

雪霸國家公園
102 年度保育研究計畫成果發表會

論文集

雪霸國家公園管理處
中華民國 103 年 5 月 6 日

雪霸國家公園 102 年度保育研究計畫成果發表會

議程表

一、 時間：103 年 5 月 6 日 (星期二)

二、 地點：國立中興大學農業暨自然資源學院農環大樓 10F 國際會議廳

時間	題目	講者	單位	主持人
0900-0930	報到			
0930-0940	貴賓致詞			
0940-1000	活動合影&茶敘交流			
Session I	武陵地區溪流生態系及七家灣溪一號防砂壩壩體改善後研究			
1000-1020	七家灣溪一號防砂壩壩體改善對河道物理棲地之影響	葉昭憲老師	逢甲大學水利工程與資源保育學系	林幸助老師
1020-1040	臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析	曾晴賢老師	清華大學生物資訊與結構生物研究所	
1040-1100	討論			
Session II	氣候變遷對雪山高山生態系之衝擊研究			
1100-1120	雪山植物開花物候與植群動態之研究	曾喜育老師	中興大學森林學系	曾彥學老師
1120-1140	雪山地區哺乳類群聚生態研究	林良恭老師	東海大學生命科學系	
1140-1200	討論			
1200-1330	午餐			
Session III	觀霧地區觀霧山椒魚及其相關物種調查			
1330-1350	觀霧山椒魚棲地復育與工作假期	邱清安老師	中興大學森林學系	歐辰雄老師
1350-1410	觀霧山椒魚及相關動物調查	吳聲海老師	中興大學生命科學系	
1410-1430	討論			
1430-1500	綜合座談與閉幕			

目錄

七家灣溪一號防砂壩壩體改善對河道物理棲地之影響.....	1
臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析.....	112
雪山植物開花物候與植群動態之研究.....	27
雪山地區哺乳類群聚生態研究.....	55
觀霧山椒魚棲地復育與工作假期.....	85
觀霧地區觀霧山椒魚研究成果與未來研究保育構想.....	99

七家灣溪一號防砂壩壩體改善對河道物理棲地之影響

葉昭憲

逢甲大學水利工程與資源保育學系

摘要

為瞭解武陵地區長期生態系統之互動關係，本研究除追蹤高山溪四座防砂壩與七家灣溪一號壩壩體改善工程後以及七家灣溪全河道之河道演變外，並對數年來所設置十一處生態共同採樣區及高山溪進行河道之縱、橫斷面測量及物理棲地組成調查與空間分佈分析。在沿用過去實施多年之河道斷面測量及物理棲地調查方法下，102 年調查結果顯示高山溪河道呈現沖淤互現之情況，二號壩址與一號壩下之殘材壩，在人為進行裁切作業後，其壩體已被沖毀因而無河道高程落差之情形，然而高山溪二號壩與下游河道依舊存在約 2.5 公尺的高低差。經過八月颱風事件，七家灣溪全河道調查顯示斷面出現沖淤互現現象。各共同樣區測站之物理棲地與底質類型調查結果，除一號壩上下游外，其餘測站與過去調查成果皆有些變化。而一號壩體改善之持續調查方面，結果顯示夏季雨季後觀魚台並無顯著變化；一號壩上游及下游則在高程、棲地及底質皆有劇烈變動，上、下游棲地分別轉為以淺瀨及緩流為主的類型，上游底質則從粗顆粒的粗石轉變為較細顆粒的碎石類型，下游底質則是以細顆粒的卵石、碎石為主；新繁殖場高程受到颱風事件影響，高程抬高，棲地轉以緩流為主而底質則轉以卵石、碎石為主。

關鍵詞：臺灣櫻花鉤吻鮭、七家灣溪、高山溪、防砂壩改善、河道測量、物理棲地、底質組成

ABSTRACT

To understand the interactive relationships among the ecosystem components of Wulin Area and the transition of channel morphology after dam removals, this project implemented longitude and cross sections survey and habitat composition analysis at eleven observation sites and Gaushan Creek selected by group members of STMD. This project applied the same survey and analysis methods used in past several years.

Based on the this year's investigations applied at February, June, and October, the channel of Gaushan Creek has no significant change but minor deposit or scour locally. The woody debris dam and its downstream deep pool between Dam #3 and #4 are still impossible to go over such that the channel condition beyond the woody debris dam is remained unclear. However, the other two woody debris dams in the Gaushan Creek decreased in heights because of cutting the woody debris into halves last year. At both upstream and downstream channels of the partial-removed Dam #1 of Chichiawan Creek have experienced dramatic changes in morphology, substrate composition, and physical habitat composition. The channel of Sihjielan Creek often changes dramatically after storm for its wide channel.

Keywords: Formosan Landlooked Salmon, Chi-Chia-Wan Creek, Gau-shan Creek, Dam Removal, Channel Survey, Physical Habitat, Substrate Composition

一、前言

在雪霸國家公園內，臺灣櫻花鉤吻鮭是臺灣地區特有亞種的陸封型鮭魚，而在今日被視為國寶魚則顯示其保育工作之重要性。然而，數十年前臺灣櫻花鉤吻鮭的棲息環境生存條件（低水溫、高溶氧、水量充沛、覆蓋充分、豐富的無脊椎動物數量、無污染的環境及適於產卵的底質等）曾因人為影響而有所改變；其中，物理性之改變係以防砂壩所造成水溫變化與族群阻隔最為明顯。因此，雪霸國家公園管理處自民國八十六年起即開始針對防砂壩改善工程進行系列研究，並於民國 88 年至 90 年分別對高山溪四座防砂壩進行壩體改善。其後，為瞭解改善工程完成後，高山溪河道縱橫斷面之演變以及其物理棲地組成及空間分佈狀況，雪霸國家公園亦透過研究計畫持續對高山溪河道斷面進行追蹤測量。而為進一步釐清臺灣櫻花鉤吻鮭與其生存環境及生態系之互動關係，雪霸國家公園則於民國 94 年開始以群體計畫方式進行系列「武陵地區長期生態研究」計畫。如同多年來在共同樣區之研究內容，除進行測量、調查工作外，並持續觀測於民國 100 年所實施七家灣溪一號壩體改善後，包括觀魚台、一號壩上下游各 100 公尺、新繁殖場測站之斷面測量、棲地與底質組成調查等項目，藉以紀錄河道環境變化歷程，以便群體計畫能夠提供雪霸國家公園在武陵地區生態管理上之參考。因此，本研究

之範圍為高山溪四座防砂壩之觀測河段、七家灣溪三號壩以下至與高山溪匯流口間河道、七家灣溪一號壩上下游四處各 100 公尺河段之比較監測、七家灣溪上所設之共同採樣區與司界蘭溪（圖 1），所進行持續性追蹤調查項目為河道之縱、橫斷面測量及物理棲地調查。

- 測站#1. 桃山北溪
- 測站#2. 桃山西溪
- 測站#4. 觀魚台
- 測站#5. 新繁殖場
- 測站#6. 迎賓橋
- 測站#7. 萬壽橋
- 測站#9. 有勝溪
- 測站#10. 司界蘭溪壩上
- 測站#11. 司界蘭溪壩下
- 測站#12. 七家灣溪一號壩上
- 測站#13. 七家灣溪一號壩下

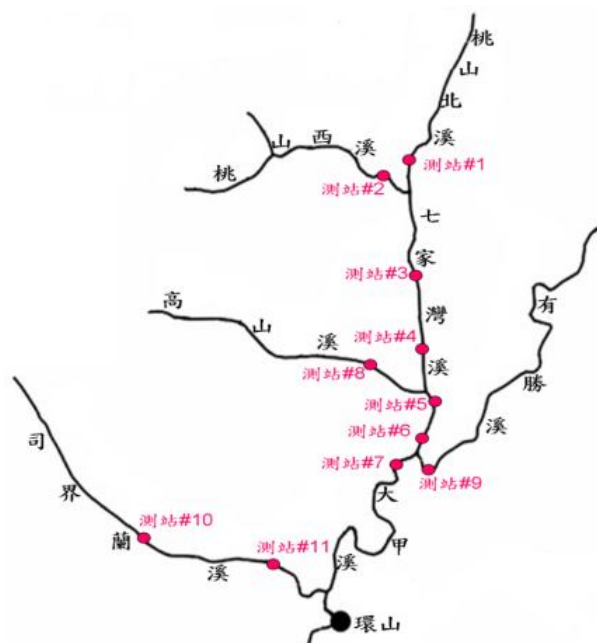


圖 1 研究範圍及對應調查樣佔位置圖

二、材料與方法

當河川系統在進行平衡調節過程中，河道地形及物理棲地組成亦隨之逐漸轉變，因此透過定期調查及分析將可定義出其變化趨勢。調查方式如下：

(一) 河道地形變化趨勢

河床高程與受干擾後，隨著時間的變化呈非線性函數關係。受到干擾後，一開始河床變動快，高程會隨時間驟降，其後漸達到穩定的狀態。藉由河道縱橫斷面測量結果之比較，可獲致兩項河道地形之演變歷程。

1. 河道之縱向演變：利用河段縱斷面測量之實測紀錄，可推算研究河段環境變化後之高程演變趨勢。
2. 河道橫向演變：將各觀測斷面之歷年調查結果同時繪製於同一橫斷面圖上，即可判斷河道邊坡及河床面之沖淤狀況。

(二) 物理棲地組成

利用所設置之間距 20 公尺穿越線，首先測定各河段之溪寬，其次於溪寬 1/4、2/1 和 3/4 處分別觀測水深、流速和底質礫石，並藉以判定棲地類別。最後，利用不同觀測時段之河段物理棲地組成，歸納其變動趨勢。而底質之量測將以腳踏法和目視法判定，底質種類及其分類對照如(表 1)所示。

表 1 棲地底質分類表 (單位：cm)

編號	1	2	3	4	5	6
底質	Smooth Surface	Gravel	Pebble	Rubble	Small Boulder	Large Boulder
底石粒徑	<0.2	0.2-1.6	1.6-6.4	6.4-25.6	25.6-51.2	>51.2

棲地分級則根據 Leopold (1969)之研究成果，將水流型態歸類為為深潭(pool)、緩流(slow water)、淺瀨(riffles)、急流(rapids)、岸邊緩流(slack)、迴流(backwater)等六種流況。本研究利用水深與流速之比值，即福祿數(Froude Number)

$F_r = V / \sqrt{gH}$ ，以便對前四種主要水流形態所對應之棲地類型予以定義(賴建盛，1996；表 2)，公式及表中之 V 為流速，h 為水深，b 為水面寬。而棲地多樣性指標，則藉由 Shannon- Wiener 多樣指標予以呈現。

表 2 棲地環境類型分析 (賴建盛，1996)

福祿數大小	Fr<0.095	0.095<Fr<0.255	0.255<Fr<1	Fr>1
棲地型態	Pools	Slow water	Riffles	Rapids

三、 結果

(一)高山溪河道變化調查

高山溪原有四座防砂壩，在 88 年 4 月至 90 年 9 月陸續進行壩體改善工程後，其河道地形會因為此人為條件改變而有所的調整。為瞭解河床演變的趨勢及特性，本研究延續前幾年之調查，對於高山溪河道進行長期追蹤調查，並就壩體改善前後各斷面之高程及縱剖面深槽線的變化，透過圖表說明，作為河床演變與河床泥砂輸送之監控。102 年度計畫對高山溪進行三次斷面調查，分別於 1 月、6 月以及 9 月實施。6 月以及 9 月受限於三號壩上游之殘材壩前深潭，無法再向上游到

達四號壩，故其測量係以三號壩為起點；經由調查發現，上游零星崩塌地提供了土石粒料，經過雨季，加上今年度的颱風事件，沖淤後河道有趨於平緩的趨勢，但仍然有些許的木質殘材。

表 3 高山溪河道平均坡度

測量日期	2013/01/17	2013/06/01	2013/09/07
三號壩上游	0.046	0.021	0.023
二號壩上游	0.032	0.031	0.031
一號壩上游	0.032	0.035	0.028
一號壩下游	0.033	0.034	0.033

(二)七家灣溪河道斷面調查

102 年度進行七家灣溪全河道測量，因此分成三號壩至二號壩上游 400 公尺、二號壩上游 400 公尺至下游 200 公尺、二號壩下游 200 公尺至一號壩、一號壩下至匯流口等四個部分進行監測並探討。首先分別計算河段中四個代表斷面附近之平均坡度（如表 4 所示），接著利用七家灣溪一號壩之壩高為基準，將各期調查成果沖淤變動率，最後將所有資料與月降雨量同時點繪於圖 2，則可獲得壩體改善後七家灣溪河道之時空變異狀況。

表 4 七家灣溪河道平均坡度

測量日期	2013/01/17	2013/06/01	2013/09/07
觀魚臺	0.018	0.022	0.020
一號壩上游	0.047	0.051	0.052
一號壩下游	0.032	0.027	0.022
新繁殖場	0.009	0.010	0.015

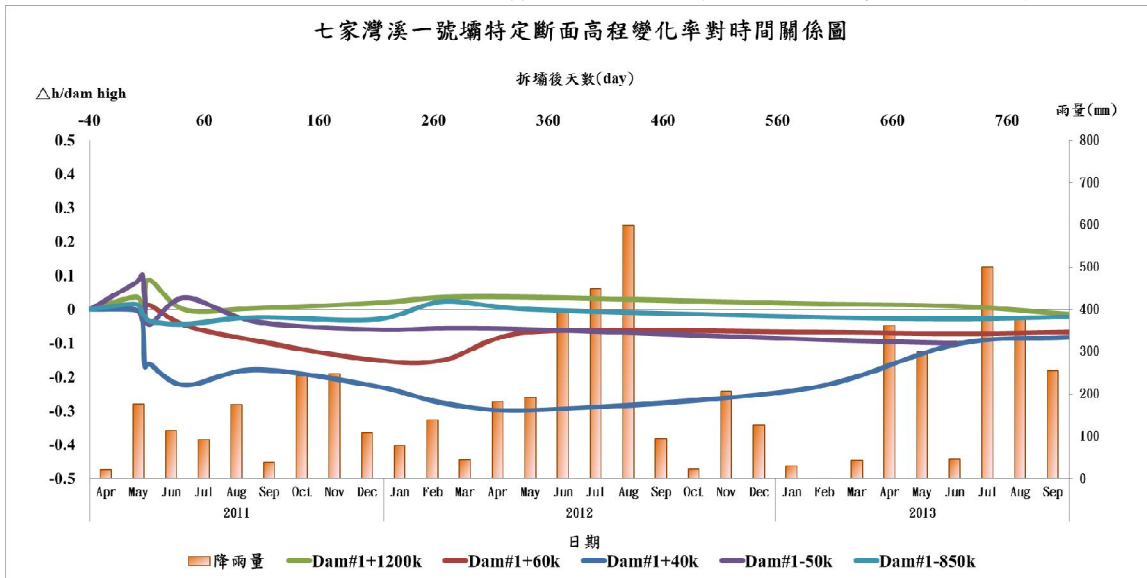


圖 2 七家灣溪一號壩特定斷面高程變化對時間關係圖

首先由圖 2 可知，壩體改善工程實施後之各特定斷面高程變動率與月降雨量並無顯著關聯，例如在 2012 年六至八月所降下高達 1500 公厘之總雨量並未對各斷面產生顯著激烈變動。其次，距離壩址較遠的觀魚台代表斷面（圖中綠線，壩上游 1200 公尺）及新繁殖場（圖中淺藍線，壩下游 850 公尺）除在壩體改善後第一個月略有小於 0.1 之高程波動外，其餘時間皆在±0.05 的範圍內變動，表示此兩測站河床高程不受壩體改善影響。而變化較激烈處則是壩址上游河道，例如壩上游 60 公尺之藍線在壩體改善後，立即產生約-0.17 的刷深現象，此後維持一年的緩慢加深至-0.3，其後以一年時間回升至-0.1 而穩定下來；類似情形也出現壩上游 40 公尺之紅線上，改善後 10 個月內刷深至-0.15，但三個月內回至-0.07，並穩定持續超過一年半。壩體下游 50 公尺處在改善工程後堆置土砂而升高至 0.1，然而五月中立即刷深至-0.05，在六月壩體上游處因小雨所造成刷深之泥砂備運送至此而回淤至+0.05，但接著三個月便下降至-0.04 左右，並維持將近兩年。綜合上述觀察，七家灣溪一號壩壩體改善工程僅在兩年內，對壩體上、下游河道造成較顯著之高程變動。

(三)高山溪及七家灣溪物理棲地分析

本研究在觀測河段中每隔 20 公尺設置一穿越線，以針對溪流河道之流速、底質組成以及水深變化作調查。透過水流福祿數(Fr)推估其棲地類型分佈外，以

現地粒徑大小得知底質分佈情形(參見圖 2~圖 4)。在 102 年度的調查中發現，高山溪及七家灣溪的河床組成大多集中在卵石與粗石之間。七家灣溪今年調查中，二號壩上底質以粗石占大多數，評估與雨季相關；棲地轉變為淺瀨及緩流。102 年度高山溪 1 月及 6 月之深潭與緩流棲地比例過八成，而 9 月調查棲地類型之淺瀨所佔的比例接近所有棲地之，可見環境棲地類型會隨著豐枯水季而變化。而在乾濕季間的棲地變化情形上，淺瀨棲地的部份，一向是在本流域中最主要的棲地分佈類型，主要變化與乾濕季之流速變化有關，乾季時由於流速減緩使得部份比例的淺瀨成為緩流；而濕季則因為流速增加而使得部分淺瀨成為急流。在緩流棲地則與急流呈現相反的趨勢。深潭的部份，並未因乾季流量變小而減少，反而有可能由於濕季時將大量細顆粒帶走尚未回淤而使得深潭比例增加。

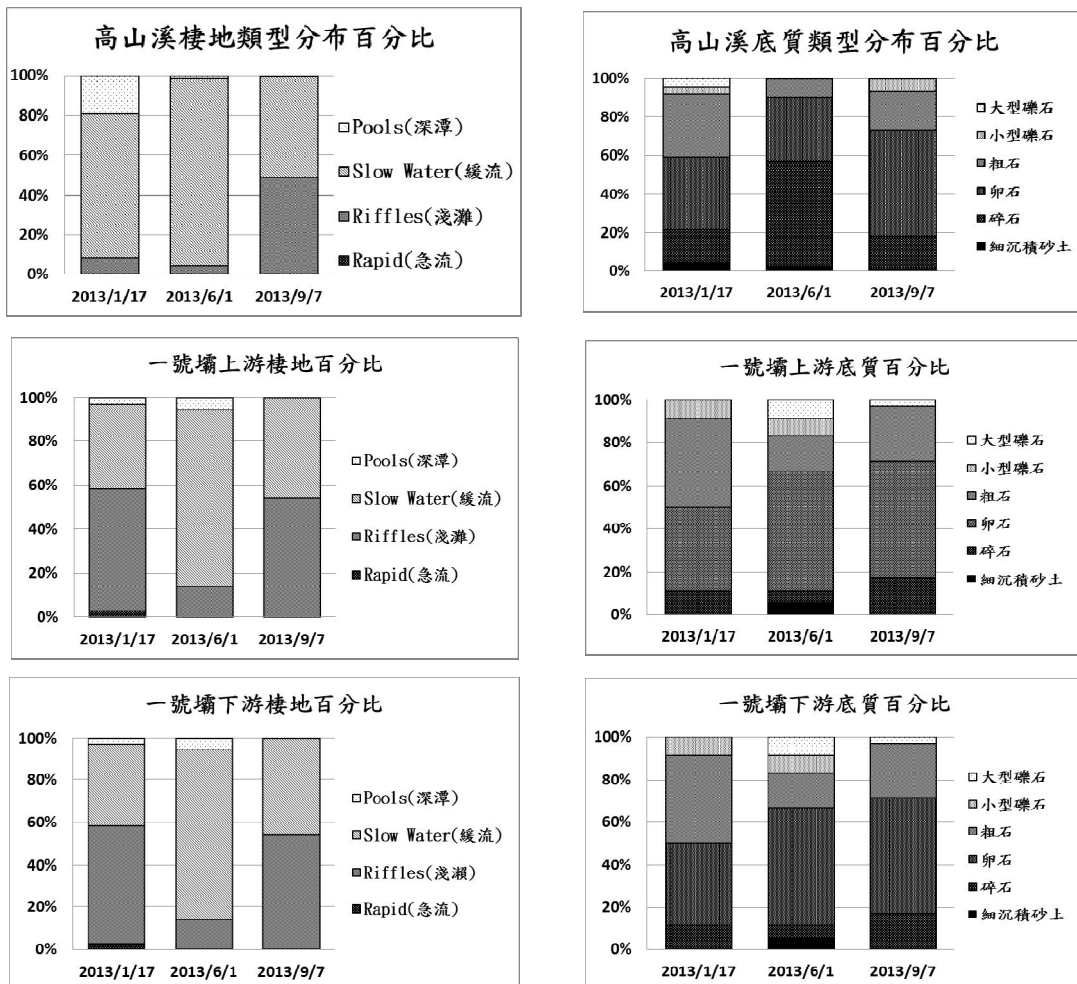


圖 2 高山溪及七家灣溪之物理棲地及底質類型分析

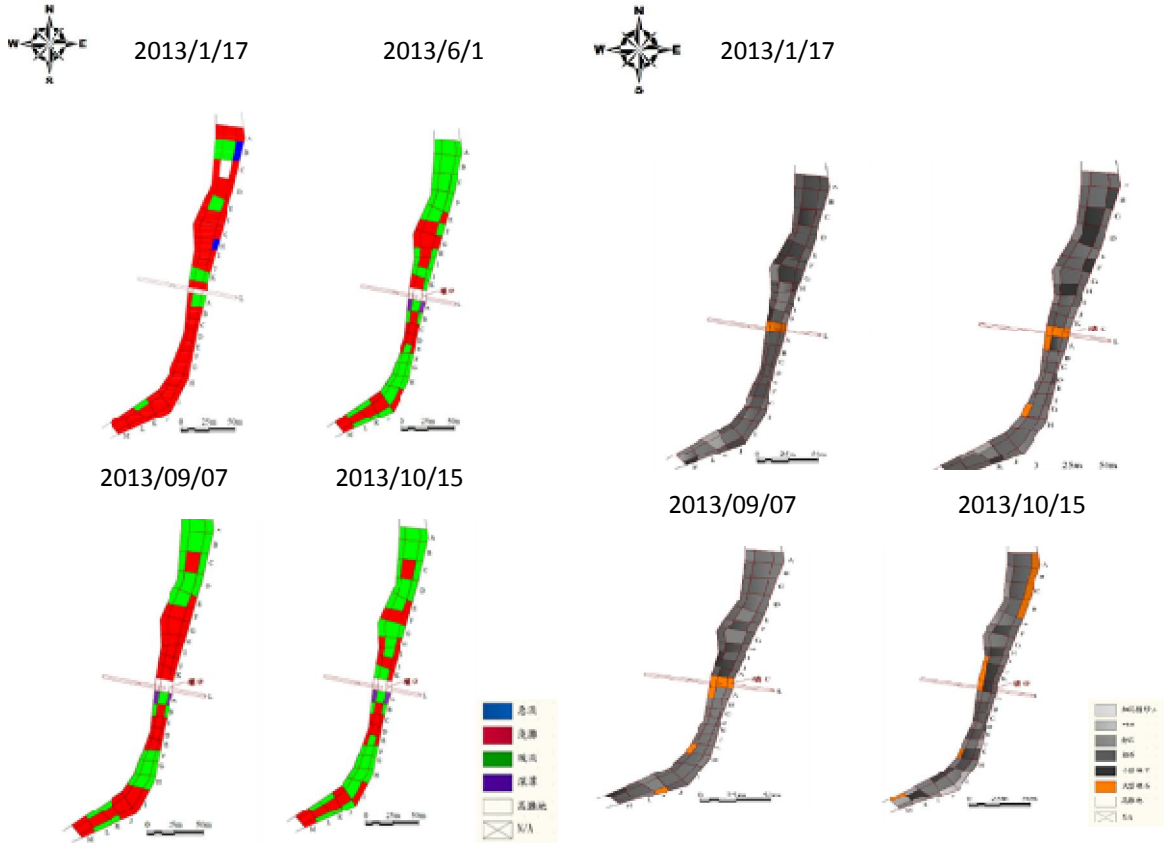


圖 3 七家灣溪一號壩上、下游密集監測
棲地類型網格圖

圖 4 七家灣溪一號壩上、下游密集監測
底質類型網格圖

(四)七家灣溪生態共同採樣區分析

如圖 5，本研究在 7 處生態共同採樣區進行調查，其調查方式是以該樣區為中心，向上下游分別作 50 至 100 公尺做河道斷面測量、棲地組成以及底質分佈。

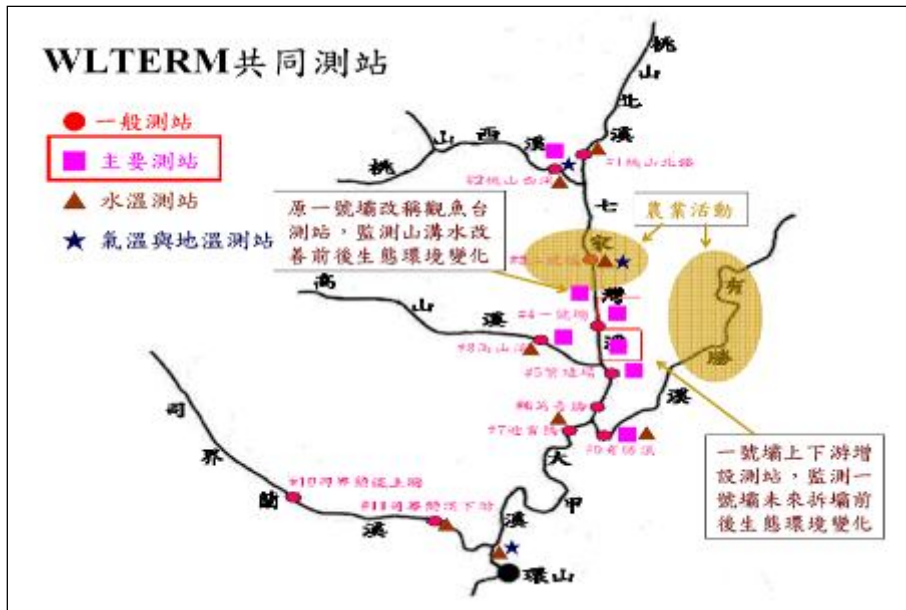


圖 5 七家灣溪共同樣區位置分佈圖

測站 1. 桃山北溪：本站位於七家灣三號壩上游吊橋正下方，今年所調查的平均坡度降為 2.3%~2.6%左右；河寬在 8 公尺左右，呈現沖淤互見之情形。在棲地型態上，本河段以緩流比例最高約有 50%，其餘為淺瀨及深潭，較無急流。底質分佈上，以碎石及卵石為主，少有大型礫石出現。

測站 2. 桃山西溪：本站位於七家灣溪三號壩上游，此區域沒有太大的變動，河道約為 10 公尺多寬於桃山北溪觀測河段，平均坡度約 2%左右。棲地分佈上，以緩流為主，在壩口下方有深潭出現。底質方面以卵石的比例較高。

測站 6. 萬壽橋：本站位於有勝溪與七家灣溪匯流口的上游約 100 公尺處，102 年度六月及九月因流量過大而無法進行測量，因此一月資料顯示平均坡度約在 2.4%。河道寬度分布約為 8~10 公尺，河道斷面變化不大。棲地分佈上，淺瀨比例佔 75%。底質分佈上底質方面以卵石的比例較高。

測站 7. 迎賓橋：迎賓橋測站起點位於有勝溪與七家灣溪的匯流口下，樣區相當平坦全長約 200 公尺，平均坡度約為 2.1%左右，河道呈穩定趨勢。河寬約 11 公尺。棲地分佈上以淺瀨為主。底質分佈上，卵石與粗石佔多數比例。

測站 9. 有勝溪：本站位於有勝溪一號壩上游的 100 公尺，河道寬度變化不大約在 5~8 公尺之間，坡降為 1.5%~1.8%。在棲地分佈上，以淺瀨為主，約佔

71%，底質分佈則較為平均，以卵石為主，約佔 39%。

測站 10. 司界蘭溪上游段：本站位於司界蘭溪舊壩上游約 1 公里處，部分河道寬度有達到 40 公尺之多，平均坡度約在 2.8%，相較於去年度的 3.7 有明顯地趨於平緩，此區地貌變化大，常有木質殘材堆積。棲地分佈上，以淺瀨為主；底質分佈上以卵石、粗石及小型礫石為主要類型。

測站 11. 司界蘭溪下游段：本站位於司界蘭溪舊壩下，全長約 200 公尺之調查樣區。測站以舊壩圍起點，平均坡度約在 4.1%。棲地分佈上，以淺瀨為主要類型，佔 90%。底質分佈以粗石、小型礫石為主，鮮少大型礫石。

五、 結論

102 年度研究期間，分別在一月、六月與九月對高山溪與共同生態採樣區進行共三次河道斷面以及棲地底質調查；此外，並於十月進行七家灣溪全河道全河道測量調查，其範圍為七家灣溪三號壩至七家灣溪與有勝溪匯流處以及七家灣溪一號壩四站之密集監測。針對研究結果，歸納成以下重點。

1. 高山溪在二號壩址與一號壩下之殘材壩，在人為進行裁切作業後，其壩體已被沖毀；然而，高山溪二號壩與下游河道依舊存在約 2.5 公尺的高低差。
2. 各測站之物理棲地與底質類型調查結果，除一號壩上下游外，其餘測站與過去調查成果皆有些許變化，評估與今年觀測區有強烈暴雨事件有關。
3. 七家灣溪一號壩改善後，河道已形成連續通道，一號壩上游流心線隨時間變化產生向源侵蝕，一號壩上游處因崩塌地提供的礫石及土粒，經雨季後左岸有呈現淤積的現象，特定斷面的高程變化及棲地變化仍需長期追蹤。

六、參考文獻

- 葉昭憲、段錦浩、連惠邦，2001。七家灣溪河床棲地改善之試驗研究(四)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。72 頁。苗栗。
- 賴建盛，1996。防砂壩對台灣櫻花鉤吻鮭物理棲地影響之研究。國立臺灣大學地理學研究所碩士論文。112 頁。台北。
- 葉昭憲，2005。環境改變對河道地形及物理棲地變化趨勢之影響。內政部營建署雪霸國家公園研究計劃。
- 林秉賢，2001。「橫向堆石群對溪流生態棲地流況之影響」。逢甲大學土木及水利工程所碩士論文。

臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析

曾晴賢

清華大學生物資訊與結構生物研究所

摘要

臺灣櫻花鉤吻鮭 *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan and Oshima, 1919) 目前僅知分布於本島中部的大甲溪上游，並且是法定的瀕臨絕種保育類野生動物。由於本種具有重要的學術和經濟價值，雪霸國家公園管理處因而持續這項族群普查工作多年，以隨時監測族群現況並保護這群僅存的臺灣櫻花鉤吻鮭。

最近幾年的調查結果顯示現存的臺灣櫻花鉤吻鮭族群大致上是分布在七家灣溪與有勝溪匯流點（武陵賓館前之迎賓橋下）到武陵吊橋上方之六號攔砂壩約八公里的流域內。由於這幾年間的調查顯示，臺灣櫻花鉤吻鮭持續受到風災的影響。例如 2005 年夏、秋季之間的多次風災，洪水造成族群數量大幅銳減，也使得整個棲地型態均質，不過 2006 年又再次因幼魚繁殖狀況良好而數量大幅回升。而 2011 年秋季以及 2012 年夏季更達到進行鮭魚族群普查以來新高的 5,478 以及 5,479 尾，且自 2008 年至 2012 年期間，武陵地區臺灣櫻花鉤吻鮭的族群數量一直能維持在 3,000 尾以上，顯示近幾年之族群數量較為穩定。但 2013 年由於受到強烈颱風蘇力的影響，棲地型態再次均質化，族群數量也銳減至只有 1,245 尾。臺灣櫻花鉤吻鮭未來族群數量變動情形，仍需繼續監測與注意。

【關鍵字】臺灣櫻花鉤吻鮭、七家灣溪、族群調查、棲地環境、攔砂壩、水生昆蟲、水質監測

Abstract

The Formosan landlocked salmon is one of the law-protected endangered animals of Taiwan that can be found only in the Chichiawan creek basin at the middle area of Taiwan. Owing to the science and economic value of salmon, the Shei-Pa National Park authorities kept on the population census of this precious species several years to investigate the current population and protect the relic natural treasure.

The latest population census in autumn, 2013, revealed that the distribution of salmon under the Checkdam No.6, while the lower limit approximates to the In-Bin Bridge, where the Yo-shen creek merges into the Chichiawan creek. The salmon

雪霸國家公園 102 年度保育研究計畫成果發表會論文集
quantity decreased heavily and the habitat became homogenous this year because the frequent flood by typhoons during the summer and autumn, however, the population size increased because of the uplift of the juvenile population in 2006. The population quantity increased to a record of 5,478 in autumn 2011 and 5,479 in summer 2012. And from 2008 to 2012, the salmon population kept 3000 upward. But after the Typhoon Soulik in 2013, the population decreased to 1,245. It is necessary to monitor the population variation in the future.

【Keywords】Formosan landlocked salmon、*Oncorhynchus masou formosanus*、Chichiawan creek、population census、habitat、checkdam

一、前言

臺灣的野生動植物研究本來就相當不容易，因此能夠有長期族群監測的物種，大概只有一些國際矚目的瀕危物種，如黑面琵鷺，方才有這方面的調查資料可供參考。臺灣原生的物種當中，例如黑熊，雖然也在做長期的生態調查，但是由於調查的難度甚高，所以要了解其長期的族群動態，是一件相當困難的事情。

然而對於野生動物物種的長期監測和了解其動態變化，對於其經營管理自然有非常重要的價值。譬如近幾年來大家討論相當劇烈的臺灣獼猴，似乎有些地方的族群已經多到影響到週邊農民的生計。然而因為缺乏客觀的族群動態資料，所以在擬定經營管理工作上，就顯得不太能夠得到大家的共識。

在水生動物方面，雖然過往也有關於鯨豚方面的長期族群監測工作，但是畢竟在海洋上的工作非常不容易，加上耗費不貲而很難得到長期的資助。在淡水水域當中，雖然也有一些物種，例如高身鏟頰魚，曾經在南部的溪流中有過較長期的族群監測工作，但是畢竟受到大環境劇烈變動的影響，要能夠做到較為客觀的調查是非常不容易的一件事。

很幸運的，只分佈在雪霸國家公園境內七家灣溪的國寶魚----臺灣櫻花鉤吻鮭，在過去二十年間卻能夠有毫無間斷的族群監測工作，所得到的數據以及衍生的許多經營管理策略，絕對是臺灣近代野生動物研究工作上一項非常難得的經驗，值得分享讓大家參考。

二、材料與方法

由於臺灣櫻花鉤吻鮭是法定保育類之瀕危物種，因此在相關調查方法的選擇上，只好利用干擾最小的浮潛目視計數法為之。利用雙人一組，身著防寒衣和面

鏡呼吸管，在溪流左右兩岸平行由下往上，匍伏前進的方式，一步一步的計數在水裡面的各種魚類數量，而由在岸上隨時觀察計數人員動作的記錄員，將每一個地點所計數到的魚類數量，標記在已經有清楚地地形圖的位置上，以待做後續的統計。

在本區域內的魚類只有三種，除了完全攀爬在河床石頭上不會主動游泳的臺灣臺鰍之外，就只有臺灣櫻花鉤吻鮭和臺灣鏟頰魚這兩種一直都不停歇的游泳性魚類。臺灣櫻花鉤吻鮭身上的花紋非常明顯，與全身沒有斑紋的臺灣鏟頰魚很容易區別，因此不容易混淆統計。

臺灣櫻花鉤吻鮭是屬於多年生魚類，幼魚成長經過兩個冬天之後就已經成熟而具有繁殖能力。因此在計數上，特別將出生後只度過一個冬天的小魚，體型大都不到 10cm 的個體，定義為幼魚。如果已經度過兩個冬天的個體，身體全長介於 10~20cm 之間的魚類，定義為亞成魚；體長超過 20cm 以上者，則定義為成魚。臺灣櫻花鉤吻鮭的活動能力雖然很強，但是這些魚類都已經自然分佈在不同的河段區間，通常會棲息在水流較緩的深潭或是淺流曲，甚少會來往水花白沫的湍急河段，因此只要不要過度的驚擾，一段一段之間的個體並不會有嚴重的重複計數問題。

雖然臺灣櫻花鉤吻鮭在七家灣溪的分佈總長度將近八公里之譜（圖 1），但是許多的防砂壩或是天然高瀑，往往是隔絕魚類往來的屏障，因此在不同河段之魚類族群變動，可以根據不同的區間來做統計分析。

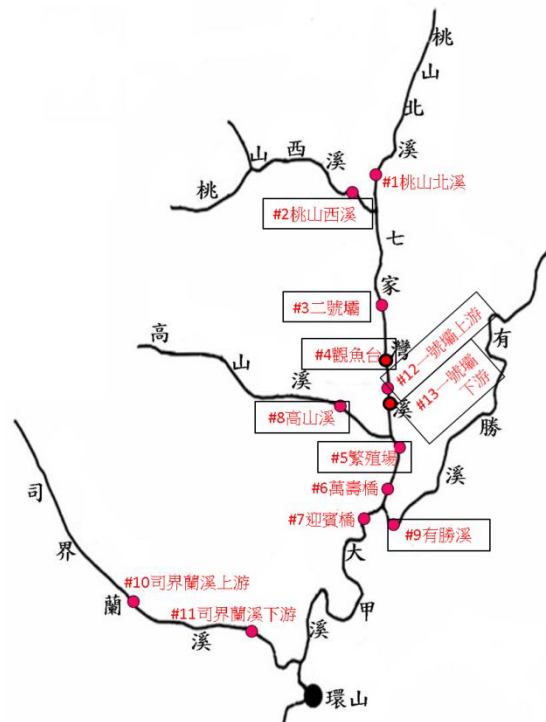


圖 1、武陵地區溪流 8 個現今計畫測站(方框所示)之相關位置圖

為了解每一年新生個體以及進入繁殖季前的鮭魚族群的數量變化，分別選擇在當年六月與十月間進行全河域的普查工作。如果第一次普查的時間過早，則幼魚還有很多會躲在洞穴隱蔽處，導致有部分個體會無法確實被記錄的情形。第二次普查的時間如果過晚，則可能因為魚類已經進入繁殖期，相關普查工作對其會產生干擾。

三、結果

雖然在雪霸國家公園管理處還沒有成立以前，七家灣溪野生動物保護區也有定期的進行臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測工作，但是當時主要的普查河段僅侷限於七家灣溪三號壩以下的河段，其上游或是支流的魚類族群分佈情形並沒有做詳細的調查記錄（林等，1988；林等，1990；林等，1991；Tsao，1995），。

自從雪霸國家公園管理處接手管理臺灣櫻花鉤吻鮭之保育工作之後，筆者即參與每年的定期族群監測工作（曾，1994、1995、1996、1997、1998、1999、2000、2001、2002、2003、2004、2005、2006、2007、2008、2009、2010、2011、2012），調查範圍則擴及至所有魚類可以分佈所及的主支流河段。

在前幾年的調查工作裡，魚類族群的數量統計只有區分為成魚和幼魚，後來才為了統計魚類族群動態的變化，將成魚再細分為已經完全可以繁殖的大型魚，和剛剛要進入繁殖年齡的中型魚。

以 2013 年六月的普查結果為例，七家灣溪與高山溪河段之臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量共計有 4,061 尾，較 2012 年蘇拉颱風後之族群數量增加了約 300 尾的數量。其中一齡小魚有 1,933 尾，佔全部數量的 47.6%，二齡中型鮭魚有 1,445 尾，佔全部數量的 35.6%，三齡大型成魚則有 683 尾，佔全部數量的 16.8%。整個族群之結構呈現以小型鮭魚較多，中型鮭魚次之，而大型鮭魚較少的金字塔型族群結構，顯示 2013 年六月之前武陵地區臺灣櫻花鉤吻鮭族群更新狀況相當良好，雖然受到 2012 年蘇拉颱風影響的鮭魚族群數量，因為新生幼魚的加入而有所成長。

由於 2012 年蘇拉颱風洪水之影響，使得武陵地區七家灣溪河床變的相當不穩定，再經歷 2013 年七月份蘇力颱風所帶來的洪水事件影響，造成河道的側向

侵蝕與崩塌，使得棲地環境改變甚大，多數深潭與峽谷地形被填滿。2013 年秋季普查結果顯示，受到七月蘇力颱風所帶來的影響，臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量僅剩 1,245 尾，跟颱風前相比減少了約三分之二。其中一齡小魚只有剩下 316 尾，佔全部數量的 25.4%，二齡中型鮭魚有 529 尾，佔全部數量的 42.5%，三齡大型成魚則有 400 尾，佔全部數量的 32.1%。族群結構呈現以中型鮭魚較多，大型鮭魚次之，而小型鮭魚最少的陀螺型族群結構，顯示中小型鮭魚對於對大水的耐受力較低，受颱風之影響甚大，因此 2013 年的新生族群僅剩少部分能夠活存下來。

從 2013 年七家灣溪流流域各個河段的鮭魚數量統計中 (表 1)，可以看出無論是 2012 年或 2013 年，都是以中游與上游河段之族群數量所佔的比例較高，二者所佔的比例將近八成左右，而下游河段與高山溪比例較低。在 2013 年夏季與秋季二次的普查結果上，中游河段 (一號壩至三號壩) 所佔的比例較高，為 45%~49%，較去年的 42%~45% 為高，推測原因係在夏季時是因為此處有較多的幼魚更新，新生族群數量較大；而秋季時可能是遭蘇力颱風沖至下游倖存的鮭魚，因一號壩壩體的改善，仍能回到一號壩至三號壩之間的河段棲息。其次為上游河段 (三號壩以上，含桃山西溪與桃山北溪) 的 29%~35%，去年則為 33%。特別值得注意的是由於蘇力颱風的影響，秋季調查時三號壩上以及四號壩上的鮭魚數量變的極少，被颱風帶走的鮭魚因防砂壩的阻隔而無法回到三號壩及四號壩上，在四號壩至五號壩這一區段甚至完全不見任何鮭魚蹤跡；然而由於桃山北溪水量較小，受到颱風的影響也相對小的多，此處的鮭魚族群即佔了秋季調查上游部分魚群的 85.5%，桃山北溪可視為上游河段部分鮭魚的庇護所，也因此才能夠讓上游的鮭魚族群得以保持在總族群量的 35%。

下游河段 (迎賓橋至一號壩) 所佔的比例為 4%~5%，整體來說與過去幾年比例差異不大，只比 2012 年稍微多一些。高山溪所佔比例則為 16%，也較 2012 年的統計數量為低，代表高山溪可能受到蘇力颱風的影響甚巨，棲地改變使鮭魚族群數量降低。以歷年結果來看，自 2000 年以來，臺灣櫻花鉤吻鮭最主要的分布地點都集中於一號壩以上的中上游河段，且其數量高於下游河段與高山溪，但是高山溪的鮭魚族群在非面臨天災的狀況下似乎有增加的趨勢。

表 1、武陵地區 2012 年與 2013 年夏秋兩季臺灣櫻花

調查時間		2012 年夏季		2012 年秋季		2013 年夏季			2013 年秋季				
地點 / 體型		大型	中型	大型	中型	大型	中型	大型	中型	小型	大型	中型	小型
分類小計		1024	2910	1545	659	1852	1253	683	1445	1933	400	529	316
總計		5479 尾		3764 尾		4061 尾			1245 尾				
下游	迎賓橋~高匯	15	5	19	7	25	23	27	43	66	10	10	6
	高匯~一號壩	15	66	100	14	27	22	14	26	43	9	8	7
中游	一~二號壩	421	507	175	114	279	215	158	256	209	76	152	87
	二~三號壩	212	894	270	163	439	380	237	397	719	99	111	36
上游	三~四號壩	20	134	59	40	58	64	32	69	87	13	21	7
	四~五號壩	34	106	108	4	29	18	15	64	98	0	0	0
	五~六號壩	63	304	145	110	266	149	28	224	88	6	14	3
	桃山北溪	113	394	315	49	329	133	97	187	207	120	118	138
高山溪	高匯~二號壩	51	259	179	88	276	90	55	84	333	41	44	22
	二~四號壩	80	241	175	70	124	159	20	95	83	26	51	10

四、討論

在過往的相關調查研究當中，從全區的魚類族群分佈情形裡，除了證實臺灣櫻花鉤吻鮭的分佈範圍主要都是在水溫不超過 17°C 的中上游溪流當中，也發覺上游的天然落瀑是魚類分佈的上限範圍之外，更發現人為的防砂壩對於魚類自然上溯分佈是嚴重的障礙，一旦魚類被大水沖到下游河段之後，就不容易回溯到原本棲息的上游河段。

再從更詳細的區域族群統計資料當中，也發現上下游之族群更新狀況有很大的差異。上游族群通常每年都可以有很好的幼魚加入，但是中下游河段的幼魚族群往往都有很大的變異。在一、二號防砂壩還沒有人為拆除或是自然崩毀之前，雖然其下游河段有相當多數量的大型魚，但是每年能夠在此河段發現新生族群的數量，卻相對的可憐！就其原因乃是因為魚類繁殖所需要的水溫，比起它們活存的 17°C 還要低，只有 12°C 左右。然而這麼低的水溫在七家灣溪流域的臺灣櫻花鉤吻鮭繁殖季（十月中之後），往往都只有二號壩以上的河段才有此條件。因此縱使二號壩以下的河段仍然有相當多數量的大型魚類之分佈，所產下來的卵卻完全無法順利孵化成功，對於整個魚類族群而言，就是一個毫無貢獻的死族群。

這些統計數據對於拆除魚類洄游的人工障礙，扮演著極為關鍵的證詞。後續的監測數據也證實七家灣溪二號壩在自然崩毀之後，其下游的臺灣櫻花鉤吻鮭族群裡，幼魚的數量有明顯的增加。高山溪連續四個防砂壩和七家灣溪一號壩，在人工拆除之後，許多原本被困在下游而毫無貢獻族群繁衍的大型魚類，都可以順利的上溯到較低水溫的上游河段去繁殖，這對於整體族群的發揮了極大的效益。

在過去將近二十年的監測調查報告裡，幾乎每年都強調如果沒有將影響臺灣櫻花鉤吻鮭繁衍最嚴重的一號壩（已於 2011 年進行改善工程）和二號壩（已於 2002 年自然崩毀）拆除的話，將嚴重危害其族群的增長，同時亦將難以面對氣候變遷所帶來的極端氣候或溫度上升之負面衝擊。而二號壩在 2002 年的自然崩毀，以及 1999 年至 2001 年間的高山溪個壩體改善工程，讓原本棲息於其下游河段的魚類，可以上溯到更適合繁殖的較高河段，因此自 2002 年以後繁衍之族群數量

增加甚多，族群數量也更顯穩定，驗證了我們之推論，並強化我們對於拆除一號壩的建議理論基礎。

目前七家灣溪主流還有一座最龐大高聳的三號壩，關係著整區魚類棲息地的完整性，理應也該檢討改善。但是該防砂壩的現況並不是很理想，同時改善的困難度較高，加上其上游桃山西溪支流上還有三座連續的防砂壩，所以會增加相關問題的嚴重性。這一河段原本是非常棒的魚類棲息地，但是從長年的統計數據來看，防砂壩之間的小小河段，其族群的穩定性非常差，這也就是我等多次提到魚類缺乏避難所的問題所在。防砂壩往往因為其上游淤平之後流心不穩定而形成辮狀流，同時無法產生可以提供魚類棲息的深潭，加上魚類在大水來襲之時，經常被沖往下游河段，可是事後卻無法回溯到原本的棲息地，因此魚類的數量就會越來越少。這些問題，都是一些興建防砂工程之時沒有考慮到的問題，目前卻留給本區許多不容易解決的麻煩！

將歷年族群調查數量及族群結構整理比較如圖 2、3、4，探討 1987 年以來的族群調查結果。1987 年至 1993 年以前的調查數據取自 Tsao (1995)，其統計河段為七家灣溪一號壩至三號壩之間河段，唯當時的七家灣溪上游與高山溪河段，並沒有臺灣櫻花鉤吻鮭族群的存在，整體族群總量也大都在 1,000 尾以下。1994 年以後由本研究團隊進行調查，調查的期間可以見到有數個大型風災或是繁殖期豪雨是讓臺灣櫻花鉤吻鮭族群下降最主要的原因。如 1996 年的賀伯颱風、1998 年五、六月的連續豪雨，2000 年十一月才來到的象神颱風接連著 2001 年的桃芝、納莉颱風更是使得族群數量僅剩下岌岌可危的 400 尾左右 (圖 2)。從 1987 年至 2001 年的鮭魚族群總量全都在 2,500 尾以下，且只有少數時間有超過 1,000 尾。但自 2001 年完成高山溪所有壩體改善後，2001 年至 2002 年的繁殖季低水溫加上春季乾旱，以及可利用的棲地增加，產生鮭魚繁殖大發生的現象 (圖 3)，族群總數一口氣衝破 3,000 尾以上。自此之後除了 2005 年兩次普查結果因為受到當年度春季豪雨與夏季接連數個強烈颱風天候影響，造成數量銳減至 523 尾之外。其他各次調查結果總數都有 1,000 尾以上，尤其在 2005 年之後，臺灣櫻花鉤吻鮭族群

1987-2013 七家灣溪流域
臺灣鈎吻鮭 族群變化圖

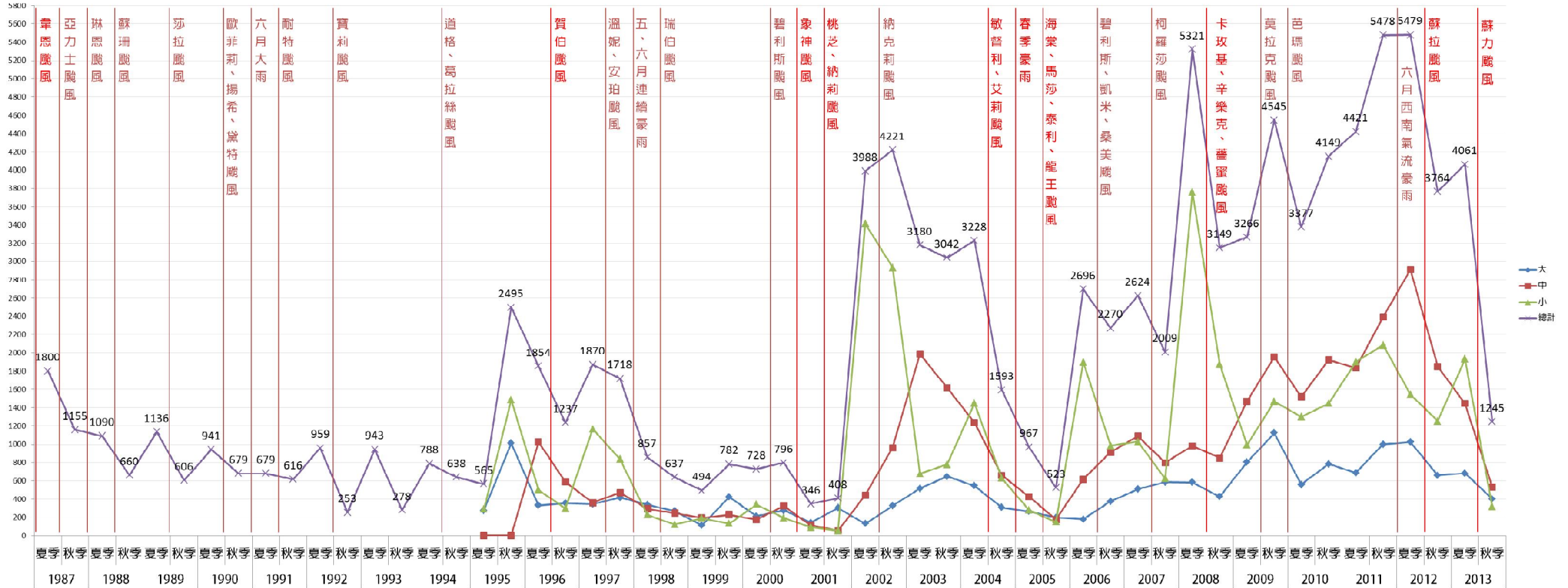


圖 2、1987 年至 2013 年武陵地區臺灣櫻花鈎吻鮭族群數量年度變化與重大天災圖

(族群資料來源:本研究團隊)

(颱風資料來源:侵臺颱風資料庫 <http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/tyfnweb/table/completetable.htm>)

1987-2013 七家灣溪流域
臺灣鈎吻鮭 族群變化圖

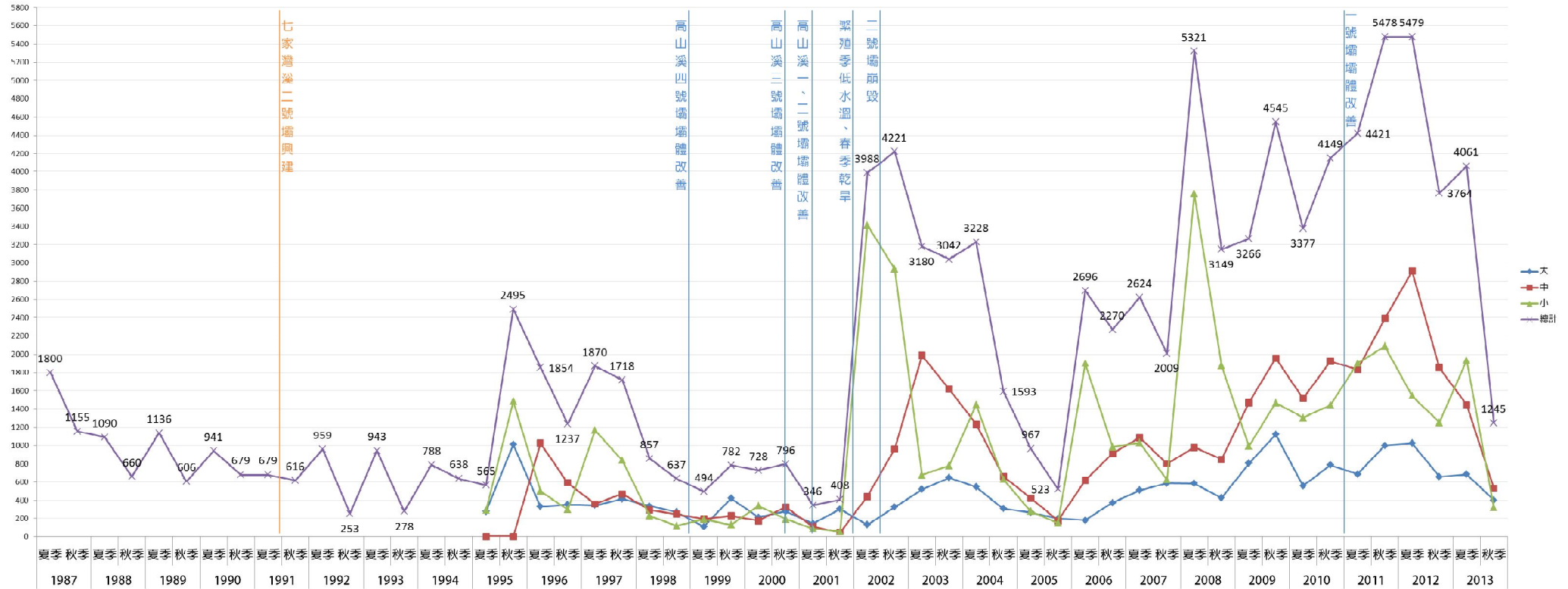


圖 3、1987 年至 2013 年武陵地區臺灣櫻花鈎吻鮭族群數量年度變化與壩體改善時間圖

(族群資料來源:本研究團隊)

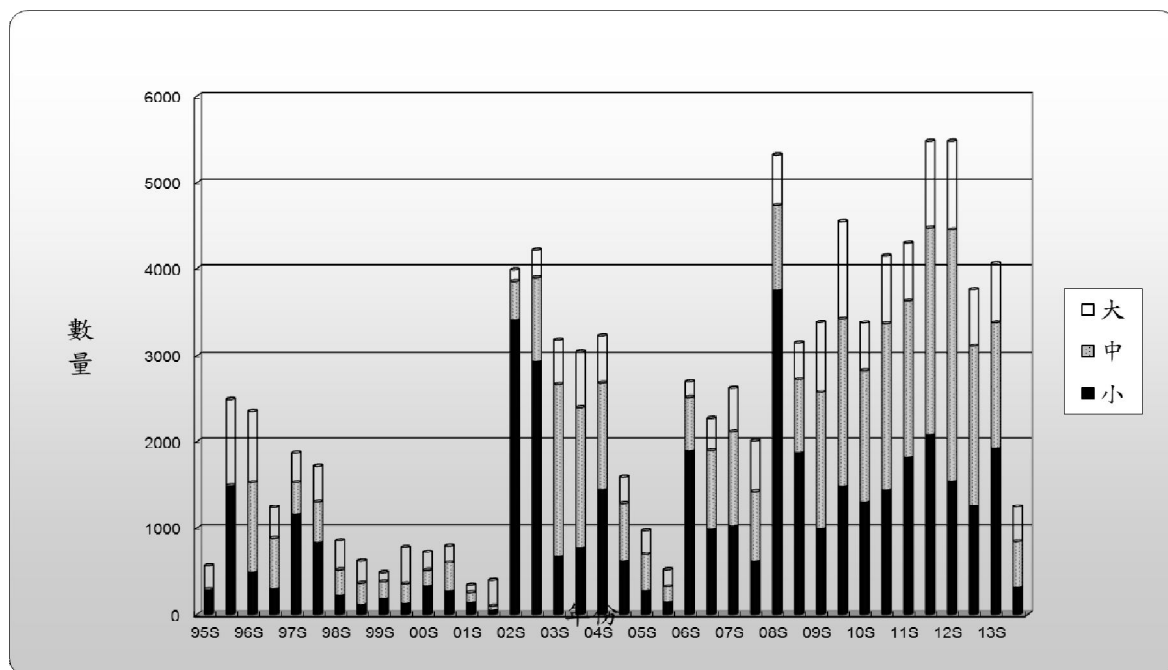


圖 4、1995 年至 2013 年武陵地區臺灣櫻花鉤吻鮭各齡級族群結構變化趨勢

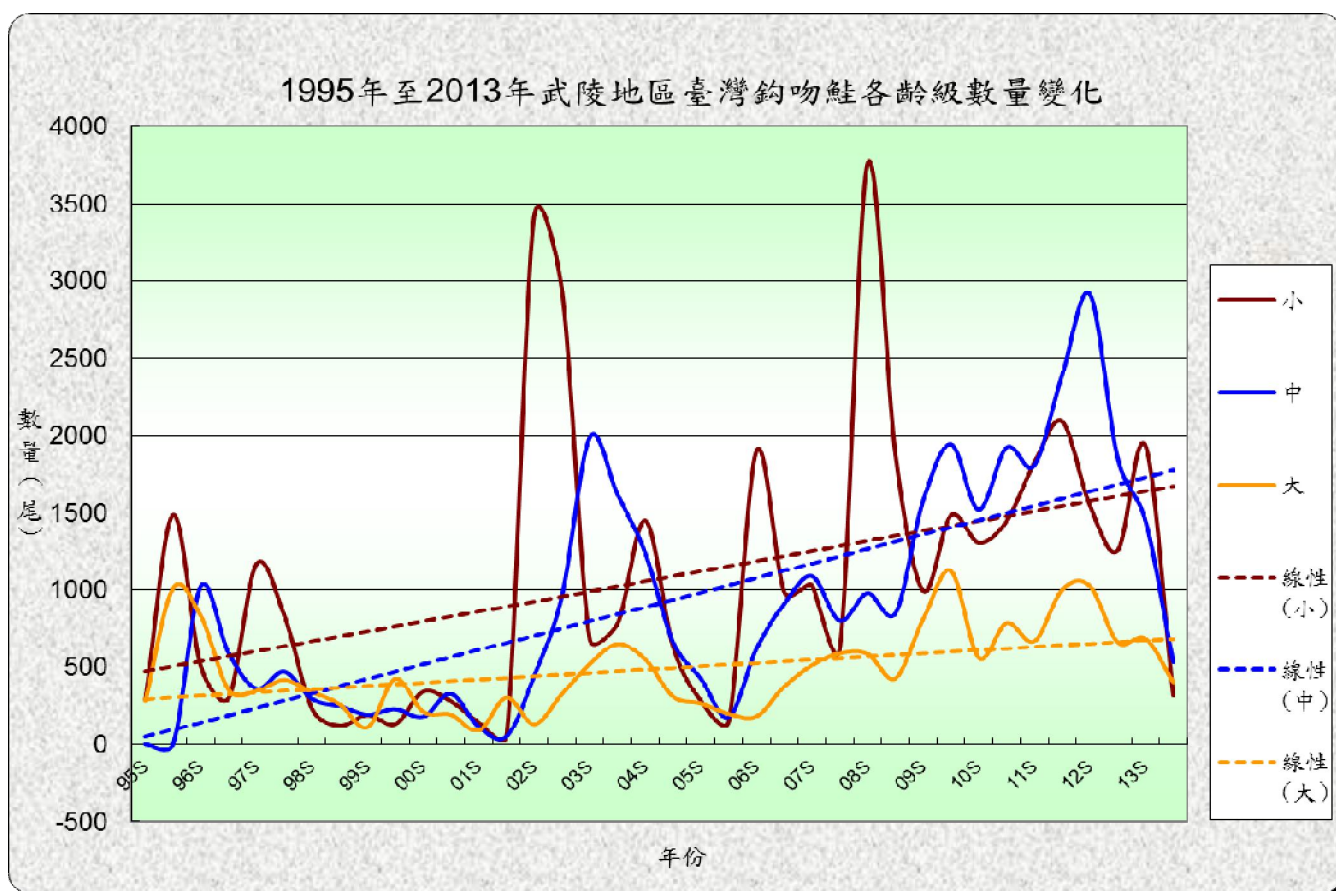


圖 5、1995 年至 2013 年武陵地區臺灣櫻花鉤吻鮭各齡級數量變化趨勢

又逐年有數量回升的趨勢，且多能維持在 2,000 尾以上，2008 年之後則維持在 3,000 尾以上（圖 2）。至 2011 年秋季以及 2012 年夏季達到歷年族群數量最高的 5,479 尾，接近武陵地區七家灣溪臺灣櫻花鉤吻鮭保護區最大承載量的 5,807 尾（林，2010），顯示 2008 年至今臺灣櫻花鉤吻鮭族群量處於一穩定的狀態，此結果亦顯示 2008 年歷經卡玫基、辛樂克、薔蜜颱風侵襲之後的 4 年間，武陵地區並沒有遭受嚴重的天災侵襲，讓此區的臺灣櫻花鉤吻鮭可以持續維持一穩定族群量。

然而 2012 年度十月份的秋季普查結果顯示，受到八月蘇拉颱風所帶來的洪水事件影響，臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量僅剩 3,764 尾，跟颱風前相比減少了約三分之一（圖 2）。但由於風災過後臺灣櫻花鉤吻鮭的族群結構仍屬更新狀況良好的筒型結構（圖 4），並且一號壩改善工程後種種證據顯示被洪水沖往下游的魚還是能夠透過生態廊道回到七家灣溪的中游，2013 年夏季的普查結果即可見到不少新生幼魚的出生以及族群數量的些微復原。然而由於 2012 年蘇拉颱風洪水影響，使得武陵地區七家灣溪河床變的相當不穩定，在經歷 2013 年七月份蘇力颱風的影響後，造成河道的側向侵蝕與崩塌，使棲地環境改變甚大，多數深潭與峽谷地形被填滿，秋季普查臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量僅剩 1,245 尾，跟颱風前相比減少了約三分之二，出乎原本只會下降三分之一的預測。

連同歷史調查結果以及天災資料來看的話，這也證明七家灣溪的鮭魚族群會受到最大影響的天災有兩類，一是連續衝擊的颱風或洪水事件，容易造成棲地的變動；二則是在繁殖季發生的颱風或豪雨，會對剛出生的新生族群產生威脅。未來在一號壩已經改善的情況下但卻可能更容易有極端氣候降雨的條件下，七家灣溪流域中的臺灣櫻花鉤吻鮭族群是否有持續增長的空間值得我們繼續關注與研究監測。

若比較歷年的族群結構變化（圖 3、4），雖然僅有 2002 年、2006 年、2008 年、2013 年這幾年有幼魚大發生的時期才有穩定的金字塔型結構，但其他時候也能多能維持以中型鮭魚居多的中胖型結構，且小型鮭魚與中型鮭魚的族群數量差

異並不明顯。自 2002 年族群狀況穩定以後，就一直是中小型鮭魚多於大型鮭魚，顯示以小型和中型鮭魚為主要優勢齡級，可以維持七家灣溪鮭魚的族群穩定；再從圖 5 來看歷年各齡級鮭魚的族群數量變化，亦能得知 1995 年以來，小型和中型鮭魚數量增加較明顯，而大型鮭魚則較為平緩，限制大型鮭魚的增加或許與環境承载力有關聯。觀察臺灣櫻花鉤吻鮭歷年的族群結構變動，似乎也可以觀察到這樣的現象。但由於臺灣櫻花鉤吻鮭的壽命只有三至四年，而且分齡族群統計次數也少，加上氣候變遷影響頻仍，以及防砂壩效應的干擾，似乎並不容易直接判定。由於臺灣櫻花鉤吻鮭和臺灣其他溪流性魚類不同，一年僅繁殖一次，因此其繁殖季節的成功與否，直接關係到隔年的幼魚族群數量與分布狀況，因此其族群數量與結構特別容易遭逢到天災變動的影響。雖然臺灣櫻花鉤吻鮭進行繁殖的秋冬季節，已經是一年之中豪雨風災較少的時節，不過由近年來風災侵襲的狀況來說，以及全球氣候變遷的可能影響，臺灣櫻花鉤吻鮭族群的未來仍有可能面對相當大的挑戰。

五、參考文獻

- Day, Y. T., H. S. Tsao, K. H. Chang, and Y. S. Lin, 1993, Spatial and temporal changes of Formosan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*) in Chichawan stream, Taiwan. Bull. Inst. Zool. Academia Sinica 32:87-99.
- Tsao, E. H. S., 1995, An ecological study of the habitat requirements of the Formosan landlocked Salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*). Ph. D. Dissertation of Colorado State University. Fort Collins, Colorado, USA. 213pp.
- 內政部營建署雪霸國家公園管理處，1994，臺灣櫻花鉤吻鮭保育計劃，49頁。
- 余廷基、賴仲義、吳聲森，1985，臺灣櫻花鉤吻鮭繁殖試驗，農委會74年生態研究第003號，14頁。
- 余廷基、賴仲義、吳聲森，1986，臺灣櫻花鉤吻鮭繁殖試驗，農委會75年生態研究第003號，22頁。
- 余廷基、賴仲義、黃長俊、楊明道，1987，臺灣櫻花鉤吻鮭繁殖試驗，農委會76年生態研究第006號，41頁。
- 汪靜明，1992，河川生態保育，國立自然科學博物，臺中市，189頁。
- 沈世傑。2004。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（七）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。45頁。苗栗。
- 林幸助、吳聲海、官文惠、劭廣昭、施習德、孫元勳、郭美華、彭宗仁、曾晴賢、楊正澤、葉文斌、葉昭憲、蔡尚惠。2006。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立。內政部營建署雪霸國家管理處委託辦理計畫案。

- 林幸助、吳聲海、官文惠、邵廣昭、孫元勳、郭美華、高樹基、彭宗仁、曾晴賢、楊正澤、葉文斌、葉昭憲、蔡尚惠。2007。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立。內政部營建署雪霸國家管理處委託辦理計畫案。
- 林幸助、吳聲海、官文惠、邵廣昭、孫元勳、郭美華、高樹基、彭宗仁、曾晴賢、楊正澤、葉文斌、葉昭憲、蔡尚惠。2008。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立。內政部營建署雪霸國家管理處委託辦理計畫案。
- 林幸助、謝莉顛，2002，武陵地區生態系監測與模式建構規劃，內政部營建署雪霸國家公園管理處印行，37頁。
- 林培旺、吳祥堅，1995，臺灣櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)野生種魚觀察與人工繁養殖試驗，雪霸國家公園管理處研究報告，25頁。
- 林曜松，1988，臺灣櫻花鉤吻鮭的保育歷程，大自然，21:35-37。
- 林曜松、張崑雄，1990，臺灣七家灣溪臺灣櫻花鉤吻鮭族群生態與保育，農委會79年生態研究第001號，40頁。
- 林曜松、張崑雄、張瓊文、張耀文，1990，武陵農場魚類研究教育中心初步規劃，農委會79年生態研究第002號，40頁。
- 林曜松、張崑雄、詹榮桂，1991，臺灣大甲溪上游產陸封性鮭魚的現況，農委會林業特刊第39號，：166-172。
- 林曜松、曹先紹、張崑雄，1989，臺灣櫻花鉤吻鮭之生殖生態與行為研究，農委會78年生態研究第008號，18頁。
- 林曜松、曹先紹、張崑雄，1989，臺灣櫻花鉤吻鮭的生態與保育，國立臺灣大學系生態研究室，12頁。
- 林曜松、曹先紹、張崑雄、楊平世，1988，臺灣櫻花鉤吻鮭生態之研究(二)族群分佈與環境因子間關係之研究，農委會77年生態研究第012號，39頁。
- 林曜松、曹先紹、莊鈴川、戴永禎，1993，臺灣櫻花鉤吻鮭棲地之調查研究(1)-以七家灣溪上游、雪山溪為主，農林廳林務局保育研究系列-82-07號，40頁。
- 林曜松、梁世雄，1986，鮭鱒魚類生態，農委會林業特刊第九號，頁 21-38。
- 邱建介，1991，探尋國寶魚-臺灣櫻花鉤吻鮭魚的故鄉，臺灣林業，17(8):25-29。
- 張石角、1989，臺灣櫻花鉤吻鮭保護區規劃，農委會78年生態研究第010號，78頁。
- 張崑雄、吳英陵，1985，臺灣櫻花鉤吻鮭 (臺灣鱒) 復育現況及展望，臺灣農業，22(4):32-37。
- 莊鈴川，1988，臺灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 資源生物學的基礎研究，台大漁業科學研究所碩士論文，92頁。
- 曾晴賢，1994，臺灣櫻花鉤吻鮭族群調查與觀魚台附近河床之改善研究，內政部營建署雪霸國家公園管理處印行，24頁。
- 曾晴賢，1995，臺灣櫻花鉤吻鮭復育研究，內政部營建署雪霸國家公園管理處印行，24頁。
- 曾晴賢，1996，臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量和生態調查，內政部營建署雪霸國家公園管理處印行，40頁。
- 曾晴賢，1997，臺灣櫻花鉤吻鮭族群生態調查和育種場位址評估，內政部營建署雪霸國家公園管理處印行，71頁。
- 曾晴賢，1998，臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(一)，內政部營建署雪霸國家公園管理處，79頁。
- 曾晴賢，1999，臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(二)，內政部營建署雪霸國家公園管理處，43頁。

- 曾晴賢，2000，臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（三），內政部營建署雪霸國家公園管理處，58頁。
- 曾晴賢，2001，臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（四），內政部營建署雪霸國家公園管理處，34頁。
- 曾晴賢，2002，臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（五），內政部營建署雪霸國家公園管理處，36頁。
- 曾晴賢、陳彥谷。2013。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與動態分析。在林幸助編。2013。102 年度武陵地區長期生態監測暨生態模式建立。內政部營建署雪霸國家公園管理處。49 頁。苗栗。
- 曾晴賢、游智閔、楊正雄，2000，七家灣溪臺灣櫻花鉤吻鮭族群數量變動的研究，國家公園學報，10（2）:190-210。
- 曾晴賢。2005。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（八）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。41 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2003。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（六）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。48 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2006。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（九）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。37 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2007。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（十）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。44 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2008。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（十一）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。55 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2009。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（十一）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。40 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2010。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（十二）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。40 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2011。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（十三）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。49 頁。苗栗。
- 曾晴賢。2012。臺灣櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查（十四）。內政部營建署雪霸國家公園管理處。49 頁。苗栗。
- 楊正雄，1997，水溫對臺灣櫻花鉤吻鮭族群的影響，國立清華大學生命科學系碩士論文，76頁。
- 農委會、特生中心、營建署及雪霸公園管理處編印，2000，櫻花鉤吻鮭研究保育研討會論文集，295頁。
- 賴建盛，1996，防砂壩對臺灣櫻花鉤吻鮭物理棲地影響之研究，國立臺灣大學地理學研究所碩士論文，112頁。
- 戴永禎，1992，臺灣櫻花鉤吻鮭之族群生態學研究，國立臺灣大學動物學研究所博士論文，121頁。
- 興儀喜宣、中村廣司，1938，臺灣高地產鱒（臺灣櫻花鉤吻鮭），天然紀念物調查報告第五輯，臺灣總督府內務局，32頁。（林曜松譯，1986，農委會林業特刊，9:1-14。）

雪山植物開花物候與植群動態之研究

曾喜育¹、王偉¹、王建皓¹、劉思謙²、曾彥學^{1*}

¹中興大學森林學系、²中興大學生命科學系、*通訊作者

摘要

本研究目的為調查雪霸國家公園境內雪山雪東主峰線步道兩旁植物開花物候以及三六九三莊附近草生地火燒後物種與植群變化情形。開花物候為每月調查步道沿線之開花物種，共記錄175種植物，並進行開花物種數與環境關係等分析。火燒生態研究為調查火燒跡地植物組成與覆蓋之季節變動，進行植物生活史、生活型、葉候、火後反應等功能群劃分，並以多樣性指數、對應分析(CA)、降趨對應分析(DCA)進行分析以了解物種組成與功能群在季節間的短期時序動態變化，並與不同年度火燒時期草生地進行比較。

1. 高山植物開花物候

2013年175種植物之盛花期種數隨溫度升高而增加，高峰期發生在7月，隨後開始下降；果熟時期高峰期發生在10月。開花物種數與氣溫、降雨呈顯著正相關，而結實物種數與氣溫、降雨相關不顯著；雪山地區4個植群帶的逐月開花物種數皆與溫度呈顯著相關，與降雨量多呈相關不顯著。植物開花盛花期長度1-9個月不等，以1-2個月短花期最多，占總物種數約50%以上。沿步道廣泛分布的物種位於不同海拔梯度花期大多有所不同，多數種類隨海拔下降而有花期提早的現象。盛花期較早科有堇菜科和松科等，花期較晚之科別有柳葉菜科、蓼科、菊科及龍膽科等。

比較2012與2013年136種植物開花物候發現，2012年的開花種數高峰期在6月，2013年發生在7月，2個年度的結實種數高峰皆發生在10月。136種有56種盛花期啟始月分未改變，15種植物在2012年盛花期較晚，65種植物的盛花期在2012年比較早。2年度不同季節盛花期啟始差異比較，春季進入盛花期種類中，40種在2012年比較早，8種在2013年比較早，18種植物沒有差異；夏季進入盛花期植物中，24種在2012年比較早，7種在2013年比較早，35種盛花期在2年間沒有差異。比較2012年與2013年氣溫發現，2013年的冬季2月氣溫較高，3-7月的氣溫較低，8-9月的氣溫度較高。氣溫是高山植物開花最敏感的因子，春季至夏季的氣溫較低，反映出植物需要更長的時間累積熱量以滿足打破花芽休眠，此可能為2013年多數植物開花較晚原因，亦是造成春季與夏季植物進入盛花期時序上年際間差

異；2013年春季影響春季開花的植物對熱量累積減緩，使得2013年春季有近2/3的植物開花較2012年慢。雖然2013年3-7月的月均溫較2012年來得低，但隨著夏季月均溫增加，熱量累積較快達到滿足，因此2013年夏季開花較晚的種類較春季少。

比較雪山與玉山地區於2013年開花物候結果發現，在2,600-3,100 m的46種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有17種，雪山地區盛花期較早的有9種，玉山地區盛花期較早的有20種；在3,100-3,600 m的47種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有16種，雪山地區盛花期較早的有16種，玉山地區盛花期較早的有15種；在3,600 m以上的16種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有7種，雪山地區盛花期較早的有4種，玉山地區盛花期較早的有5種。雪山地區要比玉山地區在相同海拔、相似生育地情況下要低0.5-0.8°C。這些共同植物的盛花期長度多以玉山地區較長，反映出玉山緯度較低，平均溫度較高而熱量累積亦較快的環境。

2. 高山火燒植群動態

雪山三六九山莊附近草生地火燒至今滿5年，其間共調查79種維管束植物。火後樣區出現種數及植物覆蓋度隨時間有增加之趨勢，物種回復至2010年6月約達到穩定。火後5年8次調查中植物種類出現頻度大於4次，可能反應其對火燒的適應，此類幾乎為萌蘗型者；在火燒後期演替出現的物種且出現頻度1-2次者，多為依火後依賴種子或孢子繁殖者。豐度比例曲線圖發現，2009年2月與2009年4月之豐度比例曲線變化較劇烈，最優勢物種之佔有多數資源，顯示物種組成及覆蓋較不平均；此時期的物種組成大抵反映顯示其對火燒的適應，少數物種以萌蘗方式快速生長佔據空缺的生育地。2009年9月與2010年4月之豐度比例曲線開始緩和，至2011年及2013年9月之豐度比例曲線變化趨於緩和且穩定，優勢物種已由玉山箭竹與高山芒共同組成，後續拓植的種類使組成增加而更加均勻。

三六九山莊草生地火燒後總覆蓋度由2009年2月的2.1%增至2013年9月87.7%；調查發現優勢組成物種之覆蓋度具明顯的季節性變化，冬季時明顯下降，至隔年生長季回覆。Sørensen相似性指數分析不同時期調查之出現物種相似性發現，三六九山莊草生地在火後2個月出現的植物種類與其他時期的調查物種差異最大，樣區內個體多為火後殘存的種類；隨著火後恢復時間的增加，物種相似性有愈高趨勢，2009年4月調查結果與2009年9月和2010年4月的物種相似性差異不大，2011年與2013的物種組成亦趨於穩定。Cody多樣性指數分析發現，三六九山莊草生地火後物種轉換率呈現季節性波動，可能顯示散殖體拓殖的物種、種子庫萌發的物種新增、火後不適的物種死亡，以及高山植物物候的季節性等變化；此

外，物種交換率有遞減的趨勢，可能反映出火後環境漸趨穩定，物種隨時間的轉換率漸少。這個現象在火後不同時期的拓殖率(2次調查期間的新增物種數/前期種數)與死亡率(2次調查期間的消失物種數/前期種數)可以驗證，不論在拓殖率或是死亡率的部分都是漸趨穩定趨勢，然隨著季節更迭仍有些許波動。降趨對應分析(DCA)結果大致與不同時期樣區出現物種之相似性結果相符，DCA的2個軸皆可大致顯示火後物種更新恢復的時序差異。由火燒後5年之物種多樣性、組成相似性，以及DCA分析等結果顯示，雪山亞高山玉山箭竹和高山芒優勢草生地生態系統植群演替動態約可以在火燒2-3年內快速回復至一相對穩定狀態。

關鍵詞：雪山、高山生態系、種子植物、物候、植群動態、火燒

一、前言

物候(phenology)為自然界動植物與環境條件週期變化之間相互關係，舉凡候鳥遷徙、動物冬眠及植物開花等現象與氣候之關係，亦為自然界非生物變化(如初霜、解凍等)與季節氣候的關係。植物物候為植物在一年生長過程中，隨氣候季節性變化而發生萌芽、展葉、開花、結實及落葉等規律性變化的現象(陸佩玲等，2006)。生物生活史的規律變化與環境息息相關，尤其受到溫度與降水所影響(王連喜等，2010)；因此，環境變異造成的物候變化可以成為觀察歷史氣候記錄的重要指標，尤其是全球氣候變遷及暖化的研究議題。

火燒為影響高山生態系演替進行的主要因子(呂金誠，1989；1990)。嚴重的火燒會破壞當地環境，使其演替階段回至較初期的型態，然而輕微的火燒可加速地上部養分回歸土壤、對苗木下種更新、病蟲害控制、野生動物食物來源等皆有不同助益。雪山地區三六九山莊附近草生地，於2008年12月18日晚上發生火燒，至19日下午4時熄滅，延燒面積約20 ha，其中草生地占近19 ha，臺灣冷杉森林約1 ha，為10年來同地區第2次火燒。本研究調查火後草生地之植被恢復狀況及優勢物種之季節性變化、林緣苗木之現況及後續之更新情形，以建立雪山地區火後生態系之基礎資訊，供火燒後經營管理及決策之參考。

陸域生態系中，高山與兩極為受全球氣候變遷影響最為嚴重的地區之一(Sala et al, 2000)。雪山高山地區是臺灣具代表性的高山生態系之一，至今仍保存著極為完整之自然資源，在嚴苛氣候條件下孕育著不同的植物社會，動、植物資源迥異於其它生態系，一直是許多研究學者所關注之區域，極需進行調查及長期監測(楊建夫，2006；呂金誠、歐辰雄，2009)。全球暖化對高山植物之生存環境造成威脅，平均溫度的提升，生存於高海拔的物種無處可退，勢必要改變生存策略。因此，藉由開花物候觀察、植群生態研究，了解物種生長及繁殖機制，綜合氣候變化進一步研究、探討，得知物種的生存策略，對於未來的物種資源保育可提供

相當重要的資訊。

二、材料與方法

(一)研究區概況

雪霸國家公園之雪山雪東線步道自雪山登山口起(海拔2,140 m)經由七卡山莊、哭坡、東峰、三六九山莊、黑森林、圈谷至雪山主峰(海拔3,886 m)。雪霸國家公園雪山高山生態系整合計畫在雪山雪東線步道沿線共設置圈谷、黑森林、三六九山莊及哭坡頂等4個氣象站，自2009年10月起開始氣象資料之收集(魏聰輝、林博雄，2010)，提供並臺灣高山生態研究最重要的氣象資料。研究區地質屬於中央山脈地質區之西部亞區中的雪山山脈帶，由第三紀的亞變質岩所組成，地質帶中以深灰色的硬頁岩和板岩為主(何春蓀，2006)。雪山高山地區的土壤，若為森林界線以上地區，多以粘板岩風化而成的岩海地區，土壤淺薄，幾乎由岩礫構成；若為森林地區或草原地區，則土壤多以壤土、腐植土為主，然地形陡峭，表土層淺薄多構成瘠土(何春蓀，2006；應紹舜，1976)。步道沿線土壤分析發現，土壤pH皆成極酸性(顏江河，2009)。

(二)植物物候調查

考慮海拔梯度、植群帶、植被類型及地形等條件，參考Su(1984)、王偉等(2010)將雪山雪東峰線步道可劃分成高山植群帶、冷杉林帶、鐵杉雲杉林帶及櫟林帶上層等4個植群帶(表1)；其中，冷杉林帶於本研究區橫跨範圍較大，主要優勢植群可分為以玉山箭竹、高山芒為主的箭竹草原型(里程4.4-8.9k)，以及以臺灣冷杉為優勢的冷杉林型(里程8.9-9.8k)等2型。參考鄭婷文(2010)於雪山主峰線步道調查植相組成，選取步道兩旁較優勢、花朵鮮艷、臺灣特有及珍貴物種進行開花觀察。自2012-2013年的3-12月，每月至少進行1次觀察，記錄各月分之開花物種。單一植株花期以花冠開放、花藥成熟至凋謝期間，物種花期以族群內開花株數達30%以上。

表 1. 雪山主峰步道不同路段之植群帶劃分(王偉，2010；Su,1984)

植群帶	路段	里程碑(km)	海拔(m)	主要優勢物種
高山植群帶	圈谷底-主峰	9.8-10.9	3,600-3,886	玉山圓柏、玉山杜鵑
冷杉林帶	三六九山莊-圈谷底	4.4-9.8	3,050-3,600	臺灣冷杉、玉山箭竹、高山芒
鐵杉雲杉林帶	七卡山莊-哭坡頂	2.0-4.4	2,510-3,050	臺灣鐵杉、高山櫟
櫟林帶上層	登山口-七卡山莊	0.0-2.0	2,140-2,510	臺灣二葉松、臺灣赤楊

(三)高山植群動態

雪山三六九山莊附近之草生地於2008年12月18日發生火燒，影響面積約20 ha。本研究在三六九山莊草生地火後(post-fire)現場設置系統樣區(36個，1~36)及

隨機樣區(35個, 37~71)共71個樣區。首先對野外調查原始資料之植物種類進行編碼, 於文書處理軟體中輸入樣區植物種類、代碼及各物種之覆蓋面積, 計算各物種於調查樣區中之頻度及優勢度, 再轉換成相對值。樣區各植物之介量以重要值(importance value, IV)表示, 代表某植物在樣區中所占有之重要性(劉崇瑞、蘇鴻傑, 1983)。計算每次調查之物種數、夏農歧異度指數(Shannon's index of diversity, H)以及均勻度指數(Evenness index, J)、物種-面積曲線和物種-豐量等線曲線以每次火燒後短期物種歧異之時序變化, 並利用Sørensen相似性指數計算每次調查植物種類的相似度, 以及利用降趨對應分析(detrended correspondence analysis, DCA)分析, 用以了解三六九山莊草生地火後植群變化的趨勢。以上以PCORD(McCune and Mefford, 1999)軟體進行植群分析。

夏農歧異度指數(H)、均勻度指數(J)和Sørensen相似性指數計算方式如下:

$$H = -\sum(n_i/N) \times \log(n_i/N) = -\sum p_i \times \log p_i$$

$$J = H / \log S$$

$$\text{Sørensen similarity index} = 2c / (a+b)$$

a為A植物社會有的物種、b為B植物社會有的物種、c為A、B植物社會共有物種

三、結果與討論

(一)雪山高山開花物候

1. 開花物候

本研究 2013 共觀察 48 科 118 屬 175 種, 開花物種數隨溫度升高而增加, 高峰期發生在 7 月, 隨後開花物種數開始下降(圖 1); 果熟時期高峰期發生在 10 月, 約晚開花物種高峰期 3 個月(圖 1)。開花物種數與氣溫、降雨呈顯著正相關, 而結實物種數與氣溫降相關不顯著(表 2)。

雪山雪東線步道沿線物種開花時序與盛花期長度呈現多樣性, 2013 年於春季(3-5 月)進入盛花期的物種共 41 種, 3 月就進入盛花期的植物有 8 種; 與 2012 年開花物候比較, 2012 年春季進入盛花期之物種共 79 種, 3 月進入開花期之物種共 16 種(曾喜育和曾彥學, 2012)。2013 年夏季(6-8 月)進入花期的物種共 116 種, 2012 年有 77 種; 夏季期間在雪山主峰線步道沿線可以觀察到的開花物種數有 140 種, 占本研究觀察物種約 80%, 為雪東線步道植群開花物種數最多的季節。2013 年盛花期於秋季 9 月後進入的有 18 種, 2012 年有 9 種, 此類植物屬於晚花期者。

就開花時間長度而言,2013 年植物花

期長度 1-9 個月不等,以 1-2 個月短花期最多,占總物種數約 50%以上(圖 2)。花期長達 5 個月以上者有高山通泉草(*Mazus alpinus*)、高山白珠樹、阿里山龍膽(*Gentiana arisanensis*)、玉山金絲桃、玉山卷耳(*Cerastium trigynum* var. *morrisonense*)等 14 種,其中高山白珠樹盛花期長達 8 個月以上。2012 與 2013 年 4 個植群帶的植物盛花期比較發現,2012 年盛花期較長(超過 3 個月)的種類比例在 42-50%,2013 年盛花期較長的比例在 13-18%,而盛花期長度年際間分布差異可能反應在不同年度平均氣溫不同。

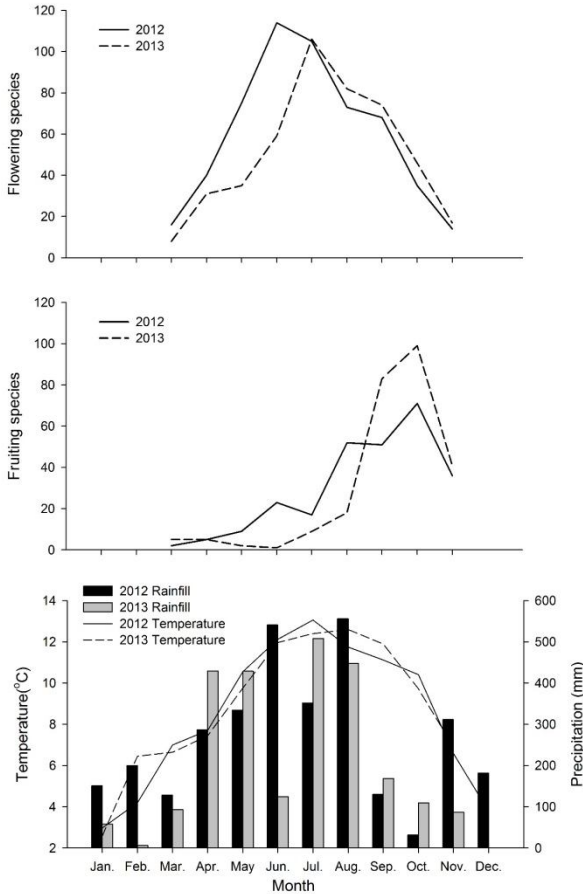


圖 1. 雪山雪峰線步道 2012-2013 年氣候與開花、結實種數關係。

表 2. 雪山雪東線步道 2013 年各植群帶開花結實物種數與氣候因子相關分析

氣象站 位置	氣候 因子	rho	全線		2,100-2,400 m		2,400-3,100 m		3,100-3,600 m		3,600 m 以上	
			花	果	花	果	花	果	花	果		
圈谷 (3,584 m)	氣溫	rho	0.950	-0.033					0.896	-0.257		
		ρ	<0.001	0.932					0.001	0.504		
	降雨量	rho	0.717	-0.176					0.574	-0.010		
		ρ	0.030	0.651					0.106	0.980		
三六九 山莊 (3,142 m)	氣溫	rho					0.867	-0.203				
		ρ					0.002	0.600				
	降雨量	rho					0.733	-0.237				
		ρ					0.025	0.539				
哭坡 (3,100 m)	氣溫	rho			0.536	-0.034	0.803	-0.067				
		ρ			0.137	0.931	0.009	0.864				
	降雨量	rho			0.238	-0.288	0.753	-0.318				
		ρ			0.537	0.452	0.019	0.404				

雪山主峰線步道沿線 2012 年與 2013 年觀察到 136 種相同種類的開花物候,比較 2 年開花物候差異發現,2012 年的開花物候種數高峰期在 6 月,2013 年發生在 7 月,約延遲 1 個月;2 個年度的結實高峰皆發生在 10 月(圖 1)。2 年開花

物候比較發現，136 種植物中有 56 種盛花期啟始月分未改變，15 種植物的花期延後，65 種植物的花期提前。以盛花期進入的季節比較發現，春季進入盛花期的種類中，18 種植物在 2 年間盛花期時間沒有差異，40 種在 2012 年比較早，8 種在 2013 年比較早；夏季進入盛花期植物中，35 種盛花期在 2 年間沒有差異，24 種在 2012 年比較早，7 種在 2013 年比較。造成春季與夏季植物進入盛花期時序上年際間差異的主要原因在於氣溫；而氣溫是高山植物開花最敏感的因子，春季至夏季的氣溫較低，反映出植物需要更長的時間累積熱量以滿足打破花芽休眠。比較 2012 年與 2013 年氣溫發現，2013 年的冬季 2 月氣溫較高，3 月開始進入春季後的月均溫要比 2012 年低，8-9 月的夏末初秋的氣溫度較高，此影響春季開花的植物對熱量累積減緩，使得 2013 年春季有近 2/3 的植物開花較 2012 年慢。2013 年夏季開花較晚的種類較春季少，可能反應在夏秋開花的物種多為光週期敏感植物，對於溫度差異反應較不敏感(Korner, 2003)。

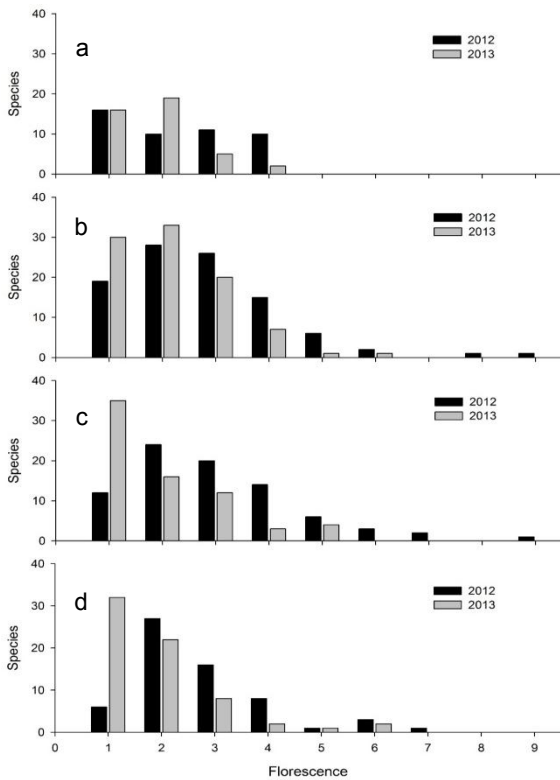


圖 2. 雪山雪東線 2012 年-2013 年 3-11 月各植群帶開花物種花期長度統計圖。a: 櫟林帶上層, b: 鐵杉-雲杉林帶, c: 冷杉林帶, d: 高山植群帶。

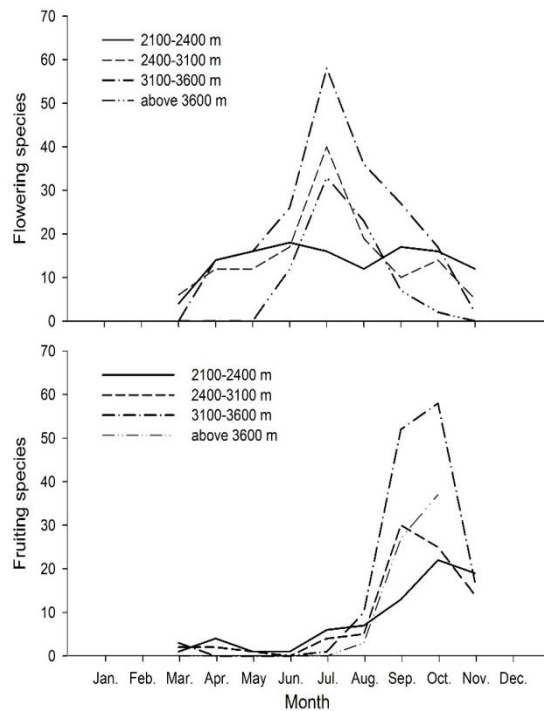


圖 3. 雪山雪峰線 2013 年 3-10 月各植群帶的花季(上圖)與果季(下圖)。

2. 不同植群帶開花物候

不同植群帶開花物候調查結果顯示，逐月開花物種數分布模式除了櫟林帶上層呈雙峰分布外，其餘植群帶逐月開花物種數分布模式呈單峰分布。鐵杉雲杉林帶、冷杉林帶的開花物候在 3-11 月，高山植群帶 6 月才開始；植物主要開花時期在 6-8 月，7 月有 1 明顯高峰，約 80% 物種在此時期開花(圖 2)。櫟林帶上層植物在 6、9 月各有一個開花高峰期。各植群帶之結果物候約 8-11 月，10 月達高峰(圖 3)。開花物候種數多與鄰近地區氣象站之溫度呈顯著相關，除鐵杉雲杉林帶與冷杉林帶之開花物種數與降雨量呈顯著外，其餘林帶之開花物種數與降雨量相關不顯著(表 1)

比較雪山地區各植群帶之植物盛花期長度發現，高山植群帶為 1-4 個月，以 1 個月最多共 16 種；冷杉林帶的盛花期長度為 1-7 月，以 1 個月最多(28 種)，鐵杉雲杉林帶為 1-8 個月，盛花長以 1 個月的種類最多(28 種)；櫟林帶上層的植物為 1-6 個月，以 1 個月最多(32 種)(圖 2)。整體而言，高山植群帶短花期物種最多。高山植群帶之群落花期介於 6-10 月較冷杉林帶(4-11 月)、鐵杉雲杉林帶(3-11 月)與櫟林帶上層(3-11 月)來得短(圖 2)，植物開花的花期集中趨勢明顯；此現象可能反應出亞寒帶高山植群帶生長季短，熱量不足且低溫積雪等不利生長環遠，致使植物需在一年中最溫暖時期完成開花，造成群落植物開花物候期較其他植群帶短。雪山雪東線步道沿線海拔 3,300 m 以上地區的昆蟲組成及季節動態主要出現高峰時間亦為 6-8 月(葉文斌和李蕙宜，2012)。由於高海拔地區生長季較短，植物花期高峰與昆蟲活動期高度的配合性形成互利共生關係；即蟲媒授粉植物需配合昆蟲活動期，以降低花粉消耗量及提高授粉效率；另一方面昆蟲亦需取食植物的花粉或花蜜，滿足其生長發育及繁衍後代所需。

3. 種數組成優勢之科層級開花物候

雪山地區高山植物主要組成的科在 2012-2013 年的開花物候，花期較早之科別有堇菜科(Violaceae)及松科(Pinaceae)，花期高峰 4-5 月，花期較晚之科別有柳葉菜科(Onagraceae)、蓼科(Polygonaceae)及龍膽科(Gentianaceae)，花期高峰 8-9 月。本調查依 2 年內觀察物種優勢組成之科(物種數在 6 種以上)之科別分述如下。菊科 23 種物種盛花期 4-11 月，高峰期為 7-8 月，花期長度多 2-5 個月(圖 4)，花期最短者(1 個月)為高山艾(*Artemisia oligocarpa*)、高山破傘菊、秋鼠麴草及臺灣馬蘭；花期最長(5-6 個月)者為刀傷草、一枝黃花、玉山毛蓮菜、黃菟等。菊科物種於夏秋季開花者多屬於光週期敏感的植物(Korner, 2003)，包括籟簫屬(*Anaphalis*)白花香青(*An. margaritacea* subsp. *morrisonicola*)(6-8 月)、尼泊爾籟簫(*An. nepalensis*)(7-10 月)；紫菀屬(*Aster*)的絨山白蘭(*As. lasiocladus*)(8-11 月)、臺灣馬

蘭(10-11 月)、雪山馬蘭(*As. takasagomontanus*)(7-9 月)；蒿屬(*Artemisia*)的川上氏艾(*Ar. kawakamii*)(6-7 月)及高山艾(7-8 月)。菊科於春季進入花期的早花型物種均為半地中植物，如臺灣鬼督郵(*Ainsliaea latifolia* var. *taiwanensis*)、刀傷草、森氏山柳菊(*Hieracium morii*)、細川氏薊及矮菊(*Myriactis humilis*)。菊科花期較長(5 個月以上)的花色多為黃色，如刀傷草、森氏山柳菊、玉山毛蓮菜、一枝黃花等，花期較短(僅 1-2 個月)多為白花或花色偏淡之物種，如川上氏艾、高山艾、高山破傘菊(*Syneilesis subglabrata*)、尼泊爾籟簫、玉山薄雪草(*Leontopodium microphyllum*)、黃山蟹甲草及臺灣馬蘭，其不同花色物種花期歧異可能與系統發育或授粉媒介有關。

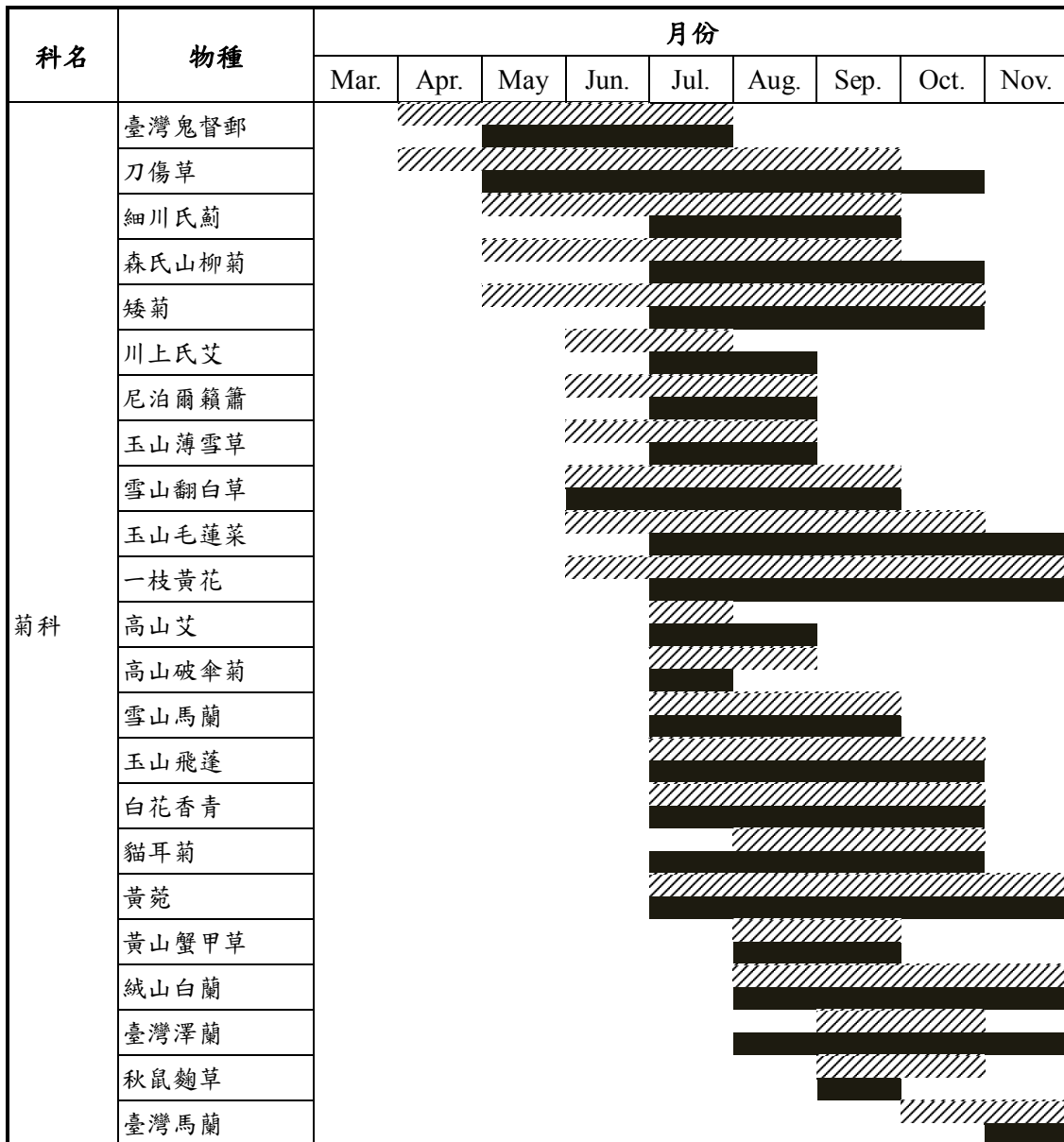


圖 4. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年菊科開花物候比較譜。//// 表示 2012 年花期，████ 表示 2013 年花期，■ 表示 2013 年特殊花期。

龍膽科 6 物種盛花期 3-11 月，盛花期高峰 8 月，花期長度差異大(圖 5)。3 種龍膽屬 (*Gentiana*) 植物的花期集中在 6-8 月，臺灣龍膽 (*G. davidii* var. *formosana*) (6-8 月) 和伊澤山龍膽 (6-9 月) 的花期較短，阿里山龍膽 (4-10 月) 最長，可能與分布海拔級距較大有關。巒大當藥 (*Swertia randaiensis*)、玉山肺形草 (*Tripterispermum lanceolatum*)、高山雙蝴蝶 (*Tr. luzonense*) 等 3 種龍膽科植物在夏季進入盛花期。

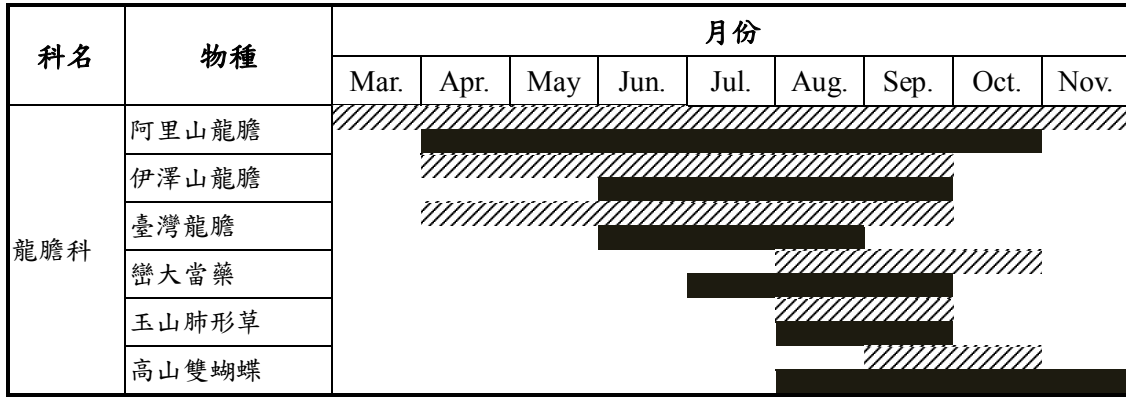


圖 4. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年龍膽科開花物候比較譜。[Hatched pattern] 表示 2012 年花期，[Solid black] 表示 2013 年花期，[Grey] 表示 2013 年特殊花期。

玄參科 (*Scrophulariaceae*) 7 種物種盛花期 3-11 月，高峰期為 7 月(圖 6)。碎雪草屬 (*Euphrasia*) 為該科內花期較長的屬，包括長達 7 個月的高山通泉草 (3-9 月)，長達 6 個月的玉山小米草 (5-11 月)，而南湖碎雪草 (6-8 月) 的花期長度較短。

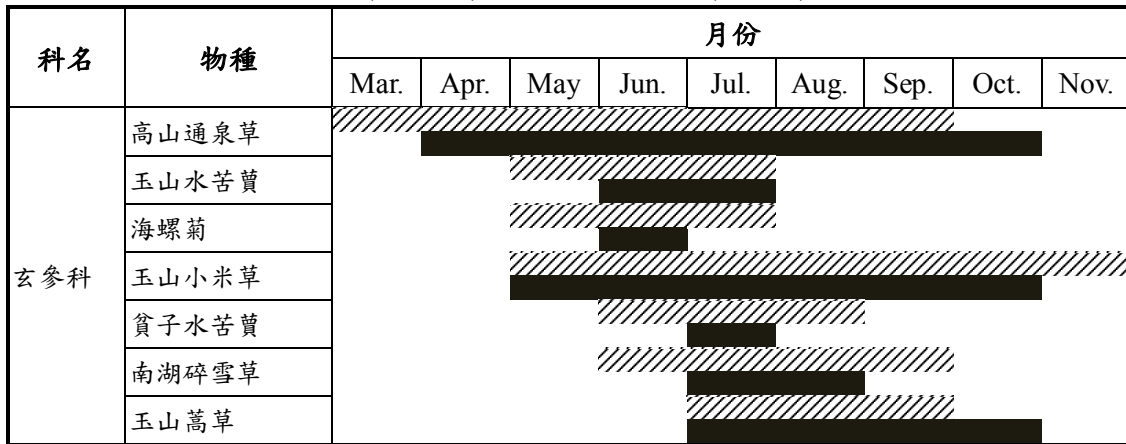


圖 6. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年玄參科開花物候比較譜。[Hatched pattern] 表示 2012 年花期，[Solid black] 表示 2013 年花期，[Grey] 表示 2013 年特殊花期。

薔薇科 14 物種盛花期 3-9 月，多屬早花類型，高峰期為 6 月，花期長度多為 2-4 個月(圖 7)。花期最短者為分布高山植群帶的五蕊莓，僅於 6 月開花；花期最長者為假繡線菊 (5-9 月)，長達 5 個月，可能與其適應環境範圍廣有關。懸鉤子屬 (*Rubus*) 植物均於春季 3-5 月進入花期，包括刺花懸鉤子 (3-5 月)、刺萼寒莓 (*Ru. pectinellus* var. *trilobus*) (4-7 月)、毛刺懸鉤子 (4-7 月)、玉山懸鉤子 (*Ru. calycinoides*) (5-7 月)，以及苦懸鉤子 (*Ru. trianthus*) (5-6 月) 等 5 種。薔薇屬 (*Rosa*) 玉山薔薇 (*Ro.*

sericea var. *morrisonensis*)及高山薔薇(*Ro. transmorrisonensis*)花期均為 7 月。翻白草屬(*Potentilla*)森氏萎陵菜(*Po. matsumurae* var. *pilosa*)(4-6 月)和玉山金梅(6-8 月)。

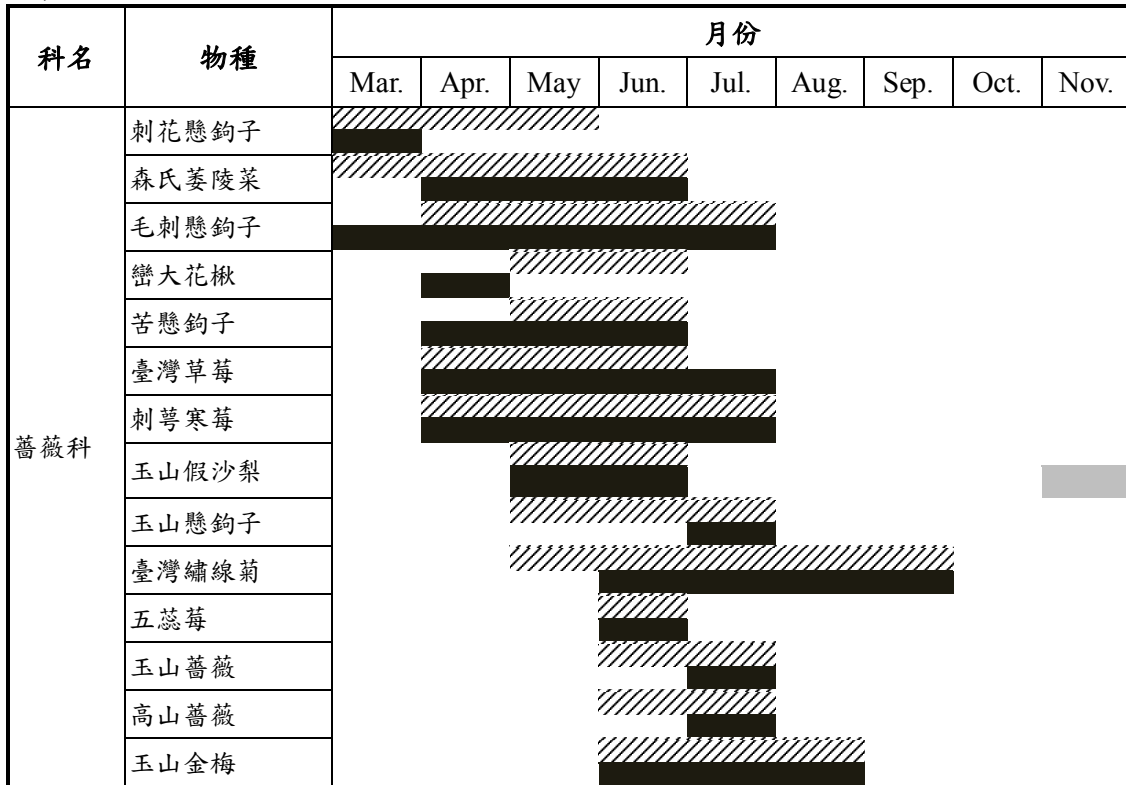


圖 7. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年薔薇科開花物候比較譜。▨表示 2012 年花期，■表示 2013 年花期，■表示 2013 年特殊花期。

杜鵑花科(Ericaceae) 7 物種盛花期 3-11 月，高峰期為 6 月，多數物種花期分佈於 3-7 月間(圖 8)。區內 4 種杜鵑屬(*Rhododendron*)分類群花期大致集中於 4-7 月，包括細葉杜鵑(4-7 月)、臺灣高山杜鵑(*Rh. rubropilosum* var. *taiwanalpinum*) 及紅毛杜鵑(5-7 月)，以及玉山杜鵑(4-6 月)，花期長度多為 3 個月以內，僅細葉杜鵑為 4 個月，推測因其分布海拔最低，適宜開花期較長所致。張又敏(2006)觀察臺灣杜鵑花屬植物標本，顯示海拔 1,500-2,500 m 地區花期主要為 4-5 月，同一物種隨海拔升高花期或有延後現象，物種間花期有所差異，大致與本研究結果相符。紅毛杜鵑、細葉杜鵑(*Rh. noriakianum*)在 2013 年的主要盛花期過後，尚發現少數植株有開花現象，此在 2012 年並未發現；張又敏(2006)整理臺灣各大標本館之標本資料發現，屬於映山紅亞屬(subg. *Tsutsusi*)的紅毛杜鵑、細葉杜鵑和金毛杜鵑 1 年有 2 季以上開花現象，植株開花時期與分布海拔有關。金毛杜鵑的開花模式與緯度、海拔有關，主要反應溫度的差異(紀瑋婷, 2009)。潘振彰等(2013)研究玉山杜鵑開花物候發現，玉山杜鵑開花時間與海拔、坡向等有關，反應在溫度差異。白珠樹屬(*Gaultheria*)的高山白珠樹及冬青油樹在 2 年的開花物候表現屬於較長花期的種類，冬青油樹屬於較晚生長季開花。

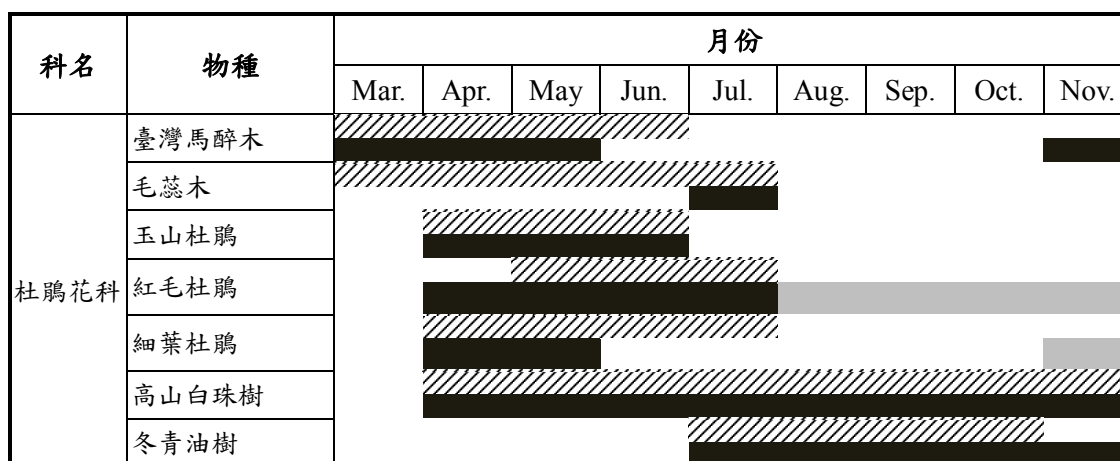


圖 8. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年杜鵑花科開花物候比較譜。▨ 表示 2012 年花期，■ 表示 2013 年花期，■ 表示 2013 年特殊花期。

種系遺傳為另一影響面向，Torres 和 Galetto(2011)研究阿根廷森林 43 種菊科植物開花物候，發現造成花候特性同步性的因子，除了季節性氣候變化外，物種特性及種系遺傳亦有高度相關，而這些特性與授粉媒介有關，如薊亞科(Cardoideae)及帚菊木亞科(Mutisioideae)物種授粉媒介的訪花頻度較低，通常花期較長且族群花期分散。Torres 和 Galetto(2008)指出菊亞科(Asteroideae)相對為演化支序分出較晚，物種接受廣泛授粉媒介且花期長，可忍受授粉資源較不足的情況。本研究屬上述分類群支物種及其花期長度包括薊亞科的細川氏薊(花期 5 個月)，帚菊木亞科的臺灣鬼督郵(花期 4 個月)，菊亞科的一枝黃花、矮菊(花期 6 個月)、絨山白蘭、玉山飛蓬(花期 4 個月)，多較科內平均花期(3.4 個月)為長。植物花期與授粉媒介關係之相關研究中發現，動物授粉的普遍性認為植物花部形態能接受廣泛種類授粉媒介者，其授粉資源不足的風險愈低(Waser et al., 1996)，Mani 和 Saravanan(1999)提及菊科植物為具此特性之類群，可反映授粉媒介與菊科植物開花物候間互相關聯。

本研究所觀察 3 種龍膽屬植物之分布，均屬於中央山脈及其西部山區類群，由華南或華中散布進入臺灣(陳志雄，1996)，彼此親緣關係較近，推測因此花候頗相似。而花期較長的現象應與提高花期授粉成功率有關；臺灣地區龍膽屬植物具有明顯鮮豔的花冠，花粉粒表面具凸出之紋飾，可能有利為螞蟻黏附攜帶，為蟲媒花植物(陳志雄，1996)，較高海拔地區，授粉媒介常因低溫及強風等限制因子而效率降低(Moldenke, 1979)，前人研究報告指出，影響龍膽屬植物授粉媒介效率的主要限制因子為氣候，如陰雨天時授粉媒介的活動力較低(Webb and Pearson, 1993)，藉由花期延長，可提高授粉媒介傳粉機會。肺形草屬(*Tripterospermum*)物種包括分布於櫟林帶上層至冷杉林帶的玉山肺形草，花期 8-9 月，以及分布櫟林帶上層的高山雙蝴蝶，花期 9-10 月，2 物種均生長於半遮陰林下至日照充足的草

叢中，花期亦接近。

各科內多數同屬物種花期相近，如杜鵑屬、薔薇屬、石竹屬、碎雪草屬及龍膽屬等，可見花期在一定程度上受到種系演化影響。其餘同屬物種於花期上未明顯接近者，如翻白草屬的森氏萎陵菜，與分布較高海拔玉山金梅及雪山翻白草花期相差約 3 個月，以及紫菀屬、籟簫屬物種，花期亦有所差異，則可能受外在環境影響，花期可塑性較高，相關前人研究如 Pickering(1995)研究 5 種毛茛屬植物於 2 不同生育地及 2 年花季的花期，發現無論在種內或種間，隨生育地及不同氣候環境的變化，花期均呈現差異性，作者推測環境壓力造成開花時間分歧，如避免授粉媒介的競爭以提高繁殖成功率，認為環境影響超過遺傳基因的影響。

不同地區植群尺度之花候相關研究，如 Kochmer 和 Handel(1986)研究美國 Carolina 地區(屬溫帶氣候)植群花期，多數物種花期分布於 5-10 月，包括百合科、蘭科(Orchidaceae)、玄參科、柳葉菜科等多數物種，而花期較早者為堇菜科、十字花科及杜鵑花科，花期較晚者為龍膽科、旋花科(Convulvaceae)及菊科。呂理昌(1990)觀察塔塔加至玉山主峰步道沿線 62 科 328 種植物之物候，植群花期高峰為 7-8 月，包括禾本科、蘭科、百合科、石竹科、毛茛科、茜草科(Rubiaceae)等多數物種，而早花類型者包括松科、殼斗科(Fagaceae)、楊柳科(Salicaceae)、樺木科(Betulaceae)、槭樹科(Aceraceae)及杜鵑花科，花期較集中 3-5 月；晚花類型者包括蓼科、景天科(Crassulaceae)、龍膽科、唇形科、菊科及桔梗科(Campanulaceae)期可延續至 8-9 月。Kang 和 Jang(2004)研究韓國溫帶植群 165 科 2,867 種被子植物開花特性，物種花期多分布 5-9 月，如石竹科、百合科、禾本科、毛茛科等多數物種，而薔薇科為植群中較早花者，花期集中春季、夏季，菊科植物屬植群中較晚花者，花期集中夏季、秋季。以上研究結果大致與本研究相似，雪山雪東線步道植群以溫帶分布型之科、屬發展較好(鄭婷文，2012)，可反映植物地理演化上，親緣近的分類群具有繁殖期接近的特徵。

4. 同一物種於不同植群帶之花期

2013 年物候觀察種類中，有 79 種植物分布植群帶 2 個以上，其中物種分布範圍較廣者，大多呈連續分布，少數出現不連續性分布現象者如刺果豬殃殃(*Galium echinocarpum*)、毛刺懸鉤子、咬人貓(*Urtica thunbergiana*)、秋鼠麴草、野苧蒿(*Conyza sumatrensis*)、臺灣鬼督郵等 6 種。在雪山雪東線步道沿線橫跨 3 個植群帶以上(海拔落差 1,500 m 以上)有 21 物種，其中 4 個植群帶皆有分布的有玉山毛蓮菜和高山白珠樹等 2 種；分布 3 個植群帶有一枝黃花、玉山小米草等 19 種。

開花物候調查結果發現，橫跨 2 個植群帶以上的植物，盛花期起始與結束在

各植群帶及不同種類間呈現不同；多數種類隨海拔升高而花期延後，例如高山白珠樹、玉山小米草、高山通泉草等，此結果與大部分研究相同(呂理昌，1990；張又敏，2006；溫英杰等，2008；王年金等，2010；潘振彰等，2013；Blionis et al., 2001; Pellerin et al., 2012)；同一物種隨海拔上升而物候通常有延遲的現象，此因隨海拔升高溫度隨之遞減，造成花期延後的主要原因。有些種類則在較高海拔開花較早的情況，例如一枝黃花、矮菊等；部分種類的盛花期並未隨海拔變化，例如白花香青、瞿麥等。本研究發現，雪山雪東線步道沿線盛花期與植群帶(海拔)的關係呈現多樣的變化，雖然海拔雖反映溫度的變化，但步道兩側生育地如森林覆蓋、坡向、坡度等環境異質大(劉棠瑞和蘇鴻傑，1983)，植物生長其中受到光照及溫度等變化較海拔的影響來得大所致(曾喜育和曾彥學，2013)；再者，有些植物的開花受光照(光週期、光波長等)的影響較溫度敏感(Körner, 2003)，致使生長分布不同植群帶的植物盛花期時間沒有明顯差異。

另一影響因子為植物內在生理，經長期適應之下，植物繁植物候雖受物種生育之微環境及微氣候影響，但其內在基因的影響力仍不可忽略。Kawai 和 Kudo(2011)研究高山龍膽屬植物 *G. nipponica* 於日本 Taisetsu 山區不同海拔及坡向的花候差異，結果發現生長於晚融雪區植株受積雪限制進入花期時間較晚，然而晚融雪區植株生理達開花狀態所需熱量較低，如移植於不同地區，仍保留其於融雪後迅速開花的特性。Körner(2003)將瑞士生長於高海拔 2,550 m 及低海拔 350-550 m 的西洋蒲公英(*Taraxacum officinale*)栽植於一處低海拔溫室，雖溫室環境較溫暖，高海拔之植株物候仍較晚，與原生育地接近時期開花，推測西洋蒲公英開花主要受光週期調控所致。

5. 雪山與玉山高山植物之開花物候比較

比較雪山與玉山地區(曾喜育、曾彥學，2013)於 2013 年 84 種相同植物之開花物候發現，2,600-3,100 m 有 46 種，3,100-3,600 m 有 47 種，3,600 m 以上有 16 種(含海拔植群重複分布)。雪山與玉山主峰差約 100 km，相當於海拔 100 m 的溫度差異，即雪山地區要比玉山地區在相同海拔、相似生育地情況下要低 0.5-0.8°C；在相近環境下，盛花期長度多以玉山地區較長，反映出玉山緯度較低，平均溫度較高而熱量累積亦較快的環境(曾喜育、曾彥學，2013)。在 2,600-3,100 m 的 46 種植物中，兩地區盛花期開始時間相同者有 17 種，雪山地區較早有 9 種，玉山地區較早有 20 種；在 3,100-3,600 m 的 47 種植物中，兩地區盛花期開始時間相同者有 16 種，雪山地區較早有 16 種，玉山地區較早有 15 種；在 3,600 m 以上的 16 種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有 7 種，雪山地區盛花期較早的有 4 種，玉山地區盛花期較早的有 5 種。

在兩地區春季(3-5 月)進入盛花期的 44 種植物，多生長在鐵杉-雲杉林帶，其中，異葉紅珠、刺花懸鉤子、臺灣馬醉木、薄葉柃木、褐毛柳等 9 種在兩地區的盛花期發生時期幾近相同；紅毛杜鵑、玉山杜鵑、臺灣茶藨子、玉山筷子芥、高山通泉草、喜岩堇菜、繡球藤，以及瓜子金等 18 種植物在玉山地區的開花期較早；僅海拔 2,600-3,100 m 的繡球藤、阿里山龍膽等 2 種，3,100-3,600 m 的刺柏、阿里山龍膽、臺灣草莓、川上氏小蘗(*B. kawakamii*)、紅毛杜鵑等 5 種在雪山地區開花較早。夏季(6-8 月)進入盛花期植物中，在海拔 2,600-3,100 m 的有 7 種植物盛花期相近，6 種在雪山地區比較早，6 種在玉山地區比較早；分布海拔 3,100-3,600 m 的植物，有 15 種盛花期開始時期相近，11 種在雪山地區比較早，11 種在玉山地區比較早；分布在海拔 3,600 m 以上的植物，7 種盛花期開始時間相近，4 種雪山地區比較早，5 種玉山地區比較早。秋季(9-11 月)開始進入盛花期植物僅 3 種，分布在海拔 2,600-3,100 m，火炭母草在兩地區盛花期開始時期相近，臺灣赤楊在雪山地區比較早進入盛花期；分布海拔 3,100-3,600 m 的玉山黃苑在兩地區進入盛花期時間相近。

109 種(重複計算含跨 3 種海拔區域的物種)植物中，40 種植物在較溫暖的玉山較早進入盛花期，此類早花植物可能對溫度差異反應相對較為敏感；然而有 40 種植物的盛花期在 2 地沒有差異，雪山地區有 29 種植物較早進入盛花期。由不同季節及不同海拔區域的盛花期種類比較發現，春季開花的植物在玉山有較早進入盛花期的情形，此類春季進入盛花期植物亦多生長於海拔 2,600-3100 m 的鐵杉-雲杉林帶，反映出玉山緯度較低較溫暖的氣候特性。然而，在雪山地區較早進入盛花期的植物多生於 3,100-3,600 m 的冷杉林帶，此海拔區域在雪山地區多為嶺線或開闊的草生地，可能顯示著光照環境補償緯度造成的溫度差異，使得部分植物開花得以較早進入盛花期。

由於雪山與玉山兩地區開花物候的比較層級在群落尺度，加上生育地環境除了海拔差異外，植物可能在兩地分布於不同光照環境(林內或林外)、不同坡向或坡度等，因此可能造成環境因子間相互作用或因因子補償下，無法非常精準地明確區別兩地開花物候的時序差異是因受到溫度(或熱量)差異的影響。然而，相對個別物種精密的開花物候觀察而言，群落物候觀察顯得較為粗放，但此為了解群落物候節律非常重要的基礎，可由此資料提供選取稀有植物，或對氣候因子敏感的植物進行更一步的觀察。

6. 雪山主峰線開花物候生態監測指標種選擇建議

本研究開花物候調查結果，針對不同木本、草本等生長型植物，選擇環境變化較敏感且容易觀察的物種，並考量其植物地理分布的代表性、族群數量稀少性

等特性，建議臺灣冷杉等植物作為雪山高山生態系植物物候長期生態監測指標種選擇(表 3)。由於植物物候是觀測是非常繁重的野外觀察工作，加上雪山地區地屬偏遠，交通往返研究區不便，物候資料蒐集不易；利用數位照像機定時定點重複拍攝開始被廣泛利用作物候觀測(Michael and Theresa, 2008；潘振彰等，2013)，其優點為對物候觀測現象制定統一觀測的標準；節約人力資源，減少植物物候觀測工作量；以及電腦檔案方式管理；結合環境資料收集可更深入進行物候模式分析等。雖然數位相機價格較高，無法全面性普及所有植物進行物候觀測，但此法可針對少數需監測目標種類進行長期物候觀測，以獲得更充足的物候資訊。

表 3. 本研究建議之雪山地區高山生態系植物開花物候長期監測指標選擇植物

物種	科	生長型	植群帶	花期
臺灣冷杉 <i>Abies kawakamii</i>	松科	喬木	B	3-4 月
刺柏 <i>Juniperus formosana</i>	柏科	灌木	BC	4-6 月
褐毛柳 <i>Salix fulvopubescens</i>	楊柳科	喬木	C	3 月
巒大花楸 <i>Sorbus randaiensis</i>	薔薇科	喬木	B	4 月
高山薔薇 <i>Rosa transmorrisonensis</i>	薔薇科	灌木	BC	7 月
玉山薔薇 <i>Rosa sericea</i> var. <i>morrisonensis</i>	薔薇科	灌木	A	7 月
玉山懸鉤子 <i>Rubus rolfei</i>	薔薇科	木質藤本	BC	7 月
玉山杜鵑 <i>Rhododendron pseudochrysanthum</i>	杜鵑花科	灌木	AB	4-6 月
紅毛杜鵑 <i>Rhododendron rubropilosum</i>	杜鵑花科	灌木	BC	4-7 月
細葉杜鵑 <i>Rhododendron noriakianum</i>	杜鵑花科	灌木	CD	4-5 月
玉山小蘗 <i>Berberis morrisonensis</i>	小蘗科	灌木	AB	5-7 月
高山破傘菊 <i>Syneilesis subglabrata</i>	菊科	草本	CD	7-8 月
高山馬先蒿 <i>Pedicularis ikomai</i>	玄參科	草本	AB	6-8 月
雪山馬蘭 <i>Aster takasagomontanus</i>	菊科	草本	A	7-9 月
雪山翻白草 <i>Potentilla tugitakensis</i>	薔薇科	草本	A	6-9 月
黃山蟹甲草 <i>Parasenecio hwangshanicus</i>	菊科	草本	B	8-9 月
玉山山蘿蔔 <i>Scabiosa lacerifolia</i>	續斷科	草本	AB	7-10 月
玉山櫻草 <i>Primula miyabeana</i>	報春花科	草本	AB	5-7 月
虎杖 <i>Polygonum yunnanense</i>	蓼科	草本	BCD	7-10 月
高山沙參 <i>Adenophora morrisonensis</i>	桔梗科	草本	ABC	7-10 月
臺灣百合 <i>Lilium formosanum</i>	百合科	草本	B	7 月

(二)高山植群動態

雪山三六九山莊附近之草生地於 2008 年 12 月 18 日發生火燒，本研究在三六九山莊草生地火後(post-fire)現場分別設置 36 個系統樣區與 35 個隨機樣區之火燒樣區，共 71 個樣區。系統樣區及隨機樣區分別於 2009 年 2 月中旬至 3 月初完成初次調查(火後約 3 個月)，並在 2009 年 4 月(火後約 4 個月)、9 月(火後約 9 個月)、2010 年 4 月(火後約 16 個月)、2010 年 7 月(火後約 19 個月)、2011 年 5 月(火後約 29 個月)、2011 年 7 月(火後約 31 個月)及 2013 年 9 月(火後約 57 個月)進行調查，共進行 8 次火後植生調查。此止，在三六九山莊附近未火燒區域(12 個樣

區)、雪山主峰線 5k(12 個樣區, 2001 年火燒)及 6k(10 個樣區, 1963 年火燒)之草生地進行對照組樣區之調查, 以進行火後更新之時序比較。火後草生地植物名錄之植物學名依 Flora of Taiwan VI(Editorial committee of the Flora of Taiwan, second Edition, 2003)。

1. 火後物種組成及物種多樣性變化

雪山三六九山莊火後草生地演替至今約 5 年, 期間 8 次火後演替調查共調查 79 種維管束植物。火燒對原生植群之植物組成與結構造成破壞, 可能有利外來物種在火後入侵(Guo, 2001; Schoenagel *et al.*, 2004; Nuñez and Raffaele, 2007)。本研究團隊亦發現(曾彥學等, 2010), 貓耳葉菊與大扁雀麥雖已進入三六九山莊附近之草生地, 目前僅出現於步道兩旁, 尚未發現火燒樣區內, 未來應予以注意其火燒跡地族群數量。火燒對一生態系有相當程度的影響, 其為決定植群演替方向及速度之主要因子(賴國祥、陳明義, 1992); 火燒強度更影響恢復植物之種類, 一般草本植物藉種子及萌蘖更新, 若輕度干擾, 原有種類可快速回復; 重干擾區則所有種類拓殖較慢(林朝欽和陳子英, 2002)。三六九山莊草生地火後樣區出現種數及植物覆蓋度隨時間有增加之趨勢, 且具有明顯的季節性變動(表 4)。

表 4. 三六九山莊草生地火燒後種數、總覆蓋度、覆蓋百分比、火後反應策略、生活型、以及物種歧異度變化

	Feb-09	Apr-09	Sep-09	Apr-10	Jun-10	May-11	Jul-11	Sep-13
調查樣區數	69	39	71	71	71	71	71	71
種數	14	15	28	38	47	34	45	44
平均種密度	1.3	3.7	8.7	8.3	12	7.7	11.2	9.0
總覆蓋度(m ² /4 m ²)	0.09	0.05	1.42	1.16	2.13	1.11	3.63	3.56
覆蓋百分比(%)	2.2	1.4	35.6	29.1	53.4	38.6	62.7	87.7
多年生resprouters(%)	78.6	93.3	85.7	76.3	63.8	70.5	62.2	63.4
多年生recruiters(%)	21.4	6.7	14.3	23.7	36.2	29.5	37.8	36.6
蕨類植物(%)	14.3	13.3	7.1	5.3	12.8	11.8	0.1	9.1
挺空植物(%)	16.7	0.0	7.7	11.1	9.8	6.7	9.5	9.1
地表植物(%)	16.7	15.4	19.2	16.7	17.1	20.0	16.7	13.6
半地中植物(%)	58.3	53.8	53.8	55.6	56.1	50.0	55.6	54.5
地中植物(%)	8.3	30.8	19.2	13.9	14.6	20.0	14.3	11.4
1年生植物(%)	0.0	0.0	0.0	2.8	2.4	3.3	2.2	2.3
蕨類商數	3.57	3.33	1.79	1.32	3.19	2.94	1.67	2.50
Diversity H	0.451	0.684	1.002	0.975	1.153	0.977	1.121	2.633
Evenness J	0.393	0.581	0.692	0.626	0.689	0.638	0.678	0.696

透過火後各時期物種出現有無之對應分析結果顯示(圖 9), 不同調查時期與

物種出現之排序圖反映出火後演替之時序變化；排序圖第一軸變異解釋率為 28.9%，第二軸為 18.6%，第二軸為 15.5%，累積變異解釋率為 63.0 %。火後 5 年內 8 次調查只出現 1 次的物種分別分布於排序圖軸 1 的兩端，表示火後的時間變化軸 1 右端為只出現在 2008 年 2 月的物種，軸 1 左端與軸 2 下方為只出現在 2013 年 9 月的物種，軸 2 的最上部位置只出現於 2009 年 4 月的物種。在火燒後早期出現(2009 年 2 月(火後 2 個月)出的臺灣冷杉(abk)、玉山佛甲草(*Sedum morrisonense*, sem)，和 2009 年 4 月出現的森氏當歸(*Angelica morii*, Anm))的物種(圖 9)，可能是火燒過程中存活的種類，但在往後調查中未發現，其可能因此火燒後未完全枯死，或因在火後由鄰近地區傳播的繁殖體，因後續建立過程中競爭不過其他物種而死亡。在 2009 年 9 月調查首次出現的植物種類，如高山藤繡球(*Hydrangea aspera*, Hya)、玉山抱莖籜簫(*Anaphalis morrisonicola*, Ano)、等 9 種，可能因根株發芽時間較遲或種子發芽較晚，致使在 2010 年 4 月尚未調查到。雪山主峰線 3,000 m 亞高山地區草生地植物多於 4-5 月陸續進入萌芽時期，2009 年 9 月調查到的物種幾乎全部是萌蘖植物。Bell(2001)將澳洲西部火後反應特徵植物區分成 2 大類，一為再萌蘖者(resprouter)，另一為再播種者(reseeder)，而前者通常是火後最早反應出現者(Guo, 2001; Luciana *et al.*, 2004; Bond and Midgley, 2005; Buhk *et al.*, 2005; Ojeda *et al.*, 2005)。

三六九山莊草生地火後 5 年內 8 次調查中出現頻度大於 4 次，可能反應其對火燒的適應，幾乎為萌蘖型者。火後 8 次調查皆出現的物種有玉山石松(Lyv)、玉山毛蓮菜(*Picris hieracioides* ssp. *morrisonensis*, Pih)、一枝黃花(Sov)、臺灣粉條兒菜(*Aletris formosana*, Alf)、高山芒(Mit)，以及玉山箭竹(Yun)等 6 種。火後樣區調查出現 4 次以上的種類有臺灣絨假紫萁(*Osmunda claytoniana* var. *pilosa*, Osc)、玉山金絲桃(*Hypericum nagasawai*, Hyn)、假繡線菊(Sph)、高山薔薇(*Rosa transmorrisonensis*, Rot)、玉山當歸(*Angelica morrisonicola*, Ano)、高山白珠樹(Gai)、玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*, Rhp)、阿里山龍膽(*Gentiana arisanensis*, Gea)、臺灣百合(*Lilium formosanum*, Lif)、臺灣鹿藥(*Smilacina formosana*, Smf)、臺灣藜蘆(Veg)等 11 種。

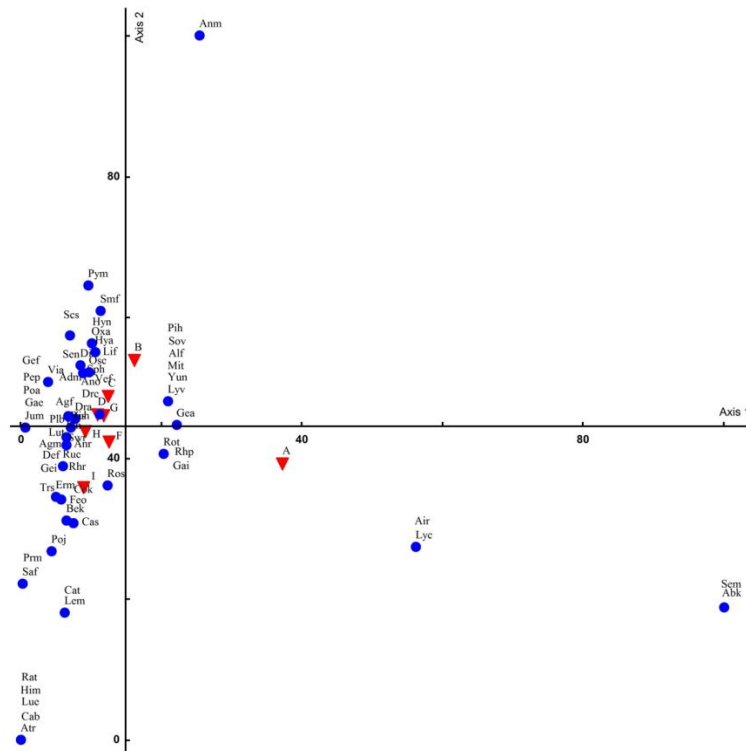


圖 9. 三六九山莊草地火後各時期之物種 CA 排序圖。A-G 為火後調查時期；
 A：2009 年 2 月；B：2009 年 4 月；C：2009 年 9 月；D：2010 年 4 月；
 F：2010 年 6 月；G：2011 年 5 月；H：2011 年 7 月；I：2013 年 9 月。

本研究發現，三六九山莊草生在 2008 年 12 月火後至今，每樣區種密度 (spp./4m²)、物種豐富度、多樣性指數隨著萌蘗植物萌發與散殖體的進入而逐漸增加，在 2010 年 6 月的火燒查結果顯示達到最高(表 4)。三六九山莊草生地之地表火為一個低強度之火燒，其對於物種多樣性的主要作用一方面在短期間內抑制少數優勢物種(此類物種多具萌蘗特性)，使其他較低矮植物不被壓迫；另一是低強度火燒有助增加新的生育地，其他利用種子等散殖體作為繁殖的物種可以有機會進入生育地內。Connell(1978)認為干擾可去除優勢物種(或降低其優勢程度)為增加物種豐富度的一種機制(Huston, 1979)。Tilman(1982)認為空間是一種資源，火燒干擾是一種提供新生育地的方式。Overbeck 等(2005)研究發現，在火後第 1 年的物種數、歧異度和均勻度顯著地增加，顯示出物種在火後生育地快速的拓殖過程。在許多草生地系統，火燒增加物種豐富度通常在火後 1 或數年後達到高峰(Denslow, 1980)，具有小型種子的植物或 1-2 年生的物種等通常在火後早期演替中出現(Ghermandi *et al.*, 2004; Overbeck *et al.*, 2005)。火後的物種豐富度高原因來自於植物組成包含入侵植物、因機會散布而來的先鋒樹種以及一年生和多年生植物的不同生活史的物種(Vogl, 1974)。

雪山地區亞高山草原生態系主要組成為多年生植物，在火後初期，萌蘗型的種類最早佔據火燒後的空地與資源，接著再播種型或部分再萌蘗型的種子苗開始進入，增加火燒跡地的物種多樣性。由豐度比例曲線圖發現(圖 10)，2009 年 2 月與 2009 年 4 月之豐度比例曲線變化較劇烈，最優勢物種之佔有多數資源，顯示物種組成及覆蓋較不平均；此時期的物種組成大抵反映顯示其對火燒的適應，少數物種以萌蘗方式快速生長佔據空缺的生育地。2009 年 9 月與 2010 年 4 月之豐度比例曲線開始緩和，至 2011 年及 2013 年 9 月之豐度比例曲線變化趨於緩和且穩定，優勢物種已由玉山箭竹與高山芒共同組成，後續拓植的種類使組成增加而更加均勻。由火後各時期物種-面積曲線分析結果發現(圖 11)，因火燒致使草生地退化，系統樣區內僅數種在火後殘存；隨火後恢復演替過程，植物透過萌蘗與散殖體拓殖方式種數逐漸增加。在 2009 年 4 月至 2010 年 4 月的種數-面積曲線非常相似，可能反映出原生育地之相同物種利用萌蘗方式快速回復佔領生育地；2010 年 6 月與前 3 期之種數-面積曲線不同，反映出有較多利用種子或孢子等散殖體的物種侵入火後草生地。

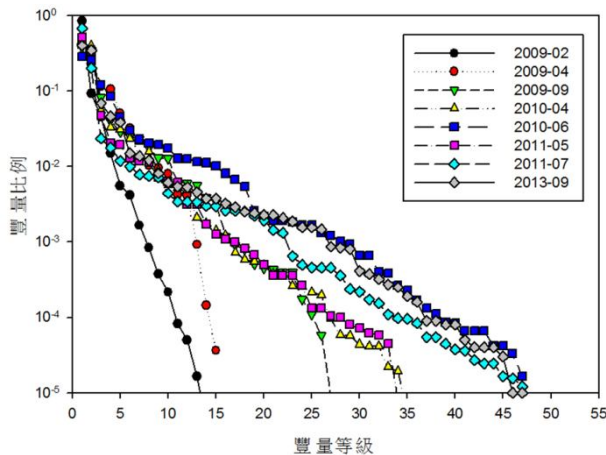


圖 10. 雪山三六九山莊草生地火後植物組成恢復序列物種豐多度格局變化。

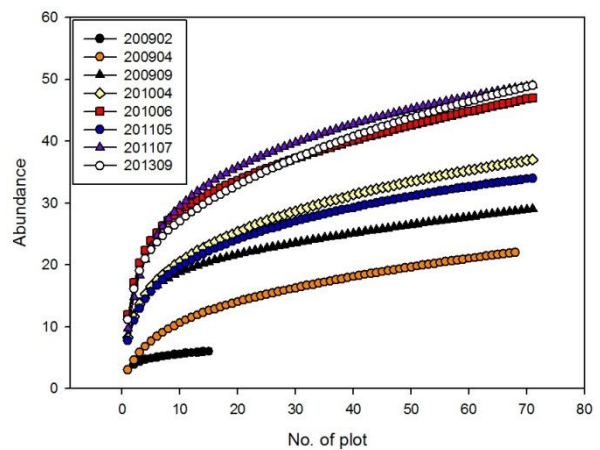


圖 11. 雪山三六九山莊草生地火後不同時期之物種-面積曲線變化趨勢。

2. 三六九山莊草生地短期火後植物覆蓋度與優勢度變化

以玉山箭竹與高山芒為優勢組成之草生地，隨著火後生育地內物種萌蘗、土壤種子庫與外來繁殖體輸入，覆蓋度百分比隨火燒後更新演替逐年增加的趨勢，但季節性變動明顯(表 4)。臺灣亞高山地區草生地火後植物覆蓋度回覆過程，三六九山莊草生地火後 9 個月為 34.9%，與太魯閣國家公園合歡山區 1990 年 2 月之火燒相差不遠(火後 7 個月為 28%)(賴國祥及陳明義，1992)，但與 1993 年 1 月玉山國家公園塔塔加地區火燒後 6 個月達 65%(陳隆陞，1995)差異較大；可能因所在海拔、緯度、當年氣候不同有關，但具地下部之玉山箭竹及高山芒是臺灣亞高山

地區火燒復原最快速的種類。Luciana 等(2004)研究指出，火後的乾燥氣候條件可能會影響 1 年生植物種子的萌芽，但更新策略與繁殖體是否可到達火燒跡地才是火後演替成功的最主要關鍵。

草生地的優勢物種對火燒通常有較大的適應性(Collins *et al.*, 1995; Collins and Glenn, 1997)。優勢物種覆蓋度一般有季節性變化，尤以冬枯種類更甚，冬季時明顯下降，至隔年生長季再次大量增加。除玉山箭竹、高山芒外，部分物種如一枝黃花、臺灣粉條兒菜、假繡線菊及臺灣藜蘆等，亦會隨時間而重要值或覆蓋度改變而顯現季節優勢(圖 12)。2009 年 2 月樣區內以玉山箭竹、玉山石松、高山白珠樹、臺灣粉條兒菜、玉山杜鵑為三六九山莊草生地火後 2 個月最優勢或覆蓋度最大的前 5 種植物，玉山箭竹為單一優勢種。

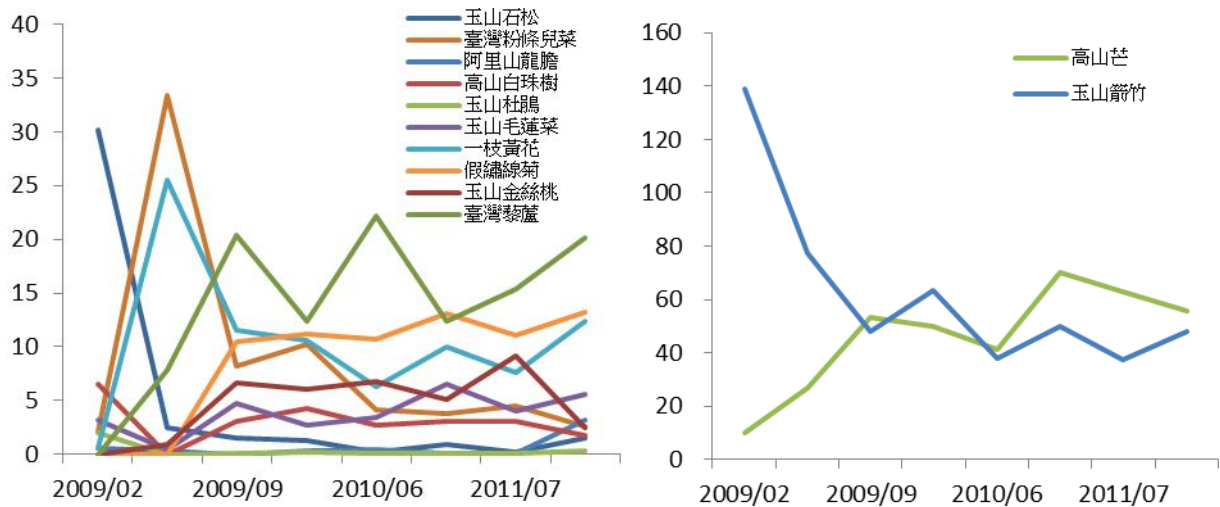


圖 12. 三六九山莊草生地火後優勢組成於各時期樣區重要值(IV)變化情形。

2009 年 4 月以玉山箭竹、臺灣粉條兒菜、高山芒、一枝黃花及臺灣藜蘆為優勢物種；其中，玉山箭竹為火後 4 個月時的最優勢物種，高山芒為次優勢。由於高山芒較玉山箭竹易燃的燃料特性和較晚萌蘖的性質，高山芒在火後早期萌蘖恢復的優勢度和覆蓋度不若玉山箭竹。因玉山箭竹與高山芒組成之草生地火燒速度相當快(賴國祥和陳明義，1992)，玉山石松與高山白珠樹等下層的組成物種多未完全燒死而殘存，但火後 4 個月玉山石松與高山白珠樹的萌蘖速度不若禾本科、菊科、百合科的種類。Eggers 和 Porto(1994)亦提到草生地火後植被物種組成可快速回復到未火燒的狀態，就像植被覆蓋可藉由主要組成物種的萌蘖快速回復一樣。臺灣粉條兒菜屬於早春萌芽的物種，除常綠植物外，在此時期雪山 3,000 m 以上草生地大多數多年生落葉植物尚未萌發新芽，因此在 2009 年 4 月調查發現其較高山芒優勢。玉山杜鵑在研究區數量零星，除少數為火燒幸存者外，開始有少數種子苗產生。

2009 年 4 月至 2009 年 9 月差異在於玉山箭竹高山芒、一枝黃花、臺灣藜蘆、

假繡線菊、玉山金絲桃等種類出現萌發而漸減，因高山芒漸優勢超越玉山箭竹，顯示其強勢之生長力。2009 年 9 月與 2010 年 4 月分析火燒跡地的重要值皆顯示，高山芒、玉山箭竹為共優勢組成，臺灣藜蘆、假繡線菊及一枝黃花為主要的伴生植物，但因生長季節差異而產生優勢程度變化。2011 年 5 月和同年 7 月調查結果發現，高山芒之覆蓋度及重要值皆明顯的大於玉山箭竹，此可能反映出高山芒在火後之地上部的物質投資速度較玉山箭竹來得快，或是高山芒之種子苗在火後建立過程中可較玉山箭竹快速佔領生育地，草本的高山芒較木本玉山箭竹在火後恢復短期競爭具有優勢。2013 年 9 月複查結果顯示，高山芒與玉山箭竹覆蓋優勢漸趨穩定。

5. 火後演替趨勢變化

利用 Sørensen 相似性指數分析火後不同時期調查之出現物種相似性發現(表 5)，隨火後植生恢復時間的增加，植物組成相似亦增加。三六九山莊草生地火後 2 個月(2009 年 2 月調查)出現的植物種類與其他時期的調查物種差異最大，萌蘗植株或由土壤種子庫發芽的種子苗在此時期皆未開始萌發，樣區內個體多為火後殘存的種類。2010、2011 及 2013 年的夏季物種相似性指數達 80% 以上，顯示三六九山莊草生地火燒後 2 年物種與火燒後 5 年之組成相近，反應出亞高山草生地生態系統在火燒後可快速回復到相對安定狀態，其早期建立植物絕大部分是來自火燒區內之繁殖體，至中後期才会有較多種子進入繁殖。

植物組成隨火後回復時間增加而改變，反映在植物社會演替過程(Engle *et al.*, 2000)。由 Cody 多樣性指數分析發現，三六九山莊草生地火後物種轉換率呈現季節波動(表 5)，可能顯示散殖體拓殖的物種、種子庫萌發的物種新增、或火後不適的物種死亡等季節性變化；此外，物種交換率有遞減的趨勢，可能反映出火後環境漸趨穩定，物種隨時間的轉換率漸少。這個現象在火後不同時期的拓殖率(2 次調查期間的新增物種數/前期種數)與死亡率(2 次調查期間的消失物種數/前期種數)可以驗證(表 6)，不論在拓殖率或是死亡率的部分都是漸趨穩定趨勢，然隨著季節更迭仍有些許波動。火後恢復過程中，物種拓殖率最大值在第 1 年發生，尤其在 2009 年 9 月調查新增物種為 2009 年 4 月的 100%；隨演替發育，新增物種數漸減，可能顯示生育地空間漸達穩定飽和所致。此外，隨著火後環境漸趨穩定，消失(死亡)的物種率亦隨著減少，反映大多數物種對此時環境的適應。一般演替模式可以透過排序方法分析固定樣區隨時間演變的過程(Austin, 1977)。

表 5. 三六九山莊草生地火後各時期出現物種之相似性(左下)與物種轉換率(右上)

	Feb-09	Apr-09	Sep-09	Apr-10	Jun-10	May-11	Jul-11	Sep-13
Feb-09		7.5						
Apr-09	0.500		8.5					
Sep-09	0.439	0.605		7.0				
Apr-10	0.392	0.528	0.788		8.0			
Jun-10	0.400	0.452	0.693	0.800		7.5		
May-11	0.426	0.571	0.710	0.722	0.815		6.0	
Jul-11	0.377	0.509	0.735	0.846	0.874	0.838		5.5
Sep-13	0.392	0.500	0.677	0.827	0.857	0.761	0.842	

表 6. 三六九山莊草生地火後各時期出現物種之拓殖率(右上)與死亡率(左下)

	Feb-09	Apr-09	Sep-09	Apr-10	Jun-10	May-11	Jul-11	Sep-13
Feb-09		57.1						
Apr-09	50.0		100.0					
Sep-09		13.3		42.9				
Apr-10			7.1		34.2			
Jun-10				10.5		2.1		
May-11					29.8		7.5	
Jul-11						22.5		8.1
Sep-13							24.3	

本研究將三六九山莊草生地火後不同時期調查結果進行 DCA 分析(圖 13)，大致與不同時期樣區出現物種之相似性結果相符(表 5)。DCA 的 2 個軸皆可大致顯示火後物種更新恢復的時序差異，第 1 軸(變異解釋率為 15.2%)由左至右顯示火後 2 個月至火後 57 個月的樣區恢復狀態，反映出火後 2 個月出現的物種與優勢程度與其後期出現的種類差異(表 4)。DCA 第 2 軸(變異解釋率為 6.3%)由下往上顯示火後 4 個月至 2013 年 9 月的變化趨勢，此種趨勢可能反映出有一些物種的繁殖體開始進入火燒跡地，或是可能顯示火後萌蘖速度較慢的物種開始建立。若去除 2009 年 2 月及 4 月火燒初期的資料進行 DCA 分析(圖 14)，吾人可以發現火燒跡地於 2009-2013 年各樣區混合在一起，幾乎沒有火燒後植生時序變化。

DCA 結果顯示，2013 年三六九山莊草生地火燒後 5 年之植物組成已漸趨穩定，和 2010、2011 年樣區分布狀況幾近相同；另一方面，新拓殖的物種多為以種子或孢子繁殖的種類，亦多屬不耐火燒的類群，或為亞高山草生地生態系演替較中後期的物種，DCA 排序結呈現火後植群恢復的時序變化。由物種多度格局變化圖(圖 10)、物種-面積曲線變化趨勢(圖 11)、火燒後優勢組成重要值變化(圖 12)和 DCA 排序圖(圖 13 and 14)之結果顯示，雪山三六九山莊草生地植物組成序列在火後第 2 年即快速恢復，且物種多樣性即可回復到與雪山主峰沿線步道 6k，以及三六九山莊未火燒區域等火燒時間超過 50 年以上之草生地狀態，反映出雪山亞高山地區之玉山箭竹和高山芒為優勢之草生地若發生火燒，可以在 2-3 年快速的回復達一相對穩定狀態。

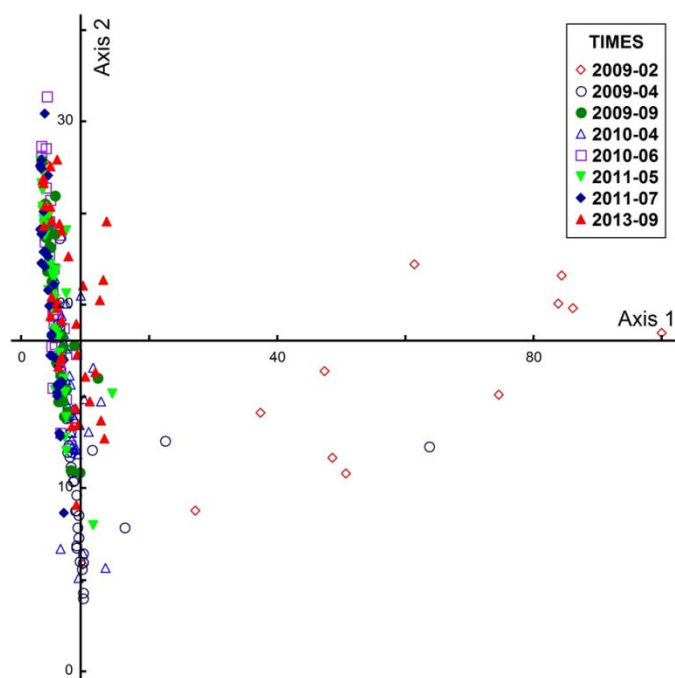


圖 13. 三六九山莊草生地系統樣區火後各時期樣區 DCA 雙序圖。

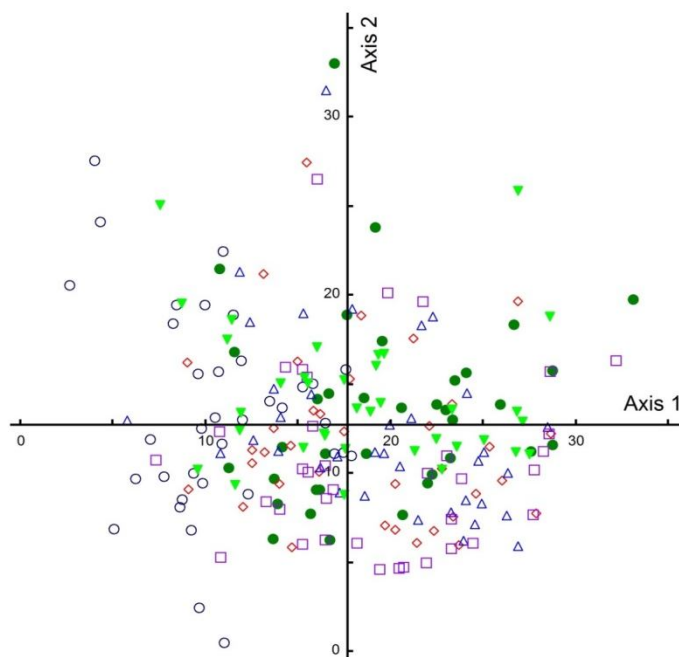


圖 14. 三六九山莊草生地火後系統樣區排除 2009 年 2 月及 2009 年 4 月樣區各時期樣區 DCA 雙序圖。

四、建議

根據本研究於雪山地區開花物候及火燒動態調查成果，建議如下，

1. 雪山主峰線種子植物花期高峰為 6-8 月，可提供雪霸國家公園做生態旅遊之簡介，使民眾更貼近的欣賞雪山之美，並達到保護自然資源之教育功能。
2. 植物物候為植物適應環境所做之表現，隨環境溫度、水分、植物光週期等影響而變化，若能長期監測本研究區之植物開花物候，有助於深入了解臺灣高山地區生態系於氣候變遷之反應。
3. 亞高山生態系之草生地的優勢組成多具冬枯特性，加上冬季較為乾燥，應加強提醒登山民眾用火安全。
4. 雪山三六九山莊草生地火後 5 年的季節調查發現，物種多樣性隨著季節與年際增加的趨勢，且較對照樣區高，顯示此種輕度地表火的干擾有助於增加早期火後生育地的物種多樣性。火燒雖明顯的耗損自然資源，但其對生物多樣性之維持有相當之助益，亦即在亞高山地區其應視為一生態程序，而非災害事件。必需瞭解火對生態系的重要性，除防止不當引火外，更可利用控制燃燒，進行適切影響，進而綜合火燒體制、生態系及其過程，作為自然資源經營之依據。

五、參考文獻

- 王年金、何玉友、秦國峰、儲德裕、胡健生(2010)馬尾松雄球花成熟期及受氣溫影響的觀測。林業科學研究 23(6): 905-909。
- 王偉、邱清安、蔡尚惠、許俊凱、曾喜育、呂金誠(2010)雪山主峰沿線植物社會調查研究。林業研究季刊 32(3): 15-34。
- 王連喜、陳懷亮、李琪、余衛東(2010)植物物候與氣候研究進展。生態學報 30(2): 447-454。
- 何春蓀(2006)台灣地質概論。經濟部中央地質調查所。共40頁。
- 吳佳穎、曾喜育、邱清安、王秋美、劉思謙、曾彥學 (2013) 雪山雪東線步道種子植物開花物候之調查 35(4): 223-240。
- 呂金誠(1989)野火對臺灣主要森林生態系影響之研究。國立中興大學植物學研究所博士論文。
- 呂金誠(1990)野火對臺灣主要森林生態系影響之研究。國立中興大學實驗林研究彙刊 20(2): 1-15。
- 呂理昌(1990a)玉山國家公園東埔玉山區開花物候週調查報告(一)。內政部營建署玉山國家公園管理處委託報告。
- 呂理昌(1990b)玉山國家公園東埔玉山區開花物候週調查報告(二)。內政部營建署玉山國家公園管理處委託報告。
- 呂理昌(1991)玉山國家公園東埔玉山區開花物候週調查報告(三)。內政部營建署玉

山國家公園管理處委託報告。

- 邦卡兒·海放南(2007)塔塔加地區高山植物的物候期。林業研究專訊 14(5): 16-22。
- 林永發、邱清安(2002)環山與雪山東峰火燒後植群之變化。內政部營建署雪霸國家公園管理處。全38頁。
- 林朝欽(1993)玉山、太魯閣及雪霸地區國有林森林火災之研究。中華林學季刊 26(2): 51-61。
- 林朝欽、陳子英(2002)林火對森林植群多樣性之影響。2002年生物多樣性保育研討會論文集。農委會特有生物研究保育中心。121-142頁。
- 紀瑋婷(2009)臺灣西半部金毛杜鵑開花韻律分析與族群分布關係之研究。國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所碩士論文。
- 張又敏(2006)金毛杜鵑開花模式之研究。靜宜大學生態學系碩士論文。共57頁。
- 陳正祥(1957)氣候之分類與分區。國立臺灣大學農學院實驗林。共52頁。
- 陳隆陞(1995)玉山塔塔加森林火燒跡地生態環境變遷及保育措施之研究。國家公園學報 6(1): 25-46。
- 陸佩玲、于強、賀慶棠(2006)植物物候對氣候變化的響應。生態學報 26(3): 923-929。
- 曾彥學、鄭婷文、王秋美、劉思謙(2010)雪山地區高山生態系整合研究-維管束植物調查及植相研究。雪霸國家公園管理處委託研究報告。共53頁。
- 曾喜育、曾彥學(2013)玉山國家公園高山生態系開花與結實物候調查。內政部營建署玉山國家公園管理處計畫。
- 楊建夫(2006)冰河曾經來過-雪山圈谷。內政部營建署雪霸國家公園管理處。共90頁。
- 溫英杰、張靜誼、高建元(2008)阿里山山櫻遺傳多樣性之研究。臺灣農業研究 57(4): 233-242。
- 葉文彬和李蕙宜(2012)昆蟲相調查暨指標物種建立與監測。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。共32頁。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑(1983)森林植物生態學。臺灣商務印書館。共462頁。
- 潘振彰、曾彥學、邱清安、曾喜育(2013)雪山地區玉山杜鵑物候之研究。林業研究季刊 35(2): 71-86。
- 鄭婷文(2010)雪山主峰東線步道維管束植物相之研究。中興大學森林學系碩士論文。共107頁。
- 賴國祥、陳明義(1992)合歡北峰臺灣二葉松林火燒後之植群與嚙齒類消長。中華林學季刊25(2): 33-42。
- 應紹舜(1976)雪山地區高山植群的研究。中華林學季刊 9(3): 119-135。
- 顏江河(2009)高山地區土壤性質研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。共48頁。
- 魏聰輝和林博雄(2011)雪山高山微氣象與水量與熱量時空分布特性。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。共35頁。

- Bell, D. (2001) Ecological response syndromes in the flora of southwestern Western Australia: fire reproters versus reseeders. *The Botanical Review* 67(4): 417-440.
- Blionis, G. J., J. M. Halley and D. Vokou (2001) Flowering phenology of *Campanula* on Mt. Olympus, Greece. *Ecography* 24: 696-706.
- Buhk, C., P. S. Gómez and I. Hensen (2005) Plant regeneration mechanisms during early post-fire succession in south-eastern Spain. *Feddes Repertorium* 116(5-6): 392-404.
- Engle, D. M., M. W. Palmer, J. S. Crockett, R. L. Mitchell and R. Stevens (2000) Influence of late season fire on early successional vegetation of an Oklahoma prairie. *Journal of Vegetation Science* 11: 135-144.
- Ghermandi, L., N. Guthmann and D. Bran (2004) Early post-fire succession in northwestern Patagonia grasslands. *Journal of Vegetation Science* 15: 67-76.
- Gime'nez-Benavides, L., R. Garcí'a-Camacho, J. Mari'aIriondo and A. Escudero (2011) Selection on flowering time in Mediterranean high-mountain plants under global warming. *Evolutionary Ecology* 25: 777-794.
- Guo, Q. (2001) Early post-fire succession in California chaparral: Changes in diversity, density, cover and biomass. *Ecological Research* 16: 471-485.
- Heide, O. M. (1992) Flowering strategies of the high-arctic and high-alpine snow bed grass species *Phippisia algida*. *Physiologia Plantarum* 85: 606-610.
- Hsieh, C. F. (2003) Composition, endemism and phytogeographical affinities of the Taiwan flora. p. 1-14 in Boufford, D. E., C. F. Hsieh, T. C. Huang, C. S. Kuoh, H. Ohashi, C. I Peng, J. L. Tsai and K. C. Yang (2003) *Flora of Taiwan* 2nd. p. 343.
- IPCC (2007) *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge. p. 104.
- Kochmer, J. P. and S. N. Handel (1986) Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. *Ecological Monographs* 56(4): 303-325.
- Körner, C. (2003) *Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystem*. 2nd edition. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 344.
- Kudo, G. and Suzuki S. (2004) Flowering phenology of tropical-alpine dwarf trees on Mount Kinabalu, Borneo. *Journal of Tropical Ecology* 20: 563-571.
- Luciana, G., G. Nadia and B. Donaldo (2004) Early post-fire succession in northwestern Patagonia grasslands. *J. Vegetation Science* 15: 67-76.
- McCune, B. and M. J. Mefford (1999) *Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4*. MjM Software Sesign, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Michael, F. (1998) The phenology of growth and reproduction in plants. *Biological Sciences* 1: 78-91.
- Nuñez, M. A. and E. Raffaele (2007) Afforestation causes changes in post-fire regeneration in native shrubland communities of northwestern Patagonia, Argentina. *Journal of Vegetation Science* 18(6): 827-834.
- Ojeda, F., F. G. Brun and J. J. Vergara (2005) Fire, rain, and the selection of seeder

- and resprouter life-histories in fire-recruiting, woody plants. *New Phytol* 168: 155-165.
- Overbeck, G.E., Müller, S.C., Pillar, V.D., Pfadenhauer, J., (2005) Small-scale dynamics after fire in South Brazilian humid subtropical grassland. *J. Veg. Sci.* 16: 655–664.
- Pickering, C. M. (1995) Variation in flowering parameters within and among five species of Australian alpine *Ranunculus*. *Australian Journal of Botany* 43:103-112.
- 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(7): 1627-1644.
- Sala, O. E., F. S. Chapin III, J. J. Armesto, R. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L. F. Huenneke, R. B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D. 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.
- Schoennagel, T., T. T. Veblen and W. H. Romme (2004) The interaction of fire, fuels, and climate across Rocky Mountain forests. *BioScience* 54: 661-676.
- Su, H. J. (1984a) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (I): Analysis of the variations in climatic factors. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17(3): 1-14.
- Su, H. J. (1984b) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (II). Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17(4): 57-73.
- Tébar, F. J., L. Gil and L. Llorens (2004) Flowering and fruiting phenology of a xerophytic shrub community from the mountain of Mallorca (Balearic islands, Spain). *Plant Ecology* 174: 293-303.
- Wahren, C-H. A., W. A. Papst and R. J. Williams (2001) Early post-fire regeneration in subalpine heathland and grassland in the Victorian Alpine National Park, south-eastern Australia. *Austral Ecology* 26: 670-679.
- Waser, N. M. (1983) Competition for pollination and floral character differences among sympatric plant species: a review of evidence. *Van Nostrand Reinhold*. p. 277-293.

雪山地區哺乳類群聚生態研究

林良恭

東海大學生命科學系

摘要

本計畫目的針對雪霸國家公園武陵地區的哺乳動物進行調查，本計畫成果將提供雪霸國家公園在未來生態系經營管理、教育解說及生態旅遊上之參考依據。調查範圍以武陵雪山登山口至雪山頂，將依據海拔高度及不同林相植被，設置樣區及穿越線進行哺乳動物相普查。調查對象涵蓋中大型哺乳動、小型齧齒類及鼬型目動物、蝙蝠等三大類。調查結果除詳列物種名錄外，並將計算各樣區的物種多樣性(Species diversity)，各物種相對數量並分析海拔梯度的分布變化，以鹿野忠雄 1940 年的調查資料做比較，瞭解環境與氣候變遷對哺乳動物生息衝擊。自 2009 年 3 月至 2013 年 11 月沿雪山步道設立 9 個不同海拔的樣區，以薛爾曼式活捕捉器(Sherman live trap)、掉落式陷阱(Pitfall trap)、紅外線自動相機、豎琴網(Harp trap)、蝙蝠偵測器(Anabat II system)與沿線調查方式來記錄雪山地區的哺乳動物，共計有 30 種哺乳類動物。森鼠及山羌為步道全線的優勢物種。黑腹絨鼠與高山田鼠在哭坡至雪山東峰間有明顯分布界線。小黃鼠狼在黑森林及翠池有捕獲，且在圈谷有目擊紀錄。臺灣野山羊偏好於較高海拔的環境與山羌多出現在較低海拔環境有差異。水鹿僅在翠池附近樣區有所紀錄。**關鍵詞：**哺乳動物、紅外線自動相機、海拔梯度

關鍵詞：哺乳動物、紅外線自動相機、海拔梯度

Abstract

The objectives of this field study are investigated the mammalian fauna of Wulin area, Shei-Pa National Park. The results of this investigation will provide the valuable information for Park in ecosystem management, ecological education and eco-tourism in future. The study areas set eight plots and transect lines along the entrance of

climbing mountain to the top of Mt. Sheisan, according to the different altitudes and vegetation covers. We used the living traps for trapping rodents, shrews and moles, Infrared auto-cameras for surveying large-middle size mammals, harp trap for trapping bats. The data analyses make a complete mammalian species list and also to show the mammal species richness in each sampling areas, vertical distribution pattern and relative abundance of each species. Finally we compare to the Kanos results done in 1940 for evaluation the climate and habitat changes. From March 2009 to May 2013, there were night plots set along path of Mt. Sheisan. Sherman live trap, infrared automatic camera and Harp trap were used to investigate mammals in Mt. Sheisan. There were total 30 kinds of mammal record. *Apodemus semotus* and *Muntiacus reevesi* are the dominant species in this area. Distribution of the *Eothenomys melanogaster* and *Microtus kikuchii* are separated by east peak of Mt. Sheisan. *Mustela nivalis* are captured in black froest and cuei pond, and have witnessed in Sheisan glacial cirques. Compare to *Muntiacus reevesi* live in lower elevation area, *Naemorhedus swinhoei* prefer to live in higher elevation area. *Cervus unicolor swinhoei* only found in cuei pond.

Key words: mammal, infrared automatic camera, altitude gradient

一、前言

雪霸國家公園範圍涵蓋了國內第二高峰-雪山山脈，園區內 3000 公尺以上的高山林立，豁壑深谷密布，複雜的自然地理切割，將動物的自然棲地塑造成高山島嶼形的分布，生物資源豐富。日據時代動物學者兼人類學家的鹿野忠雄(Tadao Kano)，其於 1940 年所出版的論文，即以雪山為研究地點，探討屬於動物地理學方面的問題，其調查共列出 42 種哺乳動物，不過其調查區域由 300 至 3800 公尺左右，包括低海拔區的東勢一帶(Kano 1940)。林曜松(1989)的國家公園成立的先期調查報告中，武陵至池有山列出 20 種，而武陵至翠池則僅有 15 種，但與鹿野資料相比反而多了三種蝙蝠類與一種鮑髓，即臺灣大蹄鼻蝠、臺灣小蹄鼻蝠、寬

吻鼠耳蝠及水鼩。李玲玲(1994)的報告僅針對長鬃山羊、山羌、臺灣獼猴、及臺灣黑熊於武陵地區的分佈討論。接著，台大動物所甘慕龍(1995)完成其在武陵地區三種齧齒動物(森鼠、黑腹絨鼠、巢鼠)的食性與棲地研究的碩士論文。之後本地區的哺乳動物調查僅有一些零星的非正式紀錄，2004 年起於武陵地區長期生態監測暨生態模式建立的大型整合計畫中，屬於子計畫的兩生爬蟲研究中亦記錄僅於武陵和雪山登山口的齧齒類和食蟲目的採集狀況。

哺乳類動物在研究與保育的角色常是顯著較為人所注意的生物類群，加上其在生態系角色亦多是食物鏈的高層者或為初級消費者，兩類位階最易受到環境變遷而造成生存的影響，最適作為生態指標物種。且哺乳類動物亦是人類資源利用的主要對象，因此瞭解一地區的哺乳動物相與其生態分佈之重要資訊，為保育策略擬定與生態系經營管理的重要參考。尤其現今面臨氣候溫暖化的趨勢，高山地區哺乳動物垂直分布界線的移動與否值得關切。以保育的長久觀點而言，為保存動物族群的長久續存，應避免地域性小族群(small local population)的形成。已知當氣候變化或棲地干擾時，愈高海拔族群受到影響愈大，因此沿著海拔不同梯度進行監測調查，將有助於瞭解哺乳動物的分布變化狀況。更有助於檢討規劃園區內哺乳動物經營管理工作之維護，作為生態系經營管理、生態教育與生態旅遊之參考。

二、 材料與方法

(一)研究地點

本計畫以雪山主東線為調查區域，計畫區域主要是自雪山登山口經七卡山莊、三六九山莊至雪山圈谷、翠池止，海拔 1700 至 3886 公尺，全長約 11 公里，調查時間自 2009 年 3 月至 2013 年 11 月。樣區包含登山口(海拔約 2100 m)、七卡山莊(海拔約 2400 m)及 3.6K 處(海拔約 2700 m)、東峰停機坪旁 5.2K 處(海拔約 3160m)、369 山莊(海拔約 3000 m)、黑森林(海拔約 3300 m)、圈谷(海拔約 3600 m)、雪山山頂(海拔約 3886 m)與翠池(海拔約 3400m)，共九個不同海拔的樣區(圖 1)。

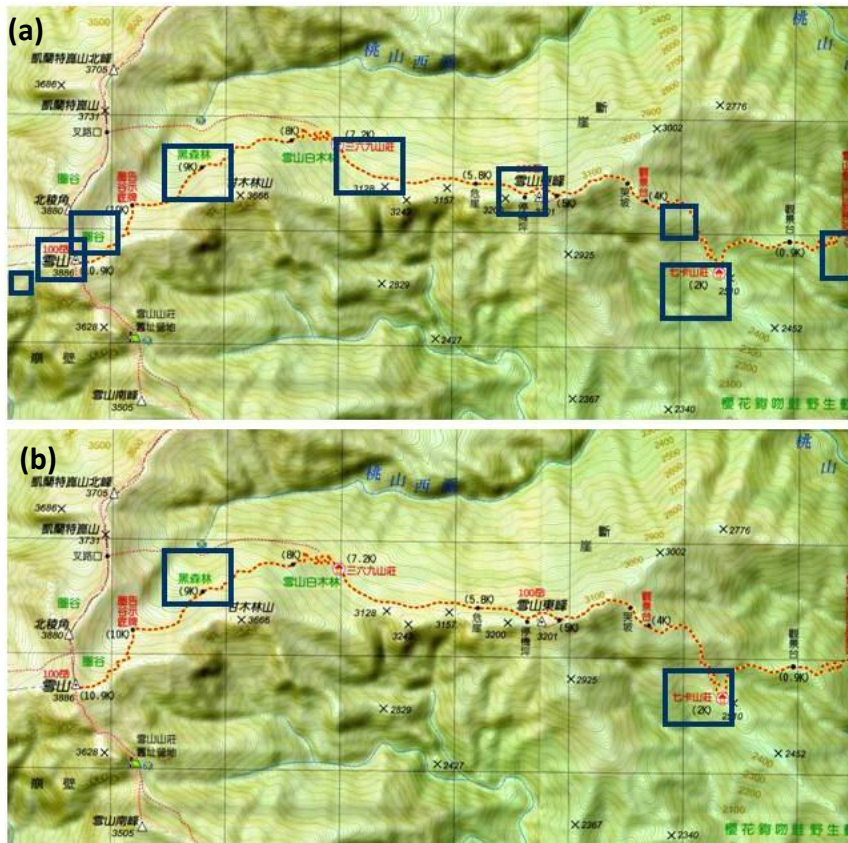


圖 1. (a)小型哺乳類調查樣區與紅外線自動相機樣區(b)豎琴網調查樣區。

登山口樣區在雪山登山步道上約 0.1K~0.3K 處，於步道兩旁的芒草叢與針闊葉混合林放置陷阱；七卡山莊樣區則是在山莊前方的針闊葉混合林；3.6K 樣區位於步道 3.3K~3.6K 處兩側，主要的以芒草與針闊葉混合林為主；東峰樣區主要於停機坪週邊，以玉山箭竹草叢為主；369 山莊樣區則主要設置在步道約 6.8K 處至 369 山莊前玉山箭竹草原，以及 369 山莊至 7.2K 處兩旁火燒地，主要的樣區環境皆為玉山箭竹草叢；黑森林樣區設置於雪山登山步道上 8.4K 及 8.9K 處，主要的環境為冷杉林與玉山箭竹草叢；圈谷樣區則設置在步道 9.8K 處石頭椅右側玉山杜鵑叢裡，主要的環境為玉山杜鵑與玉山圓柏，雪山山頂樣區設於雪山主峰 10.9K 處四周，棲地主要以玉山杜鵑為主，翠池樣區設於翠池山屋四周與下翠池四周，棲地類型主要以玉山圓柏為主。



登山口



七卡山莊



3.6K



369 山莊



黑森林



圈谷



雪山山頂



翠池



東峰

(二)研究方法

1. 小型哺乳類捕捉調查：本年度計畫每三個月進行 1 次捕捉，每樣區進行 2~3 條貫穿整樣區之固定 10 公尺間隔樣點總長 100 公尺的穿越線調查。每條樣線穿插設置 2 種不同薛爾曼式捕捉器為中(3 x 3.5 x 9")及小型(2 x 2.5 x 6.5")薛爾曼式活捕捉器(Sherman live trap)。所有陷阱皆於次日早晨 7:00-12:00 檢查，新捕獲動物以剪趾法標記號碼，除記錄物種種別、性別、生殖狀況、GPS 定位點、編號和體重之外，並取少量體表組織(耳及腳趾)以供日後遺傳結構相關分析之用，並於原捕捉採樣點釋放。各物種相對數量以每 100 捕捉夜(trap-night)共捕獲多少隻個體數為準計算之。
2. 中大型哺乳動物：利用紅外線自動照相機記錄動物出現。紅外線自動相機採用 RECONYX 的紅外線數位自動相機(黑森林、圈谷與翠池)及上美照相器材行製的 SM-04 型，相機採用 Olympus μ -II(登山口、七卡山莊、3.6K 處、369 山莊)(圖 1a)，於 2011 年 4 月份之後已將底片型紅外線自動照相機皆更換為 RECONYX 紅外線數位自動相機。分別為 RC-55 型及 PC800 型兩種。各樣區設置固定樣點(plot)放置 2 台自動相機(#1 & #2，相機各 GPS 定位點請見附錄 1)，本年度每路線記憶卡回收以 3 個月為基準，並同時更換電池及記憶卡，資料攜回實驗室上傳電腦後進行相片物種辨識。另外，於樣區內以穿越線方式記錄中大型哺乳動物之特殊痕跡(排遺、足跡、磨角痕跡與食痕等)，亦記錄調查人員於樣區與樣區間移動行進時所發現的任何跡象。各相機出現物種有效照片，以出沒指數(Occurrence Index, OI)代表族群相對豐富度，指數計算公式為 $OI = (\text{半小時內有效照片數} / \text{相機有效工作時數}) \times 1000$ 。
3. 翼手目動物調查：利用蝙蝠偵測器(Anabat II system)測錄蝙蝠夜間活動所發出之超音波頻率，記錄的資料攜回實驗室進行種類及數量的判別；並於樣區周遭選擇適合地點，架設豎琴網(Harp trap)進行捕捉，次日早晨檢視有無蝙蝠，辨識物種後，記錄種類、性別、數量及各項測量形質，再以標示號碼之塑膠翼環編號後原地釋回。此實驗選定七卡山莊與黑森林樣區進行調查(圖 1b)。

三、結果

(一) 小型哺乳類捕捉結果

2009 年 3 月至 2013 年 11 月以來，一共捕獲 10 種的哺乳動物；6 種啮齒目，分別為森鼠(*Apodmus semotus*)、黑腹絨鼠(*Eothenomys melanogaster*)、高山白腹鼠(*Niviventer cultratus*)、高山田鼠(*Microtus kikuchii*)、巢鼠(*Micromys minutus*)與條紋松鼠(*Tamiops maritimus formosanus*)；2 種鼯型目，分別為短尾鼯(*Anourosorex aquamipes*)與長尾鼯(*Episoriculus fumidus*)；2 種食肉目，分別是黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)與小黃鼠狼(*Mustela nivalis*)(表 1)。

以捕獲的個體隻數計算 Shannon's diversity index 和 Simpson's diversity index 結果發現，兩種指數的較高值主要出現在登山口、東峰 5.2K 及圈谷樣區；較低值則出現在 369 山莊樣區及翠池樣區(表 2)。因為每個樣區的捕捉天數與設老鼠籠數量不同，將資料轉換成每 100 Trap Night (100TN)：“ $100TN = (\text{每月每物種捕捉個體數} / \text{每月總共設置老鼠籠數}) \times 100$ ”，標準化後來看各樣區物種的豐富程度，森鼠在七卡山莊的數量最高，其次為 369 山莊；數量較低的樣區為東峰 5.2K 與雪山主峰。高山田鼠與黑腹絨鼠則分別以圈谷與登山口數量最多。高山白腹鼠在七卡山莊的數量最高。以各樣區來說，3.6K 所捕捉到的物種數量最多，為 6 種，雪山主峰最少，僅 2 種(表 3)。利用 100TN 的值來計算 Shannon's diversity index 和 Simpson's diversity index 兩個指數，其較高值依然出現在登山口、東峰 5.2K 及圈谷樣區，較低點則出現在 369 山莊與翠池樣區(表 3)。

將主要捕捉到的物種：森鼠、黑腹絨鼠、高山白腹鼠與高山田鼠，進行其族群變動情形的分析。因為森鼠於各月份各樣點都有捕獲紀錄，為合併本年度與前三年度的資料分析，將森鼠按照前三年度的資料區分為七卡山莊路線及三六九山莊路線的捕捉記錄來進行分析，在七卡山莊路線中，可見數量最少為 2012 年 11 月份，最多為 2010 年 11 月份；三六九山莊路線數量最多出現於 2010 年 6 月，數量較少的則是出現在 2010、2011 及 2012 年的 2 月份(圖 2)；黑腹絨鼠亦是每次皆有捕捉到個體，數量高峰出現在 2011 年 3 月份及 11 月份，最低則為 2010 年 3 月份及 2012 年的 11 月份和 2013 年的 11 月份，本年度捕獲數量多集中於登山口樣區(圖 3)；高山白腹鼠除了 2009 年 11 月份、2010 年 1 及 11 月份、2011 年 9 月份、2012 年 11 月份與 2013 年 11 月份外，其他月份都有捕獲，其數量高

點出現在 2011 年 11 月份，而捕獲數量穩定集中於七卡山莊樣區(圖 4)；高山田鼠除了 2010 及 2012 年的 2 月份與 2013 年 5 月及 9 月無捕獲記錄外，其餘月份都有捕捉到個體，2014 年 5 月份因為梅雨鋒面影響，導致黑森林以上的樣區皆無進行捕捉調查，高山田鼠的捕捉數量較高峰出現在 2010 年 6 月份及 2011 年 8 月份(圖 5)。高山田鼠與三六九山莊路線的森鼠於 2010 年間與 2011 年間的數量高峰期皆出現於夏季，似乎有固定族群消長的模式，但相對於較低海拔的森鼠、黑腹絨鼠及高山白腹鼠似乎並沒有明顯的模式(圖 2、3、4 及 5)。

根據伯格曼法則 (Bergmann's rule)，同一種類恆溫動物的體型會隨著生活地區緯度的增高而變大。由於隨著體型的增大，動物的相對體表面積 (即體表面積與動物體積之比) 變小，從而導致體表發散比率變小，因而能更好地保存熱量以適應高緯度地區的寒冷環境。相較於臺灣地區的高山，緯度的變化或許可以轉換成海拔梯度的變化，較高海拔的環境可能與高緯度地區的寒冷環境相似，因此將這五年所捕獲的森鼠，排除尚未達性成熟的個體，將這些記錄中的體重進行分析，並且觀察個體間的體重在不同海拔分布的樣點是否有差異。迴歸分析的結果顯示體重與海拔高度並無顯著相關($P=0.282$)，但是統計量呈現正相關，此說明雖然不符合伯格曼法則，但是海拔的差異仍然呈現些微影響，但可能因為樣區海拔的差異不夠，從登山口到主峰的環境溫度變化尚無法從森鼠的體重看出變化，或者可能是因為此法則著重於體型大小造成體表發散比率的高低，只是單從森鼠的體重來看並無法完全符合(圖 6)。

表 1. 2009 年至 2013 年 11 月齧齒目、鼬型目與食肉目捕捉資料(隻次)

	齧齒目						鼬型目		食肉目	
	森鼠 (<i>Apodmus semotus</i>)	黑腹絨鼠 (<i>Eothenomys melanogaster</i>)	高山白腹鼠 (<i>Niviventer cultratus</i>)	高山田鼠 (<i>Microtus kikuchii</i>)	巢鼠 (<i>Micromys minutus</i>)	條紋松鼠 (<i>Tamiops maritimus</i>)	長尾鼬 (<i>Episoriculus fumidus</i>)	短尾鼬 (<i>Anourosorex aquamipes</i>)	黃鼠狼 (<i>Mustela sibirica</i>)	小黃鼠狼 (<i>Mustela nivalis</i>)
2009 年	110	33	15	15	0	1	3	0	2	0
2010 年	192	13	8	30	0	0	3	2	1	1
2011 年	134	31	14	23	0	1	10	2	1	1
2012 年	37	6	5	6	0	0	4	0	0	0
2013 年	57	12	6	7	1	0	4	1	0	0
總和	530	95	48	81	1	2	24	5	4	2

註：2009-2011 年皆為每個月捕捉調查，2012-2013 年皆為一季一次捕捉調查。

表 2. 2009 年至 2013 年 11 月小型哺乳動物各樣區捕捉資料(隻次)

	登山口	七卡山莊	3.6K	東峰 5.2K	369 山莊	黑森林	圈谷	雪山 主峰	翠池	總計
森鼠	68	140	60	8	123	49	33	10	47	538
高山白腹鼠	3	44	2	0	0	0	0	0	0	49
黑腹絨鼠	75	6	15	0	0	0	0	0	0	96
高山田鼠	0	0	0	19	9	24	23	8	1	84
巢鼠	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
條紋松鼠	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
長尾鼯	3	2	4	7	1	2	2	0	3	24
短尾鼯	3	0	1	1	0	0	0	0	0	5
黃鼠狼	0	0	1	0	1	0	2	0	0	4
小黃鼠狼	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
總計	152	194	83	35	135	76	60	18	52	805
Shannon's index	0.41	0.34	0.38	0.47	0.16	0.35	0.40	0.30	0.18	
Simpson's index	0.56	0.43	0.45	0.63	0.17	0.49	0.56	0.52	0.18	

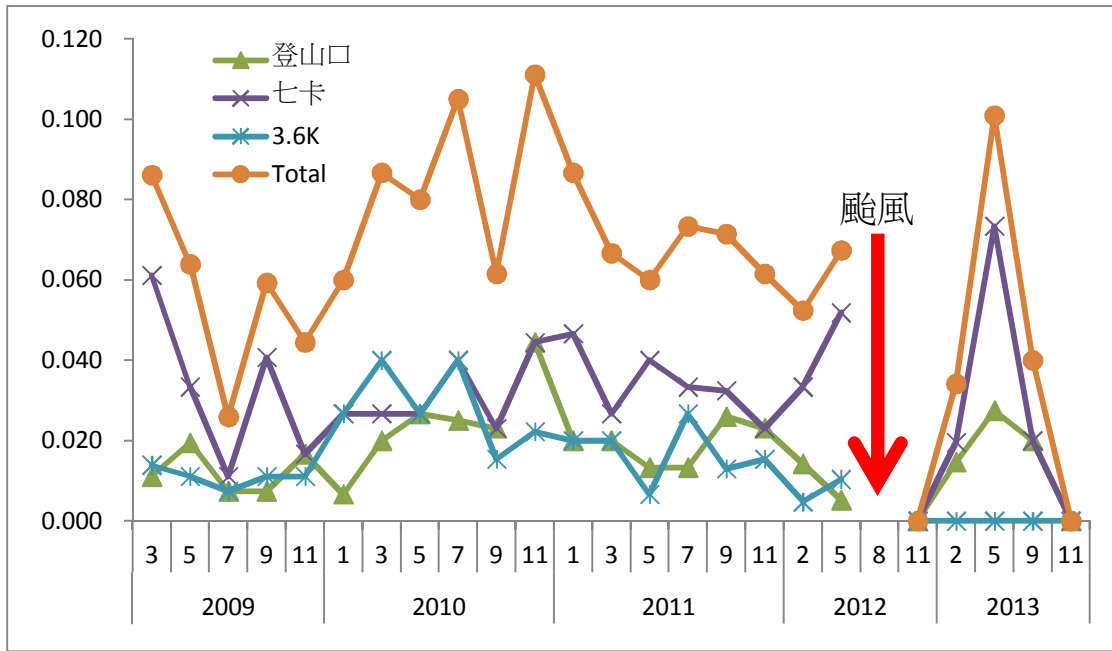
註：Shannon's index 為以 log10 計算

表 3. 2009 年至 2013 年 5 月小型哺乳動物各樣區捕捉資料(100 Trap Night)

	登山口	七卡山莊	3.6K	東峰 5.2K	369 山莊	黑森林	圈谷	雪山 主峰	翠池
森鼠	40.52	75.07	34.24	4.52	67.55	25.40	17.11	5.39	23.04
高山白腹鼠	2.01	23.47	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
黑腹絨鼠	42.81	3.38	7.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
高山田鼠	0.00	0.00	0.00	9.86	4.17	11.78	11.96	4.16	0.51
巢鼠	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00
條紋松鼠	0.00	1.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
長尾鼯	1.47	0.75	2.79	3.47	0.92	1.02	0.98	0.00	1.43
短尾鼯	2.21	0.00	0.50	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
黃鼠狼	0.00	0.00	0.37	0.00	0.50	0.00	0.89	0.00	0.00
小黃鼠狼	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.51
Shannon's index	0.41	0.33	0.38	0.47	0.16	0.34	0.39	0.30	0.18
Simpson's index	0.57	0.43	0.44	0.65	0.16	0.49	0.56	0.55	0.19

註：Shannon's index 為以 log10 計算

(a)



(b)

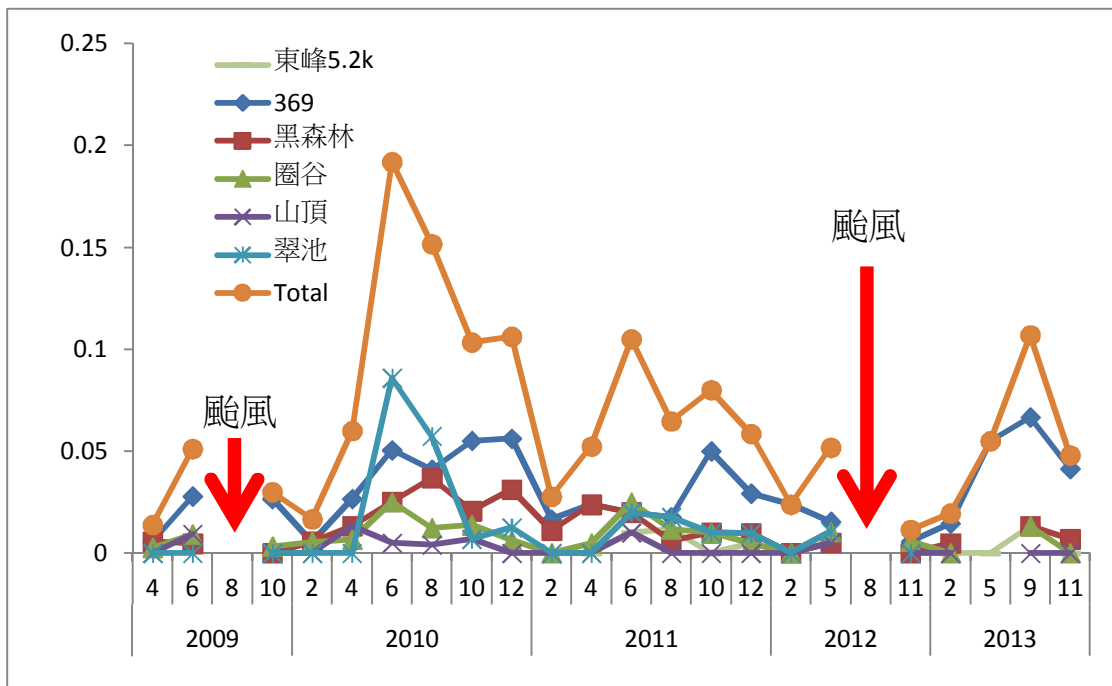


圖 2. 2009 年至 2013 年 11 月森鼠每 100 捕捉夜(100 Trap Night)資料(a)七卡山莊路線(b)369 山莊路線。

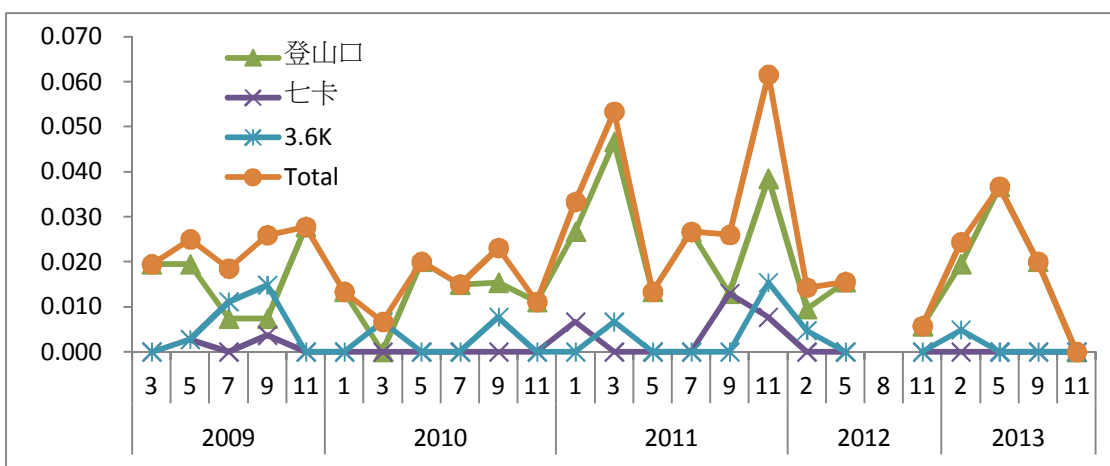


圖 3. 2009 年至 2013 年 11 月黑腹絨鼠每 100 捕捉夜(100 Trap Night)資料。

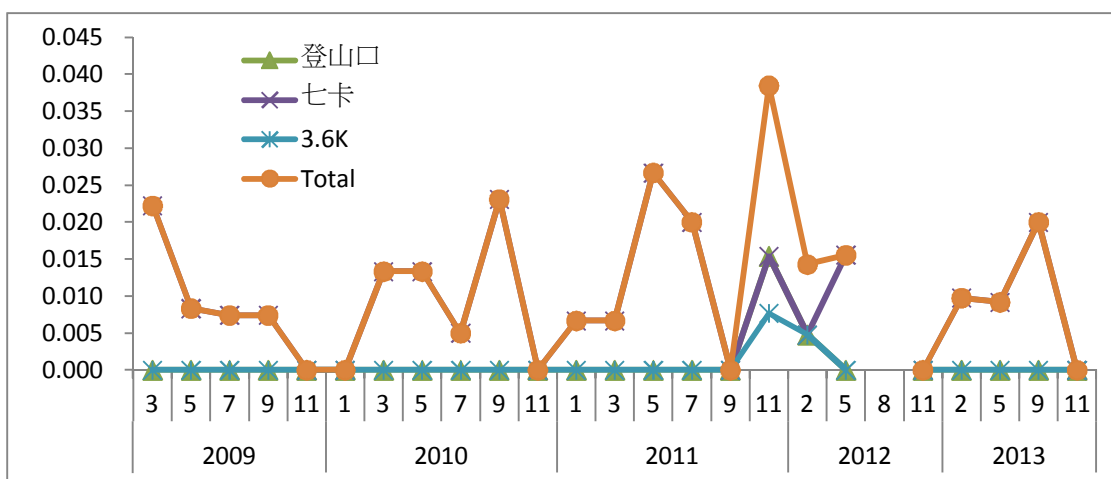


圖 4. 2009 年至 2013 年 11 月高山白腹鼠每 100 捕捉夜(100 Trap Night)資料。

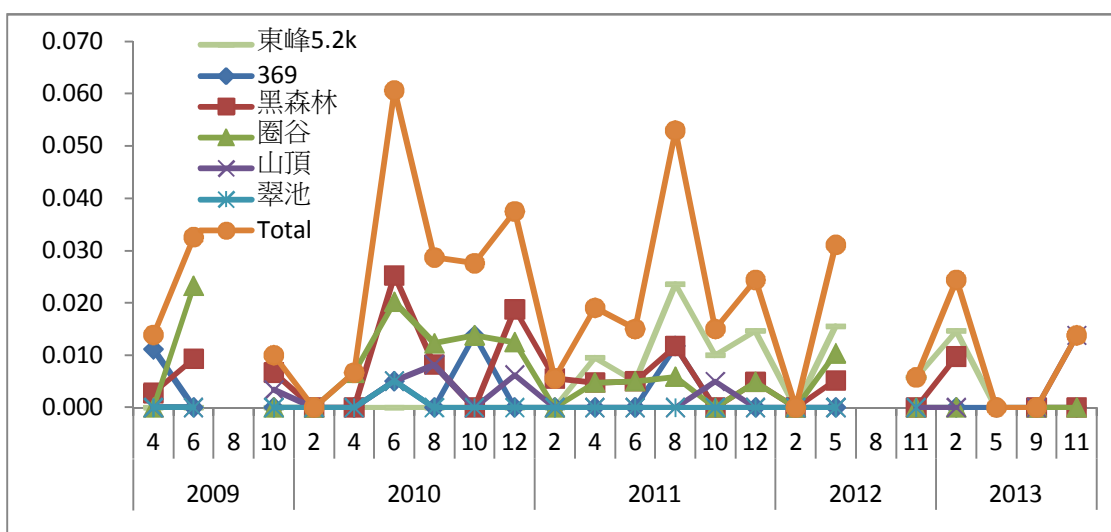


圖 5. 2009 年至 2013 年 11 月高山田鼠每 100 捕捉夜(100 Trap Night)資料。

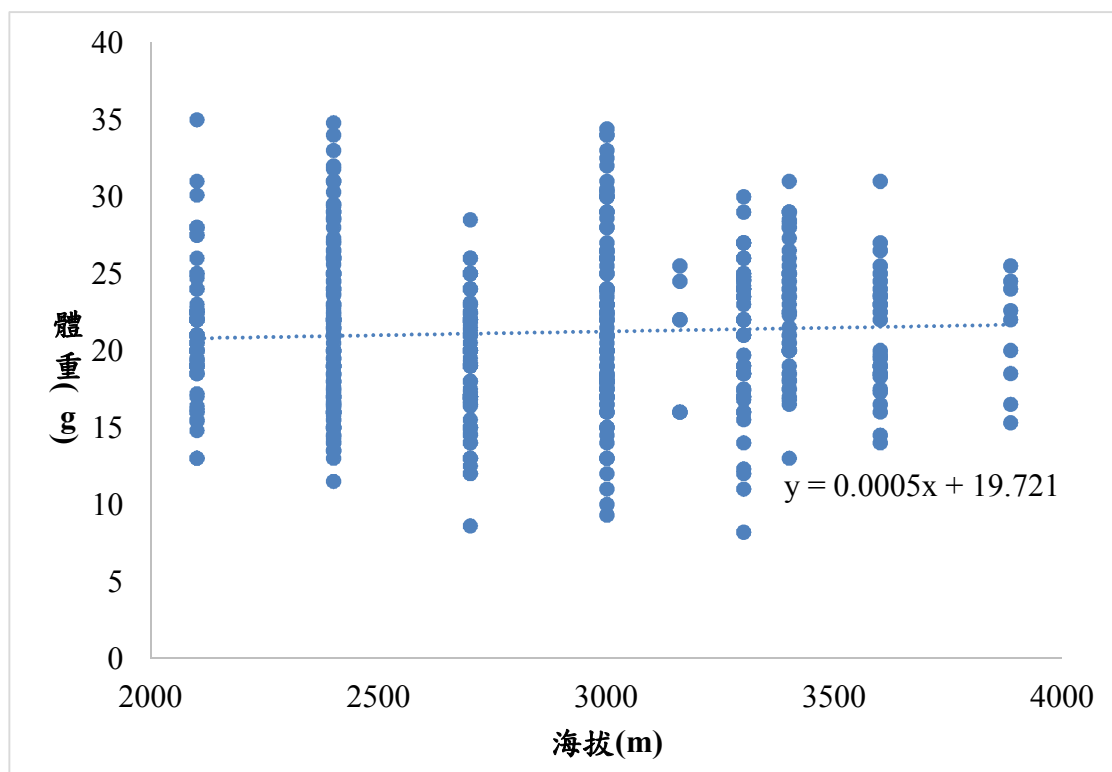


圖 6. 2009 至 2013 年 11 月各樣區之森鼠體重差異分布。

(二)中大型哺乳類自動相機結果

總和五年的調查中，共紀錄有 15 種哺乳動物。包含有山羌(*Muntiacus reevesi micrurus*)、水鹿(*Cervus unicolor swinhoei*)、長鬃山羊(*Capricornis swinhoci*)、臺灣野豬(*Sus scrofa taivanus*)、臺灣獼猴(*Macaca cyclopis*)、白面鼯鼠(*Petaurista alborufus lena*)、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)、長吻松鼠(*Dremomys pernyi owstoni*)、條紋松鼠(*Tamiops maritimus formosanus*)、森鼠(*Apodemus semotus*)、高山田鼠(*Microtus kikuchii*)、高山白腹鼠(*Niviventer cultratus*)、黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)與鼬獾(*Melogale moschata subaurantiaca*)與白鼻心(*Paguma larvata taivana*)，詳細紀錄之物種及有效照片張數請見表 4。各樣區紅外線自動照相機工作時數請見表 5。

在各物種之中，以山羌、長鬃山羊與臺灣獼猴數量最多(表 4 及表 6)，其中山羌最為優勢(有效照片數量較多，平均 OI 值較高)，除了翠池與圈谷的平均 OI 值低於長鬃山羊之外，山羌平均 OI 值在各樣區皆為最高，各樣區皆有山羌拍攝紀錄，但其分佈以黑森林以下的海拔為主。雪東線全線皆有長鬃山羊出沒，平均 OI 值最低為登山口樣區(平均 OI=1.80)，最高為翠池樣區(平均 OI=16.20)(圖 8)。臺灣獼猴亦是從登山口至翠池都有拍攝紀錄，平均 OI 值最低在登山口樣區(平均 OI=2.34)，最高為黑森林樣區(平均 OI=8.87)，但是獼猴從登山口至翠池樣區皆呈現穩定分佈無特別偏好分佈於何種海拔(圖 9)。在各樣區中，以黑森林樣區所拍攝到的物種數為最多，共 12 種(山羌、長鬃山羊、臺灣獼猴、白面鼯鼠、赤腹松鼠、長吻松鼠、高山白腹鼠、森鼠、黃鼠狼、臺灣野豬、白鼻心和高山田鼠)，而拍攝物種數最少的樣區為圈谷，僅只 5 種(山羌、長鬃山羊、臺灣獼猴、白面鼯鼠與黃鼠狼)。

將山羌、長鬃山羊及臺灣獼猴依據不同海拔樣區，分析不同年度的平均 OI 值差異，可發現較低海拔的登山口至 3.6K 樣區的山羌，在 2012 至 2013 年於 3.6K 樣區有較高的平均 OI 值，而 369 以上的樣區則是較為一致(圖 7)。而長鬃山羊的分布情形則是在圈谷及黑森林樣區有較高的平均 OI 值，另外，2012 至 2013 有在較低海拔的樣區零星記錄到長鬃山羊的個體，大致上長鬃山羊仍以較高海拔的黑森林、圈谷及翠池樣區為棲息環境，亦可能這些樣區具有較為適合的環境提供棲息(圖 8)。在臺灣獼猴的部分更是看不出來海拔梯度的變化對其分布有何影響，各年度間並無明顯差異，而在不同海拔樣區間則可看出臺灣獼猴較傾向於黑森林

樣區，此應為樣區環境差異造成，因黑森林為一連續的森林樣區，可以提供臺灣獼猴較好的棲息環境與較多的食物來源(圖 9)。

將較優勢的物種，山羌、長鬃山羊與臺灣獼猴的有效照片，依出沒時間不同作為區別，分析其 1 日間活動模式的不同。總有效照片數量去計算各時間的百分比，將資料標準化，山羌的活動模式為整天都有活動，但有 2 個主要的活動高峰期，分別為 05:00 至 08:00 與 16:00 至 18:00(圖 10)；而長鬃山羊亦是整日皆活動，但是在上午時段較不活躍，活動高峰期主要是從下午的 14:00 開始漸增至 17:00 達到高峰，隨後降低待 21:00 後維持較穩定的整夜活動(圖 10)；臺灣獼猴在晚上則幾乎完全不活動，其活動主要是從 05:00-18:00，而活動高峰期為 06:00-16:00(圖 10)。

單獨探討山羌於不同樣區的活動模式，可發現七卡樣區的山羌似乎呈現白天皆有活動，晨昏頻度稍微高一點。而高海拔的圈谷樣區在清晨有稍微較晚一點才活動的趨勢，而在入夜後至隔日清晨幾乎無活動。其餘樣區皆呈現明顯的晨昏兩個高峰的活動模式(圖 11)。

將 2011 至 2013 年記錄的各物種幼獸的有效照片，依出沒的月份進行分析，發現山羌及長鬃山羊趨向於整個年度皆有育幼行為，但在冬季約 2、3 月份比例偏低，山羌多於夏季可見幼獸，而長鬃山羊則是在春末夏初可見較多幼獸被記錄到，另外臺灣野豬幼獸主要是在 2011 年的 8 至 10 月以及 2013 年的 10 月有被紀錄到，而臺灣獼猴則是於 2012 年夏季的 6 月過後至隔年 2 月皆有被紀錄，另外 2013 年度在夏季 5 至 10 月份亦有被記錄到(圖 12)。

將五年來各相機所拍攝到的動物記錄與相機架設的海拔高度進行分析，以每個月份來看，山羌基本上在分布下界較無明顯變化，但是在分布上界大約可以看出在冬季到春季之間，傾向於在 3500 公尺以下的地區活動，夏季過後的月份會較容易在 3500 公尺以上的地區活動(圖 13)。長鬃山羊則是在分布上界較無明顯差異，反而是分布下界較有變化，尤其在 2009 年的冬季在較低海拔的範圍容易被記錄到，但後幾年發現長鬃山羊的分布呈現較為廣泛分布的趨勢，但是主要還是分布於 2500 公尺以上(圖 14)，而此發現的時間點也剛好落於本研究將自動照相機全面換成數位型相機的時候，或許可能因為調查工具的進步造成了更有效的調查結果。臺灣獼猴則較沒有明顯的分布上界或下界，但是在冬末春初的時段較為零星分布，且冬季在高海拔地區有較多的活動，此結果尚無明確的現象可以解

釋(圖 15)。

將五年來的氣象因子資料與動物的平均 OI 值進行相關分析，發現不論是圈谷或黑森林樣區的山羌、長鬃山羊和臺灣獼猴的出沒指數皆與氣溫有顯著相關，唯獨長鬃山羊在黑森林樣區呈現負相關。另外長鬃山羊在圈谷與濕度因子呈現顯著負相關，其餘皆未達顯著。而雨量因子在黑森林樣區與此三種動物皆呈現顯著相關，其中山羌與長鬃山羊呈現負相關，臺灣獼猴呈現正相關。另外長鬃山羊在圈谷亦與雨量因子呈現顯著負相關(表 7)。

根據 2012/11/1 至 2013/10/31 的雪山線入園人數，以及山羌在登山口樣區的平均 OI 值進行相關性分析，結果所得到的 Pearson 相關係數為 0.018，顯著性為 0.739，並未達統計顯著，顯示入園人數的多寡與山羌在登山口樣區出沒的活動並沒有影響。

表 4. 2009 年至 2013 年 11 月紅外線自動相機拍攝之有效照片(張數)

物種名稱	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	總計
山羌	860	637	2589	2886	3139	10111
水鹿	0	9	26	29	2	66
長鬃山羊	149	426	673	798	534	2580
臺灣野豬	0	2	14	35	7	58
臺灣獼猴	150	148	212	200	175	885
白面鼫鼠	2	18	20	31	20	91
赤腹松鼠	5	29	9	1	0	44
長吻松鼠	3	12	45	31	18	109
條紋松鼠	0	0	1	0	0	1
森鼠	0	15	31	0	1	47
高山田鼠	0	0	2	0	0	2
高山白腹鼠	2	9	35	1	1	48
黃鼠狼	25	16	24	23	20	108
鼬獾	11	7	15	12	6	51
白鼻心	0	1	0	0	0	1
總計 15 種	1207	1329	3696	4047	3923	14202

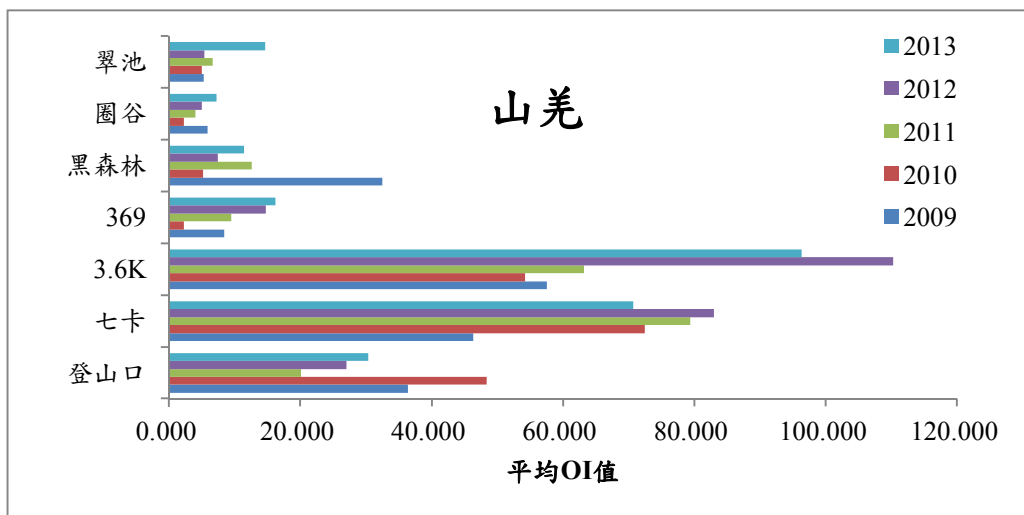


圖 7. 2009 年至 2013 年 11 月山羌在各海拔樣區分佈的 & 平均 OI 值。

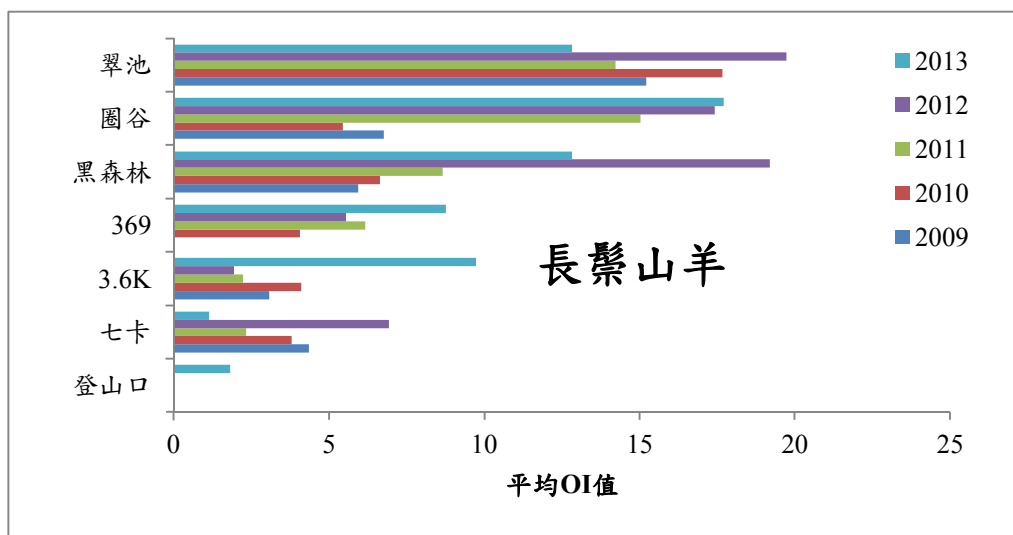


圖 8. 2009 年至 2013 年 11 月長鬃山羊在各海拔樣區分佈的 & 平均 OI 值。

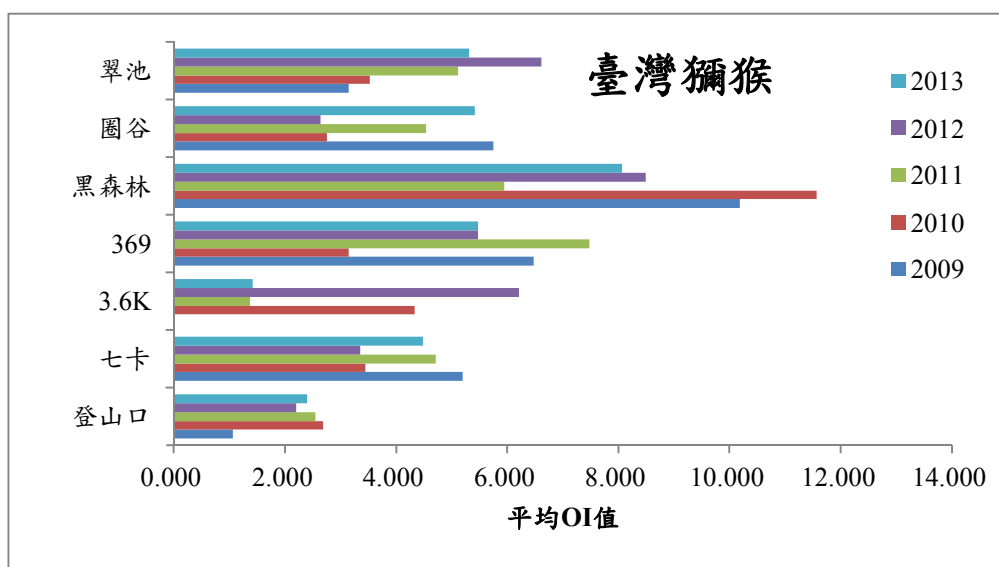


圖 9. 2009 年至 2013 年 11 月臺灣獼猴在各海拔樣區分佈的 & 平均 OI 值。

表 5. 2009 年至 2013 年 11 月各樣區紅外線自動相機工作時數(hr)

	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	總計
登山口	7750.20	6359.13	17191.03	12266.23	14800.76@	58367.35
七卡	4199.15	4224.25	16073.57	11805.33	11722.75	48025.05
3.6K	2520.78	5677.08	14832.89	10255.22	16925.76	50211.73
369	1802.30	5055.34	16897.20	6916.57@	14884.66	45556.07
黑森林	9515.21	15785.83	17691.17	12208.10	8480.81@	63681.12
圈谷	7941.72	11083.05	14435.42*	11343.85	14906.64	59710.68
翠池	1907.00	13729.15	18643.06	12328.04	10014.60@	56621.85
總計	35636.36	61913.83	115764.33	77123.33	91736.00	382173.85

*：調查過程中遇相機或記憶卡失竊導致資料缺損。 @：調查過程中遇相機休眠或故障。

表 6. 2009 年至 2013 年 11 月各樣區紅外線自動相機照片資料(平均 OI 值)

	登山口	七卡	3.6K	369	黑森林	圈谷	翠池	總平均
山羌	30.98	72.15	80.03	13.02	12.52	5.07	8.24	36.97
水鹿	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.91	3.91
長鬃山羊	1.80	4.03	5.05	6.82	10.84	14.25	16.20	11.31
臺灣野豬	0.00	5.03	3.69	0.00	3.16	0.00	1.29	4.15
臺灣獼猴	2.34	4.35	3.88	5.60	8.87	4.17	5.17	5.63
白面鼯鼠	1.55	3.38	3.82	3.51	1.53	1.49	1.45	2.86
赤腹松鼠	6.00	0.00	3.67	2.12	0.93	0.00	0.00	4.31
長吻松鼠	2.95	4.84	4.63	1.91	2.79	0.00	0.00	3.76
條紋松鼠	0.00	0.00	0.00	2.04	0.00	0.00	0.00	2.04
森鼠	3.32	0.00	3.51	4.28	1.40	0.00	0.00	3.61
高山白腹鼠	3.02	0.00	3.31	6.80	4.29	0.00	0.00	4.55
高山田鼠	0.00	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	0.00	2.80
黃鼠狼	3.67	4.60	2.75	2.97	1.63	1.51	1.20	2.93
鼬獾	3.18	9.93	2.11	1.35	0.00	0.00	0.00	4.44
白鼻心	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00	0.83
物種數	10	8	11	11	12	5	7	共 15 種
Shannon's index	0.74	0.55	0.58	0.95	0.92	0.55	0.68	

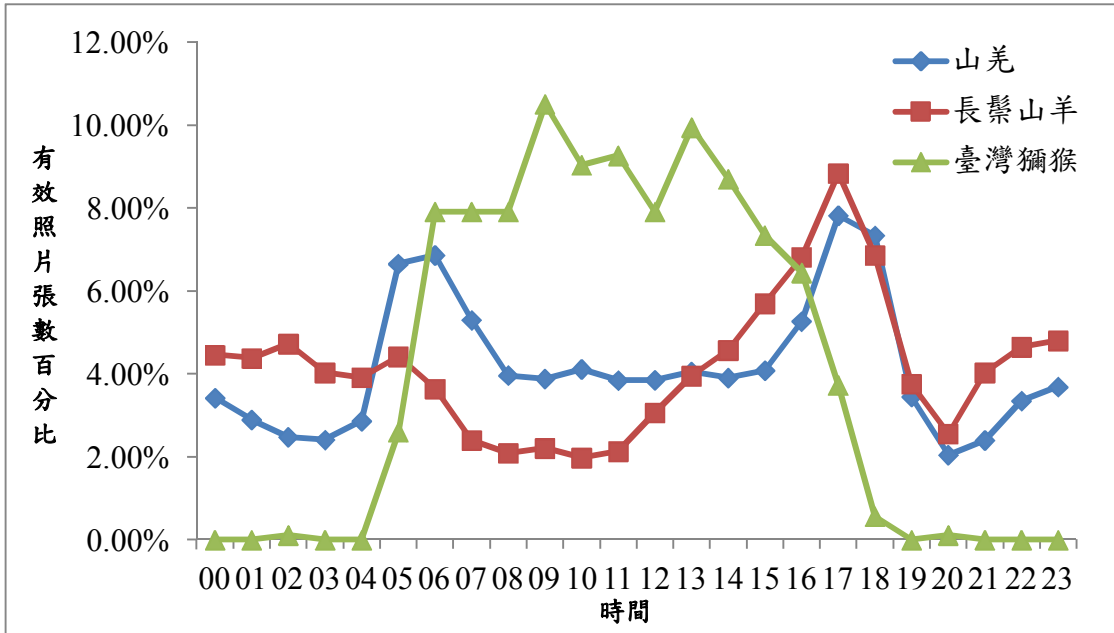


圖 10. 山羌、長鬃山羊及臺灣獼猴 1 日間活動模式。

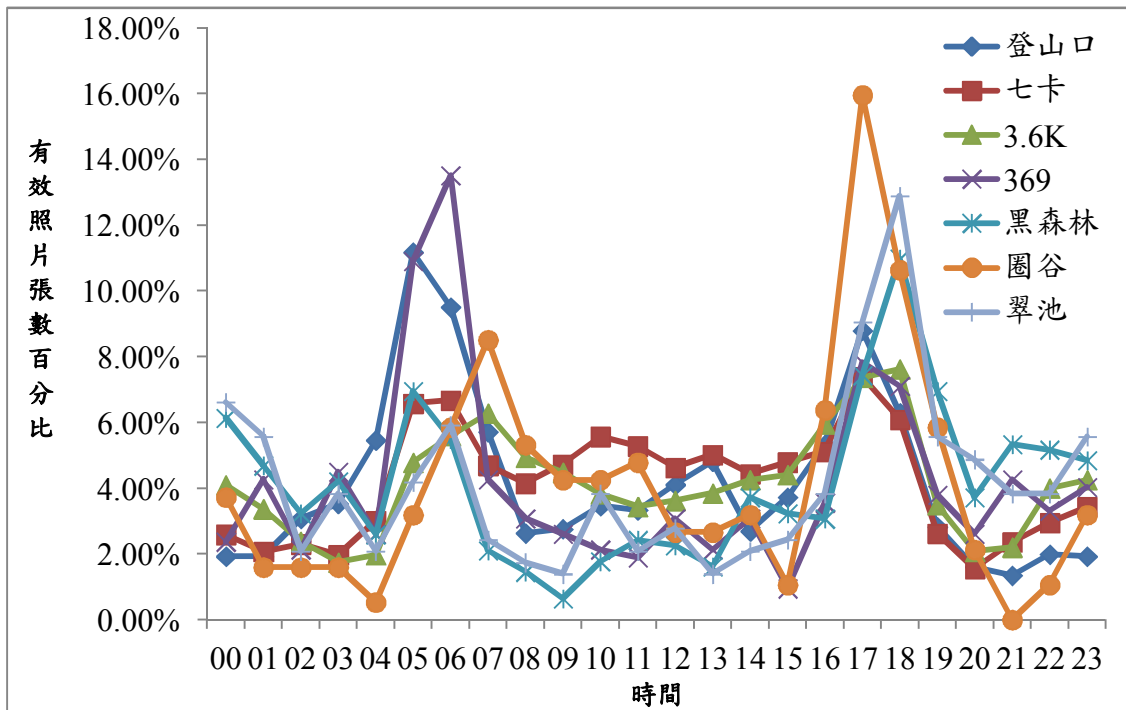


圖 14. 山羌在各個樣區的 1 日間活動模式。

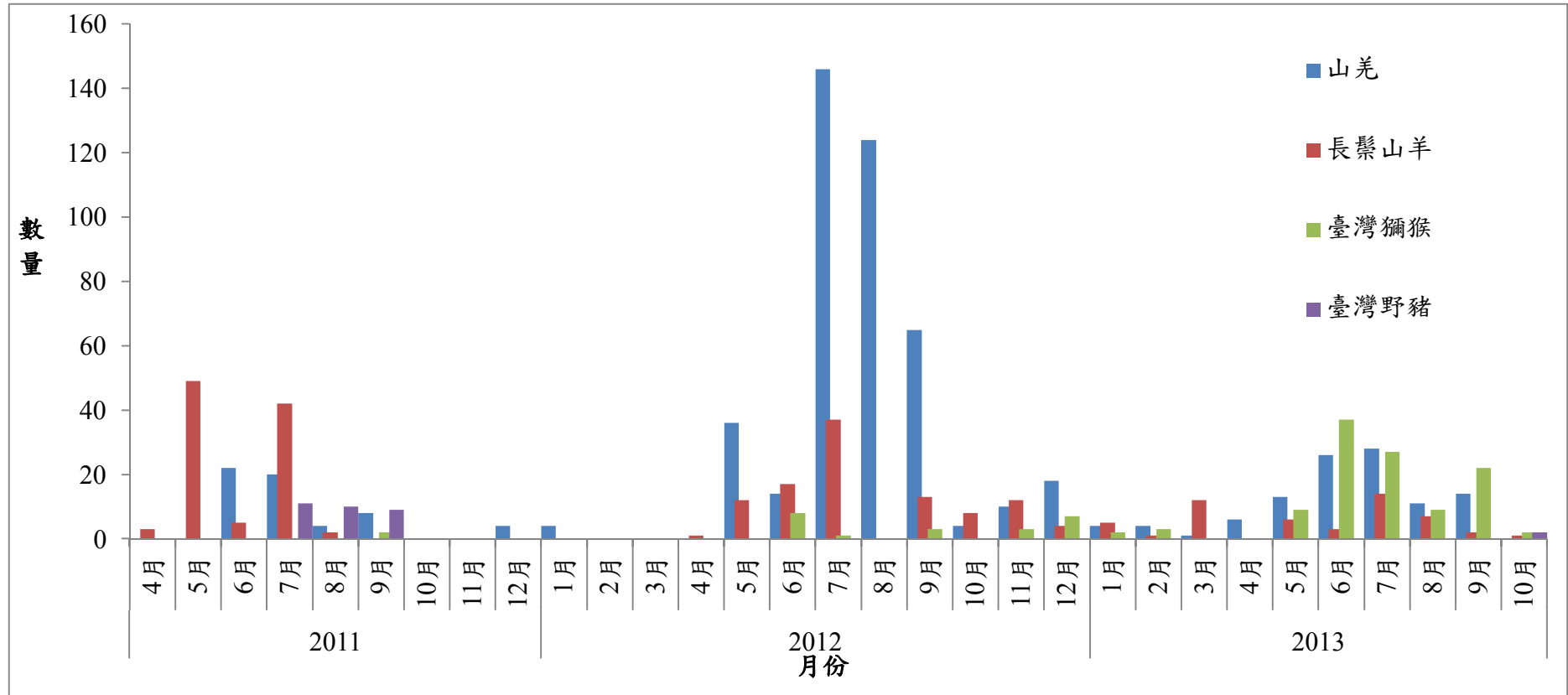


圖 12. 2011 年 4 月至 2013 年 11 月山羌、長鬃山羊、臺灣野豬及臺灣獼猴幼獸出沒月份。

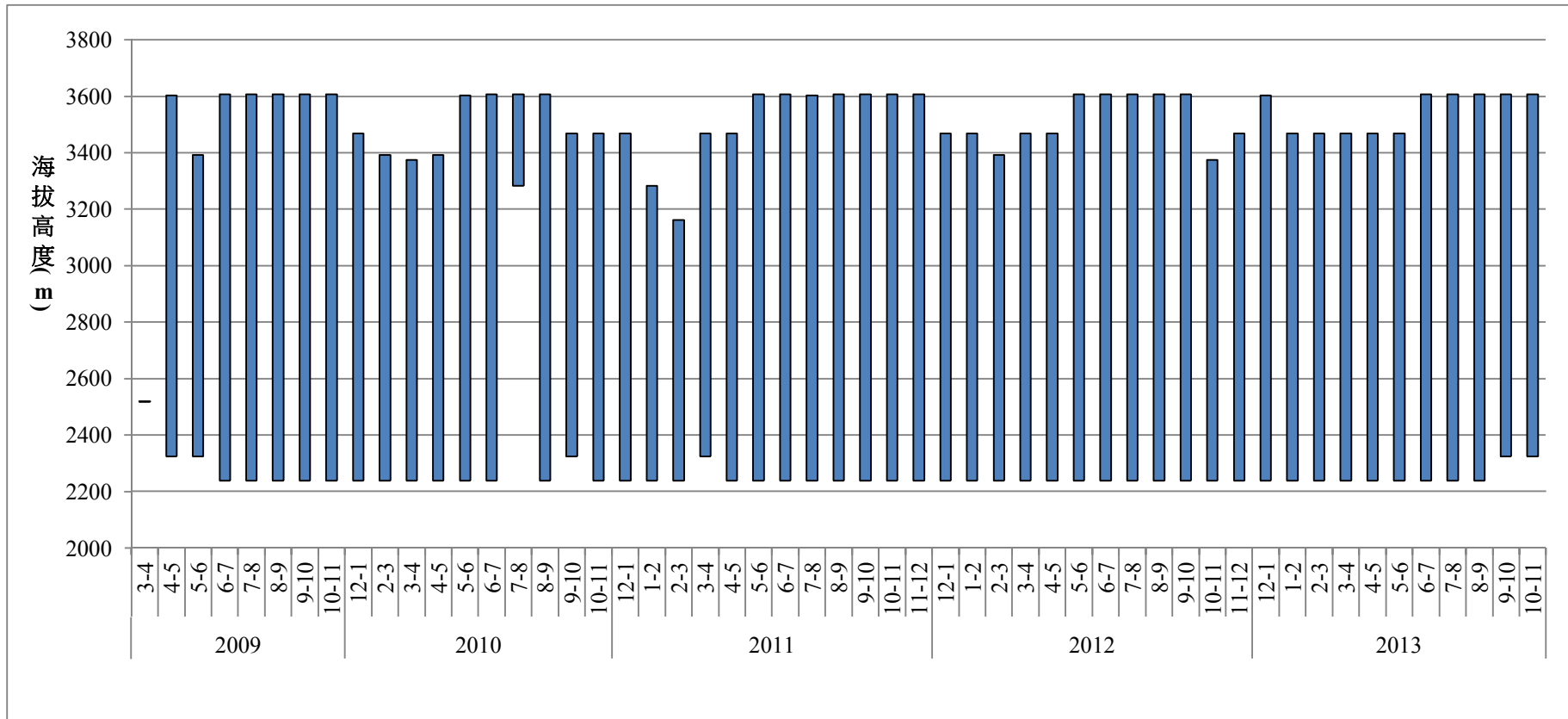


圖 13. 五年度間山羌被相機拍攝記錄之海拔高度變化。

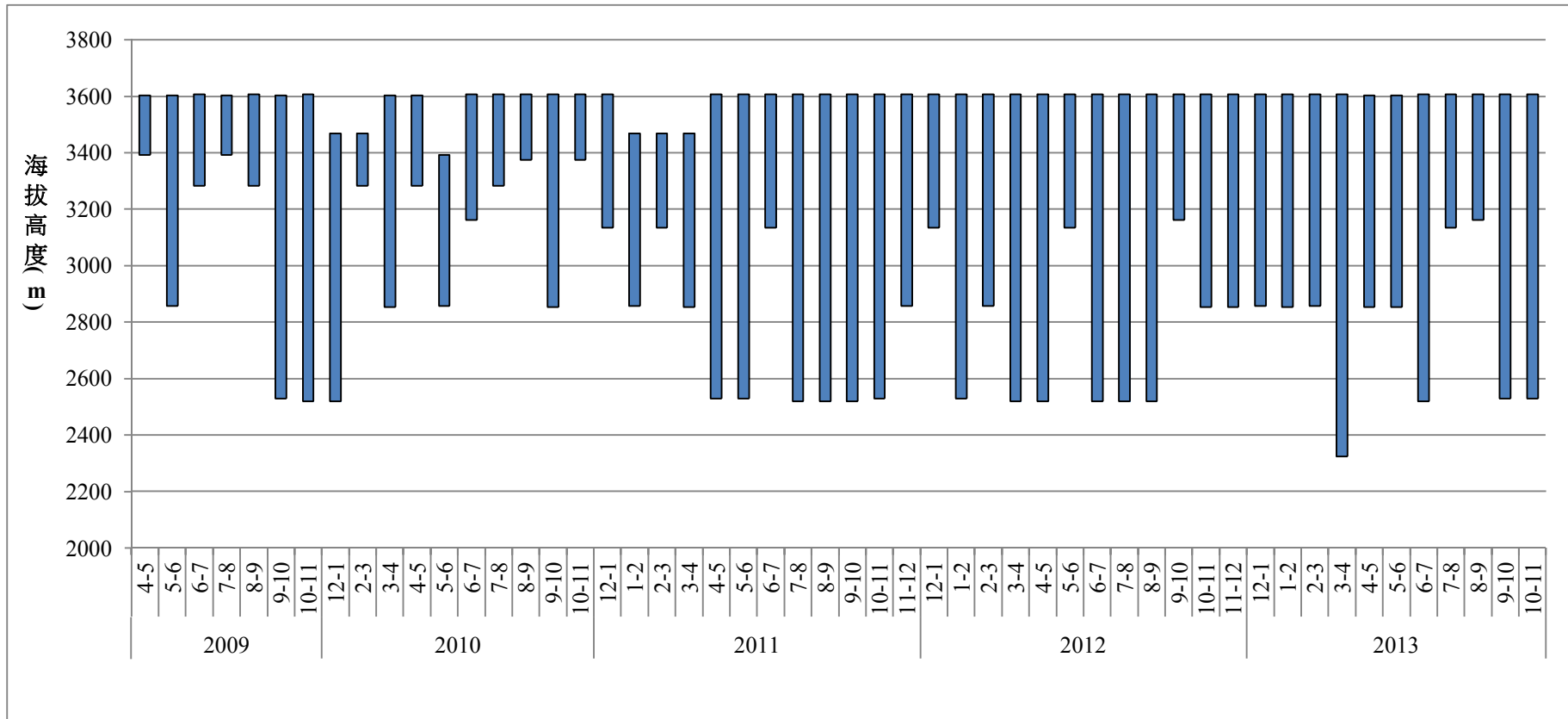


圖 14. 五年度間長鬃山羊被相機拍攝記錄之海拔高度變化。

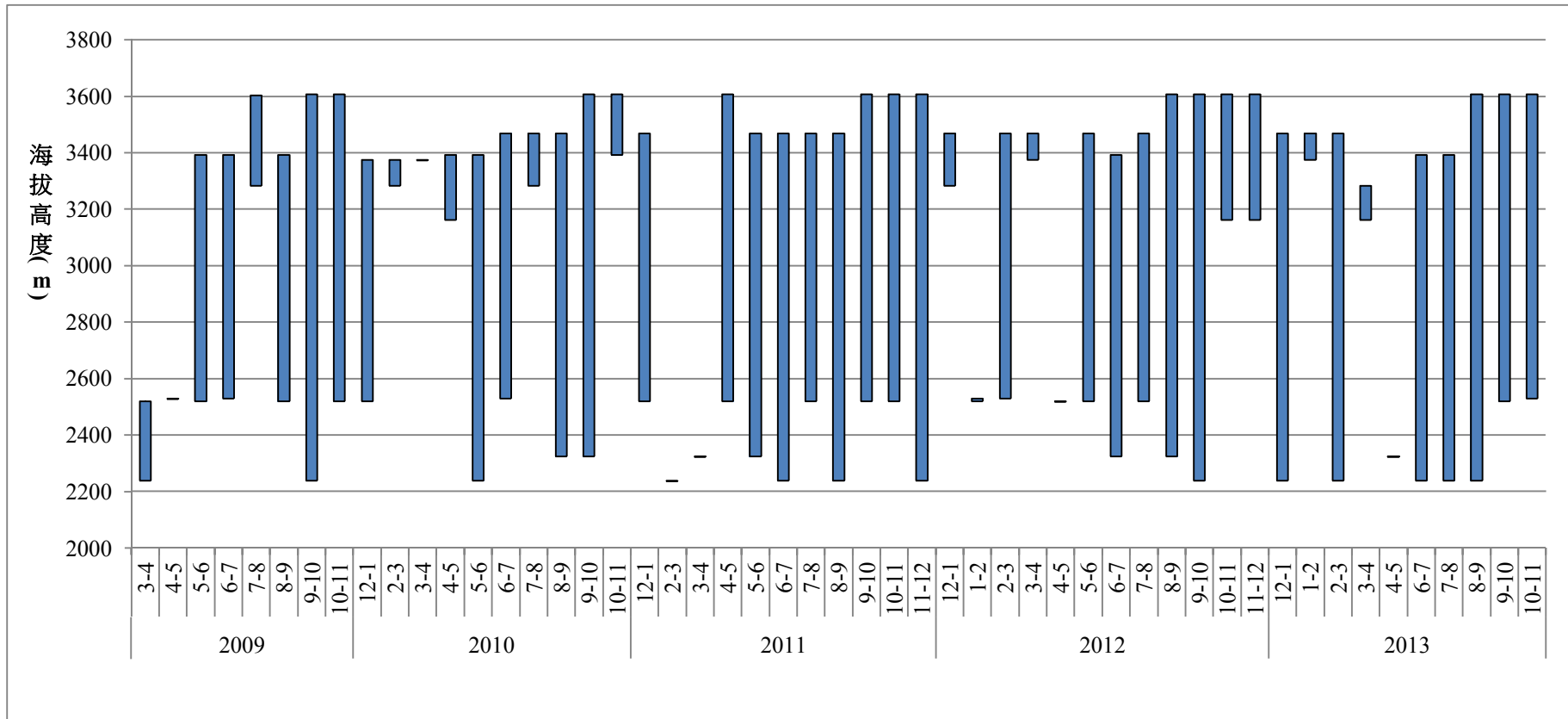


圖 15. 五年度間臺灣獼猴被相機拍攝記錄之海拔高度變化。

表 7. 山羌、長鬃山羊與臺灣獼猴每日平均 OI 值與氣象因子的相關分析

圈谷 SP1		山羌	長鬃山羊	臺灣獼猴
氣溫(°C)	Pearson 相關係數	0.189**	0.171**	0.082**
	顯著性	0.000	0.000	0.002
濕度(%)	Pearson 相關係數	-0.040	-0.118**	0.028
	顯著性	0.120	0.000	0.285
雨量(mm)	Pearson 相關係數	-0.023	-0.059*	-0.012
	顯著性	0.368	0.022	0.648
黑森林 SP2		山羌	長鬃山羊	臺灣獼猴
氣溫(°C)	Pearson 相關係數	0.081**	-0.073**	0.240**
	顯著性	0.002	0.005	0.000
濕度(%)	Pearson 相關係數	0.006	-0.045	0.008
	顯著性	0.809	0.084	0.765
雨量(mm)	Pearson 相關係數	-0.060*	-0.098**	0.240**
	顯著性	0.020	0.000	0.000

(資料來源：本研究資料)

表 8. 蝙蝠個體資料

日期	樣點	物種	體重(g)	性別
2009/03/21	七卡山莊	寬吻鼠耳蝠	3.3	F
2009/07/21	七卡山莊	臺灣小蹄鼻蝠	4.4	F
2009/09/07	七卡山莊	臺灣小蹄鼻蝠	4	F
2009/09/07	七卡山莊	臺灣小蹄鼻蝠	3.5	M
2009/09/07	七卡山莊	姬管鼻蝠	3.4	M
2010/07/03	黑森林	姬管鼻蝠	未記錄	M
2010/11/30	七卡山莊	寬吻鼠耳蝠	3.1	M
2010/12/01	七卡山莊	姬管鼻蝠	3.4	M
2010/12/03	七卡山莊	臺灣小蹄鼻蝠	5.4	F
2011/07/25	七卡山莊	寬吻鼠耳蝠	未記錄	未記錄
2011/08/26	七卡山莊	姬管鼻蝠	未記錄	F
2011/08/26	七卡山莊	姬管鼻蝠	未記錄	F
2011/09/16	七卡山莊	金芒管鼻蝠	5	M
2011/10/13	七卡山莊	臺灣大蹄鼻蝠	未記錄	M
2011/11/16	七卡山莊	金芒管鼻蝠	4.7	F
2013/09/03	七卡山莊	金芒管鼻蝠	4.1	M
2013/09/03	七卡山莊	寬吻鼠耳蝠	3.6	M

(三)翼手目哺乳動物調查結果

1、網具調查結果

蝙蝠捕捉的結果自 2009 年至 2013 年 11 月，總計是 5 種 17 隻個體(表 8)。分別是臺灣大蹄鼻蝠(*Rhinolophus formosae*)、臺灣小蹄鼻蝠(*Rhinolophus monoceros*)、寬吻鼠耳蝠(*Myotis latirostris*)、姬管鼻蝠(*Murina gracilis*)和金芒管鼻蝠(*Harpiola isodon*)。

2、蝙蝠偵測器(AnabatII system)調查結果

綜合五年調查結果可發現雪山地區的蝙蝠種類共有 3 科 10 種，分別是臺灣大蹄鼻蝠、臺灣小蹄鼻蝠、臺灣管鼻蝠(*Murina puta*)、金芒管鼻蝠、姬管鼻蝠、寬吻鼠耳蝠、摺翅蝠(*Miniopterus schreibersii*)、山家蝠(*Pipistrellus montanus*)、堀川氏棕蝠(*Eptesicus sertinus*)及東亞游離尾蝠(*Tadarida insignis*)。

將七卡山莊及黑森林兩樣區的資料分開看，高海拔的黑森林樣區有姬管鼻蝠、東亞游離尾蝠、寬吻鼠耳蝠、堀川氏棕蝠、臺灣管鼻蝠及山家蝠等 6 種蝙蝠分布，較低海拔的七卡山莊樣區則有寬吻鼠耳蝠、臺灣小蹄鼻蝠、姬管鼻蝠、金芒管鼻蝠、臺灣大蹄鼻蝠及摺翅蝠等 6 種蝙蝠的分布。

四、討論

本研究捕獲數量最高的是森鼠，為高山生態區域中小型哺乳類的優勢物種，並且從登山口至雪山山頂皆有捕獲紀錄，顯示森鼠的分布區域極廣，從中海拔(約 2100 m)至高海拔(3886 m)皆可發現(表 2)，森鼠捕獲數量主要集中於七卡與三六九山莊處，可能受到兩山莊有大量登山活動後殘留的食物所影響。高山白腹鼠、黑腹絨鼠和短尾鼯則多侷限在登山口至 3.6K 樣區捕獲，已知黑腹絨鼠與短尾鼯主要分布在中海拔，但是本年度於東峰 5.2K 樣區有捕獲 1 隻短尾鼯，此為目前紀錄海拔最高的捕獲地點，高山白腹鼠屬分布由中海拔至高海拔森林性物種，雖然根據目前連續五年的捕捉調查都未在超過 3000 公尺以上的海拔捕獲，但是紅外線自動相機仍然在 369 樣區及黑森林樣區有紀錄到此物種。高山田鼠則是在東峰 5.2K、369 山莊、黑森林、圈谷與雪山山頂等較高海拔的樣區有所捕獲，在中海拔地區(登山口、七卡山莊和 3.6K 處)則無任何發現，本種與黑腹絨鼠在海拔分佈明顯區分。就鹿野(1940)之高山田鼠分佈資料相比，過去分布海拔高度 2400 m 起至 2700 m，而現今雪山線地區則為 3201m 起至 3886 m。因此大致上可看出，以黑腹絨鼠與高山田鼠目前分布海拔高度區隔約在 2800-3100 公尺而言，與 Kano(1940)的 2400-2700 公尺相比較，提升約 400 公尺。森鼠分布上界由 Kano(1940)的 3300 公尺提升至本計畫 3886 公尺的樣區，提升約 500 公尺。短尾鼯分布上界由 Kano(1940)的 3000 公尺提升至本計畫 3200 公尺的樣區，提升 200 公尺。食肉目的小黃鼠狼僅 2010 年度於翠池樣區及 2011 年在黑森林樣區有捕獲記錄，而桃園縣野鳥學會理事長吳豫州等一行人在 2012 年 7 月份於圈谷地區有目擊 2 隻小黃鼠狼捕食高山田鼠的記錄，此外，在本研究雪山主峰樣區附近的北稜角基點附近亦有目擊記錄，2013 年 5 月經由鳥類調查團隊於黑森林 8.3 至 8.4K 之間也觀察到，顯示小黃鼠狼的分布比以往所知更為廣泛，但是族群數量仍然未知，需要更進一步詳細且針對食肉目動物的調查方能知曉。

本研究發現山羌是高山生態區域中，中大型哺乳類的優勢物種，從中海拔的登山口(約 2100 m)至高海拔的圈谷及翠池(約 3600 m)皆有相片紀錄，此與當年鹿野(1940)之調查明顯不同，當年山羌分布為 0 m 至 1800 m。鼯獾在登山口、七卡山莊、3.6K 和 369 樣區皆有照片紀錄，推測海拔約 3100

m 應為物種的海拔垂直分布上界，與鹿野(1940)資料相比(0 至 900 m)，海拔分布上升近 2200 m。臺灣獼猴在各樣區都有相片紀錄，此外 2011 年度 10 月份進行調查時，研究人員經過雪山主峰基石附近亦有目擊臺灣獼猴的紀錄，主峰海拔 3886m，應為目前已知臺灣獼猴最上限，近兩年亦持續在圈谷樣區記錄到臺灣獼猴出沒，鹿野的資料指出臺灣獼猴的分佈上限為 3000 m(依海拔高度判斷應該是現今的黑森林樣區一帶)，而李玲玲(1994)調查曾經在圈谷聞其叫聲，但未有目擊，依據本計畫自動照相機的調查，明確證實臺灣獼猴可分布至此，可以知道臺灣獼猴的海拔分布極廣，亦是高山生態系中優勢物種之一。長鬃山羊在本年度亦在登山口樣區有紀錄，而在七卡山莊、3.6K、369、黑森林、圈谷與翠池樣區也都有相片紀錄，過去鹿野(1940)之調查顯示長鬃山羊分佈範圍為 600~3600 m，但是本調查未能在低於海拔 2200 m 處進行調查無法說明低海拔地區是否尚存在長鬃山羊的族群，但是從登山口至 369 等四個調查樣區的 OI 值皆不高(表 4-6)，顯示長鬃山羊應該屬於分布在較高海拔的物種，亦可能此物種分佈已逐漸往高海拔處集中。另外，於 2010 年度於黑森林樣區拍攝到食肉目動物-白鼻心(海拔約 3300 m)，遠遠超過鹿野調查的海拔高度(0-1500 m)，亦是目前白鼻心被紀錄到最高海拔處，但是五年來的調查僅拍到一張有效照片即無再紀錄，是否在其他海拔樣區也有族群活動更待進一步的食肉目動物監測與調查。整體而言，七十年來的環境變遷影響中大型哺乳動物的垂直分布高度至少提升 1000 公尺左右。

從 2011 至 2013 年記錄的各物種幼獸的有效照片，可發現山羌及長鬃山羊趨向於整個年度皆有攜帶幼獸覓食的行為，但在冬季比例較低，顯示此兩種動物偏向於整個年度皆可生殖的情形，但是長鬃山羊以春末夏初紀錄較多，山羌則是以夏季為主；而臺灣獼猴則以下半年紀錄較多，主要於 2012 年夏季的 6 月過後至隔年 2 月皆有被紀錄，另外於 2013 年度在夏季 5 至 10 月份亦有被記錄到，顯示臺灣獼猴主要於春、夏季之間進行生殖。臺灣野豬幼獸主要是在 2011 年的 8 至 10 月以及 2013 年的 10 月有被紀錄到，然此物種紀錄的資料紀錄數量較少，應該無法完整說明此物種的生殖育幼狀況(圖 10)。根據其它文獻結果，裴家騏(1995)在臺灣北部屍體調查的山羌出生記錄，結果顯示在全年的各個月份中，均有產仔紀錄，推測山羌全年皆具有生殖的能力。顯示高海拔地區的山羌與中低海拔的山羌有所

不同。而吳海音(1985)在墾丁地區針對臺灣獼猴的行為與生態學研究，發現獼猴的交配季節集中在 9 月到次年 2 月。以及黃志堅(2003)在壽山地區的獼猴生殖行為研究發現，在 4 至 6 月有幼猴出現。此與雪山地區獼猴的結果似乎不相同，雪山地區的獼猴似乎有較晚出現幼猴的現象，或許可能與海拔高度差異有關。

氣象因子資料與動物的平均 OI 值相關分析，發現不論是圈谷或黑森林樣區的山羌、長鬃山羊和臺灣獼猴的出沒指數皆與氣溫呈正相關，而與降雨量多呈現負相關，根據國外研究，Haythornthwaite 和 Dickman(2006)調查在鬣刺屬植物草生地的 6 種共域的袋鼯物種，發現其中一種的分布受到降雨的限制，可能與其覓食策略有關，無法以單一的氣候或環境因子來有效說明與分布之間的關聯。Rowe(2009)在美國猶他州的山區分析氣溫、降雨量及其他環境因子與小型哺乳動物在山區分布的關係，發現夏季七月的降雨量與氣溫對於物種海拔分布多樣性有相對較大的影響。Yu 等(2013)研究中國西南地區巴郎山的底棲鞘翅目昆蟲的垂直海拔分布與環境因子和生物交互作用之間的關係，結果發現氣溫、面積及落葉覆蓋度等因子與大多數的類群物種豐富度有明顯關聯。因此未來針對氣溫及降雨量等氣候因子的分析，應該配合其他相關環境因素進行一併的分析，並且需要針對各不同類群的物種生活特性來比較會較為適當。

迄今調查一些高山型食肉目動物，如黃喉貂及黑熊並未發現，或因相機位置，或因族群量稀少之故，尚待未來更長期或投入更大努力量的調查資料收集，方有可能進一步說明。但是仍陸續聽聞登山客有目擊臺灣黑熊的記錄，但皆無法確認。此外，亦有登山客於前往雪北山屋的途中拍攝到雪地上疑似黑熊的腳印照片，雖然不在本研究調查範圍內，但是此紀錄亦十分珍貴。

從 2009 年至 2013 年 11 月止，所捕獲的蝙蝠，總計是 2 科 5 種 17 隻個體。以目前臺灣地區總計至少 5 科 35 種蝙蝠來看，本調查所紀錄的物種偏少，相較於雪霸國家公園境內的觀霧 18 種(林良恭, 2008 及李玲玲, 2007)與雪見 20 種(陳家鴻, 2010)亦少，推測可能原因為雪山地區調查樣區海拔高度較高、氣溫較低，以及調查網具數量較少所導致。而從超音波偵測器調查結果，可發現尚有 3 種蝙蝠物種的記錄，調查顯示，蝙蝠物種多

於入夜後至半夜 1 點之間活動，下半夜則較少活動。但是這些超音波的紀錄筆數偏少，以此分析活動模式可能會有低估。經由超音波偵測器的結果亦可知，尚有許多蝙蝠物種能適應高山寒冷氣候，或許礙於網具使用上的限制而無法捕捉到，像是黑森林樣區的高大冷杉林即讓豎琴網面臨網具不夠高的情形，霧網則受限於調查人員需在入夜後寒冷氣溫下久待的困境，但從超音波偵測器仍能了解此區域蝙蝠物種多出現於夏季較為溫暖的季節。而合併捕捉與超音波偵測器的結果，顯示雪山地區的蝙蝠目前記錄有 3 科 10 種。未來或許能廣設超音波偵測樣點，進行全面性大規模的蝙蝠物種調查。

五、引用文獻

甘慕龍(1995)武陵地區三種齧齒動物(森鼠、黑腹絨鼠、巢鼠)的食性與棲地研究。臺灣大學動物學碩士論文。

吳海音(1985)墾丁地區臺灣獼猴的行為與生態學研究。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。

李玲玲(1994)雪霸國家公園大型哺乳動物族群與習性之研究(武陵地區)。雪霸國家公園管理處。

李玲玲(2007)大鹿林道東線工程之環境監測。雪霸國家公園管理處。62 頁。

林良恭(2008)雪霸國家公園觀霧地區蝙蝠族群調查及蝙蝠巢箱設置。雪霸國家公園管理處。42 頁。

林曜松、楊懿如、黃光瀛、呂佩義、蘇逸峰(1989)雪山、大霸尖山地區動物生態資源先期調查研究。內政部營建署。85 頁。

陳家鴻(2010)雪霸國家公園雪見地區蝙蝠多樣性研究 III。雪霸國家公園管理處。62 頁。

黃志堅(2003)壽山地區臺灣獼猴(*Macaca cyclopis*)之生殖行為。國立中山大學生物科學系碩士論文。75 頁。

歐保羅、林良恭(1990)玉山國家公園東埔地區哺乳類動物調查報告(三)

。玉山國家公園研究叢刊 1025 號。58 頁。

Kano, T. (1940) Zoogeographical studies of the Tsugitaka Mountains of Formosa. Shobusawa Institute for Ethnographical Researches, Tokyo.

Pei, k., R. D. Taber, B. W. O’Gara, and Y. Wang. (1995) Breeding cycle of the Formosan Reeves’ muntjac (*Muntiacus reevesi micrurus*) in northern Taiwan, R.O.C. *Mammalia* 59:223-228.

附錄 1. 紅外線自動相機 GPS 定位點資料

相機編號	TWD		Altitude
登山口 #1	280203	2697809	2238 m
登山口 #2	280047	2697722	2324 m
七卡 #1	279203	2697496	2520 m
七卡 #2	279136	2697444	2530 m
3.6K #1	278716	2697950	2858 m
3.6K #2	278757	2697950	2854 m
369 #1	274561	2698777	3222 m
369 #2	276227	2697632	3134 m
黑森林 #1	274367	2698526	3393 m
黑森林 #2	274547	2698750	3282 m
圈谷 #1	274026	2698026	3607 m
圈谷 #2	274001	2698005	3604 m
翠池 #1	272194	2697814	3468 m
翠池 #2	271882	2697694	3375 m

觀霧山椒魚棲地復育與工作假期

邱清安^{1,3} 李美芬²

¹ 國立中興大學實驗林管理處/森林學系;² 國立勤益科技大學景觀系; ³ 通訊作者
(cachiu@nchu.edu.tw)

摘要

觀霧山椒魚為野生動物保育法公告之瀕臨絕種生物，為營造合適之棲地，選擇於原分布區內的火燒跡地，利用生態復育學相關理論，剷除優勢之高山芒，再移入當地原生樹種，撒佈富含有機質與在地種源的堆積落葉，並結合國家公園志工以工作假期方式進行，由調查資料顯示，目前棲地內生物多樣性甚高且植物生長茂盛，同時已發現觀霧山椒魚之個體，而棲地復育工作假期之志工藉由實際參與，不僅能夠真切的感受並認同生態復育之理念，也有助於將感受理念分享給一般民眾，同時達成觀霧山椒魚棲地復育之保育目標與環境教育功能。

關鍵詞：觀霧山椒魚、生態復育、工作假期

Habitat Restoration and Working Holiday for *Hynobius fuca*

Ching-An Chiu^{1,3} Mei-Fen Lee²

¹Experimental Forest/Department of Forestry, National Chung-Hsing University.

²Department of Landscape Architecture, National Chin-Yi University of Technology.

³Corresponding author (cachiu@nchu.edu.tw)

Abstract

Hynobius fuca was announced as the endangered species under the Wildlife Conservation Act. In order to create a suitable habitat by means of the ecological restoration science theories, we eradicated the dominant alpine silver grass (*Miscanthus transmorrisonensis*) on the burned site which was the original distribution area of *Hynobius fuca*, and planted the native trees, and spread the organic-rich litters. In addition, we integrated volunteers of the national park to execute the project by the way of working holiday. Currently, survey results show that biodiversity of the site was very high, and plants grew very well. Simultaneously, we had found *Hynobius fuca* in the site. By actual participation, the volunteers not only truly experienced but also agreed with the concept of

ecological restoration. It can be contributed to share with people, and to achieve the goals of conservation and environmental education for the habitat restoration of *Hynobius fuca*.

Keywords: *Hynobiusfuca*, Ecological Restoration, Working Holiday

一、前言

觀霧山椒魚(*Hynobiusfuca*)是近年發現的臺灣特有種(Lai & Lue 2008)，現已為野生動物保育法所公告之瀕臨絕種野生動物；其中，觀霧地區為觀霧山椒魚的重要棲地，但近年受颱風豪雨、土石崩塌等災害危及，亟須復原其原有棲息環境，藉以復育觀霧山椒魚。為此，雪霸國家公園期能利用觀霧原生植物，以完成棲地營造及就地保育，並做為未來科學研究、環境教育、經營管理之基礎。

觀霧地區具有許多特有種植物及深具當地環境特色與應用潛力之植物，如歐辰雄等(2011)所列之棣慕華鳳仙花、黃花鳳仙花、紫花鳳仙花、阿里山十大功勞、玉山石竹、臺灣杜鵑、玉山杜鵑、臺灣檫樹、笑靨花、臺灣蘋果、百合豆蘭及阿里山根節蘭等野生蘭，以及特產於當地的樂山鋪地蜈蚣等當地原生植物，均可於觀霧山椒魚之棲地營造中加以應用。

由於生態復育(ecological restoration)為一費時費力的工作，目前在台灣尚少見其實際操作案例，緣此，本文介紹觀霧山椒魚之棲地復育過程及初步成果，並闡述由國家公園志工所參與之工作假期，期能做為未來環境生態復育之參考。

二、材料與方法

(一)復育區氣候環境與植群概況

復育觀霧山椒魚之棲地位處雪霸國家公園觀霧地區，原先之環境處於火燒後之初期演替階段，上層林木以台灣二葉松為主，下層地被則以高山芒為主。研究區之氣候若依桑士偉氏(Thorntwaite)氣候分類法，海拔 2,000 m 以下地區屬溫帶重溼氣候型(AB')，溫暖重溼，全年無缺水現象，而海拔 2,000 m 以上地區屬寒帶重溼氣候型(AC')，溫度低而溼度高，冬季有霜雪(陳正祥 1957)。依中央氣候局觀霧遙測氣象站(2,050 m)之資料，年均溫約 12.4°C，年平均降雨量約 3,149 mm，圖 1 為觀霧之生態氣候圖，可知本區於冬季為相對濕潤(relative humid)外，其餘季節均為重濕(perhumi)。

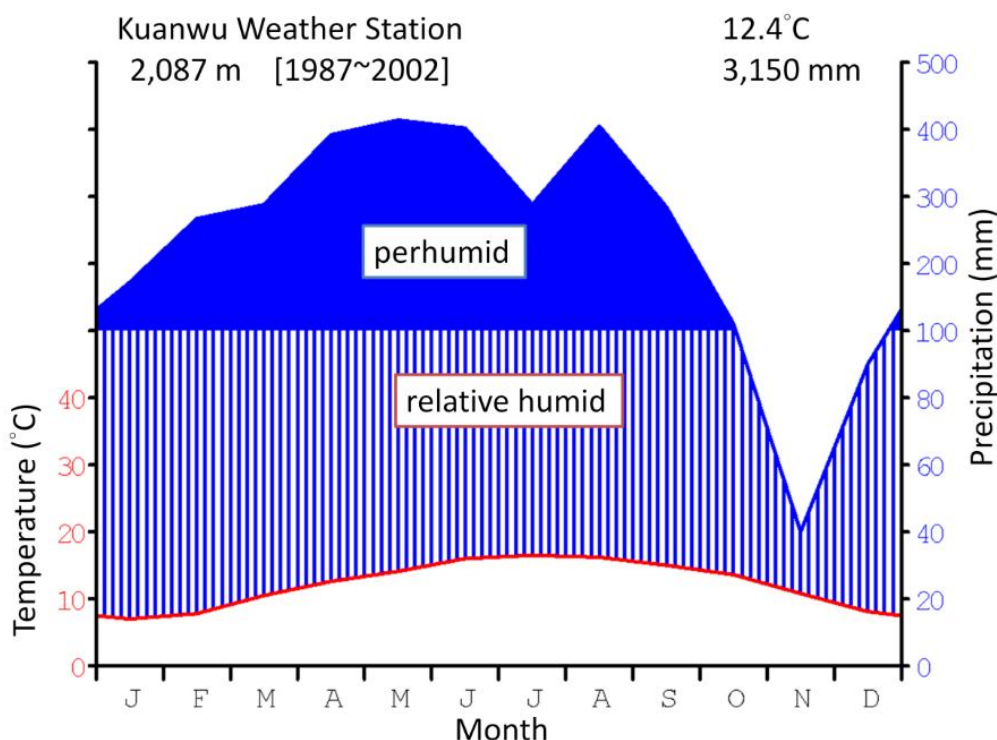


圖 1. 觀霧地區生態氣候圖

觀霧地區海拔約 2,000 m 上下，依據 Su (1984) 之山地植群帶劃分，本區屬於 1,500-2,500 m 的櫟林帶 (*Quercus zone*)；從生態氣候的觀點，可進一步推論出當地之潛在植群，依據邱清安(2006)應用生態氣候指標預測臺灣潛在自然植群之研究的劃分，本區殆屬於涼溫帶-上層山地-常綠針葉-常綠落葉闊葉混交林 (II.C.4.a)，水分境制 (moisture regime) 為超濕，優勢分類群包括檜屬、香杉、森氏櫟、昆欄樹、卡氏槲、新木薑子屬 (*Neolitsea*)、槭屬 (*Acer*) 植物。歐辰雄等(2011)由歷年氣象資料、生態氣候圖、生活型譜及蕨類商數等分析，可知此區在冬季雖然略為乾燥，但水分並未形成森林植物之限制因子，且本地有經常性的雲霧發生補充水平降水，能支持雲霧森林及其內植物之生長；該計畫取樣調查分析 105 個樣區，將本區區分為厚葉柃木-玉山假沙梨型、柳杉型、臺灣檫樹型、森氏櫟型、臺灣鐵杉型、卡氏槲型、川上氏槲-竹葉楠型、臺灣赤楊型、紅檜型、臺灣黃杉型、臺灣二葉松型、臺灣杜鵑型等 12 型，現今之植群呈現多樣化之鑲嵌式景觀，其原因主要為早期之林業伐木、造林、火燒、崩坍等干擾所造成，在許多地點目前仍停滯於干擾後之草生地階段，亦有部分地點已演替至臺灣二葉松或華山松、臺灣赤楊落葉林之早期森林階段，造林地則主要為紅檜、柳杉、香杉所構成，然本地在國家公園界址碑、觀霧瀑布、大鹿林道東西線等地附近仍保有許多較為原始之植群，即由檜屬、香杉、新木薑子屬、森氏櫟、卡氏槲等植物所構成之天然闊葉林及針闊葉混交林，同時本地在林緣、小稜脊等地常見槭屬、杜鵑屬植物，亦為重要之遊憩景觀資源。

(二)棲地復育理念及操作過程

生態復育是指協助已退化、受損或毀壞之生態系復原的過程(SERI 2004)，但現今之生態復育已成為一日常用語，其定義可分為廣義(*sensulato*)及狹義(*sensu stricto*) (Aronson *et al.* 1993; Choi 2004)，廣義的生態復育意指生態系結構與功能某種程度的回復，並已包含了前述的復健與改造，甚至與一般表達使用的 recover、repair、recreation、mitigation 等用語類似。有關生態復育之各術語之涵義可參考圖 2 的恢復已退化生態系之不同選項(邱清安 2012)，其中，生態系之主要特徵可用功能(function, 如生物量、營養含量及循環)與結構(structure, 如物種與複雜度)予以表示，實線及虛線圓圈分別表示目前真實生態系及具有未知可能性的生態系情況，實線箭號表主動或人類介入的過程(active or human-intervened process)，包括廣義的生態復育之作為，含狹義的復育(restoration)、復建(rehabilitation)、改造(reclamation)等；虛線箭號表被動或自然的過程(passive or natural process)，有可能依生態系之自然演替(natural succession)發展逐漸復原，也有可能更為退化。

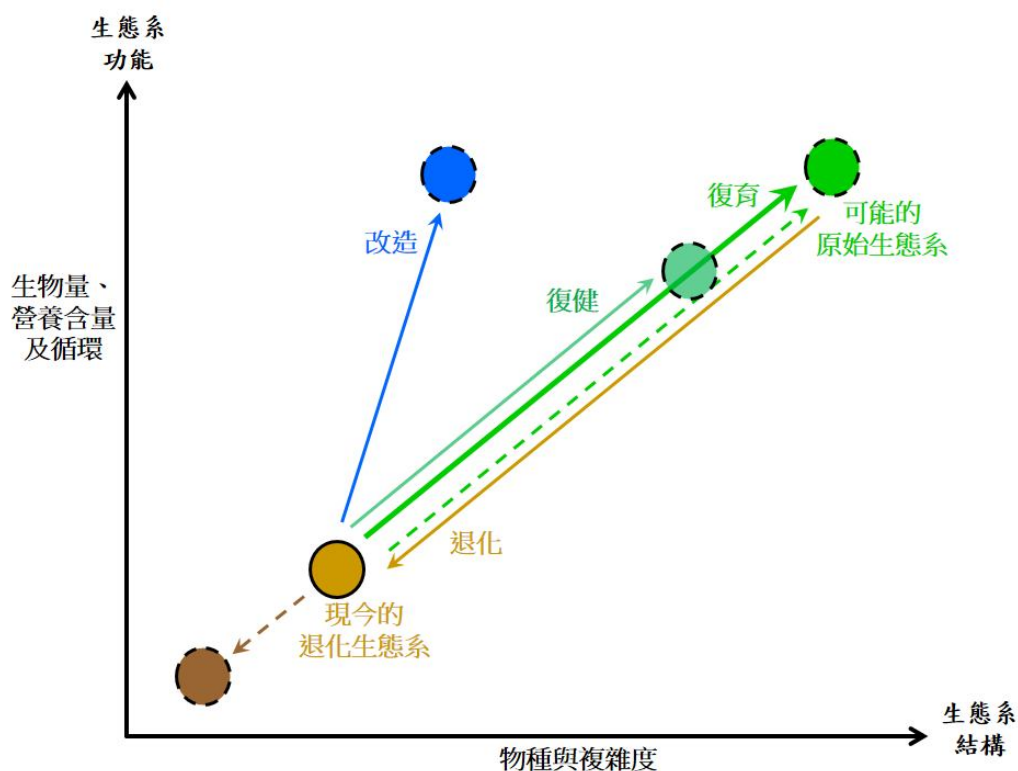


圖 2. 恢復已退化生態系之不同選項，包括復育(restoration)、復建(rehabilitation)、改造(replacement)。生態系之特徵可由功能與結構共同表示，其中，實線圓圈表目前真實生態系情況、虛線圓圈表具有未知可能性的生態系情況；實線箭號表主動或人類介入的過程、虛線箭號表被動或自然的過程(邱清安 2012)。

由於觀霧山椒魚復育棲地位處國家公園境內，因此選擇以狹義的、較嚴謹的復育措施來營造山椒魚之棲地，亦即以退化前之生態系統做為參照模型(reference model)，力求完全恢復原先生態系之結構與功能，因此只採用當地原生物種(甚至當地之種源)，以具有完整及健康的生態系為恢復之目標(邱清安 2012)。有關觀霧山椒魚棲地復育之主要的操作過程，包括：剷除復育棲地上的高山芒→培育蒐集當地原生植物之苗木→種植大葉石櫟等原生樹種苗木→苗木種植完畢後，架設支柱並做為位置標記→復育棲地附近之水溝，挖取枯枝落葉及腐植質→鋪撒枯枝落葉及腐植質，以覆蓋裸露表土並增加潛在植物之種源，亦可能增加未來觀霧山椒魚所需之食物來源→後續調查及監測。

(三)棲地復育之調查與監測

為瞭解觀霧山椒魚復育棲地之植物社會組成情況，以 SOKKIA SET130R3 全測站光波電子經緯儀實施測量，依據控制測量施測之控制點成果實施導線測量，相關圖資經設定投影及座標系統後，轉換至 ArcGIS 地理資訊系統，並對所有林木進行定位、編號及掛牌，記錄各林木之種類、胸高直徑、樹高等資料，以監測各樹種於試驗棲地內之生長與演替情況，及區內主要植物社會之組成與結構的變化。另為瞭解觀霧山椒魚復育棲地內的喬木層與地被層植物組成，於區內內劃設 3 個調查樣區(TH1-3)，全面調查上層及下層所有植物；將野外調查原始資料之植物種類進行編碼，於文書處理軟體中輸入樣區、植物種類代碼、各株之胸徑或覆蓋度後，再轉換成資料庫格式；樣區之植物社會介量以重要值指數值(important value index, IVI)表示。

(四)志工參與及工作假期

觀霧山椒魚棲地復育之執行，除國家公園同仁及研究人員之外，志工亦扮演重要之角色，並以工作假期之形式來實際參與執行，本文謹配合影像簡述其工作紀實。

三、結果與討論

(一)復育棲地之維管束植物清單

經調查觀霧山椒魚復育棲地內之維管束植物種類，共記錄 70 科 112 屬 150 種(含種以下分類群)，各分類群之統計如表 1 所示；其中蕨類植物 8 科 13 屬 17 種，裸子植物 3 科 3 屬 3 種，被子植物中雙子葉植物 52 科 84 屬 116 種，而單子葉植物 7 科 12 屬 14 種。其中薔薇科(Rosaceae)植物為調查中種數為最多者，許多觀霧地區特色植物，如棣慕華鳳仙花、臺灣檫樹、百合豆蘭等，亦已出現於復育棲地內。

表 1. 觀霧山椒魚試驗棲地植物各分類群統計表。

植物類別	科數	屬數	種數(含以下分類群)
蕨類植物	8	13	17
裸子植物	3	3	3
被子植物			
雙子葉植物	52	84	116
單子葉植物	7	12	14
總計	70	112	150

(二)復育棲地之測量與植物監測

圖 3 為以電子經緯儀實施測量，並將所有圖資轉換至 ArcGIS 地理資訊系統，同時針對所有林木進行定位、編號及掛牌，各林木之種類、胸高直徑、樹高等均記錄於屬性資料表內，總計於復育棲地內共記錄 362 株林木，其中較大之林木以原生於此處火燒跡地的台灣二葉松為主，較小之林木則多數為復育移入栽植，各林木之來源亦記錄於 ArcGIS 之屬性資料表內。

監測資料顯示，區內之台灣二葉松於 2012 年開始自然枯死(NO. 7, 25, 34, 64)，在 2013 年亦有 4 株枯死(NO. 13, 65, 77, 86)，而其餘原生於本地的復育移入林木則生長十分快速，可推測未來在觀霧山椒魚試驗棲地中許多原生之闊葉樹將逐漸取代台灣二葉松之生育空間，以阿里山榆為例，其為巨木步道之觀霧山椒魚野外棲地的常見落葉闊葉樹種，目前在試驗棲地內生長情況良好，其每年秋冬之落葉亦如觀霧山椒魚野外棲地為地表腐植質來源之一。

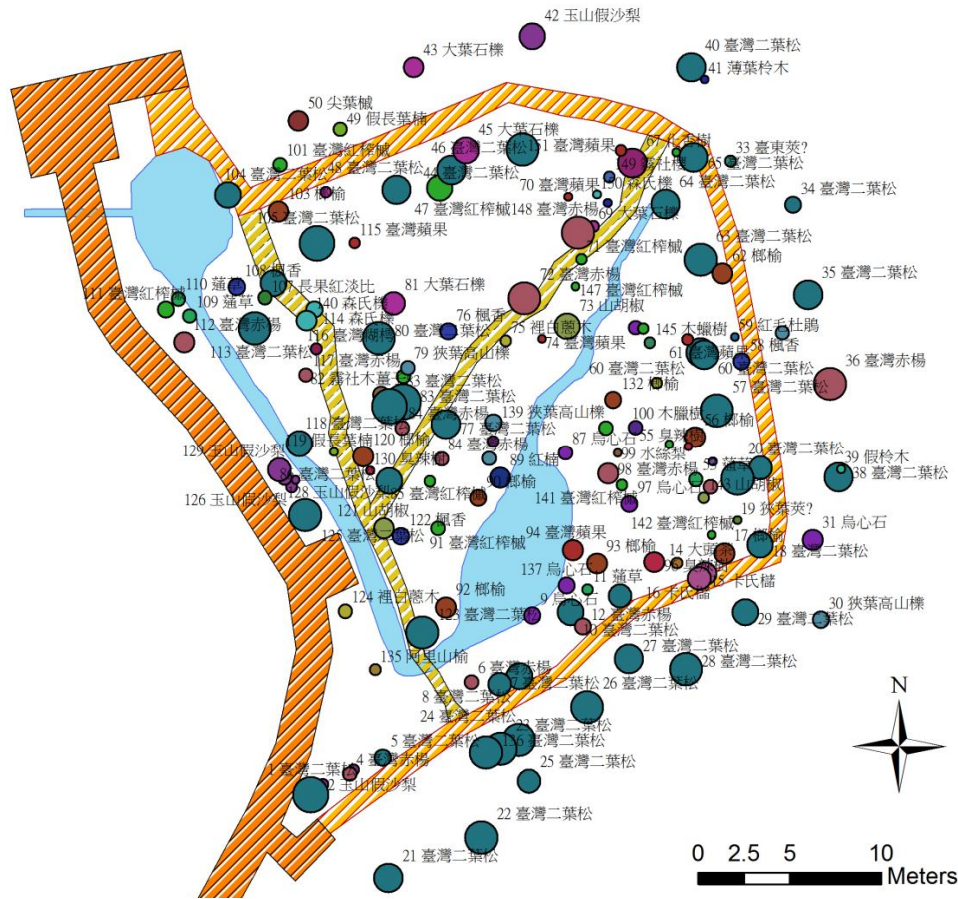


圖 3. 觀霧山椒魚復育棲地之林木種類、大小、位置圖。

表 2 觀霧山椒魚試驗棲地喬木層植物之重要值指數，表 3 為地被層植物之重要值指數。由表 2 可知，目前復育棲地內喬木層仍以陽性樹種臺灣二葉松與臺灣赤楊為主要優勢，另小喬木以玉山假沙梨、大葉石櫟、臺灣紅榨槭、卡氏槭、山胡椒等為優勢，就演替長期來看，小喬木優勢物種將逐漸取代臺灣二葉松與臺灣赤楊。而表 3 之地被層資料顯示，目前主要以火炭母草及臺灣瘤足蕨為優勢，其他如刺萼寒莓、海螺菊、高山芒及戟葉蓼於地被層亦佔有相當比例。

觀霧山椒魚試驗棲地原為火燒跡地，復育前之原有植群於上層主要為臺灣二葉松，下層主要為高山芒，目前經清除地被高山芒及人工移植與自然演替後，目前已有許多原生樹種生長於其間，依據植群演替理論，二葉松將逐漸被本地其他或極盛相樹種取代，未來這些林木將決定試驗棲地之植物社會的組成與結構，每年重新調查以監測林木生長情況，以瞭解各樹種於試驗棲地內之生長與演替情況，及區內主要植物社會之組成與結構的變化。除上述林木監測將決定觀霧山椒魚試驗棲地之上層植物社會的組成與結構，目前試驗棲地內已有甚為豐富之當地原生地被植物生長，但亦仍存在高山芒等未出現於觀霧山椒魚原棲地之植物，及大扁雀麥等外來草種，未來可參酌觀霧山椒魚之原棲地環境，以復育生態學

(restoration ecology)、生態氣候學(ecological climatology)、潛在植被(potential vegetation)和演替理論(succession theory)等相關原則(Perrow & Davy 2002; Miyawaki 2004; SER 2004; Temperton *et al.* 2004; Walker *et al.* 2007; Bonan 2008)，適時適時維護棲地之植物，由管理單位或募集志工執行高山芒、外來草種之人工移除作業，並配合觀霧山椒魚試驗棲地植物之消長隨時調整植被，藉以營造適合觀霧山椒魚生育之環境，同時儘可能多樣化植入觀霧當地之特色植物，以進一步做為環境解說教育之素材。

表 2.觀霧山椒魚試驗棲地樣區喬木層植物之重要值指數(%)

	TH-1	TH-2	TH-3
大葉石櫟	0.0	12.7	4.9
山胡椒	0.0	4.2	18.1
太平山莢迷	38.2	44.6	9.8
水麻	0.0	14.3	10.1
卡氏槭	0.0	0.0	11.7
玉山假沙梨	41.5	5.5	9.2
榔榆	0.0	8.5	15.0
裡白蔥木	2.8	10.3	12.3
臺灣二葉松	95.2	74.6	14.0
臺灣八角金盤	22.0	2.9	0.0
臺灣赤楊	24.1	10.1	52.9
臺灣紅榨槭	20.3	16.5	19.1
蓮草	0.0	0.0	12.7
賽矜木	17.4	12.5	8.7

註：僅列各樣區中喬木層重要值指數大於 10%者為優勢種植物，並以粗體表示。

表 3.觀霧山椒魚試驗棲地樣區地被層植物之重要值指數(%)

	TH-1	TH-2	TH-3
火炭母草	26.9	21.5	16.4
刺萼寒莓	11.3	0.7	1.1
海螺菊	0.0	11.8	1.9
高山芒	16.9	2.6	3.1
戟葉蓼	1.1	14.9	14.8
臺灣瘤足蕨	0.0	13.3	23.9

註：僅列各樣區中地被層重要值指數大於 10%者為優勢種植物，並以粗體表示。

(三)棲地復育操作與工作假期紀實

觀霧山椒魚試驗棲地原為上層二葉松、下層高山芒之火燒跡地，經栽植觀霧

地區原生樹種及草本，並移入多量之枯枝落葉後，目前試驗棲地之整體環境正逐漸接近野外棲地之環境。圖 4A 為復育前之火燒跡地，圖 4B 為剷除高山芒後，自然地形出現之水池，圖 4C 為種植原生樹種、撒佈落葉腐植質，圖 4D 為經復育後之棲地，原生樹種正逐漸取代二葉松，並趨近於山椒魚野外棲地之植物社會。



圖 4. 觀霧山椒魚棲地復育操作：(A)棲地復育前之火燒跡地、(B)剷除高山芒後，自然地形出現之水池、(C)種植原生樹種、撒佈落葉腐植質、(D)經復育後之棲地。

觀霧山椒魚棲地復育之操作，主要是以原生植物改善火燒跡地為觀霧山椒魚之適合環境，並利用具在地特色的植物來豐富棲地之景觀與解說素材，以下為相關之執行細節：

1. 觀霧山椒魚試驗棲地之植被於夏季生長旺盛，某些特殊地點宜適度人工砍草，以仿照野外棲地之環境，若遇有高山芒及外來種大扁雀麥則立即拔除。
2. 在觀霧有許多具有不孕性苞片之植物，如高山藤繡球、狹瓣八仙、假繡球等，其在野外棲地亦常出現，目前試驗棲地內已有高山藤繡球，將再持續補植狹瓣八仙、假繡球等，以使民眾於復育棲地導覽時同時瞭解山椒魚與在地特色植物。
3. 目前觀霧山椒魚復育棲地之周邊植被覆蓋良好，並有石板及木塊等遮蔽物，

因觀霧山椒魚之產卵季為冬天，建議此期間無須進行植被整理工作，除非研究之需要，應減少人為進入及翻動。

4. 試驗棲地之穩定水源為觀霧山椒魚生育及產卵的必要環境，在本區較為乾旱的冬季須確保復育棲地內穩定的水源供應。
5. 界碑上方之原始林與試驗棲地相距不遠，二者之間仍有約 50 m 之不適用於山椒魚生育的二葉松與芒草，為避免試驗棲地形成島嶼化棲地，未來棲地復育之重點應將此處逐步改善為山椒魚適合環境，俾使試驗棲地與野外棲地之間無遷移交流之阻隔。

對於志工參與觀霧山椒魚棲地復育之工作假期，於執行前即經討論後撰寫計畫書，管理處及許多志工對參與後之心得感想亦常於網頁上發布(圖 5)，以下茲以前述原始林與試驗棲地之間松林與芒草地的棲地改善為例，相關執行之重要過程如圖 6 說明：



圖 5. 觀霧山椒魚棲地復育工作假期：討論會議、工作計畫書、網頁訊息。

此計畫藉由舉辦「觀霧山椒魚棲地營造工作假期」活動，號召其他志工及家屬共同參與。由志工採用工作假期方式參與觀霧山椒魚棲地復育計畫後分享之心得與感想的文章中，可發現此一執行模式除了讓志工協助整理環境、加速及營造演化成熟多樣的生態環境外，並亦為後續民間投入山椒魚保育之工作建立一個新的參與機制；此外，志工亦藉由活動的參與獲得「社會支持」、「紓壓」及「增加生態知能」的效益，而藉由志工於解說工作及日常生活中生態復育理念的訊息傳遞，更讓此「工作假期」的活動同時達成生物棲地復育之「保育」與「環境教育」之目標：

1. 「工作假期」活動提供志工連繫情感的社會互動及紓壓效益

參與活動的志工在「工作假期」中與其它的伙伴產生濃郁、溫馨的情感交流，更在活動期間因有共同理念、一起用心付出的愉快的工作氣氛獲得了紓壓的效益。例如負責活動記錄的志工郭鳳嬌即分享：「這兩天，我們玩的滿身泥味，營造了另一個充滿濃濃鄉愁的新棲地；在那裡，我們揮汗的時候說說笑，說笑的時候揮揮汗，溫馨且和氣...」^{註 1}；志工張宏哲更於「山椒魚交響詩」網頁中發表心得：「工作假期~滿滿的收穫~重新認識不同情境之下的夥伴~新棲地~有山椒魚的泥味~營造出相同氣質的解說員~...」^{註 2}。此外，志工莊棟臣亦於網路文章中分享：「...如果山椒魚沒睡著的話，一定以為我們這群老中青少是在遊戲，而不是工作，因為隨時都有歡笑聲此起彼落...」^{註 2}。

2. 「工作假期」活動讓志工真切感受並認同生態的復育理念，增益生態知能

棲地復育工作假期之志工藉由實際參與棲地環境整理及營造的工作，不僅能夠深切感受生態復育之真實內涵，並可藉由親身投入的真實體驗，將相關的生態知識及復育理念內化並增益己身的生態知能。例如負責活動規劃之志工藍梁文即分享：「...藉由實際參與棲地營造的工作經驗及情感的投入，能夠真實地感受並認同這樣的理念，因為有實際親身參與，在解說的過程中，更能言之有物...」^{註 1}。

3. 「工作假期」活動讓志工間接傳遞生態復育理念，發揮「環境教育」效益

參與此次活動的志工除了獲得生態知能的提升外，亦經由實際經驗及情感的深化，將相關保育理念藉由其從事的解說服務工作及與親友相處接觸的機會，進行生態復育理念及訊息的再傳遞，達到「環境教育」的目的。如一位志工即於此工作假期的記錄文章中發表感想：「...我們在從事自然解說工作的人，可能都需要尋找和長期耕耘一種紀錄自然、與自然對話的方式。也許是觀察與繪畫，也許是從植栽與手做當中，不斷累積一些與土地互動的環境參與經驗。透過勞動的汗水、經由工作間的領會與內化，解說的內容將不只是資料彙整與表達技巧，而是根植在自己的生命經驗當中，成為真正能夠感動自己和別人的一段分享...」^{註 2}；另一位志工亦陳述：「...感情的聯結讓藍山的解說服務就像是在說自己的故事，向遊客傳遞對於生命的熱愛與感動。...」^{註 3}。此外，亦有志工分享他的觀察：「...這次開放親子參與，小朋友們像是參加遊戲的熱烈，也在參與中學習模仿大人，傳承了對於自然與生命的熱情。...」^{註 2}。



圖 6. 志工參與觀霧山椒魚棲地復育之工作假期：(A)位處原始林與復育棲地之間松林與芒草地、(B)在工作假期實際施作前之說明及討論、(C)砍除後之高山芒地上部，其地下部快速再萌發、(D)全面挖除高山芒地下部、(E)種植台灣紅榨槭、大葉石櫟等在地原生樹種、(F)至附近溝渠挖取富含各類種子的落葉腐植質、(G)鋪撒枯枝落葉及腐植質，以覆蓋表土並增加當地植物種源，亦可能增加觀霧山椒魚所需之食物來源、(H)做中學學習與情感投入的工作假期。

四、結論

觀霧山椒魚復育棲地已完成測量並標示步道、水域、林木之位置，所有圖資均轉入地理資訊系統中，目前共記錄 70 科 112 屬 150 種維管束植物，已掛牌監測之林木計有 362 株，調查資料顯示原先優勢之台灣二葉松已開始因生長勢衰退而枯死，而因棲地復育所移入的許多當地原生闊葉樹種生長茂盛，就長期演替趨勢來看，觀霧當地原生樹種將逐漸取代原先火燒後形成之臺灣二葉松林相，而逐漸趨近於山椒魚野外棲地之植物社會。本項生態復育工作結合了志工參與之工作假期，以單純的高山芒移除、原生樹種種植、落葉腐植質撒佈等 3 項工作目標來實施，藉由實際參與棲地營造的工作經驗，不僅能夠真切的感受並認同生態復育之理念，也有助於將感受理念分享給一般民眾，同時達成觀霧山椒魚棲地復育之保育目標與環境教育功能。

六、引用文獻

- Aronson J, Floret C, Le Floc'h E, Ovalle C, Pontanier R. (1993) Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. a view from the South. *Restoration Ecology* 1: 8-17.
- Bonan GB. (2008) *Ecological Climatology: Concepts and Applications* (2nd ed). Cambridge University Press, Cambridge.
- Choi YD. (2004) Theories for ecological restoration in changing environment: toward 'futuristic' restoration. *Ecological Research* 19: 75-81.
- Lai JS, Lue KY. (2008) Two new *Hynobius* (Caudata: Hynobiidae) salamanders from Taiwan. *Herpetologica* 64:63-80.
- Miyawaki A. (2004) Restoration of living environment based on vegetation ecology: Theory and practice. *Ecological Research* 19:83-90.
- Perrow MR, Davy AJ (2002) *Handbook of Ecological Restoration*. Cambridge University Press, Cambridge.
- SERI (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group) (2004) *The SER International Primer on Ecological Restoration*. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- Su HJ. (1984) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (2) Altitudinal vegetation zone in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17(4): 57-73.
- Temperton VM, Hobbs RJ, Nuttle T, Halle S. (2004) *Assembly Rules and Restoration Ecology: Bridging the Gap between Theory and Practice*. Island Press,

Washington, D.C.

Walker LR, Walker J, Hobbs RJ. (2007) Linking Restoration and Ecological Succession. Springer, New York.

邱清安 (2012) 復育生態學之初探。中華林學季刊 45(2): 203-212。

邱清安 (2006) 應用生態氣候指標預測台灣潛在自然植群之研究。國立中興大學森林學研究所博士論文。

陳正祥 (1957) 台灣之氣候與氣候分區。台大實驗林林學叢刊第 7 號。

歐辰雄、邵廣昭、曾彥學、吳聲海 (2011) 觀霧山椒魚生態中心及周邊改善工程—工程及周邊環境生態監測。雪霸國家公園管理處評估計畫報告。

【註 1】資料來源：

http://www.cpami.gov.tw/chinese/index.php?option=com_content&view=article&id=13424&Itemid=76

【註 2】資料來源：<http://mypaper.pchome.com.tw/wymeng/post/1322289303>

【註 3】資料來源：

<http://blog.xuite.net/lansan8888/lansan/127079857-%E8%A7%80%E9%9C%A7%E5%B1%B1%E6%A4%92%E9%AD%9A%E6%A3%B2%E5%9C%B0%E7%87%9F%E9%80%A0%E5%B7%A5%E4%BD%9C%E5%81%87%E6%9C%9F+-1-++%E5%BE%9E%E7%99%BC%E6%83%B3%E5%88%B0%E7%A8%AE%E4%B8%8B%E7%94%9F%E5%91%BD%E7%9A%84%E5%B8%8C%E6%9C%9B>

觀霧地區觀霧山椒魚研究成果與未來研究保育構想

吳聲海

國立中興大學生命科學系

摘要

觀霧山椒魚是台灣現生五種山椒魚中海拔分佈最低的一種。體形粗壯，體色深褐色夾雜一些白色斑。自從在 2008 年發表至今，本種的相關生物學、生態學資料極少。自 2012 年，本實驗室在雪霸國家公園觀霧地區調查觀霧山椒魚與其相關的動物、棲地等資料，期間也整理其他小鮡屬相關文獻，並以這些資料初步建構觀霧山椒魚的基礎生物學，並探討觀霧山椒魚研究保育可行的構想。

一、前言

觀霧山椒魚是觀霧地區最具特色的動物，但至今對於其生態環境及相關生物學知識仍嚴重不足。僅知本種分布侷限於台灣中北部山區（桃園，新竹）(Lai and Lue 2008)，生殖季節還未確定。

近三年，我們在觀霧地區連續三年調查觀霧山椒魚以及紀錄棲地環境特性。本文將對觀霧山椒魚在觀霧地區的分布，棲地特性，食性，共域動物等生態資料作一整理，並提出未來研究和保育的構想。

二、材料與方法

山椒魚普查與食性調查：在巨木步道、蜜月小徑、大鹿林道東線、大鹿林道西線、生態中心之試驗棲地等地點，找尋山椒魚。捕獲的山椒魚，先麻醉後再測量吻肛長、尾長、體重、頭寬、尾基寬、尾基高、肋溝數等資料，並將胃含物沖出。胃含物保存於 70%酒精，在顯微鏡下辨認到綱或目。

小鮡屬生殖資料：收集文獻資料，比較小鮡屬溪流生殖的種類體型與產卵數的關係。

山椒魚棲地底棲無脊椎動物調查：收集設定穿越線上底棲無脊椎動物。穿越

線都垂直於溪流走向，在距離水邊 0、5、10、20m 等三或四個距離(依山澗地形決定)，各以兩個落葉袋收集落葉和表土(25 × 25 cm 的落葉層和表土到 3 cm 深度)，之後以柏氏漏斗(Berlese funnel)收集無脊椎動物，所有收集到的動物，昆蟲至少辨認到目，其餘至少辨認到綱，並測量全長。

山椒魚棲地其他脊椎動物調查：爬蟲類於每次白天調查時，沿路記錄所有見到及翻找到之爬蟲類個體；小型哺乳類則是在各溪流和試驗棲地山椒魚樣區，分別放置 60 個籠次的鼠籠，紀錄捕獲的小型哺乳類；在各類棲地架設紅外線自動相機，辨識拍攝到的脊椎動物。

三、結果與討論

觀霧山椒魚目前已知的分布區域有插天山、拉拉山、棲蘭山、霞喀羅山與觀霧(圖 1)(Lai and Lue 2008; 毛俊傑 私人通訊)。除了阿里山山椒魚之外，台灣其他四種山椒魚(台灣、觀霧、南湖與楚南氏山椒魚)都分布在中北部山區，整體範圍是共域，除了南湖山椒魚分佈在更高海拔，另外兩種均可能與觀霧山椒魚共域，但促使牠們在微棲地異域或共域分布的機制、或實際重疊的區域仍尚待研究。

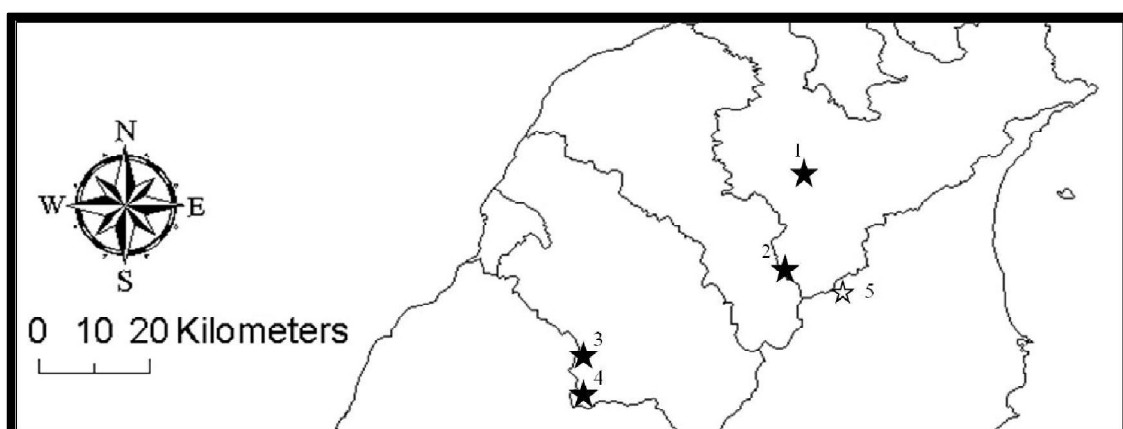


圖 1. 觀霧山椒魚已知分布區域(黑色：Lai and Lue, 2008；白底黑框：訪問資料。地點：1 插天山、2 拉拉山、3 霞喀羅山、4 觀霧、5 棲蘭山)。

在觀霧地區，我們調查發現到觀霧山椒魚的區域有大鹿林道西線、蜜月小徑、巨木步道與試驗棲地，未在大鹿林道東線、榛山步道、及瀑布步道發現。大鹿林道西線和蜜月小徑為香杉林型，冠層為香杉、台灣二葉松；巨木步道為柳杉林型，

冠層主要由柳杉和森氏櫟組成；試驗棲地則是人為栽植的多樣原生植物的環境（歐辰雄 2013），以上三種類型棲地都可以發現山椒魚，地表植栽的差異應該不是影響觀霧山椒魚是否出現的主要因素。大鹿林道東線在我們調查期間沒有發現過山椒魚，在我們調查的範圍內，地表水流形式在東線為二級以上的溪流，且坡度落差較大，如東線 2.1K 處形成約 5 公尺高的小瀑布，3.2K 處有攔砂壩和超過 10 米高的河道落差；而在西線和巨木步道則為一級和二級溪流，並有潮濕的地表；這樣的環境差異可能影響山椒魚分佈。

2013 年七月的颱風造成巨木步道損毀，直到 2014 年三月我們得以進入設在巨木步道的樣區，並捕獲兩隻觀霧山椒魚。颱風對山椒魚棲地、山椒魚數量是否有影響，或有延遲性的影響，或是在這裡的生物已經適應年度波動的環境應該要長時間的紀錄才可以歸納結果。

大鹿林道東支線與樂山林道皆有發現山椒魚的紀錄，但不確定是哪一種（郭承裕 1994）。東支線不在我們調查範圍，目前是否還有山椒魚，以及屬於哪個種類均仍需確認。樂山林道的山椒魚捕獲處在 1994 年同年就已遭到破壞（郭承裕 1994），且樂山林道因通往雷達基地，為維護其持續運作，道路時常在整修，如拓寬或邊坡防護，地表水被引導到水泥化的水溝中或砍除路邊植栽，我們沒有在樂山林道發現山椒魚，人為工程造成的擾動可能是山椒魚不再利用該棲地的原因。

自 2012 年到今(2014)年 3 月，我們共捕獲 63 隻次觀霧山椒魚。牠們的吻肛長與體重非呈直線關係，而為異速生長(圖 2)。為採取組織樣本而剪山椒魚的尾部或腳趾，我們也發現再捕獲個體，尾部可在一年完全再生，腳趾則長到原來一半長度(圖 3)。以往以花紋辨識個體，多是在哺乳類，如用毛皮花紋辨識石虎或用紋路辨識鯨豚類，我們發現觀霧山椒魚成體的花紋(斑點)有個體差異，而且不隨時間改變，可用作個體辨識之用(圖 4)，用來取代以螢光乳膠或剪趾標記法。

小鮎屬主要分布在亞洲溫帶地區，其中屬於溪流生殖類型的有 11 種，台灣

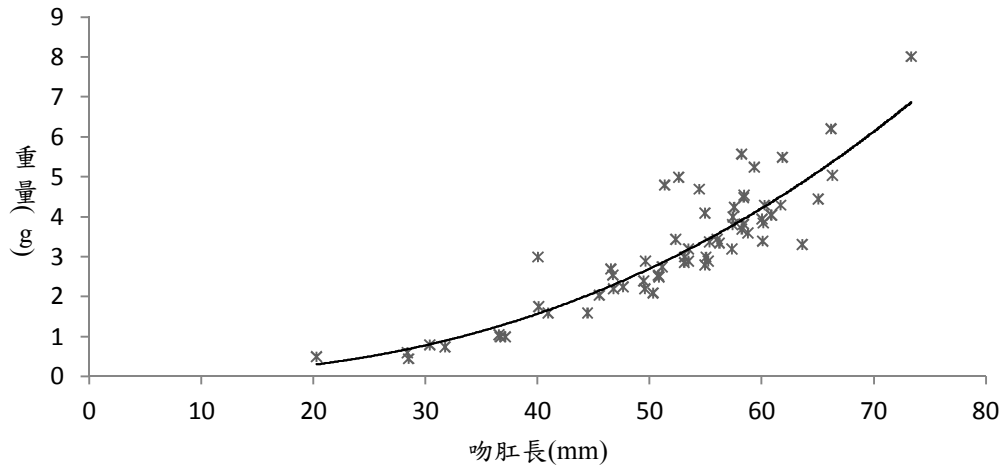


圖 2. 觀霧山椒魚的吻肛長與體重，呈現冪次曲線關係($R^2 = 0.88, p < 0.001$)。

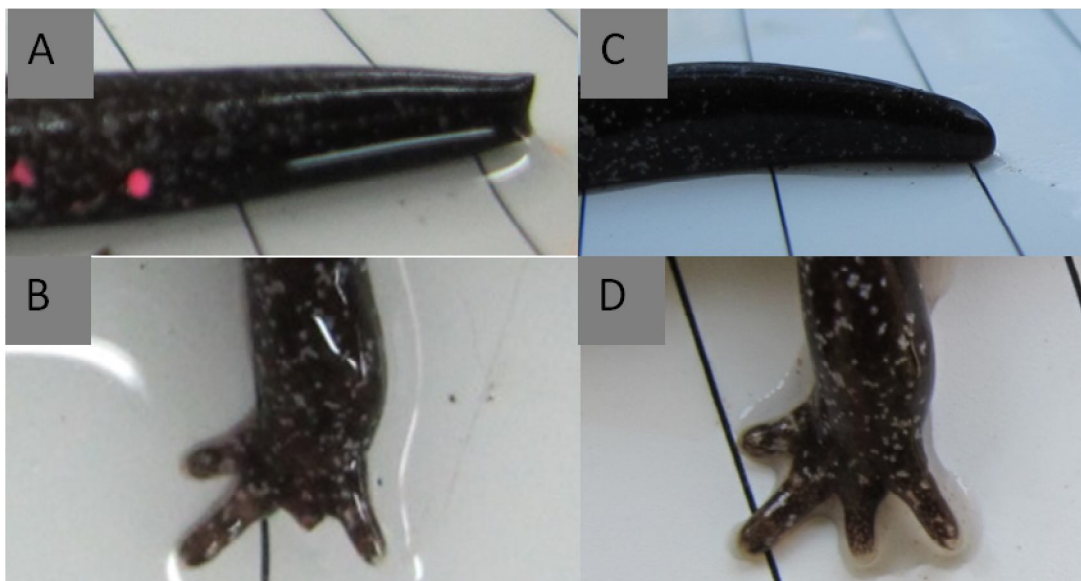


圖 3. 編號 f1309 個體尾部和腳趾再生成情形，拍攝時間：A 與 B 為 2013 年 2 月；C 與 D 為 2014 年 3 月。

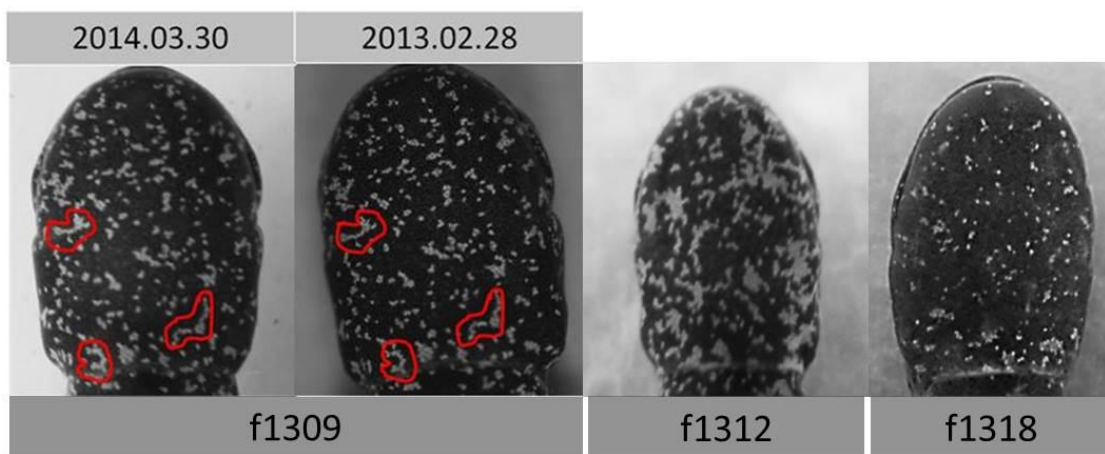


圖 4、編號 f1309 個體不同時間下頷處花紋；與編號 f1313、f1318 比較。

的五種山椒魚也包含在內，這 11 種成體吻肛長在 51-93 mm 間，每次生殖卵的數量在 12-46 顆之間(<http://amphibiaweb.org/>; Fei et al 2006; Hou et al 2010; Kakegawa et al 1989; Oyama 1929)(表 1)，由本屬的種類生殖生態的文獻回顧統計，溪流生殖型的種類，產卵數量與該種的平均吻肛長沒有線性關係(圖 5)，而小鮎屬中屬於靜水域生殖型的 11 種成體平均吻肛長與窩卵數(<http://amphibiaweb.org/>; Fei et al 2006; Gu et al 1999; Ji et al 1987; Kusano 1980; Mi et al 2007; Shen et al 2004; Ye et al 1993; Zhou et al 2006)則有顯著正相關($R^2 = 0.4, p < 0.05$)。此外，小鮎屬溪流生殖形種類產卵均是在山間的緩流處，不同於大鮎科的急流。小鮎屬所有種類均沒有強壯的尾部，護卵的行為在多數物種被觀察到，均無法在急流中久留。

表 2、台灣產山椒魚食性質性資料 (南湖山椒魚缺相關研究)。

	阿里山山椒魚	台灣山椒魚	觀霧山椒魚	楚南氏山椒魚
蝸牛	*	*		*
蚯蚓	*			
蟬蟎目	*	*	*	
蜘蛛目	*	*		*
擬蠍目	*			*
鞭蠍目				*
蜈蚣	*	*	*	*
馬陸	*	*	*	*
鞘翅目	*	*	*	*
彈尾目	*			
革翅目	*			*
雙翅目	*	*	*	*
半翅目	*	*	*	*
膜翅目	*	*	*	*
鱗翅目	*	*		*
脈翅目				*
直翅目	*		*	*
嚙蟲目				*
積翅目	*			
毛翅目	*			*
等足目	*	*	*	*

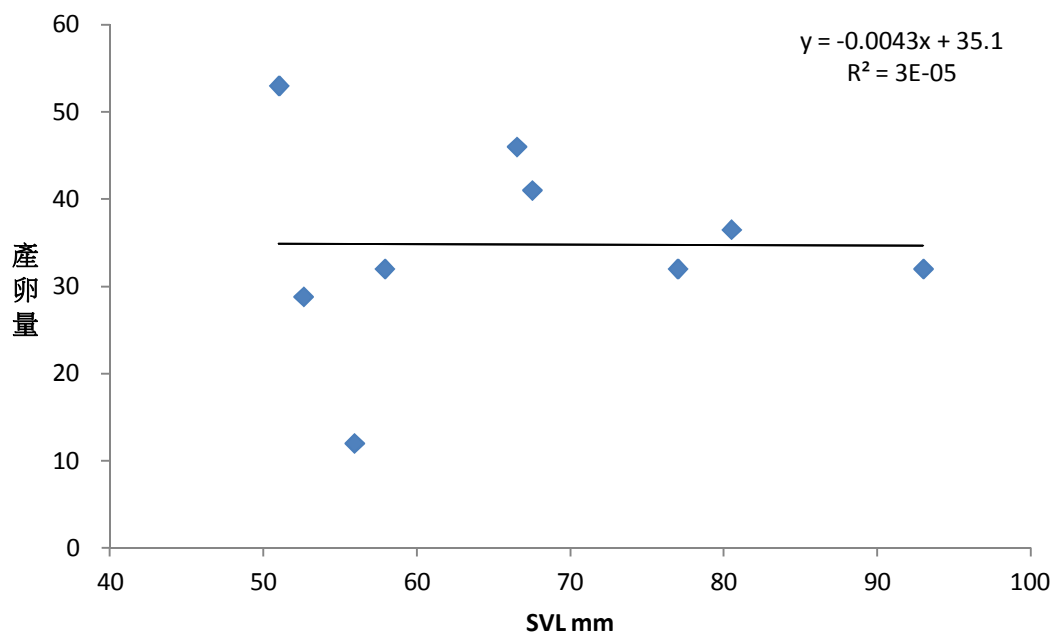


圖 5. 各種溪流生殖型山椒魚之產卵量與吻肛長沒有顯著相關($r = -0.002$, ns)。

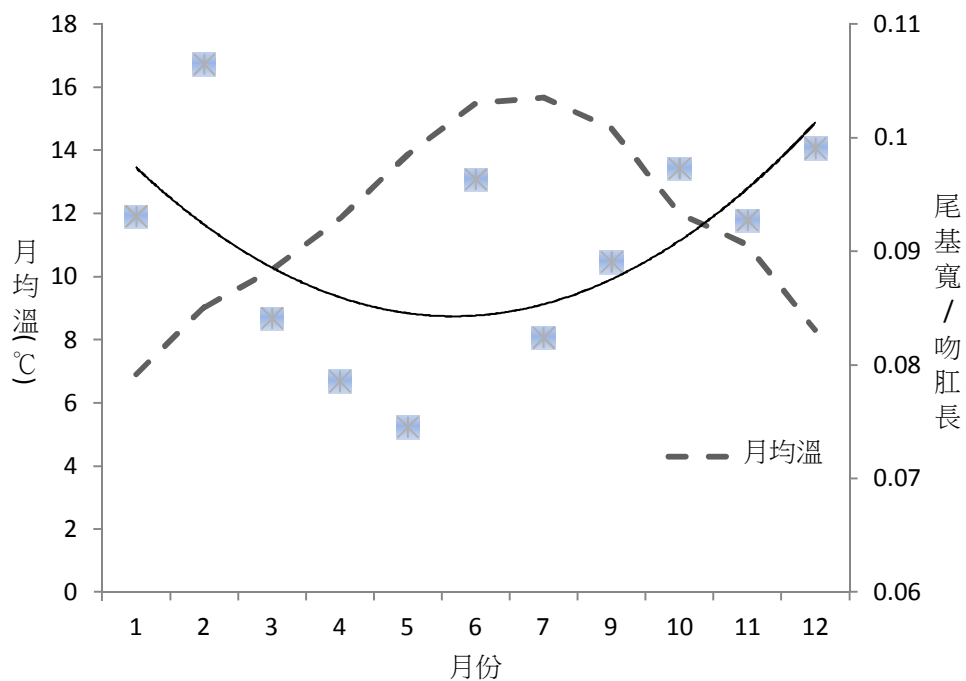


圖 6. 觀霧山椒魚的尾基寬/吻肛長與月份之變化，以二次曲線計算後 R^2 值最大，但不顯著($R^2 = 0.35$, ns)。

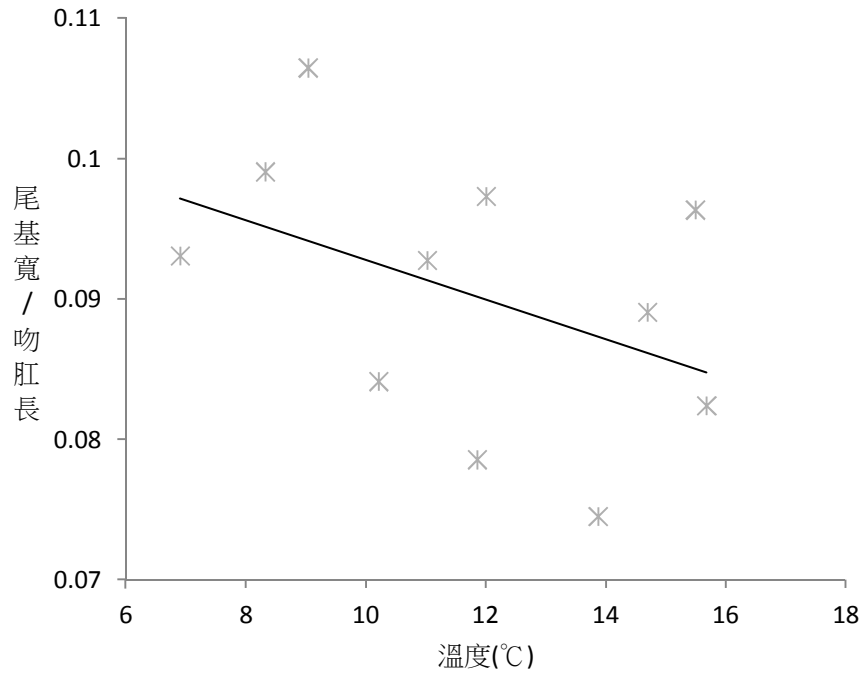


圖 7. 尾基寬/吻肛長之變化與各月均溫呈現負相關，但不顯著($r = -0.44, ns$)。

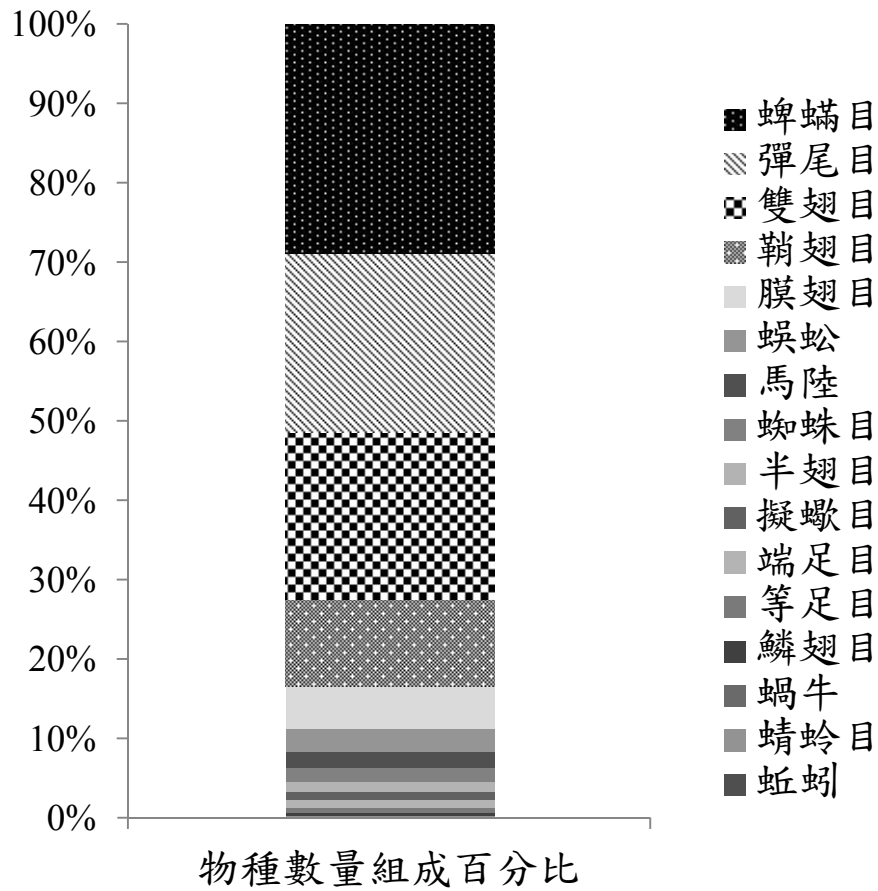


圖 8、觀霧山椒魚棲地的底棲無脊椎動物類群數量百分比。

若以尾基寬除吻肛長當作個體肥胖程度的依據，觀霧山椒魚在夏季的時候比較瘦、冬季比較胖。若與各月均溫比較，觀霧山椒魚亦是在氣溫低的時候比較胖，這樣的情況應該與小鮎屬在冬末春初繁殖有關，但確實的關係仍需更多數據支持(圖 6、7)。

合歡山地區楚南氏山椒魚排遺中獵物類群佔比例最高的三類依序是鞘翅目、蜘蛛目、和雙翅目(共佔 81%)(林春富 等 2009)，不過該種棲息在林木帶以上，與觀霧山椒魚棲息環境差異頗大。一樣棲息合歡山地區的台灣山椒魚獵物類群主要有蜘蛛目、等足目與馬陸(張立宜 2011)。以洗胃方式取得的阿里山山椒魚胃含物，以鞘翅目(17%)、等足目(11%)、鱗翅目(10%)和蜘蛛目(9.3%)為主(林明杰 2007)。而由將近三十年前阿里山山椒魚標本內含物所得的資料，食物包含最多的三類為雙翅目、鞘翅目和等足目(杜與呂 1982)。

以洗胃法和排遺分析調查觀霧山椒魚食性，前者共洗出 6 個類群 9 隻食餌；後者有 6 個類群 50 隻食餌。胃內食餌包含唇足綱、鞘翅目和等足目各兩隻，倍足綱、雙翅目和直翅目各一隻；在排遺中，數量最高的三類依序為膜翅目 22 隻、鞘翅目 17 隻、和半翅目 7 隻。有一些類群只在洗胃或排遺中發現，所以要建構觀霧山椒魚的完整食性，這兩項方法應合併使用。觀霧山椒魚和其他三種山椒魚都有的食物類群有唇足綱、倍足綱、等足類、及四類昆蟲(鞘翅目、雙翅目、半翅目、膜翅目)(表 2)。

在觀霧山椒魚出現地點的其他動物共有底棲無脊椎動物 16 個類群(圖 8)、爬蟲類 6 種、哺乳類 16 種及和鳥類 8 種(表 3)，爬蟲類中短肢攀蜥、麗紋石龍子、台灣蜓蜥、標蛇與高砂蛇為目擊或搜尋發現，黑眉錦蛇為自動相機攝得；哺乳類中以陷阱捕獲的有黃鼠狼、台灣長尾鼯、黑腹絨鼠、森鼠、家鼯鼠與高山白腹鼠等 6 種、自動相機拍攝到的有台灣山羊、山羌、野豬、狗、鼬獾、黃鼠狼、白鼻心、穿山甲、台灣獼猴、森鼠、赤腹松鼠、大赤鼯鼠等 12 種；灰林鴿、深山竹雞、藍腹鵝、金翼白眉、藪鳥、栗背林鴿、青背山雀與白腹鶉等鳥類皆為自動相

機拍攝結果。這些與山椒魚共域的脊椎動物多是保育類或台灣特有種、或亞種。

我們沒有辦法確定山椒魚是不是蛇類的主要獵物類群，因為蛇與山椒魚都是不容易發現的動物，要取得食性的直接證據，可能要在實驗室中飼養蛇類，並提供牠包含山椒魚在內的多樣性獵物種類，觀察蛇會不會把山椒魚當作獵物。或是直接取得野外蛇類的胃含物樣本或排遺，以其中碎片或利用分子生物的方法檢驗其中是否有山椒魚特有的 DNA 片段才有機會得知。

觀霧山椒魚的研究侷限于有限的分布和低族群量。然而高山子遺生物面臨全球氣候變遷的環境壓力，應該對其分佈和族群量改變做更徹底的調查。稀有物種的研究與保育可同時採取就地保育和域外保育兩方向。就地保育以保護棲地為最主要要務，且應同時於棲地內研究山椒魚和其他生物、環境的相互關係，建構更為完整的生態學認識。由於發現山椒魚也需有些運氣，調查和研究宜以跨機關的整合方式為之，以儘速確定各種山椒魚的分佈區域。飼養與繁殖觀霧山椒魚則是域外保育的方法；除了可以藉繁殖增加其族群量之外，將可利用繁殖的個體作為研究其基礎生物學的材料，如再生、生殖、生理等；並可如台灣櫻花鉤吻鮭模式，將山椒魚作為環境教育的材料，增加民眾對高山生態系、子遺物種、環境保育的認識。

表 2、台灣產山椒魚食性質性資料（南湖山椒魚缺相關研究）。

	阿里山山椒魚	台灣山椒魚	觀霧山椒魚	楚南氏山椒魚
蝸牛	*	*		*
蚯蚓	*			
蟬蟎目	*	*	*	
蜘蛛目	*	*		*
擬蠍目	*			*
鞭蠍目				*
蜈蚣	*	*	*	*
馬陸	*	*	*	*
鞘翅目	*	*	*	*
彈尾目	*			
革翅目	*			*
雙翅目	*	*	*	*
半翅目	*	*	*	*
膜翅目	*	*	*	*
鱗翅目	*	*		*
脈翅目				*
直翅目	*		*	*
嚙蟲目				*
積翅目	*			
毛翅目	*			*
等足目	*	*	*	*

表 3. 觀霧山椒魚棲地的爬蟲類、哺乳類、鳥類（保育等級：I 瀕臨絕種；II 珍貴稀有；III 其它應予保育類）。

物種	保育等級	特有性	發現地點
目擊或搜尋發現的爬蟲類			
短肢攀蜥	III	台灣特有種	西線
麗紋石龍子			西線
台灣蜓蜥		台灣特有種	試驗棲地
標蛇		台灣特有種	試驗棲地、東線、西線、巨木
高砂蛇	III		西線
陷阱捕獲的小型哺乳類			
黃鼠狼			生態中心
台灣長尾鮑		台灣特有種	生態中心
黑腹絨鼠			生態中心、試驗棲地
森鼠		台灣特有種	生態中心、試驗棲地、西線、巨木
家鼯鼠			生態中心
高山白腹鼠		台灣特有種	生態中心、巨木
自動相機紀錄物種			
黑眉錦蛇	III	台灣特有亞種	賞鳥步道
灰林鴿			東線
深山竹雞	III	臺灣特有種	東線
藍腹鵲	II	臺灣特有種	東線
金翼白眉	III	臺灣特有種	東線

藪鳥	III	臺灣特有種	東線
栗背林鴿	III	臺灣特有種	試驗棲地
青背山雀	III	臺灣特有亞種	試驗棲地
白腹鶇			試驗棲地
台灣山羊	II	臺灣特有種	東線
山羌	III	臺灣特有亞種	東線
台灣野豬		臺灣特有亞種	東線、試驗棲地
狗			東線
鼬獾		臺灣特有亞種	東線
黃鼠狼		臺灣特有亞種	東線
白鼻心	III	臺灣特有亞種	東線
穿山甲	II	臺灣特有亞種	東線
台灣獼猴	III	臺灣特有種	東線
森鼠		臺灣特有種	東線
赤腹松鼠			東線
大赤鼯鼠		臺灣特有亞種	東線

四、參考文獻

- 杜銘章，呂光洋。1982。十一種台灣產兩棲類食性之研究(包括山椒魚科之臺灣山椒魚)。生利博物館科學年刊 25:225-234。
- 林明杰。2007。阿里山地區阿里山山椒魚食性與棲地利用之研究。國立嘉義大學生物資源學系研究所碩士論文。
- 林春富，葉大銓，吳和錦。2009。以排遺分析探討楚南氏山椒魚的食性。特有生物研究 11:21-25。
- 張立宜。2011。臺灣山椒魚與楚南氏山椒魚棲地及食性資源利用區隔之比較研究。國立臺灣師範大學生命科學系碩士論文。
- 郭承裕。1994。雪霸國家公園觀霧地區步道沿線動物資源、植群及其景觀隻調查研究—動物資源部分。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 歐辰雄。2013。觀霧地區觀霧山椒魚及其相關物種調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- Fei, L., SQ Hu, CY Ye, and YZ Huang. 2006. Fuana Sinica Amphibia Vol. 1. Science Press, Beijing, China.
- Gu, H, X Ma, J Wang, Z Du, and X Lou. 1999. Research on population number and dynamics of *Hynobius amjiensis*. Sichuan Journal of Zoology 18:104-106.
- Hou, WS., Y H Chang, TF Chuang, and CH Chen. 2010. Effect of ecological engineering design on biological motility and habitat environment of *Hynobius arisanensis* at hiht altitude areas in Taiwan. Ecological Engineering 36:791-798.
- Ji, D et al. 1987. Fauna Liaoningica, Amphibia Reptilia. pp. 16-19. Liaoning Science and Technology Press, Shenyang, China.
- Kakegawa, M, K Iizuka, and S Kuzumi. 1989. Morphology of egg sacs and larvae just after hatching in *Hynobius sonani* and *H. formosanus* from Taiwan, with an analysis of skeletal muscle protein compositions. pp. 147-155. In M. Matsui, T.

- Hikida, and R.C. Goris (Ed.), Current Herpetology in East Asia. The Herpetology Society of Japan, Kyoto, Japan.
- Kusano, T. 1980. Breeding and egg survival of a population of a salamander, *Hynobius nebulosus tokyoensis* Tago. Researches on Population Ecology 21:181-196.
- Lai JS., and KY. Lue. 2008. Two new *Hynobius* (Caudata: Hynobiidae) salamanders from Taiwan. Herpetologica 64:63-80.
- Mi, XQ., XJ Deng, KJ Guo, YD Niu, and Y Zhou. 2007. Early embryonic development of *Hynobius guabangshanensis*. Sichuan Journal of Zoology 26:377-378.
- Oyama, J. 1929. Some embryological notes of *Hynobius naevius*. Copeia 173:92-94.
- Shen, YH, XJ Deng, and B Wang. 2004. A new hynobiid species *Hynobius guabangshanensis* from Hunan Province, China (Amphibia: Hynobiidae). Acta Zoologica Sinica 50:209-215.
- Ye, CY, L Fei, and SQ Hu. 1993. Rare and Economic Amphibians of China. Sichuan Publishing House of Science & Technology, Chengdu, China.
- Zhou, H, AW Jiang, and DB Jiang. 2006. A new species of the genus *Hynobius* from Guangxi Zhuang Autonomous Region, China (Caudata, Hynobiidae). Acta Zootaxonomica Sinica 31:670-674.