

行政院農業委員會林務局主管科技計畫：105 農科-12.7.4-務-e2

因應氣候變遷生物多樣性回復力之研究

A study on the resilience of biodiversity under
long-term climate change

105 年度成果報告



主辦機關：行政院農委會林務局

執行機關：國立宜蘭大學

台灣生物多樣性保育學會

國立嘉義大學

國立臺灣師範大學

中華民國 105 年 12 月

105 農科-12.7.4-務-e2

因應氣候變遷生物多樣性回復力之研究

成果報告

行政院農委會林務局

目 錄

目錄.....	1
第一章 因應氣候變遷生物多樣性回復力之研究計畫說明	5
一、前言	5
二、計畫目標.....	6
三、計畫架構與分工.....	11
四、參考文獻.....	12
第二章 維管束植物殘存地點分布與保育策略之分析	14
摘要.....	14
一、前言	15
1.1 氣候變遷下的生物遷徙與現象與可能的衝擊.....	15
1.2 擬解決問題	16
1.3 計畫目標	18
1.4 本（105）年度目標.....	20
二、材料及方法	20
2.1 植物分布資料蒐集與資料庫建置	20
2.2 高精度氣候模式建置.....	22
2.3 各維管束植物物種「溫度最適區間」及「耐性限度」分析	24
2.4 易受暖化衝擊地點及其保育優先次序評定辦法	27
三、計畫成果	28
3.1 ClimateAP模式準確度驗證	28
3.2 參照ClimateAP演算法，編寫台灣地區氣候推估模式.....	32
3.3 物種分布溫度最適區間及耐性界限建立	38
四、期末評核標準達成情形及年度績效	49
4.1 期末評核標準.....	49
4.2 年度績效	49
五、後續工作	50
5.1 引入分析預測方法，探討在不同暖化情形下，易受衝擊地點之位置及其上部植群之變化.....	50

5.2 氣候變遷速率分析之研究	56
5.3 易受暖化衝擊地點之植群類型分析與監測	58
六、參考文獻	58
附錄、易受暖化衝擊地點涵蓋之特有種及CR-UV物種名錄	60
第三章 以大白山至大南澳嶺與雙溪、頭城山區為例	96
摘要	96
一、前言	97
二、前人研究	98
(一) 保育標的物之適應性經營	98
(二) 粗、細篩網的保育	101
(三) 稀有種與特有種的保育評估	103
(四) 已完成計畫成果	104
三、材料及方法	107
(一) 研究地區概述	107
(二) 研究地區之植物與植群調查	111
(三) 研究地區之植群圖繪製	114
(四) 稀有種與特有種保育評估方法	114
(五) 適應性經營之研究流程	115
四、結果與討論	116
(一) 植物資源	116
(二) 植群分析結果(粗濾網之生態系尺度)	124
(三) 植群分類層級圖與植群繪圖	130
(四) 稀有植物的保育評估	135
(五) 適應性經營之研究流程-以台灣水青岡為例	138
(六) 大白山、蘭炭山的水青岡族群現況評估	141
(七) 台灣水青岡的適應性經營流程與保育策略	147
(八) 台灣水青岡的監測與調查	148
(九) 頭城山區的勘查結果	154
五、結論與建議	154
六、參考文獻	155
附錄一、大白山至大南澳嶺地區之植物名錄	160

附錄二、東北角地區草嶺大溪線至蕃薯寮溪之植物名錄.....	180
附錄三、大白山至大南澳嶺地區之植群型分表.....	182
附錄四、台灣水青岡森林各地簡易評估.....	184
附錄五、本(105)年度目標.....	185
第四章 以南仁山植群及新豐鄉榭櫟為例.....	186
摘要.....	186
一、前人研究.....	187
1.1 氣候變化與生物多樣性及物種遷移.....	187
1.2 微避難所的概念.....	191
1.3 生態系或物種面臨氣候變化之敏感適應能力與因應對策.....	192
1.4 關於物種保護框架.....	196
1.5 後續研究者對Shoo et al. (2013)之意見.....	199
1.6 植物繁殖體的保存.....	201
1.7 台灣的現況.....	202
1.8 擬解決問題.....	205
1.9 計畫目標.....	206
1.10 本(105)年度目標.....	209
二、材料及方法.....	209
2.1 研究地點.....	209
2.2 物種沿海拔分布變化評估.....	213
2.3 研究物種.....	214
三、結果與討論.....	214
3.1 南仁山樣帶之成樹與小苗之分布海拔變動.....	214
3.2 新竹榭櫟之先前成果.....	219
3.3 南仁山指標物種之回復策略.....	222
3.4 指標物種之異地復育.....	228
3.5 今年颱風對南仁山之影響.....	229
四、初步結論.....	229
五、參考文獻.....	231
第五章 以台灣水青岡與榭櫟森林的昆蟲為例.....	239

摘要.....	239
一、前言.....	240
二、前人研究.....	242
三、材料與方法.....	243
(一) 研究地區.....	243
(二) 研究方法.....	244
四、結果.....	246
(一) 以台灣水青岡為食的鱗翅目昆蟲調查.....	246
(二) 新竹榭櫟樣區昆蟲調查.....	253
(三) 台灣水青岡的開芽物候與春季同時期各樣區的開芽率差異.....	254
(四) 雲霧裳蛾族群量初步調查.....	255
五、討論.....	257
六、執行進度.....	258
(一) 執行情形.....	258
(二) 執行情形概述.....	258
七、參考文獻.....	259
附錄一、工作會議紀錄.....	262
附錄二、期中審查委員及與會人員意見回覆紀錄.....	280
附錄三、期末審查委員及與會人員意見回覆紀錄.....	298
附錄四、各細部計畫105年度期末暨成果效益報告	

第一章 因應氣候變遷生物多樣性回復力之研究

計畫說明

一、前言

全球氣候變遷與極端事件的普遍化現象，近年已受到世界各國重視，有關生物多樣性及生態系可能遭受之衝擊與後續效應，也已引發相當程度的研究及討論。目前已知的衝擊除了生物多樣性的流失之外，最大的影響可能是稀有、特有及脆弱的生物族群及生態體系結構受到破壞。此外，外來物種的入侵現象，似乎也隨著全球氣候變遷而加劇，間接造成原生物種消失及原生生態系失衡。先進國家已展開許多研究，企圖瞭解族群、物種、群落社會等層級對氣候變遷的敏感程度、脆弱度及反應能力；此外，為了避免特稀有物種及其棲地的滅絕消失，亦已依據現有知識基礎及風險程度，針對評估屬氣候變遷影響之高風險物種及族群，擬定適宜之保育策略，並進行保育工作的實質推動。

依據我國科技部 2011 年發佈之「臺灣氣候變遷報告」，指出臺灣地區近 50 年及 30 年來降水強度與頻率有逐漸增加趨勢，且趨於兩極化，即雨季越濕、乾季越乾；極端日雨量至 21 世紀末則將增加約 10% 至 30%。該研究顯示極端氣象事件之發生頻率與強度將與日俱增，使本島山區自然環境在氣候變遷與極端事件衝擊下益形脆弱。氣溫方面，發現臺灣暖化現象十分明顯，不論是 100 年、50 年和 30 年的平均溫度變化都有顯著上升趨勢。在季節變化方面，近 30 年的變化以冬季增溫幅度大於其他三季；高溫日數百年變化呈現增加的趨勢，以臺北增加幅度最大，約為每 10 年增加 1.4 天，近 50 年與 30 年的極端高溫日數分別增加為每 10 年 2 天與 4 天（許晃雄等，2011）。從上述數據顯示，無疑地，臺灣正與全球多數地區相同，正面臨著氣候暖化趨勢的影響。

氣候變遷對於生物多樣性的衝擊是漸進、深遠而難以迅速回復的，為減緩氣候變遷的衝擊，2008 至 2012 年美國推動一系列研究，探討氣候變遷對生物多樣性、生態系及生態系功能服務的影響，利用科學方法預測衝擊的趨勢與規模，進一步提出可行的調適作為。整體而言，其研究架構係以物種或生育地對氣候變遷的暴露程度為基礎，實施脆弱度與風險評估，根據評估結果，從政策面、社會面或法規制訂面推動調適作為，達到減緩、降低或預防災害發生的目標（Staudinger *et al.*, 2012）。

因應上述趨勢與國內保育工作需要，林務局 2012 年推動「建立氣候變遷對

生物多樣性風險與脆弱度評估模式及因應策略規劃」研究計畫，針對植物紅皮書物種、保育類物種以及各林帶特徵物種進行氣候變遷脆弱度及風險之評估，結果顯示多數物種在氣候變遷衝擊下，皆有從低海拔向高海拔、西南向東北方向遷移的趨勢，且多數紅皮書及保育類物種之棲地範圍均大幅限縮，增加滅絕風險（林務局，2012）。此外，林務局亦於 2013 至 2015 年推動「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」計畫（下稱「前期計畫」），透過該局累積多年的植物調查資料庫及國內各大植物標本館資訊整合，分析並提出全台灣維管束植物在長期氣候變遷影響下可能的殘存分布區域，主要包含恆春半島東側、壽卡至牡丹、南澳山區及東北角山區等 14 處地點，該研究進一步指出，當暖化持續發生，建議上述地點之窄域分布物種及生態系將可能面臨較明顯之衝擊；該計畫同時以南仁山植群、南澳山區臺灣水青岡植群及福山長期植物花果物候監測為案例，從生態系層級探討氣候變遷的可能衝擊與影響（林務局，2015）。

依據科技部「臺灣氣候變遷報告」的分析結果，已可確認短期（30 年）與長期（100 年）趨勢均顯示臺灣地區存在氣候暖化現象。分布預測模式或大尺度植物地理研究結果均顯示植物的分布範圍將隨氣候變遷產生推移，且某些地區受特殊植群聚集及局部地形影響，在氣候變遷衝擊下可能更容易導致物種與族群的滅失；前期計畫的案例研究中，則顯示某些敏感物種的族群有縮減現象（例如臺灣水青岡、臺灣柯、唐杜鵑等），但仍需更多佐證資料，以證實該現象與氣候暖化現象或極端氣候事件的因果關係。

二、計畫目標

本計畫將延續前期計畫成果，利用高精度氣候模式及完整的全臺植物分布資料庫，更嚴謹地確認臺灣地區可能遭受氣候變遷衝擊的生態系及其地點，依據不同地區之衝擊程度及自然條件特性，建議合理的保育優先次序。此外，選定二至三處易受衝擊地點為調查監測範圍，從生態系及物種層級探討氣候變遷的影響；對於區域內易受衝擊的窄域分布物種，預計以輔助更新、協助遷徙或移地保存等不同方法，建立實質的苗木繁殖培育技術、保育作業流程與案例示範。本計畫主要包含下列四項目標。

- （一）瞭解易受衝擊地點生態系及物種之保育急迫性，並提出優先順序：

一處地區植物相或物種之特殊性與不可替代性，為衡量該地區生態系或特稀有植物應受保育優先順序重要因素之一。若地區植物相極為特殊，又或孕育有稀有且侷限分布之物種，且於其他地點難以覓得相似或可替代之植物社會組成，則本地區必須受到較高的保育關注程度。一旦此地區面臨氣候變遷或其他環境因子之衝擊時，更容易造成棲地與物種多樣性的流失，因此必須優先擬定保護對策，必要時則應預先採取稀有物種之遷地保存等措施。

澳洲學者 Gunnar Keppel 在 2015 年針對氣候變遷議題，提出決定氣候變遷避難所保育優先次序之概念框架（圖 1.1），認為政策管理者應從物種、氣候變遷趨勢、地理分布及土地利用管理等資料進行彙整分析，選定適宜之時空間尺度後，據以分析評定可能之微避難所位置與容納量，進一步依據相關環境因子，進行各微避難所之保育優先次序評定工作。

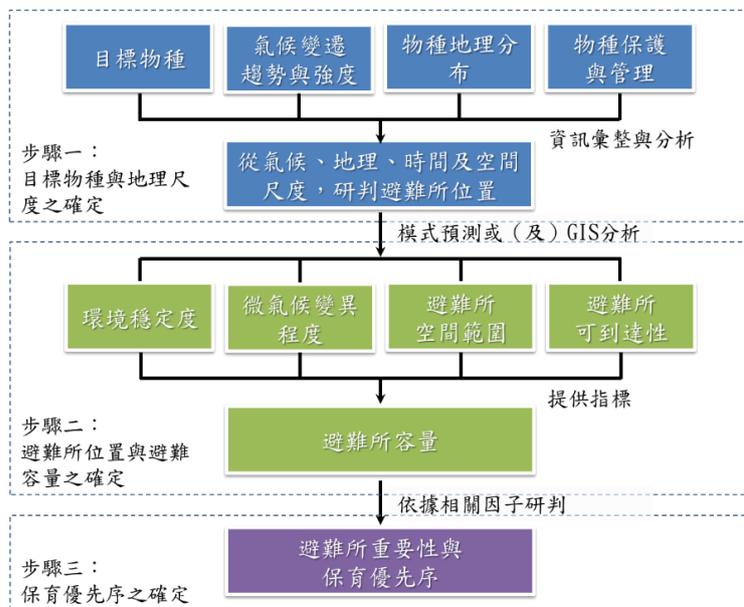


圖1.1 Gunnar Keppel繪製的概念圖，顯示微避難所 (micro refugia)、堅守點 (holdouts) 及遷徙跳石 (stepping stones) 的差異。微避難所與堅守點為固定的空間地點，但前者具有較高的容受力，在暖化情境下可維持長久的冷涼微氣候；遷徙跳石則為物種遷徙的前端族群，空間地點會隨著時間改變。

Kepple 進一步指出，「氣候變遷避難所」因環境穩定度及區域容受力之差異，因而可再細分為「遷徙跳石」、「堅守點」與「微避難所」3類（圖 1.2）。其中「堅守點」及「遷徙跳石」兩類區域內之物種及生態系較易因避難容量不足而導致滅絕，建議必須列為保育的優先對象。

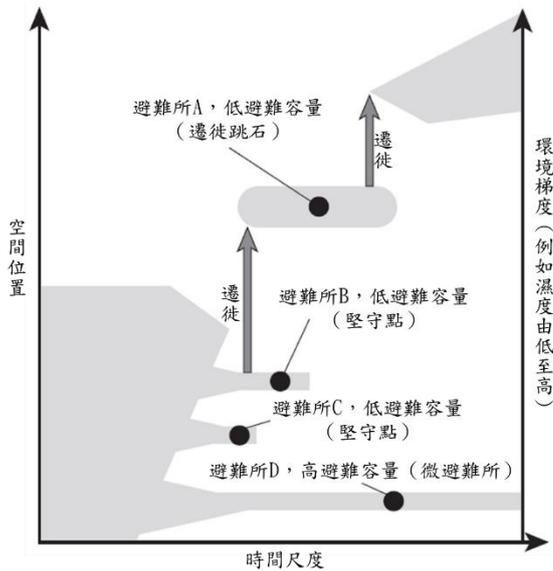


圖1.2 Gunnar Keppel繪製的概念圖，顯示微避難所 (micro refugia)、堅守點 (holdouts) 及遷徙跳石 (stepping tones) 的差異。微避難所與堅守點為固定的空間地點，但前者具有較高的容受力，在暖化情境下可維持長久的冷涼微氣候；遷徙跳石則為物種遷徙的前端族群，空間地點會隨著時間改變。

本計畫認為，Kepple 研究框架下的「堅守點」概念與前期計畫提出之「易受氣候變遷衝擊地點」極為近似。且澳洲團隊已完成氣候變遷下的微避難所之案例研究，證實該架構具有實務應用性。因此，本計畫擬以 Kepple 的研究框架為基礎，利用臺灣現有之資料與知識基礎進行修正，據以推動本土性之分析與評估。

(二) 規劃監測調查機制，瞭解易受衝擊地點生態系及物種的退化或遷徙情形：

選定 2 至 3 處已知易受氣候變遷衝擊地點之高風險生態系及物種(如恆春半島東側植群生態系、新竹地區榲欖植群、南澳山區台灣水青岡植群及東北角山區近山頂植群生態系等)，規劃監測調查機制，透過長期資料累積，瞭解該生態系及物種的退化或遷徙情形。並可利用 GIS 系統及多期航測圖資之比較，瞭解生態系邊界及物種分布的推移情性。其研究結果可做為研擬對應之保育措施之參考。

(三) 依據生態系及物種之保育急迫性，提出可能的保育對策及具體

作法：

2009 年國際生態復育學會(Society for ecological restoration international)報告指出，面對氣候變遷所帶來的威脅，以生態系復育及稀有種的管理觀點而言，可以採取如下的應變方法：(1)增加棲地面積，維持原有棲地的生物多樣性；(2)透過棲地復育方法，增加原有的片斷化生育地之連結，提供物種適宜的遷徙廊道；(3)針對遷徙能力較差的物種，或是遷移能力趕不上氣候及土地利用變遷推移速率的物種，採用人工輔助遷徙(Assisted migration)的方式，協助物種新族群的異地建立；(4)針對危險程度最高、缺乏抵抗力及適應力，或遷徙能力低弱的物種，則必須考慮透過遷地保育(*ex situ* conservation)方式進行物種多樣性的保存。

2011 年 Dawson 等人則針對生態系及稀有物種面臨氣候變遷的威脅，提出更具體的保育因應方法(圖 1.3)。Dawson 等人認為，生態系及物種面臨不同程度的氣候變遷脆弱度時，可採用的因應對策包含：現有棲地保護管理、物種的現地保護管理、協助遷徙或營造棲地廊道、協助異地族群重建、遷地保育等。然而不同程度的保育措施所需經費規模不同，保育機關應依照政策方向與生態系及物種的風險暴露程度因子，選擇恰當之保育措施，方能以最有效率的方式，強化生態系及物種對於氣候變遷風險的抵抗能力。

因此，本計畫擬參照 Dawson 之決策流程，針對臺灣易受氣候變遷衝擊地點之生態系及物種，擬定合宜之保育決策及行動，並建立可操作的範例提供林務局實務參考。

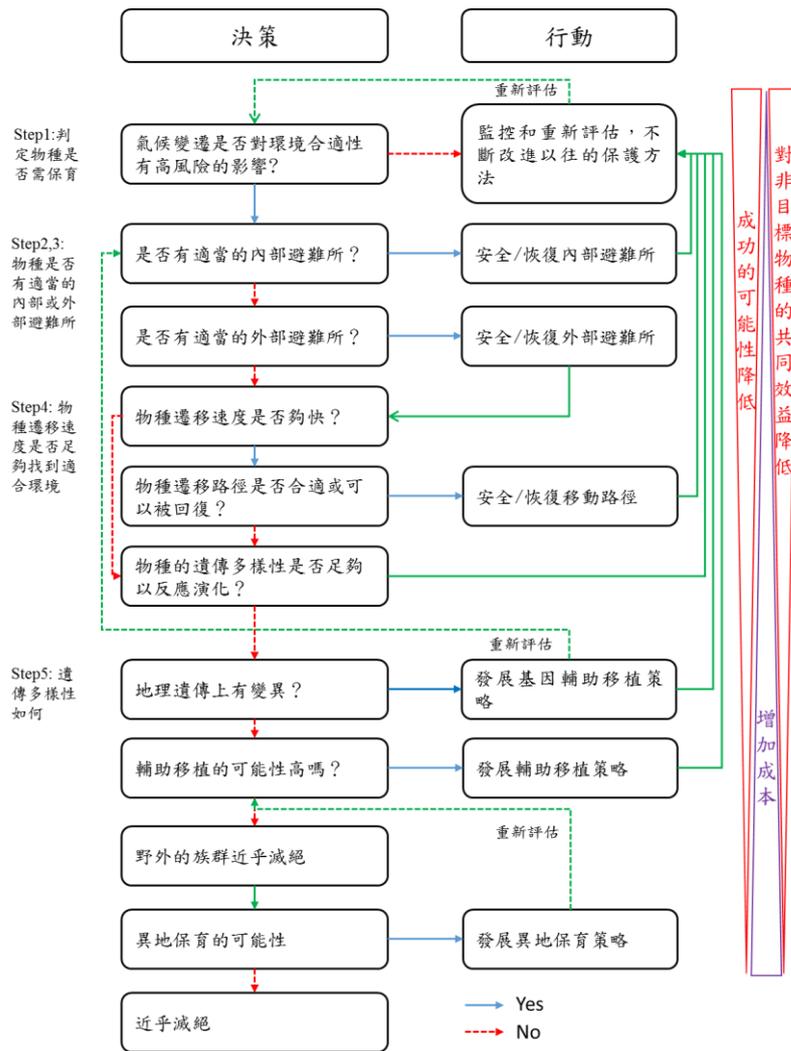


圖 1.3 Dawson 等人 2011 年提出之概念，認為氣候變遷影響下，應依照生態系及物種面臨風險程度、避難所有無、遷徙避災能力、族群大小與遺傳歧異度等因子，決定適宜之保育策略與方法。

(四) 應用適應性規劃架構 (The Adaptation for Conservation Targets, ACT) 檢視並檢討計畫執行成果：

Cross 等人認為面臨氣候變遷情境的保育工作推動，在規劃階段必須能彈性配合變遷情境模擬結果，確認保育工作介入點、經營行動與優先次序，同時在執行階段必須設定有效的監測與評估方法，隨時反饋或修正原有的規劃內容，提高保育策略對於變遷環境的調適能力 (圖 1.4)。前期計畫大致已完成 ACT 架構內的步驟一至三，亦即確認臺灣地區可能遭受氣候變遷衝擊之地點與生態系；因此，本計畫將延續前期成果，針對不同地點的保育優先次序，以地區案例方式實際執

行物種監測、保育及成效評估。並循 ACT 架構動態評估整體計畫之規劃準確性，必要時進行反饋與調整。

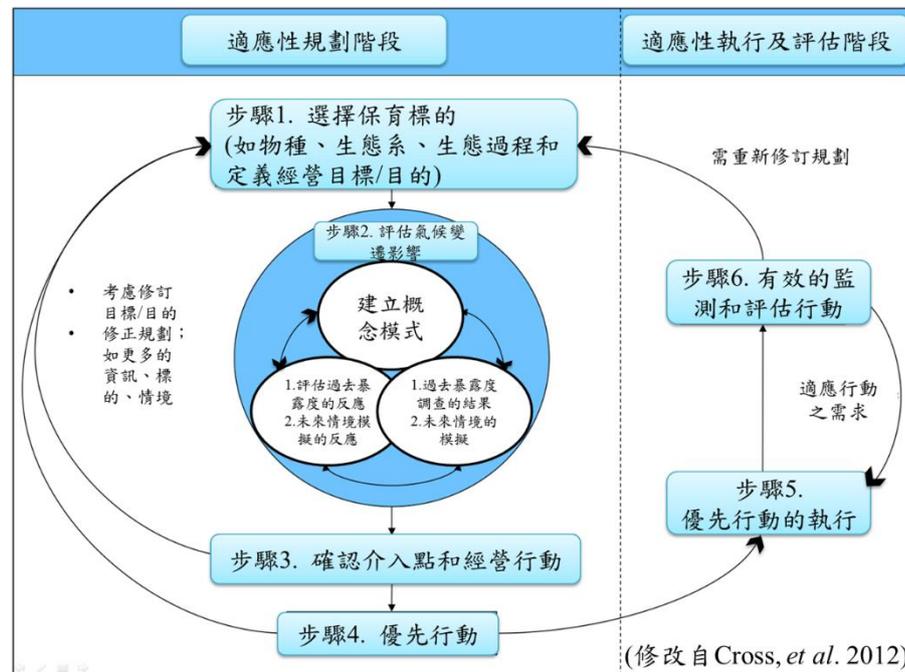


圖 1.4 Cross 等人提出的應用適應性規劃架構 (The Adaptation for Conservation Targets, ACT)。

三、計畫架構與分工

本案係以 1 個統籌計畫，下屬 4 個細部計畫方式執行。執行單位包含臺灣生物多樣性保育學會、國立宜蘭大學、國立嘉義大學及國立師範大學。各計畫名稱與分工架構如下 (圖 1.5)：

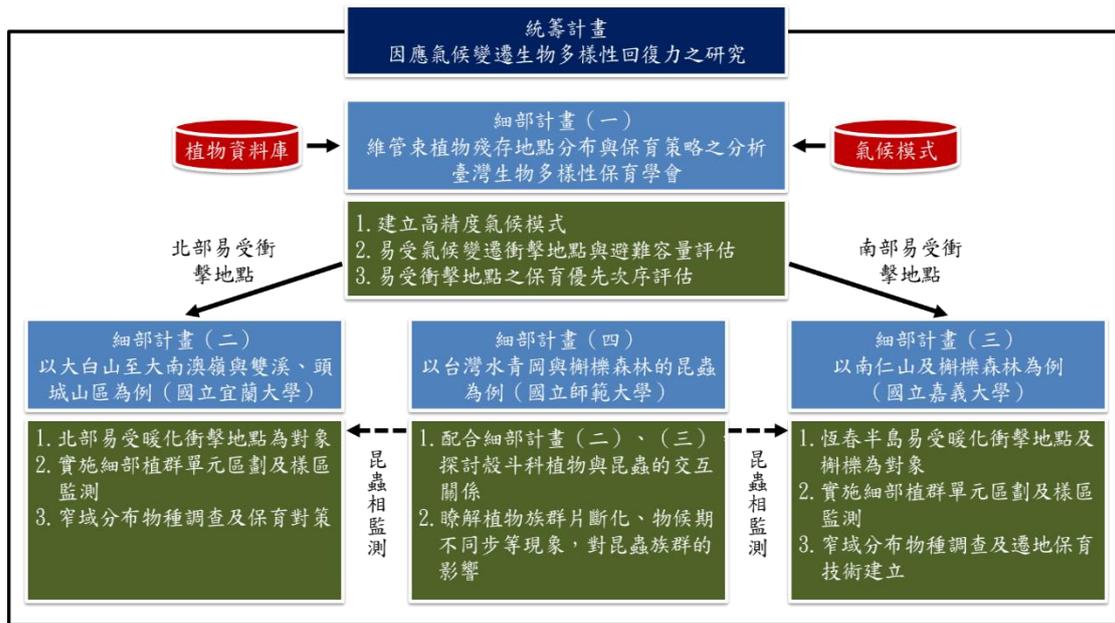


圖1.5 「因應氣候變遷生物多樣性回復力之研究」統籌計畫項下各細部計畫及其分工。藍色框格表示細部計畫名稱及執行單位，綠色框格則為各細部計畫負責推動的工作項目。

四、參考文獻

林務局 2012 「建立氣候變遷對生物多樣性風險與脆弱度評估模式及因應策略規劃」成果報告書。

林務局 2015 「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」成果報告書。

許晃雄、吳宜昭、周佳、陳正達、陳永明、盧孟明 (2011) 臺灣氣候變遷科學報告。「臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫」計畫辦公室、國家災害防救科技中心。

Cross, M.S., E.S. Zavaleta, D. Bachelet, M.L. Brooks, C.A.F. Enquist, E. Fleishman, L.J. Graumlich, C.R. Groves, L. Hannah, L. Hansen, G. Hayward, M. Koopman, J.J. Lawler, J. Malcolm, J. Nordgren, B. Petersen, E.L. Rowland, D. Scott, S.L. Shafer, R.M. Shaw and G. Tabo (2012) The Adaptation for Conservation Targets(ACT)framework: a tool for incorporating climate change into natural resource management. *Environmental Management* 50:341-351.

Dawson, T. P., *et al.* (2011) Beyond predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. *Science* 332:53-58.

Keppel, G. and Wardell-Johnson, G.W. (2015) Refugial capacity defines holdouts, microrefugia and stepping-stones. *Trends Ecol. Evol.*20:1–22.

Staudinger, M.D., N.B. Grimm, A. Staudt, S.L. Carter, F.S. ChapinIII, P. Kareiva, M. Ruckelshaus, B.A. Stein. 2012. Impacts of Climate Change on Biodiversity, Ecosystems, and Ecosystem Services: Technical Input to the 2013 National Climate Assessment. Cooperative Report to the 2013 National Climate Assessment. 296 pp.

第二章 維管束植物殘存地點分布與保育策略之分析

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，並以一致之學名標準進行資料庫建置，目前已收集且通過學名統整、地理座標檢核、採集時間檢核之植物資料計有 1,432,173 筆，涵蓋原生維管束植物 4,596 種。利用前述植物空間分布資料，配合修正後之 ClimateAP 氣候模式，產生各種維管束植物之溫度最適區間及耐性限度。針對位處耐性上界以上之物種及其個體，利用 GIS 軟體進行密度分布分析，獲得可能易受暖化衝擊之地點。綜合各易受暖化衝擊地點涵蓋之特有種及瀕危物種名錄進行評估，顯示恆春-滿州、頭城-雙溪-坪林、浸水營、大武-達仁-牡丹及南澳山區等地為多數特稀有物種之棲地，是需要優先關注保護的地點。此外，本研究發現恆春-滿州及頭城-雙溪-坪林兩處地點位居山頂區位，物種缺乏持續上遷尋找冷涼棲地之避災廊道，可能是暖化衝擊下物種與生態系容易發生劇烈變化的地點，建議應優先擬定適當的監測與因應方法。

本(105)度已針對上述可能受衝擊程度較高的地區，完成區域範圍及窄域分布之受威脅物種研究評估，分別以區域及物種為單位，提出保育優先次序名單。此外，本研究結合國外新提出之氣候模式方法，已具備預測這些易受衝擊地點的未來環境的能力，並以水青岡現生範圍為例提出雛形展示，可分別作為未來評估易受暖化衝擊地點空間推移及棲地擴張或限縮的分析工具。

關鍵詞：氣候變遷、生物多樣性、生態系、物種分布、群落、氣候變遷衝擊與調適

一、前言

1.1 氣候變遷下的生物遷徙與現象與可能的衝擊

在溫度及雨量的快速上升及下降之下，許多物種均會改變其分佈範圍。以歐洲為例，根據 1905 年至 2005 年的長期調查資料，研究指出歐洲大陸植物的最適分布海拔平均升高了 66 公尺，且草本植物敏感度高於木本植物、狹域分布物種之敏感度高於廣域物種(Lenoir, *et al.*, 2008)。全球高山環境觀測研究計畫(Global Observation Research Initiative in Alpine Environments, GLORIA)研究成果亦指出，2001 年至 2008 年進行歐洲暖溫帶山地森林調查發現，隨著觀察時間增加，植物有向高海拔遷徙的現象，且山峰頂部物種數量明顯增加，證實物種有向高海拔遷移與擠壓聚集的現象 (Pauli *et al.*, 2012)。但也有相反的例子，如美國加州自 1930 年代以來，許多維管束植物因氣候濕度的改變，分布移動至低海拔(Crimmins *et al.*, 2011)。台灣部分，林務局「建立氣候變遷對生物多樣性風險與脆弱度評估模式及因應策略規劃」研究計畫曾對植物紅皮書物種、保育類物種以及各林帶特徵物種進行氣候變遷脆弱度及風險之評估，結果顯示多數物種在氣候變遷衝擊下，皆有從低海拔向高海拔、西南向東北方向遷移的趨勢，且多數紅皮書及保育類物種之棲地範圍均大幅限縮，增加滅絕風險(林務局，2012)。

台灣地形多山，當物種隨著長期氣候暖化趨勢不斷向上、向北遷移時，極可能受地形隔離與播遷阻礙等影響，在特定區域形成殘存族群，例如獨立的山塊頂部，在暖化情境下即為阻礙生物向高海拔遷徙的地理條件，具有較高的機會形成殘存族群(圖 2.1)。當暖化持續且再無廊道供物種遷移退縮時，殘存地點之生物族群已無法再透過遷徙尋得適宜之棲地，因此殘存地點之環境條件常已臨界這些物種之生理耐受限度邊緣，殘存族群則多蝸居於較小地理尺度之局部棲地內。林務局「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」計畫(以下稱「前期計畫」)即依據上述概念，分析並提出全台灣維管束植物在長期氣候變遷影響下可能的殘存分布區域，主要包含恆春半島東側、壽卡至牡丹、南澳山區及東北角山區等 14 處地點，該研究進一步指出，當暖化持續發生，上述地點之窄域分布物種及生態系將可能面臨較明顯之衝擊(林務局，2015)。前期計畫使用之氣溫資料係以線性迴歸模型為基礎，根據已知測站的記錄資料，以逐步迴歸方法挑選出影響各月份氣溫的重要因子，包含經緯度座標、海拔及距海距離等因子等，並分別建立 12 個月的全台氣溫迴歸式(邱祈榮等，2004)。然而，該方法係以固定迴歸式進行全台的適配分析，雖能獲取各月份的平均氣溫狀態，但卻難以反映局部地點的氣候差異特性。台灣南北兩端分處熱帶及亞熱帶，東西兩側又

受不同季風系統影響，加以山區地形起伏多變，如欲精確評估氣候變遷對台灣現有生物多樣性的影響程度，則首先必須建置精準且能反映不同地點局部差異的氣候模型，方能取得高品質之氣候資料。

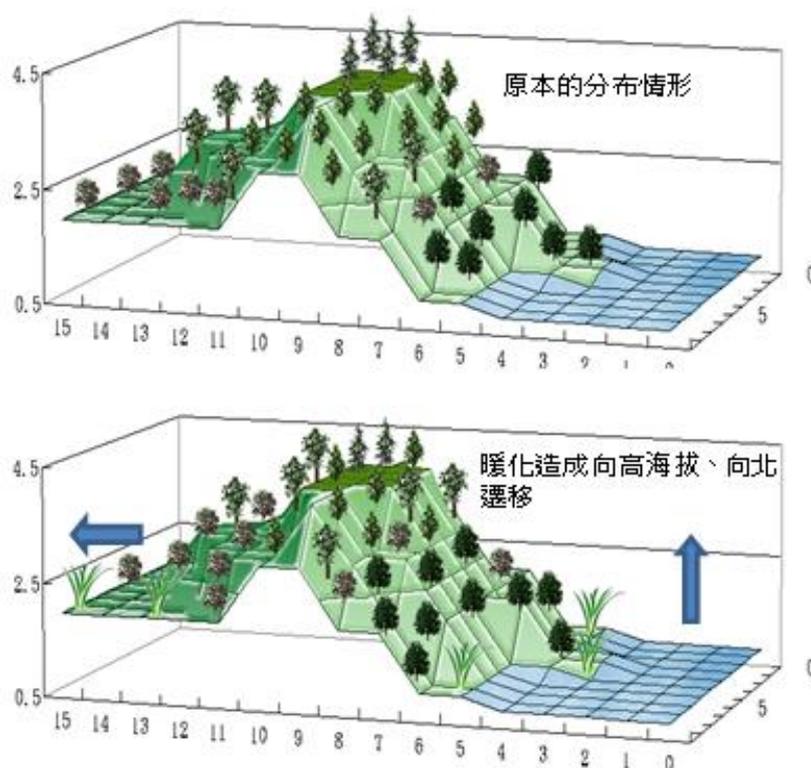


圖2.1 長期暖化趨勢下，北半球植物呈現向高海拔或向北遷移情形，以尋求最適棲地。當族群遷移途徑出現障礙時（例如山塊頂部），除氣候改變導致適應性降低外，亦將遭受後續物種強烈擠壓與競爭，導致殘存族群之滅絕。殘存族群所在之地點，則常伴隨物種密度上升及地形隔離等特徵

1.2 擬解決問題

為降低氣候變遷對於生態環境及生物多樣性的衝擊，針對高風險地區之脆弱物種推動保育工作，是急切且必要的。國際研究認為，保育策略必須依據已知生態系及物種所暴露之風險程度進行擬定，再根據應受保護對象之特性，選擇就地保護、廊道規劃、協助遷徙及遷地保育等不同對策，政府機關方能在最有效率之經費及人力運用下，發揮最高的保育成效。有關保育策略制訂之研究，近期已有文獻案例可供參考，例如 2015 年 Keppel 等人以澳洲塔斯馬尼亞（Tasmania）為

案例，提出一系列研究架構，進行氣候變遷下微避難所之尺度與位置判定、避難容納量（capacity）分析，最終達成各避難所風險程度與保育優先次序評估之目標（Keppel *et al.*, 2015）。該團隊認為，避難所之容納量由環境穩定度、微氣候異質性、棲地面積與可到達性等因子共同決定。依 Keppel 之架構進行研究分析，該團隊發現塔斯馬尼亞多處冷涼、潮濕且地形複雜之地區可能是暖化效應下未來可提供生物避難的場所，並依各區域之條件因子，排定各地點之保育優先序（圖 2.2）。

本計畫認為，Keppel 等人發展之研究架構與「殘存地點」概念頗為近似，且澳洲團隊已完成氣候變遷下的微避難所之案例研究，證實該架構具有實務應用性；因此，台灣應可利用現有之資料與研究基礎，仿其架構推動本土性之分析與評估。本計畫擬解決問題如下：

1. 透過國際研究單位合作，取得高精度之氣候推估模式軟體，經台灣地區觀測資料校正後，做為未來三年本計畫使用之資料基礎，改善我國目前遭遇氣候資料空間解析度不足之問題。
2. 利用高精度氣候模式，進一步評估前期計畫獲得之可能受暖化衝擊地點之準確性。另選定重新評估後之 2 至 3 處地點，暫定台灣東北部山區、南澳地區及南仁山植群為案例，依 2015 年 Keppel 所提之研究架構，利用台灣現有之植物空間分布資料庫，從植物相特殊性、物種稀有性及專有性、週邊環境潛在威脅等因子，評估前述各地點生態系及物種之保育急迫性，並提出保育優先次序。
3. 針對分析所得之可能受暖化衝擊地點，以及該範圍內具保育急迫性之物種，整理其生態特性及分布現狀資料，提出可能的保育對策及具體作法。

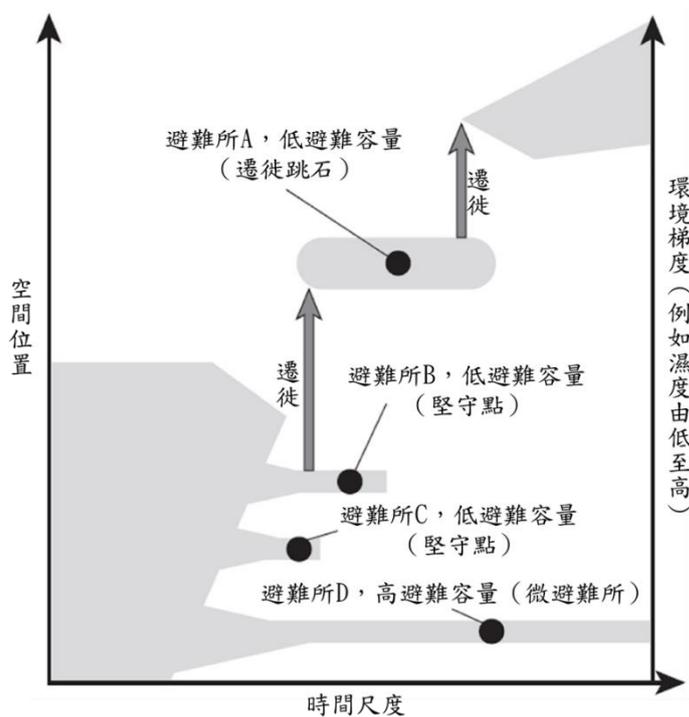


圖2.2 Gunnar Keppel繪製的概念圖，顯示微避難所 (micro refugia)、堅守點 (holdouts) 及遷徙跳石 (stepping tones) 的差異。微避難所與堅守點為固定的空間地點，但前者具有較高的容受力，在暖化情境下可維持長久的冷涼微氣候；遷徙跳石則為物種遷徙的前端族群，空間地點會隨著時間改變。

1.3 計畫目標

本計畫預定期程3年，全程計畫目標如下：

1. 提升氣候推估與預測資料之精度與品質：

亞太森林復育與永續經營網絡 (The Asia-Pacific Network for Sustainable Forest Management and Rehabilitation, APFNet) 目前已完成亞洲太平洋地區氣候推估模式 (ClimateAP) 之開發，可將 PRISM 及 WorldClim 現有全球 4 公里網格解析度之網格化觀測資料，經分析運算予以細緻化處理，最終獲得無固定尺度 (scale-free) 之高解析氣候資料 (Wang *et al.*, 2014, Wang *et al.*, 2016)。本計畫擬以該模式為基礎，利用台灣既有之長期氣象站觀測資料進行 ClimateAP 模式驗證與校正，修正為適用於台灣地區之高解析度氣候推估模式，做為本計畫後續研究與分析之資料來源。

2. 瞭解各易受暖化衝擊地點生態系及物種之保育急迫性，並提出優先序：

(1) 一處地區植物相或物種之特殊性與不可替代性，為衡量該地區生態系或特稀有植物應受保育優先順序重要因素之一。若地區植物相極為特殊，又或孕育稀有

且侷限分布之物種，且於其他地點難以覓得相似或可替代之植物社會組成，則本地區必須受到較高的保育關注程度。一旦此地區面臨氣候變遷或其他環境因子之衝擊時，更容易造成棲地與物種多樣性的流失，因此必須優先擬定保護對策，必要時則應預先採取稀有物種之遷地保存等措施。

(2) 前期計畫已針對全台可能為長期氣候變遷下的 14 處易受暖化衝擊地點，依物種特殊性、稀有性及專有性等因子，參考週邊環境的潛在威脅，提出 132 物種為優先關注之清單。本計畫擬承接並確認前期計畫之研究成果，再依據台灣植物紅皮書初評名錄所列之受威脅物種（CR、EN、VU），進行生態特性及分布現狀之整理。並特別以南澳山區、東北部山區及南仁山植群為案例，針對前述應關注之物種進行生態特性及分布現狀整理，配合植群計畫成果資料，瞭解前述應關注物種之現生環境特性與伴生物種，進一步評估其可能受衝擊之程度，並依物種及地區特性研提適宜之保育對策與具體作法

3. 依據生態系及物種之保育急迫性，提出可能的保育對策及具體作法：

(1) 現有棲地及物種的保護管理：對於現狀分布於保護留區系統內，且保護留區面積足可涵蓋其潛在棲地之物種，面臨氣候變遷之風險程度較低，可朝就地保育以及維持棲地品質與物種族群之方式進行管理。

(2) 協助遷徙或營造棲地廊道：對於棲地未能完全為保護留區涵蓋，或棲地週邊已為人工植群包圍的應保護物種，面臨長期氣候變遷之影響，在向北或向高海拔遷徙過程中，需克服跨越棲地或生態系的阻力，或須與其他植群競爭，可能導致物種遷徙過程中適存度降低，進而提高滅絕之風險。針對此類物種，應朝向檢討現行保護留區範圍、營造棲地廊道或協助散播遷徙等方式，提高其適存能力。本項目預計提出研究成果及政策建議，供其他研究計畫推動實務監測調查之參考。

(3) 協助異地族群重建：對於分布範圍限縮，且現狀觀察已呈族群逐步下降之物種，可能已難以倚賴物種本身的自力遷徙與競爭能力，尋得適宜之活存地點，將導致該物種在遷徙過程面臨極高的滅絕風險。針對此類物種，應朝向人工協助建立異地族群之方式，檢討週邊氣候因子適宜之原生棲地或人工林，輔助其種原建立異地族群，提高氣候變遷下的適存度；本項目將提出研究成果及政策建議外，供其他研究計畫推動實務試驗操作之物種選擇參考。

(4) 遷地保育及方法建議：對於分布範圍極度現縮且野外族群稀少的物種，一旦氣候變遷或極端氣候事件發生，極容易因少數個體死亡或棲地流失，即導致母族

群數量與遺傳歧異度的急遽減損，因此有進行遷地保育的立即必要。本研究計畫可協助提供遷地保育物種清單，針對易受暖化衝擊地點生態系及物種之生態特性，建議適宜之遷地保育地點。

1.4 本（105）年度目標

依據全程目標，訂定本（105）年度預定可達成之成果如下：

1. 以APFNet已發展之ClimateAP氣候推估模式為基礎，利用台灣觀測資料進行驗證與校正，必要時修正該氣候模式，提升台灣地區氣候推估資料之精度與品質。
2. 彙整已知之易受暖化衝擊地點資料，特別以南澳山區及南仁山植群為案例，依植物相特殊性、物種稀有性及專有性、周邊環境潛在威脅等因子，瞭解各易受暖化衝擊地點生態系及物種之保育急迫性，並提出優先次序。
3. 初步提出微避難所研究架構在全台灣尺度的可行性與操作流程。

二、材料及方法

2.1 植物分布資料蒐集與資料庫建置

以「台灣植物資訊整合查詢系統—植物名彙及基本資訊」學名資料庫為基礎，彙整台灣大學植物標本館（TAI）、林業試驗所植物標本館（TAIF）、中央研究院生物多樣性研究中心植物標本館（HAST）、國立自然科學博物館植物標本館（TNM）、國家植群多樣性調查野外及文獻樣區、外來入侵植物調查計畫野外樣區、台灣植物紅皮書及其他標本館已記載之植物分布資料。各植物資料經學名及異名比對後，建立一致之物種代碼，據以串接各植物資料庫之分布資料，以利各物種之垂直分布、水平分布之整理與分析。同時，根據植物誌及紅皮書之記載，建置各物種之來源屬性（原生、特有或歸化）、受威脅程度及區系來源，分析探討這些屬性因子與物種分布現況的關係。

本計畫使用之植物資料來自多項調查計畫及不同的植物標本館，各來源資料雖均具備植物名稱、分布地點及觀測時間等記錄，惟資料屬性、計畫目的及資料產製時間不同，導致欄位一致性、資料關聯度及空間精度均有差異，難以直接應

用。例如各植物標本館與植群計畫使用之植物學名不完全一致，導致相同物種在不同資料庫內給予不同的命名；又例如歷史標本之空間定位精度較差，常僅記錄地名而無座標，若要與近年野外調查之 GPS 定位資料整合運用，則需經精度檢核與適當取捨，以確保空間資料之品質。本計畫已完成上述整合作業，並完成植物資料庫架構規劃及建置(圖 2.3)，以「台灣植物誌第二版」及「台灣植物名彙」之學名為依據，透過一致之學名標準，進行不同來源之植物分布資料整合；各來源資料庫則仍保留其原始資料內容及資料庫架構，必要時仍可追溯各筆植物分布資料之原始來源。目前已收集且通過學名統整、地理座標檢核、採集時間檢核之植物資料計有 1,432,173 筆，涵蓋原生維管束植物 4,596 種(表 2.1)。

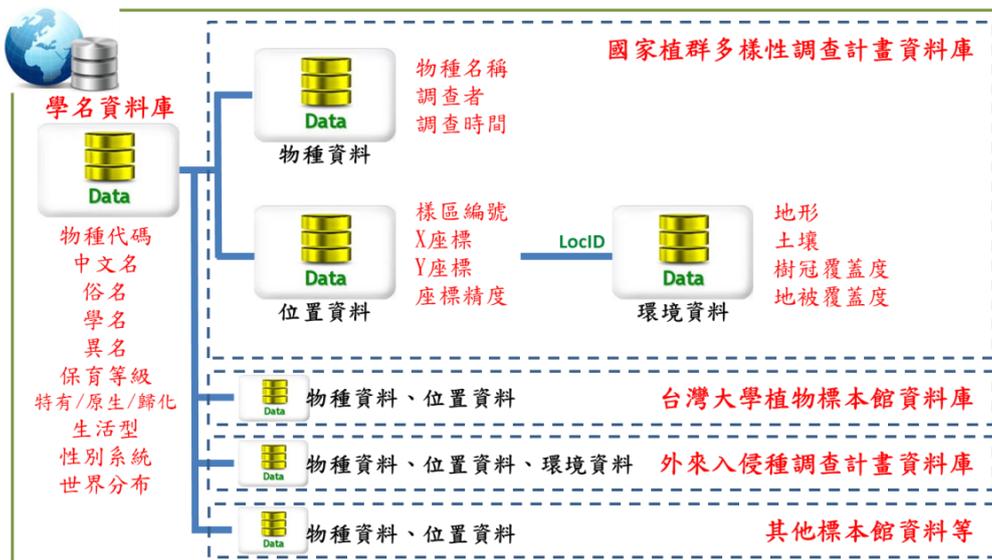


圖 2.3 本研究採行之資料庫架構示意圖。透過學名資料庫內統一的物種代碼，關聯至國家植群多樣性調查計畫、台灣大學植物標本館及外來入侵種調查計畫等大型植物資料庫。本架構之優點為不需更動各原始資料庫之內容，僅透過新增「物種代碼」欄位即可進行各大型資料庫間之資料串接與所需資訊之撈取。

表 2.1 本研究完成彙整之植物資料筆數統計。

資料來源	資料總數	特有種 資料筆數	各保育評估等級植物資料筆數			
			CR	EN	VU	其他
神奈川縣立博物館	107	34	6	8	11	82
京都大學植物標本館	556	236	9	22	40	485
台灣大學森林系植物標本館	960	254	5	26	63	866
台灣植物紅皮書	3,140	1,138	394	728	2,018	
台灣大學植物標本館	134,825	22,085	707	1,643	4,413	128,062
林業試驗所植物標本館	105,745	12,453	1,289	2,369	5,872	96,215
東京大學植物標本館	556	236	9	22	40	485
美國賓州科學院植物標本館	5,004	1,125	23	86	196	4,699
國家植群多樣性調查計畫	742,808	178,324	111	2,543	6,545	733,609
外來入侵植物調查計畫	264,486	8,191	365	4,195	17,436	242,490
中央研究院植物標本館	78,265	13,525	525	928	1,538	75,274
國立自然科學博物館	95,721	14,645	427	753	1,304	93,237
合計	1,432,173	252,246	3,874	13,328	39,494	1,375,504

2.2 高精度氣候模式建置

台灣地區之氣候觀測記錄雖已有百年歷史，然而大部分氣象站均設置於平地，山區設站歷史較久者僅有玉山、阿里山、鞍部等地，1980 年以後測站數量雖有增加，但僅能構成點狀之氣象觀測記錄，對整體山區而言資料仍然貧乏。台灣科技部於 2010 年起，推動「臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置」(Taiwan Climate Change Projection and Information Platform, TCCIP)，運用中央氣象局、經濟部水

利署與台灣電力公司，合計 1,614 個測站產製之多樣數據資料推估產生全台 5 公里解析度之月降雨、平均溫度、最高溫及最低溫網格資料，涵蓋期間則為 1960-2009 年。該網格式資料為山區提供了基本的氣候參考數據，然而就生態研究需求及山區地形與微氣候變化程度而言，5 公里解析度仍然過粗，無法呈現微氣候的局部差異。

山區氣候觀測資料缺乏的問題不僅發生在台灣，而是全球各國皆面臨的相同問題。近 10 年來，全球各大氣候資料庫經過整合及空間推估與降尺度分析，產生了多種氣候資料圖集（如 WorldClim 資料庫）提供地圖測繪、物種分布預測及大尺度氣候研究等相關領域使用，其空間解析度包含 30 弧度-秒、2.5 弧度-分、5 弧度-分不等（Hijmans *et al.*, 2005）；從大尺度研究角度而言，全球氣候資料庫確實彌補了山區資料不足的缺口，然而資料空間解析度的提升，仍是所有研究人員致力改善的目標。

加拿大英屬哥倫比亞大學為提升網格式氣候資料的解析度，2006 年起構思並設計了 ClimateWNA 模式（Wang *et al.*, 2006, Wang *et al.*, 2012），針對北美洲西部地區（west North America, WNA），以 WorldClim 及 PRISM 氣候資料庫 4 公里解析度圖層為原始資料，透過目標網格及相鄰 8 網格構成之局部區域，利用水平方向雙線性插值（bilinear interpolation）（圖 2.4）結果，再利用 9 網格重複取樣之局部動態迴歸分析（dynamic local regression）（圖 2.5）獲得氣溫海拔遞減率校正值，產生無固定尺度（scale-free）之氣候推估數據。由於該模式具備無固定尺度之特性，使用者可依據持有之座標點位產生對應之氣候資料，適合氣候變遷領域內有關生態學及植物地理分布研究者使用。該團隊運用相同的演算概念，於 2014 年完成亞洲太平洋地區的氣候模式 ClimateAP 開發，提供環太平洋地區國家進行氣候變遷研究使用（Wang *et al.*, 2014）。

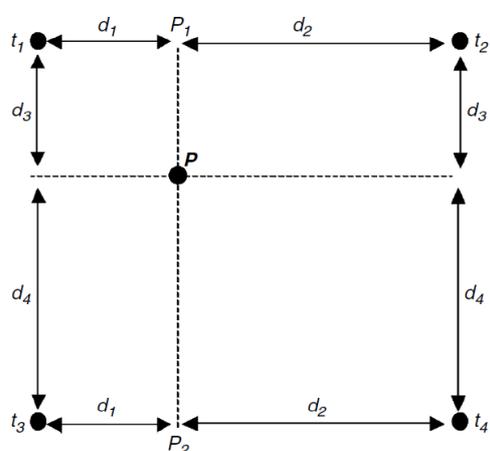


圖 2.4 ClimateAP 使用的水平方向雙線性插值法，採用目標點位 P 與鄰近的四個網格中心點之水平距離作為權重，依據四個網格中心點的氣溫數值，以簡單線性方法推算 P 點的水平方向氣溫推估值。

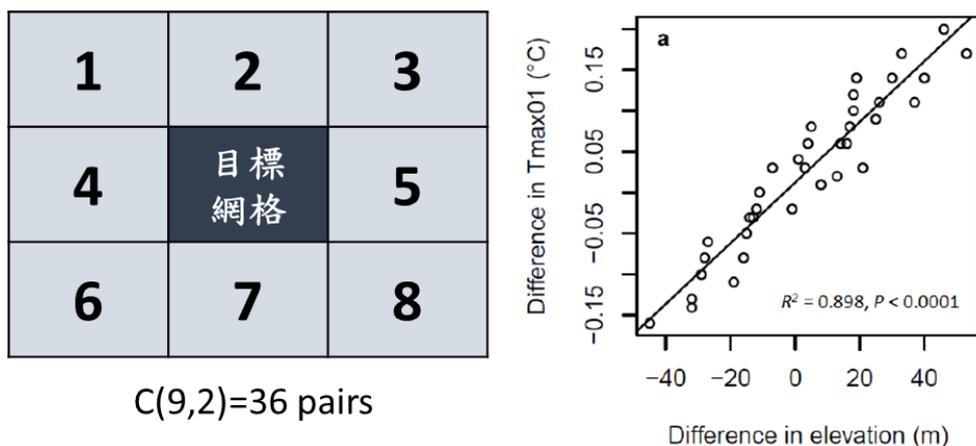


圖2.5 ClimateAP使用的局部動態迴歸分析方法，將P所在位置定為目標網格，再從氣候資料庫內抽出目標網格及其相鄰之8網格，組成9個樣本。9樣本經兩兩重複取樣，計算每次取樣結果之海拔差值及氣溫差值，共得36組數對。所有數對利用簡單線性迴歸計算斜率，即為局部地區（9網格）之氣溫海拔遞減率。該遞減率用以修正水平方向雙線性插值法所得P點氣溫推估值。

本計畫已取得 ClimateAP 軟體，並利用中央氣象局屬測站長期觀測資料及 TCCIP 網格資料進行 ClimateAP 模式驗證，發現該模式在台灣平地地區精準度極高，但對台灣山區之平均氣溫有明顯高估情形，誤差程度可達 5°C 左右（詳述於「三、計畫成果」），因誤差值極大，無法直接套用於台灣地區之資料分析。經與 ClimateAP 原始資料圖層比對，發現該問題來自於 WorldClim 及 PRISM 資料庫 4 公里網格氣候資料對台灣山區的估計誤差。為解決上述問題，本計畫仿照 ClimateAP 之演算法，利用 R 語言重新編寫氣候推估模式，並改採用台灣 TCCIP 產製之 5 公里網格氣候資料（1960-2009 年每月平均氣溫、最高溫、最低溫、日平均降雨量）作為模式運算之原始資料圖層，以產生台灣地區高精度之無固定尺度（scale-free）氣候推估數據。

2.3 各維管束植物物種「溫度最適區間」及「耐性限度」分析

生態學研究認為，多數生物在環境梯度內均有其「最適範圍」與「耐性限度」，該耐性區間則構成了物種的生態棲位。在最適範圍內，生物通常有較高的生產力

或族群量；至耐性限度範圍時，由於該物種可能需要投資較高的能量以抵抗環境壓力，或因面臨較高的死亡風險，進而造成族群量或生產力的降低。整體而言，物種的族群量（或生產力）在環境梯度上的分布通常呈現鐘型曲線之型式。以溫度為例，物種之天然分布範圍受其適溫條件限制，在最適溫度下有較高的族群量與出現頻率；至耐性限度範圍時，則因氣候條件過熱或過冷，導致族群生存與更新受到限制（圖 2.6）。本研究認為若暖化現象發生，對位處「耐性上界」個體而言，環境溫度條件將超出該物種可負荷之適存範圍，除非透過遷徙或傳播方式尋得新的適溫棲地，否則將因原棲地環境溫度超過適存範圍，導致個體逐漸死亡消失。因此，釐清位處「溫度耐性上界」個體之空間分布，將有助於「氣候暖化下可能遭受衝擊生態系及地點」之議題探討。

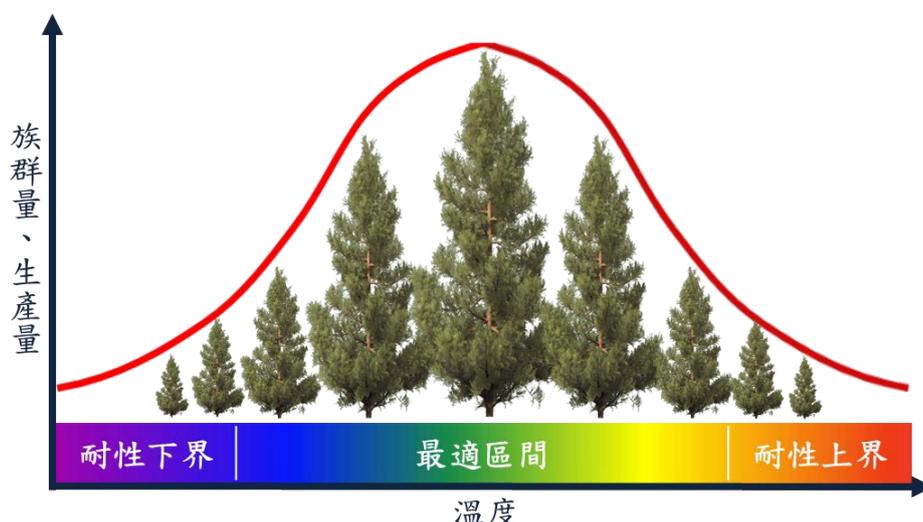


圖2.6 物種在溫度梯度上的最適區間與耐性限度示意圖。

為瞭解各維管束植物之適存氣溫範圍，本研究以國家植群多樣性調查計畫及外來入侵植物調查計畫資料庫為材料，篩選分布點位高於 20 處之台灣原生物種（共 1,450 種），利用各筆資料實際調查位置，經氣候模式推估其生育地氣溫狀態，依物種別組合其氣溫數值頻度分布，代表該物種之生存溫度範圍。該氣溫頻度分布經 Shapiro-Wilk 常態檢定，以 p 值 99% 為信賴區間，如無法拒絕該頻度分布為常態分配者，則定義「物種出現範圍之平均氣溫+1.96*標準差」為耐性上界；如拒絕為常態分配者，則將該物種出現範圍溫度數值經遞減排序後，定義「第 2.5% 序位」為耐性上界。分析流程如下：

- (1) 從植物分布資料庫內篩選台灣原生且分布資料筆數高於20筆（含）之維管

束植物共1,450種，將每一筆植物點位所在之經緯度座標及海拔輸入自編模式，以1961至1990年為統計區間，產生每一筆點位之氣候推估資料，包含每月平均氣溫、每月平均最高溫、每月平均最低溫共36個輸出值。

- (2) 依序建構每一物種地理分布範圍內之氣溫頻度分布，再利用Shapiro-Wilk方法進行常態檢定，顯著水準 (p-value) 設定為0.01。對於氣溫頻度分布符合常態之物種 (553種)，定義氣溫平均值正負1.96個標準差內為其「最適區間」；出現地點高於氣溫平均值1.96標準差之個體，則定義所處生育環境為「適溫上界」以上 (圖2.7)。對於氣溫頻度分布未符合常態之物種 (897物種)，定義氣溫頻度分布中央95%個體之生育範圍為「最適區間」；位處氣溫頻度分布前2.5%個體之生育範圍則定義為「適溫上界」以上 (圖2.8)。
- (3) 抽取所有被判定為「適溫上界」以上之植物分布點位，經ESRI ArcGIS spatial analyst模組提供之Point Density分析工具，以500公尺網格為解析度、以周邊5,000公尺為緩衝區間，統計「適溫上界」以上個體的密集出現地點。
- (4) 分析流程如圖2.9。

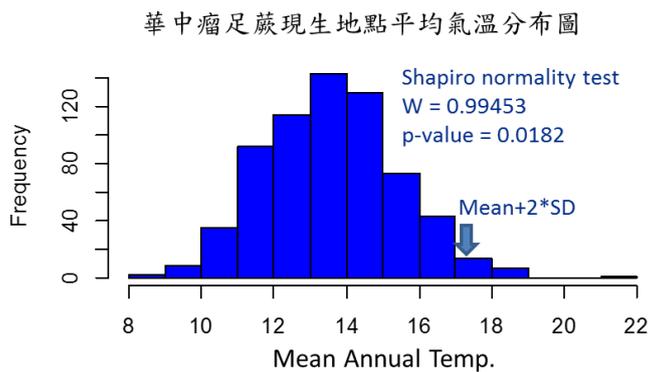


圖2.7 以華中瘤足蕨為例，其氣溫頻度分布經檢定符合常態分布，定義高於氣溫平均值1.96標準差之個體所處生育環境為「適溫上界」以上

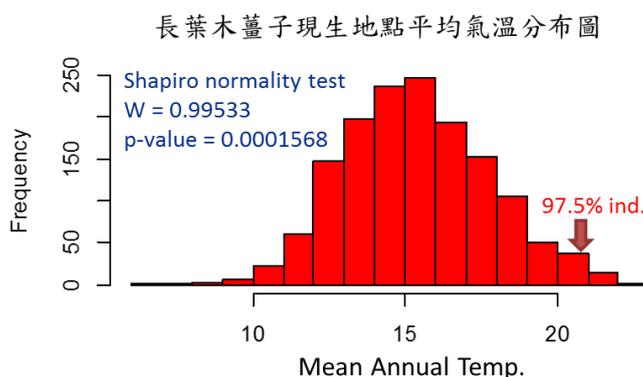


圖2.8 以長葉木薑子為例，其氣溫頻度分布經檢定未符合常態分布，定義位處氣溫頻度分布前2.5%個體之生育範圍為「適溫上界」以上。

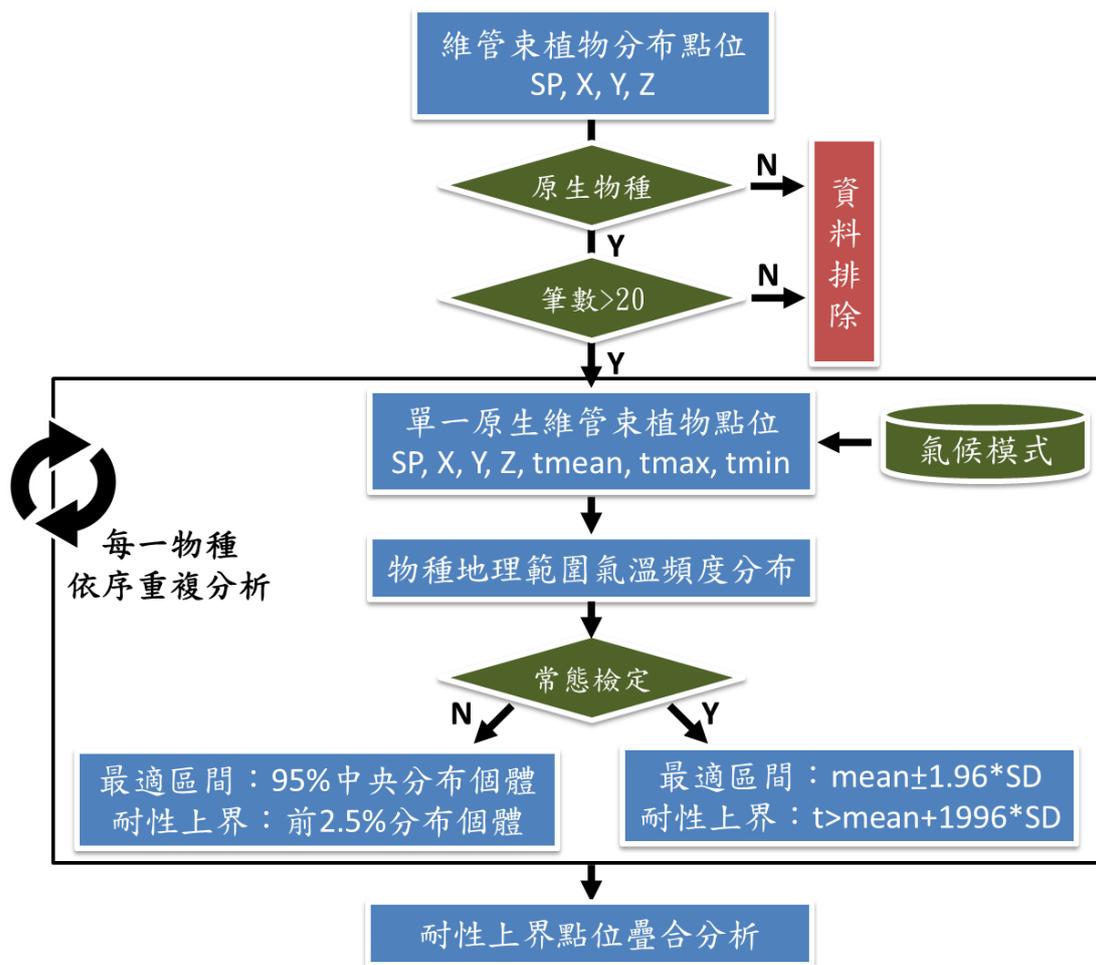


圖2.9 物種分布溫度最適區間及耐性界限分析流程圖。

2.4 易受暖化衝擊地點及其保育優先次序評定之方法

本研究認為，一處地點若有較多物種處於「耐性上界」，當暖化現象產生時，可能導致單位面積內的物種組成發生較劇烈的變化，有機會使原有生態系受到較高的改變與衝擊。然而，不同物種與生態系之空間分布分別受到不同氣候因子的影響，因此研究過程中應先確定與生態系空間分布具有高相關性的氣候因子，針對這些關鍵因子進行「耐性上界」統計，方能獲得與實際情形相符的結果。

為達上述目標，本研究篩選國家植群圖內 9 種主要的天然植被類型，以 200 公尺網格為解析度，利用自編模式產生各植群型分布範圍的氣候變量，再經引導

聚集算法 (Bagging) 篩選與該植群分布具有高度相關的氣候因子。依據獲得的高相關性氣候變量，利用上一節說明之「溫度耐性上界」統計方法，於物種分布資料庫篩選位處於「耐性上界」之物種及其個體。「耐性上界」物種及其個體分布資料經 ESRI ArcGIS Point Density Analysis 工具分析，可獲得密度分布圖，篩選點位密度高於 $1\text{pt}/\text{km}^2$ 之地點並繪製地圖，列為易受暖化衝擊之區域。

將易受衝擊區域與數值高程模型套疊，根據所在區域與周邊之海拔落差關係，將各地點分為「山頂」、「中坡」、「溪谷」及「平原」四類，就暖化與物種大尺度遷徙之趨勢而言，山頂物種已無向高海拔退卻空間，所受衝擊程度最大。此外，依據臺灣維管束植物紅皮書初評名錄，進行易受衝擊區域現生分布的特有種及受威脅種 (CR, EN, VU) 之篩選，以該類物種作為保育標的及數量指標；當區域內保護標的數量指標越高，則顯示該區域保育價值越高，一旦面臨暖化衝擊，相對於其他地點具有較高的保護急迫性。

三、計畫成果

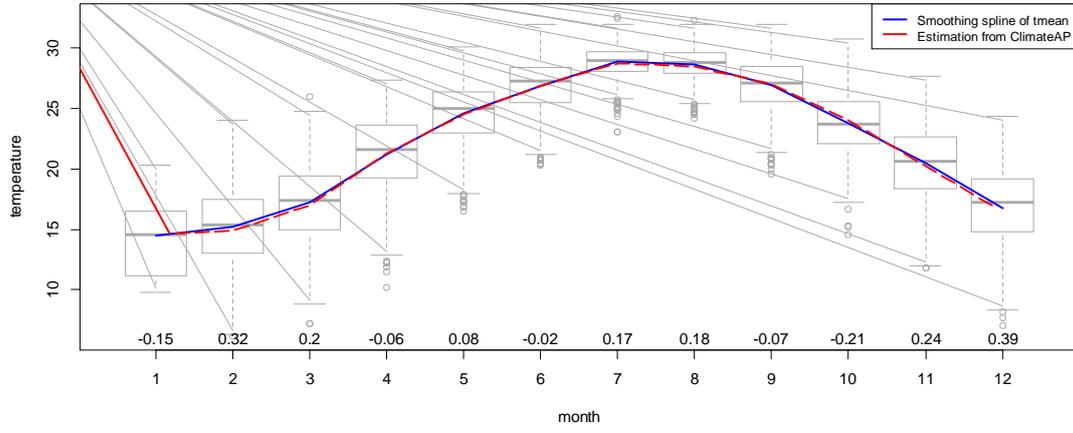
3.1 ClimateAP 模式準確度驗證

本計畫自台灣颱風洪水研究中心取得中央氣象局局屬測站自 1961 年以來之逐日觀測資料，抽取淡水、基隆、台中、台南、鞍部、日月潭、阿里山、玉山等 8 處測站，計算 1 至 12 月月均溫之分布情形。同時利用該 8 處測站之座標及高程，輸入 ClimateAP 模式，產生 1961 年至 1990 年月平均氣溫推估值。並將實測資料與模式結果套疊，比較兩者差異 (表 2.2、圖 2.10)。套疊結果顯示，ClimateAP 模式對於平地地區的預測精準度高，由淡水、基隆、台南、台中等 4 處測站驗證結果來看，誤差平均值多在 0.5°C 以內；然而，山區測站部分 (鞍部、日月潭、阿里山、玉山) 顯示 ClimateAP 推估值與實測結果有明顯誤差，最高可達 4.3°C 。

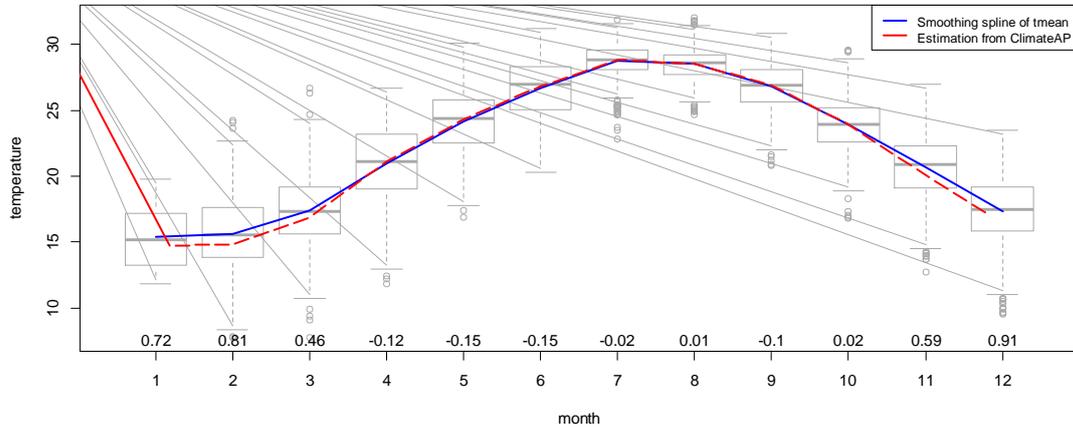
表 2.2 中央氣象局 8 處測站之月平均氣溫值與 ClimateAP 推估值之差異，平地測站實測資料與 ClimateAP 模式推估結果之差異多在 0.5°C 以內；山區測站部分，ClimateAP 則有顯著高估情形，幅度約在 1.5°C 至 4.3°C 不等。

測站名稱	經度	緯度	海拔	氣象測站觀測平均值 - ClimateAP 推估值												誤差絕對值 平均
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
淡水	121.45	25.16	19.00	-0.15	0.32	0.2	-0.06	0.08	-0.02	0.17	0.18	-0.07	-0.21	0.24	0.39	0.1742
基隆	121.74	25.13	26.70	0.72	0.81	0.46	-0.12	-0.15	-0.15	-0.02	0.01	-0.1	0.02	0.59	0.91	0.3383
台南	120.20	22.99	40.80	-1.3	-0.07	0.19	0.15	0.24	0.05	-0.16	-0.24	-0.17	-0.29	-0.22	-0.26	0.2783
台中	120.68	24.15	84.00	-1.51	-0.44	-0.17	-0.23	-0.23	-0.38	-0.41	-0.52	-0.46	-0.71	-0.54	-0.56	0.5133
鞍部	121.53	25.18	825.80	-5.07	-4.6	-4.54	-4.53	-3.99	-3.55	-3.12	-3.29	-4.21	-5.47	-5	-4.68	4.3375
日月潭	120.91	23.88	1017.50	-1.46	-1.53	-1.36	-1.49	-1.5	-1.59	-1.64	-1.61	-1.49	-1.53	-1.54	-1.5	1.5200
阿里山	120.81	23.51	2413.40	-4.06	-2.93	-2.81	-2.85	-2.79	-2.79	-2.84	-2.89	-2.83	-2.86	-2.84	-2.91	2.9500
玉山	120.96	23.49	3844.80	-3.01	-4.29	-4.33	-4.67	-4.45	-4.4	-4.51	-4.44	-4.44	-4.34	-4.11	-4.2	4.2658

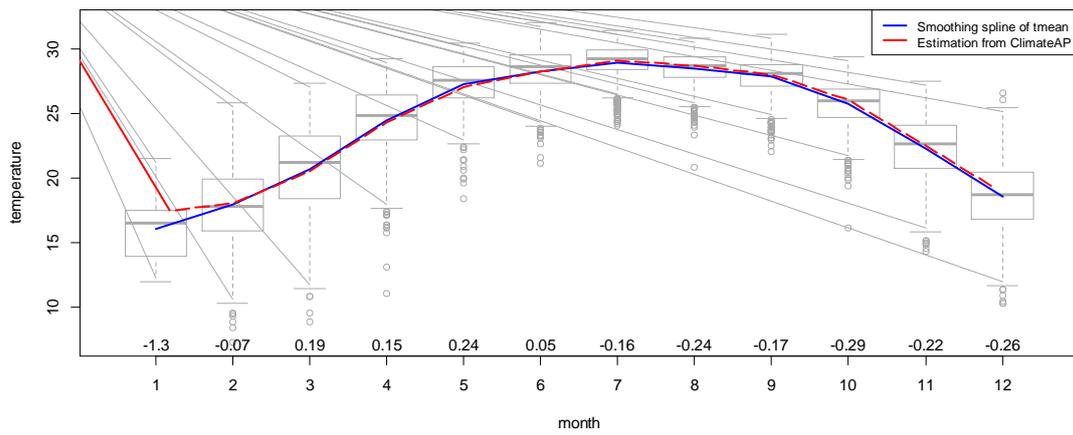
Smoothing Spline, station = 淡水



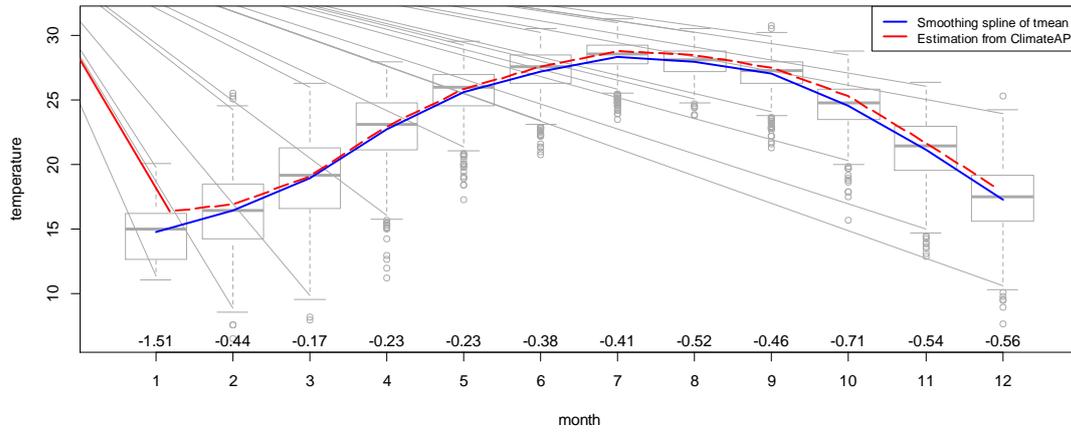
Smoothing Spline, station = 基隆



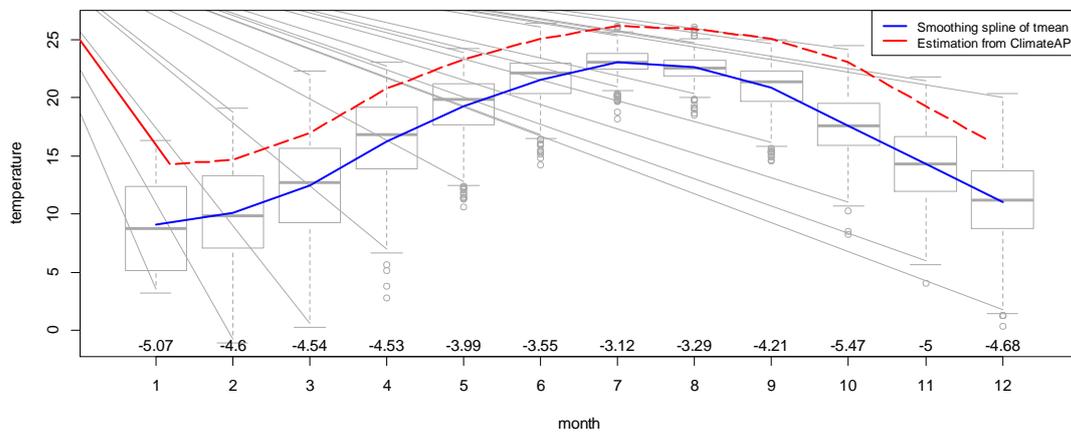
Smoothing Spline, station = 臺南



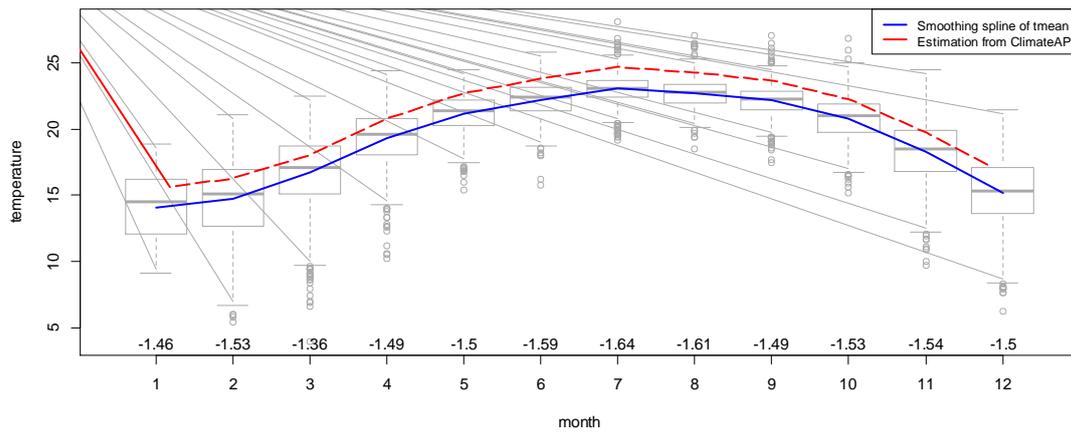
Smoothing Spline, station = 臺中



Smoothing Spline, station = 鞍部



Smoothing Spline, station = 日月潭



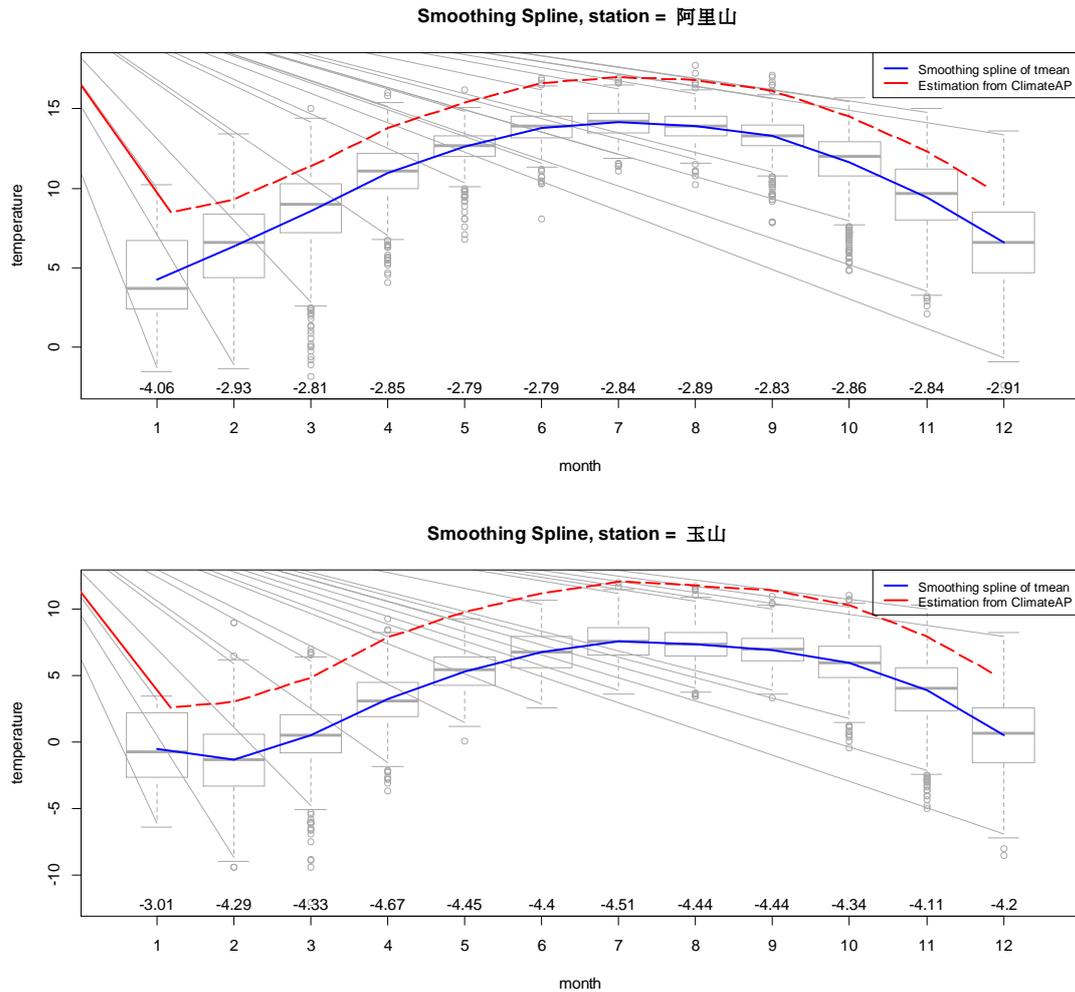


圖2.10 利用8處中央氣象局局屬測站長期觀測資料，驗證ClimateAP模式在台灣的推估準確度。藍色實線為各測站1961-1990年日觀測資料計算所得之月均溫平滑迴歸，紅色虛線則為ClimateAP產生之月均溫推估值。

為釐清 ClimateAP 推估值與實測數據間有無系統性誤差，進一步以 TCCIP 產製之 5 公里網格月平均氣溫資料（涵蓋期間 1961-1990 年）為真值，再由 ClimateAP 產生每個 5 公里網格中心點之月平均氣溫推估值，兩者相減後觀察差值的空間分布情形。結果顯示，ClimateAP 與台灣實際觀測氣溫數據間之差異並非系統性，而具有空間特性（圖 2.11）。從分析結果可發現 ClimateAP 對陽明山北麓、雪山山脈、中央山脈東側、海岸山脈等地之氣溫估計通常高於實測值；對於玉山山塊、高雄、屏東山區之氣溫估計則較實測值為低；平原地區之估計值則與實測值相近。由於 ClimateAP 使用之原始資料來自於 WorldClim 及 PRISM 全

球氣候資料庫，推測可能因全球性氣候資料庫尺度較大，且該資料庫缺乏完整的台灣測站資料進行降尺度分析與資料校正，導致原始資料圖層未能反映台灣島內的東西向差異。此外，圖 2.11 顯示之明顯差異地區約與東北季風影響範圍相當，推測 WorldClim 及 PRISM 原始資料未能完整反映季風系統對台灣氣候之影響。

基於上述結果，本研究認為 ClimateAP 模式對於台灣山區之氣候推估未盡精準，除非予以調整修正，否則無法直接套用於後續之物種適溫範圍分析。

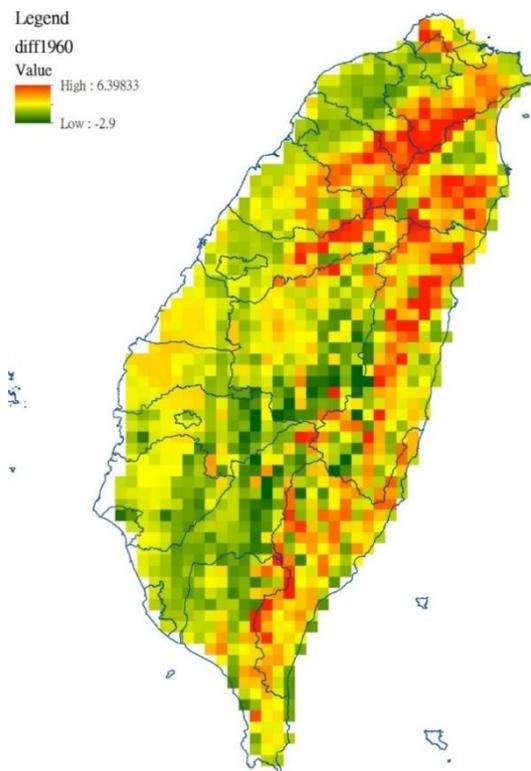


圖2.11 以TCCIP產製之5公里網格為基準，將ClimateAP推估值與TCCIP氣溫數值相減後的結果。紅色範圍顯示ClimateAP氣溫推估值明顯高於TCCIP氣溫數值之地點。

3.2 參照 ClimateAP 演算法，編寫台灣地區氣候推估模式

依據前一節之分析，本研究認為 ClimateAP 對台灣山區出現推估誤差之原因來自於 WorldClim 及 PRISM 原始氣候資料圖層，而非模式演算方法不佳，若以品質較佳之網格氣候資料替代，應可提高模式推估值的準確度。由於台灣 TCCIP 氣候網格資料係以 5 公里為單元，且該資料係由全台 1,614 個測站推估而得，準確度應遠高於 WorldClim 及 PRISM 資料庫，因此擬藉由原始氣候圖層抽換，嘗試對於 ClimateAP 的預測結果有無顯著改善。

然而 ClimateAP 軟體係由 Visual Basic 程式語言撰寫，程式碼及其背景資料庫均已進行封裝，無法單獨進行背景氣候資料抽換。因此，本研究參考 ClimateWNA 原始發表文獻 (Wang, *et al.*, 2012)，以 R 程式語言編寫相同功能之氣候模式 (以下稱「自編模式」)，自編模式採用之原始數據為 TCCIP 發表之 5 公里網格資料，包含月平均氣溫、月平均最高溫、月平均最低溫及月平均降水量，涵蓋期間為 1960 年至 2009 年。

自編模式利用 TCCIP 原始網格資料，依輸入地點之座標，同樣經過「水平方向雙線性插值」及「局部動態迴歸分析」兩步驟，產生目標地點之氣候推估數據，包含逐月之平均氣溫、平均最高溫、平均最低溫及月平均降水量 (共 48 個輸出值)。以恆春半島為例，5 公里原始資料讀入自編模式後，首先產生水平雙線性內插數值，而後再經局部動態迴歸產生之氣溫垂直遞減率修正，即可獲得全面性之氣候推估資料 (圖 2.12)。

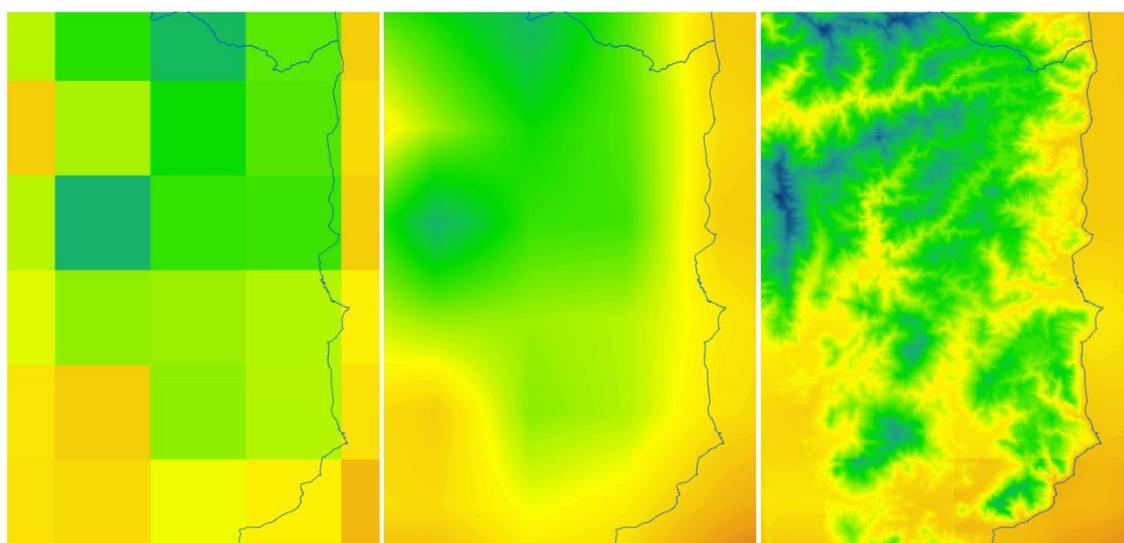


圖2.12 自編模式產生之氣候推估結果。左圖為TCCIP五公里原始氣候圖層，中圖係以100公尺網格為單位進行水平雙線性插值計算之結果，右圖則為再經局部動態迴歸分析獲得各網格之氣溫垂直遞減率後，依據數值高程模型進行垂直校正的結果。

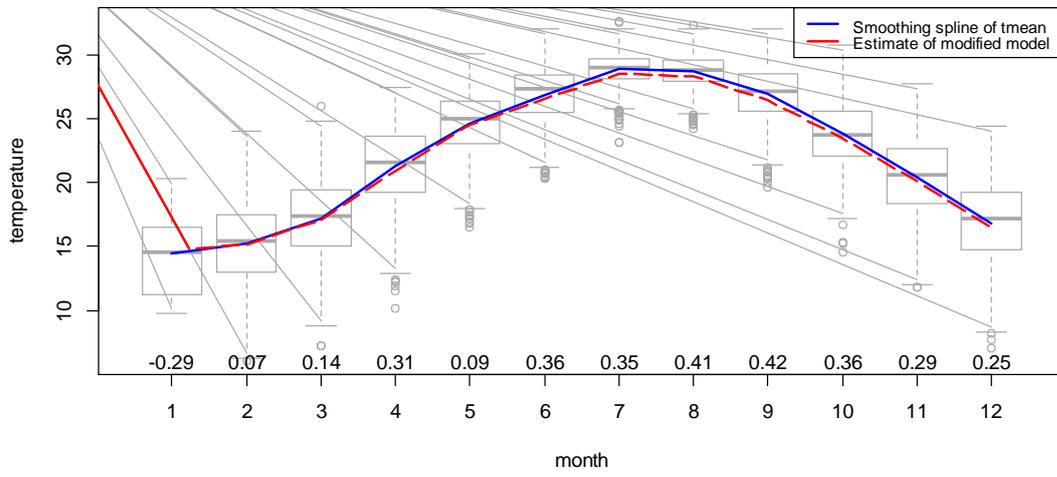
為驗證自編模式之準確性，選取與前一節分析相同之 8 處中央氣象局局屬測站月平均氣溫資料，與自編模式輸出之推估值進行比較 (表 2.3、圖 2.13)。結果

顯示，以平地地區而言，除台中之誤差平均值達 0.64°C 以外，其餘各站驗證結果誤差多在 0.5°C 以內，與 ClimateAP 在平地地區之預測精準度並無太大差異；然而在山區部分，自編模式估測值與實測值之平均誤差均低於 1°C，顯著改善 ClimateAP 在山區預測準確度不佳的問題。就驗證結果而言，本研究認為自編模式與 ClimateAP 對平地區域之氣候估測能力並無太大差異，但自編模式在山區之估測誤差可縮減至 1°C 以內，顯示自編模式已有實際應用於生態資料分析之價值。

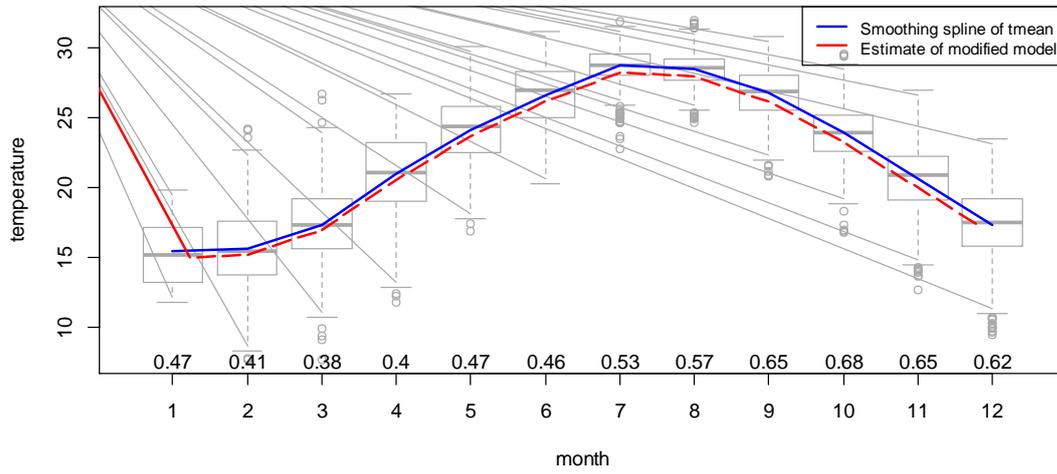
表2.3 中央氣象局8處測站之月平均氣溫值與自編模式推估值之差異，平地測站實測資料與自編模式推估之誤差約為0.5°C以內；山區測站部分，誤差則約界0.5°C至1°C間。

測站名稱	經度	緯度	海拔	氣象測站觀測平均值 - 自編模式推估值												誤差平均值
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
淡水	121.45	25.16	19.00	-0.29	0.07	0.14	0.31	0.09	0.36	0.35	0.41	0.42	0.36	0.29	0.25	0.2797
基隆	121.74	25.13	26.70	0.47	0.41	0.38	0.40	0.47	0.46	0.53	0.57	0.65	0.68	0.65	0.62	0.5256
台南	120.20	22.99	40.80	-0.96	0.01	0.00	0.01	0.05	-0.05	0.00	-0.07	-0.04	-0.10	-0.03	-0.05	0.1144
台中	120.68	24.15	84.00	-1.19	-0.42	-0.64	-0.48	-0.61	-0.86	-0.72	-0.72	-0.68	-0.70	-0.33	-0.36	0.6437
鞍部	121.53	25.18	825.80	-0.42	-0.23	-0.07	0.20	0.14	0.12	0.10	0.06	0.13	0.04	-0.03	0.05	0.1340
日月潭	120.91	23.88	1017.50	1.21	0.94	0.96	0.91	0.85	0.74	0.77	0.73	0.77	0.73	0.81	0.97	0.8658
阿里山	120.81	23.51	2413.40	-1.03	-0.18	0.27	0.50	0.62	0.61	0.70	0.55	0.72	0.64	0.40	0.39	0.5527
玉山	120.96	23.49	3844.80	1.03	-0.69	-1.66	-1.29	-0.22	0.25	-0.25	0.10	0.57	1.17	0.94	0.68	0.7369

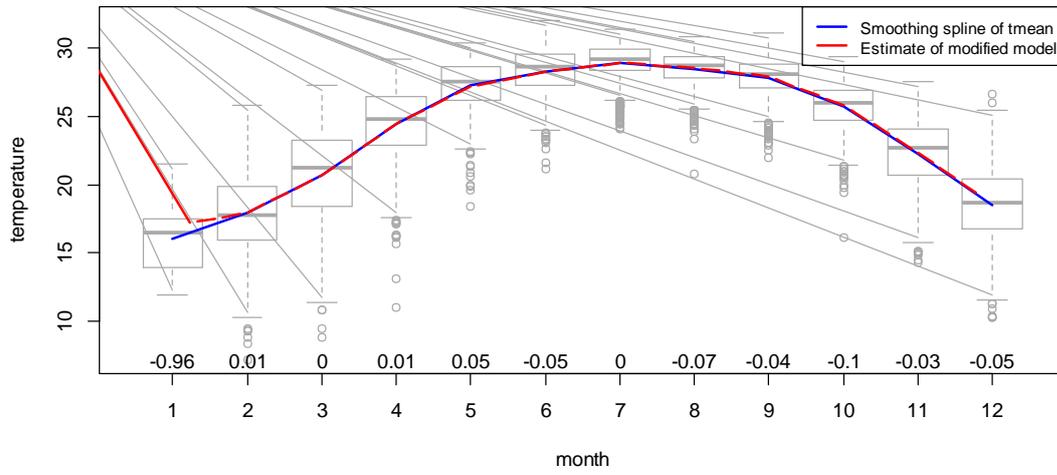
Smoothing Spline, station=淡水



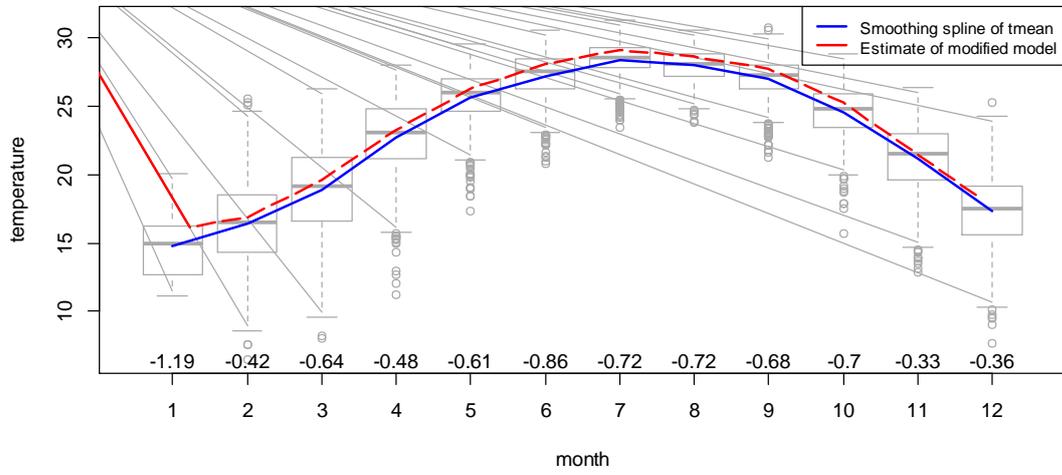
Smoothing Spline, station=基隆



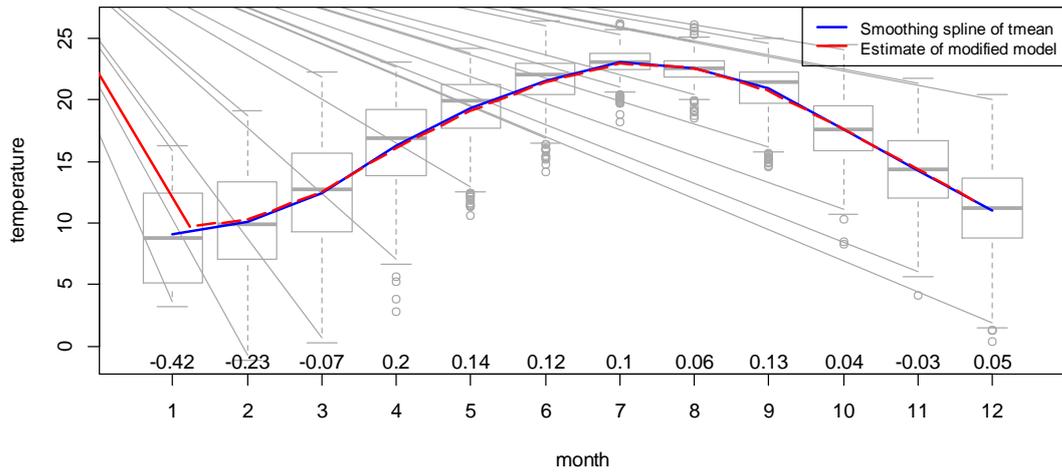
Smoothing Spline, station=台南



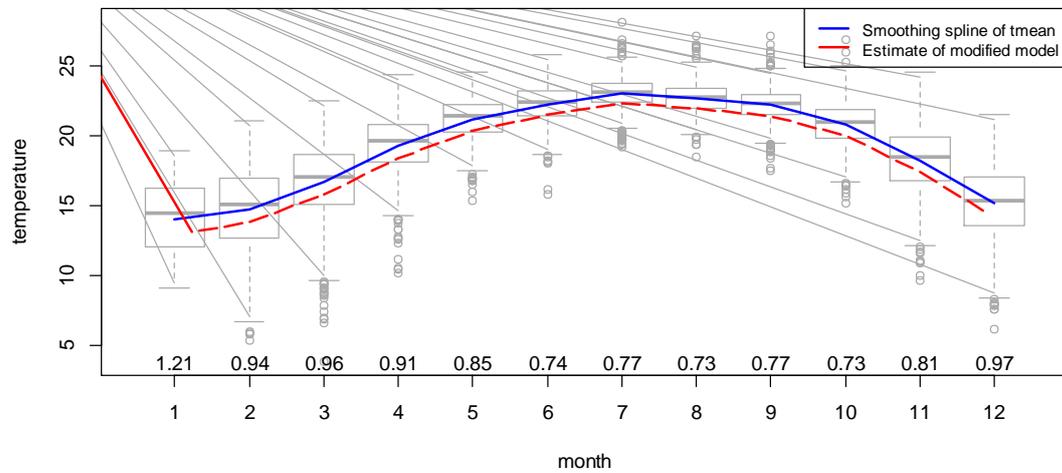
Smoothing Spline, station=台中



Smoothing Spline, station=鞍部



Smoothing Spline, station=日月潭



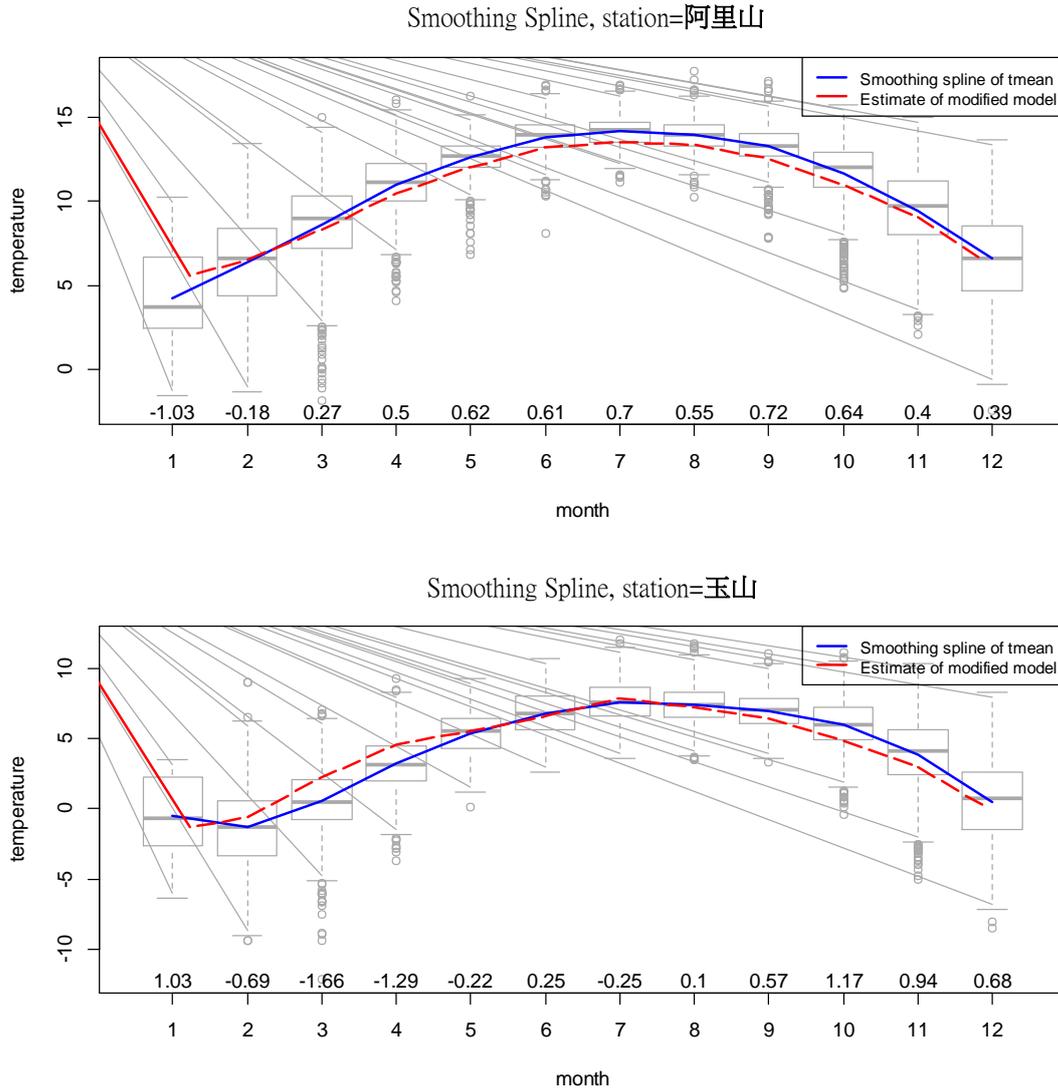


圖2.13 利用8處中央氣象局局屬測站長期觀測資料，驗證自編模式的推估準確度。藍色實線為各測站1961-1990年日觀測資料計算所得之月均溫平滑迴歸，紅色虛線則為自編模式產生之月均溫推估值。

雨量資料部分，則利用 TCCIP 產製之 1960-2009 年每月平均日降雨量 5 公里網格資料，經水平雙線性插值法獲得無尺度化的雨量分布資料。依相關研究指出，雨量隨海拔之不易歸納變化趨勢，且隨區域地形及風場方向等影響極大，前述氣溫 downscaling 推估過程使用之局部動態迴歸方法對於雨量分布預測精度並

無提升之效果，故不採用局部動態迴歸進行雨量分布的推估計算 (Wang *et al.*, 2014)。

迄期末為止，本計畫撰寫之自編模式計可利用 TCCIP 之 5 公里解析度氣溫及雨量網格資料，配合數值高程模型，獲得 70 組無固定尺度之氣候環境變量。各變量說明如表 2.4：

表 2.4 自編模式產生之 70 組無固定空間尺度之氣候環境變量。

環境及氣候變數		變數細項
降水量		月平均降水量 (12) 季平均降水量 (4) 年均降水量 (1) 夏季 (May-Sep) 平均降水量 (1)
溫度	最低溫	月平均最低溫 (12) 季平均最低溫 (4)
	平均溫	月平均溫 (12) 季平均溫 (4) 年均溫 (1)
	最高溫	月平均最高溫 (12) 季平均最高溫 (4)
熱濕指數		年溫差 (TD) 夏季熱濕比 (SHM, summer heat:moisture index) 年熱濕比 (AHM, annual heat:moisture index)

TD：最暖月均溫與最冷月均溫差值 (°C)

SHM：夏季熱濕比 (最暖月均溫)/(夏季平均降水量/1000)

AHM：年熱濕比 (年均溫+10)/(年均降水量/1000)

3.3 物種分布溫度最適區間及易受暖化衝擊地點之篩選

1、與植群分布高度相關的氣候因子篩選

本計畫所提之「維管束植物物種『溫度最適區間』及『耐性限度』分析」方法，係從影響物種分布的關鍵溫度因子考量並進行統計極端值篩選，若被選入耐性限度分析之氣候因子與植物分布具有高度相關，則獲得之易受暖化衝擊地點將與實際情形越接近。為釐清與植群分布高度相關的氣候因子，本研究先從國家植群多樣性調查成果資料內抽取 9 種主要植群型（低地風衝常綠闊葉矮林、下部山地—低地次生常綠闊葉林、下部山地常綠闊葉林、山地常綠闊葉林、山地落葉闊葉林、山地針闊葉混淆林、山地針葉林、上部山地針葉林、亞高山針葉林）之分布範圍（圖 2.14），於各植群型圖層以 200 公尺等距設置系統樣點，利用自編模式產生各系統樣點之氣候資料，包含年均溫（MAT）、春季均溫（3-5 月, Tave_MAM）、夏季均溫（6-8 月, Tave_JJA）、秋季均溫（9-11 月, Tave_SON）及冬季均溫（12-2 月, Tave_DJF）及年平均降水量（MAP）。以植群型為類別型態應變量，以 6 種氣候因子為自變量，於 R 軟體內利用 Bagging 方法建構分類模型並篩選高相關因子。獲得各植群型相關氣候因子如表 2.5 及圖 2.15。

分析結果顯示，不同植群型的主要相關氣候因子均有不同。例如低地風衝常綠闊葉矮林的分布與年均降水量、冬季均溫有較高相關；下部山地常綠闊葉林之分布與秋季均溫、夏季均溫相關；上部山地針葉林及亞高山針葉林之分布則與夏季均溫、秋季均溫相關等。然而，9 種植群型的分析結果一致顯示年均溫（MAT）及春季均溫（Tave_MAM）與植群分布具有低相關性，因此在進行物種氣溫耐性限度分析時，年均溫與春季均溫應是可先予排除的因子。

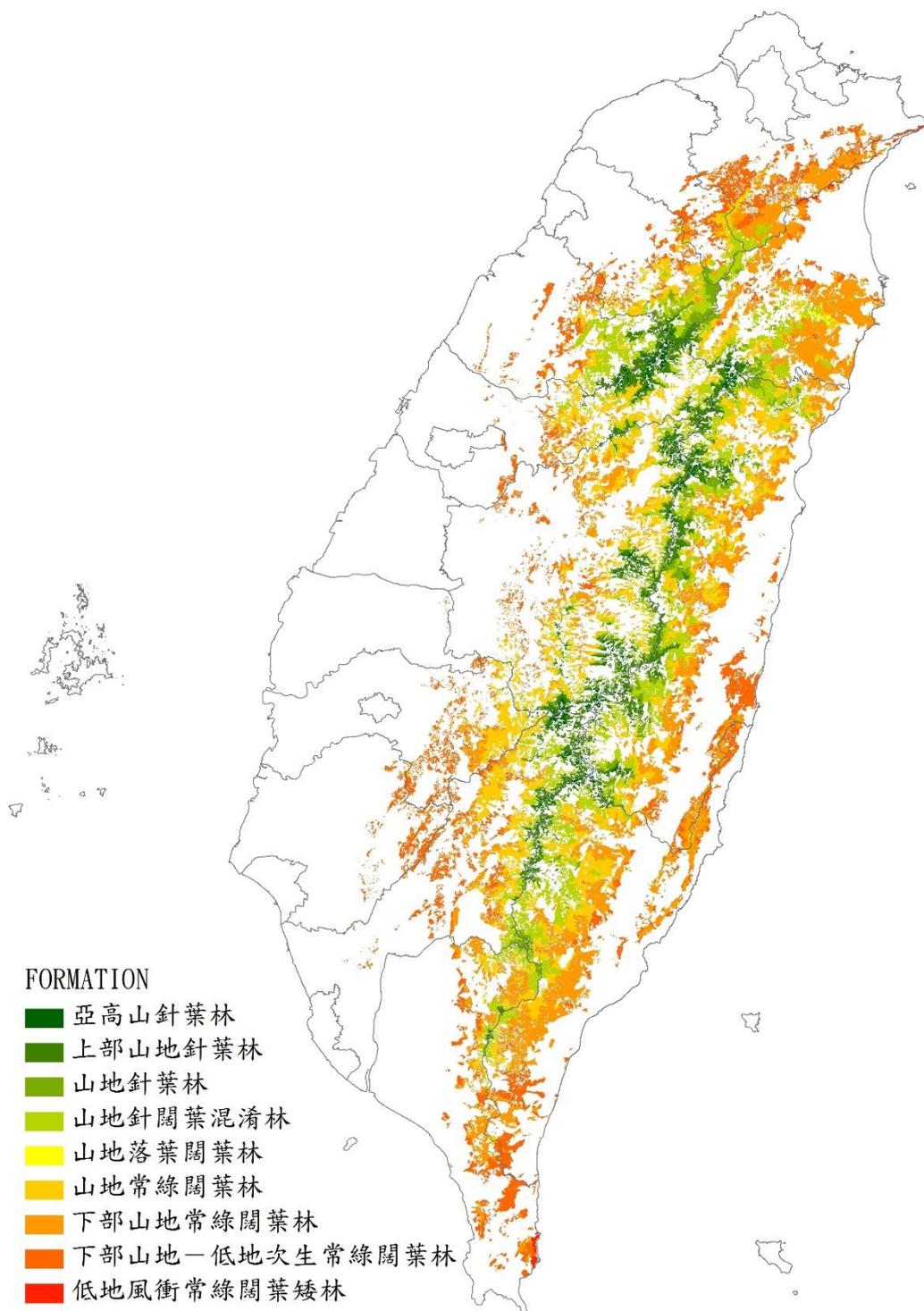


圖 2.14 被選入進行植群分布相關性氣候因子篩選的九種主要植群類型。

表 2.5 九種主要植群類型的相關氣候因子重要性排序結果。

低地風衝常綠闊葉矮林			下部山地—低地次生常綠闊葉林			下部山地常綠闊葉林		
Variable	Mean		Variable	Mean		Variable	Mean	
	Decrease	%		Decrease	%		Decrease	%
	Gini			Gini			Gini	
MAP	176.85	37.37%	Tave_JJA	12204.90	40.95%	Tave_SON	16519.94	35.15%
Tave_DJF	141.53	29.90%	MAP	5086.11	17.06%	Tave_JJA	12406.36	26.40%
Tave_JJA	88.77	18.76%	Tave_DJF	4009.14	13.45%	MAP	5227.98	11.12%
Tave_MAM	36.01	7.61%	Tave_MAM	3330.15	11.17%	Tave_DJF	4949.41	10.53%
Tave_SON	17.23	3.64%	Tave_SON	3192.31	10.71%	Tave_MAM	4938.90	10.51%
MAT	12.89	2.72%	MAT	1983.95	6.66%	MAT	2955.69	6.29%

山地常綠闊葉林			山地落葉闊葉林			山地針闊葉混淆林		
Variable	Mean		Variable	Mean		Variable	Mean	
	Decrease	%		Decrease	%		Decrease	%
	Gini			Gini			Gini	
Tave_SON	17785.70	0.55	MAP	158.42	58.74%	Tave_SON	14770.65	53.99%
Tave_JJA	3949.12	0.12	Tave_DJF	47.55	17.63%	Tave_DJF	2981.27	10.90%
MAP	3210.75	0.10	Tave_JJA	30.71	11.39%	Tave_JJA	2749.78	10.05%
Tave_DJF	2628.32	0.08	Tave_MAM	12.48	4.63%	MAP	2583.43	9.44%
MAT	2481.75	0.08	Tave_SON	10.85	4.02%	Tave_MAM	2377.20	8.69%
Tave_MAM	2475.09	0.08	MAT	9.69	3.59%	MAT	1896.64	6.93%

山地針葉林			上部山地針葉林			亞高山針葉林		
Variable	Mean		Variable	Mean		Variable	Mean	
	Decrease	%		Decrease	%		Decrease	%
	Gini			Gini			Gini	
Tave_SON	5251.77	54.59%	Tave_JJA	7590.14	43.73%	Tave_SON	1497.08	43.10%
MAP	1162.87	12.09%	Tave_SON	4607.68	26.55%	Tave_MAM	981.78	28.26%
Tave_JJA	1053.25	10.95%	Tave_MAM	1794.79	10.34%	MAT	378.23	10.89%
Tave_DJF	939.20	9.76%	MAP	1433.35	8.26%	Tave_DJF	230.38	6.63%
Tave_MAM	766.27	7.96%	Tave_DJF	1248.04	7.19%	MAP	222.40	6.40%
MAT	447.18	4.65%	MAT	681.15	3.92%	Tave_JJA	163.79	4.72%

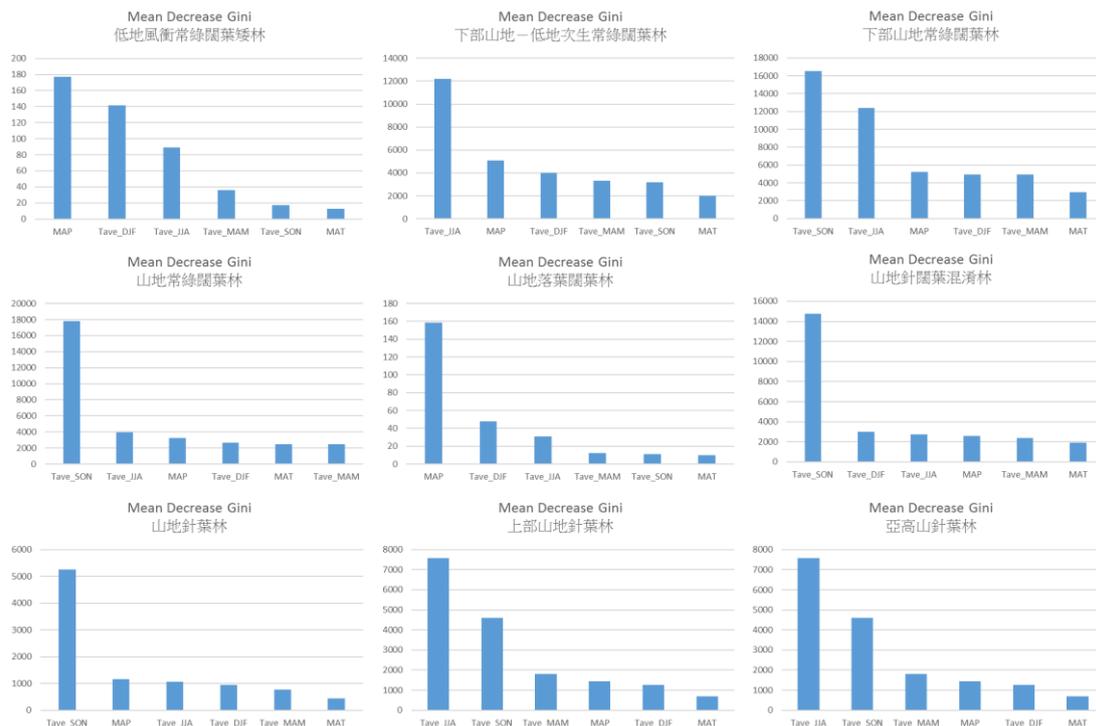


圖 2.15 Bagging 分析後獲得九種主要植群類型之氣候因子相關程度排序。

2、易受暖化衝擊地點之評估

針對所有維管束植物分布點位，利用自編模式產生所在生育地之夏季均溫、秋季均溫及冬季均溫，依據圖 2.9 所示流程進行各物種分布溫度最適區間及耐性界限分析。以 ESRI ArcGIS 進行所有位處耐性上界物種及其個體之分布點位疊合與點密度分析，獲得易受暖化衝擊地點分布圖（圖 2.16）。

點密度分析結果顯示，南澳嶺、恆春半島東側、台南七股明顯有較多的維管束植物物種與個體處於適溫上界狀態，平均而言，每平方公里約可觀測到 2.5 個物種具有處於適溫上界以上之情形；部分熱區甚至可觀測到 6 個以上物種處於適溫上界以上。另外如頭城-坪林-雙溪山區、宜蘭員山山區、海岸山脈北段、惠蓀至瑞岩、八卦台地、高雄柴山、枋山楓港、浸水營等地亦為可能的易受衝擊地點。

除了依據點密度分析結果，獲得易受暖化衝擊地點範圍之外，本研究認為，對於該地點原生生態系及物種受暖化衝擊程度之評估，尚須將地形區位及所涵蓋

之特稀有物種數量與瀕危程度納入考量。臺灣目前對於氣候暖化速率及方向之研究較為缺乏（此部分詳述於「五、後續工作」章節），暫先假設長期氣候暖化係朝著向北、向高海拔進行，當易受暖化衝擊地點座落於山頂地形，則現生物種面臨高溫及低海拔物種向上遷徙時，將受到強烈的擠壓與競爭效應，導致滅絕機率大幅提升，並使現生生態系之組成產生較為劇烈的改變；若易受暖化衝擊地點位於山塊之中坡或溪谷地區，則現生物種保有較充裕的上遷空間，在遷徙途徑未受阻礙情形下，所受暖化衝擊程度應相對較緩（圖 2.17）。此外，瀕危物種因本身族群量稀少，對於環境變動的耐受能力相對較低，特有物種則因僅見於臺灣地區，一旦野外絕跡，對於生物多樣性保育的減損程度相對為高，當這兩類物種的現生分布與易受暖化衝擊地點高度重疊，則顯示現生族群可能承受較高的氣候變遷風險，是保育工作應優先關注的對象。

因此，本研究利用數值高程資料，將 19 處易受暖化衝擊地點依地形區位分為「山頂」、「中坡」、「溪谷」及「平地」等四類型。另分別篩選每個易受暖化衝擊地點範圍內特有種、易受害(VU)物種、瀕臨絕滅(EN)物種、嚴重瀕絕(CR)物種數量，並予以加權；加權權數設定為特有種 1 分、易受害物種 1 分、瀕臨絕滅物種 5 分、嚴重瀕絕物種 10 分，累計後成為各易受暖化衝擊地點之物種保育分數（易受暖化衝擊地點涵蓋之特有種及 CR-VU 物種名錄詳如附錄）。

19 處易受暖化衝擊地點經過地形區位分組及計算物種保育分數後，依組別進行分數降冪排序，獲得結果如表 2.6。地形區位屬於山頂者計有恆春-滿州（圖 2.18）、頭城-雙溪-坪林（圖 2.19）、月眉（圖 2.20）、豐濱-水璉、八卦台地等 5 處地點，其中恆春-滿州與頭城-雙溪-坪林 2 處區域之特有種及 CR-VU 物種數量較多，因此物種保育分數明顯高於其他 3 處地點。地形區位屬於中坡者計有浸水營（圖 2.21）、大武-達仁-牡丹（圖 2.22）、南澳山區-觀音（圖 2.23）、員山-雙連埤、東河-泰源、古魯、枋山-楓港等 7 處，其中浸水營、大武-達仁-牡丹、南澳山區-觀音等 3 處地點涵蓋較多的特有種及 CR-VU 物種，重要性高於其他 4 處地點。溪谷型區位則有惠蓀-瑞岩、知本溪 2 處地區。平地型區位則有柴山、太麻里、虎頭埤、七股、布袋等 5 處地區，GIS 點密度分析結果雖然顯示七股有最多物種處於適溫上界，然而從物種屬性統計結果來看，當地並無特有種或 CR-VU 物種調查紀錄，顯示從維管束植物保育角度來看，當地的保育急迫性是相對較低的。

維管束植物耐性上界 點位密度分布圖

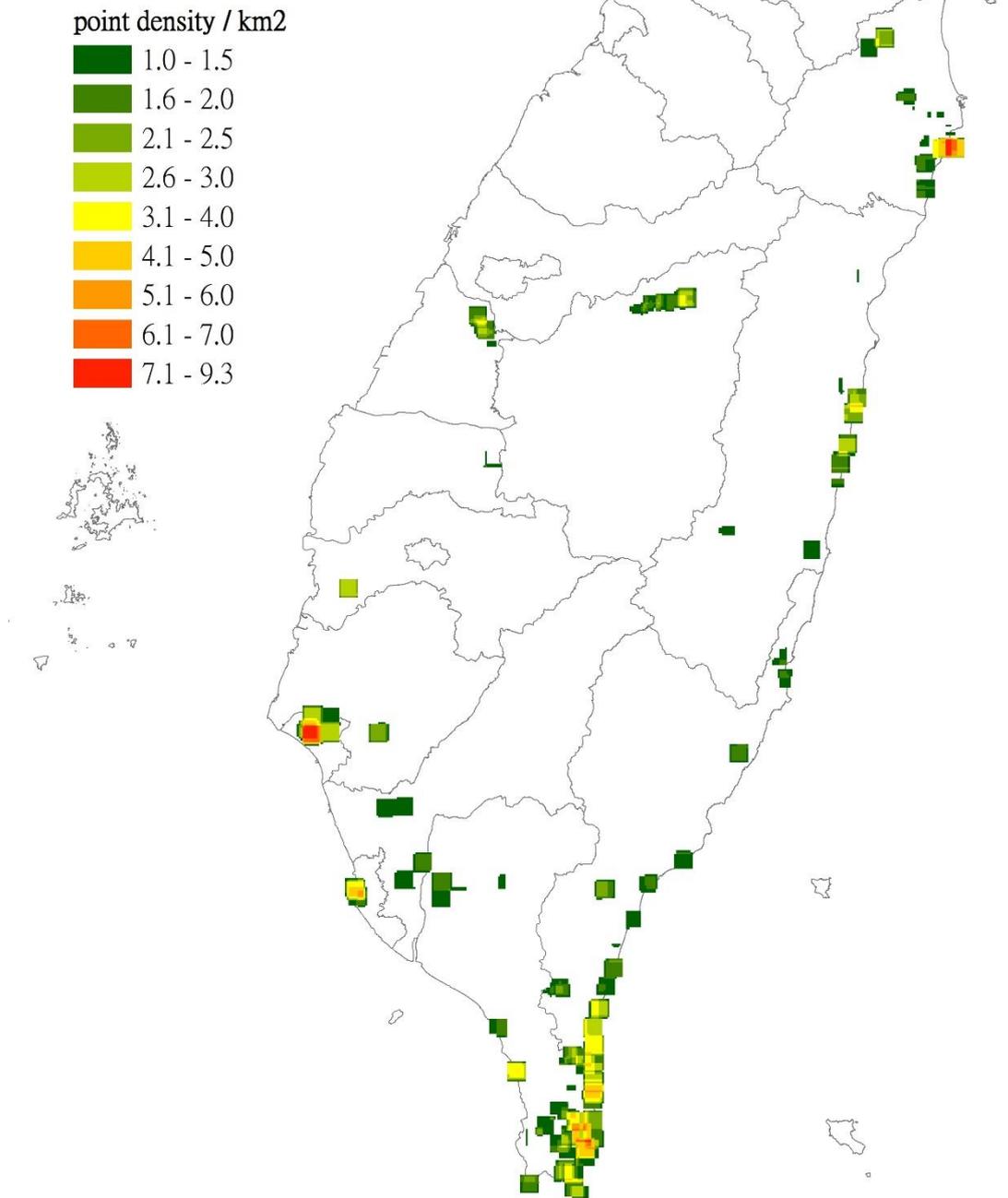


圖2.16 利用夏季、秋季及冬季平均氣溫數值產生之易受暖化衝擊地點。

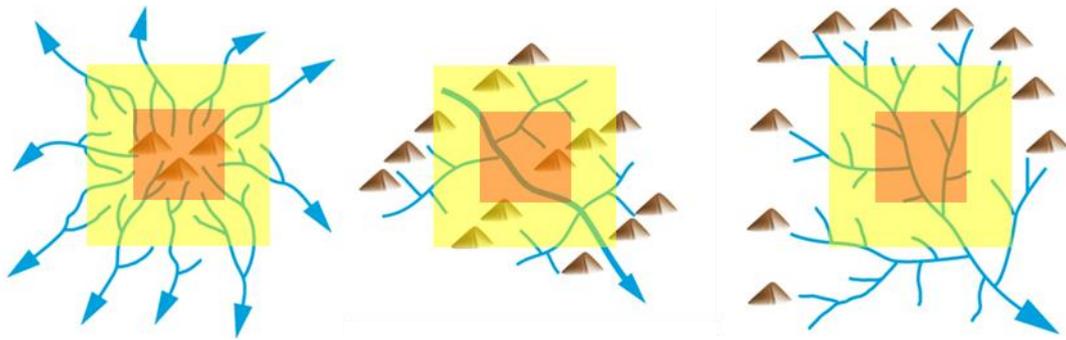


圖 2.17 獨立山塊之山頂近似隔離之生態島，物種缺乏向北或向高海拔遷徙之空間（左圖），相對於中坡（中）及溪谷（右）區域，在氣候暖化衝擊下，前者將面臨較高的滅絕風險。

表2.6 19處易受暖化衝擊地點依地形區位分組及物種保育分數排序列表。

區域名稱	適溫上界物種 及個體密度 (pt/km ²)	易受衝擊 地點面積 (km ²)	涵蓋物種數量					score	地形 區位
			總物種數	特有種數	CR	EN	VU		
恆春-滿州	2.485	279.00	656	81	2	5	25	151	山頂
頭城-雙溪-坪林	1.564	36.25	409	40	2	4	5	85	山頂
月眉	2.515	48.50	330	26		2	2	38	山頂
豐濱-水璉	1.942	63.25	429	34			3	37	山頂
八卦台地	2.011	52.50	241	12		2	4	26	山頂
浸水營	1.551	28.50	517	135	2	8	30	225	中坡
大武-達仁-牡丹	2.667	200.50	622	87	3	8	22	179	中坡
南澳山區-觀音	2.916	110.25	679	88		2	7	105	中坡
員山-雙連埤	1.832	48.50	334	27		1	3	35	中坡
東河-泰源	1.683	25.00	189	18		1	1	24	中坡
古魯	1.374	19.75	250	16			2	18	中坡
枋山-楓港	2.826	27.50	108	1				1	中坡
惠蓀-瑞岩	1.852	82.00	574	95	2	1	13	133	溪谷
知本溪	1.840	27.75	156	19	1	1	1	35	溪谷
柴山	2.999	42.50	192	14			1	15	平地
太麻里	1.451	23.50	191	5		1	1	11	平地
虎頭埤	1.966	28.25	86	1				1	平地
七股	3.496	110.00	190					0	平地
布袋	2.743	25.00	66					0	平地

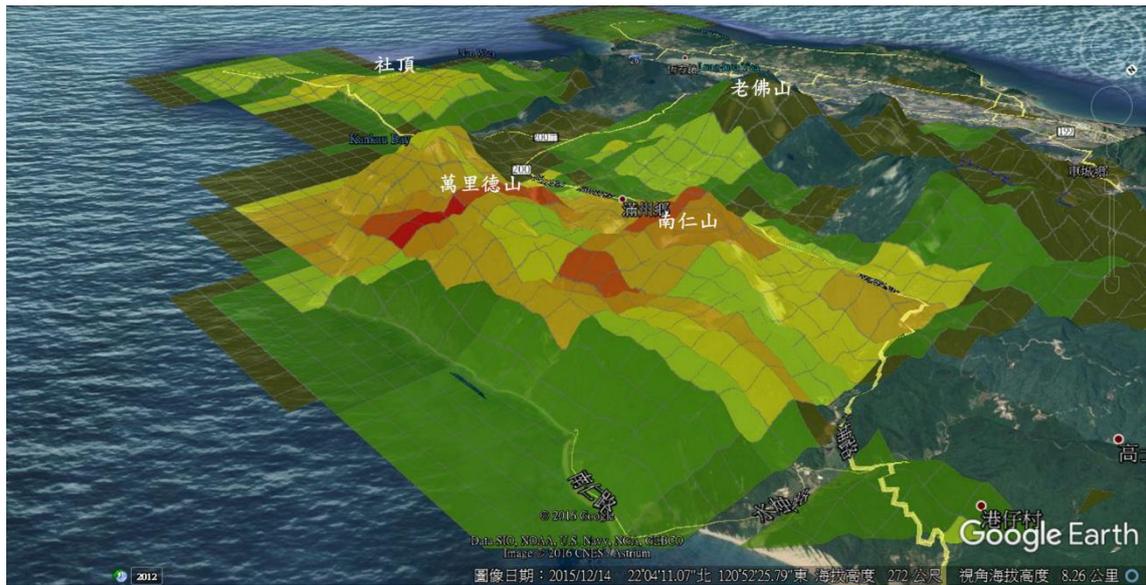


圖2.18 恆春-滿州易受暖化衝擊地點（山頂型）分布圖。主要熱點位於萬里德山及南仁山，顯示位處適溫上界物種有明顯聚集於山頂的情形。

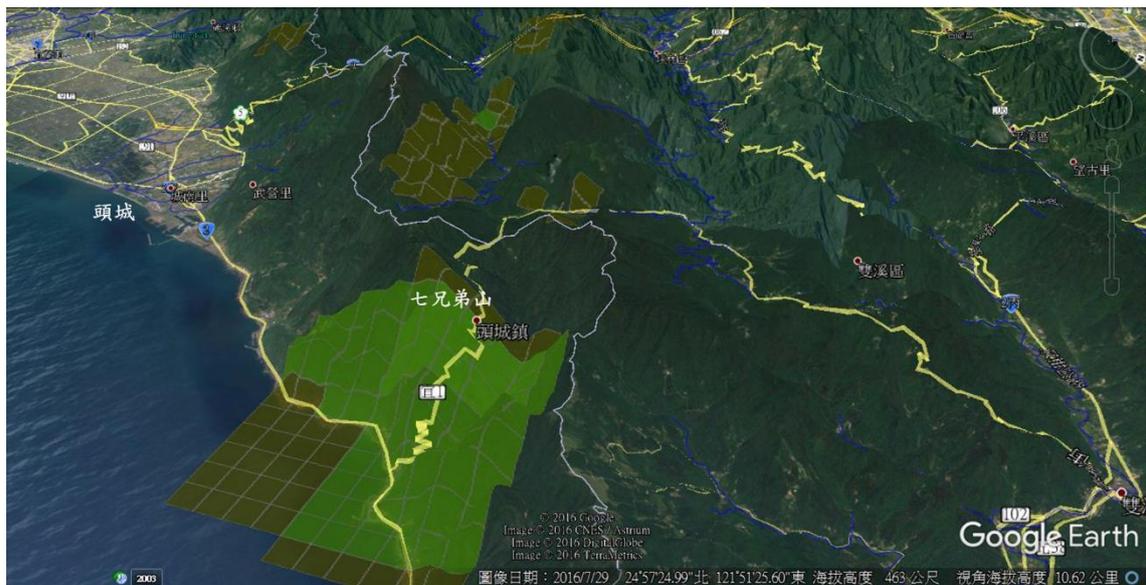


圖2.19 頭城-雙溪-坪林易受暖化衝擊地點（山頂型）分布圖。本區域之熱點分布較為零散，除集中於臨海第一線的七兄弟山中坡至山頂區域以外，其餘則分布於雙溪泰平至坪林一帶山區。

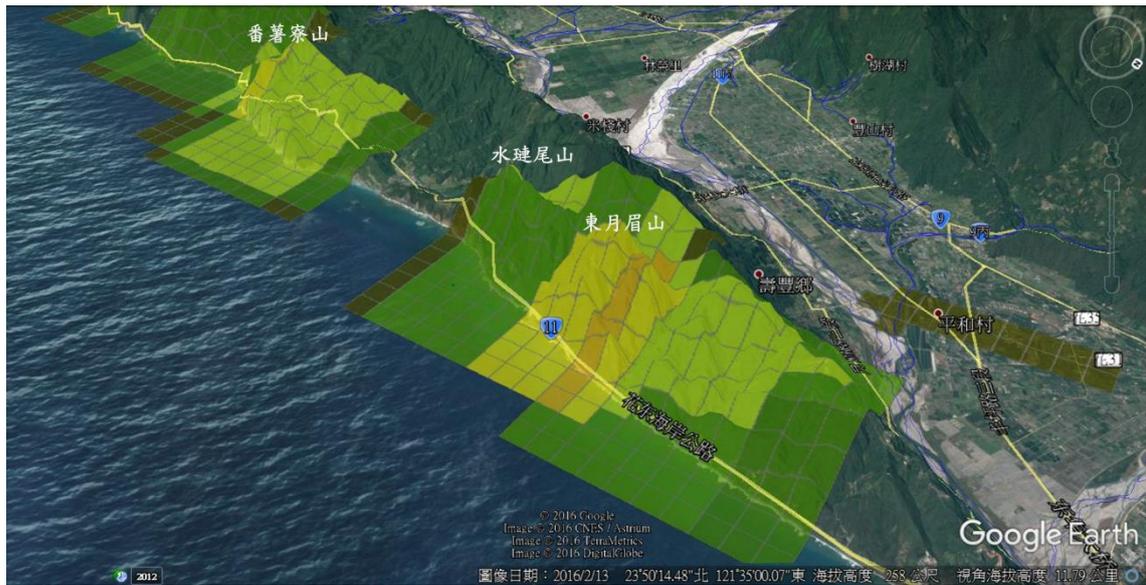


圖2.20 月眉及豐濱-水璉易受暖化衝擊地點（山頂型）分布圖。主要熱點位於海岸山脈北段幾處山頂，且分布位置有偏向臨海一側的趨勢。

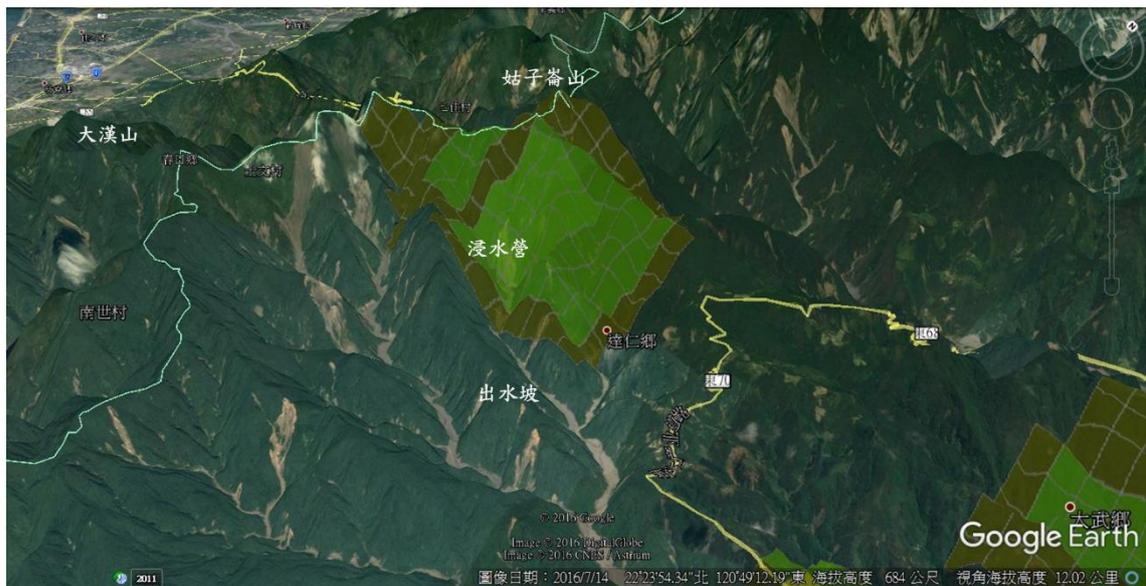


圖2.21 浸水營易受暖化衝擊地點（中坡型）分布圖。主要熱點位於浸水營海拔約700公尺處，距離中央山脈稜線姑子崙山及大漢山等地，約尚有海拔800-1000公尺落差。

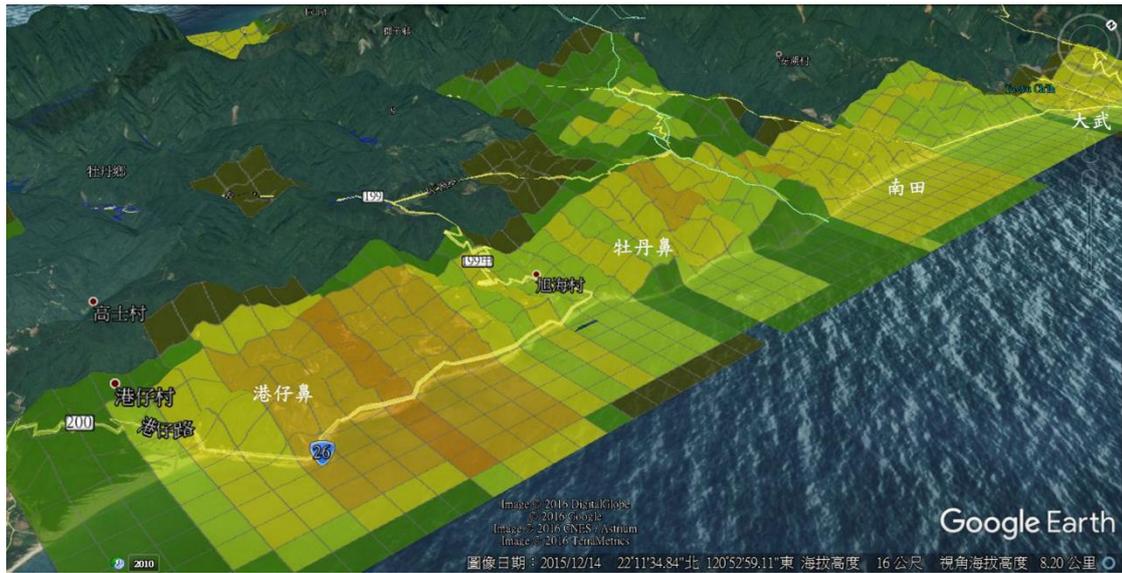


圖2.22 大武-達仁-牡丹易受暖化衝擊地點（中坡型）分布圖。主要熱點位於中央山脈尾稜面向太平洋側的東坡，北起台東縣大武鄉尚武村，經南田、牡丹鼻、旭海、港仔鼻至屏東縣滿州鄉港仔村。

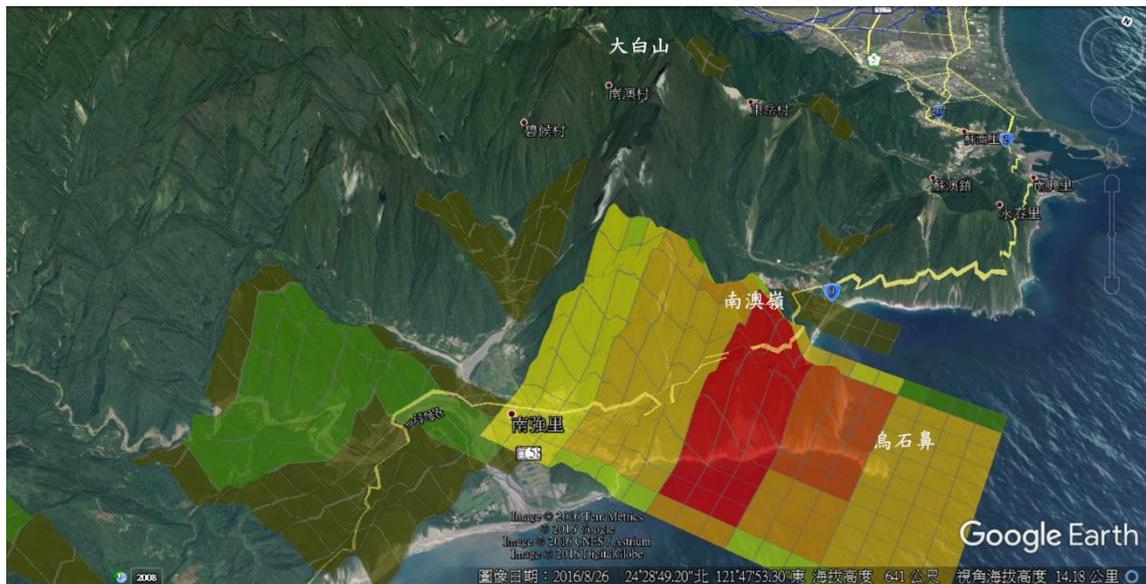


圖2.23 南澳山區-觀音易受暖化衝擊地點（中坡型）分布圖。主要熱點位於烏石鼻至南澳嶺一帶，向西側南澳山區略有零星分布。大白山、蘭崁山等座落於這個易受暖化衝擊地區的邊緣位置。

四、期末評核標準達成情形及年度績效

本計畫 105 年度利用高精度氣候模型，並配合 TCCIP 提供之臺灣地區 5 公里網格氣溫及雨量歷史資料，結合現有之維管束植物分布資料庫，完成 19 處易受暖化衝擊地點之分析與確認，並依據各易受暖化衝擊地點涵蓋之物種特性，進行保育優先次序之評估。整體而言，高精度氣候模型改善了前期計畫採用線性迴歸氣候模式的缺點，亦提高研究成果的網格解析能力。

有關 105 年度核定計畫書所提之期末評核標準及預期績效部分，均已全數達成。針對各評核項目及績效成果的辦理情形，彙整說明如下：

4.1 期末評核標準

評核項目	達成情形
完成 ClimateAP 驗證與校正，正式產製本研究所需之氣候資料	依據 ClimateAP 架構完成自編模式之設計，可利用 TCCIP 之 5 公里解析度氣溫及雨量網格資料，配合數值高程模型，針對臺灣地區產製 70 組無固定尺度之氣候環境變量
彙整已知之長期氣候變遷易受暖化衝擊地點資料，依植物相特殊性、物種稀有性及專有性、週邊環境潛在威脅等因子，瞭解各易受暖化衝擊地點生態系及物種之保育急迫性，並提出優先次序。	業依據維管束植物分布資料庫及氣候模式，完成所有物種適溫上界之分析，並依位處適溫上界物種及其個體之密度，完成易受暖化衝擊地點之篩選，共得 19 處備選地區。嗣後利用各地點之地形區位、特有物種數量、CR-VU 物種數量等指標，完成易受暖化衝擊地點之分組及保育急迫性評估與排序。
瞭解各易受暖化衝擊地點生態系及物種之保育急迫性，並提出優先次序。	針對各易受暖化衝擊地點，完成特有種及 CR-VU 物種名錄篩選，作為物種層級保育工作推動之參考。

4.2 年度績效

共通性指標項目	細項指標	預估量化值	實際達成數	內涵說明
學術著作發表	國際研討會論文	2 篇	3 篇	1. 2016 年亞太林業週-氣候變遷專案第二期計畫啟動會議口頭發表「A Preliminary Assessment of the Impact of Climate Change on Vascular Plants in Taiwan」。 2. 2016 TCCIP Workshop 海報發表「A preliminary assessment of forest ecosystem sensitive to climate change in Taiwan」。 3. IUFRO Regional Congress for Asia and Oceania 2016 口頭發表「Conservation Strategies for Vascular Plants Under the Impact of Climate Change in Taiwan」。
技術/產品/器資材研發改良/專利權、商標取得	新技術/引進項數	1 項	1 項	完成亞洲太平洋林業網絡 (APFNet) 發展成熟之氣候模式推估軟體 ClimateAP 一式引入及調校。

五、後續工作

5.1 引入分布預測方法，探討在不同暖化情境下，易受衝擊地點之位置及其上部植群之變化

本研究認為，目前雖以網格形式進行「易受暖化衝擊地點」分析及區域之描繪，然而，該 GIS 區塊落實至當地生態地景時，應有特定生態系或植群型與易受暖化衝擊區域呈現對應關係。依據本團隊的野外觀察經驗，目前至少可判定「恆春-滿州」易受暖化衝擊地點可能與當地之低地風衝矮林植群具有高度相關，惟細節圖面之對應，則需進一步完成植群圖細部修繪後再予疊合確認。未來如能透過現場調查輔助，完成易受暖化衝擊地點與當地主要植群之對應，則經由暖化情境模擬與植群分布預測，將瞭解這些植群可能的遷徙方向及族群增縮情形。

本團隊目前已與加拿大英屬哥倫比亞大學建立合作關係，該校運用 ClimateAP 氣候模式已可準確預測北美森林植群及中國主要經濟造林樹種隨氣候變遷的分布變化。本計畫未來擬運用近似方法，以臺灣易受暖化衝擊地點之「植群或生態系」為地理單元，配合 TCCIP 產製之歷史氣候資料及 AR5 未來氣候情境模擬資料，進行該植群與生態系可能的分布變化預測。易受衝擊地點若經模擬預測為面積縮小，則顯示該植群與生態系確實可能存在較高的滅絕風險。

1、研究概念與架構

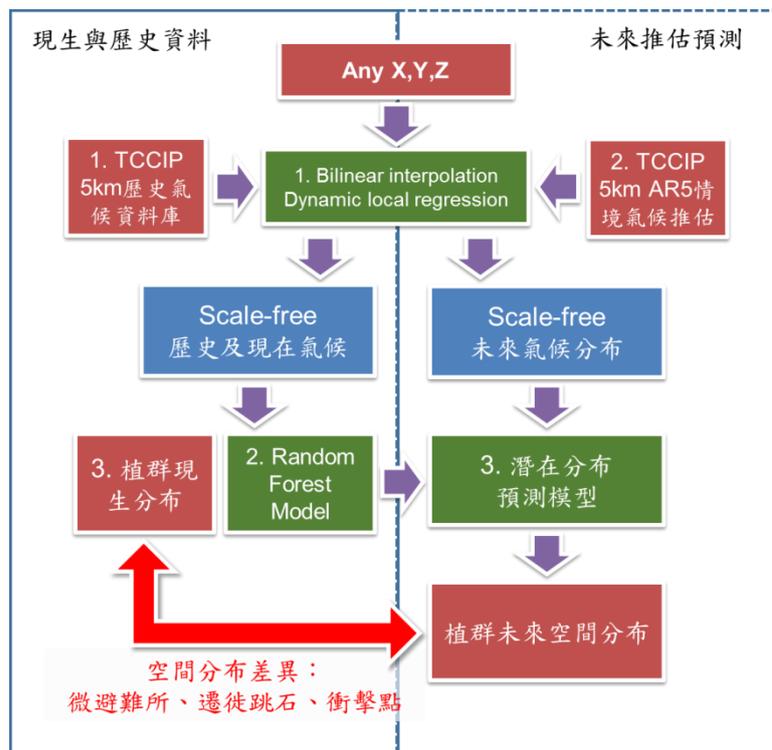


圖2.24 本計畫後續擬利用分布預測方法，探討在不同暖化情境下，易受衝擊地點之位置及其上部植群之變化之架構規劃。

本計畫 106 年度預計引入分布預測方法，探討在不同暖化情境下，易受衝擊地點之位置及其上部植群之變化（研究概念與架構如圖 2.24）。106 年度預計針對目前已獲得之易受暖化衝擊地點，擇取代表性區域，利用航攝影像及現場調查輔助，釐清該易受衝擊地點內之主要植群類型，利用 GIS 工具，完成植群現生分布範圍之描繪（粉色框格 3.「植群現生分布」）。此外，本年度已完成高精度氣候模式建置（綠色框格 1），並取得 TCCIP 歷史與未來情境氣候推估資料（5km 解析度，粉色框格 1、2），因此 106 年度將於現有基礎上，利用 Random Forest 機器學習法進一步建立易受衝擊地點植群之潛在分布預測模型，配合 TCCIP 發佈之 AR5 暖化情境氣候推估資料，進行植群未來空間分布之推估。透過易受暖化

衝擊地點植群之現生與未來推估空間分布之差異，將有機會瞭解可能的微避難所（棲地範圍逐漸限縮但維持較長時間）、遷徙跳石（植群潛在分布範圍推移經過的區域）及衝擊點（棲地範圍限縮且不再適存的地點）。

2、測試操作

105 年度先以臺灣水青岡為例，將現生分布範圍（圖 2.25）與 200 公尺正方網格套疊，取得該植群型之網格化圖層，以每個現生網格中心點之座標及海拔，套入自編模式及 TCCIP 1960-2009 氣溫雨量網格資料，獲得水青岡出現地點（present）之氣溫及雨量參數（共 70 個參數）；另將國有林事業區內非臺灣水青岡之其他天然生植群，設為不出現之地點（absent），同樣以 200 公尺網格解析度，產生所有不出現地點之溫度及雨量參數。以「出現：不出現」樣本數 1：3 之比例，隨機抽取現生分布資料，並以隨機抽取資料二分之一為訓練樣本、另二分之一為驗證樣本，利用 R 軟體之 Random Forest package 進行分類模式建構，經 500 次重複後，獲得臺灣水青岡潛在分布之預測模型，依據該模型預測結果，可計算各地理網格內水青岡的出現次數，換算成為水青岡之現生潛在分布機率。

此外，TCCIP 提供之 AR5 氣溫雨量預測資料共包含 4 個 RCP 情境（RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5）、41 組模式。測試階段僅先暫以 CSIRO-Mk3.6.0 模式針對 RCP4.5 情境產製之氣溫雨量預測，先套入自編模式產生高解析度氣溫及雨量分布圖層（圖 2.26、圖 2.27），再對臺灣水青岡植群的未來分布進行推估。

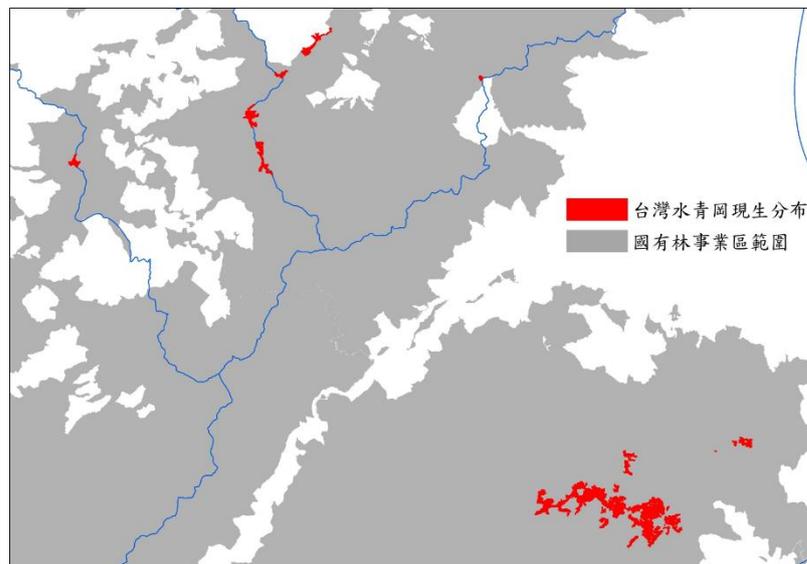


圖 2.25 臺灣水青岡之現生分布圖。

MAT: CSIRO-Mk3-6-0_rcp45

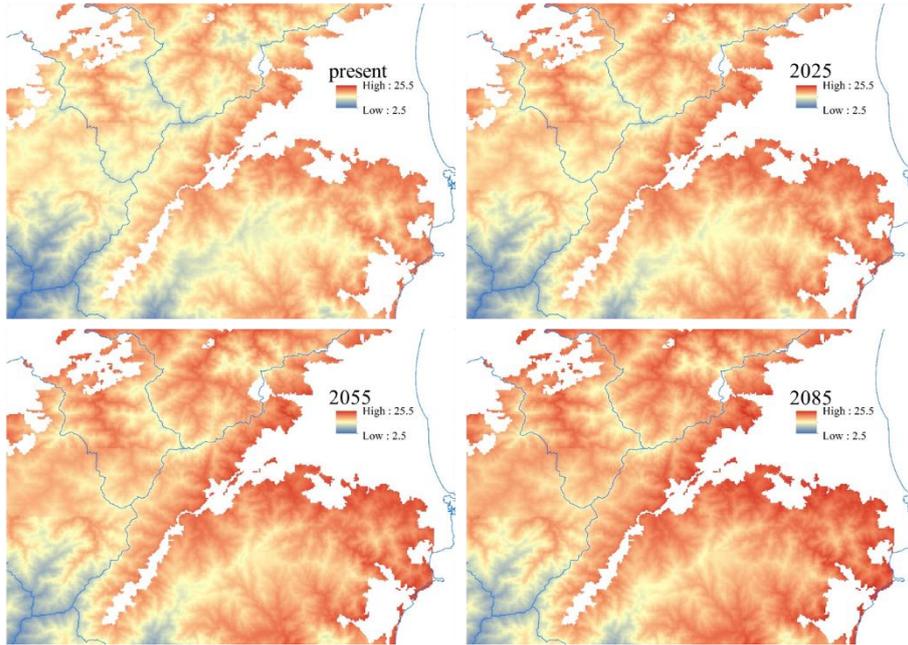


圖 2.26 利用自編模式對 CSIRO-Mk3.6.0 之 RCP4.5 情境資料進行 downscaling 演算後的氣溫分布預測。

MAP: CSIRO-Mk3-6-0_rcp45

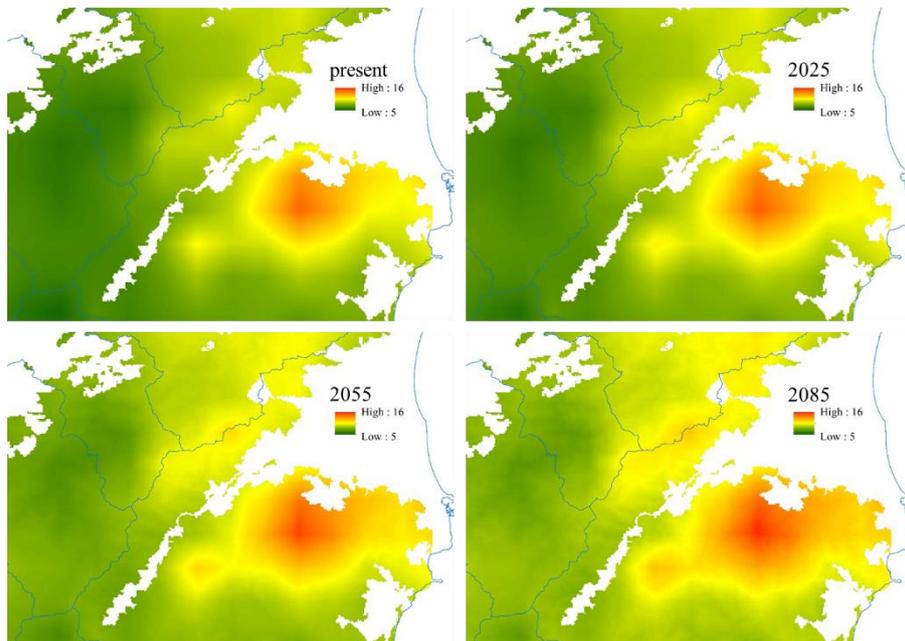


圖 2.27 利用自編模式對 CSIRO-Mk3.6.0 之 RCP4.5 情境資料進行 downscaling 演算後的雨量分布預測。

對於臺灣水青岡未來潛在分布預測部分，則利用各網格未來之氣溫及雨量數值為參數，經 Random Forest 預測模型，產生臺灣水青岡在不同網格的出現機率。對於大白山（東）及蘭坎山（西）之潛在分布預測結果如圖 2.28，顯示 2025 年時蘭坎山對水青岡而言是相對適存的環境，大白山的水青岡族群可能較早承受衝擊與滅絕。對插天山系及烏嘴山的臺灣水青岡分布預測結果則顯示，未來 80 年水青岡仍為殘存於此處稜線之植群型，但分布位置出現改變：現生於北插天山、盧平山一帶族群之適生地點可能漸朝南插天山移動，並於南插天山山頭形成長期殘存現象；現生於烏嘴山之族群棲地可能更形限縮，其南側海拔較高的李棟山山區，則有可能成為適合生存的地點（圖 2.29）。

Fagus hayatae: CSIRO-Mk3-6-0_rcp45, 大白山、蘭坎山

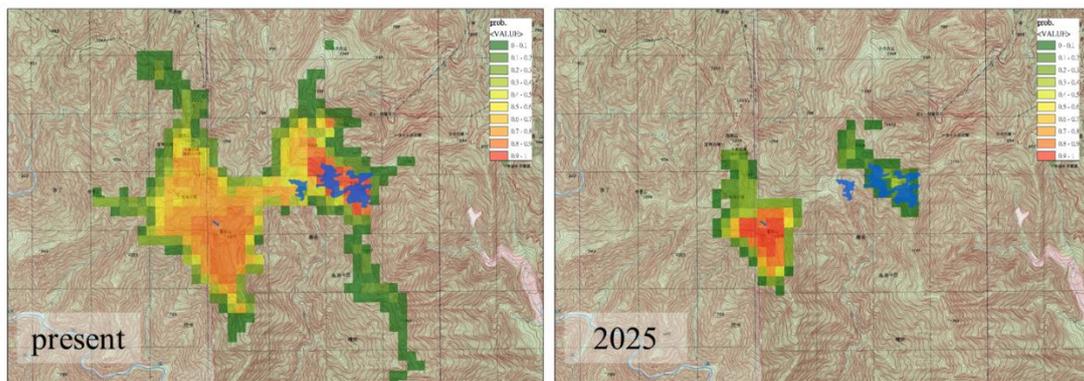


圖 2.28 CSIRO-Mk3.6.0 之 RCP4.5 情境下，對大白山及蘭坎山臺灣水青岡族群潛在分布的預測結果。

Fagus hayatae: CSIRO-Mk3-6-0_rcp45, 插天山系、鳥嘴山

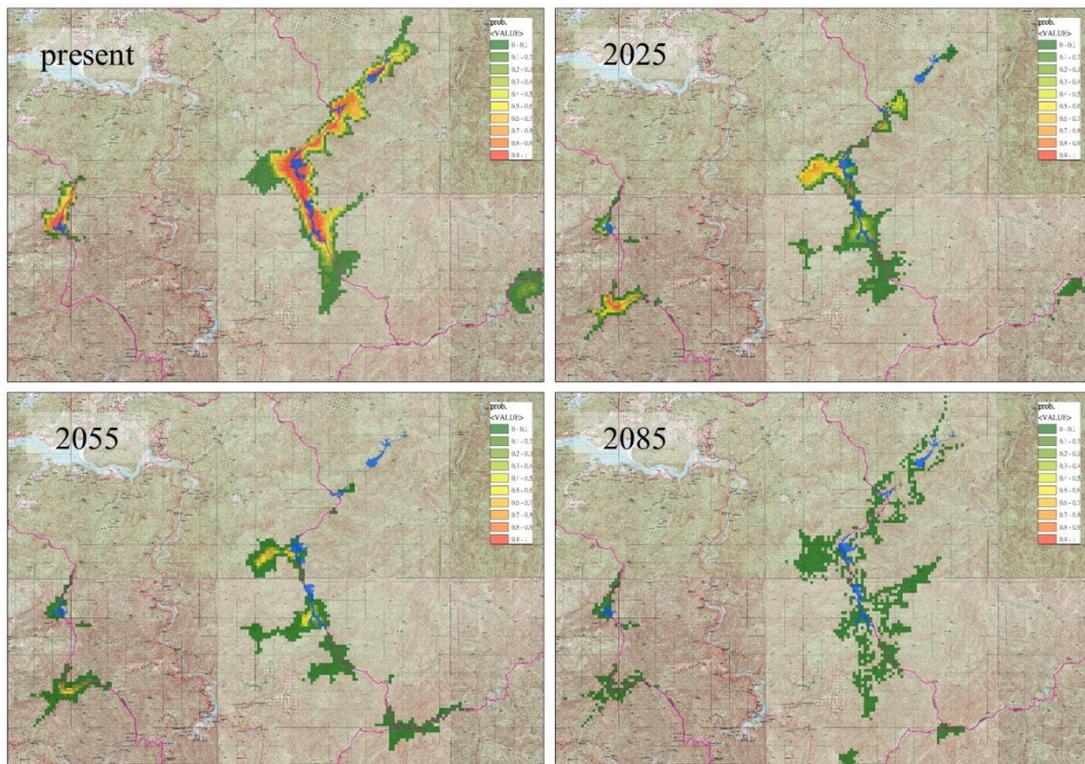


圖 2.29 CSIRO-Mk3.6.0 之 RCP4.5 情境下，對插天山系及鳥嘴山臺灣水青岡族群潛在分布的預測結果。

3、需持續研究部分：

不同氣候模式間均具有不確定性，因此 IPCC 發布未來氣候變遷預測資料時，均會說明該預測所採用的情境與氣候模式，且長期預測通常採用多個模式共同認定趨勢為準，可避免單一情境或模式的不確定性，導致整體氣候變遷因應與調適政策之偏頗。對於物種分布預測研究而言，亦需採取相同作法，即透過多氣候模式的預測資料，分別進行生物潛在分布推估，再針對各個潛在分布機率結果進行疊合分析，取最多模式共同認定的趨勢，歸納成為物種最可能的分布變化。

本計畫目前對臺灣水青岡之分布預測僅以單一情境、單一模式方式進行試作，建議未來應再配合 TCCIP 發布之各種暖化情境資料，分別進行分布預測分析，並予歸納總和。同時，此一研究方法亦可應用至其他易受暖化衝擊地點之植群分布分析，成為尋找氣候變遷下微避難所及遷徙跳石之工具。

5.2 氣候變遷速率分析之研究

氣候變遷對於生物的衝擊，主要來自於「生物的遷徙速率跟不上氣候變遷的腳步 (Species must also keep pace with climates as they move.)」，導致無法在變遷的趨勢下獲得適存的環境，進而發生滅絕事件(Loarie, *et al.*, 2009)。然而，對於傳統對於氣候暖化的量化單位指標通常為 $^{\circ}\text{C}/\text{yr}$ ，例如「全球在本世紀末平均氣溫可能升高 2°C 」或「臺灣在過去 100 年來平均氣溫上升了 1.4°C 」等，不易從空間與速率的角度，呈現暖化的變遷方向與速率，亦較難與「生物遷徙」概念做進一步的結合。

2009 年開始，氣候變遷速率 (climate change velocity) 這個概念被科學家提出，嘗試發展對應的分析技術，在地圖上呈現大尺度空間的氣候變遷速率與方向，同時與生物遷徙研究進行結合。例如 Carroll 等人回顧了 2009 年至 2015 年間發展的 5 種氣候變遷速率研究方法，闡明此類研究的核心方法均係以網格為單位，透過網格的現行氣候參數與未來參數的相似性比較，以現行網格為起點，尋找最近似網格之位置，利用兩網格的距離與變遷年度相除結果，獲得氣候變遷之方向與速率 (單位： km/yr) (圖 2.30)。相似性比較的方法有許多種，例如常見的主成分分析 (PCA) 等，就是被應用的方法之一 (Carroll, *et al.*, 2015)。

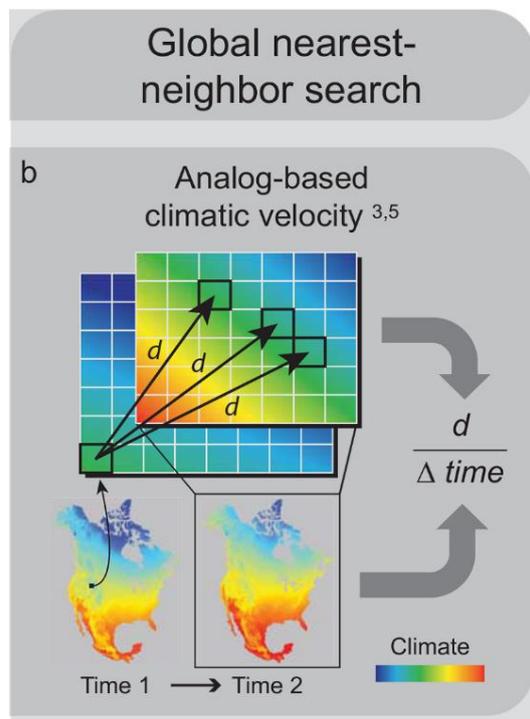


圖2.30 氣候變遷速率分析方法之圖示。利用現行氣候與未來氣候兩圖層，計算現行網格與其未來最近似氣候狀態地點之空間距離 (d)，除以變遷年期 (Δtime)，即得氣候變遷速率。且此一數值可為帶有方向的向量形式，指出整體變遷的空間方向。

氣候變遷速率分析被套用到較大的地理尺度時，可顯示大尺度下不同地理區

域的氣候變遷速率與方向。例如 Barber 等人對加拿大 Alberta 地區的研究顯示，全區氣候暖化趨勢整體朝北，然而暖化速率隨區域地形而有差異；西南山區暖化速率緩慢，且方向趨勢與整體區域不同。此一結果經與生物現生分布現狀及其種子傳播型態資料套疊，成為篩選高風險物種與高風險地區的重要資訊 (Barber, *et al.*, 2016)。

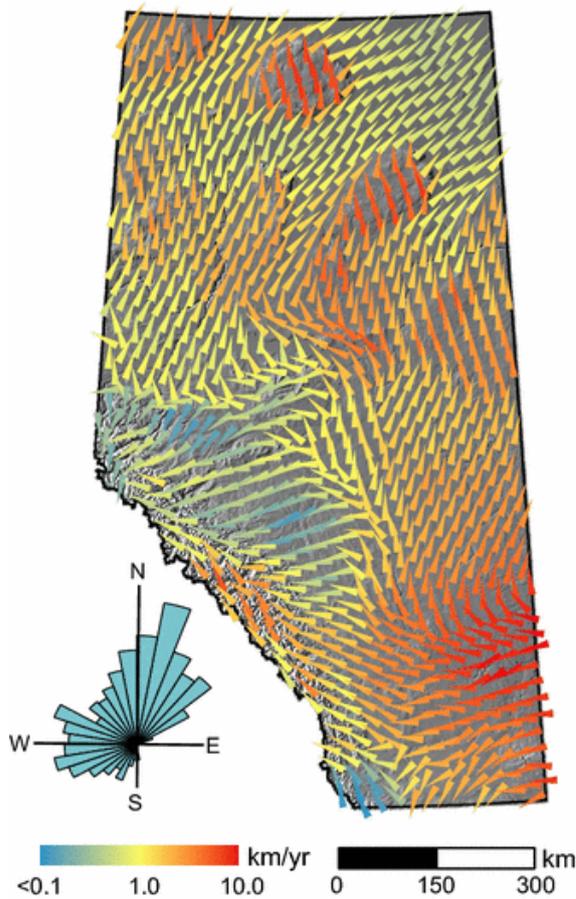


圖 2.31 Barber 等人對 Alberta 地區研究的結果，顯示部分地點的氣候變遷速率極高 (5-10km/yr)，西南部山區則暖化速率偏低。整體而言，平原地區之暖化呈現朝北趨勢，但山區之暖化則朝高海拔進行，方向不一定朝北。

臺灣地形多山，且橫跨亞熱帶至高山亞寒帶等多種氣候類型，使得植群隨氣候帶呈現明顯的水平與垂直分層，因此，不同位置的氣候水平與垂直變遷速率，將明顯影響當地植群未來的空間變化。106 年度本計畫擬參考目前提出的分析方法，嘗試探討臺灣不同地點的氣候變遷速率，進一步與已知的易受暖化衝擊地點及維管束植物分布資料庫套疊，作為評估未來氣候變遷對不同地點衝擊程度的依據。

5.3 易受暖化衝擊地點之植群類型分析與監測

本研究發展之各種分析方法，如適溫上界分析、易受暖化衝擊地點篩選、易受衝擊地點上部植群變遷預測、氣候變遷速率分析等，皆屬大尺度之研究與預測方法。然而，各項預測結果必須與地面調查監測工作配合，方能驗證大尺度預測的準確性。若地面監測顯示與大尺度預測有相同的趨勢，則更可確認未來氣候變遷及植物生態系統的變化方向，有助於進一步之調適機制之擬定與實施。因此，建議後續仍應選擇數處具有代表性的易受暖化衝擊地點，以長期地面調查搭配航遙測影像方法實施監測，作為瞭解氣候變遷對於自然生態系衝擊之具體指標。

六、參考文獻

邱祈榮、梁玉琦、賴彥任、黃名媛（2004）台灣地區氣候分區與應用之研究。
台灣地理資訊學刊 第一期:41-62。

林務局（2012）「建立氣候變遷對生物多樣性風險與脆弱度評估模式及因應策略規劃」成果報告書。

林務局（2015）「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」成果報告書。

許晃雄、吳宜昭、周佳、陳正達、陳永明、盧孟明（2011）台灣氣候變遷科學報告。國家科學委員會。

Barber, Q.E., S.E. Nielsen and A. Hamann (2016) Assessing the vulnerability of rare plants using climate change velocity, habitat connectivity, and dispersal ability: a case study in Alberta, Canada. *Regional Environmental Change* 16(5): 1433-1441.

Carroll, C., Joshua J. Lawler, D.R. Roberts and A. Hamann (2015) Biotic and Climatic Velocity Identify Contrasting Areas of Vulnerability to Climate Change. *PLoS ONE* 10(10): e0140486. doi:10.1371/journal.pone.0140486.

Crimmins, S. M., S.Z. Dobrowski, J.A. Greenberg, J.T. Abatzoglou and A.R. Mynsberge (2011) Changes in climatic water balance drive downhill shifts in plant species' optimum Elevations. *Science* 331:324-327.

- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.
- Keppel, G. and G.W. Wardell-Johnson (2015) Refugial capacity defines holdouts, microrefugia and stepping-stones. *Trends Ecol. Evol.* 20:1–22.
- Lenoir, J., J. C. Gégout, P. A. Marquet, P. de Ruffray and H. Brisse. (2008) A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science* 320:1768-1771.
- Loarie, S.R., P.B. Duffy, H. Hamilton, G.P. Asner, C.B. Field and D.D. Ackerly (2009) The velocity of climate change. *Nature* 462: 1052-1055.
- Pauli, H., *et al.* (2012) Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits. *Science* 336:353-355.
- Wang, T.L., A. Hamann, D.L. Spittlehouse, S.N. Aitken (2006) Development of scale-free climate data for western Canada for use in resource management. *International Journal of Climatology* 26:383-397.
- Wang, T.L., A. Hamann, D.L. Spittlehouse, T.Q. Murdock (2012) ClimateWNA – High-resolution spatial climate data for western North America. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 51:16-29.
- Wang, T.L., G.Y. Wang, J. Innes, B. Chen, Q. Li, and F.T. Guo (2014) ClimateAP – An easy access to high-resolution climate data for Asia Pacific. [Manuscript].
- Wang, T.L., G.Y. Wang, J. Innes, C. Nitschke and H.J. Kang (2016) Climatic niche models and their consensus projections for future climates for four major forest tree species in the Asia-Pacific region. *Forest Ecology and Management* 360:357-366.

附錄、易受暖化衝擊地點涵蓋之特有種及 CR-VU 物種名錄

一、恆春-滿州地區（山頂型）

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Fagaceae	台灣石櫟	<i>Pasania formosana</i>	CR	台灣特有種
Leguminosae	大血藤	<i>Mucuna gigantea</i> ssp. <i>tashiroi</i>	CR	台灣特有種
Malvaceae	繖楊	<i>Thespesia populnea</i>	EN	
Myricaceae	青楊梅	<i>Myrica adenophora</i>	EN	
Podocarpaceae	竹柏	<i>Nageia nagi</i>	EN	
Podocarpaceae	大葉羅漢松	<i>Podocarpus macrophyllus</i>	EN	
Rubiaceae	白果雞屎樹	<i>Lasianthus chinensis</i>	EN	
Acanthaceae	早田氏爵床	<i>Justicia procumbens</i> var. <i>hayatae</i>	VU	台灣特有種
Agavaceae	番仔林投	<i>Dracaena angustifolia</i>	VU	
Araliaceae	鵝掌藤	<i>Schefflera odorata</i>	VU	
Capparaceae	銳葉山柑	<i>Capparis acutifolia</i>	VU	
Euphorbiaceae	鐵色	<i>Drypetes littoralis</i>	VU	
Euphorbiaceae	土沉香	<i>Excoecaria agallocha</i>	VU	
Icacinaceae	呂宋毛蕊木	<i>Gomphandra luzoniensis</i>	VU	
Lauraceae	小葉樟	<i>Cinnamomum brevipedunculatum</i>	VU	台灣特有種
Lauraceae	南仁新木薑子	<i>Neolitsea hiiranensis</i>	VU	
Lecythidaceae	棋盤腳樹	<i>Barringtonia asiatica</i>	VU	
Leguminosae	恆春皂莢	<i>Gleditsia rolfei</i>	VU	台灣特有種
Leguminosae	恆春紅豆樹	<i>Ormosia hengchuniana</i>	VU	台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Lindsaeaceae	二羽達邊蕨	<i>Tapenidium pinnatum</i> var. <i>biserratum</i>	VU	
Loganiaceae	灰莉	<i>Fagraea ceilanica</i>	VU	
Magnoliaceae	烏心石舅	<i>Magnolia kachirachirai</i>	VU	台灣特有種
Melastomataceae	台灣野牡丹藤	<i>Medinilla formosana</i>	VU	台灣特有種
Orchidaceae	台灣竹葉蘭	<i>Appendicula reflexa</i>	VU	台灣特有種
Orchidaceae	闊葉杜鵑蘭	<i>Tainia latifolia</i>	VU	
Polypodiaceae	掌葉蕨	<i>Selliguea falcato-pinnata</i>	VU	
Rubiaceae	棲蘭山雞屎樹	<i>Lasianthus hiiranensis</i>	VU	
Rubiaceae	毛玉葉金花	<i>Mussaenda pubescens</i>	VU	
Symplocaceae	佐佐木氏灰木	<i>Symplocos sasakii</i>	VU	台灣特有種
Symplocaceae	希蘭灰木	<i>Symplocos shilanensis</i>	VU	台灣特有種
Theaceae	細葉茶梨	<i>Anneslea lanceolata</i>	VU	台灣特有種
Theaceae	恆春山茶	<i>Camellia hengchunensis</i>	VU	台灣特有種
Acanthaceae	長穗馬藍	<i>Strobilanthes longespicus</i>		台灣特有種
Acanthaceae	蘭炭馬藍	<i>Strobilanthes rankanensis</i>		台灣特有種
Aceraceae	樟葉槭	<i>Acer albopurpurascens</i>		台灣特有種
Apocynaceae	大錦蘭	<i>Anodendron benthamiana</i>		台灣特有種
Aquifoliaceae	松田氏冬青	<i>Ilex lonicerifolia</i> var. <i>matsudai</i>		台灣特有種
Asclepiadaceae	風不動	<i>Dischidia formosana</i>		台灣特有種
Boraginaceae	山豆根	<i>Heliotropium formosanum</i>		台灣特有種
Capparaceae	魚木	<i>Crateva adansonii</i> ssp. <i>formosensis</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Compositae	白花小薊	<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>takaoense</i>		台灣特有種
Compositae	白鳳菜	<i>Gynura divaricata</i> ssp. <i>formosana</i>		台灣特有種
Crassulaceae	台灣佛甲草	<i>Sedum formosanum</i>		台灣特有種
Elaeocarpaceae	猴歡喜	<i>Sloanea formosana</i>		台灣特有種
Euphorbiaceae	小葉鐵莧	<i>Acalypha indica</i> var. <i>minima</i>		台灣特有種
Euphorbiaceae	花蓮鐵莧	<i>Acalypha suirenbiensis</i>		台灣特有種
Euphorbiaceae	南仁五月茶	<i>Antidesma hiiranense</i>		台灣特有種
Euphorbiaceae	交力坪鐵色	<i>Drypetes karapinensis</i>		台灣特有種
Euphorbiaceae	台灣假黃楊	<i>Liodendron formosanum</i>		台灣特有種
Gramineae	台灣蔗草	<i>Erianthus formosanus</i>		台灣特有種
Gramineae	台灣矢竹	<i>Sinobambusa kunishii</i>		台灣特有種
Illiciaceae	台灣八角	<i>Illicium arborescens</i>		台灣特有種
Labiatae	台灣錐花	<i>Gomphostemma callicarpoides</i>		台灣特有種
Lauraceae	土肉桂	<i>Cinnamomum osmophloeum</i>		台灣特有種
Lauraceae	土樟	<i>Cinnamomum reticulatum</i>		台灣特有種
Lauraceae	內荳子	<i>Lindera akoensis</i>		台灣特有種
Lauraceae	屏東木薑子	<i>Litsea akoensis</i>		台灣特有種
Lauraceae	小梗木薑子	<i>Litsea hypophaea</i>		台灣特有種
Lauraceae	大葉楠	<i>Machilus japonica</i> var. <i>kusanoi</i>		台灣特有種
Lauraceae	恆春楨楠	<i>Machilus obovatifolia</i>		台灣特有種
Lauraceae	香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Lauraceae	小芽新木薑子	<i>Neolitsea parvigemma</i>		台灣特有種
Liliaceae	台灣蜘蛛抱蛋	<i>Aspidistra elatior</i> var. <i>attenuata</i>		台灣特有種
Liliaceae	細葉麥門冬	<i>Liriope minor</i> var. <i>angustissima</i>		台灣特有種
Malvaceae	山芙蓉	<i>Hibiscus taiwanensis</i>		台灣特有種
Melastomataceae	大野牡丹	<i>Astronia ferruginea</i>		台灣特有種
Melastomataceae	小金石榴	<i>Bredia gibba</i>		台灣特有種
Moraceae	蘭嶼落葉榕	<i>Ficus ruficaulis</i> var. <i>antaoensis</i>		台灣特有種
Musaceae	台灣芭蕉	<i>Musa itinerans</i> var. <i>formosana</i>		台灣特有種
Myrtaceae	細脈赤楠	<i>Syzygium euphlebiium</i>		台灣特有種
Myrtaceae	台灣赤楠	<i>Syzygium formosanum</i>		台灣特有種
Myrtaceae	高士佛赤楠	<i>Syzygium kusukusense</i>		台灣特有種
Orchidaceae	台灣金線蓮	<i>Anoectochilus formosanus</i>		台灣特有種
Palmae	黃藤	<i>Calamus quiquesetinervius</i>		台灣特有種
Piperaceae	恒春風藤	<i>Piper kawakamii</i>		台灣特有種
Piperaceae	薄葉風藤	<i>Piper sintenense</i>		台灣特有種
Piperaceae	台灣荖藤	<i>Piper taiwanense</i>		台灣特有種
Polygonaceae	台灣何首烏	<i>Polygonum multiflorum</i> var. <i>hypoleucum</i>		台灣特有種
Proteaceae	蓮花池山龍眼	<i>Helicia rengetiensis</i>		台灣特有種
Ranunculaceae	屏東鐵線蓮	<i>Clematis akoensis</i>		台灣特有種
Rhamnaceae	桶鈎藤	<i>Rhamnus formosana</i>		台灣特有種
Rhamnaceae	翼核木	<i>Ventilago elegans</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Rosaceae	山枇杷	<i>Eriobotrya deflexa</i>		台灣特有種
Rosaceae	台灣石楠	<i>Pourthiaea lucida</i>		台灣特有種
Rosaceae	恆春石斑木	<i>Rhaphiolepis indica</i> var. <i>shilanensis</i>		台灣特有種
Rubiaceae	薄葉玉心花	<i>Tarenna gracilipes</i>		台灣特有種
Saxifragaceae	小花鼠刺	<i>Itea parviflora</i>		台灣特有種
Staphyleaceae	山香圓	<i>Turpinia formosana</i>		台灣特有種
Symplocaceae	小葉白筆	<i>Symplocos modesta</i>		台灣特有種
Theaceae	台灣楊桐	<i>Adinandra formosana</i>		台灣特有種
Theaceae	森氏紅淡比	<i>Cleyera japonica</i> var. <i>morii</i>		台灣特有種
Theaceae	南仁山柃木	<i>Eurya nitida</i> var. <i>nanjenshanensis</i>		台灣特有種
Theaceae	港口木荷	<i>Schima superba</i> var. <i>kankaoensis</i>		台灣特有種
Thymelaeaceae	台灣蕘花	<i>Wikstroemia taiwanensis</i>		台灣特有種
Ulmaceae	石朴	<i>Celtis formosana</i>		台灣特有種
Verbenaceae	疏花紫珠	<i>Callicarpa remotiflora</i>		台灣特有種
Violaceae	台灣堇菜	<i>Viola formosana</i>		台灣特有種
Vitaceae	台灣崖爬藤	<i>Tetrastigma umbellatum</i>		台灣特有種
Zingiberaceae	島田氏月桃	<i>Alpinia shimadae</i>		台灣特有種
Zingiberaceae	三奈	<i>Zingiber kawagoii</i>		台灣特有種

二、頭城-雙溪-坪林地區（山頂型）

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Aceraceae	台灣三角楓	<i>Acer albopurpurascens</i> var. <i>formosanum</i>	CR	台灣特有種
Liliaceae	豔紅百合	<i>Lilium speciosum</i> var. <i>gloriosoides</i>	CR	
Compositae	台灣蒲公英	<i>Taraxacum formosanum</i>	EN	
Ophioglossaceae	大陰地蕨	<i>Botrychium ternatum</i>	EN	
Orchidaceae	小花羊耳蒜	<i>Liparis caespitosa</i>	EN	
Rosaceae	紅腺懸鈎子	<i>Rubus sumatranus</i>	EN	
Acanthaceae	早田氏爵床	<i>Justicia procumbens</i> var. <i>hayatae</i>	VU	台灣特有種
Labiatae	早田氏鼠尾草	<i>Salvia hayatana</i>	VU	台灣特有種
Liliaceae	綿棗兒	<i>Scilla sinensis</i>	VU	
Rubiaceae	毛玉葉金花	<i>Mussaenda pubescens</i>	VU	
Schizaeaceae	小葉海金沙	<i>Lygodium microphyllum</i>	VU	
Aceraceae	青楓	<i>Acer serrulatum</i>		台灣特有種
Actinidiaceae	台灣羊桃	<i>Actinidia setosa</i>		台灣特有種
Apocynaceae	大錦蘭	<i>Anodendron benthamiana</i>		台灣特有種
Aristolochiaceae	大花細辛	<i>Asarum macranthum</i>		台灣特有種
Celastraceae	厚葉衛矛	<i>Euonymus carnosus</i>		台灣特有種
Compositae	台灣馬蘭	<i>Aster taiwanensis</i>		台灣特有種
Compositae	白鳳菜	<i>Gynura divaricata</i> ssp. <i>formosana</i>		台灣特有種
Compositae	台灣款冬	<i>Petasites formosanus</i>		台灣特有種
Crassulaceae	台灣佛甲草	<i>Sedum formosanum</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Elaeagnaceae	台灣胡頹子	<i>Elaeagnus formosana</i>		台灣特有種
Elaeocarpaceae	猴歡喜	<i>Sloanea formosana</i>		台灣特有種
Fagaceae	三斗石櫟	<i>Pasania hancei</i> var. <i>ternaticupula</i>		台灣特有種
Lauraceae	小梗木薑子	<i>Litsea hypophaea</i>		台灣特有種
Lauraceae	大葉楠	<i>Machilus japonica</i> var. <i>kusanoi</i>		台灣特有種
Lauraceae	香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>		台灣特有種
Lauraceae	高山新木薑子	<i>Neolitsea acuminatissima</i>		台灣特有種
Liliaceae	台灣百合	<i>Lilium formosanum</i>		台灣特有種
Menispermaceae	土防己	<i>Cyclea gracillima</i>		台灣特有種
Moraceae	越橘葉蔓榕	<i>Ficus vaccinioides</i>		台灣特有種
Myrtaceae	台灣赤楠	<i>Syzygium formosanum</i>		台灣特有種
Palmae	黃藤	<i>Calamus quiquesetinervius</i>		台灣特有種
Piperaceae	薄葉風藤	<i>Piper sintenense</i>		台灣特有種
Saxifragaceae	小花鼠刺	<i>Itea parviflora</i>		台灣特有種
Scrophulariaceae	佛氏通泉草	<i>Mazus fauriei</i>		台灣特有種
Staphyleaceae	山香圓	<i>Turpinia formosana</i>		台灣特有種
Styracaceae	烏皮九芎	<i>Styrax formosana</i>		台灣特有種
Symplocaceae	擬日本灰木	<i>Symplocos migoi</i>		台灣特有種
Theaceae	台灣楊桐	<i>Adinandra formosana</i>		台灣特有種
Theaceae	細葉山茶	<i>Camellia tenuiflora</i>		台灣特有種
Theaceae	森氏紅淡比	<i>Cleyera japonica</i> var. <i>morii</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Theaceae	假柃木	<i>Eurya crenatifolia</i>		台灣特有種
Theaceae	厚葉柃木	<i>Eurya glaberrima</i>		台灣特有種
Thymelaeaceae	白花瑞香	<i>Daphne kiusiana</i> var. <i>atrocaulis</i>		台灣特有種
Violaceae	普萊氏堇菜	<i>Viola nagasawai</i> var. <i>pricei</i>		台灣特有種
Vitaceae	台灣崖爬藤	<i>Tetrastigma umbellatum</i>		台灣特有種
Zingiberaceae	普來氏月桃	<i>Alpinia pricei</i>		台灣特有種
Zingiberaceae	烏來月桃	<i>Alpinia uraiensis</i>		台灣特有種

三、月眉地區（山頂型）

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Rutaceae	刺花椒	<i>Zanthoxylum simulans</i>	EN	
Scrophulariaceae	獨腳金	<i>Striga lutea</i>	EN	
Araliaceae	鵝掌藤	<i>Schefflera odorata</i>	VU	
Rubiaceae	毛玉葉金花	<i>Mussaenda pubescens</i>	VU	
Aceraceae	樟葉槭	<i>Acer albopurpurascens</i>		台灣特有種
Apocynaceae	大錦蘭	<i>Anodendron benthamiana</i>		台灣特有種
Araceae	台灣青芋	<i>Colocasia formosana</i>		台灣特有種
Capparaceae	魚木	<i>Crateva adansonii</i> ssp. <i>formosensis</i>		台灣特有種
Compositae	台灣馬蘭	<i>Aster taiwanensis</i>		台灣特有種
Compositae	島田氏澤蘭	<i>Eupatorium shimadai</i>		台灣特有種
Elaeocarpaceae	猴歡喜	<i>Sloanea formosana</i>		台灣特有種
Euphorbiaceae	花蓮鐵莧	<i>Acalypha suirenbiensis</i>		台灣特有種
Labiatae	隱藥鼠尾草	<i>Salvia keitaoensis</i>		台灣特有種
Lauraceae	小梗木薑子	<i>Litsea hypophaea</i>		台灣特有種
Lauraceae	大葉楠	<i>Machilus japonica</i> var. <i>kusanoi</i>		台灣特有種
Leguminosae	疏花魚藤	<i>Derris laxiflora</i>		台灣特有種
Malvaceae	山芙蓉	<i>Hibiscus taiwanensis</i>		台灣特有種
Moraceae	濱榕	<i>Ficus tannoensis</i>		台灣特有種
Moraceae	越橘葉蔓榕	<i>Ficus vaccinioides</i>		台灣特有種
Musaceae	台灣芭蕉	<i>Musa itinerans</i> var. <i>formosana</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Palmae	黃藤	<i>Calamus quiquesetinervius</i>		台灣特有種
Rhamnaceae	巒大雀梅藤	<i>Sageretia randaiensis</i>		台灣特有種
Rhamnaceae	翼核木	<i>Ventilago elegans</i>		台灣特有種
Saxifragaceae	小花鼠刺	<i>Itea parviflora</i>		台灣特有種
Symplocaceae	小葉白筆	<i>Symplocos modesta</i>		台灣特有種
Theaceae	森氏紅淡比	<i>Cleyera japonica</i> var. <i>morii</i>		台灣特有種
Tiliaceae	菱葉捕魚木	<i>Grewia rhombifolia</i>		台灣特有種
Ulmaceae	石朴	<i>Celtis formosana</i>		台灣特有種
Urticaceae	細葉冷水麻	<i>Pilea somai</i>		台灣特有種
Vitaceae	台灣崖爬藤	<i>Tetrastigma umbellatum</i>		台灣特有種

四、豐濱-水璉地區（山頂型）

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Acanthaceae	早田氏爵床	<i>Justicia procumbens</i> var. <i>hayatae</i>	VU	台灣特有種
Rubiaceae	毛玉葉金花	<i>Mussaenda pubescens</i>	VU	
Theaceae	日本山茶	<i>Camellia japonica</i>	VU	
Aceraceae	樟葉槭	<i>Acer albopurpurascens</i>		台灣特有種
Boraginaceae	台灣附地草	<i>Trigonotis formosana</i>		台灣特有種
Elaeagnaceae	台灣胡頹子	<i>Elaeagnus formosana</i>		台灣特有種
Elaeagnaceae	鄧氏胡頹子	<i>Elaeagnus thunbergii</i>		台灣特有種
Elaeocarpaceae	猴歡喜	<i>Sloanea formosana</i>		台灣特有種
Euphorbiaceae	花蓮鐵莧	<i>Acalypha suirenbiensis</i>		台灣特有種
Gramineae	台灣矢竹	<i>Sinobambusa kunishii</i>		台灣特有種
Lauraceae	小梗木薑子	<i>Litsea hypophaea</i>		台灣特有種
Lauraceae	大葉楠	<i>Machilus japonica</i> var. <i>kusanoi</i>		台灣特有種
Leguminosae	疏花魚藤	<i>Derris laxiflora</i>		台灣特有種
Liliaceae	山油點草	<i>Tricyrtis formosana</i> var. <i>stolonifera</i>		台灣特有種
Malvaceae	山芙蓉	<i>Hibiscus taiwanensis</i>		台灣特有種
Melastomataceae	金石榴	<i>Bredia oldhamii</i>		台灣特有種
Moraceae	濱榕	<i>Ficus tannoensis</i>		台灣特有種
Musaceae	台灣芭蕉	<i>Musa itinerans</i> var. <i>formosana</i>		台灣特有種
Myrtaceae	台灣赤楠	<i>Syzygium formosanum</i>		台灣特有種
Palmae	黃藤	<i>Calamus quiquesetinervius</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Rhamnaceae	桶鈎藤	<i>Rhamnus formosana</i>		台灣特有種
Rhamnaceae	巒大雀梅藤	<i>Sageretia randaiensis</i>		台灣特有種
Rhamnaceae	翼核木	<i>Ventilago elegans</i>		台灣特有種
Rubiaceae	薄葉玉心花	<i>Tarenna gracilipes</i>		台灣特有種
Saxifragaceae	小花鼠刺	<i>Itea parviflora</i>		台灣特有種
Styracaceae	烏皮九芎	<i>Styrax formosana</i>		台灣特有種
Symplocaceae	小葉白筆	<i>Symplocos modesta</i>		台灣特有種
Theaceae	細葉山茶	<i>Camellia tenuiflora</i>		台灣特有種
Theaceae	森氏紅淡比	<i>Cleyera japonica</i> var. <i>morii</i>		台灣特有種
Ulmaceae	石朴	<i>Celtis formosana</i>		台灣特有種
Urticaceae	圓果冷水麻	<i>Pilea rotundinucula</i>		台灣特有種
Urticaceae	細葉冷水麻	<i>Pilea somai</i>		台灣特有種
Violaceae	川上氏堇菜	<i>Viola formosana</i> var. <i>stenopetala</i>		台灣特有種
Vitaceae	台灣崖爬藤	<i>Tetrastigma umbellatum</i>		台灣特有種
Zingiberaceae	阿里山月桃	<i>Alpinia pricei</i> var. <i>sessiliflora</i>		台灣特有種
Zingiberaceae	烏來月桃	<i>Alpinia uraiensis</i>		台灣特有種

五、八卦台地（山頂型）

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Rosaceae	金櫻子	<i>Rosa laevigata</i>	EN	
Scrophulariaceae	泡桐	<i>Paulownia fortunei</i>	EN	
Aristolochiaceae	瓜葉馬兜鈴	<i>Aristolochia cucurbitifolia</i>	VU	台灣特有種
Cyperaceae	毛果珍珠茅	<i>Scleria levis</i>	VU	
Rubiaceae	毛玉葉金花	<i>Mussaenda pubescens</i>	VU	
Rutaceae	狗花椒	<i>Zanthoxylum avicennae</i>	VU	
Apocynaceae	大錦蘭	<i>Anodendron benthamiana</i>		台灣特有種
Compositae	台灣澤蘭	<i>Eupatorium formosanum</i>		台灣特有種
Dioscoreaceae	台灣薯蕷	<i>Dioscorea formosana</i>		台灣特有種
Elaeagnaceae	鄧氏胡頹子	<i>Elaeagnus thunbergii</i>		台灣特有種
Lauraceae	土肉桂	<i>Cinnamomum osmophloeum</i>		台灣特有種
Lauraceae	小梗木薑子	<i>Litsea hypophaea</i>		台灣特有種
Lauraceae	香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>		台灣特有種
Liliaceae	細葉麥門冬	<i>Liriope minor var. angustissima</i>		台灣特有種
Menispermaceae	土防己	<i>Cyclea gracillima</i>		台灣特有種
Menispermaceae	台灣土防己	<i>Cyclea ochiaiana</i>		台灣特有種
Sapindaceae	台灣欒樹	<i>Koelreuteria henryi</i>		台灣特有種

六、浸水營地區（中坡型）

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Leguminosae	圓葉雞眼草	<i>Kummerowia stipulacea</i>	CR	
Pteridaceae	烏來鳳尾蕨	<i>Pteris xwulaiensis</i>	CR	台灣特有種
Fagaceae	浸水營石櫟	<i>Pasania shinsuiensis</i>	EN	台灣特有種
Menispermaceae	恆春青牛膽	<i>Tinospora dentata</i>	EN	台灣特有種
Myricaceae	青楊梅	<i>Myrica adenophora</i>	EN	
Orchidaceae	台灣捲瓣蘭	<i>Bulbophyllum taiwanense</i>	EN	台灣特有種
Orchidaceae	大莖白蘭	<i>Oberonia gigantea</i>	EN	台灣特有種
Podocarpaceae	竹柏	<i>Nageia nagi</i>	EN	
Rosaceae	紅腺懸鈎子	<i>Rubus sumatranus</i>	EN	
Thelypteridaceae	刺柄金星蕨	<i>Thelypteris ornata</i>	EN	
Acanthaceae	銀脈爵床	<i>Kudoacanthus albo-nervosa</i>	VU	台灣特有種
Araliaceae	鵝掌藤	<i>Schefflera odorata</i>	VU	
Aristolochiaceae	瓜葉馬兜鈴	<i>Aristolochia cucurbitifolia</i>	VU	台灣特有種
Aristolochiaceae	上花細辛	<i>Asarum epigynum</i>	VU	
Aristolochiaceae	下花細辛	<i>Asarum hypogynum</i>	VU	台灣特有種
Begoniaceae	霧台秋海棠	<i>Begonia wutaiana</i>	VU	
Cyperaceae	森氏薹	<i>Carex morii</i>	VU	台灣特有種
Fagaceae	波葉櫟	<i>Cyclobalanopsis repandifolia</i>	VU	台灣特有種
Fagaceae	柳葉石櫟	<i>Pasania dodoniifolia</i>	VU	台灣特有種
Grammitidaceae	姬荷包蕨	<i>Calymmodon cucullatus</i>	VU	

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Hymenophyllaceae	毛葉蕨	<i>Crepidomanes pallidum</i>	VU	
Labiatae	台灣黃芩	<i>Scutellaria taiwanensis</i>	VU	台灣特有種
Labiatae	田代氏黃芩	<i>Scutellaria tashiroi</i>	VU	台灣特有種
Leguminosae	恆春紅豆樹	<i>Ormosia hengchuniana</i>	VU	台灣特有種
Lomariopsidaceae	台灣舌蕨	<i>Elaphoglossum luzonicum</i>	VU	
Magnoliaceae	烏心石舅	<i>Magnolia kachirachirai</i>	VU	台灣特有種
Melastomataceae	台灣野牡丹藤	<i>Medinilla formosana</i>	VU	台灣特有種
Moraceae	黃毛榕	<i>Ficus esquiroliana</i>	VU	
Myrtaceae	疏脈赤楠	<i>Syzygium paucivenium</i>	VU	
Orchidaceae	矮根節蘭	<i>Calanthe angustifolia</i>	VU	
Orchidaceae	小雙花石斛	<i>Dendrobium somai</i>	VU	台灣特有種
Orchidaceae	蘆蘭	<i>Schoenorchis vanoverberghii</i>	VU	
Podocarpaceae	叢花百日青	<i>Podocarpus fasciculus</i>	VU	
Polygalaceae	巨葉花遠志	<i>Polygala arcuata</i>	VU	台灣特有種
Rafflesiaceae	台灣奴草	<i>Mitrastemon kawasasakii</i>	VU	台灣特有種
Rubiaceae	毛玉葉金花	<i>Mussaenda pubescens</i>	VU	
Smilacaceae	台中假土茯苓	<i>Heterosmilax seisuiensis</i>	VU	台灣特有種
Theaceae	細葉茶梨	<i>Anneslea lanceolata</i>	VU	台灣特有種
Urticaceae	微粗毛樓梯草	<i>Elatostema strigillosum</i>	VU	台灣特有種
Verbenaceae	灰背葉紫珠	<i>Callicarpa hypoleucophylla</i>	VU	台灣特有種
Acanthaceae	曲莖馬藍	<i>Strobilanthes flexicaulis</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Acanthaceae	蘭炭馬藍	<i>Strobilanthes rankanensis</i>		台灣特有種
Aceraceae	樟葉槭	<i>Acer albopurpurascens</i>		台灣特有種
Aceraceae	台灣掌葉槭	<i>Acer palmatum</i> var. <i>pubescens</i>		台灣特有種
Aceraceae	青楓	<i>Acer serrulatum</i>		台灣特有種
Apocynaceae	大錦蘭	<i>Anodendron benthamiana</i>		台灣特有種
Aquifoliaceae	阿里山冬青	<i>Ilex arisanensis</i>		台灣特有種
Aquifoliaceae	松田氏冬青	<i>Ilex lonicerifolia</i> var. <i>matsudai</i>		台灣特有種
Aquifoliaceae	雪山冬青	<i>Ilex tugitakayamensis</i>		台灣特有種
Araceae	蓬萊天南星	<i>Arisaema taiwanense</i>		台灣特有種
Araliaceae	台灣八角金盤	<i>Fatsia polycarpa</i>		台灣特有種
Araliaceae	台灣常春藤	<i>Hedera rhombea</i> var. <i>formosana</i>		台灣特有種
Asclepiadaceae	風不動	<i>Dischidia formosana</i>		台灣特有種
Aspleniaceae	大蓬萊鐵角蕨	<i>Asplenium cuneatifforme</i>		台灣特有種
Athyriaceae	擬德氏雙蓋蕨	<i>Diplazium pseudodoederleinii</i>		台灣特有種
Balsaminaceae	紫花鳳仙花	<i>Impatiens uniflora</i>		台灣特有種
Begoniaceae	台灣秋海棠	<i>Begonia taiwaniana</i>		台灣特有種
Boraginaceae	山豆根	<i>Heliotropium formosanum</i>		台灣特有種
Caprifoliaceae	著生珊瑚樹	<i>Viburnum arboricolum</i>		台灣特有種
Caprifoliaceae	玉山糯米樹	<i>Viburnum integrifolium</i>		台灣特有種
Compositae	台灣馬蘭	<i>Aster taiwanensis</i>		台灣特有種
Elaeagnaceae	鄧氏胡頹子	<i>Elaeagnus thunbergii</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Elaeocarpaceae	猴歡喜	<i>Sloanea formosana</i>		台灣特有種
Ericaceae	台灣杜鵑	<i>Rhododendron formosanum</i>		台灣特有種
Ericaceae	玉山杜鵑	<i>Rhododendron pseudochrysanthum</i>		台灣特有種
Ericaceae	凹葉越橘	<i>Vaccinium emarginatum</i>		台灣特有種
Ericaceae	巒大越橘	<i>Vaccinium randaiense</i>		台灣特有種
Euphorbiaceae	南仁五月茶	<i>Antidesma hiiranense</i>		台灣特有種
Euphorbiaceae	交力坪鐵色	<i>Drypetes karapinensis</i>		台灣特有種
Euphorbiaceae	台灣白匏子	<i>Mallotus paniculatus</i> var. <i>formosanus</i>		台灣特有種
Fagaceae	草野氏錐栗	<i>Castanopsis kusanoi</i>		台灣特有種
Fagaceae	灰背櫟	<i>Cyclobalanopsis hypophaea</i>		台灣特有種
Fagaceae	郭氏錐果櫟	<i>Cyclobalanopsis longinux</i> var. <i>kuoi</i>		台灣特有種
Fagaceae	三斗石櫟	<i>Pasania hancei</i> var. <i>ternaticupula</i>		台灣特有種
Fagaceae	大葉石櫟	<i>Pasania kawakamii</i>		台灣特有種
Fagaceae	油葉石櫟	<i>Pasania konishii</i>		台灣特有種
Gentianaceae	台灣肺形草	<i>Tripterospermum taiwanense</i>		台灣特有種
Grammitidaceae	長孢禾葉蕨	<i>Grammitis nuda</i>		台灣特有種
Hymenophyllaceae	台灣膜蕨	<i>Hymenophyllum devolii</i>		台灣特有種
Illiciaceae	台灣八角	<i>Illicium arborescens</i>		台灣特有種
Labiatae	台灣錐花	<i>Gomphostemma callicarpoides</i>		台灣特有種
Labiatae	絨萼舞子草	<i>Paraphlomis tomentoso-capitata</i>		台灣特有種
Lauraceae	台灣肉桂	<i>Cinnamomum insulari-montanum</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Lauraceae	土肉桂	<i>Cinnamomum osmophloeum</i>		台灣特有種
Lauraceae	狹葉木薑子	<i>Litsea akoensis</i> var. <i>sasakii</i>		台灣特有種
Lauraceae	小梗木薑子	<i>Litsea hypophaea</i>		台灣特有種
Lauraceae	李氏木薑子	<i>Litsea lii</i>		台灣特有種
Lauraceae	能漢木薑子	<i>Litsea lii</i> var. <i>nunkao-tahangensis</i>		台灣特有種
Lauraceae	大葉楠	<i>Machilus japonica</i> var. <i>kusanoi</i>		台灣特有種
Lauraceae	小西氏楠	<i>Machilus konishii</i>		台灣特有種
Lauraceae	恆春楨楠	<i>Machilus obovatifolia</i>		台灣特有種
Lauraceae	香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>		台灣特有種
Lauraceae	大武新木薑子	<i>Neolitsea daibuensis</i>		台灣特有種
Lauraceae	小芽新木薑子	<i>Neolitsea parvigemma</i>		台灣特有種
Liliaceae	台灣胡麻花	<i>Helonias umbellata</i>		台灣特有種
Liliaceae	細葉麥門冬	<i>Liriope minor</i> var. <i>angustissima</i>		台灣特有種
Melastomataceae	小金石榴	<i>Bredia gibba</i>		台灣特有種
Melastomataceae	金石榴	<i>Bredia oldhamii</i>		台灣特有種
Melastomataceae	布勒德藤	<i>Bredia scandens</i>		台灣特有種
Melastomataceae	台灣厚距花	<i>Medinilla taiwaniana</i>		台灣特有種
Myrtaceae	細脈赤楠	<i>Syzygium euphlebiun</i>		台灣特有種
Myrtaceae	台灣赤楠	<i>Syzygium formosanum</i>		台灣特有種
Myrtaceae	高士佛赤楠	<i>Syzygium kusukusense</i>		台灣特有種
Oleaceae	高氏木犀	<i>Osmanthus kaoi</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Oleaceae	銳葉木犀	<i>Osmanthus lanceolatus</i>		台灣特有種
Orchidaceae	台灣金線蓮	<i>Anoectochilus formosanus</i>		台灣特有種
Orchidaceae	鹿角蘭	<i>Ascocentrum pumilum</i>		台灣特有種
Orchidaceae	小豆蘭	<i>Bulbophyllum aureolabellum</i>		台灣特有種
Orchidaceae	蠟著頰蘭	<i>Epigeneium nakaharai</i>		台灣特有種
Orchidaceae	長葉羊耳蒜	<i>Liparis nakaharai</i>		台灣特有種
Orchidaceae	台灣金釵蘭	<i>Luisia megasepala</i>		台灣特有種
Palmae	黃藤	<i>Calamus quiquesetinervius</i>		台灣特有種
Piperaceae	薄葉風藤	<i>Piper sintenense</i>		台灣特有種
Polypodiaceae	擬笈瓦葦	<i>Lepisorus monilisorus</i>		台灣特有種
Polypodiaceae	大葉玉山蕨	<i>Selliguea echinospora</i>		台灣特有種
Proteaceae	蓮花池山龍眼	<i>Helicia rengetiensis</i>		台灣特有種
Ranunculaceae	屏東鐵線蓮	<i>Clematis akoensis</i>		台灣特有種
Rhamnaceae	翼核木	<i>Ventilago elegans</i>		台灣特有種
Rosaceae	山枇杷	<i>Eriobotrya deflexa</i>		台灣特有種
Rosaceae	台灣石楠	<i>Pourthiaea lucida</i>		台灣特有種
Rosaceae	恆春石斑木	<i>Rhaphiolepis indica</i> var. <i>shilanensis</i>		台灣特有種
Rosaceae	刺花懸鉤子	<i>Rubus taitoensis</i>		台灣特有種
Rubiaceae	無刺伏牛花	<i>Damnacanthus angustifolius</i>		台灣特有種
Rubiaceae	早田氏蛇根草	<i>Ophiorrhiza hayatana</i>		台灣特有種
Rubiaceae	薄葉玉心花	<i>Tarenna gracilipes</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Sabiaceae	阿里山清風藤	<i>Sabia transarisanensis</i>		台灣特有種
Saxifragaceae	小花鼠刺	<i>Itea parviflora</i>		台灣特有種
Staphyleaceae	山香圓	<i>Turpinia formosana</i>		台灣特有種
Styracaceae	烏皮九芎	<i>Styrax formosana</i>		台灣特有種
Symplocaceae	小葉白筆	<i>Symplocos modesta</i>		台灣特有種
Symplocaceae	玉山灰木	<i>Symplocos morrisonicola</i>		台灣特有種
Theaceae	台灣楊桐	<i>Adinandra formosana</i>		台灣特有種
Theaceae	毛柱楊桐	<i>Adinandra lasiostyla</i>		台灣特有種
Theaceae	汎能高山茶	<i>Camellia transnokoensis</i>		台灣特有種
Theaceae	假柃木	<i>Eurya crenatifolia</i>		台灣特有種
Theaceae	厚葉柃木	<i>Eurya glaberrima</i>		台灣特有種
Theaceae	早田氏柃木	<i>Eurya hayatae</i>		台灣特有種
Theaceae	薄葉柃木	<i>Eurya leptophylla</i>		台灣特有種
Theaceae	粗毛柃木	<i>Eurya strigillosa</i>		台灣特有種
Theaceae	港口木荷	<i>Schima superba</i> var. <i>kankaoensis</i>		台灣特有種
Ulmaceae	石朴	<i>Celtis formosana</i>		台灣特有種
Urticaceae	裂葉樓梯草	<i>Elatostema trilobulatum</i>		台灣特有種
Urticaceae	圓果冷水麻	<i>Pilea rotundinucula</i>		台灣特有種
Verbenaceae	巒大紫珠	<i>Callicarpa randaiensis</i>		台灣特有種
Verbenaceae	疏花紫珠	<i>Callicarpa remotiflora</i>		台灣特有種
Violaceae	喜岩堇菜	<i>Viola adenothrix</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Violaceae	台灣堇菜	<i>Viola formosana</i>		台灣特有種
Vitaceae	三腳鼈草	<i>Tetrastigma bioritsense</i>		台灣特有種
Vitaceae	台灣崖爬藤	<i>Tetrastigma umbellatum</i>		台灣特有種
Zingiberaceae	普來氏月桃	<i>Alpinia pricei</i>		台灣特有種
Zingiberaceae	島田氏月桃	<i>Alpinia shimadae</i>		台灣特有種
Zingiberaceae	三奈	<i>Zingiber kawagoii</i>		台灣特有種

七、大武-達仁-牡丹地區（中坡型）

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Schizaeaceae	分枝莎草蕨	<i>Schizaea dichotoma</i>	CR	
Podocarpaceae	竹柏	<i>Nageia nagi</i>	EN	
Podocarpaceae	大葉羅漢松	<i>Podocarpus macrophyllus</i>	EN	
Myricaceae	青楊梅	<i>Myrica adenophora</i>	EN	
Fagaceae	柳葉石櫟	<i>Pasania dodoniifolia</i>	VU	台灣特有種
Fagaceae	浸水營石櫟	<i>Pasania shinsuiensis</i>	EN	台灣特有種
Magnoliaceae	烏心石舅	<i>Magnolia kachirachirai</i>	VU	台灣特有種
Lauraceae	小葉樟	<i>Cinnamomum brevipedunculatum</i>	VU	台灣特有種
Lauraceae	南仁新木薑子	<i>Neolitsea hiiranensis</i>	VU	
Hernandiaceae	蓮葉桐	<i>Hernandia nymphiifolia</i>	VU	
Aristolochiaceae	瓜葉馬兜鈴	<i>Aristolochia cucurbitifolia</i>	VU	台灣特有種
Theaceae	細葉茶梨	<i>Anneslea lanceolata</i>	VU	台灣特有種
Leguminosae	大血藤	<i>Mucuna gigantea</i> ssp. <i>tashiroi</i>	CR	台灣特有種
Leguminosae	台灣紅豆樹	<i>Ormosia formosana</i>	VU	台灣特有種
Leguminosae	恆春紅豆樹	<i>Ormosia hengchuniana</i>	VU	台灣特有種
Euphorbiaceae	鐵色	<i>Drypetes littoralis</i>	VU	
Rutaceae	刺花椒	<i>Zanthoxylum simulans</i>	EN	
Lecythidaceae	棋盤腳樹	<i>Barringtonia asiatica</i>	VU	
Melastomataceae	台灣野牡丹藤	<i>Medinilla formosana</i>	VU	台灣特有種
Myrsinaceae	雪下紅	<i>Ardisia villosa</i>	VU	

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Symplocaceae	希蘭灰木	<i>Symplocos shilanensis</i>	VU	台灣特有種
Symplocaceae	恆春灰木	<i>Symplocos koshunensis</i>	EN	台灣特有種
Symplocaceae	佐佐木氏灰木	<i>Symplocos sasakii</i>	VU	台灣特有種
Rubiaceae	毛玉葉金花	<i>Mussaenda pubescens</i>	VU	
Convolvulaceae	鈍葉朝顏	<i>Argyreia formosana</i>	VU	台灣特有種
Labiatae	南台灣黃芩	<i>Scutellaria austrotaiwanensis</i>	VU	台灣特有種
Agavaceae	番仔林投	<i>Dracaena angustifolia</i>	VU	
Gramineae	粗穗馬唐	<i>Digitaria heterantha</i>	EN	
Araceae	南仁山天南星	<i>Arisaema nanjenense</i>	VU	台灣特有種
Orchidaceae	台灣竹葉蘭	<i>Appendicula reflexa</i>	VU	台灣特有種
Orchidaceae	柯麗白蘭	<i>Collabium chinense</i>	EN	
Orchidaceae	報歲蘭	<i>Cymbidium sinense</i>	CR	
Orchidaceae	闊葉杜鵑蘭	<i>Tainia latifolia</i>	VU	

八、南澳山區-觀音地區（中坡型）

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Podocarpaceae	竹柏	<i>Nageia nagi</i>	EN	
Rosaceae	紅腺懸鉤子	<i>Rubus sumatranus</i>	EN	
Araliaceae	鵝掌藤	<i>Schefflera odorata</i>	VU	
Cyperaceae	森氏薹	<i>Carex morii</i>	VU	台灣特有種
Hamamelidaceae	細葉蚊母樹	<i>Distylium gracile</i>	VU	台灣特有種
Orchidaceae	黃花石斛	<i>Dendrobium catenatum</i>	VU	
Rubiaceae	毛玉葉金花	<i>Mussaenda pubescens</i>	VU	
Rutaceae	台灣香檬	<i>Citrus depressa</i>	VU	
Verbenaceae	長葉杜虹花	<i>Callicarpa formosana</i> var. <i>longifolia</i>	VU	台灣特有種
Acanthaceae	蘭炭馬藍	<i>Strobilanthes rankanensis</i>		台灣特有種
Aceraceae	青楓	<i>Acer serrulatum</i>		台灣特有種
Actinidiaceae	台灣羊桃	<i>Actinidia setosa</i>		台灣特有種
Apocynaceae	大錦蘭	<i>Anodendron benthamiana</i>		台灣特有種
Aquifoliaceae	早田氏冬青	<i>Ilex hayataiana</i>		台灣特有種
Araceae	台灣天南星	<i>Arisaema formosanum</i>		台灣特有種
Aristolochiaceae	大花細辛	<i>Asarum macranthum</i>		台灣特有種
Asclepiadaceae	風不動	<i>Dischidia formosana</i>		台灣特有種
Asclepiadaceae	布朗藤	<i>Heterostemma brownii</i>		台灣特有種
Asclepiadaceae	台灣鷓鴣	<i>Tylophora taiwanensis</i>		台灣特有種
Athyriaceae	台灣亮毛蕨	<i>Acystopteris taiwaniana</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Athyriaceae	擬德氏雙蓋蕨	<i>Diplazium pseudodoederleinii</i>		台灣特有種
Balsaminaceae	紫花鳳仙花	<i>Impatiens uniflora</i>		台灣特有種
Boraginaceae	山豆根	<i>Heliotropium formosanum</i>		台灣特有種
Capparaceae	魚木	<i>Crateva adansonii</i> ssp. <i>formosensis</i>		台灣特有種
Compositae	台灣澤蘭	<i>Eupatorium formosanum</i>		台灣特有種
Compositae	白鳳菜	<i>Gynura divaricata</i> ssp. <i>formosana</i>		台灣特有種
Crassulaceae	台灣佛甲草	<i>Sedum formosanum</i>		台灣特有種
Dioscoreaceae	台灣薯蕷	<i>Dioscorea formosana</i>		台灣特有種
Elaeagnaceae	台灣胡頹子	<i>Elaeagnus formosana</i>		台灣特有種
Elaeagnaceae	鄧氏胡頹子	<i>Elaeagnus thunbergii</i>		台灣特有種
Elaeocarpaceae	猴歡喜	<i>Sloanea formosana</i>		台灣特有種
Ericaceae	凹葉越橘	<i>Vaccinium emarginatum</i>		台灣特有種
Euphorbiaceae	密花五月茶	<i>Antidesma japonicum</i> var. <i>densiflorum</i>		台灣特有種
Fagaceae	鬼石櫟	<i>Lithocarpus castanopsisifolius</i>		台灣特有種
Fagaceae	三斗石櫟	<i>Pasania hancei</i> var. <i>ternaticupula</i>		台灣特有種
Fagaceae	細葉三斗石櫟	<i>Pasania hancei</i> var. <i>ternaticupula</i> forma <i>subreticulata</i>		台灣特有種
Fagaceae	油葉石櫟	<i>Pasania konishii</i>		台灣特有種
Gramineae	包箨箭竹	<i>Pseudosasa usawai</i>		台灣特有種
Gramineae	台灣矢竹	<i>Sinobambusa kunishii</i>		台灣特有種
Lauraceae	台灣肉桂	<i>Cinnamomum insulari-montanum</i>		台灣特有種
Lauraceae	胡氏肉桂	<i>Cinnamomum macrostemon</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Lauraceae	土肉桂	<i>Cinnamomum osmophloeum</i>		台灣特有種
Lauraceae	內荖子	<i>Lindera akoensis</i>		台灣特有種
Lauraceae	小梗木薑子	<i>Litsea hypophaea</i>		台灣特有種
Lauraceae	大葉楠	<i>Machilus japonica</i> var. <i>kusanoi</i>		台灣特有種
Lauraceae	香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>		台灣特有種
Lauraceae	小芽新木薑子	<i>Neolitsea parvigemma</i>		台灣特有種
Liliaceae	台灣百合	<i>Lilium formosanum</i>		台灣特有種
Liliaceae	細葉麥門冬	<i>Liriope minor</i> var. <i>angustissima</i>		台灣特有種
Liliaceae	台灣油點草	<i>Tricyrtis formosana</i>		台灣特有種
Malvaceae	山芙蓉	<i>Hibiscus taiwanensis</i>		台灣特有種
Melastomataceae	金石榴	<i>Bredia oldhamii</i>		台灣特有種
Musaceae	台灣芭蕉	<i>Musa itinerans</i> var. <i>formosana</i>		台灣特有種
Orchidaceae	台灣金線蓮	<i>Anoectochilus formosanus</i>		台灣特有種
Orchidaceae	紫紋捲瓣蘭	<i>Bulbophyllum melanoglossum</i>		台灣特有種
Orchidaceae	蠟著頰蘭	<i>Epigeneium nakaharae</i> Summerh.		台灣特有種
Orchidaceae	長葉羊耳蒜	<i>Liparis nakaharai</i>		台灣特有種
Orchidaceae	插天山羊耳蒜	<i>Liparis sootenzanensis</i>		台灣特有種
Palmae	黃藤	<i>Calamus quiquesetinervius</i>		台灣特有種
Passifloraceae	假西番蓮	<i>Adenia formosana</i>		台灣特有種
Piperaceae	薄葉風藤	<i>Piper sintenense</i>		台灣特有種
Polygonaceae	台灣何首烏	<i>Polygonum multiflorum</i> var. <i>hypoleucum</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Polypodiaceae	擬笈瓦葦	<i>Lepisorus monilisorus</i>		台灣特有種
Pteridaceae	長柄鳳尾蕨	<i>Pteris bella</i>		台灣特有種
Pteridaceae	紅柄鳳尾蕨	<i>Pteris scabristipes</i>		台灣特有種
Ranunculaceae	田村氏鐵線蓮	<i>Clematis tamurae</i>		台灣特有種
Rhamnaceae	桶鈎藤	<i>Rhamnus formosana</i>		台灣特有種
Rhamnaceae	翼核木	<i>Ventilago elegans</i>		台灣特有種
Rosaceae	山枇杷	<i>Eriobotrya deflexa</i>		台灣特有種
Rosaceae	紅狹葉懸鈎子	<i>Rubus cardotii</i>		台灣特有種
Rubiaceae	薄葉雞屎樹	<i>Lasianthus microstachys</i>		台灣特有種
Sapindaceae	台灣欒樹	<i>Koelreuteria henryi</i>		台灣特有種
Saxifragaceae	台灣溲疏	<i>Deutzia taiwanensis</i>		台灣特有種
Saxifragaceae	小花鼠刺	<i>Itea parviflora</i>		台灣特有種
Scrophulariaceae	佛氏通泉草	<i>Mazus fauriei</i>		台灣特有種
Smilacaceae	早田氏菝契	<i>Smilax hayatae</i>		台灣特有種
Staphyleaceae	山香圓	<i>Turpinia formosana</i>		台灣特有種
Styracaceae	烏皮九芎	<i>Styrax formosana</i>		台灣特有種
Symplocaceae	薄葉灰木	<i>Symplocos eriostroma</i>		台灣特有種
Symplocaceae	擬日本灰木	<i>Symplocos migoi</i>		台灣特有種
Symplocaceae	小葉白筆	<i>Symplocos modesta</i>		台灣特有種
Symplocaceae	玉山灰木	<i>Symplocos morrisonicola</i>		台灣特有種
Theaceae	台灣楊桐	<i>Adinandra formosana</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Theaceae	細葉山茶	<i>Camellia tenuiflora</i>		台灣特有種
Theaceae	森氏紅淡比	<i>Cleyera japonica</i> var. <i>morii</i>		台灣特有種
Theaceae	假柃木	<i>Eurya crenatifolia</i>		台灣特有種
Theaceae	烏皮茶	<i>Pyrenaria shinkoensis</i>		台灣特有種
Ulmaceae	石朴	<i>Celtis formosana</i>		台灣特有種
Urticaceae	細尾冷水麻	<i>Pilea matsudai</i>		台灣特有種
Verbenaceae	巒大紫珠	<i>Callicarpa randaiensis</i>		台灣特有種
Verbenaceae	銳葉紫珠	<i>Callicarpa tikusikensis</i>		台灣特有種
Violaceae	台灣堇菜	<i>Viola formosana</i>		台灣特有種
Vitaceae	台灣崖爬藤	<i>Tetrastigma umbellatum</i>		台灣特有種
Zingiberaceae	烏來月桃	<i>Alpinia uraiensis</i>		台灣特有種

九、惠蓀-瑞岩地區（溪谷型）

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Ranunculaceae	毛果鐵線蓮	<i>Clematis uncinata</i> var. <i>okinawensis</i>	CR	
Urticaceae	多溝樓梯草	<i>Elatostema multicanaliculatum</i>	CR	台灣特有種
Rutaceae	刺花椒	<i>Zanthoxylum simulans</i>	EN	
Capparaceae	銳葉山柑	<i>Capparis acutifolia</i>	VU	
Capparaceae	多花山柑	<i>Capparis floribunda</i>	VU	
Cupressaceae	台灣肖楠	<i>Calocedrus macrolepis</i> var. <i>formosana</i>	VU	
Leguminosae	台灣紅豆樹	<i>Ormosia formosana</i>	VU	台灣特有種
Liliaceae	萬年青	<i>Campylandra chinensis</i>	VU	
Moraceae	楮樹	<i>Broussonetia kaempferi</i>	VU	
Orchidaceae	雙葉羊耳蒜	<i>Liparis auriculata</i>	VU	
Podocarpaceae	叢花百日青	<i>Podocarpus fasciculus</i>	VU	
Rubiaceae	毛玉葉金花	<i>Mussaenda pubescens</i>	VU	
Saxifragaceae	心基葉溲疏	<i>Deutzia cordatula</i>	VU	台灣特有種
Symplocaceae	大葉灰木	<i>Symplocos grandis</i>	VU	
Urticaceae	銳齒樓梯草	<i>Elatostema acuteserratum</i>	VU	台灣特有種
Urticaceae	微粗毛樓梯草	<i>Elatostema strigillosum</i>	VU	台灣特有種
Aceraceae	樟葉槭	<i>Acer albopurpurascens</i>		台灣特有種
Aceraceae	尖葉槭	<i>Acer kawakamii</i>		台灣特有種
Aceraceae	台灣紅榨槭	<i>Acer morrisonense</i>		台灣特有種
Aceraceae	台灣掌葉槭	<i>Acer palmatum</i> var. <i>pubescens</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Aceraceae	青楓	<i>Acer serrulatum</i>		台灣特有種
Apocynaceae	大錦蘭	<i>Anodendron benthamiana</i>		台灣特有種
Aquifoliaceae	早田氏冬青	<i>Ilex hayataiana</i>		台灣特有種
Aquifoliaceae	忍冬葉冬青	<i>Ilex lonicerifolia</i>		台灣特有種
Araceae	蓬萊天南星	<i>Arisaema taiwanense</i>		台灣特有種
Athyriaceae	擬德氏雙蓋蕨	<i>Diplazium pseudodoederleinii</i>		台灣特有種
Betulaceae	阿里山千金榆	<i>Carpinus kawakamii</i>		台灣特有種
Caprifoliaceae	台東莢迷	<i>Viburnum taitoense</i>		台灣特有種
Compositae	台灣馬蘭	<i>Aster taiwanensis</i>		台灣特有種
Convolvulaceae	台灣菟絲子	<i>Cuscuta japonica</i> var. <i>formosana</i>		台灣特有種
Dennstaedtiaceae	毛果鱗蓋蕨	<i>Microlepia trichocarpa</i>		台灣特有種
Dryopteridaceae	尖葉耳蕨	<i>Polystichum parvipinnulum</i>		台灣特有種
Elaeagnaceae	鄧氏胡頹子	<i>Elaeagnus thunbergii</i>		台灣特有種
Elaeocarpaceae	猴歡喜	<i>Sloanea formosana</i>		台灣特有種
Ericaceae	南澳杜鵑	<i>Rhododendron breviperulatum</i>		台灣特有種
Ericaceae	台灣杜鵑	<i>Rhododendron formosanum</i>		台灣特有種
Ericaceae	金毛杜鵑	<i>Rhododendron oldhamii</i>		台灣特有種
Ericaceae	巒大越橘	<i>Vaccinium randaiense</i>		台灣特有種
Fagaceae	狹葉櫟	<i>Cyclobalanopsis stenophylloides</i>		台灣特有種
Fagaceae	三斗石櫟	<i>Pasania hancei</i> var. <i>ternaticupula</i>		台灣特有種
Fagaceae	油葉石櫟	<i>Pasania konishii</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Gramineae	八芝蘭竹	<i>Bambusa pachinensis</i>		台灣特有種
Gramineae	包箨箭竹	<i>Pseudosasa usawai</i>		台灣特有種
Illiciaceae	台灣八角	<i>Illicium arborescens</i>		台灣特有種
Iridaceae	台灣鳶尾	<i>Iris formosana</i>		台灣特有種
Lauraceae	台灣肉桂	<i>Cinnamomum insulari-montanum</i>		台灣特有種
Lauraceae	土肉桂	<i>Cinnamomum osmophloeum</i>		台灣特有種
Lauraceae	小梗木薑子	<i>Litsea hypophaea</i>		台灣特有種
Lauraceae	玉山木薑子	<i>Litsea morrisonensis</i>		台灣特有種
Lauraceae	大葉楠	<i>Machilus japonica</i> var. <i>kusanoi</i>		台灣特有種
Lauraceae	香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>		台灣特有種
Lauraceae	青葉楠	<i>Machilus zuihoensis</i> var. <i>mushaensis</i>		台灣特有種
Lauraceae	高山新木薑子	<i>Neolitsea acuminatissima</i>		台灣特有種
Lauraceae	小芽新木薑子	<i>Neolitsea parvigemma</i>		台灣特有種
Leguminosae	疏花魚藤	<i>Derris laxiflora</i>		台灣特有種
Leguminosae	台灣山黑扁豆	<i>Dumasia villosa</i> ssp. <i>bicolor</i>		台灣特有種
Liliaceae	大武蜘蛛抱蛋	<i>Aspidistra daibuensis</i>		台灣特有種
Liliaceae	台灣寶鐸花	<i>Disporum kawakamii</i>		台灣特有種
Melastomataceae	大野牡丹	<i>Astronia ferruginea</i>		台灣特有種
Melastomataceae	台灣厚距花	<i>Medinilla taiwaniana</i>		台灣特有種
Menispermaceae	土防己	<i>Cyclea gracillima</i>		台灣特有種
Menispermaceae	台灣土防己	<i>Cyclea ochiaiana</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Myrtaceae	台灣赤楠	<i>Syzygium formosanum</i>		台灣特有種
Orchidaceae	台灣金線蓮	<i>Anoetochilus formosanus</i>		台灣特有種
Orchidaceae	鹿角蘭	<i>Ascocentrum pumilum</i>		台灣特有種
Orchidaceae	阿里山根節蘭	<i>Calanthe arisanensis</i>		台灣特有種
Orchidaceae	大蜘蛛蘭	<i>Chiloschista segawai</i>		台灣特有種
Orchidaceae	長穗玉鳳蘭	<i>Habenaria longiracema</i>		台灣特有種
Palmae	黃藤	<i>Calamus quiquesetinervius</i>		台灣特有種
Pinaceae	台灣二葉松	<i>Pinus taiwanensis</i>		台灣特有種
Piperaceae	紅莖椒草	<i>Peperomia sui</i>		台灣特有種
Piperaceae	薄葉風藤	<i>Piper sintenense</i>		台灣特有種
Polygonaceae	台灣何首烏	<i>Polygonum multiflorum</i> var. <i>hypoleucum</i>		台灣特有種
Proteaceae	蓮花池山龍眼	<i>Helicia rengetiensis</i>		台灣特有種
Pteridaceae	長葉鳳尾蕨	<i>Pteris longipinna</i>		台灣特有種
Pteridaceae	紅柄鳳尾蕨	<i>Pteris scabristipes</i>		台灣特有種
Rhamnaceae	桶鈎藤	<i>Rhamnus formosana</i>		台灣特有種
Rhamnaceae	中原氏鼠李	<i>Rhamnus nakaharae</i>		台灣特有種
Rhamnaceae	翼核木	<i>Ventilago elegans</i>		台灣特有種
Rosaceae	山枇杷	<i>Eriobotrya deflexa</i>		台灣特有種
Rosaceae	毛瓣石楠	<i>Photinia serratifolia</i> var. <i>lasiopetala</i>		台灣特有種
Rosaceae	台灣石楠	<i>Pourthiaea lucida</i>		台灣特有種
Rosaceae	阿里山櫻花	<i>Prunus transarisanensis</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Rosaceae	台灣野薔薇	<i>Rosa multiflora</i> var. <i>formosana</i>		台灣特有種
Rubiaceae	無刺伏牛花	<i>Damnacanthus angustifolius</i>		台灣特有種
Rubiaceae	早田氏蛇根草	<i>Ophiorrhiza hayatana</i>		台灣特有種
Rutaceae	山黃皮	<i>Murraya euchrestifolia</i>		台灣特有種
Sabiaceae	紫珠葉泡花	<i>Meliosma callicarpifolia</i>		台灣特有種
Sapindaceae	台灣欒樹	<i>Koelreuteria henryi</i>		台灣特有種
Saxifragaceae	台灣溲疏	<i>Deutzia taiwanensis</i>		台灣特有種
Saxifragaceae	小花鼠刺	<i>Itea parviflora</i>		台灣特有種
Smilacaceae	南投菝契	<i>Smilax nantoensis</i>		台灣特有種
Staphyleaceae	山香圓	<i>Turpinia formosana</i>		台灣特有種
Styracaceae	烏皮九芎	<i>Styrax formosana</i>		台灣特有種
Symplocaceae	擬日本灰木	<i>Symplocos migoi</i>		台灣特有種
Symplocaceae	玉山灰木	<i>Symplocos morrisonicola</i>		台灣特有種
Theaceae	台灣楊桐	<i>Adinandra formosana</i>		台灣特有種
Theaceae	毛柱楊桐	<i>Adinandra lasiostyla</i>		台灣特有種
Theaceae	台灣山茶	<i>Camellia formosensis</i>		台灣特有種
Theaceae	厚葉柃木	<i>Eurya glaberrima</i>		台灣特有種
Theaceae	粗毛柃木	<i>Eurya strigillosa</i>		台灣特有種
Thymelaeaceae	白花瑞香	<i>Daphne kiusiana</i> var. <i>atrocaulis</i>		台灣特有種
Ulmaceae	石朴	<i>Celtis formosana</i>		台灣特有種
Verbenaceae	巒大紫珠	<i>Callicarpa randaiensis</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Violaceae	台灣堇菜	<i>Viola formosana</i>		台灣特有種
Vitaceae	台灣崖爬藤	<i>Tetrastigma umbellatum</i>		台灣特有種

十、知本溪地區（溪谷型）

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Orchidaceae	鵝石斛	<i>Dendrobium crumenatum</i>	CR	
Orchidaceae	閉花八粉蘭	<i>Thelasis pygmaea</i>	EN	
Acanthaceae	早田氏爵床	<i>Justicia procumbens</i> var. <i>hayatae</i>	VU	台灣特有種
Acanthaceae	長穗馬藍	<i>Strobilanthes longespicus</i>		台灣特有種
Aceraceae	樟葉槭	<i>Acer albopurpurascens</i>		台灣特有種
Compositae	台灣假黃鵪菜	<i>Crepidiastrum taiwanianum</i>		台灣特有種
Euphorbiaceae	交力坪鐵色	<i>Drypetes karapinensis</i>		台灣特有種
Fagaceae	大葉石櫟	<i>Pasania kawakamii</i>		台灣特有種
Guttiferae	台灣金絲桃	<i>Hypericum formosanum</i>		台灣特有種
Lauraceae	土肉桂	<i>Cinnamomum osmophloeum</i>		台灣特有種
Lauraceae	小梗木薑子	<i>Litsea hypophaea</i>		台灣特有種
Lauraceae	大葉楠	<i>Machilus japonica</i> var. <i>kusanoi</i>		台灣特有種
Liliaceae	台灣蜘蛛抱蛋	<i>Aspidistra elatior</i> var. <i>attenuata</i>		台灣特有種
Liliaceae	山油點草	<i>Tricyrtis formosana</i> var. <i>stolonifera</i>		台灣特有種
Myrtaceae	台灣赤楠	<i>Syzygium formosanum</i>		台灣特有種
Palmae	黃藤	<i>Calamus quiquesetinervius</i>		台灣特有種
Rhamnaceae	翼核木	<i>Ventilago elegans</i>		台灣特有種
Sapindaceae	台灣欒樹	<i>Koelreuteria henryi</i>		台灣特有種
Saxifragaceae	小花鼠刺	<i>Itea parviflora</i>		台灣特有種
Styracaceae	烏皮九芎	<i>Styrax formosana</i>		台灣特有種

科名	中文名	學名	受威脅等級	備註
Theaceae	港口木荷	<i>Schima superba</i> var. <i>kankaoensis</i>		台灣特有種

第三章 以大白山至大南澳嶺與雙溪、頭城山區為例

摘要

在先期的研究報告指出宜蘭縣的大白山至大南澳嶺地區為臺灣14個間冰期避難所之一，而前人的報告中也顯示本區的台灣水青岡所面臨的危害度(暴露度)較銅山與插天山高，且族群的脆弱度也比銅山與插天山高，由此可知本區森林受氣候變遷影響的程度更勝於別區，需要盡快完成調查、研究並提出相對應的策略。

目前在大白山至大南澳嶺地區植物資源的調查上已完成104個樣區，共記錄到植物126科346屬618種。特有種植物123種、外來種12種、稀有種21種。將所記錄到的樣區和植物進行分析，結果可分成六個群團、八個群叢和一個次生林林相。

大白山至大南澳嶺地區可以優先進行研究行動的物種初步選擇以台灣水青岡為適應性規劃的保育標的物，先進行保育研究的流程與行動策略，大白山與蘭炭山的水青岡族群依分布範圍可用地形與群聚位置分為五個分區，在這五個分區的台灣水青岡從過去到目前的變化並與銅山地區比對，進行簡易的評估，再配合遺傳多樣性的研究資料，可以更清楚瞭解這地區的族群是否應該進行優先的保育行動。建議最優先要採取介入點與經營行動的地區是蘭炭山與大白山西北區的族群，分別為蘭炭山僅存的38株與大白山稜線的131株母樹。

關鍵詞：大白山、大南澳嶺、間冰期避難所、氣候變遷、稀有物種

一、前言

近年來全球氣候變遷造成溫度增加與降雨型態改變，極端氣象事件頻繁，導致生態系遭受衝擊而變得更為脆弱，並影響森林生態系的經營管理 (IPCC, 2007; Joyce *et al.*, 2014)。全世界的科學家、管理者和決策者，均提倡創新手法的發展，以減少氣候變遷對於物種、生態系統和生態功能的影響，需要一個實際的工具可以在這些行動和策略中選擇，為在特定地區的特定物種發展一個量身訂做的管理手法。

以保育標的物為目標的適應性經營架構 (The Adaptation for Conservation Targets, ACT) 在氣候變遷下，對於特定物種、生態系統及生態功能的管理可做為維持自然系統的工具。ACT 架構可以被用在任何層級已發生的正式保育規劃，並考量到多重未來情境 (scenario) 以提出不確定性。ACT 可以具有獨立的規劃功能，也可用以被整合進入現存氣候變遷的決策和策略規劃過程。國際研究認為，保育策略必須依據已知生態系及物種所暴露之風險程度進行擬定，再根據應受保護對象之特性，選擇就地保護、廊道規劃、協助遷徙及遷地保育等不同對策 (Dawson, *et al.*, 2011)。

目前一些報告指出間冰期之避難所的保育在劃定動態的氣候變遷保護區時是非常重要的工作，這種微避難所 (micro refugium) 可能可以保有物種的存續，一些報告指出避難所有些是殘存在一些山頭地區形成堅持點，這些堅持點可能在預測時不易發現，形成隱性的避難所，但在物種的遺傳上卻是非常重要的 (Skov and Svenning, 2004; Rull, 2009; 2010; Stewart *et al.*, 2010; Ashcroft, 2010; Tzedakis *et al.*, 2013; Kimura *et al.*, 2014; Hannah *et al.*, 2014; Keppel and Wardell-Johnson, 2015)。而最新的研究方法是結合粗濾網 (生態系尺度) 和細濾網 (物種尺度) 兩種尺度進行保育，例如優先選定較可能受危害的避難所物種進行生態尺度的保存，在針對對棲地環境有特殊需求的易滅絕物種採細濾網的方式保育 (Tingley *et al.*, 2014)。

本研究依據已知之長期氣候變遷殘存地點，特別以大白山至大南澳嶺地區及頭城、雙溪山區為例，依據生態系及物種之保育急迫性，提出可能的保育對策及具體作法，同時配合台灣植物紅皮書初評名錄所列之受威脅物種 (CR、EN、VU) 及受到氣候暖化影響殘存於低海拔山頭且無遷徙廊道之物種，進行生態特性及分布現狀之整理，並規劃監測調查機制，透過長期資料累積，瞭解這兩個殘存地點生態系及物種的退化或遷徙情形。

二、前人研究

(一) 保育標的物之適應性經營

全球的科學家、管理者和決策者，均在提倡創新手法的發展，以減少氣候變遷對於物種、生態系統和生態功能的影響（Mitchell *et al.*, 2007; US-GAO 2007; Campbell 2008）。Cross *et al.* (2012) 提出了保育標的物適應性經營的架構。其新穎的貢獻是透過一個簡單的過程，鼓勵多個公共和私人轄區參與，以地方為基礎，對特定物種、生態系統和生態功能的推導之適應行動。ACT架構可以被用在任何層級已發生的正式保育規劃，並考量到多重未來情境（scenario）以提出不確定性，也可以具有獨立的規劃功能，也可用以被整合進入現存氣候變遷的決策和策略規劃過程。

ACT架構設計來激勵多學科小組之參與者，在替地景、海景做科學性辯護規劃和決策用。參與者擁有廣泛或在地專業、或被授權，將會對於在這個過程的管理決策上相當重要。這個架構是簡單的，但架構性的方法為將所有相似的自然資源規劃構築起來（例如地方性知識、概念模型、和適應性經營）（圖1）。

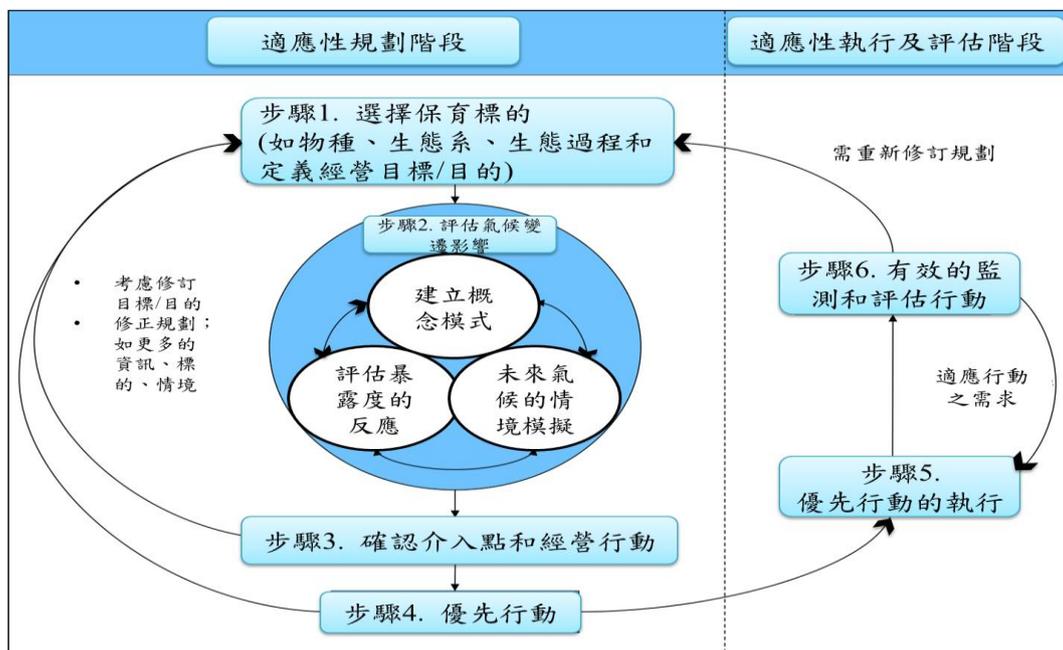


圖 1、保育標的物之適應性經營架構概念圖（譯自 Cross *et al.*, 2012）

ACT步驟可重覆監測、在管理上情境的改變和優先的事項，氣候軌跡(climate trajectories)和生態回應。在整個過程中信息需求的確認(identified)可以得到優先研究議程，但不需避免實施管理行動的進展。儘管這個架構包含了規劃和實行及評估兩個階段，但著重在規劃階段(步驟一到步驟四)。這裡以大黃石公園生態系統為例說明其規畫階段的試驗。

步驟一：確認保育標的物(例如：物種、生態系或生態功能)，並明確說明未來的經營目標。在大黃石生態系的研究樣地的研究重點在黃石河上游的水流量因子，標的物為維持溪流的水流量條件適合在地的黃石山鱒(*Oncorhynchus clarkii bouvieri*)生存。

步驟二：建構概念模式、發展一套模擬的氣候變遷情境，檢驗功能特徵(feature)對於情境之回應。大黃石生態系的研究樣地若區域氣候變得更暖和更乾，預期積雪會減少，黃石河春季流量和洪水波動的峰值會更早，夏季基流減少、且晚夏的水溫會升高。所以預期增加或減少降水的情境去驅動水流的變化將會負面的影響黃石山鱒(圖2)。

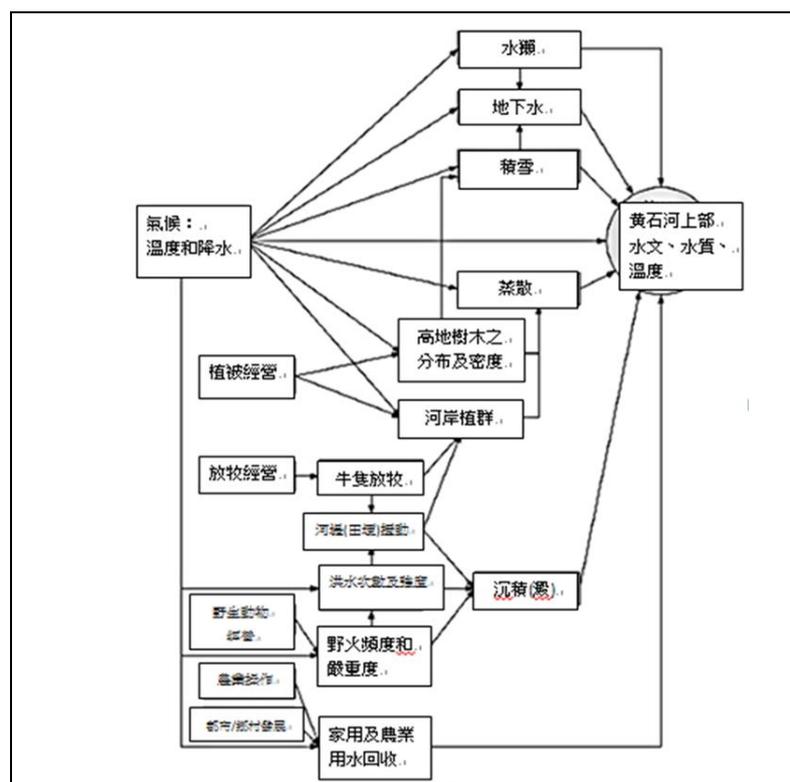


圖 2、建構可能影響黃石河上游水流的氣候及其他驅動因子

步驟三：以概念模式確立經營管理行動，實現每一個情境下陳述的目標。以減少非氣候的壓力因子進入到經營黃石河水流的特定行動，例如減少河岸地區牛隻放牧密度、減少農業及住宅用水。這個步驟的另一個目標為確立該行動在多數或所有情境下是有效的。因為預期（對山鱒的）水流狀況不管是在降水量適度增加或減少都有負面影響，所以識別出的行動也考慮到氣候情境。

步驟四：訂出管理行動之優先順序。在大黃石生態系定性的評估三個為維持黃石河水流的潛在行動之利益和花費：設立雪柵欄、建造攔沙壩和增加水獺出現率及豐富度（圖3）。

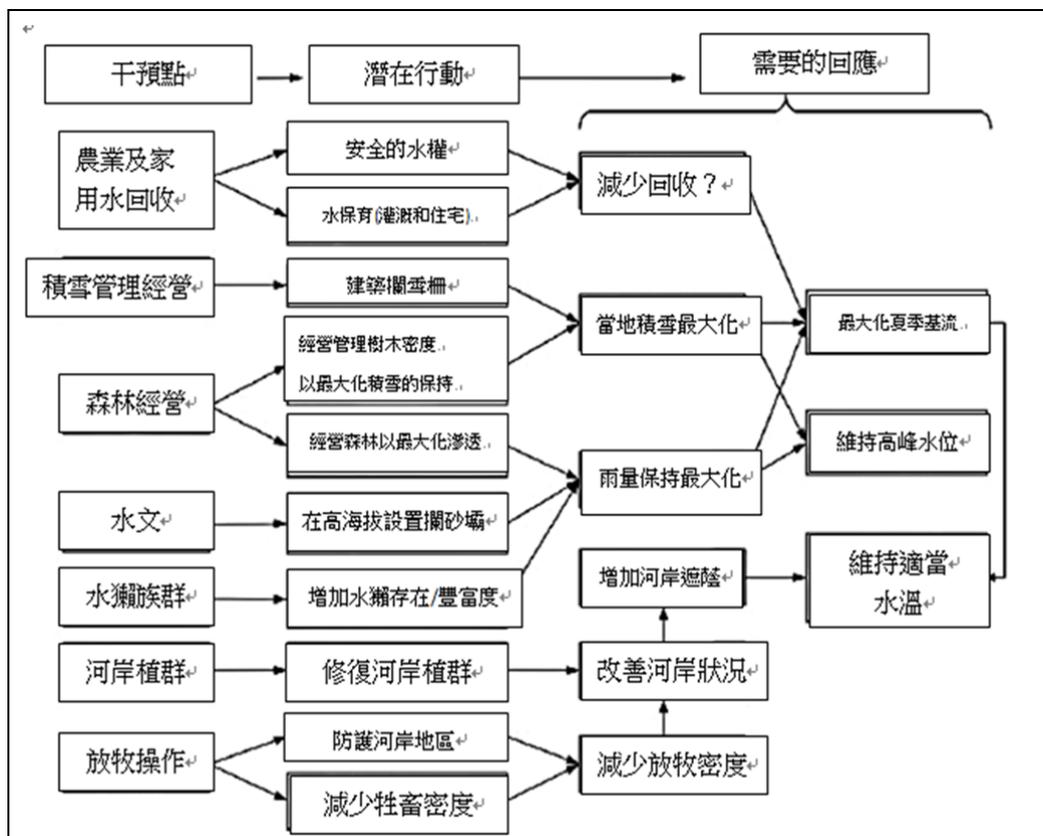


圖 3、建構管理行動之優先順序

步驟五：實行優先順序的管理行動；例如增加水獺出現率及豐富度為保育了當地的生物多樣性，同時花費較少，因此被選為優先的行動。

步驟六：監測行動有效性及目標物之進展，調整無效率的行動或隨需要修正計畫。

ACT的架構考量了氣候變遷下，對於特定物種、生態系統及生態功能（保育

標的物)的管理行動之發展，是基於一個前提：氣候變遷下有效的適應性經營，可依賴「生態系統的地方性知識 (local knowledge)」以及「不一定需要對於氣候變遷或它的影響有鉅細靡遺的預測 (projections)」。藉由將ACT的架構套用於位於大黃石公園生態系統 (Greater Yellowstone Ecosystem; Montana, Wyoming, and Idaho, USA) 的生態功能上—黃石河上游的水流。並建議這個架構是一個實際的工具，無論是對初始的適應性規劃或是逐漸變化且不確定的氣候，在特定的管理干預上進行。

(二) 粗、細篩網的保育

傳統上細濾網和粗濾網的保育策略分別是關注物種和地景，如今為了因應全球氣候變遷，部分專家提出利用細濾網評估物種的脆弱度，並將最脆弱的物種優先保育；粗濾網則可選定未受到氣候變遷影響的關鍵生育地，或是預測在氣候壓力下會產生物種組成變化之避難所進行保存。而最新的研究方法是結合細濾網和粗濾網兩種尺度進行保育，例如優先選定較可能受危害的避難所物種進行大尺度的保存，在針對對棲地環境有特殊需求的易滅絕物種採細濾網的方式保育 (Tingley *et al.*, 2014)。

Tingley等人 (2014) 指出傳統的保育策略目的在於保育生物多樣性，通常分為針對尺度較大連同特定生態系保育或特定的物種保護兩種。其中粗濾網策略注重以最少的資源和成本保育生態系和其中相對重要的物種；細濾網策略則是著眼於個別物種的保護需求。

1. 粗濾網保育策略

粗濾網保育主要是維持完整的生物多樣性因子，故依照氣候、土壤、母岩和地形的交互作用來規劃處理生物多樣性的優先順序。美東17州曾使用地質分類、緯度、海拔區間和石灰岩地形分布4種變量進行預測動植物豐富度 ($R^2=0.94$)，顯示非生物變量可以準確預測大尺度的粗濾網保育模型，可供未來保護區使用非生物變量進行保護區經營管理的空間規劃 (Anderson and Ferree, 2010)。

粗濾網保育中維持棲地之環境因子主要目的是保護該生育地內的關鍵種 (keystone species) 及傘護種 (umbrella species)，藉此穩定生態系中大多數物種族群的穩定。因此在面對氣候變遷下，找出避難所設立保護區，進行環境因子之維護，確認關鍵種及傘護種有一定的族群數量，便足以維持整個生態系穩定。

2. 細濾網保育策略

利用細濾網方法進行保育，第一步是優先考慮哪些物種需要進行保育。由於氣候變遷對物種帶來新的風險，因此保育生物學家需要調整受保育物種的分類等級，包括廣泛使用的國際自然保育聯盟（IUCN）紅皮書。最新的方法是融入氣候變遷，優先對單一物種進行定量的脆弱度評估。在此，脆弱度定義是物種遭受氣候衝擊時對外界反應之敏感性、行為和演化的組成，以應對不斷變化的環境。

在全球近17,000種的調查中有25-50%的鳥類、兩棲動物和珊瑚極易受到氣候變遷威脅（Foden *et al.*, 2013），其原因為對特定或稀有環境的需求亦或是物種間存在特殊的依賴關係。優勢物種中擴散往往是重要特徵，可以讓物種跟隨氣候變化的趨勢以及棲地改變。

經由保育標的生物社會，透過粗濾網可保存全球85-90%的物種多樣性，不可避免地會讓少部分物種造成滅絕風險，但絕大多數的物種可以保留下來，而細濾網保育策略，會被運用在保護粗濾網所遺漏的物種上。從經濟角度來看，單一物種保育管理往往是相當昂貴，而粗濾網是以許多物種為標的物，能較為有效使用有限的資源。

舉例來說，烏干達的布恩迪國家公園屬於大型保育區，可以協助保育獨特的生態系，如非洲艾伯特裂谷（Albertine Rift）的山地森林，但實際上仍有少數物種對於棲地有特殊的要求，如山地大猩猩（*Gorilla beringei ssp. beringei*）可能是通過粗的濾網篩選後，被要求進行單一物種的保護管理（圖4A）。粗濾網為保育的真正的重點，保育粗濾網（森林）才得以保護細濾網（大猩猩），但細濾網可以做為保育評估的指標，因為在一森林生態系中辨認出稀有的大猩猩比較容易，同時也比較好向人們解釋生態保育的重要性。而面對氣候變遷的粗濾網保育策略所能應用的範圍則包含土地資源、氣候變遷時的避難所、物種遷徙或是關鍵棲息地的復育等；生態廊道的建立、生態跳島的保育則屬細濾網保育的策略（圖4B）。

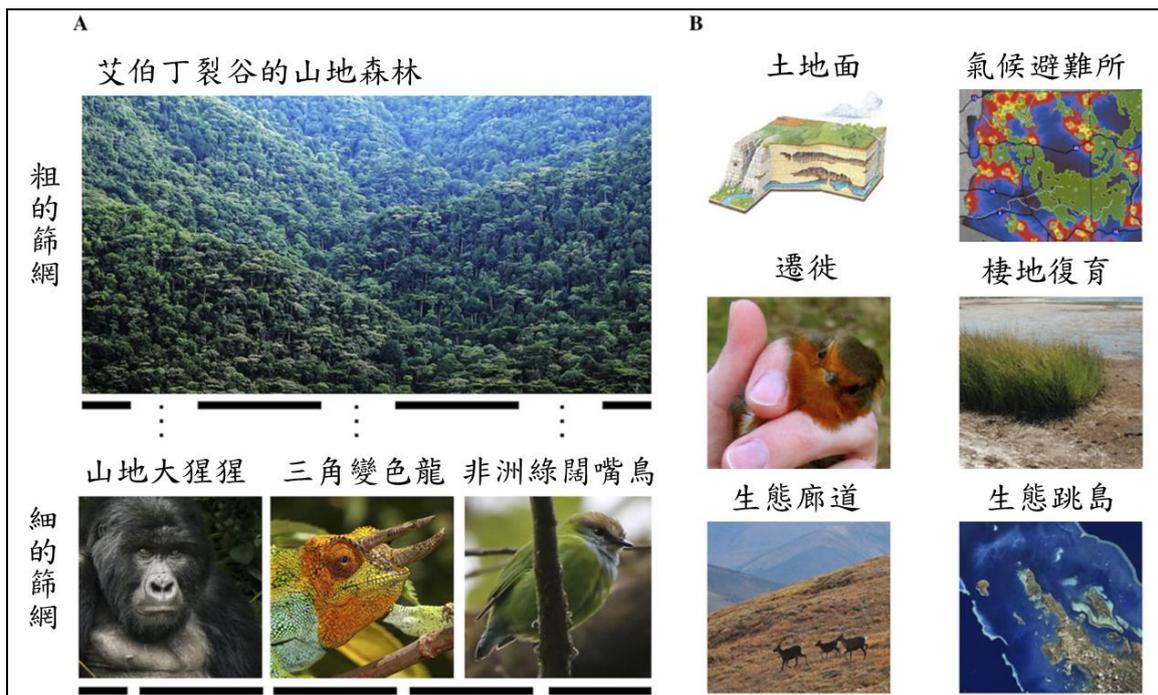


圖 4、氣候變遷上的細濾網和粗濾網保育策略示意圖

(三) 稀有種與特有種的保育評估

共優勢種森林為兩種優勢樹種以上的森林稱之，優勢樹種對於植群環境和樹種組成有明顯的控制作用，通常是個體數量多、覆蓋度高、生物量高及生存能力較強的樹種佔有優勢。對於共優勢種森林其生態系的保育評估比單一優勢種森林需要探討更多的氣候變遷對脆弱度影響的因子，如生態系中物種的豐富度、稀有物種的比例、這些稀有物種或物種的棲地受到衝擊的脆弱程度（棲地脆弱性），依據評估指標估計每個物種的分數，排列每個物種的順序以瞭解共優勢種森林生態系在物種的保育優先順序及瀕危物種保護的行動方針。

以 Kingston (2005) 針對紐西蘭皮特凱恩群島的植群進行稀有與特有物種之維管束植物的保育評估，依據 IUCN 發展的瀕危物種紅色名錄為標準，對每個物種進行評估的指標分級與分數計算（表 1），結果顯示有超過 60% 的本地物種受到威脅，包括當地的特有種，有 20% 為全球均受威脅的物種。依評估結果進行系統性的自然保育、特有物種復育及控制入侵種數量、自然災害預防與人為開發限制等行動方針。評估指標計算出皮特凱恩群島的稀有與特有物種的重要性與受威脅程度，以網格呈現在地景上，可看出應優先進行保育行動的地區之分布（圖 5）。

表 1、評估指標及計算方式（摘自 Kingston, 2005）

指標	族群數量	分布範圍	景觀利用	植株功用	分布位置	易取程度	棲地多樣性	棲地脆弱性	傳播能力
分數	0-6	公式計算	0-1	0-2	0-2	0-1	0-2	0-3	0-2

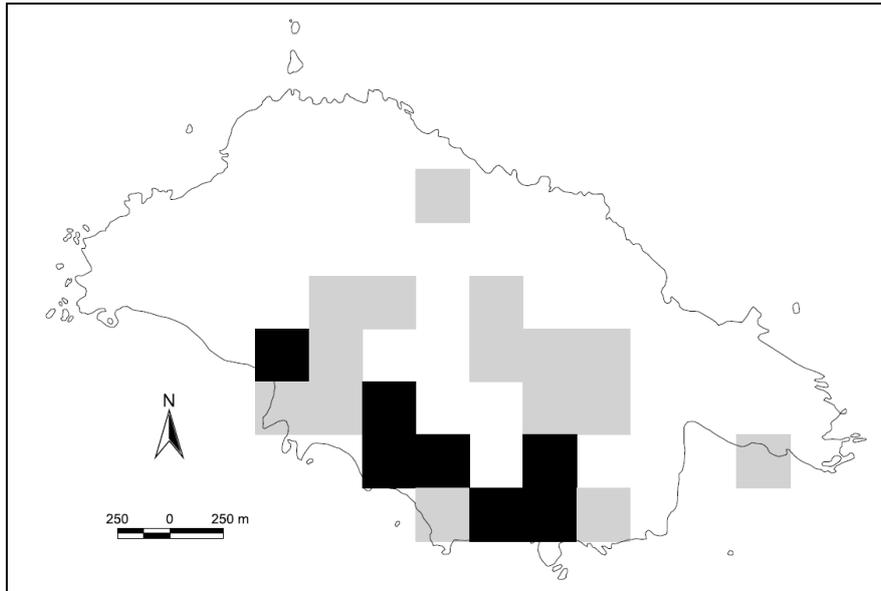


圖 5、紐西蘭皮特凱恩群島的受威脅熱點地區(註:黑色為熱點物種最高區；灰色次之)

(四) 已完成計畫成果

(1) 104年底完成之研究成果摘述如下：

- 1、林務局已於104年完成「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」。在大尺度之維管束植物地理分布研究部分，提出牡丹至南仁山等14處可能為長期氣候變遷下的殘存地點，並依物種密度、地形及水系特徵等因子評估，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，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（林奐宇，2015）（圖6）（林奐宇，2015）。



圖 6、台灣 14 處可能為長期氣候變遷下的殘存地點（林奐宇，2015）

- 2、台灣地區水青岡森林在各地區之長期平均氣候沒有顯著的變動，全球暖化升溫之下，水青岡森林沒有往高海拔或高緯度遷移的現象。氣候變遷造成極端氣候頻率增加與威力加劇，確實會對水青岡森林造成災害，使得水青岡潛在的生育地喪失。
- 3、以地景的尺度探討台灣水青岡森林從過去30年迄今的變化，各地區水青岡森林的災害潛勢分級以崩塌、植被枯亡、上層枯損的災害程度百分比代表受到極端氣候衝擊的影響。崩塌範圍最大的是銅山地區；植被枯亡範圍最大的是阿玉山地區；上層枯損範圍最大的是大白山地區。災害潛勢分級總和的災害程度在大白山、阿玉山與銅山受氣候衝擊影響較大。
- 4、各地區台灣水青岡森林的風險性評估結果以蘭炭山地區屬於非常高風險，是位於較低海拔，其族群數量僅存38棵且分布面積最小，很容易受到極端氣候的影響而迅速消失；阿玉山地區屬於高風險，是位於較低海拔，族群數量不多且更新不佳，氣候變遷持續的影響下很可能在未來會逐漸的衰退；大白山地區屬中等風險，其族群數量雖然不少，但是在山頭呈現群聚分布而在稜線與邊坡呈現零星分布，加上有礦場在附近開發的威脅，受到的干擾程度頻繁而需要更加的關注，需要定期監測調查；其他地區的族群數量較多，分布面積範圍較大，族群狀態較為穩定，較能抵抗氣候變遷的衝擊。

- 5、各地區水青岡森林若以物種避難所來探討，銅山、插天山像是大尺度的避難所（macro refugium），保存數量眾多的水青岡族群，未來對於族群的消長可以大範圍的模擬預測；鳥嘴山、大白山像是微避難所（micro refugium），族群面積不大，但能維持一定的族群數量，可使用航照圖來判識森林族群的消長；蘭炭山、阿玉山較像隱蔽的避難所（cryptic refugium），族群數量稀少且更新不佳，需要現地調查才能瞭解其族群的狀況。
- 6、各地區水青岡森林受到暴露度與脆弱度衝擊下分布於四個象限（圖7），氣候變遷的影響可視為暴露度，水青岡森林族群的動態可視為脆弱度。蘭炭山、阿玉山與大白山位於暴露度高、脆弱度高的象限；鳥嘴山位於暴露度低、脆弱度高的象限；銅山與插天山位於暴露度低、脆弱度低的象限，各地區水青岡森林可根據四個象限進行不同類型的保育措施。

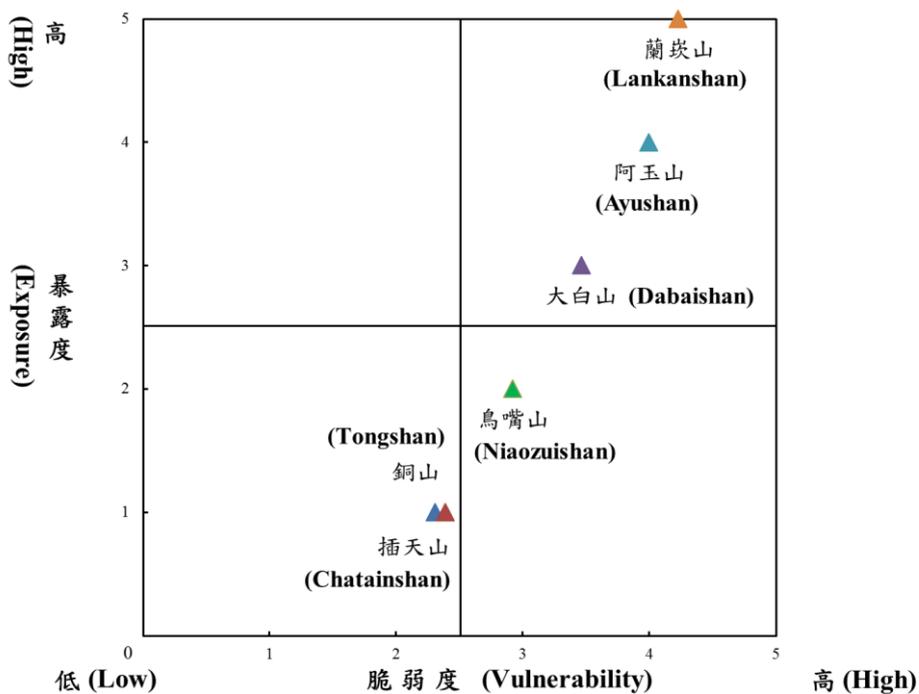


圖 7、氣候變遷下各地區台灣水青岡森林之衝擊程度(陳子英等 2015)

三、材料及方法

(一) 研究地區概述

以林務局104年完成的「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」計畫成果所提14處可能殘存地點中，選擇大白山至大南澳嶺及頭城山區二地區，配合台灣植物紅皮書初評名錄所列之受威脅物種（CR、EN、VU）及受到氣候暖化影響殘存於低海拔山頭且無遷徙廊道之物種，進行植群生態特性及分布現狀之整理。並特別以上述二地區植群為案例，配合植群計畫成果資料，瞭解前述應關注物種之現生環境特性與伴生物種，進一步評估其可能受衝擊之程度，並依物種及地區特性研提適宜之保育對策與具體作法。

1、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，海拔約100-1,000 m，以桑科和樟科植物為主的低海拔森林，由於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。另一應關注之地點為蘇澳南方西帽山至大白山山區，此地平均拔約1,000-1,300 m，森林相以樟科與殼斗科為優勢，同時此區為蘇澳及南澳多條河川源頭地區（圖8）。

本區大致為於東北季風之要衝，從海面上帶來大量水氣，故氣候上屬冬季多雨的東北氣候區，年均溫為22.6 °C，年均降雨量為4,439.8 mm（蘇鴻傑，1992）（圖9）。

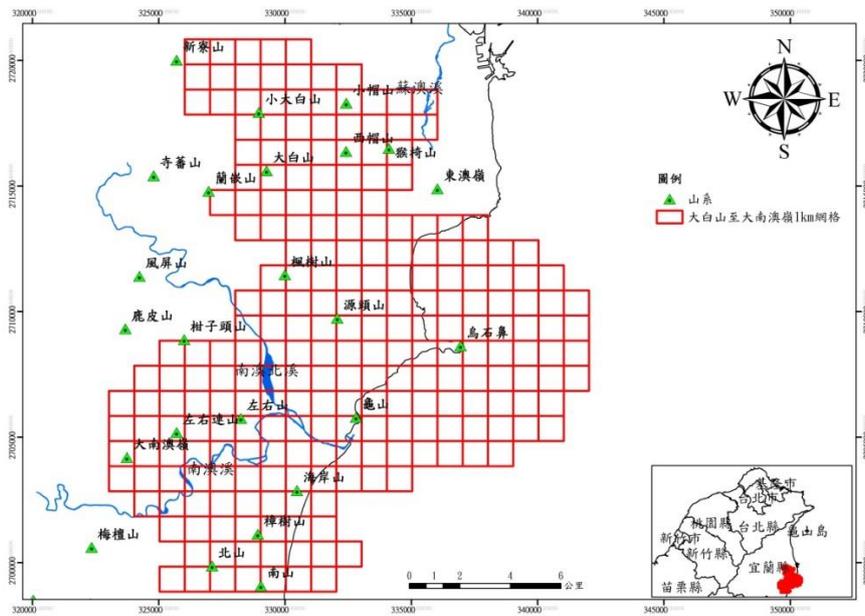


圖 8、大白山至大南澳嶺 1km 網格

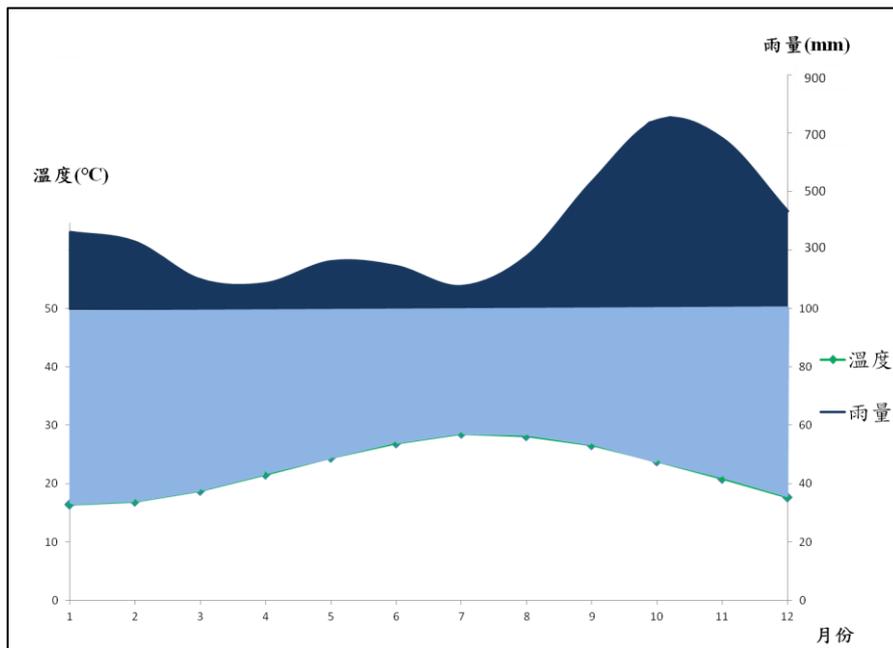


圖 9、大白山至大南澳嶺地區生態氣候圖

註：深色為特溼期，淺色為潮濕期

2、頭城山區

本區包含坪林至頭城間之山區，有許多海拔800-1,000 m之低矮山頭，區域內最高點為宜蘭頭城交界之鶯子嶺山，海拔僅1,000 m，顯示物種退卻空間極為有限（圖10）。本區為低海拔環境使植物以樟科為主，配合強勁的東北風盛行，在稜線等風衝環境也常見到茶科植物分布，且呈風衝林林相。

相較於大白山至大南澳嶺地區，本區秋冬兩季同樣面迎東北季風，屬於冬雨偏多的東北氣候區，年均溫為22.5 ℃，但是整體雨量較少，約只有大白山至大南澳嶺地區整體雨量的一半為2837.7 mm（圖11）。

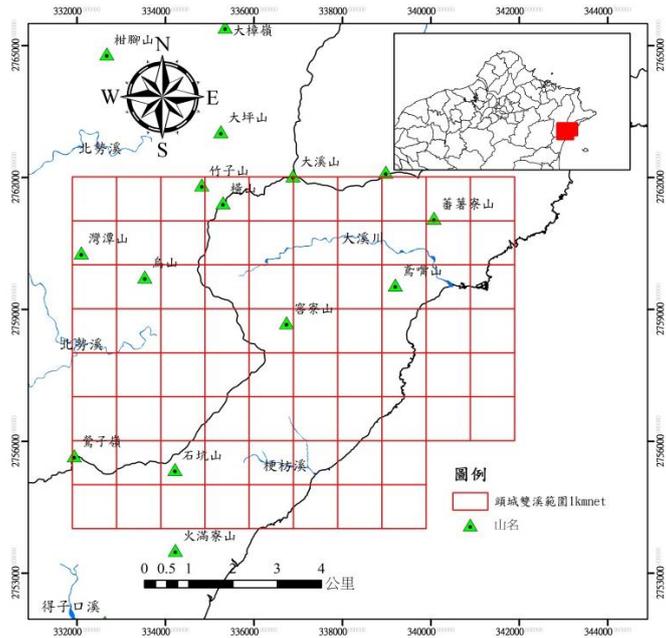


圖 10、坪林至頭城山區 1km 網格

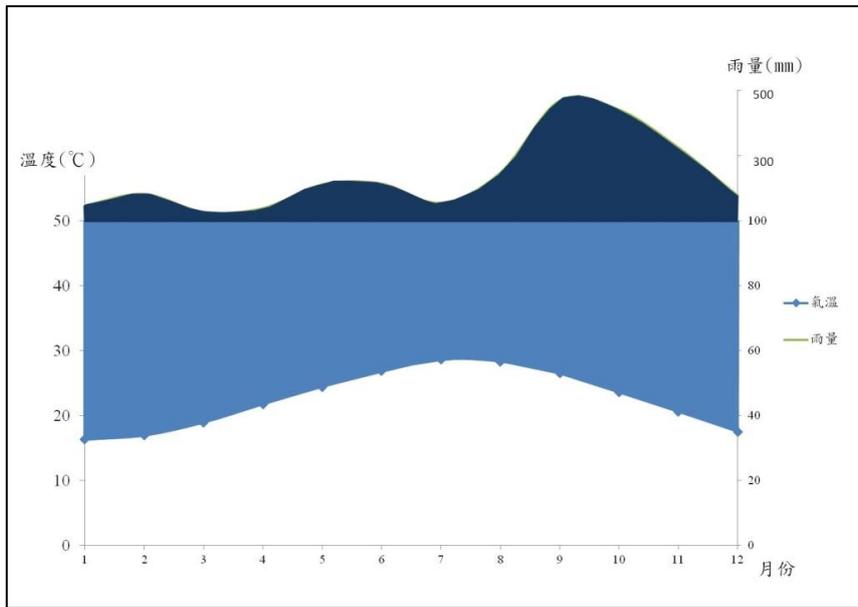


圖 11、坪林至頭城山區生態氣候圖

註：深色為特溼期，淺色為潮濕期

(二) 研究地區之植物與植群調查

氣候變遷下所需保育的稀有種如同細的濾網，植群可以反映當地生態，因此本研究以植相的群叢和最高單元-群團來做為生態單元，也就是粗濾網的單元，並將每個群叢出現的稀有物種視為有潛力在該單元中出現，由於群叢不容易在一個地區進行繪製，如此可使用調查所得的生態單元-群團進行繪製，細濾網(稀有物種)可能出現的區域就比較能夠經由繪製的植群圖顯現其出現的位置、範圍及面積大小，同時也可與環境因子相結合，方便作為氣候變遷的情境模擬(Molloy *et al.*, 2016)。由於本區的水青岡森林優勢種仍以水青岡為主，水青岡屬於落葉闊葉樹，因此詳細的植群圖可以做為未來地景監測的良好因子，並方便大暴雨或颱風等極端氣候衝擊後的迅速監測，並可由這些監測的資訊作為模式的選擇的考量，或去修改或弭補情境模擬上的不足；由於氣候變遷的情境模擬對於極端氣候衝擊的反應是無法做良好的預測，而台灣又位於大暴雨或颱風好發的地區，由前期的研究也顯示蘭崁山、大白山或銅山 30 年來都有受到颱風侵擾，尤其大白山的西北稜線近來所受的干擾極為嚴重。因此本調查尚在會到現地從新作植相與植群調查，同時繪製群團層級的植群圖，供進一步的氣候變遷的情境模擬做使用，以了解粗濾網(植群)未來遷移的方向、減少的面積和區域，同時進行詳盡的監測，以擬定相關的對應策略。

1、樣區設置

本研究設置的樣區分布在大白山至大南澳嶺及頭城山區一帶，調查主要沿著稜線或溪谷進行蒐集資料並確認調查的範圍，在此範圍中尋找不同植群型並選取均質樣區進行調查。以多樣區法(Multiple plot method)進行取樣，每個樣區以相距100 m以上為原則，木本樣區大小為400 m²，為方便調查可為四個10 m × 10 m的小區，樣區會配合實際地形及植群並做形狀上的調整，可為20 m × 20 m或是10 m × 40 m。

記錄木本樣區中的木本植物和草本植物，每株木本植物胸高直徑(diameter breast height, DBH)大於1 cm者記錄其樹種名稱和樹高1.3 m處胸高直徑(cm)；遇植株1.3 m以下有分叉之樹時，將分叉視為另一個體，並紀錄上述資料，若樹高未達1.3 m則視為草本植物，草本植物記錄植物種類及其在樣區中的覆蓋度。

另外，針對裸露地、崩塌地等無木本植物且具有特殊草本植群型之地區劃設草本樣區，草本樣區為5 m × 5 m之正方形樣區，面積為25 m²。由於無木本植物，

故僅記錄樣區內草本植物種類與其在樣區中的覆蓋度。目前在本階段研究共計有104個樣區，部分樣區位於網格範圍之外，不過因距離靠近，植群型差異不大，故也一併計入調查結果和分析（圖12）。

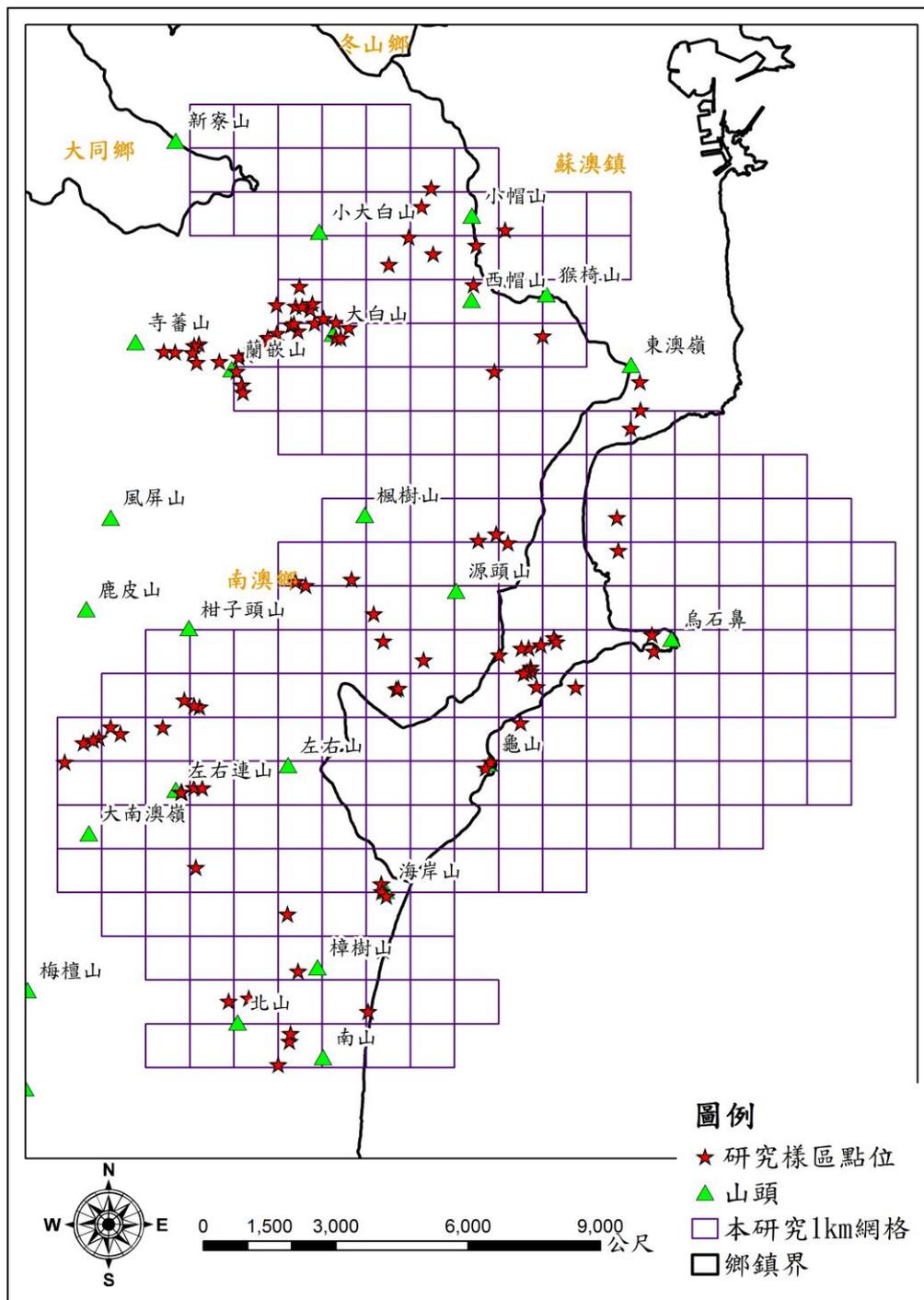


圖 12、研究地區的樣區設置點位

2、環境因子調查

- (1) 海拔高度 (altitude)：以GPS定位取得，可評估該生育地之平均氣溫。
- (2) 坡度 (slope)：以傾斜儀測量出生育地地面之傾斜度，以角度表示之。坡度會影響土壤發育，且排水性與含水量均與坡度有關。
- (3) 方位 (aspect)：以指北針測量坡向與北方夾角之讀值為方位角。不同坡向會影響日照程度、濕度及土壤水分。
- (4) 地形位置 (topographic position)：指生育地位置與當地地形之相對關係，可依序分為：溪谷、下坡、中坡、上坡、稜線。
- (5) 全天光空域 (whole light sky space, WLS)：以傾斜儀及指北針測量周圍邊界方位角及高角度後以製圖方式求出未受遮蔽之空域大小，以百分比表示。
- (6) 直射光空域 (direct light sky space, DLS)：表示空中夏至到冬至太陽軌跡未受遮蔽空域之大小，以百分比表示。
- (7) 含石率 (stone)：記錄樣區中石礫在30 cm以下之覆蓋度，可評估土壤化育的程度，以百分比表示土壤中的石頭含量。
- (8) 岩石率 (rock)：記錄樣區中石礫、岩盤大於30 cm之覆蓋度，可評估土壤化育的程度，以百分比表示該生育地岩盤相對於該樣區地表面積之比例。
- (9) 地表裸露度 (ground uncovered rate)：樣區總面積扣除地被層覆蓋面積後之地表空隙面積所佔的百分比。

3、蒐集文獻與調查資料彙整

蒐集研究地區相關圖資與資料，整理歷年來植群型相關研究報告，並與前人文獻調查的資料、國家植群多樣性調查計畫的資料彙整。採用的介量是將原始資料轉換為重要值指數 (IVI, Important value index)，經由八分級制轉換為9級，再以轉換後的矩陣資料進行分析。目前設置的104個樣區中，合計618種植物進行表列呈現 (附錄一)。

4、統計分析

將本次及前人樣區資料以Microsoft Office Excel 2007建檔，利用PC-ORD 5.0套裝軟體進行分布序列法(Ordination)與分類法(Classification)二種分析方法，分布序列法採用降趨對應分析(Detrended Correspondence Analysis, DCA)，並依照TWINSPAN及DCA之結果區分大白山至大南澳嶺的植群型(蘇鴻傑，1987)。木本樣區與草本樣區分別分析，木本樣區將木本植物株數和胸高斷面積作為重要值指數(Importance value index, IVI)進行分析；草本植物則將覆蓋度作為重要值指數進行分析。

(三) 研究地區之植群圖繪製

植群圖在繪製時，一般製圖程序是最常被使用於研究且在應用上也是最廣泛的方式。一般製圖程序的製圖步驟可以歸納成三個重點，分別是(1)植群調查資料、(2)植群分類系統建立及(3)圖層影像判識等三個部分(田連恕，1993; 宋永昌，2001; The Nature Conservancy, 1994; California Department of Parks and Recreation, 2002)。本研究依上述三部分的規劃如下：

1. 進行植群之野外調查，結合地面樣區之資料來取得足夠的資訊，以對於研究地區之植群型進行鑑定與描述，並提供影像判識所需之資訊。
2. 分析樣區資料並建立研究地區之植群分類系統，以便於野外快速識別出植群類型，提高植群圖之精確性。
3. 野外調繪點(observer point)之調繪：完成室內植群圖初繪及野外勘查的作業後，即可開始進行野外調繪點收集的工作。野外調繪點利用航照圖、植群樣區和野外調繪點來進行植群區塊之判識，將研究地區之植群邊界劃分出來，並於野外進行植群之確認與判識，並給予正確之屬性與邊界之修正。

(四) 稀有種與特有種保育評估方法

本調查並針對稀有種分布地點，依植株的出現與否依比例繪製出稀有種分布網格，未來可對稀有種族群的監測與控制進行保育行動之策略。以地理資訊系統

軟體 ArcGIS 9.0 將研究地區劃設出 1 km × 1 km 之網格，從野外植群調查資料計算稀有種出現在各網格之數量，以不同顏色表示後套疊至本研究地區之範圍，以顯示稀有種在地景空間上之分布狀況。

特有種是參考 Flora of Taiwan(2ed)第 6 版的植物名錄(Huang *et al.*, 2003)；稀有種的定義跟據 2013 年版的臺灣維管束植物紅皮書初評名錄(王震哲等, 2012)所列之受威脅物種 (CR、EN、VU)，進行植群生態特性及分布現狀之整理。台灣水青岡雖在紅皮書中屬安全 (LC) 等級，不過仍是《文化資產保存法》公告中的珍貴稀有植物；另外依照《開發行為環境影響評估作業準則》所列稀特有植物分級之依據共有 4 級予以註記。

(五) 適應性經營之研究流程

ACT 的架構可協助一開始的規劃，在沒有新模式或研究的情況下可以較早整合標準程序，使用以專家為基礎的相對定性資訊，可簡化經營規劃之過程。本研究針對適應性經營的架構，研擬適合保育標的物的研究流程並修改，依據步驟一從選擇保育標的物開始進行適應性規劃階段的流程，步驟二評估氣候變遷的影響，透過以保育標的物過去的暴露度與未來的情境模擬，了解物種在地景、生態系與族群尺度下的現生情況，以步驟三確認介入點和經營行動是否要針對目標進行步驟四的優先行動策略、訂定保育方針，接續進入到適應性執行及評估階段步驟五，實施保育策略後步驟六要有效的監測和評估行動是否需要修改，在執行方面有無任何需求，若執行後無法達到保育的目標則需要重新再做修訂 (圖 13)。

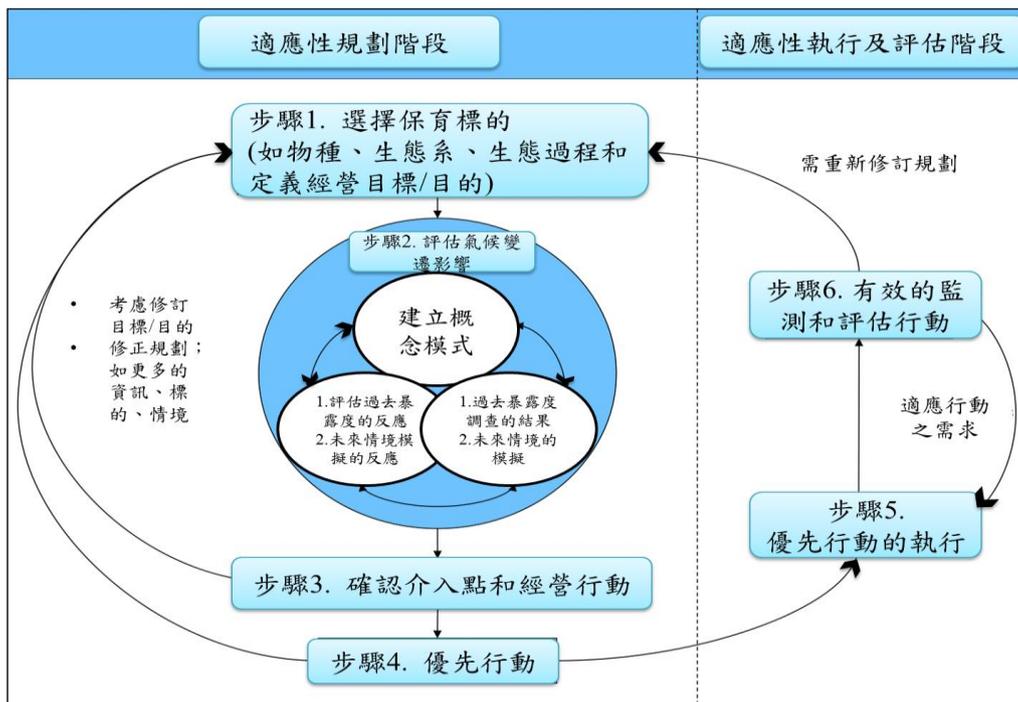


圖 13、保育標的物之適應性經營架構 (修改自 Cross *et al.*, 2012)

四、結果與討論

(一) 植物資源

1、植物資源統計

調查至今的104個樣區中，已記錄植物126科346屬618種，蕨類植物30科67屬134種，裸子植物2科2屬3種，雙子葉植物82科222屬375種，單子葉植物12科55屬107種；特有種123種，原生種183種，外來種12種，稀有種21種 (表2)。

表 2、大白山至大南澳嶺地區之調查植物資源

群類	蕨類植物	裸子植物	單子葉植物	雙子葉植物	合計
科	30	2	82	12	126
屬	67	2	222	55	346
種	134	3	375	107	618
特有	5	1	92	25	123
原生	129	2	272	81	483
歸化	0	0	10	1	11
栽培	0	0	1	0	1
稀有	3	2	11	5	21
喬木	4	3	170	0	177
灌木	0	0	91	3	94
藤本	0	0	63	18	81
草本	130	0	47	84	261

2、特有種植物

目前記錄 123 種特有種植物，蕨類植物 5 種，裸子植物 1 種，雙子葉植物 92 種，單子葉植物 25 種（表 3）。

表 3、大白山至大南澳嶺地區之特有植物列表

分類	科名	物種中文名	學名	
蕨類植物	蹄蓋蕨科	擬德氏雙蓋蕨	<i>Diplazium pseudodoederleinii</i>	
	碗蕨科	克氏鱗蓋蕨	<i>Microlepia krameri</i>	
	鱗毛蕨科	尖葉耳蕨	<i>Polystichum parvipinnulum</i>	
	水龍骨科	擬笈瓦葎	<i>Lepisorus monilisorus</i>	
	鳳尾蕨科	紅柄鳳尾蕨	<i>Pteris scabristipes</i>	
裸子植物	粗榧科	台灣粗榧	<i>Cephalotaxus wilsoniana</i>	
雙子葉植物	爵床科	蘭崁馬藍	<i>Strobilanthes rankanensis</i>	
	楓樹科	青楓	<i>Acer serrulatum</i>	
	獼猴桃科	台灣羊桃	<i>Actinidia chinensis</i> var. <i>setosa</i>	
	夾竹桃科	大錦蘭	<i>Anodendron benthamiana</i>	
	冬青科	早田氏冬青	<i>Ilex hayataiana</i>	
		忍冬葉冬青	<i>Ilex lonicerifolia</i>	
		松田氏冬青	<i>Ilex lonicerifolia</i> var. <i>matsudai</i>	
		台灣八角金盤	<i>Fatsia polycarpa</i>	
	五加科	台灣常春藤	<i>Hedera rhombea</i> var. <i>formosana</i>	
		台灣鵝掌柴	<i>Schefflera taiwaniana</i>	
		馬兜鈴科	大花細辛	<i>Asarum macranthum</i>
	蘿藦科	風不動	<i>Dischidia formosana</i>	
		布朗藤	<i>Heterostemma brownii</i>	
		鷓鴣蔓	<i>Tylophora ovata</i>	
		台灣鷓鴣蔓	<i>Tylophora taiwanensis</i>	
		菊科	台灣澤蘭	<i>Eupatorium cannabinum</i> subsp. <i>asiaticum</i>
			田代氏澤蘭	<i>Eupatorium clematideum</i>
	台灣福王草		<i>Notoseris formosana</i>	
	台灣斑鳩菊 (過山龍)		<i>Vernonia gratiosa</i>	
	山柑科	魚木	<i>Crateva adansonii</i> subsp. <i>formosensis</i>	
	石竹科	阿里山繁縷	<i>Stellaria arisanensis</i>	
	衛矛科	佩羅特木	<i>Perrottetia arisanensis</i>	
	榛木科	蘭邯千金榆	<i>Carpinus rankanensis</i>	
	胡頹子科	台灣胡頹子	<i>Elaeagnus formosana</i>	
		鄧氏胡頹子	<i>Elaeagnus thunbergii</i>	
	杜英科	猴歡喜	<i>Sloanea formosana</i>	
	杜鵑花科	台灣吊鐘花	<i>Enkianthus perulatus</i>	
金毛杜鵑		<i>Rhododendron oldhamii</i>		
大戟科	密花五月茶	<i>Antidesma</i>		
		<i>japonicum</i> var. <i>densiflorum</i>		

分類	科名	物種中文名	學名	
雙子葉植物	殼斗科	白校欖	<i>Castanopsis carlesii</i> var. <i>sessilis</i> f. <i>sessilis</i>	
		台灣水青岡	<i>Fagus hayatae</i> subsp. <i>hayatae</i>	
		鬼石櫟	<i>Lithocarpus lepidocarpus</i>	
		細葉三斗石櫟	<i>Lithocarpus hancei</i> fo. <i>subreticulata</i>	
		三斗石櫟	<i>Lithocarpus hancei</i> var. <i>ternaticupula</i>	
		大葉石櫟	<i>Lithocarpus kawakamii</i>	
		油葉石櫟	<i>Lithocarpus konishii</i>	
		龍膽科	台灣肺形草	<i>Tripterospermum taiwanense</i>
			苦苣苔科	角桐草
		石吊蘭		<i>Lysionotus pauciflorus</i>
	金縷梅科 樟科	細葉蚊母樹		<i>Distylium gracile</i>
			台灣肉桂	<i>Cinnamomum insularimontanum</i>
		胡氏肉桂	<i>Cinnamomum macrostemon</i>	
		土肉桂	<i>Cinnamomum osmophloeum</i>	
		內荖子	<i>Lindera akoensis</i>	
		黃肉樹	<i>Litsea hypophaea</i>	
		玉山木薑子	<i>Litsea morrisonensis</i>	
		大葉楠	<i>Machilus japonica</i> var. <i>kusanoi</i>	
		香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>	
		高山新木薑子	<i>Neolitsea acuminatissima</i>	
		小芽新木薑子	<i>Neolitsea parvigemma</i>	
		錦葵科	山芙蓉	<i>Hibiscus taiwanensis</i>
		野牡丹科	小金石榴	<i>Bredia gibba</i>
			金石榴	<i>Bredia oldhamii</i>
	台灣厚距花		<i>Pachycentria formosana</i>	
	紫金牛科	玉山紫金牛	<i>Ardisia cornudentata</i> subsp. <i>morrisonensis</i>	
	木犀科	白雞油	<i>Fraxinus griffithii</i>	
		山素英	<i>Jasminum nervosum</i>	
		小實女貞	<i>Ligustrum microcarpum</i>	
	西番蓮科	假西番蓮	<i>Adenia formosana</i>	
	胡椒科	薄葉風藤	<i>Piper sintenense</i>	
	海桐科	大葉海桐	<i>Pittosporum daphniphylloides</i>	
蓼科	台灣何首烏	<i>Polygonum multiflorum</i> var. <i>hypoleucum</i>		
毛茛科	田村氏鐵線蓮	<i>Clematis tamurae</i>		
鼠李科	桶鈎藤	<i>Rhamnus formosana</i>		
	翼核木	<i>Ventilago elegans</i>		

分類	科名	物種中文名	學名	
雙子葉植物	薔薇科	山枇杷	<i>Eriobotrya deflexa</i>	
		栲葉懸鉤子	<i>Rubus fraxinifoliolus</i>	
	茜草科	大葉密毛雞屎樹	<i>Lasianthus appressihirtus</i> var. <i>maximus</i>	
		薄葉雞屎樹	<i>Lasianthus microstachys</i>	
		毛玉葉金花	<i>Mussaenda pubescens</i>	
	虎耳草科	大枝掛繡球	<i>Hydrangea integrifolia</i>	
		長葉繡球	<i>Hydrangea longifolia</i>	
		小花鼠刺	<i>Itea parviflora</i>	
		圓葉鑽地風	<i>Schizophragma integrifolium</i> var. <i>fauriei</i>	
	五味子科	北五味子	<i>Schisandra arisanensis</i>	
	省沽油科	山香圓	<i>Turpinia formosana</i>	
	安息香科	烏皮九芎	<i>Styrax formosana</i>	
	灰木科	小葉白筆	<i>Symplocos modesta</i>	
	茶科	臺灣楊桐	<i>Adinandra formosana</i>	
		短柱山茶	<i>Camellia brevistyla</i>	
		細葉山茶	<i>Camellia tenuiflora</i>	
		太平紅淡比	<i>Cleyera japonica</i> var. <i>taipinensis</i>	
		假柃木	<i>Eurya crenatifolia</i>	
		厚葉柃木	<i>Eurya glaberrima</i>	
		烏皮茶	<i>Pyrenaria shinkoensis</i>	
		瑞香科	白花瑞香	<i>Daphne kiusiana</i> var. <i>atrocaulis</i>
		榆科	石朴	<i>Celtis formosana</i>
		蕁麻科	細尾冷水麻	<i>Pilea matsudae</i>
	馬鞭草科	銳葉紫珠	<i>Callicarpa tikusikensis</i>	
	堇菜科	喜岩堇菜	<i>Viola adenothrix</i>	
		台灣堇菜	<i>Viola formosana</i>	
	葡萄科	台灣崖爬藤	<i>Tetrastigma umbellatum</i>	
單子葉植物	天南星科	台灣天南星	<i>Arisaema formosana</i>	
	棕櫚科	黃藤	<i>Calamus quiquesetinervius</i>	
莎草科	紅鞘薹	<i>Carex filicina</i>		
	森氏薹	<i>Carex morii</i>		
	臺灣薯蕷	<i>Dioscorea formosana</i>		
薯蕷科	圓錐花薯蕷	<i>Dioscorea kaoi</i>		
	百合科	細葉麥門冬	<i>Liriope minor</i> var. <i>angustissima</i>	
芭蕉科	台灣油點草	<i>Tricyrtis formosana</i>		
	台灣芭蕉	<i>Musa basjoo</i> var. <i>formosana</i>		
	蘭科	紫紋捲瓣蘭	<i>Bulbophyllum melanoglossum</i>	
黃萼捲瓣蘭		<i>Bulbophyllum retusiusculum</i>		

分類	科名	物種中文名	學名
單子葉植物	蘭科	建蘭	<i>Cymbidium ensifolium</i>
		蠟著類蘭	<i>Epigeneium nakaharae</i>
		小唇蘭	<i>Erythrodes blumei</i>
		長葉羊耳蒜	<i>Liparis nakaharae</i>
		黃花羊耳蘭	<i>Liparis sootenzanensis</i>
		鈴木氏雙葉蘭	<i>Listera suzukii</i>
		阿里山莪白蘭	<i>Oberonia arisanensis</i>
		雙囊齒唇蘭	<i>Odontochilus lanceolatus</i>
		烏來石山桃	<i>Pholidota cantonensis</i>
		台灣凡尼蘭	<i>Vanilla albida</i>
	禾本科	包籜矢竹	<i>Arundinaria usawai</i>
	菝葜科	細葉菝葜	<i>Smilax elongato-umbellata</i>
		早田氏菝葜	<i>Smilax hayatae</i>
	薑科	烏來月桃	<i>Alpinia uraiensis</i>

3、稀有種植物

目前調查已記錄稀有物種共計21種，蕨類植物3種，裸子植物2種，雙子葉植物有11種，單子葉植物5種(表4)。另外，台灣水青岡雖在紅皮書中屬安全(LC)等級，不過仍是《文化資產保存法》公告中的珍貴稀有植物，而為標示本研究區稀有物種分布的重要區域，以網格方式呈現各區稀有物種種數的多寡(圖14)。

表 4、大白山至大南澳嶺地區之稀有植物列表

分類	科名	物種中文名	學名	保護等級
蕨類植物	瓶爾小草科	薄葉大陰地蕨	<i>Botrychium daucifolium</i>	NT
	鳳尾蕨科	金粉蕨	<i>Onychium siliculosum</i>	NT
	金星蕨科	密腺小毛蕨	<i>Christella arida</i>	NT
裸子植物	粗榧科	台灣粗榧	<i>Cephalotaxus wilsoniana</i>	VU
	羅漢松科	竹柏	<i>Nageia nagi</i>	EN
雙子葉植物	冬青科	忍冬葉冬青	<i>Ilex lonicerifolia</i>	NT
	五加科	鵝掌藤	<i>Schefflera odorata</i>	VU
	蘿藦科	台灣鷓鴣	<i>Tylophora taiwanensis</i>	NT
	菊科	山菊	<i>Farfugium japonicum</i>	NT
	杜鵑花科	台灣吊鐘花	<i>Enkianthus perulatus</i>	VU
	殼斗科	台灣水青岡	<i>Fagus hayatae</i> subsp. <i>hayatae</i>	文資法
	金縷梅科	細葉蚊母樹	<i>Distylium gracile</i>	VU
	毛茛科	田村氏鐵線蓮	<i>Clematis tamurae</i>	NT
	茜草科	水冬瓜	<i>Sinoadina racemosa</i>	NT
	茶科	日本山茶	<i>Camellia japonica</i>	VU
	馬鞭草科	長葉杜虹花	<i>Callicarpa formosana</i> var. <i>longifolia</i>	VU
單子葉植物	莎草科	森氏薹	<i>Carex morii</i>	VU
	蘭科	台灣金線蓮	<i>Anoetochilus formosanus</i>	NT
		建蘭	<i>Cymbidium ensifolium</i>	NT
		黃花石斛	<i>Dendrobium tosaense</i>	VU
		銀線蓮	<i>Goodyera matsumurana</i>	NT

註：保護級別- EN：瀕臨滅絕；VU：易受害；NT：接近威脅

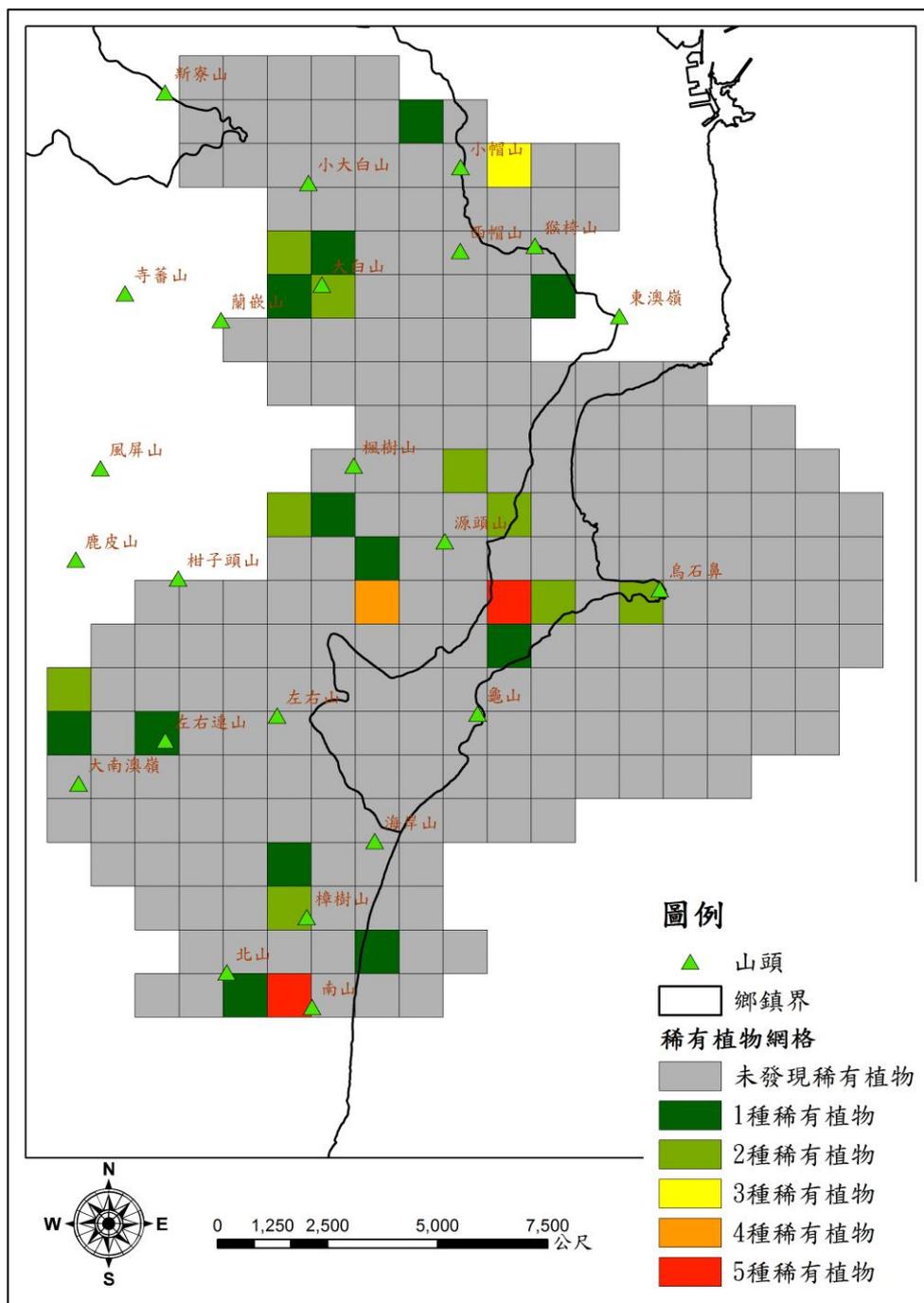


圖 14、大白山至大南澳嶺地區之稀有物種分布網格

(二) 植群分析結果 (粗濾網之生態系尺度)

1、降趨對應分析結果

本研究將完成調查的104個樣區中之222種木本植物進行降趨對應分析(DCA)。

經降趨對應分析計算出三個序列軸，第一軸軸長為6.689，第二軸及第三軸軸長分別為4.917和3.836(表5)，樣區依其特徵值標示於較清楚的平面圖第一、第二軸上(圖15)，同時經由參考雙向列表比較法(TWINSPAN)和列表比較法之結果，可區分為六個群團和八個群叢。

在第一、第二軸平面圖上，可見海拔與第一軸呈顯著正相關性，代表位於第一軸右側之樣區海拔較高，在左側的海拔則較低；地形位置與含石率與第一軸呈顯著負相關，表示在第一軸左側之樣區較接近溪谷地形，同時棲地環境中具有較高的含石率，相對靠近第一軸右側的樣區離稜線較近，含石率也偏低。

整體而言，因研究範圍的區域廣大，海拔由8 m至1,480 m，差異極大，故海拔在第一軸上呈現非常明顯的相關性，而地形上的差異也很明顯，僅次於海拔，顯示不同群團傾向本身喜好的海拔和地形關係很顯著，但這也同時壓縮了坡度、坡向等其他環境因子，使其無法清楚地在平面圖上顯示出來。

表 5、DCA 各軸軸長與環境因子間的相關性

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
軸長	6.689	4.917	3.836
特徵值	0.7150	0.3374	0.2685
海拔	0.907**	0.353**	-0.134
坡度	-0.318**	0.035	0.061
坡向	-0.222*	0.094	0.014
含石率	-0.558**	-0.185	-0.238*
岩石率	-0.363**	0.219*	-0.242*
地形位置	-0.611**	-0.206*	-0.261**

註：*表示於P=0.05；**表示於P=0.01之水準上顯著

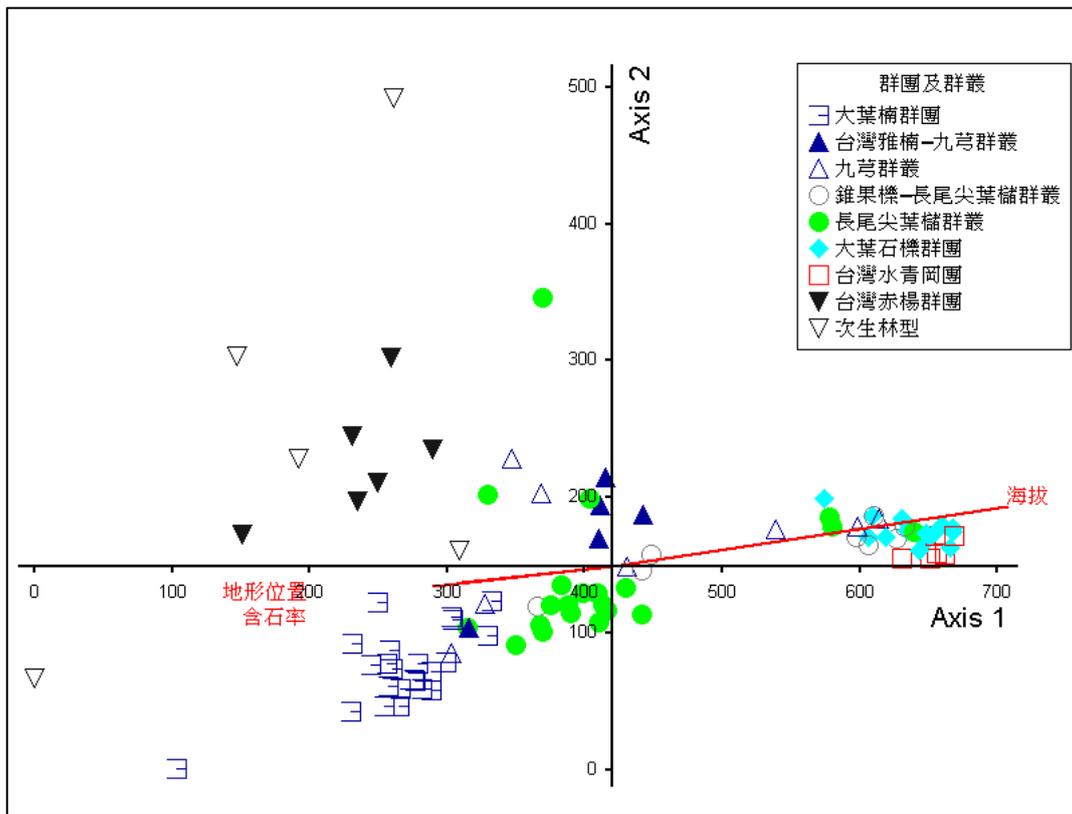


圖 15、大白山至大南澳嶺地區之樣區在 DCA 第一軸及第二軸分布圖

2、直接梯度分析結果

與降趨對應分析 (DCA) 一樣，將 104 個樣區 222 種木本植物進行直接梯度分析 (CCA) 以比對環境因子對本區植物社會的影響程度 (表 6)。

經直接梯度分析計算 6 項環境因子在第一、第二軸平面圖 (圖 16) 上呈現最為明顯，在第一軸中最長的环境因子為海拔，成正相關，表示在平面圖右側之樣區平均海拔較高，在左側之樣區則較低；地形位置在第一軸為次要環境影響因子，在第二軸中則為主要環境影響因子，兩軸皆為負相關，意味靠近平面圖左下方的樣區越接近溪谷地形，而平面圖上方和右側的樣區則遠離溪谷地形。

表 6、CCA 的環境因子軸長和顯著性關係

	軸長			顯著性		
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 1	Axis 2	Axis 3
海拔	0.932	-0.147	-0.013	0.985**	-0.053	-0.137
坡度	-0.263	-0.194	0.025	-0.356**	-0.299**	0.216*
坡向	-0.155	0.108	-0.143	-0.177	0.158	-0.22*
含石率	-0.584	-0.352	-0.478	-0.613**	-0.434**	-0.523**
岩石率	-0.296	-0.557	-0.172	-0.363**	-0.7	-0.1
地形位置	-0.534	-0.604	0.145	-0.655**	-0.689**	0.221*

註：*表示於P=0.05；**表示於P=0.01之水準上顯著

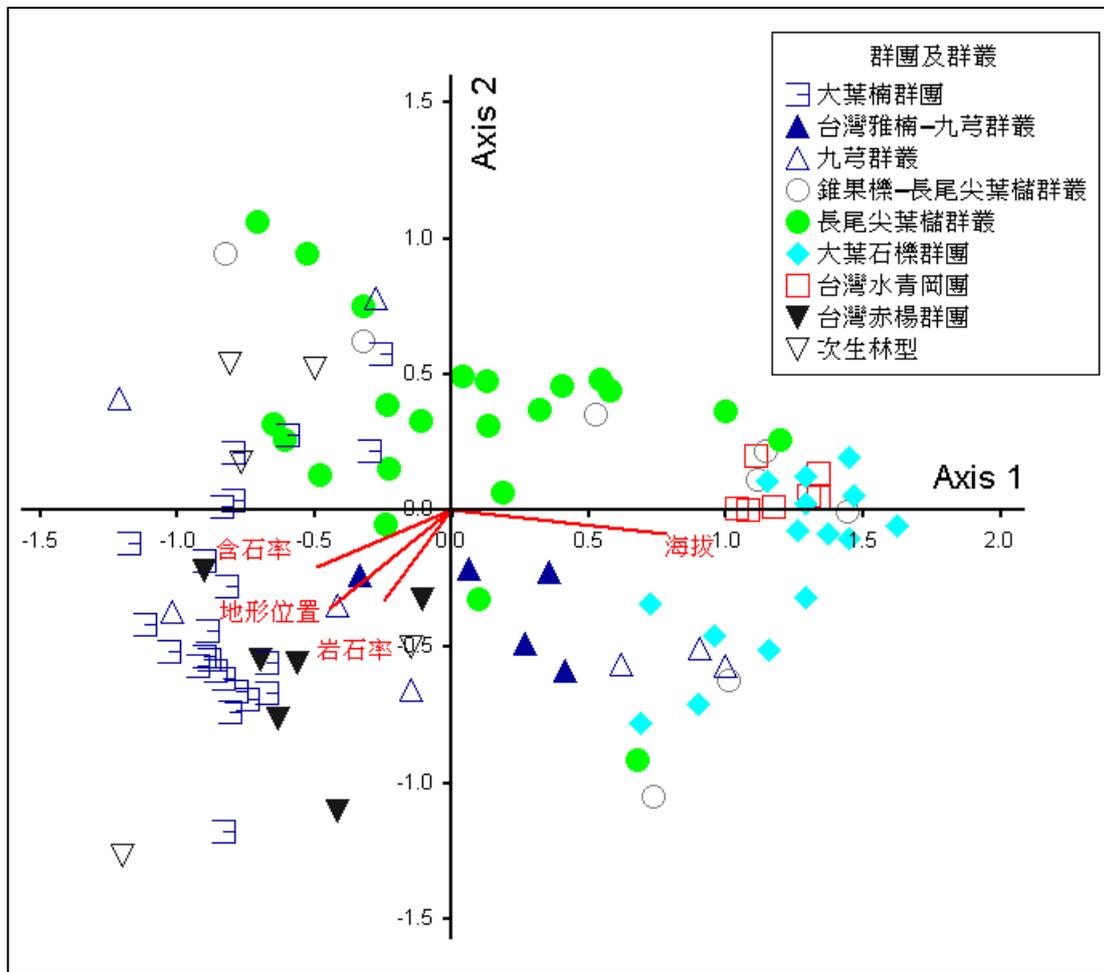


圖 16、大白山至大南澳嶺地區之樣區在 CCA 第一軸及第二軸分布圖

3、植群型分型結果

本研究之植群分型結果，是將資料經降趨對應分析（DCA）和雙向指標種分析法（TWINSPAN）分析後，在以列表比較法稍加重新排列樣區及物種次序之結果後（附錄三），將本區植群分為六個群團、八個群叢和一個次生林；而學名是參考Flora of Taiwan（2ed）第6版。

A. 大葉楠群團

代表本群團共有23個樣區，主要分布在溪谷環境中，海拔100-500m，地表含石率多在50%以上，其中只有一個大葉楠群叢。

大葉楠群叢

本群叢常見的上層優勢植物有大葉楠、澀葉榕、九芎和九重吹，亞冠層的優勢植物有豬母乳、白肉榕、鵝掌柴、土楠及山龍眼等，中層常見則為九節木、樹杞與五掌楠。

本群叢植物偏好潮溼的環境，故多集中在溪谷地形分布，然而在近海或面海的坡面上，由於長年受到潮溼的海風吹拂，也有機會見到本群叢分布至坡面甚至稜線上方。

B. 九芎群團

本群團與A. 大葉楠群團同為溪谷常見植物社會，但本群團略為耐旱，且分布海拔可以更高，依其內所含特徵種植物不同可分為2種群叢：

B1. 台灣雅楠—九芎群叢

本群叢共有5個樣區，主要出現在溪谷至下坡的地形上，海拔500-1,000m。

本群叢特徵種為台灣雅楠，優勢種為九芎，其他優勢植物尚有黃杞、山龍眼、三葉三香圓、樹杞、豬母乳等。

本群叢偏好環境比B2. 九芎群叢更加喜愛潮溼環境。

B2. 九芎群叢

本群叢共有8個樣區，主要出現在下坡地形偶見於中坡以上地形，海拔10-1,300m。

本群叢優勢特徵種為九芎，其餘優勢植物包括豬母乳、豬腳楠與鵝掌柴等。

本群叢常見於中海拔的溪谷之中，但在較為潮溼的坡面上也有機會成為先驅植物社會。

C. 長尾尖葉槲群團

此群團為本研究地區楠槲林帶之代表植群型，以特徵種不同可分為2種群叢：

C1. 錐果櫟—長尾尖葉槲群叢

本群叢有8個樣區，海拔分布300-1,400m，但多集中在1,000m以上，和C2. 長尾尖葉槲群叢相比更加接近稜線地形。

本群叢特徵種為錐果櫟，優勢種為長尾尖葉槲，其餘上層優勢植物為豬腳楠，中層優勢則有狹瓣八仙花、墨點櫻桃、小花鼠刺、大葉石櫟、短柱山茶及灰木科的植物。

本群叢分布海拔為置較高也常見於稜線上，但多半位於距海較遠的山頭或有遮蔽盛行風的稜線上，因此形相仍以大喬木為主。

C2. 長尾尖葉槲群叢

本群叢共22區分布在海拔200-1,300m，地形分布以中坡至稜線為主，由於分布範圍廣所以是構成本研究範圍內重要的植物社會。

本群叢優勢特徵種為長尾尖葉槲群，豬腳楠、長葉木薑子在本群叢中屬上層的次優勢植物，偶爾也可見到奧氏虎皮楠，中層的優勢植物則有墨點櫻桃、細枝柃木、油葉石櫟、小花鼠刺、短尾葉石櫟、山红柿、山龍眼及鵝掌柴等。

本群叢由於分布範圍廣，其林下的伴生物種也相當豐富，但和C1. 錐果櫟—長尾尖葉槲群叢不同的是植物種類較少出現大葉石櫟和短柱山茶。

D. 大葉石櫟群團

本群團有15個樣區，主要集中在上坡和稜線地形，其他地形偶見，海拔1,000-1,500m，本群團只有一個群叢。

大葉石櫟群叢

本群叢常見大葉石櫟和短柱山茶成為共優勢種，林中其他常見植物尚有毬子櫟、墨點櫻桃、長葉木薑子、豬腳楠、假柃木、阿里山灰木、內荳子、玉山木薑子、霧社木薑子等，本群團中樹高較低，未有明顯的中層植物。

本群叢常見於風衝的稜線上方，整體林相中樹型偏矮，以中小喬木和大灌木居多。

E. 台灣水青岡群團

本群團有7個樣區，海拔分布1,200-1,300m，主要分布在稜線及山頭上，只有一個台灣水青岡群叢。

台灣水青岡群叢

本群叢優勢特徵種為台灣水青岡。上層以台灣水青岡為主，長葉木薑子、豬腳楠為次優勢；中層以大葉石櫟、短柱山茶為優勢；間雜著錐果櫟、墨點櫻桃、玉山木薑子、小葉石楠及台灣樹參等。

在本群叢中除少數坡度較陡區域造成植株矮小外，水青岡的樹高在森林中幾乎都呈現優勢木。另外，本研究調查在大白山西側的溪谷中首次記錄到分布於溪谷地形的台灣水青岡。

F. 台灣赤楊群團

本群團有6個樣區，海拔200-700m，主要分布在溪谷至中坡地形，所在棲地的地表含石率也相當高，只有一個台灣赤楊群叢。

台灣赤楊群叢

本群叢以台灣赤楊為優勢，伴生物種中常見的有：九芎、小花鼠刺、鵝掌柴、白匏子、野桐、密花苧麻、大葉溲疏及小桑樹等陽性先驅植物。

本群叢為先驅植物社會的代表，在容易崩塌裸露之環境，或是人為開發

過後率先進入次生林環境中的幾乎都是以台灣赤楊為主的植物社會。

G. 次生林

本研究調查一共在次生林的環境中設立10個樣區，海拔50-600m，幾乎所有地形都有因人為開發而成為次生林的可能。

次生林林相混雜，常見的優勢植物包括相思樹、血桐、森氏紅淡比及山黃麻等人為栽植或陽性植物。

整體而言，本研究區可分為天然林地與人為干擾地兩大類。天然林地中以C. 長尾尖葉槲群團為主，其次為A. 大葉楠群團居次，其中長尾尖葉槲群團主要為於中高海拔地區而大葉楠群團則在低海拔低區成為優勢林相，本研究區的主要常見植物多分布在這兩個群團中；B. 九芎群團和D. 大葉石櫟群團分別零星分布在各山的溪谷與山脊中，偏好溪谷的植群容易以在九芎群團中出現，相對地偏好稜線的植物也容易在大葉石櫟群團中被發現；E. 台灣水青岡群團目前僅在大白山附近被記錄到，分布區域非常狹隘又集中在山頭與稜線上方，非常容易受到氣候變遷與極端氣候影響，在本研究區中相對屬於脆弱的植群。F. 台灣赤楊群團屬於演替早期的植物社會，群團中多為演替早期的陽性樹種，常於天然崩塌地、人為干擾地等地的林緣上成為優勢。人為干擾地及次生林，形成原因多為陽性數種侵入人為開發過後的荒地或是入侵未經妥善管理的人工林內所形成的天然演替，因次其中樹種複雜，但仍以陽性樹種為主，由於本區仍有山林屬於原住民保留地或私有地，人為的開發及干擾都有可能是形成次生林的原因。

(三) 植群分類層級圖與植群繪圖

1、植群分類層級

大白山至大南澳嶺地區的104個樣區經分析後可劃分為三群系、六群團、八個群叢和一個受人為干擾的次生林。

將分析結果依據台灣植群分類系統架構(謝長富, 2007)繪製成分類層級圖(圖17)，並將各群團向上對應至更高的分類階層。大白山至大南澳嶺地區植群的形相外觀上可分為天然的森林與受人為干擾的次生林，其中本區森林全由闊葉

林所組成，，向下可區分為常綠闊葉林、落葉闊葉林與次生落葉闊葉林，常綠闊葉林再向下可分為海拔分布較高的亞熱帶山地雨林和海拔分布較低的亞熱帶低地雨林，山地雨林中可分成以坡面地形為主，林相呈大喬木的長尾尖葉槲群團以及以稜線地形為主，林相呈小喬木的大葉石櫟群團；位於低海拔的亞熱帶低地雨林僅包含大葉楠群團。

九芎群團、台灣水青岡群團屬於落葉闊葉林中的山地落葉闊葉林，但這二個群團差異相當大，九芎群團偏好溪谷環境，偶而在較潮溼的坡面可作為先驅植物；台灣水青岡群團主要集中稜線地形，且是一成熟林相。

次生落葉闊葉林偏向易受干擾且易受光照的環境，其下為山地次生落葉闊葉林中的台灣赤楊群團。

在環境因子梯度上，為於圖中間的大葉楠群團及九芎群團偏好溪谷環境，越向圖的兩側環境越加乾燥。而在演替梯度上，圖右側的次生林為一人為干擾，逐漸向左經先驅樹種台灣赤楊群團後，依海拔高度、地形差異逐漸分化成不同的植群型。

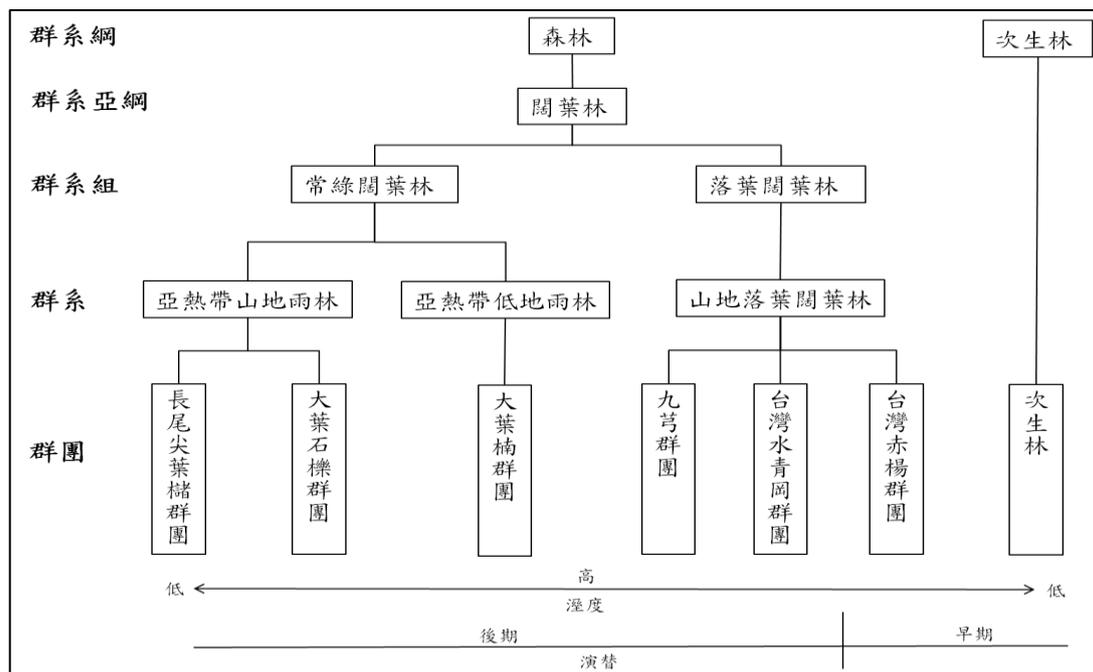


圖 17、大白山至大南澳嶺地區植群分類層級圖

2、植群繪圖

以地理空間建立模式來預測氣候變遷對物種或植群的遷移後的分布範圍及大小，被越來越多保育學者所接受，並做為自然資源產管理的參考，此即植群繪圖的必要性。為了因應每種方法的相對優點和缺點，故需要過去的森林受衝擊的資料和未來氣候模式的變化因子，仿照澳大利亞西南部殘存的地中海型植群的分析案例，可將本區繪出的植群圖配合本地區的重要氣候因子，來建立分析的模型 (Molloy, *et al.*, 2016)。

將本研究區所分的六個群團與次生林結合現場判識與航照圖完成大白山至大南澳嶺地區的植群檢索表 (表7)，再根據植群檢索表繪製成以群團為單位的植群繪圖 (圖18)，其中屬國有林班地之區域大致完成，而圖中標示「其他」之圖層主要為原住民保留地和人為活動區域，然而因今年下半年天氣不慎理想，未能順利完成之區域，未來會盡快補完。

目前已完成的植群圖面積約為9,730ha，其中長尾尖葉槲群團佔了大部分，約近65%，其次是大葉石櫟群團，約佔了12%，其他植群與水域、天然裸露地和人為干擾地所占面積皆不大，在圖上零星出現 (表8)。

植群繪圖即能確認群團所在位置，屬於保育策略上的粗濾網，再將過去不同時間點的航照圖比對群團面積和位置的變化，即能瞭解群團是否受到氣候或人為的干擾而有縮減或被取代的風險，特別是局限於山頭且過去幾年族群分布沒有明顯移動的族群，如台灣水青岡群叢。

台灣水青岡群叢只有11ha，僅佔目前完成繪圖面積的0.11%，由於本區的台灣水青岡已分布至本區的最高點，附近山頭海拔偏低缺乏作為水青岡族群移動的跳板，加上在本群團中台灣水青岡的更新狀況不若其他樟科、殼斗科植物，所以依目前的預測顯示，本區的水青岡在未來有滅絕的風險，因此需特別加強本群團的監測。

表 7、大白山至大南澳嶺地區的植群檢索表

A1 森林

B1 屬於演替早期植物社會——台灣赤楊型

B2 屬於演替中晚期植物社會

C1 多分布於溪谷地形

D1 海拔分布在500m以下——大葉楠群團

D2 海拔分布可高於500m——九芎群團

C2 多分布於中坡至稜線地形

E1 在坡面上較為優勢——長尾尖葉槭群團

E2 在稜線上較為優勢

F1 林相以大喬木為主——台灣水青岡群團

F2 林相以小喬木為主——大葉石櫟群團

A2 人為擾動——次生林

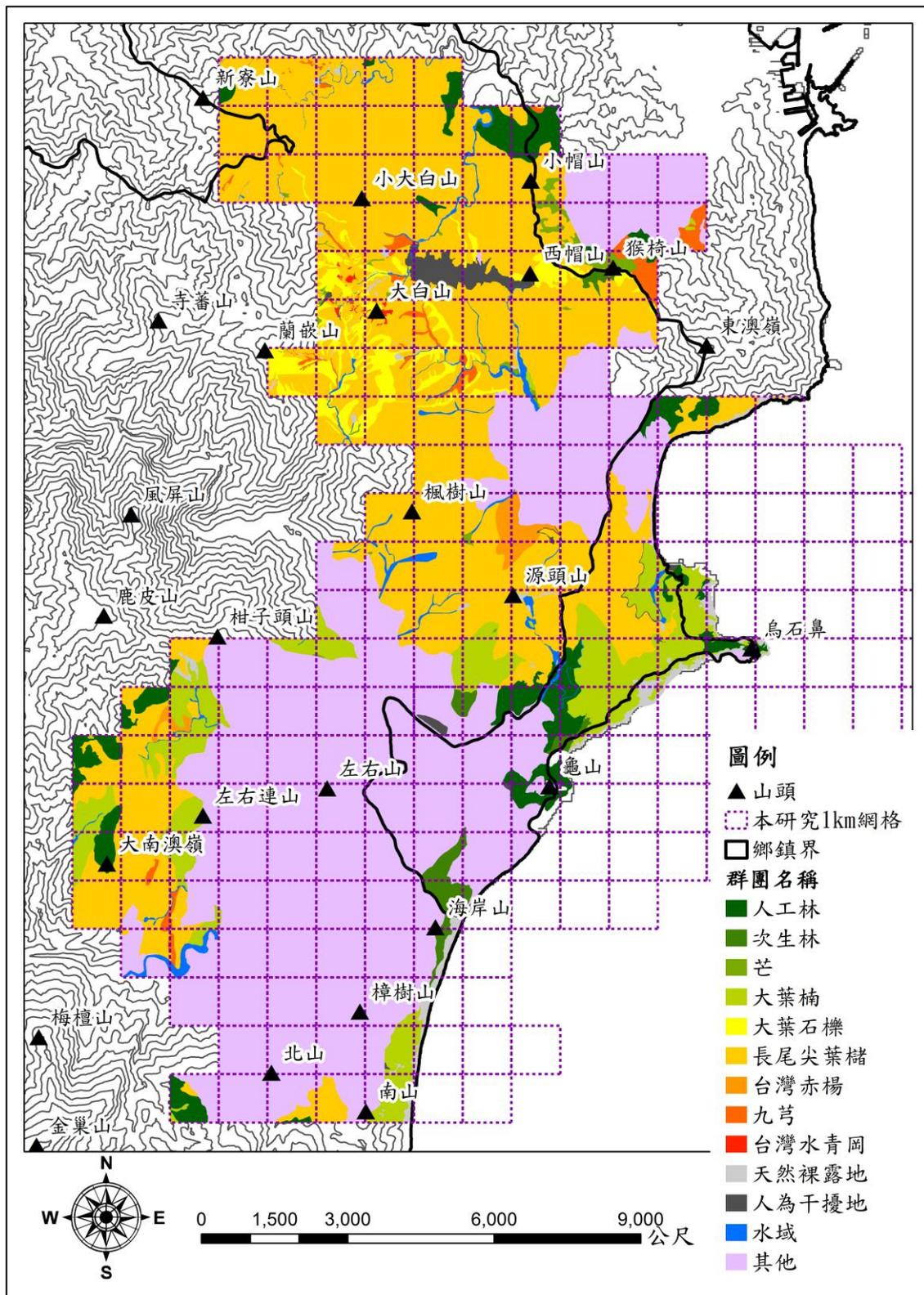


圖 18、大白山大南澳嶺地區植群繪圖

表 8、各群團和地景之面積與比例

群團	面積 (ha)	比例 (%)
人工林	733	7.5334
次生林	164	1.68551
芒	95	0.97636
大葉楠	1,189	12.2199
大葉石櫟	431	4.4296
長尾尖葉槲	6,288	64.6249
台灣赤楊	101	1.03803
九芎	185	1.90134
台灣水青岡 (群叢)	11	0.11305
天然裸露地	203	2.08633
人為干擾地	137	1.40802
水域	193	1.98356
合計	9,730	100

(四) 稀有植物的保育評估

1、稀有植物所分布的植群型 (細濾網之物種尺度)

經研究調查發現，在群團和稀有植物分布關係表 (表9) 中在各群團中都有稀有植物分布，但C. 長尾尖葉槲群團中含有最多的稀有物種種類及豐富度，其原因可能與此群團分布面積最廣有關，故能包到較多的物種數。

另外，透過表也可觀察到部分稀有植物對群團有專一性，如日本山茶僅出現在九芎群團，台灣吊鐘花僅出現在台灣水青岡群團 (群叢)，這正是對粗細濾網保育評估上重要的依據。

2、稀有物種、生態系與人為開發的衝擊

在本研究調查中發現部分礦區相當靠近稀有植物出現的密集地區 (圖19)，這些大規模破壞性的開發可能會對研究區域內的稀有植物族群造成影響，需要透過監測方式瞭解稀有植物的族群變化。

其中在大白山與蘭炭山中間支稜發現新的台灣水青岡族群，由於這個位置相

當靠近萬達礦區申請採礦的預定範圍，甚至已在範圍之內，固有進行族群監測的必要，將每株水青岡皆進行點位標定、胸高直徑和樹高之測定（圖20），惟部分位置水青岡生長密度過高，為方便顯示，故圖中部分區域僅以一點代表數株水青岡母樹。

由於台灣水青岡屬《文化資產保存法》名列的珍貴稀有植物，此法屬於「特別法」。在自然紀念物、地景及環境有明確規範，禁止採摘、砍伐、挖掘或以其他方式破壞，並應維護其生態環境。在環評上如營建工程或其他開發行為進行中，發見具自然地景、自然紀念物價值者，應即停止工程或開發行為之進行，並報主管機關處理。因此，針對台灣水青岡與開礦衝突一例，不建議有其他的開發行為對稀有的台灣水青岡造成更多干擾，應盡速制訂相關的適應性應營策略，加強台灣水青岡的保育。

表 9、群團和稀有植物分布關係表

群團	稀有植物
A. 大葉楠群團	竹柏（1）、鵝掌藤（2）、田村氏鐵線蓮（1）、水團花（6）、黃花石斛（1）
B. 九芎群團	鵝掌藤（3）、水團花（1）、日本山茶（1）、森氏薑（5）
C. 長尾尖葉槲群團	薄葉大陰地蕨（2）、密腺小毛蕨（1）、台灣粗榧（路）、竹柏（1）、鵝掌藤（4）、台灣鷓鴣（1）、山菊（2）、細葉蚊母樹（1）、水團花（6）、森氏薑（2）、台灣金線蓮（4）、建蘭（1）、銀線蓮（1）
D. 大葉石櫟群團	金粉蕨（1）、森氏薑（2）
E. 台灣水青岡群團（群叢）	台灣水青岡（4）、忍冬葉冬青（1）、台灣吊鐘花（1）、森氏薑（6）
F. 台灣赤楊群團	長葉杜虹花（1）、

註 1：括號內的數字表示在某植群型中有該種稀有植物的樣區數，「路」指在調查路上所記錄。

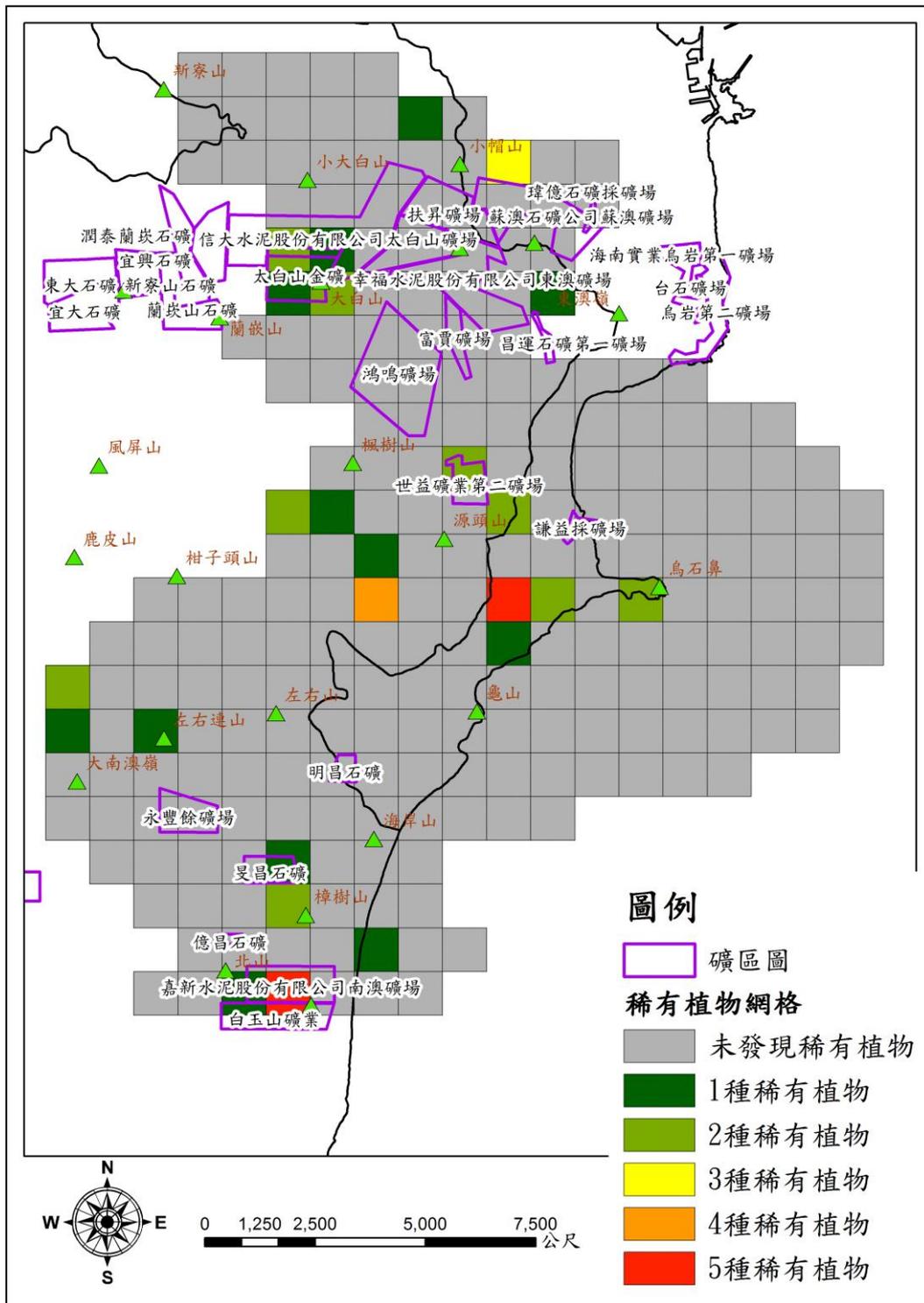


圖 19、稀有植物分布網格及研究區域內的礦區圖

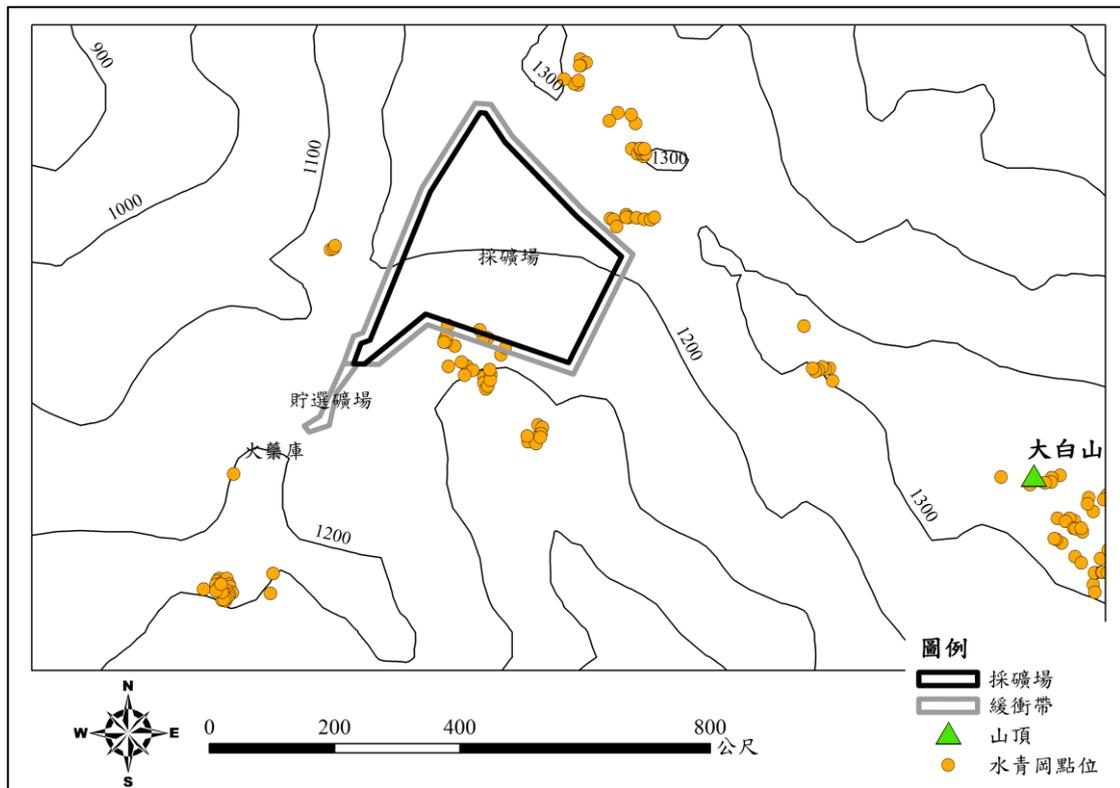


圖 20、水青岡點位與礦場申請核定區域

(五) 適應性經營之研究流程-以台灣水青岡為例

經過研究調查的結果，大白山至大南澳嶺地區可以優先進行研究行動的物種為台灣水青岡、台灣吊鐘花，初步選擇以台灣水青岡為適應性規劃的保育標的物，進行保育研究的流程與行動策略（圖 21）。

從大白山至大南澳嶺地區的植群調查及分析結果，其中以台灣水青岡型為珍稀物種的植群型，調查到有三種稀有植物的分布，分別為台灣水青岡、台灣吊鐘花、森氏薑，若能保護以台灣水青岡為優勢的森林生態系，就能使生存在裡面的稀有動、植物或昆蟲受到保護。

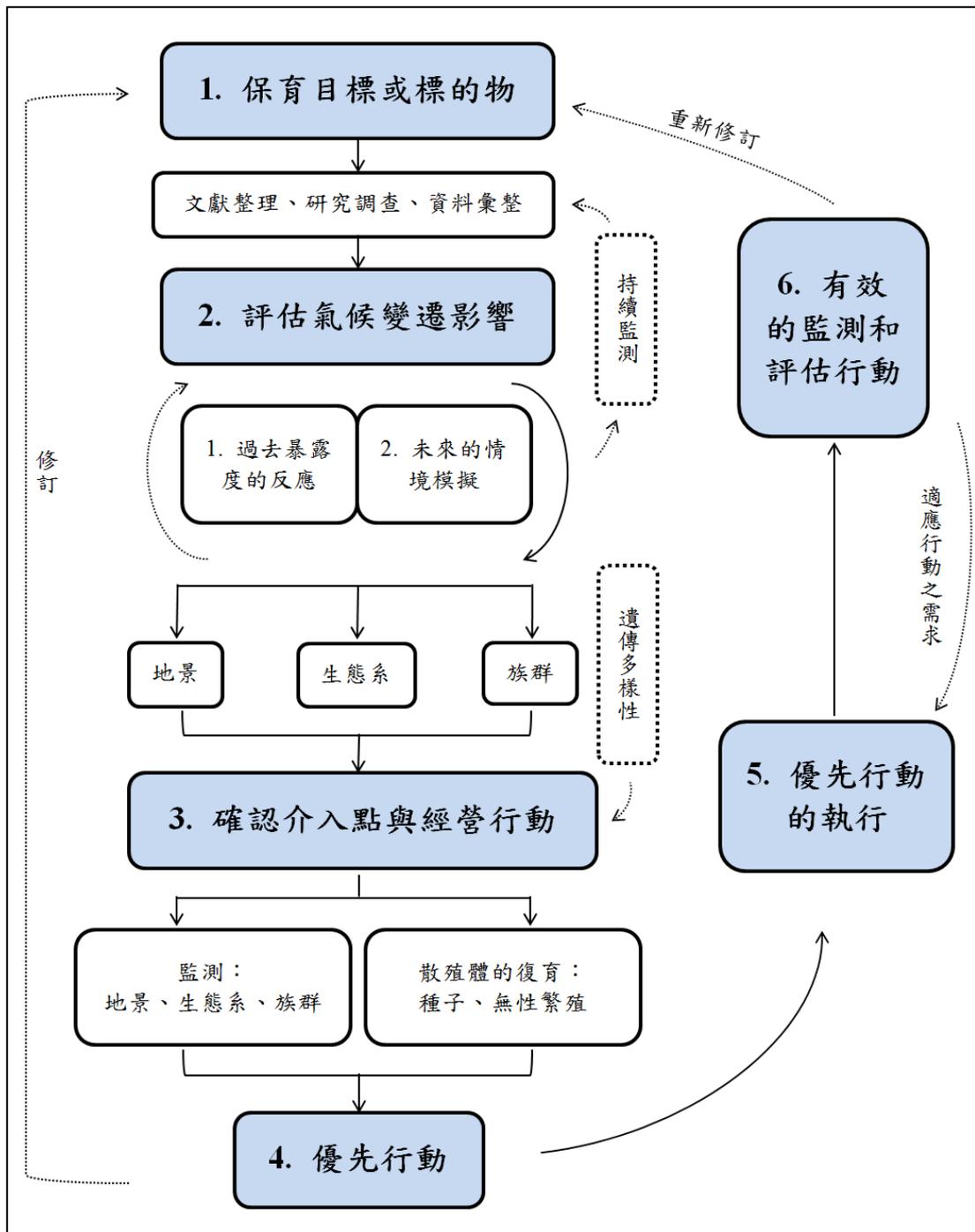


圖 201、適應性經營之研究流程-以台灣水青岡為例

第一步驟透過適應性經營之研究流程確定保育目標或標的物為台灣水青岡，以蒐集前人文獻、野外的研究調查與室內的資料整理開始進行第二步驟評估氣候變遷影響。以台灣水青岡的調查分析結果可代表過去暴露度的反應，同時分析未來的情境模擬，再透過從地景、生態系與族群尺度來探討氣候變遷對保育標的影響。

研究地區在台灣水青岡分布範圍主要在大白山與蘭炭山，依分布範圍可用地形與群聚位置分為五個分區，在這五個分區在台灣水青岡從過去到目前的變化並與銅山地區比對，進行簡易的評估，再配合遺傳多樣性的研究資料，可以更清楚瞭解這地區的族群是否應該進行優先的保育行動。前人研究調查可知大白山與蘭炭山台灣水青岡的遺傳多樣性的變異並不低於其他地區，並且與銅山、插天山兩大族群的基因型略有不同，這些獨立山頭的族群，因為地理隔離可能有獨立的分化而具備較特別的基因型，這兩族群為較邊緣且獨立的小族群，應優先擬定保育策略與方針。

第三步驟是確認介入點與經營行動，以持續的進行監測、散殖體的復育此兩種策略為主。監測的策略在地景尺度以歷年的航照圖或空拍圖判釋族群的分布範圍或受災害面積可清楚族群的遷移或增減；在生態系尺度以植群調查與植群繪圖可知道水青岡森林內的稀有動、植物與昆蟲的資源；在族群的尺度以永久樣區監測或物候的調查可瞭解母樹的生長狀態是否健康。散殖體的復育有多種方式可以進行，先看種子採種能不能育苗，優先以種子的方式培育，若像台灣水青岡3-5年豐年時期才有大量的種子，但是實粒率不佳且保存期限不長，則需要尋求其他復育方法，如無性繁殖的方式來進行人工撫育，如扦插、嫁接或高壓的方法。

第四步驟為優先的行動，針對台灣水青岡所進行的保育方式有持續監測調查、保育行動包括就地保育或遷地保育。就地保育有設立保護區、限制開發行為、生態廊道的建立、棲地復育等；遷地保育以人工撫育的扦插、嫁接、高壓等方式，建立植物採穗園、設置種子庫等。評估各地區台灣水青岡森林確認何處最優先進行上述的保育行動。第五步驟為優先行動的執行，第六步驟為監測行動的有效性及其目標物種的進展，可調整無效率的行動或隨需要回頭修正適應性經營的規劃。

(六) 大白山、蘭炭山的水青岡族群現況評估

1. 大白山、蘭炭山的台灣水青岡族群空間分布：

經調查到的大白山、蘭炭山的台灣水青岡族群共計有 477 株母樹，包含活立木與枯立木分別以綠色、紅色呈現且徑級分布以 20 cm 為級距，共分五級（圖 22）。將大白山、蘭炭山地區分為五個分區，第一區為蘭炭山北向坡面的 40 株母樹，海拔約 1,450 m；第二區為中間支稜的 42 株母樹，海拔約 1,200 m；第三區為溪谷附近的 73 株母樹，海拔約 1,100 m；第四區為大白山稜線的 131 株母樹，海拔約 1,300 m；第五區為大白山頂附近的 191 株母樹，海拔約 1,350 m。

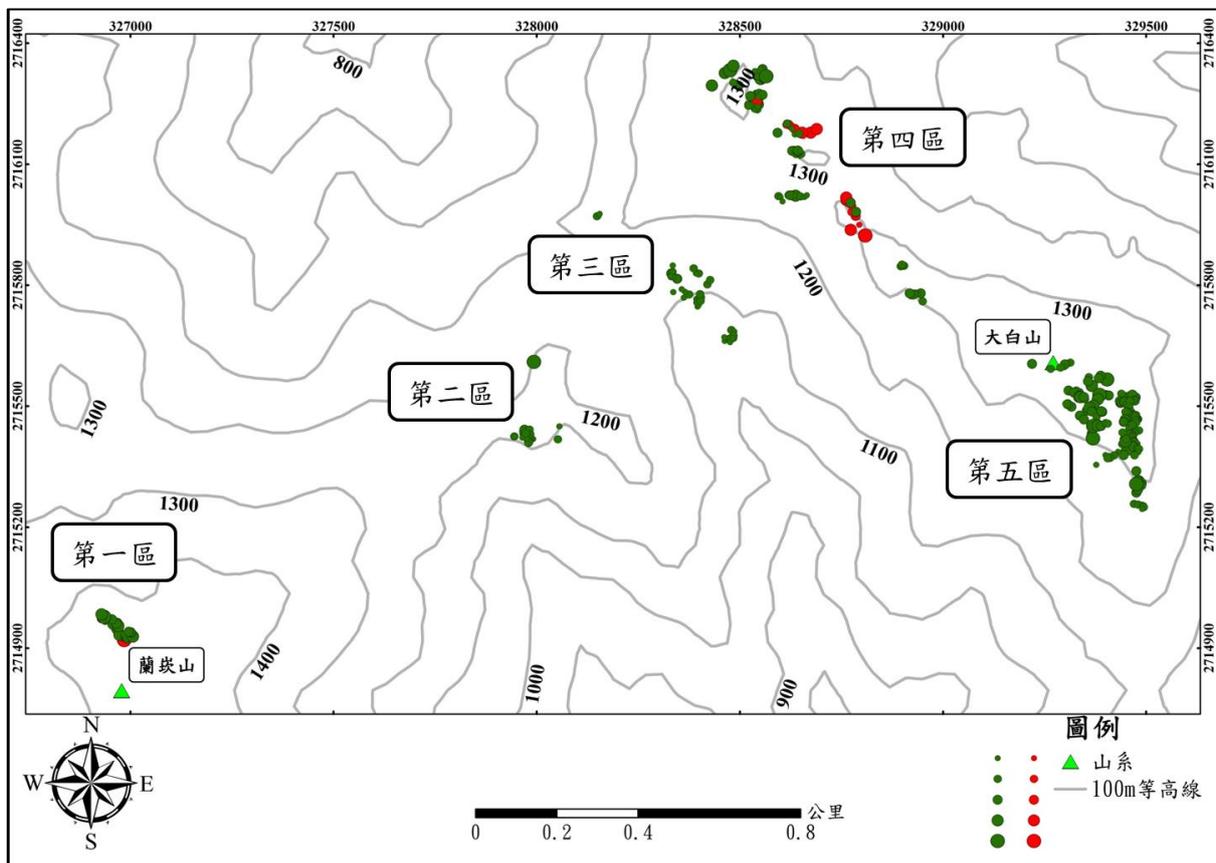


圖 212、大白山、蘭炭山的台灣水青岡族群之空間分布

2. 大白山、蘭炭山與銅山台灣水青岡各分區死亡株數：

目前有調查到的死亡母樹在第一、四區，尤其以第四區稜線的地區為最，第二、三、五區的水青岡族群尚未發現死亡母樹(圖23)。各分區台灣水青岡母樹的死亡株數以第4區死亡106株/公頃為最高，是位於大白山海拔約1,300 m的稜線；第一區位於海拔約1,450 m的小山頭死亡8株/公頃；銅山2.2 ha永久樣區海拔約1,800 m於2015年複查結果死亡33株/公頃，其他地區沒有發現死亡植株(表10)。推測造成稜線母樹死亡的原因是受到極端天氣影響，如：豪大雨、侵台颱風；稜線上的母樹受到的風力最強且沒有遮蔽，一旦被颱風的強陣風吹折或是樹葉全掉落所剩無幾，使樹木在面對危害時本身的脆弱度增加更可能造成母樹的死亡(圖22)。

表 10、各分區死亡株數

	第一區	第二區	第三區	第四區	第五區	銅山
死亡株數	2	0	0	37	0	33
死亡株數/公頃	8	0	0	106	0	15

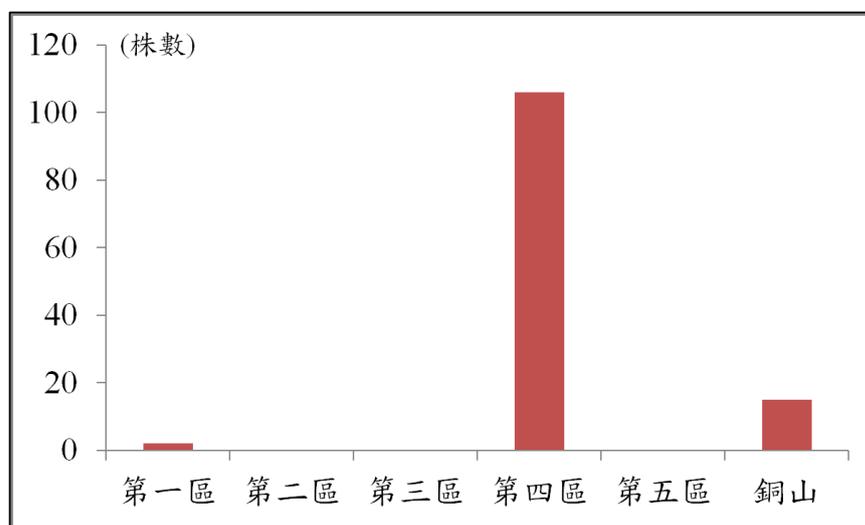


圖 223、各分區台灣水青岡母樹的每公頃死亡株數 (2009-2016 年)

3. 大白山、蘭崁山與銅山台灣水青岡各分區伴生物種群：

將各分區水青岡森林優勢度前 10 名的伴生物種，以楠櫨林帶、櫟林帶下層與櫟林帶上層的三個植群帶為分類。銅山分區以櫟林帶上層佔 59.49% 為優勢；第一、二、四、五區以櫟林帶下層較為優勢，分別佔 50.81%、50.01%、49.87%、51.57%；第 3 區以楠櫨林帶佔 41.37% 為優勢（圖 24）。

台灣水青岡為櫟林帶上層優勢樹種，最適合生長的海拔約在 1,600-1,800 m，銅山分區的水青岡森林海拔約 1,800 m 屬於櫟林帶上層，伴生物種以昆欄樹科的昆欄樹、五味子科的白花八角、殼斗科的三斗石櫟為主；第一、二、四、五區的伴生物種以櫟林帶下層為主，如殼斗科的錐果櫟、大葉石櫟，樟科的豬腳楠、茶科的短柱山茶；第三區為目前發現台灣水青岡生長的最低海拔約 1,000-1,100 m 且位於大白山的溪谷地形，主要伴生物種以楠櫨林帶較為優勢，如鼠刺科的小花鼠刺、樟科的豬腳楠、長葉木薑子，殼斗科的錐果櫟。銅山地區的海拔最適合台灣水青岡族群生長，主要還是以櫟林帶上層樹種為優勢，但在第一、二、四、五區較低海拔的大白山、蘭崁山地區為櫟林帶下層的物種佔優勢，第三區為台灣水青岡目前海拔分布最低的 1,000-1,100m，楠櫨林帶與櫟林帶下層的物種同樣佔優勢，表示在較低海拔的台灣水青岡會面臨與其他樹種競爭的壓力。

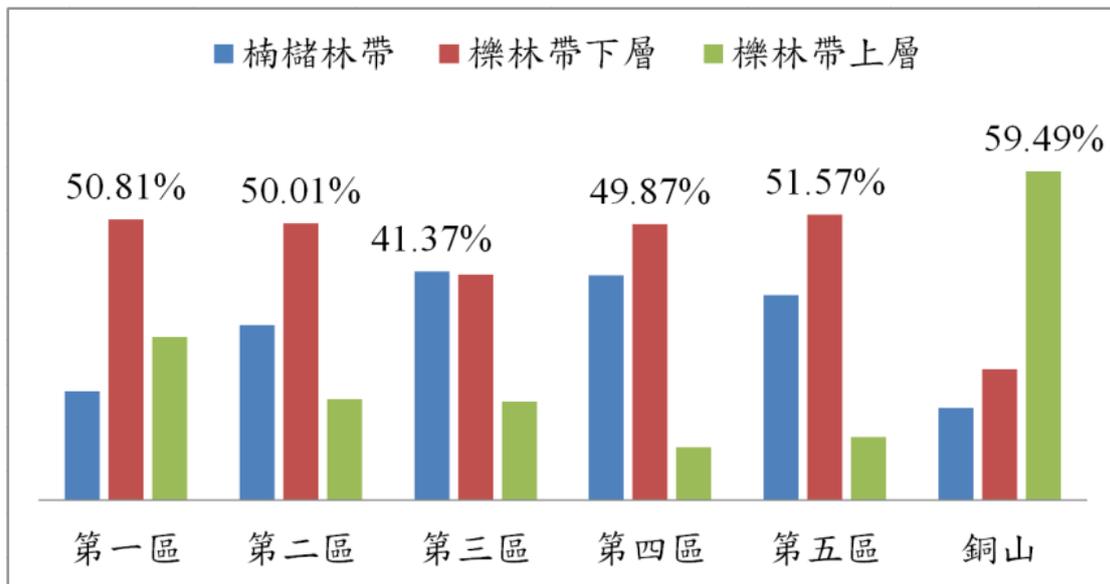


圖 234、台灣水青岡各分區之伴生物種群

4. 大白山、蘭崁山與銅山台灣水青岡各分區徑級結構：

徑級結構可瞭解一物種族群之更新狀況，以不同徑級的植株分布來探討各分區台灣水青岡森林更新是否良好或是呈現不佳的狀態（圖 25）。第一、二、三區的徑級結構以台灣水青岡是呈現鐘型，可看出小徑級樹木更新不佳，其他的伴生樹種如櫟林帶下層的殼斗科，如大葉石櫟、錐果櫟、毬子櫟與樟科的豬腳楠、長葉木薑子的徑級結構呈現反 J 型，小苗數量均高於台灣水青岡幼苗。第四、五區的徑級結構以台灣水青岡是呈現鐘型，可看出小徑級樹木更新不佳，其他的伴生樹種如櫟林帶下層殼斗科的大葉石櫟、錐果櫟、毬子櫟與楠櫟林帶上層殼斗科的油葉石櫟、稜果石櫟與樟科的豬腳楠、長葉木薑子的徑級結構都呈現反 J 型，顯示族群更新良好。銅山分區的台灣水青岡與昆欄樹為波浪型，呈現小苗階段性補充的情形，台灣水青岡可能需要下層箭竹大量死亡和孔隙出現才能完成更新；其他的伴生樹種如五味子科的白花八角、殼斗科的三斗石櫟都呈現反 J 型，族群更新良好。

台灣水青岡在族群數量較大的銅山地區，徑級結構呈現波浪型，以小徑級數量最多，在較大徑級的數量又出現高峰，表示老樹移除速率較慢，小苗為階段性補充；其他族群數量很少的地區，徑級結構都呈現鐘型，表示族群現在的繁殖不如過去，更新狀況不佳，若台灣水青岡的族群更新持續不佳，未來很有可能會被族群更新良好的其他上層優勢物種所取代。

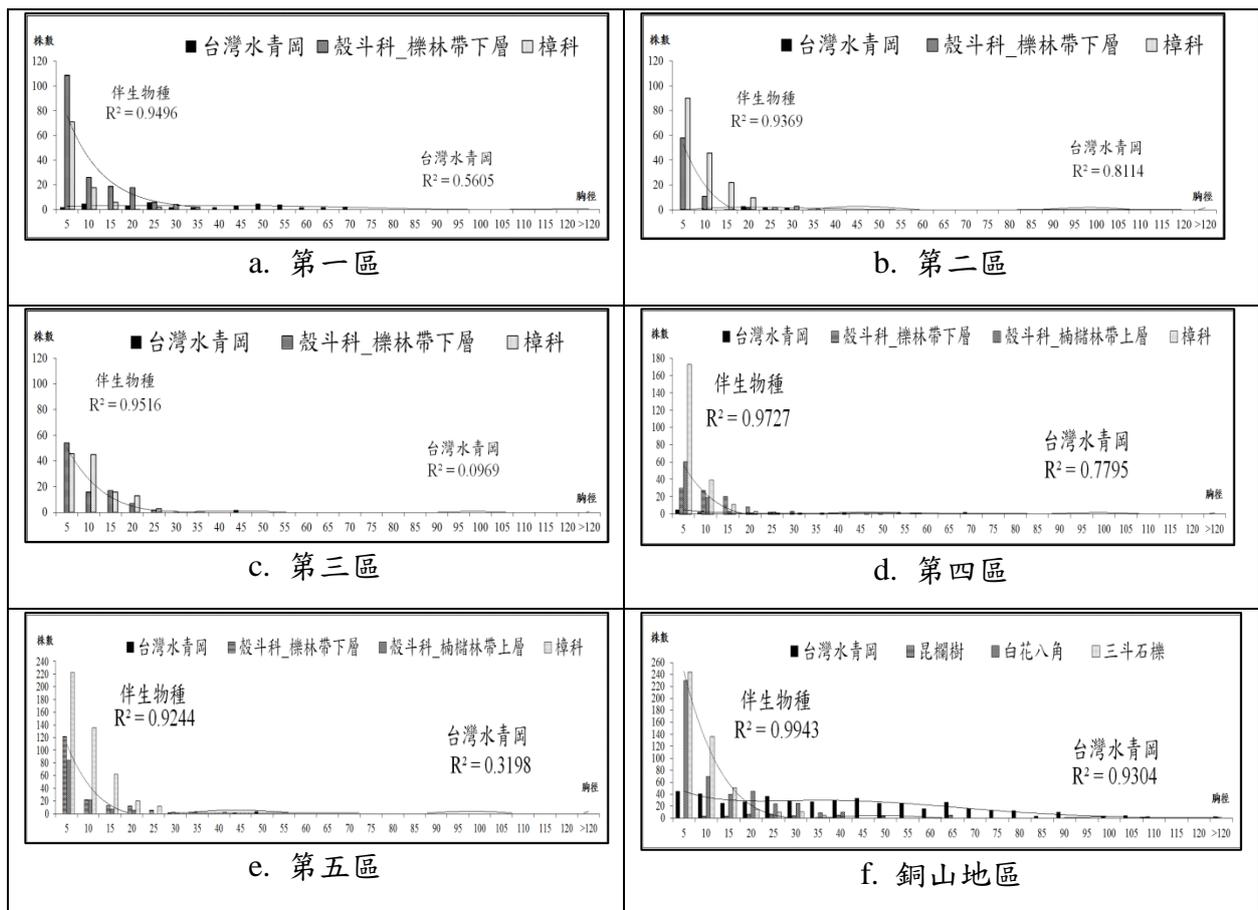


圖 245、大白山、蘭崁山與銅山地區台灣水青岡與優勢樹種之徑級結構比較

5. 台灣水青岡森林各地區簡易評估：

以從地景、植群（生態系）、族群（物種）調查的結果，使用快速且簡易的評估全台灣各地區台灣水青岡森林的狀況，暴露度為受到氣候變遷影響，如全球暖化或極端天氣造成的危害，以死亡株數代表各分區所受到的暴露程度；脆弱度為族群受到影響的反應，可細分為調適能力與回復力，以地形、海拔、徑級結構、伴生物種群為五項指標，各指標分成 5 級後加總算出平均分數，代表各分區物種自身的脆弱度程度，詳細計算方式於附錄四(陳子英等，2015；許驊，2015)。

綜合評估結果以第四區、阿玉山與第一區的台灣水青岡族群最為危險，這地區的水青岡族群以第四區大白山稜線的死亡株數最高，阿玉山地區與第一區蘭崁山的族群最少，同時存在高暴露度與高脆弱度的情況，但阿玉山不在研究地區的範圍內，未來可以做進一步的研究；銅山地區為母樹數量最多且分布範圍最廣的

族群，但是位於東北近海區容易受到極端天氣的危害，存在著高暴露度與低脆弱度的情況；鳥嘴山地區為西北內陸區的小族群、第二、三、五區在大白山的背風一側，較不容易受到極端天氣影響，存在低暴露度與高脆弱度的情況；插天山地區是母樹數量僅次於銅山地區，位於西北內陸區與東北內陸區交界處，存在著低暴露度、低脆弱度的情況(圖 26)。

建議最優先要採取介入點與經營行動的地區是蘭炭山與大白山西北區的族群，分別為蘭炭山僅存的 38 株與大白山稜線的 131 株母樹，由於台灣水青岡的遺傳研究顯示蘭炭山與大白山的族群和銅山或鳥嘴山的類型略有不同，因此若極端氣候或溫度上升，使得這些小區的水青岡族群枯死，則建議採取水青岡族群的遷地保育；其做法可用扦插、嫁接或高壓及微體繁殖等方式進行。

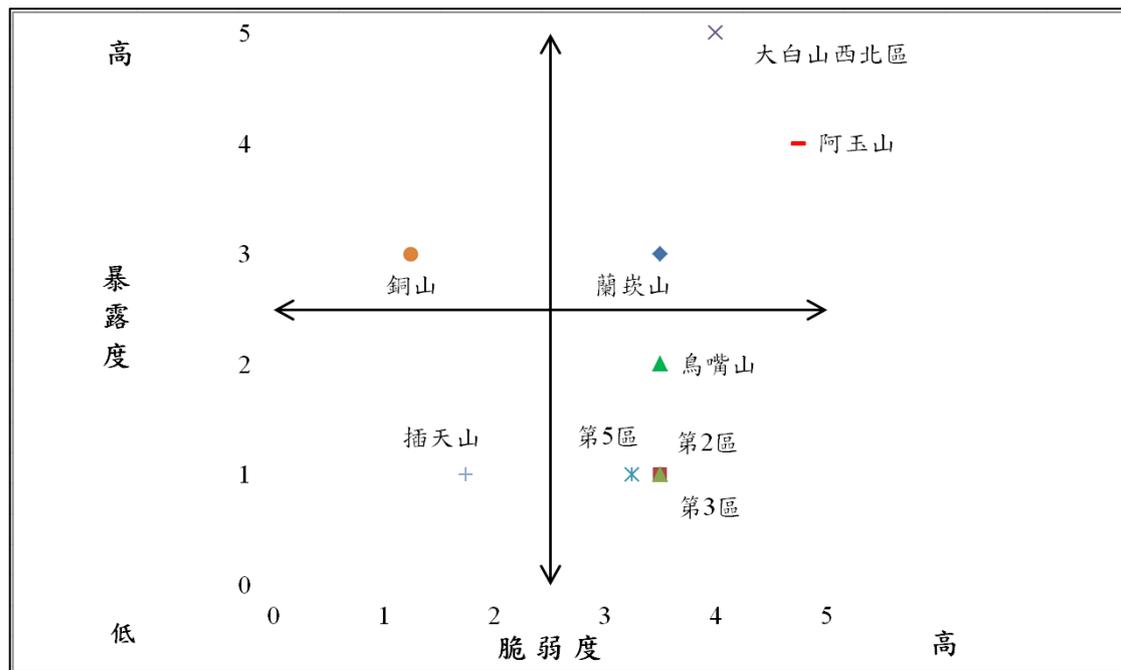


圖 256、台灣水青岡森林各地區之簡易評估

(七) 台灣水青岡的適應性經營流程與保育策略

台灣水青岡森林在台灣是冰河子遺的植物，為山地落葉闊葉樹林的代表，目前全球暖化升溫下，研究調查顯示台灣水青岡在過去 30 年沒有往高海拔或高緯度遷移的趨勢，但氣候變遷造成的極端天氣如颱風、豪大雨確實會對水青岡森林造成災害。前期研究在大尺度維管束植物地理分布以提出 14 處可能為長期氣候變遷下的殘存地點，認為其中七處殘存地點因植群缺乏向高海拔遷徙的空間，可能會受到暖化效應衝擊的地區，應為優先關注與保護的地點，大白山至大南澳嶺為其中之一（林奐宇，2015）。經過台灣水青岡森林風險性評估的結果，以蘭坎山地區屬於非常高風險、大白山屬於中等風險，若不提早進行保育相關行動，在氣候變遷持續的影響下在未來族群會逐漸的衰退（陳子英等，2015）。

在此地區的水青岡族群是目前發現海拔最低的地區，氣候分區為東北近海區，受到侵台颱風的干擾是更為嚴重，以過去的航照圖判釋發現 2009-2011 年之間，在大白山的水青岡森林有大範圍的枯損，推測是 2010 年的梅姬颱風對此區造成的影響（許驊，2015）。大白山與蘭坎山的水青岡森林屬於族群數量較少且分布範圍小，附近沒有更高的山系可讓台灣水青岡有遷移的空間，被限縮在獨立的山頭、稜線，氣候變遷的暖化升溫且極端天氣頻繁且加劇的情況下，這地區的族群需要立即的規劃適應性經營的研究流程與保育策略行動(Shoo *et al.*,2013) (圖 27)。



圖 267、適應性經營規劃的保育策略

(八) 台灣水青岡的監測與調查

監測可分為地景尺度的監測與地面樣區的調查，地景尺度可使用正射影像圖或無人載具 (UAB) 的空拍圖進行影像判釋，從大尺度的資料可以迅速了解水青岡族群的分布範圍及面積，透過影像判釋可區分崩塌地、樹冠層枯損、枯立木等資訊；配合空拍圖的資訊或不足的地區，可進行地面調查，確認從地景尺度得到的資料，設置樣區或樹木資料建置得到更細的資訊。以台灣水青岡的航照圖判釋了解在開芽展葉期的樹冠可清楚區分，配合到現地的調查獲取母樹基本資料的建置 (圖 28)。目前在大白山與蘭嵌山地區第一區及第四區已設置有幾個小面積的長期觀測樣區，並同時對水青岡樹木標定位置與綁標。未來會針對第二、三區加強調查及標定水青岡位置，同時也會針對航照圖中出現的水青岡大徑級樹林，藉由標定樹冠位置，如此方便未來能夠準確估算水青岡族群的死亡與新增率，同時藉由此等族群變動的資料，與附近氣候站比對每年的溫度增減外，並可與颱風及暴雨的氣候資料相比對，以了解氣候變遷的影響。

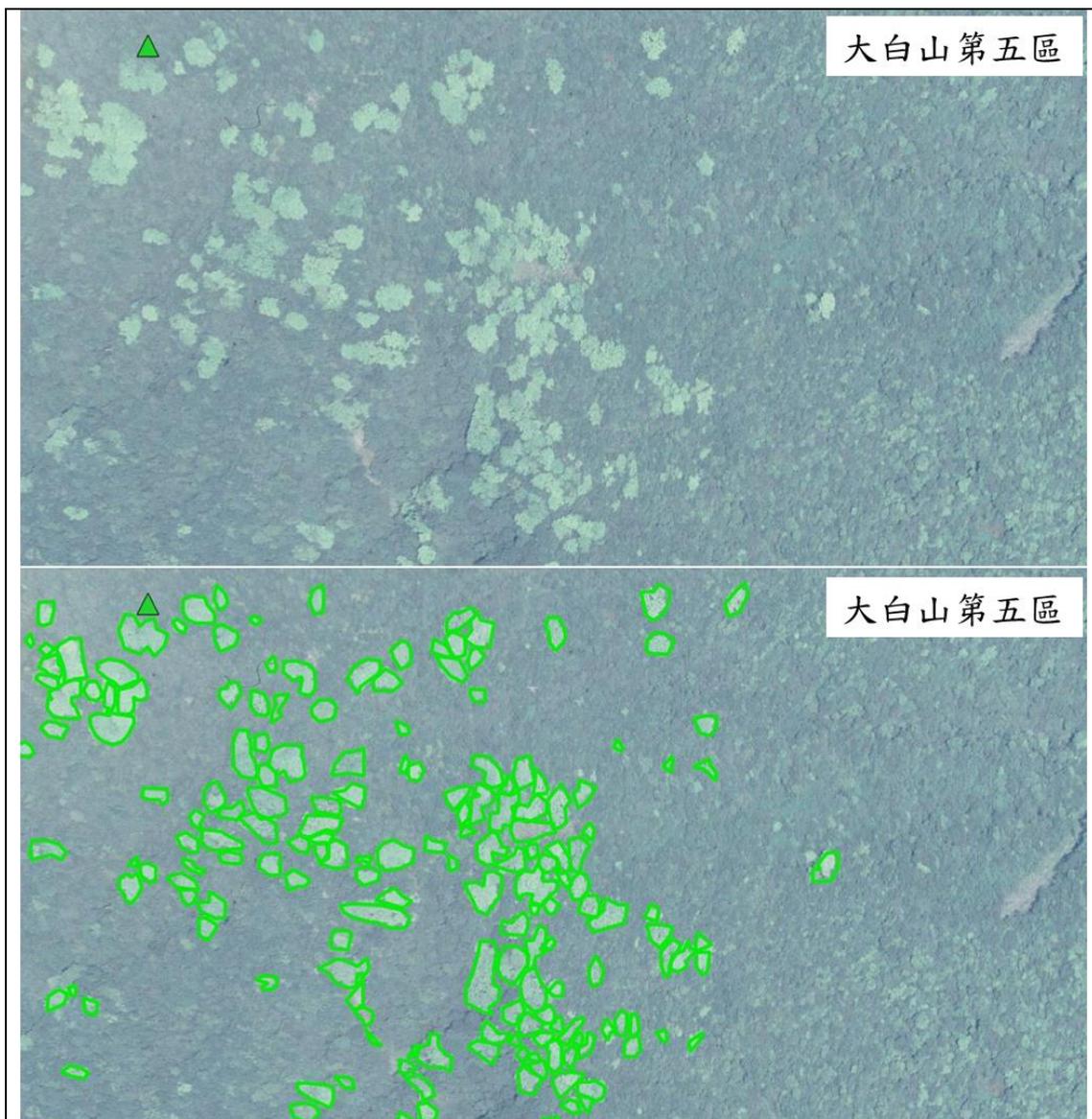


圖 278、大白山第五區以正射影響圖判釋台灣水青岡樹冠幅

1. 情境模擬

了解氣候變化在單一物種的影響相當普遍的使用預測物種在未來面臨氣候變遷中將適應何種氣候環境。進行預測的優先方法是使用物種的分佈模型(SDMs，或稱為環境區位模型、生物氣候包覆模型)，以數學上即時傳送當前氣候分佈的關係以預測未來氣候，對特定區域產生一個新的氣候適宜分布圖。分佈模型被認為是用於預測區域的物種將來適宜程度的最佳工具，以及明確納入生物交互作用和擴散能力，生理機制的納入將有助於彌補在合適氣候中物種間的交互作用關係，

分佈模型可視為氣候變遷下物種保育策略中的一個基本組成部分(Molloy *et al.*, 2016)。

2. 氣候避難所

大白山、蘭炭山分布的台灣水青岡族群是退縮或殘存在山頭、稜線，顯示這地區可能是在氣候變遷下的避難所，可以是廣闊如山區中的微氣候變化，也可以是小如某一坡度、坡向和周圍的地形。在大白山、蘭炭山地區的第二、三、五區的台灣水青岡死亡株數很少，第一、四區的族群死亡株數較多，顯示在地形上山頭、稜線比溪谷、中坡的族群更會受到氣候變遷或極端天氣的影響。保護或保存這種氣候避難所，在氣候變遷影響的大環境下在這區域可以保持或緩慢的變化，可以延續物種的存續、潛在的拖緩時間，以利各物種調適或演化成可適應不斷變化的氣候，是首要積極的保育策略。

3. 輔助遷移、生態廊道

大白山、蘭炭山的台灣水青岡族群退縮在這個地區，可能是沒有往高海拔與高緯度遷移的空間，若這地區是屬於氣候的避難所使水青岡族群留存在這裡，族群有可能為了追尋合適之氣候而移動，即使氣候避難所不能永久的讓族群保留在此，但仍具有促進物種遷徙至合適氣候地區以適應環境變遷的能力。這地區就可作為遷徙跳石，因此增加和適宜物種在棲地間的聯通性在氣候變遷策略中是重要的，生態廊道的連結能讓物種自由的移動。目前台灣水青岡族群在北部區域呈現不連續的間斷分布，以大白山、蘭炭山為最東邊，往西為阿玉山、銅山、插天山與鳥嘴山，彼此之間因地理隔絕而漸漸分化，大白山、蘭炭山與阿玉山的水青岡族群留存在山頭、稜線，銅山、插天山與鳥嘴山似乎還有可以往高海拔遷移的空間，若沒有遷移空間的族群可能需要施行更進一步的保育策略，如遷地保育。

4. 遺傳多樣性

在對台灣水青岡進行遷地保育之前，要先了解分布在台灣北部六個地區的水青岡族群的遺傳多樣性之間有無變異，從胡哲銘與孔祥璿(2011)的研究顯示，台灣水青岡的主要分布範圍位於銅山及插天山地區，大白山及蘭炭山地區的族群僅屬於台灣水青岡的小族群，這個小族群在先前的研究指出遺傳變異與銅山、插天山之間略有差異，因此該區域是否應採取保護策略，值得進一步關注。尤其是大白山、蘭炭山地區現在受到氣候暖化與極端天氣的影響下，這地區哪裡的族群是首要優先考慮進行保育行動是很急迫的，目前看來是第一、四區的族群是需要人工撫育來維持遺傳多樣性的保存。

5. 水青岡的遷地保育

種子來播種育苗雖是域外保存(*ex situ*)的最好方式，但如果無法取得適量的種子加以儲存，尤其如果植物有急迫性者，就應以其他無性株繁殖(扦插、嫁接、高壓或微體繁殖)的方式來進行(Guerrant *et al.*, 2013; Larkin *et al.*, 2016)。水青岡由最近銅山地區發現(1999年)至今所記錄的豐年間隔為3-5年，但在蘭炭山與大白山地區的水青岡較少發現結實，僅在2013年有發現空粒，因此保留這些區域的種質，可能要考量植物採種的可行性，如無法迅速保存就需要用扦插、嫁接與高壓來進行。由於近幾年來發現小族群有獨特的基因存在，而野外的調查與監測也發現，最近的颱風仍使得某些在蘭炭山與大白山地區山頭的水青岡樹木多有枯亡或折斷，因此這些獨特的族群種質正在逐步流失中，遷地保育的材料是需要進行妥善保存，目前在水青岡遷地保育材料的研究上可分成種子、扦插、嫁接與高壓來討論。

(1)種子苗:

由採收種子來播種育苗雖是域外保存的最好方式，水青岡由在銅山地區採集的種子做研究發現，在豐年之際也發現有很高的空粒種子，同時經過冷藏的研究發現，水青岡屬於異儲性種子(楊正釗, 2011)，在冷藏下無法保存超過10年，因此銅山地區的水青岡如族群發生減少仍可由種子培育，但在蘭炭山與大白山地區的水青岡較少發現結實，在2013年曾發現蘭炭山有一株結果，但其中多為空粒，因此在不易結實的區域要保存該地的遺傳種質就需要其他的方式來保存。

(2)扦插、嫁接與高壓:

扦插、嫁接與高壓也是維持種質的方式，扦插、嫁接與高壓可妥善保存植株的遺傳特性，尤其在植物遇到病害或蟲害時，相同的如果植株遇到極端天氣，如颱風、暴雨的侵襲導致植株枯損或瀕鄰死亡或是目前遺傳種質與其他區域不同的小族群，都可進行此種方法保留下來(Watanabe, *et al.* 2009; Loo, *et al.* 2005)，目前對蘭炭山和大白山母樹的研究，所得的資料，發現遷地的扦插效果不好，而嫁接也只有66.7%的成活率，但可快速保留一些受損的植株，研究期間就保存了一株垂死的植株之種質；在樹木的高壓上只要找到直立的枝條，可以達到100%的成活率，但側出的枝條則無法成長；目前也保存了蘭炭山族群所有的個體(鍾正德, 2016)。

由這些得到的材料可初步在苗圃進行健化，迄找到新的地點進行種子園或採穗園的建立，由於水青岡仍需以種子苗之栽植才方便進行野外異地族群的重建，

因此在苗圃內需要有遮蔭的生理研究，以及野外長期生態樣地的資料，這些資訊在苗圃的幼苗健化、生長的研究及未來森林的建造是極為重要的；此外，目前已有部分採自銅山地區的種子，可在往太平山地區或翠峰湖附近進行棲地廊道的栽植，可做為輔助族群向上遷移的試驗研究。大白山與蘭崁山異地族群的重建，宜配合羅東林區管理處，目前不宜因水青岡種回原生育地，同時也必須配合採穗園與種子園的建造，解決種子生產的問題，由取得的種子進行播種，再找適合地區的栽植(Thomas *et al.*, 2014; Oldfield and Newton, 2012) (圖 29)。

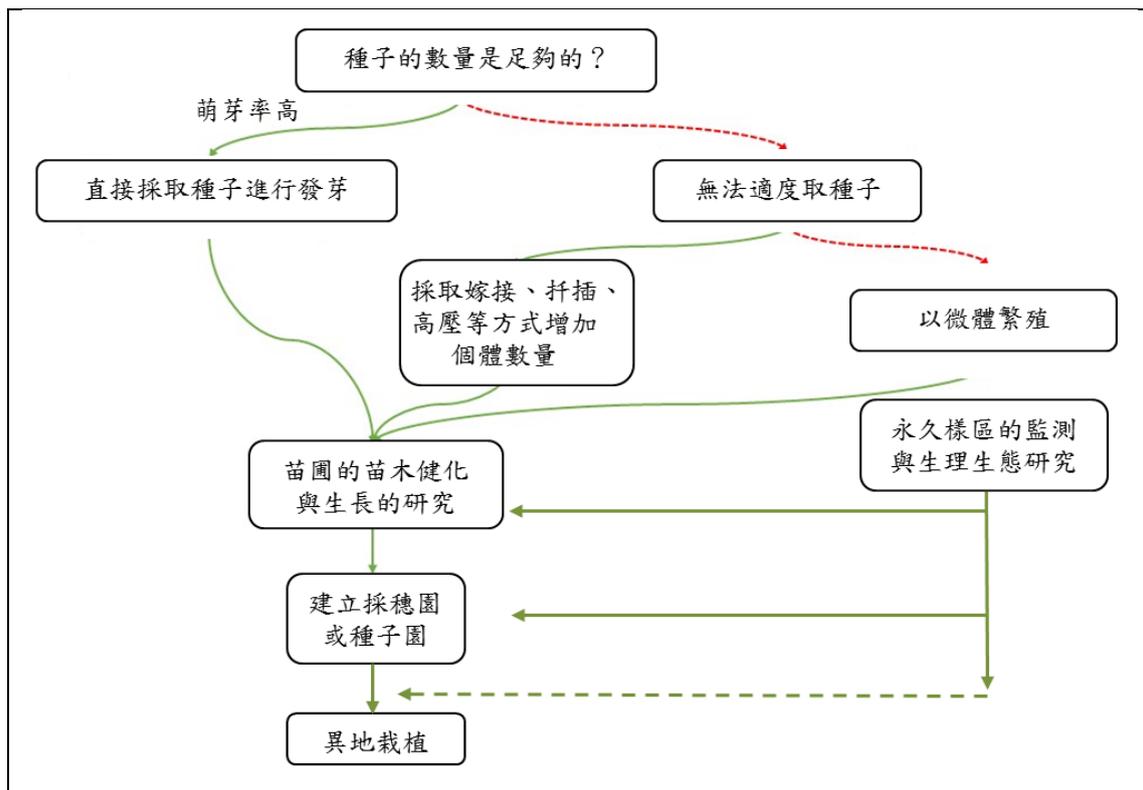


圖 289 水青岡物種異地復育的流程圖(參考自：趙偉村、廖宇庚，2016 再修改)

6. 大白山附近台灣水青岡之開礦探討

本次調查新發現台灣水青岡 115 株以上，其中第二、三區部分台灣水青岡距離萬達礦業擬申請核定區域位置相當近，甚至已有部分母樹位於申請開礦範圍之內。

由於台灣水青岡為《文化資產保存法》列名的珍貴稀有植物之一，其中規定禁止採摘、砍伐、挖掘或以其他方式破壞，並應維護其生態環境。

由目前的第二和三區來看，第三區屬於台灣目前台灣水青岡森林分布的最下

限，而第二區內也發現有與台灣水青岡森林有共存且專食性的太平山舟蛾，在生態及地理分布上有其特殊的保育價值，宜保留做詳細的研究。

由於第三區的台灣水青岡森林位於整個預定開礦區域的下方，一旦開礦除了粉塵與震動的問題外，上方採取礦石是否會造成土石掉下方或因土石鬆動及極端氣候如颱風來時造成大豪雨，形成土石流，而影響下方的台灣水青岡森林，這些都應在開發前針對水土保持與陡坡和氣候變遷的問題做審慎的評估（圖 30）。同時由於這次的調查因限於台灣水青岡落葉前才調查到這一小片族群，並未將第三區附近的台灣水青岡幼苗做詳細之清查，建議在明年展葉後應仔細清查。

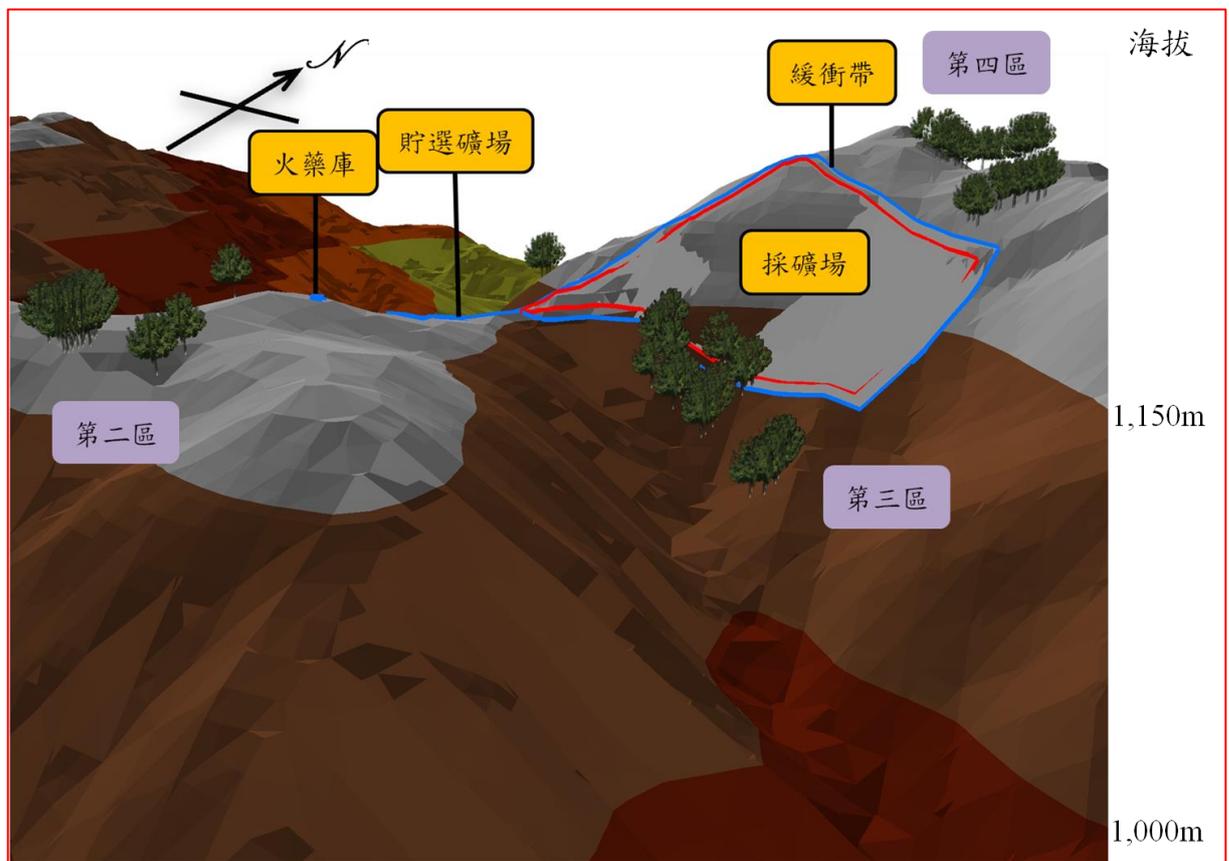


圖 29、第三區台灣水青岡與萬達礦場立體圖

（九）頭城山區的勘查結果

針對氣候變遷高風險之殘存地點之一的頭城山區初步進行勘查，目前已完成二個野外樣區調查，後續會繼續頭城山區的野外調查，詳細的植物名錄於附錄二。

五、結論與建議

- 1、調查至今的104個樣區中，已記錄植物126科346屬618種，蕨類植物30科67屬134種，裸子植物2科2屬3種，雙子葉植物82科222屬375種，單子葉植物12科55屬107種；特有種123種，原生種183種，外來種12種，稀有種21種。
- 2、依降趨對應分析結果，並參考雙向指標種分析法結果後區分成六個群團、八個群叢及一個次生林：A. 大葉楠群團（大葉楠群叢）、B. 九芎群團（包含 B1. 台灣雅楠—九芎群叢、B2. 九芎群叢）、C. 長尾尖葉槲群團（包含 C1. 錐果櫟—長尾尖葉槲群叢、C2. 長尾尖葉槲群叢）、D. 大葉石櫟群團（大葉石櫟群叢）、E. 台灣水青岡群團（台灣水青岡群叢）、F. 台灣赤楊群團（台灣赤楊群叢）、G. 次生林。
- 3、稀有植物在 C. 長尾尖葉槲群團中有最多種類，但在 B. 九芎群團與 E. 台灣水青岡群團有調查到偏好專一性群團的稀有植物。
- 4、本研究區域內出現的臺灣特有物種在未來是否也會面臨氣候變遷的威脅，或是有其他保育價值，可以比照 Kingston（2005）針在皮特凱恩群島之研究，將稀有、特有物種一同納入保育評估之中。
- 5、在大白山與蘭崁山中間支稜發現新的台灣水青岡族群 110 株，其中第三區距離萬達礦業擬申請核定區域位置相當近，甚至已有部分母樹位於申請開礦範圍之內，倘若開礦勢必會對本區水青岡族群造成傷害。
- 6、在大白山西北區的台灣水青岡死亡株數最高，同時存在高暴露度與高脆弱度的情況，建議最優先要採取介入點與經營行動的地區。
- 7、提出適應性經營之研究流程並修改為適合保育標的物的架構，未來會持續的修正以完整適應性經營之規劃。

8、針對氣候變遷高風險之殘存地點之一的頭城山區初步進行勘查，目前已完成二個野外樣區調查，後續會繼續頭城山區的野外調查。

六、參考文獻

王震哲、邱文良、張和明（2012）臺灣維管束植物紅皮書初評名錄。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。104 頁。

田連恕（1993）植被製圖。西安地圖出版社。172 頁。

宋永昌（2001）植被生態學。上海：華東師範大學出版社。673 頁。

林奐宇（2015）從臺灣維管束植物地理分布談氣候變遷之衝擊。2015 氣候變遷對生物多樣性的衝擊研討會論文集。

洪昆原、莊佩華、陳昱成、潘清連、簡慶德（2009）恆春半島的稀有植物系統保育首部曲—台灣柯及柳葉科的繁殖。自然保育期刊 66:32-34。

許驊（2015）台灣地區水青岡森林的風險性評估。國立宜蘭大學森林暨自然資源學系碩士論文。89 頁。

陳子英、許驊、郭嘉宜（2015）氣候變遷對台灣水青岡森林之衝擊評估。2015 氣候變遷對生物多樣性的衝擊研討會論文集。

趙偉村、廖宇庚（2016）因應氣候變遷生物多樣性回復力之研究-以南仁山及檜櫟森林為例。

謝長富（2007）建構台灣植群系分類架構之探討。第五屆台灣植群多樣性研討會論文集。行政院農業委員會林務局。1-10 頁。

蘇鴻傑（1987）植群生態多變數分析法之研究Ⅲ：降趨對應分析及相關分布序列法。中華林學季刊 20（3）:45-68。

蘇鴻傑（1992）臺灣之植群：山地植群帶與地理氣候區。臺灣生物資源調查及資訊管理。39-53 頁。

- Anderson, M.G. and C.E. Ferree (2010) Conserving the Stage: Climate Change and the Geophysical Underpinnings of Species Diversity. *PLoS ONE* 5 (7) :e11554. doi: 10.1371/journal.pone.0011554
- Ashcroft, M.B. (2010) Identifying refugia for climate change. *Journal of Biogeography* 37 (8) :1407-1413.
- California Department of Parks and Recreation (2002) *Vegetation Mapping. A Primer for The California State Park System.* California Department of Parks and Recreation. California, USA. 54pp.
- Campbell A. (2008) *Managing Australian landscapes in a changing climate: a climate change primer for regional natural resource management bodies.* Report to the Department of Climate Change, Canberra. 60pp.
- Cross, M.S., E.S. Zavaleta, D. Bachelet, M.L. Brooks, C.A. F. Enquist, E. Fleishman, L.J. Graumlich, C.R. Groves, L. Hannah, L. Hansen, G. Hayward, M. Koopman, J.J. Lawler, J. Malcolm, J. Nordgren, B. Petersen, E.L. Rowland, D. Scott, S.L. Shafer, R.M. Shaw and G. Tabo (2012) The Adaptation for Conservation Targets (ACT) framework: a tool for incorporating climate change into natural resource management. *Environmental Management* 50:341-351.
- Dawson, T.P., S.T. Jackson, J.I. Prentice and G.M. Mace (2011) Beyond predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. *Science* 332 (6025) :53-58.
- Foden, W.B., S.H.M. Butchart, S.N. Stuart, J.C. Vié, H.R. Akçakaya, A. Angulo, L.M. DeVantier, A. Gutsche, E. Turak, L. Cao, S.D. Donner, V. Katariya, R. Bernard, R.A. Holland, A.F. Hughes, S.E. O'Hanlon, S.T. Garnett, C.H. Sekerciöglu and G.M. Mace (2013) Identifying the World's Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals. *PLoS ONE* 8 (6) :e65427. doi: 10.1371/journal.pone.0065427
- Guerrant, E.O., K. Havens and P. Vitt (2013) Sampling for effective ex situ plant conservation. *International Journal of Plant Sciences* 175(1):11-20. doi: 10.1086/674131.

- Hannah, L., L. Flint, A.D. Syphard, M.A. Moritz, L.B. Buckley and I.M. McCullough (2014) Fine-grain modeling of species' response to climate change: holdouts, stepping-stones, and microrefugia. *Trends in Ecology and Evolution* 29(7):390-397.
- Huang, Tseng-Chieng, D.E. Boufford, H. Ohashi, C.F. Hsieh, C.S. Kuoh, C.I. Peng, J.L. Tsai and K.C. Yang (2003) *Flora of Taiwan Vol. VI. 2nd ed.*, Botany Dept. NTU. Taipei, Taiwan. 343pp.
- IPCC. (2007) *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and A.Reisinger (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland. 104 pp.
- Joyce, L.A., S.W. Running, D.D. Breshears, V.H. Dale, R.W. Malmshemer, R.N. Sampson, B. Sohngen and C.W. Wood-all. (2014) Ch. 7: Forests. *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*, Melillo J.M., Terese (T.C.) Richmond, and G. W. Yohe (Eds.), U.S. Global Change Research Program. pp. 175-194. doi:10.7930/J0Z60KZC.
- Keppel, G. and G.W. Wardell-Johnson (2015) Refugial capacity defines holdouts, microrefugia and stepping-stones. *Trends in Ecology and Evolution* 30(5):233-234.
- Kimura, M.K., K. Uchiyama, K. Nakao, Y. Moriguchi, L.S. Jose-Maldia and Y. Tsumura.(2014) Evidence for cryptic northern refugia in the last glacial period in *Cryptomeria japonica*. *Annals of botany* 114 (8) :1687-1700.
- Kingston, N. and S. Waldren (2005) A conservation appraisal of the rare and endemic vascular plants of Pitcairn Island. *Biodiversity and Conservation* 14(4):781-800.
- Larkin, D.J., S.K. Jacobi, A.L. Hipp and A.T. Kramer(2016) Keeping all the PIECES: Phylogenetically informed ex situ conservation of endangered species. *PLoS ONE* 11(6): e0156973. doi:10.1371/journal.pone.0156973

- Loo, J, M. Ramirez, M. Krasowski 2005. American Beech Vegetative Propagation and Genetic Diversity. In: Evans, Celia A., Lucas, Jennifer A. and Twery, Mark J., eds. Beech Bark Disease: Proceedings of the Beech Bark Disease Symposium; 2004 June 16-18; Saranak Lake, NY. Gen. Tech. Rep. NE-331. Newtown Square, PA: US. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station: 106-112.
- Mitchell, R.J., M.D. Morecroft, M. Acreman, H.Q.P. Crick, M. Frost, M. Harley, I.M.D. Maclean, O. Mountford, J. Piper, H. Pontier, M.M. Rehfisch, L.C. Ross, R.J. Smithers, A. Stott, C.A. Walmsley, O. Watts and E. Wilson (2007) England biodiversity strategy - towards adaptation to climate change. Final Report to the Department for Environment, Food, and Rural Affairs. 194pp.
- Molloy, S.W., R.A. Davis and E.J.B. Van Etten 2016 An evaluation and comparison of spatial modeling applications for the anagement of biodiversity: a case study on the fragmented landscapes of south-western Australia. *Pacific Conservation Biology* 22(4):338-349.
- Oldfield, S. and A.C. Newton (2012) Integrated conservation of tree species by botanic gardens: a reference manual. Botanic Gardens Conservation International, Richmond, United Kingdom Published by Botanic Gardens Conservation International Descanso House, 199 Kew Road, Richmond, Surrey, United Kingdom.
- Rull, V. (2009) Microrefugia. *Journal of Biogeography* 36 (3) :481-484.
- Rull, V. (2010) On microrefugia and cryptic refugia. *Journal of Biogeography* 37 (8) :1623-1625.
- Shoo, L.P., A.A. Hoffmann, S. Garnett, R.L. Pressey, Y.M. Williams, M. Taylor, L. Falconi, C.J. Yates, J.K. Scott, D. Alagador and S.E. Williams (2013) Making decisions to conserve species under climate change. *Climatic Change* 119(2): 239-246.
- Skov, F.and J.C. Svenning (2004) Potential impact of climatic change on the distribution of forest herbs in Europe. *Ecography*. 27 (3) :366-380.

- Stewart, J.R., A.M. Lister, I. Barnes and L. Dalén (2010) Refugia revisited: individualistic responses of species in space and time. *Proc. R. Soc. B: Biol. Sci.* 277 (1682) :661-671.
- The Nature Conservancy (1994) USGS/NPS Vegetation Mapping Program:Finaldraft,standardized national vegetation classification system. The Nature Conservancy. Virginia, USA. 89pp.
- Tingley, M.W., E.S. Darling and D.S. Wilcove (2014) Fine- and coarse-filter conservation strategies in a time of climate change. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1322 (1) :92-109.
- Thomas, E., R. Jalonen, J. Loo, D. Boshier, L. Gallo, S. Cavers, S. Bordács, P. Smith and M. Bozzano (2014) Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. *Forest Ecology and Management* 333:66-75.
- Tzedakis, P.C., B.C. Emerson and G.M. Hewitt(2013)Cryptic or mystic ? Glacial tree refugia in northern Europe. *Trends in ecology and evolution* 28 (12) :696-704.
- US-GAO(2007)Climate change: agencies should develop guidance for addressing the effects on federal land and water resources. U.S. General Accounting Office. GAO-07-863. 184pp.
- Watanabe, J., H. Ozawa, N. Miyamoto, T. Suda, T. Hiruta, I. Imai, M. Takahashi (2009)Cutting propagation of aged *Fagus crenata* trees. *Journal of the Japanese Forest Society* 91(5) : 344-347.(in Japan with English summary)

附錄一、大白山至大南澳嶺地區之植物名錄

科名	學名	中名
鐵線蕨科	<i>Adiantum flabellulatum</i> L.	扇葉鐵線蕨
	<i>Coniogramme intermedia</i> Hieron.	華鳳丫蕨
三叉蕨科	<i>Ctenitis eatonii</i> (Baker) Ching	愛德氏肋毛蕨
	<i>Ctenitis subglandulosa</i> (Hance) Ching	肋毛蕨
	<i>Pleocnemia rufinervis</i> (Hayata) Nakai	網脈突齒蕨
	<i>Tectaria devexa</i> (Kunze ex Mett.) Copel.	薄葉三叉蕨
	<i>Tectaria phaeocaulis</i> (Rosenst.) C. Chr.	蛇脈三叉蕨
	<i>Tectaria subtriphylla</i> (Hook. & Arn.) Copel.	三叉蕨
	<i>Tectaria subtriphylla</i> (Hook. & Arn.) Copel.	紫柄三叉蕨
	var. <i>ebenosa</i> (Nakai) Nemoto	
鐵角蕨科	<i>Asplenium antiquum</i> Makino	山蘇花
	<i>Asplenium australasicum</i> (J. Sm.) Hook.	南洋山蘇花
	<i>Asplenium cataractarum</i> Rosenst.	瀑布鐵角蕨
	<i>Asplenium cheilosorum</i> Kunze ex Mett.	薄葉孔雀鐵角蕨
	<i>Asplenium cuneatum</i> Lam.	大黑柄鐵角蕨
	<i>Asplenium excisum</i> C. Presl	剪葉鐵角蕨
	<i>Asplenium griffithianum</i> Hook.	叢葉鐵角蕨
	<i>Asplenium nidus</i> L.	台灣山蘇花
	<i>Asplenium normale</i> D. Don	生芽鐵角蕨
	<i>Asplenium polyodon</i> G. Forst.	革葉鐵角蕨
	<i>Asplenium ritoense</i> Hayata	尖葉鐵角蕨
	<i>Asplenium wilfordii</i> Mett. ex Kuhn	威氏鐵角蕨
	蹄蓋蕨科	<i>Athyriopsis japonica</i> (Thunb.) Ching
<i>Athyrium arisanense</i> (Hayata) Tagawa		阿里山蹄蓋蕨
<i>Athyrium drepanopterum</i> (Kunze) A. Braun		細裂蹄蓋蕨
ex Milde		
<i>Diplazium dilatatum</i> Blume		廣葉鋸齒雙蓋蕨
<i>Diplazium doederleinii</i> (Luer) Makino		德氏雙蓋蕨
<i>Diplazium donianum</i> (Mett.) Tardieu		細柄雙蓋蕨
<i>Diplazium esculentum</i> (Retz.) Sw.		過溝菜蕨
<i>Diplazium kawakamii</i> Hayata		川上氏雙蓋蕨
<i>Diplazium petri</i> Tardieu		廣葉深山雙蓋蕨
<i>Diplazium pseudodoederleinii</i> Hayata		擬德氏雙蓋蕨
烏毛蕨科	<i>Blechnum orientale</i> L.	烏毛蕨

科名	學名	中名
烏毛蕨科	<i>Woodwardia orientalis</i> Sw. var. <i>formosana</i> Rosenst.	台灣狗脊蕨
燕尾蕨科	<i>Cheiropleuria bicuspis</i> (Blume) C. Presl	燕尾蕨
杪櫨科	<i>Alsophila metteniana</i> Hance <i>Alsophila podophylla</i> Hook. <i>Alsophila spinulosa</i> (Wall. ex Hook.) R.M. Tryon	台灣樹蕨 鬼杪櫨 台灣杪櫨
	<i>Sphaeropteris lepifera</i> (J. Sm. ex Hook.) R.M. Tryon	筆筒樹
骨碎補科	<i>Araiostegia perdurans</i> (Christ) Copel. <i>Davallia griffithiana</i> Hook. <i>Davallia mariesii</i> T. Moore ex Baker	小膜蓋蕨 杯狀蓋骨碎補 海州骨碎補
碗蕨科	<i>Dennstaedtia scandens</i> (Blume) T. Moore <i>Dennstaedtia smithii</i> (Hook.) T. Moore <i>Histiopteris incisa</i> (Thunb.) J. Sm. <i>Microlepia krameri</i> C.M. Kuo <i>Microlepia marginata</i> (Panz.) C. Chr. <i>Microlepia marginata</i> (Panz.) C. Chr. var. <i>bipinnata</i> Makino <i>Microlepia speluncaae</i> (L.) T. Moore <i>Microlepia strigosa</i> (Thunb.) Presl <i>Monachosorum henryi</i> Christ	刺柄碗蕨 司氏碗蕨 栗蕨 克氏鱗蓋蕨 邊緣鱗蓋蕨 台北鱗蓋蕨 熱帶鱗蓋蕨 粗毛鱗蓋蕨 稀子蕨
蚌殼蕨科	<i>Cibotium barometz</i> (L.) J. Sm.	金狗毛蕨
鱗毛蕨科	<i>Acrophorus stipellatus</i> (Wall.) Moore <i>Acrorumohra diffracta</i> (Baker) H. Itô <i>Arachniodes aristata</i> (G.Forst.) Tindle <i>Arachniodes festina</i> (Hance) Ching <i>Arachniodes pseudoaristatum</i> (Tagawa) Ohwi <i>Arachniodes rhomboidea</i> (Schott) Ching <i>Cyrtomium hookerianum</i> (C. Presl) C. Chr. <i>Dryopteris formosana</i> (Christ) C. Chr. <i>Dryopteris polita</i> Rosenst. <i>Dryopteris sordidipes</i> Tagawa <i>Dryopteris sparsa</i> (D. Don) Kuntze <i>Polystichum hancockii</i> (Hance) Diels <i>Polystichum parvipinnulum</i> Tagawa	魚鱗蕨 彎柄假複葉耳蕨 細葉複葉耳蕨 台灣兩面複葉耳蕨 小葉複葉耳蕨 斜方複葉耳蕨 狹葉貫眾蕨 台灣鱗毛蕨 台東鱗毛蕨 落鱗鱗毛蕨 長葉鱗毛蕨 韓氏耳蕨 尖葉耳蕨

科名	學名	中名
木賊科	<i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.	木賊
裏白科	<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm. f.) Underw.	芒萁
	<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm. f.) C.B. Clarke var. <i>tetraphylla</i> (Rosenst.) Nakai	蔓芒萁
禾葉蕨科	<i>Ctenopteris curtisii</i> (Bak.) Tagawa	蒿蕨
	<i>Xiphopteris okuboi</i> (Yatabe) Copel.	梳葉蕨
膜蕨科	<i>Hymenophyllum barbatum</i> (v. d. Bosch) Bak.	華東膜蕨
	<i>Mecodium polyanthos</i> (Sw.) Copel.	細葉落蕨
	<i>Vandenboschia auriculata</i> (Blume) Copel.	瓶蕨
陵齒蕨科	<i>Lindsaea chienii</i> Ching	錢氏陵齒蕨
	<i>Lindsaea orbiculata</i> (Lam.) Mett. ex Kuhn	海島陵齒蕨
	var. <i>commixta</i> (Tagawa) K.U. Kramer	
羅蔓藤蕨科	<i>Bolbitis subcordata</i> (Copel.) Ching	海南實蕨
石松科	<i>Lycopodium cernuum</i> L.	過山龍
	<i>Lycopodium hamiltonii</i> Spring	福氏石松
觀音座蓮科	<i>Angiopteris lygodiifolia</i> Rosenst.	觀音座蓮
蓀蕨科	<i>Nephrolepis auriculata</i> (L.) Trimen	腎蕨
	<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott	長葉腎蕨
	<i>Nephrolepis multiflora</i> (Roxburgh) Jarret et Morton	毛葉腎蕨
	<i>Botrychium daucifolium</i> (Wall.) Hook. & Grev.	薄葉大陰地蕨
	<i>Ophioderma pendula</i> (L.) Presl	帶狀瓶爾小草
紫萁科	<i>Osmunda banksiaefolia</i> (Pr.) Kuhn	粗齒革葉紫萁
瘤足蕨科	<i>Plagiogyria adnata</i> (Blume) Bedd.	瘤足蕨
	<i>Plagiogyria dunnii</i> Copel.	倒葉瘤足蕨
	<i>Plagiogyria euphlebia</i> (Kunze) Mett.	華中瘤足蕨
	<i>Plagiogyria stenoptera</i> (Hance) Diels	耳形瘤足蕨
水龍骨科	<i>Colysis elliptica</i> (Thunb.) Ching	橢圓線蕨
	<i>Colysis hemionitidea</i> C. Presl	斷線蕨
	<i>Colysis wrightii</i> (Hook.) Ching	萊氏線蕨
	<i>Crypsinus engleri</i> (Luerss.) Copel.	恩氏蕨
	<i>Drynaria fortunei</i> (Kunze) J. Sm.	槲蕨
	<i>Lemmaphyllum microphyllum</i> Presl	抱樹蕨
	<i>Lepisorus monilisorus</i> (Hayata) Tagawa	擬篋瓦葦
	<i>Lepisorus thunbergianus</i> (Kaulf.) Ching	瓦葦
	<i>Microsorium buergerianum</i> (Miq.) Ching	波氏星蕨

科名	學名	中名
水龍骨科	<i>Microsorium henryi</i> (Christ) Kuo	大星蕨
	<i>Polypodium amoenum</i> Wall.	阿里山水龍骨
	<i>Polypodium formosanum</i> Bak.	台灣水龍骨
	<i>Pseudodrynaria coronans</i> (Mett.) Ching	崖薑蕨
松葉蕨科	<i>Pyrrosia lingua</i> (Thunb.) Farw.	石葦
	<i>Psilotum nudum</i> (L.) Beave.	松葉蕨
鳳尾蕨科	<i>Onychium siliculosum</i> (Desv.) C. Chr.	金粉蕨
	<i>Pteris cadieri</i> Christ	條紋鳳尾蕨
	<i>Pteris dispar</i> Kunze	天草鳳尾蕨
	<i>Pteris excelsa</i> Guad.	溪鳳尾蕨
	<i>Pteris fauriei</i> Hieron.	傅氏鳳尾蕨
	<i>Pteris grevilleana</i> Wall.	翅柄鳳尾蕨
	<i>Pteris scabristipes</i> Tagawa	紅柄鳳尾蕨
	<i>Pteris tokioi</i> Masamune	鈴木氏鳳尾蕨
	<i>Pteris wallichiana</i> Ag.	瓦氏鳳尾蕨
	海金沙科	<i>Lygodium japonicum</i> (Thunb.) Sw.
卷柏科	<i>Selaginella delicatula</i> (Desv.) Alston	全緣卷柏
	<i>Selaginella doederleinii</i> Hieron.	生根卷柏
	<i>Selaginella involvens</i> (Sw.) Spring	密葉卷柏
	<i>Selaginella mollendorffii</i> Hieron.	異葉卷柏
	<i>Selaginella remotifolia</i> Spring	疏葉卷柏
金星蕨科	<i>Christella arida</i> (Don) Holtt.	密腺小毛蕨
	<i>Christella parasitica</i> (L.) Lev.	密毛小毛蕨
	<i>Cyclosorus acuminatus</i> (Houtt.) Nakai ex H. Ito	小毛蕨
	<i>Cyclosorus truncatus</i> (Poir.) Farw.	大葉毛蕨
	<i>Dictyocline griffithii</i> Moore	聖蕨
	<i>Dictyocline griffithii</i> Moore var. <i>wilfordii</i> (Hook.) Moore	威氏聖蕨
	<i>Parathelypteris japonica</i> (Bak.) Ching	栗柄金星蕨
	<i>Pronephrium simplex</i> (Hook.) Holtt.	單葉新月蕨
	<i>Pronephrium triphyllum</i> (Sw.) Holtt.	新月蕨
	<i>Pseudocyclosorus esquirolii</i> (Christ) Ching	假毛蕨
	<i>Sphaerostephanos taiwanensis</i> (C. Chr.) Holtt.	台灣圓腺蕨
	<i>Thelypteris erubescens</i> (Wall. ex Hook.) Ching	大葉金星蕨

科名	學名	中名
書帶蕨科	<i>Antrophyum obovatum</i> Bak.	車前蕨
	<i>Vittaria angusto-elongata</i> Hayata	姬書帶蕨
	<i>Vittaria flexuosa</i> Fee	書帶蕨
書帶蕨科	<i>Vittaria zosterifolia</i> Willd.	垂葉書帶蕨
粗榧科	<i>Cephalotaxus wilsoniana</i> Hayata	台灣粗榧
羅漢松科	<i>Nageia fleuryi</i> (Hickel) de Laub.	長葉竹柏
	<i>Nageia nagi</i> (Thunb.) Kuntze	竹柏
爵床科	<i>Codonacanthus pauciflorus</i> (Nees) Nees	針刺草
	<i>Lepidagathis formosensis</i> Clarke ex Hayata	台灣鱗球花
	<i>Staurogyne concinnula</i> (Hance) Ktze.	哈啞花
	<i>Strobilanthes rankanensis</i> (Hayata) Bremek.	蘭坎馬藍
楓樹科	<i>Acer serrulatum</i> Hayata	青楓
獼猴桃科	<i>Actinidia chinensis</i> Planch. var. <i>setosa</i> Li	台灣羊桃
	<i>Saurauja tristyla</i> DC. var. <i>oldhamii</i> (Hemsl.) Finet & Gagnep.	水冬瓜
漆樹科	<i>Rhus ambigua</i> Lav. ex Dipped.	台灣藤漆
	<i>Rhus succedanea</i> L.	山漆
番荔枝科	<i>Fissistigma oldhamii</i> (Hemsl.) Merr.	瓜馥木
繖形花科	<i>Hydrocotyle dichondroides</i> Makino	毛天胡荽
夾竹桃科	<i>Anodendron affine</i> (Hook. & Arn.) Druce	錦蘭
	<i>Anodendron benthamiana</i> Hemsl.	大錦蘭
	<i>Ecdysanthera rosea</i> Hook. & Arn.	酸藤
	<i>Ecdysanthera utilis</i> Hayata & Kawakami	乳藤
	<i>Trachelospermum gracilipes</i> Hook. f.	細梗絡石
冬青科	<i>Ilex asprella</i> (Hook. & Arn.) Champ.	燈稱花
	<i>Ilex ficoidea</i> Hemsl.	台灣糊櫨
	<i>Ilex formosana</i> Maxim.	糊櫨
	<i>Ilex hayataiana</i> Loes.	早田氏冬青
	<i>Ilex lonicerifolia</i> Hayata	忍冬葉冬青
	<i>Ilex lonicerifolia</i> Hayata var. <i>matsudai</i> Yamamoto	松田氏冬青
	<i>Ilex rotunda</i> Thunb.	鐵冬青
五加科	<i>Aralia bipinnata</i> Blanco	裡白椴木
	<i>Aralia decaisneana</i> Hance	鵲不踏
	<i>Dendropanax pellucidopunctata</i> (Hayata) Kanehira ex Kanehira & Hatusima	台灣樹參
	<i>Eleutherococcus trifolius</i> (L.) S.Y. Hu	三葉五加

科名	學名	中名	
五加科	<i>Fatsia polycarpa</i> Hayata	台灣八角金盤	
	<i>Hedera rhombea</i> (Miq.) Bean	台灣常春藤	
	var. <i>formosana</i> (Nakai) H.L. Li		
	<i>Schefflera octophylla</i> (Lour.) Harms	鵝掌柴	
	<i>Schefflera odorata</i> (Blanco) Merr. & Rolfe	鵝掌藤	
	<i>Schefflera taiwaniana</i> (Nakai) Kanehira	台灣鵝掌柴	
	<i>Tetrapanax papyriferus</i> (Hook.) K. Koch	通脫木	
馬兜鈴科	<i>Asarum macranthum</i> Hook. f.	大花細辛	
蘿藦科	<i>Dischidia formosana</i> Maxim.	風不動	
	<i>Heterostemma brownii</i> Hayata	布朗藤	
	<i>Hoya carnososa</i> (L. f.) R. Br.	毬蘭	
	<i>Marsdenia formosana</i> Masamune	台灣牛彌菜	
	<i>Marsdenia tinctoria</i> R. Br.	絨毛芙蓉蘭	
	<i>Tylophora ovata</i> (Lindl.) Hook. ex Steud.	鷓鴣蔓	
	<i>Tylophora taiwanensis</i> Hatusima	台灣鷓鴣蔓	
	菊科	<i>Adenostemma lavenia</i> (L.) Ktze.	下田菊
		<i>Artemisia capillaris</i> Thunb.	茵陳蒿
		<i>Artemisia fukudo</i> Makino	濱艾
<i>Aster hispidus</i> Willd.		狗娃花	
<i>Bidens pilosa</i> L. var. <i>radiata</i> Sch.		大花咸豐草	
<i>Blumea riparia</i> (Blume) DC.		大頭艾納香	
var. <i>megacephala</i> Randeria			
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.		加拿大蓬	
<i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore		昭和草	
<i>Crepidiastrum lanceolatum</i> (Houtt.) Nakai		細葉假黃鵪菜	
<i>Dichrocephala integrifolia</i> (L. f.) Kuntze		茯苓菜	
<i>Elephantopus mollis</i> H. B. K.		毛蓮菜	
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.		台灣澤蘭	
subsp. <i>asiaticum</i> Kitam.			
<i>Eupatorium clematideum</i> (Wall. ex DC.) Sch. Bip.		田代氏澤蘭	
<i>Farfugium japonicum</i> (L.) Kitamura		山菊	
<i>Mikania cordata</i> (Burm. f.) B. L. Rob.		蔓澤蘭	
<i>Notoseris formosana</i> (Kitamura) C. Shih	台灣福王草		
<i>Vernonia gratioiosa</i> Hance	台灣斑鳩菊 (過山龍)		
秋海棠科	<i>Begonia formosana</i> (Hayata) Masamune	水鴨腳	

科名	學名	中名
樺木科	<i>Alnus formosana</i> (Burkill ex Forbes & Hemsl.) Makino	台灣赤楊
紫葳科	<i>Radermachia sinica</i> (Hance) Hemsl.	山菜豆
紫草科	<i>Heliotropium formosanum</i> I. M. Johnst.	山豆根
鐘萼木科	<i>Bretschneidera sinensis</i> Hemsl.	鐘萼木
黃楊科	<i>Buxus microphylla</i> Sieb. & Zucc. subsp. <i>sinica</i> (Rehd. & Wils.) Hatusima	黃楊
桔梗科	<i>Peracarpa carnosia</i> (Wall.) Hook. f. & Thoms.	山桔梗
山柑科	<i>Crateva adansonii</i> DC. subsp. <i>formosensis</i> Jacobs	魚木
忍冬科	<i>Viburnum erosum</i> Thunb. <i>Viburnum foetidum</i> Wall. var. <i>rectangulatum</i> (Graebner) Rehder <i>Viburnum formosanum</i> Hayata	松田氏莢蒾 狹葉莢蒾 紅子莢蒾
石竹科	<i>Stellaria arisanensis</i> (Hayata) Hayata	阿里山繁縷
衛矛科	<i>Celastrus hindsii</i> Benth. <i>Euonymus tashiroi</i> Maxim. <i>Microtropis fokiensis</i> Dunn <i>Perrottetia arisanensis</i> Hayata	南華南蛇藤 菱葉衛矛 福建賽衛矛 佩羅特木
藜科	<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	臭杏
金粟蘭科	<i>Sarcandra glabra</i> (Thunb.) Nakai	草珊瑚
旋花科	<i>Erycibe henryi</i> Prain	亨利氏伊立基藤
榛木科	<i>Carpinus rankanensis</i> Hayata	蘭邯千金榆
瓜科	<i>Actinostemma tenerum</i> Griff. <i>Gymnopetalum cochinchinensis</i> (Lour.) Kurz <i>Gynostemma pentaphyllum</i> (Thunb.) Makino <i>Thladiantha nudiflora</i> Hemsl. ex Forb. & Hemsl. <i>Zehneria mucronata</i> (Blume) Miq.	合子草 裸瓣瓜 絞股藍 青牛膽 黑果馬蛟兒
虎皮楠科	<i>Daphniphyllum glaucescens</i> Bl. subsp. <i>oldhamii</i> (Hemsl.) Huang <i>Daphniphyllum himalaense</i> (Benth.) Muell.-Arg. subsp. <i>macropodum</i> (Miq.) Huang	奧氏虎皮楠 薄葉虎皮楠
柿樹科	<i>Diospyros eriantha</i> Champ. ex Benth. <i>Diospyros morrisiana</i> Hance	軟毛柿 山紅柿
胡頹子科	<i>Elaeagnus formosana</i> Nakai	台灣胡頹子

科名	學名	中名
胡頹子科	<i>Elaeagnus glabra</i> Thunb.	藤胡頹子
	<i>Elaeagnus thunbergii</i> Serv.	鄧氏胡頹子
杜英科	<i>Elaeocarpus japonicus</i> Sieb. & Zucc.	薯豆
	<i>Elaeocarpus sylvestris</i> (Lour.) Poir.	杜英
	<i>Sloanea formosana</i> Li	猴歡喜
杜鵑花科	<i>Enkianthus perulatus</i> Schneider	台灣吊鐘花
杜鵑花科	<i>Rhododendron latoucheae</i> Fr.	西施花
	<i>Rhododendron oldhamii</i> Maxim.	金毛杜鵑
大戟科	<i>Rhododendron sojonense</i> Hayata	守城滿山紅
	<i>Vaccinium bracteatum</i> Thunb.	米飯花
	<i>Vaccinium wrightii</i> Gray	大葉越橘
	<i>Antidesma japonicum</i> Sieb. & Zucc.	密花五月茶
	var. <i>densiflorum</i> Hurusawa	
	<i>Bischofia javanica</i> Blume	茄冬
	<i>Breynia officinalis</i> Hemsl.	紅仔珠
	<i>Bridelia balansae</i> Tutch.	刺杜密
	<i>Glochidion acuminatum</i> Muell.-Arg.	裏白饅頭果
	<i>Glochidion philippicum</i> (Cav.) C. B. Rob.	菲律賓饅頭果
	<i>Glochidion rubrum</i> Blume	細葉饅頭果
	<i>Glochidion zeylanicum</i> (Gaertn.) A. Juss.	錫蘭饅頭果
	<i>Glochidion zeylanicum</i> (Gaertn.) A. Juss.	披針葉饅頭果
	var. <i>lanceolatum</i> (Hayata) M. J. Deng & J. C. Wang	
	<i>Macaranga tanarius</i> (L.) Muell.-Arg.	血桐
<i>Mallotus japonicus</i> (Thunb.) Muell. -Arg.	野桐	
<i>Mallotus paniculatus</i> (Lam.) Muell. -Arg.	白匏子	
<i>Mallotus philippensis</i> (Lam.) Muell. -Arg.	粗糠柴	
<i>Sapium discolor</i> Muell.-Arg.	白白	
<i>Vernicia montana</i> Lour.	廣東油桐	
豆科	<i>Acacia confusa</i> Merr.	相思樹
	<i>Archidendron lucidum</i> Benth.	領垂豆
	<i>Bauhinia championii</i> Benth.	菊花木
	<i>Euchresta formosana</i> (Hayata) Ohwi	台灣山豆根
	<i>Hylodesmum laterale</i> (Schindl.) H. Ohashi & R. R. Mill	琉球山螞蝗
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	銀合歡
	<i>Millettia reticulata</i> Benth.	老荊藤

科名	學名	中名
豆科	<i>Mucuna macrocarpa</i> Wall.	血藤
	<i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi subsp. <i>thomsonii</i> (Benth.) Ohashi & Tateishi	大葛藤
殼斗科	<i>Castanopsis cuspidata</i> (Thunb.) Schottky var. <i>carlesii</i> (Hemsl.) Yamaz.	長尾尖葉櫟
	<i>Castanopsis cuspidata</i> (Thunb.) Schottky var. <i>carlesii</i> (Hemsl.) Yamaz. f. <i>sessilis</i> (Nakai) Liao	白校櫟
殼斗科	<i>Fagus hayatae</i> Palib.	台灣水青岡
	<i>Lithocarpus lepidocarpus</i> (Hayata) Hayata	鬼石櫟
	<i>Lithocarpus glabra</i> (Thunb. ex Murray) Oerst.	子彈石櫟
	<i>Lithocarpus hancei</i> (Benth.) Schott var. <i>ternaticupula</i> (Hay.) Liao	細葉三斗石櫟
	fo. <i>subreticulata</i> (Hay.) Liao	
	<i>Lithocarpus hancei</i> (Benth.) Schott. var. <i>ternaticupula</i> (Hay.) Liao	三斗石櫟
	<i>Lithocarpus harlandii</i> (Hance) Oersted	短尾柯
	<i>Lithocarpus kawakamii</i> (Hayata) Schott.	大葉石櫟
	<i>Lithocarpus konishii</i> (Hayata) Schottky	油葉石櫟
	<i>Lithocarpus synbalanos</i> (Hance) Schottky	菱果石櫟
	<i>Lithocarpus taitoensis</i> (Hayata) Liao	台東石櫟
	<i>Quercus gilva</i> (Blume) Oerst.	赤皮
	<i>Quercus glauca</i> (Thunb.) Oerst.	青剛櫟
	<i>Quercus longinux</i> (Hayata) Schott.	錐果櫟
	<i>Quercus sessilifolia</i> (Blume) Schottky	毬子櫟
	大風子科	<i>Casearia membranacea</i> Hance
龍膽科	<i>Tripterospermum lanceolatum</i> (Hayata) Hara ex Satake	玉山肺形草
	<i>Tripterospermum taiwanense</i> (Masamune) Satake	台灣肺形草
苦苣苔科	<i>Aeschynanthus acuminatus</i> Wall. ex A. DC.	長果藤
	<i>Hemiboea bicornuta</i> (Hayata) Ohwi	角桐草
	<i>Lysionotus pauciflorus</i> Maxim.	石吊蘭
	<i>Rhynchotechum discolor</i> (Maxim.) Burtt	同蕊草
草海桐科	<i>Scaevola taccada</i> (Gaertner) Roxb.	草海桐
金縷梅科	<i>Distylium gracile</i> Nakai	細葉蚊母樹
	<i>Distylium racemosum</i> Sieb. & Zucc.	蚊母樹

科名	學名	中名
金縷梅科	<i>Liquidambar formosana</i> Hance	楓香
胡桃科	<i>Engelhardtia roxburghiana</i> Wall.	黃杞
木通科	<i>Stauntonia obovatifoliola</i> Hayata	石月
樟科	<i>Beilschmiedia erythrophloia</i> Hayata	瓊楠
	<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) Nees & Eberm.	樟
	<i>Cinnamomum insularimontanum</i> Hayata	台灣肉桂
	<i>Cinnamomum macrostemon</i> Hayata	胡氏肉桂
	<i>Cinnamomum osmophloeum</i> Kanehira	土肉桂
	<i>Cryptocarya chinensis</i> (Hance) Hemsl.	厚殼桂
	<i>Cryptocarya concinna</i> Hance	土楠
	<i>Lindera akoensis</i> Hayata	內荖子
	<i>Lindera communis</i> Hemsl.	香葉樹
	<i>Lindera megaphylla</i> Hemsl.	大香葉樹
	<i>Litsea acuminata</i> (Blume) Kurata	長葉木薑子
	<i>Litsea elongata</i> (Wall. ex Nees) Benth. & Hook. f. var. <i>mushaensis</i> (Hayata) J. C. Liao	霧社木薑子
	<i>Litsea hypophaea</i> Hayata	黃肉樹
	<i>Litsea morrisonensis</i> Hayata	玉山木薑子
	<i>Machilus japonica</i> Sieb. & Zucc.	假長葉楠
	<i>Machilus japonica</i> Sieb. & Zucc. var. <i>kusanoi</i> (Hayata) Liao	大葉楠
	<i>Machilus thunbergii</i> Sieb. & Zucc.	豬腳楠
	<i>Machilus zuihoensis</i> Hayata	香楠
	<i>Neolitsea aciculata</i> (Blume) Koidz. var. <i>variabilissima</i> (Hayata) J. C. Liao	變葉新木薑子
	<i>Neolitsea acuminatissima</i> (Hayata) Kanehira & Sasaki	高山新木薑子
<i>Neolitsea konishii</i> (Hayata) Kanehira & Sasaki	五掌楠	
<i>Neolitsea parvigemma</i> (Hayata) Kanehira & Sasaki	小芽新木薑子	
<i>Phoebe formosana</i> (Hayata) Hayata	台灣雅楠	
千屈菜科	<i>Lagerstroemia subcostata</i> Koehne	九芎
木蘭科	<i>Michelia compressa</i> (Maxim.) Sargent	烏心石
黃耨花科	<i>Hiptage benghalensis</i> (L.) Kurz	猿尾藤
錦葵科	<i>Hibiscus taiwanensis</i> Hu	山芙蓉
野牡丹科	<i>Blastus cochinchinensis</i> Lour.	柏拉木

科名	學名	中名
野牡丹科	<i>Bredia gibba</i> Ohwi	小金石榴
	<i>Bredia oldhamii</i> Hook. f.	金石榴
	<i>Melastoma candidum</i> D. Don	野牡丹
	<i>Pachycentria formosana</i> Hayata	台灣厚距花
	<i>Sarcopyramis napalensis</i> Wall. var. <i>bodinieri</i> Levl.	肉穗野牡丹
防己科	<i>Cocculus orbiculatus</i> (L.) DC.	木防己
	<i>Pericampylus formosanus</i> Diels	蓬萊藤
	<i>Stephania japonica</i> (Thunb. ex Murray) Miers	千金藤
桑科	<i>Ficus ampelas</i> Burm. f.	菲律賓榕
桑科	<i>Ficus erecta</i> Thunb. var. <i>beecheana</i> (Hook. & Arn.) King	牛奶榕
	<i>Ficus fistulosa</i> Reinw. ex Blume	豬母乳
	<i>Ficus formosana</i> Maxim.	天仙果
	<i>Ficus irisana</i> Elmer	澀葉榕
	<i>Ficus microcarpa</i> L. f.	榕樹
	<i>Ficus microcarpa</i> L. f. var. <i>crassifolia</i> (Shieh) Liao	厚葉榕
	<i>Ficus nervosa</i> Heyne	九重吹
	<i>Ficus pumila</i> L.	薜荔
	<i>Ficus sarmentosa</i> Buch.-Ham. ex J. E. Sm. var. <i>nipponica</i> (Fr. & Sav.) Corner	珍珠蓮
	<i>Ficus septica</i> Burm. f.	大有榕
	<i>Ficus superba</i> (Miq.) Miq. var. <i>japonica</i> Miq.	雀榕
	<i>Ficus variegata</i> Blume var. <i>garciae</i> (Elmer) Corner	幹花榕
	<i>Ficus virgata</i> Reinw. ex Blume	白肉榕
	<i>Maclura cochinchinensis</i> (Lour.) Corner	柘樹
	<i>Malaisia scandens</i> (Lour.) Planch.	盤龍木
<i>Morus australis</i> Poir.	小桑樹	
楊梅科	<i>Myrica rubra</i> (Lour.) Sieb. & Zucc.	楊梅
紫金牛科	<i>Ardisia chinensis</i> Benth.	華紫金牛
	<i>Ardisia cornudentata</i> Mez subsp. <i>morrisonensis</i> (Hayata) Yuen P. Yang	玉山紫金牛
	<i>Ardisia crenata</i> Sims	珠砂根
	<i>Ardisia crispa</i> (Thunb.) A. DC.	百兩金

科名	學名	中名
紫金牛科	<i>Ardisia japonica</i> (Hornsted) Blume	紫金牛
	<i>Ardisia pusilla</i> DC.	輪葉紫金牛
	<i>Ardisia quinquegona</i> Blume	小葉樹杞
	<i>Ardisia sieboldii</i> Miq.	樹杞
	<i>Ardisia virens</i> Kurz	黑星紫金牛
	<i>Embelia laeta</i> (L.) Mez	藤毛木櫛
	var. <i>papilligera</i> (Nakai) Walker	
	<i>Maesa japonica</i> (Thunb.) Moritzi	山桂花
	<i>Maesa perlaria</i> (Lour.) Merr.	台灣山桂花
	var. <i>formosana</i> (Mez) Yuen P. Yang	
	<i>Myrsine seguinii</i> Lev.	大明橘
桃金娘科	<i>Syzygium buxifolium</i> Hook. & Arn.	小葉赤楠
木犀科	<i>Fraxinus griffithii</i> C. B. Clarke	白雞油
木犀科	<i>Fraxinus insularis</i> Hemsl.	台灣栲
	<i>Jasminum nervosum</i> Lour.	山素英
	<i>Ligustrum liukiense</i> Koidz.	日本女貞
	<i>Ligustrum microcarpum</i> Kanehira & Sasaki	小實女貞
	<i>Osmanthus matsumuranus</i> Hayata	大葉木犀
西番蓮科	<i>Adenia formosana</i> Hayata	假西番蓮
胡椒科	<i>Peperomia japonica</i> Makino	椒草
	<i>Piper kadsura</i> (Choisy) Ohwi	風藤
	<i>Piper sintenense</i> Hatusima	薄葉風藤
海桐科	<i>Pittosporum daphniphyllodes</i> Hayata	大葉海桐
蓼科	<i>Polygonum chinense</i> L.	火炭母草
	<i>Polygonum multiflorum</i> Thunb.	台灣何首烏
	var. <i>hypoleucum</i> (Ohwi) Liu, Ying & Lai	
	<i>Polygonum thunbergii</i> Sieb. & Zucc.	戟葉蓼
	fo. <i>biconvexum</i> (Hayata) Liu, Ying & Lai	
山龍眼科	<i>Helicia formosana</i> Hemsl.	山龍眼
毛茛科	<i>Clematis grata</i> Wall.	串鼻龍
	<i>Clematis henryi</i> Oliv.	亨利氏鐵線蓮
	<i>Clematis tamurae</i> Yang & Huang	田村氏鐵線蓮
	<i>Clematis uncinata</i> Champ. ex Benth.	柱果鐵線蓮
鼠李科	<i>Rhamnus formosana</i> Matsum.	桶鈎藤
	<i>Sageretia thea</i> (Osbeck) M. C. Johnst.	雀梅藤
	<i>Ventilago elegans</i> Hemsl.	翼核木
	<i>Ventilago leiocarpa</i> Benth.	光果翼核木

科名	學名	中名	
薔薇科	<i>Eriobotrya deflexa</i> (Hemsl.) Nakai	山枇杷	
	<i>Pourthiaea villosa</i> (Thunb. ex Murray) Decne. var. <i>parvifolia</i> (Pritz.) Iketani & Ohashi	小葉石楠	
	<i>Prunus campanulata</i> Maxim.	山櫻花	
	<i>Prunus phaeosticta</i> (Hance) Maxim.	墨點櫻桃	
	<i>Rubus buergeri</i> Miq.	寒莓	
	<i>Rubus corchorifolius</i> L. f.	變葉懸鉤子	
	<i>Rubus croceacanthus</i> Levl.	虎婆刺	
	<i>Rubus fraxinifoliolus</i> Hayata	栲葉懸鉤子	
	<i>Rubus mesogaeus</i> Focke	裡白懸鉤子	
	<i>Rubus pyrifolius</i> J. E. Sm.	梨葉懸鉤子	
	<i>Rubus swinhoei</i> Hance	斯氏懸鉤子	
	茜草科	<i>Coptosapelta diffusa</i> (Champ. ex Benth.) Steen.	瓢箪藤
		<i>Damnacanthus indicus</i> Gaertn.	伏牛花
		<i>Gardenia jasminoides</i> Ellis	山黃梔
<i>Hedyotis strigulosa</i> Bartl. ex DC. var. <i>parvifolia</i> (Hook. & Arn.) Yamazaki		脈耳草	
<i>Lasianthus appressihirtus</i> Simizu var. <i>maximus</i> Simizu ex T. S. Liu & J. M. Chao		大葉密毛雞屎樹	
<i>Lasianthus bunzanensis</i> Simizu		文山雞屎樹	
<i>Lasianthus curtisii</i> King & Gamble		柯氏雞屎樹	
<i>Lasianthus fordii</i> Hance		琉球雞屎樹	
<i>Lasianthus microphyllus</i> Elmer		小葉雞屎樹	
<i>Lasianthus microstachys</i> Hayata		薄葉雞屎樹	
<i>Lasianthus obliquinervis</i> Merr.		雞屎樹	
<i>Lasianthus wallichii</i> Wight		圓葉雞屎樹	
<i>Mussaenda pubescens</i> Ait. f.		毛玉葉金花	
<i>Ophiorrhiza japonica</i> Blume		蛇根草	
<i>Paederia foetida</i> L.		雞屎藤	
<i>Psychotria rubra</i> (Lour.) Poir.		九節木	
<i>Psychotria serpens</i> L.		拎壁龍	
<i>Randia cochinchinensis</i> (Lour.) Merr.		茜草樹	
<i>Sinoadina racemosa</i> (Sieb. & Zucc.) Ridsdale		水團花 (水冬瓜)	
<i>Tricalysia dubia</i> (Lindl.) Ohwi		狗骨仔	

科名	學名	中名
茜草科	<i>Uncaria hirsuta</i> Havil.	台灣鉤藤
	<i>Wendlandia formosana</i> Cowan	水金京
芸香科	<i>Glycosmis citrifolia</i> (Willd.) Lindl.	石荳舅
	<i>Melicope semecarpifolia</i> (Merr.) T. Hartley	山刈葉
	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack.	月橘
	<i>Toddalia asiatica</i> (L.) Lam.	飛龍掌血
	<i>Zanthoxylum ailanthoides</i> Sieb. & Zucc.	食茱萸
	<i>Zanthoxylum armatum</i> DC.	秦椒
	<i>Zanthoxylum nitidum</i> (Roxb.) DC.	雙面刺
清風藤科	<i>Meliosma rhoifolia</i> Maxim.	山豬肉
	<i>Meliosma rigida</i> Sieb. & Zucc.	筆羅子
	<i>Meliosma squamulata</i> Hance	綠樟
	<i>Sabia swinhoei</i> Hemsl.	台灣清風藤
無患子科	<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	車桑子
	<i>Eurycorymbus cavaleriei</i> (Lev.) Rehd. & Hand.-Mazz.	賽樂華
	<i>Sapindus mukorossii</i> Gaertn.	無患子
虎耳草科	<i>Deutzia pulchra</i> Vidal	大葉溲疏
	<i>Hydrangea angustipetala</i> Hayata	狹瓣八仙花
	<i>Hydrangea chinensis</i> Maxim.	華八仙
	<i>Hydrangea integrifolia</i> Hayata ex Matsum. & Hayata	大枝掛繡球
	<i>Hydrangea longifolia</i> Hayata	長葉繡球
	<i>Itea oldhamii</i> Schneider	鼠刺
	<i>Itea parviflora</i> Hemsl.	小花鼠刺
	<i>Pileostegia viburnoides</i> Hook. f. & Thoms.	青棉花
	<i>Schizophragma integrifolium</i> Oliv. var. <i>fauriei</i> (Hayata) Hayata	圓葉鑽地風
	五味子科	<i>Kadsura japonica</i> (L.) Dunal
<i>Schisandra arisanensis</i> Hayata		北五味子
茄科	<i>Lycianthes biflora</i> (Lour.) Bitter	雙花龍葵
	<i>Lycianthes lysimachioides</i> (Wall.) Bitter	蔓茄
旌節花科	<i>Stachyurus himalaicus</i> Hook. f. & Thomson ex Benth.	通條樹
省沽油科	<i>Turpinia formosana</i> Nakai	山香圓
	<i>Turpinia ternata</i> Nakai	三葉山香圓
安息香科	<i>Alniphyllum pterospermum</i> Matsum.	假赤楊

科名	學名	中名
安息香科	<i>Styrax formosana</i> Matsum.	烏皮九芎
	<i>Styrax suberifolia</i> Hook. & Arn.	紅皮
灰木科	<i>Symplocos arisanensis</i> Hayata	阿里山灰木
	<i>Symplocos caudata</i> Wall. ex G. Don	尾葉灰木
	<i>Symplocos eriostroma</i> Hayata	薄葉灰木
	<i>Symplocos formosana</i> Brand	台灣灰木
	<i>Symplocos glauca</i> (Thunb.) Koidz.	山羊耳
	<i>Symplocos konishii</i> Hayata	小西氏灰木
	<i>Symplocos migoi</i> Nagam.	擬日本灰木
	<i>Symplocos modesta</i> Brand	小葉白筆
	<i>Symplocos morrisonicola</i> Hayata	玉山灰木
	<i>Symplocos stellaris</i> Brand	枇杷葉灰木
	<i>Symplocos theophrastaefolia</i> Sieb. & Zucc.	山豬肝
灰木科	<i>Symplocos wikstroemiifolia</i> Hayata	月桂葉灰木
茶科	<i>Adinandra formosana</i> Hayata	臺灣楊桐
	<i>Camellia brevistyla</i> (Hayata) Cohen-Stuart	短柱山茶
	<i>Camellia japonica</i> L.	日本山茶
	<i>Camellia tenuiflora</i> (Hayata) Cohen-Stuart	細葉山茶
	<i>Cleyera japonica</i> Thunb.	紅淡比
	<i>Cleyera japonica</i> Thunb. var. <i>morii</i> (Yamamoto) Masamune	森氏紅淡比
	<i>Cleyera japonica</i> Thunb. var. <i>taipinensis</i> Keng	太平紅淡比
	<i>Eurya acuminata</i> DC.	銳葉柃木
	<i>Eurya chinensis</i> R. Br.	米碎柃木
	<i>Eurya crenatifolia</i> (Yamamoto) Kobuski	假柃木
	<i>Eurya glaberrima</i> Hayata	厚葉柃木
	<i>Eurya gnaphalocarpa</i> Hayata	毛果柃木
	<i>Eurya loquaiana</i> Dunn	細枝柃木
	<i>Gordonia axillaris</i> (Roxb.) Dietr.	大頭茶
	<i>Pyrenaria shinkoensis</i> (Hayata) Keng	烏皮茶
	<i>Ternstroemia gymnanthera</i> (Wight & Arn.) Sprague	厚皮香
	瑞香科	<i>Daphne kiusiana</i> Miq. var. <i>atrocaulis</i> (Rehder) Maekawa
<i>Wikstroemia indica</i> C. A. Mey.		南嶺堯花
昆欄樹科	<i>Trochodendron aralioides</i> Sieb. & Zucc.	昆欄樹
榆科	<i>Celtis formosana</i> Hayata	石朴

科名	學名	中名	
榆科	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	山黃麻	
	<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino	欖	
蕁麻科	<i>Boehmeria densiflora</i> Hook. & Arn.	密花苧麻	
	<i>Boehmeria nivea</i> (L.) Gaudich. var. <i>tenacissima</i> (Gaudich.) Miq.	青苧麻	
	<i>Boehmeria wattersii</i> (Hance) Shih & Yang	長葉苧麻	
	<i>Debregeasia edulis</i> (Sieb. & Zucc.) Wedd.	水麻	
	<i>Dendrocnide meyeniana</i> (Walp.) Chew	咬人狗	
	<i>Elatostema lineolatum</i> Forst. var. <i>major</i> Thwait.	冷清草	
	<i>Elatostema platyphylloides</i> Shih & Yang	闊葉樓梯草	
	<i>Oreocnide pedunculata</i> (Shirai) Masamune	長梗紫麻	
	<i>Pellionia radicans</i> (Sieb. & Zucc.) Wedd.	赤車使者	
	蕁麻科	<i>Pilea angulata</i> (Blume) Blume	長柄冷水麻
		<i>Pilea aquarum</i> Dunn subsp. <i>brevicornuta</i> (Hayata) C. J. Chen	短角冷水麻
<i>Pilea matsudae</i> Yamamoto		細尾冷水麻	
<i>Pilea plataniflora</i> C. H. Wright		西南冷水麻	
<i>Pouzolzia elegans</i> Wedd.		水雞油	
<i>Procris laevigata</i> Blume		烏來麻	
馬鞭草科		<i>Callicarpa formosana</i> Rolfe	杜虹花
		<i>Callicarpa formosana</i> Rolfe var. <i>longifolia</i> Suzuki	長葉杜虹花
	<i>Callicarpa tikusikensis</i> Masamune	銳葉紫珠	
	<i>Clerodendrum cyrtophyllum</i> Turcz.	大青	
	<i>Clerodendrum trichotomum</i> Thunb.	海州常山	
堇菜科	<i>Viola adenostrix</i> Hayata	喜岩堇菜	
	<i>Viola arcuata</i> Blume	如意草	
	<i>Viola formosana</i> Hayata	台灣堇菜	
葡萄科	<i>Ampelopsis cantoniensis</i> (Hook. & Arn.) Planch.	廣東山葡萄	
	<i>Ampelopsis glandulosa</i> (Wall.) Mom. var. <i>hancei</i> (Planch.) Mom.	漢氏山葡萄	
	<i>Cayratia japonica</i> (Thunb.) Gagnep.	虎葛	
	<i>Cissus repens</i> Lam.	粉藤	
	<i>Parthenocissus dalzielii</i> Gagnep.	地錦	
	<i>Tetrastigma formosanum</i> (Hemsl.) Gagnep.	三葉崖爬藤	
	<i>Tetrastigma umbellatum</i> (Hemsl.) Nakai	台灣崖爬藤	

科名	學名	中名
菖蒲科	<i>Acorus gramineus</i> Sol. ex Aiton	石菖蒲
天南星科	<i>Alocasia odora</i> (Roxb.) C. Koch	姑婆芋
	<i>Arisaema formosana</i> (Hayata) Hayata	台灣天南星
	<i>Arisaema ringens</i> Schott	油跋
	<i>Epipremnum pinnatum</i> (L.) Engl.	拎樹藤
	<i>Pothos chinensis</i> (Raf.) Merr.	柚葉藤
棕櫚科	<i>Arenga engleri</i> Beccari	山棕
	<i>Calamus quiquesetinervius</i> Burret.	黃藤
鴨跖草科	<i>Amischotolype hispida</i> (Less. & A. Rich.) Hong	穿鞘花
	<i>Polia miranda</i> (H. Lev.) Hara	小杜若
莎草科	<i>Carex baccans</i> Nees	紅果臺
莎草科	<i>Carex breviculmis</i> R. Br.	短莖宿柱臺
	<i>Carex cruciata</i> Wahl.	煙火臺
	<i>Carex filicina</i> Nees	紅鞘臺
	<i>Carex morii</i> Hayata	森氏臺
薯蕷科	<i>Dioscorea bulbifera</i> L.	黃獨
	<i>Dioscorea collettii</i> Hook. f.	華南薯蕷
	<i>Dioscorea formosana</i> Knuth	臺灣薯蕷
	<i>Dioscorea kanoi</i> Liu & Huang	圓錐花薯蕷
	<i>Dioscorea matsudae</i> Hayata	裡白葉薯榔
百合科	<i>Dianella ensifolia</i> (L.) DC. ex Redoute.	桔梗蘭
	<i>Liriope minor</i> (Maxim.) Makino	細葉麥門冬
	var. <i>angustissima</i> (Ohwi) S. S. Ying	
	<i>Liriope spicata</i> (Thunb.) Lour.	麥門冬
	<i>Ophiopogon intermedius</i> D. Don	間型沿階草
	<i>Ophiopogon reversus</i> C. C. Huang	高節沿階草
	<i>Tricyrtis formosana</i> Bak.	台灣油點草
芭蕉科	<i>Musa basjoo</i> Siebold var. <i>formosana</i> (Warb.) S. S. Ying	台灣芭蕉
蘭科	<i>Acanthephippium striatum</i> Lindl.	一葉禪花蘭
	<i>Anoectochilus formosanus</i> Hayata	台灣金線蓮
	<i>Bulbophyllum japonicum</i> (Makino) Makino	日本捲瓣蘭
	<i>Bulbophyllum macraei</i> (Lindl.) Reichb. f.	烏來捲瓣蘭
	<i>Bulbophyllum melanoglossum</i> Hayata	紫紋捲瓣蘭
	<i>Bulbophyllum retusiusculum</i> Reichb. f.	黃萼捲瓣蘭
	<i>Calanthe lyroglossa</i> Reichb. f.	連翹根節蘭

科名	學名	中名
蘭科	<i>Calanthe puberula</i> Lindl.	反捲根節蘭
	<i>Calanthe speciosa</i> (Bl.) Lindl.	台灣根節蘭
	<i>Calanthe sylvatica</i> (Thouars) Lindl.	長距根節蘭
	<i>Calanthe triplicata</i> (Willem.) Ames	白鶴蘭
	<i>Cephalantheropsis gracilis</i> (Lindl.) S. Y. Hu	綠花肖頭蕊蘭
	<i>Cleisostoma paniculatum</i> (Ker-Gawl.) Garay	虎紋蘭
	<i>Cryptostylis arachnites</i> (Blume) Hassk.	滿綠隱柱蘭
	<i>Cryptostylis taiwaniana</i> Masam.	蓬萊隱柱蘭
	<i>Cymbidium dayanum</i> Reichb. f.	鳳蘭
	<i>Cymbidium ensifolium</i> (L.) Sw.	建蘭
	<i>Cymbidium lancifolium</i> Hook. f.	竹柏蘭
	<i>Cymbidium lancifolium</i> Hook. f. var. <i>aspidistrifolium</i> (Fukuy.) S. S. Ying	綠花竹柏蘭
	<i>Dendrobium chameleon</i> Ames	長距石斛
	<i>Dendrobium moniliforme</i> (L.) Sw.	石斛
	<i>Dendrobium tosaense</i> Makino	黃花石斛
	<i>Diploprora championii</i> (Lindl.) Hook. f.	倒吊蘭
	<i>Epigeneium nakaharae</i> (Schltr.) Summerh.	蠟著顏蘭
	<i>Eria corneri</i> Reichb. f.	黃絨蘭
	<i>Eria ovata</i> Lindl.	大腳筒蘭
	<i>Eria tomentosiflora</i> Hayata	樹絨蘭
	<i>Erythrodes blumei</i> (Lindl.) Schltr.	小唇蘭
	<i>Goodyera matsumurana</i> Schltr.	銀線蓮
	<i>Goodyera maximowicziana</i> Makino	短穗斑葉蘭
	<i>Goodyera procera</i> (Ker-Gawl.) Hook. f.	穗花斑葉蘭
	<i>Goodyera velutina</i> Maxim. ex Reyel	烏嘴蓮
	<i>Habenaria pantlingiana</i> Kraenzl.	叉瓣玉鳳蘭
	<i>Liparis bootanensis</i> Griff.	一葉羊耳蒜
	<i>Liparis cespitosa</i> (Thou.) Lindl.	小花羊耳蒜
	<i>Liparis cordifolia</i> Hook. f.	心葉羊耳蒜
	<i>Liparis elliptica</i> Wight	扁球羊耳蒜
	<i>Liparis formosana</i> Reichb. f.	寶島羊耳蒜
	<i>Liparis nakaharae</i> Hayata	長葉羊耳蒜
	<i>Liparis nervosa</i> (Thunb.) Lindl.	紅花羊耳蒜
<i>Liparis nigra</i> Seidenf.	大花羊耳蘭	
<i>Liparis sootenzanensis</i> Fukuyama	黃花羊耳蘭	

科名	學名	中名	
蘭科	<i>Listera suzukii</i> Masamune	鈴木氏雙葉蘭	
	<i>Malaxis bancanoides</i> Ames	裂唇軟葉蘭	
	<i>Mischobulbum cordifolium</i> (Hook. f.) Schltr.	心葉葵蘭	
	<i>Oberonia arisanensis</i> Hayata	阿里山莪白蘭	
	<i>Oberonia japonica</i> (Maxim.) Makino	台灣莪白蘭	
	<i>Odontochilus inabae</i> (Hay.) Hay. ex T. P. Lin	單囊齒唇蘭	
	<i>Odontochilus lanceolatus</i> (Lindl.) Blume	雙囊齒唇蘭	
	<i>Pholidota cantonensis</i> Rolfe	烏來石山桃	
	<i>Rhomboda tokioi</i> (Fukuy.)	白點伴蘭	
	<i>Staurochilus luchuensis</i> (Rolfe) Fukuy.	豹紋蘭	
	<i>Tropidia curculigoides</i> Lindl.	仙茅摺唇蘭	
	<i>Tropidia somae</i> Hayata	相馬氏摺唇蘭	
	<i>Vanilla albida</i> Blume	台灣凡尼蘭	
	<i>Zeuxine nervosa</i> (Wall. ex Lindl.) Benth. ex Clarke	芳線柱蘭	
	<i>Zeuxine sakagutii</i> Tuyama	黃唇線柱蘭	
	<i>Zeuxine strateumatica</i> (L.) Schltr.	線柱蘭	
	禾本科	<i>Arundinaria usawai</i> Hayata	包籜矢竹
		<i>Arundo formosana</i> Hack.	台灣蘆竹
		<i>Lophatherum gracile</i> Brongn.	淡竹葉
<i>Microstegium ciliatum</i> (Trin.) A. Camus		剛莠竹	
<i>Miscanthus sinensis</i> Anders.		芒	
<i>Oplismenus compositus</i> (L.) P. Beauv.		竹葉草	
<i>Setaria palmifolia</i> (J. König) Stapf		棕葉狗尾草	
<i>Yushania niitakayamensis</i> (Hayata) Keng f.		玉山箭竹	
菝葜科		<i>Heterosmilax japonica</i> Kunth	平柄菝葜
		<i>Smilax arisanensis</i> Hayata	阿里山菝葜
	<i>Smilax bracteata</i> Presl	假菝葜	
	<i>Smilax china</i> L.	菝葜	
	<i>Smilax discotis</i> Warburg	宜蘭菝葜	
	<i>Smilax elongato-umbellata</i> Hayata	細葉菝葜	
	<i>Smilax glabra</i> Roxb.	禹餘糧	
	<i>Smilax hayatae</i> T. Koyama	早田氏菝葜	
	<i>Smilax lanceifolia</i> Roxb.	臺灣土茯苓	
	<i>Smilax riparia</i> A. DC.	大武牛尾菜	

科名	學名	中名
薑科	<i>Alpinia intermedia</i> Gagn.	山月桃
	<i>Alpinia shimadae</i> Hayata var. <i>kawakamii</i> (Hayata) J. J. Yang & J. C. Wang	川上氏月桃
	<i>Alpinia uraiensis</i> Hayata	烏來月桃
	<i>Alpinia zerumbet</i> (Pers.) Burtt & Smith	月桃
	<i>Zingiber kawagooii</i> Hayata	三奈

附錄二、東北角地區草嶺大溪線至蕃薯寮溪之植物名錄

科名	學名	中名
鐵角蕨科	<i>Asplenium antiquum</i> Makino	山蘇花
蹄蓋蕨科	<i>Diplazium dilatatum</i> Blume	廣葉鋸齒雙蓋蕨
鱗毛蕨科	<i>Acrophorus stipellatus</i> (Wall.) Moore	魚鱗蕨
	<i>Arachniodes aristata</i> (G.Forst.) Tindle	細葉複葉耳蕨
裏白科	<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm. f.) Underw.	芒萁
水龍骨科	<i>Lemmaphyllum microphyllum</i> Presl	抱樹蕨
海金沙科	<i>Lygodium japonicum</i> (Thunb.) Sw.	海金沙
金星蕨科	<i>Pronephrium triphyllum</i> (Sw.) Holtt.	新月蕨
獼猴桃科	<i>Saurauia tristyla</i> DC. var. <i>oldhamii</i> (Hemsl.) Finet & Gagnep.	水冬瓜
夾竹桃科	<i>Trachelospermum gracilipes</i> Hook. f.	細梗絡石
冬青科	<i>Ilex ficoidea</i> Hemsl.	台灣糊樗
	<i>Ilex rotunda</i> Thunb.	鐵冬青
五加科	<i>Dendropanax dentiger</i> (Harms ex Diels) Merr.	台灣樹參
	<i>Schefflera octophylla</i> (Lour.) Harms	鵝掌柴
菊科	<i>Farfugium japonicum</i> (L.) Kitamura var. <i>formosanum</i> (Hayata) Kitamura	台灣山菊
	<i>Mikania micrantha</i> Kunth	小花蔓澤蘭
忍冬科	<i>Viburnum formosanum</i> Hayata	紅子英薊
柿樹科	<i>Diospyros eriantha</i> Champ. ex Benth.	軟毛柿
	<i>Diospyros morrisiana</i> Hance	山紅柿
胡頹子科	<i>Elaeagnus formosana</i> Nakai	台灣胡頹子
大戟科	<i>Bridelia balansae</i> Tutch.	刺杜密
	<i>Croton cascarilloides</i> Raeush.	裏白巴豆
	<i>Glochidion rubrum</i> Blume	細葉饅頭果
	<i>Mallotus paniculatus</i> (Lam.) Muell. -Arg.	白飽子
豆科	<i>Archidendron lucidum</i> Benth.	領垂豆
	<i>Bauhinia championii</i> Benth.	菊花木
樟科	<i>Lindera communis</i> Hemsl.	香葉樹
	<i>Lindera megaphylla</i> Hemsl.	大香葉樹
	<i>Litsea hypophaea</i> Hayata	黃肉樹
	<i>Machilus japonica</i> Sieb. & Zucc. var. <i>kusanoi</i> (Hayata) Liao	大葉楠
	<i>Machilus thunbergii</i> Sieb. & Zucc.	豬腳楠
木蘭科	<i>Michelia compressa</i> (Maxim.) Sargent	烏心石

科名	學名	中名
野牡丹科	<i>Blastus cochinchinensis</i> Lour.	柏拉木
	<i>Melastoma candidum</i> D. Don	野牡丹
桑科	<i>Ficus fistulosa</i> Reinw. ex Blume	豬母乳
	<i>Ficus sarmentosa</i> Buch.-Ham. ex J. E. Sm. var. <i>nipponica</i> (Fr. & Sav.) Corner	珍珠蓮
紫金牛科	<i>Ardisia sieboldii</i> Miq.	樹杞
	<i>Maesa japonica</i> (Thunb.) Moritzi	山桂花
	<i>Maesa perlaria</i> (Lour.) Merr. var. <i>formosana</i> (Mez) Yuen P. Yang	台灣山桂花
	<i>Myrsine seguinii</i> Lev.	大明橘
木犀科	<i>Fraxinus insularis</i> Hemsl.	台灣梣
薔薇科	<i>Pourthiaea beauverdiana</i> (Schneider) Hatusima var. <i>notabilis</i> (Rehder & Wilson) Hatusima	台灣老葉兒樹
茜草科	<i>Lasianthus appressihirtus</i> Simizu	密毛雞屎樹
	<i>Lasianthus wallichii</i> Wight	圓葉雞屎樹
	<i>Paederia foetida</i> L.	雞屎藤
	<i>Psychotria rubra</i> (Lour.) Poir.	九節木
	<i>Psychotria serpens</i> L.	拎壁龍
	<i>Wendlandia formosana</i> Cowan	水金京
虎耳草科	<i>Hydrangea angustipetala</i> Hayata	狹瓣八仙花
	<i>Itea oldhamii</i> Schneider	鼠刺
省沽油科	<i>Turpinia formosana</i> Nakai	山香圓
灰木科	<i>Symplocos theophrastifolia</i> Sieb. & Zucc.	山豬肝
茶科	<i>Adinandra formosana</i> Hayata	臺灣楊桐
	<i>Camellia brevistyla</i> (Hayata) Cohen-Stuart	短柱山茶
	<i>Cleyera japonica</i> Thunb. var. <i>morii</i> (Yamamoto) Masamune	森氏紅淡比
	<i>Eurya chinensis</i> R. Br.	米碎柃木
	<i>Eurya crenatifolia</i> (Yamamoto) Kobuski	假柃木
馬鞭草科	<i>Callicarpa tikusikensis</i> Masamune	銳葉紫珠
葡萄科	<i>Tetrastigma formosanum</i> (Hemsl.) Gagnep.	三葉崖爬藤
棕櫚科	<i>Calamus quiquesetinervius</i> Burret.	黃藤
禾本科	<i>Lophatherum gracile</i> Brongn.	淡竹葉
	<i>Miscanthus sinensis</i> Anders.	芒
菝葜科	<i>Smilax lanceifolia</i> Roxb.	臺灣土茯苓
薑科	<i>Alpinia uraiensis</i> Hayata	烏來月桃

附錄四、台灣水青岡森林各地區簡易評估

台灣水青岡森林各地區簡易評估表：

台灣水青岡各地區			蘭 崁 山	第 二 區	第 三 區	大 白 山 西 北 區	第 五 區	銅 山	插 天 山	烏 嘴 山	阿 玉 山
暴 露 度	危害	災害潛勢	5	1	1	5	1	3	1	2	4
脆 弱 度	潛在 暴露度	地形	5	3	1	5	2	2	3	4	4
		海拔	3	5	5	5	5	1	2	3	5
	敏感 度	徑級結構	3	3	3	3	3	4	1	4	5
		伴生物種群	3	3	5	3	3	1	1	3	5
加總			14	14	14	16	13	8	7	14	19
平均			3.5	3.5	3.5	4	3.25	2	1.75	3.5	4.75

附錄五、本（105）年度目標

（一）依據全程目標，訂定本年度預定可達成之成果如下：

1. 彙整已知之長期氣候變遷殘存地點資料，以大白山至大南澳嶺具高危險的地區為案例，依植物相特殊性、物種稀有性及專有性、周邊環境潛在威脅等因子，瞭解各殘存地點生態系及物種之保育急迫性，並提出優先次序。
2. 依據生態系及物種之保育急迫性，提出相關稀有物種或生態系的研究之規劃，並針對應實施測試研究之地區或物種，進行試驗操作。
3. 依據監測調查機制，完成大白山至大南澳嶺地區之所有樣區之設置與調查；依據調查結果建置 GIS 圖資，與歷史資料進行比對。
4. 初步提出整體避難所研究在小尺度的操作流程。

（二）期末評核標準如下：

1. 彙整大白山至大南澳嶺長期氣候變遷殘存地點資料，依植物相特殊性、物種稀有性及專有性、週邊環境潛在威脅等因子，瞭解各殘存地點生態系及物種之保育急迫性，並提出優先次序。
2. 針對氣候變遷高風險之殘存地點，完成大白山至大南澳嶺植群調查並繪製現生植群圖。
3. 針對氣候變遷高風險之殘存地點，進行頭城山區之初步勘查。
4. 初步提出整體氣候變遷下生物多樣性之適應性經營的架構與操作流程。

（三）研究團隊執行情形：

1. 已完成大白山至大南澳長期氣候變遷殘存地點資料的整理並彙整後進行分析，初步提出生態系及物種的保育急迫性與優先次序。
2. 已進行大白山至大南澳嶺的樣區設置與調查，並彙整國家植群資料庫的樣區資料，目前合計有 104 個樣區中，共記錄植物 126 科 346 屬 618 種，並將植群分型後繪製初步的植群圖。
3. 針對氣候變遷高風險之殘存地點之一的頭城山區初步進行勘查，目前已完成二個野外樣區調查，後續會繼續頭城山區的野外調查。
4. 提出適應性經營之研究流程並修改為適合保育標的物的架構，未來會持續的修正以完整適應性經營之規劃。

第四章 以南仁山植群及新豐鄉榭櫟為例

摘要

自工業革命以來，由於排放大量的CO₂，使得氣候逐漸暖化與極端化。這些氣候因子的改變，造成了森林組成的變化，降低了生物多樣性，也造成了物種的向北或向上遷移。而每一物種對此快速的氣候變化反應不一，有些物種因為無法順利遷移而造成植株數量減少。本研究計畫採用Shoo *et al.* (2013)所提出之針對氣候變遷下野外原生物種保護之管理行動決策方式來進行物種回復力之行動參考方案。本計畫由先前執行的榭櫟為指標物種，以及先前研究得出之族群數量減少且瀕危的台灣石櫟(*Pasania formosana*)、希蘭灰木(*Symplocos shilanensis*)與唐杜鵑(*Rhododendron simsii*)為案例物種進行本計畫。在這些案例物種進行異地保育時須考量到遺傳多樣性與種源材料收集，亦在本計畫中有初步執行流程，以利進行異地保育之策略。

關鍵詞：氣候變遷、異地保育、管理決策、遺傳多樣性、種源材料收集

一、前人研究

1.1 氣候變化與生物多樣性及物種遷移

自從工業革命以來，人類的工業與日常活動大量使用化石燃料，製造了大量的CO₂與含氮廢氣，並將之排放至大氣之中，使得大氣中的溫室氣體濃度增加，造成全球氣候異常，影響了地球上各種生態系統的維持。IPCC (跨政府氣候變化專門委員會, Intergovernmental Panel on Climate Change)的歷年報告中提到了全球暖化是無庸置疑的，許多自然系統正受到因為溫度升高所造成的區域氣候變化，造成對生物有深遠與多樣的影響(Parmesan, 2007; Colwell *et al.*, 2008)。目前的結果顯示北半球中高緯度因溫度上升速度較快，而導致所受影響最大 (IPCC, 2007; Parmesan, 2007; Dillon *et al.*, 2010)。現今之氣候變化除了全球暖化外，另外也造成了氣候極端化現象。

全球氣候變遷及氣候的極端化的衝擊除了生物多樣性的流失之外，最大的影響可能是稀有、特有及脆弱的生物族群及生態體系結構受到破壞(IPCC, 2007; Joyce *et al.*, 2014)。許多國家已展開許多研究，企圖瞭解物種、族群、動植物社會等對氣候變遷的敏感程度、脆弱度、及反應能力；此外，為了避免特稀有物種及其棲地的滅絕消失，亦已依據現有知識基礎及風險程度，針對評估在氣候變遷影響下的高風險物種及族群，擬定適宜之保育策略，並進行保育工作的實質推動 (Staudinger *et al.*, 2012)。

從長期研究可以了解森林動態變化的趨勢。近期熱帶、亞熱帶森林的長期研究多指出由於外在因子影響，森林發生了長期或短期的變化。如巴拿馬BCI森林受到聖嬰現象所造成的嚴重乾旱(Condit *et al.* 1995)，與馬來西亞婆羅洲濕潤雨林受到乾旱期的影響(Potts, 2003)，兩者都使得其樹木死亡率增加。而亞馬遜森林的長期研究中受到全球溫度上升、CO₂濃度增加的影響，使得森林總體胸高斷面積持續成長、林木之間競爭增強，因此，長期以來樹木死亡率、新增率、生長量和胸高斷面積均呈現逐漸升高的情形(Laurence *et al.*, 2009)。

目前有許多研究針對不同地區與不同分類群進行氣候變化對物種遷移的影響研究(圖 1)，其中在鳥類方面，Hitch and Leberg (2007)利用美國東部1967-1971年與1998-2002年的56種鳥類資料，並將這56種鳥類區分成北方鳥類(29種)與南方鳥類(26種)，檢測是否南方鳥類的分布範圍有向北遷移，同時認為鳥類遷移方向是多變化的，因此也檢測北方鳥類的分布南界是否有向南邊擴張的趨勢。結果顯示北方鳥類整體沒有顯著向南遷移的情形，而大部分的南方鳥類其分布北界確實有向北擴張的趨勢，平均每年向北遷移2.35 km。其研究結果也呼應了Thomas and

Lennon (1999) 在大不列顛島(Great Britain)鳥類遷徙研究，其結果為鳥類平均每年向北遷移0.95 km，因此認為兩個不同研究地點之鳥類遷移方向皆是向北遷移之情形是因為氣候的暖化，而非是人類活動範圍的擴張、土地利用的改變或是不同的調查方法等。

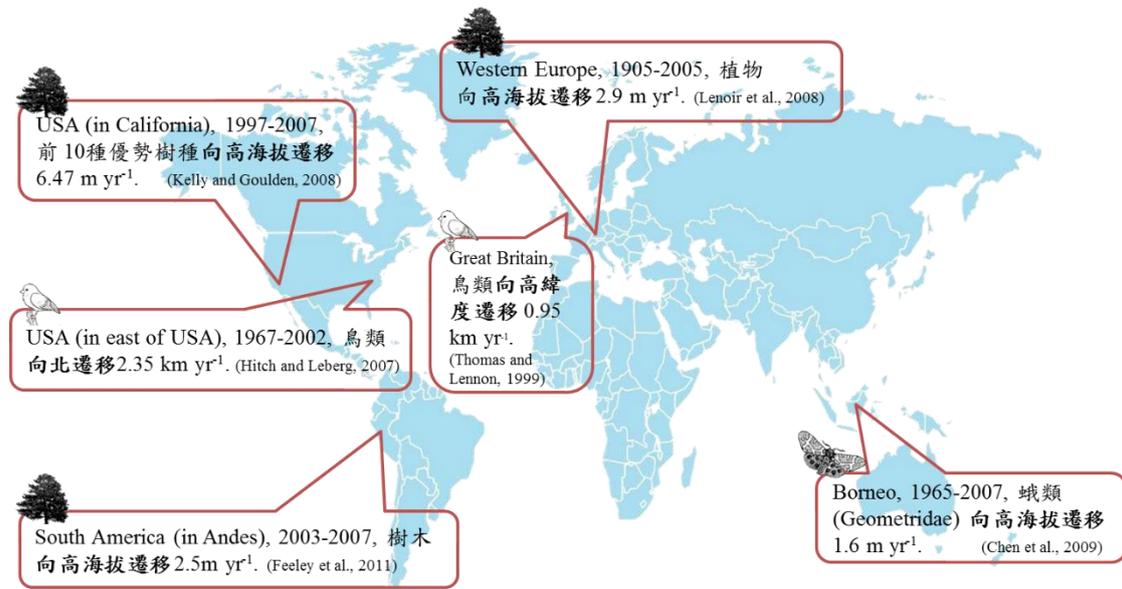


圖 1、現今研究物種遷移之整理。

在昆蟲的研究方面，位於東南亞熱帶地區的婆羅洲島(Borneo)是世界上生物多樣性的熱點之一，同時生理學研究認為熱帶昆蟲對於溫度變化是特別敏感。因此Chen *et al.* (2009)在島上的京那巴魯山(Mount Kinabalu)之樣帶進行尺蛾科(Geometridae)昆蟲的研究，其研究海拔範圍介於1,885 m到3,675 m，總共調查到102種尺蛾，並利用三種不同計算方法來分析1965年與2007年之尺蛾分布海拔範圍是否有改變。三種方法皆顯示尺蛾科蛾類有顯著向上遷移之情形，平均每年向上遷移1.6 m，而在這42年期間，京那巴魯山溫度上升0.7 °C，因此推測氣候暖化可能是造成蛾類遷移的原因之一。

在植物的研究方面，秘魯(Peru)東南邊之生物多樣性極高的安地斯山脈(Andes)自1975年起平均每年溫度增加0.03-0.04 °C，Feeley *et al.* (2011)分析14個海拔介於950-3,400 m的 1 ha樣區，資料選用2003年4月至2007年8月的森林調查成果，並利用樹木的株數與胸高斷面積作為兩種加權分析方法，試了解氣候暖化是否造成安地斯山脈中38個屬的林木海拔分佈範圍改變。研究結果以株數來看，平均每年向上遷移距離為2.5 m，而使用胸高斷面積之分析結果為平均每年向上

遷移距離為3.5 m，兩種結果皆顯示大部分安地斯樹屬的植物有向上改變其分佈範圍，且發現較低海拔物種為主要向上遷移的物種，同時其豐富度也增加；這些結果皆與其所提出的物種向上遷移之假說相符，但是所觀察到平均遷移速度卻是少於預測值(5.5-7.5 m yr⁻¹)，除了推測主要原因為氣溫之暖化，還可能是因為溼度或是非氣候因子之影響(如土壤基質、物種相互作用、木本植物社會延遲反應現象等)造成遷移距離受到限制。另外，Kelly and Goulden (2008)比較1997年以及2006-2007年美國加利福尼亞州的聖羅莎山(Santa Rosa Mountain)之樣帶植物覆蓋度資料，其調查海拔範圍從244-2,560 m，此地區氣候為乾旱至半乾旱。兩次共調查到141種物種，但是多數物種分布在2個或是僅分布在1個海拔範圍上，因此作者挑出10種分布範圍較廣的物種進行討論。研究結果為在10年間，這10種植物整體平均海拔上升約64.7 m，除了分布海拔範圍轉變之外，也連帶影響植物社會之組成以及植物功能性狀。此地區的溫度在1997 -2007年間約增加0.63°C；而在1990-2000年間有場嚴重的乾旱，這場乾旱造成多植物死亡，也發現許多物種在乾旱發生前就已經死亡，有趣的是，在乾旱之後這些物種在其原分布範圍較高海拔處的覆蓋率增加，即表示在乾旱後新長出來的植株僅分布在其較高的海拔；同時在1978-1983年、1993-1995年和2005年為罕見之潮濕多雨的氣候，因此推測物種遷移是因為當地氣候改變所造成的結果，而溫度變化也是其中的原因之一。

除了在美洲有物種遷移的實例之外，歐洲也有物種遷移的相關研究，在西歐橫跨地中海氣候以及溫帶氣候的六座森林中，總計有四次的調查資料，分別為1905、1985、1986與2005年，其森林海拔範圍從0-2,600 m，選擇171物種作為分析目標，在過去100年的時間裡，物種平均每年海拔上升2.9 m，尤其在20世紀末其海拔上升的物種數量遠多於1905-1985年的物種數量，有超過2/3的物種都是分布海拔上升的情形，此速度與這些地區之高山植物向上遷移的速度相同，也因為如此，林木界線(Forest tree line)也是不斷地向上推移。而這在調查期間，溫度平均上升0.6 °C，甚至某些年的溫度上升幅度高達1 °C，因此推論氣候暖化為物種遷移的重要原因之一 (Lenoir *et al.*, 2008)。

不僅有木本大樹有遷移情形，同時木本小苗也有向高緯度地區或是高海拔地區遷移的趨勢。Woodall *et al.* (2009)利用美國森林調查與分析系統(Forest inventory and analysis, FIA)在美國東邊30個州所調查的森林資料，共有65,953個調查樣區，能了解北方及南方的小苗(胸高直徑 ≤ 2.5 cm)分布的地理位置，並與Little在1971年的研究做比較，以了解物種分布範圍的情況。每個物種皆會進行200次的隨機抽樣(Boottrap)，每次隨機抽取出200個樣本而此200個樣本會有個平均值，最後這200次的隨機抽樣平均值會有個總平均值，即為此物種的平均分布海拔。此研究將小苗區分成北方苗木(15種)、南方苗木(15種)與普遍分布苗木

(10種)，北方苗木之平均緯度偏北的現象(> 20 km)；而南方苗木雖然有10種分布緯度偏北，但是整體並沒有明顯的遷移狀況；普遍種卻有往南方擴張的情形。猜測可能因為在高緯度地區有較好的苗木更新狀態因此向北遷移，而普遍種可能要填補空出的生態棲位，才會向南方遷移，並認定氣候變化已經對美國東部植物造成影響。

而在法國也有植物小苗遷移的實證例子，法國在1986-2006年有氣溫暖化的情形(約增加 0.9°C)，Lenoir *et al.* (2009)利用法國北方溫帶地區到南部地中海地區的森林調查資料，其每個森林的組成林相為低地到亞高山地區植群帶(約50-2,250 m)；分析17種皆有成熟苗木(苗高 > 8 m)與小苗(苗高 ≤ 50 cm且苗齡 > 1 年)的原生種植物資料，同時可以從成熟苗木資料得知先前較冷時期到現在(暖化)的反應，以了解20年間的物種分布海拔分布差異；除了了解物種分布最上限與最下限並利用模型去推算最佳的分布範圍(即分布範圍的中位數)。結果發現小苗最低海拔下限明顯比成熟苗木還要高出29 m，而在最高分布上限也有相同的趨勢只是不明顯，且大多數小苗最佳分布範圍都比成熟苗木還要高，平均相差69 m，整體來說目前小苗的分布海拔範圍是比成熟苗木還要高，推測可能為在1986年-2006年期間快速的氣候變化所導致的，然而也可能還有受到其他可能潛在因子影響，但是氣候暖化應該是最主要的原因之一。Chen *et al.*(2011)整合多數研究結果後得出現今陸地生物分布範圍平均海拔上升 1.1 m yr^{-1} ，而往高緯度地區移動速度約為 1.69 km yr^{-1} 。

Breshears *et al.* (2008)將已證實的遷移情形分為三種不同的類型- Lean、March與Crash，主要是由於各族群有不同原因造就其不同的遷移情形。Lean之遷移情形主要其物種整體分佈範圍不變，但平均分佈範圍是往高海拔移動，主要是因為其族群在較低海拔植株數量減少而導致的；March則是其整體分佈範圍與平均分佈範圍皆是往高海拔移動，主要是因為其族群在較低海拔植株數量減少(即死亡率增高)，同時較高海拔之植株數量增加，即物種小苗新增率增高且存活率增高；最後一種遷移類型為Crash，雖然其整體分佈範圍與平均分佈範圍沒有變化，但是其族群量明顯下降，代表此物種死亡率增高，未來極有可能有滅絕的危機。而Lenoir and Svenning (2015)則更進一步的依照物種遷移速率與物種續存能力之強若將目前物種面對氣候變化下的可能情況分為六種(圖 2)，其中原先Breshears *et al.* (2008)所提出之三型中，Crash與Lean 被歸在物種續存度高之物種，相對應在物種續存度低的狀況則為滅絕(Extinct)與Retract，而March則為物種遷移速率高，且續存度低之狀況，若物種遷移速率高，且續存度高者，則屬於Expand型。

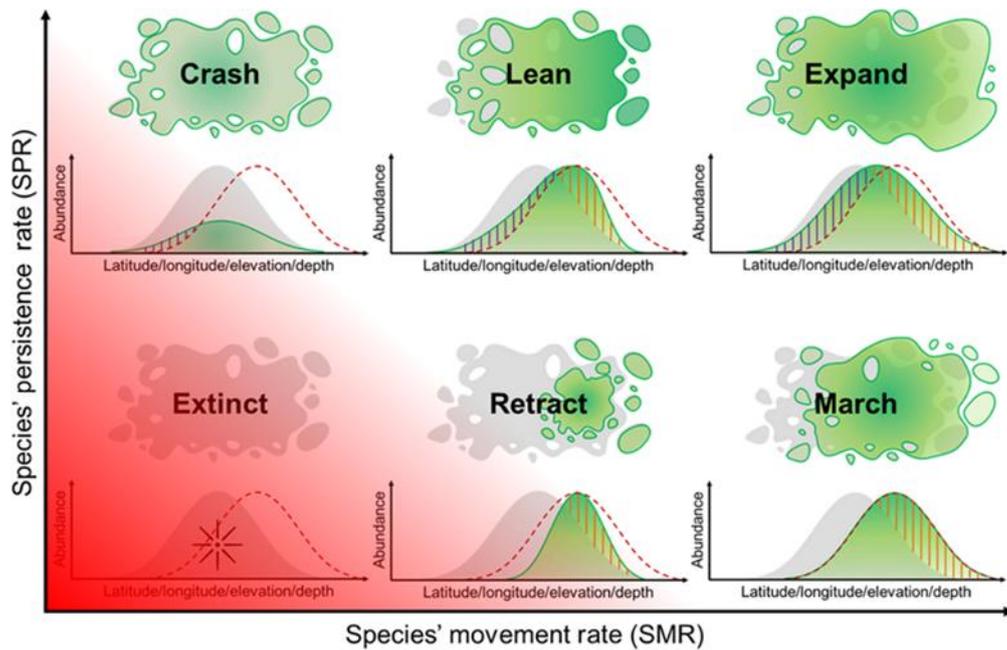


圖 2、世界物種遷移類型。(改自 Lenoir and Svenning, 2015)

1.2 微避難所的概念

生物的棲息環境除了受到大尺度氣候影響以外，由於局部地形或區域的微氣候條件差異，使得某些小尺度地點可能出現暖化趨勢較緩的現象，例如陡峻山區的谷地、冷涼的迎風地點或高原的冷袋(cold-air drainage)地形等，生物在這些地點有較高的機會躲避暖化威脅、在全球暖化下降低滅絕風險(Skov and Svenning, 2004)。此現象與第四紀冰河時期古生物學研究提出之「生物避難所(refugia)」概念極為相近，因此，科學界將暖化架構下的潛在冷涼棲地稱為「間冰期避難所(interglacial refugia)」或「微避難所(micro refugia)」(Rull, 2009; Rull, 2010; Stewart, *et al.*, 2010; Ashcroft, 2010; Tzedakis *et al.*, 2013; Kimura *et al.*, 2014; Shimokawabe, *et al.*, 2015)。Hannah *et al.* (2014)及Keppel and Wardell-Johnson (2015)更進一步指出，微避難所面積與規模相對為大，這些地點在暖化情境下仍可維持較為長久的冷涼微氣候，避難物種有機會在此處靜待下一次地球冷期循環的來臨。在保育機關（構）資源有限的條件下，堅守點(holdouts)與遷徙跳石(stopping stones)地區應該受到更密切的保護，保護的作法則包含現生族群保護、協助就地繁衍、減低物種競爭或遷地保存等。

國際生態復育學會(Society for Ecological Restoration International) 2009年的

報告中指出，面對氣候變遷所帶來的威脅，以生態系復育及稀有種的管理觀點而言，可以採取如下的應變方法：(1)增加棲地面積，維持原有棲地的生物多樣性；(2)透過棲地復育方法，增加原有的片斷化生育地之連結，提供物種適宜的遷徙廊道；(3)針對遷徙能力較差的物種，或是遷移能力趕不上氣候及土地利用變遷的物種，採用人工輔助遷徙(assisted migration)的方式，協助物種新族群的異地建立；(4)針對危險程度最高、缺乏抵抗力及適應力，或遷徙能力低弱的物種，則必須考慮透過遷地保育(ex situ conservation)方式進行物種多樣性的保存。除此以外，仍應針對高風險生態系設立監測系統，瞭解生態系及物種的持續變化，方能及時擬訂有效的因應對策。

Shoo *et al.*(2013)針對生態系及稀有物種面臨氣候變遷的威脅，提出更具體的保育因應方法(圖 5)，其決策包含物種是否需要保育，物種是否有適當的內部或外部避難所為考量，並參考其遺傳多樣性之組成，而一步步地去討論行動方案。Dawson *et al.*(2011)指出，物種面臨到氣候變化時，其可以採取的方式有忍受、適存於棲地的改變、遷移與滅絕四種。而生態系及物種面臨不同程度的氣候變遷脆弱度時，可採用的因應對策包含：現有棲地保護管理(habitat or landscape management)、物種的現地保護管理(species-specific management)、協助遷徙或營造棲地廊道、協助族群重建(reestablishment or rewilding)、遷地保育等(圖 3)。然而這些不同程度的保育措施所需之經費規模不同，因此，保育機關應依照政策方向與生態系及物種的風險暴露程度因子，選擇恰當之保育措施，方能以最有效率的方式，強化生態系及物種對於氣候變遷風險的抵抗能力。

1.3 生態系或物種面臨氣候變化之敏感適應能力與因應對策

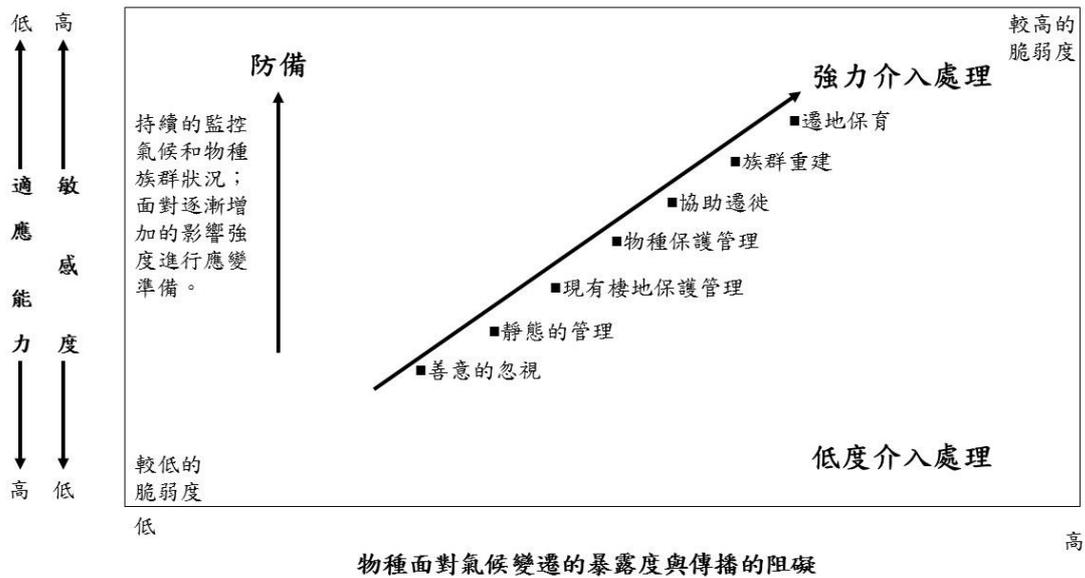


圖 3、生態系或物種面臨不同程度的氣候變遷與其敏感度與適應能力之因應對策。(修改自 Dawson *et al.*, 2011)

森林隨著氣候變化而致使其組成與動態等發生改變，此稱為森林退化(*forest degradation*)，在低到中水平的森林退化上(圖 4)，由於母樹或土壤種子庫的存在，仍可提供下一代足夠的種源，此時天然更新仍為最好的選擇(*Chazdon, 2008*)。因為天然更新可以避免一些外來引入之種源問題，也可以維持其遺傳多樣性與確保苗木的生存(*Thomas et al., 2014*)。然而，有些地區因為天然的種源缺乏或不足；或是種源遭受到遺傳流失(*genetic erosion*)而無法在變化的環境下生存，此時，對於物種進行異地復育與活體保存是全球植物保護的主要策略(*Larkin et al., 2016*)，主要可以避免物種滅絕，並且其活體材料可為將來重新種植的來源(*Guerrant et al., 2004; Guerrant et al., 2013*)。一般來說，在進行異地復育時，必須要兼顧到族群內的遺傳多樣性。若是以種子為繁殖材料，則在採種上的策略為由許多母樹上，每一株選取少量的種子會比僅由少數母樹採集大量種子來的好(*Brown and Hardner, 2000*)。

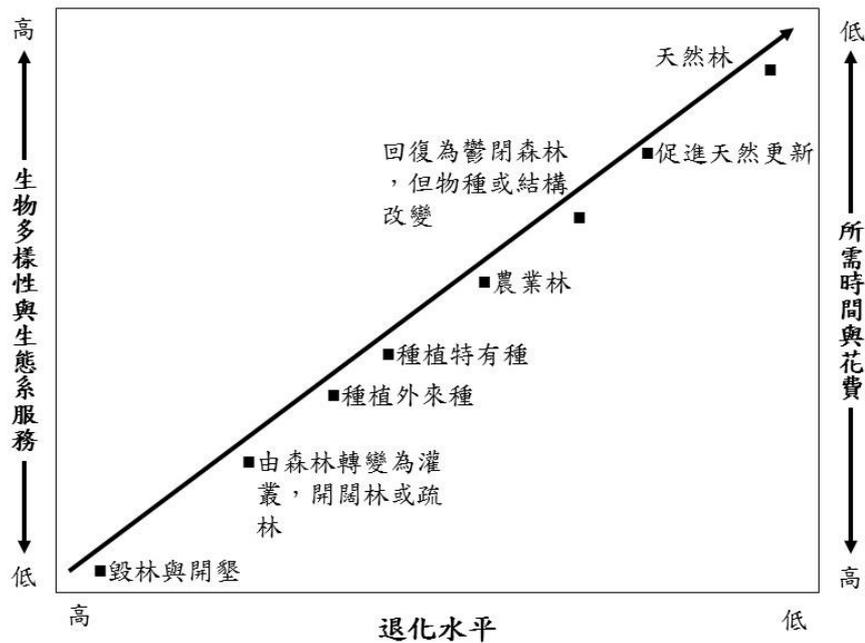


圖 4、不同情況之森林退化水平與生物多樣性及生態系服務功能，與回復原始狀態所需之時間與花費示意圖。(修改自 Chazdon, 2008 與 Thompson *et al.*, 2014)

植物園自然保護國際機構(Botanic Gardens Conservation International, BGCI)整合了各方的研究成果，提出在進行重新建立或回復等相關計畫之前，有幾點是必須要考量與了解的，分述如下：

1. 應該要考慮重新建立的區域大小與其目前情況。
2. 回復的計畫要能成功，必須要以遺傳學(即基因多樣性)為基礎進行。
3. 要進行重新建立的區域，需要對該區先進行物理或生物上的改變。
4. 對於物種與重新建立區域的生態學知識是必須的，尤其以回復區域中的植物演替問題最為重要。
5. 物種從該區域消失的原因必須確認。
6. 最主要的目的還是在這系統可以自然更新。
7. 經費的狀況與管理專門知識是必須考慮的。

8. 重新建立的物種必須防止蟲害與雜草危害。
9. 在一些情況下為了確保物種生存，可以考慮補植手段。
10. 種植植物的策略，包含種植植株的大小與種植的地點，必須要仔細制定。
11. 可以考慮使用一些可促進目標物種生長的作物(nurse crops or nurse species)以增加效率。
12. 盡可能使用當地的種源或種子。
13. 在重新建立物種時要盡可能的注意到遺傳因子是否夠廣。
14. 要注意到鄰近區域的同一物種遺傳汙染(genetic contamination)的可能性與其影響。
15. 如果可能的話，應該鼓勵當地居民參與此計畫。
16. 對於從新建立的區域在剛開始時就要建立長期的管理。

而Oldfield and Newton (2012) 更為實際的說明執行異地復育的步驟與原則如下：

第一步，確定行動的優先順序。Maunder *et al.* (2004) 建議要選定易地復育的物種可以依照5E原則來選取：

1. 瀕危等級(endangerment)：選擇最受威脅物種進行易地復育。
2. 特有種(endemism)：選擇僅生長在特定地區受威脅的物種。
3. 經濟上的(economic)：選擇當地有經濟價值的物種，如藥用植物。
4. 生態上的(ecological)：選擇可以維持生態功能或是可處進棲地回復的物種。
5. 象徵性的(emblematic)：選擇可以作為旗艦物種以促進景觀和棲息地層級的保護。

第二步，計劃和實施遷地保護方法。此步驟包含

1. 選定合作對象，即目標物種種植地點。可以合作的對象包含林務單位，研究單位與植物園。
2. 選擇異地復育的方法。此部分包含野外的樹木基因庫，種子庫，組織培養苗木等。

第三步，計劃並實施物種的再度引入。

1.4 關於物種保護框架

Shoo *et al.* (2013)表明氣候變化對生物多樣性產生嚴重的影響(Thomas *et al.* 2004; Chen *et al.* 2011; Hannah 2012; Warren *et al.* 2013)，這些影響可能無法通過傳統的保護方法得到充分解決，且目前全球正在考慮採取更多的管理行動，而此類行動需要系統性的物種保護決策框架。因此，Shoo *et al.* (2013) 提供了一個全面性的決定框架(decision framework)，以一個二元決策流程圖協助選擇保護行動，其目的主要為面臨氣候變遷下的保護物種策略，包含原生地與區外之保育方式的全部可能的行動。在框架中也明確認識到，進行特定行動保護資源可能受到一些因素的控制，例如成功的可能性，成本和對非目標物種的可能的共同利益以及個體物種的脆弱性。因此，可使用專家判斷資源分配中的關係，以對所提出的管理的順序進行評估。類似的物種保護之呼籲於同年也有IUCN (2013)與Schwartz and Martin (2013)所提出，並且也提供了涉及特定的保護措施的決策框架。

由於人為排放溫室氣體使全球氣溫更加溫暖以及造成21世紀氣候系統的相關變化 (Meehl *et al.* 2007)。這些系統變化也預期了全球的生物多樣性，無論現在是否要採取政策干預措施來減少排放，仍會造成其損失(Thomas *et al.* 2004)。當然現有的保護策略仍然該持續，但也應該考慮採取額外的管理行動來改善氣候變化對物種的影響，因為這些影響不能通過傳統的保護方法來抵消，而目前保護方法通常集中在現有的位置(Heller and Zavaleta 2009)。然而因為管理者缺乏一個明確的框架，來規定特定物種可以實施的行動，與不同行動之間成功相對成本和可能性，以及對非目標物種的潛在共同利益等，因此Shoo *et al.* (2013)提供了決策框架，其中保護行動與物種的遺傳適應性和潛力的評估相關聯，調整其範圍以應對氣候變化，以朝著優化氣候變化下保護物種的資源分配邁出的重要的第一步。其詳細流程圖見圖 5。

整體框架第一個挑戰是確定那些物種是脆弱物種，高風險物種可能因為適當生存環境面積逐漸減少或是其他因素使得物種族群下降。接著，脆弱物種確認好，即尋求物種可能的反應情境與可能有助於這些調整的干預措施進行匹配，從低水平干預開始，逐步推遲到更高水平的干預。當然Shoo *et al* (2013)假設更高水平的干預可能更昂貴，成效更不確定，對非目標物種的共同利益較少，並且社會價值觀將增加影響到哪些物種將被保存或被遺棄。此流程圖雖然對特定物種可能存在不確定性和異常現象，但這種結構化的方法可用於評估不同適應行動的必要性和適當性。

與物種生存空間調整有關的行動從對潛在避難所的評估開始。避難所最初用於描述物種在最後一次冰期後存活的位置，但後來越來越多將之用於稱呼緩和當代氣候變化影響的地區（Ashcroft 2010; Keppel *et al.* 2011）。這些地區的保護已成為面對氣候變化的生物多樣性管理的優先事項（Heller and Zavaleta 2009）。目前已有越來越好的分析工具被用於識別重要的避難所，這些工具可以以越來越精細的規模迅速擴大和生成，以將保護投資（例如土地保護和恢復）用於針對物種在氣候變化下最可能持續存在的現有位置(Shoo 2010)。當然評估避難所的充分性是困難的，主要因為氣候變化對物種反應的預測有很大的不確定性。

內部避難所是指在目前種類範圍內的，提供最確定的據點，並且需要最少的干預。然而，在一些情況下，若當前和未來氣候預測的合適環境存在很少或沒有空間重疊，此時需要尋找外部避難所，即在物種現有範圍之外的氣候適宜的地區進行，此時須使用物種分佈模型來識別氣候適宜但未被佔用的地區，以促進物種的遷移。

下一個決定是需要移動的那些物種是否能足夠快地跟上合適的氣候，物種移動到外部避難所的途徑需要被管理。然而，有一些物種不能以與氣候變化速率相當的速度移動其範圍，或是其遷移途徑經過人為佔領區(如都市或農田)時，此時，管理者可能需要想辦法將可用的遷移路徑之棲息地聯繫起來，以達到物種可順利到達外部避難所。

對於高度破碎的棲息地或其遷移途徑被河流，城市等所阻礙的物種，使其自然遷移到外部避難所可能無法實現。如果有充分理由相信一個物種具有適應氣候變化的進化能力，最好持續監測與重新評估，盡量不要干預。否則，只好發展基因輔助移植策略或輔助移植以防止該物種於野外滅絕。

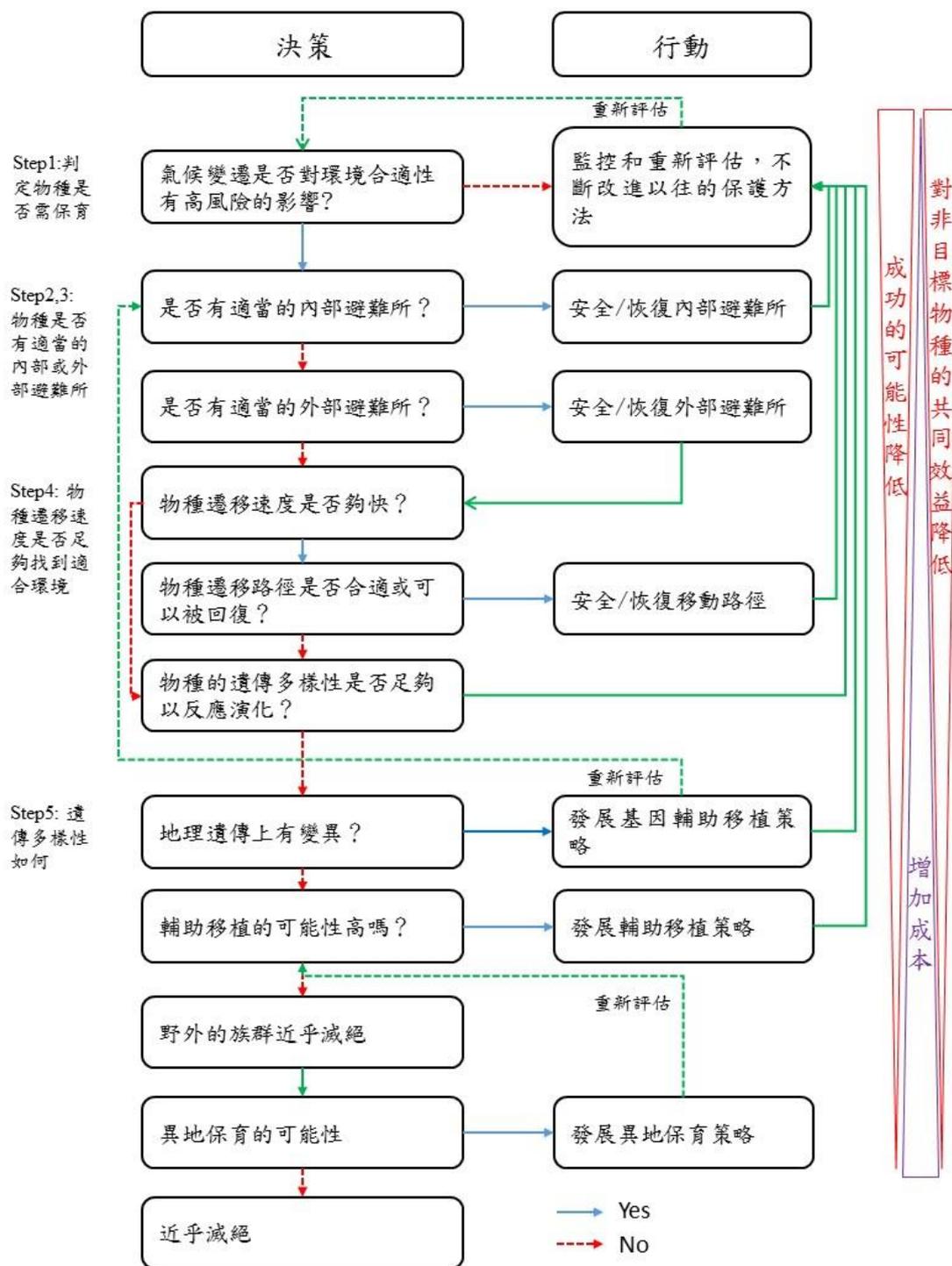


圖 5、針對氣候變遷下野外原生物種保護之管理行動決策方式。(修改自 Shoo *et al.*, 2013)

基因輔助移植策略主要是增加物種的適應性和進化潛力，其可能涉及兩個族群間的遺傳物質引入。基因輔助移植的其中一種形式涉及遺傳拯救，主要是引入遺傳物質以拯救現有種群由於近親繁殖或有害等位基因的積累而喪失適應性。當然外界引入之個體不宜太多，以維持族群中的局部適應的等位基因（即保護原先族群的基因不被外部基因流淹沒）。

在物種層面，發展輔助移植策略仍然是一個有爭議的行動(Ricciardi and Simberloff, 2009)，主要是擔心風險可能超過利益。另外，所有的策略都不能防止物種的消失，若是物種無法隨著氣候變化而演化，則該物種可能會滅絕，此時只能使用異地保護，例如動物園，植物園，種子庫和組織儲存，以防止滅絕。然而，干預越密集，可能的成本越高。這可能會增加管理人員做出一些艱難的決定，此壓力取決於社會有多少資金可用於應對這些新挑戰。在任何情況下，對於成功保持圈養的物種，最好定期重新評估重返回野外的機會。

1.5 後續研究者對 Shoo *et al.* (2013)之意見

Ahteensuu *et al.*(2015)針對Shoo *et al.*(2013)的文章提出了四個問題，並且提出解決這些問題的方法。主要為

1.5.1 二元式的決策往往是不合適的

在Shoo *et al.* (2013)主要以二元的決策流程圖表示，而此類流程圖需要是/否之答案，這點在大多數的保護決策中並不合適。除了少數有進行完善研究的物種，研究者才有信心直接以是/否回應，大多數的物種無法知道確實的答案，而僅能以或許，或是可能性來回應，但整體決策應該要優先考量定量的因子以為行動指導。

Rout *et al.* (2013) 提出了定量決策框架，主要用於評估輔助移植此保護行動的成本，風險和收益。其框架主要是將預期價值與成本效益分析結合探討。該文提到對一物種是否進行輔助移植主要是先識別和量化兩個決策選項的所有不同的可能結果，即正和負效應，其次將量化結果與它們各自的概率加權，然後選擇具有最高概率加權結果的決策選項。關於引入的具體策略，其移植地點和移植物種通過計算其預期價值，然後之除以執行費用（即業績和監測）來決定。

而目前許多物種處於瀕危狀態，在處理此類物種若我們因某些因素而

延遲決策，則可能導致瀕危物種的滅亡。因此不論是定性，定量或混合性的決策，一個可能的決策框架還是在關鍵訊息不確定或缺失下提供指導，此框架應該允許我們回應不知道，而非停止保護，整體決策應遵循避免瀕危物種滅絕的措施。因此，我們要特別強調，目前我們要確保風險規避，此風險規避可能會與Rout *et al.* (2013)之實施具有最高成本效益比的保護項目有所衝突，盡量防止物種滅絕。

1.5.2 決策優先順序與補充行動。

Shoo *et al.* (2013)所提出的決策流程強加了決策時的先後順序，且不同的流程沒有可以同時進行的作為。一個可行的行動方案應該能有多種的保護行動，並且能在不同的保護行動做為中實施最佳的分配。決策框架中的管理行動順序反映了自然是靜態的概念，應該在決策中以選擇包括各種原位保護行動為第一優先要務，而最後的步驟即最不可取的選項則是非原生境保存。

Ahteensuu *et al.* (2015)認為為什麼管理行為應該具有先後優先順序。相反的，每個行動都應該考慮其成本和能力，以提高目標物種的保護狀態，這可能實際上導致同時使用幾種補充策略。保護行動應以成本效益比率而不是通過剛性預定義順序為優先。這就是說，預期價值不僅需要包括量化的生物效應，而且還包括對社會影響的估計，如文化，娛樂和經濟意義。

另一個問題是線性序列決策框架指導其用戶選擇第一合適的選項，並且不支持同時應用多個保護策略。然而，與任何單一策略相比，多個策略可能導致成功結果的可能性更高。如果一個物種滅絕，因為只有一個具體的行動被執行，後來證明是不夠的，我們不能再試一次，滅絕是不可逆轉的。因此，應當要允許促進採用多種行動同時進行。Rout *et al.* (2013)的廣義決策框架意味著允許不同管理方案之間按比例分配資源，而不是在不同保護項目之間進行簡單的優先排序。

1.5.3 成本，共同效益和成功之間的過分簡化關係

成功的概率，對非目標物種的共同利益和成本在各分類群之間不可能具有簡單，一致的關係。如Shoo *et al.* (2013)架構中提到，異地保護是最後與最昂貴的選擇，也具有最低的成功概率與對非目標的物種共同效益降低。Ahteensuu *et al.* (2015)與Shoo *et al.* (2013)的觀點相反，對於瀕危物種

來說，非原生境保護應該是第一個選擇，至少對種子植物，並儘可能多地進行該物種的備份，並能使用到任何其他保護行動。實際上，異地保護在物種保護策略中是重要的，甚至是強制性的步驟，例如重新引入或協助移徙。此外，非原生境保存的成本在很大程度上取決於所使用的分類群和方法。例如，在種子庫中保存大量種子對於許多物種可以以最小的成本非常成功。植物材料在植物園或苗圃中的大規模繁殖與常規工作一起進行也可能僅引起較小的額外成本。這些費用應與有效的原生境保存相比較，這可能需要詳細的年度普查或密集的棲息地管理，既費力又昂貴。如果需要分配可用於社區發展的土地，維持分散走廊也可能帶來高額間接成本。

1.5.4 忽視社會觀點

決策框架忽視了與決策有關的法律，社會和道德方面的問題。Shoo *et al.* (2013)沒有考慮到環境立法(environmental legislation)，如環境保護法(environmental protection law)和自然保護法。一個可行的決策框架需要在現行立法的限制範圍內適用，而一個物種的保護措施的範圍可能受到定義的管理目標和行動的法律的限制。而在輔助移植與保護廊道目前在環境立法中沒有得到承認。因此，我們目前有兩種方式可以處理此類問題，第一種是在開始時排除法律不允許的管理行動，並將精簡的成本效益比框架應用於其餘的選擇。另一個選擇是應用框架，然後檢查法律是否允許執行建議。如果不行，可以根據法律採取管理行動，或根據新的保護措施的科學和倫理論點修改立法。

1.6 植物繁殖體的保存

隨著氣候變遷、棲地退化及人為干擾等因素影響，植物同其他生物一樣面臨物種多樣性及遺傳歧異度的急遽衰減，此種遺傳侵蝕的發生，不論是野生物種甚至是企業化栽培之作物都存在於瀕臨滅絕之威脅中。因此，各物種之種質資源的保存，有迫切執行的必要性。在移地保育中，以種子保存為最簡單且便宜的長期保存法，但大多數以營養繁殖的經濟作物，其種子無法形成或為異儲型種子無法保存，欲進行上述種子類型之保存是無法實行的(Keller *et al.*, 2006)。而在此類具種子保存障礙的物種上，最被廣泛應用的保存方式為採集該類植物的多種基因品系，並透過無性繁殖法將之種植在田間進行管理，如同田間基因庫般持續地維持其種質資源的保存。雖然此法容易實施且繁殖材料方便取得，不過其於施行時需要足夠的空間及密集的勞力，此外，將植株直接暴露在可能具病害、蟲害、非生

物逆境及天然災害的風險下，實屬不佳(Martin *et al.*, 2013)。

為屏除前述兩者缺點，Westcott *et al.* (1977)利用組織培養進行生體外保存(*in vitro* conservation)以儲存馬鈴薯之種質，不僅排除種子儲存的障礙，也解除母株材料受到病蟲害感染而喪失的危機，建立一節省空間需求且無菌的保存系統。另外，若以組織培養進行無性繁殖，對於具觀賞價值之園藝物種、經濟價值之農作物及有特殊藥用或木材價值的商業物種而言，不失為一種極具效率的繁殖方式。組織培養的特點即在於增殖速度快，能使培養者在短時間內獲得大量植株，也能藉此進行優良基因型之篩選，以維持其高利用價值。

然而，組織培養的快速增殖及培養期間高頻率的繼代培養，不僅無法符合商業生產節省人力和耗材花費的期望，也會提高培植體污染的風險(Westcott *et al.* 1977)。倘若能減緩培植體的增殖速度，使其生長減緩甚至是暫停，便可降低繼代培養的次數以延長繼代週期。而延緩生長保存法則是藉由調整培養環境條件以減緩培植體之生長，進而達到減少繼代培養次數之目的。

1.7 台灣的現況

我國目前氣候變遷相關計畫之研究成果，顯示極端氣象事件之發生頻率與強度將與日俱增，使本島山區自然環境在氣候變遷與極端事件衝擊下日益脆弱(許晃雄等，2011)。為減緩氣候變遷對於生物多樣性之衝擊，研究建議應根據暴露度、敏感度及調適能力，先依照物種或地區的狀況評估其脆弱度，再針對所產生的衝擊程度與脆弱度進行政策、社會或法令上的調適以減緩、降低或預先防止災害的產生，並永續的維持整個社會或生態系(童慶斌，2012)。

根據邱祈榮(2013)及本團隊先前執行林務局2013至2015年「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」計畫之成果，已初步瞭解全臺灣維管束植物在長期氣候變遷影響下可能的殘存分布地點，亦初步提出風險較高且應積極保育之物種與族群；小尺度方面，則已針對臺灣水青岡及南仁山植群等案例地點，對於生物社會以物種層級可能遭受氣候變遷之衝擊與影響部分，完成初步的研究與評估。

林務局2013至2015年「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」計畫已完成臺灣多處氣候暖化下殘存地點之研判，另外亦已針對南仁山跨海拔樣帶及迎風型生育地植群進行深入分析，初步瞭解氣候變遷及極端氣象事件對

於植群動態的可能影響。就前述計畫研究架構而言，所稱「殘存地點」即類似於 Hannah *et al.* (2014)年所提之堅守點概念，南仁山植群則可視為其實際案例。

而本團隊先前執行的計畫中，有三部分與本計畫相關，分述如下：

1.7.1 大尺度評估受衝擊地區

以先前計劃學會團隊成果中顯示牡丹至南仁山、壽卡等地屬放射狀水系或河川源頭，易受影響地點中心多位於山塊頂部或近頂部，評估這些地點的現生植群在暖化影響下缺乏向高海拔遷徙之空間，可能遭受到立即而明顯的衝擊，造成生態系組成的劇烈改變。前述7處地點中，又以牡丹至南仁山、壽卡地區易受影響之物種密度最高，應受到最優先之關注與保護。

1.7.2 小尺度的樣區複查動態與樣區物種評估

除了大尺度的結果支持南仁山區是受到氣候暖化最易受到衝擊的地區，在小尺度本團隊研究中也以南仁山樣區與樣帶實際複查資料顯示，整個南仁山森林動態與受到東北季風影響程度，及物種分佈類型有關。

南仁山欖仁溪與南仁山溪谷森林動態樣區分別設立26與24年來，共歷經四次複查。先前研究將此二森林分為三個植群型，以受東北季風影響程度分別為欖仁溪動態樣區的迎風與背風植群型，以及南仁山溪谷樣區之溪谷植群型。在四次調查結果中顯示此森林在結構有不同變動情形，其中迎風植群型變化最大，包含近期生物量之快速累積，物種數量與植株數量的減少，顯示植株個體生長而向較大徑級推移，並產生林木自我疏伐的現象(表 1)。此現象可能為森林朝向穩定的老熟林成長，或是森林產生變化。由於迎風植群型之物種數量與生物多樣性顯著降低，此森林產生變化的可能性是較高的。另一方面，背風植群型之森林變化較小，在植株數量、胸高斷面積、死亡率和新增率僅有些微波動，但長期以來無明顯變化趨勢，與同樣位於南仁山區、但處於背風環境的南仁山溪谷樣區(即溪谷植群型)之動態相似，歷次調查之株數和胸高斷面積僅略為波動或穩定狀態。南仁山溪谷樣區在物種數、胸高斷面積與植株密度等均變化不大(表 2)。由此可知，各植群型的動態變化幅度由大至小大致符合受季風影響之程度。而對於迎風型生育地內植株數降低，而生物量增高之現象，可能為植群演替、全球暖化或極端氣候所單獨或綜合性影響，此點尚無法以操作實驗驗證。

表 1、欖仁溪樣區迎背風植群型歷次調查之物種數、植株密度、胸高斷面積與生物多樣性指標。

調查年	迎風型生育地					背風型生育地				
	物種數	植株密度 (ha ⁻¹)	胸高斷面積 (m ² ha ⁻¹)	Simpson's index (1/D)	Shannon index (H')	物種數	植株密度 (ha ⁻¹)	胸高斷面積 (m ² ha ⁻¹)	Simpson's index (1/D)	Shannon index (H')
1991	109	14,956	42.31	24.37	3.72	105	6,693	37.99	27.55	3.85
1997	106	14,644	47.47	23.72	3.70	106	6,837	40.02	26.17	3.82
2005	104	12,723	45.31	23.52	3.69	108	6,277	38.79	24.52	3.78
2013	100	11,911	47.14	22.78	3.67	110	6,488	39.67	24.93	3.79

表 2、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。

調查年	物種數	植株密度 (ha ⁻¹)	胸高斷面積 (m ² ha ⁻¹)	Simpson's index (1/D)	Shannon index (H')
1993	106	3,289	38.67	14.33	3.31
2000	103	3,426	42.82	14.06	3.25
2008	104	3,758	42.20	15.43	3.30
2013	105	3,620	42.64	14.97	3.28

而在各樣區之物種族群數量在四次複查的變動情況中，欖仁溪樣區有 33 種(佔物種數量之 38.4 %)其植株數量隨著每次複查而顯著減少，南仁山溪谷樣區則僅有 7 種(11.7 %)有此情況。且欖仁溪樣區顯著減少之物種有一

半的物種為迎風植群分布型之物種，其可能受到東北季風減弱的影響，造成其競爭勢的改變，原先這些物種可以在東北季風的逆境下存活，因少有物種可與其競爭，但整個季風減弱後，則這些迎風植群分布型物種受到他種的種間競爭而死亡。

當然並非所有的迎風植群分布型物種皆有一致的結果，嶺南桐則仍處於族群數量增加的情況。在族群逐漸減少的物種中，台灣石櫟(*Pasania formosana*)、菲島福木(*Garcinia subelliptica*)與希蘭灰木(*Symplocos shilanensis*)分別屬於『臺灣維管束植物紅皮書初評名錄』中嚴重瀕臨滅絕物種(CR)、瀕臨絕滅(EN)和易受害(VU)等級，其族群數量顯著持續減少，可能有瀕臨滅絕的危險，且台灣石櫟與希蘭灰木為台灣特有種，因此亟須進行保育政策之評估，以避免物種消失。而我們參考Kingston and Waldren (2005)之評估法，分8個影響指標進行南仁山各個物種之脆弱度評估，其結果顯示欖仁溪有較多物種之脆弱度較高，如唐杜鵑，台灣蕘花，台灣石櫟等植物，此類物種則需進行回復力之研究。

1.7.3 物種沿海拔分佈變化情況

南仁山樣帶於1995年設立，設立目標主要為了瞭解植物種類沿海拔變化之情況(廖啟政，1995)。除了調查木本植物外，同一年也於樣帶設立90個小苗樣區並進行調查(賴宜鈴，1996)。而後本團隊分別於2013年進行樣帶大樹複查，與2015年開始進行小苗調查，期能了解這20年來大樹與小苗在沿海拔分布上有何變化？是否有受到氣候變化影響而造成物種有遷移的行為？

1.8 擬解決問題

本計畫認為，臺灣雖已針對氣候變遷情境完成生物多樣性風險與脆弱度評估模式及因應策略規劃，並完成大尺度之維管束植物地理分布，以及南仁山低地雨林生態系統之案例研究評估，然而尚未針對可能遭受暖化衝擊之地點及可能受影響之生態系與物種部分，擬定適宜之保育策略與實務方法。因此，本計畫擬針對上述議題，解決問題如下：

1. 依據已知之長期氣候變遷殘存地點，以台灣南仁山植群為案例，配合台灣植物紅皮書初評名錄所列之受威脅物種(CR、EN、VU)，進行生態特性及分布

現狀之整理，並瞭解前述應關注物種之現生環境特性與伴生物種，進一步評估其可能受衝擊之程度，並依物種及地區特性研提適宜之保育對策與具體作法。

2. 依據生態系及物種之保育急迫性，提出可能的保育對策及具體作法，並選定二至三個生態系統(如恆春半島東側植群生態系、新竹地區櫟櫟植群等)，配合目前已完成之殘存地點優先保育物種名單，以野外實務調查監測檢討該物種清單之適切性，並選定適當案例物種進行實務性的試驗操作。預計研提之保育對策項目包含如下：
 - (1)現有棲地及物種的保護管理。
 - (2)協助遷徙或營造棲地廊道。
 - (3)協助異地族群重建。
 - (4)遷地保育及方法建議。
3. 選定二至四處已知殘存地點之高風險生態系及物種，於週邊規劃監測調查機制，亦即試圖瞭解「遷徙跳石」之存在與變化情形。透過長期資料累積，瞭解該生態系及物種的退化或遷徙情形，依研究結果提出對應之保育措施建議。

1.9 計畫目標

台灣南仁山區長期受到東北季風與地形遮蔽影響，其生育地可分為迎風型、背風型與溪谷型生育地(Chao *et al.*, 2010)。其中，迎風型生育地為受到每年東北季風影響最大者，而致使部分分布於中海拔之物種可生存於此，因此迎風型生育地應可視為微避難所。Hung and Kao (2010)提出，台灣的東北季風受到冬季溫度增高的影響，因此風力顯著的減弱中，林務局在2015年完成的「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」結果中，亦討論到可能因為東北季風的減弱，造成迎風型生育地在物種數量，植株密度以及生物多樣性逐漸減少，相對的在背風型生育地與溪谷樣區則無顯著之變化，顯示南仁山森林可能受東北季風減弱影響而使得迎風型生育地產生變化；在物種層級上，也以攬仁溪樣區迎風型生育地有較高比例之物種族群持續下降，並建議迎風分布型的臺灣石櫟與希蘭灰木為極待後續保育之物種。

本計畫預定期程為3年，全程計畫目標如下：

1. 瞭解各殘存地點生態系及物種之保育急迫性，並提出優先序：

一處地區植物相或物種之特殊性與不可替代性，為衡量該地區生態系或特稀有植物應受保育優先順序重要因素之一。若地區植物相極為特殊，又或孕育有稀有且侷限分布之物種，且於其他地點難以覓得相似或可替代之植物社會組成，則本地區必須受到較高的保育關注程度。一旦此地區面臨氣候變遷或其他環境因子之衝擊時，更容易造成棲地與物種多樣性的流失，因此必須優先擬定保護對策，必要時則應預先採取稀有物種之遷地保存等措施。

「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」計畫已針對全台可能為長期氣候變遷下的14處殘存地點，依物種特殊性、稀有性及專有性等因子，參考週邊環境的潛在威脅，提出132物種為優先關注之清單。本計畫擬承接前期計畫之成果，配合台灣植物紅皮書初評名錄所列之受威脅物種（CR、EN、VU），進行生態特性及分布現狀之整理。並特別以台灣東北部，新竹新豐鄉及南仁山植群為案例，針對前述應關注之物種進行生態特性及分布現狀整理，配合植群計畫成果資料，瞭解前述應關注物種之現生環境特性與伴生物種，進一步評估其可能受衝擊之程度，並依物種及地區特性研提適宜之保育對策與具體作法。

2. 依據生態系及物種之保育急迫性，提出可能的保育對策及具體作法。

(1)現有棲地及物種的保護管理。

對於現狀分布於保護留區系統內，且保護留區面積足可涵蓋其潛在棲地物種，面臨氣候變遷風險程度較低，可朝就地保育以及維持棲地品質與物種族群方式進行管理。

(2)協助遷徙或營造棲地廊道。

對於棲地未能完全為保護留區涵蓋，或棲地週邊已為人工植群包圍的應保護物種，面臨長期氣候變遷之影響，在向北或向高海拔遷徙過程中，可能需克服跨越棲地或生態系的阻力，或須與其他植群競爭，可能導致物種遷徙過程中適存度降低，進而提高滅絕之風險。針對此類物種，應朝向檢討現行保護留區範圍、營造棲地廊道或協助散播遷徙等方式，提高其適存能力。本項目除提出研究成果及政策建議外，可選定2至3物種為案例，進行實務性的試驗操作。

(3)協助異地族群重建。

對於分布範圍限縮，且現狀觀察已呈族群逐步下降之物種，可能已難以倚賴物種本身的自力遷徙與競爭能力，尋得適宜之活存地點，將導致該物種在遷徙過程面臨極高的滅絕風險。針對此類物種，應朝向人工協助建立異地族群之方式，檢討週邊氣候因子適宜之原生棲地或人工林，輔助其種原建立異地族群，提高氣候變遷下的適存度；惟引種工作需考量族群遺傳多樣性之維持，亦應納本研究之工作項目辦理。本項目除提出研究成果及政策建議外，可選定2至3物種為案例，進行實務性的試驗操作。

(4)遷地保育及方法建議。

對於分布範圍極度限縮且野外族群稀少的物種，一旦氣候變遷或極端氣候事件發生，極容易因少數個體死亡或棲地流失，即導致母族群數量與遺傳歧異度的急遽減損，因此有進行遷地保育的立即必要。林務局為業務需要，常於所管林地選定氣候適宜、澆灌作業方便及周邊交通便利之處設置苗圃，由於各苗圃已具備苗木撫育所需之設備，且周邊常為平坦的造林地，如腹地許可，將是受威脅植物蒐集、培育並發展成為野外基因保存園的良好場所。

本研究計畫可協助提供遷地保育物種清單，針對氣候變遷殘存地點生態系及物種之生態特性，建議適宜之遷地保育地點。後續則建議林務局利用遷地保育地點鄰近之苗圃及周邊林地，利用氣候、交通、作業腹地為考量條件，發展野外基因保存園，以培育及保存當地高滅絕風險物種為長遠目標。

3. 規劃監測調查機制，透過長期資料累積，瞭解殘存地點生態系及物種的退化或遷徙情形：

選定3-4處已知殘存地點之高風險生態系及物種(如恆春半島東側植群生態系、新竹地區櫛欏植群、北部地區台灣水青岡植群及東北部山區近山頂植群生態系等)，於周邊規劃監測調查機制，透過長期資料累積，瞭解該生態系及物種的退化或遷徙情形。並可利用GIS系統及多期航測圖資之比較，瞭解生態系邊界及物種分布的推移情形。其研究結果可做為研擬對應之保育措施之參考。

4. 藉由進行台灣水青岡樣區的昆蟲調查，建立各個樣區的昆蟲相資料，進而探

討堅守點與具有潛力的遷徙跳石是否可能由於持續暖化造成的氣候異常或是人為開發的影響，導致物種滅絕或是棲地消失的危機。

1.10 本（105）年度目標

1. 彙整已知之長期氣候變遷殘存地點資料，以台灣南仁山植群為案例，依植物相特殊性、物種稀有性及專有性、周邊環境潛在威脅等因子，瞭解各殘存地點生態系及物種之保育急迫性，並提出優先次序。
2. 據生態系及物種之保育急迫性，提出南仁山森林的研究規劃，並針對應實施測試研究之地區或物種，進行至少1案例物種的試驗操作。
3. 依據監測調查機制，完成櫟櫟的所有樣區之設置與調查。
4. 完成南仁山案例監測調查機制之規劃，並完成部份重點地區之監測樣區設置與調查。

二、材料及方法

2.1 研究地點

本計畫主要以新竹縣新豐鄉的櫟櫟分布地點與屏東縣滿州鄉的南仁山自然保留區為主要研究地點。

櫟櫟分布區域主要在新竹縣新豐鄉與竹北市交界處之牛牯嶺山區，為鳳山連營區軍方所管理的範圍內，因此一般民眾不能隨意進入，也使得櫟櫟族群不遭到過度破壞。目前針對櫟櫟分布劃為四區(圖 6)

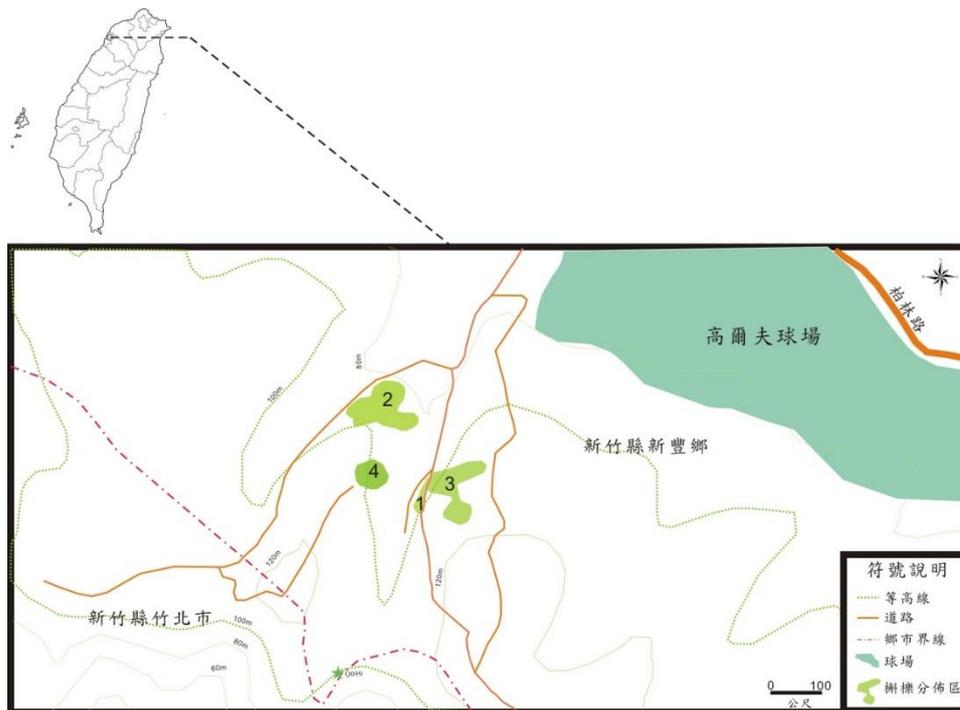


圖 6、研究區域圖。圖中淺綠色區塊為櫟櫟分布之生育地位置。

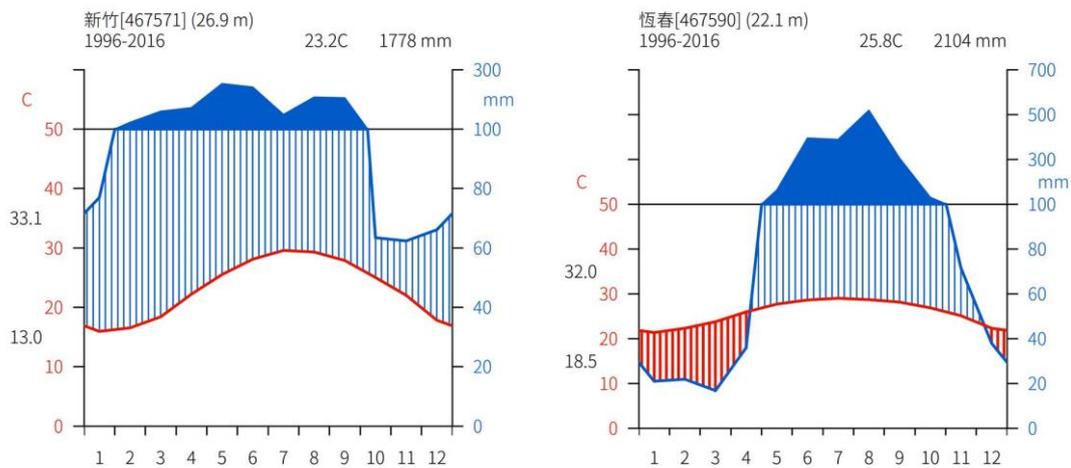


圖 7、新竹與恆春地區 1996-2016 年間生態氣候圖。(資料來源：中央氣象局)

當地氣候以中央氣象局自1996-2016年之觀測資料顯示，年均溫為23.2 °C，而年雨量為1,778 mm，除了十月到隔年一月為較乾燥之氣候外，其餘月份雨量均高(圖 7左)。櫟櫟生長在厚壤土，且其分佈的區域十分狹窄，森林組成多為九節木(*Psychotria rubra*)、相思樹(*Acacia confusa*)、江某(*Schefflera octophylla*)等樹種外，還有許多菝葜(*Smilax china*)、雙面刺(*Zanthoxylum nitidum*)等蔓藤植物，櫟

櫟可能因為附近的植株競爭資源養分而導致生長受到限制。

南仁山生態保護區位於台灣南部恆春半島東側，屬於墾丁國家公園的範圍。研究區域之氣候狀況以中央氣象局的恆春測站資料來看，年平均溫度為25.8°C，在雨量方面，夏季受到梅雨季的滯留鋒面、熱帶性低氣壓、颱風、颱風過後所引進的西南氣流以及冬季的東北季風影響，年雨量為2,104 mm(圖 7右)。

南仁山生態保護區內依據不同研究目的共設置五個樣區與一個樣帶，即為攬仁溪樣區，南仁山溪谷樣區I, II，南仁湖樣區，次生林樣區與南仁山樣帶(圖 8)。其中攬仁溪樣區為美國史密森熱帶研究所 (Smithsonian Tropical Research Institute, STRI) 轄下的熱帶森林科學中心 (Center for Tropical Forest Science, CTFS)，其所推動的國際性森林動態樣區 (Forest Dynamics Plot, FDP) 研究網之一。而本計畫使用攬仁溪樣區，南仁山溪谷樣區I，與南仁山樣帶之資料進行研究，以下分項敘述。

2.1.1 攬仁溪樣區

攬仁溪森林動態樣區位於萬里得山東側支稜一處朝東緩坡上，海拔高度為284至341 m，總面積5.88 ha，由南北兩塊為不同時期調查的樣區所組成，北邊3 ha，東西向長300 m，南北向寬100 m，南邊2.88 ha則於1997-2000年間設立，東西向長240 m，南北向寬120 m，緊鄰北邊3 ha樣區 (Chao *et al.*, 2007)。在風速方面，每月平均風速為3.0 m s⁻¹，而冬季有東北季風的吹拂，使平均風速最高到達為8.4 m s⁻¹。目前已於1991年、1997年、2005年以及2013年完成每木調查。

樣區內植群受到東北季風及颱風雙重影響，造成了迎風、背風之不同的植被類型 (Chao *et al.*, 2010) (圖 9A)，過去研究發現東北季風長時間的強風逆境對植物社會具有相當大的影響，造成迎風區域低矮林相、彎曲樹幹和破裂林冠等現象。

2.1.2 南仁山溪谷樣區

南仁山溪谷樣區位於南仁山山腳處，約在港口溪支流之巴沙加魯溪旁。其海拔高度224 - 275 m，總面積為2.1 ha，樣區東西向長150 m，南北向寬140 m (圖 9B)，樣區設置於1993年並同年進行第一次的每木調查，而目前也於2000年、2008年及2013年進行完成複查。由於樣區東側與北側受南仁山阻隔，因此冬天之東北季風對此樣區影響較小，森林物種組成上與攬仁溪樣區差異頗大，此樣區的

植物社會有熱帶雨林之特徵，如幹生花及支柱根。

2.1.3 南仁山樣帶

有鑒於恆春半島區域植群的特殊性，即於墾丁國家公園南仁山保護區設立永久樣區對台灣僅存之低地闊葉林進行監測，並於1994年建立以研究植被帶轉換為目的的南仁山樣帶（圖 9C）。樣帶長約300 m、寬10-20 m，橫跨熱帶地區常見之低地常綠闊葉林及溫帶地區之下部山地常綠闊葉林，正是典型的熱帶及亞熱帶森林的交會帶，因此樣帶為植群交會帶對氣候變遷反應的最佳實驗地。目前僅於1995年及2013年完成兩次的每木調查。

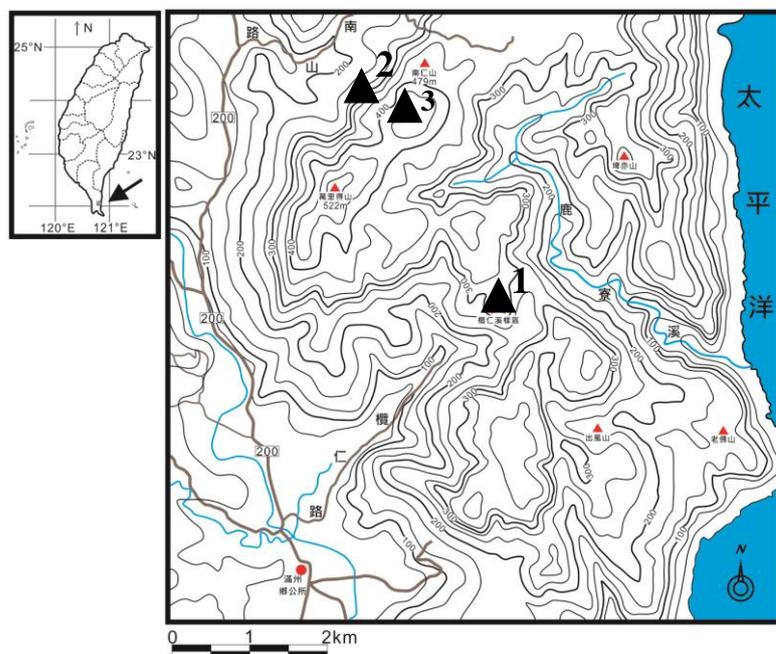


圖 8、試驗地位置。

三角形符號為本研究試驗地：1 為欖仁溪樣區，2 為溪谷樣區，3 為樣帶。

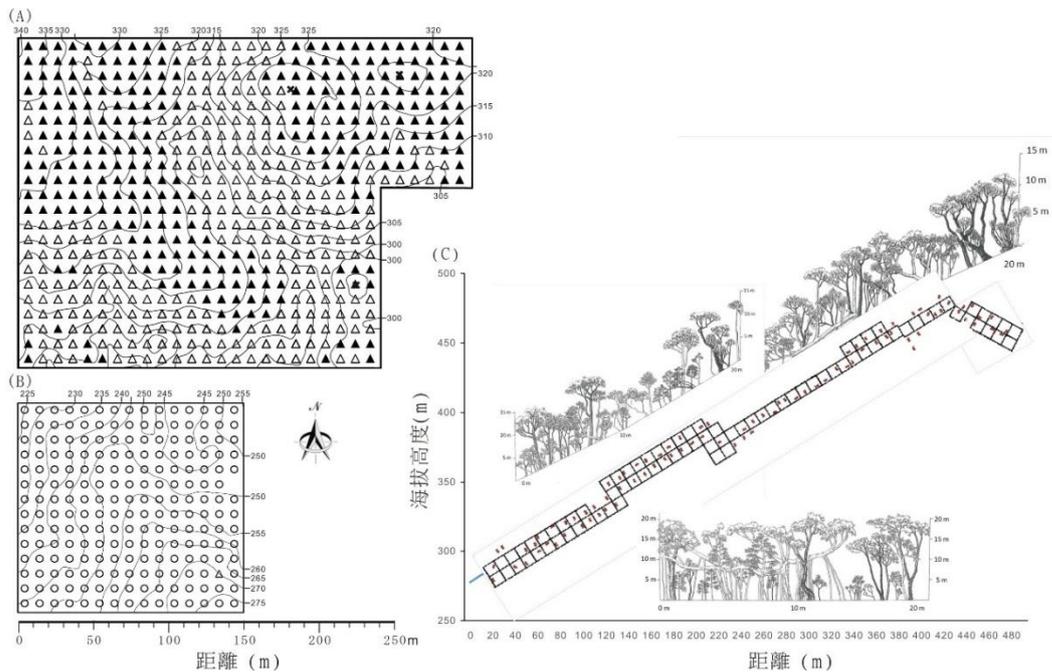


圖 9、南仁山森林動態樣區地形與植物社會分佈圖。

圖中每一個方格為10 m×10 m樣方，三角形屬於亞熱帶楠櫨森林帶（實心三角形為林帶之迎風型，空心三角形則為背風型）；圖中空心圓形為熱帶的榕楠森林帶（Chao *et al.*, 2010）。（A）攬仁溪樣區；（B）溪谷樣區；（C）樣帶。

2.2 物種沿海分布變化評估

在南仁山樣帶上先前設立了72個10×10 m²之木本成樹調查樣方與90個1×2 m²的木本小苗樣方(圖 9)。木本成樹樣方與木本小苗樣方皆於1995年設置，而2013年進行第一次木本成樹樣方複查，其調查方法遵循熱帶森林科學中心所推動的國際性森林動態樣區(Forest Dynamics Plot, FDP)研究網的研究方法，調查目標為樣區內胸高直徑 ≥ 1 cm的木本植物，並會給予每株植株特定的編號、測量其胸高直徑大小與標記其在樣方內的位置。而木本小苗樣方量測方法則依照賴宜鈴(1996)，以利與過往資料做比較，調查項目為樣方內的所有木本植物小苗(胸高直徑 < 1 cm 或苗長 < 1.3 m)，每株小苗會給予編號並辨識物種，並調查小苗的存活、長度與葉片數，每年調查四次，每個季節調查一次，固定調查月份為2月、5月、9月與12月。

在資料分析上將同物種的不同年份的調查數量與其分佈海拔範圍做比較，木本植物與木本小苗的資料選取標準是一致的，僅選取在不同年份中皆有調查到的

物種，並且其中一年之植株數量 ≥ 5 株者才會列入分析。根據Chen *et al.* (2009)之分析方法，利用1000次bootstrap進行抽樣分析，若是p value ≤ 0.05 則稱為有顯著遷移情形，再將不同年份之分佈海拔做比較，近年海拔高度高於過去之海拔高度則判定此物種為往高海拔遷移，反之則為往低海拔遷移，而p value > 0.05 則為無顯著遷移情形。所有的分析以R 3.2.2 (<https://www.r-project.org/>)進行。

2.3 研究物種

本計畫主要以執行多年新竹縣新豐鄉的槲櫟(*Quercus aliena*)為範例物種，以對該物種的繁殖與區外種植經驗探討南仁山的指標物種將來的復育方式。

南仁山的指標物種經由先前之計畫，以大尺度的評估與南仁山物種脆弱度評估，以長期動態樣區複查資料了解各個物種植株數量長期變化，得出指標物種選取以台灣石櫟、唐杜鵑、希蘭灰木為本次計畫執行物種。

三、結果與討論

3.1 南仁山樣帶之成樹與小苗之分布海拔變動

不論在18年的木本成樹或是20年的小苗分佈的海拔變化上，整體來說並無顯著的分佈上變化。在木本84種成樹經分析，為平均每年向下遷移0.39 m，有近一半的物種是往較低海拔遷移的現象發生(表 3)。往較低海拔遷移速率最快的物種為賊仔樹(*Tetradium glabrifolium*)，其每年往較低海拔遷移的距離高達6.87 m，其次為厚殼桂(*Cryptocarya chinensis*)其每年遷移距離為5.38 m，再者為野牡丹(*Melastoma candidum*)與白匏子其每年遷移距離不及賊仔樹的一半，其遷移距離約為每年2.1 m，遷移速率第五名為菲律賓饅頭果(*Glochidion philippicum*)，其遷移距離每年約為1.96 m，而水金京(*Wendlandia formosana*)則是往低海拔遷移的物種中遷移速率是最慢的，其遷移距離每年不到1.0 m，其次則是瓊楠與烏來冬青(*Ilex uraiensis*)其每年遷移距離約為1.1 m。另外則有23.8 %的物種是往高海拔遷移，疏花紫珠(*Callicarpa remotiflora*)有最快的遷移速率(3.02 m yr^{-1})，其他往較高海拔遷移的物種之每年遷移距離皆小於2 m，如大青(*Clerodendrum cyrtophyllum*)、松田氏冬青(*Ilex lonicerifolia* var. *matsudai*)與白榕，細葉饅頭果(*Glochidion rubrum*)等，而向上遷移距離最小的物種為交力坪鐵色與南仁山新木薑子(*Neolitsea hiiranensis*)其每年上升距離皆為0.18 m。剩餘30.9 %的物種是無顯著遷移情形，如咬人狗、紅花八角(*Illicium arborescens*)與桃葉珊瑚。

表 3、南仁山樣帶木本成樹遷移情形。

遷移情形	數量	物種	平均遷移距離 (m yr ⁻¹)
往高海拔 遷移	20	Max 疏花紫珠 <i>Callicarpa remotiflora</i>	3.021
		大青 <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>	1.600
		松田氏冬青 <i>Ilex lonicerifolia</i> var. <i>matsudai</i>	1.279
		白榕 <i>Ficus benjamina</i>	1.165
		細葉饅頭果 <i>Glochidion rubrum</i>	0.781
		倒卵葉楠 <i>Machilus obovatifolia</i>	0.247
		樹杞 <i>Ardisia sieboldii</i>	0.280
		華八仙 <i>Hydrangea chinensis</i>	0.228
		南仁山新木薑子 <i>Neolitsea hiiranensis</i>	0.189
		Min 交力坪鐵色 <i>Drypetes karapinensis</i>	0.178
無明顯 遷移	26	咬人狗 <i>Dendrocide meyeniana</i>	-
		水同木 <i>Ficus fistulosa</i>	-
		紅花八角 <i>Illicium arborescens</i>	-
		江某 <i>Schefflera octophylla</i>	-
		桃葉珊瑚 <i>Aucuba chinensis</i>	-
往低海拔 遷移	38	Max 賊仔樹 <i>Tetradium glabrifolium</i>	6.871
		厚殼桂 <i>Cryptocarya chinensis</i>	5.388
		野牡丹 <i>Melastoma candidum</i>	2.126
		白匏子 <i>Mallotus paniculatus</i>	2.085
		菲律賓饅頭果 <i>Glochidion philippicum</i>	1.964
		短尾柯 <i>Pasania harlandii</i>	0.122
		九節木 <i>Psychotria rubra</i>	0.111
		烏來冬青 <i>Ilex uraiensis</i>	0.110
		瓊楠 <i>Beilschmiedia erythrophloia</i>	0.109
		Min 水金京 <i>Wendlandia formosana</i>	0.085

樣帶木本小苗整體每年向上遷移約為0.81 m，有35%的物種為往較高海拔遷移，而約41.8 %的物種無顯著遷移情形，另外23.6 %物種則是往較低海拔遷移(表 4)。往較高海拔遷移的物種以銳脈木薑子(*Litsea acutivena*) 與紅果柃木之遷移速率最快，約每年上升4 m，其次為臺灣山豆根(*Euchresta formosana*)與大青，每年上升約3.27 m與3.13 m，再者為黑星紫金牛(*Ardisia virens*)其每年遷移距離則小於3 m，而遷移速率最小的物種為桃葉珊瑚，其每年遷移距離為0.13 m，其次是紅花八角與華八仙(*Hydrangea chinensis*)，其各別每年遷移速率為0.36 m 與0.77 m；向下遷移幅度最高的物種為白匏子，其遷移幅度約為每年2.49 m，其餘有向低遷移情形的物種之遷移距離皆小於2 m，如圓葉雞屎樹(*Lasianthus wallichii*)與小葉木犀(*Osmanthus marginatus*)其遷移距離各為1.46 m與1.25 m，而賽赤楠(*Acmena acuminatissima*)、領垂豆(*Archidendron lucidum*)與山刈葉(*Melicope semecarpifolia*)則是往低海拔遷移的物種中遷移速率最小的；而沒有顯著遷移情形的物種如咬人狗、水同木(*Ficus fistulosa*)、樹杞、革葉冬青(*Ilex cochinchinensis*)與大葉樹蘭(*Aglaia elliptifolia*)等，皆是20年以來其分布範圍無顯著變化。

前述結果顯示在南仁山樣帶中與目前世界研究較為不同的地方為部分物種往高海拔遷移，有不少物種為往低海拔遷移，其可能因為受到颱風影響。颱風帶來強烈豪雨與強勁風力易造成樹冠鬱閉度降低，同時也造成樹木倒塌而有孔隙(gap)產生，以致於陽性樹種易往陽光充足處萌芽並快速生長和生存，如野牡丹(*M. candidum*)與白匏子(*M. paniculatus*)。

相較於Chen *et al.* (2011)研究結果顯示，全球生物平均遷移速率約往高海拔地區遷移1.1 m yr⁻¹。而南仁山樣帶其不論木本成樹(0.39 m yr⁻¹)或是木本小苗(0.81 m yr⁻¹)遷移速率都較緩慢。若臺灣整體的溫度遞減律是每上升100 m下降0.6 °C來推算，臺灣近30年氣溫增加0.29 °C，若物種要遷移至原本適合生存的溫度範圍，則該在30年內向上遷移48.3 m(即每年往高海拔遷移1.61 m)，但是南仁山樣帶小苗每年僅遷移0.58 m，僅為預測值的1/2，因此若是持續依照此速率遷移，南仁山樣帶的物種可能會因為趕不上氣候變化的腳步，而有滅絕的危機。但另外南仁山樣帶長期受東北季風影響導致此地區有較高之梯度歧異度(beta-diversity)，造成較高之物種轉換率(廖啟政，1995)，即物種僅需要遷移較短的距離就能達到其適合生存的環境，若是屬於此情形，則南仁山樣帶之木本成樹與木本小苗目前還能適應環境的變化，而滅絕的可能危機較小。另外，部分物種若無法適應東北季風之壓力，而無法順利往高海拔遷移並建立族群，則該物種有很大機率有滅絕的危機。但是目前有其他研究顯示東北季風之風力有減弱的趨勢，因此未來南仁山樣帶之物種分佈情形則有待觀察與討論。

表 4、南仁山樣帶木本小苗遷移情形。

遷移情形	數量	物種	平均遷移距離 (m yr ⁻¹)
往高海拔 遷移	19	Max 銳脈木薑子 <i>Litsea acutivena</i>	4.033
		紅果欖木 <i>Dysoxylum hongkongense</i>	4.029
		台灣山豆根 <i>Euchresta formosana</i>	3.270
		大青 <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>	3.133
		黑星紫金牛 <i>Ardisia virens</i>	2.859

		疏齒紫珠 <i>Callicarpa remotiserrulata</i>	0.972
		石苓舅 <i>Glycosmis citrifolia</i>	0.942
		華八仙 <i>Hydrangea chinensis</i>	0.771
		紅花八角 <i>Illicium arborescens</i>	0.357
Min 桃葉珊瑚 <i>Aucuba chinensis</i>	0.128		
無明顯 遷移	23	咬人狗 <i>Dendrocnide meyeniana</i>	-
		水同木 <i>Ficus fistulosa</i>	-
		樹杞 <i>Ardisia sieboldii</i>	-
		革葉冬青 <i>Ilex cochinchinensis</i>	-
		大葉樹蘭 <i>Aglaia elliptifolia</i>	-
往低海拔 遷移	13	Max 白匏仔 <i>Mallotus paniculatus</i>	2.486
		圓葉雞屎樹 <i>Lasianthus wallichii</i>	1.460
		小葉木犀 <i>Osmanthus marginatus</i>	1.253
		高士佛赤楠 <i>Syzygium kusukusense</i>	1.239
		倒卵葉冬青 <i>Ilex maximowicziana</i>	1.046

		瓊楠 <i>Beilschmiedia erythrophloia</i>	0.725
		三葉山香圓 <i>Turpinia ternata</i>	0.575
		山刈葉 <i>Melicope semecarpifolia</i>	0.452
		領垂豆 <i>Archidendron lucidum</i>	0.237
Min 賽赤楠 <i>Acmena acuminatissima</i>	0.152		

檢視物種原先平均分佈海拔高度與這18-20年來的分佈變化，則顯示不論木本成樹或是木本小苗，皆顯示原先分布在較低海拔之物種有向上遷移之趨勢，但分布在較高海拔之物種則有向下遷移之趨勢，其原因為何則仍待探討。總之，南仁山地區因受到東北季風與氣候變化之共同影響，其物種可能因氣候變化或是種外競爭勢力之改變，造成物種有不同遷移方向，此部分仍待持續研究探討。

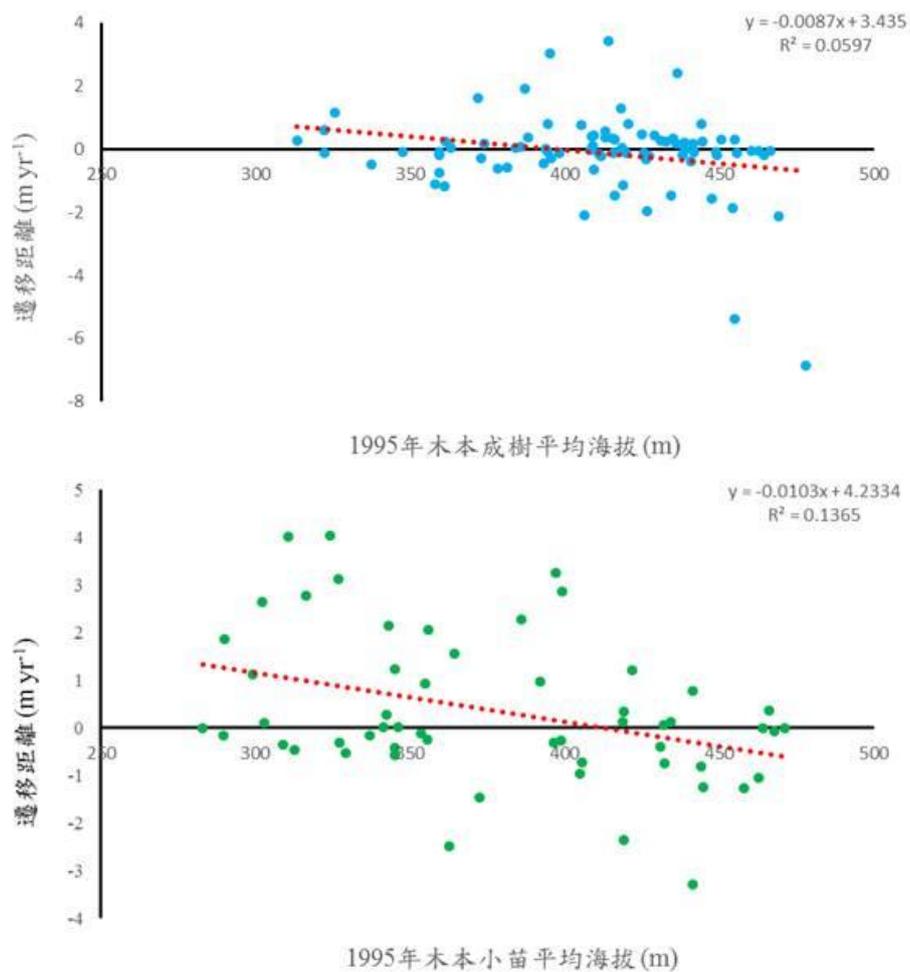


圖 10 南仁山樣帶物種遷移距離與原先海拔之分布關係。上圖為木本成樹，下圖為木本小苗之結果。

3.2 新竹槲欏之先前成果

3.2.1 執行原由-物種是否需要保育

槲欏於台灣最早之紀錄為1924年9月22日由日籍林業學者島田彌市(Yaichi Shimada) 在新竹紅毛所採集之標本，而後見於佐佐木舜一(Syuniti Sasaki)整理林業部臘葉館之標本目錄(佐佐木舜一，1930)，當時命名為*Q. aliena* var. *acutiserrata*，雖然這是一份新的紀錄，但之後沒有在其他研究中發現此物種(Su *et al.* 2003)。新豐鄉的槲欏直至2002年靜宜大學楊國禎副教授於坑子口靶場管制區再發現後，經Su *et al.* (2003)比對標本與形態特徵後，將之訂正為*Q. aliena* 之承名變種。

槲欏植群數量自2002年發現時，其族群總數約一百多株，而後因人為干擾、闊葉樹種之競爭與褐根腐病之危害，2012年於環境生態電子報中曾認為其僅剩下大約20株，這片全台灣唯一的槲欏群落，正進入倒數計時瀕臨滅絕的狀態。因此快速而有效的開始進行物種保護是有必要的。

3.2.2 執行物種保護先前準備工作

在槲欏植株數量大量減少下，新竹縣政府一方面委請民間育苗業者進行種子苗之繁殖培育，一方面亦由國立嘉義大學廖宇賡副教授在林務局補助經費之下，以組織培養方式進行組培苗之繁殖，皆有不錯之成效(Liao and Chuang, 2014)。但槲欏的組織培養苗目前仍僅在溫室培養階段，仍未實際種於野外環境，因此其成效如何，仍待確認，但至少在當年植株數量過少且即將滅絕時，達到了基因保存之功用。

而本團隊與新竹縣關西鎮田野工作協會於2012年底再度進行槲欏族群調查時，共計發現144棵存活槲欏植株，且在2013年10月第一次採集野外植株的種子後，經過本團隊的照顧，達成相當高的萌芽率。2014年10月，仍然可以獲取到大量的種子，因此本團隊在確認種子數量充足後，開始於2015年進行區外栽植，並且開始進行小苗光合作用分析與遮光度試驗，嘗試了解小苗生長最適合環境，以為將來移地保育之參考。

為了有足夠之苗木可為移地保育之用，因此本團隊採用刻傷等方式使槲欏苗木能在嘉義於12月至1月萌發，在嘉義度冬後，於3月將苗木送往新竹縣政府所在苗圃，並持續在苗圃長至可行移植時，再行移植。

在對槲欏小苗進行光合作用分析與遮光度試驗中，經由Li-Cor 6400測

量，其光補償點值約為 $12 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。於 $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 後淨光合作用速率快速上升，約 $1,200 - 1,600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 維持平衡，之後其淨光合作用速率快速下降。而陰性植物之光補償點應小於 $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，光飽和點則介於 $500 - 1,000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。參考台灣的槲櫟近源種之光合作用，盧訓令等(2010)針對伏牛山地區的鋸齒槲櫟(*Quercus aliena* var. *acuteserrata*)進行光合測定，其結果呈現幼苗與成樹間光合特性之差異，在其研究中，幼苗與成樹之光補償點分別為 2.86 與 $15.20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，光飽和點則分別為 $1,150$ 與 $1,650 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，在低光量下($< 50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)幼苗之光合作用速率高於成樹，因此幼苗對弱光有較高之利用效率，而成樹在強光下有較高之光合作用能力。

在槲櫟小苗的遮陰試驗中，我們分別以全光照，50%遮陰，70%與90%遮陰試驗測量小苗在不同光環境下之生長，結果，在全光照與50%遮陰中，小苗生長顯著高於高遮陰地區。但是在全光下，則雜草生長往往蓋住槲櫟植株外，槲櫟頂芽也一直有燒灼現象使側枝不斷長出。

3.2.3 是否執行恢復內部避難所?

原先策略應探討區內復育之可行性，但本團隊先後發文至陸總部與國防部與裝甲兵學校，獲得軍方不同意團隊於區內栽植之回應。而本團隊近日也趁部隊乘辦人員更替之時，親自帶領部隊軍官至現場探勘，說明可能於區內栽植之地點，並強調不會影響部隊之演訓，之後期能再與縣政府農業處至裝校進行溝通，已完成恢復區內避難所。

3.2.4 是否執行恢復外部避難所

由於槲櫟原生地為一獨立之丘陵地，往四周皆為地勢較低，且多為都市與農田用地(圖 11)，因此可能無法有效的恢復外部避難所。目前待學會團隊以Global nearest-neighbor search法推算出可能的遷移路線後，再以此規劃路線，以不危及其它原生物種存活狀態進行輔助移植之策略。

3.2.5 目前區外栽植之成效

本團隊於原生分布地附近有意願的學校與政府單位合作進行栽植，栽種時為了考量到地區之遺傳多樣性，因此團隊以不同母樹之種子苗進行栽植。這一年之結果為新竹縣政府桉樹造林地生長狀況最佳，主因為縣政府全力配合，且林下除草團隊(關西生態保育協會)盡力維護植株安全。其他

學校單位時則因政策改變，或除草時使植株受損等因素而致生長狀況不一。由此可見，在整個區外栽植，除了文獻所提到要顧慮到遺傳多樣性外，合作夥伴亦是相當重要。

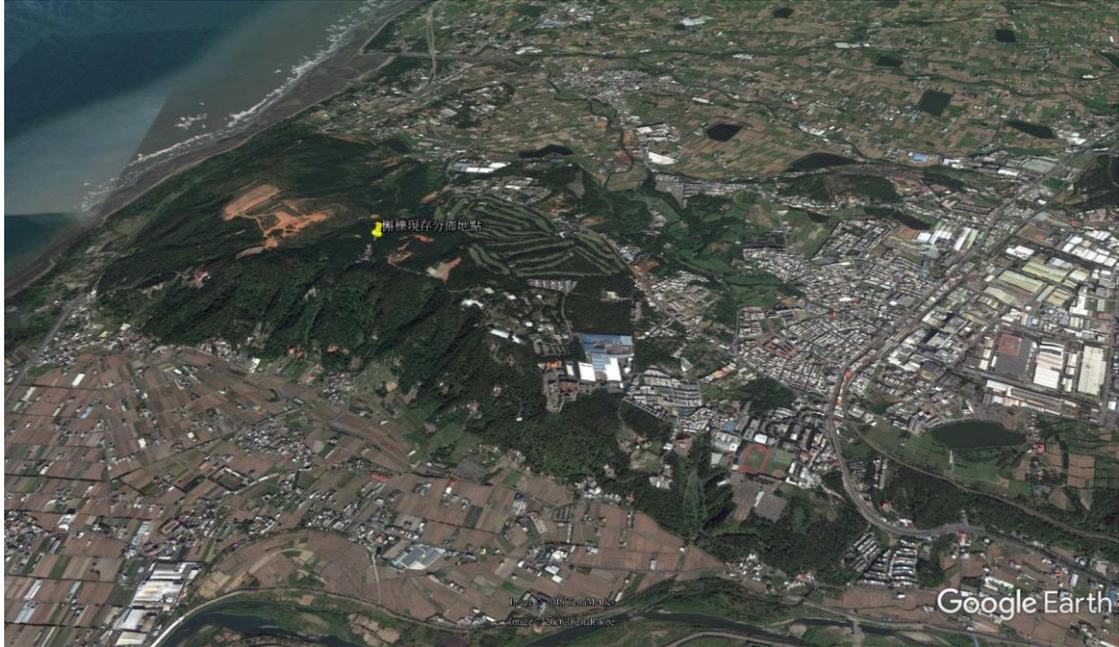


圖 11、檯櫟原生地之土地利用與地形概況

3.2.6 檯櫟計畫目前探討

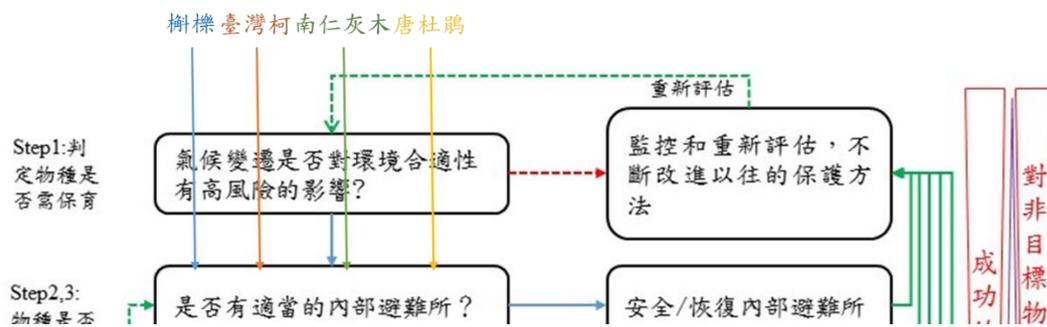
綜觀本團隊進年來對檯櫟所進行之保育，由開始時因族群數量過小，因此輔與組織培養方式進行擴大族群，到後來因有新發現之個體，且亦瞭解其每年種子數量與發芽率等問題。本團隊為解決發芽率與植株生長問題，因此採用育林技術使種子於12月至1月發芽，並於嘉義過冬後，於3月開始將成批苗木往新竹運送，以避免嘉義炎熱的夏日影響植株生長，甚至造成植株死亡。

另外對於到達新竹縣政府苗圃的植株，到其生長夠大後，即開始進行區外栽植，目前先以各學校與公家單位土地進行栽植，除了期能保護此物種免於滅絕外，亦可對民眾進行宣導保育觀念，更希望能使區外栽植個體能結果後，使喜愛收集種子之民眾至區外採取，而避免繼續干擾原生地之個體。

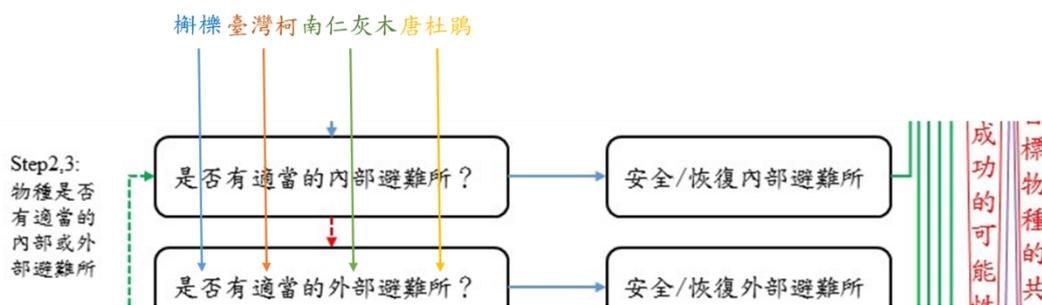
皆下來的區外栽植，則待學會團隊分析完後，再依照推估結果進行栽植。整體栽植仍持續搭配其遺傳多樣性，以避免遺傳多樣性大量損失。

3.3 南仁山指標物種之回復策略

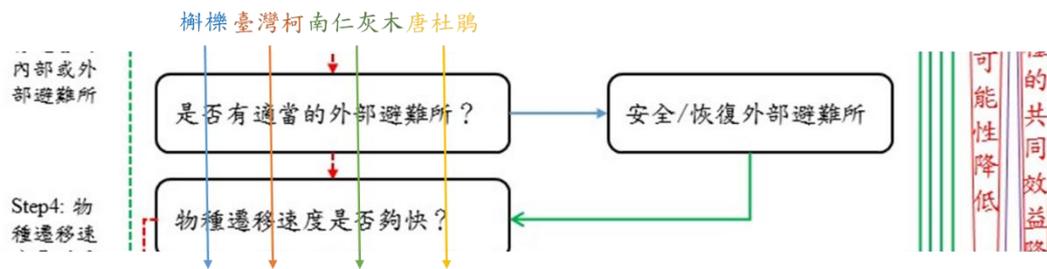
本團隊參考了Shoo *et al.* (2013)之策略，在步驟一中，判定物種是否需要保育此一項下，由先前研究得知，這三種指標物種在面對氣候變遷下均有高風險影響，因此進入步驟二。



在步驟二中，即探討是否有適當的內部避難所。檫櫟有適當的內部避難所，但是軍方不同意團隊進行恢復；而在南仁山生態保護區中，這三種物種則可能原先因為在東北季風強烈影響下使其可以適存於迎風型生育地，但東北季風強度逐漸減弱，致使其無法與其他物種競爭導致植株數量逐漸降低，且即使能恢復內部避難所，但此區為生態保護區，人為干涉可能造成其他物種之危機，因此本團隊即進行到步驟三，尋求外部避難所。



再進行此步驟時，由於研究上的缺乏，因此我們對外部避難所難以定義，也因所需輔助研究不足，因此團隊無法判定物種遷移速度與路徑可回復與否，也無相關基因學上研究可以得知物種遺傳多樣性可否反映演化，且先前研究得知其物種株數顯著減少，為避免物種滅絕，因此直接發展異地保育策略。



在發展異地保育上，則要先更全面的了解族群的分布以及繁殖的策略，因此以下概述此三種物種之目前相關研究概況。

3.3.1 台灣石櫟

本團隊依照文獻資料、標本資料以及當地居民訪談，得知台灣石櫟的分布點，主要有滿州往出風鼻路段與埤亦山山頂。本團隊於1月29-30日分別至此兩地點尋找，在滿州往出風鼻路段發現數十株的台灣石櫟族群，幾乎只有有台灣石櫟的分布，就有明顯路跡切入，在訪談當地居民過程當中，亦了解有些民眾會聘請當地居民帶路採集；埤亦山路段則未尋獲。

在文獻收集上主要為蔣鎮宇教授的國科會報告中，利用葉綠素DNA片段與RAPD指紋證據來探討台灣石櫟與柳葉石櫟(*Pasania dodoniifolia*)之區別，由此兩證據均顯示兩者族群因選擇不同環境而致高度分化，最終形成種化。在其無性繁殖上，洪昆源等(2009)指出台灣石櫟為難以發根物種之一，在選取1-2年生的枝條扦插，則只有35%發根。而在種子發芽率上，洪昆源等(2009)亦指出在水選後，以日溫30°C與夜溫20°C之交替處理下，其種子發芽率僅有1%，但若是先低溫層積3個月，在進行同上之處理方式，則發芽率可達65%。

本團隊於去年自外界購入台灣石櫟種子，並於層積後發芽，另亦從王志強老師處獲得台灣石櫟扦插苗，以及今年十月亦取得種子二十顆。其執行方式分述如下：

a. 培植體收集

以台灣柯枝條的莖節作為培植體，由成熟母樹之枝條或種子苗採集而來，這些材料均取自屏東縣滿州鄉攬仁溪地區的台灣柯族群。在枝條方面，在採集後即浸泡0.2%的安期-A 消毒液(Anti-A Solution)並以低溫運送至實驗室進行表面殺菌及建立無菌繁殖系統；

種子則選擇表面無破損者，採集後即去除總苞，於 4° C 的環境下進行濕冷層積 6 個月，之後去除種子外部，僅留下胚及子葉於水苔中使種子浸潤，期間溫度維持 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ，並以冷白螢光燈作為光源，光週期為 16/8 hr，待其下胚軸明顯伸出時將其移至珍珠石：蛭石：泥炭土=1:1:1 的介質中，並於溫室中待其上胚軸生長，期間以白熾燈泡延長自然光照週期，使每日有 20 h 光照期。

b. 表面殺菌

採集的枝條儲存於冰桶，送回實驗室後隨即以自來水進行初步的清理，並以 0.2% 的安期-A 消毒液沖洗 10 min，然後以 20% 商業用漂白水消毒 3 min、75% 乙醇消毒 30 s，最後以 0.1% 的氯化汞消毒 3 min，待所有消毒步驟完成後以無菌水洗淨至少 3 次以去除殘留的消毒劑，之後將枝條切成長約 1 至 3 cm 的小段，每段含有 1 至 2 個節，並置於誘導培養基中進行側芽誘導。

c. 側芽誘導

本試驗以 GD1 培養基(Gresshoff and Doy, 1972)作為基礎培養基，添加 3% 的蔗糖以及 0.75% difco agar (Batco-agar)，pH 值調整至 5.6，其中誘導培養基在 PGR 的部分添加 $4.44 \mu\text{M}$ 的 BAP (6-benzylaminopurine)，誘導後將芽體置入含有 2、4 以及 $8 \mu\text{M}$ 等 3 個不同濃度 BAP 之 GD1 培養基進行增殖及芽體延長試驗，培養溫度維持在 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ，並以冷白螢光燈提供光源，光週期 16/8 hr，待芽體增殖及延長試驗完成後，後續將進行芽體發根、苗木馴化等試驗以達到組織培養苗能夠栽植至野外之目標。

d. 目前成果

GD1 培養基添加 $4.44 \mu\text{M}$ BAP 能有效的誘導增殖體產生多個芽體(圖 12A)，而增殖試驗目前還在進行中(圖 12B)，種子的部分層積完成後去除橡實外部已能成功發芽，目前最高苗高已 16 cm，並長出多片葉子(圖 12C)。

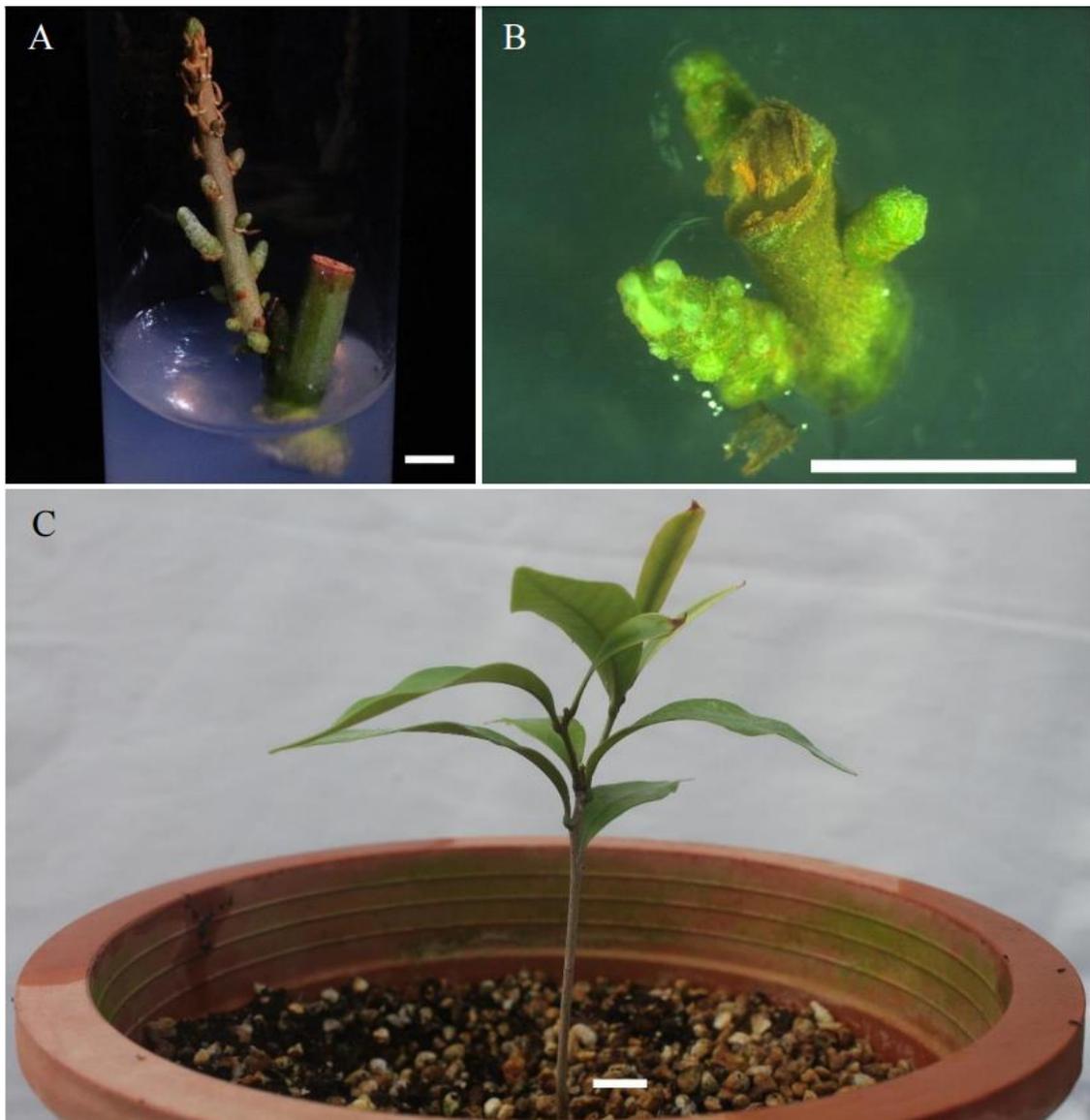


圖 12、台灣柯之培植體誘導。(a)培植體誘導產生多個芽(Bar = 0.5 cm)，(b)台灣柯增殖延長試驗時芽體生長情形(Bar = 0.5 cm)，(c)台灣柯種子苗。(Bar = 1 cm)

3.3.2 希蘭灰木

希蘭灰木分布於楓港溪以南地區，以滿州鄉(包含南仁山)地區為其主要分布地點。在郭耀綸(2009)對於希蘭灰木的物候觀察中，認為該物種每年在1至4月間會結果，但其所附之表格中顯示該種之結果期較為混亂，基本上全年都有可能結果。因此本團隊於每月均前往察看結果狀況，待有成熟果，即記下母樹編號並採

集，以利進行種子發芽。在種子發芽相關研究中，目前並未看到有此類研究，而在無性繁殖上簡慶德(2001)的研究指出，希蘭灰木扦插發根率依不同母株，在老佛山採集為38.6 - 78.6 %；攬仁溪採集之發根率為19.5 - 21 %。因此，若種子繁殖不易，則此物種可以扦插進行繁殖。

在希蘭灰木的光和生理上，郭耀綸與陳瑄培(2005)的研究指出，本物種其特性為耐蔭樹種，且冬季在較低溫環境下光合效率較佳，此為將來選取異地復育之參考資料。

目前南仁山區的希蘭灰木處於幼果狀態，待明年採集。另外，本團隊亦自王志強老師研究室獲得1盆植株，以開始進行繁殖研究。

3.3.3 唐杜鵑

唐杜鵑主要分布於金門，大屯山與南仁山。陳硯茹(2005)以9個ISSR引子檢視唐杜鵑台灣南、北及金門三個地區之8個樣點82個個體之區別，結果顯示唐杜鵑可分為台灣南部、北部及金門三大群，南部樣點又可再分為南仁山及攬仁溪與壽卡兩小群，南仁山與攬仁溪之間亦有較小程度的分化，在北部樣點間則無顯著遺傳分化。由於其在南部遺傳變異較高，因此在需更加考慮將來異地復育時，南部地點之植株是否可以種在一起，此須再深入了解其遺傳變異。在繁殖策略上，王昶升(2013)以不同光強度與光週期促進杜鵑種子之發芽，結果顯示在3,200、1,400與700 lux下唐杜鵑之發芽率可高達85 %以上。顯示種子發芽上應不成問題。而廖宇賡與莊琬婷(2015)則是對金門原生之唐杜鵑進行了微體繁殖之研究，獲得不錯之成果。在物候上，郭耀綸(2009)結果顯示，唐杜鵑主要果期在4-11月，因此本團隊亦於每月尋找植株是否有結果情況，若有，則優先採用果實繁殖手段。

今年10月本團隊採集到已開裂之唐杜鵑蒴果，經仔細清查內部仍有數個種子，目前在培養狀態下已經發芽，準備進入後續研究。其進行步驟如下：

a. 唐杜鵑無菌材料之維持

本團隊準備將唐杜鵑芽體，以 Anderson 培養基 (Anderson, 1984)，添加 3% (w/v)蔗糖、33.6 μM 6-(γ - γ - dimethylallylamino)purine (2iP)及 1% (w/v) Difco Bacto agar, pH=5.2，保持繼代。培養環境溫度為 $22\pm 1^\circ\text{C}$ ，20光週期為 16/8 hr，以冷白螢光燈提供 $30\text{-}50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 之照度，每 4 wk 繼代一次(廖宇賡、莊琬婷，2015)。

b. 延緩生長保存處理

將繼代數次後的唐杜鵑多芽體，取1.5 cm長之芽體直立植入至25×90 mm之無菌培養皿中，每盤放置6個芽體，使用五種不同滲調劑組合之培養基分別為3% sucrose(3Su)、2% mannitol (2Ma)、3% sucrose+2% mannitol (2Ma+3Su)、2% sorbitol (2So)及3% sucrose+2% sorbitol (2So+3Su)作為保存培養基，並同時移至三種保存溫度之培養室(4、10及25°C)保存2、4、6 及 8 mo，全程黑暗。

c. 恢復培養之增殖活力試驗

將結束保存期後之所有處理之增殖體，直接培養於原培養基中進行增殖，並於原培養環境下每4 wk繼代一次，使其回復正常的生長活力以誘導其側芽發生。於恢復培養8 wk後，統計每一增殖體增殖之側芽數及其存活率，更進一步統計出側芽之大芽比率。

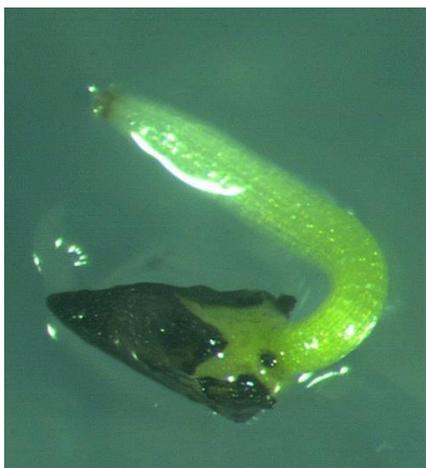


圖 13、今年採集之唐杜鵑萌芽情況。

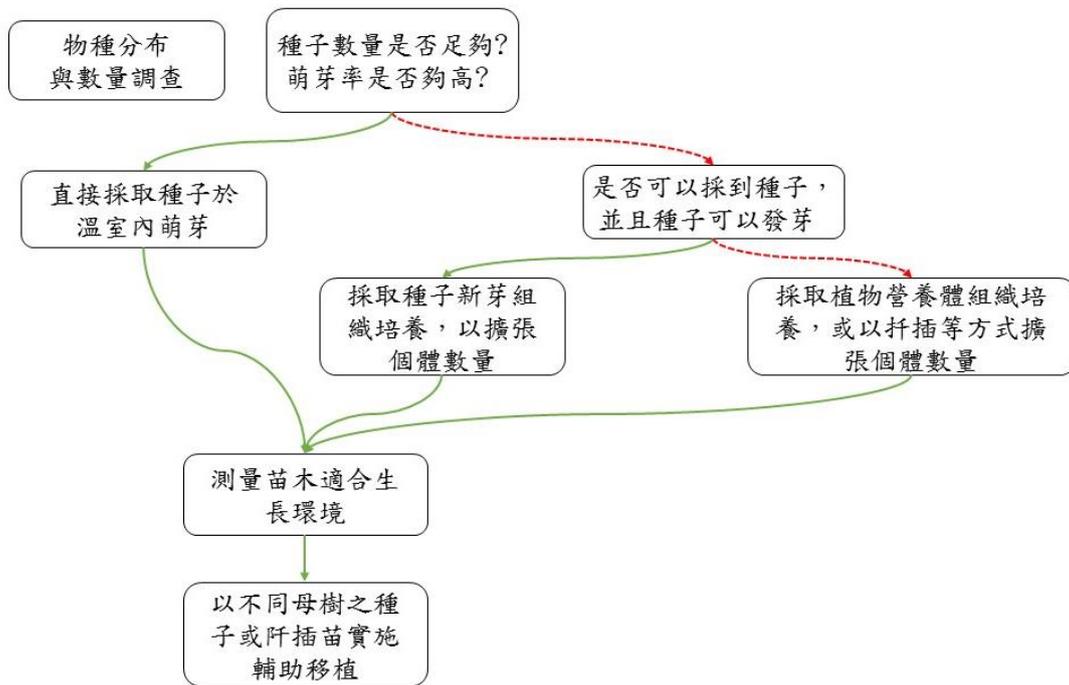


圖 14、指標物種繁殖策略之選取流程。

綜合以上結果，本團隊將可行之繁殖策略彙整於圖 14，若能採集到足夠數量且發芽率高之種子，則直接以種子繁殖，依照文獻，榲欖，唐杜鵑可能以此途徑進行；台灣石櫟則因為植株數量少，種子稀少且萌芽不易，因此可能要進行種子芽的組織培養或是扦插法，以擴張族群數量。至於希蘭灰木，視種子採集與發芽狀況，再選取策略。

3.4 指標物種之異地復育

研究物種目前已在區外進行栽植與生長量測，將來擬由推估模式進行人為輔助栽植並持續測量生長狀況以瞭解推估模式是否可良好運用於實際人為輔助栽植。而由研究物種之經驗，合作對象是相當重要的，包含育苗與種植地點。因為目前指標物種不適合再種回保護區內，因此本團隊初步口頭詢問墾丁國家公園，林試所恆春研究中心與林務局屏東林區管理處恆春工作站關於未來栽植地點，目前都獲良好之回應。此部分待苗木成長後，再進行栽植地點確認。

3.5 今年颱風對南仁山區之影響

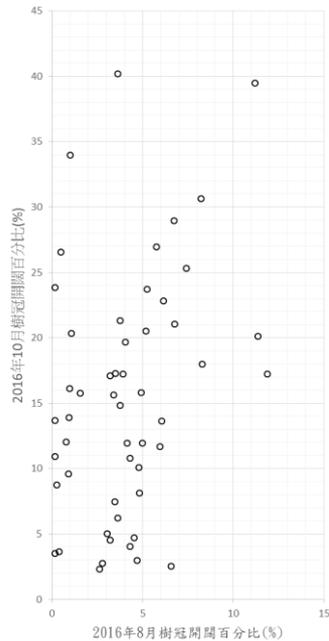


圖 15、今年 8 月(颱風前)與 11 月(颱風後)攬仁溪樣區樹冠開闊度

今年夏季颱風頻仍，造成了南仁山區樣帶頂端大量倒樹與攬仁溪樣區大量葉片與果實被強風吹落，此部份可能造成部份物種今年因種子未熟即受影響，導致今年的更新苗減少，亦由於整體林下光量增加，因此已成熟之種子或仍存活之小苗則可以藉此快速生長。實際狀況要由目前持續之小苗調查進行分析，明年年初可有初步成果。圖 15 為沿著攬仁溪小苗樣區，由離地 1 m 拍攝之魚眼照片，經分析後所得到之樹冠開闊度。表示在颱風前(8 月)與颱風後(10 月)樹冠開闊度大增，甚至許多地點由原先低開闊度轉變為高開闊度。

四、初步結論

1. 由先前櫛櫟調查之經驗與國內外相關文獻得知，族群調查與種子數量與發芽率研究是相當重要的，影響到後續異地復育的決策方式與成效。
2. 在進行異地復育時，要盡量增加遺傳多樣性，以避免僅保存少量遺傳多樣性，或因大量栽培少數植株，而造成遺傳汙染問題。
3. 選定異地復育地點時，合作夥伴是相當重要的。好的合作夥伴，可以使整體事

半功倍。而初期訂下之目標，也需要長時間的持續合作，方能成功。

4. 每一物種因其生存特性差異與繁殖方式差異，沒有一套方法可以套用在所有物種上，因此，積極的進行減碳可能會比不進行減碳而需人為保護物種成本來得低且可減緩物種滅絕速率。

5. 因氣候變化引起之極端氣候如颱風乾旱等可能更嚴重影響許多物種生存，在策略上可能需以專家問卷與模擬評估先瞭解保育之先後順序，以免造成物種之滅絕危機。

五、參考文獻

- 王昶升 (2013) 不同光照強度及光週期對台灣原生杜鵑種子發芽之影響。國立嘉義大學森林暨自然資源學系研究所碩士論文。75頁。
- 邱祈榮 (2013) 建立氣候變遷對生物多樣性風險與脆弱度評估模式及因應策略規劃。行政院農業委員會林務局。
- 洪昆源、莊佩華、陳昱成、潘清連、簡慶德 (2009) 恆春半島的稀有植物系統保育首部曲-臺灣柯及柳葉柯的繁殖。自然保育期刊66:32-34。
- 許晃雄、吳宜昭、周佳、陳正達、陳永明、盧孟明 (2011) 臺灣氣候變遷科學報告。「臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫」計畫辦公室、國家災害防救科技中心。
- 郭耀綸 (2009) 南仁山森林苗木更新動態、碳收支及植物物候之研究(三)。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。24頁。
- 郭耀綸、陳瑄培 (2005) 南仁山森林四種台灣特稀有樹種之光合作用光反應及溫度反應。台灣林業科學20(3):215-226。
- 陳硯茹 (2005) 應用ISSR研究唐杜鵑之族群遺傳變異。國立中興大學生命科學系碩士論文。90頁。
- 童慶斌 (2012) 氣候變遷調適科技整合研究計畫-跨領域脆弱度評估與回復力建構科技發展計畫。行政院國家科學委員會。
- 廖宇賡、莊琬婷 (2015) 金門原生觀賞植物唐杜鵑之微體繁殖。中華林學季刊48(1):1-16。
- 簡慶德 (2001) 熱帶恆春地區瀕危稀有樹種之繁殖與區外保育(3/5)。林業試驗所自辦計畫。
- 佐佐木舜一 (1930) 林業部臘葉館目錄。臺灣總督府中央研究所林業部報告第九號。164頁。
- Ahteensuu, M, S. Aikio, P. Cardoso, M. Hyvärinen, M. Hällfors, S. Lehvävirta, L. Schulman, E. Vaara (2015) Quantitative tools and simultaneous actions needed for species conservation under climate change – reply to Shoo *et al.* (2013)

Climatic Change 129: 1-7.

- Ashcroft, M.B. (2010) Identifying refugia from climate change. *Journal of Biogeography* 37(8): 1407-1413.
- Breshears, D.D., T.E. Huxman., H.D. Adams., C.B. Zou. and J.E. Davsion (2008) Vegetation synchronously lean upslope as climate warms. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (33): 11591-11592.
- Brown, A.H.D. and C.M. Hardner (2000) Sampling the gene pools of forest trees for ex situ conservation. In: Young A, Boyle TJB, Boshier D (eds) *Forest Conservation Genetics: Principles and Practice*. CABI Publishing, Wallingford, pp 185-196.
- Chao, W.-C., K.-J. Chao, G.-Z. Song and C.-F. Hsieh (2007) Species composition and structure of the lowland subtropical rainforest at Lanjenchi, Southern Taiwan. *Taiwania* 52:253-269.
- Chao, W.-C., G.-Z. Song, K.-J. Chao, C.-C. Liao, S.-W. Fan, S.-H. Wu, T.-H. Hsieh, I.-F. Sun, Y.-L. Kuo and C.-F. Hsieh (2010) Lowland rainforests in southern Taiwan and Lanyu, at the northern border of Paleotropics and under the influence of monsoon wind. *Plant Ecology* 210:1-17.
- Chazdon, R.L. (2008) Beyond Deforestation: Restoring Forests and Ecosystem Services on Degraded Lands. *Science* 320:1458-1460.
- Chen, I.-C., J.K. Hill, R. Ohlemüller, D.B. Roy and C.D. Thomas (2011) Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333:1024-1026.
- Chen, I.-C., H.-J. Shiu, S. Benedick, J.D. Holloway, V.K. Chey, H.S. Barlow, J.K. Hill and C.D. Thomas (2009) Elevation increases in moth assemblages over 42 years on a tropical mountain. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(5):1479-1483.
- Colwell, R.K., G. Brehm, C.L. Cardelús, A.C. Gilman and J.T. Longino (2008) Global warming, elevational range shifts, and lowland biotic attrition in the wet tropics. *Science* 322: 258-261.

- Condit, R., S.P. Hubbell and R.B. Foster (1995) Mortality rates of 205 Neotropical tree and shrub species and the impact of a severe drought. *Ecological Monographs* 65:419-439.
- Dawson, T.P., S.T. Jackson, J.I. Prentice and G.M. Mace (2011) Beyond predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. *Science* 332 (6025):53-58.
- Dillon, M.E., G. Wang and R.B. Huey (2010) Global metabolic impacts of recent climate warming. *Nature* 467:704-706.
- Feeley, K.J., M.R. Silman, M.B. Bush, W. Farfan, K.G. Cabrera, Y. Malhi, P. Meir, N.S. Revilla, M.N.R. Quisdiyupanqui and S. Saatchi (2011) Upslope migration of Andean trees. *Journal of Biogeography* 38:783-791.
- Guerrant, E.O., K. Havens and P. Vitt (2013) Sampling for effective ex situ plant conservation. *International Journal of Plant Sciences* 175(1):11-20. doi: 10.1086/674131.
- Guerrant, E.O., K. Havens and M. Maunder, editors.(2004) *Ex situ plant conservation: supporting species survival in the wild*. Washington, D.C.: Island Press
- Hannah, L (2012) *Saving a million species: extinction risk from climate change*. IslandPress, Washington. pp432.
- Hannah, L., L. Flint, A.D. Syphard, M.A. Moritz, L.B. Buckley and I.M. McCullough. (2014) Fine-grain modeling of species' response to climate change: holdouts, stepping-stones, and microrefugia. *Trends in Ecology and Evolution* 29(7):390-397.
- Heller, N.E. and E.S. Zavaleta (2009) Biodiversity management in the face of climate change: a review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation* 142:14–32.
- Hitch, A.T. and P.L. Leberg (2007) Breeding distributions of north American bird species moving north as a result of climate change. *Conservation Biology* 21(2): 534-539.
- Hung, C.W. and P.K. Kao (2010) Weakening of the winter monsoon and abrupt

- increase of winter rainfalls over northern Taiwan and southern China in the early 1980s. *Journal of Climate* 23:2357-2367.
- IPCC. (2007) *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and A.Reisinger (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 104 pp.
- IUCN/SSC (2013) *Guidelines for reintroductions and other conservation translocations. Version 1.0.* Gland, Switzerland: IUCN species survival commission viiii + 57pp.
- Joyce, L.A., S.W. Running, D.D. Breshears, V.H. Dale, R.W. Malmshemer, R.N. Sampson, B. Sohngen and C.W. Wood-all (2014) Ch. 7: Forests. *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*, Melillo J. M., Terese (T.C.) Richmond, and G.W. Yohe (Eds.), U.S. Global Change Research Program. pp. 175-194. doi:10.7930/JOZ60KZC.
- Kelly, A.E. and M.L. Goulden (2008) Rapid shifts in plant distribution with recent climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(33): 11823-11826.
- Keller, E.R.J., A. Senula, S. Leunufna and M. Grube (2006) Slow growth storage and cryopreservation-tools to facilitate germplasm maintenance of vegetatively propagated crops in living plant collections. *International Journal of Refrigeration* 29:411-417.
- Keppel G, K.P. Van Niel, G.W. Wardell-Johnson, C.J. Yates, M. Byrne, L. Mucina, A.G.T. Schut, S.D. Hopper and S.E. Franklin (2011) Refugia: identifying and understanding safe havens for biodiversity under climate change. *Global Ecology and Biogeography* 21:393–404.
- Keppel, G. and G.W. Wardell-Johnson (2015) Refugial capacity defines holdouts, microrefugia and stepping-stones. *Trends in Ecology and Evolution* 30(5):233-234.
- Kimura, M.K., K. Uchiyama, K. Nakao, Y. Moriguchi, L.S. Jose-Maldia and Y. Tsumura (2014) Evidence for cryptic northern refugia in the last glacial period in

- Cryptomeria japonica*. *Annals of Botany* 114(8):1687-1700.
- Kingston, N. and S. Waldren, (2005) A Conservation appraisal of the rare and endemic vascular plants of Pitcairn Island. *Biodiversity and Conservation* 14: 781-800.
- Larkin, D.J., S.K. Jacobi, A.L. Hipp and A.T. Kramer (2016) Keeping all the PIECES: Phylogenetically informed ex situ conservation of endangered species. *PLoS ONE* 11(6): e0156973. doi:10.1371/journal.pone.0156973
- Laurance, S.G.W., W.F. Laurance, H.E.M. Nascimento, A. Andrade, P.M. Fearnside, E.R.G. Rebello and R. Condit (2009) Long-term variation in Amazon forest dynamics. *Journal of Vegetation Science* 20:323-333.
- Lenoir, J., J.C. Gégout, J.C. Pierrat, J.D. Bontemps and J.F. Dhôte (2009) Differences between tree species seedling and adult altitudinal distribution in mountain forests during the recent warm period (1986-2006). *Ecography* 32(5): 765-777.
- Lenoir, J., J.C. Gégout, P.A. Marquet, P. de Ruffray and H. Brisse (2008) A Significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science* 320: 1768-1771.
- Lenoir, J., J.C. Svenning (2015) Climate-related range shifts—a global multi-dimensional synthesis and new research directions. *Ecography* 38:15-28.
- Liao, Y.-K. and M.-C., Chuang (2014) Micropropagation of *Quercus aliena* Blume var. *aliena* from explants of mature trees. *Taiwan Journal of Forest Science* 29:117-131.
- Maunder, M., E.O. Guerrant, K. Havens and K.W. Dixon (2004) Realizing the full potential of ex situ contributions to global plant conservation. In *ex situ plant conservation: supporting species survival in the wild*, edited by E.O. Guerrant Jr., K. Havens, and M. Maunder. Society for Ecological Restoration International and Center for Plant Conservation. Island Press, Washington. pp. 389-418.
- Martin, C., A. Senula, I. Gonzalez, A. Acosta, E.R.J. Keller and M.E. Gonzalez-Benito (2013) Genetic identity of three mint accessions stored by different conservation procedures: field collection, in vitro and cryopreservation.

Genetic Resources Crop Evolution 60:243-249.

Meehl, G.A., T.F. Stocker, W.D. Collins, P. Friedlingstein, A.T. Gaye, J.M. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J.M. Murphy, A. Noda, S.C.B. Raper, I.G. Watterson, A.J. Weaver, Z.-C. Zhao (2007) Global climate projections. In: Solomon S, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller (eds) Climate change 2007: the physical science basis. Cambridge University Press, Cambridge, pp 747–845.

Oldfield, S. and A.C. Newton (2012) Integrated conservation of tree species by botanic gardens: a reference manual. Botanic Gardens Conservation International, Richmond, United Kingdom. Published by Botanic Gardens Conservation International Descanso House, 199 Kew Road, Richmond, Surrey, United Kingdom

Parmesan, C. (2007) Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change Biology* 13: 1860-1872.

Pott, M.D. (2003) Drought in a Bornean everwet rain forest. *Journal of Ecology* 91: 467-474.

Ricciardi, A, D. Simberloff (2009) Assisted colonization is not a viable conservation strategy. *Trends in Ecology & Evolution* 24:248–253.

Rout, T.M., E. McDonald-Madden, T.G. Martin, N.J. Mitchell, H.P. Possingham, D.P. Armstrong (2013) How to decide whether to move species threatened by climate change. *PLoS One* 8(10):e75814. doi:10.1371/journal.pone.0075814

Rull, V. (2009) Microrefugia. *Journal of Biogeography* 36(3):481-484.

Rull, V. (2010) On microrefugia and cryptic refugia. *Journal of Biogeography* 37(8):1623-1625.

Schwartz, M.W. and T. G. Martin (2013) Translocation of imperiled species under changing climates. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1286:15-28.

Shimokawabe, A., Y. Yamaura, T. Akasaka, T. Sato, Y. Shida, S. Yamanaka and F.

- Nakamura (2015) The distribution of cool spots as microrefugia in a mountainous area. *PLoS ONE* 10(8):e0135732.doi:10.1371/journal.pone.0135732
- Shoo, L.P. (2010) Planning for biodiversity in future climates. *Science* 327:1452.
- Shoo, L.P., A.A. Hoffmann, S. Garnett, R.L. Pressey, Y.M. Williams, M. Taylor, L. Falconi, C.J. Yates, J.K. Scott, D. Alagador and S.E. Williams (2013) Making decisions to conserve species under climate change. *Climatic Change* 119(2): 239-246.
- Staudinger, M.D., N.B. Grimm, A. Staudt, S.L. Carter, F.S. ChapinIII, P. Kareiva, M. Ruckelshaus and B.A. Stein (2012) Impacts of Climate Change on Biodiversity, Ecosystems, and Ecosystem Services: Technical Input to the 2013 National Climate Assessment. Cooperative Report to the 2013 National Climate Assessment. 296 pp.
- Stewart, J.R., A.M. Lister, I. Barnes and L. Dalén (2010) Refugia revisited: individualistic responses of species in space and time. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Science* 277(1682):661-671.
- Su, M.-H., S.-C. Wu, C.-F. Hsieh, S.-I. Chen and K.-C. Yang (2003) Rediscovery of *Quercus aliena* Blume (Fagaceae) in Taiwan. *Taiwania* 48:112-117.
- Thomas, C.D., A. Cameron, R.E. Green, M. Bakkenes, L.J. Beaumont, Y.C. Collingham, B.F.N. Erasmus, M.F. de Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A.S. van Jaarsveld, G.F. Midgley, L. Miles, M.A. Ortega-Huerta, A.T. Peterson, O.L. Phillips and S.E. Williams (2004) Extinction risk from climate change. *Nature* 427:145–148.
- Thomas, E., R. Jalonen, J. Loo, D. Boshier, L. Gallo, S. Cavers, S. Bordács, P. Smith and M. Bozzano (2014) Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. *Forest Ecology and Management* 333:66-75.
- Thomas, C.D. and J.J. Lennon (1999) Birds extend their ranges northwards. *Nature* 399: 213.
- Tzedakis, P.C., B.C. Emerson and G.M. Hewitt (2013) Cryptic or mystic? Glacial tree

refugia in northern Europe. *Trends in Ecology and Evolution* 28(12):696-704.

Warren, R., J. VanDerWal, J. Price, J.A. Welbergen, I. Atkinson, J. Ramirez-Villegas, T.J. Osborn, A. Jarvis, L.P. Shoo, S.E. Williams and J. Lowe (2013) Quantifying the benefit of early climate change mitigation in avoiding biodiversity loss. *Nature Climate Change*. doi:10.1038/NCLIMATE1887.

Westcott, R.J., G.G. Henshaw, B.W.W. Grout and W.M. Roca (1977) Tissue culture methods and germplasm storage in potato. *Acta Horticulturae* 78:45-49.

Woodall, C.W., C.M. Oswalt, J.A. Westfall, C.H. Perry, M.D. Nelson, and A.O. Finley (2009) An indicator of tree migration in forests of the eastern United States. *Forest Ecology and Management* 257(5): 1434-1444.

第五章 以台灣水青岡與槲櫟森林的昆蟲為例

摘要

依據我國目前氣候變遷相關計畫之研究成果，認為臺灣降水強度與頻率有逐漸增加趨勢，且趨於兩極化，即雨季越濕、乾季越乾。極端氣象事件之發生頻率與強度將與日俱增，使本島山區自然環境在氣候變遷與極端事件衝擊下益形脆弱。植食性昆蟲的多樣性能夠反映森林生態系的優劣程度，在全球氣候變遷與極端氣候的威脅之下，進行冰河子遺物種的研究與相關保育措施的擬定顯得刻不容緩。本研究藉由進行台灣水青岡樣區的昆蟲調查，建立各個樣區的昆蟲相資料，進而探討是否可能由於持續暖化造成的氣候異常或是人為開發的影響，導致物種滅絕以及專食性物種棲地消失的危機。此外並針對新竹地區槲櫟植群的昆蟲進行初步研究，建立初步資料。本計畫將持續於北部地區台灣水青岡森林與新竹地區槲櫟植群進行昆蟲相調查，增進對冰河子遺物種的了解，以期針對此等珍貴子遺森林生態系進行更完善的生物多樣性保育。本年度目前已完成銅山、烏嘴山、大白蘭崁等台灣水青岡樣區以及新竹槲櫟樣區的調查與採樣，並針對資料進行分析，建立物種名錄。

關鍵詞：氣候變遷、台灣水青岡、棲地片段化、生物多樣性

一、前言

全球氣候變遷及氣候的極端化的衝擊除了生物多樣性的流失之外，最大的影響可能是稀有、特有及脆弱的生物族群及生態體系結構受到破壞 (IPCC,2007;Joyce *et al.*, 2014)。先進國家已展開許多研究，企圖瞭解物種、族群、動植物社會等對氣候變遷的敏感程度、脆弱度、及反應能力；此外，為了避免特稀有物種及其棲地的滅絕消失，亦已依據現有知識基礎及風險程度，針對評估屬氣候變遷影響之高風險物種及族群，擬定適宜之保育策略，並進行保育工作的實質推動(Staudinger *et al.*, 2012)。

我國目前氣候變遷相關計畫之研究成果，顯示極端氣象事件之發生頻率與強度將與日俱增，使本島山區自然環境在氣候變遷與極端事件衝擊下益形脆弱(許晃雄等，2011)。為減緩氣候變遷對於生物多樣性之衝擊，研究建議應根據暴露度、敏感度及調適能力，先依照物種或地區的狀況評估其脆弱度，再針對所產生的衝擊程度與脆弱度進行政策、社會或法令上的調適以減緩、降低或預先防止災害的產生，並永續的維持整個社會或生態系(童慶斌，2012)。

根據邱祈榮(2013)及林務局2013至2015年「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」計畫成果，已初步瞭解全臺灣維管束植物在長期氣候變遷影響下可能的殘存分布地點，亦初步提出風險較高且應積極保育之物種與族群；小尺度方面，則已針對臺灣水青岡(*Fagus hayatae*)及南仁山植群等案例地點，對於生物社會以至物種層級可能遭受氣候變遷之衝擊與影響部分，完成初步的研究與評估。

生物的棲息環境除了受到大尺度氣候影響以外，由於局部地形或區域的微氣候條件差異，使得某些小尺度地點可能出現暖化趨勢較緩的現象，例如陡峻山區的谷地、冷涼的迎風地點或高原的冷袋(cold-air drainage)地形等，生物在這些地點有較高的機會躲避暖化威脅、降低滅絕風險 (Skov and Svenning, 2004)。此現象與第四紀冰河時期古生物學研究提出之「生物避難所(refugia)」概念極為相近，因此，科學界將暖化架構下的潛在冷涼棲地稱為「間冰期避難所(interglacial refugia)」或「微避難所(micro refugia)」(Rull, 2009, 2010; Stewart, *et al.*, 2010; Ashcroft, *et al.*, 2012; Tzedakis *et al.*, 2013; Kimura *et al.*, 2014; Shimokawabe, *et al.*, 2015)。美國學者 Lee Hannah 及澳洲學者 Gunnar Keppel 分別於2014及2015年更進一步指出，暖化趨勢下的生物微避難所可再細分為「微避難所(micro refugia)」、「堅守點(holdouts)」及「遷徙跳石(steppingstones)」。Hannah與Keppel認為，微

避難所面積與規模相對為大，這些地點在暖化情境下仍可維持較為長久的冷涼微氣候，避難物種有機會在此處靜待下一次地球冷期循環的來臨。在保育機關(構)資源有限的條件下，堅守點與遷徙跳石地區應該受到更密切的保護，保護的作法則包含現生族群保護、協助就地繁衍、減低物種競爭或遷地保存等。

「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」計畫係以「殘存地點」作為基礎概念，殘存族群多蝟居於較小地理尺度之局部棲地內，此一棲地環境多具備地形複雜、微環境偏於冷涼、生物競爭作用較不明顯等特性，類似於生物地理學所稱之「避難所」，亦與Keppel等人所提之研究概念有極高相似之處。

國際研究認為，保育策略必須依據已知生態系及物種所暴露之風險程度進行擬定，再根據應受保護對象之特性，選擇就地保護、廊道規劃、協助遷徙及遷地保育等不同對策(Dawson, *et al.*, 2011)。2015年Keppel等人以澳洲塔斯馬尼亞(Tasmania)為案例，提出一系列研究架構，進行氣候變遷下微避難所之尺度與位置判定、避難容納量(capacity)分析，最終達成各避難所風險程度與保育優先次序評估之目標。該團隊認為，避難所之容納量由環境穩定度、微氣候異質性、棲地面積與可到達性等因子共同決定。

本計畫認為，Keppel及Hannah等人發展之研究架構與「殘存地點」概念頗為近似，且澳洲團隊已完成氣候變遷下的微避難所之案例研究，證實該架構具有實務應用性。台灣應亦可利用現有之資料與研究基礎，仿其架構推動本土性之分析與評估。

根據Michael and Elsa (2001)指出許多當前的生物多樣性回復措施存有缺漏，對目標生物基礎資料的了解不夠完全，包括物種多樣性與物種分布情形、生態過程以及目前環境對當地生態系的威脅程度及生物面對環境的衝擊調適方式等等。因此，進行生物多樣性回復的措施之前對於目標生物與棲息的環境等訊息必須詳加了解。本細部計畫負責之部分為進行各個樣區內台灣水青岡林與新竹櫟櫟樣區的昆蟲物種普查，建立台灣水青岡林與櫟櫟森林的昆蟲物種清單，進而探討是否可能由於持續暖化造成的氣候異常或是人為開發的影響，導致物種滅絕，依附而生的專食性物種因此消失的危機。

二、前人研究

(一) 林務局分別已於102年及104年完成「建立氣候變遷對生物多樣性風險與脆弱度評估模式及因應策略規劃」及「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」。在大尺度之維管束植物地理分布研究部分，提出牡丹至南仁山等14處可能為長期氣候變遷下的殘存地點，並依物種密度、地形及水系特徵等因子評估，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，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。該計畫於南仁山地區完成21年之森林複查資料分析，發現迎風型生育地在物種數量，植株密度以及生物多樣性逐漸減少，相對的在背風型生育地與溪谷樣區則無顯著之變化，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；物種層級部分，則以攬仁溪樣區有較高比例之物種族群持續下降，並建議臺灣柯與希蘭灰木為亟待後續保育之物種。

(二) 台灣水青岡森林片斷化研究以多時期航照圖進行地面覆蓋判識與現地的植群調查來探討氣候變化對水青岡森林的影響，同時與附近的氣候資料結合並初步建立災害風險性評估的架構，以危害與脆弱度的指標評估其風險性，像是不同海拔與不同大小族群的分布面積、覆蓋度的改變和物種組成差別、林內蛾蝶類夸父綠小灰蝶的族群差異等，來瞭解冰期之後的氣候暖化，對水青岡森林退縮與片斷化後所造成的影響。並參考海岸淹水的文獻，初步建立災害風險評估公式(風險=危害x脆弱度)，並依台灣各地的水青岡森林建立其危害，及評估脆弱度指標，以整合出不同地區水青岡森林的災害風險階級，其結果有

1. 水青岡族群從過去30年航照圖資料中並無明顯向上遷徙情形；
2. 災害潛勢分級得到的結果，可知台灣水青岡林各分布地受到氣候的衝擊程度，以崩塌、植被枯亡與上層枯損為分級，合計所受災害潛勢的面積佔各地區水青岡森林面積都不到10%；
3. 災害潛勢面積最高為大白山在2011年度所占面積達7.42%，阿玉山在1980年度之前為5.36%次之，第三高是蘭炭山地區在2011年度為4.82%，代表水青岡森林會略受到極端氣候衝擊的影響；
4. 風險性評估以危害與脆弱度兩大層面探討，危害層面有自然因子的要素(如溫度、雨量或颱風)與災害潛勢分級(崩塌、植被枯亡或上層枯損)；以暴露度(生育地因子)、調適力(面積、族群和不同世代比例等)和回復力(幼苗更新、豐歉年)來代表脆弱度層面，共計有14個評估指標。

綜合風險性評估的結果，各地區水青岡森林依風險程度由高至低排序：蘭炭

山是非常高風險、阿玉山是高風險、大白山是中等風險、鳥嘴山是低風險、銅山與插天山是非常低風險。

已完成之計畫重要結果如後：

台灣水青岡森林的昆蟲研究目前共記錄以台灣水青岡為寄主植物之鱗翅目昆蟲19科102種，台灣水青岡林的面積大小與專食性昆蟲種數的關係密切，面積較小的台灣水青岡森林鱗翅目昆蟲種數明顯不如較大面積的族群，符合島嶼生物地理的模型預測。本研究經過篩選得到夸父瓘灰蝶、雲霧裳蛾近緣種兩種以及水青岡專食性舟蛾兩種等指標物種，各個樣區經過指標物種評估與鱗翅目昆蟲多樣性評等得到台灣水青岡森林生態脆弱度矩陣，內含各個樣區的評估結果。以上成果與台灣水青岡森林片斷化之研究進行整合，以完整呈現。

三、材料與方法

(一)研究地區

水青岡植物在全世界約有 12 種，分佈於北半球溫帶地區，台灣水青岡是本類植物在北半球分布之南緣，也是台灣最具代表性的冰河孑遺植物。由地下花粉的分析結果，證明台灣水青岡在冰河時期曾分布到台灣北部的低海拔地區，目前只殘存在北部幾個山頭及主稜上，包括北插天山、拉拉山、銅山、大白山、蘭崁山、阿玉山及鳥嘴山，海拔 1,225–2,000 m。這說明了台灣水青岡在冰期結束後，氣候變暖，整個族群往較高海拔遷移，使得原先分布廣闊之族群逐步退縮，而呈現片斷化分佈。因此現在全球氣候的暖化，將加速台灣水青岡的衰退，最後從這些山頭消失（陳子英等，2011）。

目前在台灣東北部的台灣水青岡森林分布於數個地區：

- (1) 蘭崁山：位於宜蘭縣南澳鄉山區，在海拔 1,450 m 的一座山頭上，沿著稜線生長約呈 Z 字型，覆蓋範圍約為 0.3 ha，族群稀少僅有 38 棵。
- (2) 大白山：位於宜蘭縣南澳鄉山區，海拔約 1,350 m，沿著狹長的山頭稜線生長，覆蓋範圍約為 30 ha。

- (3) 銅山地區：位於宜蘭縣南澳鄉山區，海拔約 1,800 m，分布於望洋山至銅山、下銅山並延伸至鹿皮山之稜線上，覆蓋範圍約 1,154 ha，為最大的分布地區。
- (4) 阿玉山：位於宜蘭縣與新北市交界處山區，海拔約 1,420 m，族群極少，僅有零星數棵。
- (5) 插天山：位於桃園縣與新北市交界處山區，海拔約 1,450 至 1,700 m，分布於北插天山至拉拉山一帶，覆蓋範圍約有 300 多公頃，現已劃設為「插天山自然保留區」。

台灣の櫟櫟族群分布局限於新竹縣新豐鄉坑子口靶場周邊，全區隸屬於國軍軍事管制範圍。

台灣水青岡與櫟櫟可說是台灣地區研究氣候變遷對生物多樣性衝擊與回復的最佳對象，從遺傳多樣性、物種多樣性、及生態系多樣性的角度均可加以探討。

(二) 研究方法

將台灣水青岡出現之昆蟲分成二型來比對：1. 為銅山及插天山地區目前較大區域的森林與 2. 為目前殘存或子遺的小片森林，如蘭崁山、大白山、阿玉山、鳥嘴山地區。櫟櫟樣區則以普查性質進行初步調查。

1. 重要工作項目為：監測與調查鱗翅目昆蟲多樣性之研究，建立各研究樣區的昆蟲相資料。
 - (1) 於各個台灣水青岡森林樣區進行昆蟲相調查並增加新竹地區櫟櫟植群樣區調查。
 - (2) 監測夸父矽灰蝶與專食性裳蛾、水青岡舟蛾等專食性昆蟲種類於各個樣區的差異與變化情形。
 - (3) 台灣水青岡的開芽物候、族群內開芽率的同步性對於專食性物種的存續可能具有關鍵性的影響，因此在進行春季昆蟲調查的同時，將同時估算記錄各次調查開芽率。

2. 研究方法：主要研究對象為直接取食與利用台灣水青岡與榲欖的昆蟲，進行物種調查。採集取食、棲息於各部位的昆蟲，包括：
 - (1) 幼嫩葉片：觀察採集並記錄取食的成蟲與幼蟲，幼蟲帶回飼養以確定種類。（可能多為一年一世代之種類，需細心照顧）
 - (2) 花序：開花季節採集、觀察授粉昆蟲，若有幼蟲取食則帶回飼養，以確定種類。
 - (3) 果實、種子：若遇有結實情形則觀察記錄是否有昆蟲利用，利用昆蟲種類及利用情形。
 - (4) 老熟葉片：觀察採集並記錄取食的成蟲與幼蟲，幼蟲帶回飼養以確定種類。（幼蟲有可能為雜食性，必須想辦法釐清）
 - (5) 樹皮、樹枝、倒木：觀察是否有昆蟲利用棲息，並記錄種類。
3. 採樣方法：參考臺灣野生動物調查昆蟲資源調查手冊(楊平世等，1996)，擬定採樣方法如下。
 - (1) 寄主植物翻察法：檢視翻察葉片、花序、果實，搜尋可能棲息的昆蟲幼蟲或是成蟲。
 - (2) 樹冠採樣：利用高枝剪隨機剪取樹冠枝條，以找尋卵粒及幼蟲。
 - (3) 定量標準：各樣區隨機選取10棵樹，每棵樹的取樣數量為10個長度30公分的枝條。
 - (4) 夜間燈光誘集：主要目的為調查各個台灣水青岡樣區專食性裳蛾族群量的差異，於成蟲活動季節進行。
4. 採樣頻度：於植物開花展葉期與葉片成熟期進行採樣，各個樣區至少 1 至 2 次，。棲息於樹皮與倒木、樹枝的昆蟲種類，於研究採樣期間若有遭遇則觀察記錄種類與利用方式。
5. 幼蟲飼養記錄：將帶回室內飼養的幼蟲分別拍照、編號，依照採集日期將幼

蟲飼養記錄歸檔整理，累積物種資料以便後人進行相關研究。

6. 成蟲標本：飼養所得之成蟲，統一整理、鑑定，鑑定參照井上寬等(1982)；施禮正(2008)；張保信(1989a)；張保信(1989b)；張保信(1990a)；張保信(1990b)；張保信(1991)；傅建明、左漢榮(2002)；傅建明、左漢榮(2004)；矢田脩 (2007)；岸田泰則 (2011a)；岸田泰則 (2011b)；岸田泰則 (2013a)；岸田泰則 (2013b)；日本産の蛾の WEB 図鑑(2003)。

四、結果

(一)以台灣水青岡為食的鱗翅目昆蟲調查：

本年度持續進行鱗翅目昆蟲調查，自 2016 年二月底台灣水青岡休眠芽萌發之際開始至各個樣區進行調查，至十月為止共進行 20 次調查，共計獲得以台灣水青岡為食的鱗翅目昆蟲幼蟲 15 科 51 種 553 隻次，其中銅山地區 15 科 34 種 243 隻次、大白蘭崁山區 7 科 10 種 195 隻次、烏嘴山 10 科 21 種 94 隻次、北插天山 8 科 14 種 21 隻次，調查物種名錄詳如表一。

表一 2016 年台灣水青岡鱗翅目昆蟲調查所獲之種類與數量。

科別	種類	地點				特有性
		銅山	大白蘭崁	烏嘴山	北插天山	
尺蛾科 (Geometridae)	Geometridae sp.1	51				
	Geometridae sp.2	3				
	Geometridae sp.4		4			
	Geometridae sp.7	26		1		
	Geometridae sp.8		1			
	Geometridae sp.10	30				
	Geometridae sp.13		2			
	Geometridae sp.15	2				
	Geometridae sp.20	1				
	Geometridae sp.22	33				
Geometridae sp.23		1				

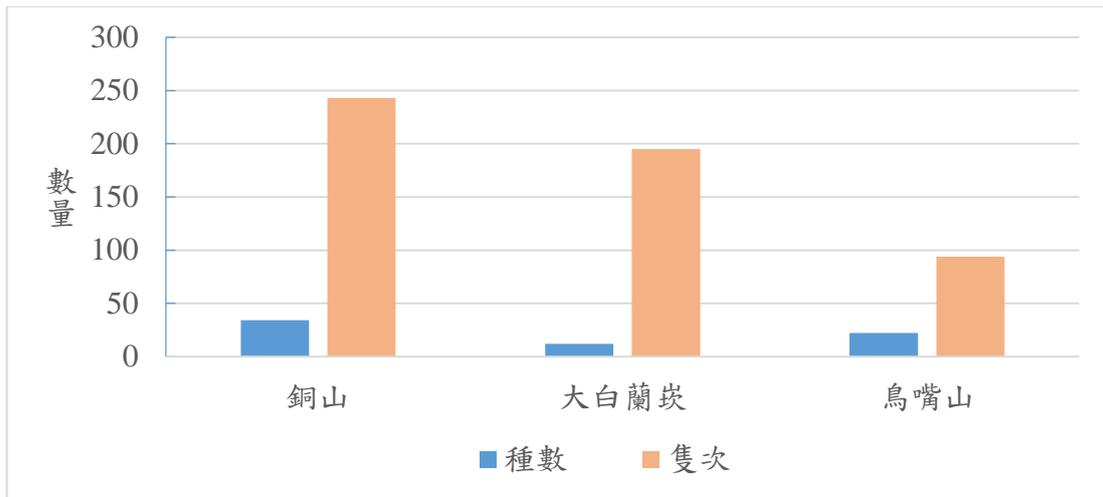
科別	種類	地點				特有性
		銅山	大白蘭炭	鳥嘴山	北插天山	
舟蛾科 (Notodontidae)	<i>Pheosiopsis seni</i> 沈氏夙舟蛾	12	4	1	4	特有
	<i>Syntypistis taipingshanensis</i> 太平山胯舟蛾	8	133 (4群)	4	1	特有
	Notodontidae sp.3	1				
	Notodontidae sp.4			1	1	
	Notodontidae sp.5				1	
	Notodontidae sp.6				3	
夜蛾科 (Noctuidae)	Noctuidae sp.4	5		2		
	Noctuidae sp.9	1				
枯葉蛾科 (Lasiocampidae)	Lasiocampidae sp.1	1		2		
	Lasiocampidae sp.2	1	3	2		
裳蛾科 (Erebidae)	Erebidae sp.1			1		
	Erebidae sp.2	1		1		
	Erebidae sp.4				2	
	<i>Catocala nr. connexa</i>	1				特有
	<i>Catocala nr. nubila</i>	5				特有
	Lymantriinae sp.8			2		
	<i>Ilema nachiensis</i> 灰綠毒蛾			25		
	<i>Lymantria monacha</i> 細紋絡毒蛾	1				
鉤蛾科 (Drepanidae)	Drepanidae sp.1	3			1	
	Drepanidae sp.2	1				
斑蛾科 (Zygaenidae)	Zygaenidae sp.1	1				
	Zygaenidae sp.2				1	
蛺蝶科 (Nymphalidae)	<i>Neptis soma</i> 斷線環蛺蝶	3			2	
	灰蝶科 (Lycaenidae)					
折角蛾科 (Lecithoceridae)	<i>Sibatanzephyrus kuafui</i> 夸父瓘灰蝶(卵)	1				特有
	Scythropiodes sp. (Lecithoceridae sp.1)	9	10	6		
捲蛾科 (Tortricidae)	Tortricidae sp.2	3		9		
	Tortricidae sp.3	8				
	Tortricidae sp.4	1				

科別	種類	地點				特有性
		銅山	大白蘭炭	鳥嘴山	北插天山	
細蛾科 (Gracillariidae)	Phyllonorycter sp. (Gracillariidae sp.1)	1		11	1	
	Caloptilia sp. (Gracillariidae sp.2)	8	1			
螟蛾科 (Pyralidae)	Pyralidae sp.1		2			
	Pyralidae sp.2	2	2	1	1	
	Pyralidae sp.3			2	1	
	Pyralidae sp.4			1		
	Pyralidae sp.5			3		
	Pyralidae sp.6			2		
	Pyralidae sp.7	1				
	Pyralidae sp.8	1		3	1	
織蛾科 (Oecophoridae)	Oecophoridae sp.2	8			1	
其他昆蟲 (葉蜂科)	葉蜂 sp.3	9	32	14		

本年度的重要目標為針對各樣區的調查進行定量之採樣方式，用以進行量化分析，主要比較樣區有銅山、大白蘭炭山與鳥嘴山，資料分析得到各樣區評量參數如表二。根據各樣區所得之種類與其對應數量進行比較，發現物種豐度以銅山地區最高，鳥嘴山次之，大白蘭炭山區為最低(圖一)，發現數量(隻次)亦以銅山地區為最。

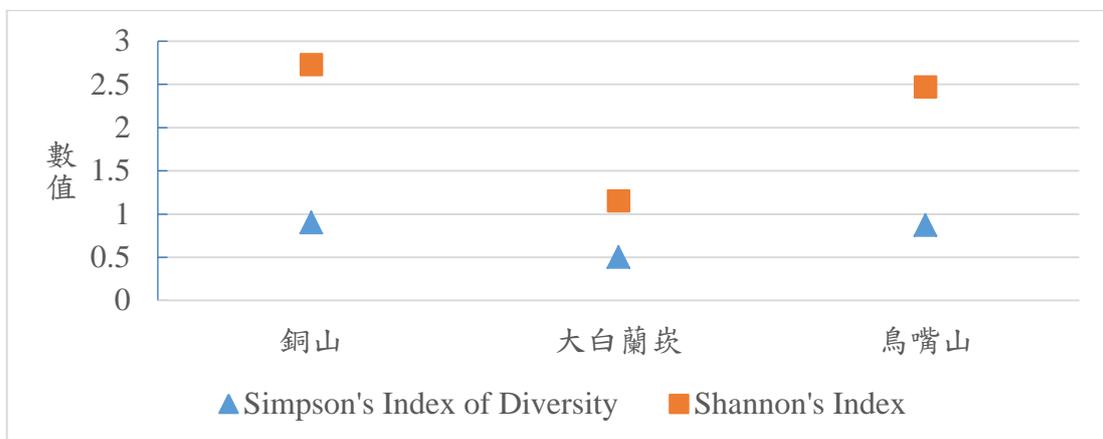
表二 2016年台灣水青岡樣區的鱗翅目昆蟲種數、發現隻次與多樣性指數。

研究地點	銅山	大白/蘭炭	鳥嘴山
物種豐度(種)	34	12	22
發現數量(隻次)	243	195	94
Shannon-Wiener Index	2.73	1.15	2.47
Simpson Index	0.9	0.5	0.87



圖一 2016 年台灣水青岡各樣區的昆蟲調查種數與發現隻次比較。

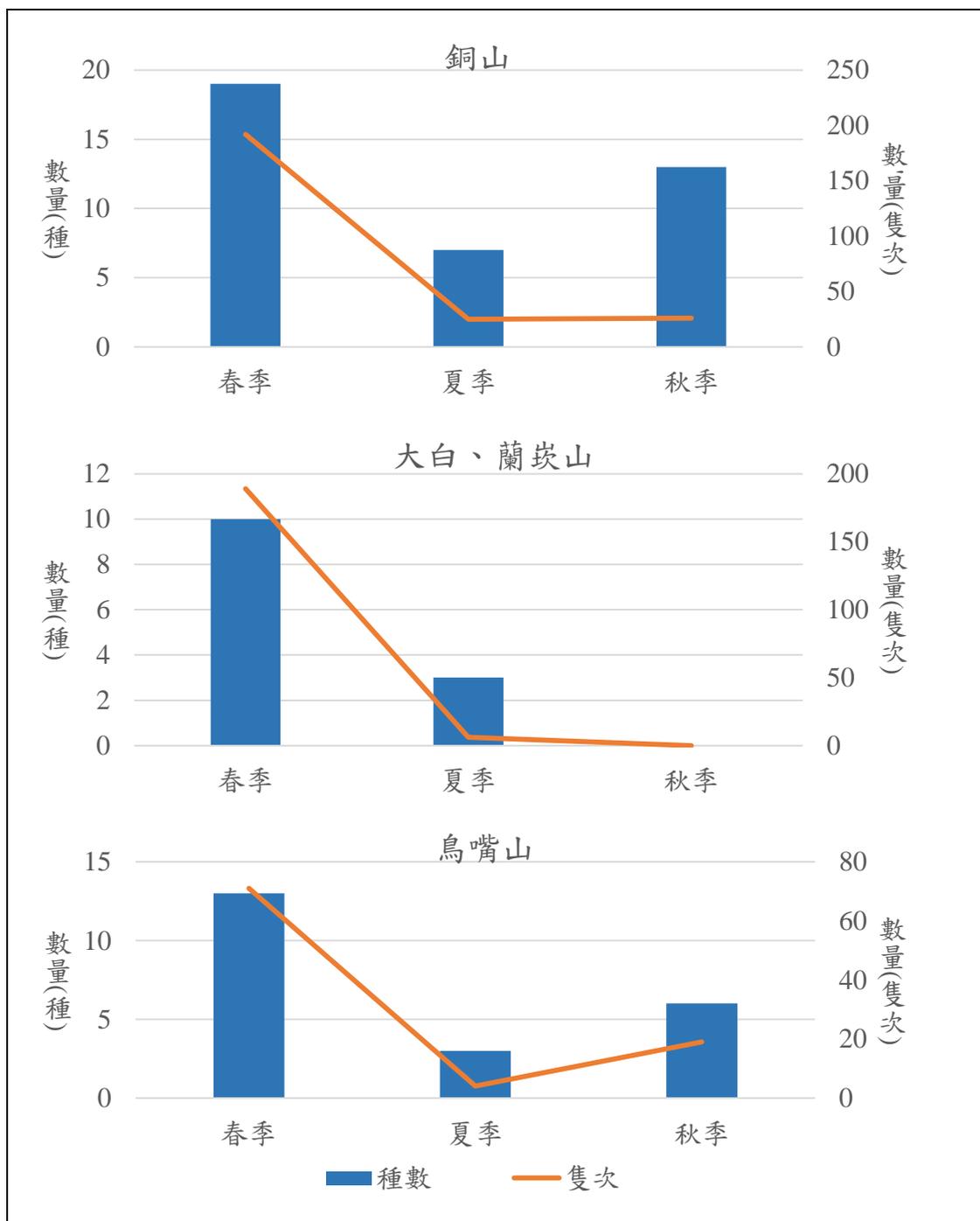
從多樣性指數的分布可以發現呈 V 字型，銅山為多樣性指數最高的地區，烏嘴山居次，大白蘭炭的多樣性指數明顯較低(圖二)。從調查資料發現太平山胯舟蛾(*Syntypistis taipingshanensis*)幼生期具有群聚的行為，春季調查採獲四群幼蟲共 133 隻，成為春季調查的優勢種，形成優勢種效應導致多樣性指數分布偏低的情形較為明顯。



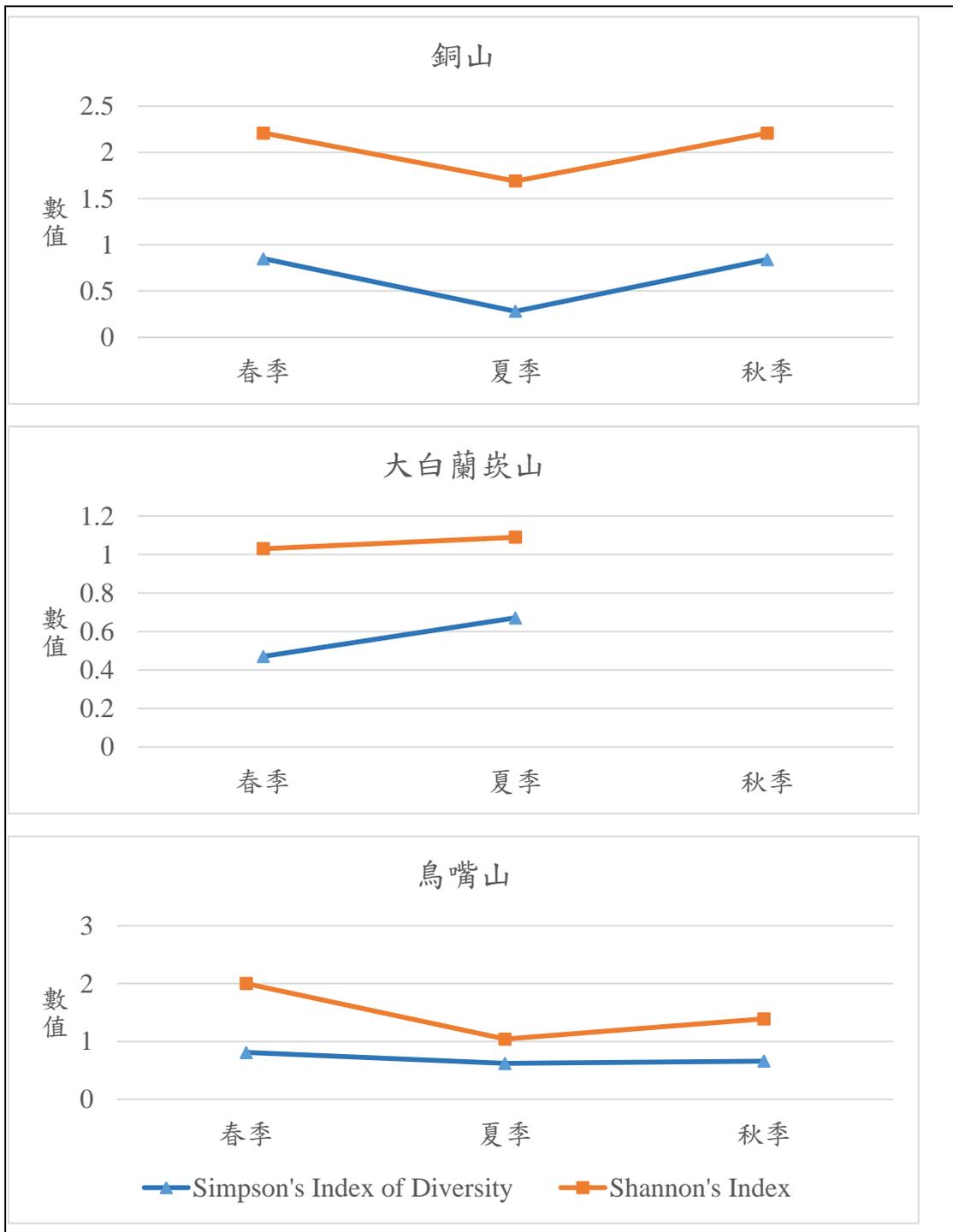
圖二 2016 年台灣水青岡各樣區的昆蟲多樣性指數分布。

進一步比較各個樣區的昆蟲種數與發現隻次的季變化，春季台灣水青岡嫩葉期是種類與數量最豐富的季節(圖三)，各個樣區在數量上各有差異。時序進入夏季之後葉片老化成熟，昆蟲數量銳減，多樣性也隨之降低。而大白蘭炭山區由於春季的優勢種—太平山胯舟蛾的數量銳減，多樣性指數反而提升(圖四-中)。秋季各

個樣區的昆蟲種類與數量較夏季而言微微提升，多樣性指數也上升，然而整體而言不若春季嫩葉期間昆蟲物種豐富，充滿生機。大白山與蘭崁山區則由於颱風侵襲而影響秋季調查結果，並未調查到昆蟲棲息與取食情形。

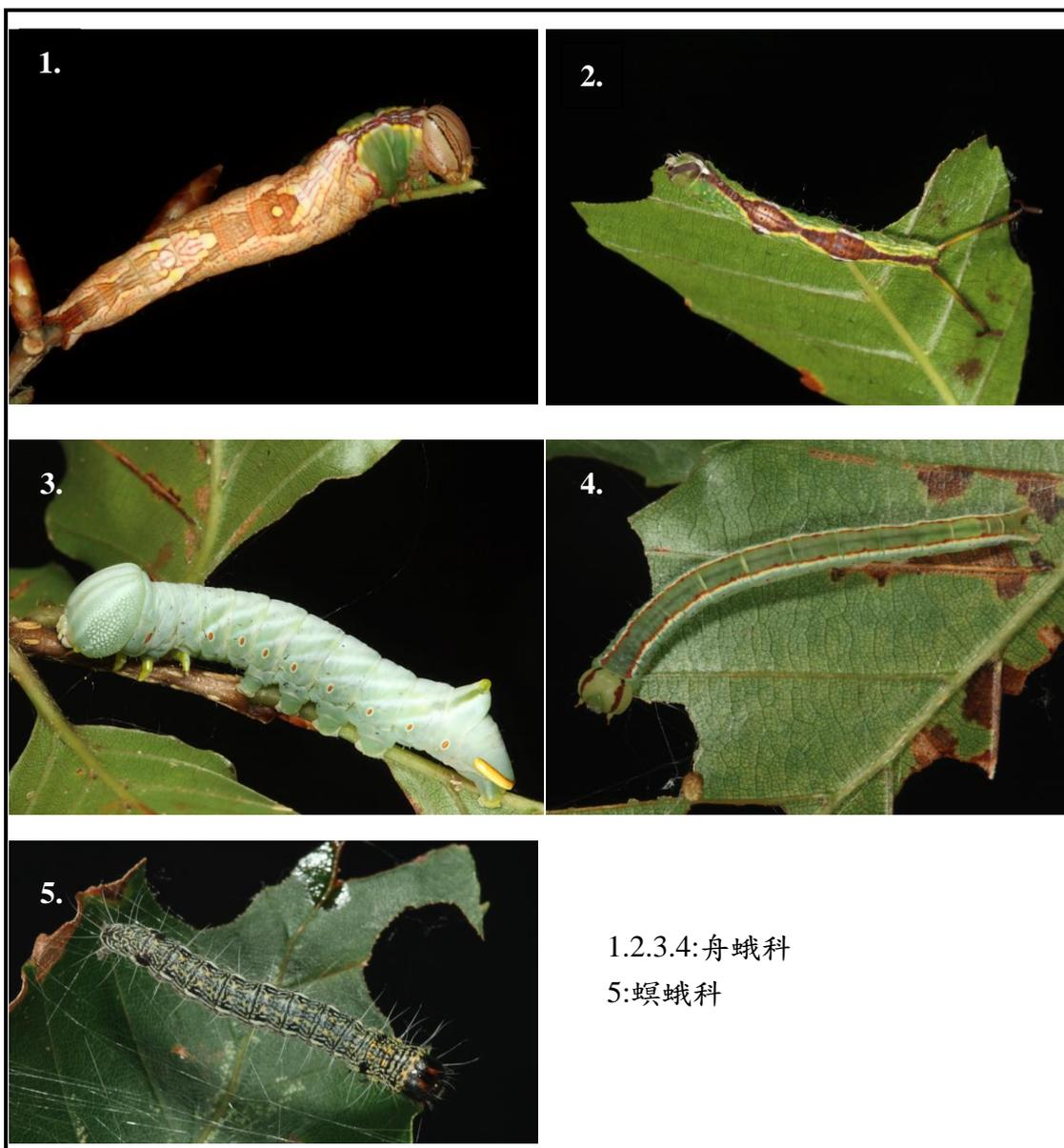


圖三 2016年台灣水青岡各樣區種數與發現隻次季變化



圖四 2016年台灣水青岡各樣區各季多樣性比較

台灣水青岡的鱗翅目昆蟲調查持續進行多年，對於整體昆蟲相已有初步了解，然而每年記錄的種類持續增加。本年度的調查發現 5 個新增種類，其中舟蛾科 4 種、螟蛾科 1 種(圖五)。當中的螟蛾在北插天山、銅山、鳥嘴山均有發現，為雜食性物種，幼蟲會以葉片作成蟲巢躲藏，是否大量入侵造成危害值得持續觀察。



圖五 台灣水青岡的鱗翅目昆蟲調查新增種類。

(二)新竹櫛櫟樣區昆蟲調查：

新竹櫛櫟樣區昆蟲調查共記錄到鱗翅目昆蟲 6 科 9 種(表三)。其中有 6 種取食櫛櫟，另外 2 種則取食伴生樹種-栓皮櫟，為雜食性種類，不排除有取食櫛櫟的可能。調查發現的 9 種昆蟲當中有 2 種為專食櫛櫟的細蛾，此外取食殼斗科的狹食性種類—網蛾科與瘤蛾科各 1 種。值得注意的是調查到的種類當中有 5 種為雜食性種類，若是大量發生可能會對櫛櫟的生存造成影響甚至危害，須持續調查與關注。

表三 2016 年新竹新豐櫛櫟樣區以殼斗科植物為食的鱗翅目昆蟲與推測食性。

科別	種類	中名	寄主植物	推測食性
裳蛾科 (Erebidae)	Lymantriinae sp.1		櫛櫟	雜食
	<i>Olene dudgeoni</i>	褐斑毒蛾	栓皮櫟	雜食
尺蛾科 (Geometridae)	<i>Cleora fraternal</i>	黑腰鋸尺蛾	櫛櫟	雜食
	<i>Cusiala boarmioides</i>	白波緣尺蛾	栓皮櫟	雜食
瘤蛾科 (Nolidae)	Nolidae sp.1		櫛櫟	狹食
蓑蛾科 (Psychidae)	Psychidae sp.1		櫛櫟	雜食
網蛾科 (Thyrididae)	Thyrididae sp.1		櫛櫟	狹食
細蛾科 (Gracillariidae)	Gracillariidae sp.1		櫛櫟	專食
	Gracillariidae sp.2		櫛櫟	專食

(三)台灣水青岡的開芽物候與春季同時期各樣區的開芽率差異：

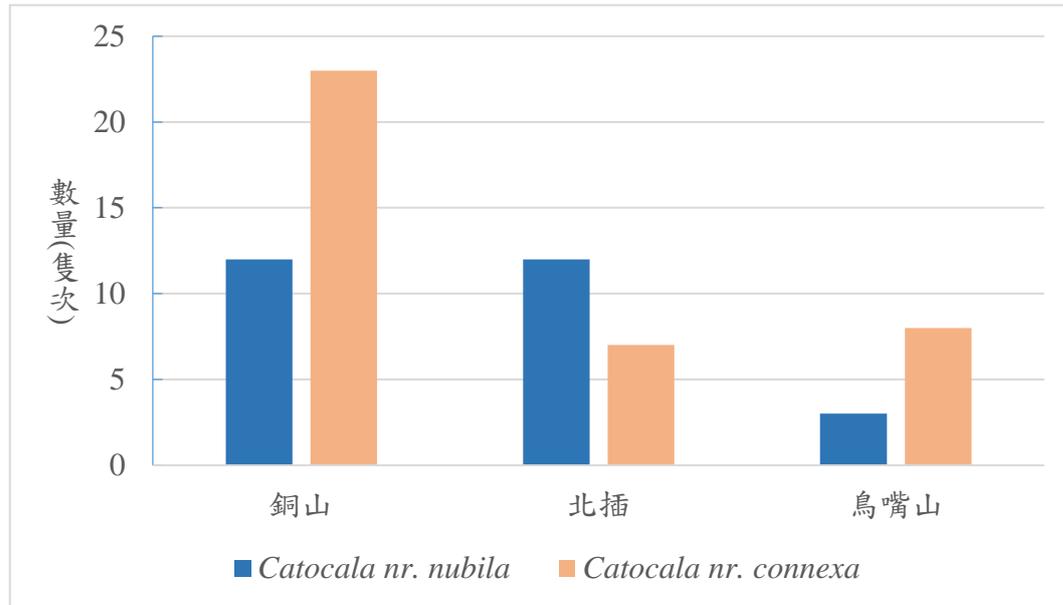
本年度春季各次採樣均記錄各樣區台灣水青岡的即時開芽情形(表四)，做為分析討論的背景資料。本年度各個主要樣區均有開花，然而結實情形並不如預期的豐盛，此外採集檢視果實解剖發現空粒情形偏多，因此並未採獲專食台灣水青岡果實的昆蟲。

表四 2016年春季各樣區台灣水青岡的開芽情形。

樣區	日期	開芽情形
插天山	0222	尚未開芽
	0308	尚未開芽
	0401	開芽三成，上層花芽已開展，中下層葉芽已抽長。
烏嘴山	0301	芽已開始發育
	0401	開芽約四成，上層花芽已開展，中下層葉芽已抽長。
	0429	葉片已硬化
銅山	0228	芽外形膨大，開始發育。
	0321	開芽三成，上層花芽已開展。
	0419	銅山葉片已硬化
大白蘭坎	0317	開芽三成，上層花芽開展。
	0421	葉片已硬化，新樣區發現水青岡舟蛾。
阿玉西	0305	尚未開芽

(四)雲霧裳蛾族群量初步調查：

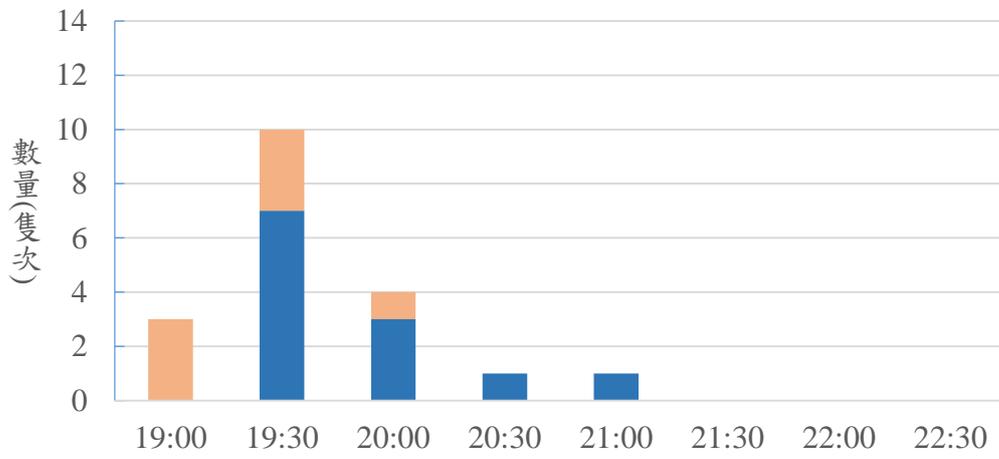
與本研究相關的先期計劃調查發現兩種雲霧裳蛾僅分布於銅山、北插天山與面積較小的烏嘴山三個區域，本年度持續實施夜間燈光誘集法進行各個分布地區的成蟲數量調查，其中 *Catocala nr. nubila* 採獲 27 隻次、*Catocala nr. connexa* 採獲 38 隻次，調查結果整理如圖六，各地區的族群分布尚稱穩定，銅山地區的族群量最為豐富。



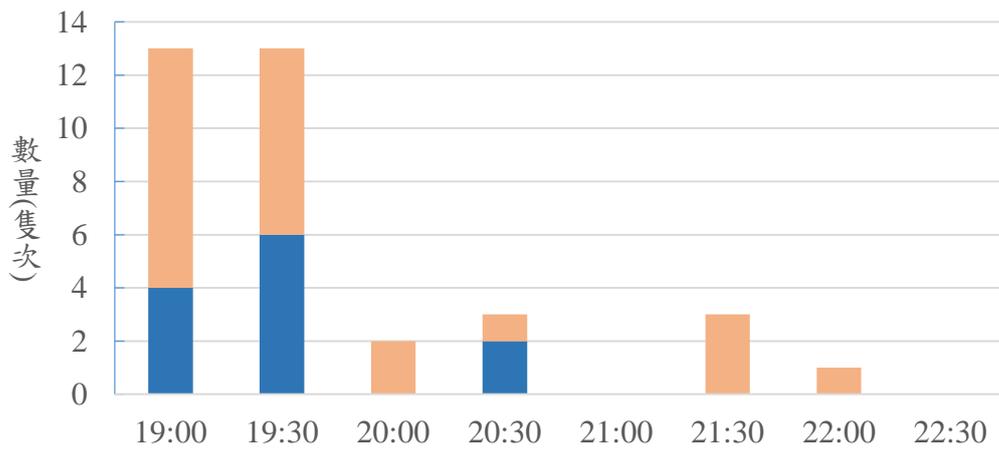
圖六 2016 年台灣水青岡林兩種專食性裳蛾於各個樣區的分布情形。

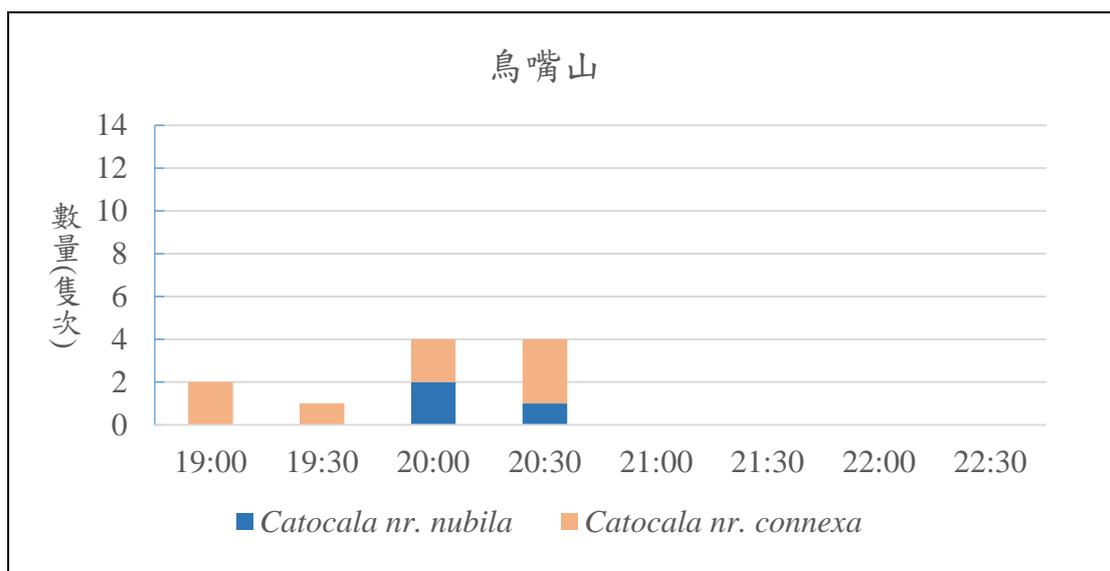
本年度首次探討兩種雲霧裳蛾的出現是否有時間性，自晚間 18:30 分天色未暗即以燈光進行誘集，至 22:30 分為止進行四小時的調查，發現 21:00 之前為兩種裳蛾主要的活動時間(圖七)，實際觀察發現天色尚未全黑雲霧裳蛾就開始趨光，而且數量頗多，因此很可能在黃昏之際就開始在樹林間活動。另外雲霧裳蛾的活動與霧氣多寡具有密切的關係，中海拔地區下午過後至傍晚適逢森林霧起之時，雲霧裳蛾的活動性大增，然而每當霧氣散去便不見蹤影。中海拔地區秋季的水氣含量多寡會影響雲霧裳蛾的活動性，也可能對雲霧裳蛾的族群存續具有關鍵性的影響。

北插天山



銅山





圖七 台灣水青岡森林兩種專食性裳蛾的出現時間分布。

五、討論

- (一) 2016年冬季極端氣候頻傳，1月下旬席捲北半球的寒流，影響範圍包括北美洲的加拿大、美國，還有東亞的中國大陸、香港、澳門、日本，也包括了台灣在內。台北盆地部分平地氣溫亦接近零度而飄下冰霰，北台灣山區泰半被白雪籠罩。此外，3月台灣水青岡開芽期間又遭遇一次溫度驟降之極端氣候，北部山區又降下春雪。這兩波驟溫度驟降的極端氣候對於台灣水青岡的開芽情形造成影響，休眠芽普遍遭遇低溫抑制生長速度而有延遲萌發的情形，然而卻在寒流過後氣溫回暖之際，葉片短時間內成熟硬化。對於取食台灣水青岡的昆蟲而言，極端氣候所引發的春季低溫條件使得植物生長減緩，低溫也導致一些昆蟲幼生期的生長發育速率減緩。若是取食嫩葉的雜食性的毒蛾遭遇低溫生長遲緩而錯過嫩葉期，則對於台灣水青岡而言反而可以減少被危害的程度。因此，遭逢春季低溫的昆蟲與寄主植物兩者的互動關係值得持續探討。
- (二) 本年度調查發現4種寡食性舟蛾亦會取食台灣水青岡；此外有一種雜食性螟蛾為首次記錄會以台灣水青岡為食，分布於北插天山、銅山、鳥嘴山等樣區，氣候變遷是否造成寡食性與雜食性種類入侵進而取食，以及是否對台灣水青岡的生存造成危害均值得持續研究。
- (三) 新竹榲欖樣區在調查期間發現雜食性物種比例較高，是否對當地榲欖造成危害尚需持續進行研究。此外由於今年的調查錯過春季的採樣期，來年進

入軍管區的許可將提早申請，以便即時於春季嫩葉期進行調查。

(四) 研究期間(2009-2015 年)採獲兩種以台灣水青岡為食的舟蛾，為從前尚未記錄描述過的種類，已經與學者合作發表，刊登於國際期刊《動物分類群》(Zootaxa)，分別為 *Pheosiopsis seni*(沈氏夙舟蛾)與 *Syntypistis taipingshanensis*(太平山胯舟蛾)，兩者皆為專食台灣水青岡的種類。其中 *Pheosiopsis seni*(沈氏夙舟蛾) 的種小名採用已故昆蟲學者沈勇強 先生的姓氏為名，以紀念他對於台灣昆蟲研究的貢獻。

(五) 氣候變遷與極端氣候對於台灣水青岡族群造成存續上的壓力，為了將研究採樣對植物生長的影響減至最低，應避免大量的採剪枝葉造成植物傷害。因此本研究的昆蟲採樣以寄主植物翻查法代替採剪法來進行調查，往後若有相關研究進行也建議採用此方法。

六、執行進度

(一)執行情形：

執行進度累積(%)：

	105.01-105.03	105.01-105.06	105.01-105.09	105.01-105.12
預定百分比	20%	50%	70%	100%
實際百分比	20%	50%	70%	100%

(二)執行情形概述：

建立鱗翅目昆蟲資料：

1. 昆蟲調查採樣：已前往北插天山、銅山、鳥嘴山、大白蘭崁山的台灣水青岡樣區進行共計 12 次的春季調查，3 次夏季調查，5 次秋季調查。
2. 各樣區的鱗翅目昆蟲調查以定量之採樣方式，用以進行量化分析與比較。同時記錄沈氏夙舟蛾與太平山胯舟蛾的數量。

3. 夸父瓘灰蝶調查：大白山、蘭炭山、烏嘴山等小面積樣區均尚未發現夸父瓘灰蝶。
4. 以燈光誘集的方式進行雲霧裳蛾族群量初步調查，其中 *Catocala nr. nubila* 採獲 27 隻次、*Catocala nr. connexa* 採獲 38 隻次，各地區的族群分布尚稱穩定，銅山地區的族群量最為豐富。
5. 幼蟲飼育與化蛹後處理：調查採獲之幼蟲須進行飼養至成蟲以進行詳細鑑定。

七、參考文獻

- 矢田脩 (2007) 新訂原色昆蟲大圖鑑 I。460pp。
- 岸田泰則 (2011) 日本產蛾類標準圖鑑 I。352pp。
- 岸田泰則 (2011) 日本產蛾類標準圖鑑 II。416pp。
- 岸田泰則、廣渡俊哉、那須義次 (2013) 日本產蛾類標準圖鑑 III。359pp。
- 岸田泰則、坂卷祥孝、那須義次、廣渡俊哉 (2013) 日本產蛾類標準圖鑑 IV。552pp。
- 唐立正 (2000) 插天山自然保留區昆蟲相調查研究 (II)。農委會林務局新竹林區管理處。
- 徐堉峰、羅尹廷 (2001) 夸父綠小灰蝶之生態學研究 (一)。行政院農業委員會林務局新竹林區管理處。
- 徐堉峰、黃嘉龍 (2002) 夸父綠小灰蝶之生態學研究 (二)。行政院農業委員會林務局新竹林區管理處。
- 張保信 (1989a) 臺灣蛾類圖說 (一)。臺灣省立博物館。
- 張保信 (1989b) 臺灣蛾類圖說 (二)。臺灣省立博物館。
- 張保信 (1990a) 臺灣蛾類圖說 (三)。臺灣省立博物館。

- 張保信 (1990b) 臺灣蛾類圖說 (四)。臺灣省立博物館。
- 張保信 (1991) 臺灣蛾類圖說 (五)。臺灣省立博物館。
- 陳子英 (2009) 臺灣水青岡林生物多樣性調查及保育機制之研究 (1/3)。行政院農業委員會林務局。117 頁。
- 陳子英 (2010) 臺灣水青岡林生物多樣性調查及保育機制之研究 (2/3)。行政院農業委員會林務局。132 頁。
- 陳子英 (2011) 臺灣水青岡林生物多樣性調查及保育機制之研究 (3/3)。行政院農業委員會林務局。214 頁。
- 陳子英、謝長富、毛俊傑、賴玉菁、林世宗、胡哲明、徐堉峰、楊正釗、林哲榮、孔祥璿、陳品邑、邱宗儀、巫智斌 (2011) 冰河子遺的夏綠林-臺灣水青岡。行政院農業委員會林務局。271 頁。
- 傅建明、左漢榮 (2002) 鞍馬山的蛾 (1)。台中縣鄉土自然研究會。
- 傅建明、左漢榮 (2004) 鞍馬山的蛾 (2)。台中縣鄉土自然研究會。
- 楊平世、吳文哲、洪淑彬 (1996) 臺灣野生動物調查昆蟲資源調查手冊。行政院農業委員會。227 頁。
- 羅尹廷 (2001) 夸父綠小灰蝶之生態學初探。碩士論文。國立臺灣師範大學生物學系。72 頁。
- 施禮正 (2008) 臺灣蛾訊 MOTHS of Taiwan。2013 年 7 月 15 日，取自：
http://mothtaiwan.blogspot.com/2008_12_01_archive.html
- Krauss, J., I. Steffan-Dewenter, T. Tschardt (2003) Local species immigration, extinction, and turnover of butterflies in relation to habitat area and habitat isolation. *Oecologia* 137:591-602.
- MacArthur, R.H. and E.O. Wilson (1967). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press.
- MacArthur, R.H. and E.O. Wilson (1963). An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution* 17: 373-387.

Novacek, M.J. and E.E. Cleland (2001). The current biodiversity extinction event: Scenarios for mitigation and recovery. PNAS 98: 5466-5470.

NHM (2007) Hosts: Database of the World's Lepidopteran Hostplants.

<http://www.nhm.ac.uk/jdsml/research-curation/research/projects/hostplants/index.dsm>
1 ; accessed: Dec. 5. 2010.)

Robinson, G.S., P.R. Ackery, I.J. Kitching, G.W. Beccaloni and L.M. Hernández (2001) Hostplants of the moth and butterfly caterpillars of the Oriental region. Natural History Museum in association with Southdene Sdn Bhd. 744 pp.

Robinson, G.S., P.R. Ackery, I.J. Kitching, G.W. Beccaloni and L.M. Hernández (2002) Hostplants of the moth and butterfly caterpillars of America north of Mexico. *Memoirs of the American Entomological Institute* 69: 1-824.

Wilson, E.O. (1988) The current state of biological diversity. Pp. 3-18. In Wilson, E. O. & F. M. Peter (eds.). *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, D.C.

日本産の蛾の WEB 図鑑 An Identification Guide of Japanese Moths Compiled by Everyone (AIGJMCE) (2003) . Retrieved July 15, 2013, from the World Wide Web: http://www.jpmoth.org/Noctuidae/Catocalinae/Catocala_nubila.html

附錄一、工作會議紀錄

「因應氣候變遷生物多樣性回復力之研究」計畫 105 年度第 1 次計畫工作會議紀錄

時間：105 年 04 月 12 日上午 10 時 00 分

地點：行政院農業委員會林務局 7 樓會議室（台北市杭州南路 1 段 2 號）

出席人員：

行政院農委會林務局	夏榮生、黃群策、鄭伊娟、鄭仔萍
宜蘭大學團隊	陳子英、張佳玉、許驊
台灣生物多樣性保育學會	謝長富、林奐宇、黃啟東
嘉義大學團隊	趙偉村
臺灣師範大學團隊	王立豪

記錄：許驊、林奐宇

壹、主席致詞（洽悉）

貳、工作報告

1. 學會團隊：

- (1) 將以 Gunnar Keppel 繪製的微避難所（micro refugia）概念圖與分析架構概念，作為評估大尺度維管束植物殘存地點保育優先序與急迫性之基礎。
- (2) 105 年度上半年預計利用加拿大英屬哥倫比亞大學提供之亞太地區氣候模式軟體（ClimateAP）及台灣氣候變遷推估與資訊平台（TCCIP）之高解析度溫度雨量資料，修正 104 年度完成之全台灣溫度圖層，提升現有對維管束植物殘存地點評估之準確性與穩固性。

2. 宜大團隊：

- (1) 參考 Cross, *et al.* (2012) 的適應性規劃架構 (ACT)，作為團隊未來三年計畫的研究架構，並提出 105 年度預計調查地點與研究方法與預期的結果。
- (2) 未來三年計畫將採：「學會-大尺度；宜蘭大學-生態系或植群型尺度（以頭山區及南澳至大白山為重點區域）；嘉義大學-棲地及物種尺度」之方式進行整體研究，師範大學則協助調查各研究地點之昆蟲相，瞭解植物與昆蟲間之交互動態。

3. 嘉大團隊：

- (1) 預計利用 104 年度結案計畫所提具有保育急迫性之 6 個物種進行後續研究。
- (2) 已進行恆春半島台灣柯族群分布地點之調查，瞭解實際族群量，俾利推估該族群可能面臨之氣候變遷衝擊並評估其回復力；依據現有資料顯示，人為採集可能是台灣柯遭遇威脅因子之一，此外其種子萌芽率偏低，亦可能不利族群之更新。
- (3) 亦持續進行榲欖族群調查與更新監測，嘉義大學已建立良好的促進榲欖種子發芽與苗木培育技術，將於成苗後提供新竹縣政府及林管處推動復育造林與域外保存。
- (4) 後續將仿台灣柯之族群調查與保育研究架構，進行唐杜鵑與南仁灰木之操作。

4. 師大團隊：

- (1) 延續台灣水青岡森林的昆蟲相調查，另外增加榲欖族群的昆蟲相調查。
- (2) 鱗翅目昆蟲的調查，已開始春季的採樣。台灣水青岡各樣區開芽時間普遍都延後，都有看到開花的現象，另外在大白山有看到玉山箭竹開花的跡象。

參、討論事項

1. 林務局建議：

- (1) 本計畫若有使用多期航攝影像之需求，請執行單位彙整圖幅編號及航攝年度，交保育組轉請農林航空測量所提供。
- (2) 羅東林區管理處對於大白、蘭崁山的台灣水青岡族群有無採種的研究計畫或保育行動？若無可提出申請。
- (3) 據悉苗栗可能有榲欖族群存在，保育組將提供相關資訊予嘉義大學參考。
- (4) 宜蘭大學所提適應性架構（ACT）確實已考慮到本計畫之需求與國內案例之運用，請繼續蒐集文獻及發展研究；另請嘉義大學亦仿本架構，進行南仁山應保育物種及榲欖之先期評估。
- (5) 除了台灣水青岡森林生態系的適應性規劃操作，其他地區也可以比照操作嗎？
- (6) 保育標的物種及其棲地特性是否與自然資源之人為開發利用有所扞格（例如水青岡族群與石灰岩特有珍稀物種之保育，與採礦場是否存續之衝突）？請團隊將本議題納入後續研究之考量。

2. 研究團隊回應：

- (1) 本計畫項下各團隊均有使用航攝資料之需求，將依貴局建議提出申請。
- (2) 宜蘭大學目前暫以水青岡為案例，進行「適應性規劃」之說明。該架構可以依照不同對象修正應用，例如不同的物種或棲地，均可以納入本架構進行保育策略之評估。後續研究將以本架構逐步發展，亦請嘉義大學依本架構進行南仁山物種及榲欖之評估。
- (3) 其餘建議遵照辦理。

肆、臨時動議

下次工作會議之召開時間，將另與各執行團隊聯繫後確認。

伍、散會：中午 12 時 10 分

**「因應氣候變遷生物多樣性回復力之研究」計畫
105 年度第 2 次計畫工作會議紀錄**

時間：105 年 05 月 20 日上午 11 時 30 分

地點：新竹縣政府會議室

出席人員：

新竹縣政府農業處	邱世昌（處長）、傅琦媞（副處長）
宜蘭大學團隊	陳子英、張佳玉、許驊、涂瀚銓
台灣生物多樣性保育學會	謝長富、林奐宇
嘉義大學團隊	趙偉村、廖宇賡
臺灣師範大學團隊	徐堉峰、王立豪

記錄：許驊、林奐宇

壹、主席致詞（洽悉）

貳、工作報告

1. 宜大團隊：

- (1) 目前於大白山至大南澳嶺地區，植群調查有 25 區，蒐集前人調查資料有 23 區，共有 48 區的樣區資料，後續會整理資料並開始分析呈現於期中報告。
- (2) 植群調查中有發現黃楊的族群生長在岩石覆蓋度高且坡度陡的區域，及台灣水青岡新族群在蘭炭山與大白山中間支稜的坡面，共記錄了 110 株母樹。
- (3) 林試所在蘭炭山與大白山的台灣水青岡族群有執行計畫並進行保育措施的試驗：扦插、嫁接、高壓。
- (4) 預計申請研究地區大白山至大南澳嶺、頭城山區的航空照片圖（彩色正射影像圖）；及申請利用自然紀念物：台灣水青岡，以葉子分析親緣地理學與遺傳多樣性的資訊。

(5) 持續修改氣候變遷保育標的物之適應性架構及流程 (The Adaptation for Conservation Targets, ACT)。

2. 台灣生物多樣性保育學會

- (1) 取得加拿大英屬哥倫比亞大學開發之亞太地區氣候推估軟體 ClimateAP，另從颱風中心大氣水文研究資料庫下載中央氣象局 17 個局屬測站 1961-1990 年的逐日觀測資料，用以驗證 ClimateAP 在台灣之準確性。
- (2) 測試結果顯示，ClimateAP 軟體在平地地區極為準確，模式預測值與中央氣象局局屬測站之觀測資料幾乎一致；但該軟體對台灣高山地區之氣溫，因缺乏台灣原始資料緣故，有顯著高估情形。
- (3) 本團隊利用 TCCIP 五公里網格氣溫資料為基準，仿 ClimateAP 之迴歸演算方法自行設計分析程式，進行全台氣溫資料之點推估。結果顯示自製迴歸模式在山區同樣有高估氣溫的問題，但精準度優於 ClimateAP。
- (4) 預計六月底前與 UBC 團隊進行技術交流，完成氣候推估模式之最後修正，並重新進行全台維管束植物易受衝擊地點之分析，改善 104 年度以均一線型模式進行全台推估之缺點。

3. 嘉義大學團隊

- (1) 持續在南仁山區找尋目標物種之花果狀況。
- (2) 臺灣柯小苗生長狀況仍不佳，持續培養觀察。
- (3) 持續在南仁山進行小苗調查，以持續監測氣候對小苗影響，並討論其回復可能性。

4. 臺灣師範大學團隊

- (1) 台灣水青岡嫩葉昆蟲調查採樣期已大致結束，野外觀察發現本年度的台灣水青岡嫩葉期較短，葉片呈現晚開芽、早硬化的現象，取食嫩葉的物種是否能夠適應此現象，以及雜食性種類的應變情形，值得探討。

- (2) 從台灣水青岡所採獲的幼蟲飼養持續進行中，已經化蛹休眠的種類將安置野地，等待來年羽化。
- (3) 預計六月開始進行老熟葉片上的昆蟲採樣。

參、討論事項

議題：有關新竹縣新豐鄉槲櫟族群及昆蟲相調查規劃，以及申請進入軍方管制地區作業等事宜，提請新竹縣政府農業處協助。

結論：新豐地區槲櫟族群為軍方管制區，新竹縣政府農業處同意行文並協助本團隊向軍方溝通，以利後續相關研究之進行。

肆、臨時動議

下次工作會議之召開時間，將另與各執行團隊聯繫後確認。

伍、散會：下午 3 時 30 分

**「因應氣候變遷生物多樣性回復力之研究」計畫
105 年度第 3 次計畫工作會議紀錄**

時間：105 年 06 月 12 日上午 10 時 00 分

地點：林試所森林研究大樓 8 樓 803 會議室

出席人員：

宜蘭大學團隊	陳子英、張佳玉、許驊
台灣生物多樣性保育學會	謝長富、林奐宇
嘉義大學團隊	趙偉村、廖宇賡
臺灣師範大學團隊	王立豪

記錄：許驊、林奐宇

壹、主席致詞（洽悉）

貳、工作報告

1. 派員參加 UBC 主辦之「亞太林業對氣候變遷之調適計畫」工作坊：
 - (1) 加拿大英屬哥倫比亞大學（University of British Columbia, UBC）獲得亞太森林復育與永續經營網絡（Asia-Pacific Network for Sustainable Forest Management, APFNet）經費支持，自 2013 年起執行「亞太林業對氣候變遷之調適（Adaption of Asia-Pacific Forestry to Climate Change）」研究計畫，除建立氣候預測模式，同時探討重要經濟樹種受氣候變遷之衝擊及未來的調適方法。UBC 已於 2013-2015 年完成第一期的三年研究，目前正處與第二期計畫（2016-2018）的啟始階段。本期計畫預計將溫帶研究成果逐步推展至亞熱帶及熱帶地區應用，因此 UBC 邀請宜蘭大學加入本計畫，共同執行亞太地區氣候變遷相關研究。本期計畫之合作國家另包含中國、馬來西亞、緬甸與寮國。
 - (2) 本團隊於 5 月 30 日至 6 月 8 日由陳子英老師及林奐宇前往參加 UBC 主辦之技術訓練講習，取得 UBC 開發之氣候預測模式軟體 ClimateAP 及林分生長模式軟體 Forecast，前者主要功能為推測過去到未來的氣候模式情境，後者則可預測林分在不同的養分、降水、氣溫情境及

管理方式下的變化，提供森林管理決策參考。未來預計透過與 UBC 的技術合作，利用目前蒐集之台灣生態與氣候資料，進行現有氣候變遷預測模式之調校與改善。

2. 學會團隊：

- (1) 已達成期中評核標準，包含利用 ClimateAP 完成氣候情境推估並進行驗證、殘存地點土地遷編輯多時期影像蒐集、修正不同地點保育急迫性之篩選。
- (2) 利用 TCCIP 的 5km 網格氣候資料進行 ClimateAP 模式之驗證，發現低海拔地區預測精準度極高，差值均低於 1 °C；然而 ClimateAP 對台灣高海拔地區氣溫有顯著高估現象，差值可達 3-5 °C。已將前述預測偏差提供予 UBC 團隊，請軟體開發者針對台灣地區進行迴歸參數修正。
- (3) 參考 ClimateAP 架構，以 TCCIP 5km 網格氣候資料為基準，自行利用 R 語言撰寫程式進行台灣地區氣候資料的降尺度分析，再以中央氣象局長期觀測數據與模式預測值進行比對。結果顯示在低海拔、高海拔地區測站的推估誤差均低於 1 °C。本團隊認為該模式具有高精準度，可作為分布預測及物種最適棲位推估等研究應用，近期將利用該氣候模式重新分析易受暖化衝擊之生態系與地點，在配合分布預測方法，探討在不同暖化情境下，易受衝擊地點及其上部植群之變化。

3. 宜大團隊：

- (1) 畫的 4 個案例區域性小尺度的架構以適應性規劃架構 (ACT) 來進行，先選擇保育的標的物種，並建立過去資料暴露度之反應與未來情境之模擬，擬定介入點和經營行動後進行優先的行動，最後監測和評估行動的有效性，視需要重新修訂規劃架構。
- (2) Tingley *et al.* (2014) 報告提出保育的篩網，以粗的篩網保育易受暖化效應地點，細的篩網就能保護到裡面的稀有物種，氣候變遷下的保育策略是動態的保育，與靜態的保育是不同的，依據研究結果擬擬調適性之行動。

- (3) 目前已蒐集 23 個前人樣區資料，並調查記錄 22 個樣區資料，可以初步進行植群分析並呈現結果；林試所在蘭炭山與大白山的台灣水青岡族群有執行計畫並進行保育措施的試驗：扦插、嫁接、高壓。
- (4) 預計申請研究地區大白山至大南澳嶺、頭城山區的航空照片圖（彩色正射影像圖）；及申請利用自然紀念物：台灣水青岡，以葉子分析親緣地理學與遺傳多樣性的資訊。

4. 嘉大團隊：

- (1) 依據前三年氣候變遷計畫成果進行後續的研究探討，以 Shoo *et al.* (2013) 的概念與架構作為研究之決策與行動參考，目前以槲櫟研究從 2011-2015 年為案例物種。
- (2) 目前調查台灣柯族群數量，種子數是不夠的，發芽率不佳，目前已使種子發芽並以新芽做組織培養，也需要蒐集前人文獻資料與實際測量植株生長環境條件及試驗，未來可作為實施輔助移植的策略，可使用在急需保護物種的標準流程。
- (3) 依據槲櫟之經驗，使用適合的選取策略，以種子數量是否足夠？萌芽率是否夠高？選擇直接採用種子於室內萌芽或是採取種子新芽的組織培養、植物營養體的組織培養，進行苗木適合生長環境之測量，最後實施輔助移植。在移地保存時需注意保存單位政策之延續性，以免植株遭砍伐。

5. 師大團隊：

- (1) 探討氣候變化之下，各地的台灣水青岡森林中的昆蟲相變化與可能的衝擊，進行新竹地區槲櫟植群樣區的鱗翅目昆蟲相調查。
- (2) 目前已完成春季調查，開始著手夏季調查，預計 8 月會進行雲霧裳蛾成蟲數量調查，在大白山新發現的水青岡族群設置，使用寄主植物翻查法及夜間燈光採集，並針對專食性的物種調查分類並飼養以確定其種類。
- (3) 今年希望能將幼蟲與成蟲進行 DNA 比對，藉由幼蟲的 DNA 來配對屬於哪些成蟲，可以得到好的成果。在大白山新的族群有發現大平

山勝舟蛾 (*Syntypistis taipingshanensis*)，另一種水青岡舟蛾為沈氏夙舟蛾 (*Pheosiopsis seni*)。

參、討論事項

1. 暑假期間由林奐宇負責教導宜蘭大學及嘉義大學學生，熟悉 UBC 工作坊提供之模式軟體相關操作與後續分析。
2. 有關南仁山區域附近林木砍伐量的過去資料，可當作生物量推估的數值，還需請謝老師與陳老師詢問屏東林管處或屏科大的老師相關資料的取得。
3. 請各團隊檢視有無達到期中報告的審查標準，於期中報告內容中呈現研究成果。
4. 關於唐杜鵑目前的分類狀況，蒐集有無相關遺傳多樣性的研究報告，與埔里杜鵑之間的區別可能會是爭議的問題。
5. 有關「新竹櫟櫟分布地點」申請航照圖，請寄給宜大團隊研究區域之圖號，彙整計畫全部所需航照圖，一併向林務局申請。
6. 請各團隊於 7 月 15 日前完成期中報告草稿，並寄給學會團隊彙整。學會團隊預計於 7 月 30 日前完成計畫書彙整及排版，正式提交給林務局。另請陳子英老師召集相關研究人員，針對總體計畫撰寫前言、結語與國外研究案例，使審查委員能瞭解整體計畫之執行背景與目標。
7. 下次月會請宜大團隊報告日本有關柳杉遺傳多樣性配合預測模型的研究成果。

肆、臨時動議

下次工作會議之召開時間，將另與各執行團隊聯繫後確認。

伍、散會：上午 12 時 20 分

**「因應氣候變遷生物多樣性回復力之研究」計畫
105 年度第 4 次計畫工作會議紀錄**

時間：105 年 10 月 14 日下午 02 時 00 分

地點：行政院農業委員會林務局 7 樓會議室

出席人員：

林務局	黃群策、王佳琪、鄭仔萍
宜蘭大學團隊	陳子英、許驊
台灣生物多樣性保育學會	謝長富、林奐宇
嘉義大學團隊	趙偉村
臺灣師範大學團隊	徐堉峰

記錄：許驊、林奐宇

壹、主席致詞（洽悉）

貳、工作報告

1. 本計畫已於 8 月份投稿口頭論文發表至 2016 年 IUFRO 亞洲及大洋洲區域研討會 (IUFRO Regional Congress for Asia and Oceania 2016)，並獲接受。惟 10 月 11 日接獲主辦單位中國林科院電子郵件通知，因兩岸關係緣故，婉拒台灣代表參與本次國際研討會。本計畫業將發表資料交與氣候變遷議程主辦方（加拿大英屬哥倫比亞大學），由主辦方視情況代為宣讀。
2. 計畫主持人陳子英教授仍依原訂時程前往中國大陸，雖未能入場參與大會，尚可利用周邊會議（10/25 10:00-12:00）與各國研究人員進行意見交換。
3. 宜大團隊：
 - (1) 前往日本訪問 Prof. Tanaka 與 Dr. Matsui，關於氣候變遷與日本的水青岡森林研究，地理分布在往北邊的北海道地區水青岡的葉子越大，往南邊的九州地區葉子越小。

- (2) 日本森林總合研究所提出預測自然森林受到氣候變遷影響的適應性政策，以物種的資料來分析，分為現存的生育地與將來的生育地兩面向，以現地監測與模擬預測分別進行研究，最後提出科學性的保育策略；主要研究目標為日本全國的水青岡森林、世界遺產地—白神山地、筑波山的研究、北海道水青岡森林的向北擴展、松材線蟲對松樹的危害的預測等。
- (3) 目前完成植物資源的調查，會將調查資料繼續往下分析，已開始進行植群繪圖的工作且使用空拍機輔助植群製圖，植群初繪以目前分析完成的階層表進行作業，畫到群團的階層（植相），後續以 ACT 架構完成保育策略規劃。

4. 學會團隊：

- (1) 這 2 個月主要還是在修正氣候模式的工作上，已解決氣候資料在山區預測精度不佳的問題，未來會以月資料為基礎進行後續的預測。
- (2) 目前氣候模式可以產生 52 組氣候變數，但仍須透過變數篩選方法，找出對植物地理分布相關性較高的因子。經參考相關報告，雲南有一篇以針葉林植群為例，利用迴歸樹分類法從 10 幾個氣候變遷挑出最能解釋植群分布的變數是最冷月的最低溫度，套用在目前的研究則可以解決變數選擇問題。此外，將持續增加現有氣候推估模式功能，增加一些與植物生長有顯著相關的因子，如：growing degree days、chilling degree days、無霜日數等。
- (3) 日本的參訪學習新的氣候變遷研究方法：氣候變遷速率的計算，可以算出物種或氣候變遷的路徑並在電腦上呈現，若套用在中央山脈則可知道不同的山頭，氣候的改變量是多少，可做為參考。

5. 嘉大團隊：

- (1) 以 Shoo *et al.* (2013) 的概念與架構作為研究之決策與行動參考，目前以槲櫟研究從 2011-2015 年為案例物種，接著再來看南仁山的其他物種。

- (2) 物種需不需要保護除了族群數量以外，還要看遺傳多樣性有無變異，槲櫟的 ISSR 分析選取台灣、中國大陸與日本的樣本，分析結果表示有遺傳多樣性的交流且無地理的隔閡，但以 PCoA 的圖顯示遺傳的區隔還是遠大於中國大陸與日本。
- (3) 因以往人為因素影響調查槲櫟大樹的資料落差較大，後來則依據動態樣區設置方法調查，整體存活的族群數量為越來越少；往年小苗調查數量很少，所以大量的採集來進行萌芽，2015 年小苗量暴增，至目前剩下 1/3 左右。
- (4) 建議林務局以族群數量少的物種先進行保育策略的步驟，目前以槲櫟、臺灣柯、南仁灰木、唐杜鵑為目標，考量許多因素直接跳至輔助移植策略；依據槲櫟之經驗，在移地保存時需注意保存單位政策之延續性，以免植株遭砍伐。

6. 師大團隊：

- (1) 昆蟲研究的基礎調查是不夠的，目前僅知道台灣的蝴蝶及蛾類約 1/3 的種類，本研究是想瞭解水青岡森林有哪些鱗翅目昆蟲以及植食性、專食性昆蟲；於北部地區台灣水青岡森林進行昆蟲相調查，新竹地區槲櫟植群樣區的鱗翅目昆蟲相調查。
- (2) 槲櫟是今年開始調查，國外研究是有灰蝶的，專門吃落葉性殼斗科，目前台灣尚未發現紀錄，可能是槲櫟族群區塊太小無法支撐此昆蟲，目前只調查到雜食性的昆蟲，沒有專食性的昆蟲。
- (3) 去年底發表在水青岡森林的 2 種專食性舟蛾：太平山胯舟蛾 (*Syntypistis taipingshanensis*)、沈氏夙舟蛾 (*Pheosiopsis seni*)；8 月底前往銅山、北插天山、鳥嘴山調查雲霧裳蛾，共計 65 隻次；也在大白山發現有太平山胯舟蛾。

參、討論事項

1. 林務局建議：

- (1) 日本的圓齒水青岡原本被限制在北海道北邊界線，如果越不過去是否就會留在原生育地？
- (2) 水青岡越不過去北邊界線的原因是為何？
- (3) 台灣水青岡森林的葉子變黃色在什麼時候比較適合空拍作業？
- (4) 日本的水青岡森林小族群是否有劃設保護區的評估？其考量劃設保護區的標準與我國的差異。
- (5) 日本的參訪學習新的氣候變遷研究方法在南仁山是否可以用？
- (6) 受到颱風影響原生地物種消失，若南仁山輔助移植的物種不種回去，原生地會不會回復？
- (7) 大白山若受到颱風影響，水青岡森林上面的昆蟲族群會消失嗎？
- (8) 請各團隊掌控研究進度，11月開始要著手期末報告的撰寫，11月底繳交報告後會排定期末審查時間。
- (9) 請奐宇負責教導宜蘭大學及嘉義大學學生，UBC 模式軟體相關操作與後續分析，針對三方時間之配合與訂定。

2. 團隊回應：

- (1) 若越過界線的水青岡會與其他物種競爭，競爭的結果尚不知曉，若為人工林則可以人為輔育。
- (2) 原本越不過去的地區較低，可能會造成族群遷移的困難，但後來在北邊新發現成功遷移過去的小族群，遷移的困難也跟種子存活率有關。
- (3) 水青岡可能在10月底、11月初的時候葉子變色明顯，但是還要看天氣狀況適不適合飛空拍機。

- (4) 因為日本的水青岡族群數量還很多，尚未有劃設保護區的評估，僅以持續進行監測的行動。
- (5) 大尺度的研究可以先進行分析，小尺度以監測來回應問題。可從大尺度看出那些地方的氣變化量特別大，又有稀有物種出現，則在未來需要注意。
- (6) 背風區影響雖大，但是沒有什麼稀有物種，迎風區的物種只是葉子被吹光，植株本身的枝條、芽還在，過一陣子還是會慢慢回復回來。
- (7) 需要持續監測，就算水青岡沒有吹倒，吃老葉的蟲被颱風吹走就沒有了，但越冬的卵在樹枝上是吹不走的。
- (8) 團隊在 11 月開月會時會討論期末報告的撰寫，準備後續研究的事項。
- (9) 會再與宜蘭大學及嘉義大學學生討論時間的配合。

肆、臨時動議

下次工作會議之召開時間，將另與各執行團隊聯繫後確認。

伍、散會：下午 4 時 50 分

**「因應氣候變遷生物多樣性回復力之研究」計畫
105 年度第 5 次計畫工作會議紀錄**

時間：105 年 11 月 11 日下午 02 時 00 分

地點：行政院農業委員會林務局 8 樓會議室

出席人員：

林務局	黃群策、羅秀雲、鄭仔萍
宜蘭大學團隊	陳子英、張佳玉、許驊、黎光秦
台灣生物多樣性保育學會	謝長富、林奐宇
嘉義大學團隊	趙偉村、廖宇賡
臺灣師範大學團隊	王立豪

記錄：許驊、林奐宇

壹、主席致詞（洽悉）

貳、工作報告

1. 學會團隊：

- (1) 最近的進度為找出影響植群分布的主要氣候因子，決定暖化敏感地點，以自編模式目前可產生 72 組無固定空間尺度之氣候環境變數，利用 Random Forest 方法進行重要變數篩選及分布預測，測試了山地落葉闊葉林、低地風衝常綠闊葉矮林、山地常綠闊葉林、山地針闊葉混淆林。
- (2) 取得 TCCIP AR4 及 AR5 5 公里網格氣候變遷推估圖層，向 TCCIP 取得 AR4 及 AR5 之五公里網格氣候變遷推估資料，包含雨量及氣溫推估數據，TCCIP 氣候變遷推估資料可納入自編氣候模式進行 downscaling 計算，可作為物種潛在棲地預測、氣候變遷速率推估等分析項目使用。

2. 嘉大團隊：

- (1) 南仁山永久樣區木本成樹遷移情形，整體遷移速率往低海拔遷移 0.39 m yr⁻¹，往高海拔遷移：23.8%；無顯著遷移：30.9%；往低海拔遷移：45.2%。木本小苗遷移情形，整體遷移速率往高

海拔遷移 0.81 m yr⁻¹，往高海拔遷移: 34.5%；無顯著遷移:41.8%；往低海拔遷移:23.6%。

- (2) 南仁山樣帶遷移趨勢：較高海拔物種往低海拔遷移；較低海拔物種往高海拔遷移；偏中海拔物種有較高的遷移速率。
- (3) 依據『因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究』計畫成果，列出建議物種與生育地。依據 Shoo et al. (2013)提出之決策與行動為參考依據。南仁山以台灣柯、南仁灰木及唐杜鵑，新竹縣新豐鄉以榭櫟為主要進行回復力研究物種。
- (4) 榭櫟：植株存活生長逐年調查、物種小苗動態調查、遺傳隔離研究、物種生存環境研究、原生區外栽植試驗；台灣柯：培植體的收集、誘發芽體產生；唐杜鵑：先進行種子萌發、後續採用組織培養微體繁殖技術誘導莖節培植體增殖側芽；南仁灰木：南仁灰木目前已觀察到幼果，待其成熟後，進行採集、自王志強副教授獲得植株。

3、宜大團隊：

- (4) 目前以適應性經營架構(ACT)為研究流程的基礎，試圖找出氣候變遷下應優先保育的區域，以粗濾網(生態系或植群層級)、細濾網(物種層級)來進行研究調查。以大南澳嶺及烏石鼻山區為重點地區，初步可當作保育標的物的物種為台灣水青岡、黃楊、台灣吊鐘花。
- (5) 以過去台灣水青岡森林風險性評估結果，建議蘭炭山、大白山需要進行保育的介入點與經營行動，尤其是蘭炭山、大白山西北區的水青岡母樹最危險。
- (6) 台灣水青岡的散植體復育以扦插、嫁接、高壓試驗較為可行，存活率以高壓最好、嫁接次之、扦插的機率最低。

4、師大團隊：

- (1) 於北部地區台灣水青岡森林進行昆蟲相調查、新竹地區榭櫟植群樣區的鱗翅目昆蟲相調查，探討氣候變化之下，各地的台灣水青岡森林中的昆蟲相變化與可能的衝擊。
- (2) 已完成各樣區鱗翅目昆蟲春、夏、秋三季採樣，夏、秋兩季資料結果尚在彙整中；新竹榭櫟樣區能夠採樣的植株不多，調查結果

不理想，明年將加強探勘與調查；幼蟲飼養持續進行，已經化蛹休眠的種類將安置野地，等待來年羽化。

- (3) 以台灣水青岡為食的鱗翅目昆蟲調查，春季採獲以台灣水青岡為食的昆蟲幼蟲 10 科 30 種 452 隻次；夏季調查採獲 6 科 10 種 35 隻次，秋季調查尚在匯整中。
- (4) 新竹槲櫟樣區昆蟲調查，記錄到取食伴生樹種-栓皮櫟的雜食性鱗翅目昆蟲 2 種，槲櫟開芽期為三至四月份，未來需提早與軍方單位進行申請，加強調查。

參、討論事項

肆、臨時動議

下次工作會議之召開時間，將另與各執行團隊聯繫後確認。

伍、散會：下午 17 時 50 分

附錄二、期中審查委員及與會人員意見回覆紀錄

行政院農業委員會林務局 105 年科技計畫

「因應氣候變遷生物多樣性回復力之研究」

期中報告審查會議紀錄

- 壹、 時間：105 年 8 月 15 日(星期一) 9 時 30 分
- 貳、 地點：行政院農業委員會林務局 8 樓會議室
- 參、 主持人：廖副局長一光代
記錄：鄭技正伊娟
- 肆、 出(列)席單位及人員：如所附會議簽到單；本局羅東、新竹、東勢、南投、嘉義、屏東、臺東、花蓮等八個林區管理處均以視訊列席。
- 伍、 主辦單位報告：(略)
- 陸、 期中報告簡報：(略)
- 柒、 委員意見：詳如所附審查委員及與會人員意見彙整表
- 捌、 會議結論：
本案期中報告符合契約所訂標準、工作項目及工作進度。期中報告審查通過，請按照委員所提意見，及本局各林區管理處所提建議修正期中報告內容或做為後續執行的方向及目標參酌。
- 玖、 散會：12 時 20 分

附件：審查委員及與會人員意見彙整表

林委員宜靜	意見回覆
<p>1. 計畫題目使用「回復力」或許需重新考慮，因為該題目暗示氣候變遷之下，生物多樣性的改變必然可以恢復，此一概念值得商榷。</p>	<p>研究團隊雖然調查後也提出調適的作法，但也以槲櫟、台灣柯、台灣水青岡為例，進行復育的工作，不僅有調適的作用與回復力也有關係，討論後使用「回復力」作為計畫題目。</p>
<p>2. 強化各細部計畫的整合。</p>	<p>會在期末報告時加強與各細部計畫的整合。</p>
<p>3. 細部計畫「維管束植物殘存地點分布與保育策略之分析」</p> <p>(1) 在 Climate AP 的模擬中，「易受暖化衝擊」地點之主要根據物種於溫度分布上的上界決定。此定義或許過分單一，忽視了物種遷移時的可能性，建議使用較多面性的定義，例如：地形因子。</p> <p>(2) 在建立模式時建議加入其他氣候因子，如雨量及乾旱的可能性。</p> <p>(3) 模式建立請強化，尤其時間變異(歷史紀錄 vs.現在)、考慮物種地理上的起源(比較溫帶與熱帶起源的物種)。</p>	<p>(1) ClimateAP 模式產製之氣候推估資料除氣溫以外，尚包含雨量、年溫差、生長積溫等，但因該模式使用之背景資料 (PRISM climate data) 在臺灣地區的精準度不足，導致該模式不易在臺灣地區直接應用，故本計畫以 TCCIP 網格資料進行模式修正。現階段為第一年度計畫期中報告，先針對氣溫推估值進行模式調整，本年度期末報告前將完成雨量及其他生物氣候因子推估之模式編寫與校正。</p> <p>(2) 地形因子是本計畫未來進行微避難所容量及棲地複雜度評估的重要因子，且亦為進行氣候變遷下植群與物種分布範圍預測的重要參數，將依委員建議確實納入分析。</p> <p>(3) 資料庫已建置各物種之來源區系，可依委員建議嘗試作此分析。</p>

<p>4. 細部計畫「以大白山至大南澳嶺與雙溪、頭城山區為例」：</p> <p>(1) 對於粗、細濾網的說明，建議更加詳盡，並加入其他面向的定義。</p> <p>(2) TWINSpan 可能不足以描述氣候變遷的影響，建議使用其他模式，如 niche modeling 之可行性。</p>	<p>(1) 粗濾網是以植群型代表生育地，細濾網是其蘊含的稀有物種，本研究會以粗濾網所得到的植群類型及包含的稀有物種會清楚列表呈現，並對其面相加以定義。由於粗濾網是物種(細濾網)的生育地，因此當無法全面物種調查時，會以植群製圖找出現生生育地(植群型)的分布範圍、大小及分布。除可瞭解與稀有物種的相互關係，也可當作稀有物種潛在的分布地區。</p> <p>(2) TWINSpan 是分析粗濾網，應用在植群製圖方面，可瞭解植群類型的面積、位置與分布；niche modeling 是未來分布的預測，但要先清楚現有的物種分布，才能進行後續的研究。因為當地早期的調查資料不清楚還需要再詳細調查，如台灣水青岡的分布持續有再出現，所以現有物種的分布要先調查清楚。</p>
<p>5. 細部計畫「以南仁山及檜櫟森林為例」：</p> <p>(1) 南仁山物種遷移速度之估算與解讀，需與其他國外文獻作更加全面地比較。</p> <p>(2) 建議強化與其他細部計畫之整合。除東北季風改變之外，或需考慮冬、夏季氣溫與雨量之改變。</p>	<p>(1) 目前亦同時找尋相關文獻，以了解南仁山物種遷移之估算與速度是否可以合理比較。</p> <p>(2) 本團隊亦有考慮各種環境資料，僅因先前計畫中已呈現，因此未現於此次報告中。之後會將之補上。</p> <p>(3) 依委員意見修正。</p>

<p>(3) 寫作時請將 2 個案例分別陳述。</p>	
<p>6. 細部計畫「以台灣水青岡與榲欖森林的昆蟲為例」，基本調查詳盡，但與全球氣候變遷的關係較弱，須強化與其他細部計畫之整合。</p>	<p>台灣水青岡與榲欖皆為冰河子遺物種，氣候變遷影響台灣水青岡與榲欖的存續。寄主植物一旦消失，專食性昆蟲將無以為食而滅絕。本細部計畫以台灣水青岡的鱗翅目昆蟲多樣性為基礎進行調查，篩選出能夠呈現台灣水青岡生態系健全與否的指標物種，對各個面積大小各異的台灣水青岡的森林生態系的健康來進行評估與監測。</p>

劉委員和義	意見回覆
<p>1. 細部計畫「以大白山至大南澳嶺與雙溪、頭城山區為例」、「以南仁山及槲櫟森林為例」、「以台灣水青岡與槲櫟森林的昆蟲為例」應該是作為未來應用的模式，但報告內容並未就如何作為應用模式加以敘述或建議，應在未來加強。</p>	<p>團隊會進行更深入文獻閱讀後並在期末報告時加強未來應用模式其敘述或建議的撰寫。</p>
<p>2. 細部計畫「維管束植物殘存地點分布與保育策略之分析」：</p> <p>(1) 氣候模式推估應加入地形，才能較合適臺灣使用；雨量如可能，也需要加入為佳；最好有近年之資料分析。</p> <p>(2) 氣候模式中如何區分基本生態棲位及實際生態棲位，以及物種是否需要分群再進行評估，都是未來需要注意之處。</p>	<p>(1) 如回應林委員宜靜之 1、2 項說明。</p> <p>(2) 本研究使用之物種分布資料均為野外調查所得，因此分析所得較近於實際生態棲位。物種分群評估之建議可行，將先針對物種的不同來源屬性（溫帶來源、熱帶來源及特有）嘗試分析。</p>
<p>3. 細部計畫「以台灣水青岡與槲櫟森林的昆蟲為例」，堅守點與遷徙跳石如何定義？如何得知？此兩點未在報告明顯表</p>	<p>台灣水青岡的分布與「生物避難所(refugia)」概念極為相近，國外學者指出暖化趨勢下的生物微避難所可再細分為微避難所</p>

<p>示。</p>	<p>(micro refugia)、堅守點(holdouts)及遷徙跳石(steppingstones)，以上所述皆為模型概念，在台灣並無實證可以套用。以分布在台灣的水青岡而言，堅守點與遷徙跳石的概念目前僅有大白、蘭炭山區與烏嘴山稍微近似國外學者提出的模型。若以全球的尺度且氣候暖化持續且不可逆的假設前提之下，分布在台灣各個山頭的水青岡森林皆可能為堅守點，具有向高海拔播遷潛力的族群則可能為遷徙跳石。相關的理論仍待更多的研究支持。</p>
<p>邱委員立文</p>	<p>意見回覆</p>
<p>1. 本計畫相較於前期的3年計畫，在整體架構及報告撰寫上已較整合，方向及目的亦更清楚，除「地點」較明確外，後續分析模式的整合或彼此銜接都需注意，例如細部計畫「維管束植物殘存地點分布與保育策略之分析」所建立之氣候模式，亦可參酌「以台灣水青岡</p>	<p>(1) 本計畫目前採用之臺灣地區氣候資料係以TCCIP數據為準，由於TCCIP持續辦理氣候資料的年期更新與空間解析度提升，因此本計畫可隨同TCCIP資料版本進行氣候推估數據調整。</p> <p>(2) 由於「風速」受到局部地形效應影響極大，不易透過模</p>

<p>與櫟櫟森林的昆蟲為例」所提棲地島面積需小於多少對於滅絕是有影響的之因素，考量加入模式。目前使用模式之參數經重新設計並微調，有提及氣候資料庫的部分，是否可再擴充，或可利用台灣本土的微氣候站資料強化，另外雨量、風速等是否考量納入。</p>	<p>式準確預測，因此多數大尺度氣候資料庫均無「風速」資料，如本計畫氣候模式要增納「風速」項目恐有困難。建議於小尺度研究中，依氣候資料需要另行蒐集即可。</p>
<p>2. 未來要透過模式找出避難所，也就是所謂的地形複雜區域，請教未來對於「地形複雜區域」的定義及想法為何？</p>	<p>目前對「地形複雜區」之數值定義為：單位範圍內(例如 5*5km) DSM 表面積對投影面積之比。此數值越高，代表地形起伏程度越大(平地之比值為 1)，可孕育相對複雜的微地形與氣候環境。</p>
<p>3. 透過細部計畫「維管束植物殘存地點分布與保育策略之分析」找出大的殘存地點，配合細部計畫「以大白山至大南澳嶺與雙溪、頭城山區為例」、「以南仁山及櫟櫟森林為例」之現地調查後，可更新植群圖重新更細緻應用在細部計畫</p>	<p>(1) 細部計畫「維管束植物殘存地點分布與保育策略之分析」所關注的地理尺度較大，以找出重要殘存地點或微避難所為目標，再交由宜蘭大學與嘉義大學兩個小尺度研究團隊進行案例地點植群與重要物種的相關研究。</p>

<p>「維管束植物殘存地點分布與保育策略之分析」，後續做更精進的分析，甚至再回饋細部計畫「以南仁山及榭櫟森林為例」找出外部避難所。後續應針對計畫產出之資料再予以整合回饋運用。</p>	<p>(2) 小尺度研究團隊之成果，例如細部物種調查記錄及新繪製之植群圖等，均會回饋至大尺度研究計畫，進行原有資料的整合與更新。</p> <p>(3) 團隊會依照委員意見會將大尺度計畫與三個小尺度計畫整合並做連結，於期末報告呈現。</p>
<p>本局羅東林區管理處</p>	<p>意見回覆</p>
<p>台灣水青岡族群的研究調查涉及礦區開發及保護區的劃設等，羅東處亦積極與相關單位合作，從去年開始在大白山與蘭炭地區執行資源調查，剛報告中提新到新發現的第 1 區、第 2 區資料已提供予環境影響評估審查委員會作為審查萬達礦業第 2 階段環境影響評估之參考。有關第 3 區已請萬達劃出範圍之外，後續會再跟老師討論。有鑑於台灣水青岡屬於高風險物種，今年與林試所合作針對大白山 10 株母樹及蘭炭地區 38 株母樹執行無性繁殖境外復育計畫，後續成果將回饋給</p>	<p>團隊會把台灣水青岡復育的狀況、開礦的狀況與遺傳多樣性研究的結果，會整合成一套模式，來說明回復力與適應性經營策略。</p>

<p>整體計畫。另執行全臺地區水青岡遺傳資源分布調查研究計畫，以確認遺傳資源及演化方向是否相同，目前處內各工作站每月定期監測，建議未來提出水青岡族群遷徙模式，可以做為保護區劃設的基礎資料。</p>	
<p>本局東勢林區管理處</p>	<p>意見回覆</p>
<p>1. 期中報告第 24 頁「…篩選分布點位高於 20 處之台灣原生物種（共 1,453 種）…」與第 34 頁「…維管束植物共 1450 種，…」不符。另亦與實際檢測第 35 頁「對於氣溫頻度分布符合常態之物種（553 種），…」加上同頁「對於氣溫頻度分布未符合常態之物種（897 物種），…」等於 1450 種之數量不符，請查明後修正。</p>	<p>經依分析資料進行查證，1,453 種係為誤植，應以 1,450 種為正確。</p>
<p>2. 多數物種對於氣溫頻度分布不符合常態分布，為什麼要利用常態分布來定義物種最適區間？請說明。</p>	<p>不同生物在環境梯度下，可能有不同的分布形式，常態分布為其中一種，因此本計畫不完全僅採用常態分布來定義物種的最適區間。如物種分布係屬常態，本</p>

	<p>計畫以 $\text{mean}+1.96\text{SD}$ 定義其極端個體；如非常態分布之物種，則以該分布內排序最高之 2.5% 個體作為極端值。</p>
<p>3. 期中報告第 30 頁「…，以 R 程式語言編寫相同功能之氣候模式(以下稱「自編模式」)，…」，顯然縮減山區之估測誤差，此一突破將有利於後續研究，以下建議：</p> <p>(1)重新給予「自編模式」一個較正式的模式名稱。</p> <p>(2)R 程式語言編寫之程式碼，放於附錄供參。</p>	<p>本團隊正在進行氣候模式修正及其應用之科學文章撰寫，發表後可將原始程式碼公布及提供與外界使用。</p>
<p>4. 報告提及最暖月平均氣溫數值產生之易受暖化衝擊地點，呈現與最冷月平均氣溫分析結果完全相異之趨勢，造成此現象之可能成因為何？</p>	<p>(1) 推測係因夏季臺灣南北兩端氣溫相近，甚至北部平地溫度常有高於南部之情形，導致利用夏季均溫分析時，出現與冬季及全年均溫相反之趨勢。</p> <p>(2) 根據近 30 及 50 年氣候資料分析，顯示臺灣地區冬季均</p>

	<p>溫有顯著上升情形，夏季則升溫幅度未達統計顯著。因此，初步認為以冬季均溫分析所得之地點，有較高的機率在氣候變遷情境下遭受衝擊。</p>
<p>5. 細部計畫「維管束植物殘存地點分布與保育策略之分析」</p> <p>(1) 易受衝擊之地區若遇到地形障礙(山坡、谷地)，如何建立棲地廊道或協助遷徙，係以人工採種或人工栽植方式？</p> <p>(2) 易受暖化衝擊地點分析是否能配合各地點之微環境(地形因素等)，考量其他環境因子補償作用，再分析其受害程度。</p>	<p>(1) 人工採種、人工種植、或是協助闢建適宜之廊道或棲地等，均是可以參考採行的辦法。然而須視欲保護物種之生態特性、環境條件及經費規模等，選擇最簡約但具成效之保護措施。本計畫未來將朝此目標提出保護措施建議。</p> <p>(2) 地形因素確實為必要考量之因子之一。詳細說明請參見對林委員宜靜之意見回覆。</p>

6. 細部計畫「以大白山至大南澳嶺與雙溪、頭城山區為例」

(1) 期中報告第 45 頁「微避難所 (micro refugium)」與第 17 頁「微避難所 (micro refugia)」之英文不同，請查明後修正。

(2) 期中報告第 47 頁之圖 3.2 及第 48 頁之圖 3.3，圖中文字均太模糊，建議重新繕打。

(3) 請問期中報告第 51 頁之圖 3.4 所提之「生態跳島」與第 17 頁之圖 2.2 所提之「遷徙跳石」，有何區別？

(4) 期中報告第 55 頁「...，年均溫為 22.6°C，年均降雨量為 4,439.8 mm(蘇鴻傑，1992)(圖 3.9)。」，其文獻時間與圖 3.9 之時間不符，請修正。另外生態氣候圖若氣象資料完整的話，建議增加到 2015 年。

(5) 期中報告第 44 頁之摘要中提及最多稀有物種的網格中

將會遵照委員意見查明後修正。

也僅有 3 種稀有物種，造成此生態現象的可能原因為何。

(6) 期中報告第 64 頁之表 3.3 及第 67 頁之表 3.4 均未列台灣水青岡？

(7) 期中報告第 80 頁台灣水青岡族群的威脅，可由林務局 104 年度科技計畫「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」報告中，顯見台灣水青岡更新不佳，因此研究團隊在台灣水青岡森林之影響因子中，提出之「回復力」兩種策略為幼苗更新及植物體繁殖，建議研究團隊提出具體可行的施作細節。

<p>7. 細部計畫「以南仁山及檫櫟森林為例」，文中提及針對可能遭受暖化衝擊之地點及可能受影響之生態系與物種部分，擬定適宜之保育策略與實務方法，所謂的實務作法可否包括利用全臺現有苗圃進行移地保育工作的試驗場域？適宜與否，又應進行怎樣的前置研究作業？</p>	<p>此部份如委員所提，因此類試驗是長期的，一定要有長期地點可使用，因此避開易受私人影響區是必要的。當然目前全臺現有苗圃量是不足的，尤以高海拔為最，因此必需前置先了解其危機性與急迫性，再進行考量。</p>
<p>8. 細部計畫「以台灣水青岡與檫櫟森林的昆蟲為例」，台灣水青岡專食性的昆蟲因氣候或其它因素的減少或滅絕對台灣水青岡將造成怎樣的影響？</p>	<p>台灣水青岡為食的專食性昆蟲與台灣水青岡同樣對於環境溫濕度變化極為敏感，可視為台灣水青岡生態系的指標，在台灣水青岡專食性的昆蟲因氣候或其它因素的減少或滅絕的同時，代表台灣水青岡的生態系已經出現問題，例如台灣水青岡的森林面積縮減、族群個體死亡等。若台灣水青岡的面積與族群持續縮減，將導致專食性昆蟲完全滅絕消失。</p>
<p>本局嘉義林區管理處</p>	<p>意見回覆</p>
<p>1. 高山箭竹一直死亡與氣候變遷</p>	<p>玉山箭竹已有宜蘭大學林世宗</p>

<p>是否有關係？</p>	<p>老師團隊進行研究計畫，研究之成果可徵詢羅東林區管理處。</p>
<p>2. 期中報告第 38 頁之圖 2.14、2.15、2.16，建議後續分析易受暖化衝擊地點之易受害物種，以利後續保護工作進行。</p>	<p>遵照辦理，於後續研究持續補充資料。</p>
<p>3. 同上，嘉義處轄區的易受害地點約在塔山一帶，後續是否會評估易受害物種及相關的回復策略？</p>	<p>遵照辦理，於後續研究持續補充資料。</p>
<p>本局保育組夏簡任技正榮生</p>	<p>意見回覆</p>
<p>1. 有關櫟櫟操作模式部分，就發現的地點，進行組織培養後移到學校或造林地栽植，新竹處若有適當的地點，是否可以提供當做後續栽植培育的示範點。</p>	<p>此部份本團隊期望能與相關單位長官進行討論，目前我們已採用大量的種子苗，但種子不宜過度採集，以免影響更新，因此待與鈞長討論，團隊可以在維護基因多樣性下進行本年度採種作業，適度適量的採種，以提供造林栽植所需，亦可保現地苗木更新。</p>
<p>2. 細部計畫「以台灣水青岡與櫟櫟森林的昆蟲為例」，所提之 2 種舟蛾其實在前期計畫後半段就有提出，因數量的關係沒有飼養成蟲，但現在以飼養成</p>	<p>將提供相關的詳細資料給予發布新聞訊息。</p>

<p>功並發表國際期刊，這樣的資料彌足珍貴，是否可以請老師提供更詳細或在學術價值上，甚至跟山毛櫸物種之間的關聯等資料，讓我們能夠適時發布新聞訊息。</p>	
<p>3. 另因榲欖所在地屬軍方所有，採集取食榲欖之昆蟲受限於申請的時效比較晚，但本計畫為3年，後續能否一次性申請，或與軍方溝通將連續3年以同樣模式操作，故申請比較長的時間，以避免缺漏某季節的調查。</p>	<p>此部份礙於軍方一次申請為半年，可能請鈞長協助與軍方協調。</p>
<p>本局保育組黃科長群策</p>	<p>意見回覆</p>
<p>1. 題目所用之「回復力」是否欲國際因應氣候變遷慣用的「回復力」定義相同，如果不同請於報告中說明。</p>	<p>會在期末報告加以說明「回復力」之定義。</p>
<p>2. 在大白山、蘭崁山發現新的水青岡族群，對於原先的研究成果是否有不同的變化。</p>	<p>會將新族群的數量與空間分布與之前研究成果再進行分析，與之前之研究作比對並在期末報告呈現。</p>

附錄三、期末審查委員及與會人員意見回覆紀錄

(臺灣生物多樣性保育學會自行記錄，正式版本以林務局發文為準)

行政院農業委員會林務局 105 年科技計畫

「因應氣候變遷生物多樣性回復力之研究」期末審查紀錄

壹、 時間：105 年 12 月 27 日(星期二) 9 時 30 分

貳、 地點：行政院農業委員會林務局 8 樓會議室

參、 主持人：廖副局長一光

肆、 出(列)席單位及人員：如所附會議簽到單；羅東、新竹、東勢、南投、嘉義、屏東、臺東、花蓮等八個林區管理處以視訊列席。

伍、 主辦單位報告：(略)

陸、 期末執行情形簡報：(略)

柒、 委員意見：詳後附審查意見表及回覆說明

捌、 會議結論：

本案期末報告符合契約所訂標準、工作項目及工作進度。期末報告審查通過，請按照委員所提意見，及本局各林區管理處所提建議修正報告內容，並提交年度結案報告書。

玖、 散會：12 時 10 分

附件：審查委員及與會人員意見彙整表

附件：審查委員及與會人員意見彙整表

林委員宜靜	執行團隊答覆及修正情形
<p>1. 本計畫根據幾種模型，已提出詳盡分析方式，但未來是否考慮加入不同理念的模式，例如：考慮極端氣候影響。另外，目前預測的易受衝擊地點多偏向低海拔地區，此種結論可能受到模式架構的限制，需審慎看待結論。</p>	<p>1.本計畫 105 年度係以各物種適溫上界套疊之概念，尋找各物種位處耐性上界族群聚居之地點，定義為暖化趨勢下的易受衝擊地點。由於窄域分布物種或稀有物種之地理分布範圍小且個體數較少，較不易建構完整的適溫分布曲線，是為此一方法的限制。 (臺灣生物多樣性保育學會)</p> <p>2.106 年度將依林委員及劉委員建議，另增加 1 至 2 種研究方法併同分析，透過數個研究方法結果的綜整套疊，讓研究結論更具全面性。(臺灣生物多樣性保育學會)</p>
<p>2. 106 年將進行預測分析部分，建議與土地利用及保護留區範圍整合，以瞭解物種遷徙的可能性。</p>	<p>本計畫已完成土地利用及保護留區範圍等圖資收集，將遵照委員意見辦理。(臺灣生物多樣性保育學會)</p>
<p>3. 未來是否設置族群監測樣</p>	<p>目前在大白山與蘭嵌山地區已有</p>

<p>區，以便準確估算死亡與新增速率。</p>	<p>設置幾個小面積的長期觀測樣區，並同時對水青岡樹木標定位置與綁標。未來會針對第三區加強調查及標定水青岡位置，同時也會針對航照圖中出現的水青岡大徑級樹林，藉由樹冠標定位置。如此方便未來夠準確估算死亡與新增率。（國立宜蘭大學）</p>
<p>4. 計畫未討論此地區重要的生態過程，建議予以補註。</p>	<p>本區除礦區外多為成熟森林，由於近期才設置長期觀測樣區了解森林的生態過程，未來會針對颱風或其他的干擾所形成的影響來說明其生態過程。（國立宜蘭大學）</p>
<p>5. 針對礦區的經營管理，給予具體的建議。</p>	<p>會在建議中多做說明。（國立宜蘭大學）</p>
<p>6. 南仁山是否具有需異地保育物種？</p>	<p>本計畫承襲先前『因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究』之成果，以樣區四次複查討論物種實際族群數量之變化，搭配學會團隊的脆弱地點評估所得。最終之物種脆弱度評估即修改 Kingston (2005) 之評估法以數量變化趨勢，脆弱地點與是否為特稀有種等因子評估。而以 Shoo et</p>

	<p>al. (2013)流程，與 Ahteensuu et al. (2015) 之評論，為了避免物種滅絕，因此採用異地保育。而本計畫除了評估，亦初步開始測試非造林樹種之繁殖先期試驗，以利將來後續保育之進行。(國立嘉義大學)</p>
<p>7. 加入簡報 69 頁革葉冬青等 5 個物種的詳細資料，包含分析如何進行，是否進行統計檢測。</p>	<p>此部分原為先前計畫之成果，但是結果稍有變更，先前計畫採用原始植株數量，但該結果受到不同海拔取樣數量不一之影響，雖然主要為比較前後期之物種沿海拔分布，仍易造成誤判，因此會於修正之期末報告中呈現。該圖主要以南仁山樣帶兩次複查為基礎資料，參照 Chen et al. (2009) 之分析方法，以 bootstrapping 進行兩次物種分布差異之顯著性測試。(國立嘉義大學)</p>
<p>8. P203-204 的資料不構詳盡，且稍微零亂。</p>	<p>此為先前報告結果，因此引入前言。團隊會在此報告中進行修正。(國立嘉義大學)</p>
<p>9. 南仁山的森林變化，是否具有其他解釋?例如森林自然演替或隨機變化</p>	<p>此在先前報告中已呈現。整個森林的變化是有許多可能性的，包含演替，更新與委員所提之隨機變化。</p>

	<p>當然植株數量下降與生物量增加可視為森林演替之過程。然現今可能因為氣候變化，造成氣候鼎極可能非原先之極盛相，造成此現象之因子在南仁山可能為冬季溫度上升，颱風頻度強度變化，乾季與暴雨增加及東北季風減弱，這些因子的改變可能造成植物種間競爭的變化，導致某些物种植株數量逐漸下降。（國立嘉義大學）</p>
<p>10. 以 p196 頁，圖 4 討論南仁山森林變遷是否適當，南仁山是南部區域族群，圖 4 可能更適用於大空間尺度的物種保育。</p>	<p>Shoo et al. (2013) 為少數提出全面性之策略流程，當然使用在台灣可能需要做些修正，或是依照物種危急程度參照 Ahteensuu et al. (2015) 之意見採多樣步驟進行。但在其他物種此流程仍可參考。當然實際執行過程因許多物種研究不足，致使部分步驟的答案無法有效的回應，造成決策上的困難。（國立嘉義大學）</p>
<p>11. 建議加入物種特有性與族群現況(如:是否瀕危)之資料。</p>	<p>已加入物種特有性之資料，至於族群現況則須更多之調查資料累積才能確定。（國立台灣師範大學）</p>
<p>劉委員和義</p>	<p>執行團隊答覆及修正情形</p>

<p>1. 對於氣候模式的驗證初步結果良好，建議另增加獨立性數據進行測試，才能更確定模式的準確性與客觀性。</p>	<p>1.本研究係以 TCCIP 五公里氣候網格為原始資料，透過 ClimateAP 演算法進行資料降尺度 (downscaling) 獲得山區較細緻的氣候圖層。由於 TCCIP 資料係以全臺 1,500 餘個測站資料計算所得，幾已涵蓋目前國內所能取得的氣象資料。因此本年度僅能選用中央氣象局測站資料進行模式推估值的驗證，結果雖然精準 (誤差值 1°C 以內)，但因中央氣象局資料本身就是 TCCIP 母體資料之一，確實有自我驗證的統計問題。(臺灣生物多樣性保育學會)</p> <p>2.本計畫 106 年度將設法尋找 TCCIP 母體資料以外的測站 (例如野外調查計畫設置的氣象站資料)，在進行一次氣候模式驗證的工作。若驗證結果良好，則可確定本氣候模式具有較高的應用價值。(臺灣生物多樣性保育學會)</p>
<p>2. 目前的評估僅限定在研究團</p>	<p>1.遵照劉委員及林委員建議，106</p>

<p>隊選定的假設上，此種方法會有一些風險。若據此進行保育策略之制定，可能有不妥之處，需要考慮納入其他模式的可能性。</p>	<p>年度將參考文獻，增加 1 至 2 個不同的假設與方法進行分析。 （臺灣生物多樣性保育學會）</p> <p>2.目前本計畫運用之氣候變遷假設及模式理論多為溫帶地區的例子，將優先從熱帶地區研究文獻尋找可參考的方法。（臺灣生物多樣性保育學會）</p>
<p>3. 氣候變遷速率之分析，若基於國外模式，則如報告中所言，臺灣山區地形變化極大，如何轉化成為臺灣可以確實應用之模式，需要成為未來報告中詳細說明的地方。</p>	<p>1.氣候變遷速率分析係本團隊 105 年度與日本森林總合研究所交流後，提出認為可以嘗試的方向。該方法目前使用的最小網格大約在 25 公里左右。（臺灣生物多樣性保育學會）</p> <p>2.本年度期末報告僅提出初步測試供委員審閱。惟委員審查時認為該網格對臺灣而言過於粗糙，且增加網格解析度時，可能導致資料雜訊及不確定性增加，該方法於臺灣地區不一定適用。因此，本團隊傾向 106 年度暫不將氣候變遷速率分析納入計畫內容辦理。（臺灣生物多樣性保育學會）</p>
<p>4. 現今探討所得的急迫性殘存</p>	<p>1.除目前使用的物種適溫範圍分析</p>

<p>地點都位於低海拔，如果此一方法在較高海拔地區不適用，如何施用此氣候模式於全島未來之保育基準，未來需要檢討。</p>	<p>方法外，將依委員意見於 106 年度增加其他分析方法。未來希望可將多種方法結果進行疊合，利用多重結果整合（例如平均法、投票法等）後，減低因為單一方法及單一假設可能帶來的結論偏誤。（臺灣生物多樣性保育學會）</p> <p>2.利用多重方法的結果綜整，應可得到較為全面而穩固的保育政策建議。（臺灣生物多樣性保育學會）</p>
<p>5. 對於其他氣候變遷因子，如颱風及雨量，應設法納入。此外，對於各種多樣性保育優先次序之評估，需要更詳細之描述，並檢討是否為臺灣地區適用之評估方法。</p>	<p>1.颱風為極端的氣象事件，現有氣候變遷模式內較難針對未來的颱風事件變化做出評估。（臺灣生物多樣性保育學會）</p> <p>2.雨量資料已納入本研究現有的氣候模式內，包含雨量歷史資料及未來情境之推估，且植群分布預測分析部分，亦已將氣溫、雨量及熱濕條件等納入適生因子進行分析。（臺灣生物多樣性保育學會）</p> <p>3.有關保育優先次序部分，本年度</p>

	<p>僅先針對特有性及受威脅程度兩項因子作為指標。106 年度將增加考量物種的分布特性及專家評估意見，作為詳細評估易受衝擊地點及涵蓋物種保育優先次序之依據。（臺灣生物多樣性保育學會）</p>
<p>6. 颱風之影響可能較大，所以未來可能需要針對氣候變遷中的颱風變化（強度、頻度）進行更深一步之分析。</p>	<p>1.在前三年的研究中，已將過去颱風資料建檔，然而航照圖並非每年都有，因此只能分析出某幾年的颱風對對本區的影響甚大；但由之前的資料也了解颱風的衝擊對台灣各地水青岡森林的影響程度是不同的。（國立宜蘭大學）</p> <p>2.由於颱風強度與頻度屬極端氣候影響，對水青岡的衝擊是很重要的監測項目，因此也會加強標定水青岡位置，並統計每年受衝擊的程度。（國立宜蘭大學）</p>
<p>7. 各地之水青岡結實率需要有更詳實的數據與分析。</p>	<p>目前各地的水青岡結實並未有詳細的統計。但銅山已知 1999、2005、2012、2015 年有四次大量結實，但大白山與蘭嵌山卻較少結</p>

	實，或只有出現不受孕的現象，未來會再詳加記錄。(國立宜蘭大學)
8. 大白山至大南澳嶺之長期氣候變遷殘存地點資料彙整整體情形良好，但對於優先次序及管理規劃策略之決定步驟需要較詳細之描述。	會在文章中再詳細說明。(國立宜蘭大學)
9. 繪製現生植群圖時，對於重要植群分佈地區，可選擇性將繪製尺度細至群叢。	會將水青岡植群繪製至群叢等級。(國立宜蘭大學)
10. 整體氣候變遷下生物多樣性之適應性經營，除了目前提出架構與操作流程外，需說明其他可能性	今年提出初步的架構與操作流程，明年會增加其他的可能性，會使流程更完整。(國立宜蘭大學)
11. 整體研究著重在暖化，但應設法納入其他氣候變遷重要因子，例如颱風及雨量。	會再加強颱風和雨量的變化的研究。(國立宜蘭大學)
12. 對於各種多樣性保育優先次序之評估，需要更詳細之描述，並檢討台灣是否適用此評估方法。	1.因為過去三年已有保育優先次序之評估之詳細描述，會在文中說明級說明引用之報告出處。(國立宜蘭大學) 2.會再考慮是否適用評估方法並加以修飾。(國立宜蘭大學)
13. 整體計畫內容有些雜亂，敘	遵照劉委員及林委員建議進行修

述有較簡略，需要補強。	正。（國立嘉義大學）
14. 台灣水青岡森林樣區進行之昆蟲調查並建立物種名錄，限定外在環境，可能需要更長期之調查結果。	本團隊從 102 年起執行林務局補助研究計畫迄今，均定期進行水青岡森林昆蟲調查，並探討與植物物候的關係。未來仍將持續蒐集資料，取得更長期的調查結果（國立台灣師範大學）。
曾委員彥學	執行團隊答覆及修正情形
1. 所分析結論恆春—滿州及頭城—雙溪—坪林兩處是目前本島受暖化衝擊下物種與生態系最易發生劇烈變化的地點，建請管理單位儘速採取因應措施。	感謝委員建議，遵照指示辦理。（臺灣生物多樣性保育學會）
2. 研究結論中，提出在大白山與蘭崁山中間支稜有發現臺灣水青岡新族群約 115 株，但接近萬達礦業申請核定區域，建請管理單位優先進行保護措施。	會在建議中多作說明。（國立宜蘭大學）
3. 就第四章『以南仁山植群及新豐鄉榲欓為例』，調查結果顯示其中榲欓野外已記錄 144 棵存活，經二年種子蒐集	感謝委員意見，本團隊與新竹縣政府合作，目前已在原生地鄰近之縣府造林地與科大，國中小種植，惟各校管理方式不同致生長差異較

<p>及播種，成果良好。建議管理單位宜先將所有培育小苗先行就近野外植栽，增加野外族群數量，待族群數量達2880株後在進行其他相關試驗。</p>	<p>大。原先期望原地栽植，但兩度發函軍方均予以回絕，因此本年度仍以各級學校與縣府造林地為主，當然若新竹林區管理處亦可協助，本團隊表示歡迎之至。（國立嘉義大學）</p>
<p>本局保育組黃科長群策</p>	<p>執行團隊答覆及修正情形</p>
<p>1. 本計畫大尺度部分利用TCCIP 其中1個模式推估，但還有40個模式未測試，未來如何推估並取捨比較適合評估臺灣的模式？</p>	<p>對於物種或植群分布變化的預測，通常必須考慮多種情境與氣候模式下的可能變化，本計畫105年度先取TCCIP發布之RCP4.5情境下的一個模式進行試作。106年度正式研究時，仍須併同多種氣候模式的數值，進行植群分布預測分析。但是氣候模式彼此間具有差異性，可能導致推估結果的落差，這部分通常可採用多模式的平均值或共同預測結果做為代表。（臺灣生物多樣性保育學會）</p>
<p>2. 以大尺度模式推估未來50-100年，那些植物有滅絕的可能？這些狀況會發生在平地、中海拔或高山地區？</p>	<p>大尺度下的植群變遷預測部分，將納入106年度計畫內容，預期屆時可提供相關成果供林務局參考。（臺灣生物多樣性保育學會）</p>

<p>3. 106 年度將推估出受威脅物種的名錄，也瞭解植物的動態變遷，簡報中所提 19 個區域是否都有變遷的趨勢，或找出代表性區域作為模式？這些推估結果是否能扣合小尺度之研究成果進行驗證？</p>	<p>106 年度預計選取重要的易受氣候變遷衝擊地點進行未來的分布預測，預計至少分析 5 處地點為目標。對於地點的選擇，將以小尺度研究計畫監測區域為優先，以增加研究成果的扣合程度與驗證效果。（臺灣生物多樣性保育學會）</p>
<p>4. 大南澳地區目前是以水青岡林相作為回復力之研究基礎，若以整個生態系而言，包括水青岡伴生植群及昆蟲，是否有辦法評估出對於回復力有效之成果。</p>	<p>目前發現昆蟲相的豐富度（尤其是專食性昆蟲的豐富度）與水青岡族群面積是有明顯相關的，例如舟蛾及雲霧裳蛾，就是這幾年研究發現的適宜指標，這類昆蟲的出現與否及族群豐度，亦可運用於族群回復力評估使用。（國立師範大學）</p>
<p>5. 大尺度研究預測暖化情況將會持續，是否有些物種(例如榲欖)未來已經沒有適合生存的空間？</p>	<p>105 年度係以水青岡為對象進行分布預測分析，確實發現到各個現生族群範圍均發生限縮情形，且部分適生地點出現空間推移狀況。榲欖尚未進行上述分析，暫難做此結論。可列入 106 年度分析項目。（臺灣生物多樣性保育學會）</p>
<p>6. 昆蟲的種類及數量，未來是否能作為標準用來評估森林生態系統的健康或危急程度</p>	<p>本研究目前已發現，完整而健康的水青岡族群，可以支持較多的專食水青岡的蛾類共同生存；當水青岡</p>

<p>指標？</p>	<p>族群破碎間斷時，則這些專食性昆蟲將逐漸絕跡。因此，昆蟲相確實可做為反映森林生態系健康與否的重要指標之一。以槲櫟森林為例，臺灣現生槲櫟族群面積極小，本年度調查完全沒有發現歐洲及亞洲廣泛分布的專食槲櫟蛾類幼蟲，推測可能是因為現有槲櫟族群已不足以支持這類專食性昆蟲的生存，後續年度將持續監測，以確定此一推論的正確性。（國立師範大學）</p>
<p>廖主持人一光</p>	<p>執行團隊答覆及修正情形</p>
<p>1. 本案計畫係研究氣候變遷之影響，建請強化氣候變遷的論述與變化因子，非僅止於溫度變化。</p>	<p>1.除溫度資料外，雨量亦已納入本研究現有的氣候模式內，包含雨量歷史資料及未來情境之推估，且植群分布預測分析部分，亦已將氣溫、雨量及熱濕條件等納入適生因子進行分析。（臺灣生物多樣性保育學會）</p> <p>2.未來將加強報告內對於溫度因子以外之說明論述。（臺灣生物多樣性保育學會）</p>

<p>2. 氣候變遷自編模式準確性如何？</p>	<p>1.自編模式係採用加拿大 UBC 開發之 ClimateAP 演算法為核心，利用臺灣 TCCIP 五公里網格資料為基礎，進行降尺度計算，以獲得精細的山區氣候資料圖層。(臺灣生物多樣性保育學會)</p> <p>2.目前利用中央氣象局 8 處測站資料進行模式推估值驗證，顯示實測資料與推估資料的誤差約為平地 0.5°C 以內、山區 0.5°C-1.0°C 左右。(臺灣生物多樣性保育學會)</p>
<p>3. 氣候變遷速率之推估是否有意義(1.4°C/yr → 2km/yr)? 這種推估方法是否適合臺灣使用？</p>	<p>1.氣候變遷速率分析係本團隊 105 年度與日本森林總合研究所交流後，提出認為可以嘗試的方向。該方法目前使用的最小網格大約在 25 公里左右。(臺灣生物多樣性保育學會)</p> <p>2.本年度期末報告僅提出初步測試供委員審閱。惟委員審查時認為該網格對臺灣而言過於粗糙，且增加網格解析度時，可能導致資料雜訊及不確定性增加，該方法於臺灣地區不一定適用。因此，</p>

	<p>本團隊傾向 106 年度暫不將氣候變遷速率分析納入計畫內容辦理。(臺灣生物多樣性保育學會)</p>
<p>4. 苗木栽植之試驗地點及立地條件建議更加嚴謹。</p>	<p>本團隊在苗圃進行栽植初期光條件之試驗時，皆以均一化標準進行試驗。但在苗木長大，必須種植於地面時，在各地栽植即遇到土壤狀況不一，各栽植地點照顧不一等問題，導致討論時各校差異極大。但目前亦無其他方法，主要即為長期栽植地取得困難。因此栽種時亦只能將立地條件與被除草機除到次數亦為變數之一。苗高生長目前仍以除草機影響為主。當然若新竹處有意願協助則可解決部分問題，但大面積種植則需要更多經費支持。(國立嘉義大學)</p>
<p>5. 臺灣水青岡死亡原因之探討是否與颱風有關？又，颱風是否為造成死亡之單一因素？</p>	<p>(國立宜蘭大學)</p>
<p>6. 是否能針對櫟櫟定位、價值、數量及分布資料，提供相關建議？以利後續討論列</p>	<p>櫟櫟定位上，先前由鄭育斌研究員進行，惜因野外收集資料發生意外過世。先前局內補助以 ISSR 探討</p>

<p>入保護等級之評估。</p>	<p>此物種台灣與日本之族群差異，當年即多採集了廣東省之族群一同比較，初步結果是有差異的，惟因為大陸部分未有足夠之樣本而使解釋能力不足。此部分後續須與中國學者合作以解決此問題。而其在台灣資料中目前全台原生地剩下 120 株成樹，種子這幾年皆可採集到上千顆，發芽率上只要正確的層積與播種，發芽率頗高。本團隊目前在新竹縣各級學校與造林地進行栽植 80 株，存活率頗高，但生長狀況不一。保育等級則待個研究學者共同進行評估。（國立嘉義大學）</p>
<p>森林企劃組</p>	<p>執行團隊答覆及修正情形</p>
<p>森林企劃組：請依合約內容及資料繳交作業規範，於本年度計畫結束前完成原始資料上傳。</p>	<p>遵照建議辦理。</p>
<p>羅東林區管理處</p>	<p>執行團隊答覆及修正情形</p>
<p>1. 蘭崁山 38 株水青岡今年已確定完成 36 株遺傳資源複製，未來將參照研究團隊的後續建議選定適當的地點建立採</p>	<p>1. （國立宜蘭大學） 2. 有關水青岡異地復育適生地點部分，俟 106 年度納入 TCCIP 各種氣候模式推估資料進行整合分</p>

<p>穗園，俾利後續復育。</p> <p>2. 後續如要將大白山、蘭崁山所複製植株異地復育，可能需要瞭解未來氣候變遷模擬成果，評估可以種回哪些地方，是否能針對氣候變遷模擬視覺化研究成果提供一些異地保育的候選區位？</p> <p>3. 請宜蘭大學研究團隊提供萬達礦業 3D 立體圖作為後續業務參酌。</p>	<p>析後，應可提供較完整的結果。亦可請林管處先提供可實施栽種之地點（例如林班、小班、工作站或苗圃位置），交由本團隊對該地點進行氣候適宜性之評估。（臺灣生物多樣性保育學會）</p> <p>3.已補充於計畫書第 153 頁。（國立宜蘭大學）</p>
東勢林區管理處	執行團隊答覆及修正情形
<p>報告書第 128 頁之九芎群叢出現海拔為 10-1,300m，是否有誤繕？</p>	<p>分布海拔應為 100-1,300m，已修正於報告書內。</p>
嘉義林區管理處	執行團隊答覆及修正情形
<p>報告書提到本處轄區之虎頭埤、七股、布袋等 3 處可能為易受暖化衝擊地點，其中特有種僅 1 種、沒有瀕危物種，保育急迫性較低，但仍請補充對於易受暖化衝擊地點之相關因應對策，俾利後續保育工作進行。</p>	<p>虎頭埤、七股、布袋等地因均屬平地範圍，且受長期開發影響，特有種及瀕危種的數量均低，就物種及區域之保育價值而言，其優先次序確實偏低。由於這些區域位處低海拔且鄰近人為活動聚落，建議政府單位應多著重於人類活動對於當地物種或棲地的干擾的監測與衝擊評估，例如水污染、入侵種控</p>

	制、棲地開發破壞等，就上述地點而言，這些因子的潛在威脅程度可能都高於氣候變遷的影響。
屏東林區管理處	執行團隊答覆及修正情形
<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告書第二章之圖 2.17，顯示在氣候暖化衝擊下，山頂地形區位較中坡與坡谷面臨較高的滅絕風險，又表 2.6 亦顯示「恆春-滿州」及「浸水營」分別為山頂地形區位及中坡地形區分數最高者，因此建議未來以此兩區域優先進行氣候變遷之保育物種潛在分布預測。 2. 報告書附錄之學名應斜體。 3. 報告書第 202 頁之學名與 et al.應斜體。 4. 報告書第 217 頁扦插誤繕為仟插，請修正。 5. 台灣石櫟與台灣柯之用詞請統一。 6. 報告書第四章有關台灣石櫟、希蘭灰木、唐杜鵑等物種，請補充敘述「執行原由- 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第四章有關台灣石櫟、希蘭灰木、唐杜鵑等物種部分，已補充資料於第四章 3.3 節。 2. 本團隊預定於 106 年拜會屏東處與恆春工作站，討論可異地復育地點之選定。 3.其餘意見遵照辦理。

<p>物種是否需要保育」之段落。</p> <p>7. 是否可提供上述 3 物種之異地復育的選地範圍與條件，以利本處預為準備。</p> <p>8. 南仁山、浸水營等地均列為重要的易受暖化衝擊地點，後續請加強這些地點的物種與生態系衝擊分析。</p>	
台東林區管理處	執行團隊答覆及修正情形
<p>1. 報告書第 29-31 頁與第 35-37 頁之曲線圖之標註應一致。</p> <p>2. 報告書第 105 頁應加圖例說明。</p> <p>3. 報告書第 146 頁之圖 25 與第 107 頁之圖 7，水青岡衝擊程度應為一致，但圖所呈現的部分有差異，建議再補充文字說明，以前後呼應。</p>	<p>遵照建議修正。</p>