

摘要

一、研究緣起

眾多研究已顯示氣候變遷確實會對陸域動物的分布造成影響，特別是居住在極地以及高海拔地區的生物。為了監測氣候變遷對陸域動物的影響，本計畫嘗試利用高海拔鳥類的降遷行為，發展統計模式，用以監測氣候變遷對陸域動物所造成的影響。我們分別於繁殖季與非繁殖季調查玉山地區高海拔鳥類的海拔分布狀況，再根據各鳥種在兩季節間的降遷行為發展監測模式。

二、研究方法

野外調查以塔塔加為基地（海拔 2600m）進行資料收集，往上走主峰線至圓峰山屋上方約 3800m 處，往下則沿楠溪林道調查到大崩塌處，海拔約 1800m。繁殖季於 5、6、7 月各做了 1 次調查，非繁殖季則完成 9-12 月 4 次調查。我們在天亮後 4 小時內做沿線穿越線調查，並於海拔每 100 公尺整處架設錄音設備，再於隔天回程時收回監聽。此研究採人員調查與錄音監測並行，以便能詳細掌握兩季節間各鳥種在不同海拔梯度上的分布狀況。之後再將各鳥種在穿越線及錄音檔上出現的數量繪製成海拔分布圖，並進一步以 ROC curve 比較各鳥種在非繁殖季 9-12 月的海拔分布與繁殖季間的差異。此外，我們也計算各鳥種的海拔分布中心，再以 paired *t* test 檢定非繁殖季各月份的海拔分布中心與繁殖季間的差異。

三、重要發現

從海拔分布圖中，可以看出有些鳥種如栗背林鴿 (*Tarsiger johnstoniae*) 及酒紅朱雀 (*Carpodacus formosanus*) 等確實做了相當幅度的降遷。ROC curve 進一步顯示栗背林鴿在 9 月及 10 月的曲線已明顯低於繁殖季的參考線，到了 11 及 12 月又更降低了些。不過還是有一些鳥種，如灰頭花翼 (*Fulvetta formosana*) 及白眉林鴿 (*Tarsiger indicus*) 等，在非繁殖季的海拔分布與繁殖季間並沒有太大的變化。另外針對 16 種樣本數較大的鳥種做分析，比較繁殖

季與 9-12 月各月海拔分布中心的差異，發現 9 月份海拔分布中心平均下降了 16.4 公尺，10 月份下降了 43.6 公尺，但統計上皆未達顯著差異(paired t test, $P > 0.05$)；而 11 月份海拔分布中心平均下降了 107.9 公尺(paired t test, $t = 2.33$, $P < 0.05$)，12 月份更下降到 131.7 公尺(paired t test, $t = 2.49$, $P < 0.05$)，兩者皆達顯著差異。可見玉山地區鳥類的降遷現象要到 11 月才較能明顯感受得到。

四、主要建議事項

1. 本調查以海拔 100 公尺為區間，詳細記錄玉山地區各鳥種的海拔分布，對於高海拔留鳥的海拔分布有一較精準的計算和掌握，可作為未來監測氣候變遷對鳥類分布之影響的基礎參考資料。
2. 本調查可進一步繪製出高海拔鳥類在繁殖季及非繁殖季的海拔分布圖，對解說和賞鳥活動將會是很實用的資訊。
3. ROC curve 能敏銳地呈現高海拔鳥類降遷的程度，一旦鳥類開始降遷，即可在圖上看出往下偏移的情形，此方法有潛力作為監測氣候變遷影響鳥類海拔變化的分析工具。建議玉山國家公園管理處可於 5-10 年後再重做一次調查，即可判定出氣候變遷的影響。

關鍵詞：高海拔鳥類、海拔分布、降遷、穿越線調查、錄音監測、氣候變遷

Abstract

Many studies have shown that climate change influence the distribution of terrestrial animals, especially for those that live in areas of high latitude or altitude. This project tried to find a way in monitoring the impact of global warming on altitudinal migration of alpine bird species. We conducted transect survey and acoustic monitoring along trails from 1800 m to 3800 m above sea level to collect altitudinal distribution data of alpine bird species in breeding and non-breeding seasons. ROC curves and paired t tests were applied to compare altitudinal distributions of breeding season with that from each month in non-breeding season for each alpine bird species. We found that altitudinal distribution of some species like Collared Bush-Robin (*Tarsiger johnstoniae*) and Taiwan Rosefinch (*Carpodacus formosanus*) descended along mountain slope clearly in November and December. However, some other species like Taiwan Fulvetta (*Fulvetta formosana*) and White-browed Bush-Robin (*Tarsiger indicus*) showed very similar altitudinal distribution between the breeding and non-breeding seasons. ROC curve was sensitive to illustrate the change in altitudinal distribution of alpine birds and with great potential to monitoring the impact of climate change on altitudinal migration of alpine birds. We suggest conducting regular surveys at an interval of 5-10 years and make comparison with this year's baseline data.

Keywords: Alpine birds, altitudinal distribution, descending migration, transect survey, acoustic monitoring, climate change

一、計畫緣起及目的

高海拔鳥類是玉山國家公園最具有代表性的一群鳥類，也是受全球氣候變遷影響最嚴重的鳥類，因此值得將其獨立出來，視為一特殊生物類群來加以研究。丁宗蘇及李培芬(2012)發現六種生活於高海拔草原中的鳥類，包括栗背林鴿(*Tarsiger johnstoniae*)、臺灣叢樹鶯(*Bradypterus alishanensis*)、臺灣朱雀(*Carpodacus formosanus*)、黃羽鸚嘴(*Paradoxornis verreauxi*)、鷓鴣(*Troglodytes troglodytes*)、及深山鶯(*Cettia acanthizoides*)，就有四種(栗背林鴿、臺灣叢樹鶯、黃羽鸚嘴、深山鶯)在繁殖季的海拔分布上限顯著高於 20 年前的調查記錄。顯示氣候溫暖化似乎已對高海拔鳥類造成相當的影響，因此有必要針對所有高海拔鳥類做一番檢視。

雖然已有不少論文或報告(翟鵬 1977，沙謙中 1986，王穎及陳炤杰 1992，劉良力及印莉敏 2002，許皓捷 2003，陳炤杰等 2010，賴思傑 2012，丁宗蘇及李培芬 2012) 曾報導高海拔鳥類降遷的現象，但不同鳥種常表現出不同程度的降遷。例如有部分鳥類到了冬天仍會留在高山上，有些則會降到很低的海拔，因此光是降遷這一項行為就充滿多樣性。另外，就各鳥種而言，整個族群降遷的比例是多少？而降遷的個體到底可以降遷到多低，以及降遷後在各海拔的分布頻度等，至今仍然沒有一個明確的數據。因此降遷現象的定量化，以及從中發展出足以有效偵測出氣候變遷對高山鳥類降遷影響的模式是很值得投入的研究項目。對於多山的台灣，高海拔鳥類的垂直遷移現象本具有其獨特性，若能以此發展出監測氣候變遷的模式，更是獨步全球，這也是本研究想嘗試的部分。

塔塔加遊憩區屬高海拔地區，是公路可達最接近玉山的區塊，也是園區內遊客最多的地方，因此高海拔鳥類也最具有玉山代表性，是玉管處應該特別下工夫的一群鳥類，因此我們也會在調查的過程中盡量收集牠們的生活史資料，以對高海拔鳥類有更進一步的認識，彌補目前圖鑑及網頁中缺乏野外觀察資料的窘境。生活史資料的不足也是幾年前我們在做玉山鳥類網頁時遇到最感困難及無力感的地方(陳炤杰等 2009)。

玉山為東亞第一高峰，玉山的鳥類當然具有其特殊的演化地位，玉山地區除了擁有台灣全部 25 種特有種鳥類之外(楊玉祥等 2014)，很多種類是歐亞大陸同種鳥類中分布在最東邊

的族群，如灰喉山椒 (*Pericrocotus solaris*)，青背山雀 (*Parus monticolus*)，樹鵲 (*Dendrocitta formosae*)，紅嘴黑鶇 (*Hypsipetes leucocephalus*)，白環鸚嘴鶇 (*Spizixos semitorques*)，棕面鶇 (*Abroscopus albogularis*)，黃羽鸚嘴，白眉林鶇 (*Tarsiger indicus*)，白尾鶇 (*Myiomela leucura*)，綠啄花 (*Dicaeum minullum*)，褐鶇 (*Pyrrhula nipalensis*) 及灰鶇 (*Pyrrhula erythaca*) 等，或是同種中分布在最南邊的族群，如煤山雀 (*Periparus ater*)，赤腹山雀 (*Poecile varius*)，大赤啄木 (*Dendrocopos leucotos*)，星鴉 (*Nucifraga caryocatactes*)，深山鶇，岩鶇 (*Prunella collaris*) 等(劉小如等 2012)，玉山鳥類的特殊性由此可窺見一斑。不過台灣 150 種留鳥裡面真正被當作論文題材研究過的也不過 30 種左右，因此我們對於大多數本地留鳥的詳細生活史資料所知仍非常有限。因此在留鳥生態知識的提升上還有很大的進步空間，是非常值得投入的工作。至少我們要把 25 種台灣特有種及 58 種特有亞種鳥類的生活史資料做較完整的收集，才算盡到國際生物多樣性保育的責任。

本計畫採人員調查與錄音監測並行，以便能充份掌握兩季節間各鳥種在各海拔梯度(以 100 公尺為級距)上的分布狀況。錄音監測可大幅增加在各海拔梯度的調查時間，能彌補人員調查在現場停留時間(一般 ≤ 10 分鐘)上的限制(附錄 4)。例如底棲性鳥種，如台灣叢樹鶇、白尾鶇及小翼鶇 (*Brachypteryx montana*) 等，在穿越線調查時較不易發現；但錄音間測都可發現其存在，且效果不錯。兩種調查方法相輔相成，對於各鳥種降遷的狀況應能充分掌握。

若在繁殖季，其效果一般會比人員在現場調查 6-10 分鐘來得好。但非繁殖季時因多數鳥類不太鳴叫，還是得靠人員調查才能有較完整的記錄。此兩方法相輔相成，應該會得到較準確的海拔分布資料。不過因錄音檔得靠專人監聽轉譯內容，相當耗費人力，因此只能抽樣部分時段出來監聽轉譯。

二、計畫工作項目

因鳥類有明顯的繁殖季與非繁殖季，因此調查工作也會分兩季進行，主要工作項目如下

1. 調查高海拔留棲性鳥類在繁殖季及非繁殖季的海拔分布
2. 以高海拔鳥類降遷現象發展一套偵測氣候變遷影響的統計模式
3. 收集高海拔留棲性鳥類的生活史資料

三、工作方法及步驟

1. 研究地點

玉山園區高海拔鳥類海拔分布的調查工作以塔塔加（海拔 2600 m）為基地，往上走主峰線調查至圓峰山屋上方海拔約 3800m 處，往下則沿楠溪林道調查到大崩塌處，海拔約 1800m 處（圖 1）。這 2000 公尺海拔範圍能涵蓋大多數高海拔鳥類在繁殖季的海拔分布範圍以及在非繁殖季時降遷後的海拔分布範圍。

5 月第一次調查後，發現靠近塔塔加鞍部之調查路線上較少森林分布，所以從 6 月份起在北向坡的雲杉林(2600 m)及鐵杉林(2700 m)中增設兩個錄音站，以取得該海拔帶具代表性林型的鳥類資料；此外在 3700m 也加設錄音站以密切監測岩鸚(*Prunella collaris*)的動向。

2. 野外調查方法

本計畫已於繁殖季 5、6、7 月各完成一次調查，非繁殖季 9-12 月完成另 4 趟調查。8 月份因雨勢連連，兩次上山皆無法完成調查。不過 8 月份因介於繁殖季與非繁殖季間的過渡期，因此對整個資料的呈現影響並不大。

穿越線調查法一般是沿著一條選定的步道做沿線調查，記錄兩旁固定範圍(如 100 m)內的鳥類(Bibby et al. 1992, 許富雄 2001)。在此計畫中，就是調查從海拔 1800 m 到 3800 m 沿途遇到的鳥類。穿越線調查都在天亮後 4 小時內進行，記錄沿線鳥類的種類、數量、察覺方式(看到或聽到)、雌雄、成幼、距步道距離(以 10 公尺為級距)、並以 GPS 詳細定位座標及海拔高度。因步道涵蓋範圍相當長，因此每個月我們都是分兩次進行調查，一次從塔塔加往上調查到圓峰山屋，另一次則從塔塔加往下到楠溪工作站，夜宿一晚，隔天再往回做調查。

在此穿越線上，我們也同時以錄音監測的方式進行調查(姜博仁等 2009)。從海拔 1800 m 到 3800 m 每 100 公尺海拔處架設一台錄音機(Sony M10)，於第一天穿越線調查時沿線架設錄音機，並於隔天回程時收回。錄音雖能長時間記錄當地鳥類組成，但監聽卻相當耗費人力，因此目前我們僅截取清晨及黃昏各一個小時的資料出來監聽，以 10 分鐘為一個單位記錄該時段出現的鳥種。

因穿越線資料沿海拔梯度呈線狀分布，而錄音資料則是每 100 公尺一站成固定間隔排列，因此製作各鳥種海拔分布圖時，我們將穿越線資料以每 100 m 海拔(如 2600 m)上下各 50 m 的記錄合併為一個區間(interval)看待，這樣才能夠跟每 100 公尺一個錄音站的錄音資料相比較。最後再以各鳥種在穿越線及錄音資料上出現的數量繪製海拔分布圖。

3. 以高海拔留鳥降遷現象發展一套監測氣候變遷的統計模式

高海拔鳥類在繁殖季及非繁殖季的海拔分布資料將進一步分析，以便發展出一套可用於監測氣候變遷的統計模式。各鳥種海拔分布型態(如常態分布)、降遷的比例、降遷距離，以及繁殖地與度冬地間的溫度差距等，都將納入考量，以發展一個統計模式或估算出一個指標，用來評估各鳥種受氣候變遷影響的程度。

我們對此統計模式的構想，如圖 2 所示。圖中為某個別鳥種在七次調查中的海拔分布。統計上，這個分布指的是一個”機率分布”。我們可以把繁殖季 3 次調查的分布分別記為 B_1, \dots, B_3 ，而非繁殖季的 4 次調查記為 N_1, \dots, N_4 。鳥類在繁殖季因為受到巢位的牽絆，海拔分布一般較穩定，所以 3 個分布應該會大同小異；非繁殖季則因受氣候影響會慢慢降遷至較低海拔，變化較大些。繁殖季的 3 個分布 B_1, \dots, B_3 也許可以整合成一個 B ，當作對照組。當然可取非繁殖季的任何一個分布 N_i 來與 B 做”比較”，此即統計上的檢定。比較 B 和 N_i 兩個分布($i = 1, \dots, 4$)[$H_0: B=N_i$]，我們便可以看出降遷現象主要是發生在哪一個月份，也可以藉以判定出各鳥種降遷的程度。

ROC curve 是一個無母數的雙樣本比較方法(two-sample comparison)，可用來比較兩個分布是否一樣(Fawcett 2006, Metz 2008)。ROC curve 分類矩陣中出現陽性(true positive)的比例為 sensitivity，陰性(true negative)的比例叫 specificity。以 $1-\text{specificity}$ 為 X 軸，sensitivity 為 Y 軸所繪製出來的曲線便是 ROC curve。我們以 ROC curve 來比較各鳥種在 9 月到 12 月的海拔分布資料與繁殖季的差異。一般 ROC curve 的畫法會以斜對角線為參考線，當非繁殖季某月份的曲線落在參考線下方時，即表示該鳥種在該月份的分布比繁殖季稍微往海拔低的地方移動了些。反之，若曲線落在參考線的上方時，則表示該鳥種的分布比繁殖季往海拔較高的地

方移動了些。曲線與參考線所夾的面積(area under curve, AUC 值)越大，即表示差異越大 (Fawcett 2006)。

此外，我們也計算各鳥種的海拔分布中心 $A_{mid} = \sum P_i A_i$ ，其中 P_i 為某鳥種在第 i 個海拔梯度出現數量的百分比， A_i 為第 i 個海拔梯度的海拔高度中間值(許皓捷等 2007)。因此海拔分布中心即各鳥種在 1800m 至 3800m 出現頻度的加權平均值，可代表該鳥種在此調查範圍內出現的海拔高度中心點。但因穿越線與錄音監聽兩方法取樣頻度不盡相同，但調查資料又各具特色，因此我們先將兩組資料以 1:1 的權重加以整合，再下去算海拔分布中心。之後，再用 paired t test 檢定樣本數較多的 16 種鳥類看其在 9-12 月份的海拔分布是否與繁殖季的海拔分布具有顯著差異。

4. 收集高海拔留棲性鳥類的生活史資料

在同樣的調查路線上，於調查過程中時間允許的情況下或於回程時，會順道收集鳥類生活史資料。這部分會需做行為觀察，詳細記錄各鳥種的覓食行為、食性、棲地利用、繁殖週期、巢位資料等，並盡量收集數位資料，如鳴叫聲錄音、巢位照片及行為錄影等。

四、結果與討論

本計畫共完成繁殖季三次(5、6、7 月)調查，及非繁殖季四次(9、10、11、12 月)調查，9-10 月份資料可視為秋季，而 11-12 月份則為冬季。各鳥種海拔分布圖依繁殖季、秋季及冬季三個時期做圖比較；ROC curve 則針對高海拔鳥類比較其繁殖季與 9-12 月各月份海拔分布的差異。

1. 高海拔鳥類在繁殖季的海拔分布

在高海拔地區，5、6、7 月皆屬一般森林鳥類的繁殖季，鳥類的活動主要集中在繁殖上，因此都以巢位或領域為活動中心，因此各鳥種的海拔分布中心差異很小，幾乎都在 10 公尺以內。因此我們將 5-7 月資料合併為繁殖季海拔分布資料，作為與非繁殖季鳥類降遷後海拔分

布之比較。我們也將高海拔鳥類在繁殖季的海拔分布與丁宗蘇(1992, 2014)在玉山地區的調查結果做一比較，發現除了岩鷄及鷓鴣外，火冠戴菊鳥 (*Regulus goodfellowi*) 及煤山雀也明顯較 1992 年的調查升高不少(表 1)。顯示除了底層鳥類之外，樹冠層鳥種似乎也受到氣候溫暖化的影響。但深山鶯、栗背林鴿以及金翼白眉 (*Trochalopteron morrisonianum*) 卻是下降了 100 公尺以上。探究原因，可能是本調查與丁宗蘇(1992, 2014)在樣點設置的方式上不同所致，兩者強行比較，較不具意義，但丁宗蘇(2014)與丁宗蘇(1992)的調查方式一致，統計上較具有意義，可見高海拔鳥類在繁殖季的分布確實比 20 年前往上移動了些(表 1)。

我們進一步將各鳥種海拔分布上、下限與丁宗蘇(1992)的調查結果做一比較，樣本數較大的 23 種鳥類中，有 7 種海拔上升，3 種下降，3 種海拔範圍擴大了，另外有 2 種海拔範圍卻是壓縮變窄了(表 2)。海拔範圍壓縮的是小翼鶉及台灣叢樹鶯，分別縮小了 810 及 600 公尺之多。廖煥彰等(2014)發現台灣叢樹鶯海拔上限可達 3581 m，但本調查最高只在 2800 m 記錄到，差異甚大。有可能是本計畫的調查路線較缺乏台灣叢樹鶯的棲息地，因此記錄到的數量很有限。

另外再將各鳥種繁殖季海拔分布上、下限與許皓捷(2003)的資料做一比較，發現海拔上升的有 10 種，下降的有 4 種，海拔範圍壓縮的有 2 種(表 3)。從與這兩份文獻的比較結果來看，海拔分布往上升的種類明顯比下降的多，顯示部分中、高海拔鳥類的繁殖範圍確實有往上抬升的趨勢(丁宗蘇 2014，廖煥彰等 2014)。此外，海拔範圍壓縮的兩種鳥類也同樣是小翼鶉及台灣叢樹鶯，分別縮小了 1170 及 1300 公尺之多。不過許皓捷(2003)的資料遍及全台，海拔下限遠低於本調查下限(1800m)，因此較不具參考價值。不過小翼鶉及台灣叢樹鶯是否也是受氣候變遷之影響而縮小分布範圍，或是因為近年來中、高海拔森林底層遭草食性哺乳動物大量啃食而影響到底層鳥類了生存空間(翁國精 2011)，都是非常值得進一步深入調查研究的課題，因此小翼鶉及台灣叢樹鶯是未來值得特別注意監測的指標物種。

高海拔鳥類中，本計畫調查到的栗背林鴿海拔上限皆較往年資料還高，顯示該鳥種確實有上移的現象。這與廖煥彰等(2014)研究高山草原鳥類海拔分布變化之結果一致，然其草原樣區僅設到 3632 m，本調查更往上推移至 3800 m。不過廖煥彰等(2014)也曾提到曾在 3945 m

看過栗背林鴿，足見栗背林鴿的繁殖範圍幾乎已達玉山山頂，正是未來最容易受氣候變遷影響的敏感物種，值得持續觀察注意。另外白眉林鴿的海拔上限也都較以往高，已達 3800m，同樣是值得關注的鳥種。岩鷓的海拔分布也有往上的趨勢，在本次調查中，除了繁殖季曾在 3400 公尺記錄過外，到了秋、冬季，幾乎都限縮到海拔 3700-3800m 處，可能降遷到其他山頭去了，不過岩鷓數量較以往稀少，是否會遭遇瓶頸效應 (Brooker 2012)，同樣值得關切。

2. 中、高海拔鳥類繁殖季與非繁殖季海拔分布之比較

針對 16 種樣本數較大的鳥類，比較其繁殖季與 9-12 月各月之海拔分布中心的變化情形(表 4)，發現 9 月份海拔分布中心平均下降了 16.4 公尺，10 月份下降了 43.6 公尺，但統計上皆未達顯著差異(paired t test, $P > 0.05$)。與繁殖季相比，11 月份海拔分布中心平均下降了 107.9 公尺(paired t test, $t = 2.33$, $P < 0.05$)，12 月份更下降了 131.7 公尺(paired t test, $t = 2.49$, $P < 0.05$)，兩者皆達顯著差異。可見玉山地區鳥類的降遷現象要到 11 月才能明顯感受得到，此時氣溫已較夏季時下降了 3-4 度，到了 12 月時更下降了 6 度以上(圖 3)。根據陳仁真等(2013)之推測，在雪山地區當氣溫下降到 3°C 時，鳥類會因受不了低溫而紛紛降遷下去。2015 年玉山北北峰氣象站持續幾天出現這種低溫的日期是在 10 月底到 11 月初，這可能就是為什麼我們在 9 月及 10 月都未明顯感受到高海拔鳥類降遷的原因，而 11 月之後降遷就明顯許多的原因。

從數據上來看，有些鳥種明顯下降許多，另外也有一些鳥類則變化不大(表 4)。例如栗背林鴿到了 12 月海拔分布中心已下降了 643 公尺，酒紅朱雀 474 公尺，鷓鴣 295 公尺，深山鶯 281 公尺，冠羽畫眉 (*Yuhina brunneiceps*) 272 公尺；另外白尾鴿，台灣叢樹鶯和黃羽鸚嘴等甚至已不見蹤影，可能已降到中海拔去了，超出本調查下限的海拔 1800 公尺；或是因為非繁殖季停止鳴叫，所以非常不容易發現牠們，而沒有紀錄。不過從過去的繫放經驗中，白尾鴿到了秋冬季，確實會大量出現在低海拔山區的記錄(台灣鳥類繫放資訊網)。

從圖 4-22 各鳥種繁殖季(5-7 月)與秋季(9、10 月合併)及冬季(11、12 月合併)海拔分布的比較中，更容易看出降遷的變化。中海拔鳥類如白尾鴿(圖 7)到了 11 月已不見蹤影，其他僅

冠羽畫眉有較明顯的降遷行為(圖 10)，而青背山雀(圖 4)和白耳畫眉 (*Malacias auricularis*) (圖 5)似乎有反降遷的現象。白耳畫眉在 12 月時在 2600m 附近相當普遍，推測可能跟當地玉山假沙梨(*Photinia niitakayamensis* Hayata)結果，出現大量食物有關。高海拔鳥類則以栗背林鴿(圖 17)及酒紅朱雀(圖 19)有較明顯的降遷現象，其他種類降遷的幅度較小。

圖 22-29 則以 ROC curve 比較高海拔鳥類繁殖季與 9-12 月份各月間海拔分布間的差異。其中海拔下降最明顯的是栗背林鴿，9 月及 10 月的曲線明顯低於繁殖季之參考線，到了 11 及 12 月下降的幅度就更明顯了(圖 26)。酒紅朱雀在 9 月即已出現降遷，10-12 月都保持在降遷後的海拔梯度上(圖 28)。據賴彥廷 (2012)在雪山的觀察，酒紅朱雀的繁殖季為 8-10 月，因此玉山地區的酒紅朱雀為何會在繁殖期間降遷，值得進一步追蹤觀察。另外鷓鴣也是到了 11 月才出現較明顯的降遷(圖 30)，而深山鶯則遲至 12 月才較明顯(圖 25)。

有部分鳥種從 9-12 月，海拔分布並沒有太大的變化，仍然留在繁殖季的海拔分布地帶，如煤山雀、灰頭花翼、金翼白眉、白眉林鴿及岩鷓等，海拔分布中心下降的幅度都在 100 公尺以內(表 4)。灰頭花翼在冬季時會改變覓食棲地，從樹上轉移到箭竹灌叢中，以因應食物資源的變化(劉姿岑 2012)；另外像繡眼畫眉 (*Alcippe morrisonia*) 也同樣具有季節性改變食性的能力(Chen and Chou 2011)，牠們也是沒有太明顯的海拔變化(表 4，圖 6)。另外，煤山雀與火冠戴菊鳥在冬季常形成混種鳥群，藉此提升覓食效率(Morse 1977, Chen and Hsieh 2002)，火冠戴菊鳥下降的幅度不大，而煤山雀更是往上抬升了些(表 4)。這些行為上變通的方式都是牠們可以繼續留在高海拔的對應之策，值得深入研究。此外，青背山雀的海拔分布同樣不降反升，推測原因，可能因為牠們也是混群的重要參與者，藉由升高海拔較容易遇到煤山雀及火冠戴菊鳥等針葉林混群的核心鳥種(廖俊傑 2015)，以獲得覓食上的利益。

3. 發展監測氣候變遷的統計模式

本研究採用 ROC curve 將繁殖季的海拔分布與 9-12 月的海拔分布做一比較，可以發現此方法相當敏銳，一旦鳥類開始降遷，即可在圖上看出往下偏移的曲線。因此若經過 5-10 年後再重複做一次調查的話，我們可以把繁殖季相對應的 6 個分布寫成 B_{11}, \dots, B_{13} ，以及 B_{n1}, \dots, B_{n3}

(圖 31)，或合併成 B_1 跟 B_n 。若是 B_n 的海拔分布確實有往上升高，且跟 B_1 出現明顯差異的話，應該可以在 ROC curve 上表現出來，很可能是受到氣候溫暖化的影響。此外，可以用 t test 檢定 $H_0: B_1 = B_n$ 。這個檢定可以看出經過數年之後，個別鳥種在繁殖季的分布是否起了變化；或是以 paired t test 比較所有高海拔鳥類 B_1 與 B_n 海拔分布中心是否出現顯著差異，來判定氣候變遷的影響。

至於非繁殖季的海拔分布因變動較大，僅能用平均值連線往上或往右移動來推論其受氣候溫暖化的影響(圖 32)。若此連線往上即表示高海拔地區有變溫暖的趨勢，牠們不用再降遷到像以往那麼低的海拔；若是往右的話，表示降遷的時間延後了，也暗示冬季不像以往哪麼寒冷或來得比較晚。比照繁殖季狀況，都可以進一步做分析檢定。

4. 生活史資料

本來預計可順道收集一些鳥類生活史資料，如覓食行為、食性、巢位資料、繁殖週期等，但因數量有限，目前尚不足以整理出具代表性的圖表。未來可針對這一部份辦理委託計畫，會較有效率。亦可一併從事鳴叫聲錄音及行為錄影等，可大大增色玉山鳥類網頁。

五、具體建議

1. 靠近塔塔加鞍部之調查路線上，因較少森林分布，所以在 6 月時，便在北向之雲杉林(2600 m)及鐵杉林(2700 m)中各增設一個錄音站。與原來的錄音站兩相比較之下，調查到的鳥類確實較多，也較完整記錄到該海拔的鳥類相。可見樣點的選擇非常重要，每一海拔梯度最好都能找到具代表性的棲地設錄音站，或經費許可，加設錄音站效果當然會更好。
2. 本調查以海拔 100 公尺為區間，詳細記錄玉山地區各鳥種的海拔分布，對於高山地區留鳥的海拔分布提供一個較精準的計算和掌握，可作為未來監測氣候變遷對鳥類分布之影響的基礎參考資料。如在劉小如等(2012)之台灣鳥類誌中台灣紫嘯鶇的最高海拔紀錄是 2100 公尺，但本調查在 2400 公尺(穿越線)及 3300 公尺(錄音監測)都曾記錄到台灣紫嘯鶇，足見台灣留鳥的海拔分布仍有很多需要進一步修正的地方。

3. 本調查已進一步繪製出高海拔鳥類在繁殖季與非繁殖季的海拔分布圖，這對解說教育和賞鳥活動將會是很實用的資訊(圖 33)。
4. ROC curve 能敏銳地呈現高海拔鳥類降遷的程度，一旦開始降遷，即可在圖上看出往下偏移的情形，此方法有潛力作為監測氣候變遷影響鳥類海拔變化的分析工具。因此建議玉山國家公園管理處可於 5-10 年後再重複做一次調查，即可判定出氣候變遷的影響。

六、參考文獻

- 丁宗蘇。1992。玉山國家公園東埔玉山區之鳥類群聚生態。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 丁宗蘇、李培芬。2012。玉山國家公園高山草原鳥類之族群數量及棲地評估。玉山國家公園管理處。
- 丁宗蘇。2014。氣候變遷之高山生態系指標物種研究-鳥類指標物種調查及脆弱度分析。玉山國家公園管理處。
- 王穎、陳昭杰。1992。太魯閣國家公園中、高海拔鳥類資源之調查研究。太魯閣國家公園管理處。
- 台灣鳥類繫放資訊網。<http://banding.bfsa.org.tw/>。
- 沙謙中。1986。忽影悠鳴隱山林—玉山國家公園鳥類資源。玉山國家公園管理處，286 頁。
- 沙謙中。2008。賞鳥 Easy Go。遠流出版社。
- 姜博仁、朱祐璽、鄭蕙如、林宗億。2009。塔塔加地區野生動物自動化監測可行性評估。玉山國家公園管理處。
- 翁國精。2011。玉山國家公園郡大觀高地區台灣水鹿對森林更新與結構影響勘查。玉山國家公園管理處。
- 許皓捷。2003。台灣山區鳥類群聚的空間及季節變異。台灣大學動物學研究所博士論文。
- 許皓捷、李培芬、張原謀、彭鈞毅。2007。太魯閣國家公園鳥類群聚之研究(二)。太魯閣國家公園管理處。
- 許富雄。2001。鳥類資源的調查方法。特有生物研究。3: 81-90。
- 陳仁真、林惠珊、孫元勳，2013，雪山高海拔地區食蟲性鳥類的密度變化與氣象因子之關係，國家公園學報 23(2): 31-42。
- 陳昭杰、蔡哲民、陳惠玲、王秀惠。2009。玉山國家公園鳥類之資源清查與族群監測系統規劃及資料庫建置。玉山國家公園管理處。
- 陳昭杰、蔡哲民、陳惠玲。2010。玉山國家公園鳥類資源調查規劃及資料庫與網頁建置。玉山國家公園管理處。
- 賴思傑。2012。台灣降遷鳥類在不同季節的棲地選擇。東華大學自然資源與環境學系碩士論文，67 頁。

- 翟鵬。1977。臺灣鳥類生態隔離的研究。東海大學生物學研究所碩士論文，73 頁。
- 楊玉祥、丁宗蘇、吳森雄、阮錦松、林瑞興、蔡乙榮、潘致遠。2014。2014 年臺灣鳥類名錄。中華民國野鳥學會。
- 劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威。2012。臺灣鳥類誌第二版（上、中、下）。林務局。
- 劉良力、印莉敏。2002。玉山國家公園南橫公路之玉山國家公園路段鳥類調查。玉山國家公園管理處。
- 劉姿岑。2012。塔塔加地區灰頭花翼的形態與覓食生態。高雄醫學大學生物醫學暨環境生物學系碩士論文。
- 賴彥廷。2012。雪山地區 369 山莊酒紅朱雀的食性研究。屏東科技大學野生動物保育研究所碩士論文，54 頁。
- 廖煥彰、林大利、黃正宇、丁宗蘇。2014。玉山國家公園高山草原鳥類之海拔分布及族群密度變化。國家公園學報 24: 28-39。
- 廖俊傑。2015。臺灣高海拔混種鳥群之組成結構與環境因子的關係。台灣大學森林環境暨資源學系碩士論文。
- Bibby, C. J., N. D. Burgess, and D. A. Hill. 1992. Bird census techniques. Academic Press, London.
- Brooker, R. J. 2012. Genetics: analysis & principles. McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Chen, C.-C., and L.-S. Chou. 2011. Seasonal variation of foraging behavior due to diet change in the Grey-cheeked Fulvetta in northeastern Taiwan. *Taiwan Journal of Forest Science* 26(1): 33-43.
- Chen, C.-C., and F.-S. Hsieh. 2002. Composition and foraging behaviour of mixed-species flocks led by the Grey-cheeked Fulvetta in Fushan Experimental Forest, Taiwan. *Ibis* 144:317-330.
- Fawcett, T. 2006. An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters* 27: 861-874.
- Metz, C. E. 2008. ROC analysis in medical imaging: a tutorial review of the literature. *Radiological Physics and Technology* 1: 2-12.
- Morse, D. H. 1977. Feeding behavior and predator avoidance in heterospecific groups. *Bioscience* 25: 332-339.

表 1. 高海拔鳥類繁殖季的海拔分布中心(m)與丁宗蘇(2014)報告之比較。

項次	鳥種	海拔分布中心(公尺) ^c		
		繁殖季 ^b	2014(丁)	1992(丁)
1	台灣叢樹鶯	2627	2641	2535
2	小翼鶇	2641	2723	2630
3	煤山雀	2997 ↑	2799	2731
4	灰頭花翼	2829	2973	2831
5	深山鶯	2853 ↓	3176	3065
6	栗背林鶇	2950 ↓	3023	3062
7	金翼白眉	2901 ↓	2912	3056
8	白眉林鶇	3076	3155	3078
9	酒紅朱雀	3221	3302	3169
10	火冠戴菊鳥	3178 ↑	2984	2949
11	黃羽鸚嘴	2966	3018	-
12	鷓鴣	3374 ↑	3469	3252
13	岩鸚	3713 ↑	3688	3594
平均值 ^a		3030	3070	2996

^a. 平均值為去除黃羽鸚嘴後其他 12 種之平均。

^b. 上下箭頭為與 1992 年比較有較明顯差異(>100m)的種類。

^c. paired *t* test 僅 2014(丁)與 1992(丁)具顯著差異($P=0.0174$)，其餘皆無。

高海拔鳥類分布資料

表 2. 中、高海拔鳥類繁殖季海拔分布與丁宗蘇 1992 年資料之比較，單位為公尺。

項次	鳥種	調查方式		丁(1992)	海拔差異		變化情形
		穿越線	錄音		下限	上限	
1	鷹鵑	1800-2200	1800-2300	1410-2260			
2	青背山雀	1800-2600	1800-2300	1410-2690			
3	白耳畫眉	1800-2400	1800-2300	1410-2650		↓250	向下
4	繡眼畫眉	1800-2800	1800-2700	1410-2680			
5	白尾鳩	1800-2400	1800-2300	1410-2230			
6	黃腹琉璃	1800-2600	1800-2400	1410-2500			
7	藪鳥	1800-2500	1800-2600	1410-2680			
8	台灣紫嘯鶇	1800-2400	1800-3300	2393		↑900	往上
9	山紅頭	1800-2800	1800-2900	1410-2690		↑210	往上
10	冠羽畫眉	1800-3100	1800-3100	1410-3190			
11	茶腹鵝	1800-3300	1800-3400	1430-2500		↑900	往上
12	台灣叢樹鶯	2500-2800	2100-2800	1840-3140	↑260	↓340	壓縮
13	小翼鶇	2100-3100	2400-3000	1660-3470	↑440	↓370	壓縮
14	煤山雀	2200-3400	2200-3400	2300-3470			
15	灰頭花翼	2100-3500	2400-3600	2300-3500	↓200		向下
16	深山鶯	2000-3600	2400-3400	2420-3580	↓420		向下
17	栗背林鴿	2400-3800	2300-3800	2260-3640		↑160	往上
18	金翼白眉	2100-3800	2400-3800	2260-3640	↓160	↑160	擴寬
19	白眉林鴿	2500-3800	2400-3700	2690-3200	↓290	↑600	擴寬
20	酒紅朱雀	2000-3800	2400-3800	2360-3640	↓360	↑160	擴寬
21	火冠戴菊鳥	2400-3800	2500-3800	2300-3580		↑220	往上
22	鷓鴣	2800-3800	2600-3800	2630-3640		↑160	往上
23	岩鷓	3700-3800	3400-3800	3470-3640		↑160	往上

↑：代表該鳥種分布範圍應往上抬升，↓：代表分布範圍應往下降。僅標示海拔差距 100 公尺及以上者，大於 300 公尺以黑體字標示。

表 3. 中、高海拔鳥類繁殖季海拔分布與許皓捷 2003 年資料之比較，單位為公尺。

項次	鳥種	調查方式			海拔差異		
		穿越線	錄音	許皓捷(2003)	下限	上限	變化情形
1	鷹鵑	1800-2200	1800-2300	500-2400			
2	青背山雀	1800-2600	1800-2300	900-2800		↓200	向下
3	白耳畫眉	1800-2400	1800-2300	900-2800		↓400	向下
4	黃嘴角鴉		1800-2500	20-2200		↑300	往上
5	繡眼畫眉	1800-2800	1800-2700	0-2700			
6	白尾鳩	1800-2400	1800-2300	700-2500			
7	黃腹琉璃	1800-2600	1800-2400	800-2700			
8	藪鳥	1800-2500	1800-2600	600-3100		↓500	向下
9	台灣紫嘯鶇	1800-2400	1800-3300	100-2200		↑1100	往上
10	山紅頭	1800-2800	1800-2900	0-2700		↑200	往上
11	冠羽畫眉	1800-3100	1800-3100	1000-3100			
12	茶腹鵝	1800-3300	1800-3400	1300-3100		↑300	往上
13	台灣叢樹鶇	2500-2800	2100-2800	1200-3200	↑900	↓400	壓縮
14	小翼鶇	2100-3100	2400-3000	1300-3200	↑800	↓370	壓縮
15	煤山雀	2200-3400	2200-3400	1900-3500	↑300		往上
16	灰頭花翼	2100-3500	2400-3600	2000-3500			
17	深山鶯	2000-3600	2400-3400	2100-3600			
18	栗背林鴉	2400-3800	2300-3800	2000-3600	↑300	↑200	往上
19	金翼白眉	2100-3800	2400-3800	2000-3700			
20	白眉林鴉	2500-3800	2400-3700	2200-3600	↑200	↑200	往上
21	酒紅朱雀	2000-3800	2400-3800	2200-3950	↓200		向下
22	火冠戴菊鳥	2400-3800	2500-3800	2200-3700	↑200		往上
23	黃羽鸚嘴	2800-3200	2700-3200	2100-3200	↑600		往上
24	鷓鴣	2800-3800	2600-3800	2500-3950			
25	岩鷓	3700-3800	3400-3800	2900-3950	↑500		往上

↑：代表該鳥種分布範圍應往上抬升，↓：代表分布範圍應往下降。僅標示海拔差距 100 公尺及以上者，大於 300 公尺以黑體字標示。

表 4. 中、高海拔鳥類在繁殖季與 9-12 月份海拔分布中心(m)之比較。

項次	鳥種 ^a	海拔分布中心(樣本數)				
		繁殖季	9 月	10 月	11 月	12 月
1	青背山雀	2131(85)	2153(19)	2266(23)	2185(15)	2217(19)
2	白耳畫眉	2027(250)	1976(31)	1919(40)	2035(62)	2036(54)
3	繡眼畫眉	2147(183)	2282(38)	2208(33)	2107(43)	2107(51)
4	藪鳥	2186(243)	2196(46)	2196(45)	2078(31)	2200(35)
5	山紅頭	2343(151)	2376(21)	2533(40)	2397(41)	2293(35)
6	冠羽畫眉	2371(392)	2317(65)	2330(67)	2049(36)	2099(48)
7	茶腹鴉	2529(45)	2786(8)	2331(13)	2654(21)	2443(14)
8	小翼鶉	2641(216)	2542(70)	2594(16)	2500(19)	2700(4)
9	煤山雀	2997(100)	3211(38)	2927(41)	3085(47)	3129(33)
10	灰頭花翼	2829(276)	2826(85)	2857(92)	2821(101)	2802(75)
11	深山鶯	2853(375)	2760(89)	2786(70)	2691(51)	2572(28)
12	金翼白眉	2901(435)	2811(102)	2971(125)	2924(147)	2800(144)
13	栗背林鴿	2950(277)	2738(39)	2912(43)	2477(53)	2307(15)
14	酒紅朱雀	3221(96)	2778(17)	2809(13)	2750(14)	2747(27)
15	火冠戴菊鳥	3178(416)	3131(138)	3031(130)	3033(145)	3140(29)
16	鷓鴣	3374(271)	3532(53)	3311(45)	3166(28)	3079(18)
	平均	2667	2651	2624	2560	2536

^a 僅取樣本數較大的 16 種鳥類呈現。

A.



B.

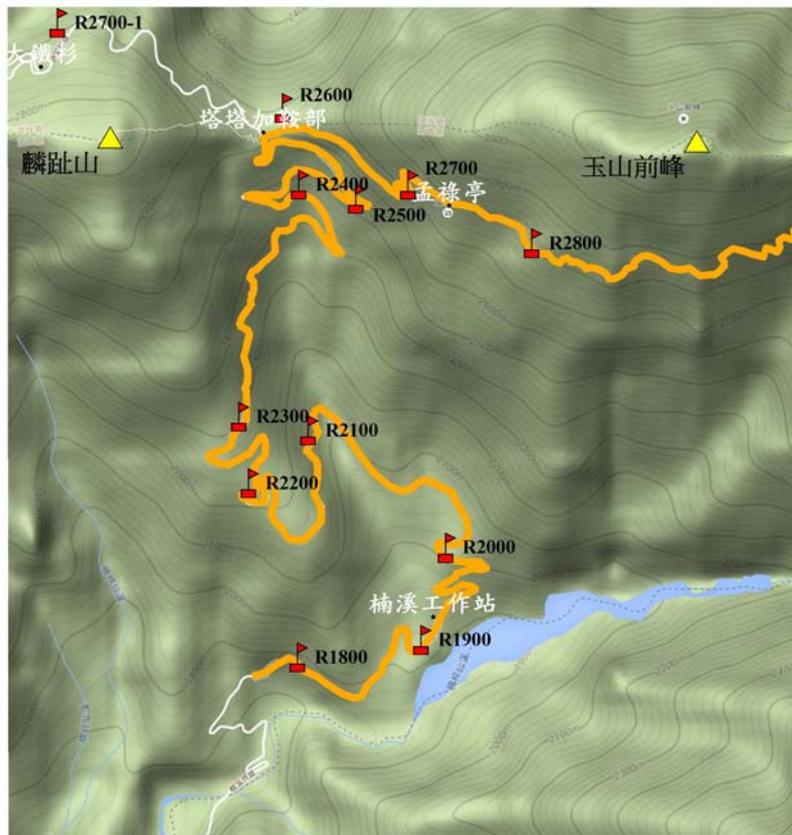


圖 1. 本計畫調查路線從塔塔加往上至圓峰山屋附近海拔 3800m 處(A)，往下則沿楠溪林道至大崩塌處，海拔約 1800m 處(B)。

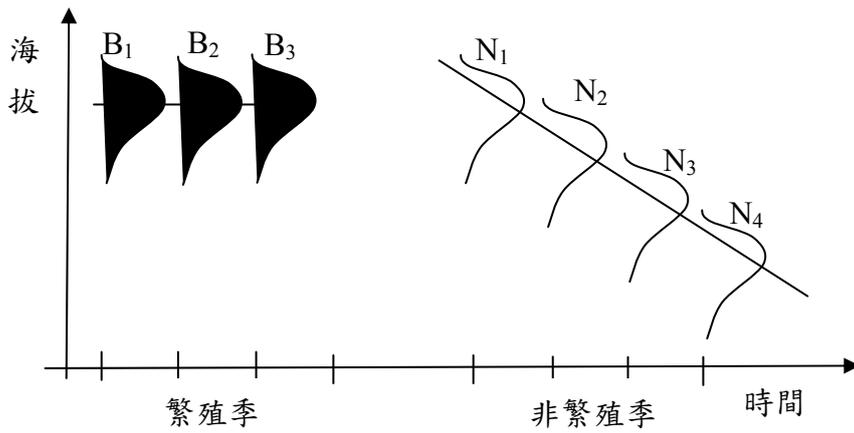


圖 2. 某個別鳥種在七次調查的海拔分布示意圖，繁殖季一般較穩定，非繁殖季則會降遷至較低海拔。

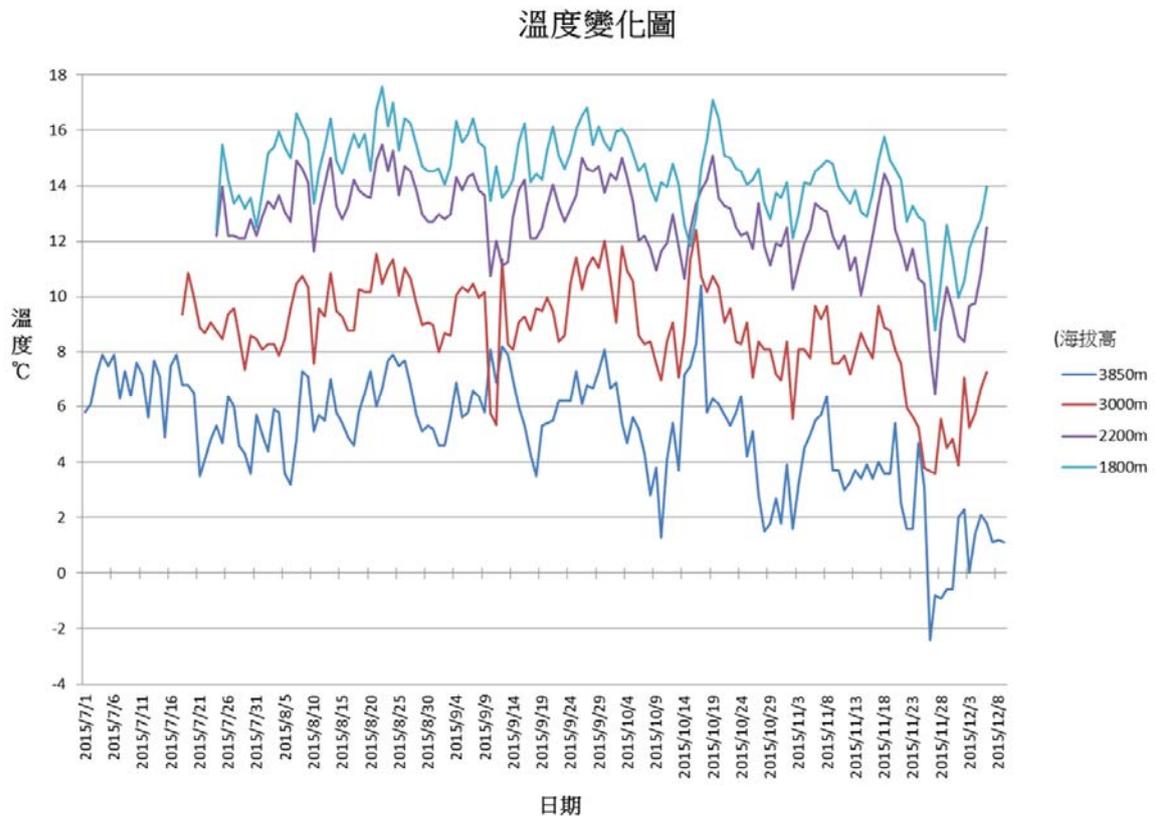
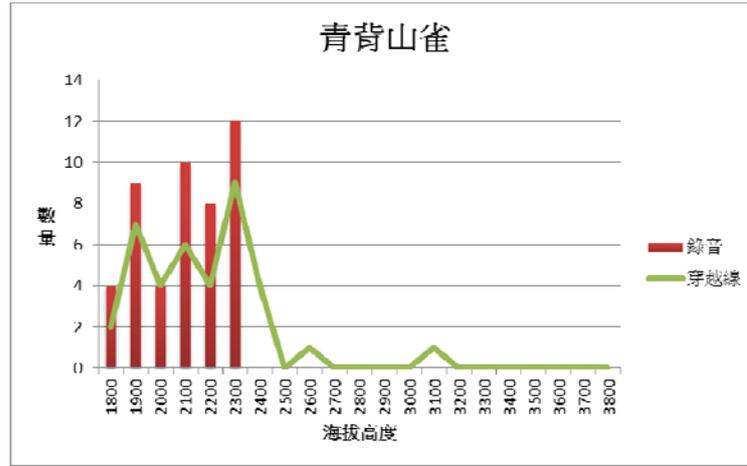
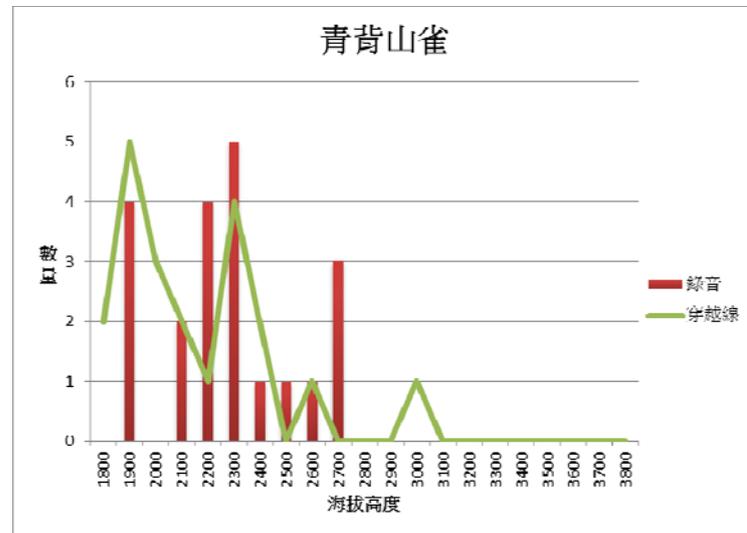


圖 3. 研究範圍內 4 個海拔梯度從 7 月到 12 月的氣溫變化，海拔 3850 公尺為玉山北北峰氣象站資料，其餘為 HOBO 記錄器資料。

A.



B.



C.

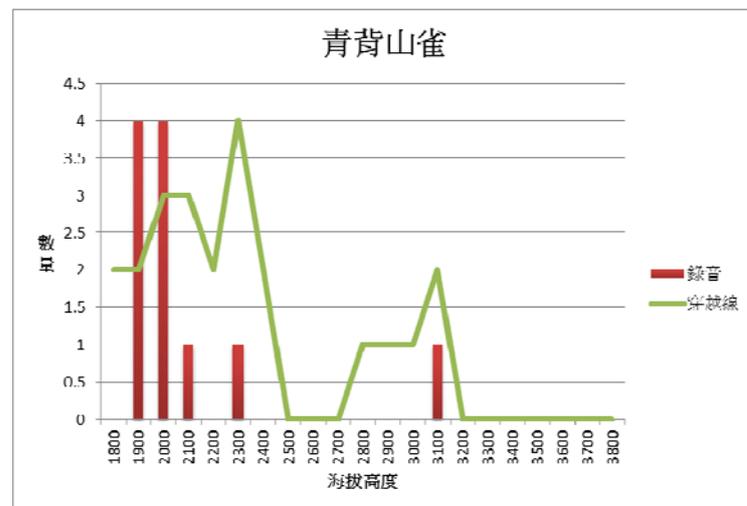
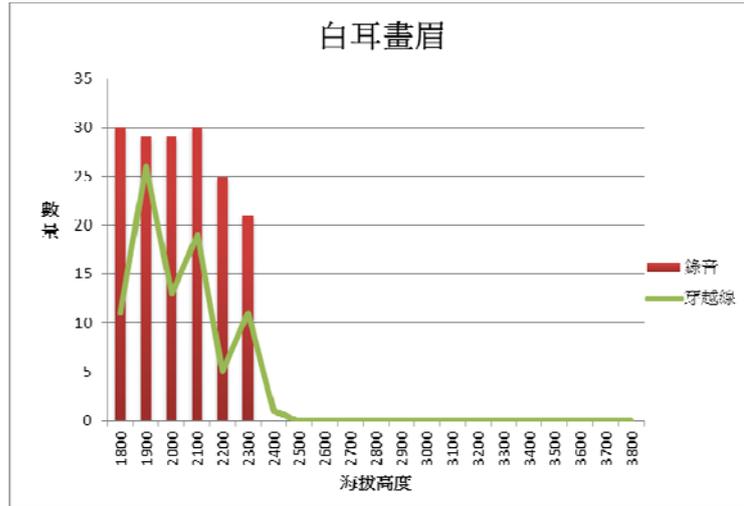
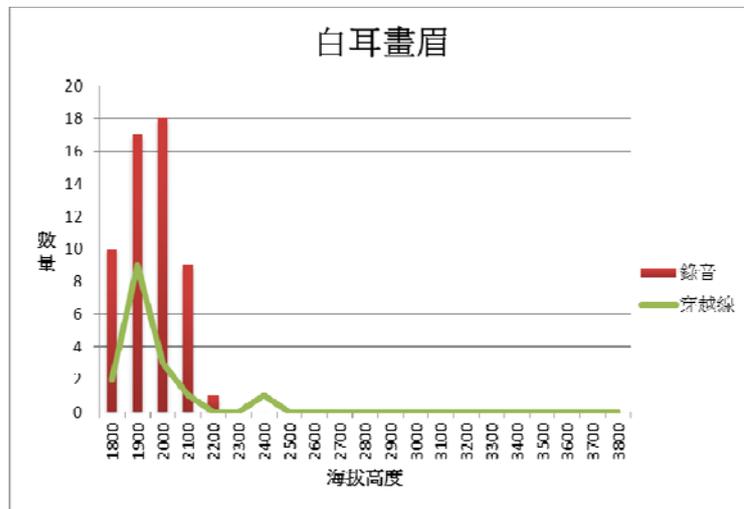


圖 4. 玉山地區青背山雀的海拔分布 A.繁殖季(5-7月)、B.秋季(9-10月)、C.冬季(11-12月)。

A.



B.



C.

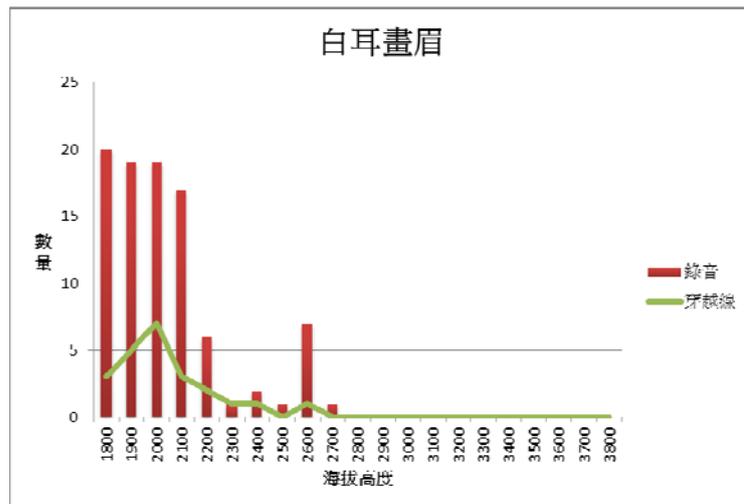
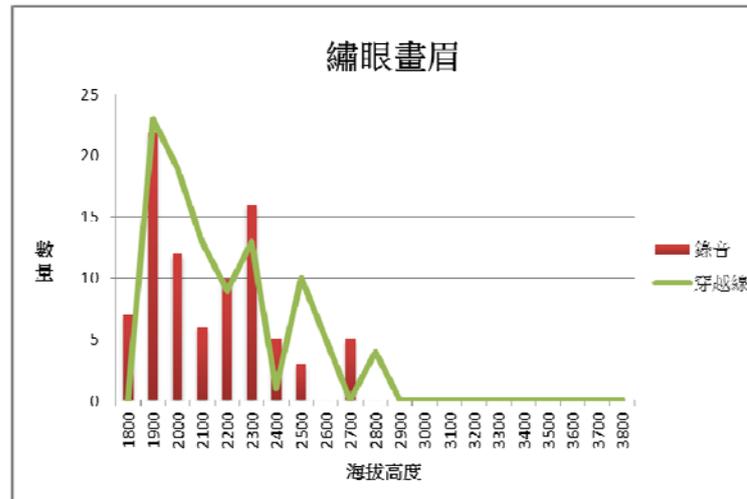
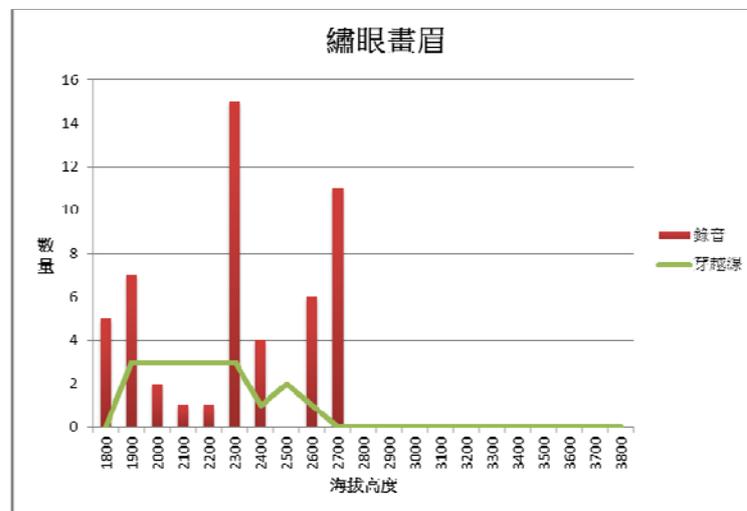


圖 5. 玉山地區白耳畫眉的海拔分布 A.繁殖季(5-7 月), B.秋季(9-10 月), C.冬季(11-12 月)。

A.



B.



C.

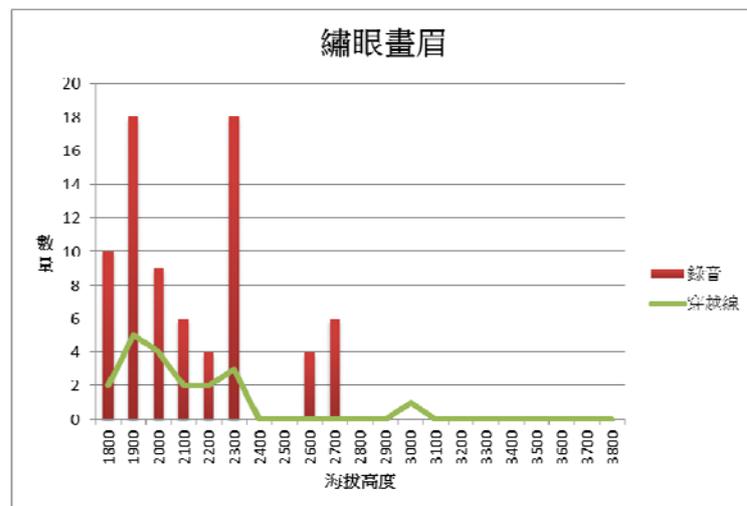
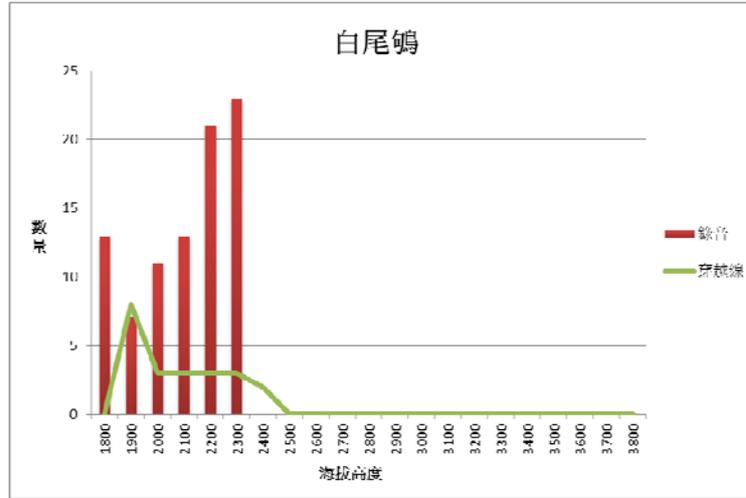
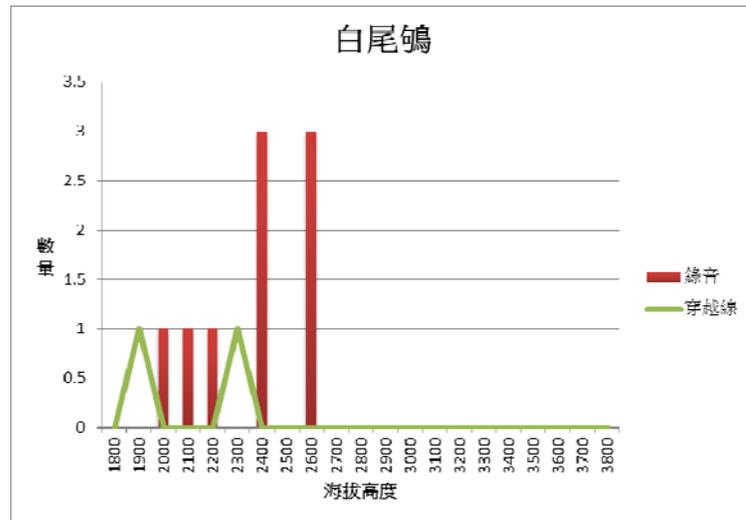


圖 6. 玉山地區繡眼畫眉的海拔分布 A.繁殖季(5-7 月), B.秋季(9-10 月), C.冬季(11-12 月)。

A.



B.



C.

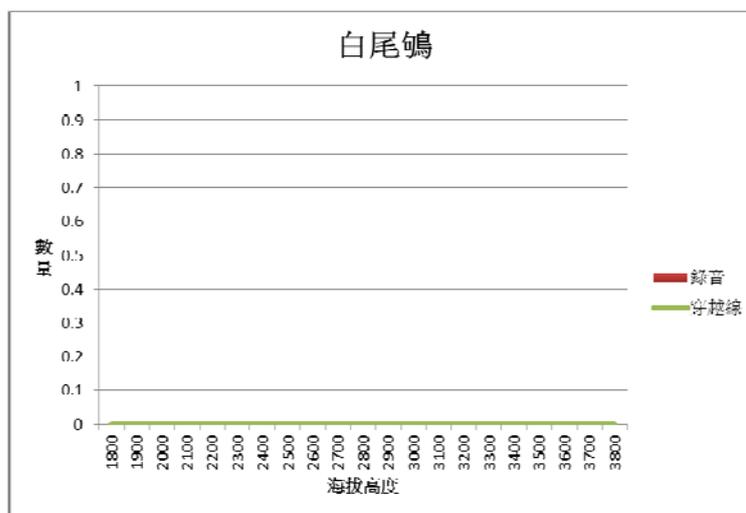
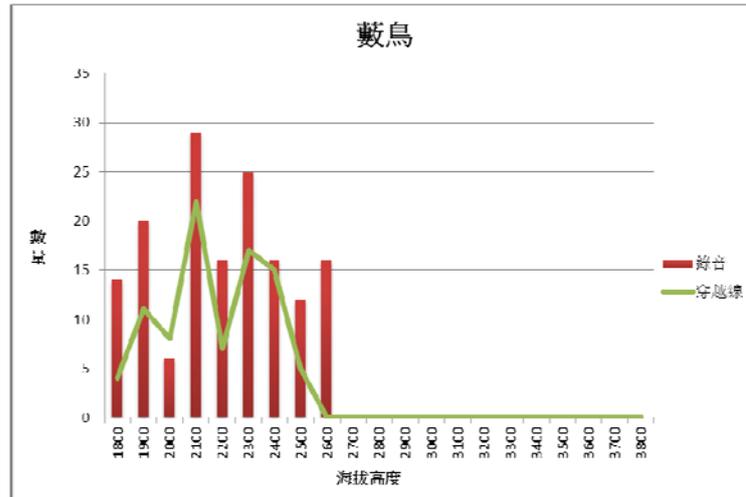
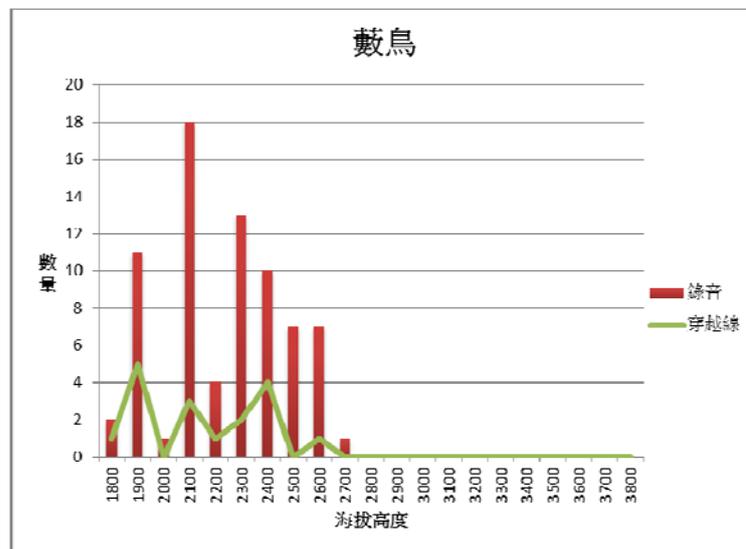


圖 7. 玉山地區白尾鷗的海拔分布 A.繁殖季(5-7 月)，B.秋季(9-10 月)，C.冬季(11-12 月)。

A.



B.



C.

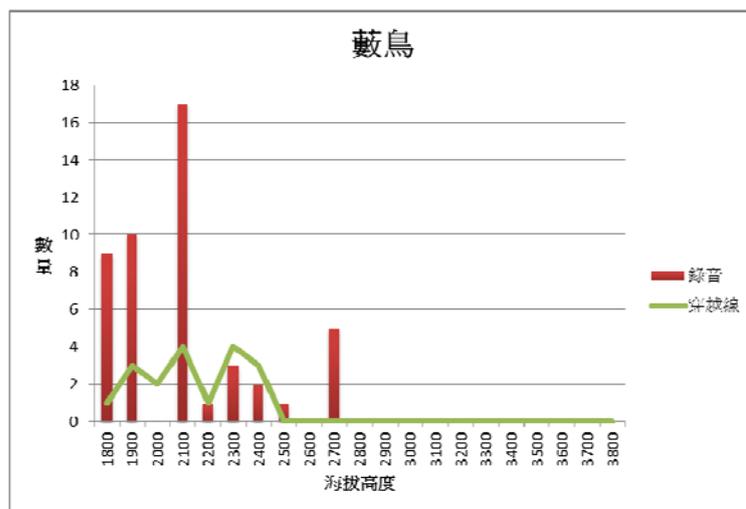
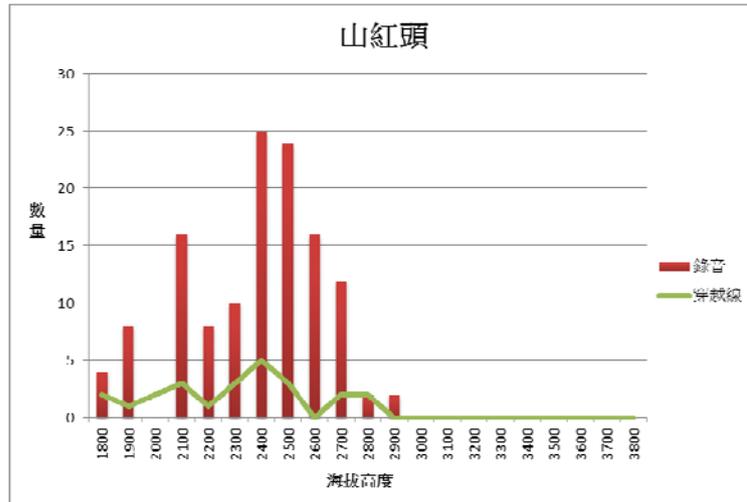
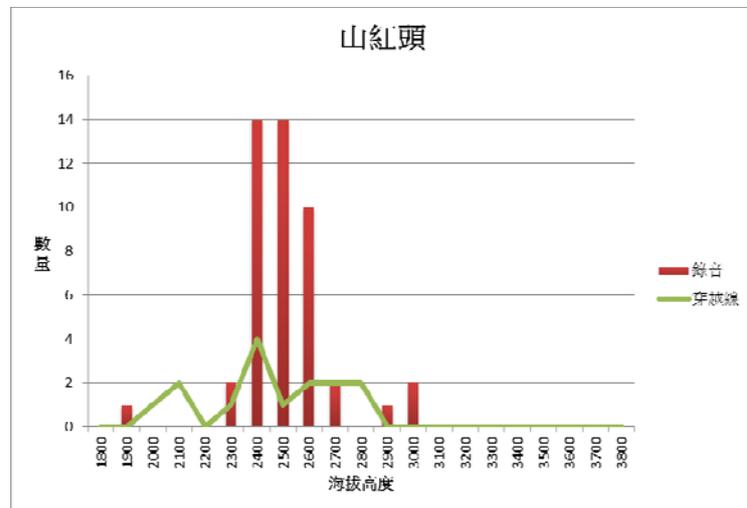


圖 8. 玉山地區藪鳥的海拔分布 A.繁殖季(5-7 月), B.秋季(9-10 月), C.冬季(11-12 月)。

A.



B.



C.

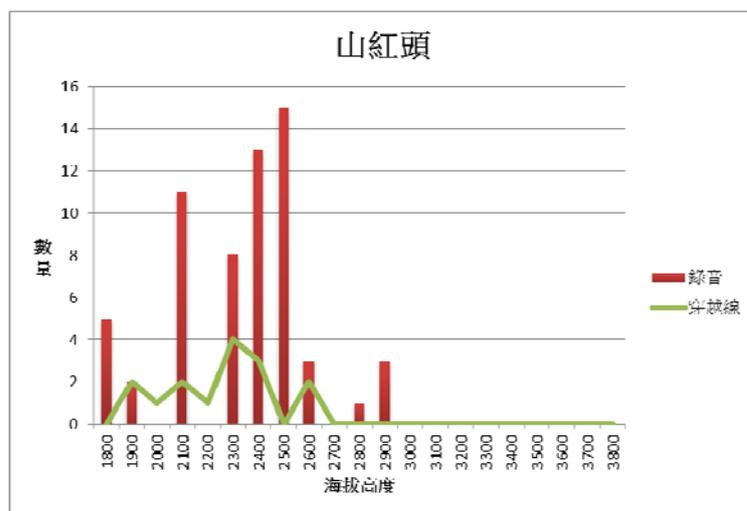


圖 9. 玉山地區山紅頭的海拔分布 A.繁殖季(5-7 月)，B.秋季(9-10 月)，C.冬季(11-12 月)。

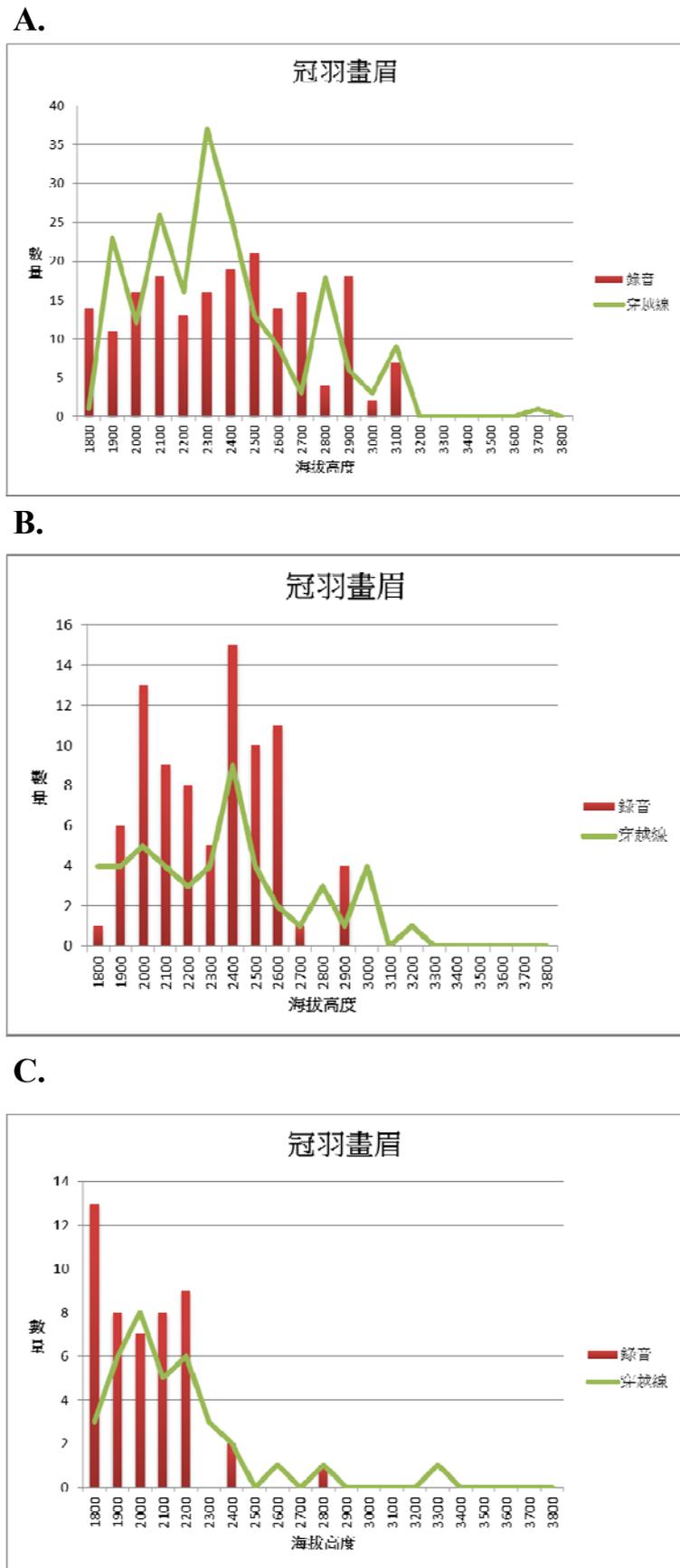
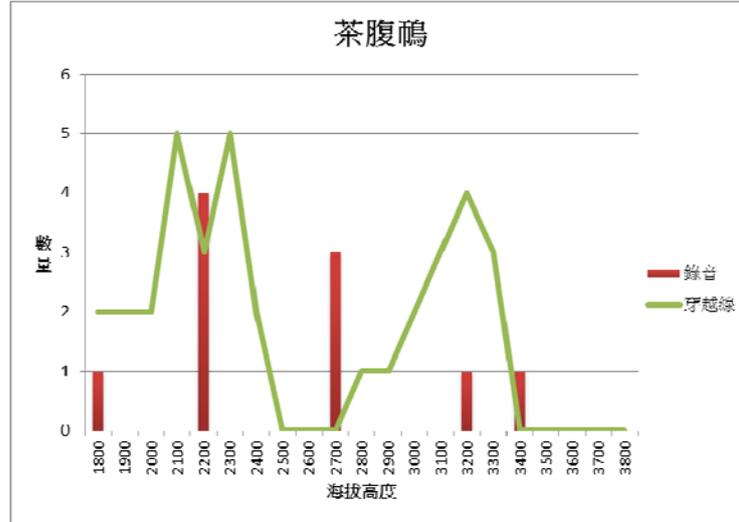
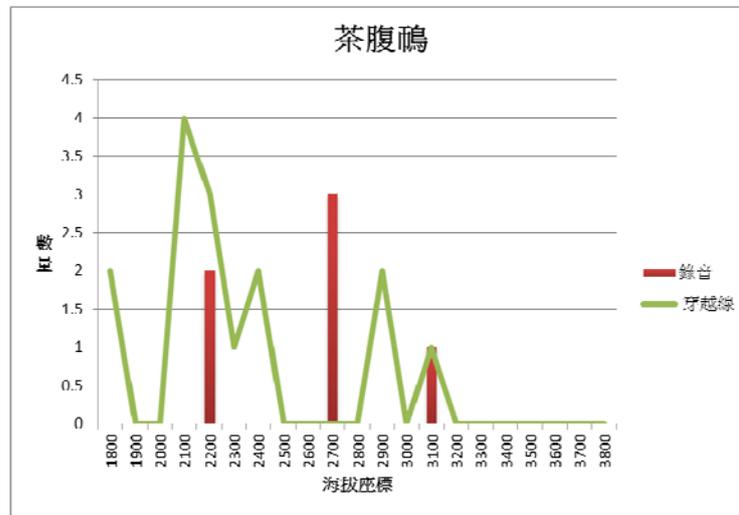


圖 10. 玉山地區冠羽畫眉的海拔分布 A.繁殖季(5-7 月), B.秋季(9-10 月), C.冬季(11-12 月)。

A.



B.



C.

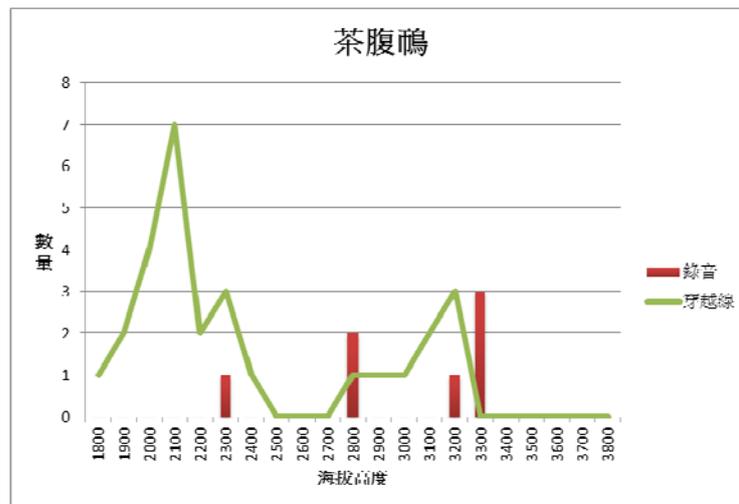
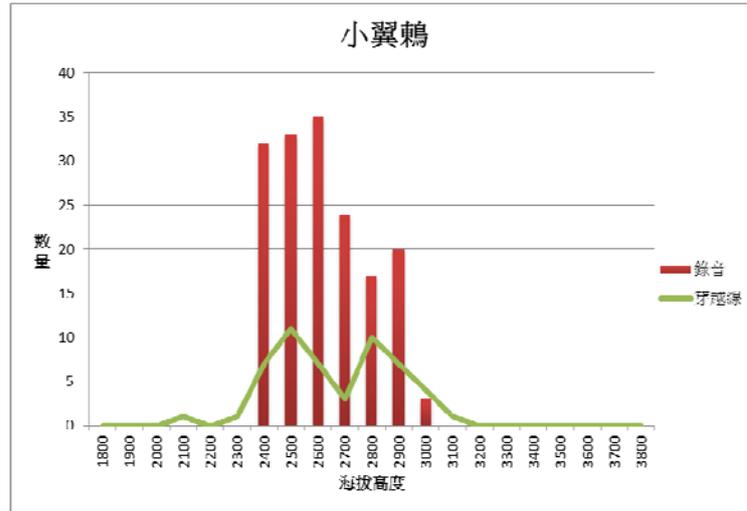
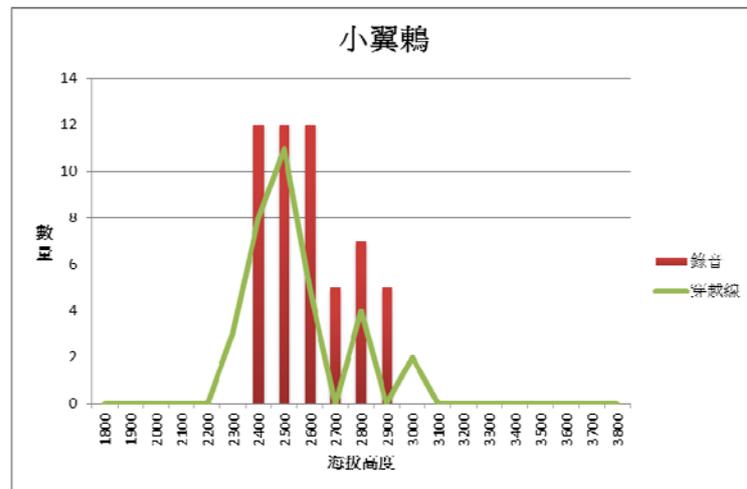


圖 11. 山地區茶腹鵲的海拔分布 A.繁殖季(5-7 月), B.秋季(9-10 月), C.冬季(11-12 月)。

A.



B.



C.

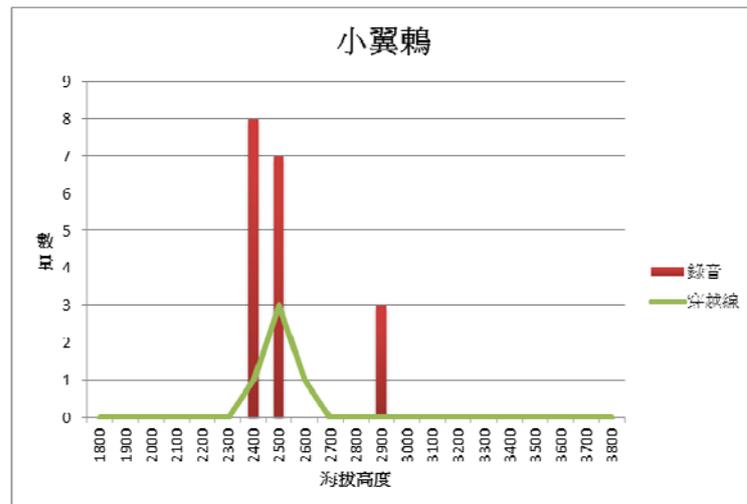
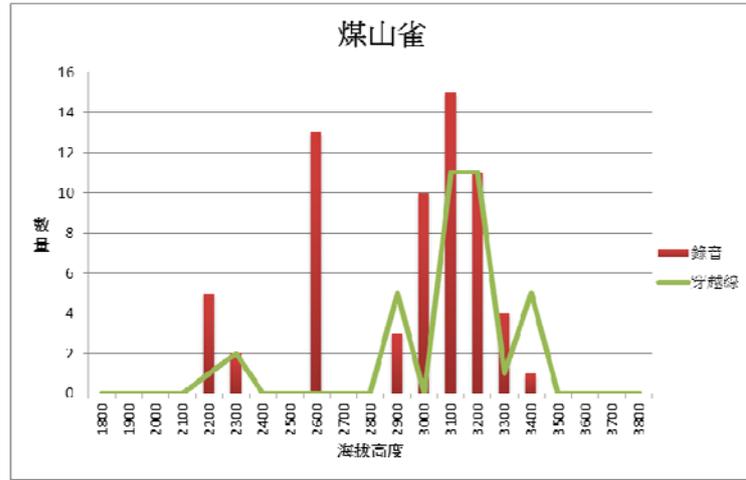
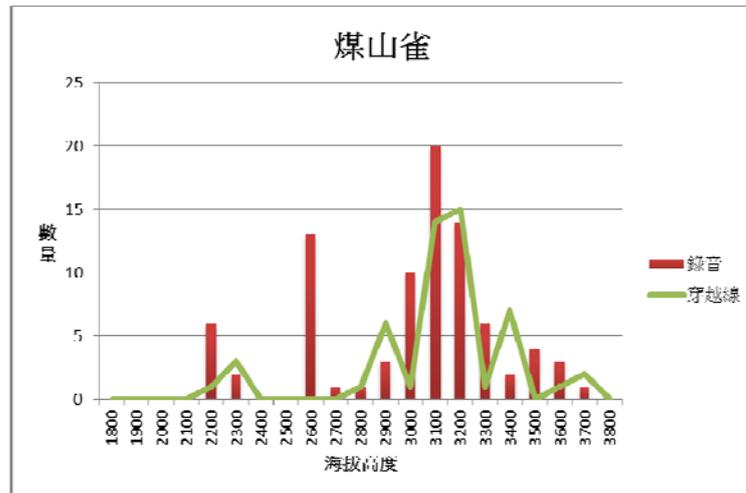


圖 12. 玉山地區小翼鵝的海拔分布 A.繁殖季(5-7月), B.秋季(9-10月), C.冬季(11-12月)。

A.



B.



C.

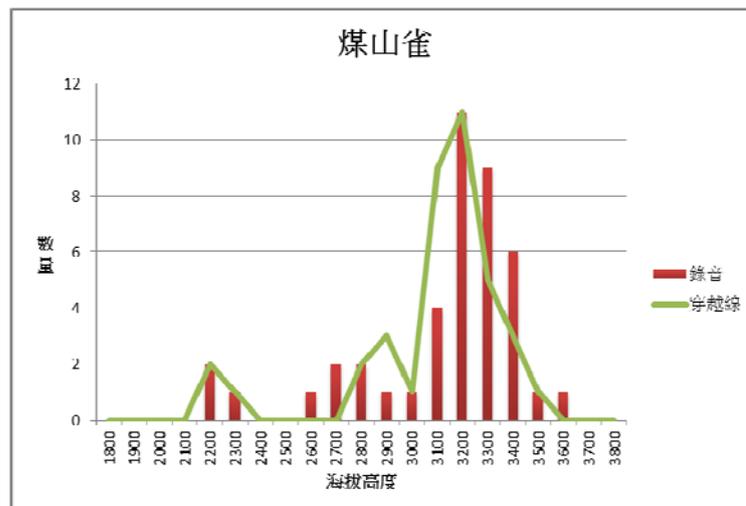
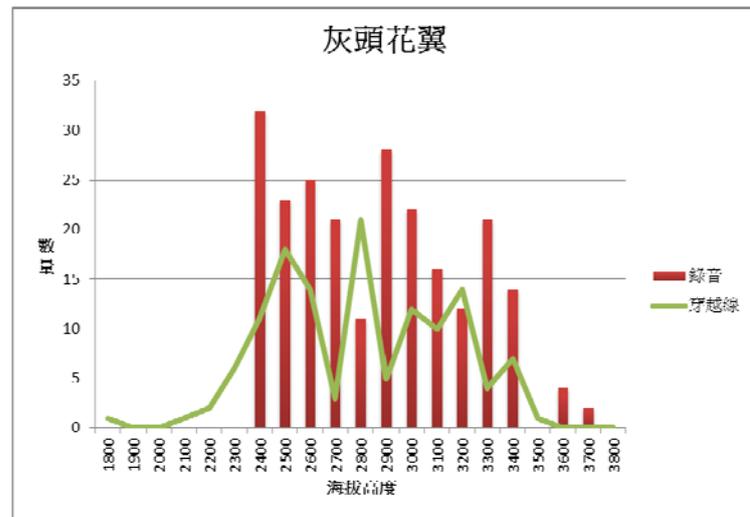


圖 13. 玉山地區煤山雀的海拔分布 A.繁殖季(5-7月), B.秋季(9-10月), C.冬季(11-12月)。

A.



B.



C.

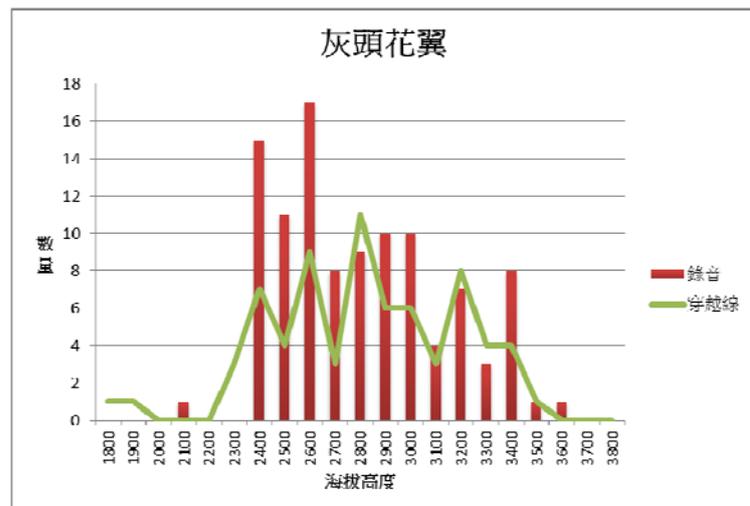
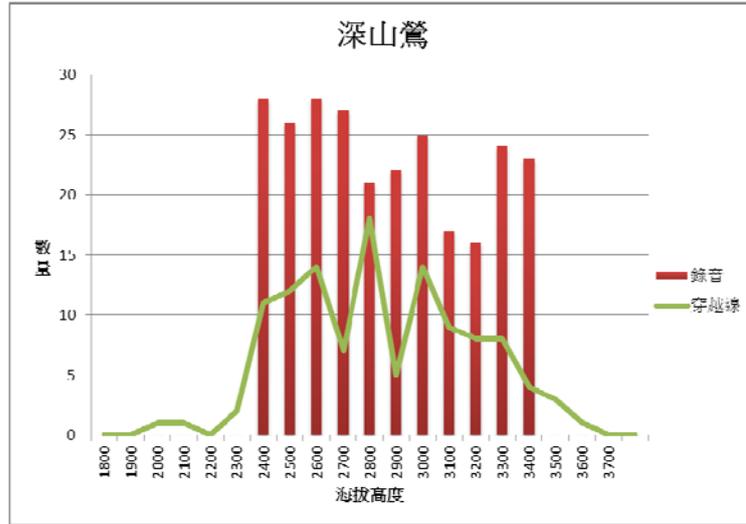
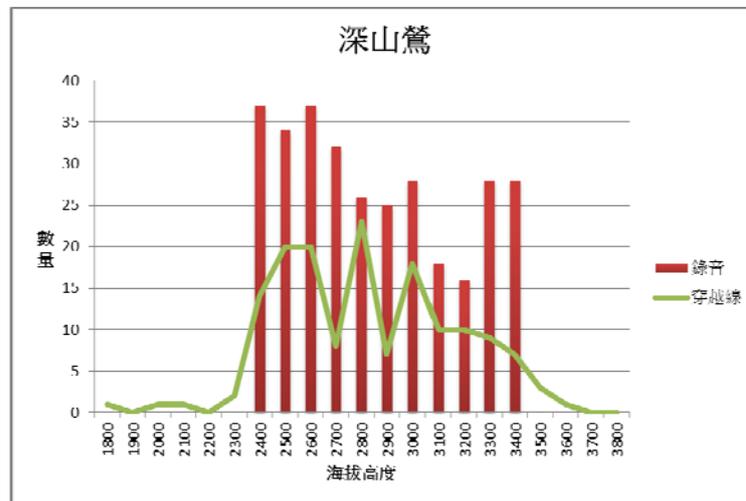


圖 14. 玉山地區灰頭花翼的海拔分布 A.繁殖季(5-7 月), B.秋季(9-10 月), C.冬季(11-12 月)。

A.



B.



C.

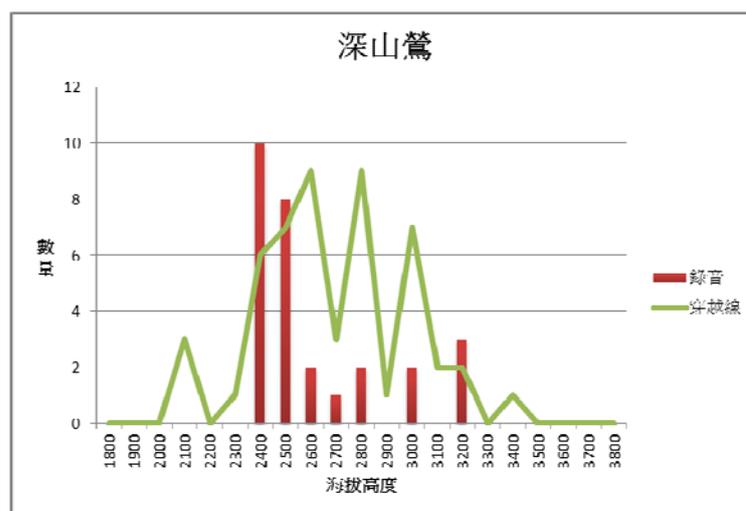
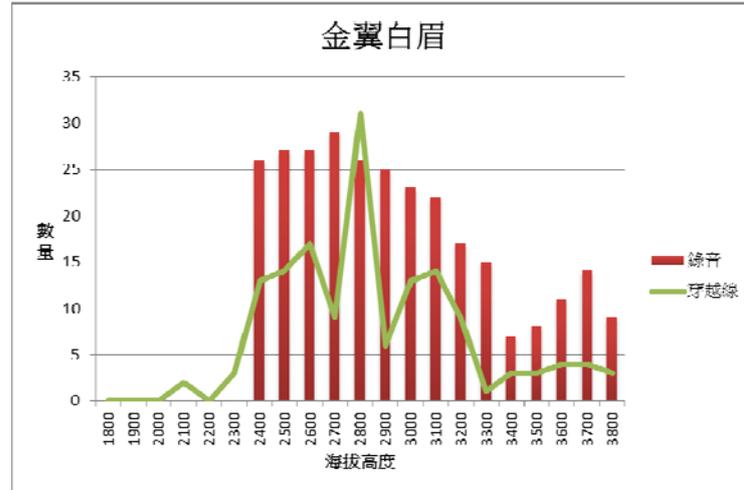
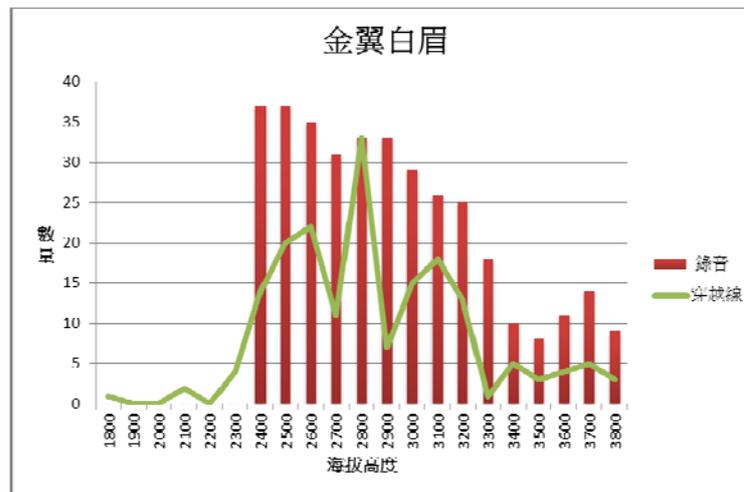


圖 15. 玉山地區深山鶯的海拔分布 A.繁殖季(5-7 月), B.秋季(9-10 月), C.冬季(11-12 月)。

A.



B.



C.

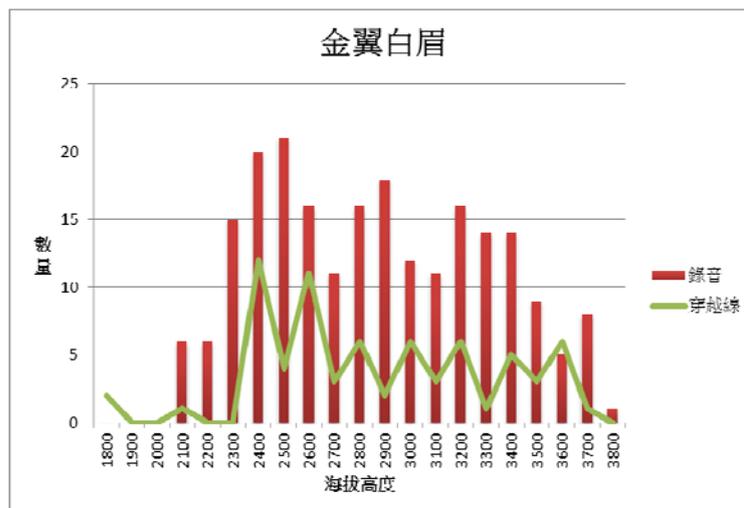
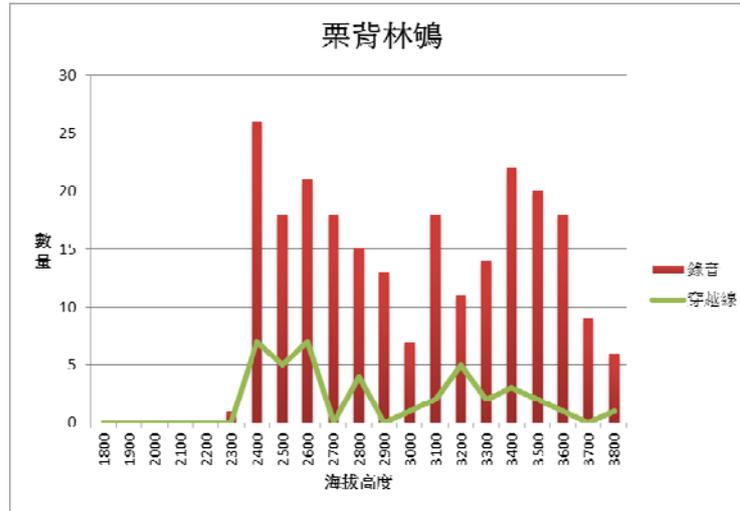
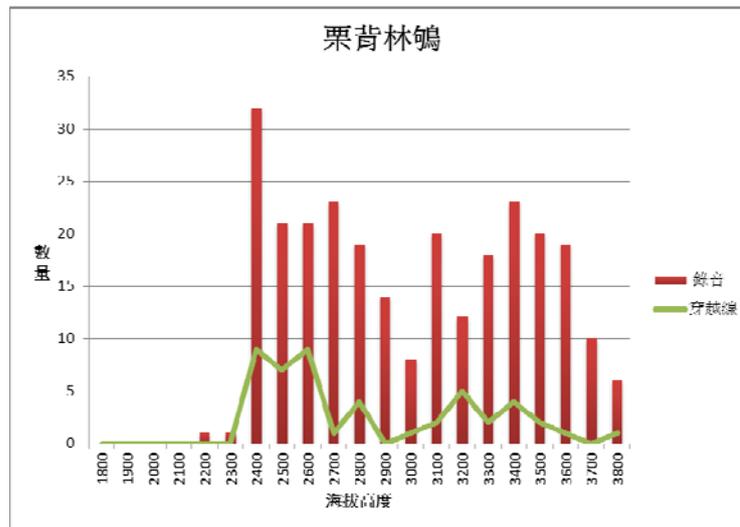


圖 16. 玉山地區金翼白眉的海拔分布 A.繁殖季(5-7 月), B.秋季(9-10 月), C.冬季(11-12 月)。

A.



B.



C.

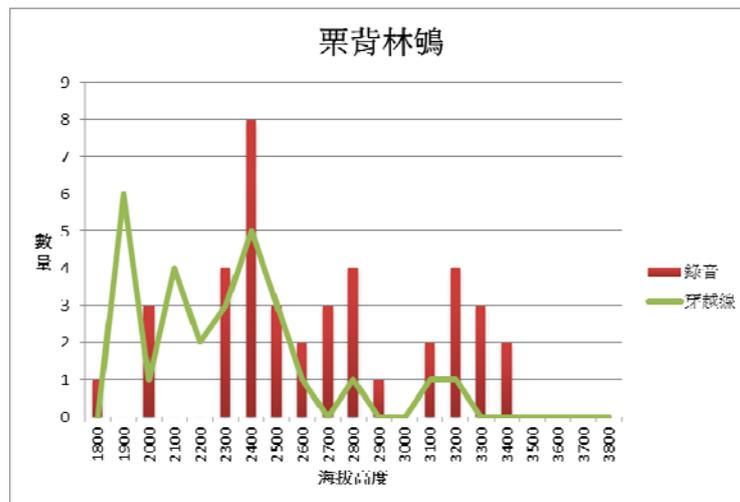
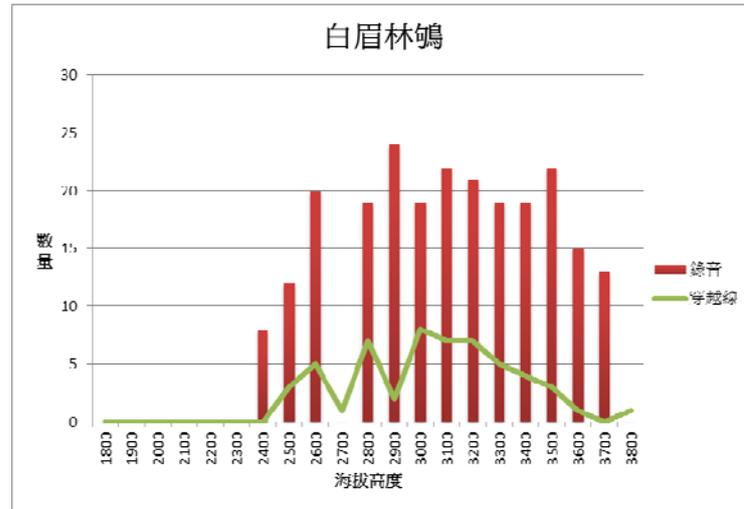
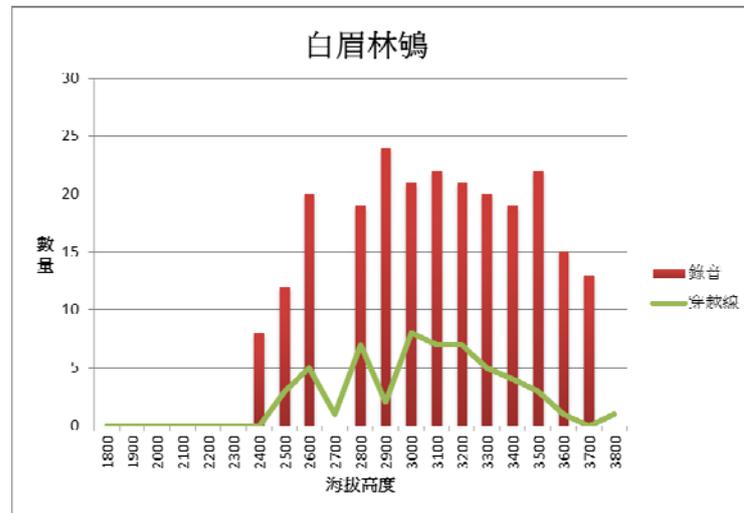


圖 17. 玉山地區栗背林鴉的海拔分布 A.繁殖季(5-7 月), B.秋季(9-10 月), C.冬季(11-12 月)。

A.



B.



C.

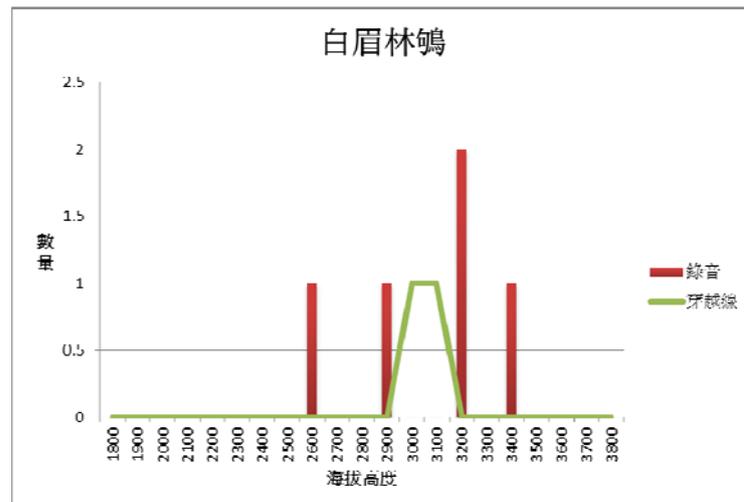
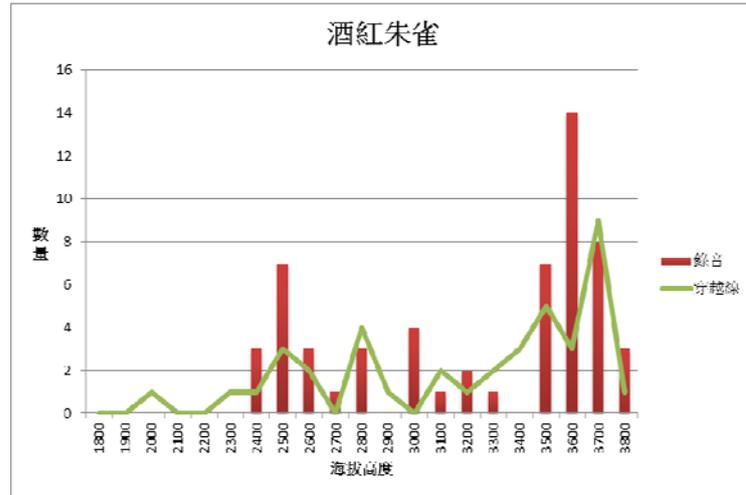
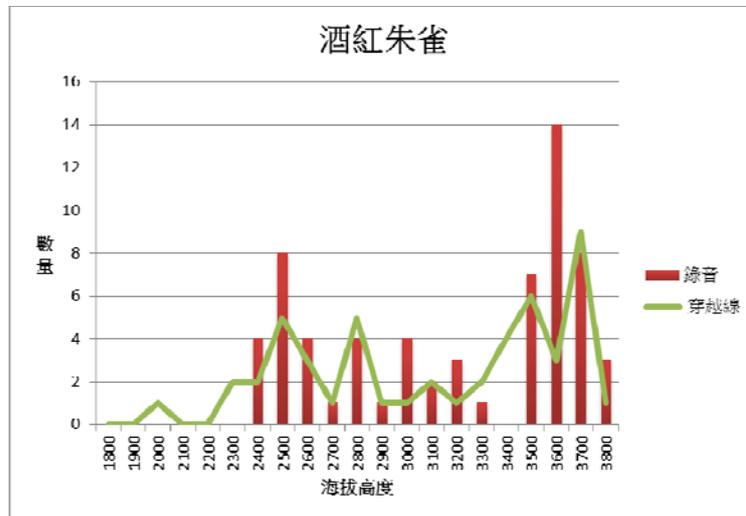


圖 18. 玉山地區白眉林鴉的海拔分布 A.繁殖季(5-7月), B.秋季(9-10月), C.冬季(11-12月)。

A.



B.



C.

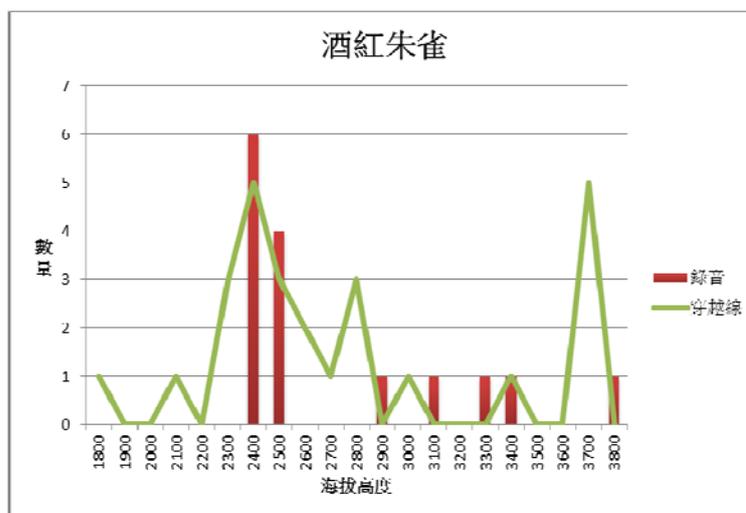
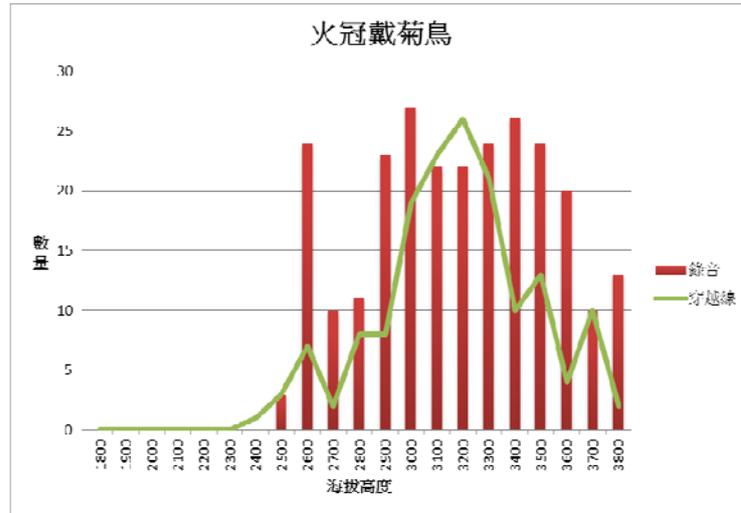


圖 19. 玉山地區酒紅朱雀的海拔分布 A.繁殖季(5-7 月), B.秋季(9-10 月), C.冬季(11-12 月)。

A.



B.



C.

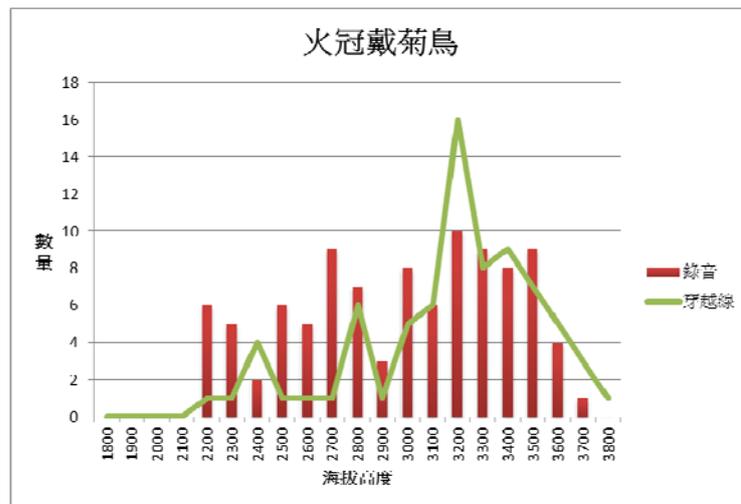
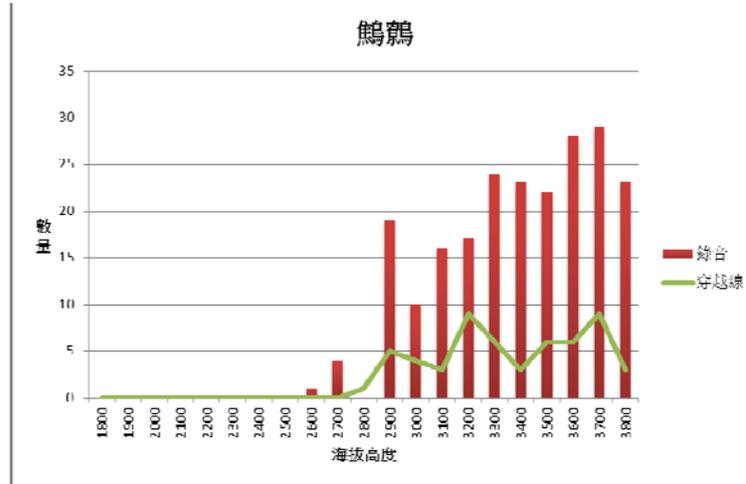
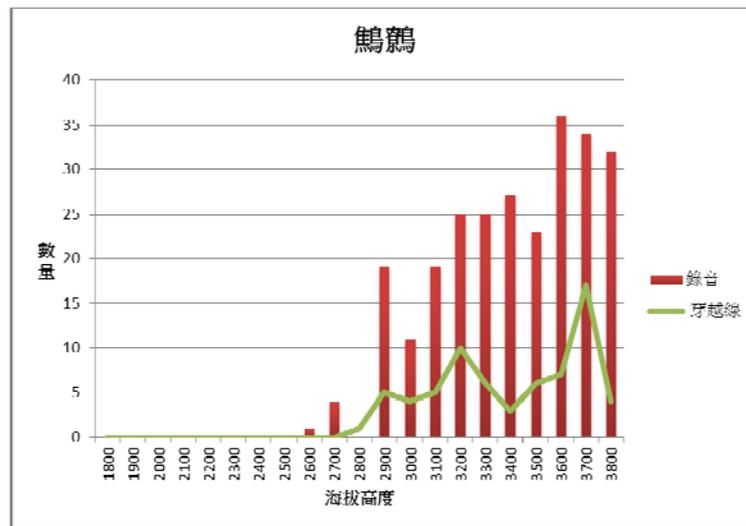


圖 20. 玉山地區火冠戴菊鳥的海拔分布 A.繁殖季(5-7 月), B.秋季(9-10 月), C.冬季(11-12 月)。

A.



B.



C.

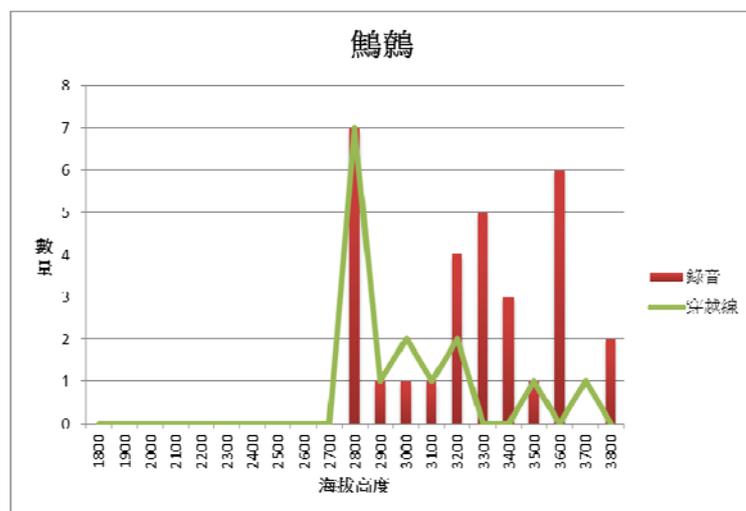


圖 21. 玉山地區鷓鴣的海拔分布 A.繁殖季(5-7 月), B.秋季(9-10 月), C.冬季(11-12 月)。

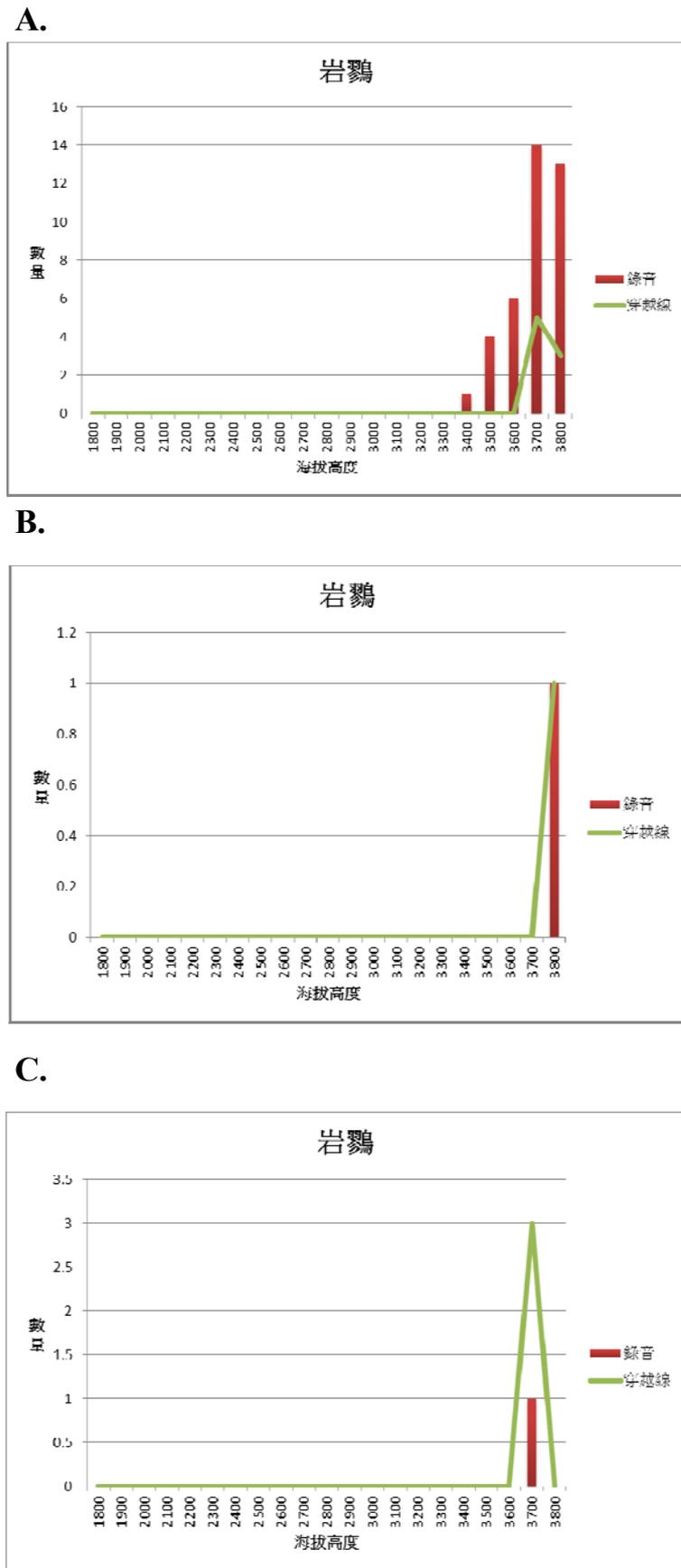


圖 22. 玉山地區岩鷓的海拔分布 A.繁殖季(5-7 月)，B.秋季(9-10 月)，C.冬季(11-12 月)。

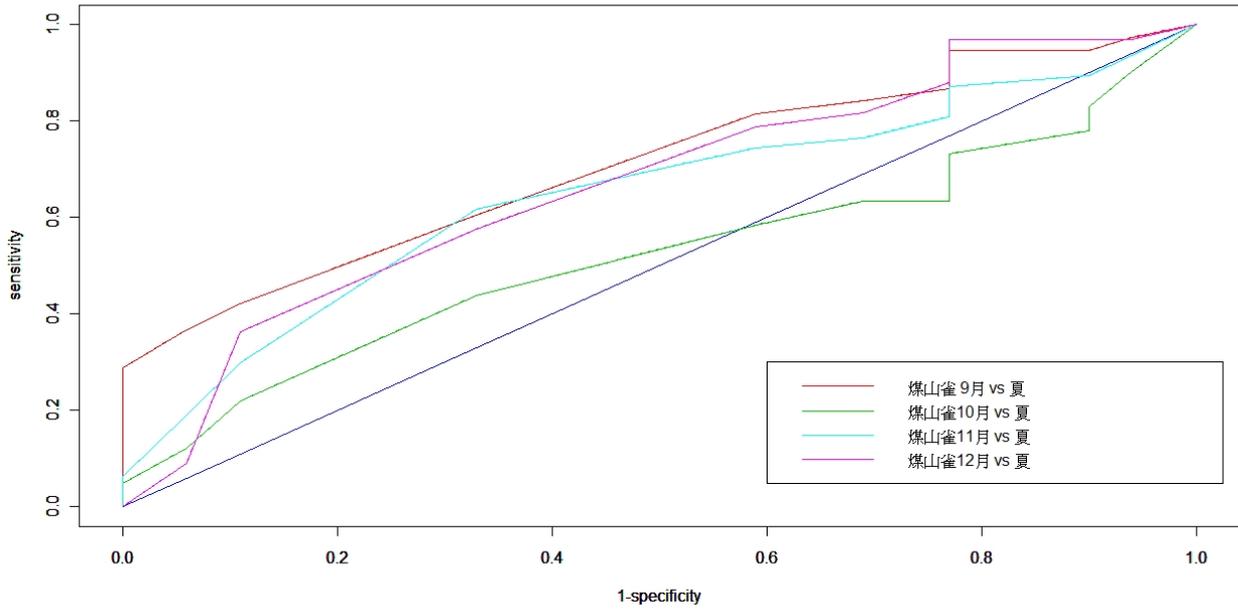


圖 23. 以 ROC curve 呈現煤山雀繁殖季與 9 月及 12 月海拔分布之差異。

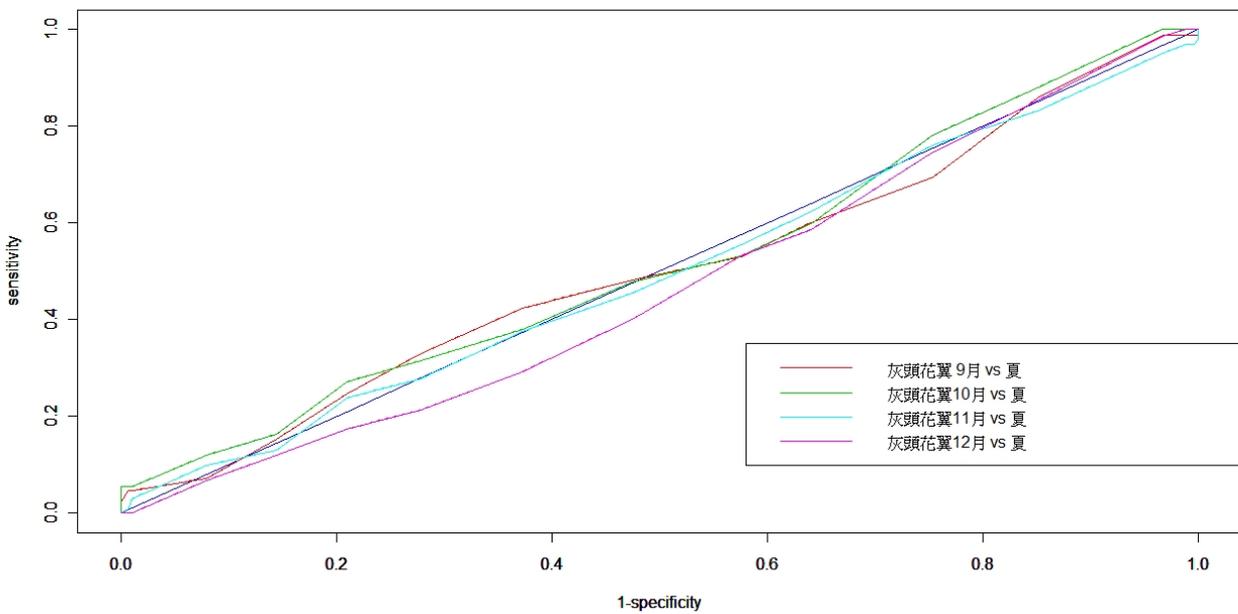


圖 24. 以 ROC curve 呈現灰頭花翼繁殖季與 9 月及 12 月海拔分布之差異。

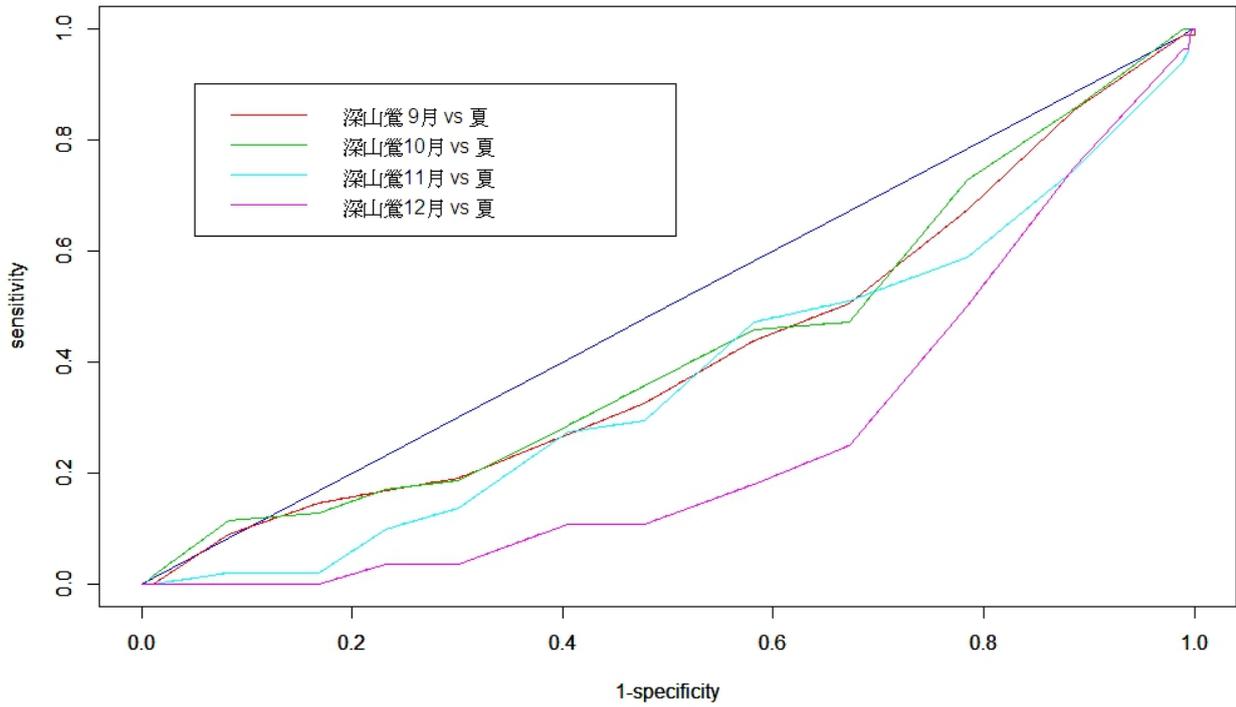


圖 25. 以 ROC curve 呈現深山鶯繁殖季與 9 月及 12 月海拔分布之差異。

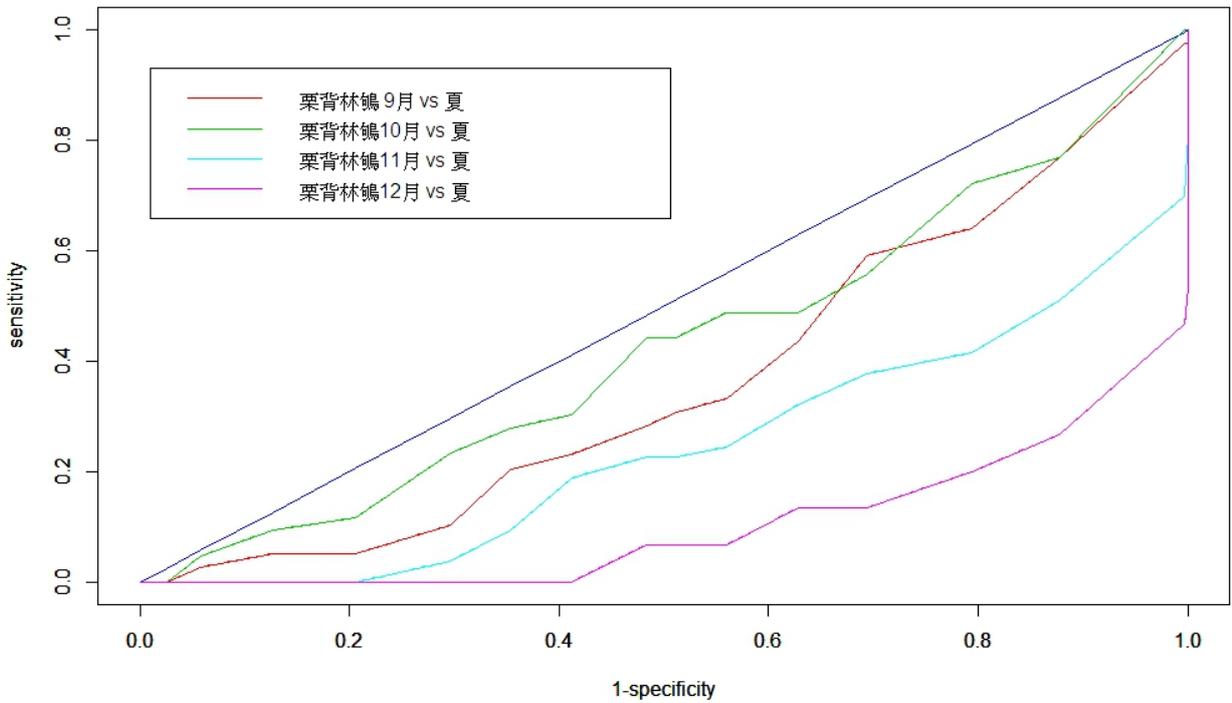


圖 26. 以 ROC curve 呈現栗背林鴉繁殖季與 9 月及 12 月海拔分布之差異。

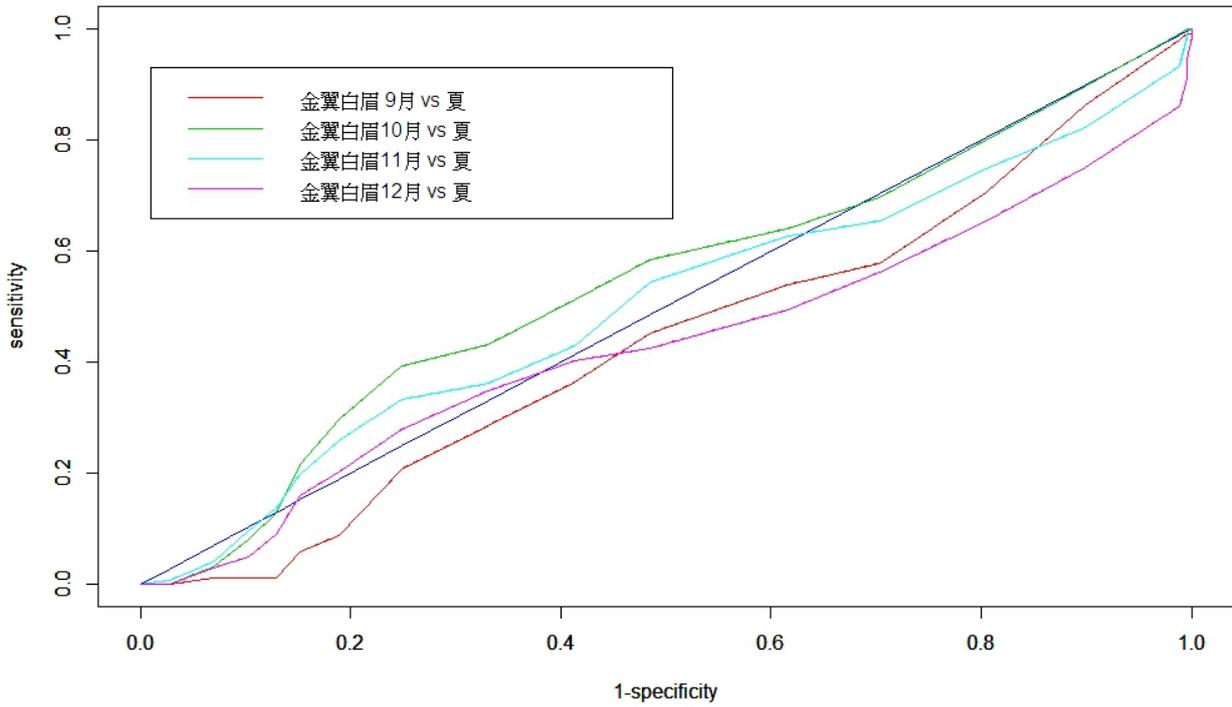


圖 27. 以 ROC curve 呈現金翼白眉繁殖季與 9 月及 12 月海拔分布之差異。

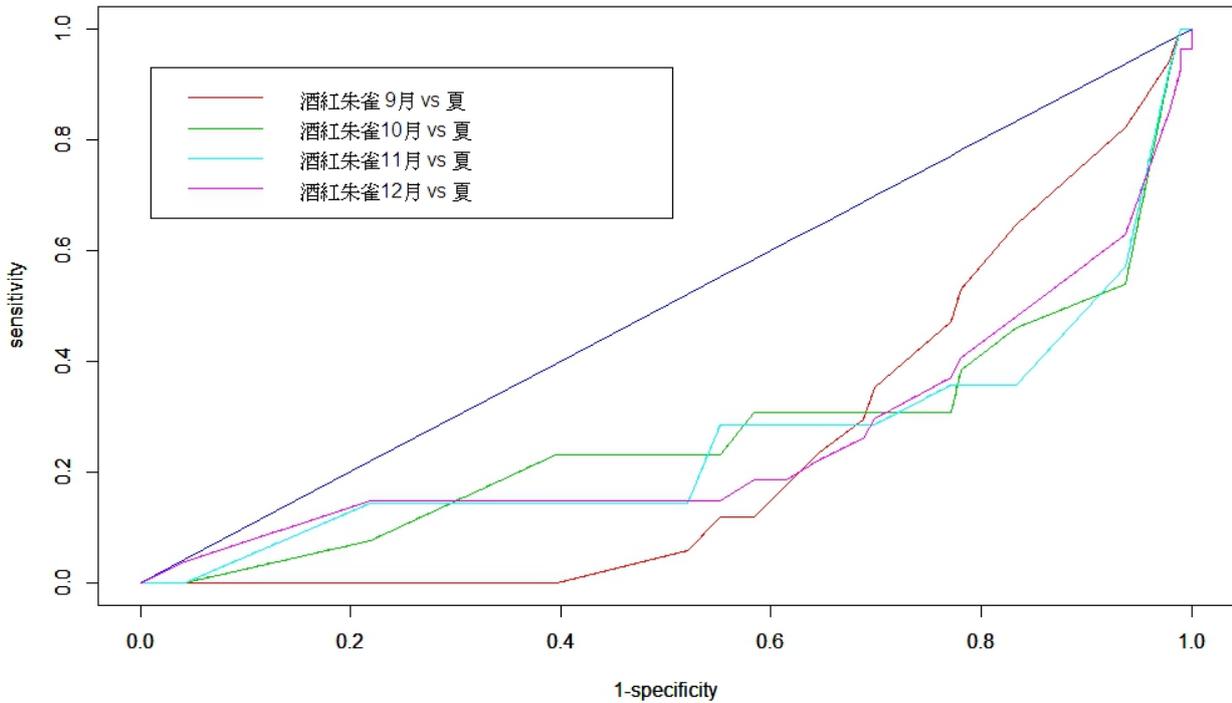


圖 28. 以 ROC curve 呈現酒紅朱雀繁殖季與 9 月及 12 月海拔分布之差異。

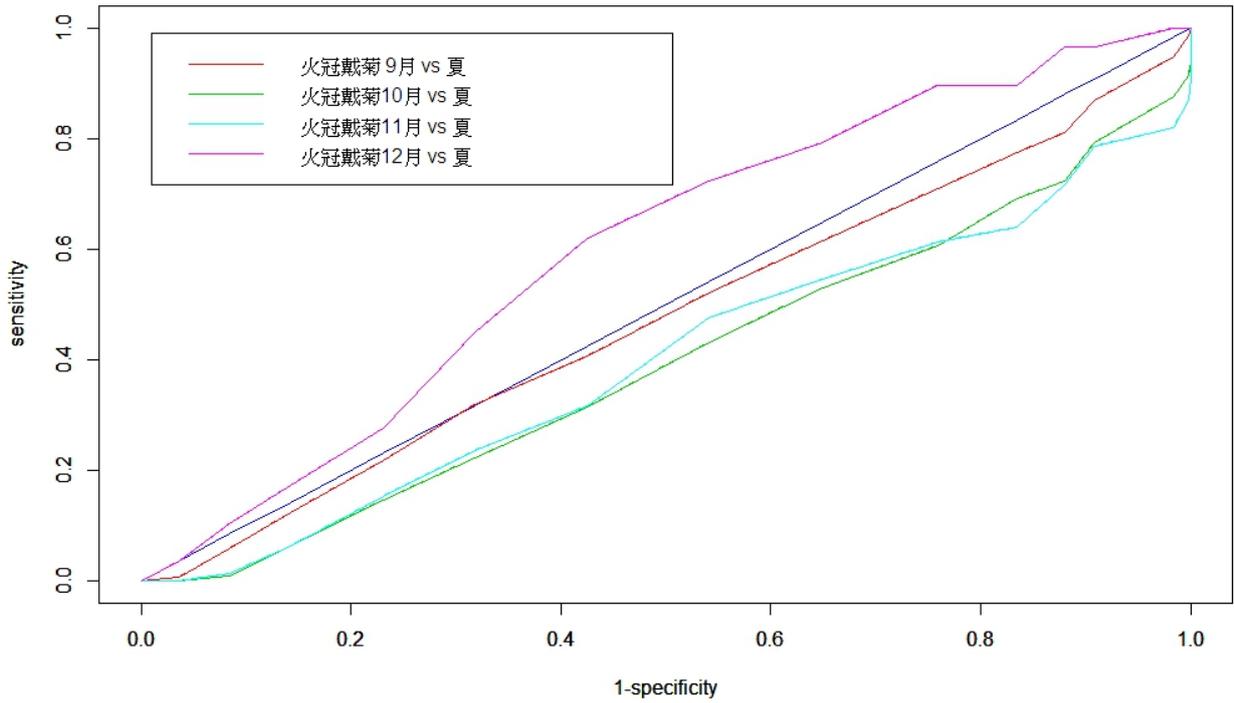


圖 29. 以 ROC curve 呈現火冠戴菊繁殖季與 9 月及 12 月海拔分布之差異。

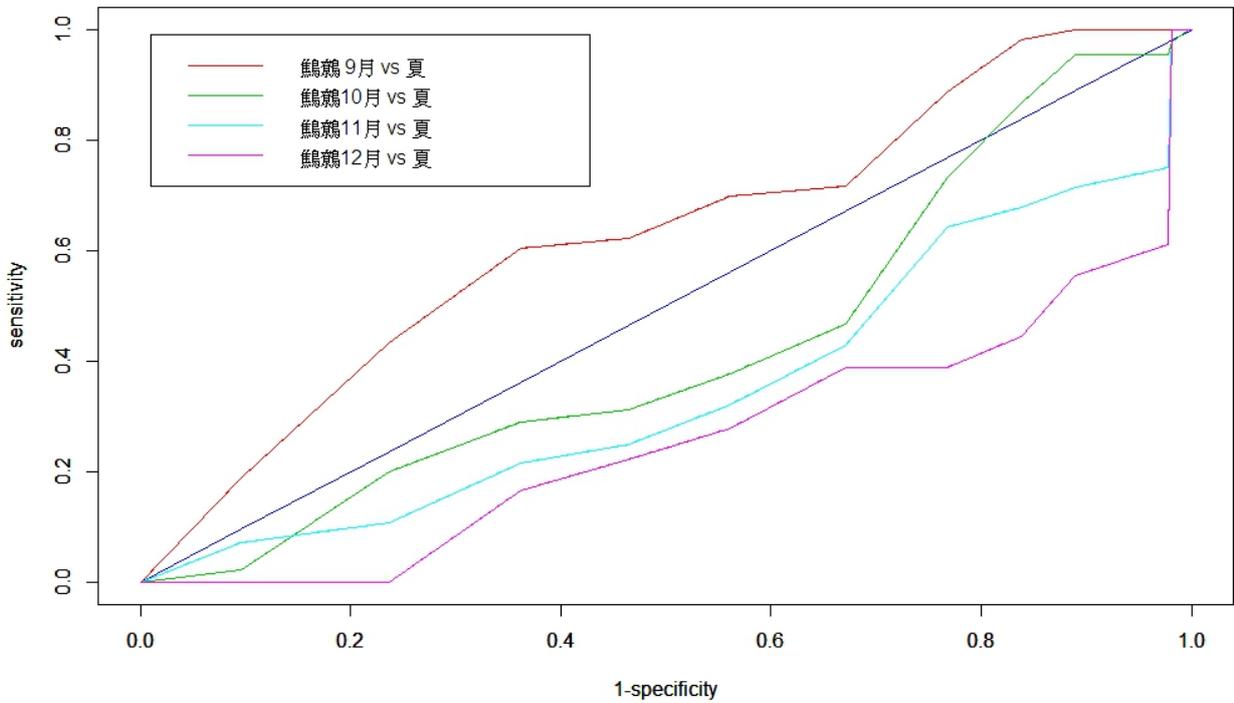


圖 30. 以 ROC curve 呈現鷓鴣繁殖季與 9 月及 12 月海拔分布之差異。

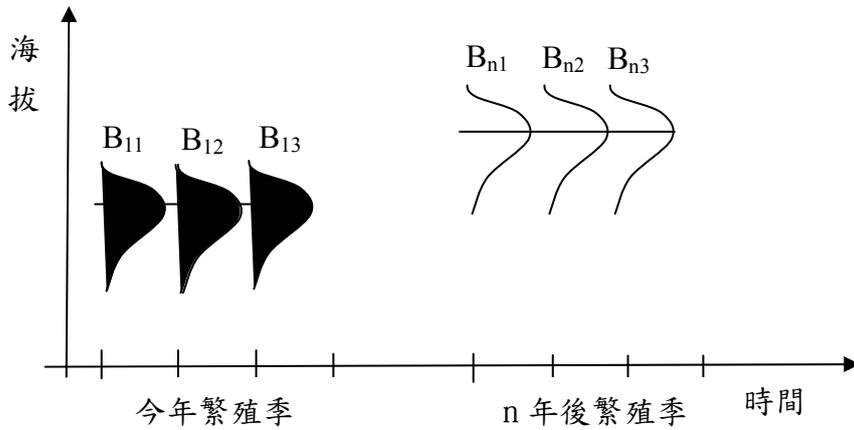


圖31. 某個別鳥種在今年度繁殖季調查的海拔分布與n年後繁殖季調查的海拔分布比較。若海拔分布確實受到氣候溫暖化影響的話，平均值連線會往上升高。

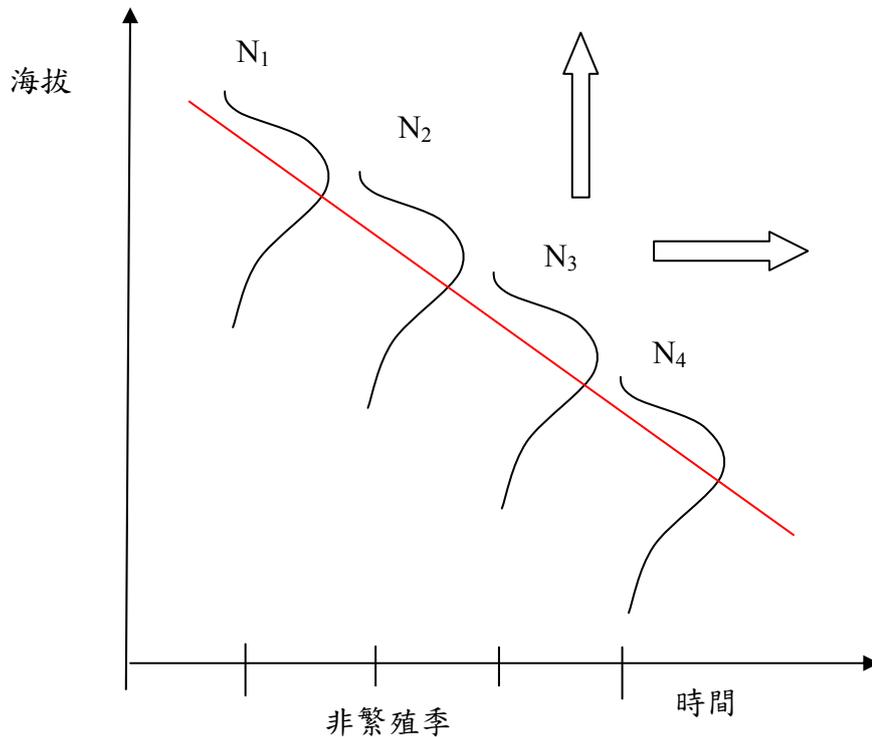


圖 32. 某個別鳥種在今年度非繁殖季 4 次調查的海拔分布，若未來 n 年後海拔分布受到氣候溫暖化的影響，平均值連線應該會往上或往右移動。

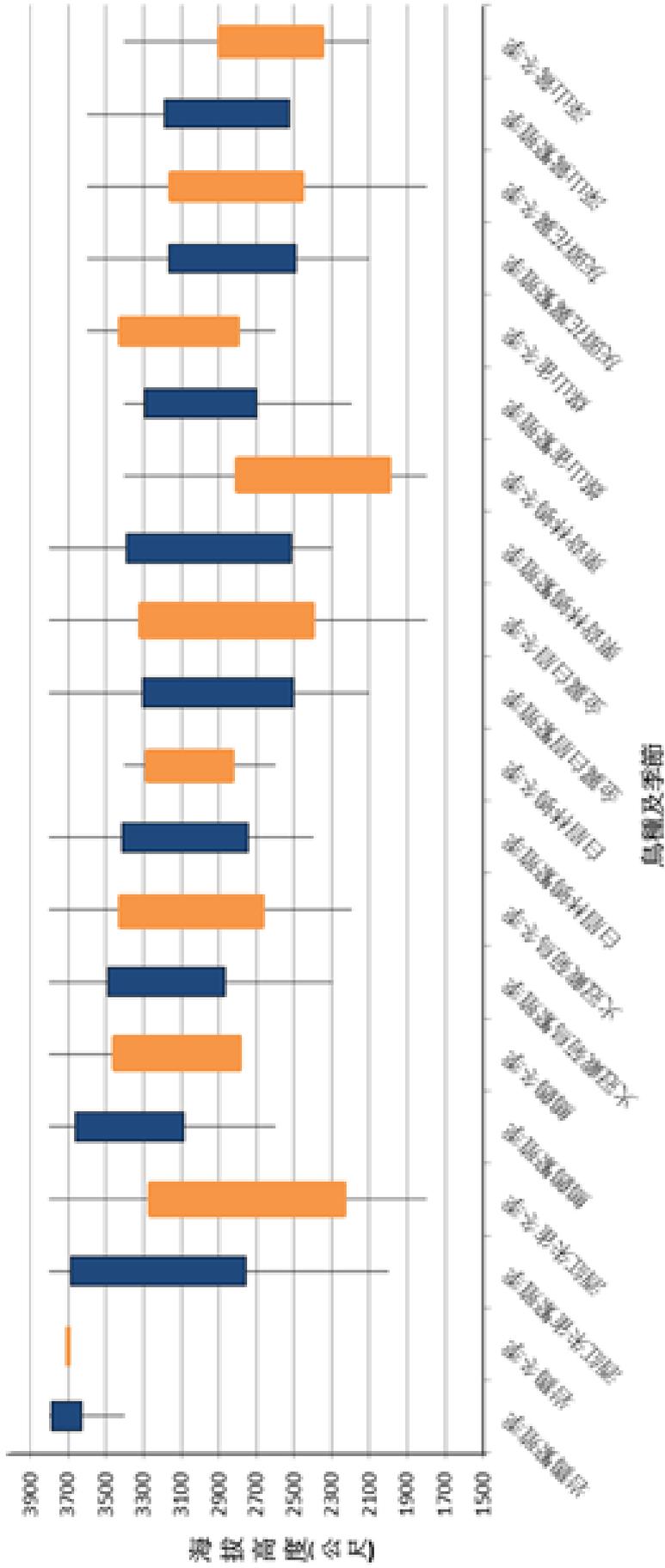


圖 33. 玉山地區高海拔鳥類在繁殖季(5-7 月)與冬季(11-12 月)的海拔分布，柱狀為以海拔分布中心為基準，上下一個標準差的範圍，線條連至海拔分布的上下限。

高海拔鳥類分布資料

附錄 1. 本調查工作照、環境照及鳥類生態照片。



照片一、灰鷺



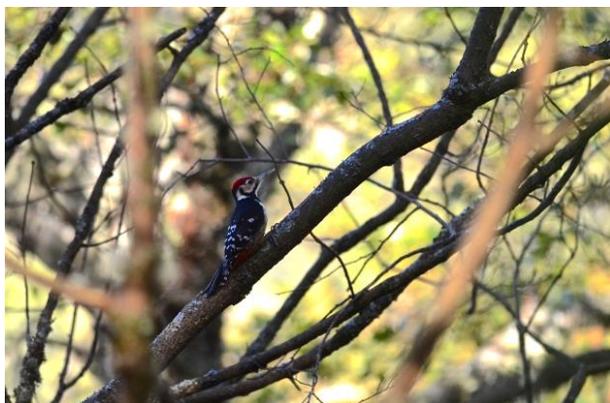
照片二、綠啄木



照片三、黑長尾雉(雄及雌鳥)



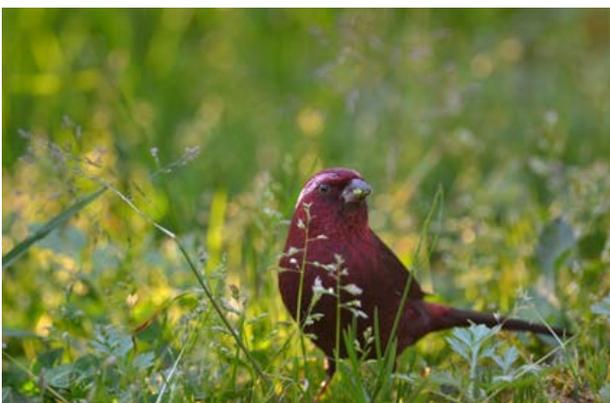
照片四、黑長尾雉(雄亞成鳥)



照片五、大赤啄木



照片六、金翼白眉



照片七、酒紅朱雀



照片八、煤山雀



照片九、紅尾鶇



照片十、岩鶇



照片十一、冠羽畫眉



照片十二、青背山雀



照片十三、火冠戴菊鳥



照片十四、星鴉



照片十五、栗背林鶇(雄鳥)



照片十六、白眉林鶇(雄鳥)



照片十七、灰頭花翼



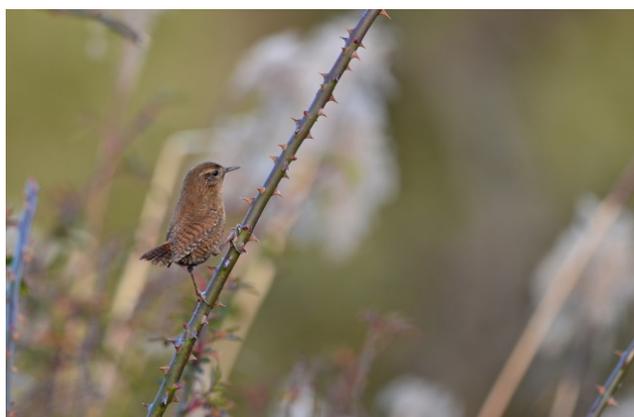
照片十八、冠羽畫眉



照片十九、黃羽鸚嘴



照片二十、紅頭山雀



照片二十一、鷓鴣



照片二十二、小翼鶇



照片二十三、臺灣叢樹鶯



照片二十四、林鵟



照片二十五、工作照(穿越線調查)



照片二十六、工作照(鳥類行為觀察)



照片二十七、工作照(攝影)



照片二十八、工作照(鳥類行為觀察)



照片二十九、工作照(架設錄音機)



照片三十、工作照(架設錄音機)



照片三十一、工作照(GPS 點位資料蒐集)



照片三十二、工作照(鳥類行為觀察)



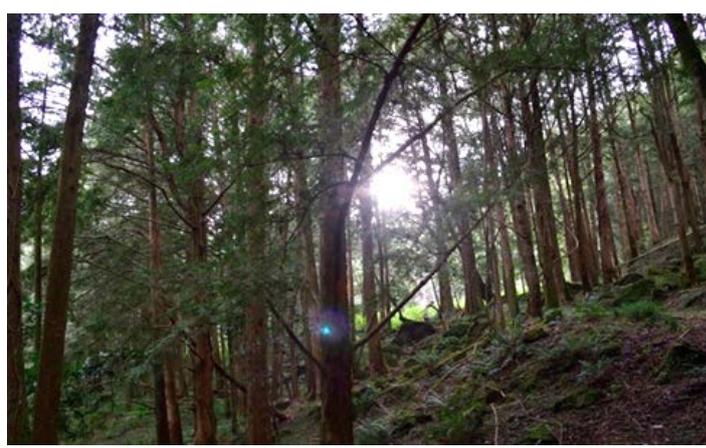
照片三十三、工作照(穿越線調查)



照片三十四、工作照(穿越線調查)



照片三十五、研究地點環境



照片三十六、研究地點環境



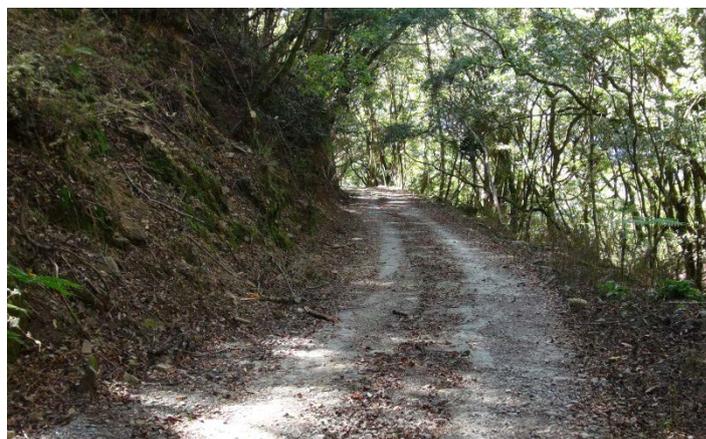
照片三十七、研究地點環境(楠梓仙溪)



照片三十八、研究地點環境



照片三十九、研究地點環境(底層植被稀疏)



照片四十、研究地點環境(楠溪林道)



照片四十一、研究地點環境



照片四十二、研究地點環境(楠梓仙溪河床)



照片四十三、研究地點環境



照片四十四、研究地點環境



照片四十五、研究地點環境



照片四十六、研究地點環境



照片四十七、研究地點環境(楠溪林道)



照片四十八、研究地點環境(楠溪林道 12K 處)



照片四十九、漿果



照片五十、漿果(紫珠)

附錄 2. 玉山地區中、高海拔鳥類調查鳥種名錄。

目	科	中文名	學名	特有性	保育等級	穿越線 錄音監測	
						✓	✓
雞形目	雉科	深山竹雞	<i>Arborophila crudigularis</i>	特	III		✓
		黑長尾雉	<i>Syrmaticus Mikado</i>	特	II	✓	
鷹形目	鷹科	大冠鷲	<i>Spilornis cheela</i>	特亞	II	✓	
		松雀鷹	<i>Accipiter virgatus</i>	特亞	II	✓	✓
		林鵟	<i>Ictinaetus malayensis</i>		I	✓	
		熊鷹	<i>Nisaetus nipalensis</i>		I	✓	
鴿形目	鳩鴿科	綠鳩	<i>Treron sieboldii</i>			✓	✓
		紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>			✓	
		灰林鴿	<i>Columba pulchricollis</i>				✓
鴉形目	杜鵑科	鷹鵑	<i>Hierococcyx sparverioides</i>			✓	✓
		中杜鵑(筒鳥)	<i>Cuculus saturatus</i>			✓	✓
鴉形目	鴞鴞科	黃嘴角鴞	<i>Otus spilocephalus</i>	特亞	II	✓	✓
		鵯鵯	<i>Glaucidium brodiei</i>	特亞	II	✓	✓
		褐林鴞	<i>Strix leptogrammica</i>		II		✓
		東方灰林鴞	<i>Strix nivicola</i>	特亞	II		✓
雨燕目	雨燕科	小雨燕	<i>Apus nipalensis</i>	特亞		✓	
鷲形目	鬚鷲科	五色鳥	<i>Megalaima nuchalis</i>	特		✓	✓
	啄木鳥科	大赤啄木	<i>Dendrocopos leucotos</i>	特亞	II	✓	✓
		綠啄木	<i>Picus canus</i>		II	✓	✓
燕雀目	山椒鳥科	灰喉山椒鳥	<i>Pericrocotus solaris</i>			✓	✓
	卷尾科	小卷尾	<i>Dicrurus aeneus</i>	特亞		✓	✓
	鴉科	松鴉	<i>Garrulus glandarius</i>	特亞		✓	✓
		星鴉	<i>Nucifraga caryocatactes</i>	特亞		✓	✓
		巨嘴鴉	<i>Corvus macrorhynchos</i>			✓	✓
	燕科	東方毛腳燕	<i>Delichon dasypus</i>			✓	✓
	山雀科	煤山雀	<i>Periparus ater</i>	特亞	III	✓	✓
		青背山雀	<i>Parus monticolus</i>	特亞	III	✓	✓
		黃山雀	<i>Parus holsti</i>	特	II	✓	✓
	長尾山雀科	紅頭山雀	<i>Aegithalos concinnus</i>			✓	✓
	鴉科	茶腹鴉	<i>Sitta europaea</i>			✓	✓
	鷓鴣科	鷓鴣	<i>Troglodytes troglodytes</i>	特亞		✓	✓
	河鳥科	河鳥	<i>Cinclus pallasii</i>			✓	✓
戴菊科	火冠戴菊鳥	<i>Regulus goodfellowi</i>	特	III	✓	✓	
鷓眉科	鱗胸鷓眉	<i>Pnoepyga formosana</i>	特		✓	✓	

附錄 2. 玉山地區中、高海拔鳥類調查鳥種名錄。(續)

目	科	中文名	學名	特有性	保育等級	監測	
						穿越線	錄音監測
燕雀目	繡眼科	冠羽畫眉	<i>Yuhina brunneiceps</i>	特		✓	✓
	樹鶯科	小鶯	<i>Horornis fortipes</i>	特亞		✓	✓
		深山鶯	<i>Horornis acanthizoides</i>	特亞		✓	✓
		棕面鶯	<i>Abroscopus albogularis</i>			✓	✓
	蝗鶯科	台灣叢樹鶯	<i>Locustella alishanensis</i>	特		✓	✓
	鸚嘴科	黃羽鸚嘴	<i>Suthora verreauxi</i>	特亞		✓	✓
	畫眉科	灰頭花翼	<i>Fulvetta formosana</i>	特		✓	✓
		山紅頭	<i>Cyanoderma ruficeps</i>	特亞		✓	✓
		繡眼畫眉	<i>Alcippe morrisonia</i>	特		✓	✓
		竹鳥	<i>Dryanastes poecilorhynchus</i>	特	II	✓	✓
		金翼白眉 (台灣噪眉)	<i>Trochalopteron morrisonianum</i>	特		✓	✓
		白耳畫眉	<i>Malacias auricularis</i>	特		✓	✓
		藪鳥(黃胸藪眉)	<i>Liocichla steerii</i>	特		✓	✓
	鶇科	紅尾鶇	<i>Muscicapa ferruginea</i>				✓
		黃腹琉璃	<i>Niltava vivida</i>	特亞	III	✓	✓
		小翼鶇	<i>Brachypteryx montana</i>	特亞		✓	✓
		台灣紫嘯鶇	<i>Myophonus insularis</i>	特		✓	✓
		小剪尾	<i>Enicurus scouleri</i>	特亞	II	✓	
		白尾鶇	<i>Myiomela leucura</i>	特亞	III	✓	✓
		白眉林鶇	<i>Tarsiger indicus</i>	特亞	III	✓	✓
		栗背林鶇	<i>Tarsiger johnstoniae</i>	特		✓	✓
		黃胸青鶇	<i>Ficedula hyperythra</i>	特亞		✓	✓
		鉛色水鶇	<i>Phoenicurus fuliginosus</i>	特亞	III	✓	✓
	綠鶇科	綠畫眉	<i>Erpornis zantholeuca</i>			✓	✓
	鶇科	虎鶇	<i>Zoothera dauma</i>			✓	✓
	啄花科	紅胸啄花	<i>Dicaeum ignipectum</i>	特亞		✓	✓
	岩鶇科	岩鶇	<i>Prunella collaris</i>	特亞		✓	✓
	鵲鶇科	灰鵲鶇	<i>Motacilla cinerea</i>			✓	
	雀科	褐鶇	<i>Pyrrhula nipalensis</i>	特亞		✓	✓
		灰鶇	<i>Pyrrhula erythaca</i>	特亞		✓	✓
		酒紅朱雀	<i>Carpodacus formosanus</i>	特		✓	✓

附錄 3. 期中審查會議委員意見及回覆。

審查意見	回覆
1. 留棲性鳥類是否就是留鳥，請定義。	一般定義留棲性鳥類為留鳥，遷移性鳥類為候鳥，留鳥整年都會待在台灣，最重要的判定標準是有無於此繁殖下一代。玉山地區高海拔鳥類幾乎都是留鳥。
2. 上下限的海拔分布有無更好的呈現方式。	本想將各鳥種海拔分布的上、下限以常態分布圖呈現，但因資料還不夠，因此目前仍看不出常態分布的樣貌，未來會依常態分布的概念下去畫。
3. 遊憩行為與監測點的干擾問題，請補述。	各海拔的監測點都有特別挑選過，不會直接擺放在步道邊，而是設置在離開步道一點距離的地方，因此一般遊客不會注意到。而取樣的時段為天亮及天黑時段各一個小時，此時遊客量也不多，因此遊憩干擾的問題不大。
4. 鳥類為適合棲地性時，對於調查的影響程度為何？宜有說明。	各鳥種都有其喜好的棲地環境，而本調查沿步道做穿越線，因此不見得能涵蓋所有棲地類型，各林型被納入調查的比例也不見得都相同，此為沿步道調查之限制。所以在海拔 2600m、2700m 以及 3700m 處就多設了一個樣點，以涵蓋不同棲地環境。
5. 鳥類繁殖季之錄音，是可區分出鳥種，但非繁殖季時，一般鳥較無叫聲，該如何解決此一問題。	感謝委員的提醒，這其實也是我們擔心的問題之一。目前是繁殖季，所以用錄音監測鳥類的出現與否還算可靠。但是到了非繁殖季，鳥類的叫聲會減少許多，錄音的效果恐不理想，屆時可能得依賴穿越線調查的資料。本調查案同時採用穿越線及錄音監聽兩種調查方法，彼此可相輔相成。
6. 本案是以台灣鳥類誌做為探討降遷行為之比較，建議能詳述各鳥種的分布範圍是實際的紀錄或是推估而得。	台灣鳥類誌因兼顧各鳥種在整個台灣的分布情形，且未特別標明是繁殖季或非繁殖季資料，因此可能會跟玉山地區的狀況有些許差異。期末報告會另外尋找過去玉山地區繁殖季的資料，如丁宗蘇(1992)，做進一步的比較。

附錄 4. 期末審查會議委員意見及回覆。

審查意見	回覆		
1. ROC curve 的統計分析法以及此方法在鳥類海拔分布移動的依據、方法、標準作業程序、所產生的圖表意義，請詳加說明。	ROC curve 的統計分析法已詳述於方法中，至於此方法如何運用在鳥類海拔分布之研究則於討論及建議中做進一步說明。不足之處，請參考所附完獻資料。		
2. ROC curve 圖的線條表現，請注意彩色與黑白的型式呈現，以利判讀。	結案報告會注意線條的色彩問題，盡量以彩色印出。		
3. 鳥類海拔分布變化除考量氣候因素之外，其它如環境變遷、棲地改變、食物變化等因子，是否應該一併考量，請補述。	會影響高海拔鳥類降遷的因素很多，氣候因素如低溫、強風及下雪等，棲地也會因下雪而被覆蓋無法使用，再加上冬季昆蟲量驟減，都會迫使鳥類不得不離開繁殖地，而移往較低海拔地區度冬。若研究設計包含這麼多因子，資料收集上更具挑戰性，統計分析上也更複雜，但卻能看出降遷是受那些因子的影響。		
4. 遊客是否影響鳥類海拔分布或僅是棲地的影響？宜有說明。另外各樣點位置與鳥類棲地，兩者的正相關性為何，請說明之。	<p>1. 遊客確實會因其出現或行為上改變棲地而影響到動物(含鳥類)的分布。如雪山的酒紅朱雀確實會受登山客留置廚餘的影響，持續留在高海拔地區，而減少降遷的行為(賴彥廷 2012)。</p> <p>2. 本調查因沿登山步道設置，在海拔每 100 公尺整放錄音機處並不一定是該海拔帶較具代表性的林型，調查過程中我們也確實遭遇到了這個問題，因此得在附近另找較佳的樣區設置錄音機。</p>		
5. 穿越線和錄音，兩種調查監測方式，優缺點與客觀度為何？該如何取決，請列表說明。	優缺點	穿越線	錄音
	使用感覺器官	調查人員親臨現場，除靠耳朵聽外，還能用望遠鏡觀察附近鳥類。	僅能靠錄音檔於事後監聽，轉錄出鳥種，叫聲小或不太叫的鳥種較易遺漏掉。
	持續時間	一般僅調查 5-10 分鐘，因此容易錯過稀有種類。	可長時間錄音達一天一夜，一般會從中抽取鳥多的時段監聽轉錄，本調查為 2 小時。
	數量	眼睛親見較易正確估算數量。	耳聽較不易估算數量。
	種類	因調查時間短，會	監聽時間長，可以錄

		錯過一些種類	到一些隱蔽的鳥種。
	季節	各季皆適合使用	非繁殖季效果較差， 因鳥類鳴叫減少甚多
6. 本案報告書請附上調查監測之照片，以呈現本案具體成果。	會於結案報告中附上調查照片、環境照片及鳥類生態照片共 50 張。		

謝誌

本計畫得以順利完成得感謝很多人的幫忙：

首先感謝玉山國家公園管理處之經費支持，才有可能完成這個計畫案以及寫出這本報告。感謝保育課課長邦卡兒。海放南的信任與行政支持，保育課楊舜行在行政上的大力配合以及許重洲前輩的諄諄鼓勵。特別是舜行兄，每月都得為我們上圓峰的床位奔走，而且高山地區氣候多變，有時不得不改期再重新申請，都賴楊先生的協助處理，真是感激不盡；當然也感謝入園中心諸位先生小姐的快速處理，才讓今年的調查得以順利完成。也得感謝塔塔加遊客中心魏主任、印莉敏及蔡文玲的諸多協助，讓我們在進入山區的前一夜，有一個舒服的地方可以歇息。也感謝警察小隊的眾位大哥們，能在寒冷的清晨準時開門，讓在門外等候的我們可以快速通關。高醫生物系得方面感謝許雅玫、劉姿岑、梁又仁、羅琨評、黃揚傑、黃于芳、蔡曜錨、蔡昀芸等協助野外調查工作，林幸潔協助行政事務，高雄海科大廖贊淳幫忙資料分析及圖表製作，以及台大廖俊傑提供塔塔加鳥類的生態照片。當然也得感謝中興大學應數系吳宏達老師的 ROC curve 讓這本報告增色不少，也讓我們更了解如何監測氣候變遷對鳥類的影響。沒有這麼多人的點滴力量，實在無法完成這一本報告。不過最後在趕結案報告的時候剛好遇上國科會計畫書繳交，因此報告內容若有不盡週詳之處，尚請不吝批評指正。