

107年度自行研究成果報告

題目：探討防火林帶對於林火蔓延阻隔效益—
以武陵地區為例



年度：107

編號：859

單位：榮民森林保育事業管理處

研究人員：阮名揚、蔡國書、陳駿銘、于幼新

榮民森林保育事業管理處107年度自行研究成果報告摘要表

研 究 題 目	探討防火林帶對於林火蔓延阻隔效益-以武陵地區為例
研究單位及人員	棲蘭山工作區 阮名揚、蔡國書、陳駿銘、于幼新
研 究 期 程	107年01月至107年12月
內 容 摘 要	
<p>一、研究緣起與目的</p> <p>森林火燒為森林生態系統重要干擾因子，嚴重者會破壞森林結構、減低森林功能或燒毀整個森林。近年著名例子為美國加州森林火燒造成嚴重人員及財產損失，對生態環境造成嚴重影響。因此對於森林管理者而言，如何在反覆發生林火區域，利用造林技術，選擇具耐火潛力與防火樹種，以維持林分及防止森林火燒蔓延和擴展的功能，實為重要之工作。</p> <p>本研究以臺灣中部的武陵地區為研究區域(大甲溪事業區第37、38林班)，範圍涵蓋武陵農場及雪霸國家公園，因現地不同的需求目的而設置遊憩設施、劃設生態保護區，更有不同農作使用等的土地利用行為。該區域於民國91年發生森林火燒，受害面積廣大，危及櫻花鉤吻鮭棲地環境。本處於92年起選擇數種原生常綠闊葉樹建造防火林帶，然105年再次發生森林火燒，造成多種造林木受損或死亡。對於同一地點發生類似林火行為，爰有探討之必要。</p> <p>有鑑於此，本研究主要探討：防火林帶建造對於林火蔓延阻隔效益、火災跡地復舊造林作業降低森林火燒強度之效益及了解各造林樹種火燒後生長表現與回復狀況，供作為防火林帶造林之參考，可減省為未來重新造林的成本，在臺灣森林保護工作上是值得深入推行發展之方向。</p> <p>二、研究方法與過程</p>	

(一)武陵地區氣象資料搜集

蒐集民國92年至106年武陵地區每月平均相對濕度資料，並利用林務局林火災害潛勢庫資訊系統查詢92年至106年期間大甲溪事業區森林火災發生次數，以探討林火發生季節，俾為往後森林防火之參考。

(二)研究區域歷年造林臺帳資料蒐集

早期因東西橫貫公路開築及德基水庫興建，為水庫集水區保安蓄水功能及提高林地生產力，於民國56年實施林相變更計畫，大面積種植臺灣二葉松。因臺灣二葉松枝葉中富含松脂使其易燃性增高，且高含量的樹脂亦減緩枯葉的腐化分解，大量累積的枯枝葉層將增加發生森林火燒的可能性，而成為臺灣發生森林火燒最頻繁的林型。本研究將蒐集該區域歷年造林臺帳資料，以初步瞭解研究區之造林樹種概況。

(三)火災範圍確認及資料蒐集

蒐集民國91及105年武陵地區(大甲溪事業區第37、38林班)火燒範圍圖資確認105年森林火燒範圍包含本處建造防火林帶及擴植造林地計54.3公頃，造林時間分別為92、95、96、97、99、100年度，造林樹種包含具有經濟價值高、輪伐期長，臺灣扁柏、紅檜、臺灣肖楠、台灣杉等4種針葉樹種及臺灣櫟、青剛櫟、大頭茶、木荷、狹葉高山櫟、狹葉櫟、川上氏石櫟、紅淡比、長尾尖槲、山櫻花、三斗石櫟、青楓、森氏櫟、楓香等14種耐火性強闊葉樹種。

(四)現地勘查

本研究參考林務局東勢林區管理處資料確定105年4月9日火燒範圍，研擬調查路線後即進行踏勘。勘查火災跡地之地被植生及地況，以探討防火林帶對於森林火燒阻隔效益及突破防火林帶危及至武陵茶園上方之原因。

(五)樣區設立及調查

為考慮海拔、地形及不同造林年度等因素，本研究調查採用多樣區法，樣區採用10公尺 x 10公尺方形樣區。分別於民國100年火災跡地復舊造林地內設置4個樣區(編號1、2、3、4)、民國92年建造防火林帶內設置2個樣區(編號5、6)及於防火林帶未被

林火波及的區域設置1個對照組(如圖4，樣區資料詳如附錄二)。調查樣區內造林木火燒後萌芽生長表現，於火燒後2個月(105/06/01)趁其枯葉尚未脫落之前，或待萌芽後對其樹種加以判視，對樣區內造林木進行繫牌標誌與樹種紀錄，萌芽調查分別2個月(105/06/27)、3個月(105/07/18)、6個月(105/10/18)、9個月(106/01/20)、11個月(106/03/20)、13個月(106/05/03)與16個月(106/08/28)，共7次紀錄萌芽株數、基徑及高度生長情形。

三、研究發現與建議

(一)森林火燒發生次數與相對濕度關係

武陵地區森林火燒季節明顯出現在冬初(十一至十二月)至翌年春季(一至四月)，此現象與相對濕度關係密切，另經分析92年至106年台中市和平區森林火燒發生原因並加以歸類，此區域森林火燒幾乎是人為引起之特性。因此林務單位應於容易發生森林火燒季節藉由林地巡視、民眾防火宣導，推廣受林、護林、提醒入山人員注意用火安全，以期達成減少森林火燒發生。

(二)防火線及防火林帶對於林火蔓延阻隔效益

本處於52年至63年間於研究區域設置10公尺寬防火線，以期阻隔林火蔓延，然而91年5月武陵大火引起樹冠火，使團火飛越10公尺防火線，導致受害面積達350.92公頃。火燒後本處遂於92年起將原本防火線擴建成50公尺寬防火林帶，然105年相同地點又發生森林火燒，本研究藉由91年及105年火燒受害面積進行比較，結果發現105年林火延燒範圍僅82.22公頃，相較於91年5月大火350.92公頃，被害面積相對輕微。由此可知，於50公尺寬防火林帶上栽植闊葉樹種，營造成複層林在不同層次上能降低空氣流動速度，達到防止森林火燒蔓延和擴展效果。

(三)火災跡地復舊造林作業對於降低森林火燒強度之效益

由於大型森林火燒集中在大甲溪事業區之原因與燃料特性密不可分。本處藉由火災跡地復舊造林作業選擇具耐旱性、抗火性及具經濟價值樹種，營造複層結構之林相，並藉由造林撫育措施，移除臺灣二葉松小苗，期望複層耐火闊葉造林木能漸次取代臺

灣二葉松純林，減少松針燃料源累積。105年森林火燒僅地表上枯落物、芒草等輕型燃料燃燒以地表火方式進行延燒，未引燃起樹冠火。由此可知，火災跡地復舊造林作業能有效降低森林火燒強度及被害面積。

(四)各樹種火燒後生長表現與回復狀況

本研究自105年火燒後調查92年與100年造林木，設置6個樣區對扁柏、肖楠、青剛櫟與木荷等造林樹種進行現地生長調查與16個月的監測，依調查資料顯示：火燒後針葉樹之扁柏及肖楠無萌蘖之發生，顯示造林木已死亡；14年生之青剛櫟萌蘖率為73.3%，萌蘖高度為 23.5 ± 9.7 公分。6年生之青剛櫟萌蘖率為100%，萌蘖高度為 37.8 ± 28.6 公分。14年生之木荷萌蘖率81.1%，萌蘖高度為 153.3 ± 47.8 公分；6年生之木荷萌蘖率100%；萌蘖高度為 61.5 ± 36.2 公分。經由t-test檢定青剛櫟與木荷不同年生造林木萌蘖之高度，顯示青剛櫟在2種不同齡級間造林木萌蘖樹高無顯著差異($p=0.1435$)；木荷造林木14年生的萌蘖樹高顯著高於6年生($p=0.0454$)。由此可知，防火林帶建置及火災跡地復舊造林選擇具耐火潛力的防火樹種，可在火災後透過萌蘖更新的方式快速的恢復，建議將以青剛櫟搭配木荷，利用木荷萌蘖後快速生長優勢與青剛櫟形成不同層次之林分結構，可大幅減少未來重新造林的成本，並達到阻隔林火蔓延效益。

五、林務單位造林苗木培育支援

近年來林務單位為採種育苗需要，已設有優良固有樹種之母樹林、種子園、採穗園加以集約管理經營，以確保林木種子產量及種源，每年培育苗木提供造林作業。由於防火林帶建置及火災跡地復舊造林選擇具耐火潛力的防火樹種，具有防止森林火燒蔓延和擴展效果及降低森林火燒強度及被害面積，因此，本處自106年起於火燒範圍逐年編列經費進行苗木補植作業，並承蒙南投、東勢、羅東林區管處無償配撥木荷、楊梅、青剛櫟、三斗石櫟、森氏櫟、狹葉高山櫟、紅榨槭、楓香等防火樹種，合計32,800株苗木，支援本處執行火災跡地復舊造林作業。

摘要

森林火燒為森林生態系統重要干擾因子，嚴重者會破壞森林結構、減低森林功能或燒毀整個森林。近年著名例子為美國加州森林火燒造成嚴重人員及財產損失，對生態環境造成嚴重影響。因此對於森林管理者而言，如何在反覆發生林火區域，利用造林技術，選擇具耐火潛力與防火樹種，以維持林分及防止森林火燒蔓延和擴展的功能，實為重要之工作。

本研究位於台灣中部的武陵地區(大甲溪事業區第37、38林班)，乾燥季節之相對濕度低，使得燃料長期處於低濕狀態，較易引燃，經分析92年至106年台中市和平區各月份森林火燒發生次數與月平均相對濕度之關係，結果顯示兩者有密切關係，火燒季節明顯出現在冬初(十一至十二月)至翌年春季(一至四月)，五月以後開始減少，夏初至秋中(七至十月)為森林火較少之季節。森林火燒發生原因加以歸類分析，此區域森林火燒幾乎是人為引起。因此林務單位於易發生森林火燒季節，藉由林地巡視、民眾防火宣導，推廣愛林、護林、提醒入山人員注意用火安全，以期達成減少森林火燒發生。

研究區域於民國91發生森林火燒受害面積達350.92公頃，本處於92年起選擇數種原生常綠闊葉樹於火燒跡地進行造林，雖然105年再次發生森林火燒，造成多種造林木受損或死亡，但森林火燒延燒範圍僅82.22公頃，被害面積相對輕微，顯示藉由火災跡地復舊造林作業等相關撫育措施，能減少臺灣二葉松松針累積降低燃料量，又因防火林帶之設置營造成複層林結構，地表上枯落物、芒草等輕型燃料即使燃燒亦較不易由地表火轉為樹冠火型態，進而降低林火強度及被害面積。

本處自105年火燒後，於92年及100年造林地設置6個樣區，對臺灣扁柏、臺灣肖楠、青剛櫟與木荷等造林木進行調查與16個月的監測，了解各樹種火燒後生長表現與回復狀況。依調查資料顯示：火燒後針葉樹之扁柏及臺灣肖楠無萌蘖情形，顯示造林木已死亡；14年生之青剛櫟萌蘖率為73.3%，萌蘖高度為 23.5 ± 9.7 公分。6年生之青剛櫟萌蘖率為100%，萌蘖高度為 37.8 ± 28.6 公分。14年生之木荷萌蘖率81.1%，萌蘖高度為 153.3 ± 47.8 公分；6年生之木荷萌蘖率100%；萌蘖高度為 61.5 ± 36.2 公分。經由t-test檢定青剛櫟與

木荷不同年生造林木萌蘖之高度，顯示青剛櫟在2種不同齡級間造林木萌蘖樹高無顯著差異($p=0.1435$)；木荷造林木14年生的萌蘖樹高顯著高於6年生($p=0.0454$)。據此，本區火災跡地復舊造林，建議可以青剛櫟搭配木荷，利用木荷萌蘖後快速生長優勢與青剛櫟形成不同層次之林分結構，可大幅減少未來重新造林的成本。

目次

摘要.....	I
目次.....	III
表目次.....	V
圖目次.....	VI
第一章 緒論.....	1
第二章 前人研究.....	1
第一節 火燒發生統計.....	1
第二節 防火線及防火林帶.....	2
第三節 防火樹種之研究.....	5
第四節 臺灣二葉松更新機制.....	6
第五節 林木致死及萌蘖情形.....	6
第三章 研究方法.....	7
第一節 研究區域及環境概述.....	7
第二節 研究過程.....	9
第四章 結果與討論.....	12
第一節 林火發生次數與相對濕度關係.....	12
第二節 防火線及防火林帶對於林火蔓延阻隔效益.....	14

第三節 火災跡地復舊造林作業對於降低森林火燒強度之效益 .	21
第四節 各樹種火燒後生長表現與回復狀況.....	25
第五章 結論	31
參考文獻.....	33
附錄.....	35
附錄一 大甲溪事業區第38林班造林明細表.....	35
附錄二 設立樣區資料.....	38
附錄三 樣區調查資料.....	42

表目次

表1. 大甲溪事業區早期防火線開設統計表	3
表2. 歷年防火林帶栽植防火造林樹種統計表	17
表3. 大甲溪事業區38林班臺灣二葉松歷年造林統計	22
表4. 本處歷年火災跡地復舊造林作業主要栽植樹種統計表	23
表5. 火燒後2個月調查與16個月的監測各造林樹種萌蘖情形	26



上圖為107年9月份空拍研究區域防火林帶及火災復舊造林地情形(稜線為防火林帶，左側為38林班，右側為37林班)，38林班林木較為稀疏，火災後已逐漸恢復綠化。

圖目次

圖1. 永久森林防火線以切斷燃料連續性達成阻斷林火傳播.....	4
圖2. 利用難燃樹種的抗火與阻火特性形成綠色生物性防火林帶.....	5
圖3. 研究區域示意概況圖.....	1
圖4. 火燒後造林木萌蘗調查樣區設置位置圖.....	11
圖5. 92年至106年各月份發生森林火燒次數與月平均相對濕度關係圖..	1
圖6. 92年至106年林火發生次數與月平均相對濕度關係圖.....	1
圖7. 92年至106年台中市和平區森林火災發生原因分析圖.....	1
圖8. 大甲溪第37、38林班主要稜線開設10公尺寬防火線.....	15
圖9. 民國91年武陵地區森林火燒範圍圖.....	16
圖10. 寬10公尺防火林帶擴增為50公尺示意圖.....	1
圖11. 民國105年武陵地區火燒範圍圖.....	1
圖12. 91年及105年武陵大火受害面積圖.....	19
圖13. 林火突破防火林帶延燒至武陵農場茶園上方示意圖.....	1
圖14. 林火延燒至武陵農場茶園上方路徑地表植生情形.....	20
圖15. 救火人員於武陵農場茶園上方進行地表火撲滅情形.....	21
圖16. 本處歷年於火災跡地復舊造林作業位置圖.....	23
圖17. 105年武陵火災火舌在臺灣二葉松樹幹留下的焦黑痕跡.....	24
圖18. 民國92年2種造林樹種胸徑與樹高平均值.....	27

圖19. 民國100年6種造林樹種胸徑與樹高平均值	27
圖20. 民國92年2種造林樹種火燒後萌芽率	28
圖21. 民國100年度6種造林樹種火燒後萌芽率	1
圖22. 民國92年度2種造林樹種火燒後萌芽生長高度變化.....	30
圖23. 民國100年度6種造林樹種火燒後萌芽生長高度變化.....	30
圖24. 林務單位無償配撥青剛櫟造林苗木.....	32

第一章 緒論

森林火燒是自然界無法避免的現象，為森林生態系重要的干擾因子之一，是一種突發性強、破壞性大，處置救助較為困難的災害，會造成地形、地物、地貌的快速改變。

在臺灣國有林森林火燒的發生主要是以人為因素為主，其中以因墾殖引起最多，其次歸因於煙蒂引起的，狩獵亦為主要原因之一。臺灣中部大甲溪事業區發生火燒次數多(邱祈榮等，2006)，除了人為因子外，其他自然因子例如：森林植群型態及氣候條件也是影響森林火燒發生不可忽視之因子。在臺灣森林火燒易發生的地區，其地上植群主要以臺灣二葉松(*pinus taiwanensis*)為主，其可燃性高，撲救不易，常導致較大面積之燃燒，因此林務單位每年花費在防火保林的經費不貲。

近年來，林業經營在管理上對於森林火燒災害問題除了建立有效的森林防火林帶來防止森林火燒範圍擴大外，對於易發生森林火燒敏感地區，如何更改林相，使其不易發生森林火燒。因此如何在反覆發生森林火燒區域，利用造林技術，選擇具耐火與防火樹種以維持林分為重要工作且防火林帶植生將能增進水土保持、水源涵養及生物多樣性等功能。

本研究以臺灣中部的武陵地區為研究區域(大甲溪事業區第37、38林班)，該區域於民國91發生森林火燒，本處於92年起選擇數種原生常綠闊葉樹建造防火林帶，惟105年再次發生森林火燒，造成多種造林木受損或死亡。本研究主要探討：防火林帶建造對於林火蔓延阻隔效益、火災跡地復舊造林作業降低森林火燒強度之效益及了解各造林樹種火燒後生長表現與回復狀況，供作為防火林帶造林之參考，可減省為未來重新造林的成本，在臺灣森林保護工作上是值得深入推行發展之方向。

第二章 前人研究

第一節 火燒發生統計

陳源長(1967)曾分析1955~1965年間，臺灣火燒發生的次數與原因，其中以臺中地區為最，多發生於12月至隔年4月，發生原因以引火整地為主。許啟佑等(1984)曾統計

1974年~1983年間，臺灣森林火燒發生的次數與原因，有70%以上火燒發生於10:00~18:00之間，呂金誠(1990)提出火燒發生於上述時段中，除因這段時間人們活動最頻繁，致火燒發生的機會大增外，同時白天因為太陽照射，燃料之含水率較低，以致於可燃性提高；而夜晚則因大氣濕度較高，燃料有回潮之現象，使其較不易燃燒所致。陳正改等(1983)曾研究臺灣林火之有關氣象條件，認為導致大甲溪事業區在乾季時最易引起火燒主因是由於1. 微弱東北季風；2. 高壓迴流；3. 移動性高氣壓等三種因素，並認為野火前十日之累積雨量可視為其嚴重性程度的一項指標。呂金誠(1990)亦統計自1967至1988年，22年間臺灣地區紀錄有案之森林火燒共706次，平均每年發生森林火燒33.6次，每年焚燒面積達1,256.71公頃，平均每次火燒面積為39.16公頃。而發生的原因除有50%左右個案係原因不明者外，其餘幾乎全由人為所引起。林朝欽(1992、1993a、1993b、1999、2001)統計民國52年至80年間共記錄到森林火燒111次，燃燒面積達7,416.13公頃，其中屬於臺灣二葉松造林地達1,622.66公頃。林火發生之原因，除社會因子影響外，燃料累積問題可能是一個重要因素(黃清吟、林朝欽，2005)以森林火燒較頻繁的大甲溪事業區為例，依該地區之燃料調查數據顯示(周巧盈，2004)，大甲溪事業區原以收穫臺灣二葉松為目的之林相變更，改以水資源為主的保安目標(德委會，1991)，造成臺灣二葉松林燃料型態改變，近年來森林火燒頻繁已被懷疑係燃料量過高所致(林朝欽，2003)，加上強力滅火作業是否影響森林火燒發生次數雖仍須進行實驗加以驗證，但其影響火燒強度確屬可能(林朝欽、邱祈榮，2002)。

第二節 防火線及防火林帶

1. 防火線

防火線為移除林地上之植被，其目的為切斷燃料連續性，以達成阻斷森林火災傳播危險，防火線建造主要是根據林火原理之火三角(燃料、空氣及熱能)理論，將燃料移除造成森林火災熄滅或停止傳播，因此必需定期清除地表之可燃物以達到阻斷林火傳播之功能。防火線設置之寬度並無標準，美國為30-50公尺；日本為20-30公尺；印度1.5-50公尺；南非20-30公尺。雖寬度各國不一，但大致上外圍為主防火線、內部為分支線，

此種系統主要目的在切斷大面積燃料之連續性，使火災能止於一定範圍內。

臺灣大甲溪事業區為國有林事業區開設防火線最多之地區，其設置時間起緣於民國49年，由當時林務局所屬大甲、大雪山林區管理處及行政院輔導委員會森林開發處所開設(如表1)。民國56年實施林相變更造林計畫後，依造林地選擇稜線位置開闢5-30公尺寬不等之大小防線，並每年刈草。由於民國70年及74年間部份林班發生森林火災飛越防火線蔓延燃燒，因此，林務機關分別就部份既有防火線加寬至50公尺。故迄民國81年大甲溪事業區永久森林防火線(如圖1)規格共計5、10、15、30及50公尺等五種規格(林朝欽，1993)。

表1. 大甲溪事業區早期防火線開設統計表

設置機關	年度	寬度(m)	長度(m)	面積(m ²)	林班	備註
大雪山林區 管理處	49-51	10	29,022	290,220	11-14	1990年林務局改制大雪
					15-16, 22-24, 2	山林區與大
大甲林區管 理處	57-75	5, 15, 30, 50	31,962	802,000	7-28, 32-33, 35	甲林區合併
					-37, 44-45, 68- 69, 76, 84	為東勢林區 管理處
森林保育處	52-63	10	46,356	463,560	4-5, 37-44, 46	原為森林開 發處
合計			107,340	1,555,780		



圖1 永久森林防火線以切斷燃料連續性達成阻斷林火傳播

2. 防火林帶

1970年代開始，歐洲南部開始提出建造林帶防火的觀點，此觀點認為防火林帶乃利用森林植物的抗火與阻火特性，以難燃的樹種組成林帶，形成綠色生物性屏障，能降低空氣流動速度，在不同層次上達到防止森林火燒蔓延和擴展的功能。

一般而言，枝葉茂盛之樹冠能有效阻擋森林火燒之蔓延，而良好之林帶結構配置則形成不利於森林燃燒傳熱之環境。因此，防火林帶之配置規格應根據樹種本身之耐火性或耐火性能、林分燃燒性、生態學特性、造林地之地形與氣候條件特性等因素作考量。一般而言，熱帶性地區之防火林帶(如圖2)寬度可比溫帶地區相對窄些，以美國防火林帶而言，通常其寬度為15~50公尺範圍；而日本防火林帶範圍為30~34公尺寬。



圖2 利用難燃樹種的抗火與阻火特性形成綠色生物性防火林帶

第三節 防火樹種之研究

樹葉的燃燒性質為森林火災的主要影響因素，藉由樹葉之燃燒性質，來評估樹種的防火能力，以營造防火林帶來有效防止森林火災。因此，落葉性樹種在乾季落葉時，容易造成地上燃料物累積，較不適合做為防火林帶，又闊葉樹在乾旱貧瘠之林地存活率較針葉樹高，故以常綠闊葉樹種較適合作為防火樹種。然而，適合的防火樹種需以其燃燒特性、生物性、生態性、造林特性等因子評估，針葉樹華山松優於紅檜；闊葉樹中落葉樹依排序為臺灣紅榨槭、臺灣胡桃、楓香、臺灣赤楊、阿里山千金榆、青楓、栓皮櫟。常綠樹種排序為菱葉柃木、木荷、楊梅、臺灣雲葉、大頭茶、山肉桂、高山英蕨、長葉木薑子、青剛櫟、狹葉櫟、桂花(2012，郭晉維)。

第四節 臺灣二葉松更新機制

臺灣二葉松為臺灣特有種，主要分布於海拔高750-3,000公尺間之山地，常形成大面積純林，高可達35公尺。性喜陽光充足之立地，屬演替先期之陽性物種，於亞高山地區其地被層之優勢植物為高山芒(*Miscanthus sinensis*)及玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)。因立地乾燥，且常累積大量燃料，乾早期易引發火燒。火燒影響森林、灌叢、草生地，而且為決定植物演替方向及速度之主要因素。松樹一般普遍被認為是火燒適存(fire-adapted)樹種，並具有火燒趨向(呂，1990)。由於臺灣二葉松缺乏萌蘗機制，火燒後苗木之建立皆為種子苗，且因能適應火燒後之生態環境，若種子供應無虞，常於火燒後迅速建立。火燒發生後，更新狀況需視火燒強度而定，一般中高強度之火燒，若種源足夠，於亞高山地區7-8年即可完成天然更新。但若發生較高強度之火燒，雖使礦質土裸露，有利種子發芽、苗木建立，然因大部分林木死亡，缺乏種源，更新完成時間將超過10年。

第五節 林木致死及萌蘗情形

森林火燒對於植物直接的傷害，為導致死亡或木材的損壞。植物的火燒致死情形還受到許多因子影響如植物種類、個體差異、生育地之地形、氣候條件等。呂金誠(1990)曾對火燒後林木之致死率及萌蘗進行調查，發現因闊葉樹之萌蘗能力遠大於針葉樹，而使兩者之火燒致死率有極大之差異。松樹類因缺乏萌蘗能力，其完全致死率高達50~100%。而闊葉樹類則具旺盛之萌蘗能力，其致死率僅為1~19%左右，且致死率隨著地際直徑之增加而降低。火燒致死率除與樹種、胸徑及火燒強度有關外，亦與火燒發生的季節時期有關(陳明義等，1987)。

闊葉樹萌蘗方面，主要以根際萌蘗為主，約占存活闊葉樹類的60~90%，其餘呈枝幹萌蘗(陳明義、呂金誠，1990)。植物在火燒後能夠再行萌蘗，是因為植物具有保護營養芽的機制，包括樹皮、密集的葉基或土壤保護。土壤為熱的有效隔絕體，對於火燒時所釋放的熱量，在土壤中則顯的很低，通常只要幾公分的土壤，便可保護植物地下芽遭受火燒的危害。可見土壤對於植物分生組織的保護能力，遠較於樹皮來得有效。另萌蘗

能力除了與樹種有關之外，林齡亦具有相當大之影響，火燒後萌蘖能力在林齡6~10年生時最佳，苗木致死率會隨著地際直徑之增加而降低。

第三章 研究方法

第一節 研究區域及環境概述

1. 研究區域地理位置

大甲溪事業區第37、38林班位於雪霸國家公園東南隅，亦是德基水庫集水區治理計畫區域內，本研究區域範圍主要包括大甲溪上游七家灣溪、高山溪集水區和部分有勝溪水系，東以有勝溪為界，西以七家灣溪流域分隔，南達馬武霸山脈連接中橫公路宜蘭支線，北至羅葉尾山，為南北走向而成葫蘆型的狹長谷地，亦為櫻花鉤吻鮭棲地環境之涵蓋範圍(詳圖3)。

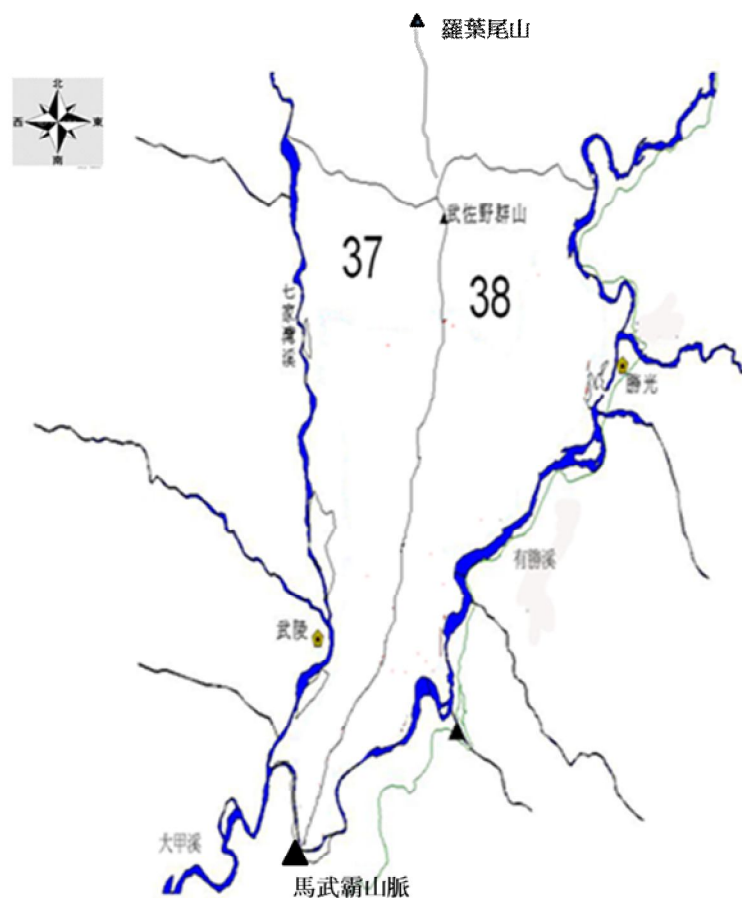


圖3 研究區域示意概況圖(東側以馬武佐野郡山稜線為界，與有勝溪相隔，西以七家灣溪流域分隔)

2. 自然環境

本研究區域涵蓋國有林班地、保護區及國家公園，位於德基水庫集水區，對水土資源涵養具舉足輕重之重要性，此區域海拔高度約在1,720至3,325公尺之間，氣候屬於副寒帶山地氣候區，終年平均氣溫約在15°C左右，年雨量約1,600mm，降雨量集中於夏季。區內植物受地形、氣候與土壤影響分布，林型概分為針葉林型、針闊葉混生林型與闊葉林型。

因研究區域位於大甲溪上游，緊鄰武陵地區七家灣流域為冰河期孑遺生物臺灣櫻花鉤吻鮭現存棲息地。該生物日治時期曾分布在大甲溪上游的合歡溪、高山溪、南湖溪、司界蘭溪、有勝溪與七家灣溪等溪流，但受高山果園開發及人為過度捕獵影響，原棲地受到人為破壞，導致野生族群只侷限分布於武陵地區七家灣流域，目前數量稀少到瀕臨絕種的地步。民國73年7月依「文化資產保存法」第49條及施行細則第72條之規定，指定並公告為珍貴稀有動物，被列為文化性資產之一，其現存棲息地七家灣流域亦於民國86年依據野生動物保護法，公告為野生動物保護區。由於七家灣溪在氣候、水文與河谷地形的影響下，兼備較為穩定的水文變化、冷冽貧養的清流、多樣的流水型態、礫卵鑲嵌的底石、以及豐沛的水生昆蟲，因而適合臺灣櫻花鉤吻鮭的生存，也形成其獨特的生態資源。

3. 土地利用

大甲溪為臺灣地區水資源利用率最高主要河川，為臺灣地區枯水期之主要水源。研究區域位大甲溪上游為德基水庫集水區內，亦涵蓋武陵農場及雪霸國家公園範圍，因應現地不同的需求目的而設置遊憩設施、劃設生態保護區，更有不同農作使用等的土地利用行為。其中武陵農場順應時代潮流、配合政府推動發展觀光產業，執行國土復育計畫「棄耕返林」，轉型朝生態旅遊、自然保育與農業休閒兼顧的目標邁進，積極創造休閒觀光景點以服務遊客，至今已蛻變成環境優美的生態旅遊公園，亦是重要的遊憩據點。

4. 森林經營撫育措施

民國91年武陵大火後本處即實施橫坡水平帶狀打樁編柵之水土保持工程，以穩定邊坡避免造成二次災害，並於民國92年起於防火線(10公尺寬)栽種青剛櫟、木荷及楊梅等防火樹種，將防火線改成具有防火、水土保持的防火林帶，另於民國95、96、97、98、99、100年藉由火災跡地復舊造林作業，將原本僅10公尺寬之防火林帶擴增為50公尺，期望以火災跡地復舊造林作業(歷年造林臺帳資料，詳如附錄一)，漸次取代臺灣二葉松人工純林，以減緩森林火災之發生，並建造50公尺寬防火林帶，期降低森林火災受害面積，藉由森林經營撫育措施增加德基水庫集水區上游森林覆蓋率，減少泥砂沖蝕，達成涵養水源之功效。

第二節 研究過程

1. 武陵地區氣象資料搜集

蒐集民國92年至106年武陵地區每月平均相對濕度資料，並利用林務局林火災害潛勢庫資訊系統查詢92年至106年期間大甲溪事業區森林火災發生次數，以探討林火發生季節，俾為往後森林防火之參考。

2. 研究區域歷年造林臺帳資料蒐集

早期因東西橫貫公路開築及德基水庫興建，為水庫集水區保安蓄水功能及提高林地生產力，於民國56年實施林相變更計畫，大面積種植臺灣二葉松。因臺灣二葉松枝葉中富含松脂使其易燃性增高，且高含量的樹脂亦減緩枯葉的腐化分解，大量累積的枯枝葉層將增加發生森林火燒的可能性，而成為臺灣發生森林火燒最頻繁的林型。本研究將蒐集該區域歷年造林臺帳資料，以初步瞭解研究區之造林樹種概況。

3. 火災範圍確認及資料蒐集

蒐集民國91及105年武陵地區(大甲溪事業區第37、38林班)火燒範圍圖資確認105年森林火燒範圍包含本處建造防火林帶及擴植造林地計54.3公頃，造

林時間分別為92、95、96、97、99、100年度，造林樹種包含具有經濟價值高、輪伐期長，臺灣扁柏、紅檜、臺灣肖楠、台灣杉等4種針葉樹種及臺灣櫟、青剛櫟、大頭茶、木荷、狹葉高山櫟、狹葉櫟、川上氏石櫟、紅淡比、長尾尖櫟、山櫻花、三斗石櫟、青楓、森氏櫟、楓香等14種耐火性強闊葉樹種。

4. 現地勘查

本研究參考林務局東勢林區管理處資料確定105年4月9日火燒範圍，研擬調查路線後即進行踏勘。勘查火災跡地之地被植生及地況，以探討防火林帶對於森林火燒阻隔效益及突破防火林帶危及至武陵茶園上方之原因。

5. 樣區設立及調查

為考慮海拔、地形及不同造林年度等因素，本研究調查採用多樣區法，樣區採用10公尺 x 10公尺方形樣區。分別於民國100年火災跡地復舊造林地內設置4個樣區（編號1、2、3、4）、民國92年建造防火林帶內設置2個樣區（編號5、6）及於防火林帶未被林火波及的區域設置1個對照組（如圖4，樣區資料詳如附錄二）。為調查樣區內造林木火燒後萌芽生長表現，於火燒後2個月（105/06/01）趁其枯葉尚未脫落之前，或待萌芽後對其樹種加以判視，對樣區內造林木進行繫牌標誌與樹種紀錄，萌芽調查分別2個月（105/06/27）、3個月（105/07/18）、6個月（105/10/18）、9個月（106/01/20）、11個月（106/03/20）、13個月（106/05/03）與16個月（106/08/28），共7次紀錄萌蘖株數、基徑及高度生長情形（調查資料詳如附錄三）。

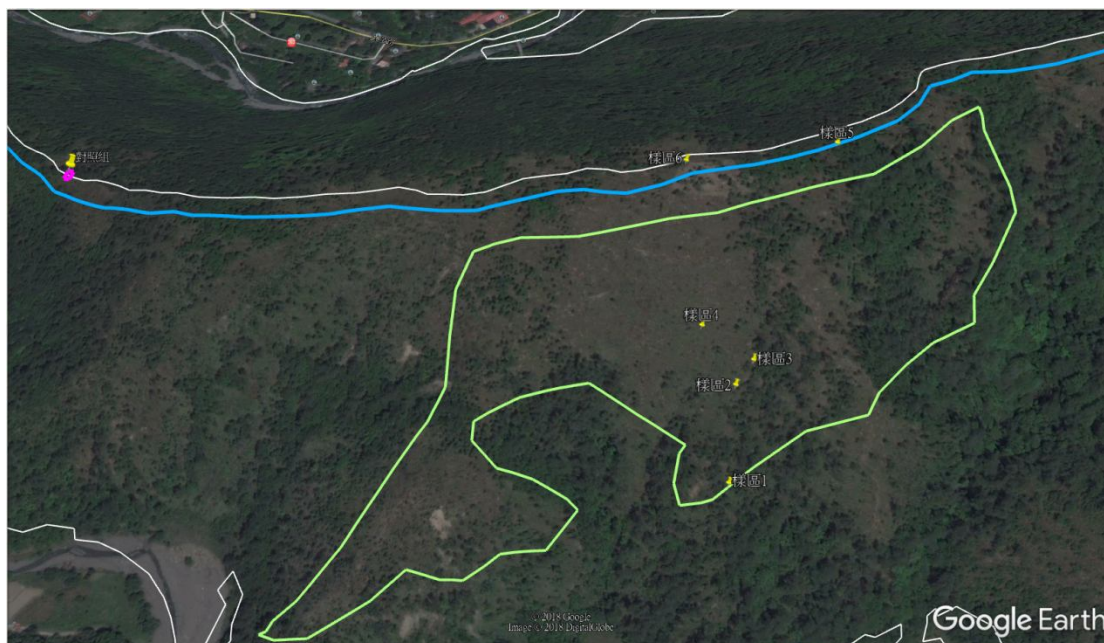


圖 4 火燒後造林木萌蘗調查樣區設置位置圖(分別於100年火災跡地復舊造林地內設置4個樣區1、2、3、4、民國92年建造防火林帶內設置2個樣區5、6及防火林帶未被森林火燒波及的防火林帶區域設置1個對照組)

第四章 結果與討論

第一節 林火發生次數與相對濕度關係

大甲溪事業區原以收穫臺灣二葉松為目的之林相變更，因改以水資源為主的保安目標，造成臺灣二葉松林燃料型態改變，近年來森林火燒頻繁已被懷疑係燃料量過高所致（林朝欽，2003）。

本研究利用林務局林火災害潛勢庫資訊系統查詢蒐集92年至106年台中市和平區森林火燒發生次數計28次，再加入期間武陵地區每月平均相對濕度資料進行整合分析（圖5），結果顯示森林火燒季節明顯出現在冬初（十一至十二月）至翌年春季（一至四月），五月以後開始減少，夏初至秋中（七至十月）為森林火燒較少之季節。森林火燒季中以十二月為森林火發生之最高峰（8次），其次為二月（6次），再次為一月（4次）及十一月（4次），此四個月森林火燒發生次數高達22次，占全部森林火總數的75.8%。此結果顯示發生森林火燒的次數與相對濕度有密切關係，大致上平均月相對濕度與森林火災發生次數呈反比（ $r = -0.632, p < 0.05$ ）。

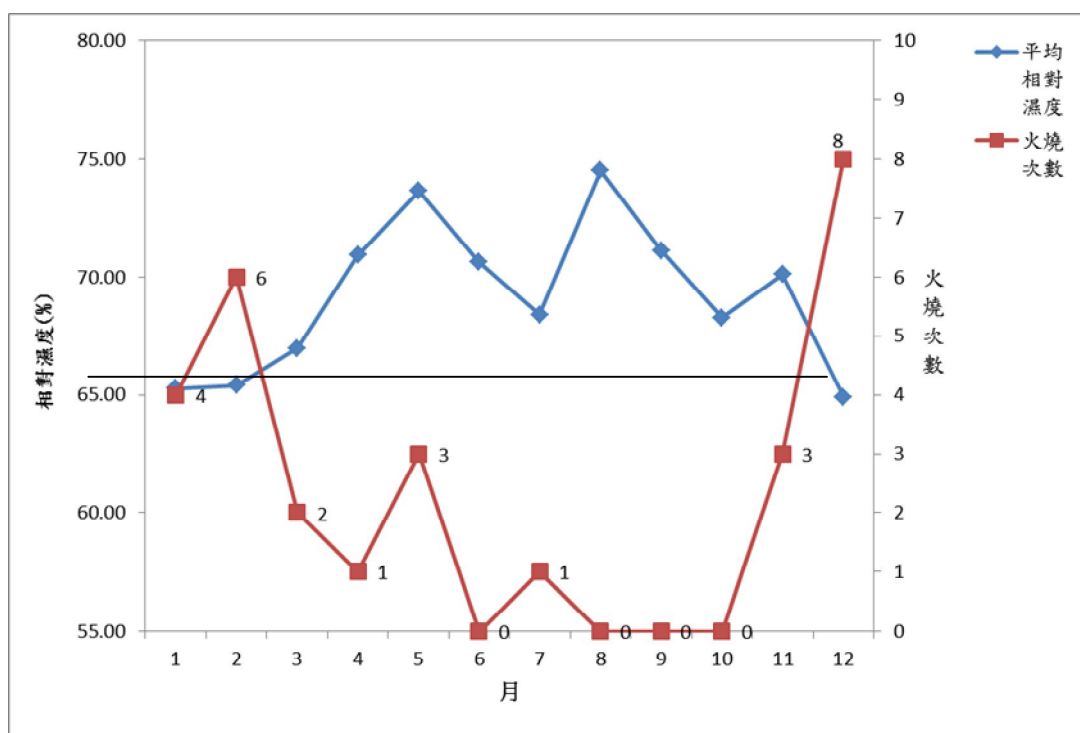


圖5 92年至106年各月份發生森林火燒次數與月平均相對濕度關係圖(台中市和平區)

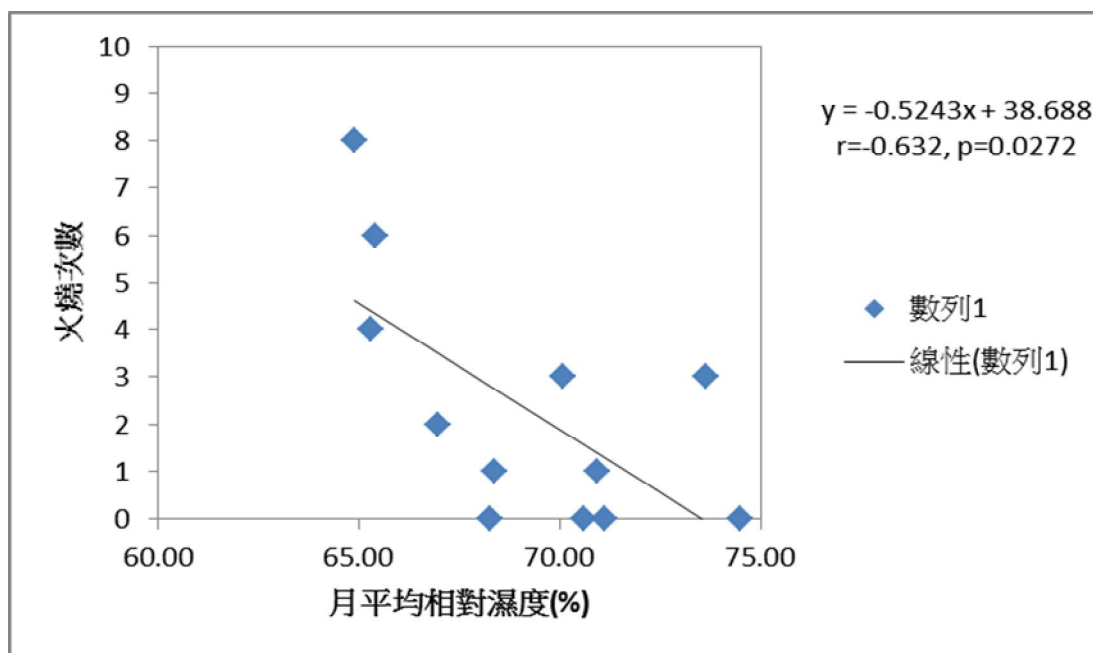


圖6 92年至106年林火發生次數與月平均相對濕度關係圖

由於武陵地區之氣候頗似溫帶地區，四季分明，乾燥季節之相對濕度低（林朝欽，1999），使得燃料長期處於低濕狀態，較易引燃，乾燥燃料燃燒傳播快速，若搶救不及則擴展成大火。另因區內高山果菜園林立，農民整理果菜園時間與乾燥季節重疊，且農民大部分用火作為整理果菜園工具（王筱萱，2004），使得森林火燒引發機會增加。本研究經分析92年至106年台中市和平區森林火燒發生原因並加以歸類，共區分為四類，分別是調查中36%(原因不詳)、引火不慎32%(飛火)、作業29%(集材、伐木等作業產生意外)及軍機墜落3%等四大類(如圖7)。依據此歸類92年至106年台中市和平區森林火燒發生原因，除有高達36%(10次)處調查中，但這可能大部分是人為因素造成。雖然森林火燒的次數與相對濕度有密切關係，然此區域森林火燒幾乎是為引起之特性。因此，林務單位於冬末至春末期間藉由防火宣導作業，教育民眾於乾燥季節小心用火，期達成減少森林火災發生。

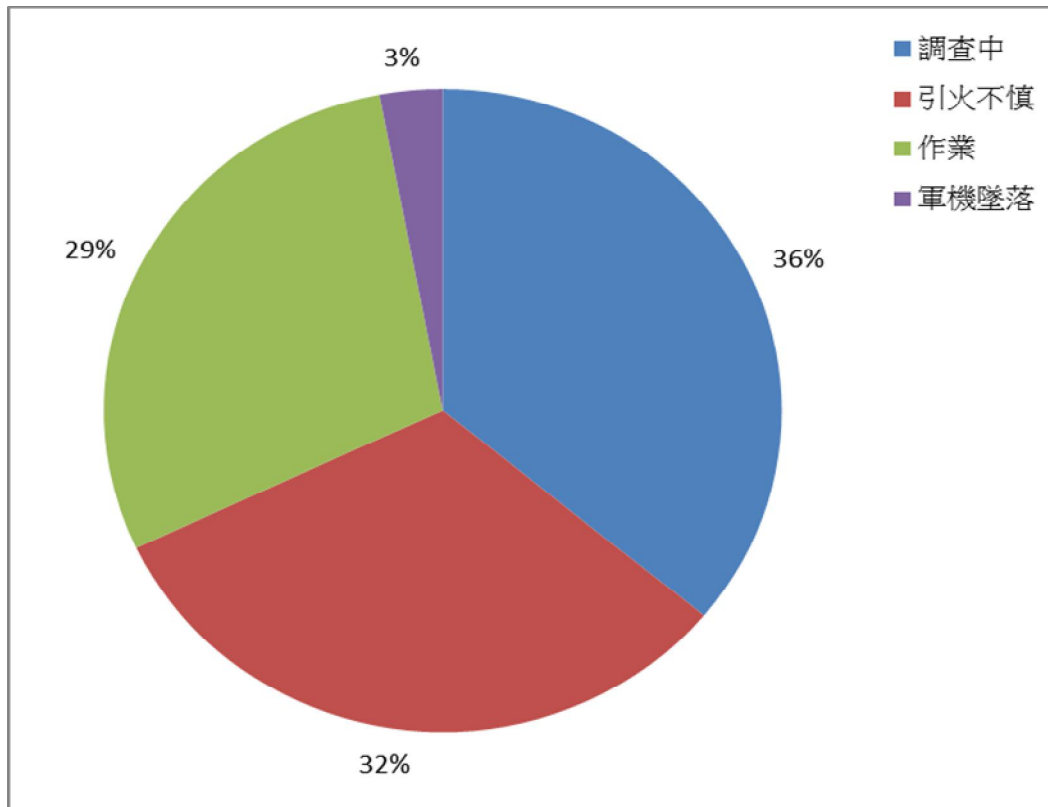


圖7 92年至106年台中市和平區森林火災發生原因分析圖

第二節 防火線及防火林帶對於林火蔓延阻隔效益

1. 防火線

防火線主要於林緣或林內開設一定寬度之帶狀空地，來隔絕樹冠火與地表火之蔓延，故需定期清除地表之可燃物以達到阻斷林火傳播之功能。

研究區域早期於大甲溪第37、38林班主要稜線開設10公尺寬防火線(如圖8)，然民國91年5月武陵發生森林火燒，由於林地內地被燃料松針、枯枝堆積，且具重質燃料倒木、枯立木，致使森林火燒延燒數日，且發生團火飛越防火線，導致被害面積擴大，更威脅到國寶魚櫻花鉤吻鮭的棲地環境。本研究參據火燒嚴重度之界定與評估：以武陵森林火災為例研究報告結果顯示(林朝欽，2005)，武陵火燒跡地受影響屬於重嚴重度級面積約7.84公頃，中嚴重度級之面積約106.73公頃，輕嚴重度級者面積約為236.35公頃，合計350.92公頃(如圖9)。

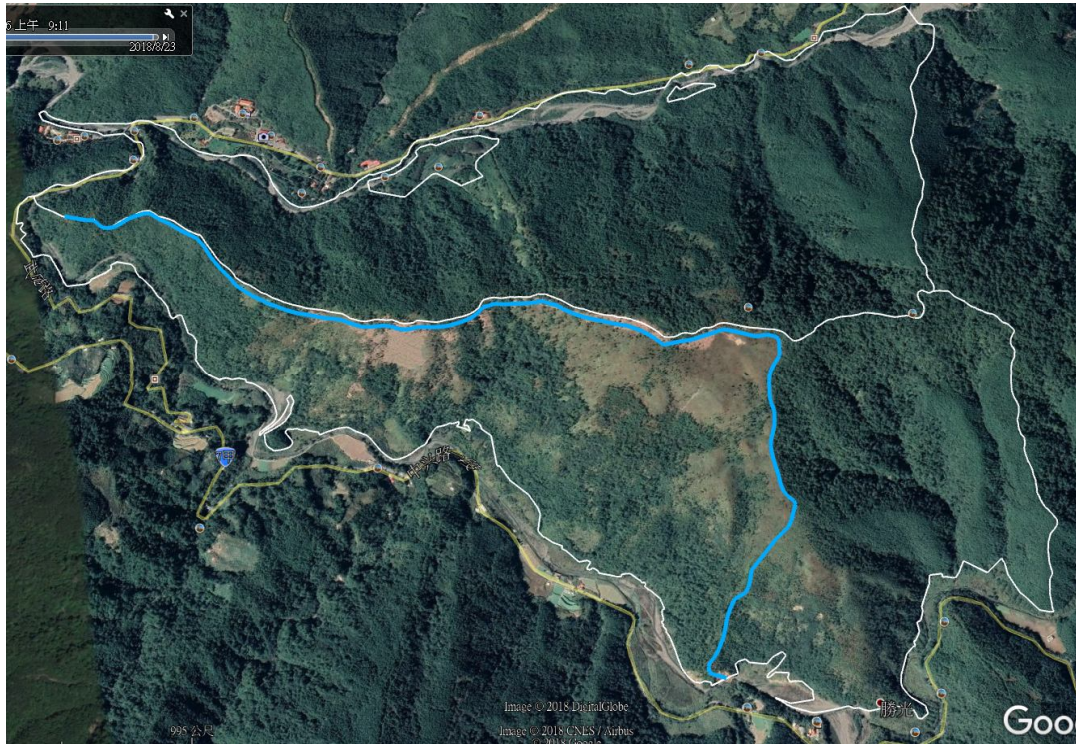


圖8 大甲溪第37、38林班主要稜線開設10公尺寬防火線(地圖上藍色線為10公尺寬防火線示意圖，照片為早期10公尺寬帶狀空地)

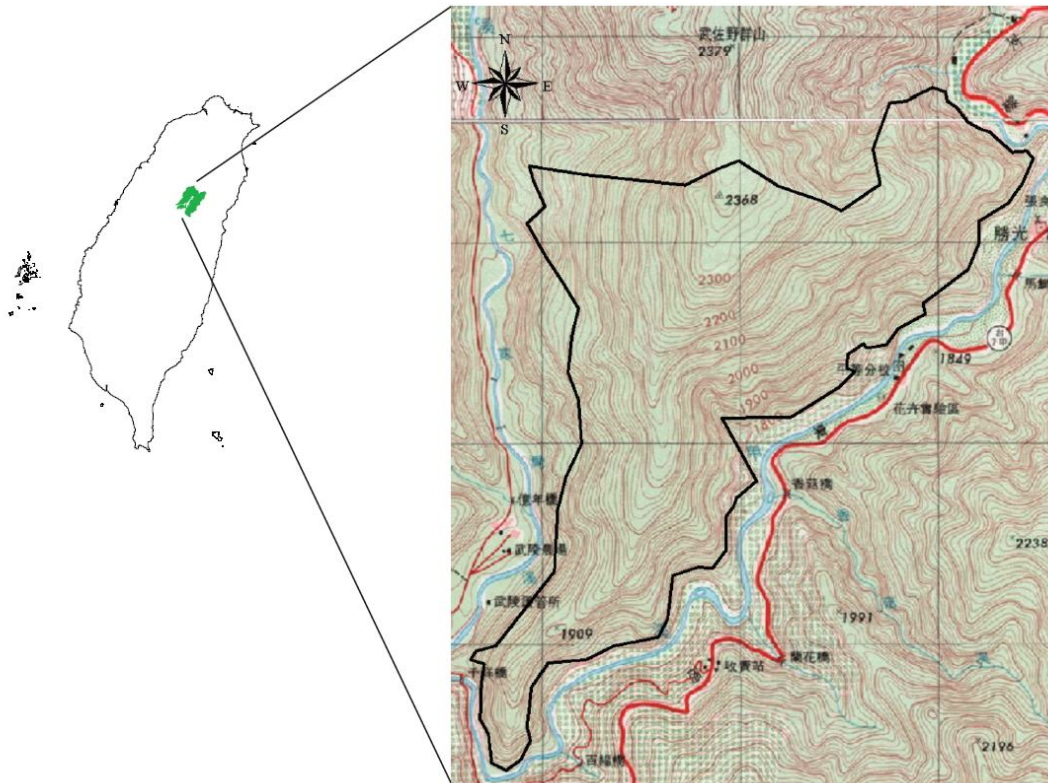


圖9 民國91年武陵地區森林火燒範圍圖(黑色框線為91年火燒範圍計350.92公頃)

2. 防火林帶

防火林帶乃利用森林植物的抗火與阻火特性，以難燃的樹種組成林帶，形成綠色屏障，能降低空氣流動速度，在不同層次上達到防止森林火燒蔓延和擴展的功能。

本區域於民國91發生森林火燒後，本處自92年起於10公尺寬防火線上栽種青剛櫟、木荷、楊梅等防火樹種建置成防火林帶，並於95年至100年期間藉由火災跡地復舊造林作業栽種木荷、青剛櫟、楊梅、槌子櫟、墨點櫻桃、狹葉櫟、紅淡比、狹葉高山櫟、川上氏石櫟等防火樹種，將原本10公尺寬防火林帶擴增為50公尺(如圖10)，造林面積50.33公頃，計栽種167,561株苗木(如表2)。然該區域於105再次發生森林火燒，依據東勢林區管理處提供火燒空照判釋資料顯示，林木重度被害面積約2.97公頃，林木中度被害面積約6.47公頃，林木輕度被害面積約4.44公頃；火場延燒範圍為82.2公頃(如圖11)。

表2 歷年防火林帶栽植防火造林樹種統計表

樹種	年度					小計	%
	92	95	96	97	98		
木荷	13,700	600	12,000	16,500	16,121	58,921	35.2
青剛櫟	12,620	22,800	6,900	3,300	7,738	53,358	31.8
楊梅	10,000	-	-	-	-	10,000	6.0
槲子櫟	-	800	-	-	-	800	0.5
墨點櫻桃	-	500	-	-	-	500	0.3
狹葉櫟	-	5,000	10,000	6,600	5,158	26,758	16.0
紅淡比	-	3,300	900			4,200	2.5
狹葉高山櫟	-	-	1,800	4,950	1,612	8,362	5.0
川上氏石櫟	-	-	1,400	1,650	1,612	4,662	2.8
合計						167,561	



圖10 寬10公尺防火林帶擴增為50公尺示意圖(藍色線為10公尺寬防火林帶；咖啡色線為95年起至100年間將10公尺防火林帶擴植至50公尺寬的範圍)

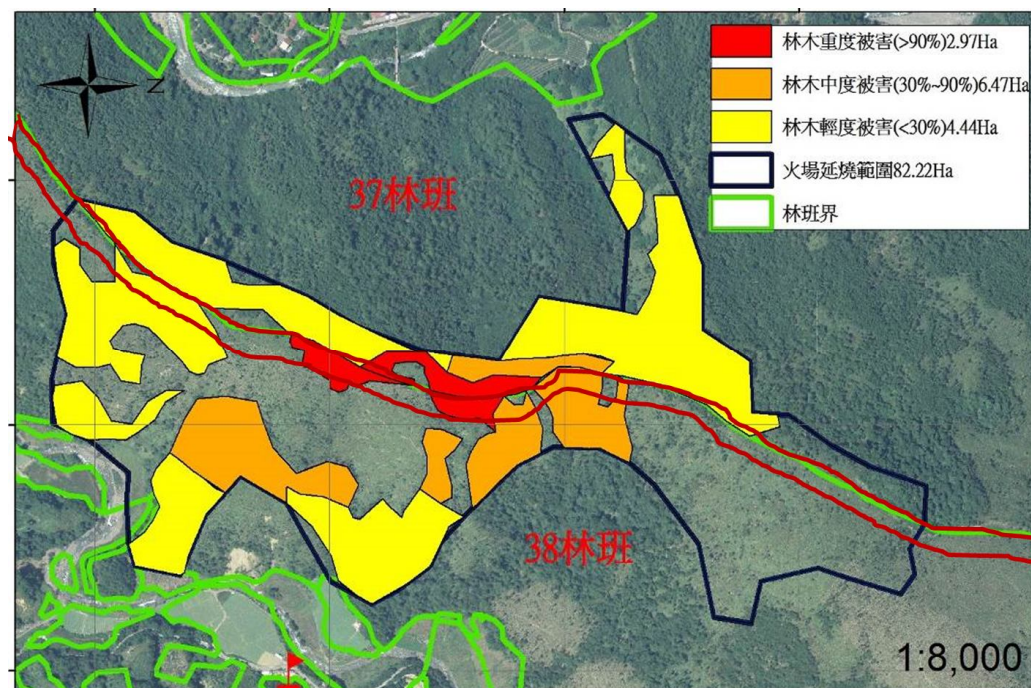


圖11 民國105年武陵地區火燒範圍圖(紅色框線為本處設置寬50公尺防火林帶)

本研究藉由將91年及105年相同地點的武陵森林火燒受害面積利用google earth軟體進行套疊(如圖12)，比較二次森林火燒面積差異。結果發現105年火場範圍僅82.22公頃，相較於91年5月350.92公頃，被害面積相對輕微。因此推測防火林帶栽植闊葉樹種營造成複層林之林分結構，能降低空氣流動速度，達到防止森林火燒蔓延和擴展的功能。

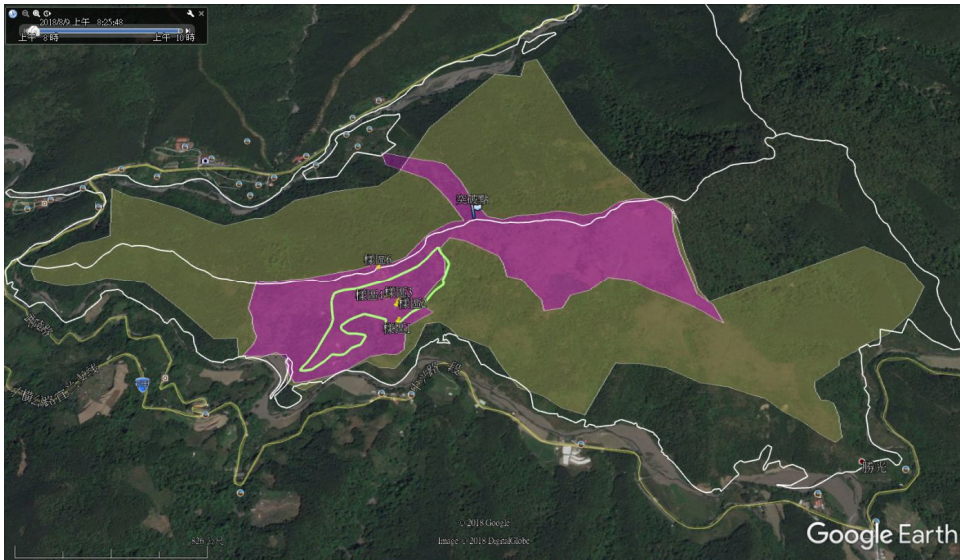


圖12 91年及105年武陵大火受害面積圖(黃色區塊代表91年火燒範圍；粉紅色區塊代表105年火燒範圍，綠色線為100年度造林地)

至於就105年森林火燒起火點位於100年度之造林地，並突破本處在92年建造之防火林帶延燒至武陵農場北側茶園上方(如圖13)，經現地勘察發現，突破點毗鄰二葉松及栓皮櫟混淆林，大多為松針及枯枝落葉又該年冬季芒草受霜害影響枯死，亦成為地表火之引火源，而東勢林管處於此區域建造防火林帶至武陵茶園上方(如圖14)，防火林帶上造林木幼小尚未成林且造林地內芒草、松針、枯葉、小枝條及少量之枯木、倒木等，其因體積小，因極乾燥且易於著火，故延燒迅速。所幸，本次森林火燒因僅地表芒草及枯落葉造成地表火延燒(如圖15)，未引起樹冠火，故火勢能即時撲滅。

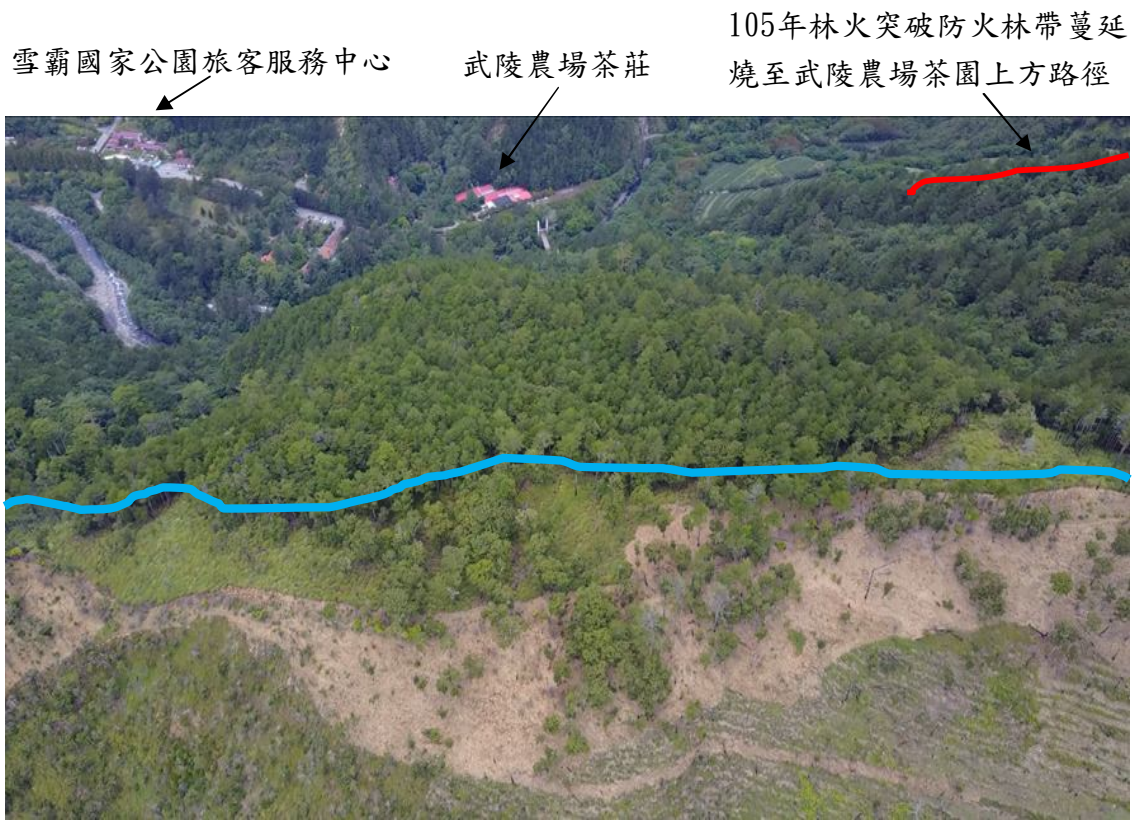


圖13 林火突破防火林帶延燒至武陵農場茶園上方示意圖(107年9月份空拍研究區域防火林帶情形，藍色線條為本處於大甲溪37、38林班設置防火林帶邊界)



圖14 林火延燒至武陵農場茶園上方路徑地表植生情形(防火林帶毗鄰二葉松及栓皮櫟混淆林，地被為松針及枯落葉，林火由此路徑蔓延至武陵農場茶園上方)



圖15 救火人員於武陵農場茶園上方進行地表火撲滅情形(本次森林火燒地表火延燒至武陵農場上方，然因僅地表芒草及枯落葉延燒未引起樹冠火，火勢能即時撲滅)

第三節 火災跡地復舊造林作業對於降低森林火燒強度之效益

大甲溪事業區的植群主要是臺灣二葉松林(劉崇瑞、蘇鴻傑，1978)，但於民國56年實施林相變更計畫，該地區每公頃臺灣二葉松株數與天然群落差異甚大。經整理大甲溪事業區第38林班臺灣二葉松造林台帳資料詳如表3。自民國53年迄59年配合林相變更作業，大面積種植臺灣二葉松，造林方式則採密植的栽種，每公頃3,900~4,200株。由於大面積臺灣二葉松純林，導致地被燃料松針、枯枝堆積厚度約30公分，因松針富含松脂，分解不易，民國91年發生森林火燒，引燃起樹冠火且發生團火飛越防火線，導致被害面積擴大。

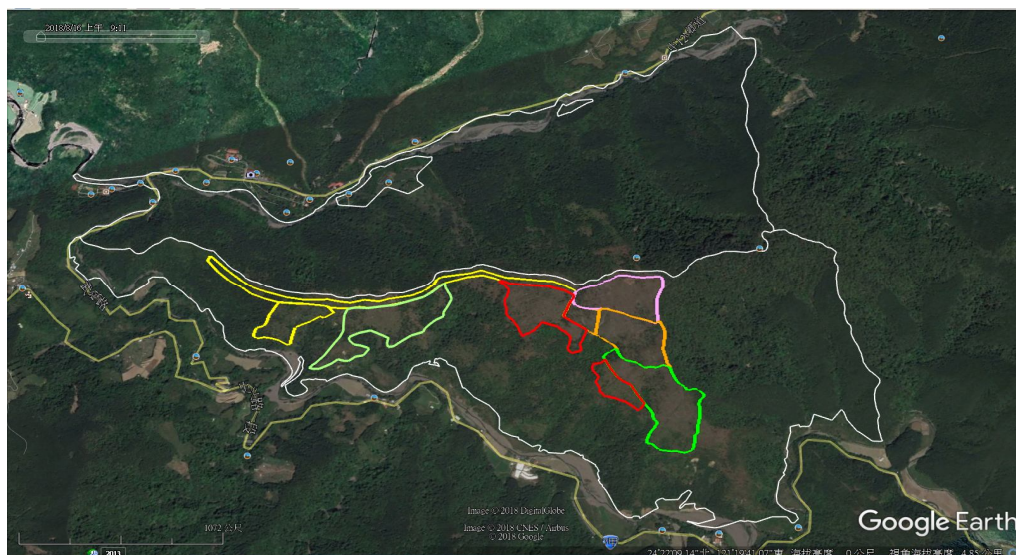
表3 大甲溪事業區38林班臺灣二葉松歷年造林統計

年度	樹種	株/公頃	面積(公頃)
53	臺灣二葉松	3923	23.40
54	臺灣二葉松	3834	84
57	臺灣二葉松	3724	32
59	臺灣二葉松	4282	8.24
合計			147.64

研究區域屬德基水庫集水區範圍編定為水源涵養保安林，為避免降雨造成地表逕流，土壤流失致使邊坡崩坍，本處民國92年起於火燒嚴重處，實施橫坡水平帶狀打樁編柵之水土保持工程，以穩定邊坡避免造成二次災害並於民國95、96、97、98、99、100年藉由火災跡地復舊造林作業(如圖16)，造林面積50.84公頃，栽植168,238株耐旱性、抗火性及具經濟價值造林苗木。其中主要造林樹種為青剛櫟24.5%、木荷16%、臺灣肖楠13.4%、臺灣扁柏10.7%、狹葉櫟10.5%、臺灣檫6.9%、山櫻花3.9%、長尾尖櫨3.5%及其他針、闊葉樹種10.5%(表4)，以期營造複層結構之生物性防火林相。

表4. 本處歷年火災跡地復舊造林作業主要栽植樹種統計表

樹種	年度						小計	%
	95	96	97	98	99	100		
青剛櫟	7,600	5,400	2,624	-	15,671	10,000	41,295	24.5
木荷	-	7,305	5,598	2,745	9,794	1,500	26,942	16.0
臺灣肖楠	400	1,500	1,749	5,148	3,428	10,269	22,494	13.4
臺灣扁柏	200	1,500	1,749	5,148	6,368	3,000	17,965	10.7
狹葉櫟	-	800	-	-	4,897	12,000	17,697	10.5
臺灣檫	7,670	1,000	874	2,059	-	-	11,603	6.9
山櫻花	-	-	874	1,030	3,722	1,000	6,626	3.9
長尾尖槭	2,000	1,000	874	-	490	1,500	5,864	3.5
其他樹種合計	1,470	800	3,148	1,030	4,604	6,700	17,752	10.5
總計							168,238	



- : 95年火災跡地復舊造林地
- : 97年火災跡地復舊造林地
- : 99年火災跡地復舊造林地
- : 96年火災跡地復舊造林地
- : 98年火災跡地復舊造林地
- : 100年火災跡地復舊造林地

圖16 本處歷年於火災跡地復舊造林作業位置圖

然而，民國105年又發生森林火燒，火燒範圍82.22公頃，林木受害面積僅13.88公頃，主要係燃燒輕型燃料如造林地內芒草、松針、枯葉、小枝條及少量之枯木、倒木等，其因體積小，因極乾燥且易於著火，故延燒迅速，雖有風勢助長，然因本處自95年起進行火災跡地復舊造林，栽植具耐旱性、抗火性及具經濟價值樹種，並藉由造林撫育措施，移除臺灣二葉松小苗期望能漸次取代臺灣二葉松純林，減少松針燃料源累積，改變燃料型態與降低燃料量，故本次森林火燒僅地表芒草及枯落葉延燒地表火，未引起樹冠火，受害面積較91年輕微。經由現場觀察火強度之效應由火舌在臺灣二葉松樹幹留下的焦黑痕跡推論約2公尺(如圖17)。



圖 17 105 年武陵火災火舌在臺灣二葉松樹幹留下的焦黑痕跡(由焦黑痕跡，推論此次火災僅以地表火快速進行蔓延，未引燃起樹冠火)

由於大型森林火燒集中在大甲溪事業區之原因與燃料特性密不可分。故本處藉由火災跡地復舊造林作業選擇具耐旱性、抗火性及具經濟價值樹種，營造複層結構之林相，並藉由造林撫育措施，移除臺灣二葉松小苗期望造林木能漸次取代臺灣二葉松純林，減

少松針燃料源累積。另一方面，又於稜線上設置50公尺寬的防火林帶，使其在垂直分布上營造成複層林，即使地表上枯落物、芒草等輕型燃料燃燒亦較不易能由地表火轉為樹冠火型態，進而降低火燒強度及被害面積。

第四節 各樹種火燒後生長表現與回復狀況

1. 火燒後調查各造林樹種萌蘖情形

森林發生火燒後，林地的植被回復，需視林地植被樹種的組成、種苗庫與萌蘖能力等特徵。本研究係針對本處於92年及100年時防火林帶及復舊造林時所栽植的造林樹種，進行火燒後生長表現與回復狀況之監測調查。於現地設置的6個樣區調查紀錄的樹種共有6種，分別為臺灣扁柏(100年度造林)、臺灣肖楠(100年度造林)、木荷(92、100年度造林)、青剛櫟(92、100年度造林)、狹葉櫟(100年度造林)與楓香(100年度造林)。並於火燒後2個月調查樣區內各造林樹種萌蘖情形並持續監測16個月後發現，針葉樹造林木扁柏及臺灣肖楠未萌蘖。而闊葉樹造林木萌蘖情形以青剛櫟、狹葉櫟、木荷等樹種萌蘖能力較佳，代表這些樹種的更新方法，可在火災後迅速回復(如表5)。

表5. 火燒後2個月調查與16個月的監測各造林樹種萌蘖情形

造林 年度	92 年度(防火林帶)						100 年度(復舊造林地)					
	火燒後 2 個月			火燒後 16 個月			火燒後 2 個月			火燒後 16 個月		
調查 時間	存 活 株 數	死 亡 株 數	存活率 (%)	存 活 株 數	死 亡 株 數	存活率 (%)	存 活 株 數	死 亡 株 數	存活率 (%)	存 活 株 數	死 亡 株 數	存活率 (%)
臺灣 扁柏	-	-	-	-	-	-	0	9	0	0	9	0
臺灣 肖楠	-	-	-	-	-	-	0	10	0	0	10	0
狹葉櫟	-	-	-	-	-	-	7	2	77.7	9	0	100
楓香	-	-	-	-	-	-	2	4	33.3	2	4	33.3
木荷	3	8	27.2	9	2	81.8	3	1	75	3	1	75
青剛櫟	7	8	46.6	11	4	73.3	9	3	75	12	0	100

2. 火燒後各樹種萌蘗生長表現情形

火燒調查樣區監測之造林木胸徑與樹高調查結果，14年生之造林木，青剛櫟平均基徑為 9.8 ± 4.5 公分，平均樹高為 246.0 ± 111.6 公分；木荷平均基徑為 6.1 ± 3.2 公分，平均樹高為 320.9 ± 144.7 公分(如圖18)。6年生之造林木，臺灣扁柏平均基徑為 1.1 ± 0.3 公分，平均樹高為 121.1 ± 16.9 公分；臺灣肖楠平均基徑為 2.9 ± 1.1 公分，平均樹高為 200.0 ± 49.8 公分；青剛櫟平均基徑為 2.3 ± 0.6 公分，平均樹高為 198.5 ± 78.2 公分；狹葉櫟平均基徑為 1.6 ± 0.7 公分，平均萌蘗高度為 138.9 ± 75.4 公分；楓香平均基徑為 1.9 ± 0.9 公分，平均樹高為 171.7 ± 83.0 公分；木荷平均基徑為 1.6 ± 0.7 公分，平均樹高為 147.5 ± 57.4 公分(如圖19)。

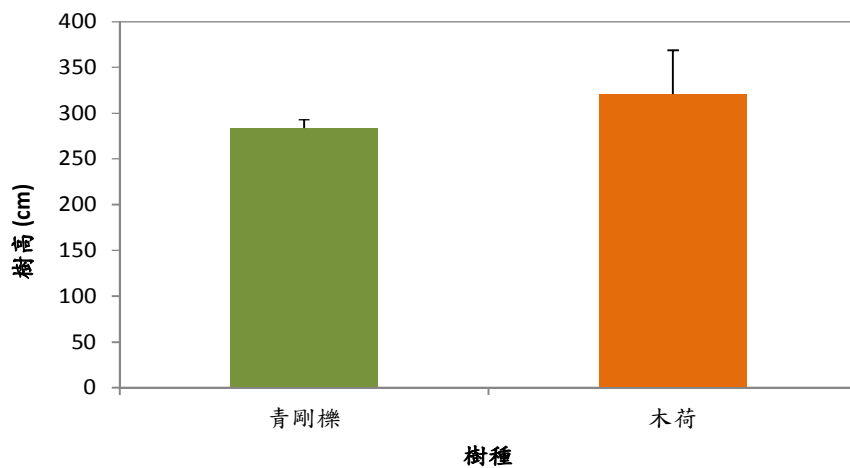


圖18 民國92年2種造林樹種胸徑與樹高平均值

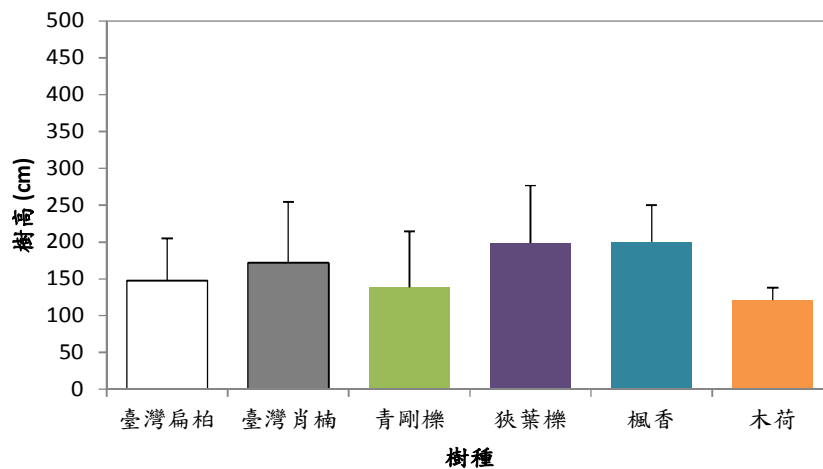


圖19 民國100年6種造林樹種胸徑與樹高平均值

依16個月的監測調查資料顯示，火燒後針葉樹之臺灣扁柏及臺灣肖楠無萌蘗之發生，顯示造林木已死亡；民國92年造林之14年生青剛櫟與木荷萌蘗率分別為73.3%與81.1%(如圖20)；民國100年造林之6年生之青剛櫟、狹葉櫟、楓香與木荷萌蘗率分別為100%、100%、33%與100%(如圖21)。本研究的結果，臺灣扁柏及臺灣肖楠2種造林樹種皆沒有出現萌蘗的現象，顯示於頻繁火燒的地區，較不適合選作為防火林帶之樹種。青剛櫟、狹葉櫟與木荷的萌蘗率皆達100%，顯示這3種樹種可在火燒後，透過萌蘗更新的方式快速的恢復。楓香則是4種闊葉樹種中萌蘗率較低，僅約3成。

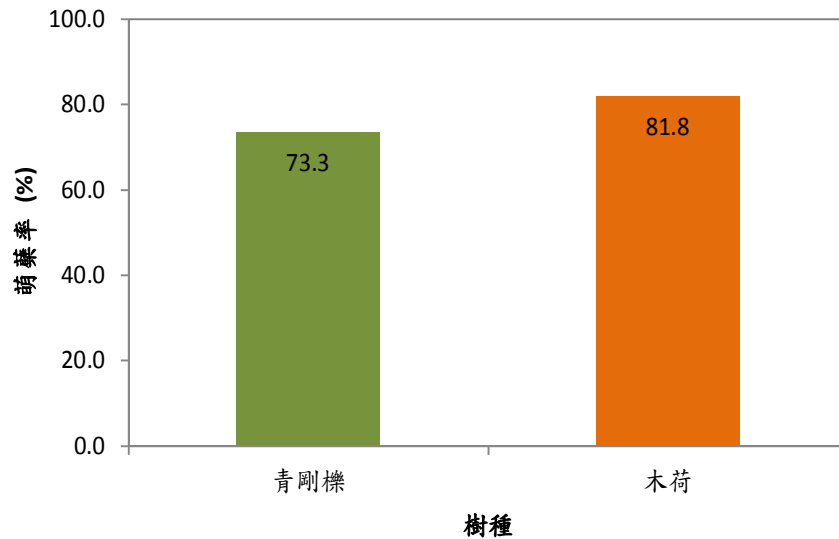


圖20 民國92年2種造林樹種火燒後萌芽率

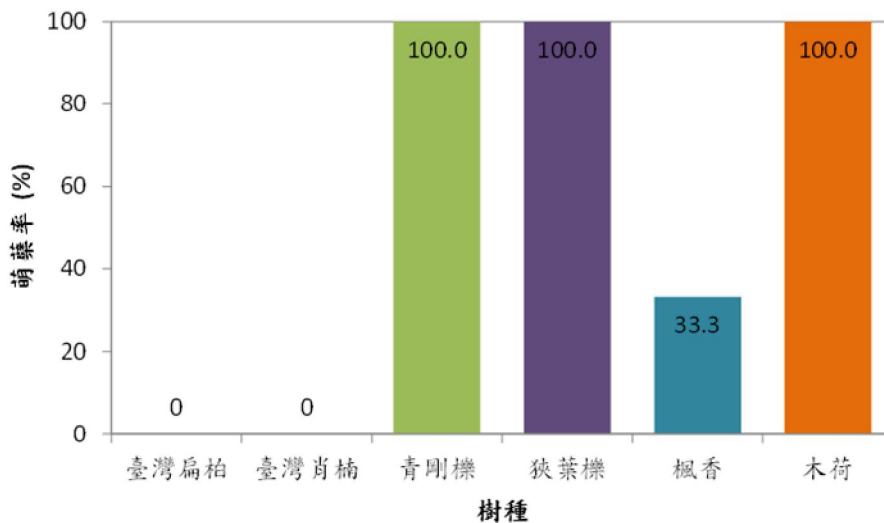


圖21 民國100年度6種造林樹種火燒後萌芽率

火燒後16個月後，6種樹種的萌蘗生長監測調查結果，14年生之造林木，青剛櫟平均萌蘗高度為 23.5 ± 9.7 公分；木荷平均萌蘗高度為 153.3 ± 47.8 公分(如圖22)。6年生之造林木，青剛櫟平均萌蘗高度為 37.1 ± 28.6 公分；狹葉櫟平均萌蘗高度為 43.3 ± 26.1 公分；楓香平均萌蘗高度為 134.5 ± 43.1 公分；木荷平均萌蘗高度為 61.5 ± 56.2 公分(如圖23)。6年生之台灣扁柏與台灣肖楠，在火燒後並沒有新的萌蘗產生，故無法監測其火燒後的萌蘗生長情形。不同樹種在火燒後16個月後的萌蘗平均生長高度監測結果顯示，以14年生的木荷，生長高度最高；6年生的楓香次之；其他則萌蘗平均高度在23.5-61.5公分。本研究中的青剛櫟與木荷，在92及100年皆有造林，因此將此2種樹種16個月的萌蘗高度生長，配適直線迴歸式，分析並瞭解2種樹種的在不同年齡時的生長速率差異。6年生青剛櫟($y=0.68x+30.52$, $R^2 = 0.42$)，每個月萌蘗高生長約0.68公分；6年生木荷($y=5.03x-15.16$, $R^2 = 0.79$)，每個月萌蘗高生長約5.03公分；14年生青剛櫟($y=1.26x + 4.70$, $R^2 = 0.86$)，每個月萌蘗高生長約1.26公分，14年生木荷($y=8.57x + 15.83$, $R^2 = 0.93$)，每個月萌蘗高生長約8.57公分。結果顯示，14年生的木荷萌蘗的高生長速率最快，而6年生的青剛櫟速率最慢。進一步透過t-test檢定青剛櫟與木荷不同年生造林木萌蘗之高度，顯示青剛櫟在2種不同齡級間造林木萌蘗樹高無顯著差異($p=0.1435$)；木荷造林木14年生的萌蘗高度顯著高於6年生($p=0.0454$)。

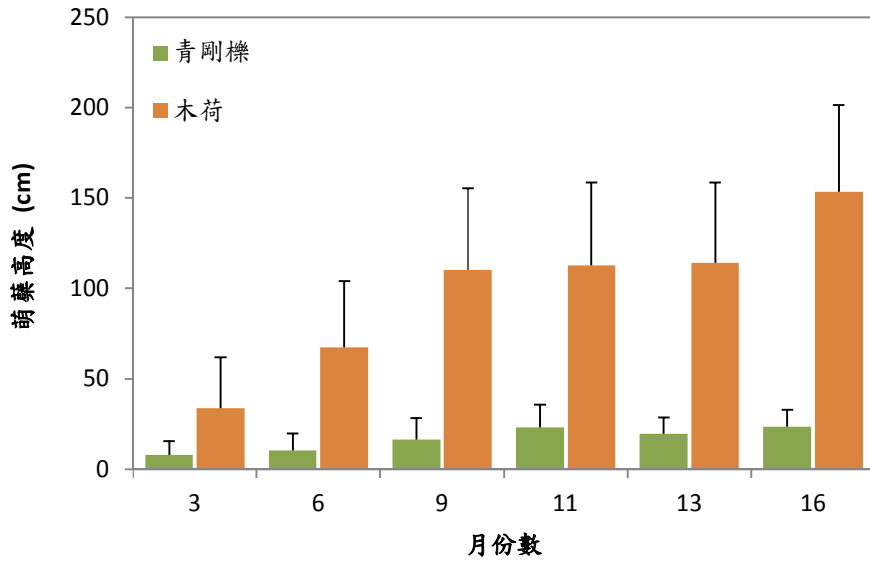


圖22 民國92年度2種造林樹種火燒後萌芽生長高度變化

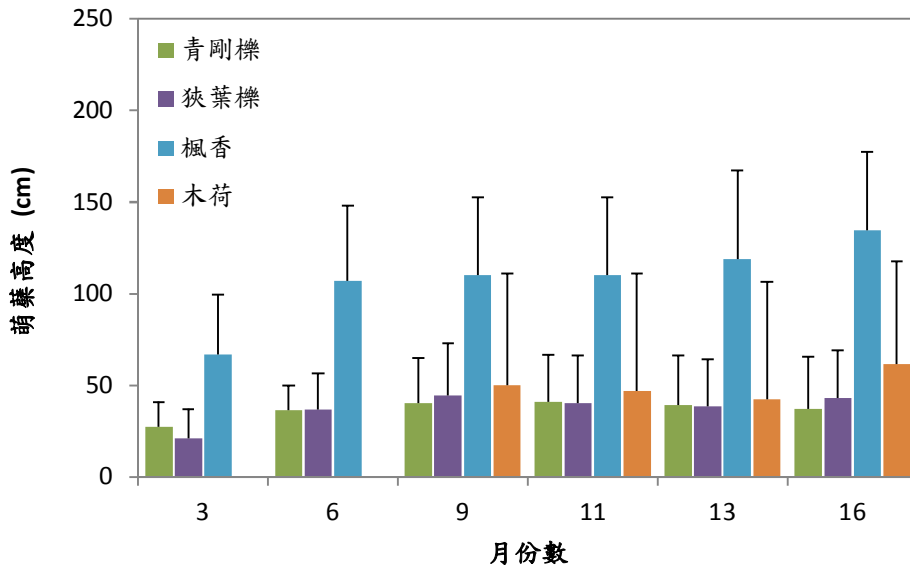


圖23 民國100年度6種造林樹種火燒後萌芽生長高度變化

森林發生火災後，原生或栽種於火災跡地上的樹種種類是植生回復的關鍵。本研究區域以原生常綠闊葉樹進行復育造林作業，建立闊葉樹之生物性防火林帶，除可彌補防火線上無植生的缺點，並且可以藉由其萌蘗能力在較短的時間恢復火災跡地植生覆蓋。依據本研究的結果，本區火災跡地復育造林，建議可以青剛櫟搭配木荷，利用木荷萌蘗後快速生長優勢與青剛櫟形成不同層次之林分結構，可大幅減少未來火災跡地重新造林的成本。

第五章 結論

一、森林火燒發生次數與相對濕度關係

武陵地區森林火燒季節明顯出現在冬初（十一至十二月）至翌年春季（一至四月），此現象與相對濕度關係密切，另經分析92年至106年台中市和平區森林火燒發生原因並加以歸類，此區域森林火燒幾乎是人為引起之特性。因此林務單位應於容易發生森林火燒季節藉由林地巡視、民眾防火宣導，推廣受林、護林、提醒入山人員注意用火安全，以期達成減少森林火燒發生。

二、防火線及防火林帶對於林火蔓延阻隔效益

本處於52年至63年間於研究區域設置10公尺寬防火線，以期阻隔林火蔓延，然而91年5月武陵大火引起樹冠火，使團火飛越10公尺防火線，導致受害面積達350.92公頃。火燒後本處遂於92年起將原本防火線擴建成50公尺寬防火林帶，然105年相同地點又發生森林火燒，本研究藉由91年及105年火燒受害面積進行比較，結果發現105年林火延燒範圍僅82.22公頃，相較於91年5月大火350.92公頃，被害面積相對輕微。由此可知，於50公尺寬防火林帶上栽植闊葉樹種，營造成複層林在不同層次上能降低空氣流動速度，達到防止森林火燒蔓延和擴展效果。

三、火災跡地復舊造林作業對於降低森林火燒強度之效益

由於大型森林火燒集中在大甲溪事業區之原因與燃料特性密不可分。本處藉由火災跡地復舊造林作業選擇具耐旱性、抗火性及具經濟價值樹種，營造複層結構之林相，並藉由造林撫育措施，移除臺灣二葉松小苗，期望複層耐火闊葉造林木能漸次取代臺灣二葉松純林，減少松針燃料源累積。105年森林火燒僅地表上枯落物、芒草等輕型燃料燃燒以地表火方式進行延燒，未引燃起樹冠火。由此可知，火災跡地復舊造林作業能有效降低森林火燒強度及被害面積。

四、各樹種火燒後生長表現與回復狀況

本研究自105年火燒後調查92年與100年造林木，設置6個樣區對扁柏、肖楠、青剛

櫟與木荷等造林樹種進行現地生長調查與16個月的監測，依調查資料顯示：火燒後針葉樹之扁柏及肖楠無萌蘖之發生，顯示造林木已死亡；14年生之青剛櫟萌蘖率為73.3%，萌蘖高度為 23.5 ± 9.7 公分。6年生之青剛櫟萌蘖率為100%，萌蘖高度為 37.8 ± 28.6 公分。14年生之木荷萌蘖率81.1%，萌蘖高度為 153.3 ± 47.8 公分；6年生之木荷萌蘖率100%；萌蘖高度為 61.5 ± 36.2 公分。經由t-test檢定青剛櫟與木荷不同年生造林木萌蘖之高度，顯示青剛櫟在2種不同齡級間造林木萌蘖樹高無顯著差異($p=0.1435$)；木荷造林木14年生的萌蘖樹高顯著高於6年生($p=0.0454$)。由此可知，防火林帶建置及火災跡地復舊造林選擇具耐火潛力的防火樹種，可在火災後透過萌蘖更新的方式快速的恢復，建議將以青剛櫟搭配木荷，利用木荷萌蘖後快速生長優勢與青剛櫟形成不同層次之林分結構，可大幅減少未來重新造林的成本，並達到阻隔林火蔓延效益。

五、林務單位造林苗木培育支援

近年來林務單位為採種育苗需要，已設有優良固有樹種之母樹林、種子園、採穗園加以集約管理經營，以確保林木種子產量及種源，每年培育苗木提供造林作業。本處自106年起於火燒範圍逐年編列經費進行苗木補植作業，並承蒙南投、東勢、羅東林區管處無償配撥木荷、楊梅、青剛櫟、三斗石櫟、森氏櫟、狹葉高山櫟、紅榨槭、楓香等防火樹種，合計32,800株苗木，支援本處執行火災跡地復舊造林作業，特此誌謝。



圖24 林務單位無償配撥青剛櫟造林苗木，支援本處執行火災跡地補植

參考文獻

- 王子定(1989) 現代森林保護學。國立編譯館。
- 王成明(2002) 預防森林火災防火線作為之探討-以森林保育處為例。國立臺北科技大學 土木與防災研究所碩士學位論文。
- 王筱萱 (2004) 理性行為應用於武陵地區農民用火行為。國立臺灣大學森林環境暨資源學研究所碩士論文。119 頁。
- 呂金誠 (1990) 野火對臺灣主要森林生態系影響之研究。國立中興大學植物學研究所博士論文。
- 李炎壽、林進龍、陳駿銘、蔡宗穎(2012) 森保處勝光武陵地區防火林帶擴植造林暨火災劣化地造林之經驗。臺灣林業 38(2)：44-51。
- 李彥興(2017) 提升臺灣森林火災緊急應變能力—就武陵森林大火為例。臺灣林業 43(3)：12-18。
- 周巧盈(2004)大甲溪事業區二葉松燃料型之建立。國立台灣大學森林環境暨資源學研究所碩士論文。143 頁。
- 林朝欽(1993) 國有林大甲溪事業區之森林火災及防火線。林業試驗所研究報告季刊 8(2)：159-167。
- 林朝欽(1999)國有林大甲溪事業區森林防火線評估。中華林學季刊 32(4):505-515。
- 林朝欽、邱祈榮、林世宗、周巧盈(2005)火燒嚴重分級與影響因子之探討。中華林學季刊 38(1):95-105。
- 邱祈榮、林朝欽、王筱萱(2006)武陵地區居民用火行為之探討。中華林學季刊 39(1)：29-41。
- 許啟祐、林基王、陳溪洲(1984)近十年來臺灣之森林火災。臺灣省林務局。
- 陳明義、呂金誠、林昭遠 (1987) 武陵臺灣二葉松林火燒後植群之初期演替。中興大學實驗林研究報告 8：1-10。

陳政改、邱永和、許翠玲(1983)森林火災之相關氣象條件研究。臺灣林業 9(11):18-29。

陳源長 (1967) 臺灣之森林火災。臺灣銀行季刊 18(2):329-360。

黃清吟、林朝欽(2005)臺灣地國有林森林火之特性分析。中華林學季刊 38(4):449-464。

黃清吟、陸聲山、陳財輝、陳永修、蔡佳彬、林朝欽(2009)國有林大甲溪事業區之防火
林帶現況探討。中華林學季刊 42(1):123-135。

德委會(1991)德基水庫集水區第三期整體治理規劃報告。德基水庫管理委員會。131-168
頁。

附錄

附錄一 大甲溪事業區第38林班造林明細表

民國 92 年防火林帶及 95、96、97、98 年防火林帶及擴植造林明細表					
造林年度	造林地點 (林班地)	造林面積 (ha)	每公頃株數 (株/ha)	栽植樹種及株數	備註
92	38	10.56	3,439	木荷 13,700 株 青剛櫟 12,620 株 楊梅 10,000 株	防火林帶造林
95	38	10	3,300	青剛櫟 22,800 株 毬子櫟 800 株 墨點櫻桃 500 株 狹葉櫟 5,000 株 木荷 600 株 紅淡比 3,300 株	防火林帶擴植
96	38	10	3,300	青剛櫟 6,900 株 狹葉櫟 10,000 株 狹葉高山櫟 1,800 株 川上氏石櫟 1,400 株 木荷 12,000 株 紅淡比 900 株	防火林帶擴植
97	38	10	3,300	青剛櫟 3,300 株 狹葉櫟 6,600 株 狹葉高山櫟 4,950 株 木荷 16,500 株 川上氏石櫟 1,650 株	防火林帶擴植
98	38	9.77	3,300	木荷 16,121 株 青剛櫟 7,738 株 狹葉櫟 5,158 株 狹葉高山櫟 1,612 株 川上氏石櫟 1,612 株	防火林帶擴植
合計		50.33		167,561	

民國 95 年至 100 年大甲溪事業區火災跡地復舊造林明細表

造林年度	造林地點 (林班地)	造林面積 (ha)	每公頃株數 (株/ha)	栽植樹種及株數	備註
95	38	5.72	3,381	臺灣扁柏 200 株 臺灣杉 570 株 臺灣肖楠 400 株 青剛櫟 7,600 株 大頭茶 900 株 臺灣檫 7,670 株 長尾尖儲 2,000 株	火災跡地復舊造林
96	38	5.85	3,300	臺灣扁柏 1500 株 臺灣杉 300 株 臺灣肖楠 1500 株 青剛櫟 5400 株 臺灣檫 1,000 株 長尾尖儲 1,000 株 川上氏石櫟 500 株 狹葉櫟 800 株 木荷 7305 株	火災跡地復舊造林
97	38	5.3	3,300	臺灣杉 874 株 紅檜 874 臺灣肖楠 1749 株 臺灣扁柏 1749 株 青剛櫟 2624 株 長尾尖儲 874 株 木荷 5598 株 櫻花 874 株 臺灣檫 874 株 臺灣蘋果 1400 株	火災跡地復舊造林
98	38	5.2	3,300	臺灣肖楠 5,148 株 臺灣扁柏 5,148 株 木荷 2,745 株 台灣檫 2,059 株 青楓 1,030 株 櫻花 1,030 株	火災跡地復舊造林
99	38	2.54	3,300	木荷 1,676 株	火災跡地復舊造林

				青剛櫟 2,682 株 狹葉櫟 855 株 川上氏石櫟 50 株 三斗石櫟 335 株 青楓 101 株 扁柏 1,090 株 櫻花 637 株 肖楠 587 株 長尾尖楮 84 株 紅檜 168 株 森氏櫟 117 株	
99	38	12.3	3,300	臺灣扁柏 5,276 株 臺灣肖楠 2,841 株 紅檜 811 株 木荷 8,118 株 青剛櫟 12,989 株 狹葉櫟 4,140 株 川上氏石櫟 244 株 三斗石櫟 1,624 株 青楓 487 株 櫻花 3,085 株 長尾尖楮 406 株 森氏櫟 569 株	火災跡地復舊造林
100	38	13.93	3,300	臺灣扁柏 3,000 株 台灣肖楠 10,269 株 木荷 1,500 株 青剛櫟 10,000 株 狹葉櫟 12,000 株 大頭茶 1,000 株 三斗石櫟 1,200 株 山櫻花 1,000 株 紅淡比 1,000 株 長尾尖楮 2,000 株 楓香 2,000 株 青楓 1,000 株	火災跡地復舊造林
合計		50.84		168,231	

附錄二 設立樣區資料

樣區編號	1	紀錄時間	105/06/01
GPS 定位	X:282735	Y:2694629	
樣區範圍	10M*10M	面積(m ²)	100
造林年度	100		
樹種	數量	存活	死
扁柏	9		9
肖楠	8		10
木荷	2		2
合計	19	0	21

樣區編號	2	紀錄時間	105/06/01
GPS 定位	X:282658	Y:2694666	
樣區範圍	10M*10M	面積(m ²)	100
造林年度	100		
樹種	數量	存活	死
狹葉櫟	6	4	2
肖楠	5	0	5
楓香	2	2	0
青剛櫟	2	2	0
木荷	1	1	0
合計	16	9	7

樣區編號	3	紀錄時間	105/06/01
GPS 定位	X:282630	Y:2694682	
樣區範圍	10M*10M	面積(m ²)	100
造林年度	100		
樹種	數量	存活	死
青剛櫟	9	6	3
肖楠	6	0	6
狹葉櫟	3	3	0
合計	18	9	9

樣區編號	4	紀錄時間	105/06/01
GPS 定位	X:282587	Y:2694639	
樣區範圍	10M*10M	面積(m ²)	100
造林年度	100		
樹種	數量	存活	死
肖楠	13	0	13
楓香	4	0	4
青剛櫟	1	1	0
合計	18	1	17

樣區編號	6	紀錄時間	105/06/01
GPS 定位	X:282461	Y:2694824	
樣區範圍	10M*10M	面積(m ²)	100
造林年度	92		
樹種	數量	存活	死
木荷	6		6
青剛櫟	2		2
合計	8	0	8

樣區編號	7	紀錄時間	105/06/01
GPS 定位	X:282422	Y:2694672	
樣區範圍	10M*10M	面積(平方米)	100
造林年度	92		
樹種	數量	存活	死
青剛櫟	13	5	8
木荷	5	3	2
合計	18	8	10

樣區編號	對照組	紀錄時間	107/03/28
GPS 定位	X:282070	Y:2693969	
樣區範圍	10M*10M	面積(平方米)	100
造林年度	92		
樹種	數量	存活	死
青剛櫟	15	15	0
木荷	4	4	0
楊梅	16	16	0

附錄三 樣區調查資料

大甲溪事業區第38林班火災跡地觀測樣區資料												
樣區	樣木 編號	樹種	樹高 (cm)	地 徑 (mm)	存活情形 105/06/01	存活情形 105/07/27	存活情形 105/10/18	存活情形 106/01/16	存活情形 106/03/20	存活情形 106/05/03	存活情形 106/08/28	位置
1	1	扁柏	110	12	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	2	扁柏	100	12	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	3	扁柏	110	10	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	4	扁柏	130	9	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	5	扁柏	100	6	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	6	扁柏	130	13	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	7	肖楠	160	18	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	8	肖楠	140	11	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	9	肖楠	230	31	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	10	肖楠	240	40	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	11	扁柏	130	10	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	12	扁柏	150	18	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	13	扁柏	130	16	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	14	肖楠	170	20	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	15	肖楠	160	20	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	16	肖楠	210	30	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	17	肖楠	230	32	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
1	18	木荷	120	10	未萌芽	未萌芽	未萌芽	萌芽(20cm)	萌芽(12cm)	萌芽(12cm)	萌芽(38cm)	100年度造林地
1	19	木荷	140	18	未萌芽	未萌芽	未萌芽	萌芽(80cm)	萌芽(82cm)	萌芽(73cm)	萌芽(85cm)	100年度造林地
2	1	肖楠	120	8	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
2	2	狹葉櫟	130	18	未萌芽	萌芽(2cm)	萌芽(30cm)	萌芽(30cm)	萌芽(29cm)	萌芽(25cm)	萌芽(25cm)	100年度造林地
2	3	肖楠	120	14	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
2	4	楓香	90	6	萌芽	萌芽(44cm)	萌芽(78cm)	萌芽(80cm)	萌芽(80cm)	萌芽(85cm)	萌芽(104cm)	100年度造林地
2	5	肖楠	210	30	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地

2	6	楓香	230	30	萌芽	萌芽(90cm)	萌芽(136cm)	萌芽(140cm)	萌芽(140cm)	萌芽(153cm)	萌芽(165cm)	100年度造林地
2	7	狹葉櫟	70	8	萌芽	萌芽(20cm)	萌芽(80cm)	萌芽(100cm)	萌芽(86cm)	萌芽(86cm)	萌芽(75cm)	100年度造林地
2	8	木荷	230	24	萌芽	萌芽(50cm)	萌芽(125cm)	萌芽(142cm)	萌芽(140cm)	萌芽(140cm)	萌芽(150cm)	100年度造林地
2	9	狹葉櫟	110	7	萌芽	萌芽(22cm)	萌芽(30cm)	萌芽(38cm)	萌芽(40cm)	萌芽(32cm)	萌芽(44cm)	100年度造林地
2	10	狹葉櫟	210	20	未萌芽	萌芽(7cm)	萌芽(18cm)	萌芽(18cm)	萌芽(23cm)	萌芽(23cm)	萌芽(25cm)	100年度造林地
2	11	狹葉櫟	230	20	萌芽	萌芽(20cm)	萌芽(28cm)	萌芽(35cm)	萌芽(16cm)	萌芽(30cm)	萌芽(30cm)	100年度造林地
2	12	肖楠	210	30	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
2	13	青剛櫟	180	18	萌芽	萌芽(40cm)	萌芽(58cm)	萌芽(110cm)	萌芽(110cm)	萌芽(120cm)	萌芽(120cm)	100年度造林地
2	14	狹葉櫟	210	26	萌芽	萌芽(58cm)	萌芽(50cm)	萌芽(82cm)	萌芽(75cm)	萌芽(70cm)	萌芽(87cm)	100年度造林地
2	15	肖楠	150	20	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
2	16	青剛櫟	190	20	萌芽	萌芽(78cm)	萌芽(45cm)	萌芽(40cm)	萌芽(45cm)	萌芽(42cm)	萌芽(36cm)	100年度造林地
3	1	青剛櫟	290	30	萌芽	萌芽(30cm)	萌芽(30cm)	萌芽(30cm)	萌芽(30cm)	萌芽(30cm)	萌芽(20cm)	100年度造林地
3	2	青剛櫟	210	20	萌芽	萌芽(18cm)	萌芽(33cm)	萌芽(32cm)	萌芽(30cm)	萌芽(30cm)	萌芽(20cm)	100年度造林地
3	3	青剛櫟	240	16	萌芽	萌芽(43cm)	萌芽(45cm)	萌芽(40cm)	萌芽(50cm)	萌芽(35cm)	萌芽(35cm)	100年度造林地
3	4	肖楠	120	20	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
3	5	狹葉櫟	40	10	萌芽	萌芽(15cm)	萌芽(23cm)	萌芽(20cm)	萌芽(18cm)	萌芽(10cm)	萌芽(14cm)	100年度造林地
3	6	狹葉櫟	200	28	萌芽	萌芽(30cm)	萌芽(50cm)	萌芽(53cm)	萌芽(55cm)	萌芽(53cm)	萌芽(65cm)	100年度造林地
3	7	青剛櫟	240	24	未萌芽	萌芽(10cm)	萌芽(23cm)	萌芽(20cm)	萌芽(18cm)	萌芽(28cm)	萌芽(32cm)	100年度造林地
3	8	青剛櫟	80	14	萌芽	萌芽(48cm)	萌芽(40cm)	萌芽(38cm)	萌芽(48cm)	萌芽(36cm)	萌芽(42cm)	100年度造林地
3	9	青剛櫟	240	27	未萌芽	萌芽(20cm)	萌芽(42cm)	萌芽(38cm)	萌芽(36cm)	萌芽(40cm)	萌芽(40cm)	100年度造林地
3	10	青剛櫟	280	29	未萌芽	萌芽(7cm)	萌芽(12cm)	萌芽(15cm)	萌芽(15cm)	萌芽(10cm)	萌芽(10cm)	100年度造林地
3	11	狹葉櫟	50	11	萌芽	萌芽(15cm)	萌芽(23cm)	萌芽(23cm)	萌芽(22cm)	萌芽(20cm)	萌芽(24cm)	100年度造林地
3	12	青剛櫟	22	32	萌芽	萌芽(23cm)	萌芽(25cm)	萌芽(28cm)	萌芽(28cm)	萌芽(25cm)	萌芽(25cm)	100年度造林地
3	13	肖楠	200	32	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
3	14	青剛櫟	230	30	萌芽	萌芽(20cm)	萌芽(32cm)	萌芽(36cm)	萌芽(24cm)	萌芽(35cm)	萌芽(15cm)	100年度造林地
3	15	肖楠	280	34	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
3	16	肖楠	120	16	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地

3	17	肖楠	220	36	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
3	18	肖楠	190	28	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	1	楓香	110	15	未萌芽	未萌芽	未萌芽	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	2	楓香	250	20	未萌芽	未萌芽	未萌芽	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	3	楓香	260	30	未萌芽	未萌芽	未萌芽	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	4	肖楠	200	31	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	5	青剛櫟	180	18	萌芽	萌芽(35cm)	萌芽(55cm)	萌芽(58cm)	萌芽(60cm)	萌芽(43cm)	萌芽(50cm)	100年度造林地
4	6	楓香	90	14	未萌芽	未萌芽	未萌芽	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	7	肖楠	210	34	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	8	肖楠	250	44	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	9	肖楠	250	35	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	10	肖楠	220	37	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	11	肖楠	270	40	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	12	肖楠	220	30	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	13	肖楠	270	41	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	14	肖楠	140	23	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	15	肖楠	210	40	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	16	肖楠	230	46	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	17	肖楠	230	44	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
4	18	肖楠	260	52	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	乾枯	100年度造林地
6	1	木荷	500	95	未萌芽	萌芽(10cm)	萌芽(55cm)	萌芽(130cm)	萌芽(140cm)	萌芽(130cm)	萌芽(185cm)	92年建造防火線
6	2	木荷	300	24	未萌芽	萌芽(25cm)	萌芽(85cm)	萌芽(130cm)	萌芽(120cm)	萌芽(125cm)	萌芽(140cm)	92年建造防火線

6	3	木荷	550	100	未萌芽	萌芽(25cm)	萌芽(92cm)	萌芽(158cm)	萌芽(160cm)	萌芽(160cm)	萌芽(210cm)	92年建造 防火線
6	4	青剛櫟	320	80	未萌芽	萌芽(5cm)	萌芽(5cm)	樹幹新芽 2M	樹幹新芽 30cm	樹幹新芽 30cm	樹幹新芽 30cm	92年建造 防火線
6	6	木荷	400	78	未萌芽	萌芽(15cm)	萌芽(87cm)	萌芽(140cm)	萌芽(140cm)	萌芽(136cm)	萌芽(200cm)	92年建造 防火線
6	7	木荷	300	58	未萌芽	萌芽(80cm)	萌芽(120cm)	萌芽(146cm)	萌芽(150cm)	萌芽(160cm)	萌芽(170cm)	92年建造 防火線
6	8	青剛櫟	400	86	未萌芽	未萌芽	未萌芽	萌芽(25cm)	萌芽(28cm)	萌芽(28cm)	萌芽(30cm)	92年建造 防火線
6	9	木荷	420	90	未萌芽	未萌芽	未萌芽	未萌芽	未萌芽	未萌芽	未萌芽	92年建造 防火線
7	1	青剛櫟	300	100	未萌芽	萌芽(3cm)	萌芽(3cm)	萌芽(3cm)	萌芽(5cm)	萌芽(12cm)	萌芽(40cm)	92年建造 防火線
7	2	木荷	300	100	未萌芽	萌芽(15cm)	萌芽(25cm)	萌芽(35cm)	萌芽(36cm)	萌芽(38cm)	萌芽(120cm)	92年建造 防火線
7	3	青剛櫟	360	80	未萌芽	萌芽(10cm)	萌芽(18cm)	萌芽(23cm)	萌芽(25cm)	萌芽(25cm)	萌芽(25cm)	92年建造 防火線
7	4	青剛櫟	340	80	未萌芽	萌芽(12cm)	萌芽(12cm)	萌芽(12cm)	萌芽(25cm)	萌芽(28cm)	萌芽(20cm)	92年建造 防火線
7	5	青剛櫟	240	46	未萌芽	萌芽(3cm)	萌芽(8cm)	萌芽(10cm)	萌芽(15cm)	萌芽(15cm)	萌芽(12cm)	92年建造 防火線
7	6	青剛櫟	220	52	未萌芽	未萌芽	未萌芽	萌芽(20cm)	萌芽(18cm)	萌芽(18cm)	萌芽(13cm)	92年建造 防火線
7	7	青剛櫟	220	50	萌芽	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	92年建造 防火線
7	8	木荷	30	26	萌芽	萌芽(50cm)	萌芽(64cm)	萌芽(75cm)	萌芽(80cm)	萌芽(80cm)	萌芽(110cm)	92年建造 防火線
7	9	青剛櫟	260	76	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	92年建造 防火線
7	10	青剛櫟	300	48	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	萌芽(35cm)	萌芽(30cm)	萌芽(31cm)	92年建造 防火線
7	11	青剛櫟	300	66	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	92年建造 防火線
7	12	青剛櫟	300	60	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	頂端存活	92年建造 防火線
7	13	青剛櫟	300	60	未萌芽	萌芽(5cm)	萌芽(5cm)	萌芽(5cm)	萌芽(6cm)	萌芽(7cm)	萌芽(17cm)	92年建造 防火線
7	14	木荷	300	38	萌芽	萌芽(2cm)	萌芽(2cm)	未萌芽	未萌芽	未萌芽	未萌芽	92年建造 防火線
7	15	青剛櫟	180	40	未萌芽	萌芽(3cm)	萌芽(3cm)	萌芽(5cm)	未萌芽	萌芽(7cm)	萌芽(10cm)	92年建造 防火線
7	16	木荷	220	22	未萌芽	萌芽(38cm)	萌芽(45cm)	萌芽(50cm)	萌芽(50cm)	萌芽(60cm)	萌芽(65cm)	92年建造 防火線

7	17	木荷	210	40	萌芽	萌芽(80cm)	萌芽(100cm)	萌芽(130cm)	萌芽(140cm)	萌芽(140cm)	萌芽(180cm)	92年建造 防火線
7	18	青剛櫟	210	46	未萌芽	萌芽(25cm)	萌芽(30cm)	萌芽(42cm)	萌芽(45cm)	萌芽(18cm)	萌芽(30cm)	92年建造 防火線
對照組	1	青剛櫟	400	140								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	2	楊梅	210	85								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	3	青剛櫟	200	110								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	4	楊梅	210	125								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	5	楊梅	120	40								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	6	木荷	230	75								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	7	青剛櫟	300	150								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	8	楊梅	200	90								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	9	青剛櫟	210	70								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	10	木荷	430	140								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	11	楊梅	160	50								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	12	楊梅	180	50								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	13	青剛櫟	210	80								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	14	青剛櫟	100	40								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	15	青剛櫟	130	30								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	16	楊梅	110	80								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	17	楊梅	90	70								92年建造 防火線未 火燒區域

對照組	18	楊梅	180	60								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	19	楊梅	190	70								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	20	楊梅	200	110								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	21	楊梅	160	60								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	22	青剛櫟	280	130								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	23	青剛櫟	250	80								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	24	青剛櫟	250	130								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	25	青剛櫟	50	30								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	26	青剛櫟	350	130								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	27	楊梅	120	60								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	28	楊梅	150	70								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	29	木荷	480	210								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	30	木荷	480	160								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	31	楊梅	150	60								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	32	青剛櫟	480	180								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	33	青剛櫟	200	70								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	34	青剛櫟	280	110								92年建造 防火線未 火燒區域
對照組	35	楊梅	180	60								92年建造 防火線未 火燒區域