩埋、破壞，土石掩埋厚度達 2.5 m，萬大北溪改道流經楓林區，部份楓香因河流改道而淹浸。

2009 年 8 月 8 日莫拉克颱風挾帶豪大雨，在台灣南部地區及部分山區造成嚴重災情，奧萬大國家森林遊樂區亦多處受創，除部分位於萬大溪畔之硬體設施遭受土石沖刷而受到破壞外，楓林區在本次颱風後再度遭受嚴重土石流掩埋，一方面使穿越楓林區之萬大北溪改道回至楓林區外圍；另一方面，土石再次堆積 2-3 m 之高度，使楓林區之土石累積高度超過 5 m，受害面積因而加大，長期監測樣區內位置較高之林木受到波及，受害林木亦增加(呂金誠、曾喜育，2009)。針對奧萬大楓林區在颱風土石流掩埋及河流淹浸後，楓香植株後續生長、存活情形，以及針對楓林區進行植物社會與生育地環境進行調查與監測，進而評估楓林區未來之演替與更新。第 1 年為瞭解土石掩埋後林木生長情形及地形之變動，於 2009 年 1 月設置之長期動態監測樣區，已進行 4 次全林分林木存活率複查，及測量樣區內河道及微地形之變化；並於樣區內設置 3 條樣帶，於樣木樹幹標記地面至 3 m 的高度，於每次複查時紀錄高度變化，以求瞭解樣木在災後被掩埋情形是否改變。

初步研究結果顯示，楓林區之河道與地形受降雨影響而變動頻繁；長期監測樣區共記錄 44 科 69 屬 73 種植物，蕨類、草本與木本植物之種子苗、稚樹等都遭洪氾沖刷或土石掩埋。由林木位置圖顯示，樹種組成與分布呈明顯的鑲嵌狀或帶狀分布，喬木層樹種(胸徑>3 cm)之林木 1,205 株，以楓香(262 株)、台灣欒(*Zelkova serrata*)(220 株)、山肉桂(*Cinnamomum insularimontanum*)(161 株)、江某(*Schefflera octophylla*)(92 株)及青剛櫟(*Cyclobalanopsis glauca*)(90 株)等為優勢組成。樣區內林木受害枯死第 1 季調查有 244 株，第 2 季有 101 株，第 3 季有 172 株，第 4 季有 255 株，4 個季節林木總枯死率為 69.6%，其中楓香枯死率屬於較低者。初步結果發現，不同季節、不同樹種之存活率均不同，

反映其對土石掩埋與洪氾干擾之耐性差異；同時發現植物在遭受逆境衝擊後，易因生長勢衰退而遭病蟲害二次傷害致死。於第3季調查發現，楓香樹幹開始遭到蠹蟲為害，然奧萬大楓林區的楓香在遭受土石掩埋與衝擊的洪氾干擾下雖大多數植株得以存活，但是否因病蟲害而致死，有待更進一步的後續監測調查(呂金誠、曾喜育，2009)。

颱風是台灣森林生態系重要的生態因子，平均每年有3.5次的颱風侵襲，對於樹種繁殖、更新與演替等具有高度的關聯(陳財輝、洪富文，1993；洪富文等，1995；林登秋等，1999；郭耀倫等，2007；Lin *et al.*, 2003)；然近年來，全球氣候暖化造成之氣候劇烈變化，使得氣象預測50年或100年才會出現的特大降雨量發生頻繁(盧孟明等，2007、黃鎮國、張偉強，2007)，其對於台灣森林生態系穩定與平衡，以及森林之公益功能造成重大的影響(陳信雄、謝昱男，2007)。本監測研究進行過程中，楓林區之地形因季節或大量降雨的改變而變化，繼而影響林木之生長存活情形。由於楓林區之林木遭到土石流衝擊、掩埋與溪水淹浸是台灣首次資料，由於相關研究報告資料尚少，且現階段研究結果尚無法對楓林區楓香後續生長情形做正確之推估，故有必要針對長期監測樣區內之林木持續之監測與觀察，以提供森林生態研究之基礎，提供自然干擾對楓林區演替與更新機制，並可作為生態解說教育之資料。

貳、計畫範圍與研究區概況

本計畫範圍為奧萬大國家森林遊樂區之楓林區，位於萬大溪之上游萬大南溪與萬大北溪河床沖積處，面積約 8 ha，海拔約 1,240 m。地理位置約位於北緯 23°56'45"，東經 121°10'50"。萬大溪為濁水溪源頭主要支流，水流湍急，河岸陡峭，土壤化育堆積不易。地質基盤岩石的構成以中新世廬山層的板岩為主；第四紀沖積層以未固結之砂礫層為主，主要分布於平坦階地緩斜坡面；崩積層由陡坡上滾落之岩塊和砂土堆積於坡腳而成。土壤主要以山地石質土為主，以及部分的腐植壤土(鍾國基，2005)。

本區年均溫 16.6°C(1993-2003 年)，最高氣溫在 7 月(20.3°C)，最低溫為 1 月(11.5°C)，平均年降雨量為 2,002.8 mm(1993-2004 年)(鍾國基，2005)，依據 Walter 生態氣候圖原理繪製奧萬大國家森林遊樂區之生態氣候圖(圖 2-1)，本區的降雨分布不均，乾濕季明顯，降雨集中在 4-8 月，約佔全年降雨之 70%，主要為梅雨與颱風季節，乾季為 10 月至翌年 1 月，其中 11 月為本區較缺水季節。

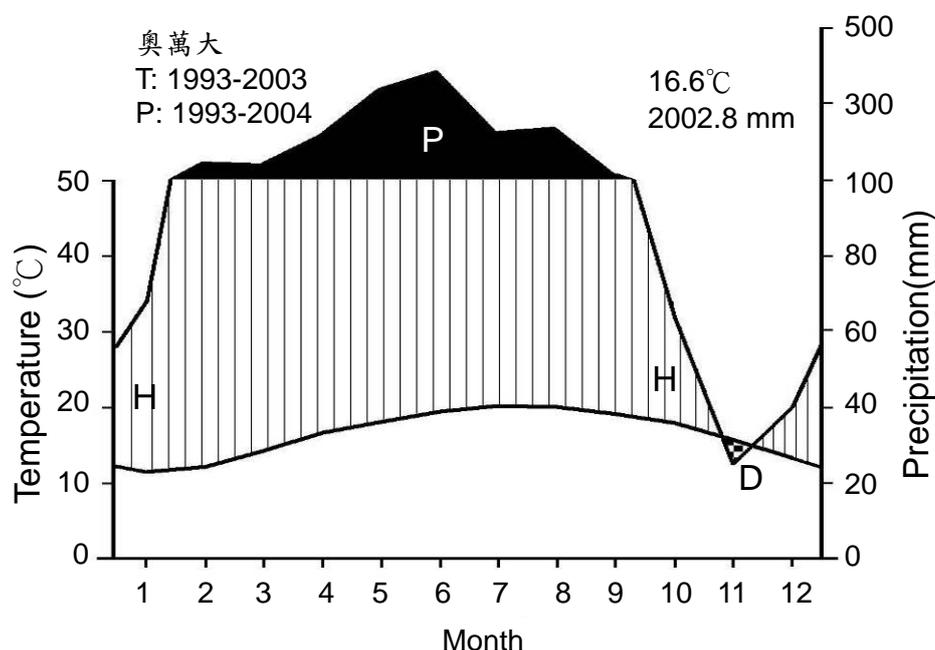


圖 2-1. 奧萬大國家森林遊樂區生態氣候圖。P：月平均降雨量>100 mm，特濕期，H：相對潮濕期，D：相對乾燥期。

奧萬大楓林區於 2008~2009 年的卡玫基、鳳凰、辛樂克、薔蜜與莫拉克等颱風侵襲下，楓林區生育地遭嚴重土石流衝擊破壞(圖 2-2 和圖 2-3)，掩埋高度超過 5 m，部分楓香因河流改道而造成淹浸。



圖 2-2. 奧萬大楓林區辛樂克颱風前(a)、後(b)之楓林區航照圖比較(南投林區管理處提供)。



圖 2-3. 2007~2009 年奧萬大楓林區景觀與林內地形環境變遷。

參、前人研究概況

奧萬大國家森林遊樂區於民國 83 年對外正式開放營運，為林務局較晚規劃開放的森林遊樂區之一，自然景觀資源豐富，擁有「春櫻、夏瀑、秋月、冬楓」四季美景。由開園至民國 94 年間，遊客總人數已破 200 萬人(高惠真, 2007)，平均每年參觀人數達 19 萬人以上；然而，將近 7 成的遊客於 11 月至翌年 1 月進入園區賞楓，楓紅時節遊人如織，可見「楓紅」在奧萬大國家森林遊樂區之重要性。

本區歷年之植物資源調查有歐辰雄等(1989)開始針對奧萬大國家森林遊樂區之植生進行調查，共調查 127 科 306 屬 394 種，楓林區之主要優勢組成分子有台灣二葉松(*Pinus taiwanensis*)、土肉桂(*C. osmophloeum*)、楓香、台灣欒等。鍾國基(2005)針對園區萬大溪進行濱溪植群生態研究，共記錄 162 科 506 屬 889 種維管束植物，而楓林區屬於山肉桂型(*Cinnamomum insularimontanum* type)中的楓香亞型(*Liquidambar formosana* subtype)之植物社會。濱岸生態系係位於水域與陸域生態系間的交界帶，具有連結兩者的廊道與緩衝功能。濱岸帶植物社會對河流水量的調節和鄰近生物的種類與數量，具重要的影響(Lazdinis and Angelstam, 2005)；因濱岸植群位處於河道兩側，一般呈現狹長型，因常形成帶狀故稱之為濱岸帶(riparian zone)；再者，由相鄰的生態系向溪流傳送的物質和能量，必然經過濱岸帶，因此，濱岸生態系為典型的開放性系統；其三為高地與溪流之間的橋樑(陳吉泉, 1996)。

濱岸帶的形成與溪流週期性的氾濫有關。Hupp and Osterkamp(1996)指出，長年有水的溪流隨季節有豐水期(wet periods)與枯水期(drought periods)的變化，甚至每隔一段時間有洪氾發生，由於溪水流量變化產生的侵蝕與沈積作用致使溪岸地文呈現階梯狀結構(河階地形，圖 3-1)。濱岸植群的植物組成種類與數量，由地域性氣候、地質構造與過程、濱岸二側生物和非生物過程等共同決定，並與地形、地貌、土壤、水文、干擾、河流級序等密切相關，進而改變濱岸植群的種類組成、結構及生產力，亦使濱岸植群呈現鑲嵌狀的分布(White and Greer, 2006)。Nilsson and Svedmark (2002)將影響濱岸植群變化的主要因素分成三個主要層面—水文(hydrology)、廊道(corridor)與地景(landscape)，並指出水文條件影響濱岸植群的主要因素，規律與穩定的洪氾有助於物種多樣性的維持與林分更新，也提高林分對環境敏感性(sensitivity)。

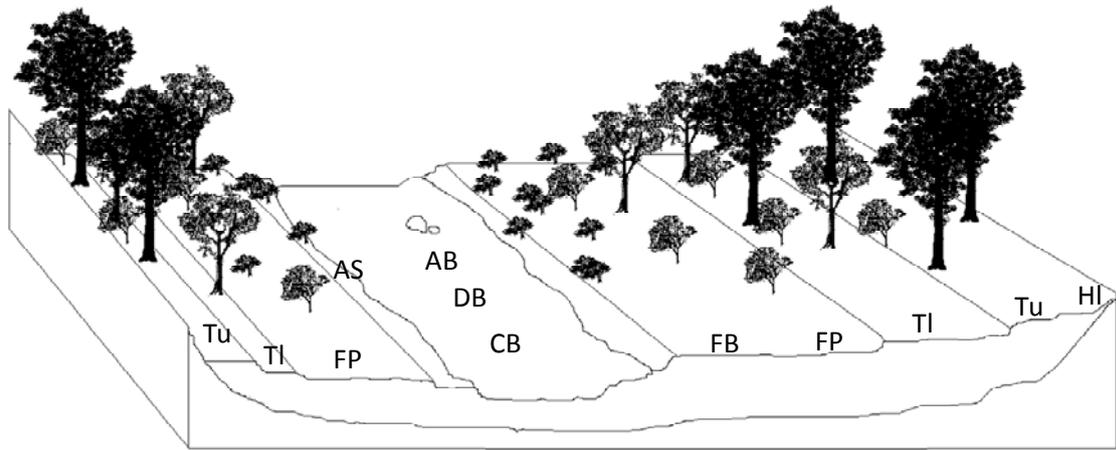


圖 3-1. 濱岸帶地形特點結構圖(修改自 Hupp and Osterkamp, 1996)。AB：河道沙洲邊界，AS：河道沙洲，DB：沈澱沙洲，CB：河道，FB：洪水平原邊界，FP：洪水平原區，TI：低河階，Tu：高河階，HL：邊坡。

水分為決定植物生態系生產率的重要因素之一，然水分過多或太少對植物生長都有不利的影響。淹水是一種水分逆境，其對植物代謝、生理和形態會產生影響(Parolin, 2001)，迫使植物處於周期或長期的厭氧或缺氧的狀態，限制植物的有氧呼吸和維持生命活動所需能量的產生，導致土壤還勢的降低和有毒物質的累積，進而影響植物的生長與存活(譚淑端等，2009)。洪氾干擾會造成濱岸植物受到定期或不定期的淹水，而不同濱岸植物會有不同的適應反應；即在淹水逆境下，濱岸植物經長期的進化與適應，在形態與生理生化的適應，不同種類具有不同的反應，其生長能力與存活率決定植物的對水淹的耐受能力(Mommer *et al.*, 2006)。植物可以透過一些形態適應方式逃避缺氧的環境，例如有些種類會形成較大的皮孔、莖的伸長或不定根(Chen *et al.*, 2002, Islam and Macdonald, 2004；薛豔紅等，2007；羅芳麗等，2007；呂金誠、曾喜育 2009)；有些植物的代謝途徑轉為無氧酵解能力(Malik *et al.*, 2001)。無法適應的種類，生理逐漸只能維持存活的基本代謝需求，植株外觀呈現葉片開始發黃和凋落、地上部生長減緩、生物量累積減少等特徵，若淹水逆境未解除，林木最後將會枯死(Mielke *et al.*, 2001；薛豔紅等，2007；羅芳麗等，2007)。

奧萬大國家森林遊樂區的楓林區連續在 2008 與 2009 年因颱風豪大雨致使溪水挾帶土石衝擊，造成楓林區林木遭土石掩埋至 5 m 以上，為非常特殊的氣候生態事件。經 1 年的監測調查發現，山肉桂、台灣欒、阿里山千金榆(*Carpinus kawakamii*)、江某、山豆葉月橘(*Murraya euchrestifolia*)、青剛櫟、栓皮櫟(*Quercus*

variabilis)、台灣赤楠(*Syzygium formosanum*)、台灣山香圓(*Turpinia formosana*)、台灣朴(*Celtis formosana*)、細葉饅頭果(*Glochidion rubrum*)等為奧萬大國家森林遊樂區的濱溪植群中常見的樹種(鍾國基, 2005), 對土石流與淹水逆境的耐受性較差, 在干擾受創後之枯死率多高於 80%; 楓香為干擾後林木死亡率最低的。九芎(*Lagerstroemia subcostata*)受土石衝擊與淹水逆境後, 在樹幹基部開始發根的現象, 反應其對濱岸帶不定期干擾的適應。楓香、九芎等樹種對溪水淹浸、土石掩埋衝擊之逆境有較大的耐受性, 此 2 種樹種或可作為台灣低漥常淹水區域之植生複育, 或土石流區域之水土保持優先選擇之原生樹種。因濱溪植群之物種組成受到不同海拔、地形、坡度等生育地環境影響而異, 其所受到洪氾干擾的程度和型式亦不同; 比較楓林區受土石衝擊與溪水淹浸的干擾型式(呂金誠、曾喜育, 2009), 其與一般洪氾單純的水淹逆境不同(薛豔紅等, 2007; 羅芳麗等, 2007), 而與台灣赤楊(*Alnus formosana*)等樹種在河床分布受到之干擾影響較為相似(郭礎嘉, 2009)。

濱岸植群為一個生態過渡帶, 具有高度多樣性與環境不穩定的性質, 在管理上有別於一般的森林環境。濱岸帶與濱岸植群是野生動物的重要棲息地, 是溪流中粗木質碎屑和養分能量的來源, 具影響溪流的微氣候、保護溪流的水質等功能(張建春, 2001; 鄧紅兵等, 2002); 然一個脆弱或不健康的濱岸帶無法保持陸地和水域生態系統之穩定。因此, 濱岸植群的管理極其重要, 對保護流域內的生物多樣性及維護濱岸帶的各種功能具有重要的意義。因濱岸植群受到溪水不定期的干擾影響, 往往由具有忍受或逃避干擾能力的樹種(Parolin, 2002), 或演替初期的樹種組成, 其種類之結構與分布受到地形與微氣候影響呈現梯度變化; 然楓香是否具有忍受或逃避干擾的能力? 其對於豪雨造成土石流干擾是否具有回覆生機的能力? 又此楓林區在土石衝擊與溪水淹浸干擾逆境下的演替狀態為何? 等等的疑惑仍有待更進一步長期觀察才能了解。

肆、研究方法

本研究流程如圖 4-1 所示，各個細項分述如下；

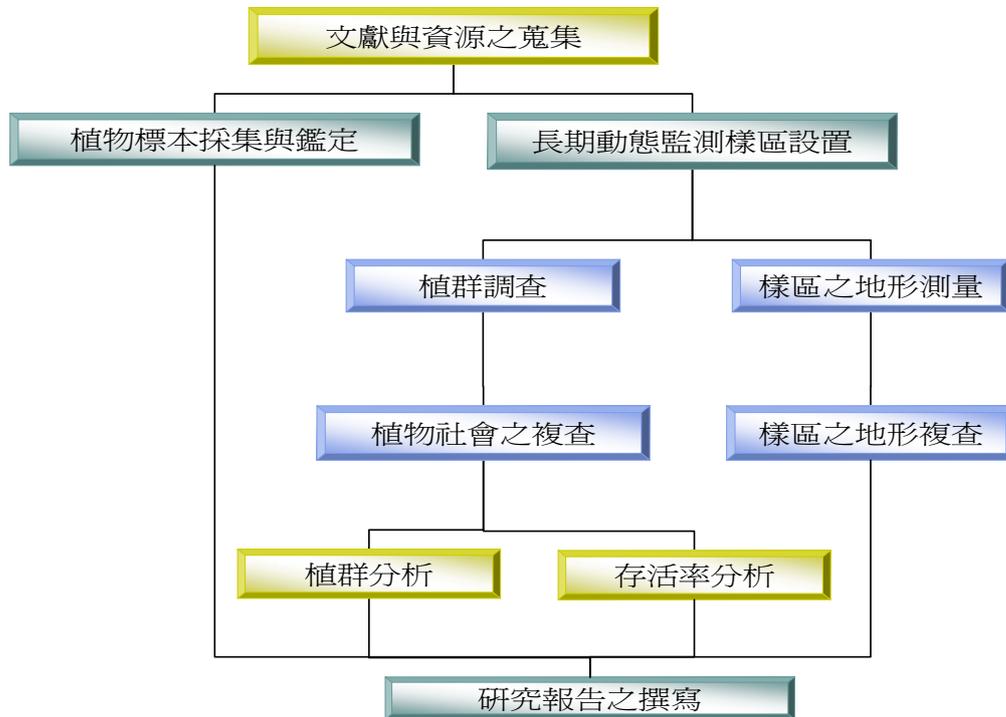


圖 4-1. 奧萬大楓林區長期監測計畫工作流程圖。

一、文獻與資料之蒐集

蒐集奧萬大國家森林遊樂區之基本環境資料，包括地理位置、地質、土壤、氣候、衛星影像與地形圖等，以了解調查區之環境概況及此地區的經營施業狀況；前人相關植物之研究、植群文獻，並加以整理與分析。

二、植物標本採集與鑑定

進行植物清單調查、標本採集，並攜回研究室予以鑑定；調查之同時並進行影像拍攝；植物標本鑑定及編號後，存放國立中興大學森林學系標本館(TCF)以作為日後研究參考。

三、長期動態監測樣區設置與植群調查

本研究於楓林區設置長期動態監測樣區進行調查研究，製作清單，樣區內劃設 $10 \times 10 \text{ m}^2$ 之小樣區；調查時將植物分喬木層(overstory)及地被層(understory)，凡樣區內樹木之胸高直徑(diameter at breast height, DBH)大於 3 cm 者，列入喬木層，逐株量記其胸高直徑、記錄種類；胸高直徑小於 3 cm 之樹

種及草本、蕨類等維管束植物，則列為地被層，記錄種類及其覆蓋面積。此外，並針對樹高 1.5 m 以上，胸高直徑 > 3 cm 之林木進行位置標示、掛牌與編號、樹種鑑定、量測胸高直徑，以及樣區內林木相對位置距離量測等工作。並於長期監測樣區上方未遭土石淹埋之區域，增設 230 m×110 m 之對照樣區，調查方法同楓林區長期監測樣區，其結果提供兩個相近的試驗地的比較，供作未來楓林區人工生態復育之參考(圖 4-2)。

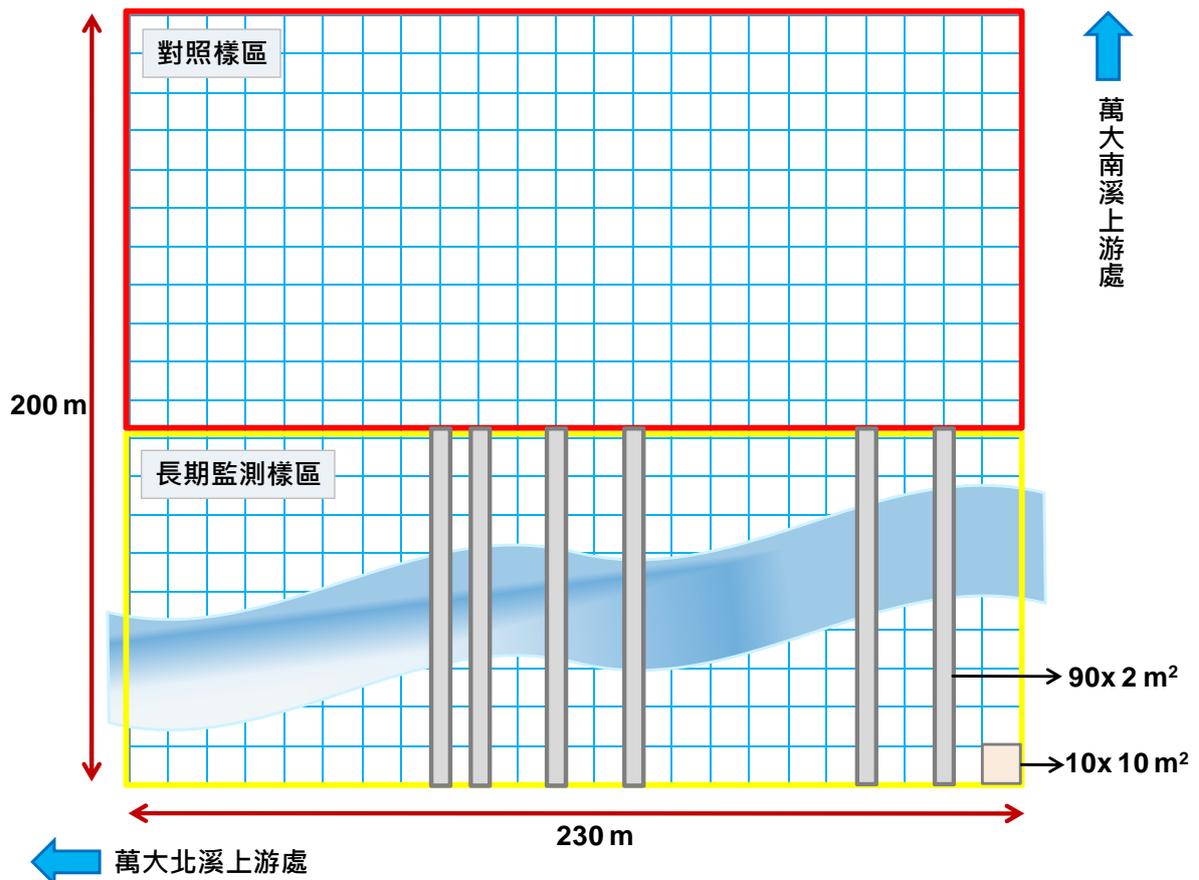


圖 4-2. 奧萬大楓林區長期監測樣區與對照樣區示意圖。

四、植群分析

首先對野外調查原始資料之植物種類進行編碼，於文書處理軟體輸入樣區、植物種類代碼、各株之胸徑或覆蓋度後，再轉換成資料庫格式。樣區之植物社會介量以重要值指數(importance value index, IVI)表示。計算各種植物在小樣區中之密度及優勢度，再轉換成相對值並加總成為植物社會之重要值指數，其意義代表某種植物在林分樣區中所佔有之重要性。有關各計算公式如下：

$$\text{密度(density)} = \frac{\text{某種植物株數之總和}}{\text{所調查之總樣區數}}$$

$$\text{地被層優勢度(dominance)} = \frac{\text{某種植物覆蓋面積總和}}{\text{所調查之總樣區數}}$$

$$\text{相對密度(relative density)\%} = \frac{\text{某種植物之密度}}{\text{所有植物密度之總和}} \times 100\%$$

$$\text{相對優勢度(relative dominance)\%} = \frac{\text{某種植物優勢度}}{\text{所有植物優勢度之總和}} \times 100\%$$

$$\text{喬木層重要值指數} = \text{相對密度} + \text{相對優勢度} = 200$$

$$\text{地被層重要值指數} = \text{相對頻度} + \text{相對優勢度} = 200$$

相似性指數(IS)之計算係採用 Motyka *et al.*(1950)之公式：

$$IS\% = \frac{2Mw}{Ma + Mb} \times 100\%$$

式中 Ma 為 a 樣區中所有植物介量之總和

Mb 為 b 樣區中所有植物介量之總和

Mw 為兩樣區中共同出現植物之較小介量的總和

以上計算使用呂金誠氏以 BASIC 及 CLIPPER 語言所設計之 COMB 及 CLUSTER 程式(呂金誠、歐辰雄，1996)運算，最後再利用計算所得之樣區連結相似性百分率繪製樹形圖(dendrogram)，對植物社會進行分類。

五、存活率調查

針對長期動態監測樣區內之各樹種進行每季之存活/枯死等生長狀態調查，分析比較各季節樹種之存活率，及其生長位置(相對於河岸距離)對其存活率之影響(圖 4-3、4-4)。

六、植物社會之複查

每季進行長期動態監測樣區內 3 條樣帶的地被植物種類組成與覆蓋度之調查。

七、長期動態監測樣區之地形測量

每季進行長期動態監測樣區之植物社會複查同時，進行地形之測量(圖 4-3、4-4)，並以 Surfer 32 軟體繪製樣區之地形圖，了解楓林區之地形季節變化狀態。



圖 4-3. 奧萬大楓林區長期監測樣區設置、地形測量，以及樣木調查、標號。



圖 4-4. 奧萬大楓林區長期監測樣區之地形複測，以及樣木存活、位置、標號之複查。

伍、結果與討論

一、長期監測樣區環境

(一)樣區微氣候

自 2009 年 3 月 17 日至 2010 年 7 月 23 日止，於楓林區長期監測樣區掛設環境資料收集器(Data log)，進行相對濕度、溫度及光度資料收集(圖 5-1~5-3)。因其中一組 Data log 於 2009 年 11 月 07 日調查時發現遭土石沖失，所以自此以後只剩 1 組環境資料。Data log 的結果顯示，樣區的平均溫度為 19.0°C，2009 年 7 月平均溫度為 22.8°C 最高，2010 年 1 月平均溫度最低 12.3°C；最高溫 42.°C 發生在 2009 年 7 月 16 日，最低溫 0.8°C 發生在 2010 年 1 月 14 日。林內的相對濕度平均為 85.2%，低可達 60% 以下，多發生於 7-10 月。

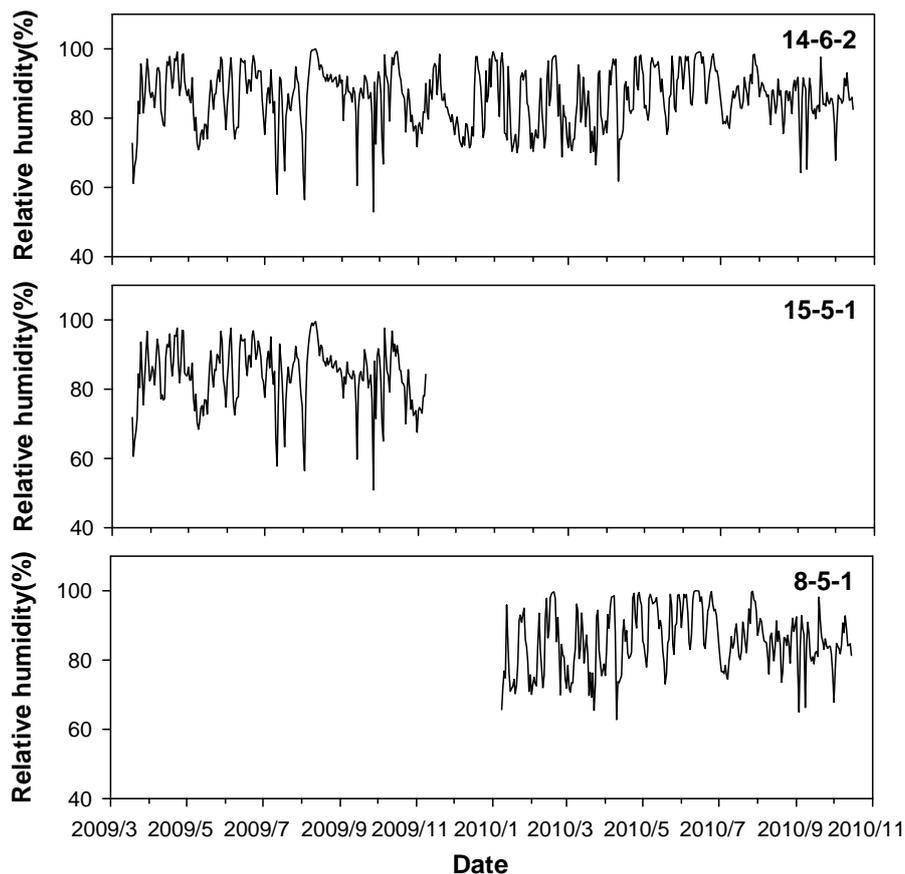


圖 5-1. 奧萬大楓林區長期監測樣區相對濕度變化圖。
各小圖數字表環境資料收集器所在小樣區位置。

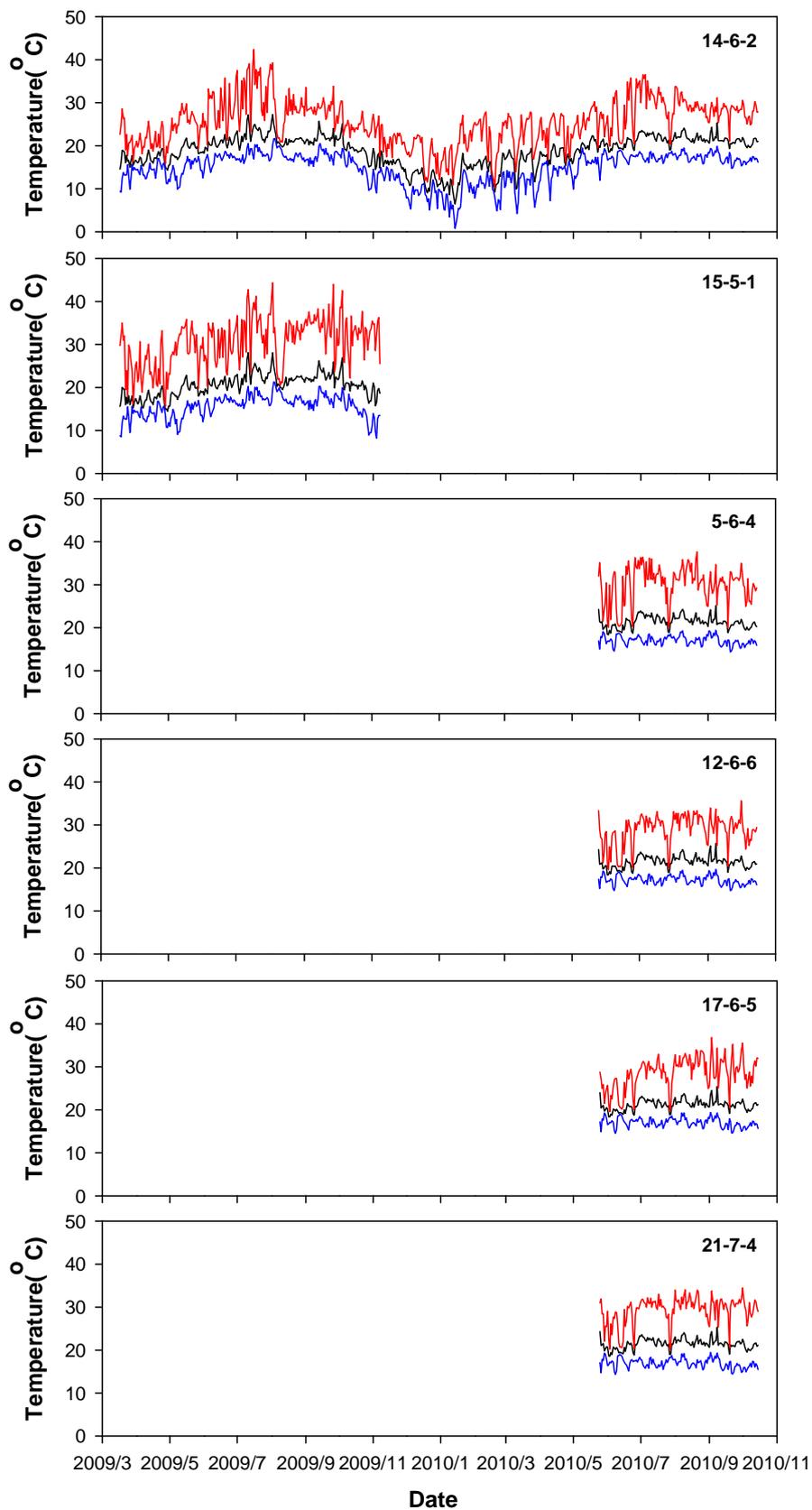


圖 5-2. 奧萬大楓林區長期監測樣區溫度變化圖。

紅色為每日最高溫，黑色為每日平均溫度，藍色為每日最低溫；各小圖數字表環境資料收集器所在小樣區位置。

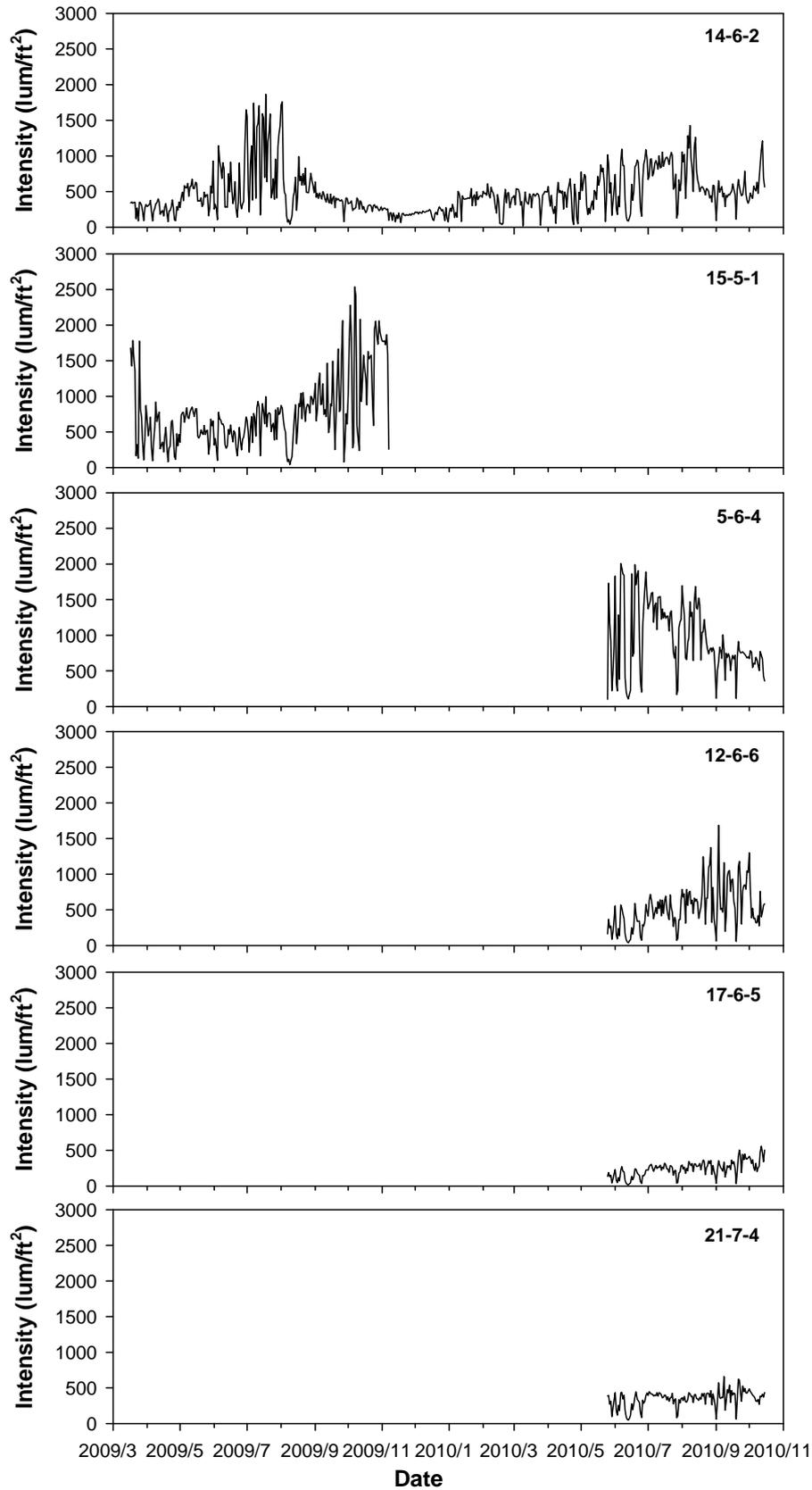


圖 5-3. 奧萬大楓林區長期監測樣區光度變化圖。
各小圖數字表環境資料收集器所在小樣區位置。

(二)研究期間單日降雨變化

依據 2008 年至 2010 年 10 月的萬大氣象站的降雨資料 (圖 5-4)，本區單日降雨較大的時間皆為颱風來襲期間，其中 200 年的辛樂克單日最大降雨超過 500 mm，已超過中央氣象局超大豪雨 350 mm/24 hr 的標準(交通部中央氣象局，2004)；而卡梅基、鳳凰、薔蜜颱風，以及 2009 年莫拉克颱風單日最大降雨超過 250 mm，亦已超過大豪雨 200 mm/24 hr 的標準(交通部中央氣象局，2004)。

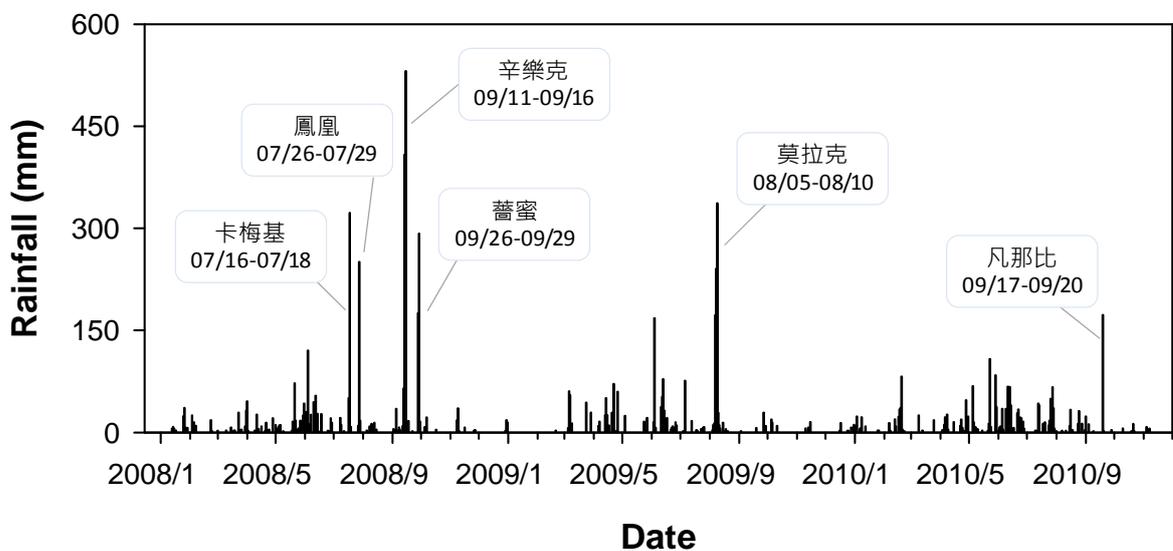


圖 5-4. 奧萬大國家森林遊樂區 2008 年 1 月至 2010 年 10 月每日雨量變化與颱風影響關係(萬大氣象站)。

(三)地形變化

本研究將長期監測樣區地形測量結果繪製成等高線圖(圖 5-5)，以了解不同時期地形地貌改變狀態，各時期之長期監測樣區照片如圖 5-6。第 1 次地形測量結果反應出楓林區於 2008 年數次颱風挾帶豪雨造成萬大北溪改道，不僅造成萬大北溪流經楓林區，楓林區亦遭受土石衝擊掩埋，長期監測樣區高程落差約 14 m (圖 5-5a)。搭配樣區樹種存活調查並第 2 次地形複測。雖然 2 次調查期間無強度較大降雨發生，河道位置與地形仍發生變動，樣區高程落差約減少 2 m (圖 5-5b)。第 3 次調查時，歷經梅雨季的較大降雨量關係，不僅河道發生改變，土石堆積增加，樣區高程落差達 19 m (圖 5-5c)。

然 2009 年 8 月 8 日莫拉克颱風帶來豐沛的降雨，致使萬大南溪與萬大北溪的河床土石再堆高 3 m 以上，萬大北溪河道由樣區內改流經樣區外，楓香林

不再受萬大北溪的淹浸，樣區地形高程落差達 22 m (圖 5-5d)。推測河床土石增高的原因是第 21、22 林班萬大溪兩岸地形陡峭，地質非常不穩，植被難以依附，加上歷年颱風沖蝕，加上九二一地震影響，造成大面積崩塌(圖 2-2)；一但上游集水區降雨，溪水量增加便挾帶土石沖刷、沈積，進而改變楓林區之微地貌。汪靜明(1992)指出，台灣地形坡度大、地質不穩和雨季集中，導致台灣河川具有河床比降大、流量變化大、侵蝕旺盛、含沙量大等特性有關，致使在連續豪雨或颱風侵襲時，極易發生山洪暴發與河道變遷異常等現象。

為了解不同季節之溪水挾帶土石堆積或沖刷造成的高程差，經重複測量長期監測樣區 3 條樣帶 3 m 樣木的高度標記。第 1 季與第 2 季平均高程差為 5.5 cm，第 2 季與第 3 季的平均高程差為 47.6 cm，顯示在辛樂克颱風堆積的土石被溪水沖刷而加深；然第 3 季與第 4 季高程差因莫拉克颱風挾帶大量土石堆積樣區中，將樣木 3 m 標記幾乎完成覆蓋，顯示莫拉克颱風造成的土石堆積至少有 350 cm 以上(圖 5-6)。

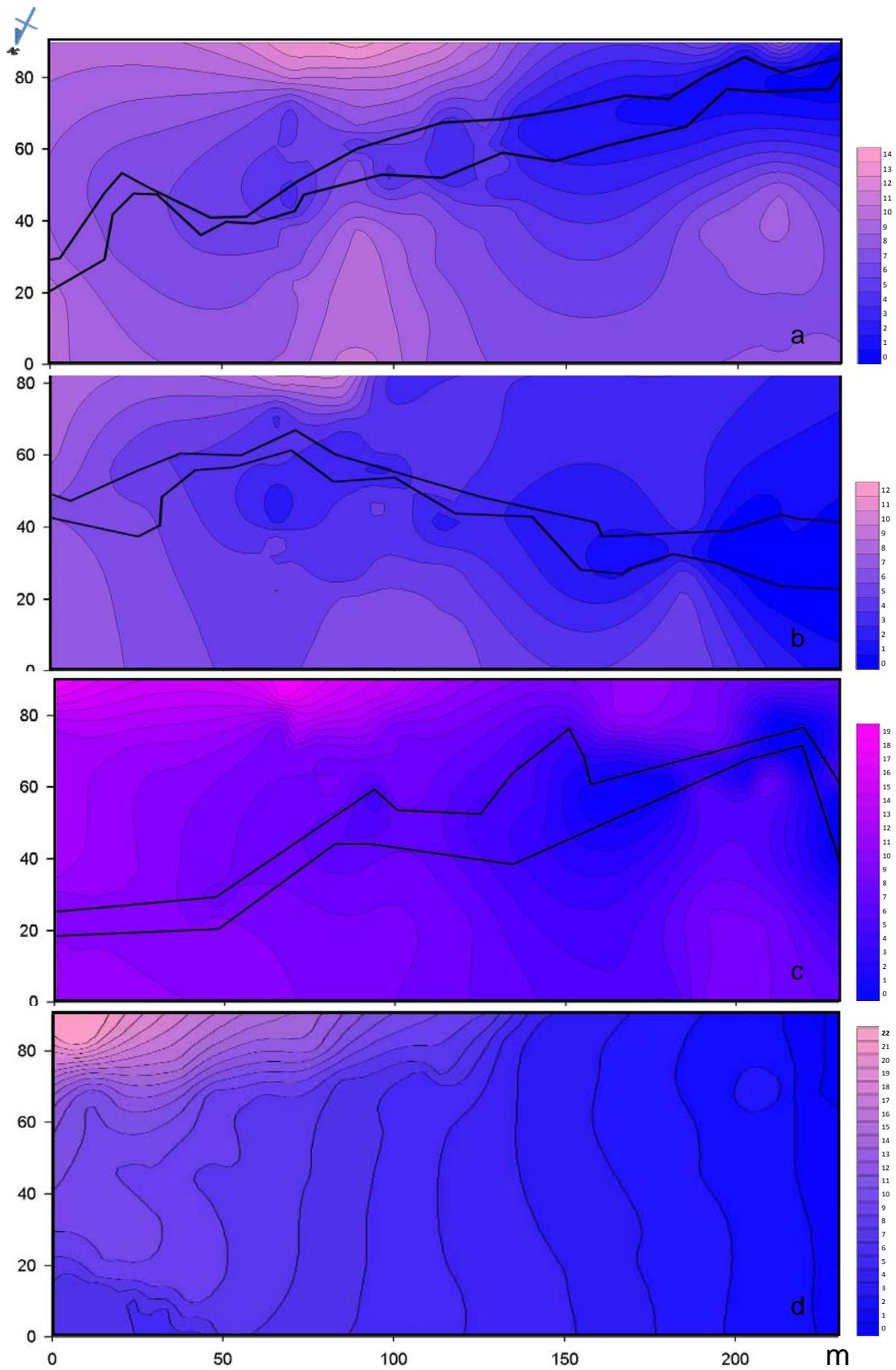


圖 5-5. 奧萬大楓林區長期監測樣區 1 月、3 月、8 月、11 月之地形變化。



圖 5-6. 奧萬大楓林區長期監測樣區內河道於調查期間之變化。

由於 2010 年上半年調查期間缺乏較大量的降水，以及為保護楓林區之楓香，管理處在楓林區萬大北溪沿岸設置生態堤岸；因此，長期樣區內在今年度上半年地形幾無明顯變化，樣區內地勢相當平坦。由長期監測區萬大北溪上游至下游約 230 m 長的距離，高程落差約 11 m(圖 5-7)。2010 年 9 月的凡那比颱風豪大雨，挾帶大量土石，致使萬大北溪河道再堆積，土石堆積高度接近楓林區生態堤岸；在萬大北溪下游與萬大南溪匯流處，因楓林區末端缺乏堤岸，使得萬大北溪沖刷楓林區邊緣，但楓林區內沒有太大的地形改變。

楓林區在未遭受颱風豪雨侵蝕前，為一明顯之河階台地，高於萬大北溪與萬大南溪之河道甚高，以往賞楓遊客必需經由楓林吊橋才能到達楓林區。由於萬大北溪、萬大南溪上游早期有大面積崩塌地，加上在卡孜基、鳳凰、辛樂克與蕃蜜等颱風連續侵襲(尤以辛樂克與蕃蜜影響最甚)，降雨日過度集中，短短數日降下數百毫米雨量，致使大量土石伴隨洪水而下，河床因土石抬升，萬大北溪挾大量土石而下，楓林區遭到溪水沖刷與土石衝擊、堆積，萬大北溪改道流經楓林區(圖 5-6)。在長年有水的溪流，因豐水期與枯水期的季節變化及洪氾的發生，溪水流量變化產生的侵蝕與沈積作用致使溪岸地文呈現河階地形(Hupp and Osterkamp, 1996)。

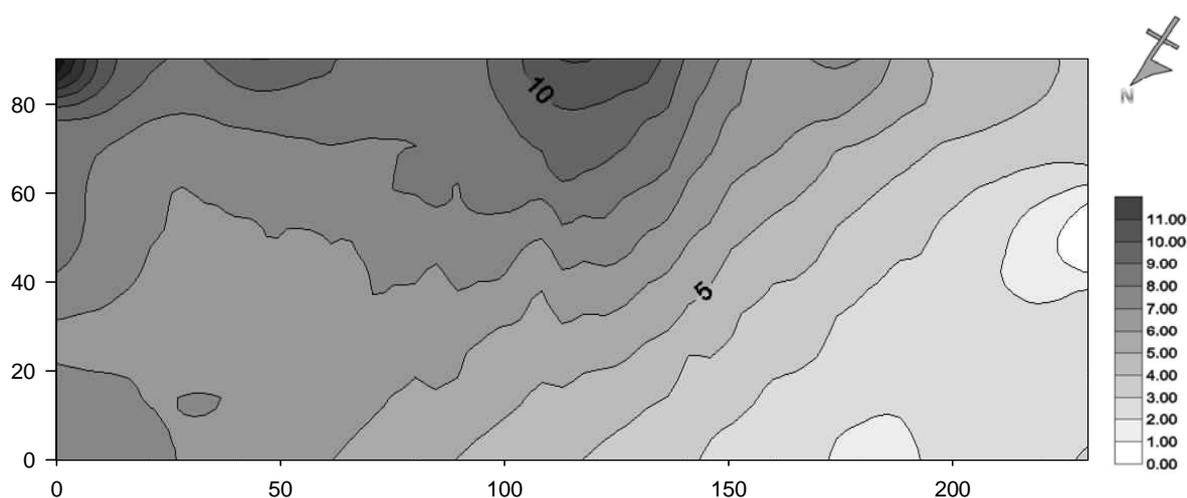


圖 5-7. 奧萬大楓林區長期監測樣區 2010 年 3 月樣區地形。

二、楓林區長期監測樣區土石掩埋後林木生長與存活調查

本研究於楓林區長期監測樣區共調查 49 科 73 屬 87 種植物(植物名錄詳附錄)。由於長期監測樣區設置時間在楓林區土石掩埋發生之後，因此植物種類清單僅能反映出事件發生後之種類與其分布現況。其中，蕨類植物 10 科 16 屬 17 種，除槲蕨(*Drynaria fortunei*)、伏石蕨(*Lemmaphyllum microphyllum*)、絨毛石葦(*Pyrrhosia linearifolia*)等附生蕨類可見於土石掩埋樣區內之林木枝幹上外(圖 5-8a~c)，其餘地生蕨類僅出現在未受溪水及土石影響的坡上。雖然本區有數量豐富的台灣五葉松(*P. morrisonicola*)與台灣二葉松(歐辰雄等, 1989; 鍾國基, 2005)，但樣區內僅出現 1 株台灣二葉松之稚樹。雙子葉植物 32 科 52 屬 55 種，除未被沖刷帶走之林木與在其植株附生或寄生植物，其餘草本植物與木本植物之種子苗和稚樹等物種亦多僅在未受土石掩埋區域發現。單子葉植物 6 科 14 屬 14 種，僅附生蘭如大蜘蛛蘭(*Chilochista segawai*)、台灣松蘭(*Gastrochilus formosanus*)(圖 5-8d)等，其餘多僅分布於未受土石掩埋之區域。



圖 5-8. 奧萬大楓林區長期監測樣區內附生植物種類。a. 槲蕨；b. 伏石蕨；c. 絨毛石葦；d. 台灣松蘭

第 1 年第 3 季調查時開始發現，附生植物因其宿主漸漸枯死而生長勢亦逐

漸衰退，部份種類於隨後觀察發現逐漸枯死；待宿主的樹皮開始剝落時，附生其上的植物亦開始掉落林床而死亡。寄生植物多為寄生於楓香上的桑寄生科植物，多數在寄主植物開始枯萎時亦逐漸枯死。

由於本區經溪水沖刷與土石衝擊掩埋區之地被植物多已不復存在，因此僅針對樣區內直徑 3 cm 以上之喬木層進行分析。調查分析結果顯示，長期監測樣區內，胸高直徑大於 3 cm 之林木共計 1,201 株，其中喬木以楓香數量最多，計有 261 棵，其次依序為台灣欖(189 株)、山肉桂(*C. insularimontanum*) (159 株)、江某 (92 株)及青剛櫟(*Cyclobalanopsis glauca*) (90 株)等，此 5 種植物為本區喬木層最主要之優勢(表 5-1)，屬於萬大溪濱溪植群中的山肉桂型(*Cinnamomum insularimontanum* type)楓香亞型(*Liquidambar formosana* subtype)之植物社會(鍾國基，2005)。

表 5-1. 奧萬大楓林區長期監測樣區(90m×230 m)前 20 名主要組成樹種之株數、相對密度、胸高斷面積、相對優勢度、重要值

註：前 20 名主要組成樹種之外的樹種和無法鑑定樹種者歸類至其它樹種。

物種	株數	相對密度	胸高斷面積(cm ²)	相對優勢度	重要值
楓香	261	21.73	252,696.20	63.44	85.17
台灣欖	186	15.49	53,315.63	13.38	28.87
山肉桂	159	13.24	20,096.17	5.04	18.28
青剛櫟	92	7.66	19,247.05	4.83	12.49
江某	90	7.49	9,423.49	2.37	9.86
阿里山千金榆	50	4.16	9,128.74	2.29	6.45
栓皮櫟	15	1.25	13,092.84	3.29	4.54
台灣赤楠	37	3.08	585.11	0.15	3.23
細葉饅頭果	26	2.16	961.25	0.24	2.41
山豆葉月橘	24	2.00	1,120.20	0.28	2.28
台灣朴	26	2.16	360.89	0.09	2.26
香楠	22	1.83	654.25	0.16	2.00
九芎	11	0.92	3,704.13	0.93	1.85
瓊楠	18	1.50	612.31	0.15	1.65
菜木	14	1.17	1,472.58	0.37	1.54
長梗紫芋麻	16	1.33	166.71	0.04	1.37
竹葉楠	14	1.17	182.72	0.05	1.21
小葉桑	12	1.00	267.20	0.07	1.07
台灣山香圓	11	0.92	422.31	0.11	1.02
中國柃木	9	0.75	216.69	0.05	0.80
其他*	108	8.99	10,621.37	2.67	11.66
總計	1,201	100.00	398,347.82	100.00	200.00

檢視長期監測樣區之林分結構(stand structure)發現，主要組成樹種徑級分布不甚相同，僅楓香徑級分布呈鐘形分布(圖 5-9a)，台灣檫、山肉桂、青剛櫟、江某、阿里山千金榆等樹種徑級分布呈反J型(圖 5-9b~7f)，此結果與鍾國基(2005)研究結果大致相符。鍾國基(2005)認為楓香雖為此植物社會之主要優勢樹種，但其林下缺乏楓香小苗或稚樹，最終將由山肉桂、青剛櫟等耐陰性樹種取代。

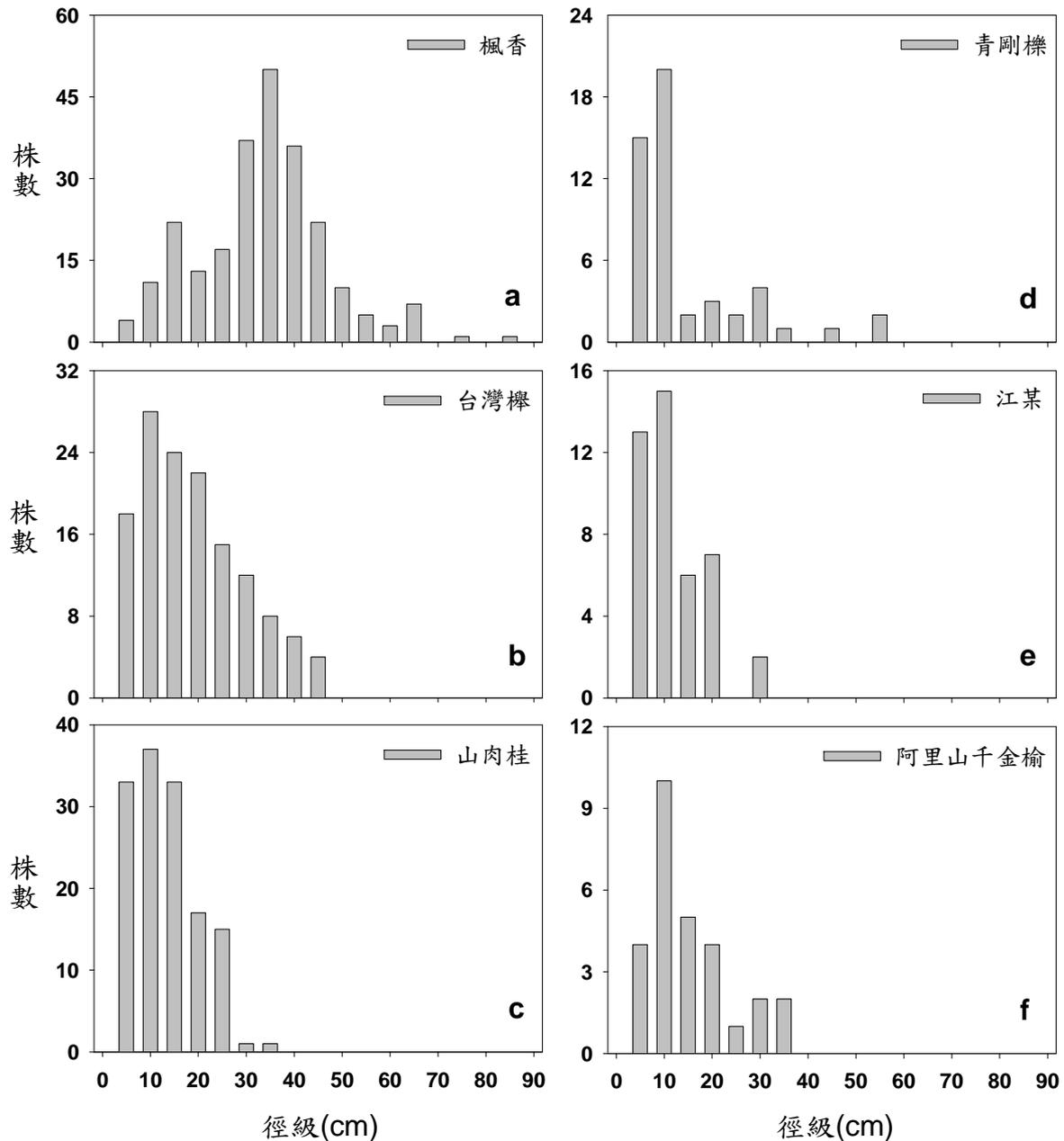


圖 5-9. 奧萬大楓林區長期監測樣區主要組成樹種之徑級分布圖。

為了解土石衝擊與溪水淹浸對楓林區林木生長與存活之影響，除統計在樣區內遭土石流掩埋株數外，並在第 1 季開始調查同時選擇定點及固定樣株方式，拍照觀察樣株在干擾過後的生長與存活情形(圖 5-10~5-16)。監測樣區內共計 838 株林木在楓林區遭土石掩埋(表 5-2, 5-3)，其中佔株數較多的前 5 名種類分別為楓香(239 株)、台灣欒(137 株)、山肉桂(137 株)、青剛櫟(50 株)、江某(43 株)，共佔土石掩埋區的總株數的 72.32%，其中楓香為 28.52%。

歷經辛樂克、莫拉克颱風土石衝擊與溪水淹浸干擾，土石掩埋區第 1 季調查 838 株樹木遭到萬大北溪沖刷與土石堆積掩埋，其中枯死株數有 223 株，枯死率 26.61%；第 1 季存活 615 株喬木，在第 2 季調查有 97 株陸續枯死，計 518 株存活，枯死率下降為 11.58%；第 3 季調查 502 株存活的林木中有 155 株枯死，枯死率升高至 19.81%，累計枯死率超過 50%(表 5-3)。因莫拉克颱風侵襲，第 4 季調查時楓林區土石堆積高度再增加超過 3 m，致使楓林區遭土石衝擊掩埋範圍加大，新增有 73 株被土石流影響，多屬較耐陰之樹種例如長梗紫芋麻、山豆葉月橘、竹葉楠、青剛櫟、台灣欒等植物之稚樹。其中竹葉楠、長梗紫芋麻、山豆葉月橘、台灣赤楠、台灣朴等在本次新增掩埋個體中，枯死率超過 50%，反映其對於溪水與土石流的衝擊缺乏耐受性。前 3 季 502 株存活個體加上新增掩埋株數共 575 株中，在第 4 季有 107 株枯死，枯死率為 11.09%。第 1 年累積 4 個季節總共枯死 579 株，總枯死率為 69.09% (表 5-2、5-3)。

第 1 年之 4 個季節樣區林木存活率比較結果，第 1 季調查結果顯示，土石淹埋與衝擊對於林木直接傷害的影響甚劇，部分樹種如山櫻花、江某，或胸徑較小的林木，其樹皮因土石衝擊而遭剝開，致使第 1 季枯死率高達 26.61%(表 5-3)。在第 2 季調查時發現，可能因缺乏較大的土石淹埋、衝擊的影響，或者在第 1 季調查時已衰弱但未死亡的林木，在第 2 次調查才死亡等因素，致使在第 1 季存活下來的林木枯死數量下降。第 3 季調查時發現，有些在第 1、第 2 季受創萌發新葉的植株，例如山肉桂、台灣欒等樹種在第 3 季調查時多數已枯死；此可能因第 3 季節為研究區域的夏季，屬非常濕熱環境，河床礫石溫度非常高，而 Datalog 監測樣區氣溫亦發現 7 月的氣溫最高可達 42°C，此對於遭受土石衝擊、掩埋和溪水淹浸等逆境下，受創的林木在生理生化衰退情況更容易導致枯死。

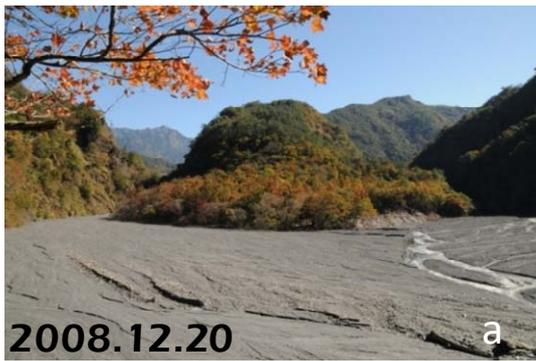


圖 5-10. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭土石衝擊掩埋後不同時期定點拍攝。



圖 5-11. 奧萬大楓林區長期監測樣區
 遭受土石衝擊掩埋後樣區內部
 不同時間定點拍攝。



圖 5-12. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後楓香樣株 1、2 不同時間定點拍攝監測存活情形。



圖 5-13. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後楓香樣株 3、4 不同時間定點拍攝監測存活情形。



圖 5-14. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後楓香樣株 5、6 不同時間定點拍攝監測存活情形。



圖 5-15. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後楓香樣株 7 不同時間定點拍攝監測存活情形(續)。

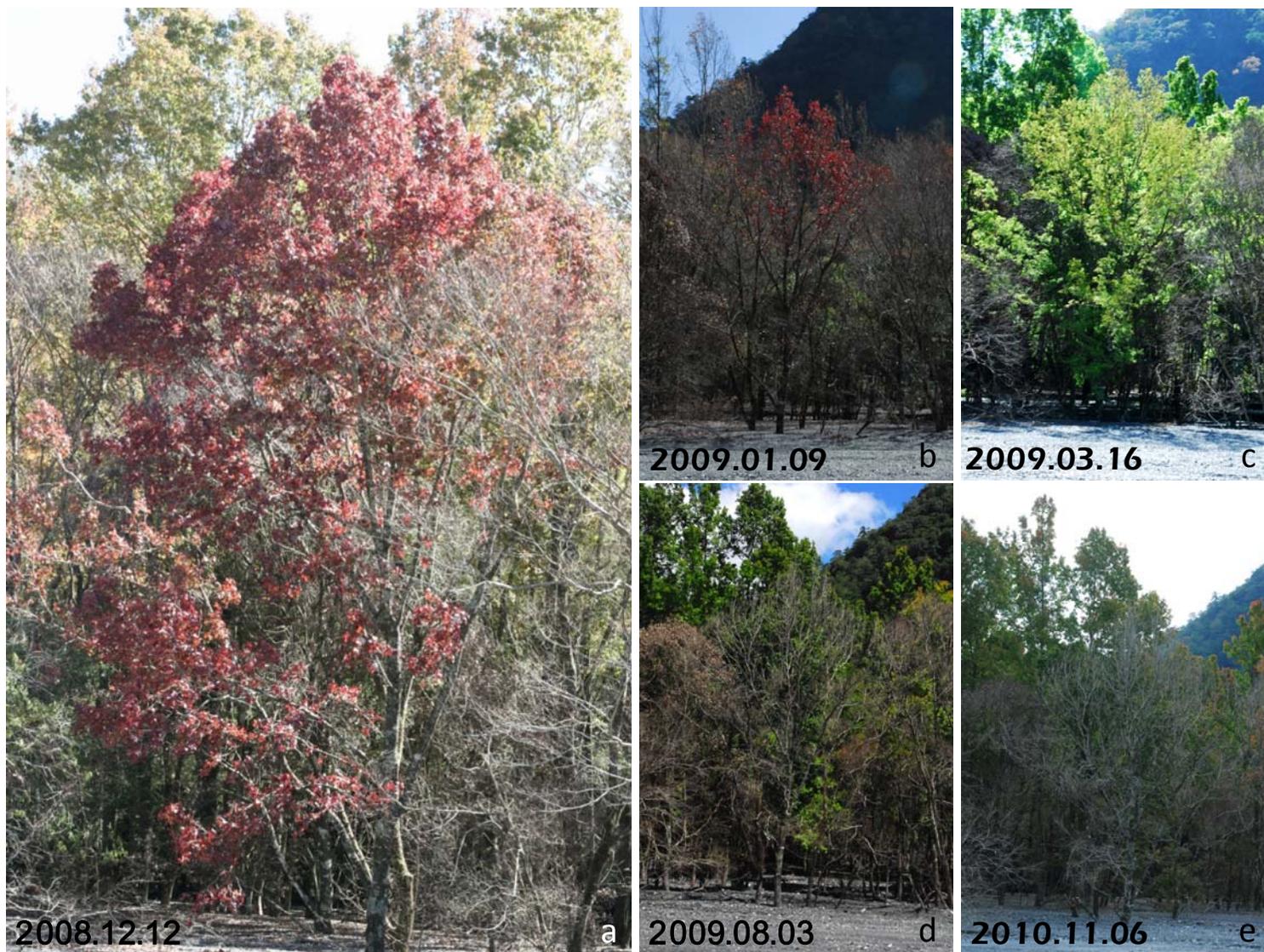


圖 5-16. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後楓香樣株 8 不同時間定點拍攝監測存活情形(續)。

表 5-2. 奧萬大楓林區長期監測樣區土石掩埋衝擊區域各樹種存活株數與存活率

物種	總株數	每季存活株數/存活率(%)															
		第一季		第二季		第三季		第四季		第五季		第六季		第七季		第八季	
		株數	%	株數	%	株數	%	株數	%	株數	%	株數	%	株數	%	株數	%
楓香	239	229	95.82	227	94.98	205	85.77	191	79.92	173	72.38	157	65.69	97	40.59	58	24.27
台灣檫	137	108	78.83	83	60.58	24	17.52	10	7.30	6	4.38	4	2.92	4	2.92	4	2.92
山肉桂	137	101	73.72	67	48.91	23	16.79	14	10.22	8	5.84	6	4.38	5	3.65	5	3.65
青剛櫟	50	26	52.00	24	48.00	16	32.00	6	12.00	2	4.00	2	4.00	1	2.00	0	0.00
江茛	43	9	20.93	3	6.98	2	4.65	1	2.33	1	2.33	1	2.33	1	2.33	1	2.33
阿里山千金榆	28	18	64.29	11	39.29	5	17.86	1	3.57	1	3.57	1	3.57	1	3.57	1	3.57
台灣朴	19	6	31.58	6	31.58	5	26.32	1	5.26	1	5.26	1	5.26	1	5.26	1	5.26
細葉饅頭果	16	15	93.75	14	87.50	8	50.00	5	31.25	4	25.00	4	25.00	4	25.00	3	18.75
香楠	16	8	50.00	5	31.25	3	18.75	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
栓皮櫟	13	7	53.85	7	53.85	6	46.15	2	15.38	2	15.38	2	15.38	1	7.69	1	7.69
萊木	13	9	69.23	6	46.15	2	15.38	1	7.69	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
長梗紫苧麻	11	7	63.64	6	54.55	6	54.55	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
台灣赤楠	10	9	90.00	8	80.00	7	70.00	3	30.00	3	30.00	3	30.00	3	30.00	3	30.00
山豆葉月橘	9	7	77.78	7	77.78	7	77.78	5	55.56	5	55.56	5	55.56	5	55.56	5	55.56
瓊楠	9	7	77.78	5	55.56	4	44.44	3	33.33	2	22.22	2	22.22	2	22.22	2	22.22
九芎	8	8	100.00	8	100.00	7	87.50	7	87.50	3	37.50	3	37.50	3	37.50	3	37.50
台灣山香圓	5	3	60.00	2	40.00	1	20.00	1	20.00	1	20.00	1	20.00	1	20.00	1	20.00
其他	75	38	50.67	29	38.67	21	28.00	8	10.67	6	8.00	6	8.00	6	8.00	6	8.00
總株數/存活率(%)	838	615	73.39	518	61.81	352	42.00	259	30.91	218	26.01	198	23.63	135	16.11	94	11.22
存活楓香佔存活樣株比例(%)	28.52		37.24		43.82		58.24		73.75		79.36		79.29		71.85		61.70

註：樣區內植株未滿 5 株或枯死無法辨識者劃分至其他。

表 5-3. 奧萬大楓林區長期監測樣區土石掩埋衝擊區域各樹種累計枯死率

物種	總株數	累積枯死率(%)								累積枯死株數
		第一季	第二季	第三季	第四季	第五季	第六季	第七季	第八季	
楓香	239	4.18	5.02	14.23	20.08	27.62	34.31	59.41	75.73	181
台灣檫	137	21.17	39.42	82.48	92.70	95.62	97.08	97.08	97.08	133
山肉桂	137	26.28	51.09	83.21	89.78	94.16	95.62	96.35	96.35	132
青剛櫟	50	48.00	52.00	68.00	88.00	96.00	96.00	98.00	100.00	50
江某	43	79.07	93.02	95.35	97.67	97.67	97.67	97.67	97.67	42
阿里山千金榆	28	35.71	60.71	82.14	96.43	96.43	96.43	96.43	96.43	27
台灣朴	19	68.42	68.42	73.68	94.74	94.74	94.74	94.74	94.74	18
細葉饅頭果	16	6.25	12.50	50.00	68.75	75.00	75.00	75.00	81.25	13
香楠	16	50.00	68.75	81.25	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	16
栓皮櫟	13	46.15	46.15	53.85	84.62	84.62	84.62	92.31	92.31	12
菜木	13	30.77	53.85	84.62	92.31	100.00	100.00	100.00	100.00	13
長梗紫芋麻	11	36.36	45.45	45.45	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	11
台灣赤楠	10	10.00	20.00	30.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	7
山豆葉月橘	9	22.22	22.22	22.22	44.44	44.44	44.44	44.44	44.44	4
瓊楠	9	22.22	44.44	55.56	66.67	77.78	77.78	77.78	77.78	7
九芎	8	0.00	0.00	12.50	12.50	62.50	62.50	62.50	62.50	5
台灣山香圓	5	40.00	60.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	4
其他(含不確定種)	75	49.33	61.33	72.00	85.33	88.00	88.00	88.00	88.00	69
總株數/總枯死率(%)	838	26.61	38.19	58.00	69.09	73.99	76.37	83.89	88.78	744

註：樣區內植株未滿 5 株或枯死無法辨識者劃分至其他。

第 2 年進行第 5 季調查時，楓林區長期監測樣區內 838 株林木存活 218 株，存活率為 26.01%，當季枯死率為 4.90%；第 6 季剩 198 株存活，存活率降為 22.7%；第 7 季林木死亡率已超過 80%，存活率為 16.11%，共死亡 65 株林木，當季死亡率為 7.52%；第 8 季秋季調查發現樣區內 838 株林木僅 94 株存活，枯死率高達 88.78%(表 5-2、5-3)。第 5 季存活率僅 4 種林木超過 30%，依次為楓香(72%)、山豆葉月橘(44.4%)、九芎(37.5%)，以及台灣芋麻(30.0%)(表 5-2)，後 3 種因多分布於近岸邊海拔較高處，其受土石衝擊與溪水淹浸的干擾較小，使得存活率得以較高。香楠、長梗紫芋麻、竹葉楠等演替較後期的耐陰性樹種，在第 4 季受莫拉克颱風後即全部死亡。

經近 1 年的監測觀察結果發現，山肉桂、台灣檫、阿里山千金榆、江某、山豆葉月橘、青剛櫟、栓皮櫟、台灣赤楠、台灣山香圓、台灣朴、細葉饅頭果等為奧萬大國家森林遊樂區的濱溪植群中常見的樹種(鍾國基，2005)，部分種類其他濱溪植群中亦常出現(楊正釗，1993；葉慶龍、朱榮三，1999；徐憲生，2006；林介龍等，2006；郭礎嘉，2009)。雖然這一類植物為萬大河流域濱溪植群常見樹種，但其對土石流之干擾耐受性較差，在逆境干擾受創後之枯死率極高。由濱溪植群之物種組成受到不同海拔、地形、坡度等生育地環境影響而異，所受到溪水與土石流干擾程度亦不同，比較楓林區物種組成受洪氾與土石干擾型式發現，其與台灣赤楊在河床分布受到之影響較為相似。

除了楓香、台灣檫、阿里山千金榆外，在奧萬大楓林區長期監測樣區中調查到的落葉性樹種尚有栓皮櫟、台灣朴、山櫻花、山桐子、九芎等樹種；然而，除了楓香、九芎外，其餘在樣區內受土石掩埋影響的落葉樹種，於 4 季調查結果總枯死率幾乎超過 90% 以上。一方面可能顯示不同落葉樹種對於溪水淹浸、土石掩埋與衝擊之反應不同；另一方面，雖然部分樹種可能在國外或國內的研究報告指出為濱溪植物，但楓林區土石流衝擊掩埋所造成樹種枯死之現象與單純的洪水淹浸影響不同，致使此類濱溪植物的枯死率較高的原因。

相較於其他在楓林區數量較優勢的台灣檫、山肉桂、青剛櫟和江某等 4 樹種而言(總枯死率高達近 90%)，僅楓香、九芎對此等逆境的反應有較高的耐受性(tolerance)，其他伴生樹種的總枯死率亦多超過 80%。此現象可能反映出，楓香、九芎具有濱岸植物之特性，對於洪氾，甚至遭土石衝擊、掩埋的逆境較其他樹種更具有耐受性。此外，楓林區遭受溪水淹浸、土石掩埋與衝擊大致發生在 2007 年 10-12 月間，此時期為楓香開始休眠，葉候顯示為黃葉至落葉，

生理作用較生長季弱，加上楓香樹皮較其他楓林區樹種為厚，耐土石衝擊較強，因此枯死率較低。雖然國內外對楓香的研究很少，但 Angelov *et al.*(1996) 在經過 2 年的模擬洪氾研究中指出，美國楓香(*L. styraciflua*)的死亡率低於 5%，顯示其對洪氾或根系遭受水淹的狀態具有良好的適應性。

此外，在調查過程中亦發現，九芎雖然在長期監測樣區株數相對少許多，但其對土石衝擊後，在樹幹基部開始發根的現象(圖 5-17)，顯見其對濱岸帶不定期干擾的適應。本研究發現，楓香、九芎等樹種對溪水淹浸、土石掩埋衝擊之逆境有較大的耐受性，此 2 種樹種或可作為低漥常淹水區域之植生複育，或土石流區域之水土保持優先選擇樹種。然而，種植植物雖具有避免水土流失，保護土壤之作用，但在洪氾時，水中植物的存在會增加河床阻力，使河道水位升高，水流平均流速減小，並迫使部分河道水流能量轉換成植被附近產生的紊流脈動動能，消耗水流的動能，使河道行洪能力降低(王忬、趙振興，2003)。因此仍需進行相關研究，搭配其他工法降低洪氾或土石流區域之危害。



圖 5-17. 奧萬大楓林區長期監測樣區九芎樣木經土石衝擊、掩埋後基部發根。

長期監測樣區楓香、台灣檫、山肉桂、青剛櫟、江某與阿里山千金榆等 6 種主要組成樹種的季節枯死率與累積枯死率變化曲線不同(圖 5-18)，反映對洪氾干擾逆境的適應差異，大致區分成楓香型、台灣檫型和江某型等 3 類。楓香型僅楓香 1 種，是 3 類型中對土石衝擊掩埋與溪水淹浸耐性最強者，枯死率在第 2 年夏季達最高，第 8 季累積枯死率為 75.73%(表 5-3)；可能因胸徑較大、樹皮較厚、分布較集中且接近萬大北溪下游(上游林木可以阻擋、降低土石衝擊的強度)等因素，林木枯死率較低(呂金誠、曾喜育，2009)。台灣檫型包含台灣檫、山肉桂、阿里山千金榆與青剛櫟等 4 種，樹種對洪氾逆境干擾適應中等，在第 3 季時累積枯死率即高達 80% 以上(表 5-3)，但單季枯死率變化趨勢不同；其中，青剛櫟因主要分布於近山坡區域，因此部份植株受干擾程度較低，再者，受莫拉克颱風引起的第 2 次洪氾干擾所致，林木枯死率的季節變化與其他 3 種不同。江某型僅江某一種，在洪氾干擾後第 1 季的枯死率即接近 80%，為洪氾干擾耐性最弱的。

奧萬大楓林區受土石掩埋之長期監測樣區於第 1 季調查時間接近前一年土石掩埋與衝擊破壞的時間，樹種存活反映出前一年的土石掩埋與衝擊傷害程度的忍受性。第 2 至第 8 季之樹種存活調查則能反映出前 1 季存活樹種對於水淹、土石掩蓋與衝擊等直接傷害，以及病蟲害、高溫等 2 次傷害後的適應表現。結果顯示受到不同樹種、溪水淹浸程度、植株林分內的位置等，皆可能影響其後續的存活。除楓香外，其餘在樣區內數量較多的台灣檫、山肉桂、青剛櫟和江某等 4 種優勢植物的存活率皆低於 5%，反映其對土石衝擊干擾後 1 年的適應不佳。第 6 季存活株數/存活率下降較多的是楓香，其餘大多數種類因在第 3 季的累積枯死率多已超過 80%(表 5-3)，致使其他樹種在後期存活變動較不明顯。隨著受土石衝擊與溪水淹浸的逆勢時間增加，存活楓香株數佔總存活株數比率亦隨著增加(表 5-2)，顯示楓香對於土石與溪水干擾的適應。

由長期監測樣區第 1 季調查之河道位置和林木樣木位置圖顯示(圖 5-19~5-27)，楓林區之樹種組成與分布為明顯的鑲嵌狀或帶狀分布。大多數楓香植株多位於樣區的中下方，但位於楓林區林分近中間位置；再者，不同徑級的楓香在楓林區亦大致有區隔，比較受土石堆積掩埋區和未受土石掩埋區之胸徑發現，前者平均胸徑為 31.0 ± 13.8 cm 要比後者平均胸徑為 41.1 ± 18.0 cm 明顯小($t = -3.2403 > t_{(0.05, 259)} = 1.6508$)，此結果顯示徑級較大者多位於近山坡位置，徑級較小者較近林緣(表 5-4)，可能反映出楓香由較高位置向近河道拓殖分布。

然而其他 4 種主要組成樹種卻沒有呈現相同的趨勢，可能因不同樹種採取之繁殖策略不同、或拓展的時序差異、或在建立過中受其他干擾所致。

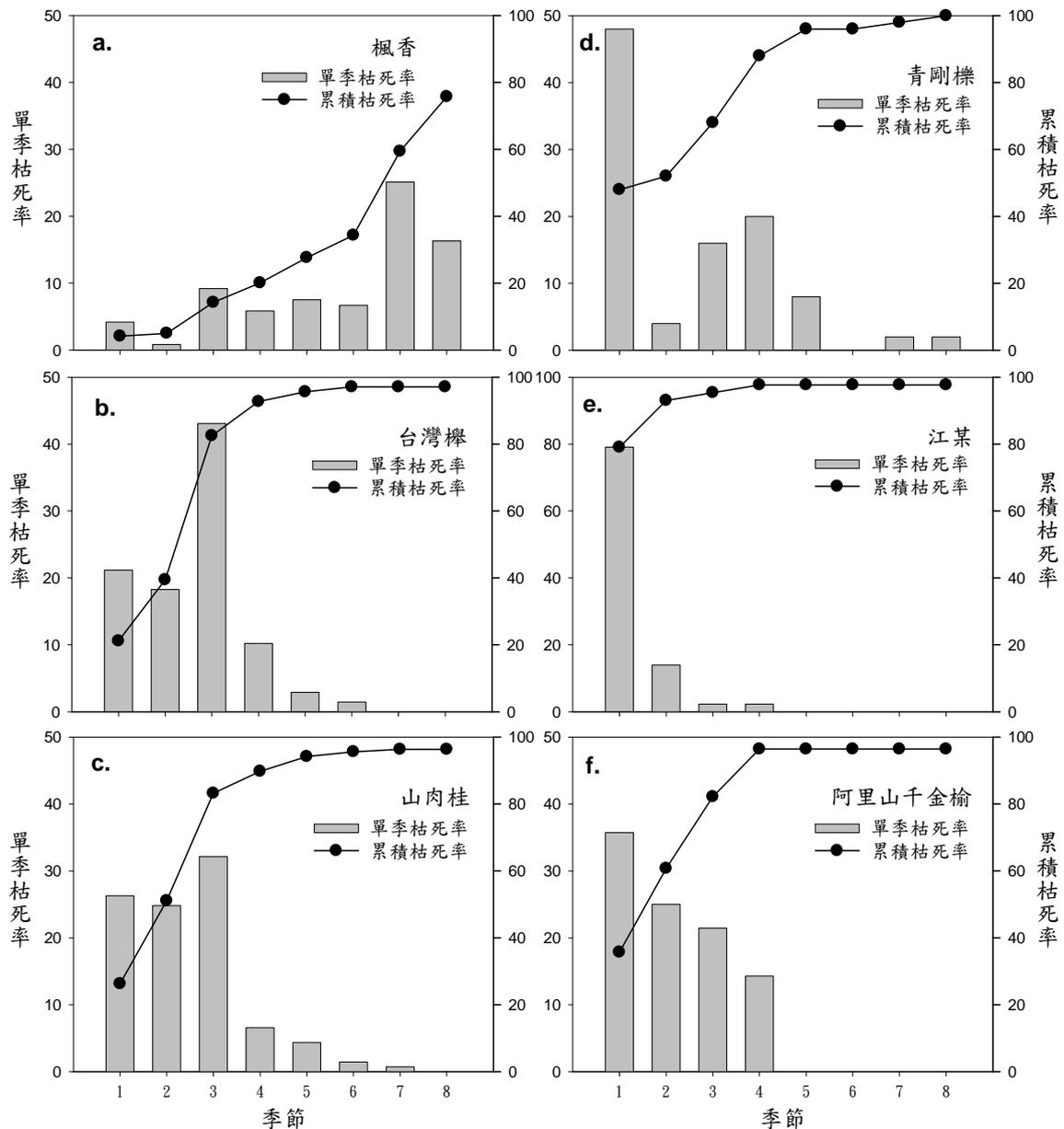


圖 5-18. 奧萬大楓林區長期監測樣區主要組成樹種單季與累積枯死率圖。

主要組成樹種的胸徑與位置(與河岸距離)關係分析結果顯示，楓香的植株胸徑與位置呈顯著負相關($r=-0.239, p<0.001$)，山肉桂、台灣欒和阿里山千金榆的植株胸徑與位置負相關不顯著($r=-0.051, p=0.550$; $r=-0.131, p=0.131$; $r=-0.166, p=0.398$)，青剛櫟的植株胸徑與位置呈正相關不顯著($r=0.170, p=0.239$)，江某的植株胸徑與位置呈顯著正相關($r=0.580, p<0.001$)。

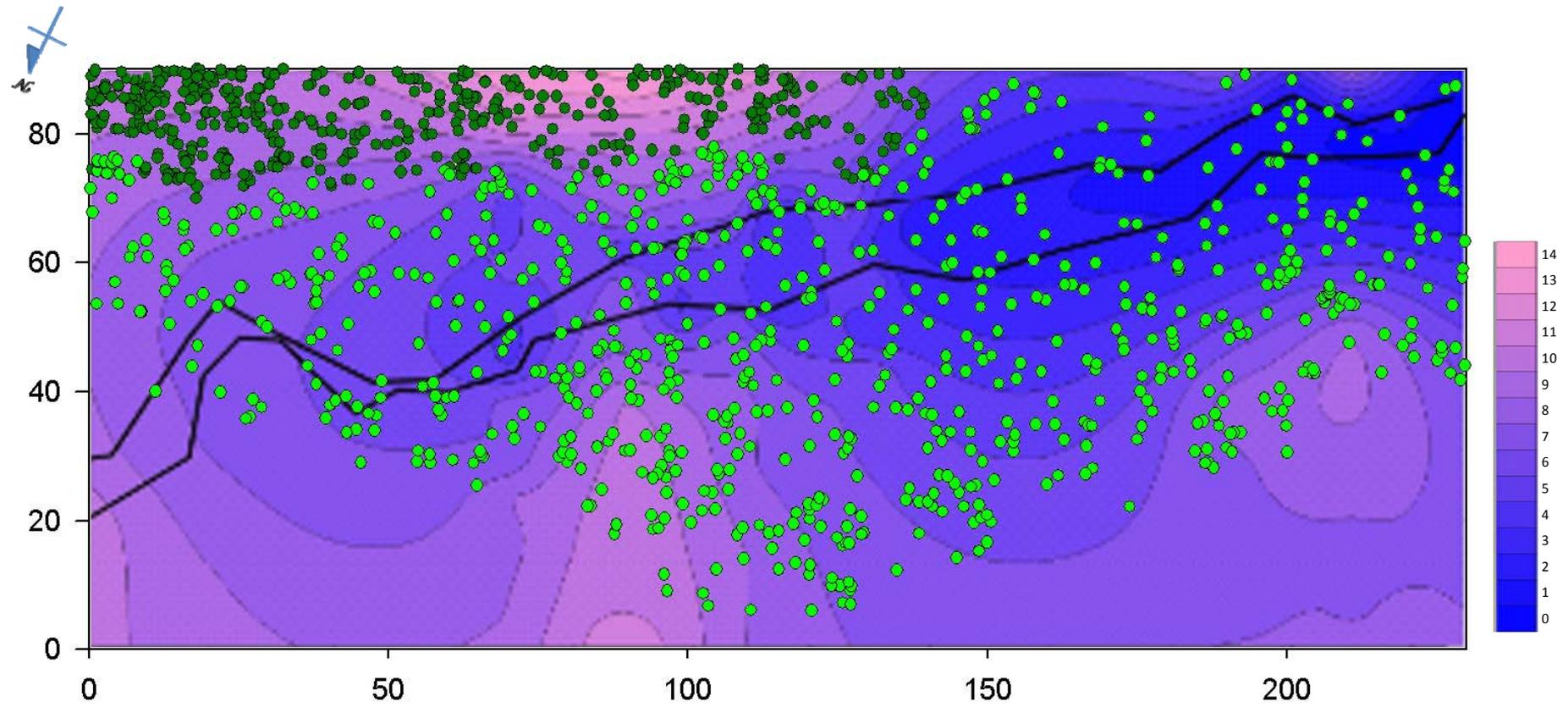


圖 5-19. 奧萬大楓林區長期監測樣區之喬木分布位置、地形與河道與辛樂克颱風土石掩埋區域。淺綠色為遭受土石掩埋樣株，深綠色為未遭掩埋樣株。

表 5-4. 奧萬大楓林區長期監測樣區土石衝擊掩埋後前 5 名組成樹種於不同年度颱風枯死株數，及其平均胸徑比較

樹種		總株數	未受害 株數	遭土石衝擊樣株			枯死樣株	
				辛樂克	莫拉克	總計	辛樂克	莫拉克
楓香	株數	261	23	232	6	238	176	5
	平均胸徑	32.0	41.1	30.8	36.2	31.0	33.5	42.5
	標準差	14.4	18.0	13.7	18.1	13.8	12.8	10.2
台灣檫	株數	209	67	135	7	142	6	3
	平均胸徑	15.0	13.2	16.7	14.5	16.2	26.9	13.0
	標準差	10.1	10.4	10.4	13.9	10.1	15.1	11.5
山肉桂	株數	160	23	129	8	137	7	6
	平均胸徑	10.3	7.5	11.2	9.6	11.1	14.6	11.2
	標準差	7.0	7.6	6.4	10.0	6.6	7.0	11.2
青剛櫟	株數	92	42	42	8	50	2	4
	平均胸徑	11.2	11.3	14.3	5.1	12.8	12.5	5.9
	標準差	10.1	9.8	13.4	1.2	12.7	13.7	1.3
江某	株數	90	47	42	1	43	7	1
	平均胸徑	8.1	7.5	8.8	3.9	8.7	4.0	3.9
	標準差	7.0	8.0	5.9	-	5.9	1.9	-

林木受土石流干擾後可能因樹種、植株胸徑大小、所在位置(於樣區的相對位置)等差異，後續生長與存活狀態不一(表 5-5~5-8)；約近 2 年 8 個季節監測觀察發現，遭土石衝擊掩埋區域的林木枯死面積有逐漸變大的趨勢(圖 5-20)。樣株若在前 1 年開始生長不良或在夏季開始有黃葉時，通常在第 2 年春或夏季就會死亡，一些胸徑較小且分布在近河道的林木通常枯死愈早，樣區林木枯死位置的趨勢由監測樣區萬大北溪的上游與樣區外圍開始，逐漸往萬大北溪下游及岸邊(圖 5-20~5-28)，反映在主要組成樹種季節枯死或存活的河岸距離分析(表 5-5、5-6)。枯死植株隨著季節距離土石衝擊的河岸愈近，即隨干擾時間變化，存活林木的位置愈來愈近上坡方向位置的趨勢。青剛櫟、江某、阿里山千金榆的林木枯死/存活距離季節變動不顯著，而楓香、台灣檫、山肉桂的林木枯死/存活位置則呈現顯著的季節變動，此結果亦反映出各樹種對洪氾干擾逆境的適應差異。

楓香受土石衝擊後之各季節林木枯死距河岸距離以第 3 季最遠(表 5-5、圖 5-21、5-22)，並在第 4 季以後季節枯死植株增加，其枯死林木的位置逐漸往上坡方向位置靠近；而第 1 季和第 2 季的枯死林木位置距離則是距河岸最近的。楓香各季節的枯死木胸徑以第 1 季和第 2 季的個體胸徑最小(表 5-7)，

此可能反映出楓香在受到土石衝擊等干擾後，胸徑較小的植株耐受性較小而較易死亡。再者，比較各季節楓香存活林木的位置與胸徑發現(表 5-6、5-8)，隨著調查季節存活楓香的位置愈靠近上坡方向位置，存活植株的胸徑亦愈大。綜合楓香存活/枯死的位置與胸徑各季節比較結果顯示，距上坡方向位置愈近的植株，可能因土石流干擾衝擊較小而有較高的存活機會；胸徑較大的植株對土石流干擾耐性較高，後期存活機率高。

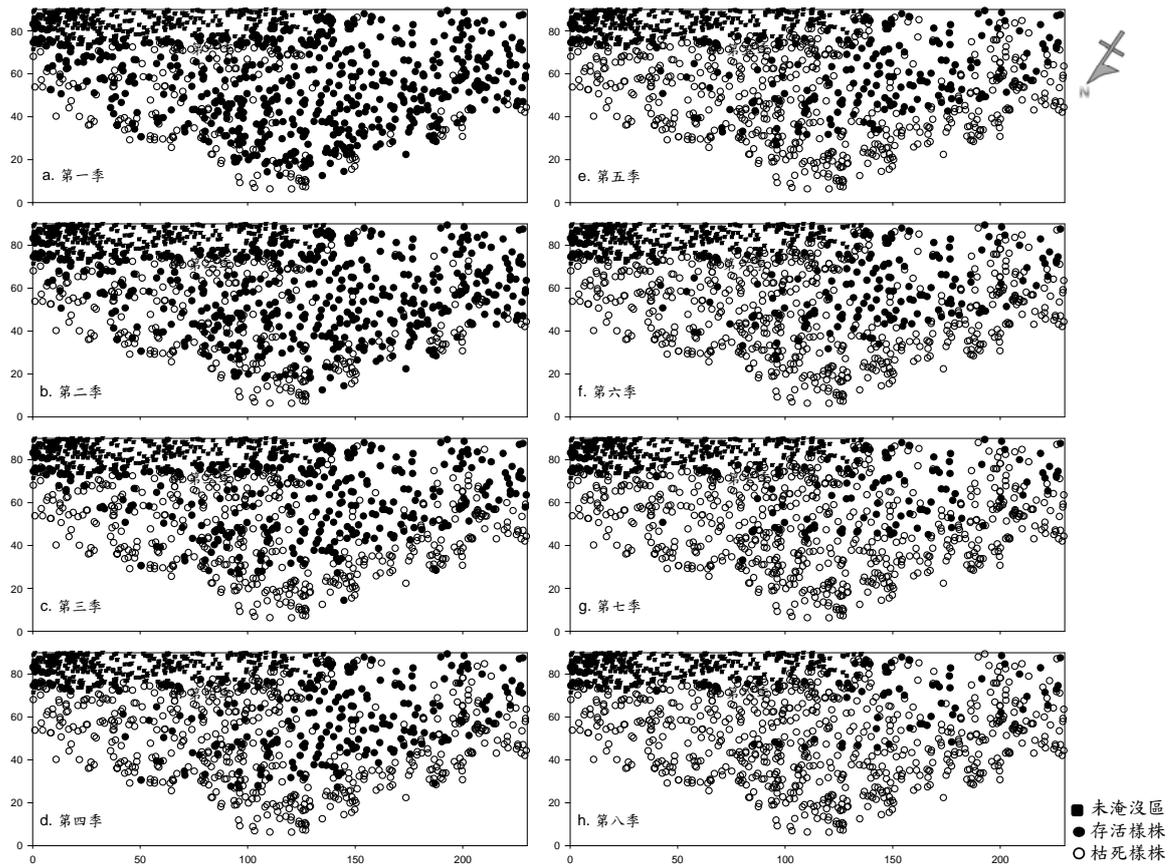


圖 5-20. 奧萬大楓林區長期監測樣區調查季節各樹種枯死與存活樣株位置圖

表 5-5. 奧萬大楓林區長期監測樣區干擾後主要組成樹種枯死植株各季節距河岸距離比較

	第 1 季	第 2 季	第 3 季	第 4 季	第 5 季	第 6 季	第 7 季	第 8 季
楓香	28.134 ^a	32.169 ^a	45.301 ^c	41.829 ^{bc}	41.241 ^{bc}	39.815 ^{bc}	36.536 ^{abc}	34.188 ^{ab}
台灣檫	40.909 ^b	39.984 ^b	35.710 ^{ab}	33.670 ^a	33.056 ^a	32.584 ^a	-	-
山肉桂	48.601 ^{ab}	50.195 ^b	47.069 ^{ab}	44.779 ^{ab}	43.652 ^a	43.059 ^a	42.738 ^a	-
青剛櫟	25.710 ^a	25.408 ^a	24.984 ^a	21.771 ^a	-	-	-	-
江某*	31.476 ^a	27.285 ^a	-	-	-	-	-	-
阿里山千金榆	48.085 ^a	42.436 ^a	38.149 ^a	-	-	-	-	-

表 5-6. 奧萬大楓林區長期監測樣區干擾後主要組成樹種存活植株各季節距河岸距離比較

	第 1 季	第 2 季	第 3 季	第 4 季	第 5 季	第 6 季	第 7 季	第 8 季
楓香	30.068 ^d	29.907 ^d	25.525 ^c	26.858 ^{cd}	27.602 ^{cd}	24.668 ^c	20.099 ^b	16.375 ^a
台灣檫	29.183 ^b	26.254 ^b	12.622 ^{ab}	6.121 ^a	1.305 ^a	1.125 ^a	-	-
山肉桂	38.586 ^b	31.838 ^b	11.955 ^a	9.934 ^a	1.974 ^a	1.027 ^a	1.084 ^a	-
青剛櫟	13.428 ^b	12.732 ^b	7.296 ^a	1.375 ^a	-	-	-	-
江某*	8.542 ^a	18.554 ^a	-	-	-	-	-	-
阿里山千金榆	28.423 ^a	24.642 ^a	23.006 ^a	-	-	-	-	-

表 5-7. 奧萬大楓林區長期監測樣區干擾後主要組成樹種枯死植株各季節平均胸徑比較

	第 1 季	第 2 季	第 3 季	第 4 季	第 5 季	第 6 季	第 7 季	第 8 季
楓香	11.34 ^a	13.96 ^{ab}	18.73 ^{bc}	20.10 ^{bc}	22.08 ^{cde}	22.50 ^{cde}	26.77 ^{de}	28.25 ^e
台灣檫	12.34 ^a	12.30 ^a	15.59 ^{ab}	16.45 ^b	16.52 ^b	16.53 ^b	-	-
山肉桂	9.98 ^a	10.13 ^a	10.62 ^a	10.99 ^a	11.10 ^a	11.15 ^a	11.30 ^a	-
青剛櫟	9.08 ^a	10.77 ^a	12.90 ^a	13.63 ^a	-	-	-	-
江某*	10.49 ^a	9.52 ^a	-	-	-	-	-	-
阿里山千金榆	9.51 ^a	11.28 ^a	12.62 ^a	-	-	-	-	-

表 5-8. 奧萬大楓林區長期監測樣區干擾後主要組成樹種存活植株各季節平均胸徑比較

	第 1 季	第 2 季	第 3 季	第 4 季	第 5 季	第 6 季	第 7 季	第 8 季
楓香	31.84 ^a	31.90 ^a	33.09 ^{ab}	33.93 ^{ab}	34.61 ^{abc}	35.67 ^{bc}	37.57 ^{cd}	40.20 ^d
台灣檫	17.91 ^a	19.66 ^a	20.74 ^a	22.05 ^a	22.28 ^a	24.48 ^a	-	-
山肉桂	11.56 ^a	12.21 ^a	13.77 ^a	12.51 ^a	11.81 ^a	11.12 ^a	7.12 ^a	-
青剛櫟	15.32 ^a	14.00 ^a	9.55 ^a	8.07 ^a	-	-	-	-
江某*	4.35 ^a	4.93 ^a	-	-	-	-	-	-
阿里山千金榆	15.17 ^a	15.56 ^a	16.04 ^a	-	-	-	-	-

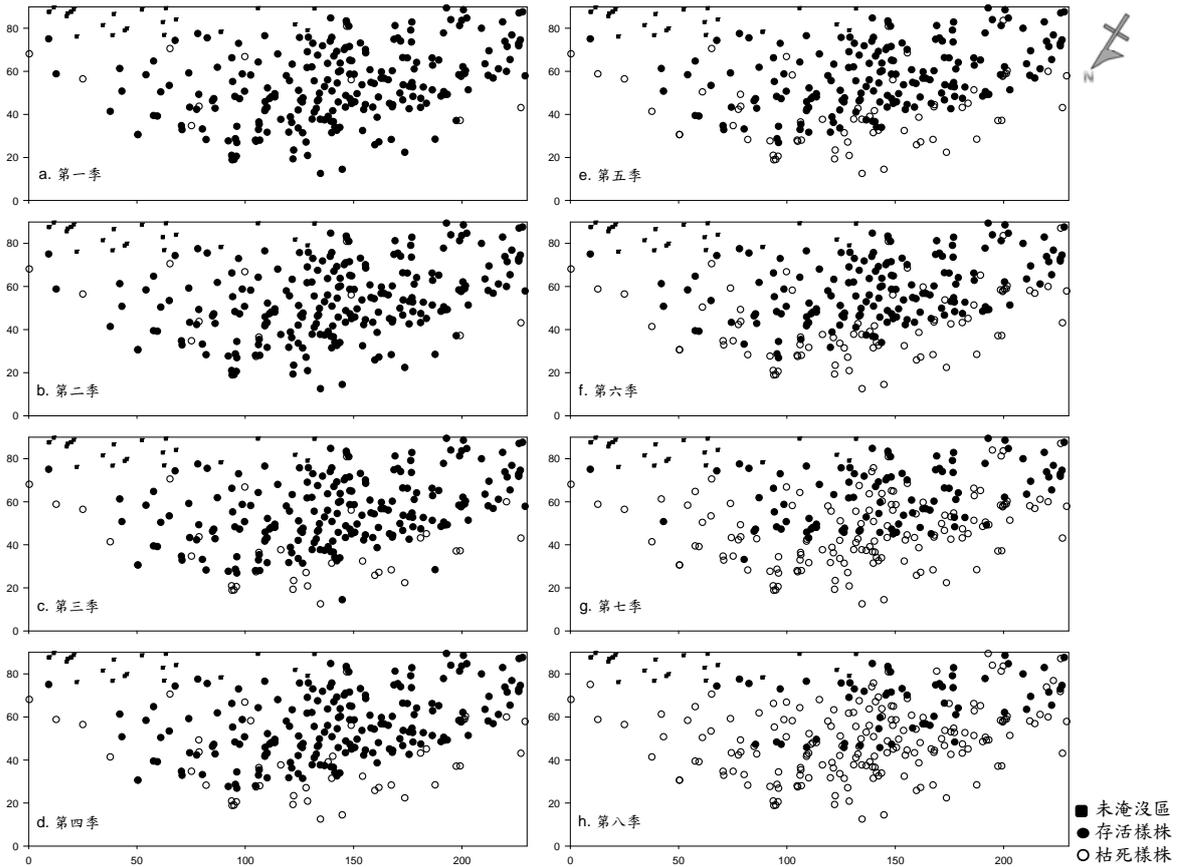


圖 5-21. 奧萬大楓林區長期監測樣區楓香枯死與存活樣株位置圖。

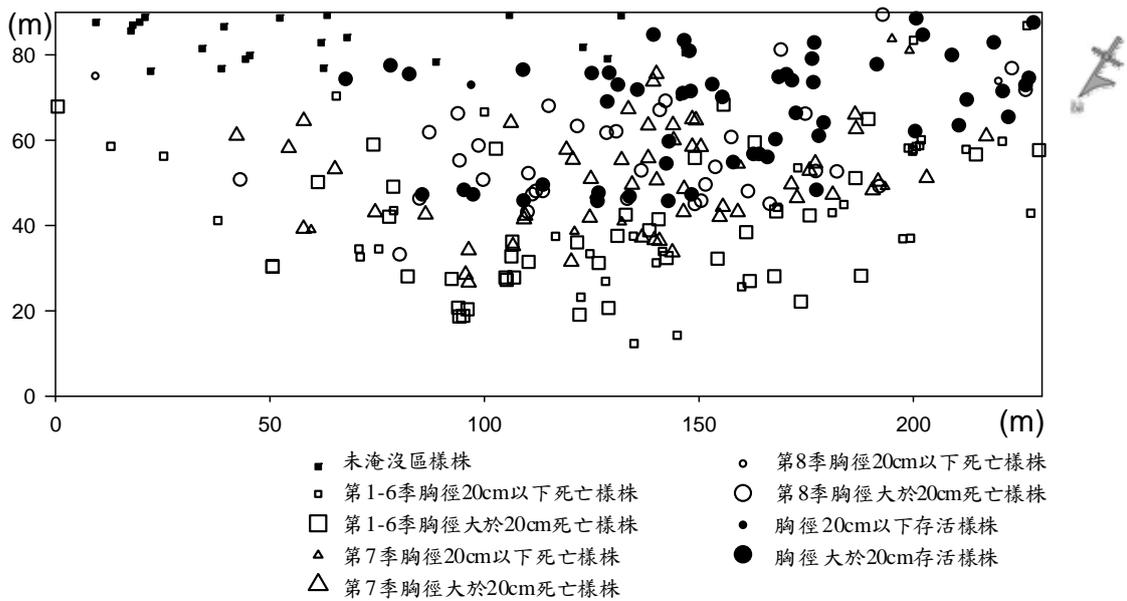


圖 5-22. 第一至八季奧萬大楓林區長期監測樣區楓香枯死與存活樣株位置及胸徑分布圖。

台灣檫在樣區內的分布略呈現聚集，其分布狀態似乎與楓香有區隔的現象(圖 6-21, 6-23)；台灣檫與楓香皆為楓林區之林冠組成樹種，具有相同的生態地位，因此在植株空間分布位置相互競爭。由台灣檫枯死/存活的位置比較發現(表 5-5、5-6)，台灣檫枯死林木的位置由近河道處逐漸往上坡處隨著季節呈顯著變化，而存活個體則呈相反趨勢。台灣檫枯死林木的胸徑呈現顯著季節差異，隨季節變化枯死木的胸徑亦隨之變大；而台灣檫林木存活的林木胸徑雖然隨季節變化而增大，顯示較大胸徑植株對逆境的耐受較高，但季節差異不顯著(表 5-7、5-8)。

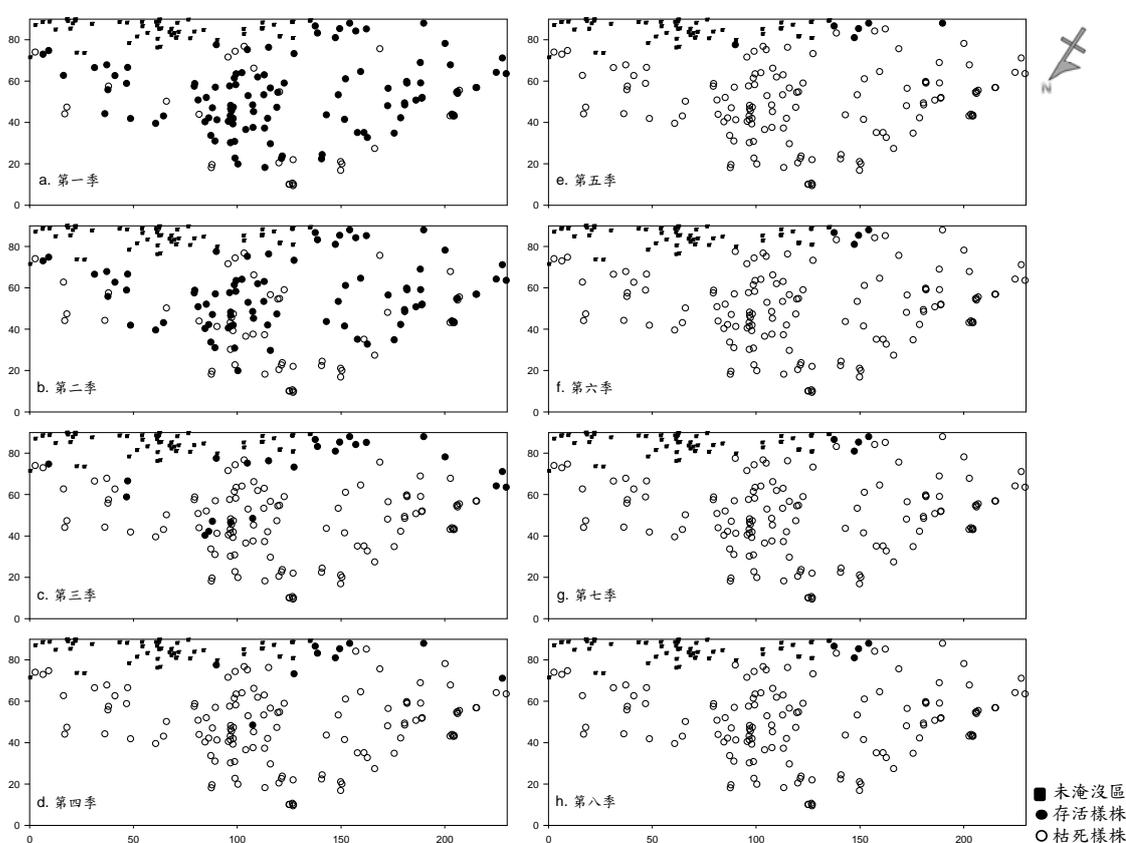


圖 5-23. 奧萬大楓林區長期監測樣區台灣檫各季節枯死與存活樣株位置圖。

山肉桂分布約略呈 2 條帶狀分布，一條分布於楓林區的外緣，另一條分布於未受溪水與土石淹埋的坡地，可能顯示山肉桂在楓林區至少有 2 次主要建立其族群的時期，或受到其他樹種競爭所致(圖 5-24)。由山肉桂各季節林木枯死/存活位置分析顯示，在土石流干擾後的植株枯死位置隨季節由近河道向上坡方向位置靠近，存活植株的位置亦有相同趨勢，呈現顯著的季節變化(表 5-5、5-6)。然而，在山肉桂的枯死的胸徑隨季節有增大趨勢但不顯著，而存活林木的胸徑似乎沒有呈現季節變化(表 5-7、5-8)。

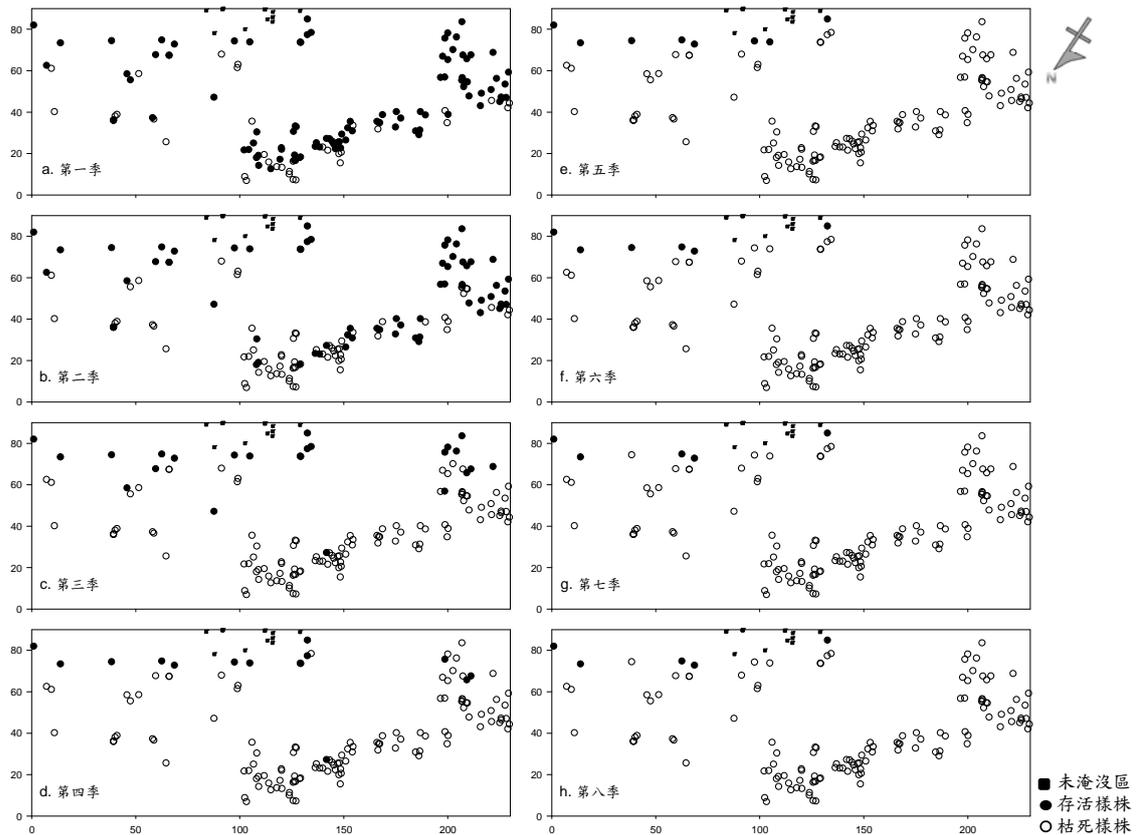


圖 5-24. 奧萬大楓林區長期監測樣區山肉桂各季節枯死與存活樣株位置圖。

阿里山千金榆(*Carpinus kawakamii*)多分布於楓林區的外緣(圖 5-25),反映其陽性先趨樹種之特性。比較不同季節阿里山千金榆枯死/存活植株的位置發現,隨著干擾時序變化,枯死/存活林木的位置有往上坡方向的趨勢,但季節差異都不顯著(表 5-5、5-6);枯死/存活林木的胸徑有隨季節增大的趨勢,惟變化不顯著(表 5-7、5-8)。

青剛櫟(圖 5-26)、江某(圖 5-27)、香楠(*Machilus zuihoensis*)、台灣朴(*Celtis formosana*)、細葉饅頭果(*Glochidion rubrum*)、栓皮櫟(*Quercus variabilis*)等樹種多分布於楓林區的上半部,多位於近上坡的位置,此類多為演替較後期出現之樹種,或非典型濱岸帶組成樹種,或是受到種子傳播限制,而在相對干擾較低的環境中陸續建立族群。比較不同季節青剛櫟的枯死/存活位置發現(表 5-5、5-6),枯死植株的位置雖然有著往上坡方向的趨勢但季節間沒有顯著差異,而存活的植株隨土石流干擾後往上坡方向的趨勢,存活林木位置隨著季節顯著差異。青剛櫟枯死林木胸徑有隨季節逐漸增大的趨勢,但季節間差異不顯著(表 5-7);然而,存活的青剛櫟植株胸徑卻隨季節而減小,但季節間差

異不顯著(表 5-8)。江某對土石流缺乏耐受性，第 1 與第 2 季的枯死/存活的林木位置和胸徑沒有顯著差異(表 5-5~5-8)。

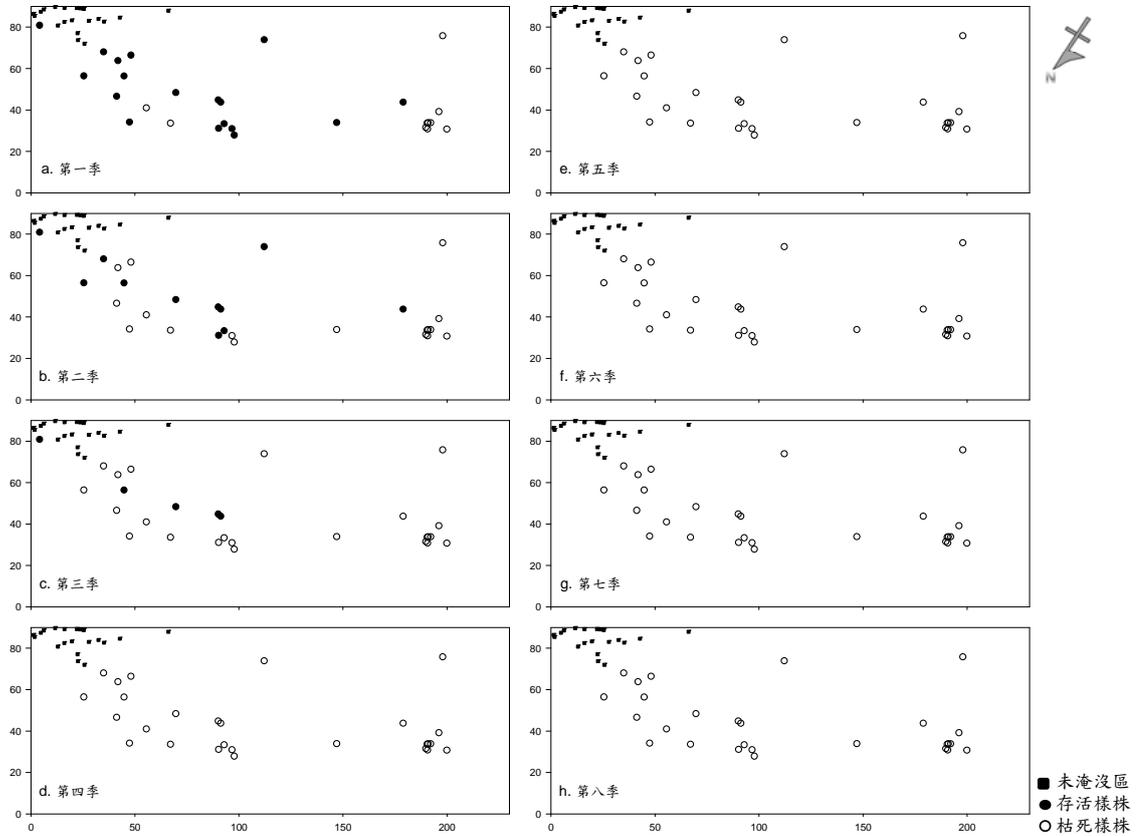


圖 5-25. 奧萬大楓林區長期監測樣區阿里山千金榆各季節枯死與存活樣株位置圖。

濱岸植群往往由具有忍受或逃避干擾能力的樹種，或演替初期的樹種組成，其種類之結構與分佈受到地形與微氣候影響呈現梯度變化。由於經年受到溪流洪氾干擾，長期下來，受到洪氾的篩選與淘汰，使濱岸植群的物種多具有抵抗或逃避洪氾干擾的能力。Bendix and Hupp(2000)指出，能夠忍受洪氾干擾的植物，多半可以分成硬枝植物(stiff plant)與軟枝植物(flexible plant)兩類。硬枝植物是以堅韌的枝條直接抵抗水流沖刷，而軟枝植物則是以彈性與柔軟性，高流速下可彎曲倒伏以減少水流阻力，並保護下游側的植物(Fathi-Maghadam and Kouwen, 1997)。Lyon and Gross(2005)發現在溪流反覆洪氾干擾下，濱溪植群組成主要以美國紅楓(*Acer rubum*)和北美紅櫟(*Quercus rubra*)等先驅樹種(pioneer tree species)等為優勢。台灣中海拔之常見濱溪植物則以台灣赤楊(*Alnus formosana*)為優勢(郭礎嘉，2009)。

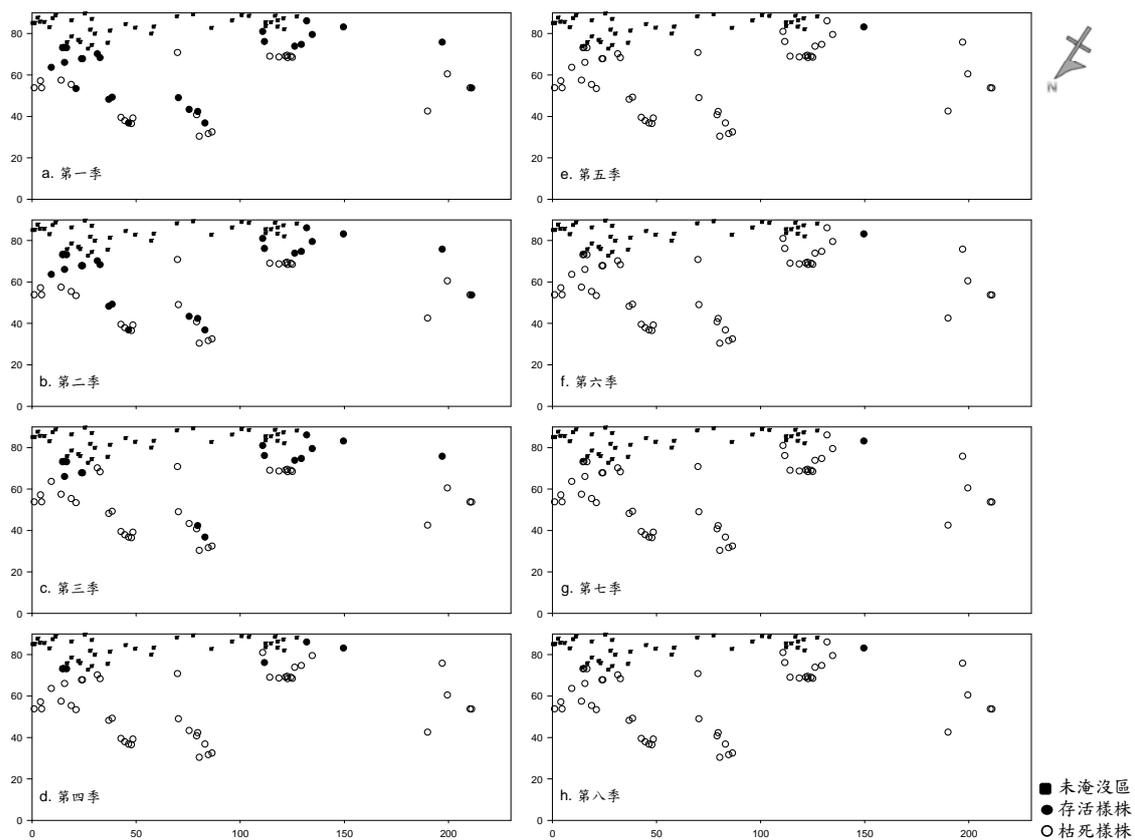


圖 5-26. 奧萬大楓林區長期監測樣區青剛櫟各季節枯死與存活樣株位置圖。

濱岸地區的不同區塊受到溪流不同強度、頻度、持續時間的影響等，無論在形貌或植物組成都有所不同(Nisson *et al.* 1989)。又濱岸植群受到地域性氣候、地質構造與過程、濱岸二側生物和非生物過程等共同決定，並與地形、地貌、土壤、水文、干擾、河流級序等密切相關，進而改變濱岸植群的種類組成、結構及生產力，亦使濱岸植群呈現鑲嵌狀(mosaic)或帶狀(zonation)的分布((Duncan, 1993; Blon, 1999; White and Greer, 2006)。因此，楓林區過去亦應為萬大北溪與萬大南溪之行水區，因長時期的土石堆積形成河階地形，加上溪水干擾降低與植物開始入侵，逐漸形成現今楓林區之植物分布。

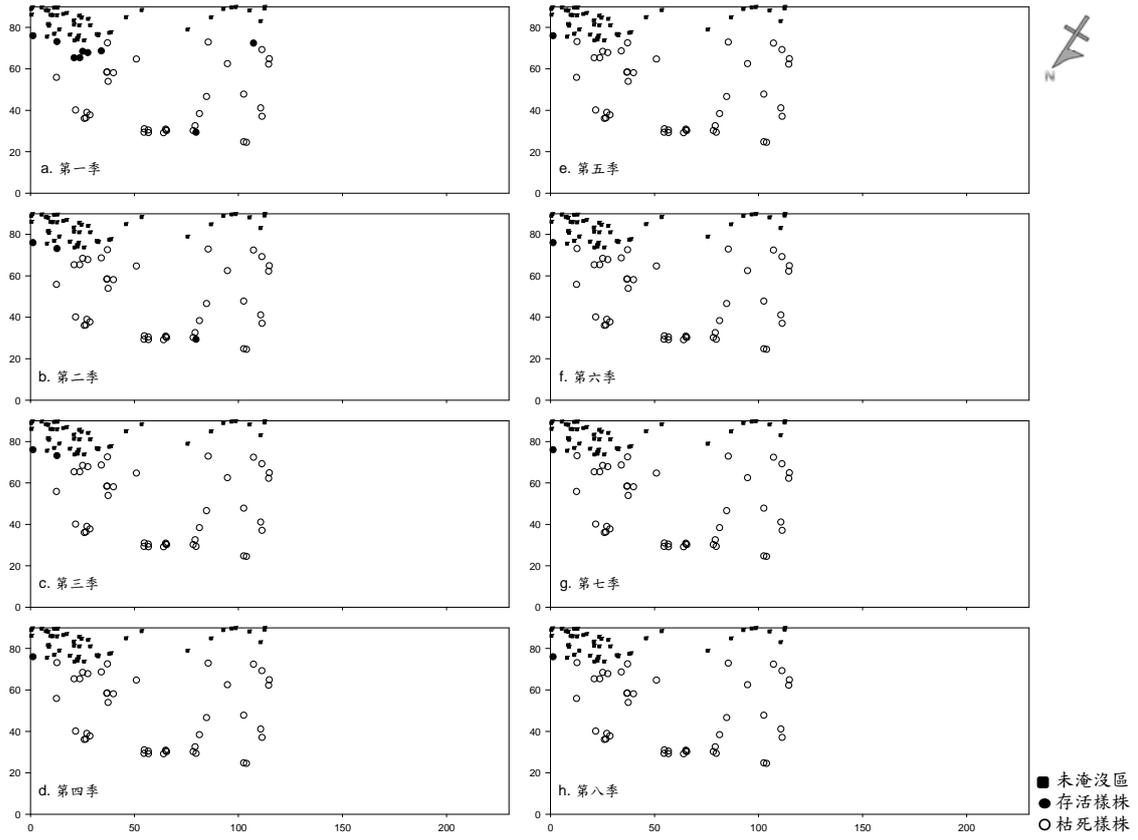


圖 5-27. 奧萬大楓林區長期監測樣區江某各季節枯死與存活樣株位置圖。



圖 5-28. 奧萬大楓林區長期監測樣區土石掩埋後近河流外側林木枯死狀態。

洪氾發生季節、洪氾強度、歷時長度等對植物的存活影響甚大；若在植物生長季節發生洪氾干擾，其對植物存活更加不利。當植物生長季節發生洪氾時，無論植物處在任何生長期，洪氾皆會對植物產生不良的影響；除了物理上的直接傷害外，還會抑制種子萌發、植物生長以及繁殖體發育，甚至促使植物提早老化或死亡(Kozlowski, 1997)。在奧萬大楓林區的洪氾，除了一般的水淹之外(圖 5-29)，仍挾帶大量的砂石，對植物體的物理傷害更加劇烈，部分植株樹皮遭土石衝擊而有不同程度樹皮剝落現象(圖 5-30)，嚴重者幾近環剝，輕者雖無樹皮剝落，但對受土石正面衝擊之樹幹已造成不可回復之物理機械傷害。



圖 5-29. 奧萬大楓林區長期監測樣區萬大南溪之溪水淹浸現象。

在淹水狀況下，耐淹水樹種特徵通常是莖幹增粗、皮孔增大、形成不定根、幹基的葉片延遲老化、乙醇脫氫酶(alcohol dehydrogenase, ADH)和過氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)的活性增強、適應厭氧環境、氣孔導度和淨光合速率在水淹時下降幅度小，且在淹水停止後恢復較快等特性，而較不耐水淹的樹種通常不具有這些特性(Jackson and Colmer, 2005; 卓仁英和陳益泰, 2001, 李錦育, 2002)。因此耐水淹性之評估指標主要從植物形態結構、生理代謝，以及植株的生長、存活率等方面探討。然而，對於奧萬大楓林區的樹種而言，其所受到的干擾為土石掩埋與衝擊的物理傷害、長期淹水造成的水分逆境，以及林床石礫的高溫逆境等，因此林木枯死率在第 2 年時即高達 80% 以上。



圖 5-30. 奧萬大楓林區長期監測樣區樹種對土石衝擊所受之傷害。a. 楓香；b. 台灣檫；c. 山櫻花；d. 白臘樹；e. 溪水沖刷使根部裸露。

本研究調查發現，山肉桂、台灣檫、阿里山千金榆等樹種在受土石流衝擊後，雖部分在第 1 季調查未死亡的植株，但在第 2 至第 3 季調查時都已死亡，尤其是分布在楓林區林緣者。經追蹤調查發現，這些植株的樹幹在第 1 季調查時都已有象鼻蟲科的蠹蟲(*Scolytidae*, *Scolytinae*, *Scolytoplatypus raja* Blandford))排遺(委請國立中興大學昆蟲學系劉藍玉博士鑑定)，且為數不少(圖 5-31a, b, d, e)。在這些有蠹蟲在的植株，絕大多數在第 2 季都死亡。此外，在 8 月的調查發現，受土石衝擊的楓香樹幹基部幾乎全遭到蠹蟲危害(圖 5-31c, f)。因 2009 年 8 月 8 日莫拉克颱風挾帶豐沛雨量攜帶大量土石而下，致使楓林區之土石掩埋高度增加 2-3 m，將蠹蟲危害部分掩埋至土石下，以致無法進行後續之蟲害觀察。由於植物在遭受逆境傷害後，常因生理狀態不佳及生長勢衰弱，極易遭害病蟲害的二次傷害因而致死。在 7、8 季調查發現，奧萬大楓林區的楓香在遭受溪水淹浸、土石掩埋與衝擊天然干擾傷害下雖然多數植株得以存活過第 4 季(枯死率約 35%)；但在第 8 季調查發現，在多重逆境下的楓香存活率不到 25%，239 株遭干擾楓香僅存活 59 株(表 5-2)。

林木在遭受環境逆境干擾例如火燒、洪氾、乾旱等，因生理生化活力下降，易遭其他病蟲害入侵致使林木死亡。長期監測樣區遭土石衝擊與溪水淹浸的林木，在枯死前幾乎都被蠹蟲危害(圖 5-31、5-32)。蠹蟲為廣食性之植食昆蟲，只要林木生理狀態不佳者，極易遭到蠹蟲危害(作者請教台灣大學昆蟲學系吳文哲教授)。基於楓林區林木蠹蟲危害為天然偶發事件，為林木受土石衝擊、掩埋與溪水淹浸等逆境致使生理受創而引發的蟲害，對照樣區等非土石掩埋區域的楓香或其他樹種，因其生理生化處於健康活力的狀態，調查過程中未發現有遭到蠹蟲危害的林木。由於對蠹蟲缺乏專一性的殺蟲劑，而用藥恐對其他非蠹蟲之昆蟲造成危害，或有藥劑殘留等問題；況且使用殺蟲劑無法確保受創林木可以存活。楓林區位處萬大水庫之萬大溪集水區，為民生用水安全與自然生態保育原則，只需待此一蠹蟲危害期過後即可。基於上述論點，本研究評估結果不建議楓林區受害林木以殺蟲劑撲殺蠹蟲。



圖 5-31. 奧萬大楓林區長期監測樣區土石掩埋後受創楓香林木遭受蠹蟲及其他昆蟲危害。



圖 5-32. 奧萬大楓林區長期監測樣區部分樹木於土石掩埋後遭受蟲害。a and d. 山肉桂；b and e. 台灣櫟；c and f. 楓香。

雖然本研究缺乏楓林區在溪水與水石淹埋前的植群資料，但由過往照片資料得知，楓林區主要區域因景觀作業、人為踐踏等影響，地表植物較稀少，反觀於斜坡上的物種組成相對較為豐富。此外，由楓林區至松林區之河階地形看出，斜坡相對於楓林區平台而言位置較高，其受到溪水干擾的機會較小，物種組成理應相對較豐富。Nisson and Svedmark(2002)將影響濱岸植群變化的主要因素分成 3 個主要層次—水文(hydrology)、廊道(corridor)和地景(landscape)，並指出水文條件為影響濱岸植群的主要因素，規律與穩定的洪氾有助於物種多樣性的維持與林分更新，同時也提高林分對環境的敏感性(sensitivity)。Harper and Macdonald(2001)亦指出，濱岸植群隨著與溪流距離的增加呈現梯度變化，表現出明顯的邊緣效應(edge effect)。郭礎嘉(2009)於七家灣溪之濱岸植群研究發現，沿河道岸至內陸區之濱岸植物物種組成亦有類似的情形，且愈近河道其受溪水干擾愈大，物種組成相對簡單，且以散播型的種類為主，而以河岸至內陸植群之中間地帶，因其受溪水干擾程度相對較低，因而物種組成較豐，大致符合中度干擾假說。

洪氾會改變河道地形，破壞已存在之濱岸植群，使濱岸帶出現裸露引發次級演替(second succession)，而洪氾的沖刷與沈積作用會挾帶植物繁殖體，淘汰一些不適應洪氾環境的物種，使一些物種得以保持其優勢(Hooke *et al.*, 2005)。Bendix and Hupp(2000)指出濱岸植群的優勢種隨著河水衝擊(stream power)與距地下水位高度而改變，接近溪流時，水流衝擊較大，僅樹幹柔軟強韌的樹種，如加州赤楊(*A. rhombifolia*)與紅柳(*Salix laevigata*)，或生長速度較快的棉白楊(*Populus fremontii*)能抵抗洪氾危害，形成優勢族群；當河水強度與頻度降低時，其他樹種開始入侵，加州赤楊、紅柳和棉白楊等依賴洪氾更新的樹種優勢程度亦降低或消失。

由每季節調查樹種優勢度建立楓林區監測樣區於土石流後存活樹種之等級-豐量曲線(圖 5-33)，藉以了解楓林區干擾過後樹種之多樣性變化趨勢。本研究將第 1 季調查之所有種類植株視作為干擾前存活個體(第 0 季)，共計有 48 種。隨著土石流干擾發生後時序變化，樹種組成漸漸減少，在第 1 季至第 3 季干擾後存活樹種由 40 種減少至 31 種，減少的樹種為無法適應干擾者；樣區內的物種於第 4 季調查時已不到第 0 季調查樹種的 1/2(22 種)，第 4 季至第 8 季的存活物種數減少的變化較小，存活的樹種為對土石流干擾耐受性較強的

種類。由豐量等級第 1 的樹種與豐量等級第 2 的樹種比較發現，豐量比例下降趨勢增大，顯示豐量等級第 1 的樹種優勢程度增加，此與表 5-1 各樹種存活株數與存活率的結果相符。楓香為樣區內優勢度最高的樹種，因其對土石流的干擾耐受性較高，隨著干擾時序變化，其他無法在干擾存活的樹種漸漸枯死，而楓香存活株數佔樣區內存活個體的比例逐漸增加，因而豐量比例差異亦增大。由等級-豐量曲線的土石流干擾時序變化發現，除物種多樣性下降外，等級-豐量曲線的漸趨陡峭，顯示楓林區物種均勻度漸趨下降。

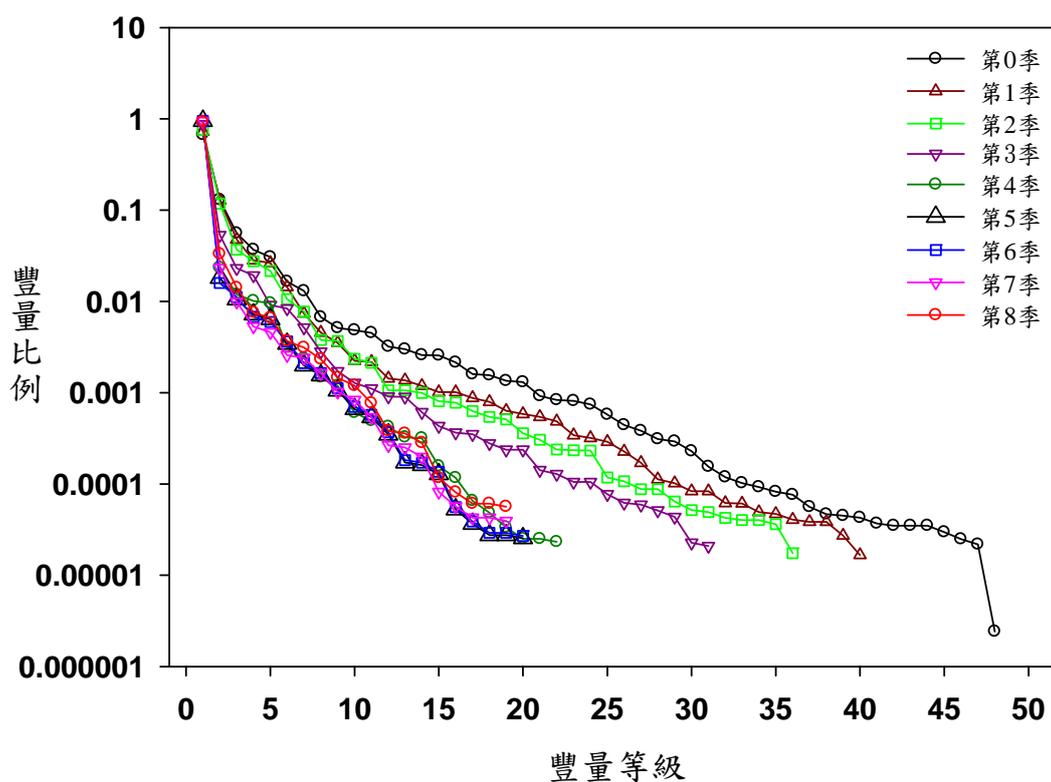


圖 5-33. 奧萬大楓林區長期監測樣區物種組成之等級-豐量曲線季節變化圖。

由於楓林區受洪氾危害方式與其他單純受洪水或洪水挾帶枯木殘材危害方式不同，而是受到溪水挾帶大量土石流衝擊掩埋。較近河道區域多完全為土石掩埋，濱岸帶原有植物社會破壞殆盡，鄰近的繁殖體逐漸進入裸露生育地，新的植物社會重新建立(圖 5-34)。目前調查的物種幾為陽性植物，例如羅氏鹽膚木(*Rhus javanica*)、台灣檫、台灣二葉松、光蠟樹(*Fraxinus griffithii*)、等木本植物，草本植物有昭和草(*Crassocephalum rubens*)、台灣何首烏(*Polygonum multiflorum*)等。



圖 5-34. 奧萬大楓林區長期監測樣區外側近奧萬大南溪之對照樣區遭土石衝擊後植物生長狀況。

三、長期監測樣區小苗調查

本研究於5月25日(第1季)、7月23日(第2季)和10月15日(第3季)進行長期監測樣區4條90 m×2 m之樣帶進行小苗種類與數量調查(圖5-35~5-37)。調查結果顯示,第1季記錄18種904株,第2季記錄40種1,016株,第3季調查到36種549株小苗(表5-3,株數含未確認種);3次調查樣區內的小苗種類共55種,木本(38)與草本(17)植物比例約2:1(表5-9)。38種木本植物的種子多為翅果或核果,藉由風媒或鳥類、小型哺乳類等取食攜帶進入樣區內,唯在樣區內調查之木本植物小苗大多為樣區內或鄰近地區之主要組成,僅台灣黃杞、台灣二葉松等為少數種類未出現在監測樣區內。草本植物小苗最多的科為菊科(6種),其次為禾本科2種,此2科多為干擾地常見先驅植物組成,具種子產量大、質輕、風媒或動物媒、初期生長速度快,以及到達繁殖時期快等特性。部份草本植物為鄰近對照樣區林下常見物種,例如淡竹葉、聚花黍、台灣牛躑菜、風藤、三葉崖爬藤等。



圖 5-35. 奧萬大楓林區長期監測樣區樣區設置、小苗調查與複查。

表 5-9. 奧萬大楓林區監測樣區 2010 年木本與草本植物小苗種類與數量

木本植物	5.25	7.23	10.15	草本植物	5.25	7.23	10.15
楓香	745	467	156	聚花黍	7	17	25
台灣檫	77	67	44	昭和草	4	81	121
青楓	36	20	12	淡竹葉	4	18	
山肉桂	13	48	31	黃鶴菜	2		
九芎	4	8	4	台灣何首烏	1	3	1
山漆	1	3		直立假地豆	1		
山豆葉月橘	1	1	7	蛇根草		9	
栓皮櫟	1	1	3	風藤		2	1
台灣朴樹	1		4	山萵苣		2	1
雀梅藤	1		4	野苧蒿		1	7
台灣二葉松	1			大花咸豐草		1	1
紅梅消	1			台灣牛彌菜		1	1
長梗紫芋麻		143	31	假福王草		1	3
光蠟樹		64	32	黃野百合		1	
朴樹		9	1	雙花龍葵			6
燈稱花		9		王瓜			3
呂宋莢蒾		5		三葉崖爬藤			1
台灣赤楠		5					
小葉桑		4	3				
裡白饅頭果		4	1	小計	19	137	171
台灣山桂花		3	1				
青剛櫟		2					
山櫻花		2					
細葉饅頭果		1	8				
台灣紫珠		1	2				
香楠		1	1				
台灣黃杞		1					
狗骨仔		1					
阿里山千金榆		1					
烏心石		1					
羅氏鹽膚木		1					
漢氏山葡萄		1					
山桐子			9				
裡白蔥木			5				
五蕊虎皮楠			1				
疏果海桐			1				
水冬瓜			1				
瓊楠			1				
小計	882	874	363	未確認種	3	5	15
				總計	904	1,016	549

第 1 季調查 18 種小苗中，木本植物佔 12 種，數量最多的為楓香，佔所有小苗 82.4% 的絕對優勢，木本植物小苗數量較多的前 5 名依次為楓香、台灣欒、青楓(*Acer serrulatum*)、山肉桂、九芎，約佔調查所有小苗總數的 96.8% (表 5-9)。由於楓林區林床受土石掩埋覆蓋，新林床內幾無繁殖體，繁殖體必需由外界輸入提供；然楓林區喬木層林木結構尚保存完善，非楓林區內組成物種之繁殖體難以侵入，因此第 1 季調查之小苗種類幾全為楓林區物種組成。楓香小苗數量優勢主要因為長期監測樣區之存活上木幾乎全為楓香，且在監測期間，存活的楓香皆可開花結果，有大量的種子飄落林床所致。木本植物小苗前 5 名除了山肉桂的果實為核果狀外，其餘 4 者的果實或種子具翅，或果實與枝葉飄落(台灣欒)，風力為種子傳播的主要工具，具有長距離。第 1 季調查的草本植物種類與種子苗數量不多，最多的草本植物小苗為聚花黍，小苗數僅 7 株，此可能反映當季可能缺乏成熟的繁殖體，或楓林區上層林冠較完整，繁殖體較難進入。

第 2 季調查時發現進入樣區的種類數增加，一方面顯示楓林區林分結構因樹種受干擾枯死後林冠破碎形成孔隙，繁殖體容易進入外；孔隙增加林內的光度，提供一些陽性植物足夠的光度使之生長(圖 5-38)。木本植物由 12 種增加至 28 種，草本植物由 6 種增至 10 種；減少的樹種為台灣二葉松、台灣朴樹、雀梅藤、紅梅消等 4 種。種子苗總量亦增加，木本植物種子苗數量前 5 名分別為楓香、長梗紫芋麻、台灣欒、山肉桂和光蠟樹，約佔調查所有小苗總數的 77.7% (表 5-9)。然而，楓香、台灣欒和青楓的種子苗數比第 1 季調查要少，其中，楓香小苗數量更是減少近 1/3。草本植物最多的前 3 者為昭和草、淡竹葉、聚花黍，後 2 者為楓林區林下常見優勢地被植物，而昭和草則為區外拓殖而來，小苗數量增加相當快。除了黃鵪菜及直立假地豆在第 2 季未出現外，各種草本植物的小苗數為普遍增加。

第 3 季小苗調查結果顯示，36 種小苗中，木本植物佔 24 種，其中山漆、燈稱花、呂宋莢蒾、台灣赤楠、青剛櫟、山櫻花、台灣黃杞、狗骨仔、阿里山千金榆、烏心石、羅氏鹽膚木、漢氏山葡萄等 12 種消失，新增山桐子、裡白蔥木、五蕊虎皮楠、疏果海桐、水冬瓜、瓊楠等 6 種(表 5-9)。種子苗主要組成前 5 名的樹種為楓香、台灣欒、光蠟樹、山肉桂、長梗紫芋麻；種子苗數較前期調查皆減少，種子苗數佔所有種子苗之 53.6%，優勢種之種子苗比

例較前 2 季調查結果低，死亡的種子苗可能反映出其對競爭、生育地環境的不適應。前季調查的淡竹葉、蛇根草、黃野百合等 3 種草本植物未發現，新增雙花龍葵、王瓜、三葉崖爬藤等 3 種。昭和草、聚花黍、野苧蒿等為本季小苗數量最多的前 3 名，其中昭和草、聚花黍的數量皆較前季來得多。樣區木本植物的小苗中，楓香、台灣檫、青楓、九芎、台灣朴、台灣二葉松、山漆(*Rhus succedanea*)、栓皮櫟、光蠟樹、朴樹(*Celtis formosana*)、呂宋英莖(*Viburnum luzonicum*)、山漆(*Tetradium glabrifolium*)、羅氏鹽膚木、山桐子等多為陽性樹種，僅山肉桂、台灣赤楠、香楠、烏心石(*Michelia compressa*)、瓊楠、水冬瓜等少數為中性至耐陰性樹種(圖 5-36)。楓香、台灣檫等陽性樹種在第 1 季即入侵干擾後的楓林區，山肉桂、香楠。楓林區在萬大南、北溪在歷年颱風挾帶的土石堆積下，不僅土壤基質發生改變，林木生長與存活亦產生變化；楓林區的林木隨著土石流等干擾逆境時間增加大多數枯死，林下透光量增加，使得多數陽性樹種或草本植物之小苗得以萌發(圖 5-37)。

苗木更新是森林植群演替與干擾後回復的重要生態過程，其方式受到干擾型式、強度、頻度與規模影響，其中的植物組成與數量亦不同，同時決定物種歧異度之高低(species diversity)(Huston, 1979; Fayolle *et al.*, 1998; Shafroth *et al.*, 2002)。楓林區受土石干擾後，部份林木枯死留下空隙，或因林木枯死陽光得以透過枯枝進入林床(圖 5-14)，林地土壤基質亦改變，促進林分的更新。有些植物能在非洪氾期迅速的完成生命史，並在洪氾來臨時，藉由水流散播種子；更有植物演化出符合洪氾頻率，形成需要洪氾才能更新的機制(成克武等，2006；Strange *et al.*, 1999)。Strange *et al.*(1999)提出，在 South Platte River 生長的三角葉楊(*Populus deltoides*)，其母樹通常在洪氾過後的六月下種。下種後，種子僅能保存短短數週，而種子萌發後，需要大量的水分使其根部生長至夏季的地下水位線，如此小苗才能存活。因此，若洪氾消失或規模降低，三角葉楊便會面臨更新困難的情況而遭受淘汰。



圖 5-36. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後於林下發芽之木本植物小苗。
 a. 楓香；b. 山肉桂；c. 光蠟樹；d. 台灣檫；e. 青楓；f. 九芎；g. 山漆；
 h. 台灣朴樹。



圖 5-36(續). 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後於林下發芽之木
本植物小苗。
i. 細葉饅頭果；j. 青剛櫟；k. 台灣二葉松；l. 栓皮櫟；m. 山桐子；
n. 野桐；o. 密集生長的青楓小苗；p. 密集生長的楓香小苗。



圖 5-37. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後於林下發芽之草本植物小苗。
 a. 淡竹葉；b. 紫花藿香薷；c. 牛彌菜；d. 大花咸豐草；e. 昭和草；
 f. 風藤；g. 愛玉；h. 假地豆。

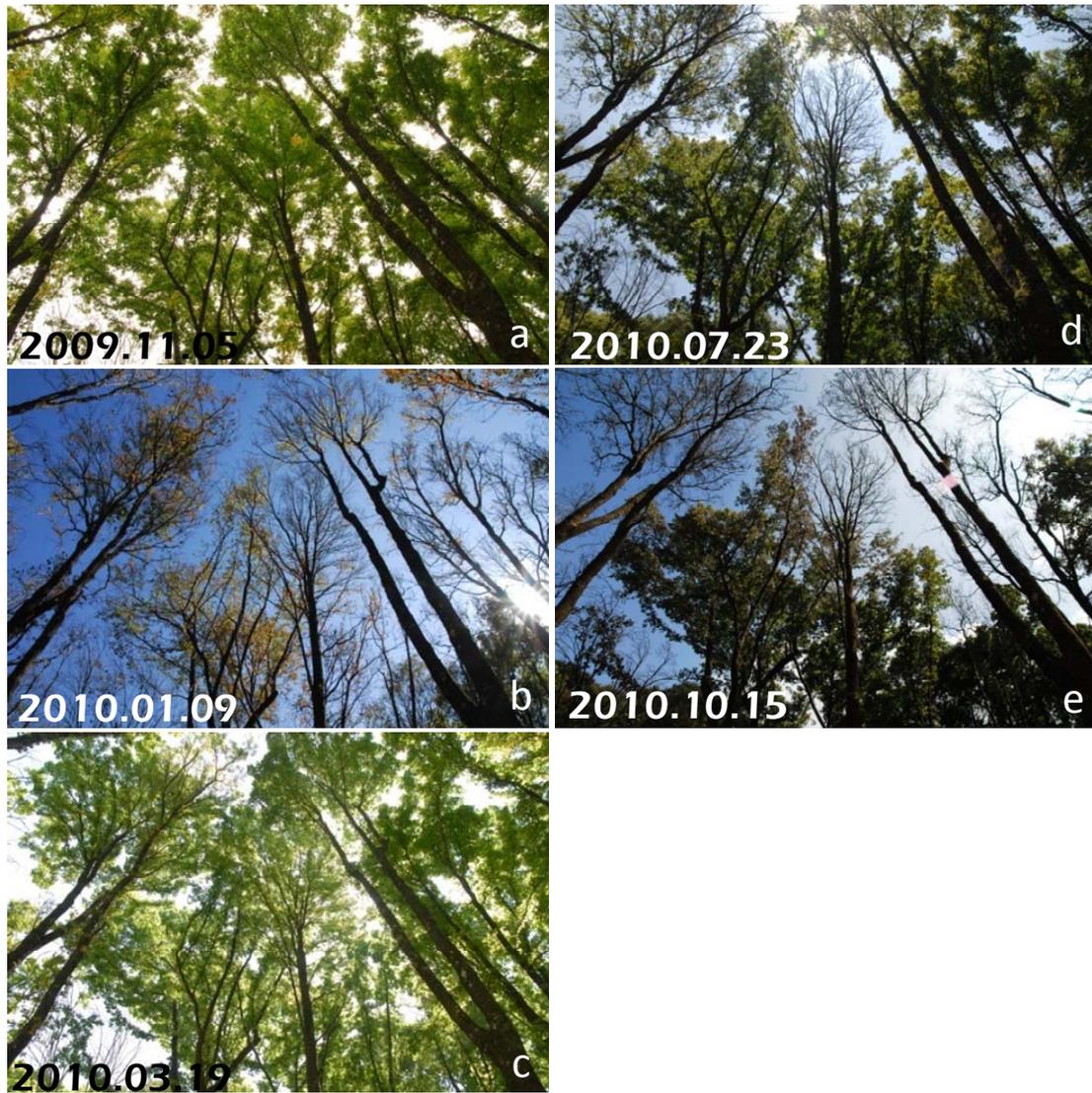


圖 5-38. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後樣區內部林冠層不同時間定點拍攝。



圖 5-38. 奧萬大楓林區長期監測樣區遭受土石衝擊掩埋後樣區內部林冠層不同時間定點拍攝(續)。

由樣區內小苗組成之等級-豐量曲線得知(圖 40)，等級-豐量曲線由陡峭而漸趨平緩，物種組成由少而增多，優勢種類由密度比例大而隨季節降低，顯示物種均勻度增加，物種歧異度亦隨著調查季節而增加。楓林區在土石流干擾後接近 1 年的時間，林地擾動減少，繁殖體開始進入林床建立族群，種子苗的種數與均勻度隨季節增加而增加。

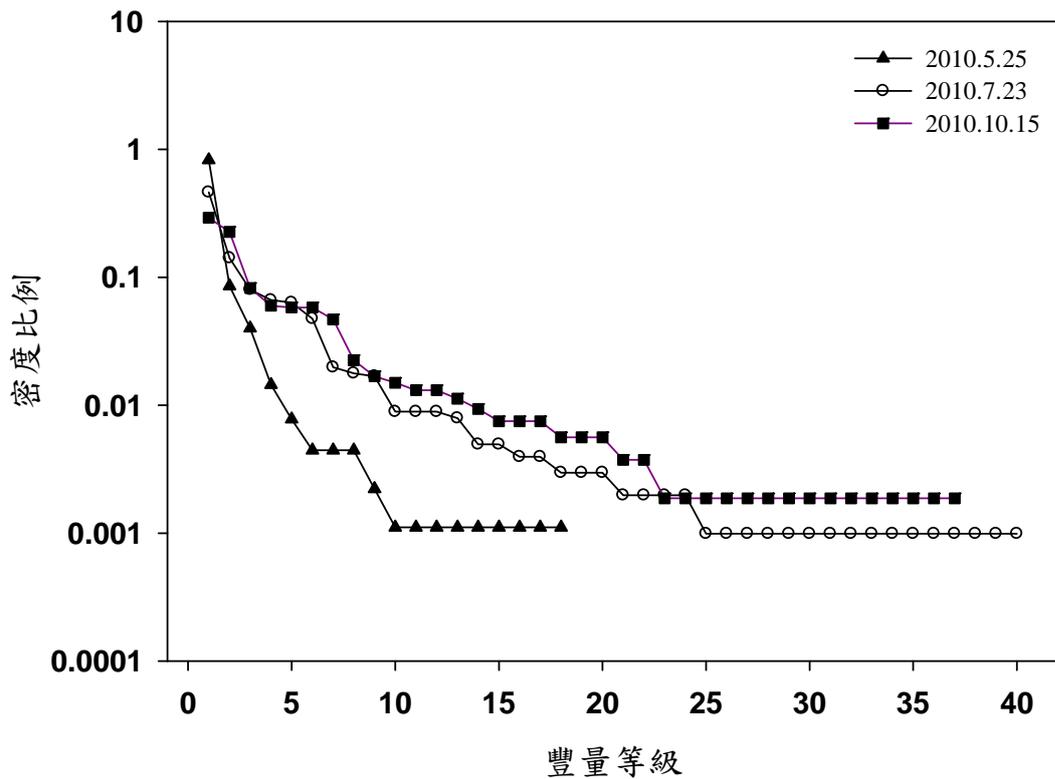


圖 39. 奧萬大楓林區長期監測樣區之小苗種類的等級-豐量曲線之季節變化。

四、對照樣區植物組成與結構

今(2010年)年度於楓林區長期監測樣區上方增設 230 m x110 m 之長方形對照樣區進行全林普查(圖 5-40、5-41)，調查方法與長期監測樣區相同，其結果可提供作未來楓林區人工或自然生態復育之資訊，並提供遊樂區植物資源利用之參考。除了陡峭的崖壁外未能調查外，全區調查結果發現有 73 科 137 屬 161 種維管束植物，蕨類植物 9 科 12 屬 15 種，裸子植物 1 科 1 屬 1 種為臺灣二葉松，種子植物中雙子葉植物 55 科 104 屬 124 種，單子植物 8 科 20 屬 21 種。植物種類最多的科為樟科(11 種)，依次為菊科(10 種)、禾本科(6 種)。本區海拔約 1,200 m，屬楠櫛林帶(*Machilos-Castanopsis zone*)(Su, 1984, 邱清安, 2004)，反映本區樟科種類的優勢；然因本區乾濕季明顯，地形陡峭，森林土壤保存不易，雖位置處於萬大南、北溪旁，但優勢組成樹種多為落葉性。本區的蕨類商數為 2.36，低於全臺灣維管束植物之蕨類商數 4.56(Boufford *et al.*, 2003)，反映本區具明顯乾濕季的環境。



圖 5-40. 奧萬大楓林區長期監測對照樣區之設置、樣木調查及標號。



圖 5-41. 奧萬大楓林區長期監測樣區上方未遭風災土石掩埋之對照樣區 (2010 年 1 月 10 日拍攝)。

胸高直徑 3 cm 以上的木本植物有 72 種，以山肉桂 411 株最多，前 5 名依次為山肉桂、青剛櫟(375 株)、楓香(237 株)、阿里山千金榆(241 株)，以及台灣欒(181 株)(表 5-10)。胸高斷面積以楓香最大，亦為本區最優勢樹種，依次為楓香、台灣欒、山肉桂、阿里山千金榆、青剛櫟(表 5-10)。比較楓林區對照樣區與監測樣區組成樹種(表 5-10、5-2)發現，兩區的主要組成樹種大致相同，前 20 名主要組成樹種中有 15 種相同；兩區前 7 名的種類相同，但各樹種的優勢度程度不一。監測樣區與對照樣區主要組成優勢程度的差異可能反應各樹種對微環境的適應。其中，阿里山千金榆在對照樣區的優勢程度較監測樣區高出甚多。

表 5-10. 奧萬大楓林區對照樣區前 20 名主要組成樹種之株數、相對密度、胸高斷面積、相對優勢度、重要值

物種	株數	相對密度	胸高斷面積(cm ²)	相對優勢度	重要值
楓香	237	8.72	250,944.25	42.99	51.71
阿里山千金榆	241	8.87	76,243.88	13.06	21.93
山肉桂	411	15.12	36,532.26	6.26	21.38
青剛櫟	375	13.80	18,994.89	3.25	17.05
台灣欒	181	6.66	56,293.82	9.64	16.30
栓皮櫟	75	2.76	64,903.20	11.12	13.88
江茛	117	4.30	6,720.17	1.15	5.46
竹葉楠	98	3.61	4,382.09	0.75	4.36
台灣赤楠	95	3.50	1,410.27	0.24	3.74
香楠	69	2.54	6,783.93	1.16	3.70
小葉桑	88	3.24	1,245.58	0.21	3.45
台灣朴	61	2.24	4,296.72	0.74	2.98
細葉饅頭果	68	2.50	2,518.43	0.43	2.93
呂宋莢蒾	71	2.61	926.11	0.16	2.77
奧氏虎皮楠	47	1.73	1,242.86	0.21	1.94
糙葉樹	40	1.47	2,480.04	0.42	1.90
杜英	44	1.62	1,414.04	0.24	1.86
疏果海桐	46	1.69	485.51	0.08	1.78
瓊楠	30	1.10	668.15	0.11	1.22
台灣紫珠	28	1.03	296.19	0.05	1.08
其他	296	10.89	44,886.67	7.69	18.58
總計	2,718	100.00	583,669.06	100.00	200.00

*註：前 20 名主要組成之外的樹種

由對照樣區之林分結構顯示，主要組成樹種之徑級分布可大致區分成 2 型，楓香與栓皮櫟徑級分布呈鐘形分布(圖 5-42a、5-42g)，顯示其稚樹數量較少，最終可能為其他樹種取代，台灣欒、山肉桂、青剛櫟、江某、阿里山千金榆、竹葉楠等樹種之徑級分布呈反 J 型(圖 5-42b~5-42f)，對照樣區主要樹種的徑級結構與監測樣區的結果大致相同(圖 5-9)。鍾國基(2005)認為楓香雖為此類植物社會之主要優勢種，但其林下缺乏楓香之小苗或稚樹，最終將山肉桂、青剛櫟等耐陰性樹種取代。

由長期樣區(對照樣區與監測樣區)的地形來看，樣區的左上角為地勢較高且多為峭壁，右上角為萬大南溪沖刷區域。由樣株位置圖發現(圖 5-43)，若以胸徑 20 cm 作為劃分上層林冠與中下層林冠的依據，可以發現對照樣區林木多為 20 cm 以下的個體組成；主要組成樹種為山肉桂(圖 5-45b)、青剛櫟(圖 5-46b)、香楠(圖 5-48a)、竹葉楠(圖 5-48a)等常綠樹種的稚樹，以及呂宋莢蒾(圖 5-49)、細葉饅頭果(圖 5-48b)、山豆葉月橘、疏果海桐等灌木；而胸徑 20 cm 以上的樹種多為楓香(圖 5-44)、台灣欒(圖 5-45a)、阿里山千金榆(圖 5-46a)和栓皮櫟(圖 5-47b)等，為構成本區主要之林冠組成樹種。

對照樣區與監測樣區的物種組成比較發現，因對照樣區位於較高海拔，幾無洪氾干擾，演替後期的耐陰性物種，如山肉桂、青剛櫟、江某、香楠、竹葉楠等組成數量較多，前 2 者多分布在土壤較淺薄的生育地，後 3 者則較偏好土壤發育較好且較平坦的環境；另一方面，由於地勢較高，土壤水分保持不易，青剛櫟、栓皮櫟、台灣欒和阿里山千金榆等較耐旱的樹種有分布較高位置的趨勢。

比較對照樣區與監測樣區的楓香數量發現(表 5-10、5-1)，雖然對照樣區面積(110 m×230)較監測樣區(90 m×230 m)大，但監測樣區的楓香株數比對照樣區略多；若以整個樣區楓香分布圖來看，楓香主要分布在樣區的中央位置(圖 5-44)，在上方較陡峭區域數量較少。台灣欒植株的分布與楓香在樣區的位置大致相似(圖 5-44、圖 5-45a)，由於此兩種林木皆為林冠組成，顯示其對環境的需求相似，具有相近的生態地位。樣區較陡峭區域多為阿里山千金榆(圖 5-46a)和栓皮櫟(圖 5-47b)分布，其中栓皮櫟分布於樣區位置較高的位置，且主要集中於樣區的左上方。

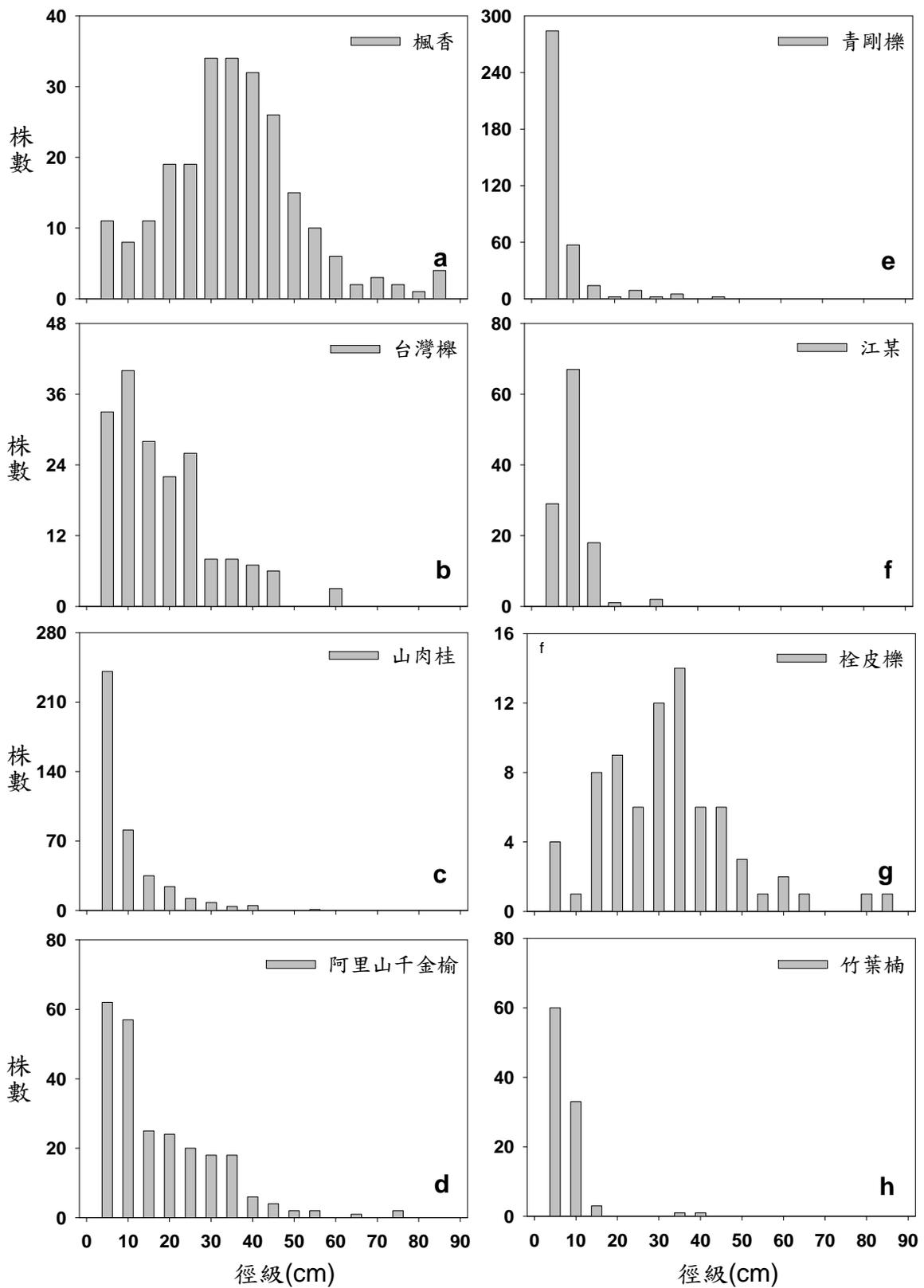


圖 42. 奧萬大楓林區對照樣區主要組成樹種之徑級分布圖。

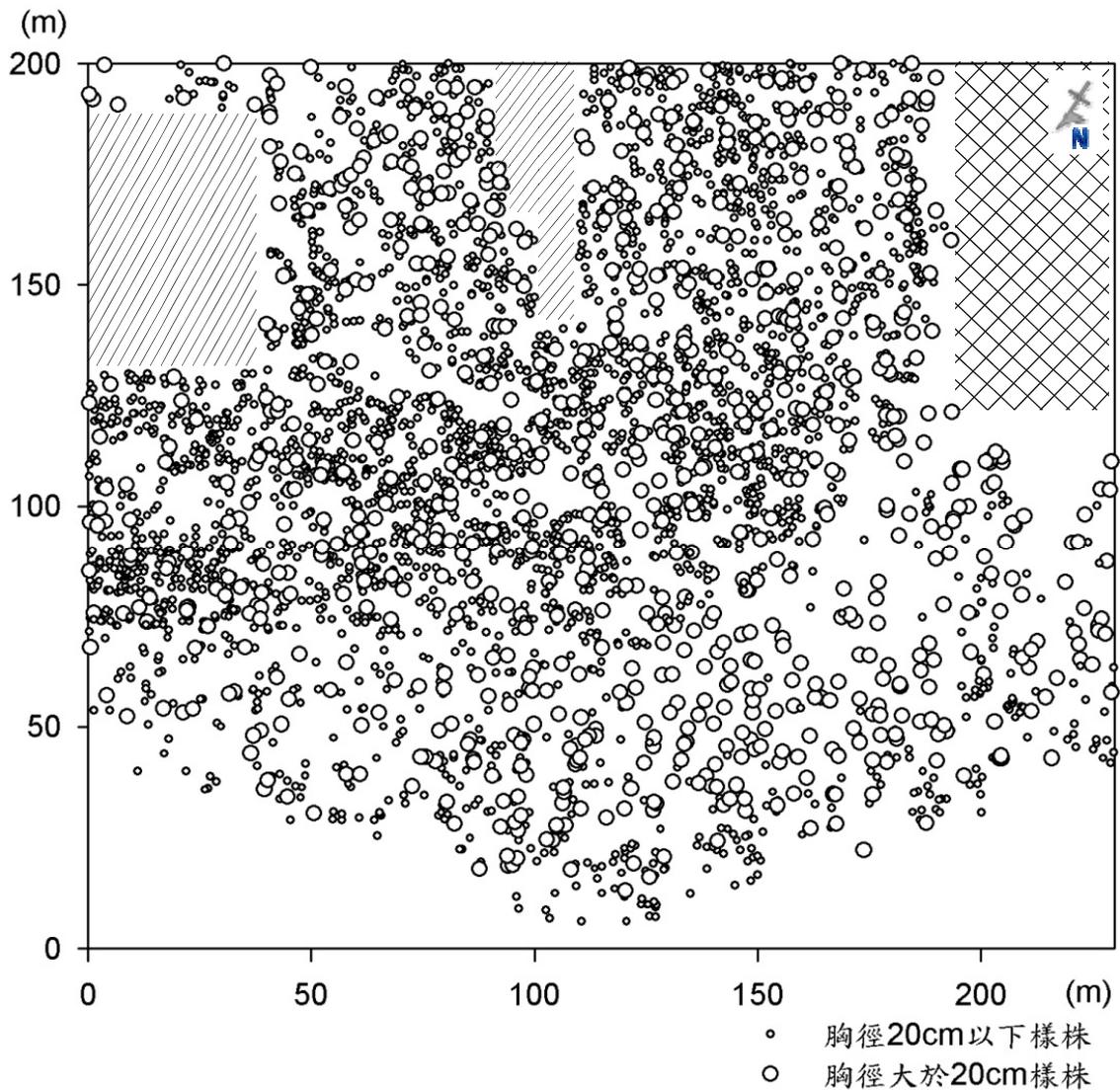


圖 5-43. 奧萬大楓林區長期樣區之樣株位置圖。單斜線區塊為峭壁，雙斜線區塊為萬大北溪沖刷區域。

山肉桂(圖 5-45b)與青剛櫟(圖 5-46b)在對照樣區的空間模式較相似，大抵反映其對環境需求的相似性；惟山肉桂在監測樣區的分布呈帶狀且鄰近萬大南、北溪河床，可能顯示其受種子傳播、拓展過程的競爭或干擾所致。由於山肉桂在干擾後第 3 季枯死率即高達 80% 以上，顯示其對洪氾干擾的耐受性不佳，然為何山肉桂可以成為萬大溪濱溪植群主要組成之一？在監測樣區木本植物種子苗調查發現，雖然山肉桂的種子苗數不是最高，相較 3 個季節生長與存活發現，山肉桂種苗較其他木本植物具有較高的存活率。是否山肉桂具有種子發芽存活較高、種苗建立與後期生長較快速等特性，致使山肉桂可以在干擾相對較頻繁的濱溪植群亦可以建立其族群，後續對於山肉桂的種苗建立與後期生長需再調查研究，才能了解山肉桂在濱溪植群的生態地位。

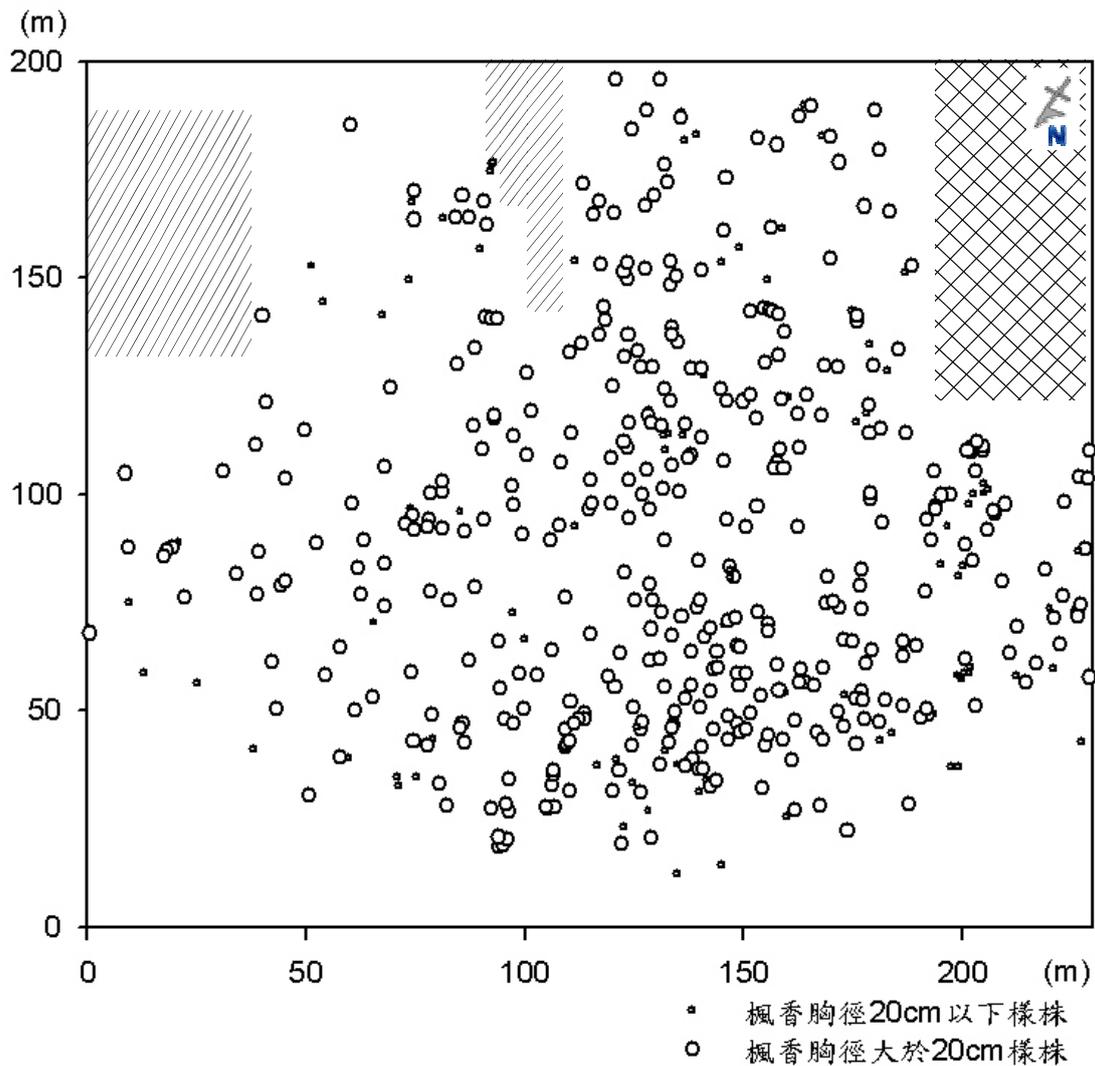


圖 5-44. 奧萬大楓林區長期監測樣區之楓香枯死與存活樣株位置。單斜線區塊為峭壁，雙斜線區塊為萬大北溪沖刷區域。

江某多聚集於樣區在萬大北溪的邊緣(圖 5-47a)，此區域相較其他位置而言較為濕潤，反映江某對環境的需求特性；台灣赤楠(圖 5-48b)與江某的分布位置大致相似，然台灣赤楠似乎對環境有較大的適應性，分布範圍較江某廣。香楠與竹葉楠多聚集於對照樣區與監測樣區邊緣較平坦處(圖 5-48a)。

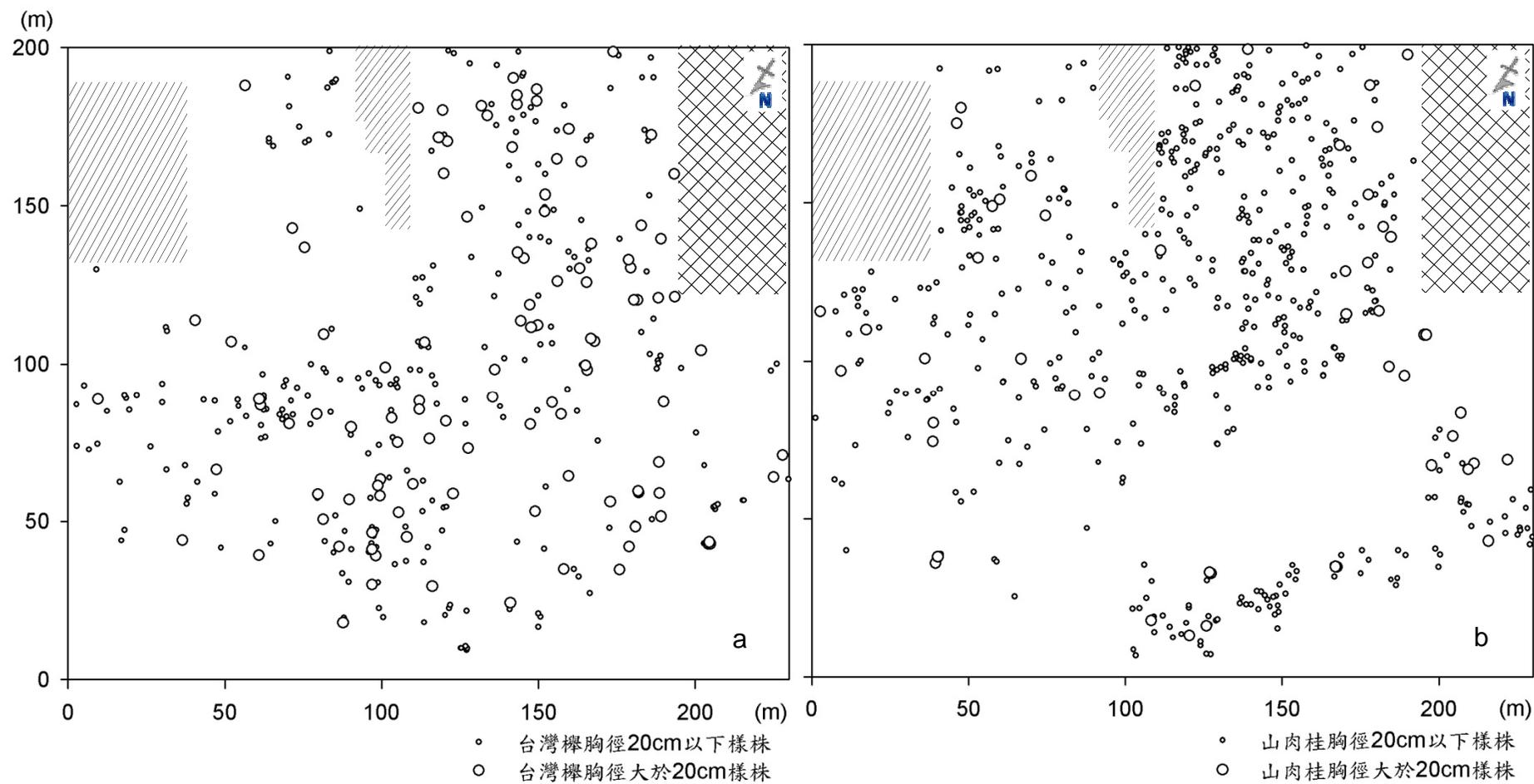


圖 5-45. 奧萬大楓林區長期監測樣區之(a)台灣櫟和(b)山肉桂樣株位置。單斜線區塊為峭壁，雙斜線區塊為萬大北溪沖刷區域。

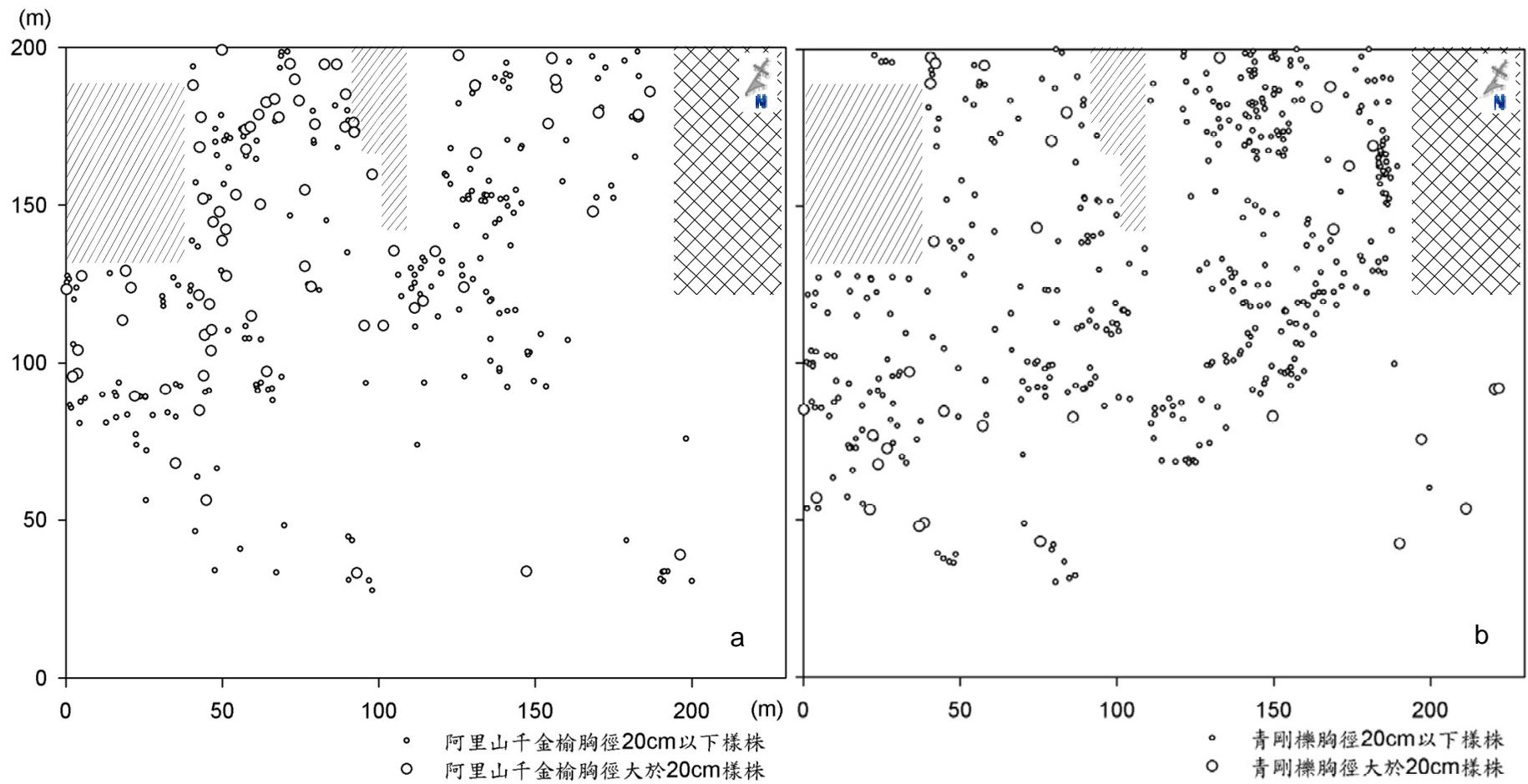


圖 5-46. 奧萬大楓林區長期監測樣區之(a)阿里山千金榆與(b)青剛櫟樣株位置。單斜線區塊為峭壁，雙斜線區塊為萬大北溪沖刷區域。

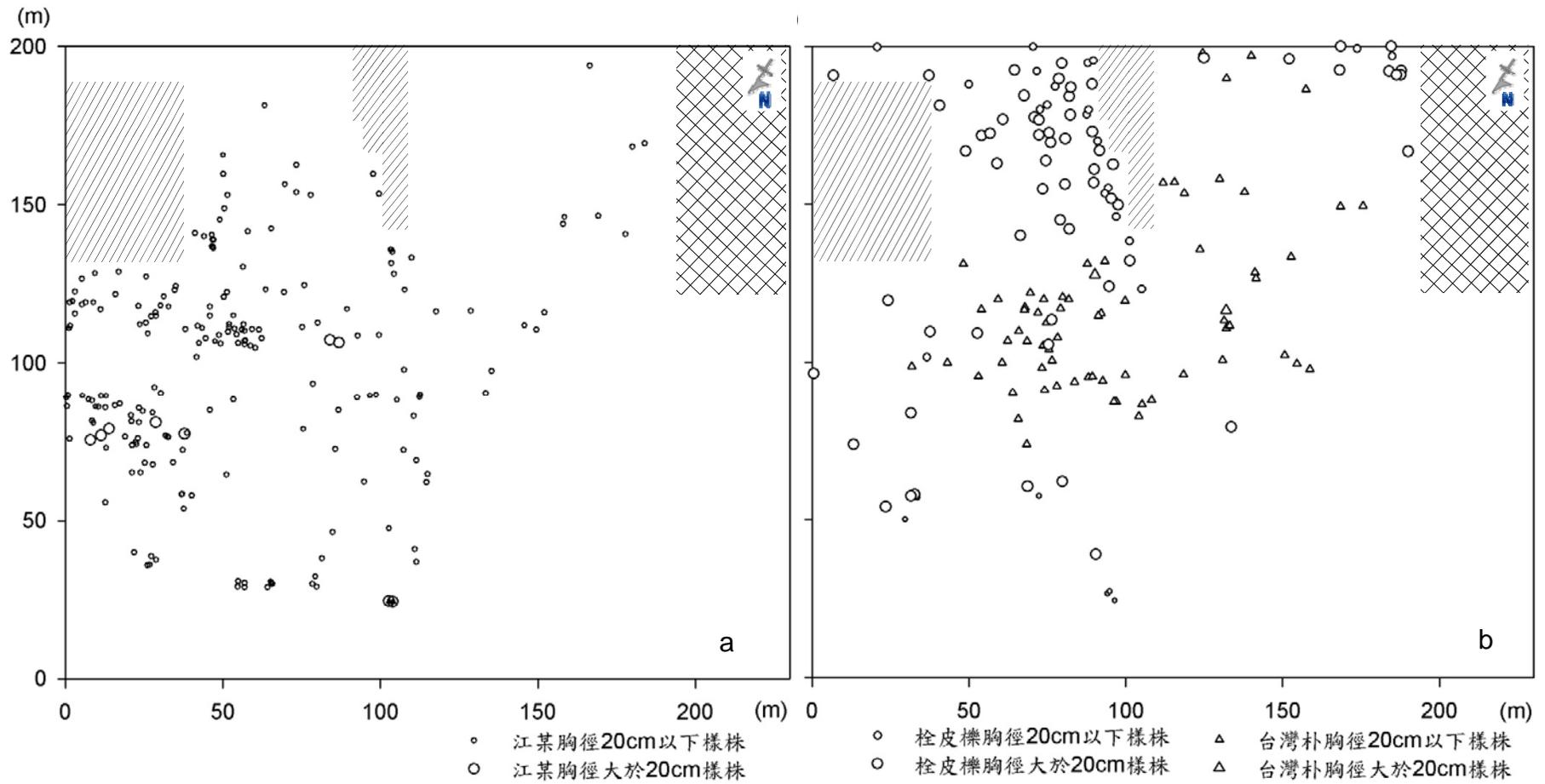


圖 5-47. 奧萬大楓林區長期監測樣區之(a)江某與(b)栓皮櫟、台灣朴樣株位置。單斜線區塊為峭壁，雙斜線區塊為萬大北溪沖刷區域。

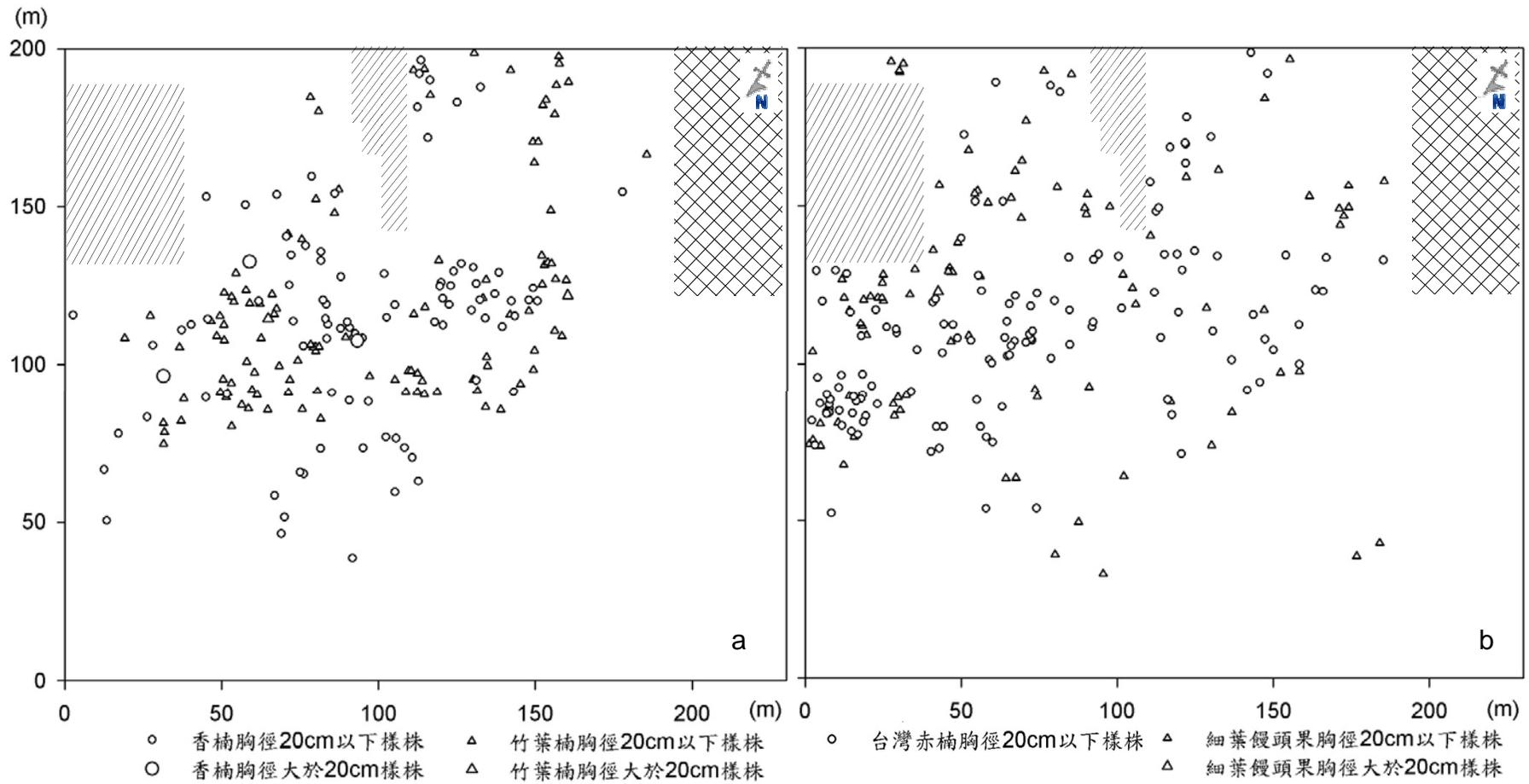


圖 5-48. 奧萬大楓林區長期監測樣區之(a)香楠、竹葉楠與(b)台灣赤楠、細葉饅頭果樣株位置。單斜線區塊為峭壁，雙斜線區塊為萬大北溪沖刷區域。

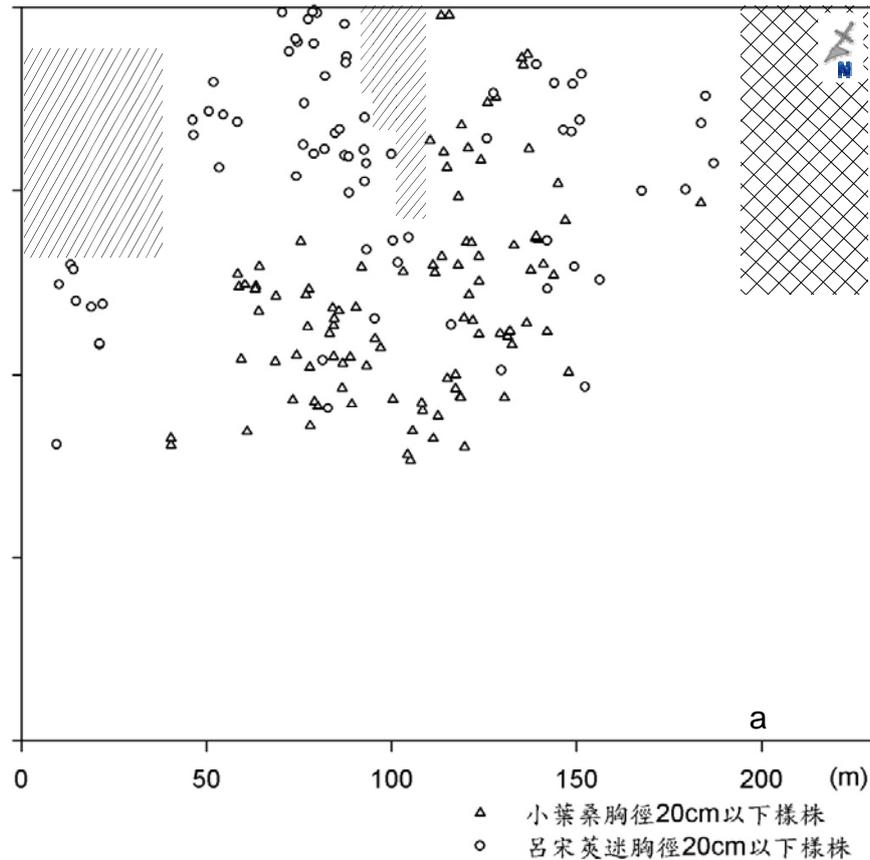


圖 5-49. 奧萬大楓林區長期監測樣區之小葉桑、呂宋莢蒾樣株位置。單斜線區塊為峭壁，雙斜線區塊為萬大北溪沖刷區域。

對照樣區的主要喬木層組成樹種中，落葉(8種)與常綠樹種(12種)比例約 2:3，兩者的株數比約 2:3(表 5-10)。然奧萬大楓林區的氣候乾濕季明顯，由於地形陡峭且土壤保水性不佳，落葉性樹種佔的比例要比相同海拔區域來得高，形成特殊的落葉季風林。雖然在落葉性植物的種數與株數不若常綠樹種高，但落葉樹種多為大喬木，胸徑與樹高皆明顯較常綠樹種大，構成的林冠常覆蓋在常綠樹種的樹冠之上，在樣區內的優勢度亦較常綠樹種高出甚多(表 5-10)。在秋冬季節，高大落葉樹種的黃葉形成金黃色林冠，可以將下層常綠樹種的綠葉遮蔽，因而造就奧萬大楓葉美景(圖 5-50)。



圖 5-50. 奧萬大楓林區紅葉情形(攝於 2008 年 12 月 11 日)。

陸、結論與建議

- 一、楓林區為典型的濱岸植群，因位於較高河階，致使有較長時期未受溪水干擾而有今日景緻；由監測樣區最大胸徑之楓香推測年代，形成楓林區可能有百年以上。
- 二、受 2008 年至 2010 年連續颱風挾帶豪雨，以及萬大南、北溪上游土石大量崩落之影響，楓林區遭受土石流衝擊與溪水淹浸；於 2008 年楓林區遭土石覆蓋高度超過 2.5 m，2009 年莫拉克颱風後，楓林區土石掩埋再增加 3 m 以上。受到降雨大小及上游土石崩落量的影響，在萬大南、北溪流域之楓林區地形仍處於變化的狀態。待上游土石崩落穩定後，萬大南、北溪將會向下侵蝕，楓林區將會形成明顯的河階地形。
- 三、本研究認為楓林區遭溪水淹浸與土石掩埋為一極特殊之氣候生態事件，其對溪水、土石流干擾後之林木生長、存活、演替等動態研究可進行較長時間之觀察，作為森林生態與環境監測長期研究之場域。
- 四、經分析楓林區受土石流干擾後，主要組成樹種枯死/存活位置與胸徑的季節變化發現，枯死/存活植株的位置有逐漸往上坡方向擴大的趨勢。楓香、臺灣檫、山肉桂等樹種有顯著季節間差異，反映出楓林區外圍受土石流干擾後的逆境威脅較大，較易枯死。樣區內枯死/存活植株的胸徑亦隨調查季節呈現顯著差異，顯示胸徑大者對土石衝擊逆境有較大的耐受性。
- 五、楓林區主要組成樹種在土石流逆境後，易遭到蠹蟲、微生物等 2 次傷害，2 次受害植株在第 2 年夏季幾乎全枯死。
- 六、兩年調查結果發現，楓林區遭土石掩埋與溪水淹浸後之樹種大多枯死，僅楓香與九芎具較強的耐受性，此 2 樹種或可為土石流或低漥淹水區域植生復育的參考樹種。
- 七、建議楓林區土石掩埋區應維持現況，可以作為奧萬大國家森林遊樂區自然教育中心之生態環境教育活教材，配合楓林區之歷史照片與研究資料，提供中小學戶外地質與生態研習之環境，然相關安全措施應予以維護保全。
- 八、楓紅季節部分遊客會跨過警戒線至楓林區賞楓，因楓林區大量枯木有折斷之危險，建議管理處立牌告示，或設置相關安全措施以維護遊客安全。另外，攀登能高越嶺之登山客因舊步道指示常誤入楓林區，建議在登山步道出口設指示牌，指出登山客由吊橋出楓林區。

柒、參考文獻

- 王立志 (1996) 濱岸生態系的特性與保育。河川、溪流及水戲保護帶研討會論文集 pp.72-80。國立中興大學水土保持學系。
- 王忬、趙振興 (2003) 河岸植被對水流影響的研究現狀。水資源保護 6: 50-53。
- 王凱立 (2005) 河川濱水帶適生植物及其水流阻力之研究。國立中興大學水土保持學研究所碩士論文。
- 交通部中央氣象局 (2004) 雨量分級定義。 <http://www.cwb.gov.tw/>。
- 成克武、臧潤國、周曉芳、張煒銀、白志強 (2006) 洪水對額爾齊斯河河岸天然林植被的影響研究。北京林業大學學報 28(2): 46-51。
- 江明喜、鄭紅兵、唐濤、蔡慶華 (2002) 香溪河流域河岸帶植物群落物種豐富度格局。生態學報 22(5): 629-635。
- 李錦育 (2002) 近自然工法之設計原理與應用。台灣林業 28(4) 33-45。
- 汪靜明 (1992) 河川生態保育。國立自然科學博物館。
- 卓仁英、陳益泰 (2001) 木本植物抗澇性研究進展。林業科學研究 14(2): 215-222。
- 林介龍、盧惠生、王義仲、劉晉榮、黃曜謀 (2006) 六龜試驗林演溪植群調查。華岡農科學報 18: 111-126。
- 林登秋、林則桐、江智明、夏禹九、金恒鑣 (1999) 颱風對台灣東北部天然闊葉樹林林冠幹擾之研究。中華林學季刊, 32(1):67-78。
- 林維君 (2001) 以生態觀點為基礎的河流廊道規劃-以基隆河為例。國立臺北大學資源管理研究所碩士論文。
- 洪富文、游漢明、馬復京 (1995) Typhoons of 1994 doubled the annual litterfall of the Fu-Shan mixed hardwood forest ecosystem in northeastern Taiwan。林業試驗所研究報告季刊 10(4): 485-49。
- 徐憲生 (2006) 七家灣溪濱岸植群監測與地景變遷。國立中興大學森林學系碩士班碩士論文。
- 高惠真 (2007) 遊客對奧萬大國家森林遊樂區景觀偏好之研究。國立嘉義大學森林暨自然資源研究所碩士論文。
- 張建春 (2001) 河岸帶功能及其管理。水土保持學報 15(6): 143-146。
- 張焜標、張耀聰 (2000) 恆春半島佳樂水瀑布上游溪岸之森林植群分析。屏東科技大學學報 9(1): 9-19。
- 郭礎嘉 (2009) 七家灣溪濱岸植群動態。國立中興大學森林學系碩士班碩士論文。
- 郭耀綸、尤國霖、楊月玲、王相華 (2007) 颱風擾動對台灣南部墾丁森林林下光量及六種樹苗生長的影響。臺灣林業科學 22(4): 367-380。
- 陳吉泉 (1996) 河岸植被特徵及其生態系統和景觀中的作用。應用生態學報 7(4): 439-448。
- 陳信雄、謝昱男 (2007) 森林在公益功能效益上之探討。中華林學季刊 40(1): 135-145。

- 陳財輝、洪富文 (1993) 澎湖海岸林現況及颱風帶來鹽霧危害後林木恢復生長之調查。林業試驗所研究報告季刊 8(2): 129-14。
- 黃婷璟 (2004) 濱溪植物在推移帶分布狀態及其耐受性適生之研究。中華大學土木工程學系碩士論文。
- 黃鎮國、張偉強 (2007) 中國熱帶近百年氣候波動與自然災害。自然災害學報 16(2): 40-45。
- 楊正釗 (1993) 台北縣烏來鄉桶后溪濱溪植群之研究。國立台灣大學森林學研究所保育組碩士論文。
- 葉慶龍、朱榮三 (1999) 屏東縣牡丹鄉牡丹溪濱溪植群研究。林業研究季刊 21(4): 17-32。
- 趙偉成 (2003) 洪水頻與河畔植生關係之研究於台灣南部地區。國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。
- 劉藍玉、楊正澤 (2005) 竹木材檢疫重要蠹蟲類(鞘翅目)害蟲介紹。植物重要防疫害蟲診斷鑑定研習會(五)
- 歐辰雄、呂金誠、簡益章 (1989) 奧萬大森林遊樂區植生調查報告。南投林區管理處。
- 盧孟明、陳佳正、林昀靜 (2007) 1951-2005 年台灣極端降雨事件發生頻率之變化。大氣科學 35(2): 87-103。
- 薛豔紅、陳芳清、樊大勇、謝宗強 (2007) 宜昌黃楊對夏季淹水的生理生態學響應。生物多樣性 15(5): 542-547。
- 謝正倫 (2007) 溪流結構物對生態影響之定量評估。國立成功大學水利及海洋工程研究所博士論文。
- 鍾國基 (2005) 萬大溪濱溪植群生態研究。國立嘉義大學林業暨自然資源研究所碩士論文。
- 羅芳麗、曾波、陳婷、葉小齊、劉巔 (2007) 三峽庫區岸生植物秋華柳對水淹的光合與生長響應。植物生態學報 31(5): 910-918。
- 顧玉蓉、趙偉成、謝正倫 (2005) 河濱植生與河川基流量寬度關係之研究。特有生物研究 7(1): 51-60。
- Angelov, M. N., S-J S. Sung, R. L. Doong, W. R. Harms, P. P. Kormanik and C. C. Black (1996) Long- and short-term flooding effects on survival and sink - source relationships of swamp-adapted tree species. *Tree Physiology* 16: 477-484.
- Azami, K., H. Suzuki and S. Toki (2004) Changes in riparian vegetation communities below a large dam in a monsoonal region: Futase Dam, Japan. *River Research and Applications* 20:549-563.
- Bendix, J. and C. R. Hupp (2000) Hydrological and geomorphological impacts on riparian plant communities. *Hydrological Processes* 14 (16-17):2977-2990.
- Blom, C. W. P. M. (1999) Adaptation to flooding stress: from plant community to Molecule. *Plant Biology* 1:261-273.
- Choung, H.-L., C.-H. Kim, K.-C. Yang, J.-I. Chun and H.-C. Roh (2003) Structural characteristics and maintenance mechanism of *Ulmus pumila* community at the Dong River, Gangwon-do,

- South Korea. *Korean Journal of Ecology* 26(5):255-261.
- Duncan R. P. (1993) Flood disturbance and the coexistence of species in a lowland podocarp forest, South Westland, New Zealand. *Journal of Ecology* 81(3):403-416.
- Fathi-Maghadam, M. and N. Kouwen (1997) Nonrigid non-submerged vegetative roughness on floodplains, *Journal of Hydraulic Engineering* 123:51-57.
- Hosner, J. F. (1957) Effect of water upon the seed germination of bottomland trees. *Forest Science* 3:67-70.
- Hupp, C. R. and W. R. Osterkamp (1996) Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. *Geomorphology* 14:277-295.
- Jackson, M. B. and T. D. Colmer (2005) Response and Adaptation by Plants to Flooding Stress. *Annals of Botany* 96: 501–505.
- Kozłowski, T. T. (1997) Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monograph* 1:1-29.
- Kozłowski, T. T. (2002) Physiological-ecological impacts of flooding on riparian forest ecosystems. *Wetlands* 22(3):550-561.
- Lazdinis, M. and P. Angelstam (2005) Functionality of riparian forest ecotones in the context of former Soviet Union and Swedish forest management histories. *Forest Policy and Economics* 7(3):321–332.
- Lin, T.C., S. P. Hamburg, Y.J. Hsia, T.T. Lin, H.B. King, L.J. Wang, K.C. Lin. (2003) Influence of typhoon disturbances on the understory light regime and stand dynamics of a subtropical rain forest in northern Taiwan. *The Japanese Forestry Society* 8:139-145.
- Lyon, J. and N. M. Gross (2005) Patterns of plant diversity and plant-environmental relationships across three riparian corridors. *Forest Ecology and Management* 204:267-278.
- Nilsson, C. and M. Svedmark (2002) Basic principles and ecological consequences of changing water regimes: Riparian plant communities. *Environmental Management* 30 (4): 468-480.
- Nilsson, C., G. Grelsson, M. Johansson and U. Sperens (1989) Patterns of species richness along riverbanks. *Ecology* 70:77-84.
- Song, J.-S. and S.-D. Song (1996) A phytosociological study on the riverside vegetation around Hanchon, an upper stream of Nak-tong River. *Korean Journal of Ecology* 19(5): 431-451.
- Strange, E. M., K. D. Fausch and A. P. Covich (1999) Sustaining ecosystem services in human-dominated watersheds: biohydrology and ecosystem processes in the South Platte River Basin. *Environmental Management* 24(1): 39-54.
- White, M. D. and K. A. Greer (2006) The effects of watershed urbanization on the stream hydrology and riparian vegetation of Los Peñasquitos Creek, California. *Landscape and Urban Planning* 74: 125-138.

附錄、奧萬大長期監測樣區植物名錄

蕨類植物

1. ASPLENIACEAE 鐵角蕨科

1. *Asplenium wilfordii* Mett. ex Kuhn. 威氏鐵角蕨

2. BLECHNACEAE 烏毛蕨科

2. *Blechnum orientale* L. 烏毛蕨
3. *Woodwardia orientalis* Sw. var. *formosana* Rosenst. 東方狗脊蕨

3. DAVALLIACEAE 骨碎補科

4. *Davallia formosana* Hayata 大葉骨碎補
5. *Humata griffithiana* (Hook.) C. Chr. 杯狀蓋陰石蕨

4. DENNSTAEDTIACEAE 碗蕨科

6. *Microlepia speluncae* (L.) Moore 熱帶鱗蓋蕨
7. *Microlepia strigosa* (Thunb.) Presl 粗毛鱗蓋蕨

5. DRYOPTERIDACEAE 鱗毛蕨科

8. *Arachniodes aristata* (G. Forst.) Tindle 細葉複葉耳蕨
9. *Cyrtomium falcatum* (L. f.) C. Presl 全緣貫眾蕨

6. OLEANDRACEAE 蓀蕨科

10. *Nephrolepis cordifolia* (L.) C. Presl 腎蕨

7. POLYPODIACEAE 水龍骨科

11. *Colysis pothifolia* (Don) Presl 橢圓線蕨
12. *Lemmaphyllum microphyllum* Presl 伏石蕨
13. *Microsorium fortunei* (T. Moore) Ching 大星蕨
14. *Microsorium punctatum* (L.) Copel. 星蕨
15. *Pyrosia linearifolia* (Hook.) Ching 絨毛石筆

8. PTERIDACEAE 鳳尾蕨科

16. *Pteris cretica* L. 大葉鳳尾蕨

9. SELAGINELLACEAE 卷柏科

17. *Selaginella delicatula* (Desv.) Alston 全緣卷柏
18. *Selaginella moellendorffii* Hieron. 異葉卷柏

10. THELYPTERIDACEAE 金星蕨科

19. *Cyclosorus acuminatus* (Houtt.) Nakai ex H. Ito 小毛蕨
20. *Thelypteris torresiana* (Gaudich.) Alston 大金星蕨

種子植物

裸子植物

11. PINACEAE 松科

21. *Pinus morrisonicola* Hayata 臺灣五葉松
22. *Pinus taiwanensis* Hayata 臺灣二葉松

被子植物

雙子葉植物

12. ACERACEAE 槭樹科
 23. *Acer albopurpurascens* Hayata 樟葉槭
 24. *Acer serrulatum* Hayata 青楓
13. ACTINIDIACEAE 獼猴桃科
 25. *Saurauia tristyla* DC. var. *oldhamii* (Hemsl.) Finet & Gagnep. 水冬瓜
14. AMARANTHACEAE 莧科
 26. *Achyranthes aspera* L. var. *indica* L. 印度牛膝
 27. *Achyranthes aspera* L. var. *rubro-fusca* Hook. f. 紫莖牛膝
15. ANACARDIACEAE 漆樹科
 28. *Rhus javanica* L. var. *roxburghiana* (DC.) Rehd. & Willson 羅氏鹽膚木
16. APOCYNACEAE 夾竹桃科
 29. *Trachelospermum jasminoides* (Lindl.) Lemaire 絡石
17. AQUIFOLIACEAE 冬青科
 30. *Ilex asprella* (Hook. & Arn.) Champ. 燈稱花
18. ARALIACEAE 五加科
 31. *Aralia bipinnata* Blanco 裡白蔥木
 32. *Dendropanax dentiger* (Harms ex Diels) Merr. 臺灣樹參
 33. *Fatsia polycarpa* Hayata 臺灣八角金盤
19. ASCLEPIADACEAE 蘿藦科
 34. *Cynanchum atratum* Bunge 牛皮消
 35. *Marsdenia formosana* Masam. 臺灣牛彌菜
20. BETULACEAE 樺木科
 36. *Carpinus kawakamii* Hayata 阿里山千金榆
21. CAPRIFOLIACEAE 忍冬科
 37. *Abelia chinensis* R. Brown var. *ionandra* (Hayata) Masam. 臺灣糯米條
 38. *Sambucus chinensis* Lindl. 有骨消
 39. *Viburnum luzonicum* Rolfe 呂宋英迷
22. CELASTRACEAE 衛矛科
 40. *Celastrus punctatus* Thunb. 光果南蛇藤
23. CHLORANTHACEAE 金粟蘭科
 41. *Chloranthus oldhami* Solms. 臺灣及己
24. COMPOSITAE=ASTERACEAE 菊科
 42. *Aster taiwanensis* Kitam. 臺灣馬蘭
 43. *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. 大花咸豐草
 44. *Blumea riparia* (Blume) DC. var. *megacephala* Randeria 大頭艾納香
 45. *Conyza canadensis* (L.) Cronq. 加拿大蓬
 46. *Conyza sumatrensis* (Retz.) Walker 野茼蒿
 47. *Crassocephalum rubens* (Juss. ex Jacq.) S. Moore 昭和草
 48. *Gynura bicolor* (Roxb. & Willd.) DC. 紅鳳菜
 49. *Sonchus oleraceus* L. 苦蕒菜
 50. *Youngia japonica* (L.) DC. 黃鵪菜
 51. *Pterocypsela indica* (L.) C. Shih 鵝仔草
25. CONVULVULACEAE 旋花科
 52. *Ipomoea mauritiana* Jacq. 槭葉牽牛

26. CUCURBITACEAE 葫蘆科

53. *Thladiantha nudiflora* Hemsl. ex Forbes & Hemsl. 青牛膽
54. *Trichosanthes cucumeroides* (Ser.) Maxim. ex Fr. & Sav. 王瓜

27. ELAEAGNACEAE 胡頹子科

55. *Elaeagnus glabra* Thunb. 藤胡頹子

28. ELAEOCARPACEAE 杜英科

56. *Elaeocarpus japonicus* Sieb. & Zucc. 薯豆
57. *Elaeocarpus sylvestris* (Lour.) Poir. 杜英

29. ERICACEAE 杜鵑花科

58. *Rhododendron breviperulatum* Hayata 埔里杜鵑
59. *Vaccinium bracteatum* Thunb. 米飯花

30. EUPHORBIACEAE 大戟科

60. *Glochidion acuminatum* Muell.-Arg. 裡白饅頭果
61. *Glochidion rubrum* Bl. 細葉饅頭果
62. *Mallotus japonicus* (Thunb.) Muell.-Arg. 野桐

31. FAGACEAE 殼斗科

63. *Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst. var. *glauca* 青剛櫟
64. *Cyclobalanopsis globosa* Lin & Liu 圓果青剛櫟
65. *Quercus variabilis* Bl. 栓皮櫟

32. FLACOURTIACEAE 大風子科

66. *Idesia polycarpa* Maxim. 山桐子
67. *Scolopia oldhamii* Hance 魯花樹

33. HAMAMELIDACEAE 金縷梅科

68. *Liquidambar formosana* Hance 楓香

34. JUGLANDACEAE 胡桃科

69. *Engelhardtia roxburghiana* Wall. 臺灣黃杞

35. LAURACEAE 樟科

70. *Beilschmiedia erythrophloia* Hayata 瓊楠
71. *Cinnamomum insulari-montanum* Hayata 山肉桂
72. *Cinnamomum osmophloeum* Kanehira 土肉桂
73. *Litsea akoensis* Hayata 屏東木薑子
74. *Litsea coreana* Levl. 鹿皮斑木薑子
75. *Litsea elongata* (Wall. ex Nees) Benth. & Hook. f. var. *mushaensis* (Hayata) J. C. 竹葉楠
76. *Litsea hypophaea* Hayata 小梗木薑子
77. *Litsea rotundifolia* Hemsl. var. *oblongifolia* (Nees) Allen 白背木薑子
78. *Machilus zuihoensis* Hayata 香楠
79. *Neolitsea konishii* (Hayata) Kanehira & Sasaki 五掌楠
80. *Phoebe formosana* (Hayata) Hayata 臺灣雅楠

36. LEGUMINOSAE=FABACEAE 豆科

81. *Crotalaria pallida* Ait. var. *obovata* (G. Don) Polhill 黃野百合
82. *Desmodium heterocarpon* (L.) DC. var. *strigosum* van Meeuwen 直毛假地豆
83. *Desmodium heterophyllum* (Willd.) DC. 直立假地豆
84. *Dumasia villosa* DC. subsp. *bicolor* (Hayata) Ohashi & Tateishi 臺灣山黑扁豆
85. *Millettia pinnata* (L.) G. Panigrahi 水黃皮

37. LORANTHACEAE 桑寄生科

86. *Korthalsella japonica* (Thunb.) Engl. 檜葉寄生木

87. *Scurrula liquidambaricolus* (Hay.) Danser 大葉楓寄生
 88. *Scurrula lonicerifolius* (Hay.) Danser 忍冬葉寄生
38. MAGNOLIACEAE 木蘭科
 89. *Michelia compressa* (Maxim.) Sargent 烏心石
39. MENISPERMACEAE 防己科
 90. *Cocculus orbiculatus* (L.) DC. 木防己
 91. *Cyclea gracillima* Diels 土防己
40. MORACEAE 桑科
 92. *Ficus erecta* Thunb. var. *beeheyana* (Hook. & Arn.) King 牛奶榕
 93. *Ficus pumila* L. 薜荔
 94. *Maclura cochinchinensis* (Lour.) Corner 柘樹
 95. *Morus australis* Poir. 小葉桑
41. MYRIACEAE 楊梅科
 96. *Myrica rubra* (Lour.) Sieb. & Zucc. 楊梅
42. MYRSINACEAE 紫金牛科
 97. *Ardisia comudentata* Mez subsp. *morrisonensis* (Hayata) Yuen P. Yang 玉山紫金牛
 98. *Ardisia virens* Kurz 黑星紫金牛
 99. *Embelia laeta* (L.) Mez var. *papilligera* (Nakai) Walker 藤木樹
 100. *Maesa perlaria* (Lour.) Merr. var. *formosana* (Mez) Yuen P. Yang 臺灣山桂花
43. MYRTACEAE 桃金娘科
 101. *Syzygium formosanum* (Hayata) Mori 臺灣赤楠
44. OLEACEAE 木犀科
 102. *Fraxinus griffithii* C. B. Clarke 臺灣白臘樹
45. PIPERACEAE 胡椒科
 103. *Peperomia reflexa* (L. f.) A. Dietr. 小椒草
 104. *Piper kadsura* (Choisy) Ohwi 風藤
46. PITTOSPORACEAE 海桐科
 105. *Pittosporum illicioides* Makino 疏果海桐
47. POLYGONACEAE 蓼科
 106. *Polygonum multiflorum* Thunb. ex Murray var. *hypoleucum* (Ohwi) Liu, Ying & Lai 臺灣何首烏
48. RANUNCULACEAE 毛茛科
 107. *Clematis leschenaultiana* DC. 銹毛鐵線蓮
49. RHAMNACEAE 鼠李科
 108. *Sageretia thea* (Osbeck) Johnst. 雀梅藤
50. ROSACEAE 薔薇科
 109. *Prunus campanulata* Maxim. 山櫻花
 110. *Prunus phaeosticta* (Hance) Maxim. 墨點櫻桃
 111. *Rubus parvifolius* L. 紅梅消
51. RUBIACEAE 茜草科
 112. *Ophiorrhiza japonica* Blume 蛇根草
 113. *Paederia foetida* L. 雞屎藤
 114. *Randia spinosa* (Thunb.) Poir. 對面花
 115. *Tricalysia dubia* (Lindl.) Ohwi 狗骨仔
 116. *Wendlandia formosana* Cowan 水金京

52. RUTACEAE 芸香科

- 117. *Citrus poonensis* Hort. ex Tanaka 橘子
- 118. *Murraya euchrestifolia* Hayata 山豆葉月橘
- 119. *Tetradium glabrifolium* (Champ. ex Benth.) T. Hartley 臭辣樹
- 120. *Zanthoxylum scandens* Bl. 藤崖椒

53. SABIACEAE 清風藤科

- 121. *Meliosma rhoifolia* Maxim. 山豬肉

54. SAPINDACEAE 無患子科

- 122. *Euphoria longana* Lam. 龍眼
- 123. *Koelreuteria henryi* Dummer 臺灣樂樹
- 124. *Sapindus mukorossii* Gaertn. 無患子

55. SAXIFRAGACEAE 虎耳草科

- 125. *Deutzia pulchra* Vidal 大葉溲疏
- 126. *Deutzia taiwanensis* (Maxim.) Schneider 臺灣溲疏
- 127. *Hydrangea chinensis* Maxim. 華八仙

56. SCROPHULARIACEAE 玄參科

- 128. *Paulownia fortunei* Hemsl. 泡桐

57. SOLANACEAE 茄科

- 129. *Lycianthes biflora* (Lour.) Bitter 雙花龍葵

58. STACHYURACEAE 旌節花科

- 130. *Stachyurus himalaicus* Hook. f. & Thomson ex Benth. 通條木

59. STAPHYLEACEAE 省沽油科

- 131. *Turpinia formosana* Nakai 臺灣山香圓

60. STYRACACEAE 安息香科

- 132. *Styrax formosana* Matsum. 烏皮九芎

61. THEACEAE 茶科

- 133. *Adinandra formosana* Hayata 臺灣楊桐
- 134. *Eurya chinensis* R. Br. 中國柃木
- 135. *Gordonia axillaris* (Roxb.) Dietr. 大頭茶

62. THYMELAEACEAE 瑞香科

- 136. *Daphne arisanensis* Hayata 臺灣瑞香

63. ULMACEAE 榆科

- 137. *Aphananthe aspera* (Thunb.) Planch. 糙葉樹
- 138. *Celtis formosana* Hayata 臺灣朴樹
- 139. *Celtis sinensis* Pers. 朴樹

64. URTICACEAE 蕁麻科

- 140. *Boehmeria nivea* (L.) Gaudich var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq 青苧麻
- 141. *Oreocnide pedunculata* (Shirai) Masam. 長梗紫苧麻

65. VERBENACEAE 馬鞭草科

- 142. *Callicarpa formosana* Rolfe 臺灣紫珠
- 143. *Clerodendrum canescens* Wall. ex Walpers 白毛臭牡丹
- 144. *Clerodendrum trichotomum* Thunb. 海州常山

66. VITACEAE 葡萄科

- 145. *Ampelopsis brevipedunculata* (Maxim.) Traut. var. *hancei* (Planch.) Rehd. 漢氏山葡萄

146. *Tetrastigma umbellatum* (Hemsl.) Nakai 臺灣崖爬藤

單子葉植物

67. ARACEAE 天南星科

147. *Alocasia odora* (Lodd.) Spach. 姑婆芋
148. *Arisaema formosanum* (Hayata) Hayata 臺灣天南星
149. *Colocasia formosana* Hayata 山芋

68. COMMELINACEAE 鴨跖草科

150. *Commelina communis* L. 鴨跖草

69. DIOSCOREACEAE 薯蕷科

151. *Dioscorea collettii* Hook. f. 南華薯蕷

70. GRAMINEAE=POACEAE 禾本科

152. *Arundo formosana* Hack. 臺灣蘆竹
153. *Cyrtococcum patens* (L.) A. Camus 弓果黍
154. *Ichnanthus vicinus* (F. M. Bailey) Merr. 距花黍
155. *Lophatherum gracile* Brongn. 淡竹葉
156. *Miscanthus floridulus* (Labill.) Warb. ex K. Schum. & Lauterb. 五節芒
157. *Oplismenus compositus* (L.) P. Beauv. 竹葉草

71. LILIACEAE 百合科

158. *Asparagus cochinchinensis* (Lour.) Merr. 天門冬
159. *Lilium formosanum* Wallace 臺灣百合
160. *Liriope minor* (Maxim.) Makino var. *angustissima* (Ohwi) Ying 細葉麥門冬

72. ORCHIDACEAE 蘭科

161. *Calanthe sieboldii* Decne. ex Regel 黃根節蘭
162. *Chilochista segawai* (Masam.) Masam. & Fukuy. 大蜘蛛蘭
163. *Gastrochilus formosanus* (Hayata) Hayata 臺灣松蘭
164. *Luisia teres* (Thunb.) Bl. 金釵蘭

73. SMILACACEAE 菝葜科

165. *Smilax bracteata* Presl 假菝葜
166. *Smilax bracteata* Presl var. *verruculosa* (Merr.) T. Koyama 糙莖菝葜

74. ZINGIBERACEAE 薑科

167. *Alpinia flabellata* Ridl. 南投月桃

本名錄各分類群統計如下表：

類別	科數	屬數	種數(含以下分類群)
蕨類植物	10	17	20
裸子植物	1	1	2
雙子葉植物	55	104	124
單子葉植物	8	20	21
總計	74	142	167