



公開
 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：130705e300

行政院農業委員會林務局104年度科技計畫研究報告

計畫名稱： 因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究(3/3) (第3年/全程3年)

(英文名稱) Vulnerability and Risk Assessments for Biodiversity to Climate Change(3/3)

計畫編號： 104農科-13.7.5-務-e3(Z)

全程計畫期間：自 102年1月1日 至 104年12月31日

本年計畫期間：自 104年1月1日 至 104年12月31日

計畫主持人： 陳子英

研究人員： 呂佳陵、謝長富、林奐宇、魯丁慧、俞秋豐、黃啟東、葉昱君、涂牡丹、丁美文、趙偉村、宋國彰、王怡慧、蔡政孝、趙國容、古鎮嘉、廖健好、涂翔議、李曜彤、洪語晨、徐堉峰、胡哲明、許秀英、張佳玉、洪宗泰、王文妘、廖庭毅、許驊、簡廷安、郭嘉宜、謝人傑、涂瀚銓、賴柔吟、楊巧薇、黎光秦、王立杰、吳其駿]、黃黎、許育銘、王立豪、黃嘉龍、黃行七、林育綺、梁家源、林岳賢、黃偉傑、王作賀、林彥伯、王錦堯、張世白、曾好馨、黃俊溢、楊承瑞、鄭怡如、謝傳鎧、鄭憲燦

執行機關： 國立宜蘭大學

目錄

目錄	I
表目錄	III
圖目錄	VI
摘要	XI
第一篇緣起	1
第二篇計畫目標	1
第一章台灣維管束植物的地理分布	1
摘要	1
一、前言	2
二、材料及方法	8
三、計畫成果	22
四、討論與結論	43
五、參考文獻	49
第二章氣候對亞熱帶雨林植物物候之影響	1
摘要	1
一、前言	4
二、研究地區與方法	7
三、結果	11
四、討論	25
五、結論	27
六、參考文獻	29
第三章南仁山森林動態樣區之變化	1
摘要	1
一、前言	2
二、前人研究	8
三、材料與方法	25
四、結果	35
五、討論	62
第四章台灣水青岡森林片斷化研究	1
摘要	1
一、前言	4

二、前人研究.....	6
三、研究地區與方法.....	19
四、結果.....	36
五、討論.....	64
六、結論與建議.....	75
七、參考文獻.....	77
第五章水青岡昆蟲相與水青岡森林片斷化關聯之研究.....	1
摘要.....	1
一、前言.....	3
二、前人研究.....	3
三、研究地區.....	6
四、研究方法.....	7
五、結果與討論.....	8
六、參考文獻.....	24
第六章台灣維管束植物遺傳多樣性探討.....	1
摘要.....	1
一、前言.....	1
二、前人研究.....	3
三、研究地區.....	8
四、研究方法.....	11
五、結果與討論.....	16
六、綜合討論.....	22
七、脆弱度指標評估.....	24
八、參考文獻.....	26
第三篇總結.....	1
附錄一、分布範圍與殘存地點重疊率達80%以上之物種清單.....	附 I-1
附錄二、攬仁溪樣區物種脆弱度評估表.....	附 II-1
附錄三、南仁山溪谷樣區物種脆弱度評估表.....	附 III-1
附錄四、植物名錄.....	附 IV-1
附錄五、風險性評估矩陣計算.....	附 V-1
附錄六、期中報告審查會議紀錄.....	附 VI-1
附錄七、期末報告審查會議紀錄.....	附 VII-1

表目錄

第一篇緣起

表 1 美國案例--有關氣候變遷研究對生物多樣性的衝擊.....	1-4
----------------------------------	-----

第二篇計畫目標

第一章台灣維管束植物的地理分布

表1 本研究迄104年11月完成彙整之植物資料筆數統計.....	2-1-10
表2 物種殘存地點的生物及環境特徵，以及規劃相對應的研究假設及方法.....	2-1-12
表3 網格內資料筆數與原始物種數 (SR) 及小取樣所得之物種多樣性指數 (S50-S1000) 之皮爾森相關係數.....	2-1-15
表4 全島十二個月份氣溫迴歸式，選入變數依照選入次序排序 (引自邱等，2004)	2-1-15
表5 本島長尾栲族群生存範圍之最冷月、最暖月及年均溫分布情形，本物種最適存之年均溫約為16.22°C左右.....	2-1-18
表6 針對殘存地點進行受衝擊程度評估之相關判定因子.....	2-1-20
表7 依全台各地位屬適溫上界之物種密度分布圖，篩選所得14處可能之殘存地點列表.....	2-1-25
表8 本計畫篩選所得14處可能之「殘存地點」，利用地形及相關因子判定後，依可能受衝擊程度進行排序.....	2-1-26
表9 針對分布點位多於5筆 (含) 之3,860物種，依物種分布範圍與殘存地點套疊分析後之結果，共有31物種之分布與殘存地點完全重疊、35物種與殘存地點之重疊率高於90%、重疊率介於80% (含) 至90% (不含) 之物種則有70種。另依各重疊率等級，統計該級距內物種之受威脅等級及來源屬性.....	2-1-40
表10 針對分布點位多於5筆 (含) 之3,860物種，依重疊率等級統計該級距內紅皮書受威脅物種及不同來源屬性物種所佔之比例.....	2-1-40

第二章氣候對亞熱帶雨林植物物候之影響

表1 福山森林動態樣區於2002年九月至2012年八月期間每個月開花、結果的物種數與當地的氣候因子 (日照量、降雨量、月均溫、最高溫、最低溫) 和聖嬰現象指數 (ENSO34、ENSO4、SOI) 的最高相關係數 (A= 0.05) 與物候表現的延遲月份數 (CHANG-YANG ET AL. 2015).....	2-2-13
表2 福山森林動態樣區於研究期間當地的氣候因子 (日照量、降雨量、月均溫、最高溫、最低溫) 與聖嬰現象指數 (ENSO34、ENSO4、SOI) 的最高相關係數 (A= 0.05) 與氣候表現的延遲月份數 (CHANG-YANG ET AL. 2015).....	2-2-16
表3 福山森林動態樣區44種植物在2002年九月至2012年八月期間開花年產量與6個氣候因子之相關性，表中所列之數值為皮爾森相關係數，若P<0.01則以粗體表示。物種排列順序依科名排列.....	2-2-20
表4 福山森林動態樣區28種植物在2002年九月至2012年八月期間結果年產量與6個氣候因子之相關性，表中所列之數值為皮爾森相關係數，若P<0.01則以粗體表示。物種排列順序依科名排列.....	2-2-21
表5 福山森林中明顯遭受2005年霜害影響的16種 (屬) 植物，其之前及之後之平均年開花結實量 (粗體數字為明顯減少，斜體數字為明顯增加)	2-2-22
表6 福山森林動態樣區44種植物在2002年九月至2012年八月期間開花年產量與六項氣候因子之相關性 (皮爾森相關係數，有顯著相關P< 0.01，粗體表示)、有相關的氣候因	

子數量（氣候波動：1-5）、以及霜害對開花量是否具有長期之影響（1表示有顯著之長期影響，0表示沒有影響）.....	2-2-23
表7 福山森林動態樣區28種植物在2002年九月至2012年八月期間結實年產量與六項氣候因子之相關性（皮爾森相關係數，有顯著相關 $P < 0.01$ ，粗體表示）、有相關的氣候因子數量（氣候波動：1-5）、以及霜害是否對其結實量是否具有長期之影響（1表示有影響，0表示沒有顯著之長期影響）.....	2-2-24

第三章南仁山森林動態樣區之變化

表1 南仁山森林動態樣區的胸高斷面積與植株數量之動態變化.....	2-3-24
表2 本研究所選取之氣象指數的縮寫、名稱、定義及其單位.....	2-3-30
表3 脆弱度評估表中，族群量的評估分數.....	2-3-34
表4 攬仁溪樣區四次調查之森林動態與生物多樣性指標之變化.....	2-3-44
表5 攬仁溪樣區迎背風型生育地歷次調查之物種數、植株密度、胸高斷面積與生物多樣性標.....	2-3-44
表6 南仁山溪谷樣區四次調查之森林動態與生物多樣性指標之變化.....	2-3-45
表7 南仁山樣帶兩次調查之整個樣帶與各植群型之物種數與生物多樣性指標.....	2-3-45
表8 攬仁溪樣區歷次調查之各族群數量變化.....	2-3-46
表9 族群數量顯著減少的物種之分佈特性.....	2-3-46
表10 攬仁溪樣區族群數量顯著增加及顯著減少之前十名物種.....	2-3-48
表11 攬仁溪樣區族群變動與特稀有物種.....	2-3-49
表12 攬仁溪樣區族群數量稀少者之台灣特有種及保育等級.....	2-3-49
表13 溪谷樣區歷次調查之各族群數量變化.....	2-3-50
表14 溪谷樣區較優勢物種之族群變動.....	2-3-51
表15 溪谷樣區較優勢物種之台灣特有種及保育等級.....	2-3-52
表16 溪谷樣區族群數量稀少者之台灣特有種及保育等級.....	2-3-53
表17 南仁山樣帶之族群變動率.....	2-3-54
表18 南仁山樣帶族群數量顯著增加及顯著減少之前十名物種.....	2-3-55
表19 南仁山樣帶木本植物遷移之情形.....	2-3-57
表20 南仁山樣帶木本小苗物種遷移之情形.....	2-3-59
表21 南仁山攬仁溪與溪谷樣區之脆弱度評估.....	2-3-60

第四章台灣水青岡森林片斷化研究

表1 依據中央氣象局定義氣象要素.....	2-4-20
表2 台灣水青岡森林分布之不同地區與年度航照圖一覽表.....	2-4-21
表3 災害(暴露度;暴露量)潛勢分級表.....	2-4-22
表4 以定性或ARCGIS的統計方法分級.....	2-4-30
表5 台灣水青岡脆弱度因子一覽表.....	2-4-33
表6 銅山地區災害潛勢一覽.....	2-4-43
表7 插天山災害潛勢一覽.....	2-4-45
表8 大白山災害潛勢一覽.....	2-4-47
表9 阿玉山災害潛勢一覽.....	2-4-48
表10 蘭炭山災害潛勢一覽.....	2-4-49
表11 烏嘴山災害潛勢一覽.....	2-4-50
表12 永久及長期動態樣區內植物種類.....	2-4-52
表13 蘭炭山永久樣區森林結構.....	2-4-53
表14 大白山永久樣區森林結構.....	2-4-53
表15 銅山長期動態樣區森林結構.....	2-4-53
表16 銅山2.2 HA長期動態樣區調查結果.....	2-4-55

表17族群數量穩定者之族群變動率.....	2-4-56
表18 2009、2015年之物種新增、死亡資料.....	2-4-57
表19各地區水青岡森林的族群優勢度.....	2-4-58
表20銅山台灣水青岡小苗更新樣區維管束植物統計.....	2-4-60
表21危害指標分級加權結果.....	2-4-63
表22風險性矩陣計算結果.....	2-4-63
表23台灣水青岡森林各地區長期平均氣候一覽.....	2-4-64
表24台灣水青岡森林各地區極端氣候事件一覽.....	2-4-66
表25評估指標及計算方式(摘自KINGSTON, 2005)	2-4-70
表26各地區水青岡森林風險評估結果.....	2-4-72

第五章水青岡昆蟲相與水青岡森林片斷化關聯之研究

表1 各個樣區以台灣水青岡為食的鱗翅目昆蟲種類與食性.....	2-5-11
表2 以台灣水青岡為食的鱗翅目昆蟲脆弱度評估.....	2-5-18
表3 台灣水青岡森林生態脆弱度指標.....	2-5-21
表4 台灣水青岡森林生態之脆弱度矩陣.....	2-5-22

第六章台灣維管束植物遺傳多樣性探討

表1台灣水青岡歷年相關研究.....	2-6-6
表2 台灣冷杉歷年相關研究.....	2-6-7
表3 台灣水青岡各族群樣本及定序所得原始序列數(RAW READS)及篩選後的序列數 (RETAINED READS).....	2-6-17
表4 水青岡六個族群的 SNP 遺傳多樣性.....	2-6-19
表5 水青岡各族群間的遺傳分化 (FST).....	2-6-20
表6台灣冷杉GAPC片段於各型HAPLOTYPE的變異點位.....	2-6-21
表7台灣冷杉GAPC片段遺傳多樣性，比較郡大山族群與SHIH <i>ET AL.</i> (2007)	2-6-22
表8台灣水青岡及台灣冷杉脆弱度評估等級表（灰底為該項目所處等級）	2-6-26

圖目錄

第一篇緣起

- 圖1 2005-2009年北美地區森林生態系主要的改變與干擾類型(摘自JOYCE *ET AL.*, 2014)1-1
- 圖2 北半球的平均溫度變化(摘自陳雲蘭, 2008)1-2
- 圖3 熱帶婆羅洲神山地區的氣候變遷研究(摘自CHEN *ET AL.*, 2011)1-3
- 圖4 全美氣候變遷之究案例圖(摘自STAUDINGER *ET AL.*, 2012)1-4
- 圖5 氣候變遷下的風險性評估架構(修改自陳宜清, 2002)1-6
- 圖6 研究架構.....1-9
- 圖7 生態風險評估架構及流程.....1-11

第一章台灣維管束植物的地理分布

- 圖1 長期暖化趨勢下, 北半球植物呈現向高海拔或向北遷移情形, 以尋求最適棲地.2-1-3
- 圖2 GUNNAR KEPPEL繪製的概念圖, 顯示微避難所(MICRO REFUGIA)、堅守點(HOLDOUTS)及遷徙跳石(STEPPING TONES)的差異.....2-1-5
- 圖3 本研究採行之資料庫架構示意..... 2-1-9
- 圖4 以10處5公里正方網格為例, 不同顏色線段代表各網格經不同強度小取樣後, 該網格之取樣數量與物種數量變化情形, 該線段即為該網格之稀釋曲線。而後再以相同取樣數量為基礎, 以紅色虛線為例, 分別萃取樣本數50,100,300,500時各網格之物種數, 即可於相同基礎上進行不同區域之物種多樣性比較.....2-1-14
- 圖5 依據邱等人(2004)之多元迴歸方程式, 本計畫利用250公尺網格數值高程模型自行運算產製之臺灣本島氣溫分布圖, 由左至右依次為最冷月(1月)均溫、年均溫及最暖月(7月)均溫.....2-1-16
- 圖6 依據物種分布點位進行溫度圖層之套疊與氣溫資料萃取, 可獲得該物種實際生存範圍內之氣溫分布情形。本研究利用生存範圍氣溫平均值正負2標準差代表「適存溫度」, 並以Z分數予以標準化。常態分布情形下, Z值 ± 1.96 範圍內約可涵蓋95%之個體; Z值高於+2者(紅色標示範圍), 本研究認為該生育地可能已屆物種適存溫度上界, 一旦氣溫持續升高, 將面臨最急迫的生存威脅.....2-1-17
- 圖7 本島長尾栲族群套疊最冷月(左)、年均溫(中)及最暖月(右)之結果。分布點位之氣溫值高於平均以上者, 以紅色大型圓圈表示。就三圖之趨勢, 可發現中央山脈族群多位於適存溫度範圍內, 南北兩端及海岸山脈族群棲地之氣溫因子則通常高於平均值.....2-1-19
- 圖8 各種水系示意圖。殘存地點若位於放射狀水系中央或河川源頭位置, 由於獨立山塊地形近似隔離之生態島, 物種缺乏向北或向高海拔遷徙之空間(左圖), 可能面臨較高的族群滅絕風險。相對而言, 殘存地點若位於格子狀水系(中圖)及向心狀水系(右圖), 因地形容許生物沿溪谷向稜線爬升之遷徙退卻, 集水區外圍稜線亦彼此相連, 生物與高海拔棲地間保有較佳的連結廊道.....2-1-21
- 圖9 本計畫已收集之植物分布點位及涵蓋之5公里正方網格範圍, 約佔全台94.3%之面積.....2-1-23
- 圖10 採用DROISSART *ET AL.* (2012)小取樣(SUBSAMPLING)及稀釋曲線(RAREFACTION)原理獲得之物種豐富度分布圖(S50)。初步發現總物種多樣性以台北盆地周遭、南澳山區、太魯閣地區、塔塔加、恆春半島、蘭嶼等地較高, 沿海拔梯度則以中海拔(900-2700公尺)多樣性最高。圖例採等量切割, 分為10級, 豐富度最高之10%網格為第1級, 豐富度次高之10%網格為第2級, 餘類推.....2-1-23
- 圖11 各網格內物種特有率, 與海拔高度有顯著的正相關性.....2-1-24

- 圖12 針對2,356個物種，利用最冷月（左）、年均溫（中）及最暖月（右）氣溫資料進行分析，獲得全台各地位屬適溫上界之物種密度分布圖。顏色越偏紅色者，代表該地區位於適溫上界之物種密度越高，若全島氣溫呈現一致性上升，這些地點之生態系可能面臨較大程度的衝擊.....2-1-25
- 圖13 牡丹至南仁山：本區為全島位居適溫上界物種密度最高的地點，主要之分布區域以牡丹鄉高士村為中心，沿著港口溪以東之中央山脈末段稜線，向北延伸至牡丹灣山、向南延伸至南仁山及欖仁溪一帶。平均海拔約400公尺，因屬中央山脈末段，周邊無其他較高的山頭，河川則分別呈向東、向西及向南之放射水系.....2-1-30
- 圖14 壽卡：本區為全島位居適溫上界物種密度次高的地點，位於達仁鄉壽卡南方、南迴公路以南之山區，密度最高地點之海拔約500公尺。.....2-1-30
- 圖15 大白山至大南澳嶺：本區以東澳以南、南澳以北之大南澳嶺及烏石鼻山區為重點地區，受東澳南溪及南澳北溪切割影響，本處山區地形與周邊山區相對隔離.....2-1-31
- 圖16 雙溪至頭城山區：本區包含坪林、雙溪至頭城間之山區，有許多海拔800至1000公尺之低矮山頭，區域內最高點為宜蘭頭城交界之鶯子嶺，海拔僅1000公尺，顯示物種退卻空間極為有限.....2-1-31
- 圖17 二格山系：本區包含猴山岳、二格山、筆架山等，為北勢溪與景美溪分水嶺，均為獨立之隔離山頭.....2-1-32
- 圖18 海岸山脈：位於海岸山脈南段，介於台東長濱鄉至花蓮玉里鄉之間。各山頭稜線雖彼此相連，但已達本區海拔最高點，物種已無再向高海拔退縮之空間.....2-1-32
- 圖19 新港山：台東成功鎮至花蓮富里鄉之間，屬海岸山脈南段之高點.....2-1-33
- 圖20 浸水管：本區位於茶茶牙頓溪上游海拔約700公尺處，為面向東方之中坡地形，沿溪可上溯至中央山脈主稜大漢山一帶，海拔可達1600公尺。.....2-1-33
- 圖21 陽明山：本區位於陽明山南坡海拔約600公尺處，亦屬中坡地形，研判本區地形對於物種之遷徙較無限制.....2-1-34
- 圖22 天祥至太魯閣：位於立霧溪溪谷，地形陡峻而多樣化，海拔落差達2500公尺，各海拔段物種有較高的機會尋得適宜之氣候與棲地環境，研判較不易受到氣候變遷之衝擊.....2-1-34
- 圖23 6種原生之中低海拔廣泛分布物種（昆欄樹、錐果櫟、台灣長春藤、薄葉風藤、山蘇花及豬腳楠）之分布圖。針對6物種分布範圍之年平均氣溫，進行Z分數之標準化計算，顯示6物種之Z值分布均呈現近對稱之形式.....2-1-36
- 圖24 4種原生中高海拔物種（高山白珠樹、台灣鐵杉、尖葉槭及高山新木薑子）之分布圖.....2-1-37
- 圖25 6種原生低海拔物種（蟲屎、血桐、稜果榕、筆筒樹、黃藤及豬母乳）之分布圖...2-1-38
- 圖26 以各物種對殘存地點之重疊率為橫軸，以特有種比例及受威脅物種（CR-VU）比例為縱軸繪製折線圖。結果顯示，與殘存地點重疊率越高的物種，屬於特有種與受威脅種的比例也越高.....2-1-41
- 圖27 6物種（恆春檳楠、倒卵葉冬青、台灣穗花杉、燕尾蕨、烏來冬青與薄葉玉心花）之分布（白色星號標記）與殘存地點之疊合情形，各物種與殘存地點之疊合率自71%至100%不等.....2-1-42
- 圖28 本研究建構完成之殘存地點分析及受衝擊程度評估流程，來源資料及分析流程中的門檻參數均可抽換調整，增加未來資料更新之彈性，亦提昇整體分析與評估之速率.....2-1-48

第二章氣候對亞熱帶雨林植物物候之影響

- 圖1 福山25公頃森林動態樣區87凋落物收集網的分佈圖.....2-2-8
- 圖2 福山森林動態樣區自2002年九月至2012年八月每個月開花（A）、結實（B）的物種數（黑色實線），其5個月之移動平均（MOVING AVERAGE）則以灰色粗線表示，

- 圖中紅色實線框表示聖嬰現象發生的時間區段，空心虛線框則為反聖嬰現象發生的時間。2005年三月份的霜害則以箭頭標示 (CHANG-YANG *ET AL.* 2015).....2-2-12
- 圖3 福山森林動態樣區於研究期間每個月開花、結果物種數與當地的氣候因子(日照量、降雨量、月均溫、最高溫、最低溫)之交互相關分析，橫軸為每月開花(或結果)物種數與氣候因子間的時間差(0-18個月)，縱軸則為相關係數，當相關係數顯著大於或小於0時，則以實心圓點表示，若不顯著，則以空心圓點表示，藍色色塊為相關係數95%的信賴區間 (CHANG-YANG *ET AL.* 2015).....2-2-14
- 圖4 福山森林動態樣區於研究期間每個月開花、結實物種數與聖嬰-南方震盪指數(ENSO34、ENSO4、SOI)之交互相關分析，橫軸為每月開花(或結實)物種數與氣候因子間的時間差(0-18個月)，縱軸則為相關係數，當相關係數顯著大於或小於0時，則以實心圓點表示，若不顯著，則以空心圓點表示，藍色色塊為相關係數95%的信賴區間 (CHANG-YANG *ET AL.* 2015).....2-2-15
- 圖5 福山森林動態樣區於研究期間當地的氣候因子(日照量、降雨量、月均溫、最高溫、最低溫)與聖嬰現象指數(ENSO34、ENSO4、SOI)之交互相關分析，橫軸為福山氣候因子間與ENSO指數的時間差(0-18個月)，縱軸則為相關係數，當相關係數顯著大於或小於0時，則以實心圓點表示，若不顯著，則以空心圓點表示，藍色色塊為相關係數95%的信賴區間 (CHANG-YANG *ET AL.* 2015).....2-2-17
- 圖6 福山森林動態樣區自2003至2011年(A) 44種植物於之年開花量與(B) 28種植物之年結果量。所有物種之開花量與結果量均有進行標準化(即減去各物種之平均後再除以1個標準偏差，所得之數值為STANDARD NORMAL DEVIATE [SND])，圖中標示為所有植物標準化後的開花(結果)量之平均與正負1個標準誤差(STANDARD ERROR) (CHANG-YANG *ET AL.* 2015).....2-2-18
- 圖7福山森林動態樣區44種植物年開花產量和28種植物年結實產量與6個氣候因子(ENSO34、日照量、降雨量、均溫、最高溫、最低溫)相關性之頻率分佈圖。橫軸為相關係數、縱軸為物種數(CHANG-YANG *ET AL.* 2015).....2-2-19

第三章南仁山森林動態樣區之變化

- 圖1 全球平均溫度的歷史紀錄與未來預測.....2-3-9
- 圖2 乾旱強度與乾旱的持續時間影響物種的死亡率概念圖.....2-3-11
- 圖3 全世界依照CTFS規範所設立之樣區分佈圖.....2-3-18
- 圖4 中央氣象局檳榔測站之生態氣候圖.....2-3-27
- 圖5 試驗地位置.....2-3-28
- 圖6 南仁山森林動態樣區地形與植物社會分佈圖.....2-3-28
- 圖7 南仁山生態系脆弱度評估分析流程圖.....2-3-33
- 圖8 恆春氣象站之長期年均溫變化圖.....2-3-36
- 圖9 恆春氣象站之長期年雨量與年降雨日數變化圖.....2-3-36
- 圖10大武氣象站長期之平均風速與平均最大陣風之變化.....2-3-36
- 圖11恆春氣象站極端溫度逐年變化圖.....2-3-39
- 圖12恆春氣象站極端雨量逐年變化圖.....2-3-40
- 圖13 1950-2012年大武氣象站長期氣候乾旱事件發生次數.....2-3-40
- 圖14 1985-2012年影響到樣區之颱風個數.....2-3-40
- 圖15大武氣象站最大平均風速與最大陣風速之逐年變化圖.....2-3-41
- 圖16台灣各地之地上部生物量.....2-3-42
- 圖17南仁山攬仁溪樣區自1991-2013年間四次調查地上部生物量的變化.....2-3-43
- 圖18南仁山攬仁溪樣區1991-2013年地上部生物量於不同生育地的差異.....2-3-43
- 圖19南仁山永久樣帶之梯度歧異度(BETA-DIVERSITY).....2-3-56

第四章台灣水青岡森林片斷化研究

圖1 1897 - 2008年台灣北部地區年平均溫度之變化趨勢.....	2-4-9
圖2 1897 - 2008年台灣北部地區年降雨量之變化趨勢.....	2-4-9
圖3 1897 - 2008年台北氣象站年平均風速變化趨勢.....	2-4-9
圖4 梅姬颱風於古魯及蘇澳氣象站之時雨量統計資料圖(摘自于宜強等, 2010).....	2-4-11
圖5 氣候變遷下的風險性評估架構(修改自陳宜清, 2002).....	2-4-15
圖6 海岸災害風險評估因子(摘自邱淑宜, 2010).....	2-4-17
圖7 災害風險矩陣.....	2-4-18
圖8 台灣水青岡分布地與鄰近氣象站位置圖.....	2-4-19
圖9 銅山地區 2.2 ha永久樣區之小苗更新樣區位置.....	2-4-24
圖10 台灣水青岡森林災害風險評估指標.....	2-4-29
圖11 風險性矩陣圖(危害×脆弱度).....	2-4-34
圖12 研究流程圖.....	2-4-35
圖13 1982 - 2013年蘇澳氣象站長期年平均溫度變化.....	2-4-36
圖14 1982 - 2013年蘇澳氣象站長期年平均風速變化.....	2-4-36
圖15 1982 - 2013年蘇澳氣象站長期年降雨量變化.....	2-4-36
圖16 1996 - 2013年太平山氣象站長期年平均溫度變化.....	2-4-37
圖17 1996 - 2013年太平山氣象站長期年平均風速變化.....	2-4-37
圖18 1996 - 2013年太平山氣象站長期年降雨量變化.....	2-4-37
圖19 1987 - 2013年福山氣象站長期年平均溫度變化.....	2-4-38
圖20 1987 - 2013年福山氣象站長期年平均風速變化.....	2-4-38
圖21 2000 - 2013年福山氣象站長期年降雨量變化.....	2-4-38
圖22 1988 - 2013年下盆氣象站長期年降雨量變化.....	2-4-39
圖23 1988 - 2013年鳥嘴山氣象站長期年降雨量變化.....	2-4-39
圖24 1982 - 2013年蘇澳氣象站豪雨日數與颱風個數.....	2-4-40
圖25 1996 - 2013年太平山氣象站豪雨日數與颱風個數.....	2-4-40
圖26 1987 - 2013年福山氣象站豪雨日數與颱風個數.....	2-4-41
圖27 1988 - 2013年下盆氣象站豪雨日數與颱風個數.....	2-4-41
圖28 1988 - 2013年鳥嘴山氣象站豪雨日數與颱風個數.....	2-4-42
圖29 2011年大白山台灣水青岡森林災害潛勢範例圖.....	2-4-42
圖30 銅山地區災害潛勢圖.....	2-4-43
圖31 插天山地區災害潛勢圖.....	2-4-45
圖32 大白山災害潛勢圖.....	2-4-47
圖33 阿玉山災害潛勢圖.....	2-4-48
圖34 蘭炭山災害潛勢圖.....	2-4-49
圖35 鳥嘴山災害潛勢分級.....	2-4-50
圖36 大白山的台灣水青岡枯木樣區位置.....	2-4-54
圖37 大葉石櫟、小西氏石櫟之徑級結構圖.....	2-4-54
圖38 各地區水青岡森林徑級結構一覽.....	2-4-59
圖39 各地區水青岡森林伴生物種群之分布百分比.....	2-4-60
圖40 台灣水青岡小苗調查之植株數.....	2-4-61
圖41 聖嬰現象、反聖嬰現象發生之時間序列(摘自NORL AND PUTNAM, 2015).....	2-4-68
圖42 台灣水青岡森林的保育方針架構.....	2-4-74

第五章水青岡昆蟲相與水青岡森林片斷化關聯之研究

圖1 台灣水青岡林各樣區鱗翅目昆蟲調查物種數比較.....	2-5-10
圖2 台灣水青岡森林之脆弱度與風險性評估流程圖.....	2-5-16

第六章台灣維管束植物遺傳多樣性探討

圖1 台灣水青岡在台灣北部的分布(陳子英等,2011).....	2-6-8
圖2 台灣木本植物垂直分帶的樣區分布圖(林建融等,2007).....	2-6-10
圖3 以航照圖判斷及植群調查中台灣冷杉的分布位置.....	2-6-11
圖4 氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究下,針對維管束植物遺傳多樣性之研究構想.....	2-6-12
圖5 台灣水青岡遺傳結構圖,依 STRUCTURE 程式分析可分為五個遺傳組成群....	2-6-20
圖6 宜蘭大學團隊提供之災害風險評估組成,含脆弱度評估項目.....	2-6-24

摘要

本計畫完成國內多項調查計畫及不同植物標本館之植物分布資料收集，並以1990年至2002年全台156處氣象測站資料建構之台灣地區氣溫多元迴歸方程式，配合250公尺網格之數值高程模型，建置全台各月份及年均溫分布圖層，再利用該圖層及植物分布點位套疊分析，完成2,356種維管束植物之最適溫度分布範圍建構。篩選牡丹至南仁山等14處可能之長期氣候變遷下的殘存地點。而後依據易受暖化影響地點之物種密度、地形及水系特徵進行評估，認為其中7處殘存地點因植群缺乏向高海拔遷徙退卻空間，可能具有遭受暖化效應衝擊之疑慮，應為優先關注與保護的地點。另提出132種分布範圍與殘存地點重疊率達80%以上之物種，因其分布範圍狹窄且多侷限於殘存地點，當暖化持續時，現生族群可能受到較大的衝擊，為值得優先關注之對象。福山森林植物物候之脆弱度評估的結果顯示大多數植物其開花、結實量會受到三種以上氣候因子的影響，其中有三種植物的開花量同時受到五項氣候因子的影響，二種植物之結實量受到五項氣候因子的影響。極端氣候霜害則造成九種植物開花量及六種植物結實量長期的減產，其影響可持續七年以上。南仁山溪谷樣區與樣帶，其中攬仁溪樣區因受東北季風及地形遮蔽影響，樣區內可分為迎風型與背風型生育地，而溪谷樣區則因南仁山遮蔽，因此最不受東北季風影響。本研究以攬仁溪樣區與溪谷樣區的四次調查估算森林生物量，森林組成結構變化與物種族群變化，以及樣帶的兩次木本與小苗調查估算物種沿海拔之遷移狀況。顯示南仁山森林可能受東北季風影響而使得迎風型生育地產生變化，其中亦包含許多迎風分布型物種族群量之減少。相較於各地區水青岡森林依風險程度由高至低排序：蘭崁山是非常高風險、阿玉山是高風險、大白山是中等風險、烏嘴山是低風險、銅山與插天山是非常低風險。未來要依災害風險的程度訂定管理計畫，進而規劃風險管理、減緩與調適的策略，以因應氣候變遷之衝擊，以確保台灣水青岡森林的生物多樣性之永續經營。本研究主要針對台灣水青岡昆蟲相進行調查，篩選出可反映台灣水青岡森林破碎化程度的指標物種，以作為監測水青岡森林良瘠的基礎。由於台灣水青岡森林植食性昆蟲資料匱乏，本研究完成北插天山、烏嘴山、銅山、大白山與蘭崁山等樣區記錄取食或利用台灣水青岡的昆蟲共計28科109種。風險評估流程規劃、昆蟲指標物種評估與制訂、與其他相關子計畫整合等工作目標已經達成。而從族群遺傳探究台灣水青岡大族群(銅山、北插天山)遺傳多樣性呈現出低度之遺傳多樣性。而台灣水青岡小族群(蘭崁山、大白山及烏嘴山)族群數量少，但遺傳多樣性和大族群類似，及遺傳獨特性，建議應進行採種、扦插或嫁接來做復育或移地保育。