



公開
 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：130705e100

行政院農業委員會林務局104年度科技計畫研究報告

計畫名稱： 高海拔山區草原生態系變遷調查 (2/2) (第2年
/全程2年)

(英文名稱) A Survey on Changing High Mountain
Grassland Ecosystem (2/2)

計畫編號： 104農科-13.7.5-務-e1

全程計畫期間：自 103年2月1日 至 104年12月31日

本年計畫期間：自 104年1月1日 至 104年12月31日

計畫主持人： 劉和義

研究人員： 劉以誠

執行機關： 國立中山大學





一、執行成果中文摘要：

全球暖化對於山地生態環境的衝擊是近年來國際關懷的重點。台灣是一座多山並有豐富高山植物資源的島嶼，且三千公尺以上山區之特有種類的比率超過五成，但很少有針對暖化如何影響其高山植群進行研究及監測的計畫。為了瞭解氣溫上升對於台灣高海拔植群的可能影響，需要對於具有不同環境或植相的地點加以研究及監測，且必須設立具有詳細植群紀錄及土溫的永久樣區。因此於2008至2010年依據「全球高山生態環境觀測研究計畫」的多峰調查方法，在中央山脈不同緯度設立了四處目標區域，雪山山脈設立的一處目標區域，藉此充分反應環境的不同。過去三年在各目標區域進行複查。調查結果顯示物種數目和特有種數目隨著緯度上升而增加，但與溫度之間並無明顯迴歸相關。複查結果，整體的物種豐富度是增加的，但南湖大山目標區域少許下降、合歡奇萊目標區域持平；山峰及方向的物種數變化，與各自的溫度變動大致相符；特有種在各目標區域數目上升或持平，無下降情形；植物移動的上下距離不大；同樣的觀察出現在嗜溫性指數，增加但變動很小。同時進行的尚有高山草原植群的調查與分類，共收集809個樣區，分為20個植群類型。

二、執行成果英文摘要：

The impact of global warming on mountain diversity is an important international issue. Taiwan is a mountainous island with rich alpine plant resources. The endemic number is more than half of the plant species in the mountain ranges above 3000 m a.s.l. In order to understand the possible temperature increase impact on alpine flora, a study based on the protocols of Global Observation Research Initiative in Alpine Environment (GLORIA) was initiated in 2008 with 5 target regions established, and the resurvey was finished this year. The species number is increased with latitude along the Central Mountain Range. The resurvey results showed the increasing in species and endemic number in general. The species change patterns among summits and directions are generally agree with temperature change. The distance of species move up and down is very small, and the thermophilization indicator is positive but the value is also very small. In the same time, the alpine vegetation survey and classification was carried, the data from 809 quadrats were collected and 20 vegetation types were classified.

三、計畫目的：

工作目標包括三叉山目標區域（國際代碼SAC）及南湖大山目標區域（國際代碼NAH）的樣區野外複查、文獻回顧、植物對於暖化的反應之初步分群、樣區資料維護、國際交流、教育訓練以及野外資料綜合分析等，其具體工作目標如下：（詳細內





容請見附加檔案內文)

1. 完成目標區域的樣區野外複查：本年度規劃工作包括六座山峰之重新定位及樣區重新設置、使用「全球高山生態環境觀測研究計畫」標準調查法進行樣區環境及物種之複查、換取溫度記錄儀、拍攝所有樣區之環境狀況以及物種照片。
2. 收集高山植物各式基本資訊：包括物種辨識資料、植物標本、物種照片、棲地資料與分布資料，做為未來高山植物監測所需的基本資訊。
3. 調查成果應用分析：利用所收集之野外資料，結合生物及環境因子，以多變數分析軟體及地理資訊系統相關軟體，整合分析野外的調查資料、文獻資料以及標本館資訊，提出高山植物對於暖化的反應之初步分群，並進行物種多樣性受到氣候變遷衝擊之影響分析，以供管理單位參考。

四、重要工作項目及實施方法：

本計畫依照「全球高山生態環境觀測研究計畫」之複查及分析準則，進行資訊收集及分析，並依據樣區設立時之規劃，本年度開始邀請合作團隊進行野外調查，以逐年完成細部項目。具體工作項目敘述如下：（詳細內容請見附加檔案內文）

1. 山峰之重新定位及樣區重新設置：此計畫的動態樣區僅於中心點釘立地面一個平面小標記，以免影響環境及物種之發展，但有嚴格之樣區設置流程及照片，在樣區重新設置時可以完全重現原先之樣區，因此首要工作是依據全球衛星系統之座標及海拔、樣區照片及環境照片找到目標區域三座山峰之中心點，重新設置樣區，並對照照片確認重新設置之正確性；每座山峰需要重新設置的樣區包含16個1 m × 1 m永久樣區、4個10 m × 10 m穿越線點調法樣區及8個山峰區域樣區。
2. 樣區複查及照片：野外實地的複查過程中，依調查手冊之規範，於每一個1 m × 1 m永久樣區調查及記錄不同地表類型及物種投影覆蓋度百分比、地表類型亞型的覆蓋度、維管束植物物種名錄及其覆蓋度，於每一個10 m × 10 m穿越線調查及記錄物種或地表類型，於每一個1 m × 1 m永久樣區調查及記錄不同地表類型的覆蓋度百分比、物種名錄和每種植物的豐盛度，並拍攝山峰全景、山峰最高點(HSP)、1 m × 1 m永久樣區之有頻度網格及無頻度網格、3 m × 3 m樣區、山峰區域樣區、各邊界點及溫度記錄儀位址之照片，並將溫度記錄儀取出進行資料轉移再重新埋設。
3. 樣區植物的資料紀錄，以已建置完成之前次「全球高山生態環境觀測研究計畫」植物資料為基礎，持續累積調查資料，項目包括：目標樣區代碼、山峰代碼、樣區編號、棲地類型、拉丁學名、中文名、科名、屬名、覆蓋度或頻度、樣區內X座標、樣區內Y座標、調查日期、調查月份、調查年份、地理分布區域等等。本年度以標本館資料配合野外調查工作，建置所有在樣區所調查到的物種資料。
4. 樣區植物對於氣候變遷之反應模式的初步分群：本計畫係針對樣區中的植物物種探討它們在遷移性上的可能差異，並進行初步的分類。此分類主要依據物種的標本館紀錄。
5. 持續建立高山植物辨識資料：過去透過野外調查與照片的拍攝蒐集，已建立高山植物辨識資料，包括外形、顯微及內部解剖特徵，本年度持續進行，未來將進行植





物辨識資料的整合，以供研究者及社會大眾之參考。

6. 地區性草本植群分類與評估：目標區域代表多少比率的台灣高山生態系需要加以評估，而生態系之最佳代表為植群類型，因此本計畫除收集已有之高山植群資料外，以航照圖進行調查規劃，每年並於「全球高山生態環境觀測研究計畫」目標區域以外規劃至少150個以上的樣區進行調查並予與分類，作為目標區域代表性的評估以及全台灣高山草本植群分類的依據。

7. 資料分析：野外調查資料將能完整呈現究竟本省高山屬於北溫帶歐洲物種增加或著地中海地區物種減少或著混合模式，這些結果將提給各級主管單位參考；本計畫利用歐洲「全球高山生態環境觀測研究計畫」的分析方法，將分布於高山的植物物種進行分類，進一步轉換成未來可能遷移與否及是否會遭受衝擊的預測。這些分析的成果，不僅可以充實高山植物資料庫的內容，也可做為專家學者進行深入研究的基礎，更重要的是能提供最直接的物種變化資訊，以利相關主管單位進行相關保育與管理策略之擬定，也可應用到其他氣候變遷之研究及管理議題。

五、結果與討論：

1. 樣區設置結果：2013至2015年三年間完成了DAS（2013年）、HQM（2014年）、NAH（2015年）、SAC（2015年）、及SYU（2014年）共5個目標區域15座山峰的複查（圖 10及表 1），重新設置與初次調查時（2008-2010年）完全相同之大小樣區共354個（表 3），包含144個1 m × 1 m樣區、37個1 m × 1 m頻度計數樣區、68個1 m × 1 m點擊樣區、72個區域分區樣區、33個10 m × 10 m點擊樣區。
2. 植物物種組成與分布：整理首次調查及複查的5個目標區域、以及所有的Braun-Blanquet草原樣區，總計調查到維管束植物191種，其中107種為特有種；調查到的科中，以菊科（11.98 %）的植物最多，二至六名依序為禾本科（9.90 %）、薔薇科（7.29 %）、莎草科（5.21 %）、龍膽科（4.17 %）及蘭科（4.17 %），約全部種數的42.72 %，接近所有物種的一半；生活型之比率以一般草本植物佔半數以上（58.64 %）；禾莎類植物包含禾本科、莎草科及燈心草科，物種數量為其次（14.66 %），但與灌木（10.99 %）及蕨類（10.47 %）的物種數相差不多；喬木類（4.19 %）及藤本類（1.05 %）的物種數則較少。若以GLORIA目標區域來看，調查到166種，其中96種為特有種；前五名之科別與整體調查區域的排序是一樣的：菊科（13.25 %）、禾本科（9.64 %）、薔薇科（7.83 %）、莎草科（4.22 %）及龍膽科（4.22 %），菊科與禾本科的物種數在各目標區域則互有多寡；生活型方面，各類型的順序亦與整體調查區域的排序一樣：一般草本植物（57.23 %）、禾莎類植物（13.25 %）、灌木（12.05 %）、蕨類（10.84 %）、喬木類物種（4.22 %）及藤本類物種（1.21 %）。
3. 草本植群分類：所有809個合乎取樣規範的草原樣區的分類結果，共可分為20個草本質群類型。第一至第五類型以水邊的草坡為主，且各自有獨特的生長環境以及獨特物種組成，因此各自獨立成一類型；第六至第九類型其生長環境以碎石坡為主，不論是植物組成或是植群外觀皆有明顯差異，再以特徵種來區分各植群類型





；第十到第二十類型主要要玉山箭竹草坡為主，部分類型廣泛分布於各地高山草原，再以特徵種來區分各植群類型。

4. GLORIA調查區域物種變化:以目標區域為單位，南湖大山目標區域具有最高的物種數，其次為合歡奇萊目標區域，再其次為雪山目標區域與大水窟目標區域，最少的為三叉山目標區域；雪山目標區域與大水窟目標區域初次調查時的物種類差不多，但複查時大水窟目標區域物種增加較多。以中央山脈而言，物種數表面上與緯度成正比，特有種隨者緯度下降而減少的比率很高。經過5年，5個目標區域之物種組成均有變化；DAS目標區域的相對變化達16.00 %，增加了8個種類，沒有物種消失，特有種較首次調查時增加了4種；HQM相對變化最小，物種數目維持一定，但有9種新增及9種消失，特有種及其他物種的新增及消失情形是一致的；NAH新增10種、消失12種，是唯一物種減少的目標區域，不過特有種增加1種，其他物種減少3種；其餘兩目標區域的物種都是增加的，但特有種數目維持不變，僅其他物種數增加。各山峰的物種數亦有變化，比較GLORIA山峰首次調查及複查的資料，發現共有88個變動物種；其中新增52種，消失43種，其中玉山山蘿蔔、玉山菝葜、玉山繡線菊、冷杉異燕麥、紅毛杜鵑、臺灣二葉松及臺灣鹿藥在不同的山峰新增或消失。新增的52種中，有28種為台灣特有種；而消失的43種中，26種為台灣特有種，較物種新增的比率為高，值得注意。以方位而言，新增物種基本上沒有特別的方向差別，東西南北方之比率大約相等；消失物種中，山峰北方消失物種數最高，約為最少的東方的兩倍；值得一提的是東方的消失物種數最低，其新增物種數亦是最低者，表示新增物種與消失物種之間可能有棲地競爭的情形。
5. GLORIA調查區域土壤溫度變化:依目標區域內3個山峰的平均月均溫曲線圖來看，反應了溫度隨山峰海拔升高而降低；方位的溫度則有顯著差異，溫度由高至低排列大致為南方、東方、西方、北方，推測山峰在4個方位因太陽照射時間差異以及附近地形的影響。各山峰不同方位之冰凍度日（FDD）天數一般都很短，土壤冰凍主要發生在12-2月。生長天數以超過5°C的天數計算，結果顯示同一目標區域在不同年代有不同甚至非常顯著不同的生長天數，山峰與方位亦存在著相似的情形；以相同年度為根據進行初步的統計，顯示中央山脈的目標區域，緯度越低者生長天數越高；雪山SYU目標區域的生長天數大致上與合歡奇萊HQM目標區域相近。山峰各方位的生長天數，與土壤年均溫及月均溫大致上都是一樣的；南方的生長天數最長，東方的生長天數其次，北方的生長天數最短，西方則不一定。
6. GLORIA調查區域物種因應暖化之變化:樣區中有所變動的物種，查看其海拔分布；確實消失的物種在海拔分布上與新增的物種相比較，有較高比率為出現在較高海拔的物種以及分布範圍較為狹小的物種；就新增物種而言，目前複查結果並沒有發現有任何物種是來自較低海拔的。依據歐洲GLORIA的方法將所有1 m x 1 m永久樣區的物種進行海拔分布的詳盡調查，先將樣區植物物種分為高山物種、樹線至高山物種廣泛分布種及低海拔物種，再依此海拔分布等級計算植群的溫度指標，兩次調查之間的差別則為嗜熱指數；五個目標區域整體的嗜熱指數為正，依信賴區間判斷確有顯著差異，表示整體棲地偏向溫度較高者發展，但數值僅微微超過，且五個目標區域種有兩個目標區域的植群嗜熱指數為負，顯示植群組成的溫





度偏好趨勢可能尚未十分明確，有待較長時間來確定。同樣計依據歐洲GLORIA的方法算物種的海拔上移或下降指數，發現物種是向低海拔少許移動，但中央山脈北方的NAH及HQM移動範圍較為明顯，最南的SAC及雪山山脈的SYU則移動範圍極小，近乎沒有移動，DAS則是唯一物種具有明顯上移的目標區域；DAS是物種數增加最多的目標區域，NAH及HQM的物種數小減或持平，SAC及SYU則小增，物種數變化與上下移動範圍之間，看似有一定的關聯，實際的關係則待進一步的分析。

六、結論：

1. 依據GLORIA目標區域及鄰近地區之高山草原所有809個樣區的分類結果，可分為20個草本質群類型，由於取樣已包括台灣高山草原絕大部地區，分類結果可做為台灣高山草本植物社會分類的基礎。第一至第五類型以水邊的草坡為主，且各自有獨特的生長環境以及獨特物種組成；第六至第九類型其生長環境以碎石坡為主，不論是植物組成或是植群外觀皆有明顯差異；第十到第二十類型主要要玉山箭竹草坡為主，部分類型廣泛分布於各地高山草原，再以特徵種來區分各植群類型。
2. 高山草本植物的物種變化，以中央山脈而言，物種數與緯度成正比，特有種隨者緯度下降而減少的比率很高，雪山目標區域與大水窟目標區域初次調查時的物種類差差不多。經過5年，5個目標區域之物種組成均有變化；各山峰的物種數亦有變化，其中新增52種，有28種為台灣特有種，消失43種，26種為台灣特有種，較物種新增的比率為高，值得注意。以方位而言，新增物種基本上沒有特別的方向差別，東西南北方之比率大約相等；消失物種中，山峰北方消失物種數最高，約為最少的東方的兩倍；新增物種與消失物種之間可能有棲地競爭的情形。
3. GLORIA目標區域內3個山峰的平均月均溫曲線，隨山峰海拔升高而降低；山峰各方位的溫度由高至低排列大致為南方、東方、西方、北方，推測山峰在4個方位因太陽照射時間差異以及附近地形的影響；山峰各方位的生長天數，與土壤年均溫及月均溫大致上都是一樣的；南方的生長天數最長，東方的生長天數其次，北方的生長天數最短，西方則不一定。
4. GLORIA調查樣區中，消失的物種在海拔分布上與新增的物種相比較，有較高比率為出現在較高海拔的物種以及分布範圍較為狹小的物種；而新增物種由附近區域移入，沒有發現有來自較低海拔者。五個目標區域整體的嗜熱指數為正，依信賴區間判斷確有顯著差異，表示整體棲地偏向溫度較高者發展，但數值僅微微超過，且五個目標區域種有兩個目標區域的植群嗜熱指數為負，顯示植群組成的溫度偏好趨勢可能尚未十分明確，有待較長時間來確定。物種的海拔上移或下降指數，發現物種是向低海拔少許移動，但中央山脈北方的NAH及HQM移動範圍較為明顯，最南的SAC及雪山山脈的SYU則移動範圍極小，近乎沒有移動，DAS則是唯一物種具有明顯上移的目標區域；DAS是物種數增加最多的目標區域，NAH及HQM的物種數小減或持平，SAC及SYU則小增，物種數變化與上下移動範圍之間，以及與溫度變化之間的關係，待進一步的分析。





七、參考文獻：

1. 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，南投縣集集鎮；臺灣植物分類學會，台北市。
2. 劉和義。2004。植群多樣性之分析方法。第二屆台灣植群多樣性研討會論文集39-52頁。行政院農業委員會林務局，台北市。
3. 郭城孟、陳應欽、高美芳、鐘國芳、楊遠波。1997。臺灣維管束植物簡誌第壹卷。行政院農業委員會，台北市。
4. 邱祈榮、陳子英、謝長富、劉和義、葉慶龍、王震哲。2009。台灣現生天然植群圖集。行政院農業委員會林務局，台北市。
5. 陳玉峰。1997。台灣植被誌第二卷：高山植被帶與高山植物。晨星出版社，台中市。
6. 陳雲蘭。2008。百年來台灣氣候的變化。科學發展 424:6-11。
7. 楊遠波、劉和義、林讚標。2001。臺灣維管束植物簡誌第伍卷。行政院農業委員會，台北市。
8. 楊遠波、劉和義、呂勝由、施炳霖。1998。臺灣維管束植物簡誌第參卷。行政院農業委員會，台北市。
9. 楊遠波、劉和義、呂勝由、施炳霖。1998。臺灣維管束植物簡誌第肆卷。行政院農業委員會，台北市。
10. 楊遠波、劉和義、呂勝由。1997。臺灣維管束植物簡誌第貳卷。行政院農業委員會，台北市。
11. 楊遠波、劉和義。2002。臺灣維管束植物簡誌第陸卷。行政院農業委員會，台北市。
12. Ababneh, L. and W. Woolfenden. 2010. Monitoring for potential effects of climate change on the vegetation of two alpine meadows in the White Mountains of California, USA. *Quaternary International* 215:3-14.
13. Bertin, L., R. Kellavedova, M. Gualmini, G. Rossi and M. Tomaselli. 2001. Monitoring plant diversity in the northern Apennines, Italy. The GLORIA project. *Archivio Geobotanico* 7:71-74.
14. 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 of the United States of America* 106:1479 - 1483.
15. Chou, C.-H., T.-J. Huang, Y.-P. Lee, C.-Y. Chen, T.-W. Hsu and C.-H. Chen. 2011. Diversity of the alpine vegetation in central Taiwan is affected by climate change based on a century of floristic inventories. *Botanical Studies* 52:503-516.





16. Coldea, G. and A. Pop. 2004. Floristic diversity in relation to geomorphological and climatic factors in the subalpine-alpine belt of the Bodna Mountains (The Romanian Carpathians). *Pirineos* 61:158-159.
17. Editorial committee of the flora of Taiwan, second edition. 1993. *Flora of Taiwan*, 2nd ed., Vol. III. Edited and Published by the Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Taipei, Taiwan, R.O.C.
18. Editorial committee of the flora of Taiwan, second edition. 1994. *Flora of Taiwan*, 2nd ed., Vol. I. Edited and Published by the Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Taipei, Taiwan, R.O.C.
19. Editorial committee of the flora of Taiwan, second edition. 1996. *Flora of Taiwan*, 2nd ed., Vol. II. Edited and Published by the Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Taipei, Taiwan, R.O.C.
20. Editorial committee of the flora of Taiwan, second edition. 1998. *Flora of Taiwan*, 2nd ed., Vol. IV. Edited and Published by the Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Taipei, Taiwan, R.O.C.
21. Editorial committee of the flora of Taiwan, second edition. 2000. *Flora of Taiwan*, 2nd ed., Vol. V. Edited and Published by the Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Taipei, Taiwan, R.O.C.
22. Elzinga, C. L., D. W. Salzer, J.W. Willoughby and J. P. Gibbs. 2001. *Monitoring Plant and Animal Populations: A Handbook for Field Biologists*. Blackwell Science, Malden, MA, USA.
23. Erschbamer B., M. Mallaun and P. Unterluggauer. 2006. Plant diversity along altitudinal gradients in the Southern and Central Alps of Southern Tyrol and Trentino (Italy). *Grebleriana* 6: 47-68.
24. Erschbamer, B., T. Kiebacher, M. Mallaun and P. Unterluggauer. 2008. Short-term signals of climate change along an altitudinal gradient in the South Alps. *Plant Ecology* 202: 79-89.
25. Gigauri, K., M. Akhalkatsi, G. Nakhutsrishvili and O. Abdaladze. 2013. Monitoring of vascular plant diversity in a changing climate in the alpine zone of the Central Greater Caucasus. *Turkish Journal of Botany* 37:1104-1114.
26. Gottfried, M., H. Pauli and G. Grabherr. 1998. Prediction of vegetation patterns at the limits of plant life: a new view of the alpinival ecotone. *Arctic and Alpine Research* 30:207-221.
27. Gottfried, M., H. Pauli, A. Futschik, M. Akhalkatsi, P. Baranok, J. L. B. Alonso, G. Coldea, J. Dick, B. Erschbamer, M. R. F. Calzado, G. Kazakis, J. Kraji, P. Larsson, M. Mallaun, O. Michelsen, D. Moiseev, P. Moiseev, U. Molau, A. Merzouki, L. Nagy, G. Nakhutsrishvili, B.





- Pedersen, G. Pelino, M. Puscas, G. Rossi, A. Stanisci, J.-P. Theurillat, M. Tomaselli, L. Villar, P. Vittoz, I. Vogiatzakis and G. Grabherr. 2012. Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change* 2:111 – 115.
28. Grabherr, G., M. Gottfried, and H. Pauli. 1994. Climate effects on mountain plants. *Nature* 369: 448.
29. Grabherr, G., M. Gottfried, and H. Pauli. 2001. High mountain environment as indicator of global change. In: Visconti, G., M. Beniston, E. D. Iannorelli and D. Barba (eds.) *Global Change and Protected Areas*, 331 – 345. Kluwer, Dordrecht, Netherland.
30. Harsch, M. A., P. E. Hulme, M. S. McGlone and R. P. Duncan. 2009. Are treelines advancing? A global meta-analysis of treeline response to climate warming. *Ecology Letters* 12:1040 – 1049.
31. Holten, J. I. and E. I. Aune. 2011. *Altitudinal Distribution Patterns of Alpine Plants: Studies along a Coast-Inland Transect in Southern Scandes, Northern Europe*. Akademika Publishing, Trondheim, Norway.
32. Hsieh, C.-F. 2002. Composition, endemism and phytogeographical affinities of the Taiwan flora. *Taiwania* 47:298-310.
33. IPCC, Intergovernmental Panel of Climate Change. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland.
34. Jump, A. S., T.-J. Huang and C.-H. Chou. 2012. Rapid altitudinal migration of mountain plants in Taiwan and its implications for high altitude biodiversity. *Ecography* 35:204 – 210.
35. Kazakis G., D. Ghosn, I. N. Vogiatzakis and V. P. Papanastasis. 2007. Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of Lefka Ori, Grete. *Biodiversity and Conservation* 16: 1603-1615.
36. Körner, C. 1999. *Alpine Plant Life. Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems*. Springer, Berlin/Heidelberg, Germany.
37. Körner, C. 2002. Mountain biodiversity, its causes and function: an overview. In: Körner, C. and E. M. Spehn (eds.) *Mountain Biodiversity – A Global Assessment*, 3-20. Parthenon, London, UK and New York, USA.
38. Körner, C. 2007a. *Alpine Ecosystems*. *Encyclopedia of Life Sciences*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA.
doi:10.1002/9780470015902.a0003492.pub2 (published online)
39. Körner, C. 2007b *Climatic treelines: Conventions, global patterns, cuses*. *Erdkunde* 61: 316-324.
40. Kullman, L. and L. Oberg. 2009. Post-Little Ice Age tree line rise and climate warming in the Swedish Scandes: a landscape ecological





- perspective. *Journal of Ecology* 97:415-429.
41. Le Roux, P. C. and M. A. McGeoch. 2008. Rapid range expansion and community reorganization in response to warming. *Global Change Biology* 14:2950 – 2962.
 42. 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.
 43. Nagy, L. and G. Grabherr. 2009. *The Biology of Alpine Habitats*. Oxford University Press, Oxford. UK.
 44. Pauli, H., M. Gottfried and G. Grabherr. 1999. Vascular plant distribution patterns at the low-temperature limits of plant life – the alpine-nival ecotone of Mount Schrankogel (Tyrol, Austria). *Phytocoenologia* 29:297 – 325.
 45. Pauli H., M. Gottfried, T. Dimböck, S. Dullinger, and G. Grabherr. 2003. Assessing the long-term dynamics of endemic plants at summit habitats. In: Nagy, L., G. Grabherr, C. Körner and D. B. A. Thompson (eds.) *Alpine Biodiversity in Europe - A Europe-wide Assessment of Biological Richness and Change*, 195-207. *Ecological Studies* vol. 167. Springer, Heidelberg, Germany.
 46. Pauli, H., M. Gottfried, K. Reiter, C. Klettner and G. Grabherr. 2007. Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994 – 2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology* 13:147-156.
 47. Pauli, H., G. Grabherr, M. Gottfried, D. Hohenwallner and K. Reiter. 2004. *The GLORIA Field Manual: Multi-summit Approach*. 4th ed. Institute of Ecology and Conservation Biology, University of Vienna, Vienna, Austria.
 48. Pauli, H., M. Gottfried, A. Lamprecht, S. Niessner, S. Rumpf, M. Winkler, A. Oppelt and G. Grabherr. 2015. *The GLORIA Field Manual: Multi-summit Approach*. 5th ed. Institute of Ecology and Conservation Biology, University of Vienna, Vienna, Austria.
 49. Pauli, H., M. Gottfried, S. Dullinger, O. Abdaladze, M. Akhalkatsi, J. L. B. Alonso, G. Coldea, J. Dick, B. Erschbamer, M. R. F. Calzado, D. Ghosn, J. I. Holten, R. Kanka, G. Kazakis, J. Kollár, P. Larsson, D. Moiseev, P. Moiseev, U. Molau, J. M. Mesa, L. Nagy, G. Pelino, M. Puscas, G. Rossi, A. Stanisci, A. O. Syverhuset, J.-P. Theurillat, M. Tomaselli, P. Unterluggauer, L. Villar, P. Vittoz and G. Grabherr. 2012. Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits.





- Science 336:353-355.
50. Pickering, C., W. Hill and K. Green. 2008. Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Snowy Mountains, Australia. *Biodiversity and Conservation* 17: 1627-1644.
 51. Raxworthy, C. J., R. G. Pearson, N. Rabibisoa, A. M. Rakotondrazafy, J.-B. Ramanamanjato, A. P. Raselimanana, S. Wu, R. A. Nussbaum and D. A. Stone. 2008. Extinction vulnerability of tropical montane endemism from warming and upslope displacement: a preliminary appraisal for the highest massif in Madagascar. *Global Change Biology* 14:1703 - 1720.
 52. Root, T. L., J. T. Price, K. R. Hall, S. H. Schneider, C. Rosenzweig and J. A. Pounds. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421:57-60.
 53. Sala, O. E., F. S. Chapin, III, J. J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L. F. Huenneke, R. B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D. M. Lodge, H. A. Mooney, M. Oesterheld, N. L. Poff, M. T. Sykes, B. H. Walker, M. Walker and D. H. Wall. 2000. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* 287:1770-1774.
 54. Stanisci A., G. Pelino and C. Blasi. 2005. Vascular plant diversity and climate Change in the alpine belt of the central Apennines (Italy). *Biodiversity and Conservation* 14: 1301-1318.
 55. Su, H.-J. 1985. Studies on the climate and vegetation type of the natural forest in Taiwan. (III). A scheme of geographical climatic regions. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 18(3): 33-44.
 56. Walter, H and S. W. Breckle. 2002. *Walter's Vegetation of the earth: the ecological systems of the geo- biosphere*; translated from the 7th, completely revised and enlarged German edition by Gudrun and David Lawlor. - 4th, completely rev. and enl. ed. Springer, Berlin.
 57. Walther, G.-R., S. Beißner and C. A. Burga. 2005. Trends in the upward shift of alpine plants. *Journal of Vegetation Science* 16:541 - 548.
 58. Wieser, G. and M. Tausz, eds. 2007. *Trees at their Upper Limit. Plant Ecophysiology. Vol. 5.* Springer, Dordrecht, Netherlands.
 59. Willig, M. R., D. M. Kaufman and R. D. Stevens. 2003. Latitudinal gradients of biodiversity pattern, process, scale, and synthesis. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 273 - 309.





壹、前言

氣候變遷是近年來的焦點議題之一，極端氣候造成環境災害的新聞報導頻繁出現，而其主因為全球氣候快速的暖化（IPCC 2014）。全球暖化現象不僅為許多環境災害的原因，且正在強烈地改變現存生物圈的外貌。不過探討暖化現象，或者說氣候變遷，如何地影響生物多樣性，在研究上並不容易；主要的困難點在於如何排除這些年來，其他環境變化所造成的影響，尤其是土地利用的經濟開發以及人類各類戶外活動的衝擊。探查所有的生態系，高山植群被認為是偵測全球暖化的最佳工具之一。

利用高山或高緯度地區植群作為暖化效應的有力偵測工具，其原因主要是這些地帶主要是由低溫條件所構成的生態系統，對於溫度的上升極為敏感，而高山地區影響更鉅，因其有許多生物物種將會無法有更高的山頂棲地可供其遷移（Grabherr et al. 1994）；另外，高山地區受到暖化以外的變因之影響也是最小的。在這樣的背景下，如果選擇稀有人類干擾以及土地利用的山頭進行監測，物種的變化情形，對應海拔垂直分布與時間上的溫度變化，可以作為暖化如何影響生物多樣性的基準線（basal line），以此可以再去探討其他環境變化與暖化效應的交互作用對於整體生態系之衝擊。

評估氣候變遷對於高山生物多樣性所造成衝擊，零星及局部性的山區植物如何上移的研究，並不足以了解高山植物或是所有本土植物所遭受到的威脅及衝擊，全面性的田野調查，或許才是解決問題的根本辦法。尤其就目前台灣地區對於氣候變遷如何影響生物多樣性了解非常微薄的狀況之下，普查可能是最為精準的評估方法；然而普查所耗費的時間，可能長達十數年，所涉及的經費、資源也會相當可觀，設定有效的取樣調查以達到最佳的研究產值、研究進度、成果評估、經費利用以及資料的儲存及分享，將會是保育相關資源利用的最佳方法。在眾多研究暖化現象如何影響生物多樣性的效應上，探討高山植群（alpine vegetation）的變化之「全球高山環境觀測研究計畫」（GLobal Observation Research Initiative in Alpine Environment，簡稱 GLORIA），其設計與成果無疑地是最有成效的偵測工具之一；詳細檢視 GLORIA 的設計與其至今的發現，在台灣實施同樣的樣區設置與調查，可以符合評估氣候變遷對於台灣高山生物多樣性所造成衝擊的需求，甚至可以作為研究衝擊絕台灣陸域生物多樣性的基礎線。因此西元 2008 年至 2010 間，研究計畫團隊搜尋全台各地高海拔山區，共找出五個符合 GLORIA 規





範的高海拔山區，據此建立 GLORIA 的目標區域；每個目標區域，選擇三座山頭樣區，進行詳細的物種調查。西元 2013 年至今年 2015 年進行了複查工作，藉由調查的資料之匯整與分析，希望能夠了解台灣的高山植物在氣候變遷下如何因應的情形，以作為生物多樣性保育的行動依據。





貳、研究目的(含文獻回顧)

高山地帶生態系統對於溫度的上升最為敏感，因為高山主要是由低溫條件所構成的生態系統 (Pauli et al. 2003)；中歐、西歐以及北歐的植物因應十九世紀以來的溫度上升而往高海拔及高緯度地區上移的現象，已有詳證 (Pauli et al. 2001; Lenoir et al. 2008; Kullman and Oberg 2009)，因此高山植群可作為暖化效應的有力偵測工具之一。且高山生命帶 (alpine life zone) 為全球範圍內均有分佈的陸地生物地理單元 (Körner 1999)，可以沿著所有基本的氣候梯度 (如海拔、經緯度等) 對氣候引發的各種變化進行比較；又與低海拔過度人為開發相較，高山較無土地利用及人為活動干擾，是非常理想的暖化效應之天然監測實驗地。另外，高山植群為高山地帶生態系統的主要部分，在功能維護上極為重要。全球持續暖化的結果，低、中海拔的植物物種在暖化壓力下可能往高海拔移動，而高海拔的植物物種則僅剩高山峰頂作為其最後的生存棲地 (Grabherr et al. 1994)，甚至有可能面臨絕種的危機。然而植物群落並非以整體之遷移來反應氣候的變化，不同的植物物種對於氣候變化所做的反應並不相同 (Gottfried et al. 1998)，有些物種會往上遷移，有些物種會留在原地，有些物種會因較低海拔物種空出之棲地而往下遷移；另外，傳粉者或種子及果實的散播者若隨暖化而改變其時空活動特性，相關的植物物種的族群就會因這些改變影響其繁殖及遷移能力；這種物種遷移性的差異可能會導致現有生態系統中物種之間的鍊接中斷 (Root et al. 2003)、嚴重的生物多樣性喪失以及生態系統功能的改變。此外，完整的植群結構有利於維護生態系統的安全，尤其在山地環境中，推論當植群維持其結構完整並維持穩定狀況時，坡面的穩定度與安全性也才能維持 (Körner 2002)，因此植群的完整及穩定也與山區的環境不致於發生大規模的災害有關；高山植群的監測可以提供此方面相當有用的資訊。

雖然眾多報告顯示植物因為暖化而往高海拔移動的現象需要關注 (Chen et al. 2009; Grabherr et al. 1994; Jump et al. 2012; le Roux and McGeoch 2008; Lenoir et al. 2008; Raxworthy et al. 2008; Walther et al. 2005)，不過此種移動實質上如何衝擊生物多樣性卻少有數據證明，基本的推測是將生物多樣性至今的變動視為大環境暖化所造成的結果，缺少實際的溫度變化與生物多樣性因應變化直接相連結的證據；GLORIA為解決此氣候變遷對山地生態環境影響的實質監測評估問題，特別訂立了一套適用於全球的方法，稱為多峰調查法 (Multi-Summit approach, Pauli et al. 2004)，其研究及監測的範圍為森林線至維管束植





物生存的上限處。多峰調查法是調查一組稱為目標區域的山峰組合，地理上需要在緯度及海拔上均勻分佈；理想的一組山峰組合是包含4座不同海拔之山峰，5座不同海拔之山峰亦可，不過3座不同海拔山峰是目標區域的最低要求，但也能因地區的特殊環境因素降低對海拔的要求；在山峰頂設立永久樣區，此些樣區在現在及未來基本上要維持無人類干擾。此外，多峰調查法的目標區域不可跨越大的氣候分界線，即山峰組須位於相同的區域地理氣候區內，使得氣候之差異在設立時只受海拔高度（代替溫度差異之表象）之影響，排除其他環境因素的可能影響；不過，每座山峰的四方位都埋設溫度記錄儀，可以將物種的變化與溫度變化直接連接；樣區設立時其他類似的考量，如要求基質的相似以及相似的緩坡，主因都在排除其他環境因素的可能干擾；又為了便於研究調查，目標區域要盡可能的小，但也要滿足山峰的選擇準則。

多峰調查法的山峰理想位置是在植被垂直帶間的過渡帶位置上，因為氣候引發的變化最可能首先在這些過渡帶上顯現出來。比如，可以這樣的安排：山峰1在樹線過渡帶，山峰2在下高山區和上高山區之間，山峰3在上高山區和積雪區之間，山峰4在靠近維管植物生存的上限區；但以上理想的情況現實上幾乎不會出現，因為通常找不到植被帶之間明顯的界限。另一方面，頂峰本身也帶有過渡帶的性質，例如，頂峰從北坡到南坡的梯度變化。因此，山峰的選擇重點不是煞費苦心地去找過渡帶的位置，而是尋找能夠代表植被格局海拔梯度變化的一系列山峰，而且這些山峰具有各自的山地特徵。GLORIA特別強調那些沒有明顯植被垂直分異的山地不應該被排除在外，特別是當一個山地系統僅有一小部分屬於高山生命帶時，高山生物區系被限制在一小塊地方，台灣的高山情況就是這種狀況，森林線和其上的各種高山地帶互相交錯。GLORIA依據過去的資料認為這種生物區系尤其容易受到氣候變化的威脅（Pauli et al. 2004, 2015）；這種情況下，用於研究的樣區應該設置在有一定海拔間隔的山峰上，台灣的樣區設置時會是這種情況。

決定了目標區域的山峰後，這些山峰的山峰最高點的選擇是野外工作中的第一步，其次是設立大小不等的永久樣區並調查植物以及埋設微型溫度記錄儀，再其次為每五年複查一次。歐洲、北美及澳洲已有複查紀錄，基本上都顯示物種有向高海拔移動的現象，樣區內的物種則有得有失。高山地區，歐洲主要區域北溫帶氣候區由於物種上移的影響，樣區中的物種數及特有種數增加；不過南歐地中海氣候區之物種數及特有種數則為少許下滑，減少之原因可能為近年來的乾旱、原來的特有種較多以及上移物種競爭棲地所導致的結果（Pauli





et al., 2012)。不過若以全歐的個別目標區域的溫度變化來對應植群及植物物種的變化情形，可以發現溫度的上昇與下降，正好對應物種數目的增加與減少，而且趨勢顯示寒冷棲地及嗜寒物種正在漸漸消失中（Gottfried et al. 2012）；其長期之影響尚待進一步的分析以及未來的複查。不過此種物種豐度增加與減少的原因，也可能如前所述的源自於高山植物群落並非以整體之遷移來反應氣候變化，不同的植物對氣候變化所做的反應並不相同，對某一個物種來說算是太熱的溫度，可能對其他的物種還算適合；另外，某個物種靠遷移來適應氣候變化，但有些物種卻因氣候變化而導致其遷移的能力受限，若競爭力不夠則有滅絕的危機。因此，由於氣候暖化驅動的物種遷移，會導致在當前的地方和新的地方形成新的物種組合，豐度增加或減少，因此須對所要關注的地區之高山植物及生態系因應暖化的不同反應進行觀察研究並加以分類，方能確實知道未來可能的變化情形並進行實質的保育管理。

台灣本島處於熱帶及亞熱帶氣候區，是個多山的島嶼，3000公尺以上的高山多達兩百五十幾座，如此優越的高山地理條件保留了許多冰河時期孑遺植物物種，特有種比率亦是最高（Hsieh 2002；Jump et al. 2012），提高了台灣高山植物物種之多樣性（陳玉峰 1997；Jump et al. 2012）。之前台灣對於高山地帶植物的研究，大多屬於局部性之物種調查、植群調查及部分環境因子之紀錄，而且氣象局於高山地帶設置的溫度測量站非常有限，其所提供的溫度資料往往無法與調查地點配合，如此對於暖化下高山植物物種是否有原地適應或如何移動的能力將無從推論，並無法了解暖化對高山植物物種多樣性喪失及生態體系不穩定性的可能影響，以及其所帶來的潛在風險。而氣象局的觀測資料顯示，自20世紀以來台灣的平均溫度在百年內大約上升了攝氏1.4度，是同期全球平均增溫速率的2倍，最特別的是在最近的30年間是以大約3倍於以往的速率加速增溫（陳雲蘭 2008），所以當草原生態系被認為是未來生物多樣性變化最大的區域（Sala et al. 2000），暖化對本島高山以草原生態系為主的植群所產生之衝擊更是亟須加以探討。最近的調查研究顯示台灣中部山區（阿里山、合歡山及玉山）的植物在過去一世紀平均每年上移3.6公尺（Jump et al. 2012）；並有報告依據上移的海拔高度變動情形推測至少有下列六種植物（前四種為特有種）：玉山金絲桃（*Hypericum nagasawae* Hayata）、玉山當歸（*Angelica morrisonicola* Hayata）、細葉山艾（*Artemisia morrisonensis* Hayata）、阿里山薊（*Cirsium arisanense* Kitam.）、玉山抱莖籟簫（*Anaphalis morrisonicola* Hayata）以及大籽當藥（*Swertia macrosperma* (C. B. Clarke) C. B. Clarke）會因此而滅絕（Chou et





al. 2011)；雖然歐洲的研究 (Gottfried et al. 2012；Pauli et al., 2012) 顯示物種依平均海拔分布及以往的上移距離去推測未來的分佈在實際上會有誤差，且台灣中部山區的變動是否代表全島高山的變化，此種物種上移所導致的衝擊問題仍需要深入的探討。另外，台灣高山地區的特有種比率最高 (Hsieh 2002)，若將面積因素考慮在內，則高山地區的分類群密度亦是最高的 (Jump et al. 2012)，因此對於山區植物向上移動所可能造成的生態系衝擊值得進一步研究。況且台灣山岳生態系深受季風的影響，氣候變遷下季風的效應為何，深受全世界研究人員的關注；再加上台灣高山的山峰與森林界線非常接近，依據全球研究樹線所需要的土壤溫度要求來看 (Korner and Paulsen 2004)，台灣高山的土壤溫度可能隨著全球暖化隨時超過此臨界溫度，可以說狹小的高山植物棲地也已接近臨界點，轉換為森林的危機時刻慢慢地迫近，高山植物如何因應亦是眾所關切的保育重點。

西元2008年至2010間，在全台各地高海拔山區符合GLORIA規範的地區，建立了五個目標區域；在每個目標區域，依GLORIA的設計選擇了三座山峰樣區，共設置15座山峰樣區。每座山峰樣區再依照東、西、南、北四個主方位進行物種調查並埋設溫度計，每一個主方位的中央部位並設置四個1 x 1 m的永久樣區，詳細記錄每一種維管束植物物種的數量、覆蓋度以及位置，另外並記錄棲地的地表類型及覆蓋度。已設置的高山生態系監測之五個目標區域，在物種多樣性反應暖化衝擊的效應上，究竟屬於北溫帶歐洲或地中海地區的模式，或著其他的模式，需要複查的資料進行分析及分類；而珍稀的台灣高山植物及生態系種類，屬於那一些暖化反應的分群，亦須要進一步的探討，以做為未來保育工作的依循準則。因此，本研究計畫以三年的時間複查過去所設立的五個目標區域及其下的十五座山峰，其中大水窟目標區域、雪山目標區域及合歡奇萊目標區域已於102年及103年進行複查，本年度複查南湖目標區域及三叉山目標區域。藉由調查的資料之匯整與分析，希望能夠了解台灣的高山植物在氣候變遷下如何因應的情形，並希望能夠進一步找出台灣的高山植物反應暖化的分群，依此判斷最可能受到氣候變遷影響的棲地及植群（或功能型分群）類型，並據此擬定需要長期監測的植群（或功能型分群）類型及棲地的優先順序名單、建置高山植物觀測與監測資料庫以及預測高山植物受到氣候變遷影響的潛在分布等，希望如此可以對於政策及管理方案的擬定有所貢獻。





參、研究材料與方法

「全球高山環境觀測研究計畫」(GLORIA)是為解決氣候變遷對山地生態環境影響的監測評估問題所建立的一個國際性研究組織。此組織訂立了一套可以適用於全球的高山植物調查觀測標準，稱為多峰調查法 (Multi-Summit approach, Pauli et al. 2004)，其研究及監測的範圍為森林線至維管束植物生存上限處。本計畫的研究與調查方法，主要是根據2003年「全球高山環境觀測研究計畫 (GLORIA)」野外工作手冊第四版 (Pauli et al. 2004) 及2015年的第五版 (Pauli et al. 2015) (以下簡稱工作手冊)。2008至2010年間設置目標區域時已將工作手冊第四版翻譯成繁體中文，並依據其中的方法進行樣區設置及調查。此外，2008年歐盟國家對於其所在地方的目標區域進行複查時，將原有的野外工作手冊中的方法進行部分的修改及增加；在2010年於蘇格蘭柏斯舉行的第五次國際會議 (5th International GLORIA Meeting) 時，經各國代表討論各調查方法的優缺點後，決議出修訂的調查方法，過去兩年的調查即依據此些修訂方法進行；本年度正式版本修訂完成，本研究今年度即依據修訂完成的第五版方法進行調查。草本植群之調查及分類，主要依據國家植群多樣性調查及製圖計畫 (邱祈榮等 2009)，不過為與GLORIA方法之樣區大小一致，所有樣區都採用1 m × 1 m樣區。因此本計劃整合所有相關的方法，重點及實際執行過程簡述如下：

多峰調查法是調查一組稱為目標區域的山峰組合，地理上需要在緯度及海拔上均勻分佈；理想的一組山峰組合是包含4座不同海拔之山峰，5座不同海拔之山峰亦可，不過3座不同海拔山峰是目標區域的最低要求；在山峰頂設立永久樣區，此些樣區在現在及未來基本上要保持無人類的干擾。此外，多峰調查法的目標區域不可跨越大的氣候分界線，即山峰組須位於相同的區域地理氣候區內，使得氣候之差異只受海拔高度之影響；基質的相似以及相似的緩坡要求亦是基於同樣的考量；為了便於研究調查，目標區域要盡可能的小，但也要滿足山峰的選擇準則。

依工作手冊的規定，目標區域內須包含至少3座不同海拔之山峰組，山峰並不一定要是有被命名的，任何一座山峰周圍只要高出稜線20公尺即可被列為候選。每座山峰必須符合6項標準：1. 無火山作用；2. 一致的氣候區；3. 地貌與山峰形狀近圓錐狀；4. 代表性棲地；5. 母岩的成分相同；6. 無土地利用





歷史。不過，每項標準可以細分為「建議」、「不建議」和「需避免」等3項選擇，依據這些標準來進行山峰是否確實符合的評選參考。根據山峰評選流程圖，山峰選用準則為：

- 1、如果一座山峰滿足了所有評估標準欄的「建議」，就可以作為 GLORIA 山峰。
- 2、如果一座山峰在所有評估標準欄中有一項是「不建議」，那麼最好是另外選擇一座山峰；如果沒有其他山峰可以替換，那麼僅有一項是「不建議」的這座山峰也可以選用，但是在這種情況下，必須在該目標區域中對此項標準進行必要的注釋。
- 3、如果一座山峰在評估標準中有兩個或更多個「不建議」，這座山峰是不合適的，必須選擇另一座山峰替代它。如果調查的區域中沒有足夠數目的合格山峰，就必須轉向其他地區尋找合適的目標區域。
- 4、當一座山峰有一個或多個「需避免」時，這座山峰是不合適的，必須選擇替代的山峰。如果調查的區域中沒有足夠數目的合格山峰，就必須轉向其他地區尋找合適的目標區域。

台灣海拔三千公尺以上的山峰不少，依照工作手冊的設立要求應該可以組合成不少的目標樣區；不過依照統計取樣的要求，四個目標區域應是最低的要求，且四個目標區域在地理上應該越分散越好。符合工作手冊之海拔梯度規範的山峰在地理氣候區上屬於東區北段、東區南段及西北內陸區（Su 1985），東區南北段為中央山脈而西北內陸區屬雪山山脈，因此在中央山脈大約等距設立四個目標區域應是最低要求；南湖大山、合歡奇萊、大水窟及卑南主山的山區做為目標區域最為理想（圖 1），然而最南端的卑南主山山區，因具有高山植群帶（樹線以上）的山峰數目極少，且多數山峰受到人類登山活動影響，無法選出 3 座適合的山頭，因此往北選擇嘉明湖附近的三叉山作為目標區域；所以中央山脈四個目標區域中，三叉山目標區域與大水窟目標區域的緯度距離較近，其餘三個目標區域之間的緯度距離則大約相等。由於高山調查需要消耗不少的資源及時間，再加上區域大小的考量，雪山山脈僅設立一個目標區域。每一個目標區域都有 3 座適合的山頭，可以進行 GLORIA 的調查；中央山脈四個目標區域可以進行統計分析及比較，雪山目標區域結果可以協助得知主要山脈的影響程度。以下為各目標區域之簡介：





雪山目標區域（以下簡稱 SYU）位於中央山脈西北方向之雪山山脈中段，行政區上分屬 3 個鄉縣：苗栗縣泰安鄉、台中縣和平鄉與新竹縣五峰鄉，並位於雪霸國家公園的生態保護區內。地理氣候區屬於西北內陸區，雨量主要集中於夏季，夏季因大甲河流域及大安河流域的雲層，常隨氣溫增加水汽增加，午後常出現雷陣雨；冬季寒流來襲時，東北季風帶來的水汽常為此區降下不少的雪量。而地質母岩以砂岩、頁岩及頁岩變質後的板岩為主，複雜的地史及河川的切蝕，6 條三千公尺以上的稜脈以雪山主峰為軸點，放射狀構成雪山山脈的主體。進入此區需花上數天，才能跨越連峰巨嶺的山稜。雪山目標區域之森林界線以上之植相分佈範圍為破碎零散，且部分登山路徑嚴重毀損而難以修復，因此在山峰可到達性和研究人員安全考量下，設置下列三座山峰樣區（表 1）：海拔高度 3299 m 之 JNJ 山峰，位於大劍山東南之劍南尖山；海拔 3509 m 之 DSH 山峰，位於大雪山向南延伸之支稜上；海拔高度 3524 m 之 TSW 山峰，位於雪山西南方延伸之稜線上；無法兼顧海拔的條件要求。

南湖大山目標區域（以下簡稱 NAH）位於中央山脈主稜線北段，其中的南湖大山為中央山脈第三高峰（海拔 3742 公尺）；而南湖山塊最具特色的地形景觀是兩條 U 型谷，圍繞著上、下 U 型谷的山頭即為南湖群峰。此山區在行政區上位於台中和平鄉，隸屬於太魯閣國家公園轄區內。地理氣候區屬於西北內陸區，雨量主要集中於夏季，而冬季一、二月間溫度多在攝氏零度以下，且南湖圈谷為東北季風迎風面，承接蘭陽溪的水氣，使得冬季雪量豐沛，常為白雪所覆蓋。地質則以第三紀所形成的板岩、硬頁岩為主，偶夾薄層砂岩及石灰岩，土壤淺薄，部分地區為岩屑所構成。南湖大山目標區域之 3 座山峰（表 1），往南延伸至中央山脈北二段（中央尖山以南至羊頭山以北）一帶：海拔 3219 公尺之 LIN 山峰，位於鈴鳴山西北側；海拔 3354 公尺之 SMZ 山峰，位於審馬陣山東北側；海拔 3575 公尺之 ZNF 山峰，位於南湖大山東南側。

奇萊合歡目標區域（以下簡稱 HQM）位於中央山脈主脊上偏北位置，中央山脈於此向西轉折進入合歡山區，再轉回奇萊山區。此區在行政區域屬於南投縣仁愛鄉及花蓮縣秀林鄉，且都位在太魯閣國家公園的管轄範圍內。地理氣候區屬於東區北段，水汽易被高聳的山稜攔截，形成豐沛的夏雨冬雪。地質母岩以硬頁岩、板岩、千枚岩及夾砂岩為主，而地形以單面同斜構造，陡峭的反插坡多在西側，東面則為較緩和的傾斜坡。合歡山區因有公路台 14 甲線通過，交通之便利性成為台灣最容易親近的高山地區，但也多了人為干擾的機會，而公路的開路對於生態的影響亦未有報告加以探討。奇萊合歡目標區域的 3 座山峰（表 1）分別





為：海拔 3191 m 之 SMN 山峰，位於石門山峰向西北西延伸的稜線上；海拔高度 3275 m 之 QSS 山峰，位於奇萊南峰南側；海拔高度 3497 m 之 QNS 山峰，位於奇萊北峰南側。

大水窟目標區域（以下簡稱 DAS）位於中央山脈中段，在行政區隸屬南投縣信義鄉及花蓮縣卓溪鄉，亦屬於玉山國家公園生態保護區，地理氣候區屬於東區南段，於地質上屬亞變質板岩系之畢祿山層。大水窟山的北面山嶺，植群景觀系延續秀姑坪火焚，兀立著香青枯木殘幹，其間亦有呈帶或塊狀生長的香青及玉山杜鵑矮盤灌叢，正緩慢進行的植群演替；大水窟山南面則是由玉山箭竹構成的廣大草原景觀，其間偶散佈著台灣刺柏及紅毛杜鵑組成的矮盤灌叢，經大水窟池到南大水窟山，亦是本計劃樣區山峰組主要所在區。八通關古道原是進入此區最主要的路徑，從東埔沿著古道需重裝走上兩天才能到達此區，但如果路斷則必須改由玉山主峰或由東部進入，增加路途需求一天至三天，也增加了不少人員及物質補給上的困難。大水窟目標區域的 3 座山峰（表 1）分別為海拔 3255 公尺之 SUN 山峰，位於大水窟池東側；海拔 3363 公尺之 YAT 山峰，位於南大水窟山向北延伸的稜線上；及海拔 3610 公尺之 SEN 山峰，位於大水窟山東南側。

三叉山目標區域（以下簡稱 SAC）位於中央山脈南二段末端，北迴歸線以南，起自向陽山，東往新康山方向。此山區在行政區上含蓋了台東縣海端鄉、高雄縣桃源鄉與花蓮縣卓溪鄉。以地理氣候區而言，屬於東區南段，雖然雨量仍集中在夏天，但因受東北季風影響，冬季雨量仍較多，偏向恆濕性氣候。地質則為始新世的畢祿山層，岩性以板岩、千枚岩為主，偶夾石英岩或薄層變質岩。因為登山口位於向陽國家森林遊樂園內，所以前段路線為嘉明湖國家步道，由台東林管處維修，屬於較容易到達的山區。三叉山目標區域的 3 座海拔是相近的，主要原因是可選擇的山峰太少，熱門的登山百岳、峭壁或完全森林覆蓋的山峰都無法使用，現今的 3 座海拔相近的山峰組（表 1），可作為熱帶高山植群監測之代表：海拔 3357 公尺之 HUU 山峰，位於三叉山東北延伸之稜線上；海拔 3381 公尺之 MIN 山峰，位於三叉山向東南延伸之稜線上；海拔 3394 公尺之 JIA 山峰，位於三叉山西南延伸之稜線上。

以上目標區域與山峰的代號在全球的 GLORIA 網絡已註冊，本年度複查兩個目標區域，NAH 目標區域和 SAC 目標區域。





一、GLORIA 樣區設置方法

1. 目標區域內之山峰選擇依據

GLORIA 目標區域是選擇在因低溫形成的樹線過渡帶 (treeline) 以上的區域，此區剛好是高山帶 (alpine life zone)，在此區內沿著海拔梯度，從樹線過渡帶至維管束植物生存上限，包含亞高山-下高山過渡帶 (lower alpine/subalpine ecotone)、下-上高山過渡帶 (upper-lower alpine ecotone)、上高山-亞積雪帶 (subnival-upper alpine ecotone) 及亞積雪-積雪帶 (subnival-upper alpine ecotone)，因此目標區域內至少包括 4 座相同地理氣候區之山峰，盡可能分別位在不同的過渡帶內，且沒有人為活動。台灣位處亞熱帶，並沒有夏季積雪 (summer-snowpack) 或永凍土 (permafrost) 情況，即最高植群分帶僅到高山帶，再加上各山脈最高峰幾乎都有人為活動干擾，因此只能選出三座山峰 (表 1)，為 GLORIA 目標區域研究的最低要求。

※高山相關名詞定義：

- 森林線 (forestline)：鬱閉森林消失的最高界線，樹線過渡帶的最低界線。
- 樹線 (treeline)：高度超過三公尺之喬木消失處所形成的界線。
- 樹種線 (tree species line)：樹木成熟個體分布的上限，成熟個體包含匍匐和低矮之個體。
- 樹線過渡帶 (treeline ecotone)：指森林線和樹種線之間的過渡帶。
- 高山區 (alpine zone)：介於樹線和鬱閉植群 (覆蓋度大於 20-40%) 間之區域，可進一步分為下高山區 (矮灌叢為其顯著分布植群) 和上高山區 (草本植群為其顯著分布植群)。
- 積雪區 (nival zone)：高山區以上之開闊植群區，此區植群不是顯著景觀。
- 高山-積雪過渡帶 (alpine-nival zone)：高山區和積雪區間的過渡帶，一般與永凍帶一致。

2. 山峰最高點之標定

依工作手冊的規定，目標區域的山峰之山峰最高點 (Highest Summit Point，簡稱 HSP) 須有永久標記。所以第一件事即是根據 GPS 資料、山峰之照片以及





註記找尋出原先之山峰最高點永久標記，取得山峰最高點 HSP 後，以 HSP 為基點重新設置樣區測量線及各方位樣區（圖 2）。

在首次調查時，每座山峰都以相片記錄，包括：HSP（在堅硬的岩石上標記『+』或釘金屬樁）、所有 16 個 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 樣區（置放頻度網格框和沒有頻度網格框時）、 $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ 樣區群、測量點（每個頂點皆有 1 張全景照及 1 張詳細照）、溫度記錄儀埋設位置、整座山峰外觀及其他重要地點（如交叉線與其它線交會的位置等）。因此在複查時須比對所有相片及複查所標示的所有樣區及測量點，確定點位都完全正確，沒有任何偏差。

接下來開始設置樣區測量線及各方位樣區。

3. 主測量線之測定

樣區主測量線的設置（principal measurement line）是以真正的地理方位（geographical direction）為基礎來設立的，即依據磁偏角（magnetic declination）來校正羅盤的測量，再根據真正的地理方位（東、西、南、北）來確定 4 個主測量線方位，並在主測量線上以水平儀（spirit level）定出 5 m 和 10 m 等高線（指與 HSP 垂直落差 5 m 及 10 m）之測量點，如果從 HSP 到 5 m 等高線的表面距離超過 50 m，就在 50 m 處設置此點；同樣若 HSP 到 10 m 等高線的表面距離若超過 100 m，即在 100 m 處設置此點。

這些測量點將成為樣區設置的參考點，每座山峰皆須設置： $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 樣區、山峰區域樣區（summit area section，簡稱 SAS；圖 2）及 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 樣區。

4. $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 樣區設置

$1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 樣區是建立在 $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ 樣區網格（ $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ quadrat cluster）上。於所選定之山峰，在每個地理方位各設置一個 $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ 樣區網格（圖 2）。樣區網格的左下方或右下方的頂點應位在主測量線的 5-m 等高線測量點上，而另一下方頂點也要為在 5 m 等高線上，因此，樣區網格會位於主測量線的左邊或者右邊。如果 $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ 樣區網格處於以下位置：地勢太陡峭使得調查工作不安全、突出的大石塊，或者大片沒有植物的裸地，則會對其位置進行調整。這種情況下，樣區網格會設在離原始主測量線最近的地方。每個 $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ 樣區網格包含 9 個 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的樣區，由於在調查過程會對植群有所踐踏與破壞，為了不使其影響





調查的結果，僅選取樣區網格的 4 個角落的位置為 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 永久樣區，因此每座山峰總共有 16 個 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 樣區。

5. 山峰區域樣區之設置

每座山峰會有 8 個山峰區域樣區（圖 2）。以一細繩把 4 個 $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ 樣區網格下方頂點以直線方式相互連接起來，以此界定 -5 m 山峰區域（-5 m summit area, -5 m SAS）的下方邊界；採用相同的方法將主測量線上 10 m 等高線測量點以直線方式連接起來，可以確定 -10 m 山峰區域（-10 m summit area, -10 m SAS）的下方邊界。

再用 4 條細繩從 HSP 分別沿 4 個二級地理方位（東北、東南、西南、西北）向下坡拉，直線會連接到上述兩個山峰區域的邊界，由此將 -5 m 及 -10 m 山峰區域再各劃分為 4 個分區。山峰區域樣區的大小取決於坡面結構與坡度，因此每個區域樣區的面積大小並不固定（表 2）。

6. $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 樣區之設置

此為 2008 年 GLORIA 新增加的設置樣區，在每個地理方位各設置一個（圖 3），因此每座山峰共有 4 個 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 樣區。以主測量線上之 5 m 等高線測量點為中心點，沿主測量線於上坡及下坡與中心點直線距離 7.07 m 處設置頂點；將 50 m 長捲尺起點（0 m）固定在上坡端之頂點，將捲尺拉出至 20 m 處固定在下坡端之頂點，找出捲尺 10 m 處，往旁拉至兩端捲尺平衡繃緊處，標定第三頂點；將捲尺再拉出至 40 m 處，固定在上坡端之頂點，找出捲尺 30 m 處，往另一邊拉至兩端捲尺平衡緊繃，標定第四頂點，即完成 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 樣區。

二、GLORIA 調查方法

1. $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 樣區之調查

由於整個山峰的 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 樣區總數非常多，因此正確標記每個樣區的編號極為重要。樣區編號（圖 4）由 3 個字組成：第一個是代表地理方位的字母，第二個字是代表樣區由左至右的所在數字（左右以面對山峰為參照），第三個字為樣區由下至上的所在數字（以山峰頂為高處），例如，樣區 S13 指位於山峰南面的樣區群中的第一欄（即左側）第一行（及上側）。





每個地理方位的 9 個 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 樣區群，選擇 4 個角落的樣區進行調查，因其他樣區會因調查者於調查過程中之踐踏而破壞，因此每座山峰需要進行調查的 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 樣區共有 $4 \times 4 = 16$ 個。其調查目的是為檢測物種組成和棲地特徵之時間變化，以為基礎線資料之提供。對每個 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 永久樣區，觀測並記錄各地表類型 (surface types) 及地表覆蓋類型亞型 (subtypes of surface types) 的投影覆蓋度 (top cover) 以及每種維管束植物的覆蓋度及頻度，地表類型及亞型的投影覆蓋度估算可視為棲地特徵的觀測記錄。

(1) 物種組成及覆蓋度之記錄

以目測的方式估計各維管束植物物種覆蓋度，此包括該物種處在營養體階段的個體。覆蓋度以植物覆蓋面積佔樣區面積的百分比計。監測目的要求覆蓋度估測要盡可能準確，特別是對於較小的物種，各種維管束植物的覆蓋度總和可能超過維管束植物的總覆蓋度。而植物覆蓋度則考慮了植物各層之間的重疊，各物種覆蓋度之總和往往超過 100 %。

A. 地表類型以及其投影覆蓋度的估測：

在每個樣區當中，目測確定各類地表類型的投影覆蓋度並紀錄之。投影覆蓋度是各地表類型在地面上的垂直投射（即垂直於坡面）比率，其總和為 100 %。地表類型的區分，簡述如下：

- a. 維管束植物 (vascular plants)：所有維管植物的總投影覆蓋度；
- b. 岩石 (solid rock)：裸露岩石，這類岩石比較穩固，一般不會輕易發生移動（如用踢推也不會發生移動）；不能移動的大石頭也應視為岩石而非碎石（如果有疑問，則統一將其視為岩石）；
- c. 碎石 (scree)：碎石包括穩定或不穩定的碎石地，並且每個石頭都大小不一，在土壤表面或陷入其中；大小比沙粒要大（與裸地相反）；
- d. 地衣 (lichen on soil)：生長在沒有維管植物覆蓋的土壤表面之地衣；
- e. 苔蘚 (bryophytes on soil)：生長在沒有維管植物覆蓋的土壤表面之苔蘚；
- f. 裸露地 (bare ground)：裸露的土壤，也就是不被植物覆蓋的泥土或砂土；
- g. 凋落物 (litter)：死亡的植物組織。

以上各地表類型都占 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 面積中的一部分，因此各類地表類型的總投影覆蓋度為 100 %。





B. 地表覆蓋類型亞型及其覆蓋估測：

由於維管束植物、岩石以及碎石等 3 種地表類型，常跟地衣與苔蘚植物的生長重疊，所以區分出 6 種地表亞型，目測確定各亞型的投影覆蓋率並紀錄之，以為進一步的棲地特徵描述：

- a. 在維管束植物下方的地衣 (lichens below vascular plants)：維管束植物層之下生長的地衣；
- b. 在維管束植物下方的苔蘚 (bryophytes below vascular plants)：維管束植物層之下生長的苔蘚；
- c. 岩石上的地衣 (lichens on solid rock)：生長在裸露岩層上的地衣；
- d. 岩石上的苔蘚 (bryophytes on solid rock)：生長在岩石裂縫中的苔蘚 (岩石裂縫中有一些看不見的土壤，與生長在土壤上的苔蘚對應)；
- e. 碎石上的地衣 (lichens on scree)：生長在碎石以及石塊上的地衣；
- f. 碎石上的苔蘚 (bryophytes on scree)：生長在碎石和石塊縫隙中的苔蘚，縫隙中有一些不易看到的土壤。

地表亞型是地表類型的一部分，但其覆蓋率記錄僅以其所在的地表類型為準。例如，某一樣區中 40 % 為岩石覆蓋，而岩石的一半為地衣所覆蓋，在樣區表中應記錄「岩石上的地衣」覆蓋率為 50 % (而不是 20 %)，這有助於目測估計。

(2) 點擊法 (point intercept method) 之記錄

為探測小尺度下植群模式的變化，需要在 16 個 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 樣區中進行物種頻度計數。2013 年以前是以頻度網格框來進行，2014 年開始，為提高工作效率並維持能夠探測小尺度之植群變化，參考工作手冊將頻度計數的調查方式改成點擊法調查。

點擊法調查一樣是用工作手冊 (Pauli et al. 2004, 2015) 規定的網格框來進行 (圖 5)。把 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的網格框架用白色細繩畫分為 100 個 $0.1\text{ m} \times 0.1\text{ m}$ 小格。以一細長棒針 (長 30-50 cm)，在每個細繩的交叉點上，進行點擊 (hitting) 調查，共會點擊 100 次。記錄每一次點擊時，棒針所擊中的物種或地表類型；若同時擊中物種及地表類型時，僅記錄擊中之物種，而每一次點擊可能擊中一種以上之物種。點擊法的結果能夠去計算物種覆蓋度的百分比，並可以拿來與目測法比較。植群的總覆蓋度可以被當作是 100 減掉點擊到地表特徵的總和。





位於樹線生態過渡帶的山峰，當有喬木或灌木出現時，依工作手冊規定不進行點擊法記錄。

2. 山峰區域樣區之調查

每座山峰有 8 個區域樣區，-5 m 及 -10 m 山峰區域樣區各自有 4 個，其設置的主要目的在於探測物種豐富度以及物種遷移的變化。在每個樣區中觀測並記錄不同地表類型的覆蓋度百分比，以及完整的維管束植物名錄及其豐盛度，以豐盛度目測法 (visual abundance estimation) 來估計每種植物的豐盛度，此法是以定性的豐盛度等級 (優勢 d、常見 c、較分散 s、稀少 r、非常稀少 r!) 估算。另外，對只在樣區內少數地點出現的物種作地點附註。

3. 10 m × 10 m 樣區之調查

於 10 m × 10 m 樣區內以捲尺設置 20 條平行邊框線的調查線 (圖 6)，於邊框任何一端開始，並將起始調查線及調查方向繪製在記錄紙上 (圖 7)。第一條及最後一條調查線距邊框 0.25 m，其餘 18 條調查線則彼此相距 0.5 m。以一細長棒針 (長 30-50 cm) 開始點擊 (hitting) 調查：沿著調查線，棒針角度垂直地面，第一點調查亦起始於距邊框 0.25 m 處，之後則每 0.5 m 點擊一次，於距離另一端邊框 0.25 m 處結束，共計 20 次點擊。

記錄每一次點擊時棒針所擊中的物種或地表類型，若同時擊中物種及地表類型時，僅記錄擊中之物種，每一次點擊可能擊中一種以上之物種。在 20 條調查線，最後共點擊 400 次，計數物種及地表類型次數 400 次或以上。

此方法為 2008 年 GLORIA 新增加的調查方法，然而於 2010 年 GLORIA 第五次工作會議上，將此方法放入選擇性調查，係因執行此方法時增加對樣區的踩踏，等於增加對樣區內物種的干擾，因此將其從一定必須進行的調查項目中刪除。

4. 溫度記錄儀之設置

在每一山峰埋設 4 個溫度記錄儀 (temperature data logger)，於每個 3 m × 3 m 樣區群之最中間方格內埋設 (圖 8)，埋設深度為地下 10 cm 之處。

此次複查時將過去埋設者取出，再埋入新記錄儀。溫度記錄儀埋入前後均須拍照存證，並在覆土後量測埋設位置至兩下方頂點之距離，以便日後快速找到記





錄儀之埋設位置。這樣可獲得 4 個方位上的溫度資料，為氣候狀況的描述提供有價值的資料（例如，不同積雪的模式）。

依據 GLORIA 使用之溫度計錄儀，前後共有兩種；一開始設立時使用 Onset 微型溫度計錄儀（2008 年 10 月至 2009 年 9 月），在 2010 年 9 月更換為 M-Log5W 無線溫度計錄儀；但 2013 年複查時發現 M-Log5W 無線溫度計錄儀容易故障，因此從 2014 年起每處溫度記錄儀埋設處都埋設 Onset 微型溫度計錄儀及 M-Log5W 無線溫度計錄儀各一。

5. 相片記錄

依工作手冊的規定，須以標準 24 × 36 mm 單眼相機和焦距為 28 mm 的鏡頭進行樣區的拍攝，本計劃以 Canon 450D 數位相機為之。每座山峰需以相片記錄 HSP（置放有永久標記『+』或金屬樁）的詳細狀況以及遠景、所有 16 個 1 m × 1 m 樣區（包括置放有點擊法網格框和沒有點擊法網格框時的情況）、3 m × 3 m 樣區群、測量點（1 張全景照和 1 張詳細照）、溫度記錄儀埋設位置、整座山峰外觀及其他重要地點（如交叉線與其它線交會的位置等）。

所有照片都需要放入寫有符合 GLORIA 樣區代號及指向 HSP 箭號的黑板（圖 9），以方便辨識各個頂點位置及樣區。黑板上總共記錄 3 行資訊：第一行為國家-目標區域-山峰代號，第二行為樣區或測量點編號以及 HSP 方向，第三行為拍照日期。照片記錄對於每次複查時再次找到樣區原始設定位置、比較樣區棲地外觀以及物種分佈有重要的作用。生態監測過程中非常重要的步驟是精準度的決定（Elzinga et al. 2001），由於 GLORIA 樣區除 HSP 之外，沒有任何物理位置的標記，植物亦無任何繫牌，因此複查時樣區的重新設置與植物物種比對，GLORIA 仰賴照相極多。每次複查須重新拍照，並與前次的照相詳細核對。為了維護樣區內物種之完整，永久樣區內不得進行採集，以照相代之。

三、GLORIA 物種資料整理及分析方法

為了了解物種組成與豐富度在 5 年間的變化為何，本計畫利用套裝軟體 PC-ORD 6 軟體，以分布序列（ordination）分析小尺度樣區（1 m² 永久樣區）。為了避免偽重複（pseudoreplication），所以將每個方位的 4 個 1 m² 永久樣區聚合，並加入年均溫（mean annual temperature）、生長天數（growing days）和海拔（altitude）等環境因子，探討物種組成與環境因子間的相關性。先以降趨對應分析（detrended





correspondence analyses, DCA) 分析分布序列, 若第一軸的軸長小於 2 SD, 則改用 PCA 分布序列進行分析。

為比較首次調查及複查之物種頻度的差異, 首先以 SPSS 統計分析軟體檢定物種資料是否為常態分布, 隨後用配對樣本 t 檢定 (paired t test) 去比較兩次調查之差異。另外, 以 SPSS 軟體進行 Pearson 單尾相關係數分析, 測試物種豐富度與海拔、面積、緯度間之關係。

生態監測中物種鑑定的正確性需要考量並訂立誤差容許範圍, 否則分析的結果會有極大的偏差 (Elzinga et al. 2001)。高山的草本植物, 在沒有花果的情形下不易鑑定, 營養特徵非常相似的物種, 不同的調查人員可能會有不同的鑑定結果; 小苗、矮小植株以及叢聚在一起的植株也容易造成鑑定上的偏差。為了資料分析的結果不會因鑑定問題而導致可能的不正確結論, 因此在有可能發生鑑定錯誤的地方採用較為保守的方法處理:

莎草科 (Cyperaceae) 莎草屬 (Carex) 的種類, 在沒有抽穗時很難直接從葉片區分, 亦無法採取葉片進行切片辨識, 因此在進行資料分析時, 將所有莎草科莎草屬的物種當做同一物種來處理 (以下簡稱: 臺 spp.), 包含抱鱗宿柱臺、短莖宿柱臺、球穗臺、黃花臺及垂穗臺。

決定有哪些物種是新增或消失時, 如果調查有所誤差, 結果會有所不同; 調查誤差的發生可能有幾個原因, 例如因調查人員的辨識差異、調查期間不同, 及一年生草本植物發芽時間差異等等。GLORIA 的做法是調查人員在野外時會先比對物種的複查與首次調查資料, 當發現可能是新增和消失的物種時, 則依據前次調查資料及對比照片估算這些植物是確實的新增或消失物種的特定機率值 (probability value)。對於新增的物種而言, 100 % 表示該物種確實是新增物種 (new species), 也就是首次調查資料未記錄到此物種且當比前次的照片時, 照片上對應的位置也看不到此植株, 如此可以確定該物種為新增物種, 估算為 0 % 的機率值代表前次照片中可以看到同樣的物種; 對於消失的物種 (lost species) 而言, 100 % 代表前次調查的照片中確實可以看到此種, 或者野外非常詳實的再巡視都無法找到此一物種, 0 % 則代表前次調查時漏掉此一物種; 50 % 則代表調查人員無法確定此種是否新增或消失。其他的數值基本發生在植株較為幼小, 在鑑定上無法十分肯定物種所屬。由於有物種鑑定的不確定因素, 在決定多少物種為確實的新增或消失時, 可以施以不同的臨界值 (threshold





level, ThL): 0%、50%、80%和100%來計算，不過GLORIA建議以 $ThL \geq 80\%$ 作為作為驗證物種確實新增或消失與否的臨界值 (Pauli et al. 2007)。

由於物種的變動可能會有不少雜訊，因此需要加以過濾，使得分析結果較有意義；即將在任何一次調查中，只在某一座山峰的8個山峰區域樣區 (SAS) 的一個出現，則予以消去。

為探討整體植群的海拔高度移動情形，以山峰的海拔高度差異及物種的山峰區域樣區分布頻率來計算整體植群的海拔分布指數，第一次調查到複查之間的指數差異可以視為整體植群上升或下降的指標。海拔分布指數 = $\sum (\text{山峰的海拔高度差異 (m)} \times \text{物種在SAS調查到的次數}) / \sum (\text{物種在SAS調查到的次數})$ 。整體植群的海拔分布上升或下降，基本上是以以前段過濾過的物種數據為基礎去計算的。

為探討新增及消失物種的海拔分佈變動情況，所以依據國家植群多樣性調查及製圖計畫 (邱祈榮等, 2009) 的調查資料及台灣大學植物標本館 (TAI)、林業試驗所標本館 (TAIF) 及中央研究院標本館 (HAST) 的標本採集紀錄，找出變動物種 (新增及消失物種) 分布海拔最低界及海拔最高界為其分佈範圍，並以臺灣維管束植物簡誌及 Floria of Taiwan 第二版查核分佈範圍的可靠性，藉此做為初步了解變動物種是否上遷或下移之可能。樣區中植物的物種，可以依據其海拔的分布，劃分為不同的等級。此些等級，可以做為該植物的棲地喜好，偏向寒冷或偏向溫暖，並依此計算植群的溫度指標 (thermic vegetation indicator, S) 以及嗜熱指數 (thermophilization indicator, D) (Gottfried et al. 2012)。 $S = (\sum (\text{物種等級}) \times (\text{物種覆蓋度})) / \sum (\text{物種覆蓋度})$; $D = S_s - S_f$, S_s 為第一次調查時的植群溫度指標, S_f 則為第二次調查時的植群溫度指標。

四、土壤溫度資料整理及分析

土壤溫度記錄的方式為每小時紀錄一次。目前所取得的資料，五個目標區域的起始時間不等，因此無法進行比較，只能查看趨勢。DAS 目標區域資料範圍由 2008 年 09 月至 2013 年 08 月、HQM 目標區域資料範圍由 2009 年 05 月至 2014 年 06 月、SYU 目標區域資料範圍由 2009 年 06 月至 2014 年 08 月、SAC 目標區域資料範圍由 2010 年 06 月至 2015 年 06 月及 NAH 目標區域資料範圍由 2010 年 08 月至 2015 年 08 月。





從土壤溫度資料統計出 8 項土壤溫度變量 (variable)：日均溫 (mean daily temperature)、白天均溫 (mean day temperature)、夜晚均溫 (mean night temperature)、月均溫 (mean monthly temperature)、年均溫 (mean annual temperature)、生長天數 (growing days)、冰凍度日 (freezing degree days, FDD)、以及六月每日最低溫平均 (June mean of daily minimum)。白天均溫是指早上六點至晚上六點，每小時的土壤溫度平均。夜晚均溫是指晚上七點至隔天早上五點，每小時的土壤溫度平均。生長天數是指每小時土壤溫度 $> 5^{\circ}\text{C}$ 的次數總和除以 24 後的值。FDD 則是日均溫 $< 0^{\circ}\text{C}$ 的天數。六月每日最低溫平均的上升與下降則已知和物種的增減呈正相關 (Gottfried et al. 2012)。

由於少數山峰方位的溫度資料有缺失，會影響年均溫、生長天數及冰凍度日 3 個溫度變量的計算。因此，山峰方位的土壤小時溫度若沒有持續一整年的資料，都不列入計算。因此，DAS 僅有 2009-2013 年進行上述 3 個溫度變量的計算，HQM 及 SYU 為 2010-2014 年，NAH 及 SAC 則為 2011-2015 年。

以 Excel 作直方圖查各溫度變量與物種變化的關係看。如果數據齊全的話，則以 SPSS 軟體進行無母數分析的 Kruskal-Wallis Test 檢測各山峰及各方位間，溫度變量是否具有顯著性差異；並以 Pearson 單尾相關係數分析，測試各山峰各方位與海拔、緯度、土壤溫度變量間之關係。

五、Braun-Blanquet 草本植群調查及分類方法

2013-2015 三年期間，依據航照圖找尋高山草原所在，取樣及記錄方法基本上依據傳統之 Braun-Blanquet 方法。

野外工作完成後，將資料整理成各樣區植物種類與數量所構成的二維矩陣，稱為原始資料矩陣，再將原始資料矩陣的內容及格式轉化為分析軟體可讀取的格式以進行分析。

分類方法雙向指標種分析 (TWINSpan) 並列表比較，檢視各類群的樣區歸屬。將分群的結果進行分布序列分析，以闡述植群在排列次序之生態意義，並做適當之樣區調整及群別整合或切分。再將此結果於 JUICE 7.0 分析軟體，據此計算各群之優勢種及特徵種，並選擇特徵種命名植群型。





參、結果與討論

一、樣區設置結果

2013 至 2015 年三年間完成了 DAS (2013 年)、HQM (2014 年)、NAH (2015 年)、SAC (2015 年)、及 SYU (2014 年) 共 5 個目標區域 15 座山峰的複查 (圖 10 及表 1)，重新設置與初次調查時 (2008-2010 年) 完全相同之大小樣區共 354 個 (表 3)，包含 144 個 1 m×1 m 樣區、37 個 1 m×1 m 頻度計數樣區、68 個 1 m×1 m 點擊樣區、72 個區域分區樣區、33 個 10 m×10 m 點擊樣區。

在 GLORIA 之外，針對調查區域附近的南湖大山地區、奇萊合歡地區、大水窟地區、玉山地區、三叉山地區以及雪山地區進行草原的植群調查，依照 Braun-Blanquet 的方法進行取樣點的選擇，並設置 1 m x 1 m 樣區 644 個 (圖 11- 17；附錄二)。設置的地點包含南湖主峰及東峰地區 36 個樣區、審馬陣草原 46 個樣區、鈴鳴山周邊 6 個樣區、奇萊北周邊 30 個樣區、奇萊南周邊 46 個樣區、合歡主峰及石門山周邊 42 個樣區、合歡北峰及東峰周邊 44 個樣區、大水窟周邊 81 個樣區、南玉山周邊 17 個樣區、向陽山往三叉山周邊 46 個樣區、三叉山往南二段方向周邊 85 個樣區、布新營地 4 個樣區、雪霸周邊 45 個樣區、雪主東及大劍山周邊 36 個樣區、油婆蘭山周邊 15 個樣區、桃山周邊 6 個樣區、池有山周邊 12 個樣區、志佳陽線 15 個樣區及匹匹達營地周邊 30 個樣區。另外由 GLORIA 複查資料中，根據照片作為樣區是否為均質樣區之判斷基礎，挑選 1 m x 1 m 樣區 165 個，如此總共有 809 個樣區作為 Braun-Blanquet 植群調查與分類的基準。

二、植物物種組成與分布

整理首次調查及複查的 5 個目標區域、以及所有的 Braun-Blanquet 草原樣區，總計調查到維管束植物 191 種 (表 4 及附錄一)，有 107 種為特有種，佔全部種數的 56.0%，可見高海拔山區草原具有高比例的特有種；其中有 1 種為外來種 (貓兒菊)，單獨於合歡山周邊的草原被調查到。若以所有調查結果而言，則以 NAH 調查到最多的物種及特有種，HQM 的物種及特有種次之；物種數最少的為 DAS，特有種數則以 SAC 為最少。由資料顯示，高海拔山區特有





種非常豐富，且越接近北方的山區特有種越多，如果持續的監測確定此趨勢確實與溫度相關，則對於高山特有植物應當有所行動，以免分布局限的特有種在未來變動中受害。

調查到的科中（表 4），以菊科（11.98%）的植物最多，二至六名依序為禾本科（9.90%）、薔薇科（7.29%）、莎草科（5.21%）、龍膽科（4.17%）及蘭科（4.17%），約全部種數的 42.72%，接近所有物種的一半；而五大區域的植物物種科別組成大致上皆相似，但禾本科的物種數最多，顯示禾本科的物種分布較廣，菊科相對地物種的地理分布較為侷限。

將植物物種生活型分成 6 種：喬木（Trees）、灌木（Shrubs）、草本（Herbs）、禾莎類（Graminoids）、蕨類（含擬蕨，Ferns and Fern Allies）、藤本（Vines）。各生活型之比率如下（表 4）：一般草本植物佔半數以上（58.64%）；禾莎類植物包含禾本科、莎草科及燈心草科，物種數量為其次（14.66%），但與灌木（10.99%）及蕨類（10.47%）的物種數相差不多；喬木類（4.19%）及藤本類（1.05%）的物種數則較少。

若以 GLORIA 目標區域來看（表 5），調查到 166 種，其中 96 種為特有種；前五名之科別與整體調查區域的排序是一樣的：菊科（13.25%）、禾本科（9.64%）、薔薇科（7.83%）、莎草科（4.22%）及龍膽科（4.22%），菊科與禾本科的物種數在各目標區域則互有多寡；生活型方面，各類型的順序亦與整體調查區域的排序一樣：一般草本植物（57.23%）、禾莎類植物（13.25%）、灌木（12.05%）、蕨類（10.84%）、喬木類物種（4.22%）及藤本類物種（1.21%）。

總和歷年調查之山峰的物種數目（表 5 及附錄三），以 NAH 目標區域 ZNF 山峰的面積最大，調查到物種數最多（117 種），其特有種數 71 種，佔整體調查區域之 66.36% 及 GLORIA 目標區域之 73.96%；其次為 HQM 目標區域 QNS 山峰（68 種），特有種 41 種，佔整體調查區域之 38.32% 及 GLORIA 目標區域之 42.71%；物種最少的為 HQM 目標區域 QSS 山峰，只有 29 種及特有種數 8 種；SAC 目標區域 HUU 山峰亦僅有特有種數 8 種，但物種數較高，為 30 種。

以各別物種來看（附錄三），玉山箭竹、羊茅及抱鱗宿柱薹分布在所有調查的區域，而曲芒髮草、玉山翦股穎、喜岩堇菜、森氏山柳菊、玉山石松、臺灣地楊梅、短莖宿柱薹、臺灣三毛草分布在所有 GLORIA 目標區域，其他如芒、石松、阿里山龍膽、臺灣鵝觀草及玉柏等等，皆為各大區域中常見的物種，僅不見





在極少數調查區域；且依調查物種的分布資料來看，有 33 個物種會出現在一半的調查區域中，其中特有物種 12 種佔 36.37 %。不過，有 46 個物種（特有種佔 35 %）僅出現在 1 個調查區域中，66 個物種僅出現在 1 個 GLORIA 山峰。

比較 GLORIA 山峰首次調查及複查的資料，發現共有 88 個變動物種（附錄四）；其中新增 52 種，消失 43 種，物種有所增加，另玉山山蘿蔔、玉山菝葜、玉山繡線菊、冷杉異燕麥、紅毛杜鵑、臺灣二葉松及臺灣鹿藥在不同的山峰新增或消失。

三、草本植群分類

所有 809 個合乎取樣規範的草原樣區的分類結果，共可分為 20 個草本質群類型。第一至第五類型以水邊的草坡為主，且各自有獨特的生長環境以及獨特物種組成，因此各自獨立成一類型；第六至第九類型其生長環境以碎石坡為主，不論是植物組成或是植群外觀皆有明顯差異，再以特徵種來區分各植群類型；第十到第二十類型主要要玉山箭竹草坡為主，部分類型廣泛分布於各地高山草原，再以特徵種來區分各植群類型。各植群類型的樣區分布位置可參考附錄二。

1. 油臺植群型 (*Carex satzumensis* vegetation type)

此類型共有 21 個樣區，大多分布在大水窟池畔，另外在嘉明湖附近草原、布新營地、合歡北峰下坡處水邊亦有此類型。這些地區的共通點為地勢低，窪下雨後能發展成水池，土壤水分含量較高，且植株高度較低。土壤水分含量為 40.1%，植株高度平均為 5.6 公分。海拔分布範圍 2904-3591 m

特徵種為油臺、阿里山天胡荽。恆存種為玉山翦股穎、油臺、羊茅、玉山箭竹。優勢種為羊茅。

2. 球穗臺植群型 (*Carex oxyandra* vegetation type)

此類型僅只有 2 個樣區，分布在奇萊南峰周邊地區，但是植物組成與其他樣區有明顯的差異，因此將此二樣區歸類為獨立植群型。樣區所在地區土壤含





水量偏高，平均為 52.5 % 。

特徵種、恆存種、優勢種均為球穗薹。

3. 垂穗薹植群型 (*Carex brachyathera* vegetation type)

此類型有 29 個樣區，分布在南湖大山、石門山、奇萊南峰、奇萊北峰、南玉山、向陽山往三叉山及大劍山周邊。所在的環境土壤水分含量亦是偏高，平均為 46.8 %。海拔分布範圍 3116 m -3705 m，除了部分在南玉山及南湖主峰的樣區外，大部分此植物類型分布在海拔 3500 m 以下，平均是比較低的，約 3336 m。

特徵種為臺灣粉條兒菜、垂穗薹、阿里山薊、玉山飛蓬、臺灣草莓、單花牻牛兒苗、貓兒菊、馬先蒿、高山梯牧草、玉山櫻草、黃菟。恆存種為臺灣粉條兒菜、垂穗薹、黃花薹、阿里山薊、單花牻牛兒苗、貓兒菊、馬先蒿、高山梯牧草、玉山櫻草。優勢種為垂穗薹。

4. 聚生穗序薹植群型 (*Carex nubigena* vegetation type)

此類型有四個樣區，在奇萊北峰及奇萊南峰各有兩個樣區。生長環境主要是在水邊，且樣區內多有蘚苔，蘚苔覆蓋度平均為 11.1%。本類型因生長環境以及物種組成與其他植物社會類型迥異因此獨立為一植群型。

特徵種為聚生穗序薹、髮草。恆存種為聚生穗序薹、髮草。優勢種為聚生穗序薹。

5. 直蕊宿柱薹植群型 (*Carex orthostemon* vegetation type)

此類型有 1 個樣區，位在池有山，生長環境在地勢低窪的水邊。雖然此類型僅只有 1 個樣區，然而此樣區的植物組成與其他樣區明顯不同，因此將此樣區獨立為一植群型。

特徵種為直蕊宿柱薹。恆存種為玉山翦股穎、直蕊宿柱薹。優勢種為直蕊宿柱薹。





6. 南湖柳葉菜植群型 (*Epilobium nankotaizanense* vegetation type)

此類型有 4 個樣區，皆位於南湖主峰周邊。生長環境以岩塊或是碎石地為主，碎石地比例平均為 72%，且植物覆蓋度通常偏低，E1 層覆蓋度平均為 4.9%。

特徵種為南湖柳葉菜、玉山繡線菊、喜岩堇菜。恆存種為川上短柄草、喜岩堇菜。優勢種為羊茅。

7. 玉山龍膽植群型 (*Gentiana scabrida* vegetation type)

此類型有 32 個樣區，分布於奇萊北峰及南湖主峰附近，其生長環境碎石比例偏高，平均為 58%，植株高度矮小，E1 層高度平均為 9.5 cm。玉山箭竹的覆蓋度較低，且其他植物種類豐富。

特徵種為玉山龍膽、山艾、高山艾、雪山馬蘭、玉山卷耳、蓬萊毛茛。恆存種為黃花薑、玉山石竹、羊茅、玉山龍膽、玉山山蘿蔔。優勢種為黃花薑、玉山卷耳、玉山山蘿蔔。

8. 尼泊爾籟簫植群型 (*Anaphalis nepalensis* vegetation type)

此類型有 20 個樣區，其生長環境較為乾旱，主要分布於奇萊北峰及南湖主峰周邊，碎石地比例亦是偏高，平均為 56.9%，土壤含石率比例為 35.2%，土壤水分比例為 10.0%。植物高度矮小，E1 層高度平均為 5.3 cm。

特徵種為尼泊爾籟簫、玉山翦股穎、細川氏薊、阿里山龍膽、雪山翻白草、尖山堇菜。恆存種為尼泊爾籟簫、羊茅、臺灣地楊梅、玉山山蘿蔔、臺灣三毛草、玉山水苦蕒。優勢種為尼泊爾籟簫、羊茅、玉山山蘿蔔、玉山水苦蕒。

9. 高山白珠樹植群型 (*Gaultheria itoana* vegetation type)

此類型有 9 個樣區，樣區零星分布，位於南湖主峰、石門山、奇萊北峰、南玉山及三叉山周邊。其碎石地比例較其他同為以碎石地為主的植物社會來的低，平均約為 28.9%，坡度也較為緩和，平均為 17.4 度。因此在此植物社會中較能





看見玉山箭竹、芒的存在。

特徵種為阿里山薊、高山白珠樹、玉山箭竹。恆存種為羊茅、臺灣地楊梅、玉山水苦蕒。優勢種為羊茅、高山柳、玉山山蘿蔔、玉山箭竹。

10. 玉山針蘭植群型 (*Trichophorum subcapitatum* vegetation type)

此類型有 17 個樣區，分布在大霸尖山、匹匹達營地、三叉山往南二段方向沿路及向陽山往山叉山周圍。通常其生長環境的坡度稍微陡，平均為 25 度，且較為潮濕；樣區雖零星分布，但特徵種玉山針蘭的植株高度較高，在野外容易判斷其為明顯獨立的植群類型。

特徵種為玉山針蘭、高山白珠樹、玉山金絲桃、玉山石松。恆存種為短莖宿柱臺、曲芒髮草、高山白珠樹、玉山石松、玉山針蘭、玉山箭竹。優勢種為玉山箭竹。

11. 香青植群型 (*Juniperus squamata* vegetation type)

此類型有 18 個樣區，分布在審馬陣草坡、石門山、三叉山往南二段方向沿路、向陽山往山叉山及大劍山周圍。海拔稍低，土壤發育較好，多有香青的小苗生長於此，但是尚未發展成灌木。海拔平均為 3366 m，土壤含石率為 4.3 %，

特徵種為香青、高山白珠樹、玉山石松。恆存種為短莖宿柱臺、曲芒髮草、羊茅、高山白珠樹、玉山石松、一枝黃花、玉山箭竹。優勢種為玉山箭竹。

12. 曲芒髮草植群型 (*Deschampsia flexuosa* vegetation type)

此類型有 186 個樣區，為廣泛分布的植群類型，樣區最多，分布在南湖主峰、審馬陣草原、合歡北峰、大霸尖山、奇萊北峰、奇萊南峰、大水窟、南玉山、三叉山往南二段方向沿路、向陽山往三叉山、匹匹達營地、油婆蘭營地、奇萊南峰及大劍山周邊。海拔分布範圍極廣，自 2735 m-3648 m 皆有分布。坡度較為緩和，平均為 14.7 度。





特徵種為曲芒髮草。恆存種為抱鱗宿柱臺、曲芒髮草、羊茅、玉山箭竹。優勢種為短莖宿柱臺、羊茅、石松、高山懸鉤子、玉山箭竹。

13. 石松植群型 (*Lycopodium clavatum* vegetation type)

此類型有 33 個樣區，調查區域中平均分布，位於合歡北峰、石門山、奇萊南峰、三叉山往南二段方向沿路及大霸尖山周邊。生長環境較為乾旱，土壤水分含量平均為 21.5 %，偶爾樣區內有些小碎石，且幾乎有凋落物覆蓋，凋落物覆蓋度平均為 14.1 %，海拔分布範圍稍低，自 3084m-3448 m 皆有此類型分布，平均為 3283 m。

特徵種為石松、玉山針蘭。恆存種為抱鱗宿柱臺、阿里山龍膽、石松、玉山箭竹。優勢種為玉山箭竹。

14. 玉柏植群型 (*Lycopodium obscurum* vegetation type)

此類型有 127 個樣區，亦是廣泛分布的植群型分布在審馬陣、鈴鳴山、合歡東峰、合歡北峰、石門山、奇萊北峰、奇萊南峰、大水窟、南玉山、三叉山往南二段沿路、向陽山往三叉山、大霸尖山、匹匹達營地、油婆蘭、池有山、志佳陽及桃山周邊。海拔分布範圍為 2851m -3525m，坡度較為緩和，平均為 17.1，樣區內少有大岩塊，但是有些許碎石，碎石地比例平均為 6%，樣區植物多以玉山箭竹為主。

特徵種為玉柏。恆存種抱鱗宿柱臺、曲芒髮草、玉山箭竹。優勢種為石松、玉山箭竹。

15. 刺柏植群型 (*Juniperus formosana* vegetation type)

此類型有 53 個樣區，分布在南湖大山、審馬陣、石門山、合歡東峰、奇萊南峰、南玉山、三叉山往南二段沿路、向陽山往三叉山、大霸尖山、匹匹達營地、油婆蘭營地及大劍山周邊。海拔分布範圍稍低，生長環境坡度亦是平緩，平均為 16 度，幾乎沒有大岩塊，土壤發育較好，土壤含石率平均為 12.7 %，多有刺柏生長於樣區內，部分尚未發展成灌木。





特徵種為刺柏，恆存種為抱鱗宿柱臺、曲芒髮草、石松、玉山箭竹。
優勢種為玉山箭竹。

16. 玉山水苦蕒植群型 (*Veronica morrisonicola* vegetation type)

此類型有 49 個樣區，分布在審馬陣、大水窟、南玉山、三叉山往南二段沿路、向陽山往三叉山、池有山、志佳陽、大劍山及匹匹達營地。生長樣區內偶爾有大岩塊，以及些許碎石，碎石地比例平均為 9%，且土壤水分含量稍高，土壤水分含量平均為 30%。

特徵種玉山龍膽、臺灣地楊梅、臺灣三毛草、玉山水苦蕒。恆存度玉山翦股穎、抱鱗宿柱臺、羊茅、臺灣地楊梅、芒、一枝黃花、臺灣三毛草、喜岩堇菜、玉山箭竹。優勢度玉山箭竹。

17. 紅毛杜鵑植群型 (*Rhododendron rubropilosum* vegetation type)

此類型有 60 個樣區，分布在審馬陣、鈴鳴山、大水窟、匹匹達營地、三叉山往南二段沿路、向陽山往三叉山、大霸尖山及志佳陽周邊。海拔分布範圍為 3078 m- 3658 m，除了在大水窟周邊的樣區是在 3600 m 以上外，大部分的樣區都在 3500 m 以下。土壤化育較好，土壤含石率比例為 5.9%，多有紅毛杜鵑小苗生長於此，但是尚未發展成灌木。

特徵種為臺灣龍膽、紅毛杜鵑。恆存種為玉山翦股穎、抱鱗宿柱臺、羊茅、芒、一枝黃花、玉山箭竹。優勢種為玉山金梅、玉山箭竹。

18. 芒植群型 (*Miscanthus sinensis* vegetation type)

此類型有 123 個樣區，為廣泛分佈的植群型，樣區在鈴鳴山、合歡東峰、合歡北峰、奇萊北峰、奇萊南峰、三叉山往南二段沿路、向陽山往三叉山、大霸尖山、布新營地、匹匹達營地、池有山、石門山、志佳陽、桃山、大劍山及審馬陣周邊。海拔分布範圍為 2761m- 3605m，除了部分分布在大水窟、南玉山、三叉山的樣區外，其餘大多分布在 3300 m 以下。樣區所在地區較為乾熱，且少有蘚苔覆蓋，蘚苔覆蓋度平均為 1.0%。





特徵種為芒。恆存種為抱鱗宿柱臺、芒。優勢種為玉山箭竹、芒。

19. 野薄荷植群型 (*Origanum vulgare* vegetation type)

此類型有 10 個樣區，零星分布在大水窟、合歡東峰、石門山、奇萊南峰、志佳陽、桃山及大劍山周邊。海拔分布範圍較低，為 2825 m -3333 m。

特徵種為野薄荷、芒。恆存種為芒、玉山箭竹。優勢種為芒、玉山箭竹。

20. 短莖宿柱臺植群型 (*Carex breviculmis* vegetation type)

此類型有 6 個樣區，分布於大水窟周邊、南玉山周邊及大劍山周邊。與其他玉山箭竹草坡相比，其土壤水分含量較高，平均為 41%；生長坡度較為緩和，平均為 7 度。

特徵種為短莖宿柱臺、臺灣三毛草。恆存種為玉山翦股穎、短莖宿柱臺、羊茅、臺灣三毛草、喜岩堇菜、玉山箭竹。優勢種為羊茅、玉山箭竹。

四、GLORIA 調查區域物種變化

大尺度來看，以目標區域為單位（圖 10、圖 18、表 6 及表 7），南湖大山目標區域具有最高的物種數，其次為合歡奇萊目標區域，再其次為雪山目標區域與大水窟目標區域，最少的為三叉山目標區域；雪山目標區域與大水窟目標區域初次調查時的物種類差不多，但複查時大水窟目標區域物種增加較多。以中央山脈而言，物種數表面上與緯度成正比，特有種隨者緯度下降而減少的比率很高；由於所有目標區域的三座山峰之海拔高度大約相等，如果緯度確實反應溫度，表示台灣高山的溫度若在未來隨者全球暖化而上升，不少植物原生物種、尤其是特有種可能會有滅絕的危險，值得關注；現今則由於溫度記錄儀埋設的時間不等與少部分溫度記錄儀故障，再加上這幾年台灣地區的溫度非一致性的變化，上升及下降混雜，因此物種數目與溫度的關連並不十分確定；雪山山區目標區域因位於中央山脈之西側，冬天時較不易受到季風的侵襲，埋設之微型溫度記錄儀顯示較其南方的合歡奇萊目標區域之溫度為高，其物種數也因此與更南之大水窟目標區域相類似。當然面積因子也會有所影響，因為每座山峰之形狀及腹地大小不盡相同，以致所設置的樣區之面積大小亦不同，通常





樣區面積越大，記錄到的物種越多（圖 19），物種在不同取樣面積間之相關性因此可以預期；以現有的資料進行各山峰的物種豐富度與面積、緯度和單位面積物種豐富度的關係之探討（表 8），Pearson 相關性指數顯示面積與物種豐富度和單位面積物種豐富度有顯著相關；緯度與物種豐富度不呈顯著相關，但實際溫度與物種豐富度的關係則尚待進一步的探討。

經過 5 年，5 個目標區域之物種組成均有變化（圖 10、圖 18、表 6 及表 7）；DAS 目標區域的相對變化達 16.00%，增加了 8 個種類，沒有物種消失，特有種較首次調查時增加了 4 種；HQM 相對變化最小，物種數目維持一定，但有 9 種新增及 9 種消失，特有種及其他物種的新增及消失情形是一致的；NAH 新增 10 種、消失 12 種，是唯一物種減少的目標區域，不過特有種增加 1 種，其他物種減少 3 種；其餘兩目標區域的物種都是增加的，但特有種數目維持不變，僅其他物種數增加。

各山峰的物種數亦有變化，比較 GLORIA 山峰首次調查及複查的資料，發現共有 88 個變動物種（表 7 及附錄四）；其中新增 52 種，消失 43 種，其中玉山山蘿蔔、玉山菝葜、玉山繡線菊、冷杉異燕麥、紅毛杜鵑、臺灣二葉松及臺灣鹿藥在不同的山峰新增或消失。在這 5 個目標區域裡的所有山峰，僅有 DAS 目標區域的 SEN 山峰有物種增加而沒有物種消失，其他所有的山峰都有物種新增及消失。除 SAC 目標區域外，新增物種最多的均發生在目標區域原物種豐富度最高的山峰，在 NAH 目標區域是海拔最高的 ZNF 山峰，新增 16 種；HQM 新增最多的亦是最高的山峰 QNS，新增 8 種；DAS 和 SYU 目標區域分別是海拔最低及次高海拔的 SUN 山峰及 DSH 山峰，都分別新增 7 種；SAC 目標區域新增最多的是次高海拔的 MIN 山峰，新增 5 種；其餘的山峰，除 NAH 目標區域的山峰新增 4 至 6 種外，新增的數目在 1-3 種之間（表 7）。相對於新增物種，原有物種的消失數目較少，NAH 目標區域所有山峰及 HQM 的 QNS 山峰的物種消失超過 4 種以上，其餘的山峰消失物種在 0-3 種之間。

新增的 52 種中，有 28 種為台灣特有種（附錄四），佔 52.83%；若依生活型分類，由草本至木本比率下降，32 種為草本（61.54%），其次為禾莎類和蕨類植物各 6 種（各 11.54%）、灌木 5 種（9.62%）及喬木（香青及臺灣二葉松）3.8%，另有藤本 1 種（1.92%）。而消失的 43 種中，26 種為台灣特有種（60.47%），較物種新增的比率為高，值得注意；依生活型之消失比率與新增者差不多，可能為棲地競爭的結果。





以方位而言（圖 20 及表 9），新增物種基本上沒有特別的方向差別，東西南北方之比率大約相等，但個別的山峰可能會有極端的情形。但消失物種中，山峰北方消失物種數最高，約為最少的東方的兩倍，南方及西方消失物種數介於前兩方向之間，但偏向北方的消失物種數；值得一提的是東方的消失物種數最低，其新增物種數亦是最低者，表示新增物種與消失物種之間可能有棲地競爭的情形。

基於調查人員的辨識差異、調查期間不同，及一年生草本植物發芽時間差異等等造成的調查誤差，因此根據野外樣區調查認為是新增和消失的物種，比對前次調查的照片或再次巡視樣區後，決定其新增和消失的機率值；當新增或減少物種之 ThL 在 80 以上才視為物種確實新增或消失（Pauli et al. 2007）。由於計畫執行的時間有限，對於幼年期草本植物的物種鑑定，可能較容易出錯，不過現地照相再加上事後返回研究室之再確定，應該可以大幅降低錯誤的機率；且數位相片可在未來隨時調出再一次鑑定，尤其是鑑定幼年期草本植物的能力可望隨著時間而增強，未來複查的數據及推論將更為可靠。

經過五年，物種的平均覆蓋度及頻度基本上呈現一個增減交錯的情況。以平均覆蓋度而言，NAH 及 DAS 增加，其他三目標區域則是下降，但增減的幅度都很小（圖 21）；物種的頻度以 10 m x 10 m 樣區的點擊率計算，HQM 與其他目標區域不同，大幅下降將近一半，其他目標區域則是小幅但明顯增加（圖 22）；HQM 的物種數沒有變化，但三座山峰的物種頻度都是明顯下降，是否受到中橫登山遊客增加的影響，尚待進一步研究。

五、GLORIA 調查區域土壤溫度變化

依目標區域內 3 個山峰的平均月均溫曲線圖來看（圖 23），反應了溫度隨山峰海拔升高而降低。在 DAS 目標區域內，SUN 山峰溫度最高，YAT 山峰溫度最低；HQM 目標區域內，SMN 山峰溫度最高，QNS 山峰溫度最低；NAH 目標區域內，LIN 山峰溫度最高，ZNF 山峰溫度最低；SYU 目標區域內，JNJ 山峰溫度最高，TSW 山峰溫度最低；SAC 的 3 個山峰的海拔約略相等，且溫度記錄儀故障較多，無法明確顯示此趨勢。

溫度變化與海拔梯度的關係，以山峰及各山峰不同方位的土壤年均溫呈現（圖 24 及表 10），Kruskall-Wallis Test 顯示各山峰間及各山峰不同方位間的溫度





呈現顯著差異；溫度由高至低排列大致為南方、東方、西方、北方，推測山峰在 4 個方位因太陽照射時間差異以及附近地形的影響，4 個方位溫度呈有顯著差異。歐洲 GLORIA 研究顯示六月每日最低溫的平均與物種變化關聯性最大，5 個目標區域、山峰及各山峰不同方位顯示此平均日低溫(圖 25 及表 11)與年均溫相似，彼此間具有明顯差異。

各山峰不同方位之冰凍度日 (FDD) 天數一般都很短 (表 12)，土壤冰凍主要發生在 12-2 月。各山峰較常受到冰封的方位是西方和北方，DAS 目標區域的 SEN 山峰北方在 2009 年及 SYU 目標區域 TSW 山峰西方和北方在 2011 年有近兩個月的冰凍度日，但其他年份則天數很短；東方及南方偶而也有土壤冰凍的情況，幾乎不受冰凍度日的影響。緯度較高的目標區域冰凍度日一般較長，目標區域之冰凍度日呈現波動的情形，2012 年冰凍日皆為 0，但前一年 TSW 山峰的西方和北方有近兩個月的冰凍度日。

生長天數以超過 5°C 的天數計算，結果 (圖 26 及表 13) 顯示同一目標區域在不同年代有不同甚至非常顯著不同的生長天數，山峰與方位亦存在著相似的情形；以相同年度為根據進行初步的統計，顯示中央山脈的目標區域，緯度越低者生長天數越高，但 SAC 的數據太少，其生長天數是否確實比 DAS 目標區域為長有統計上的疑慮；雪山 SYU 目標區域的生長天數大致上與合歡奇萊 HQM 目標區域相近。山峰各方位生長天數的結果 (圖 26)，與土壤年均溫及月均溫之結果大致上都是一樣的；大致上，南方的生長天數最長，東方的生長天數其次，北方的生長天數最短，西方則不一定。

初步的 Pearson 相關性指數分析土壤溫度變量與環境變量之關係發現，土壤年均溫與緯度、海拔及年均溫皆有顯著性關係。海拔及緯度越高，生長天數越低；年均溫越高，生長天數越高。

五年的土壤冰凍度日 (FDD) 及生長天數變化指出，氣候有逐年暖化的趨勢。整體而言，2009-2014 年山峰內兩兩年份間年均溫的變化並沒有顯著差異，但冬季冰凍度日有縮短之趨勢，甚至在 2012 年完全沒有冰凍日發生；相對地，生長天數有增長趨勢，顯示適合植物生長的日子逐漸增加。然而臺灣地區受雪封的情況應當不多，而且用 FDD 可能並不能反應當年度的冬季是否較冷，僅能反應與當時鋒面系統來臨有關，且資料多有缺失，因此，以 FDD 來探討與植物豐富度間的關係，其結果並不明顯；相反地，生長天數較能反映植物受溫度變





化之影響，在這五年生長天數大都呈現上升現象，且最暖方位南方之生長天數隨年份增加而上升的幅度（表 13），但確實之影響，可能需要更進一步分析。至於日夜間溫度之差別，是否會影響植物豐富度，初步的關聯性分析結果亦呈現不明顯，但夜間均溫如何計算，存在著不少組合，可能需要更進一步分析方能知道是否夜間均溫會影響植物豐富度或最低溫會有影響。

溫度在這五年內有所波動但沒有太大的變化或一致性的升溫，這與全球氣候變遷的熱帶地區溫度變化模式相符合（IPCC 2014），但長程變化的效應仍需觀察。熱帶雨量在預測模式為增加，但計畫的監測地區不易裝設雨量計，其對於生物多樣性的影響如何尚待未來進一步的研究。

六、GLORIA 調查區域物種因應暖化之變化

經過五年，物種數目有不少變化，1 m x 1 m 永久樣區的物種豐富度隨年均溫及生長天數增加而增加，各目標區域的物種豐富度，則與海拔、方位、年均溫及生長天數之間，兩兩間都有顯著差異性；但整體的相關性如何，需要進一步探討。

樣區中有所變動的物種，查看其海拔分布（圖 27）。確實消失的物種在海拔分布上與新增的物種相比較，有較高比率為出現在較高海拔的物種以及分布範圍較為狹小的物種。就新增物種而言，目前複查結果並沒有發現有任何物種是來自較低海拔的，但大尺度及小尺度樣區均反映有七成以上的物種，其頻度及覆蓋度是增加的。此種增加現象反映多數物種新增是由既存物種填充過程，而不是由較低海拔物種移入定植（Grabherr et al. 1995）。

物種遷移的變化，受到諸多因素的影響，不過各方面的資料越多，判斷將越準確。以中部山區公路為調查地區，近年之資料顯示玉山當歸、玉山抱莖籜簫、細葉山艾、阿里山薊、玉山金絲桃及大籽當藥等植物分布於海拔3400公尺以上（Chou et al. 2011）；再比對前一個世紀的標本館標本分布紀錄；顯示此些物種當時分布在較低海拔，依據移動的海拔高度，顯示未來需要往非常高的海拔遷移而有滅絕的可能（Chou et al. 2011）；不過此六種植物在植物紅皮書（王震哲等 2012）中為安全等級（LC），又歐洲GLORIA的調查結果顯示部分物種在氣候暖化下的海拔分布會擴充，而非僅是往較高海拔遷移，本計畫資料初步分析顯示此六種近30年來全省的海拔分布極廣（圖27），可能為分布範圍擴充的





類型，中部山區的滅絕可能判斷應該是調查區域太小所導致的結果。

此種物種豐度的增加與減少可能源自於高山植物原先的生育地（或溫度）偏好分群（Gottfried et al. 2012；Pauli et al. 2004），因為植物群落並非以整體之遷移來反應氣候變化，不同的植物對氣候變化所做的反應並不相同，對一個物種來說太熱的溫度，可能對其他的物種還算適合；另外，某個物種靠遷移來適應氣候變化，但有些物種卻因氣候變化而導致其遷移的能力受限，若競爭力不夠則有滅絕的危機。因此，由於氣候暖化驅動的物種遷移，會導致在當前的地方和新的地方形成新的物種組合，豐度增加或減少，因此須對所有高山植物及生態系因應暖化之不同反應加以分類，方能進行實質的保育管理；本計畫依據歐洲 GLORIA 的方法將所有 1 m x 1 m 永久樣區的物種進行海拔分布的詳盡調查，依照歐洲 GLORIA 的方法（Gottfried et al. 2012）將樣區植物物種依照其分布之最高、最低和平均海拔高度以高山（alpine）、森林線（treeline）、低海拔山區（montane）及廣泛分布（centre indifferent）為依據進行分類，可分為六類：1.終年下雪區物種、2.高山至終年下雪區物種、3.高山物種、4.樹線至高山物種、5. 廣泛分布種（Gottfried et al. 2012 原文為 treeline species，但由其分布範圍宜意譯為廣泛分布種）、6.低海拔物種，台灣沒有終年下雪區及高山至終年下雪區的物種（附錄六及附錄七）。再依物種的海拔分布等級計算植群的溫度指標（表 14），兩次調查之間的差別則為嗜熱指數（D，表 14 及圖 28）；五個目標區域整體的嗜熱指數為正，依信賴區間判斷確有顯著差異，表示整體棲地偏向溫度較高者發展，但數值僅微微超過，且五個目標區域種有兩個目標區域的植群嗜熱指數為負，顯示植群組成的溫度偏好趨勢可能尚未十分明確，有待較長時間來確定。

越高海拔分布的物種，若全球暖化情形繼續，則越有可能滅絕（Grabherr et al. 1994；Chou et al. 2011）；從所有15座山峰新增的物種之海拔分布分級來看（圖 29），新增的物種主要為廣泛分布的物種，其次為樹線至高山物種，約為前者之半，另有少數的低海拔物種，但沒有高山物種；消失的物種中，有較高比率為出現在較高海拔的物種以及分布範圍較為狹小的物種（圖 29），這是否代表本質為高山的植物物種在全球暖化的情況下，較有可能滅絕，需要後續進一步的研究。本計畫的山峰最高海拔為3610公尺（表 1），但台灣海拔最高的玉山為3952公尺，中間有三百多公尺的落差，要探討較高海拔植物如何因應暖化情形，需要在此海拔間設立監測點，不過由於GLORIA的山峰要求為基本上不受人為干擾，而3610公尺以上的山峰，基本上都有三角點的存在，為登山人





士必登之處，無法設立山峰樣區。如果需要補充更高海拔永久樣區的缺乏，或可仿效奧地利及北歐的作法（Gottfried et al. 1998；Holten and Aune 2011；Pauli et al. 1999），即設立不含山頭但不同方位之永久性穿越線樣區，由於山頭附近地形的關係，穿越線不需要連續，但組成的基本單位為1 m x 1 m樣區，亦可在旁邊埋設溫度記錄儀，奧地利GLORIA研究團隊在斯圖拜阿爾卑斯山脈主峰附近以間斷穿越線的方式設立1000個1 m x 1 m的樣區；台灣或可在較高海拔處設置類似的間斷穿越線之1 m x 1 m樣區，尤其在與草原不同環境的碎屑岩石山坡，研究的結果將可以更清楚地知道高山植物如何因應暖化。

由於植群嗜熱指數的正向不是很明顯，因此需要探討各山峰物種豐富度的改變是否與物種在海拔分布的上移或下降有關。以山峰分開來看（圖 30），有8座山峰的物種數是增加的，4座山峰物種數不變，僅有3座山峰物種是減少的，而且都只減少1種，山峰物種數增加的過半都超過1種；若以所有山峰的相對海拔來看，則物種數減少的山峰都接近最低海拔的山峰，物種數增加或不變的山峰則沒有一定的規則（圖 30）。不過為避免偶爾出現的物種之可能干擾，將只出現在單一座山峰的單一個山峰區域樣區（SAS）予以去除，其結果（圖 31）與原始數據之結果（圖 30）相較，新增物種數變少，且多僅增加1種；有6座山峰的物種數是增加的，7座山峰物種數不變，有2座山峰物種減少1種。同樣計算物種的海拔上移或下降指數（表 15），發現多數物種是向低海拔移動的，但中央山脈北方的NAH及HQM移動範圍較為明顯，最南的SAC及雪山山脈的SYU則移動範圍極小，近乎沒有移動，DAS則是唯一物種具有明顯上移的目標區域；DAS是物種數增加最多的目標區域，NAH及HQM的物種數小減或持平，SAC及SYU則小增，物種數變化與上下移動範圍之間，看似有一定的關聯，實際的關係則待進一步的分析。

整體而言，台灣高山地區的植物多樣性受到全球暖化衝擊較為明顯的是較高海拔的物種以及分布範圍較為狹小的物種；其他物種及整體植群所遭受的衝擊，短期內明確但並不明顯，需要較長時間的監測才能有一定的結論。





伍、建議

高山地帶生態系統對於溫度的上升最為敏感，因為高山主要是由低溫條件所構成的生態系統 (Pauli et al., 2003)；GLORIA以歐洲的實際數據資料發表之暖化影響的初步定量資訊 (Gottfried et al. 2012；Pauli et al. 2012) 顯示整體而言，北溫帶歐洲的高山地區植物物種豐富度增加，但地中海地區的高山植物物種豐富度則是降低的；但更重要地，如果將植物依其生育地的溫度偏好－嗜溫性 (thermophilization) 分類，適應溫暖氣候的物種增加，適應寒冷氣候的物種則相對地減少，部分物種將擴散分布海拔，較低海拔的高山山峰會有較多低海拔及廣泛分布的物種移入。綜合首次調查及複查的資料，台灣高山的物種豐富度是增加的，但植物移動的上下距離不大；同樣的觀察出現在嗜溫性指數，增加但變動很小；較高海拔的分布範圍狹隘物種則較有消失危機。由於首次調查及複查的七年期間，全球溫度是波動的，雖然整體趨勢是增溫的，所以台灣高山的物種豐富度變化，需要較長時間的監測來確定；且由於台灣高山可工作時間極短，又常受到颱風需撤退的限制，資料整理時間不足，數據的準確度可能因此未能完全符合GLORIA嚴格的要求；因此建議監測需要繼續進行，但每年僅進行一個目標區域的複查，如此時間較為充裕，更符合GLORIA嚴格要求的資料應該可以提供更為精準的結果及預測。又高海拔的分布範圍狹隘物種因較有滅絕危機，因此建議進行標本館標本資料的收集來確定有多少種類，並分析其地理分布及近幾年來之可能移動情形。

本計劃因限於GLORIA山峰的要求，在海拔上最高僅至3610公尺，極為需要資訊的更高海拔物種反而大部分不包括在調查中，因此建議較高海拔處設置類似歐洲的間斷穿越線之1 m x 1 m樣區一至二處，此將包括碎屑岩石山坡在內，結果將可以更清楚地知道這些高山植物如何因應暖化的情形。



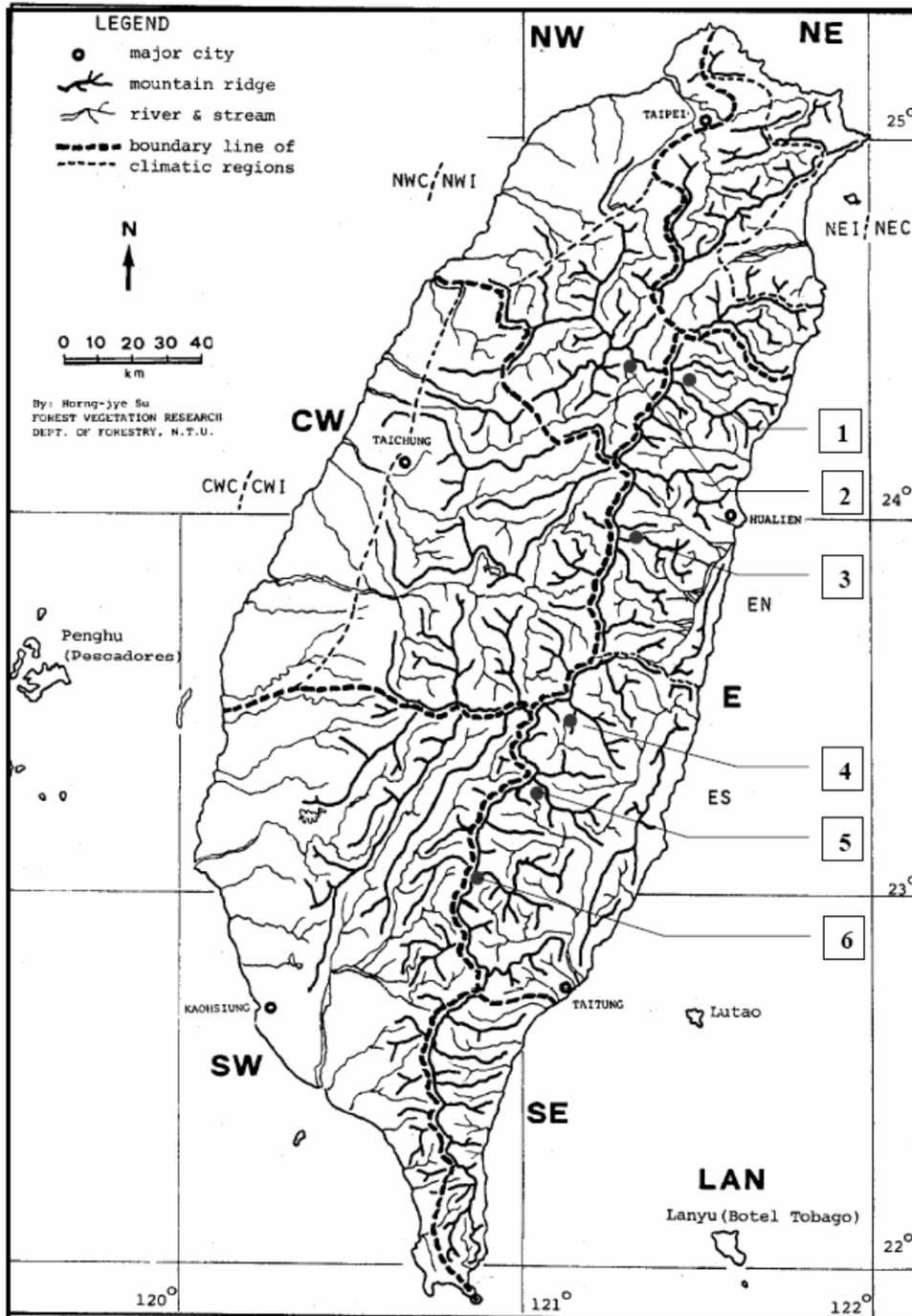


圖 1 目標區域於台灣地理氣候區之分布圖。地理氣候區依照蘇鴻傑 (Su 1985) 的分類系統。地理氣候區共計分為 11 個：東北近海區 (NEC)、東北內陸區 (NEI)、蘭嶼區 (LAN)、東區北段 (EN)、東區南段 (ES)、西北近海區 (NWC)、西北內陸區 (NWI)、中西部近海區 (CWC)、中西部內陸區 (CWI)、西南區 (SW) 及東南區 (SE)。目標區域代號：1 = 南湖目標區域；2 = 雪山目標區域；3 = 合歡奇萊目標區域；4 = 大水窟山區；5 = 三叉目標區域；6 = 卑南主山目標區域 (未設立)。



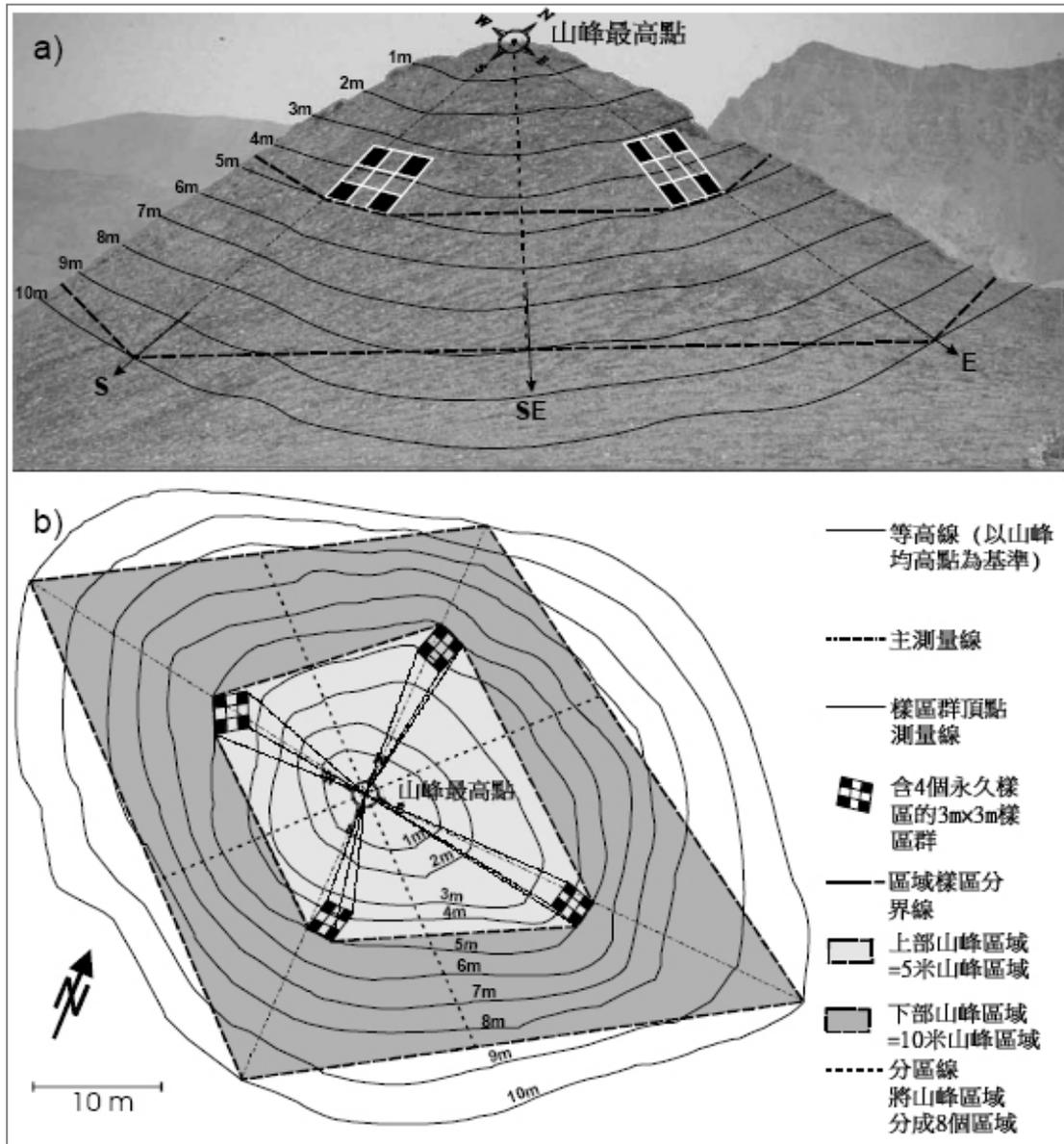


圖 2 多峰調查法之樣區設置圖。



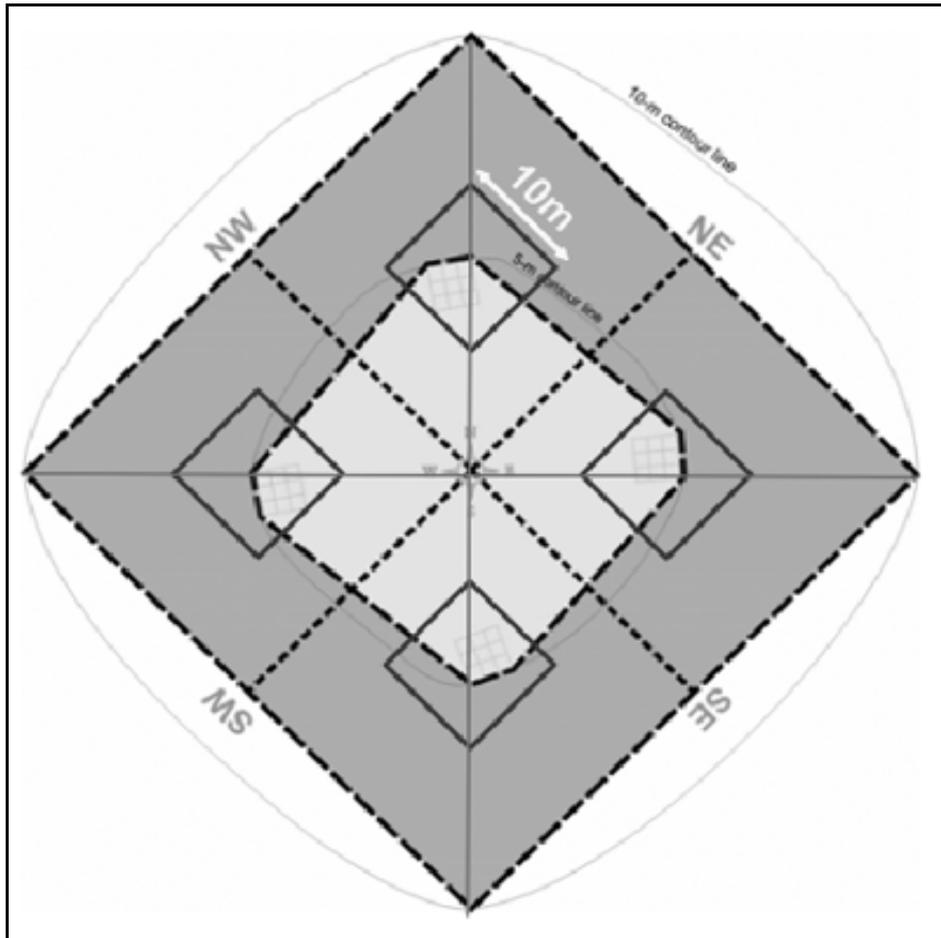


圖 3 10 m × 10 m 樣區設置位置。

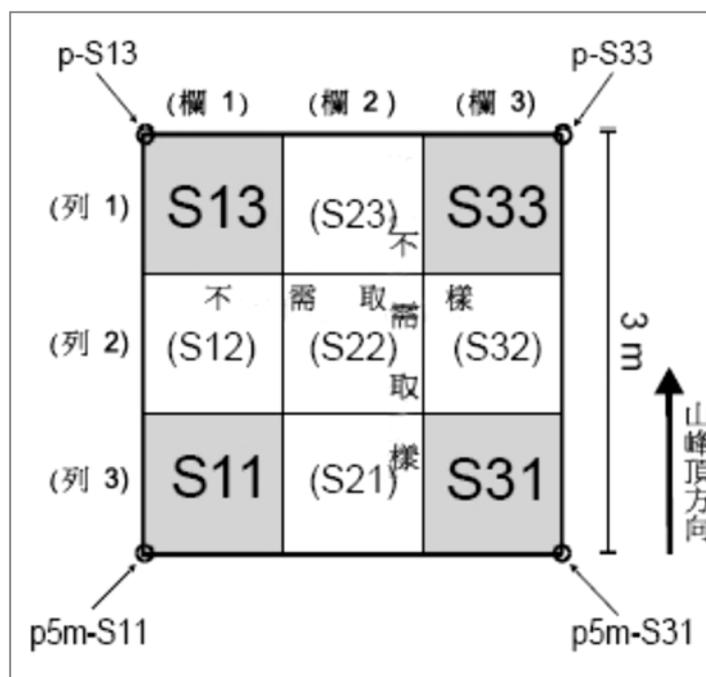


圖 4 樣區群的樣區編號與測量點的數字序號。



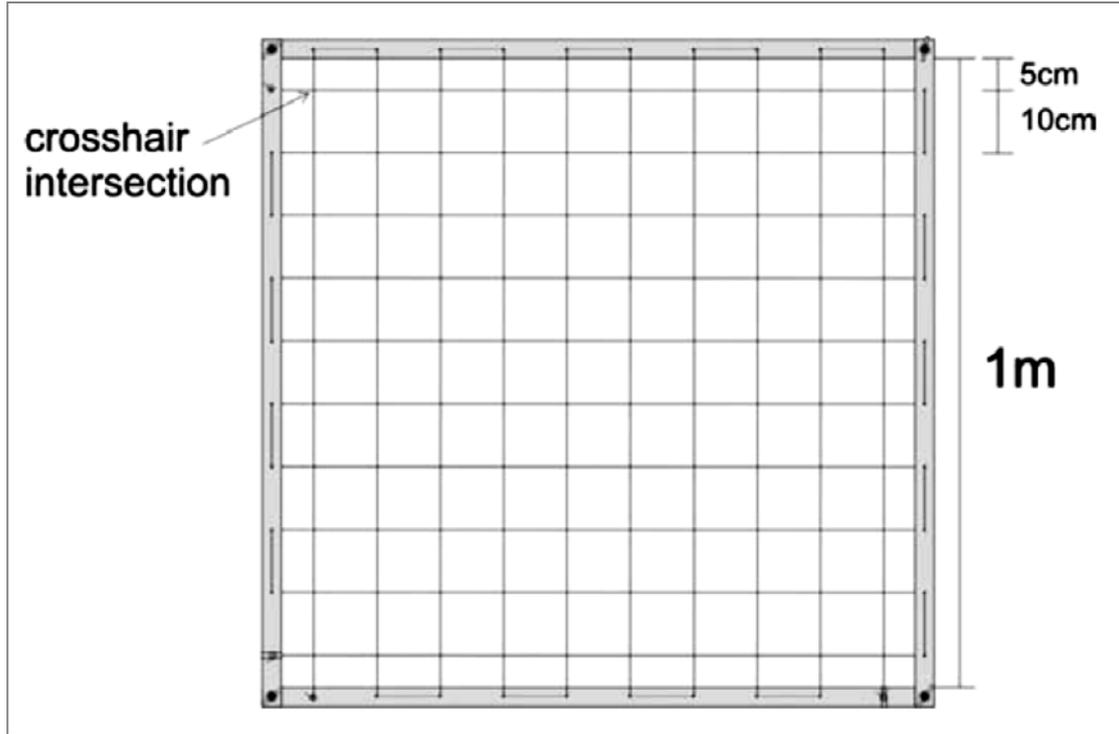


圖 5 平方公尺點擊法網格框。

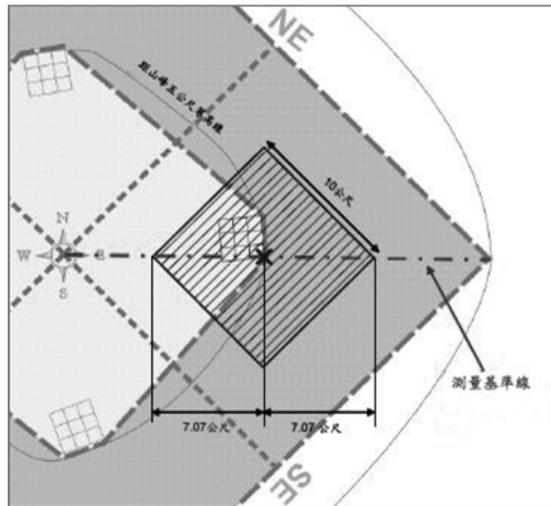


圖 6 10 m × 10 m 樣區內之調查線設置圖。

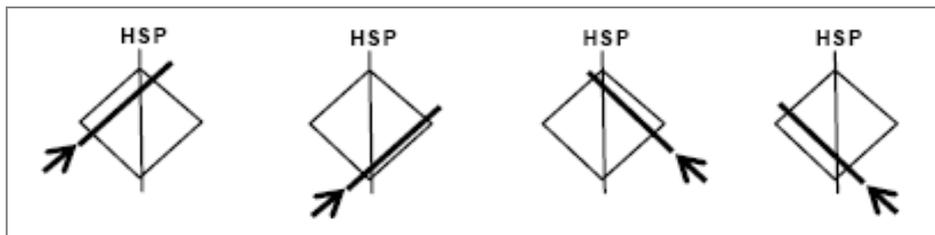


圖 7 10 m × 10 m 樣區之起始調查線及調查方向。



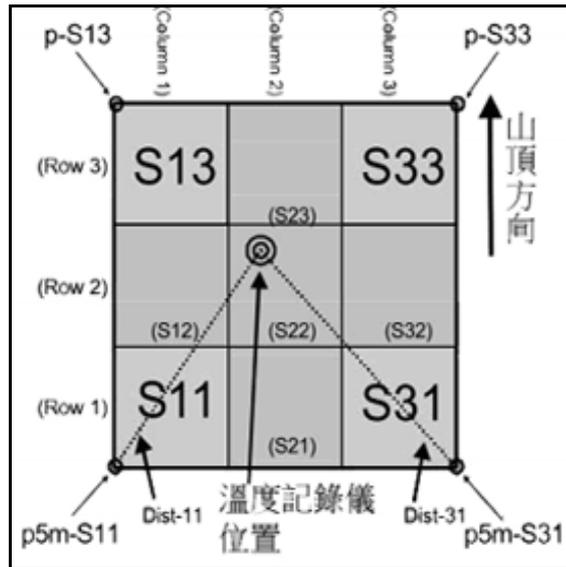


圖 8 溫度計錄儀埋設位置圖。

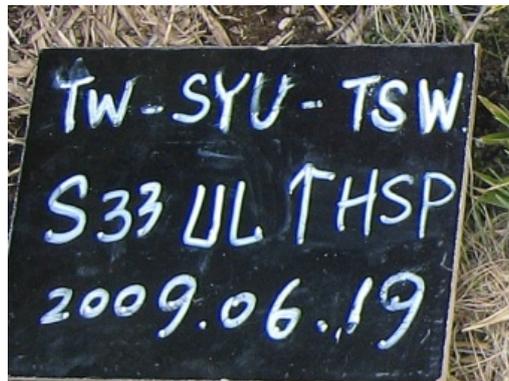


圖 9 樣區代號格式黑板範例圖。



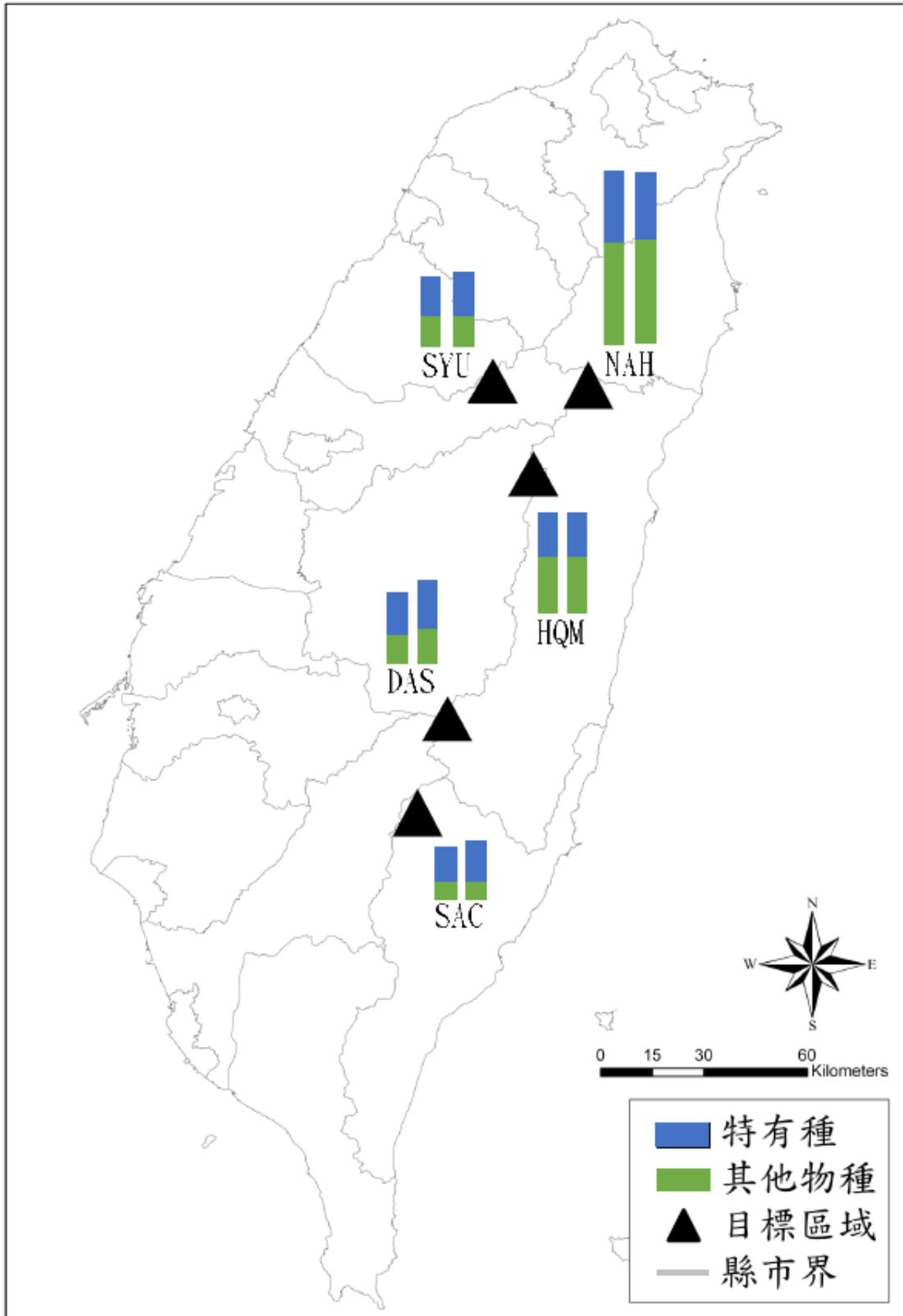


圖 10 目標區域分布及兩次調查物種長條圖。物種長條圖左邊為首次調查資料，右邊為複查資料。



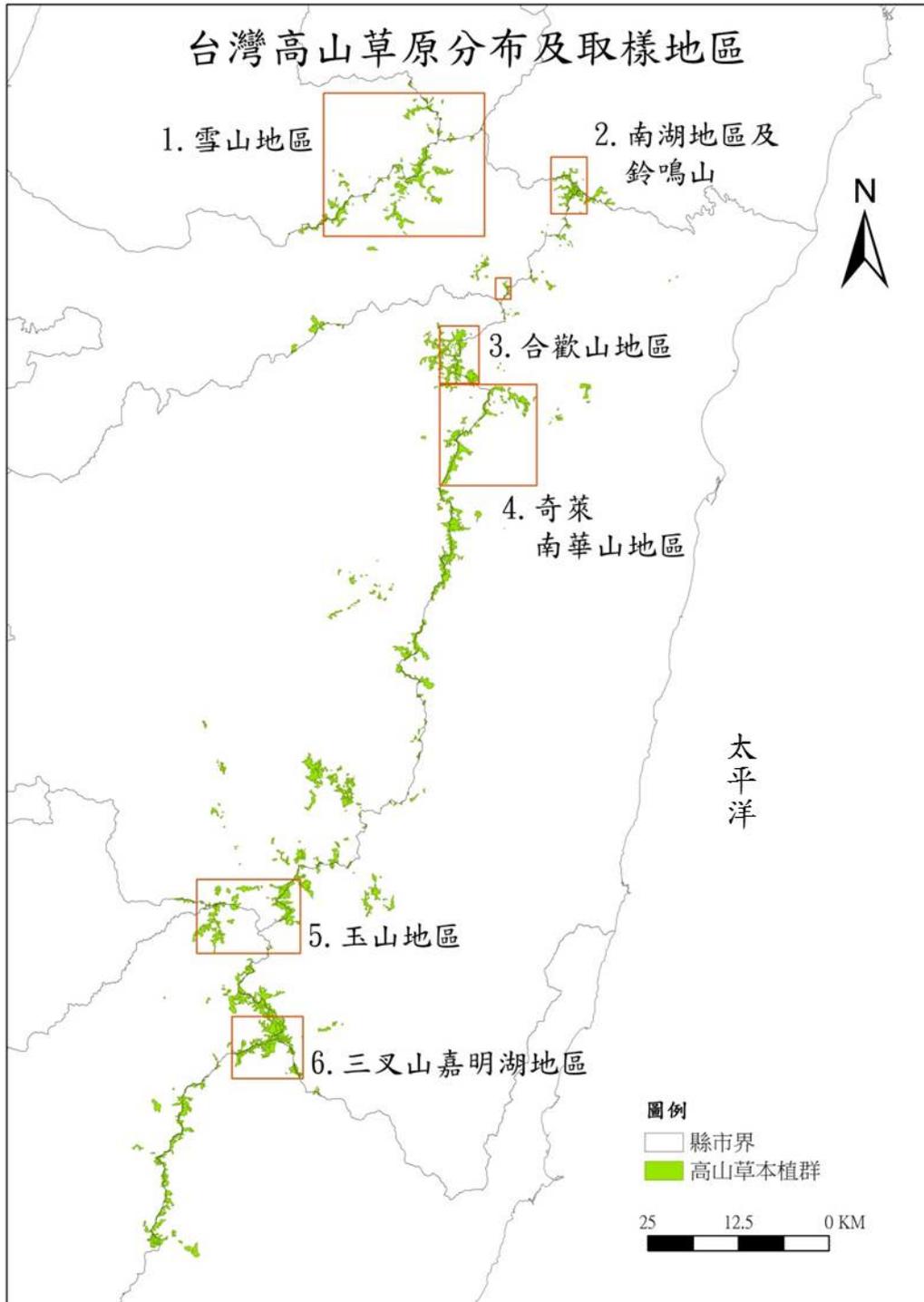


圖 11 高山草原植群分類的樣區分布圖。



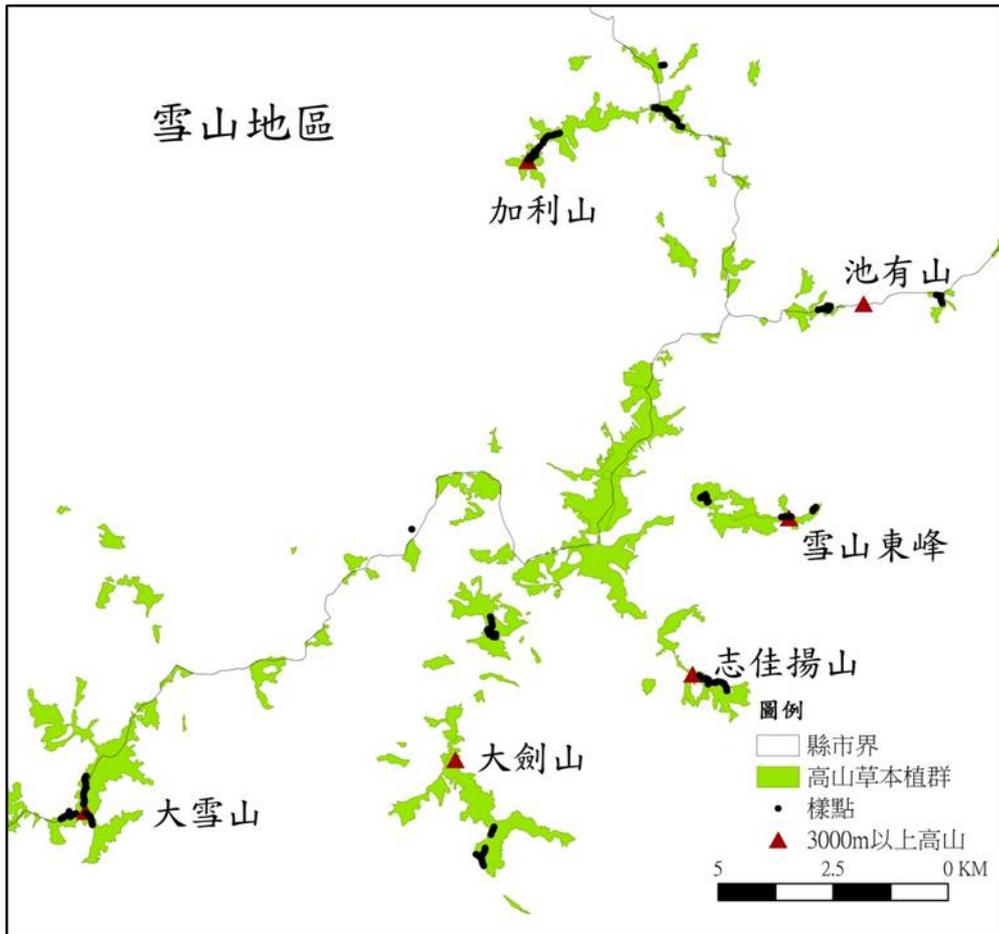


圖 12 高山草原植群分類的雪山地區樣區分布圖。





圖 13 高山草原植群分類的南湖大山及鈴鳴山地區樣區分布圖。



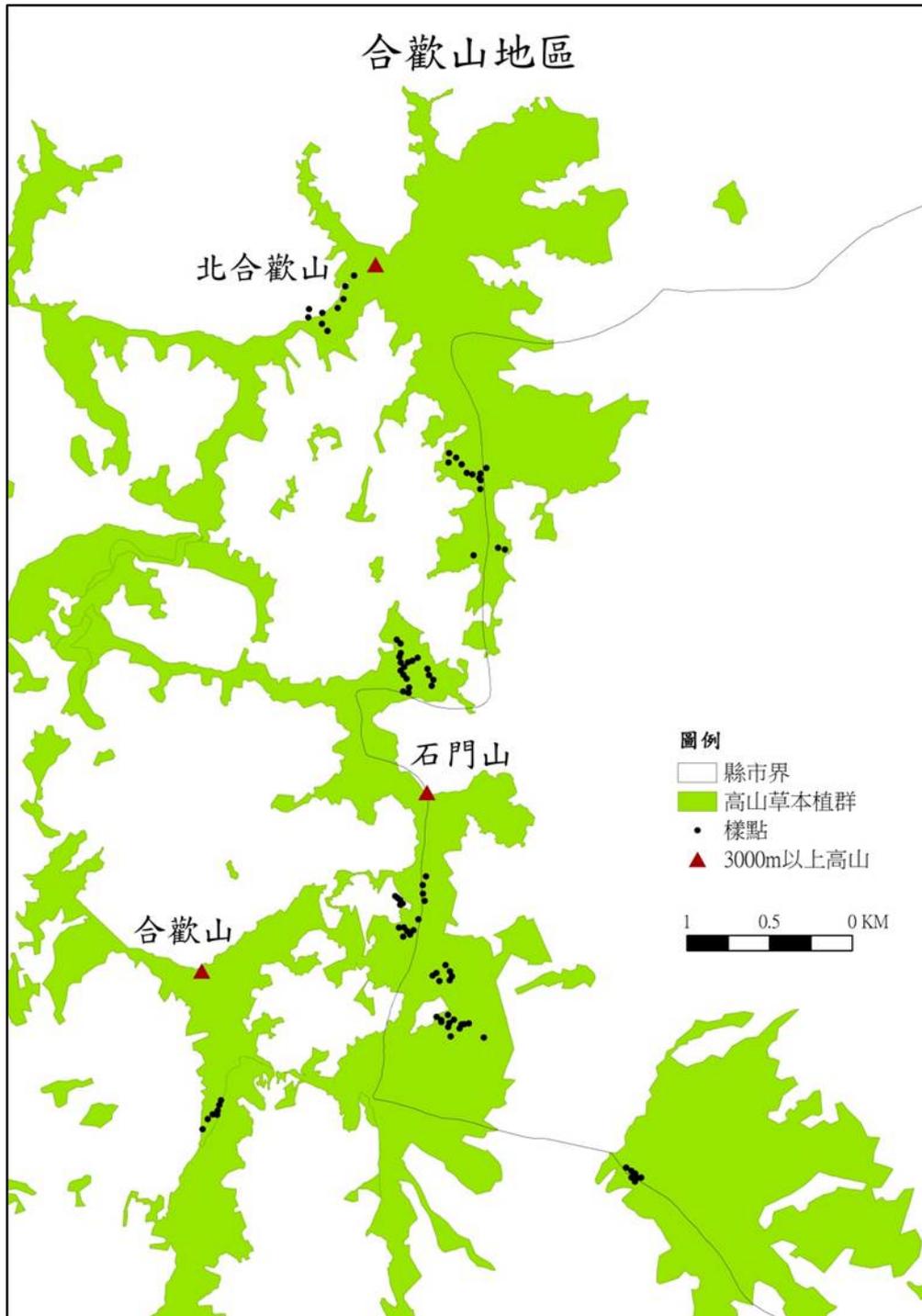


圖 14 高山草原植群分類的合歡山地區樣區分布圖。

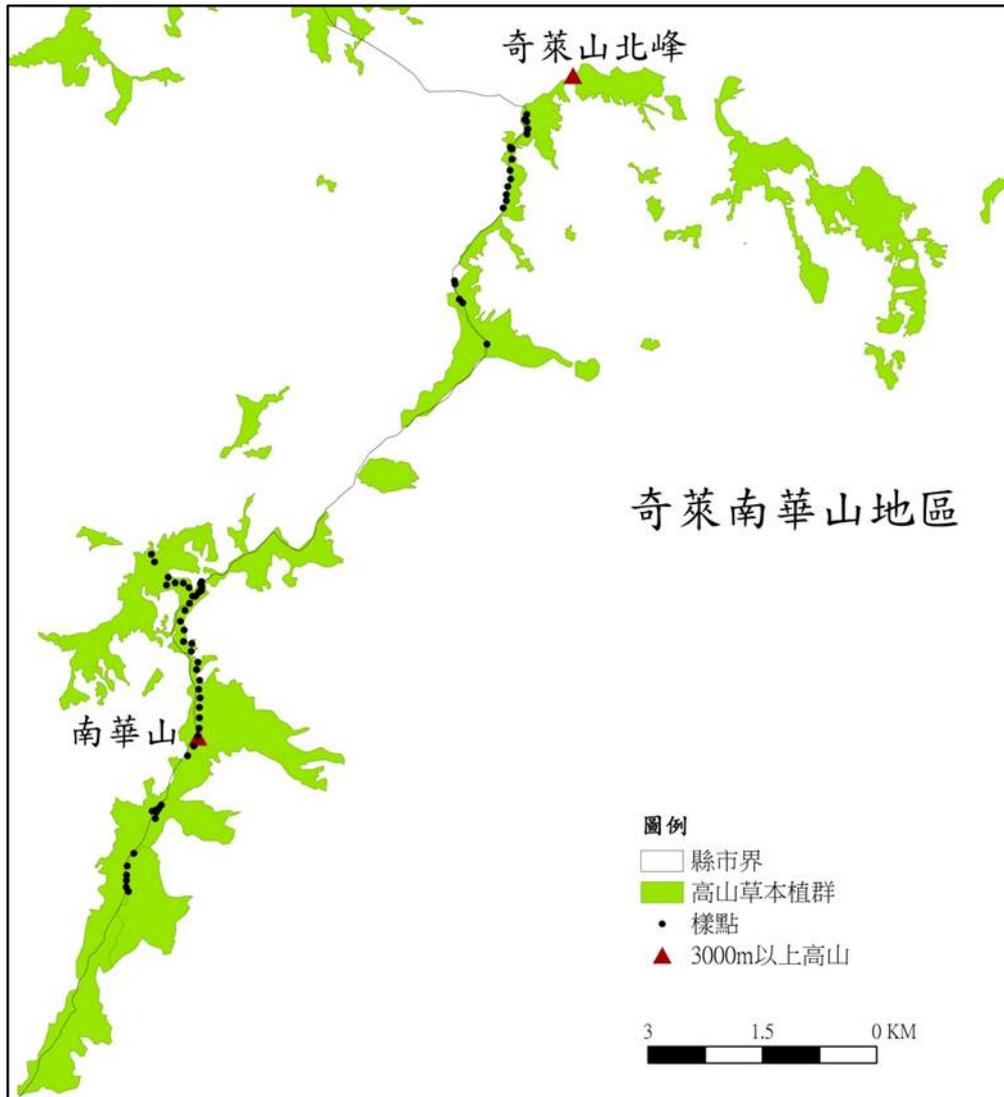


圖 15 高山草原植群分類的奇萊南華山地區樣區分布圖。



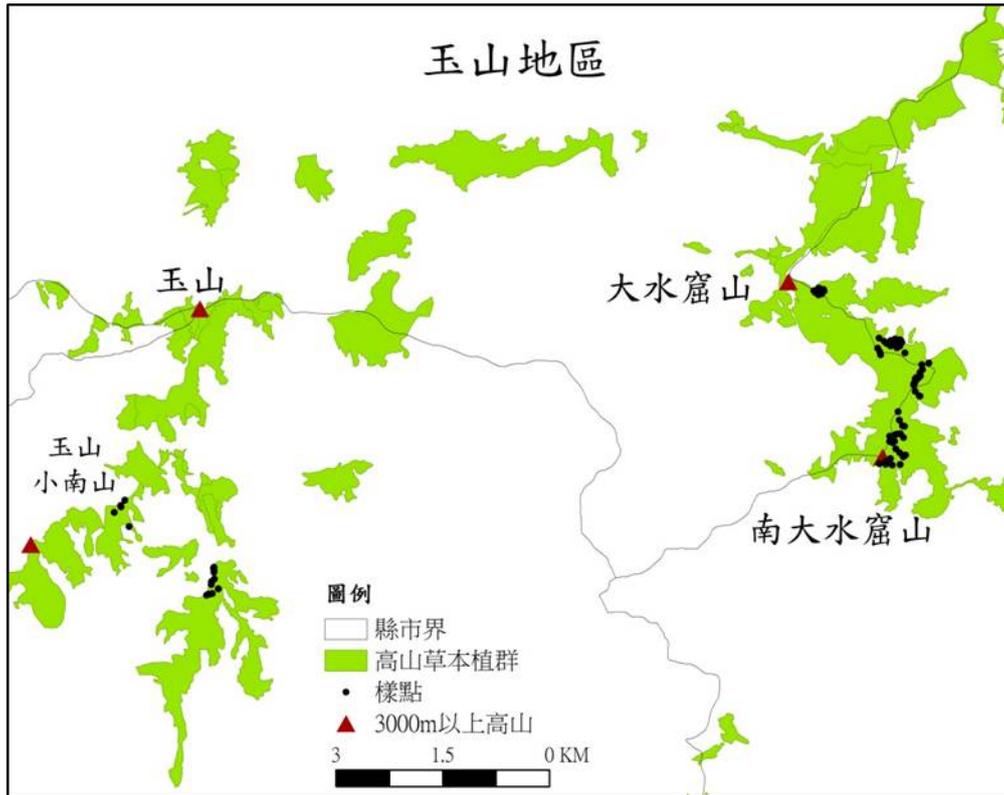


圖 16 高山草原植群分類的玉山地區樣區分布圖。

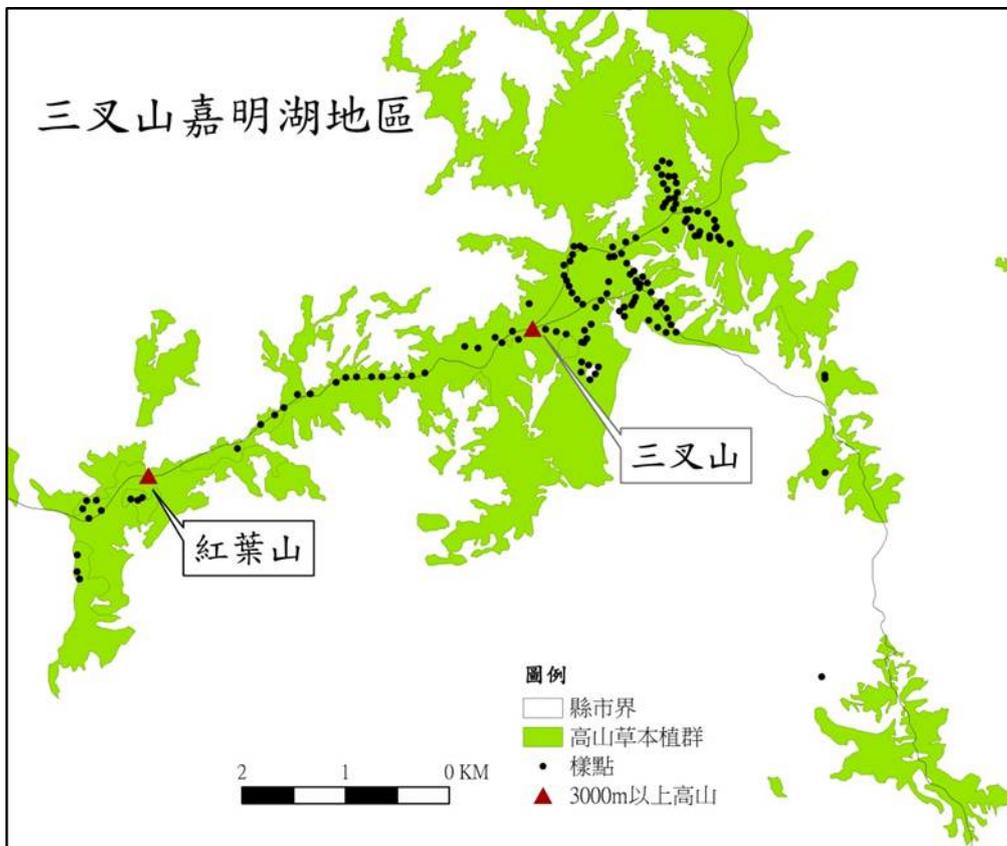


圖 17 高山草原植群分類的三叉山嘉明湖地區樣區分布圖。

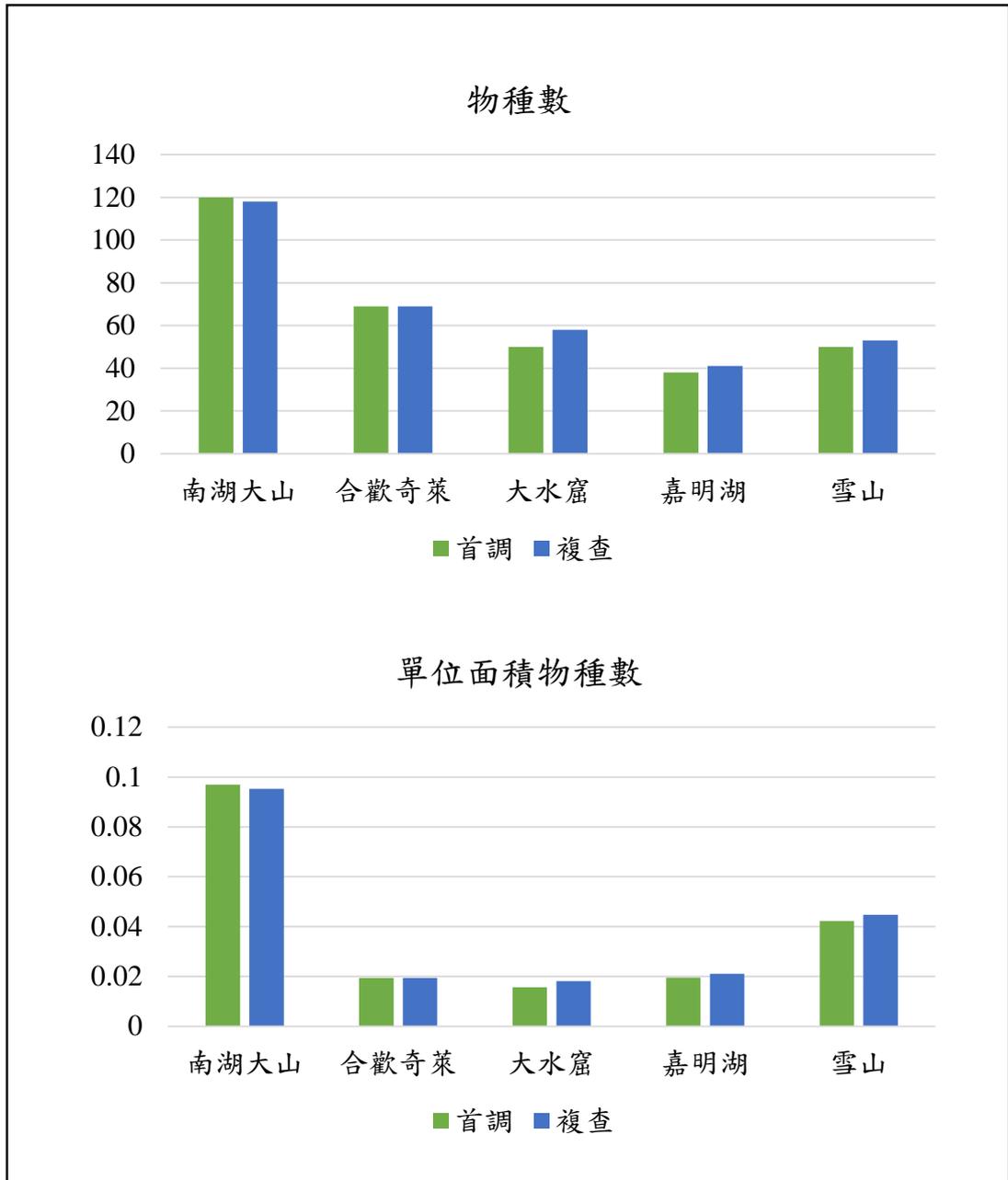


圖 18 目標區域兩次調查間物種數與單位面積物種數比較圖。



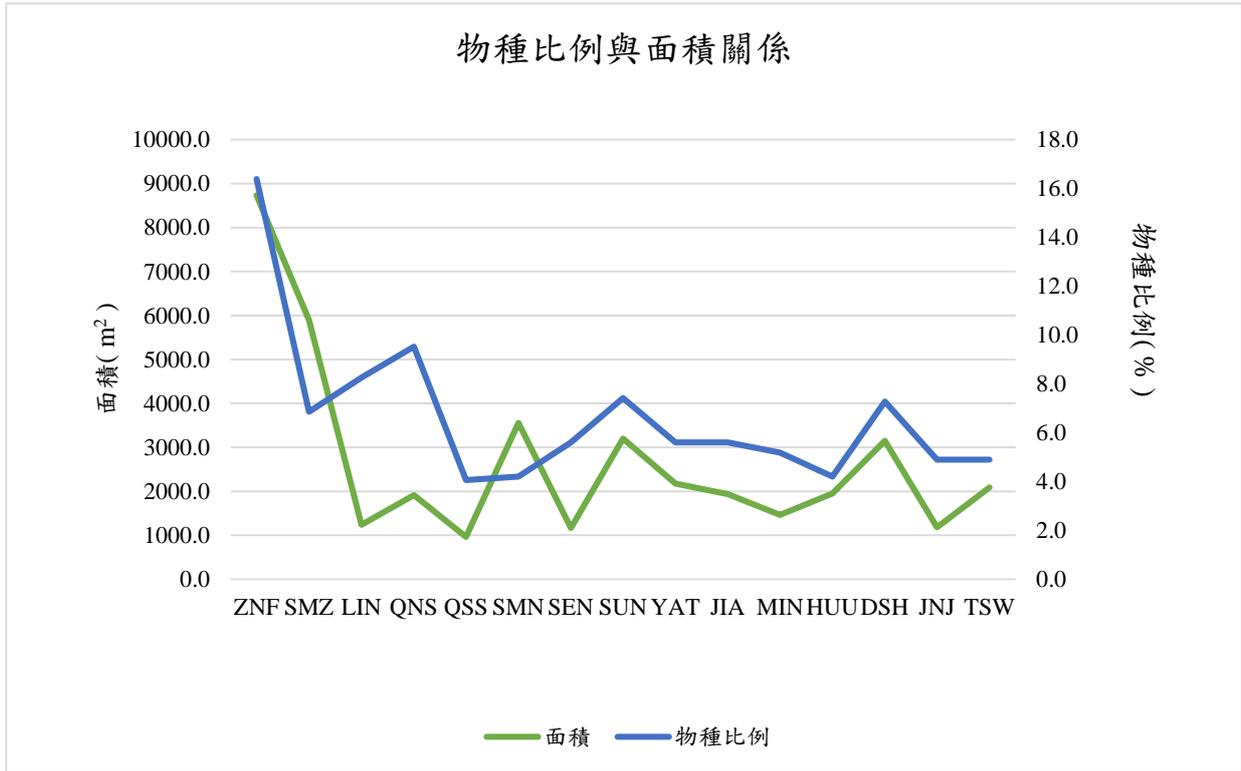


圖 19 GLORIA 15 座山峰之物種比例與面積關係折線圖。



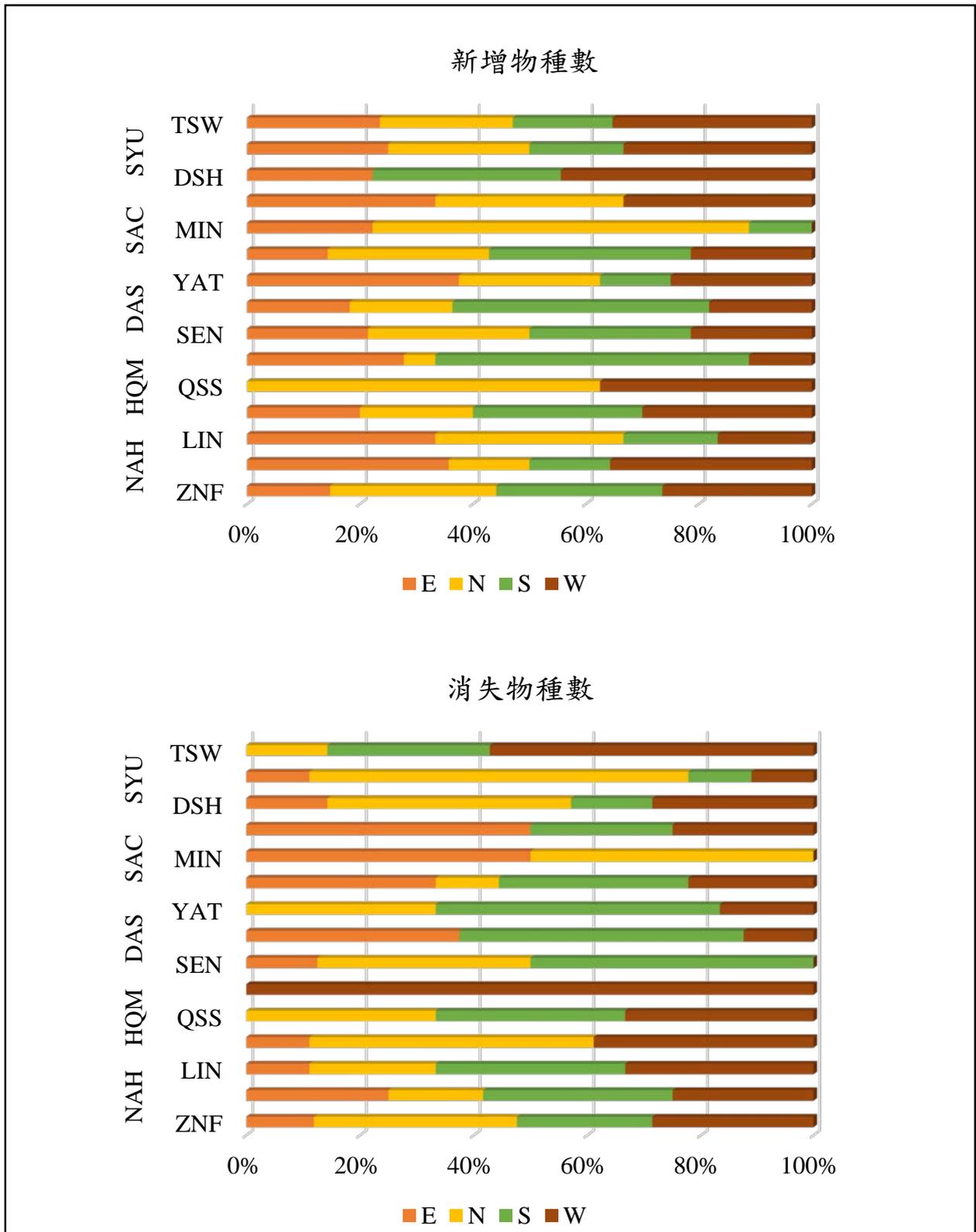


圖 20 山峰五年後新增與消失物種於各方位的百分比。



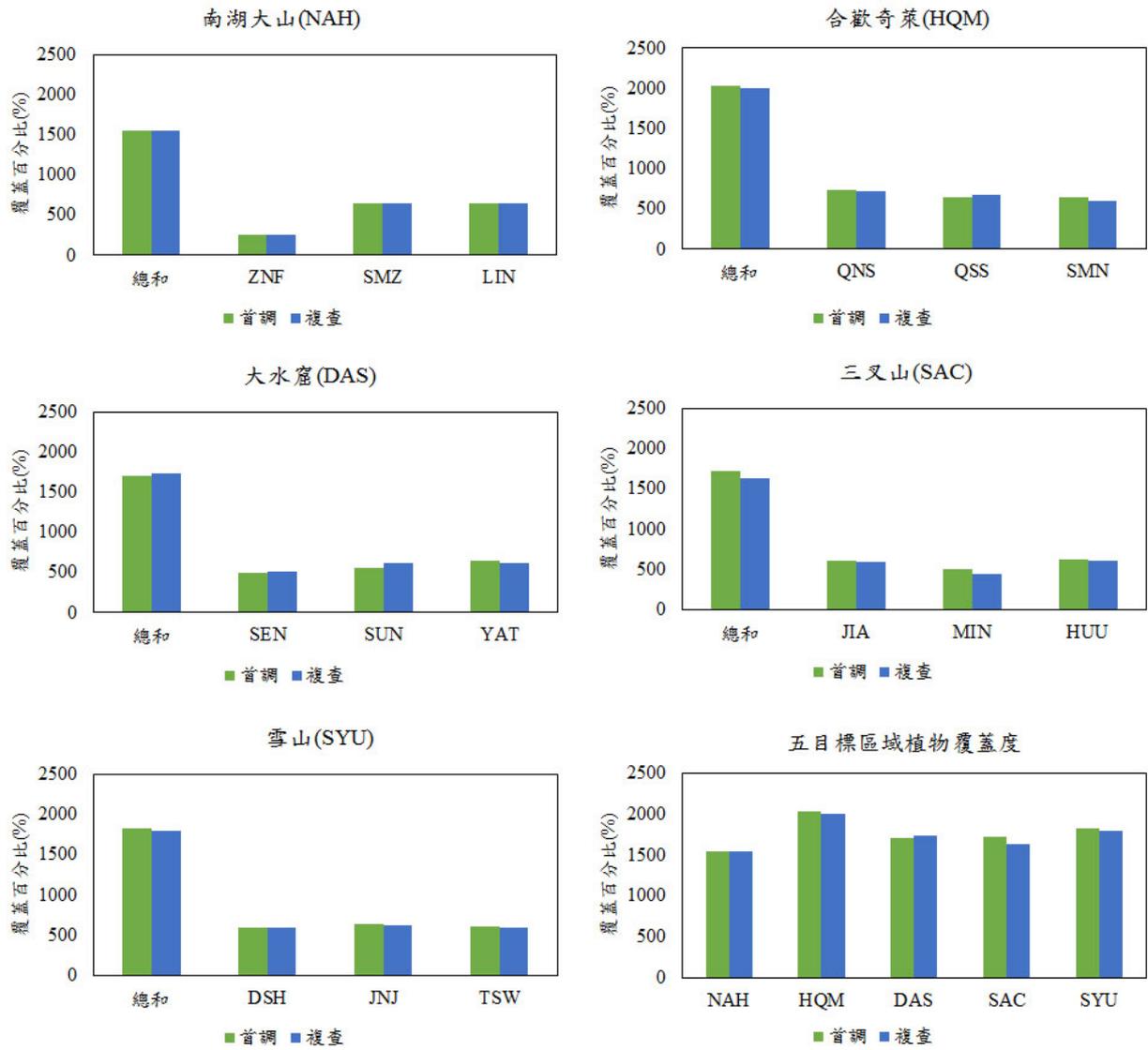


圖 21 目標區域五年間之植物覆蓋度比較。



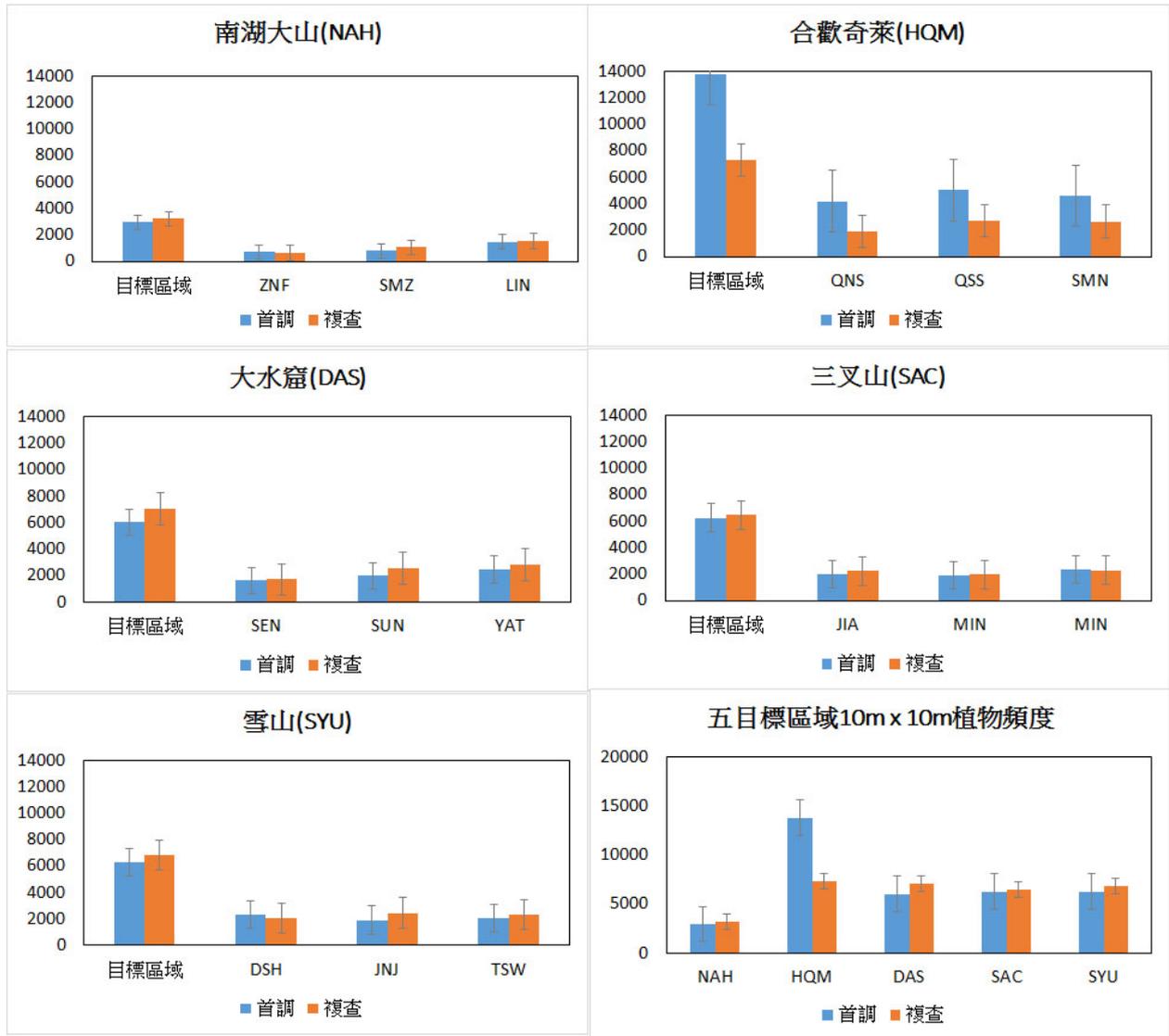


圖 22 目標區域 10 m x 10 m 樣區五年間之植物頻率比較。



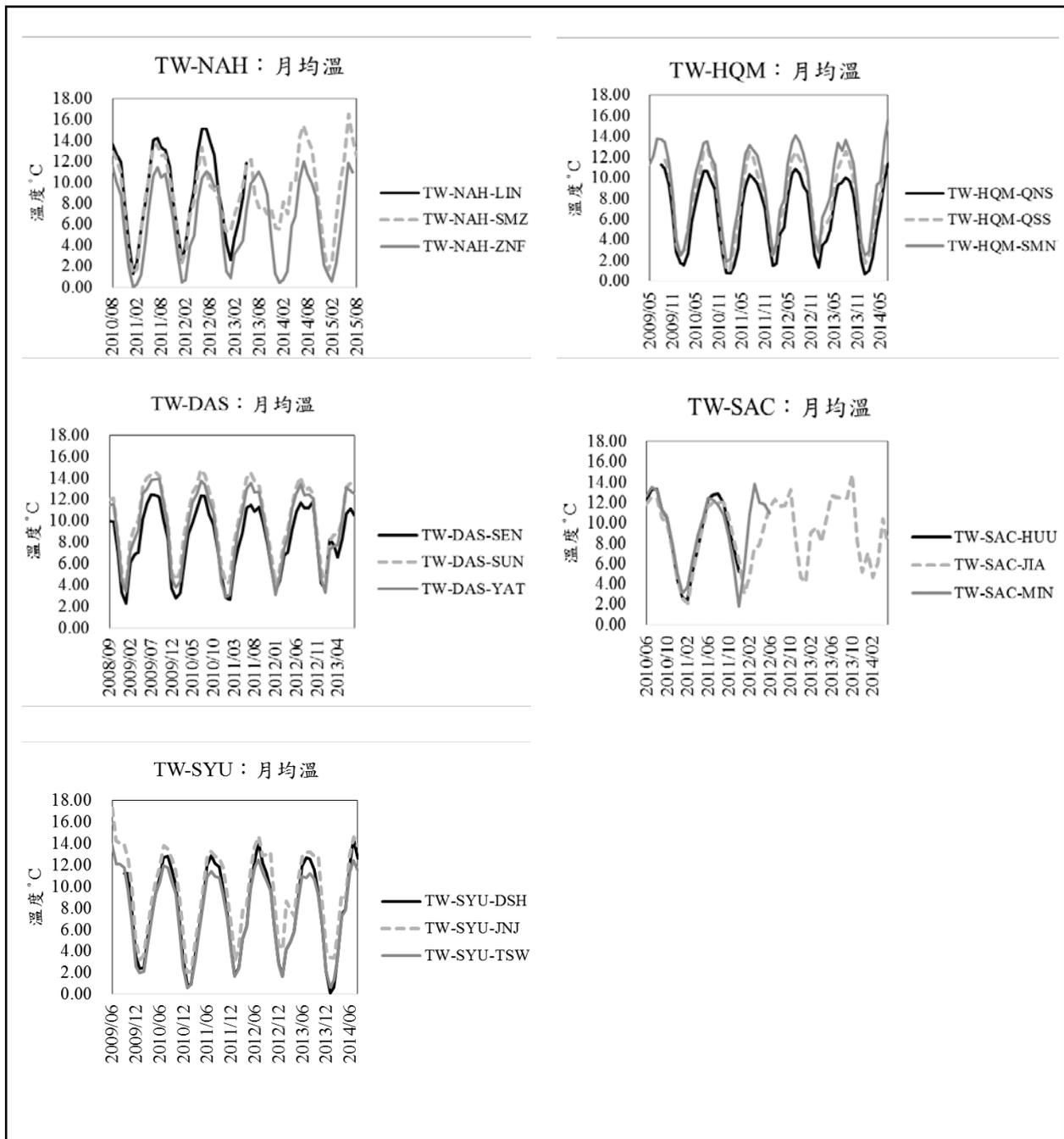


圖 23 目標區域各山峰土壤月均溫曲線變化圖。



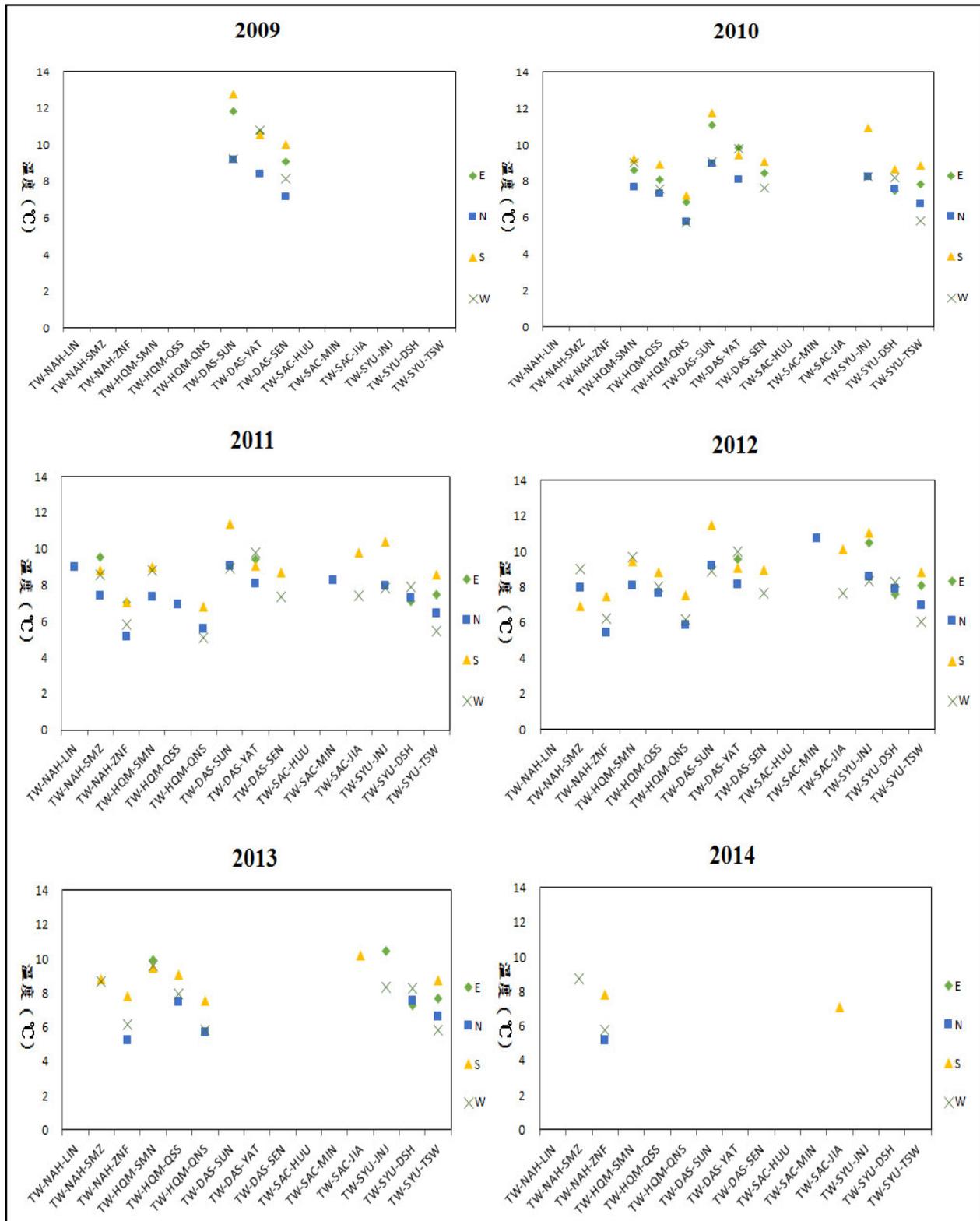


圖 24 目標區域山峰各方位之土壤年均溫圖。



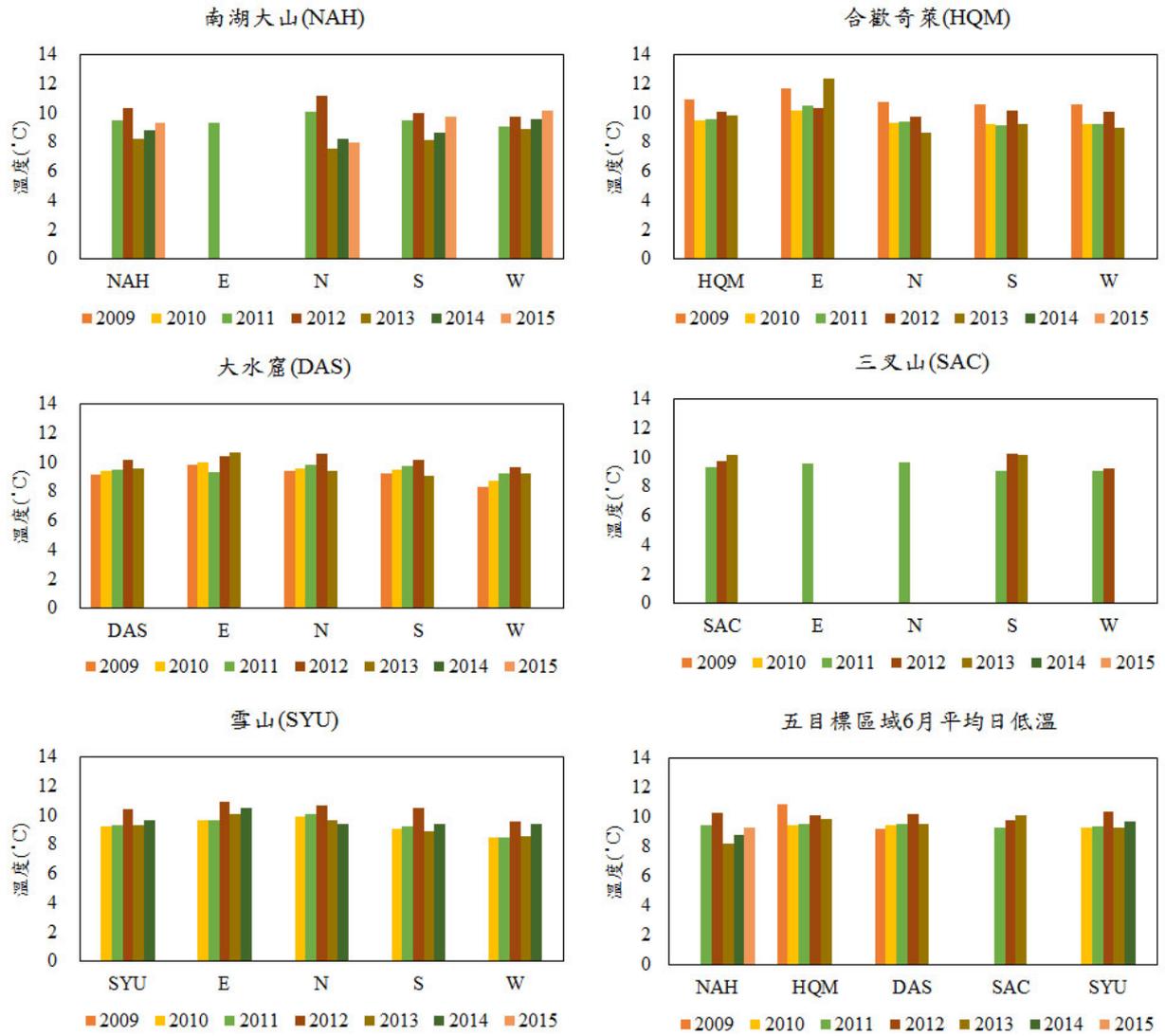


圖 25 目標區域方位六月平均日低溫圖。



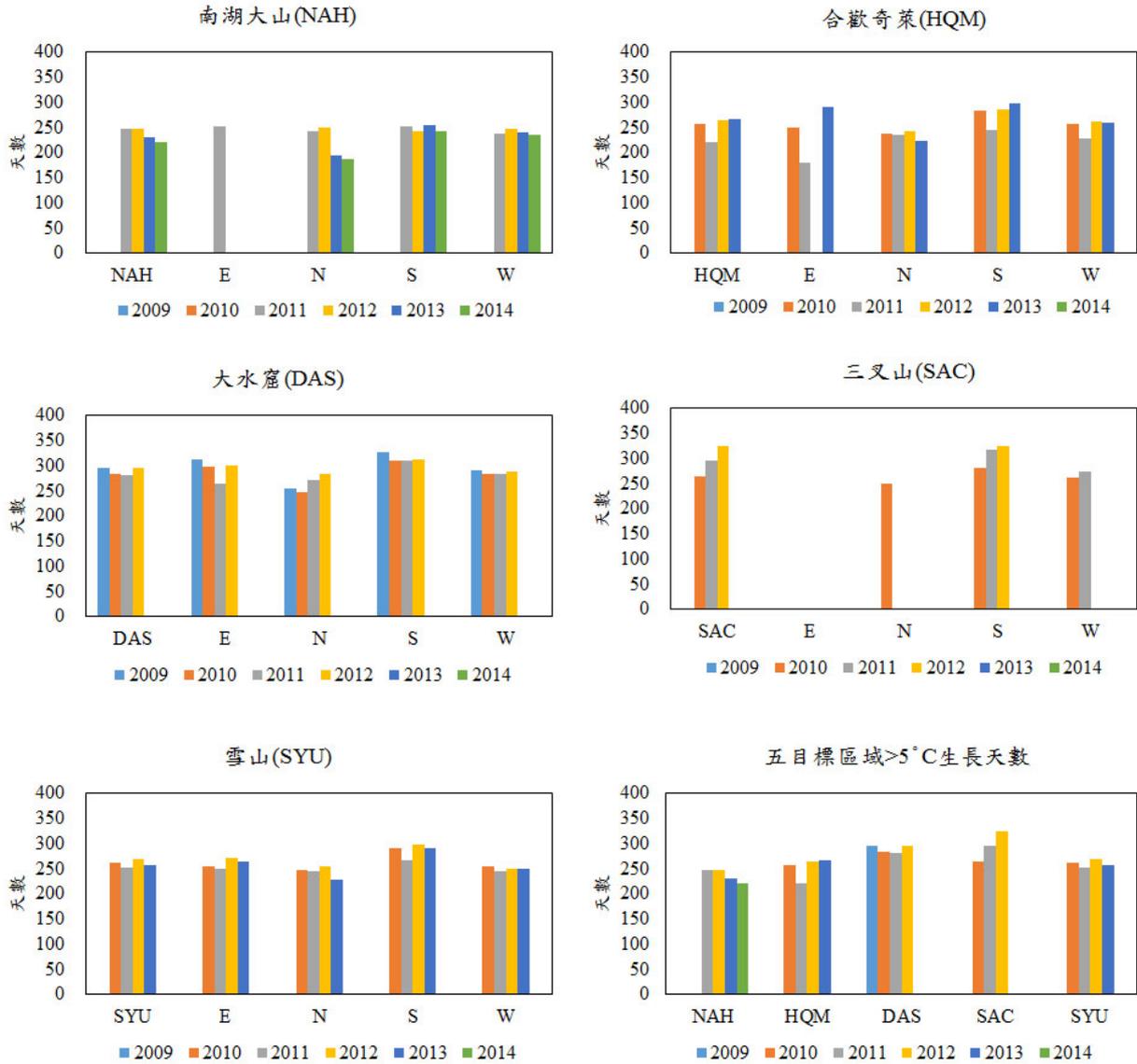


圖 26 目標區域方位不同年份之生長天數圖。



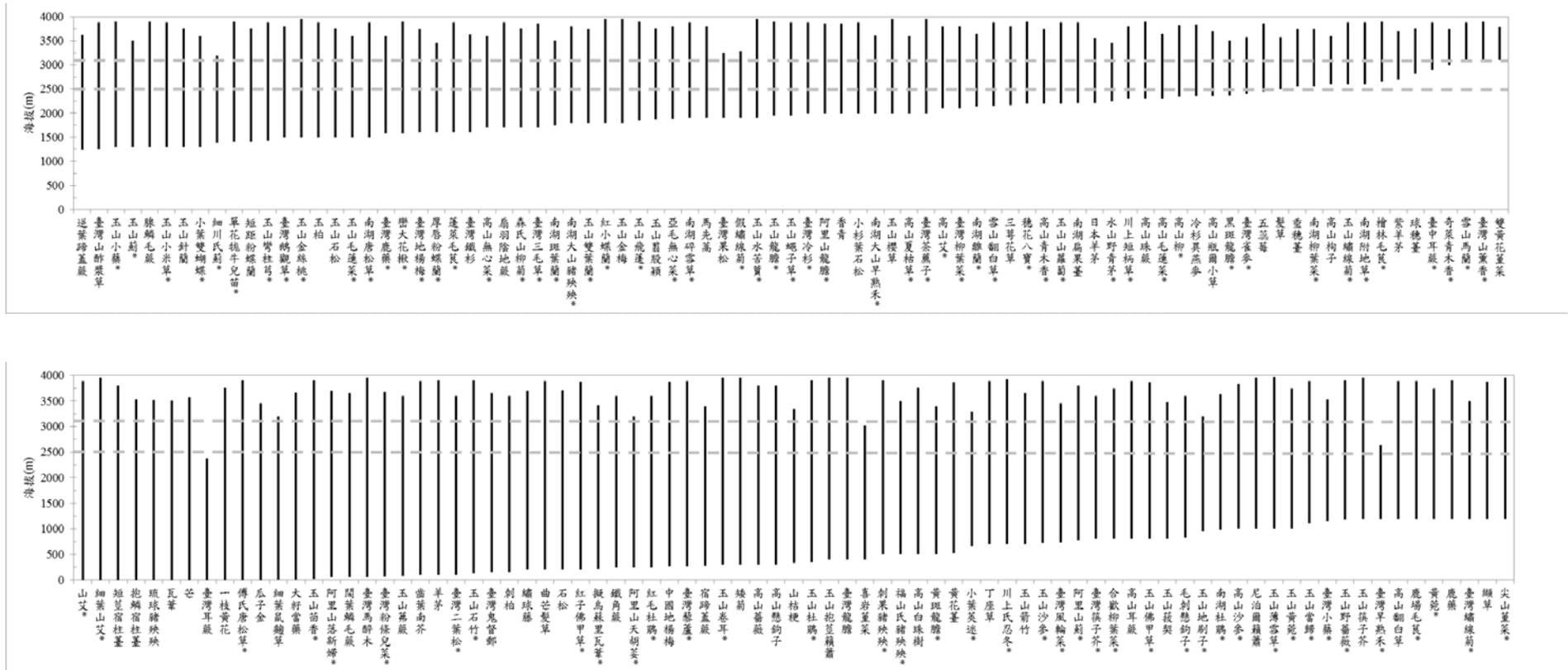


圖 27 GLORIA 調查物種之海拔分布上下限。收集台灣各線上植物標本館與植群調查資料，調查物種之海拔分布上下限，且物種依海拔下限由低往高排列。線上標本館為：林業試驗所植物標本館、台灣大學標本館、臺灣本土植物資料庫、台灣野生植物資料庫和國立自然科學博物館數位典藏。圖中位於海拔 2500 公尺和 3100 公尺各有一條灰色虛線，做為高山物種、樹線-高山物種、廣泛分布種和低海拔物種分群之依據；物種名後有『*』為特有种。



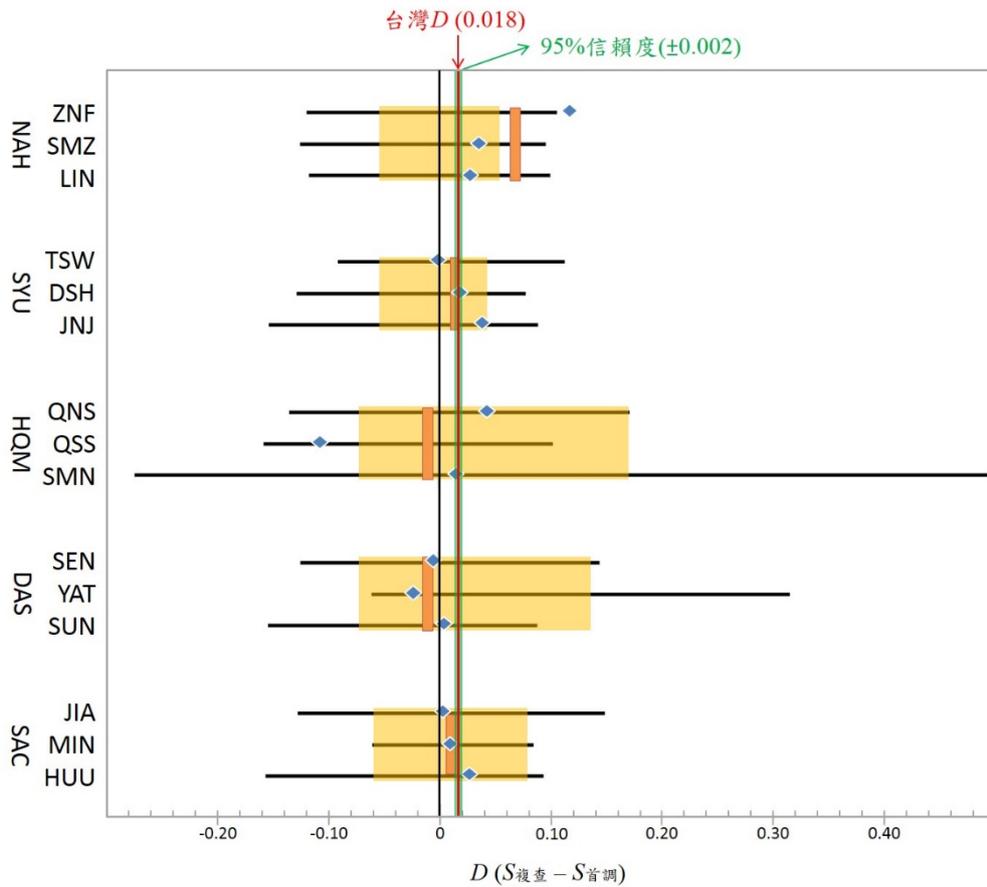


圖 28 各目標區域之植物嗜熱性指數 D 。細黑色橫線，為各山峰植物嗜熱性指數 D 的最高值和最低值範圍；藍色白邊菱形，為各山峰的植物嗜熱性指數 D ；寬橘色長條型，為各目標區域植物嗜熱性指數 D 的最高值和最低值範圍；扁深橘色四方形，為各目標區域的植物嗜熱性指數 D ；紅線和綠色陰影，為在 95% 信賴度下，臺灣的植物嗜熱性指數 D ；黑色橫線，為 $D=0$ ；五目標區域由北往南向下排列，目標區域中的山峰由海拔高往低向下排列。



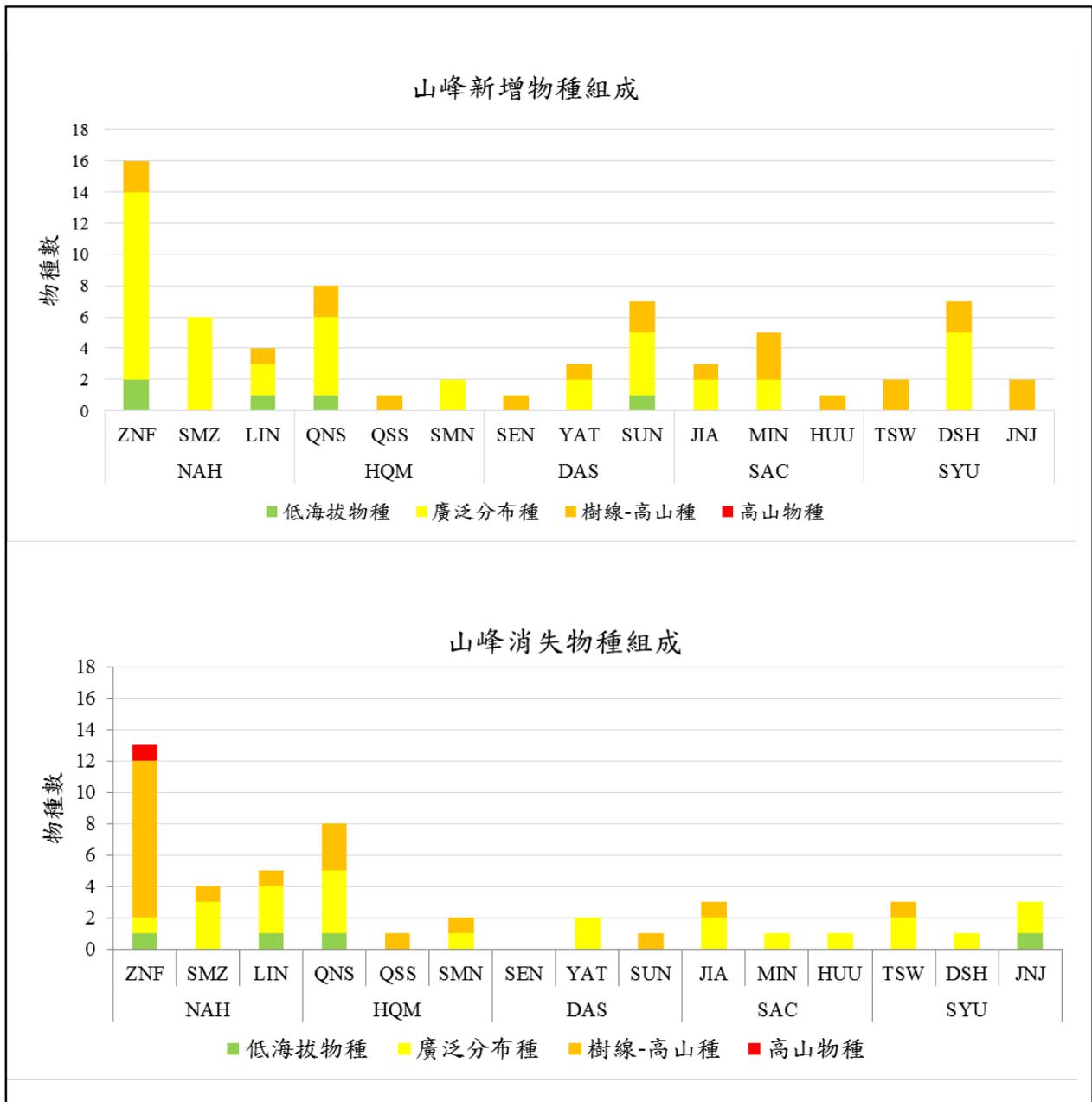


圖 29 GLORIA 15 座山峰變動物種組成。依物種海拔分布上下限圖將所有調查物種分類為高山物種(alpine zone)、樹線-高山物種(treeline-alpine zone)、廣泛分布種(montane-treeline-alpine zone)和低海拔物種(montane-treeline zone)。



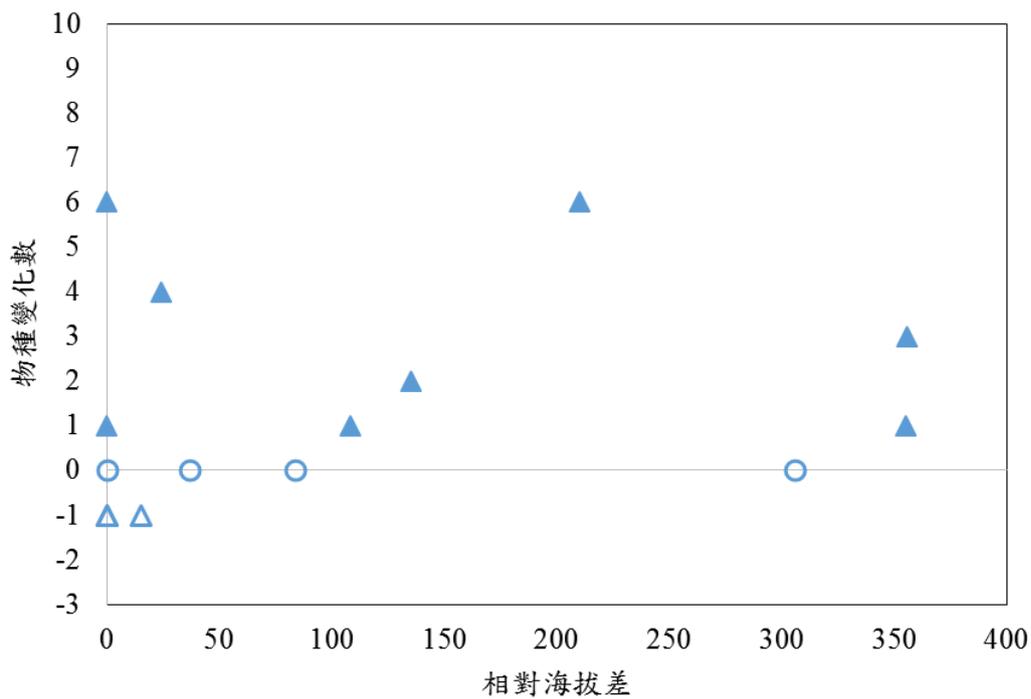
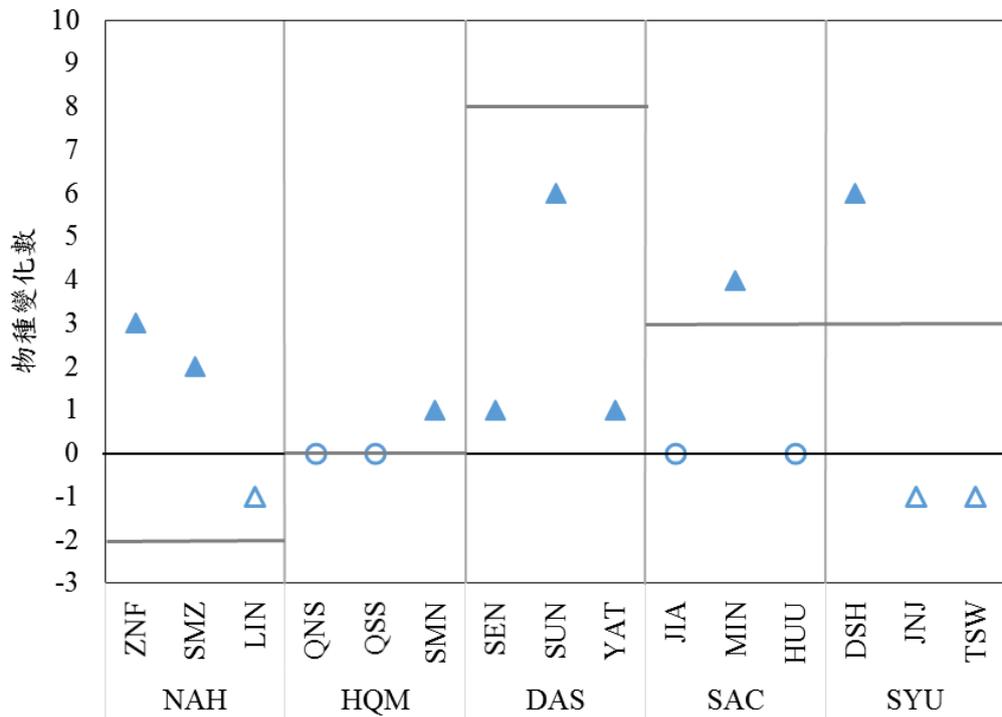


圖 30 兩次調查間各山峰物種數變化與相對海拔差之關係。資料為所有物種。實心三角形表示五年間物種增加之山峰，空心圓為五年間物種數相同之山峰，空心三角形為五年間物種減少之山峰。上圖中，各目標區域新增或減少的物種數以灰色橫線表示。



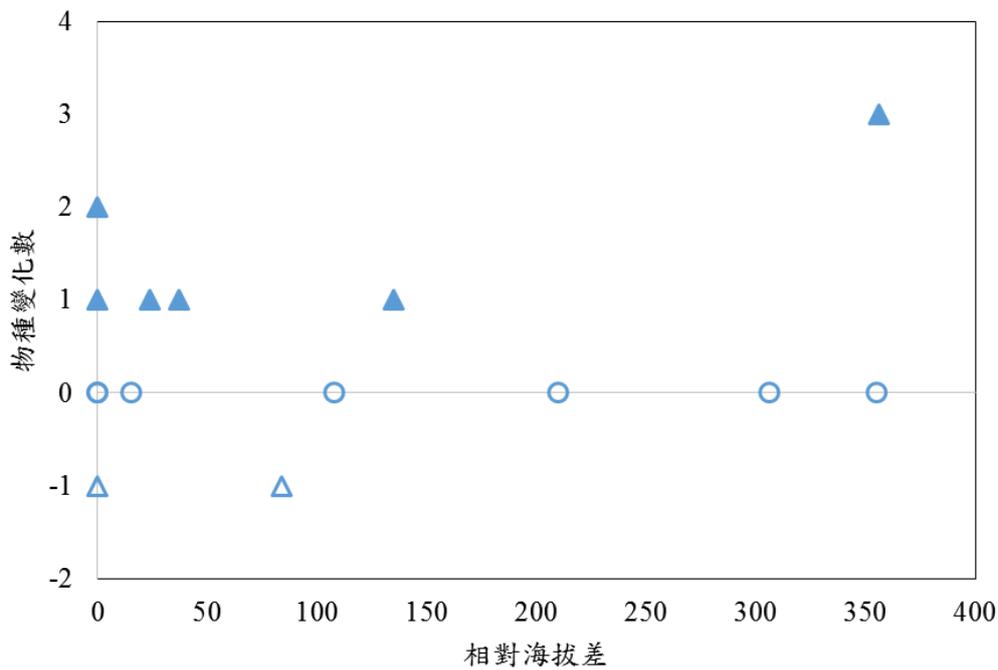
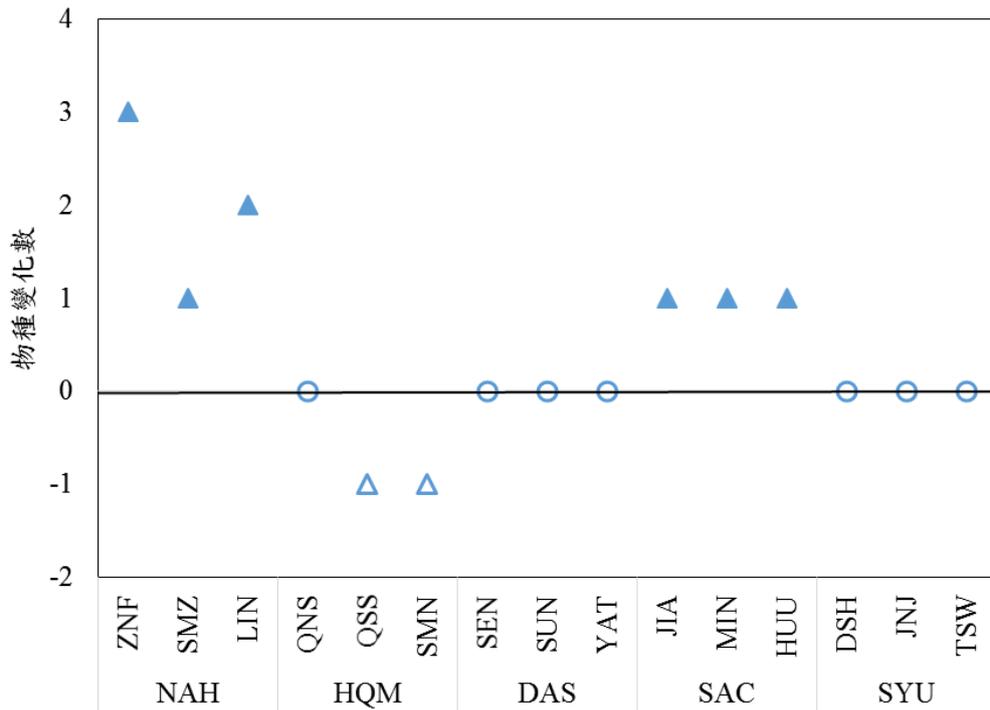


圖 31 兩次調查間各山峰調整後物種變化與相對海拔差之關係。目標區域中只出現在單一 SAS 之物種未納入圖中。實心三角形表示五年間物種增加之山峰，空心圓為五年間物種數相同之山峰，空心三角形為五年間物種減少之山峰。上圖中，各目標區域新增或減少的物種數以灰色橫線表示。





表 1 GLORIA 目標區域及山峰代碼。

目標區域	山峰	海拔 (m)	緯度 (N)	經度 (E)	植群帶或過渡帶
NAH (南湖大山)					
	ZNF	3575	24°21'42.4"	121°26'38.7"	上高山區
	SMZ	3354	24°23'04.2"	121°25'42.3"	樹線過渡帶
	LIN	3219	24°14'54.0"	121°20'51.7"	樹線過渡帶
HQM (合歡奇萊)					
	QNS	3497	24°06'55.0"	121°19'49.5"	樹線過渡帶
	QSS	3275	24°03'12.6"	121°16'37.9"	下高山區
	SMN	3191	24°09'33.1"	121°16'25.4"	上高山區
DAS (大水窟)					
	SEN	3610	23°28'17"	121°02'34"	下高山區
	SUN	3255	23°27'6"	121°03'29"	上高山區
	YAT	3363	23°27'19"	121°03'11"	下高山區
SAC (三叉山)					
	JIA	3394	23°17'43.0"	121°01'12.6"	下高山區
	MIN	3381	23°17'54.6"	121°02'26.9"	下高山區
	HUU	3357	23°18'25.8"	121°02'31.1"	下高山區
SYU (雪山)					
	DSH	3509	24°19'39.9"	121°07'24.2"	下高山區
	JNJ	3299	24°19'41.0"	121°12'33.0"	下高山區
	TSW	3524	24°22'18.2"	121°12'18.3"	下高山區





表 2 GLORIA 目標區域之分區面積。

目標 區域	山峰	-5 m SAS 面積 (m ²)				-10 m SAS 面積 (m ²)				合計
		E	S	W	N	E	S	W	N	
NAH										
	ZNF	1274.5	1114.9	562.4	1082.9	2511.7	971.3	442.9	775.7	8736.3
	SMZ	549.5	912.1	799.2	880.4	732.5	990.8	478.6	549.4	5892.5
	LIN	136.2	148.8	87.2	121.8	182.7	185.2	150.5	226.2	1238.6
HQM										
	QNS	189.5	136.3	107.9	172.7	383.2	222.6	175.6	527.1	1914.9
	QSS	85.6	72.6	92.4	78.3	161.5	116.4	140.3	216.4	963.5
	SMN	439.6	432.8	544.6	156.5	638.4	468.7	584.7	289.7	3555
DAS										
	SEN	72.8	224.3	127.3	91	124.5	230.2	150.1	146.8	1167
	SUN	561.6	404.7	219.2	319.1	434.6	357.3	467.3	437.4	3201.2
	YAT	425.6	248.1	146	173	282.3	449.7	202	251.6	2178.3
SAC										
	JIA	99.3	202	77	293.6	182.3	426.6	234.6	417.2	1932.6
	MIN	149.1	88	132.5	96.9	251.2	231.9	221.9	293.1	1464.6
	HUU	114.1	211	193.8	227.5	217.4	375.8	268.5	340.1	1948.2
SYU										
	DSH	217.2	380.9	573.1	319.7	340.5	444	535.4	334.6	3145.4
	JNJ	104.7	112.4	120.5	141.6	123.2	174.4	199.1	207.7	1183.6
	TSW	292.9	187.2	251.9	319.7	294.8	204.5	247.6	290.2	2088.8





表 3 樣區數目統計表。

目標區域	山峰	1 m x 1m			SAS	10 m x 10 m
		物種組成和 棲地特徵	頻度計數	點擊		
南湖大山目標區域 (NAH)	ZNF	16		13	8	3
	SMZ	16		14	8	2
	LIN	16		12	8	2
奇萊合歡目標區域 (HQM)	QNS	16		8	8	2
	QSS	16		16	8	4
	SMN	16		16	8	4
大水窟目標區域 (DAS)	SEN	16	9		8	4
	SUN	16	12		8	4
	YAT	16	16		8	4
三叉山目標區域 (SAC)	JIA	16		15	8	4
	MIN	16		16	8	4
	HUU	16		15	8	4
雪山目標區域 (SYU)	DSH	16		8	8	3
	JNJ	16		10	8	4
	TSW	16		10	8	4
總計		144	37	74	72	35





表 4 綜合首次調查與複查之所有物種組成表。

	南湖大山 區域	合歡奇萊 區域	大水窟 區域	三叉山 區域	雪山 區域	總計
物種數	148	121	66	68	79	191
特有種數	86	64	26	21	24	107
前十名之科別(%)						
菊科	10.74	12.30	10.45	13.04	11.25	11.98
禾本科	11.41	13.11	16.42	14.49	11.25	9.90
薔薇科	8.72	5.74	5.97	7.25	8.75	7.29
莎草科	3.36	6.56	8.96	8.70	8.75	5.21
龍膽科	3.36	4.92	5.97	7.25	7.50	4.17
蘭科	2.68	6.56	1.49	2.90	2.50	4.17
毛茛科	4.03	2.46	1.49	0.00	1.25	3.13
杜鵑花科	2.68	3.28	5.97	5.80	5.00	3.13
石竹科	2.68	2.46	1.49	0.00	2.50	2.60
石松科	2.01	2.46	5.97	5.80	5.00	2.60
其他科	48.32	40.16	35.82	34.78	36.25	45.83
生活型						
草本	84	75	26	36	36	112
禾莎類	21	23	16	15	15	28
灌木	19	11	12	9	14	21
蕨類	15	11	8	6	9	20
喬木	7	1	3	1	4	8
藤本	2	0	1	1	1	2





表 5 綜合首次調查與複查之 GLORIA 目標區域物種組成。

	南湖大山 (NAH)	合歡奇萊 (HQM)	大水窟 (DAS)	三叉山 (SAC)	雪山 (SYU)	總計
物種數	133	82	61	45	59	166
特有種數	79	45	25	16	24	96
前十名之科別(%)						
菊科	11.94	10.98	11.48	11.11	13.56	13.25
禾本科	9.70	14.63	18.03	20.00	15.25	9.64
薔薇科	9.70	7.32	6.56	4.44	8.47	7.83
莎草科	3.73	7.32	8.20	8.89	10.17	4.22
龍膽科	3.73	3.66	6.56	8.89	5.08	4.22
毛茛科	3.73	2.44	0.00	0.00	1.69	3.61
蘭科	2.99	7.32	1.64	2.22	1.69	3.61
石竹科	2.99	3.66	1.64	0.00	3.39	3.01
杜鵑花科	2.99	2.44	6.56	8.89	5.08	3.01
繖形科	2.99	2.44	1.64	0.00	0.00	3.01
其他科	45.52	37.80	37.70	35.56	35.59	44.58
生活型						
草本	76	46	23	18	24	95
禾莎類	17	17	15	12	14	22
灌木	18	9	12	9	11	20
蕨類	13	8	8	4	6	18
喬木	7	1	3	1	3	7
藤本	2	0	0	1	1	2

表 6 GLORIA 各目標區域五年間物種數變化表。

目標區域 調查別	NAH		HQM		DAS		SAC		SYU	
	首調	複查	首調	複查	首調	複查	首調	複查	首調	複查
特有種	71	72	39	39	21	25	14	14	22	22
其他物種	49	46	30	30	29	33	24	27	28	31
物種合計	120	118	69	69	50	58	38	41	50	53





表 7 GLORIA 各山峰五年間物種數變化表。

目標區域-山峰	物種數		消失物種	新增物種	絕對變化	相對變化(%)
	首調	複查				
南湖大山(NAH)	120	118	12	10	-2	-1.67
ZNF	88	91	13	16	3	3.41
SMZ	42	44	4	6	2	4.76
LIN	53	52	5	4	-1	-1.89
合歡奇萊(HQM)	69	69	9	9	0	0.00
QNS	58	58	8	8	0	0.00
QSS	24	24	1	1	0	0.00
SMN	25	26	2	3	1	4.00
大水窟(DAS)	50	58	0	8	8	16.00
SEN	37	38	0	1	1	2.70
YAT	35	36	2	3	1	2.86
SUN	43	49	1	7	6	13.95
三叉山(SAC)	38	41	2	5	3	7.89
JIA	33	33	3	3	0	0.00
MIN	30	34	1	5	4	13.33
HUU	27	27	1	1	0	0.00
雪山(SYU)	50	53	2	5	3	6.00
TSW	30	29	3	2	-1	-3.33
DSH	41	47	1	7	6	14.63
JNJ	31	30	3	2	-1	-3.23





表 8 GLORIA 各山峰的物種豐富度相關性指數表。各山峰的物種豐富度與面積、緯度和單位面積物種豐富度的關係以 Pearson 相關性指數顯示。Per Cor. 為 Pearson 相關性指數；標示『**』為在顯著水準 0.01 時，相關顯著；標示『*』為在顯著水準 0.05 時，相關顯著。

	海拔		面積		物種豐富度		緯度	
	Per Cor.	P						
面積	0.249	0.317						
物種豐富度	0.399	0.141	0.721**	0.002				
緯度	0.038	0.893	0.381	0.161	0.348	0.204		
單位面積物種豐富度	-0.045	0.873	-0.597*	0.019	0.049	0.862	-0.013	0.965

表 9 GLORIA 各方位的物種數變化。斜線前為首次調查種數，斜線後為複查結果。

目標區域	NAH	HQM	DAS	SAC	SYU	總和
E	84/83	34/37	42/45	29/27	29/33	218/225
N	97/94	55/54	41/41	33/36	31/30	257/255
S	85/82	32/39	47/49	30/31	32/36	226/237
W	93/86	42/43	41/41	32/31	45/49	253/250





表 10 GLORIA 目標區域土壤年均溫表。資料為各山峰方位 2009 年至 2014 年。

標示『—』者，為沒有此筆資料或數據不足以計算年均溫。

	NAH			HQM			DAS			SAC			SYU		
	ZNF	SMZ	LIN	QNS	QSS	SMN	SEN	SUN	YAT	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW
海拔	3575	3354	3219	3497	3275	3191	3610	3255	3363	3394	3381	3357	3509	3299	3524
2009															
E	—	—	—	—	—	—	9.07	11.83	10.61	—	—	—	—	—	—
N	—	—	—	—	—	—	7.14	9.17	8.42	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	10.03	12.76	10.51	—	—	—	—	—	—
W	—	—	—	—	—	—	8.14	9.24	10.81	—	—	—	—	—	—
2010															
E	—	—	—	6.87	8.11	8.61	8.46	11.09	9.83	—	—	—	7.48	—	7.85
N	—	—	—	5.79	7.30	7.67	8.15	8.95	8.08	—	—	—	7.57	8.24	6.78
S	—	—	—	7.24	8.93	9.23	9.06	11.77	9.45	—	—	—	8.66	10.95	8.85
W	—	—	—	5.72	7.56	9.02	7.62	9.08	9.80	—	—	—	8.20	8.24	5.84
2011															
E	7.04	9.56	—	—	6.89	—	8.12	—	9.45	—	—	—	7.10	—	7.50
N	5.18	7.44	9.02	5.57	6.94	7.34	—	9.08	8.10	—	8.26	8.12	7.27	7.97	6.41
S	7.02	8.81	9.82	6.81	7.58	9.01	8.72	11.39	9.07	9.76	8.96	—	8.62	10.41	8.56
W	5.81	8.56	—	5.08	6.48	8.81	7.37	8.94	9.80	7.40	—	—	7.91	7.81	5.47
2012															
E	—	—	—	—	—	—	—	—	9.55	—	—	—	7.59	10.50	8.11
N	5.45	7.99	9.45	5.89	7.63	8.08	—	9.18	8.14	—	—	—	7.89	8.56	6.95
S	7.45	6.92	—	7.55	8.83	9.44	8.97	11.47	9.09	10.10	—	—	—	11.07	8.79
W	6.23	9.03	—	6.19	8.05	9.67	7.63	8.90	10.01	7.67	—	—	8.25	8.36	6.05
2013															
E	—	—	—	—	—	9.92	—	—	—	—	—	—	7.27	10.44	7.71
N	5.23	—	—	5.67	7.46	8.43	—	—	—	—	—	—	7.58	—	6.63
S	7.78	8.78	—	7.55	9.05	9.49	—	—	—	10.22	—	—	—	—	8.74
W	6.16	8.68	—	5.81	7.92	9.63	—	—	—	—	—	—	8.26	8.34	5.86
2014															
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N	5.14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	7.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
W	5.75	8.74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—





表 11 GLORIA 目標區域六月平均日低溫表。資料為收自各山峰方位 2009 年至 2015 年間者。標示『—』者，為沒有此筆資料。

		NAH			HQM			DAS			SAC			SYU			
		ZNF	SMZ	LIN	QNS	QSS	SMN	SEN	SUN	YAT	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW	
		海拔	3575	3354	3219	3497	3275	3191	3610	3255	3363	3394	3381	3357	3509	3299	3524
2009	E	—	—	—	—	—	11.67	9.50	9.75	10.18	—	—	—	—	—	—	
	N	—	—	—	—	—	10.78	8.58	10.90	8.78	—	—	—	—	—	—	
	S	—	—	—	—	—	10.54	8.27	10.72	8.65	—	—	—	—	—	—	
	W	—	—	—	—	—	10.61	6.71	9.67	8.56	—	—	—	—	—	—	
2010	E	—	—	—	9.25	9.71	11.46	9.53	10.02	10.41	—	—	—	9.77	—	9.51	
	N	—	—	—	7.73	9.18	10.95	8.82	10.76	9.23	—	—	—	9.96	10.20	9.60	
	S	—	—	—	8.84	8.55	10.30	8.53	10.67	9.17	—	—	—	8.51	10.03	8.64	
	W	—	—	—	7.80	9.34	10.45	7.20	9.79	9.11	—	—	—	8.27	9.15	8.03	
2011	E	8.23	10.47	—	9.51	9.84	12.08	8.49	9.75	9.71	—	9.39	9.68	9.97	—	9.33	
	N	7.41	10.95	11.75	7.68	9.37	11.13	—	10.82	8.77	—	9.95	9.43	10.15	10.46	9.52	
	S	7.79	10.36	10.28	8.55	8.39	10.55	9.14	10.97	9.19	9.68	8.38	—	8.68	10.39	8.57	
	W	7.89	10.20	—	7.40	9.63	10.73	7.69	10.39	9.53	8.55	8.80	9.77	8.30	9.15	7.96	
2012	E	—	—	—	—	10.30	—	—	—	10.43	—	—	—	10.54	11.86	10.32	
	N	8.61	12.03	12.77	9.08	9.92	10.28	—	11.26	9.93	—	—	—	10.90	11.01	10.10	
	S	8.84	11.17	—	9.48	10.07	11.01	9.43	10.93	10.03	10.28	—	—	—	11.20	9.72	
	W	8.63	10.84	—	9.07	10.34	10.86	8.34	10.84	9.78	9.23	—	—	9.12	10.38	9.31	
2013	E	—	—	—	—	—	12.38	—	—	10.67	—	—	—	9.60	11.16	9.45	
	N	7.53	—	—	7.68	9.10	9.20	—	—	9.36	—	—	—	10.16	—	9.21	
	S	7.98	8.26	—	8.35	9.34	10.12	8.72	—	9.40	10.13	—	—	—	—	8.92	
	W	7.82	10.01	—	7.82	9.51	9.74	7.43	10.47	9.69	—	—	—	8.26	9.20	8.29	
2014	E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.97	11.59	9.89	
	N	8.23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.02	—	9.81	
	S	8.66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.43	
	W	8.32	10.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.97	8.90	
2015	E	—	—	—	—	—	11.72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	N	7.94	—	—	8.44	9.62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	S	9.77	—	—	9.10	9.90	10.83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	W	9.21	11.09	—	8.48	10.10	10.57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	





表 12 GLORIA 目標區域冰凍度日 (FDD) 表。資料為各山峰方位 2009 年至 2014 年之數據。標示『—』者，為沒有此筆資料。

	NAH		HQM			DAS			SAC			SYU			
	ZNF	SMZ	LIN	QNS	QSS	SMN	SEN	SUN	YAT	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW
海拔	3575	3354	3219	3497	3275	3191	3610	3255	3363	3394	3381	3357	3509	3299	3524
2009															
E	—	—	—	—	—	—	0	0	0	—	—	—	—	—	—
N	—	—	—	—	—	—	63	8	18	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	0	0	0	—	—	—	—	—	—
W	—	—	—	—	—	—	2	4	0	—	—	—	—	—	—
2010															
E	—	—	—	0	3	0	1	0	0	—	—	—	0	—	4
N	—	—	—	0	0	0	12	0	15	—	—	—	4	0	5
S	—	—	—	0	0	0	0	0	0	—	—	—	0	0	0
W	—	—	—	1	1	0	3	1	0	—	—	—	10	0	5
2011															
E	30	0	—	—	8	—	2	—	0	—	—	—	0	—	5
N	10	0	4	0	0	0	—	0	10	—	2	0	18	1	56
S	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	0	0
W	16	5	—	14	14	0	0	0	0	4	—	—	16	0	60
2012															
E	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	—	0	0	—	—	—	0	0	0
S	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	0	0
W	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0	0
2013															
E	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	7	0	1
N	24	—	—	0	0	11	—	—	—	—	—	—	2	—	26
S	0	0	—	0	0	0	—	—	—	0	—	—	—	—	0
W	14	7	—	0	1	0	—	—	—	—	—	—	2	0	1
2014															
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
W	31	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—





表 13 GLORIA 目標區域生長天數表。資料為各山峰方位 2009 年至 2014 年之數據。標示『—』者，為沒有此筆資料。

	NAH			HQM			DAS			SAC			SYU		
	ZNF	SMZ	LIN	QNS	QSS	SMN	SEN	SUN	YAT	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW
海拔	3575	3354	3219	3497	3275	3191	3610	3255	3363	3394	3381	3357	3509	3299	3524
2009															
E	—	—	—	—	—	—	306.8	321.0	310.0	—	—	—	—	—	—
N	—	—	—	—	—	—	223.9	284.2	257.6	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	316.2	350.5	311.8	—	—	—	—	—	—
W	—	—	—	—	—	—	268.9	282.7	319.6	—	—	—	—	—	—
2010															
E	—	—	—	232.8	252.0	265.5	288.2	310.2	292.4	—	—	—	254.4	—	255.3
N	—	—	—	209.1	252.3	248.8	210.9	276.3	250.3	—	259.2	240.1	245.7	263.5	228.3
S	—	—	—	263.1	290.2	293.4	299.9	337.7	294.1	305.5	256.3	—	281.8	309.1	283.8
W	—	—	—	211.0	257.0	298.9	264.9	275.0	307.8	262.2	—	—	256.8	285.2	217.5
2011															
E	228.3	277.3	—	—	180.0	—	235.5	—	291.1	—	—	—	244.0	—	253.6
N	197.5	254.4	275.5	208.5	246.5	247.3	—	286.5	255.8	—	—	—	246.2	257.8	226.9
S	238.1	278.9	236.6	247.3	205.0	282.2	295.2	338.3	292.8	315.8	—	—	226.5	291.5	280.9
W	209.8	265.5	—	211.3	183.3	285.3	262.2	283.4	302.3	273.1	—	—	248.1	266.8	219.8
2012															
E	—	—	—	—	—	—	—	—	299.2	—	—	—	253.0	300.8	261.9
N	188.7	265.9	294.2	200.6	268.0	257.9	—	300.7	265.1	—	—	—	257.8	277.7	230.3
S	235.6	249.9	—	259.0	304.3	293.3	299.9	337.0	297.3	324.8	—	—	—	311.8	284.4
W	212.3	279.5	—	211.2	276.4	298.2	265.0	293.2	309.3	—	—	—	244.9	285.4	215.2
2013															
E	—	—	—	—	—	290.3	—	—	—	—	—	—	229.4	308.7	251.7
N	193.3	—	—	203.9	243.4	221.0	—	—	—	—	—	—	234.6	—	221.0
S	246.1	264.5	—	257.9	329.4	305.0	—	—	—	—	—	—	—	—	290.3
W	210.9	270.9	—	211.9	261.8	303.8	—	—	—	—	—	—	250.6	285.5	211.5
2014															
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N	185.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	241.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
W	211.2	258.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—





表 14 植物嗜熱性指數 D 。將樣區分為山峰、目標區域和台灣(五目標區域)三種尺度，由樣區中每一物種的出現次數與海拔分級來計算 S ，分為 $S_{\text{首調}}$ 和 $S_{\text{複查}}$ ； D 值為所有物種 $S_{\text{複查}}$ 與 $S_{\text{首調}}$ 差的總和。

山峰	$S_{\text{首調}}$	$S_{\text{複查}}$	D	$D_{\text{最大值}}$	$D_{\text{最小值}}$	95%信賴度
ZNF	4.550	4.665	0.115	0.106	-0.120	0.006
ZNF SMZ	4.893	4.925	0.032	0.096	-0.126	0.005
LIN	4.995	5.021	0.026	0.100	-0.118	0.005
DSH	4.911	4.907	-0.004	0.078	-0.129	0.006
SYU JNJ	4.937	4.951	0.014	0.089	-0.154	0.005
TSW	4.902	4.938	0.036	0.113	-0.092	0.005
QNS	4.960	5.000	0.040	0.172	-0.134	0.007
HQM QSS	4.994	4.884	-0.110	0.103	-0.157	0.008
SMN	5.068	5.081	0.013	0.497	-0.274	0.016
SEN	4.850	4.843	-0.007	0.145	-0.124	0.006
DAS SUN	4.973	4.947	-0.026	0.088	-0.153	0.006
YAT	4.973	4.975	0.001	0.316	-0.061	0.008
JIA	4.937	4.938	0.001	0.149	-0.128	0.006
SAC MIN	4.921	4.928	0.007	0.085	-0.061	0.003
HUU	4.976	5.000	0.024	0.094	-0.157	0.005
目標區域						
ZNF	4.780	4.848	0.068	0.056	-0.052	0.003
SYU	4.918	4.931	0.013	0.045	-0.055	0.003
HQM	5.002	4.991	-0.011	0.173	-0.074	0.006
DAS	4.944	4.934	-0.010	0.138	-0.074	0.004
SAC	4.947	4.957	0.010	0.081	-0.060	0.003
臺灣						
	4.913	4.931	0.018	0.033	-0.024	0.002





表 15 目標區域物種五年間上升或下降的高度 (m)。過濾資料將僅出現在單一 SAS 的物種移除之分析；原始資料則為全部物種進行分析。

	Coef	SE
五目標區域-取平均值		
過濾資料	-3.68	0.51
原始資料	-3.56	0.56
五目標區域-山峰計算		
過濾資料	-5.24	0.51
原始資料	-5.28	0.56
南湖大山(NAH)		
過濾資料	-6.96	0.19
原始資料	-6.73	0.22
合歡奇萊(HQM)		
過濾資料	-14.77	0.18
原始資料	-16.12	0.21
大水窟(DAS)		
過濾資料	4.36	0.19
原始資料	3.60	0.21
三叉山(SAC)		
過濾資料	-0.11	0.17
原始資料	-0.07	0.20
雪山(SYU)		
過濾資料	-0.92	0.19
原始資料	1.51	0.21





附錄

附錄一、維管束植物物種名錄。

物種以英文科別排序；標示『*』者，為臺灣特有種。

- 石松科 Lycopodiaceae**
石松 *Lycopodium clavatum* L.
玉柏 *Lycopodium obscurum* L.
小杉葉石松 *Lycopodium selago* L. var. *appressum* Desv.
玉山石松 *Lycopodium veitchii* Christ
玉山地刷子* *Lycopodium yueshanense* C. M. Kuo*
- 鐵角蕨科 Aspleniaceae**
鐵角蕨 *Asplenium trichomanes* L.
- 蹄蓋蕨科 Athyriaceae**
宿蹄蓋蕨 *Athyrium anisopterum* Christ
逆葉蹄蓋蕨 *Athyrium reflexipinnum* Hayata
- 鱗毛蕨科 Dryopteridaceae**
腺鱗毛蕨 *Dryopteris alpestris* Tagawa
闊葉鱗毛蕨 *Dryopteris austriaca* (Jacq.) Woyнар ex Schinz & Thell.
臺灣耳蕨 *Polystichum formosanum* Rosenst.
高山耳蕨 *Polystichum lachenense* (Hook.) Bedd.
臺中耳蕨* *Polystichum taizhongense* H. S. Kung*
- 瓶爾小草科 Ophioglossaceae**
扇羽陰地蕨 *Botrychium lunaria* (L.) Sw.
高山瓶爾小草 *Ophioglossum austroasiaticum* Nishida
- 紫萁科 Osmundaceae**
絨假紫萁 *Osmunda claytoniana* L.
- 水龍骨科 Polypodiaceae**
玉山蕨 *Crypsinus quasidivaricatus* (Hayata) Copel.
擬烏蘇里瓦葦* *Lepisorus pseudoussuriensis* Tagawa*
瓦葦 *Lepisorus thunbergianus* (Kaulf.) Ching
- 鳳尾蕨科 Pteridaceae**
高山珠蕨 *Cryptogramma brunoniana* Wall. ex Hook. & Grev.
- 柏科 Cupressaceae**
刺柏 *Juniperus formosana* Hayata
香青 *Juniperus squamata* Buch.-Ham.
- 松科 Pinaceae**





- 臺灣冷杉* *Abies kawakamii* (Hayata) Ito*
- 臺灣五葉松* *Pinus morrisonicola* Hayata*
- 臺灣二葉松* *Pinus taiwanensis* Hayata*
- 臺灣果松 *Pinus armandii* Franchet var. *mastersiana* Hayata
- 臺灣鐵杉 *Tsuga chinensis* (Franchet) Pritz. ex Diels var. *formosana* (Hayata) H.L. Li & H. Keng
- 小檗科 Berberidaceae**
- 臺灣小檗* *Berberis kawakamii* Hayata*
- 玉山小檗* *Berberis morrisonensis* Hayata*
- 紫草科 Boraginaceae**
- 南湖附地草* *Trigonotis nankotaizanensis* (Sasaki) Masam. & Ohwi ex Masam.
- 桔梗科 Campanulaceae**
- 玉山沙參* *Adenophora morrisonensis* Hayata subsp. *morrisonensis**
- 高山沙參* *Adenophora morrisonensis* Hayata subsp. *uehatae* (Yamamoto) Lammers*
- 山桔梗 *Peracarpa carnosus* (Wall.) Hook. f. & Thomson
- 小葉莢迷* *Viburnum parvifolium* Hayata*
- 忍冬科 Caprifoliaceae**
- 川上氏忍冬* *Lonicera kawakamii* (Hayata) Masam.*
- 三萼花草 *Triplostegia glandulifera* Wall. ex DC.
- 纈草 *Valeriana officinalis* L.
- 石竹科 Caryophyllaceae**
- 高山無心菜* *Arenaria subpilosa* (Hayata) Ohwi var. *takasagomontana* (Masamune) S. S. Ying*
- 玉山卷耳* *Cerastium morrisonense* Hayata*
- 亞毛無心菜* *Cerastium subpilosum* Hayata
- 玉山石竹* *Dianthus pygmaeus* Hayata*
- 玉山蠅子草* *Silene morrisonmontana* (Hayata) Ohwi & Ohashi*
- 菊科 Compositae**
- 臺灣鬼督郵 *Ainsliaea latifolia* (D. Don) Sch. Bip. subsp. *Henryi* (Diels) H. Koyama
- 玉山抱莖籟簫 *Anaphalis morrisonicola* Hayata*
- 尼泊爾籟簫 *Anaphalis nepalensis* (Spreng.) Hand.-Mazz.
- 山艾* *Artemisia kawakamii* Hayata*
- 細葉山艾* *Artemisia morrisonensis* Hayata*
- 高山艾* *Artemisia oligocarpa* Hayata*
- 雪山馬蘭* *Aster takasagomontanus* Sasaki*
- 阿里山薊* *Cirsium arisanense* Kitam.*
- 細川氏薊* *Cirsium hosokawae* Kitam.





- 玉山薊* *Cirsium kawakamii* Hayata
玉山飛蓬* *Erigeron morrisonensis* Hayata*
細葉鼠麴草 *Gnaphalium involucratum* Forst. var. *simplex* DC.
森氏山柳菊* *Hieracium morii* Hayata*
貓兒菊 *Hypochaeris radicata* L.
玉山薄雪草* *Leontopodium microphyllum* Hayata*
矮菊 *Myriactis humilis* Merr.
玉山毛蓮菜* *Picris hieracioides* L. subsp. *morrisonensis* (Hayata) Kitam.*
高山毛蓮菜* *Picris hieracioides* L. subsp. *ohwiana* (Kitam.) Kitam.*
高山青木香* *Saussurea glandulosa* Kitam.*
奇萊青木香* *Saussurea kiraisanensis* Masam.
玉山黃菀* *Senecio morrisonensis* Hayata*
黃菀* *Senecio nemorensis* L. var. *dentatus* (Kitam.) H. Koyama*
一枝黃花 *Solidago virgaurea* L. var. *leiocarpa* (Benth.) A. Gray
- 景天科 Crassulaceae**
穗花八寶* *Hylotelephium subcapitatum* (Hayata) Ohba*
紅子佛甲草* *Sedum erythrospermum* Hayata*
玉山佛甲草* *Sedum morrisonense* Hayata*
- 十字花科 Cruciferae**
臺灣筷子芥* *Arabis formosana* (Masam. ex S. F. Huang) Liu & Ying*
玉山筷子芥 *Arabis lyrata* L. subsp. *kamtschatica* (Fisch. ex DC.) Hulten
齒葉南芥 *Arabis serrata* Franch. & Sav.
- 續斷科 Dipsacaceae**
玉山山蘿蔔* *Scabiosa lacerifolia* Hayata*
- 杜鵑花科 Ericaceae**
高山白珠樹 *Gaultheria itoana* Hayata
臺灣馬醉木 *Pieris japonica* (Thunb.) D. Don ex G. Don
南湖杜鵑* *Rhododendron pachysanthum* Hayata
玉山杜鵑* *Rhododendron pseudochrysanthum* Hayata*
紅毛杜鵑* *Rhododendron rubropilosum* Hayata var. *rubropilosum**
臺灣高山杜鵑* *Rhododendron rubropilosum* Hayata var. *taiwanalpinum* (Ohwi) S. Y. Lu*
- 龍膽科 Gentianaceae**
阿里山龍膽* *Gentiana arisanensis* Hayata*
臺灣龍膽 *Gentiana davidii* Franch. var. *formosana* (Hayata) T. N. Ho
黃斑龍膽* *Gentiana flavomaculata* Hayata*
伊澤山龍膽* *Gentiana itzershanensis* Liu & Kuo
黑斑龍膽* *Gentiana scabrida* Hayata var. *punctulata* S.S. Ying*





- 玉山龍膽* *Gentiana scabrida* Hayata var. *scabrida**
- 大籽當藥 *Swertia macrosperma* (C. B. Clarke) C. B. Clarke
- 小葉雙蝴蝶* *Tripterospermum microphyllum* Harry Sm.*
- 牻牛兒苗科 Geraniaceae**
- 單花牻牛兒苗* *Geranium hayatanum* Ohwi*
- 金絲桃科 Guttiferae**
- 玉山金絲桃 *Hypericum nagasawai* Hayata
- 唇形科 Labiatae**
- 風輪菜 *Clinopodium chinense* (Benth.) Kuntze
- 疏花風輪菜* *Clinopodium laxiflorum* (Hayata) Mori var. *laxiflorum**
- 臺灣風輪菜* *Clinopodium laxiflorum* (Hayata) Mori var. *taiwanianum* T. H. Hsieh & T. C. Huang
- 野薄荷 *Origanum vulgare* L.
- 高山夏枯草* *Prunella vulgaris* L. subsp. *asiatica* (Nakai) H. Hara var. *nanhutashanensis* S. S. Ying
- 豆科 Leguminosae**
- 南湖大山紫雲英* *Astragalus nankotaizanensis* Sasaki*
- 柳葉菜科 Onagraceae**
- 合歡柳葉菜* *Epilobium hohuanense* Ying ex Chen, Hoch & Raven*
- 南湖柳葉菜* *Epilobium nankotaizanense* Yamamoto
- 闊柱柳葉菜 *Epilobium platystigmatosum* C.B. Robinson
- 臺灣柳葉菜* *Epilobium taiwanianum* Chen, Hoch & Raven*
- 列當科 Orobanchaceae**
- 丁座草 *Boschniakia himalaica* Hooker & Thomson
- 南湖碎雪草* *Euphrasia nankotaizanensis* Yamamoto*
- 玉山小米草* *Euphrasia transmorrisonensis* Hayata var. *transmorrisonensis**
- 馬先蒿 *Pedicularis verticillata* L.
- 酢漿草科 Oxalidaceae**
- 臺灣山酢漿草 *Oxalis acetosella* L. subsp. *griffithii* (Edgew. & Hook f.) Hara var. *formosana* (Terao) Huang & Huang
- 車前科 Plantaginaceae**
- 玉山水苦蕒* *Veronica morrisonicola* Hayata*
- 遠志科 Polygalaceae**
- 瓜子金 *Polygala japonica* Houtt.
- 蓼科 Polygonaceae**
- 虎杖 *Reynoutria japonica* Houtt.
- 報春花科 Primulaceae**
- 玉山櫻草 *Primula miyabeana* Ito & Kawakami





- 毛茛科 Ranunculaceae**
繡球藤 *Clematis montana* Buch.-Ham. ex DC.
蓬萊毛茛* *Ranunculus formosamontanus* Ohwi*
檜林毛茛* *Ranunculus junipericolus* Ohwi*
鹿場毛茛* *Ranunculus taisanensis* Hayata*
南湖唐松草* *Thalictrum rubescens* Ohwi*
傅氏唐松草* *Thalictrum urbaini* Hayata *
- 薔薇科 Rosaceae**
高山枸子 *Cotoneaster subadpressus* T. T. Yu
臺灣草莓* *Fragaria hayatai* Makino*
玉山金梅 *Potentilla leuconota* D. Don
高山翻白草 *Potentilla matsumurae* Th. Wolf. var. *pilosa* Koidz.
雪山翻白草* *Potentilla tugitakensis* Masam.*
玉山野薔薇* *Rosa sericea* Lindl. var. *morrisonensis* (Hayata) Masam. *
高山薔薇 *Rosa transmorrisonensis* Hayata
毛刺懸鉤子* *Rubus pungens* Camb. var. *oldhamii* (Miq.) Maxim.*
高山懸鉤子 *Rubus rolfei* Vidal
五蕊莓 *Sibbaldia procumbens* L.
巒大花楸* *Sorbus randaiensis* (Hayata) Koidz.*
臺灣繡線菊* *Spiraea formosana* Hayata*
假繡線菊* *Spiraea hayatana* Li*
玉山繡線菊* *Spiraea morrisonicola* Hayata*
- 茜草科 Rubiaceae**
刺果豬殃殃* *Galium echinocarpum* Hayata*
福山氏豬殃殃* *Galium fukuyamai* Masam.*
琉球豬殃殃 *Galium gracilens* (A. Gray) Makino
南湖大山豬殃殃* *Galium nankotaizanum* Ohwi
- 楊柳科 Salicaceae**
高山柳* *Salix taiwanalpina* Kimura var. *takasagoalpina* (Koidz.) Ying*
- 虎耳草科 Saxifragaceae**
阿里山落新婦* *Astilbe macroflora* Hayata*
梅花草 *Parnassia palustris* L.
臺灣茶藨子* *Ribes formosanum* Hayata*
- 繖形科 Umbelliferae**
玉山當歸* *Angelica morrisonicola* Hayata*
玉山彎柱芎* *Conioselinum morrisonense* Hayata*
阿里山天胡荽* *Hydrocotyle setulosa* Hayata*
臺灣山薰香* *Oreomyrrhis taiwaniana* Masam. *





- 玉山茴香* *Pimpinella nitakayamensis* Hayata*
- 堇菜科** **Violaceae**
- 喜岩堇菜 *Viola adenothrix* Hayata var. *adenothrix**
- 雪山堇菜* *Viola adenothrix* Hayata var. *tsugitakaensis* (Masam.) J.C. Wang & T.C. Huang*
- 箭葉堇菜 *Viola betonicifolia* J. E. Smith
- 雙黃花堇菜 *Viola biflora* L.
- 尖山堇菜* *Viola senzanensis* Hayata*
- 天南星科** **Araceae**
- 臺灣天南星* *Arisaema formosanum* (Hayata) Hayata*
- 天門冬科** **Asparagaceae**
- 臺灣鹿藥* *Maianthemum formosanum* (Hayata) Lafrankie*
- 莎草科** **Cyperaceae**
- 南湖扁果薹 *Carex atrata* L.
- 垂穗薹 *Carex brachyathera* Ohwi
- 短莖宿柱薹 *Carex breviculmis* R. Br. var. *breviculmis*
- 黃花薹 *Carex chrysolepis* Franch. & Sav.
- 聚生穗序薹 *Carex nubigena* D. Don ex Tilloch & Taylor
- 直蕊宿柱薹* *Carex orthostemon* Hayata*
- 球穗薹 *Carex oxyandra* (Franch. & Sav.) Kudo
- 油薹 *Carex satzumensis* Franch. & Sav.*
- 抱鱗宿柱薹 *Carex tristachya* Thunb. var. *pocilliformis* (Boott) Kük.*
- 玉山針蘭 *Trichophorum subcapitatum* (Thwaites & Hook.) D. A. Simpson
- 燈心草科** **Juncaceae**
- 中國地楊梅 *Luzula effusa* Buchen.
- 臺灣地楊梅* *Luzula taiwaniana* Satake*
- 禾本科** **Gramineae**
- 玉山翦股穎* *Agrostis infirma* Büse var. *infirma**
- 川上短柄草* *Brachypodium kawakamii* Hayata*
- 臺灣雀麥* *Bromus formosanus* Honda*
- 髮草 *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv. var. *festucifolia* Honda
- 曲芒髮草 *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin.
- 類蘆野青茅 *Deyeuxia pyramidalis* (Host) Veldkamp
- 水山野青茅* *Deyeuxia suizanensis* (Hayata) Ohwi*
- 臺灣鵝觀草* *Elymus formosanus* (Honda) Á. Löve*
- 日本羊茅 *Festuca japonica* Makino
- 羊茅 *Festuca ovina* L. agg.
- 紫羊茅 *Festuca rubra* L.





- 冷杉異燕麥 *Helictotrichon abietetorum* (Ohwi) Ohwi
芒 *Miscanthus sinensis* Andersson
高山梯牧草 *Phleum alpinum* L.
臺灣早熟禾* *Poa formosae* Ohwi*
南湖大山早熟禾* *Poa nankoensis* Ohwi*
高山早熟禾* *Poa taiwanicola* Ohwi
臺灣三毛草* *Trisetum spicatum* (L.) Rich. var. *formosanum* (Honda) Ohwi*
玉山箭竹 *Yushania niitakayamensis* (Hayata) Keng f.
- 百合科 Liliaceae**
- 細葉麥門冬 *Liriope minor* (Maxim.) Makino var. *angustissima* (Ohwi) S. S. Ying*
- 黑藥花科 Melanthiaceae**
- 臺灣藜蘆* *Veratrum formosanum* Loes.*
- 納茜菜科 Nartheciaceae**
- 臺灣粉條兒菜 *Aletris glabra* Bureau & Franch.
- 蘭科 Orchidaceae**
- 南湖雜蘭* *Amitostigma alpestre* Fukuy.*
高山頭蕊蘭* *Cephalanthera alpicola* Fukuy.*
綠花凹舌蘭 *Coeloglossum viride* (L.) Hartm.
南湖斑葉蘭* *Goodyera nankoensis* Fukuy.*
玉山雙葉蘭* *Listera morrisonicola* Hayata*
短距粉蝶蘭 *Platanthera brevicarata* Hayata
厚唇粉蝶蘭* *Platanthera mandarinorum* Reichb. f. subsp. *pachyglossa* (Hayata) T. P.
Lin*
- 紅小蝶蘭* *Ponerorchis kiraishiensis* (Hayata) Ohwi*
- 菝契科 Smilacaceae**
- 玉山菝契 *Smilax vaginata* Decne.





附錄二、草本植群分類各植群類型之樣區分布表。

1. 油蘆植群型 (*Carex satzumensis* vegetation type)

分布在大水窟的樣區為：DAS-014、DAS-015、DAS-016、DAS-018、DAS-019、DAS-021、DAS-023、DAS-048、DAS-054、DAS-053、DAS-055、DAS-056、DAS-058、DAS-079、DAS-080。

分布在合歡北峰下水邊的樣區為：HOU003。

分布在布新營地的樣區為：BSI-003、BSI-004。

分布在嘉明湖附近草原的樣區為：HUU022、HUU025、MIN002。

2. 球穗蘆植群型 (*Carex oxyandra* vegetation type)

樣區均分布在奇萊南峰周邊地區，為：QSS-014、QSS-015。

3. 垂穗蘆植群型 (*Carex brachyathera* vegetation type)

分布在南湖及石門山周邊的樣區有：ZNF-003、SENS13、SENW33。

分布在石門山周邊的樣區有：SMN-026、SMN-001、SMN-002、SMN-003、SMN-022、SMN-023。

分布在奇萊南峰周邊的樣區有：QSS-014、QSS-015、QSS-016、QSS-017、QSS-018、QSS-019、QSSW11。

分布在奇萊北峰周邊的樣區有：QNS-018、QNS-019、QNS-024、QNS-029、QNS-030。

分布在南玉山周邊的樣區有：NYM-005、NYM-009、NYM-015。

分布在向陽山往三叉山周邊的樣區有：JIA-010。





分布在大劍山周邊的樣區有：TSW-018。

4. 聚生穗序薹植群型 (*Carex nubigena* vegetation type)

分布在奇萊北峰的樣區：QNS-023、QNS-026。

分布在奇萊南峰的樣區：QSS-017、QSS-034。

5. 直蕊宿柱薹植群型 (*Carex orthostemon* vegetation type)

樣區分布在池有山周邊：SDC-011。

6. 南湖柳葉菜植群型 (*Epilobium nankotaizanense* vegetation type)

分布在南湖主峰樣區有：ZNF-024、ZNF-027、ZNF-028、ZNF-052。

7. 玉山龍膽植群型 (*Gentiana scabrida* vegetation type)

分布於奇萊北峰附近的樣區有：QNS-009、QNS-010、QNS-020、QNS-021、QNS-022、QNS-025、QNS-029。

分布於南湖主峰附近的樣區有：ZNF-001、ZNF-002、ZNF-003、ZNF-007、ZNF-010、ZNF-011、ZNF-012、ZNF-013、ZNF-014、ZNF-017、ZNF-021、ZNF-025、ZNF-026、ZNF-041、ZNF-043、ZNF-044、ZNF-045、ZNF-047、ZNF-011、ZNF-013、ZNF-031、ZNF-033、ZNF-013、ZNF-031、ZNF-033。

8. 尼泊爾籟簫植群型 (*Anaphalis nepalensis* vegetation type)

分布在奇萊北峰的樣區有：QNS-019、QNS-024、QNS-030。

分布在南湖主峰周邊的樣區有：ZNF-004、ZNF-005、ZNF-009、ZNF-015、ZNF-016、ZNF-018、ZNF-019、ZNF-020、ZNF-048、ZNF-068、ZNF-086、ZNF-092、ZNF-011、ZNF-013、ZNF-031、ZNF-033、ZNF-011。





9. 高山白珠樹植群型 (*Gaultheria itoana* vegetation type)

分布在南湖主峰周邊的樣區有：ZNF-006、ZNF-008。

分布在石門山周邊的樣區有：SMN-024、SMN-037。

分布在奇萊北峰周邊的樣區有：QNS-027。

分布在南玉山周邊的樣區有：NYM-005。

分布在三叉山周邊的樣區有：JIA-045、JIA-046、JIA-047。

10. 玉山針蘭植群型 (*Trichophorum subcapitatum* vegetation type)

分布在大霸尖山周遭樣區有：BA-028。

分布在匹匹達營地周遭樣區有：DSH-010。

分布在三叉山往南二段方向沿路草坡樣區有：HUU-016、HUUN11、HUUN31、MIN-025、MINN13、MINN31、MINN33、MINW13、MINW33。

在向陽山往山叉山周圍樣區有：JIA-010、JIA-023、JIA-029、JIA-030、JIA-031、JIA-032。

11. 香青植群型 (*Juniperus squamata* vegetation type)

分布在審馬陣草坡周圍樣區有：SMZN31、ZNF-066。

分布在石門山周邊樣區有：SMN-004。

分布在三叉山往南二段方向沿路草坡樣區有：HUU-017、HUU-021、HUU-030、HUUN13、HUUN31、HUUN33、MIN-036、MIN-039、MINN11、MINS11、MINW11。

分布在向陽山往山叉山周圍樣區有：JIAE11、JIAN31、JIAN33。





分布在大劍山周圍樣區有：TSW-035。

12. 曲芒髮草植群型 (*Deschampsia flexuosa* vegetation type)

分布在南湖主峰周邊及審馬陣草原樣區有：ZNF-023、ZNF-035、ZNF-036、ZNF-037、ZNF-039、ZNF-042、ZNF-046、ZNF-049、ZNF-050、ZNF-053、ZNF-061、ZNF-064、ZNF-065、ZNF-067、ZNF-069、ZNF-070、ZNF-085、ZNF-087、ZNF-089、ZNF-091、ZNF-094、SMZE13、SMZN11、SMZN13、SMZW11、SMZW13、SMZW31、SMZW33。

分布在合歡北峰周邊樣區有：HOU-038、HOU-039、HOU-041、HOU-043、HOU-044。

分布在大霸尖山周邊樣區有：BA-008、BA-012、BA-014、BA-016、BA-017、BA-018、BA-026、BA-031、BA-032、BA-034、BA-036、BA-037、BA-040、BA-045。

分布在奇萊北峰周邊樣區有：QNS-012、QNS-013、QNS-016、QNS-017、QNS-018、QNSE11、QNSE33、QNSS11、QNSS13、QNSS31、QNSS33。

分布在奇萊南峰周邊樣區有：QSS-001、QSS-020、QSS-021、QSS-022。

分布在大水窟周邊樣區有：DAS-001、DAS-003、DAS-004、DAS-005、DAS-006、DAS-007、DAS-008、DAS-010、DAS-013、DAS-029、SENS13、SENW13、SENW33。

分布在南玉山周邊樣區有：NYM-007、NYM-008、NYM-009、NYM-010、NYM-011、NYM-013、NYM-014、NYM-016。

分布在三叉山往南二段方向沿路草坡樣區有：HUU-001、HUU-005、HUU-006、HUU-007、HUU-008、HUU-010、HUU-011、HUU-012、HUU-023、HUU-024、HUU-041、HUU-046、HUUW11、HUUW13、HUUW33。

分布在向陽山往三叉山周邊樣區有：JIA-001、JIA-003、JIA-004、JIA-006、JIA-011、JIA-012、JIA-014、JIA-015、JIA-016、JIA-018、JIA-026、JIA-027、JIA-034、JIA-036、JIA-039、JIAE31、MIN-003、MIN-010、MIN-012、MIN-013、MIN-





014、MIN-015、MIN-016、MIN-017、MIN-018、MIN-019、MIN-020、MIN-021、MIN-023、MIN-028、MIN-030、MIN-032、MIN-033、MIN-034、MIN-035、MIN-037、MIN-038、MIN-047、MIN-048、MINS13。

分布在匹匹達營地周邊樣區有：DSH-001、DSH-008、DSH-009、DSH-012、DSH-013、DSH-014、DSH-016、DSH-017、DSH-018、DSH-022、DSH-023、DSH-024、DSH-026、DSH-027、DSH-028、DSH-029、DSH-030、DSHE13、DSHE31、DSHE33、DSHS11、DSHS13、DSHS31、DSHS33。

分布在油婆蘭營地周邊樣區有：JNJW11、JNJW13、JNJW31、JNJW33。

分布在奇萊南峰周邊的樣區有：QSS-030、QSS-032、QSS-033、QSSN11。

分布在大劍山周邊樣區有：TSW-017、TSW-018、TSW-020、TSW-026、TSW-027、TSW-028、TSW-029、TSW-030、TSW-032、TSW-036、TSWN11、TSWN13、TSWN31、TSWN33、TSWW11、TSWW13。

13. 石松植群型 (*Lycopodium clavatum* vegetation type)

分布在合歡北峰周邊的樣區有：HOU-031。

分布在石門山周邊的樣區有：SMN-002、SMN-003、SMN-017、SMN-018、SMN-019、SMN-020、SMN-032、SMN-039、SMN-041。

分布在奇萊南峰的樣區有：QSS-027、QSS-043。

分布在三叉山往南二段方向沿路草坡樣區有：HUU-027、HUU-028、HUU-029、HUU-043、MIN-004、MIN-005、MIN-006、MIN-007、MIN-008、MIN-031、MIN-040、MIN-041、MIN-042、MIN-043、MIN-044、MIN-046。

分布在大霸尖山周邊的樣區有：BA-044。

14. 玉柏植群型 (*Lycopodium obscurum* vegetation type)

分布在審馬陣草坡周邊的樣區有：ZNF-031、ZNF-033、ZNF-034、ZNF-038、ZNF-040、ZNF-051、ZNF-055、ZNF-056、ZNF-058、ZNF-060、ZNF-





063、ZNF-071、ZNF-090、ZNF-093、SMZE33、SMZS11、SMZS13、SMZS31、SMZS33。

分布在鈴鳴山周邊的樣區有：LIN-001、LIN-003、LIN-005。

分布在合歡東峰及北峰周邊的樣區有：HOU-001、HOU-002、HOU-005、HOU-006、HOU-007、HOU-013、HOU-014、HOU-015、HOU-016、HOU-017、HOU-019、HOU-020、HOU-022、HOU-023、HOU-024、HOU-026、HOU-030、HOU-032、HOU-033、HOU-034、HOU-035、HOU-037。

分布在石門山周邊的樣區有：SMN-001、SMN-009、SMN-010、SMN-016、SMN-029、SMN-033、SMNN11、SMNN13、SMNN31、SMNN33、SMNW13、SMNW31、SMNW33。

分布在奇萊北峰的樣區有：QNS-007。

分布在奇萊南峰的樣區有：QSS-009、QSS-012、QSS-019、QSS-026、QSS-031、QSS-037、QSS-038、QSS-040、QSS-041、QSS-042、QSS-044、QSS-045、QSS-047、QSSE11、QSSE31、QSSE33。

分布在大水窟周邊的樣區有：DAS-027。分布在南玉山周邊的樣區有：NYM-004。

分布在三叉山往南二段沿路草坡樣區有：HUU-004、HUU-014、HUU-015、HUU-019、HUU-044。

分布在向陽山往三叉山的周邊樣區有：JIA-008、JIAN13、MIN-011、MIN-022、MIN-024、MINS33。

分布在大霸尖山周邊的樣區有：BA-001、BA-003、BA-004、BA-010、BA-023、BA-041。

分布在匹匹達營地周邊的樣區有：DSH-002、DSH-003、DSH-004、DSH-005、DSH-006、DSH-015、DSH-025、DSHE11、DSHN11、DSHN13、DSHN31、DSHN33。

分布在油婆蘭周邊的樣區有：JNJ-002、JNJ-003、JNJ-004、JNJ-006、JNJ-007、JNJ-008、JNJ-009、JNJ-011、JNJ-012、JNJ-013、JNJ-014、JNJ-015、JNJE31、





JNJE33、JNJN11、JNJN13。

分布在池有山的樣區有：SDC-003、SDC-010。

分布在志佳陽周邊的樣區有：SQY-003。

分布在桃山周邊的樣區有：TAO-001、TAO-003、TAO-005。

15. 刺柏植群型 (*Juniperus formosana* vegetation type)

分布在南湖及審馬陣周邊的樣區有：SMZE11、ZNF-088。

分布在石門山周邊的樣區有：SMN-013、SMN-027。

分布在合歡東峰周邊的樣區有：HOU-025、HOU-027。

分布在奇萊南周邊的樣區有：QSS-025。

分布在南玉山周邊的樣區有：NYM-017。

分布在三叉山往南二段沿路草坡樣區有：HUU-002、HUU-009、HUU-018、HUU-020、HUU-026、HUU-045、HUUE11、HUUE31、HUUE33、MIN-026、MIN-027。

分布在向陽山往三叉山周邊的樣區有：JIAE33、JIAN11、JIAS11、JIAS13、JIAW33。

分布在大霸尖山周邊的樣區有：BA-005、BA-006、BA-007、BA-009、BA-011、BA-013、BA-015、BA-019、BA-021、BA-022、BA-025、BA-027、BA-029、BA-030、BA-033、BA-035、BA-038、BA-039、BA-042、BA-043。

分布在匹匹達營地周邊的樣區有：DSH-007、DSH-011。

分布在油婆蘭營地周邊的樣區有：JNJ-001、JNJ-005、JNJN31、JNJN33。

分布在大劍山周邊的樣區有：TSW-019、TSW-022、TSW-025。





16. 玉山水苦蕒植群型 (*Veronica morrisonicola* vegetation type)

分布在審馬陣草原周邊的樣區有：ZNF-062。

分布在大水窟的樣區有 DAS-009、DAS-012、DAS-038、DAS-039、DAS-040、DAS-049、DAS-052、DAS-060、DAS-068、DAS-069、DAS-070、DAS-072、DAS-078、SENS31、SUNN11、SUNN13、SUNN31、SUNN33、SUNW31、YATE11、YATE13、YATE31、YATE33、YATN11、YATN13、YATN31、YATN33、YATS11、YATS13、YATS31、YATS33、YATW11、YATW13、YATW31、YATW33。

在南玉山周邊的樣區有：NYM-001、NYM-015。

分布在三叉山往南二段沿路草坡樣區有：HUUS13。

在向陽山往三叉山周邊樣區有：JIA-033、JIA-035、JIA-037、JIA-043。

在池有山周邊的樣區有：SDC-009。

在志佳陽周邊的樣區有：SQY-012。

在大劍山周邊的樣區有：TSW-031、TSW-033、TSW-034。

分布在匹匹達營地的樣區有：DSH-019。

17. 紅毛杜鵑植群型 (*Rhododendron rubropilosum* vegetation type)

分布在審馬陣周邊的樣區有：ZNF-029、ZNF-054。

分布在鈴鳴山周邊的樣區有：LINE31、LINS31。

分布在大水窟周邊的樣區有：DAS-002、DAS-015、DAS-025、DAS-026、DAS-028、DAS-030、DAS-031、DAS-032、DAS-033、DAS-034、DAS-035、DAS-036、DAS-037、DAS-041、DAS-051、DAS-059、DAS-064、DAS-065、DAS-066、DAS-067、DAS-071、DAS-073、DAS-074、DAS-075、DAS-076、DAS-077、DAS-081。





分布在匹匹達營地周邊的樣區有：DSH-020、SUNE33、SUNW13、SUNW33、YATN11。

分布在三叉山往南二段沿路草坡樣區有：HUU-013、HUU-031、HUU-042、HUUS11、HUUS31、HUUS33、MIN-001、MIN-009。

分布在向陽山往三叉山周邊樣區有：JIA-017、JIA-020、JIA-021、JIA-038、JIA-041、JIA-042。

分布在大霸尖山周邊的樣區有：BSI-002。

分布在志佳陽周邊的樣區有：SQY-011。

18. 芒植群型 (*Miscanthus sinensis* vegetation type)

分布在鈴鳴山周邊的樣區有：LIN-002、LIN-004、LIN-006、LINE11、LINN11、LINN13、LINN33、LINS33。

分布在大水窟周邊的樣區有：DAS-061、DAS-062、SUNS11。

分布在南玉山周邊的樣區有：NYM-002、NYM-003。

分布在合歡東峰及北峰周邊的樣區有：HOU-004、HOU-008、HOU-009、HOU-010、HOU-011、HOU-012、HOU-018、HOU-028、HOU-036、HOU-040、HOU-042、HOU-045。

分布在奇萊北峰周邊的樣區有：QNS-001、QNS-002、QNS-003、QNS-004、QNS-005、QNS-006、QNS-008、QNS-014、QNSE31。

分布在奇萊南峰周邊的樣區有：QSS-002、QSS-003、QSS-004、QSS-005、QSS-006、QSS-008、QSS-010、QSS-011、QSS-024、QSS-035、QSS-036。

分布在三叉山往南二段沿路草坡樣區有：HUU-003、MIN-029、MIN-045。

分布在向陽山往三叉山周邊樣區有：JIA-002、JIA-005、JIA-009、JIA-





019、JIA-022、JIA-040、JIA-044。

分布在大霸尖山周邊的樣區有：BA-002、BA-015、BA-020、BA-024。

分布在布新營地周邊的樣區有：BSI-001。

分布在匹匹達營地周邊的樣區有：DSH-021。

分布在池有山周邊的樣區有：SDC-001、SDC-002、SDC-004、SDC-005、SDC-006、SDC-007、SDC-008、SDC-012。

分布在石門山周邊的樣區有：SMN-005、SMN-006、SMN-007、SMN-008、SMN-011、SMN-012、SMN-014、SMN-025、SMN-026、SMN-028、SMN-030、SMN-031、SMN-034、SMN-035、SMN-038、SMN-042、SMNS11、SMNS13、SMNS31、SMNS33、SMNW11。

分布在志佳陽周邊的樣區有：SQY-001、SQY-002、SQY-004、SQY-006、SQY-007、SQY-008、SQY-009、SQY-010、SQY-013、SQY-014、SQY-015。

分布在桃山周邊的樣區有：TAO-002、TAO-004。

分布在大劍山周邊的樣區有：TSW-004、TSW-005、TSW-006、TSW-007、TSW-008、TSW-009、TSW-010、TSW-011、TSW-012、TSW-013、TSW-014、TSW-015、TSW-021、TSW-024、TSWE11、TSWE31。

分布在審馬陣周邊的樣區有：ZNF-030、ZNF-032、ZNF-057、ZNF-059。

19. 野薄荷植群型 (*Origanum vulgare* vegetation type)

分布在大水窟周邊的樣區有：DAS-063。

分布在合歡東峰周邊的樣區有：HOU-021。

分布在石門山周邊的樣區有：SMN-015。

分布在奇萊南峰周邊的樣區：QSS-007。





分布在志佳陽周邊的樣區有：SQY-005。

分布在桃山周邊的樣區有：TAO-006。

分布在大劍山周邊的樣區有：TSW-001、TSW-002、TSW-003、TSW-023。

20. 短莖宿柱薹植群型 (*Carex breviculmis* vegetation type)

分布在大水窟周邊的樣區為：DAS-011、DAS-014、DAS-020、DAS-057。

分布在南玉山周邊的樣區為：NYM-006。

分布在大劍山周邊的樣區為：TSW-016。



附錄三、各區域內物種分布表。

以物種分布範圍最廣者依序排列；物種名後標有『*』者為特有種。

樣區	南湖大山區域				合歡奇萊區域				大水窟區域				三叉山區域				雪山區域																			
	山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原																					
代碼	ZNF	SMZ	LIN	ZNF	LIN	QNS	QSS	SMN	QNS	QSS	SMN	HOU	SEN	SUN	YAT	DAS	NYM	JIA	MIN	HUU	BSI	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW	BA	DSH	JNJ	SDC	SQY	TAO	TSW		
海拔	3575	3354	3219			3497	3275	3191					3610	3255	3363			3394	3381	3357					3509	3299	3524									
面積	8736.3	5892.5	1238.6			1914.9	963.5	3555.0					1167.0	3201.2	2178.3			1932.6	1464.6	1948.2					3145.4	1183.6	2088.8									
物種數	117	49	59	83	16	68	29	30	64	44	53	38	40	53	40	44	23	40	37	30	12	50	36	38	52	35	35	28	36	17	23	32	19	42		
特有種數	71	21	26	48	4	41	8	10	34	18	26	15	16	21	16	18	7	13	14	8	2	24	11	12	18	15	15	9	13	5	10	14	7	15		
石松科																																				
石松	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
玉柏		+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	
小杉葉石松																									+	+										
玉山石松	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
玉山地刷子*														+																						
鐵角蕨科																																				
鐵角蕨																																				
蹄蓋蕨科																																				
宿蹄蓋蕨																																				
逆葉蹄蓋蕨		+	+																																	



樣區	南湖大山區域		合歡奇萊區域		大水窟區域		三叉山區域		雪山區域																														
	山峰	草原	山峰	草原	山峰	草原	山峰	草原	山峰	草原																													
代碼	ZNF	SMZ	LIN	ZNF	LIN	QNS	QSS	SMN	QNS	QSS	SMN	HOU	SEN	SUN	YAT	DAS	NYM	JIA	MIN	HUU	BSI	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW	BA	DSH	JNJ	SDC	SOY	TAO	TSW					
鱗毛蕨科																																							
腺鱗毛蕨				+	+									+	+							+				+	+	+											
闊葉鱗毛蕨	+														+																								
臺灣耳蕨	+																																						
高山耳蕨	+					+																																	
臺中耳蕨*	+																																						
瓶爾小草科																																							
扇羽陰地蕨	+			+																																			
高山瓶爾小草			+					+																															
紫萁科																																							
絨假紫萁													+																										
水龍骨科																																							
玉山蕨															+																								
擬烏蘇里瓦葎*			+																																				
瓦葎			+																																				
鳳尾蕨科																																							
高山珠蕨	+	+			+																																		



樣區	南湖大山區域				合歡奇萊區域				大水窟區域				三叉山區域				雪山區域																								
	山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原																										
代碼	ZNF	SMZ	LIN	ZNF	LIN	QNS	QSS	SMN	QNS	QSS	SMN	HOU	SEN	SUN	YAT	DAS	NYM	JIA	MIN	HUU	BSI	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW	BA	DSH	JNJ	SDC	SQY	TAO	TSW							
柏科																																									
刺柏	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	+					+			+						
香青	+	+	+	+			+	+						+	+	+	+	+	+	+					+		+	+	+								+				
松科																																									
臺灣冷杉*		+	+																								+										+				
臺灣五葉松*																																							+		
臺灣二葉松*		+	+											+	+	+	+																								
臺灣果松		+	+												+												+												+		
臺灣鐵杉		+	+																																						
小檗科																																									
臺灣小檗*	+	+	+												+																								+		
玉山小檗*	+	+	+	+		+			+					+			+		+	+							+	+	+										+		
紫草科																																									
南湖附地草*	+																																								
桔梗科																																									
玉山沙參*	+									+																															
高山沙參*	+			+		+			+								+											+												+	
山桔梗							+																																		
小葉莢迷*			+																																						



樣區	南湖大山區域				合歡奇萊區域				大水窟區域				三叉山區域				雪山區域																				
	山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原																						
代碼	ZNF	SMZ	LN	ZNF	LN	ONS	QSS	SMN	ONS	QSS	SMN	HOU	SEN	SUN	YAT	DAS	NYM	JIA	MIN	HUU	BSI	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW	BA	DSH	JNJ	SDC	SQY	TAO	TSW			
忍冬科																																					
川上氏忍冬*	+	+				+																															
三萼花草	+																																				
纈草	+																																				
石竹科																																					
高山無心菜*	+																									+											
玉山卷耳*	+			+		+			+																												
亞毛無心菜*	+																																				
玉山石竹*	+		+	+		+			+	+	+		+	+	+	+									+	+	+		+		+	+	+		+		
玉山蠅子草*							+																														
菊科																																					
臺灣鬼督郵		+								+									+							+											
玉山抱莖籟簫										+		+		+	+																						
尼泊爾籟簫	+	+	+	+		+	+		+				+	+	+	+	+		+	+				+	+	+	+		+							+	
山艾*	+			+		+			+						+																						
細葉山艾*	+			+					+																+												
高山艾*	+			+		+																															
雪山馬蘭*	+			+																																	
阿里山薊*	+		+			+			+		+			+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+		+									
細川氏薊*	+			+																																	



樣區 代碼	南湖大山區域					合歡奇萊區域					大水窟區域					三叉山區域					雪山區域																
	山峰		草原			山峰		草原			山峰		草原			山峰		草原			山峰		草原														
	ZNF	SMZ	LIN	ZNF	LIN	QNS	QSS	SMN	QNS	QSS	SMN	HOU	SEN	SUN	YAT	DAS	NYM	JIA	MIN	HUU	BSI	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW	BA	DSH	JNJ	SDC	SOY	TAO	TSW			
玉山薊*	+																																				
玉山飛蓬*	+	+							+	+												+															
細葉鼠麴草														+																							
森氏山柳菊*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
貓兒菊												+																									
玉山薄雪草*	+						+																+	+													
矮菊																								+													
玉山毛蓮菜*	+		+	+					+	+													+													+	
高山毛蓮菜*	+			+																																	
高山青木香*							+																														
奇萊青木香*	+			+																																	
玉山黃菀*																								+													
黃菀*							+			+	+																										
一枝黃花	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+					+	+			+		
景天科																																					
穗花八寶*	+			+		+																															
紅子佛甲草*	+																																				
玉山佛甲草*	+	+		+		+			+	+	+								+			+		+			+										
十字花科																																					
臺灣筷子芥*	+						+																														



樣區	南湖大山區域				合歡奇萊區域				大水窟區域				三叉山區域				雪山區域																			
	山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原																					
代碼	ZNF	SMZ	LIN	ZNF	LIN	QNS	QSS	SMN	QNS	QSS	SMN	HOU	SEN	SUN	YAT	DAS	NYM	JIA	MIN	HUU	BSI	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW	BA	DSH	JNJ	SDC	SOY	TAO	TSW		
槌牛兒苗科																																				
單花槌牛兒苗*	+			+		+		+	+	+								+				+														+
金絲桃科																																				
玉山金絲桃				+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
唇形科																																				
風輪菜				+																																
疏花風輪菜*				+					+																											
臺灣風輪菜*	+																																			
野薄荷												+	+			+																				+
高山夏枯草*	+			+					+																											
豆科																																				
南湖大山紫雲英*				+																																
柳葉菜科																																				
合歡柳葉菜*	+			+		+		+																												
南湖柳葉菜*	+			+																																
闊柱柳葉菜	+			+																																
臺灣柳葉菜*	+																																			
列當科																																				
丁座草	+					+							+														+									
南湖碎雪草*	+			+																																



樣區 代碼	南湖大山區域				合歡奇萊區域				大水窟區域				三叉山區域				雪山區域																			
	山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原																					
	ZNF	SMZ	LIN	ZNF	LIN	QNS	QSS	SMN	QNS	QSS	SMN	HOU	SEN	SUN	YAT	DAS	NYM	JIA	MIN	HUU	BSI	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW	BA	DSH	JNJ	SDC	SOY	TAO	TSW		
玉山小米草*	+			+		+		+		+		+	+	+	+		+	+	+		+	+	+													
馬先蒿	+								+		+																									
酢漿草科																																				
臺灣山酢漿草		+																																		
車前科																																				
玉山水苦蕒*	+	+	+	+		+		+		+		+	+	+	+	+		+		+	+	+	+	+		+					+		+			
遠志科																																				
瓜子金				+					+				+															+				+		+		
蓼科																																				
虎杖												+																								
報春花科																																				
玉山櫻草	+			+						+																										
毛茛科																																				
繡球藤	+																+								+											
蓬萊毛茛*	+		+	+					+		+	+																								
檜林毛茛*	+			+		+																														
鹿場毛茛*	+																																			
南湖唐松草*	+																																			
傅氏唐松草*	+								+																											



樣區	南湖大山區域				合歡奇萊區域				大水窟區域				三叉山區域				雪山區域																				
	山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原																						
代碼	ZNF	SMZ	LIN	ZNF	LIN	QNS	QSS	SMN	QNS	QSS	SMN	HOU	SEN	SUN	YAT	DAS	NYM	JIA	MIN	HUU	BSI	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW	BA	DSH	JNJ	SDC	SOY	TAO	TSW			
薔薇科																																					
高山柃子			+																																		
臺灣草莓*								+										+				+															
玉山金梅	+		+			+			+				+					+				+	+	+	+		+			+							
高山翻白草	+					+																															
雪山翻白草*	+			+																		+															
玉山野薔薇*	+																										+										
高山薔薇		+	+											+																					+		
毛刺懸鈎子*	+					+																															
高山懸鈎子		+	+	+		+			+		+			+	+				+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
五蕊莓	+			+		+			+													+															
巒大花楸*		+																																			
臺灣繡線菊*	+		+																								+						+	+			
假繡線菊*	+		+																																	+	
玉山繡線菊*	+			+			+					+	+	+	+											+	+										
茜草科																																					
刺果豬殃殃*																																					
福山氏豬殃殃*	+																																				
琉球豬殃殃	+		+			+																															
南湖大山豬殃殃*	+			+																																	



樣區 代碼	南湖大山區域				合歡奇萊區域				大水窟區域				三叉山區域				雪山區域																				
	山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原																						
	ZNF	SMZ	LIN	ZNF	LIN	ONS	QSS	SMN	ONS	QSS	SMN	HOU	SEN	SUN	YAT	DAS	NYM	JIA	MIN	HUU	BSI	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW	BA	DSH	JNJ	SDC	SOY	TAO	TSW			
楊柳科																																					
高山柳*				+										+																							
虎耳草科																																					
阿里山落新婦*	+																																				
梅花草									+													+															
臺灣茶藨子*		+																							+												
繖形科																																					
玉山當歸*	+			+						+																											
玉山彎柱芎*	+			+																																	
阿里山天胡荽*											+	+	+	+										+													
臺灣山薰香*	+			+			+			+		+																									
玉山茴香*	+			+			+			+	+	+	+										+													+	
堇菜科																																					
喜岩堇菜	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
雪山堇菜*																							+														
箭葉堇菜																																				+	
雙黃花堇菜	+			+												+																					
尖山堇菜*	+	+	+	+						+	+	+																									
天南星科																																					
臺灣天南星*																																					+



樣區 代碼	南湖大山區域				合歡奇萊區域				大水窟區域				三叉山區域				雪山區域																						
	山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原		山峰		草原																								
	ZNF	SMZ	LIN	ZNF	LIN	QNS	QSS	SMN	QNS	QSS	SMN	HOU	SEN	SUN	YAT	DAS	NYM	JIA	MIN	HUU	BSI	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW	BA	DSH	JNJ	SDC	SOY	TAO	TSW					
天門冬科																																							
臺灣鹿藥*	+	+								+																	+										+		
莎草科																																							
南湖扁果藎	+			+																																			
垂穗藎	+						+	+		+	+	+															+	+	+										
短莖宿柱藎	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
黃花藎	+		+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+							+				+													
聚生穗序藎											+	+																											
直蕊宿柱藎*																																						+	
球穗藎								+	+		+			+		+		+	+	+		+	+	+	+		+											+	
油藎												+				+						+	+	+	+														
抱鱗宿柱藎	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
玉山針蘭							+			+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+							+	
燈心草科																																							
中國地楊梅																																							+
臺灣地楊梅*	+	+	+	+			+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
禾本科																																							
玉山翦股穎*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
川上短柄草*	+		+	+			+			+		+		+	+	+	+										+												
臺灣雀麥*	+										+																												



樣區 代碼	南湖大山區域					合歡奇萊區域					大水窟區域					三叉山區域					雪山區域															
	山峰		草原			山峰		草原			山峰		草原			山峰		草原			山峰		草原													
	ZNF	SMZ	LIN	ZNF	LIN	QNS	QSS	SMN	QNS	QSS	SMN	HOU	SEN	SUN	YAT	DAS	NYM	JIA	MIN	HUU	BSI	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW	BA	DSH	JNJ	SDC	SOY	TAO	TSW		
髮草	+			+					+	+		+							+	+		+	+	+												
曲芒髮草	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
類蘆野青茅	+			+																																
水山野青茅*									+					+																						
臺灣鵝觀草*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+		+	+	+	+		+		+	+	+	+			
日本羊茅									+																	+										
羊茅	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
紫羊茅	+									+			+			+																				
冷杉異燕麥	+	+	+	+		+	+	+					+		+		+	+	+	+					+	+	+		+					+		
芒	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
高山梯牧草					+					+		+																								
臺灣早熟禾*	+																																			
南湖大山早熟禾*	+		+			+				+																										
高山早熟禾*					+																															
臺灣三毛草*	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
玉山箭竹	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
百合科																																				
細葉麥門冬																																				
黑藥花科																																				
臺灣藜蘆*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+													+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	





附錄四、各山峰新增及消失物種之臨界值階層 (ThL)。標示『*』為特有種。

變動物種	NAH		HQM			DAS		SAC			SYU				
	ZNF	SMZ	LIN	QNS	QSS	SMN	SEN	SUN	YAT	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW
新增物種															
一枝黃花															100
大籽當藥												100			
小杉葉石松															50
小葉雙蝴蝶*				100											
山艾*									50						
日本羊茅															50
尼泊爾籟簫								100							
玉山山蘿蔔*				100											
玉山水苦蕒*											50				
玉山石竹*			50												100
玉山佛甲草*															100
玉山蕨								100							
玉山菝契		50								50					
玉山黃菀*															50
玉山龍膽*			100												
玉山薊*	50														
玉山繡線菊*															100
玉山雙葉蘭*				50											
玉山彎柱芎*	50														
尖山堇菜*		100													
冷杉異燕麥										100	50	100			50
芒	100			100											
阿里山天胡荽*								50							
阿里山薊*	100														
南湖大山豬殃殃*	100														
南湖雛蘭*				50				50							
厚唇粉蝶蘭*						50									
紅小蝶蘭*	100			50											
紅毛杜鵑*		50													
香青					50										
琉球豬殃殃	100		100												
逆葉蹄蓋蕨								50							





變動物種	NAH		HQM			DAS			SAC			SYU			
	ZNF	SMZ	LIN	QNS	QSS	SMN	SEN	SUN	YAT	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW
高山白珠樹	100					100									
高山柳*								100							
高山無心菜*	50													50	
高山翻白草				100											
高山懸鈎子		50							100						
假繡線菊*	50														
宿蹄蓋蕨				100											
臺灣鹿藥	100	100													
短距粉蝶蘭														50	
紫羊茅								100							
黑斑龍膽*	100														
臺灣二葉松*									100						
臺灣三毛草*		100													
臺灣小蘗*	100										50				
臺灣耳蕨	50														
臺灣馬醉木										100					
臺灣龍膽	50														
臺灣繡線菊*	100		100												
髮草											50				
闊葉鱗毛蕨								50						50	

消失物種

丁座草	50														
三萼花草	50														
山桔梗				50											
水山野青茅*				50											
尼泊爾籜簫											50				
玉山小蘗*														100	
玉山山蘿蔔*										100					
玉山毛蓮菜*	50														
玉山杜鵑*		100								100					
玉山卷耳*				100											
玉山抱莖籜簫									100						
玉山金梅														100	
玉山飛蓬*	50														
玉山野薔薇*														100	
玉山菝葜			50												





變動物種	NAH		HQM			DAS			SAC			SYU			
	ZNF	SMZ	LIN	QNS	QSS	SMN	SEN	SUN	YAT	JIA	MIN	HUU	DSH	JNJ	TSW
玉山筷子芥			100												
玉山繡線菊*								100							100
瓜子金			100												
瓦葦			50												
冷杉異燕麥			100		100	50									
亞毛無心菜*	100														
阿里山薊*											100				
南湖大山早熟禾*				50											
南湖斑葉蘭*						50									
厚唇粉蝶蘭*	50														
紅子佛甲草*	50														
紅毛杜鵑*										100					
逆葉蹄蓋蕨		50													
高山耳蕨	50			50											
高山青木香*				50											
鹿場毛茛*	50														
喜岩堇菜															50
黃斑龍膽*															50
黃菀*				50											
腺鱗毛蕨														50	
臺灣二葉松*		50													
臺中耳蕨*	50														
臺灣早熟禾*	100														
臺灣茶藨子*		50													
臺灣馬醉木										100					
臺灣鹿藥*	100														
臺灣筷子芥*	50														
鐵角蕨				50											





附錄五、1 m x 1 m 樣區新增或消失物種之臨界值階層
(ThL)。標示『*』為特有種。

變動物種	NAH		HQM			DAS			SAC			SYU			
	ZNF	SMZ	LIN	ONS	QSS	SMN	SEN	SUN	YAT	JIA	MIN	HJU	DSH	INJ	TSW
新增物種															
大籽當藥											100				
小葉雙蝴蝶*				100											
玉山石竹*													100		
玉山抱莖籟簫								100							
玉山翦股穎						100									
玉山龍膽*							100								
玉山雙葉蘭*				100											
芒	100				100										
南湖大山豬殃殃*	100														
南湖杜鵑*		100													
香青					100										
扇羽陰地蕨	100														
琉球豬殃殃	100														
高山白珠樹									100						
鹿藥	100														
喜岩堇菜		100					100				100		100		
黑斑龍膽*	100														
臺灣小蘗*	100														
臺灣地楊梅*										100					
臺灣果松			100												
臺灣龍膽							100			100					
臺灣鵝觀草*						100		100							
消失物種															
中國地楊梅															100
玉山小米草*										100					
玉山小蘗*	100														
玉山山蘿蔔*										100					
玉山毛蓮菜*			100												
玉山杜鵑*		100									100				
玉山翦股穎											100				
玉山薄雪草*	100														





變動物種	NAH		HQM			DAS			SAC			SYU			
	ZNF	SMZ	LIN	ONS	QSS	SMN	SEN	SUN	YAT	JIA	MIN	HJU	DSH	JNJ	TSW
玉柏										100					
瓜子金			100												
石松							100								
冷杉異燕麥				100	100				100						
刺柏									100						
阿里山龍膽*						100									
阿里山薊*									100	100		100			
紅毛杜鵑*									100						
高山白珠樹		100					100								
森氏山柳菊*				100	100										
短距粉蝶蘭						100									
紫羊茅	100														
福山氏豬殃殃*	100														
臺灣三毛草*											100				
臺灣地楊梅*				100		100									
臺灣雀麥*	100														
臺灣鹿藥*	100														
臺灣鵝觀草*					100		100								
齒葉南芥	100														





附錄六、1 m x 1 m 之物種海拔資料與分級表

物種分布之最高、最低和平均海拔高度以下列項目進行分類：al，高山(alpine)；tr，森林線(treeline)；mo，低海拔山區(montane)；id，廣泛分布(centre indifferent)。依據物種分布海拔的位置進行分級：1.終年下雪區、2.高山至終年下雪區、3.高山區、4.樹線至高山區、5.樹線區、6.低海拔山區。

中文名	海拔			分級	出現的目標區域
	最低	平均	最高		
一枝黃花	mo	id	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC
大籽當藥	mo	id	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC
小葉雙蝴蝶*	mo	tl	al	5	HQM
山艾*	mo	id	al	5	NAH
川上氏忍冬*	mo	tl	al	5	NAH
川上短柄草*	mo	al	al	4	NAH,DAS
中國地楊梅	mo	id	al	5	SYU
毛刺懸鉤子*	mo	tl	al	5	NAH,HQM
尼泊爾籟簫	mo	tl	al	5	NAH,DAS,SAC,SYU
玉山小米草*	mo	tl	al	5	NAH,DAS,SAC
玉山小蘗*	mo	tl	al	5	NAH,HQM,SYU
玉山山蘿蔔*	mo	al	al	4	NAH,DAS,SAC
玉山毛蓮菜*	mo	tl	al	5	NAH
玉山水苦蕒*	mo	al	al	4	NAH,DAS,SYU
玉山石竹*	mo	tl	al	5	NAH,HQM,DAS,SYU
玉山石松	mo	tl	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
玉山佛甲草*	mo	tl	al	5	NAH
玉山杜鵑*	mo	id	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
玉山卷耳*	mo	tl	al	5	NAH
玉山抱莖籟簫	mo	id	al	5	DAS
玉山金梅	mo	al	al	4	SAC,SYU
玉山金絲桃*	mo	tl	al	5	HQM,DAS,SAC,SYU
玉山飛蓬*	mo	al	al	4	NAH
玉山針蘭	mo	tl	al	5	DAS,SAC,SYU
玉山筷子芥	mo	tl	al	5	NAH
玉山箭竹	mo	id	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
玉山翦股穎	mo	tl	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
玉山龍膽*	mo	al	al	4	NAH,DAS,SAC
玉山薄雪草*	mo	tl	al	5	NAH,SYU
玉山雙葉蘭*	mo	tl	al	5	HQM





中文名	海拔			分級	出現的目標區域
	最低	平均	最高		
玉柏	mo	tl	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
瓜子金	mo	mo	al	6	NAH
石松	mo	id	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
尖山堇菜*	mo	tl	al	5	NAH
曲芒髮草	mo	tl	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
羊茅	mo	tl	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
冷杉異燕麥	mo	al	al	4	NAH,HQM,DAS,SYU
芒	mo	id	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
刺果豬殃殃*	mo	id	al	5	HQM
刺柏	mo	tl	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
奇萊青木香*	tl	al	al	3	NAH
抱鱗宿柱臺	mo	id	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
阿里山龍膽*	mo	al	al	4	NAH,HQM,SAC,SYU
阿里山薊*	mo	tl	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC
南湖大山早熟禾*	mo	al	al	4	NAH
南湖大山豬殃殃*	mo	tl	al	5	NAH
南湖杜鵑*	mo	tl	al	5	NAH
南湖附地草*	tl	al	al	3	NAH
南湖扁果臺	mo	al	al	4	NAH
南湖碎雪草*	mo	al	al	4	NAH
南湖雛蘭*	mo	al	al	4	NAH
垂穗臺	tl	al	al	3	NAH,HQM,SYU
紅毛杜鵑*	mo	id	al	5	DAS,SYU
香青	mo	al	al	4	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
扇羽陰地蕨	mo	id	al	5	NAH
琉球豬殃殃	mo	mo	al	6	NAH
高山毛蓮菜*	mo	al	al	4	NAH
高山白珠樹	mo	id	al	5	NAH,DAS,SAC,SYU
高山沙參*	mo	tl	al	5	NAH
高山柃子	tl	al	al	3	NAH
高山珠蕨	mo	al	al	4	NAH
高山瓶爾小草	mo	al	al	4	NAH
球穗臺	tl	al	al	3	SAC,SYU
細川氏薊*	mo	id	al	5	NAH
細葉山艾*	mo	id	al	5	NAH
細葉鼠麴草	mo	mo	al	6	DAS





中文名	海拔			分級	出現的目標區域
	最低	平均	最高		
雪山翻白草*	mo	al	al	4	NAH
鹿藥	mo	tl	al	5	NAH
喜岩堇菜	mo	id	tl	6	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
單花牻牛兒苗*	mo	tl	al	5	NAH,HQM
森氏山柳菊*	mo	tl	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
短莖宿柱薹	mo	id	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
短距粉蝶蘭	mo	id	al	5	HQM,SAC
紫羊茅	tl	al	al	3	NAH
黃花薹	mo	id	al	5	NAH,HQM,DAS,SYU
黑斑龍膽*	mo	al	al	4	NAH
福山氏豬殃殃*	mo	mo	al	6	NAH
臺灣三毛草*	mo	tl	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
臺灣小蘗*	mo	tl	al	5	NAH
臺灣山薰香*	al	al	al	3	NAH
臺灣地楊梅*	mo	tl	al	5	NAH,HQM,DAS,SAC,SYU
臺灣果松	mo	tl	al	5	NAH
臺灣馬醉木	mo	id	al	5	DAS
臺灣鬼督郵	mo	id	al	5	SYU
臺灣雀麥*	mo	al	al	4	NAH
臺灣鹿藥*	mo	tl	al	5	NAH
臺灣龍膽	mo	id	al	5	NAH,DAS,SAC
臺灣鵝觀草*	mo	tl	al	5	NAH,HQM,DAS,SYU
臺灣藜蘆*	mo	id	al	5	NAH,HQM,SYU
蓬萊毛茛*	mo	tl	al	5	NAH
髮草	tl	al	al	3	SAC
齒葉南芥	mo	tl	al	5	NAH
穗花八寶*	mo	al	al	4	NAH
闊葉鱗毛蕨	mo	id	al	5	NAH
繡球藤	mo	tl	al	5	NAH
雙黃花堇菜	al	al	al	3	NAH





附錄七、1 m x 1 m 之物種海拔分級統計。

海拔分布 (最低 / 平均 / 最高)	物種 數	物種海拔 分級	分級名稱；分級物種數
高山區/高山區/高山區 alpine / alpine / alpine	3	3	高山物種；14
樹線 /高山區/高山區 treeline / alpine / alpine	11	3	(alpine)
低海拔山區/高山區/高山區 montane / alpine / alpine	35	4	樹線-高山物種；35 (treeline-alpine)
低海拔山區/樹線 /高山區 montane / treeline / alpine	65	5	廣泛分布種；105 (treeline)
低海拔山區/ 無區別 /高山區 montane / indifferent / alpine	40	5	
低海拔山區/低海拔山區/高山區 montane / montane / alpine	8	6	
低海拔山區/無區別/ 樹線 montane / indifferent / treeline	3	6	低海拔物種；12 (montane)
低海拔山區/低海拔山區/低海拔山區 montane / montane / montane	1	6	

