

916 雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱鳥類繁殖生態監測

雪霸國家公園管理處

自行研究報告(6年度)

雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱
鳥類繁殖生態監測

雪霸國家公園管理處自行研究報告

中華民國 99 年 12 月

PG9803—0152

雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱 鳥類繁殖生態監測

研究人員：蕭明堂

執行人員：蕭明堂、黃婉如、陳映嵐、謝惠冰、
熊大維、許詩涵、潘玉潔、黃書彥、
林玉珮

雪霸國家公園管理處自行研究報告

中華民國 99 年 12 月

致謝

在 2011 年的第一天早晨，終於完成這份報告，進到致謝的部分，同時也代表著新一年度的觀霧巢箱計畫的開始。觀霧計畫能夠執行且持續，真的仰賴處內長官的支持與鼓勵，陳處長茂春、鐘副處長銘山及楊秘書金臻等，沒有你們大力地鼓勵同仁作自行研究，這個計畫必定無法成型。另外，不可少的是課內于課長淑芬的支持及同仁的幫助，對於工作上的包容與協助，觀霧管理站的同仁，陳主任振達和彭哥等的鼓勵，在繁殖季密切上山，常常來去匆匆、早出晚歸的打擾，在此一併致謝。

目次

表次	II
圖次	III
摘要	IV
Abstract	VI
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究方法	3
第二章 研究結果	9
第一節 鳥類繁殖參數及繁殖時間分布	9
第二節 巢箱利用率	16
第三節 其他調查紀錄	17
第三章 討論	19
第一節 2009 與 2010 年繁殖情形比較	19
第二節 鳥類繁殖與食物豐度的關係	20
第三節 闊葉林與人工林巢箱使用比較	21
第四節 自動監測設備於繁殖鳥巢之利用	21
第四章 結論與建議	23
第一節 結論	23
第二節 建議	23
附錄一 觀霧地區利用巢箱鳥類及其他物種影像	25
附錄二 觀霧地區陸生蝸牛名錄	33
參考書目	35

表次

表 2-1	2009 及 2010 年觀霧地區利用巢箱之青背山雀繁殖 參數及日期	12
表 2-2	2009 及 2010 年觀霧地區利用巢箱之青背山雀繁殖 成功率	12
表 2-3	2009 及 2010 年觀霧地區利用巢箱之棕面鶯繁殖 參數及日期	15
表 2-4	2009 及 2010 年觀霧地區利用巢箱之棕面鶯繁殖 成功率	15
表 2-5	2009 及 2010 年觀霧地區巢箱被山雀科及棕面鶯利 用情形	16
表 2-6	2010 年觀霧地區利用巢箱各鳥種於各繁殖階段錄 影巢數(N)、天數(D)及小時數(H)	17

圖次

- 圖 1-1 雪霸國家公園觀霧地區(a)柳杉林巢箱樣區、(b)賞鳥步道巢箱樣區棲地現況 3
- 圖 1-2 雪霸國家公園觀霧地區鳥巢箱樣區之地理位置 4
- 圖 1-3 中央氣象局觀霧地區自動測站(雪霸 C0D550)於2008年12月至2010年11月之(a)逐時氣溫及(b)逐時降雨量 7
- 圖 2-1 2009及2010年觀霧地區(a)山雀科鳥類利用之苔蘚巢材及(b)棕面鶯利用之枯葉芒草巢材於時間軸之分布 10
- 圖 2-2 (a)2009年及(b)2010年觀霧地區利用巢箱之青背山雀卵數及雛數分布 11
- 圖 2-3 (a)2009年及(b)2010年觀霧地區利用巢箱之棕面鶯卵數及雛數分布 14

摘要

關鍵詞：山雀、巢箱、棕面鶯、蝸牛、繁殖生物學、觀霧

一、研究緣起

觀霧地區位於臺灣中海拔霧林帶，而霧林帶生態系為易受氣候變遷影響的敏感生態系之一，是以長期計畫性監測觀霧地區的生物間及生物與環境間的關連，有其必要。鳥類為森林生態系的初級或次級消費者，其對於溫度的反應較植物快速、易偵測變化，且較哺乳動物容易觀察，較昆蟲及其他無脊椎動物易於分類，因而適合作為長期監測的物種。本研究沿用王穎(2009)於觀霧地區設置的巢箱，持續進行監測，並嘗試利用自動監測設備紀錄來紀錄巢箱中的鳥類繁殖行為，補足人為觀察的限制。另一方面，鈣為影響鳥類繁殖的重要因子，許多小型雀形目鳥類多以森林枯落物層的小型陸生蝸牛為重要鈣源，本研究亦進行陸生蝸牛調查，以瞭解此區蝸牛資源分布。

二、研究方法及過程

於繁殖季前每兩星期巡巢乙次，於繁殖季期間(4-7月)維持每星期至少乙次之巡巢頻率，巡巢時記錄鳥巢繁殖階段、雛鳥孵出及離巢時間、卵數及雛數等繁殖參數，並計算繁殖成功率。針對繁殖鳥巢架設彩色小型監視器，錄影記錄巢內親鳥餵食雛鳥的情形。另外，架設紅外線自動相機監測進出巢箱的動物及活動時間。蝸牛調查則是先將各樣區分格 10x10 公尺網格後，逢機選擇其中 5 個網格以地面搜尋方式進行，每個網格的搜尋時間為 30 分鐘。

三、重要發現

於 2010 年繁殖季共紀錄 27 巢棕面鶯(*Abroscopus albogularis*)、11 巢青背山雀(*Parus monticolus*)、2 巢黃山雀(*P. holsti*)及 1 巢煤山雀(*P. ater*)利用巢箱繁殖。其中，屬高海拔鳥種的煤山雀及特有種的黃山雀為本區新紀錄利用巢箱繁殖的鳥種。比較 2009 年與 2010 年的繁殖資料發現，2010 年青背山雀及棕面鶯繁殖開

始的時間早於 2009 年，且利用巢箱的比例及繁殖巢數較高。本年度以小型監視器錄影紀錄鳥巢的育雛行為，共紀錄青背山雀 9 巢 743.7 小時，煤山雀 1 巢 125.6 小時，黃山雀 1 巢 129.6 小時，棕面鶯 14 巢 788.9 小時的資料。另外，本區陸生蝸牛的調查共計發現 7 科 18 種的陸生蝸牛。

四、主要建議事項

建議一：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

本年度監測觀霧地區鳥類利用巢箱的繁殖，並結合樹冠層鱗翅目毛蟲的資料探討物種間的物候學關係，相關調查成果可轉化為科普文章提供解說教育使用，如電子報或網頁等形式，增加民眾對於觀霧地區豐富多樣的生態資源，及物種間關連的認識。

建議二：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

鳥巢箱為監測鳥類及環境物候的可行的工具，然物候學相關的監測需長期累積方能看出整體趨勢，是已有必要持續進行本區鳥類的繁殖監測。另外，與鳥類相關的鱗翅目昆蟲資源尚待進一步整合，以完善園區的物種生態資料庫。

Abstract

Key word: Breeding biology, GuanWu, Land snail, Nestbox, Rufous-faced Warbler, Tit

We investigated the breeding activity of secondary cavity nesting passerines using nestboxes on three *Cryptomeria* plantations and one broadleaf habitat at GuanWu, 2010. From the beginning of April to the end of July, we checked nestboxes weekly and recorded the content of nestboxes and activities of birds. Twenty-seven Rufous-faced Warbler (*Abroscopus albogularis*) nests, eleven Green-backed Tit (*Parus monticolus*) nests, two Yellow Tit (*P. holsti*) nests and one Coal Tit (*P. ater*) nest were recorded throughout the breeding season. Moreover, we monitored parental feeding and nestling behavior in a part of nests via video cameras set up in the nest boxes. A total of 1787.8 h in 25 nests were recorded via video camera, including 743.7 h in 9 Green-backed Tits nests, 125.6 h in 1 Coal Tits, 129.6 h in 1 Yellow Tit nest, and 788.9 h in 14 Rufous-faced Warbler nests. Comparisons of breeding data with previous studies revealed that the two common species, Green-backed Tits and Rufous-faced Warblers started to breed earlier and breed more nests in 2010 than in 2009. Moreover, the breeding populations of Yellow Tit and Coal Tit were the first records in nestboxes at GuanWu area. In addition, to clarify possible calcium sources for small passerine, we surveyed land snail on the four nestboxes sites. Seventeen species of land snails were found in plantations, and two species were found on broadleaf habitat.

We provided two suggestions for further work. First, some interesting information from our results and videos could be extracted, and transformed into education materials to introduce the biodiversity of GuanWu area. Second, long-term monitoring of nestbox was needed to clarify the phenology of birds and the relationship between birds' breeding and their foods.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起及背景

雪霸國家公園為臺灣第三座山岳型國家公園，座落於臺灣中部山區，範圍涵蓋苗栗、新竹與臺中三個縣，以冰河地形的雪山山脈、獨特山型的大霸尖山，以及珍稀的冰河子遺生物—臺灣櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)和觀霧山椒魚(*Hynobius fuca*)而聞名。歷年國家公園保育研究計畫所累積的物種統計資料顯示，園區共計發現 57 種哺乳動物，其中 42 種(75%)為臺灣特有種或特有亞種，151 種鳥類中有 70 種(46.4%)為特有種或特有亞種，16 種兩生類及 37 種爬蟲類中，分別有 5 種(31.3%)及 15 種(40.5%)為特有種或特有亞種，足以呈現臺灣高山生物多樣性的豐富與珍貴。國家公園依山稜線及水線將園區範圍分為武陵、觀霧及雪見三區，分年分區辦理資源調查，提供經營管理決策所需資料。其中的觀霧地區位於臺灣中海拔霧林帶，具有獨特的天氣型態，雲霧之水平降水占總降水量之三分之一(林博雄，2009)，蘊含許多特稀有的動植物。近年氣候變遷所引起的問題逐漸受到關注，氣候變遷可能帶來的影響包括中海拔雲霧帶的抬升或壓縮，是以長期計畫性監測此區生物的物候學為當務之急。

鳥類為森林生態系的初級或次級消費者，其對於溫度的反應較植物快速、易偵測變化，且較哺乳動物容易觀察，較昆蟲及其他無脊椎動物易於分類，因而適合作為長期監測的物種。而鳥類的繁殖及遷移行為，更因標的明確，常被作為衡量氣候變遷對物種影響的標的，例如：於在過去 25 年間，北美的 20 多種鳥類繁殖時間平均提早 8.8 天，與全球氣溫增加有關(Crick *et al.*, 1997)。另一篇研究則指出，於 1987 至 2003 年間，氣候變遷已造成歐洲斑姬鶉(*Ficedula hypoleuca*)的遷移時間改變，並進一步導致其繁殖時間於食物資源高峰錯位，因而族群大量減少(Both *et al.* 2006)。

然考量天然鳥巢不易搜尋，樣本不集中，加上野外棲地因子異質性高，常造成資料收集與分析上的不易，是以選擇在均質環境(人工林)架設人工鳥巢箱為一可行作法。國內的奧萬大森林遊樂區已進行人工鳥巢箱監測逾多年(2002~2009)，監測資料顯示不同年間的溫度及雨量會影響利用巢箱繁殖鳥類之棕面鶯

(*Abroscopus albogularis*)及青背山雀(*Parus monticolus*)的繁殖表現，包括產卵時間、窩卵數及繁殖成功(姚正得，2009a, b)；另於太魯閣國家公園關原地區所設置鳥巢箱的監測中亦發現，在早春溫度較為溫暖的2005年，茶腹鳴(*Sitta europaea*)及山雀科鳥類的築巢、產卵時間均有較為提早之趨勢(蕭明堂等，2008a)。而雪霸國家公園於98年在「觀霧地區鳥類資源調查暨鳥巢箱設置」計畫，已完成設置90處巢箱(王穎，2009)，並成功吸引青背山雀及棕面鶯二鳥種利用巢箱繁殖。為瞭解鳥類繁殖在時間軸的變化以及年間的變異，本研究沿用王穎(2009)所設置的巢箱樣區持續進行監測，並嘗試利用自動監測設備記錄巢箱中的鳥類繁殖行為，補足人為觀察的限制，同時將可獲得更多影音素材，提供解說教育應用。

另一方面，鈣(calcium)為影響鳥類繁殖的重要因子，雌鳥產卵及雛鳥骨骼生長都需攝取足夠的鈣質(Graveland and van Gijzen, 1994; Bureš and Weidinger, 2003)，而鈣的可獲得性對鳥類繁殖的限制在人工林或貧養土壤更為顯著(Graveland, 1996; Graveland and Berends, 1997)。由於觀霧地區曾進行大面積的伐林與造林，此區鈣的可獲得性是否限制森林鳥類的繁殖為另一重要課題。許多小型雀形目鳥類多以森林枯落物層的小型陸生蝸牛為重要鈣源，陸蝸的大小多在3–7mm (Graveland, 1996)，由於此類生物的體積小，易被忽視，在國家公園園區過往所執行的計畫中，亦無相關的調查資料。是以，本研究另一工作項目為進行觀霧地區陸生蝸牛調查，以瞭解本區可能為鳥類所利用的蝸牛種類，同時比較在闊葉林與人工林所調查到的種類異同，補足生態資料庫的空缺。

第二節 研究方法

一、研究地點

研究地點在觀霧地區，位於新竹縣五峰鄉與苗栗縣泰安鄉之交界，海拔約 1900–2100 公尺。林相係以人工林與天然林交替鑲嵌組成，人工林主要為日據時期伐木活動干擾，而於民國 45–65 年間國內大面積造林所植，造林樹以柳杉林 (*Cryptomeria japonica*) 為主，而天然林相則以中海拔闊葉林及針闊混合林為主，植群組成包括紅檜、扁柏等(歐辰雄，1997)。

本研究沿用王穎(2009)於 2009 年在柳杉人工林所設置的三處巢箱樣區，各樣區分別設置 30 個巢箱，共計 90 個，巢箱配置採方格狀，巢箱與巢箱間距 10–15 公尺，另外，本年度選擇人工林樣區之鄰近闊葉林步道(賞鳥步道)，沿步道兩旁帶狀配置 15 個巢箱作為天然林樣區，巢箱與巢箱間距同樣維持 10–15 公尺。依據李培芬(2003)以農林航空測量所的正射影像圖配合土地利用類型圖及現場探勘針對本區進行的棲地類型分類，本研究設立巢箱之人工林樣區(圖 1-1a)屬先鋒闊葉林與人工針葉林之混生林(闊葉樹比例 27.57%，針葉樹比例：71.62%)，而闊葉林樣區(圖 1-1b)則屬成熟闊葉林與先鋒闊葉林之混生林(闊葉樹比例 97.52–100%，針葉樹比例：1.31%)。巢箱的設置高度為 3 公尺，洞口直徑為 3 公分，巢箱底面積為 11×11 平方公分，以小型雀形目為目標鳥種。四處巢箱樣區相對位置如圖 1-2。



圖 1-1、雪霸國家公園觀霧地區(a)柳杉林巢箱樣區、(b)賞鳥步道巢箱樣區棲地現況。

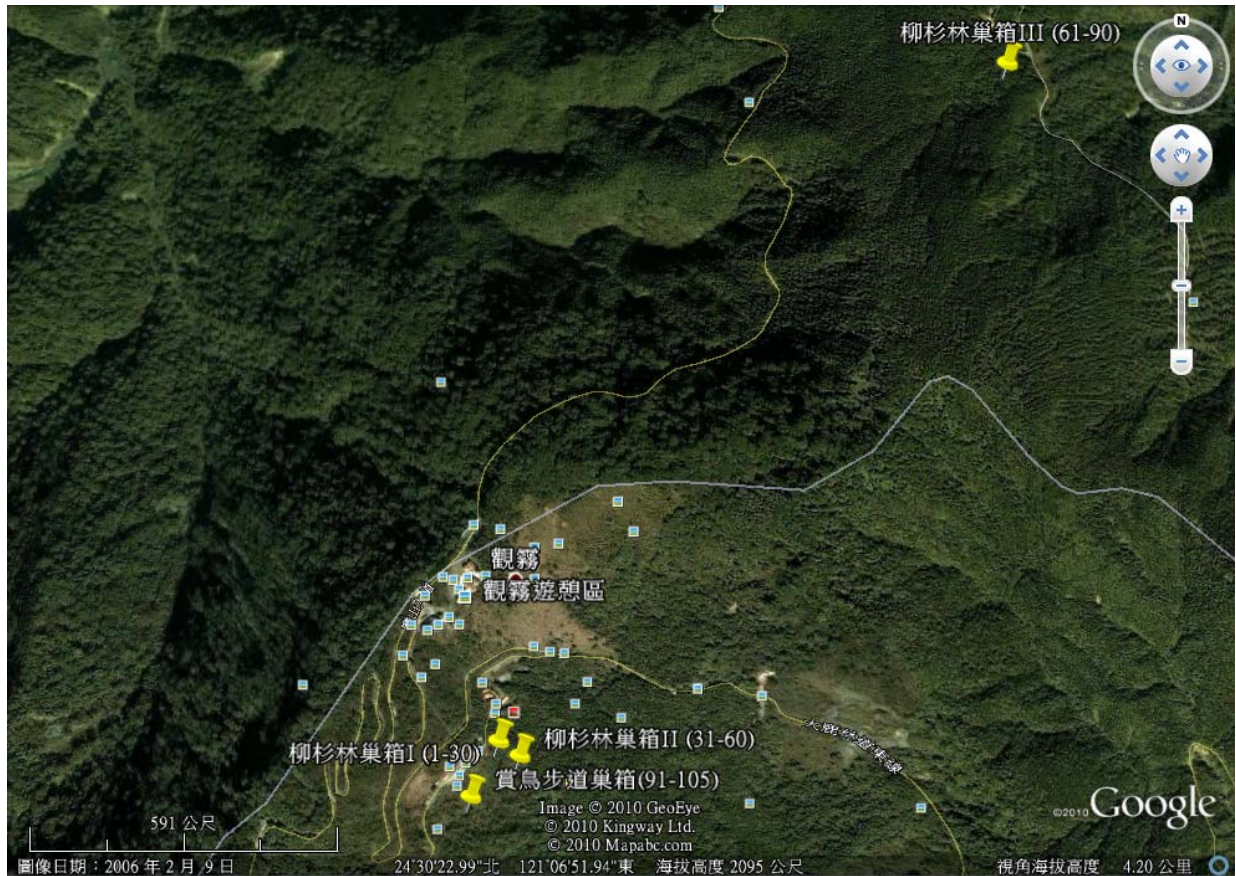


圖 1-2、雪霸國家公園觀霧地區鳥巢箱樣區之地理位置。

二、鳥巢箱監測

於繁殖季前每兩星期巡巢乙次，於繁殖季(4 至 7 月)則維持每星期至少乙次之巡巢頻率，巡巢時記錄鳥巢繁殖階段、雛鳥孵出及離巢時間、卵數及雛數等繁殖參數。假定雌鳥一天產一枚卵，回推產第一枚卵日(egg laying date)，以雛鳥體重及生長發育情形，回推雛鳥孵化日(黃正龍，1996、蕭明堂，2006)，並利用 Mayfield 法估算鳥巢的繁殖成功率(Mayfield 1961, 1975)。由於在 Mayfield 法的計算，繁殖起始與結束時間的判定會影響計算結果，是以本研究在鳥巢繁殖開始與結束的判定上，將依據 Manolis et al(2000)建議，針對結局不確定的鳥巢以最後鳥巢有活動的日期作為繁殖結束日期。另外，各鳥種階段繁殖的時間長度上，以青背山雀孵卵期 14 天，育雛期 21 天，棕面鶯孵卵期 17 天，育雛期 16 天來進行計算。

針對繁殖之鳥巢架設彩色小型監視器(color charge-coupled-device cameras)，錄影記錄巢內親鳥餵食雛鳥的情形，以數位錄影紀錄器(Digital Video Recorder,

DVR)或手提數位錄影機(Digital Video, DV)儲存資料，連接汽車電瓶作為電源。錄影期間自雛鳥孵出後至離巢止，錄影時段則自上午五時起至下午七時止。為增加錄影畫面中的食物辨視程度，於錄影期間將巢箱蓋置換為透明壓克力板，並在壓克力板上覆蓋上不透明的白色描圖紙或褐色牛皮紙，以避免親鳥或雛鳥直接看到巢外環境。研究測試於雛鳥孵出後進行巢箱蓋的置換及錄影器材的架設並不會造成親鳥的棄巢。並將錄影時期依青背山雀及棕面鶯整個育雛期的長度均分為育雛前期、中期及後期。

三、陸生蝸牛調查及紅外線自動相機架設

蝸牛調查於繁殖季初期的4月進行(Graveland and van der Wal, 1996)，以設置巢箱的三處柳杉人工林及一處闊葉天然林為樣區。以10×10公尺網格將各樣區分割，再隨機選擇5個網格以地面搜尋方式調查蝸牛，每個網格的搜尋時間限定為30分鐘，所找到的蝸牛依據中央研究院臺灣貝類資料庫(<http://shell.sinica.edu.tw/>)的分類系統進行分類鑑定。

自2009年10月起開始架設紅外線自動相機進行監測，於樣區柳杉人工林內共設置4台數位紅外線照相機，2台設置在3公尺高的樹上正對巢箱洞口，目的為監測可能進出巢箱的動物，另2台則架設在地面監測中大型哺乳動物及地棲性鳥類。相機架設後每個月定時更換電池並讀出資料。

四、資料分析與統計

(一) 巢材占用率與子代數之時間軸變化

為瞭解各鳥種築巢的時間尺度變化，吾人檢視各次巡巢紀錄的照片，比對連續兩次紀錄中巢材量有無增加。針對山雀科鳥類利用之苔蘚巢材與棕面鶯利用之枯葉芒草巢材，分別計算其巢材使用增加的巢箱個數，並將其除以有效巢箱數，以巢材占用率(nest material occupancy rate)表示。檢視各星期巢材占用率於時間軸的變化。另外，將Mayfield法所推估各繁殖巢每日的子代數(卵數或雛數)除以總

子代數(總卵數)後,按時間軸作圖,並將第一波繁殖期與第二波繁殖期分開作圖,以檢視時間軸上各繁殖階段所占比例之關係(Blondel, 1985)。

(二) 產卵日、孵化日、卵數與雛數

以4月1日作為起始日(Perrins and McCleery 1989)分別計算每一鳥巢的產卵日及孵化日。由於青背山雀及棕面鶯在一個繁殖季中可能繁殖兩窩雛鳥(1年2巢)(蕭明堂等, 2008a; 姚正得, 2009b),故以該年繁殖季中,最早進行繁殖的巢之產卵日為基準,往後30天內皆算為該年第一波繁殖期,而其後進行繁殖的巢則記為第二波繁殖期(van Noordwijk et al. 1995),分別計算兩波繁殖期中之平均產卵日與平均雛鳥孵化日,並檢視其變異係數(coefficient of variation, CV)來判斷雌鳥產卵時間、雛鳥孵化時間於不同年中的同步程度。另外,亦比較各鳥種不同波繁殖期,繁殖巢之卵數與雛數差異。

(三) 巢箱繁殖利用程度

為瞭解各鳥種對巢箱利用的程度,將每個有巢材的巢箱依據被利用程度,區分成(1)未完成巢(partial nest):鳥類僅嘗試性築巢,巢材量未將巢箱底部面積全部鋪滿,(2)已完成巢(complete nest):巢材量已將巢箱底部面積全部鋪滿,具多層結構;以及最後實際有產卵繁殖的繁殖巢(breeding nest)(蕭明堂等, 2008b)。分別計算其所占比例。

(四) 氣象資料

本研究參考中央氣象局距觀霧地區最近的雪霸自動測站(C0D550,海拔1956公尺,121°06'58" E, 24°31'37" N)之逐時氣溫與降雨量資料,並區分成2008年12月1日至2009年11月30日及2009年12月1日至2010年11月30日兩個時段(圖1-3a, b),分別代表2009及2010年的繁殖季開始前至繁殖季結束之時段。由圖1-3a發現,本年度2月底的溫度低於2009年,但3月初的氣溫則高於2009年,而後的3月中旬及3月底各有一波寒流造成溫度驟降。在降雨量部分,兩年的降雨都集中在4月及6月,但2009年比2010年更為集中,2009年4、5、6月的各月累積降水量分別為382、32及428.5公釐,2010年則為230、225及359.5公釐,2010年7月的降水亦明顯高於2009年。另外,由1-3b圖來看,單時逐時降水量為2009年高於2010年。

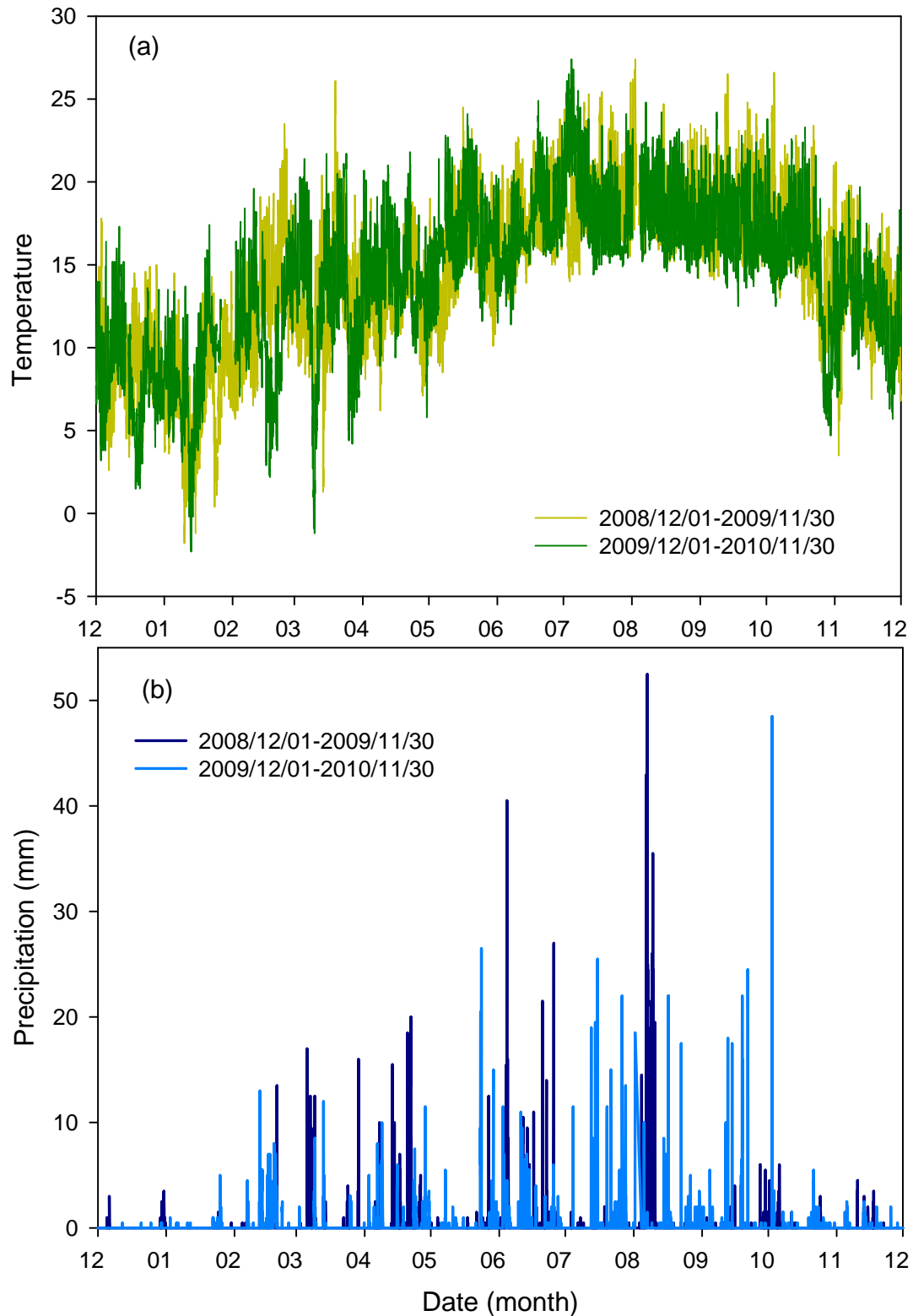


圖 1-3、中央氣象局觀霧地區自動測站(雪霸 C0D550)於 2008 年 12 月至 2010 年 11 月之(a)逐時氣溫及(b)逐時降雨量。

第二章 研究結果

第一節 鳥類繁殖參數及繁殖時間分布

於 2010 年繁殖季共紀錄 27 巢棕面鶯、11 巢青背山雀、2 巢黃山雀(*P. holsti*) 及 1 巢煤山雀(*P. ater*)利用巢箱繁殖。其中，煤山雀與黃山雀為觀霧地區新紀錄利用巢箱繁殖的鳥種，而青背山雀與棕面鶯則為 2010 年及 2009 年本區的主要繁殖鳥種。各鳥種於各繁殖階段的影像參見附錄一。檢視兩年間青背山雀和其他山雀科鳥類及棕面鶯的繁殖情形如下：

一、山雀科(Paridae)

自 2010 年 3 月第 2 星期起，巢箱內開始出現山雀科鳥類使用的苔蘚巢材(圖 2-1a)，於 3 月底達到高峰，並持續至 5 月中旬為止。2010 年巢箱內出現巢材的時間早於 2009 年(3 月第 4 星期)，且出現比例亦較高。從繁殖子代數在時間軸的變化(圖 2-2a,b)可知，2010 年青背山雀的繁殖可分成二波繁殖高峰(圖 2-2b)，不同於 2009 年只有一次繁殖高峰(圖 2-2a)，且 2010 年青背山雀開始繁殖的時間早於 2009 年，因而卵及雛鳥的出現時間相對較早。最早繁殖的巢之產卵日為 3 月 25 日，早於 2009 年最早繁殖的巢(4 月 13 日)，以整個繁殖季的平均產卵日及雛鳥孵化日來看(表 2-1)，也是 2010 年早於 2009 年。然而 2010 年青背山雀第一波繁殖期產卵日期的變異係數($CV=163\%$)明顯高於 2009 年，顯示青背山雀在本年度第一波繁殖期的產卵時間較不同步，而雛鳥孵化日期的變異係數在 2010 年與 2009 年之間的差異，則不及產卵日期來得大，代表雛鳥孵出的時間同步性較高。

2010 年青背山雀繁殖巢的卵數介於 4 至 6 枚，雛數介於 1 至 6 隻雛鳥，平均卵數及雛數如表 2-1；以 Mayfield 法檢視青背山雀的繁殖成功率(表 2-2)，顯示階段繁殖成功率在年間有所變動，但總繁殖成功率無太大差異(表 2-3)。另外，本年度新紀錄的 2 巢黃山雀繁殖巢，產卵日各為 5 月 4 日及 5 月 13 日，1 巢於產 3 枚卵後棄巢，1 巢卵數為 4 枚，並於 5 月 19 日成功孵出 4 隻雛鳥，並有 3 隻雛鳥成功離巢；1 巢煤山雀產卵日在 3 月 31 日，卵數 4 枚，於 4 月 18 日孵出 3 隻雛鳥，3 隻雛鳥都成功離巢。

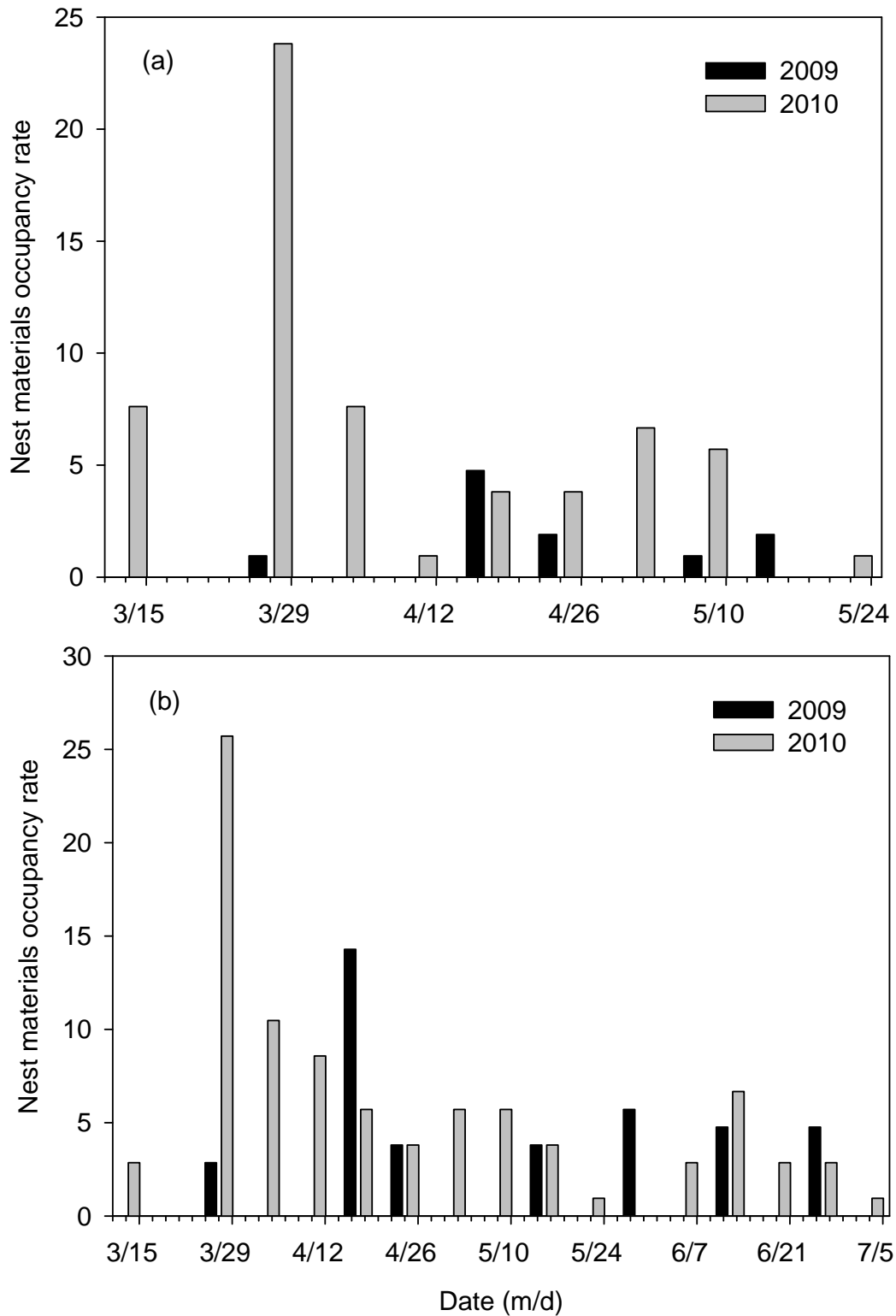


圖 2-1、2009 及 2010 年觀霧地區(a)山雀科鳥類利用之苔蘚巢材及(b)棕面鶯利用之枯葉芒草巢材於時間軸之分布。

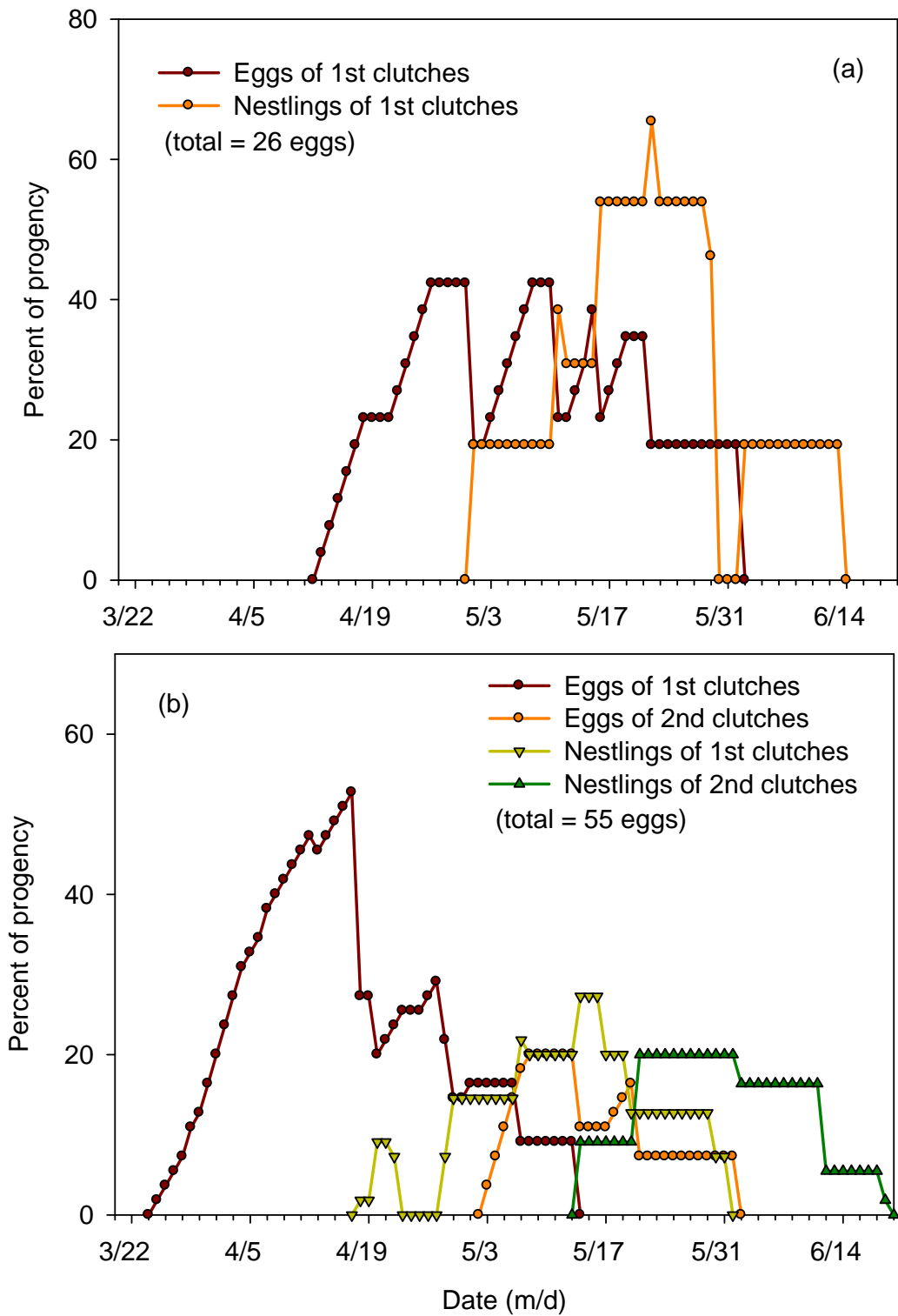


圖 2-2、(a)2009 年及(b)2010 年觀霧地區利用巢箱之青背山雀卵數及雛數分布。

表 2-1、2009 及 2010 年觀霧地區利用巢箱之青背山雀繁殖參數及日期(date 1=4/1)

	2009		2010	
	1 st clutch	1 st clutch	1 st clutch	2 nd clutch
Laying date of the first egg				
Mean	30.2	6.9	37	
CV	45.3	163.2	23.4	
n	5	8	3	
Hatching date				
Mean	45.6	28.3	51.7	
CV	26.3	35.0	18.6	
n	5	6	3	
Clutch size				
Mean±SD	5.2±0.84	5.1±0.83	5.0±1.00	
n	5	8	3	
Number of young raised per nest				
Mean±SD	4.5±1.00	3.5±1.22	4.7±1.53	
n	5	6	3	

表 2-2、2009 及 2010 年觀霧地區利用巢箱之青背山雀繁殖成功率

	2009		2010	
	Incubation	Nestling	Incubation	Nestling
	Stage	Stage	Stage	Stage
Number of nests observed	5	5	11	9
Total number of observation days	56	72	148	147
Number of nesting failure	0	1	0	1
Daily morality rate	0	0.014	0	0.007
Survival probability in the stage	1	0.745	1	0.866
Adjusted survival probability in the stage	1	0.657	1	0.866
Hatching rate	0.923 (n=5)		0.795 (n=9)	
Probability of breeding success	0.607		0.689	

二、棕面鶯

棕面鶯使用的枯葉及芒草巢材自 2010 年 3 月第 2 星期起開始在巢箱內出現(圖 2-1b),早於 2009 年的出現時間(3 月第 4 星期),並持續至 6 月底和 7 月初止。以最早繁殖巢的產卵日往後推算 30 天內的所有繁殖巢,計為第一波繁殖期來看,2009 年及 2010 年兩年都有 2 波繁殖期,然而從繁殖子代數在時間軸的變化來看(圖 2-2a,b),2010 年第 2 波繁殖期其實有兩個高峰,亦即棕面鶯繁殖可能達到一年 3 次。另一方面,2010 年棕面鶯繁殖開始的時間同樣早於 2009 年,使得卵及雛鳥出現的時間較早(圖 2-2a,b)。2010 年棕面鶯最早繁殖巢的產卵日為 4 月 8 日,早於 2009 年最早繁殖的巢(4 月 14 日)。以整個繁殖季的平均值來看,不論是第一波或第二波繁殖期的產卵日或雛鳥孵化日,都是 2010 年早於 2009 年(表 2-3),但 2010 年產卵日及孵化日的變異係數較大,代表 2010 年繁殖巢的同步性低於 2009 年。

2010 年棕面鶯的卵數為 4 或 5 枚,雛數為 1 至 5 隻雛鳥,平均卵數及雛數如表 2-3,無一致趨勢顯示較早或較晚繁殖的巢有較高的卵數或雛數。以 Mayfield 法檢視棕面鶯繁殖成功率(表 2-4),棕面鶯在 2010 年的孵卵期、育雛期的階段繁殖成功率、孵化率及總繁殖成功率皆比 2009 年為低,較低的孵化率同樣反應在 2010 年平均雛數較小上(表 2-3)。

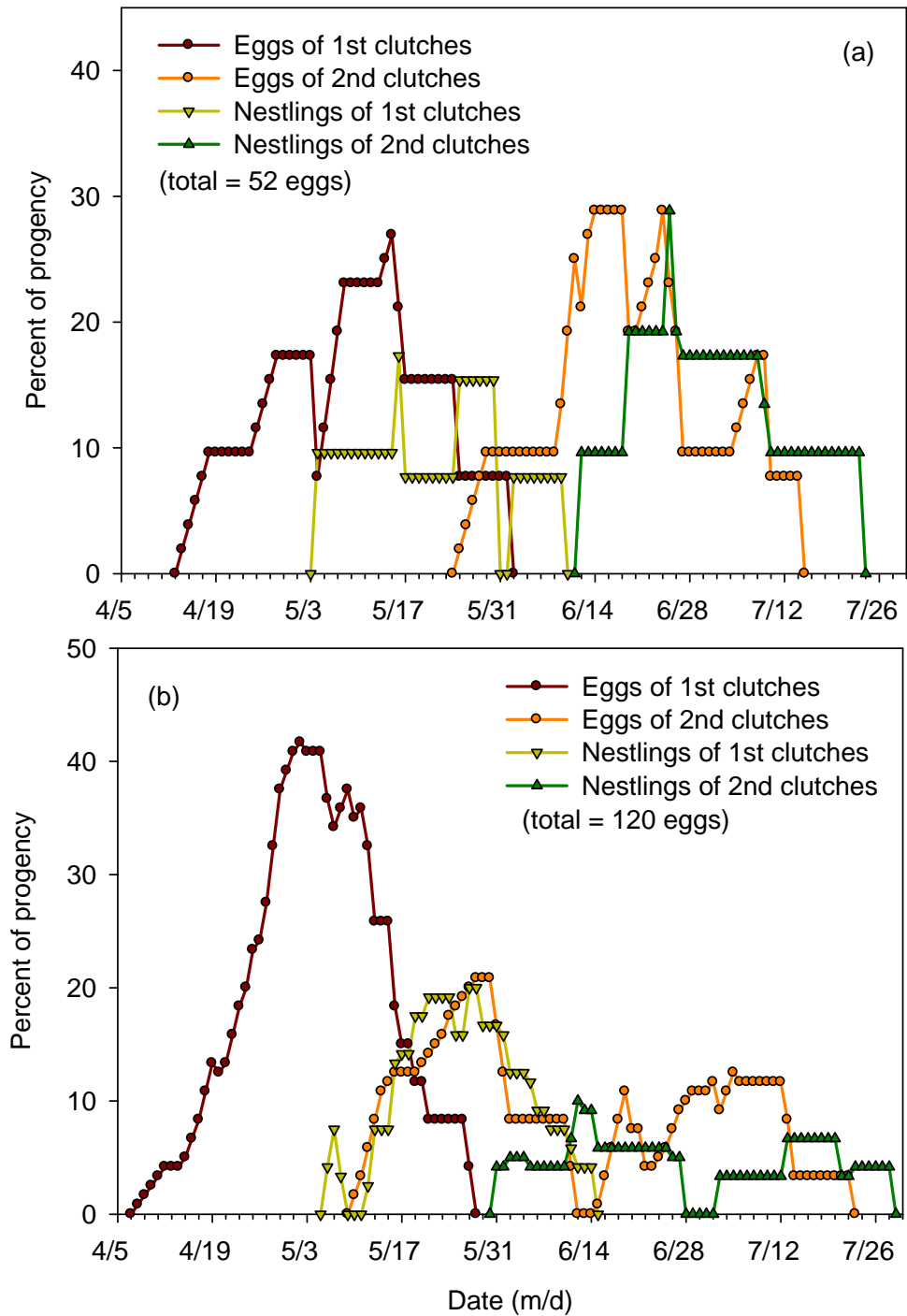


圖 2-3、(a)2009 年及(b)2010 年觀霧地區利用巢箱之棕面鶯卵數及雛數分布。

表 2-3、2009 及 2010 年觀霧地區利用巢箱之棕面鶯繁殖參數及日期(date 1=4/1)

	2009		2010	
	1 st clutch	2 nd clutch	1 st clutch	2 nd clutch
Laying date of the first egg				
Mean	29.6	74.6	22.5	66.9
CV	38.7	17.8	34.3	31.7
n	5	7	15	12
Hatching date				
Mean	48.5	84.6	45.3	82.1
CV	25.7	12.3	15.1	25.4
n	4	5	12	7
Clutch size				
Mean±SD	4.2±0.43	4.8±0.41	4.6±0.50	4.5±0.52
n	5	6	14	12
Number of young raised per nest				
Mean±SD	4.3±0.58	4.8±0.45	3.4±1.16	3.29±1.38
n	3	5	12	7

表 2-4、2009 及 2010 年觀霧地區利用巢箱之棕面鶯繁殖成功率

	2009		2010	
	Incubation	Nestling	Incubation	Nestling
	Stage	Stage	Stage	Stage
Number of nests observed	10	9	26	19
Total number of observation days	143.5	99	397	264.5
Number of nesting failure	1	1	6	4
Daily morality rate	0.007	0.010	0.015	0.015
Survival probability in the stage	0.888	0.850	0.772	0.784
Adjusted survival probability in the stage	0.888	0.850	0.750	0.755
Hatching rate	0.974 (n=8)		0.744 (n=19)	
Probability of breeding success	0.735		0.434	

第二節 巢箱利用率

三處柳杉人工林巢箱樣區(共 90 個巢箱)，在 2009 年及 2010 年分別有 40 及 64 巢箱被鳥類嘗試利用築巢(partial nest)，其中有 26 及 41 個巢箱出現完整的巢材(complete nest)，而實際繁殖的巢箱數分別為 17 及 31 巢。而於 2010 年新增的賞鳥步道樣區(15 個巢箱)，被鳥類利用嘗試築巢、完整巢材及實際被繁殖利用的數量分別為 15 個、11 個及 8 個巢，其中有 3 巢是在第一次繁殖結束，移除巢材後，又被重複利用相同巢箱進行繁殖的。整體而言，在柳杉人工林中，2010 年鳥類利用巢箱的比例高於 2009 年，而 2010 年賞鳥步道的巢箱被利用率則高於柳杉林樣區。

檢視山雀科鳥類及棕面鶯對於巢箱不同利用程度之情形(表 2-5)，在山雀科鳥類嘗試築巢的巢箱中，於 2009 及 2010 年繁殖季分別有 70% 及 53% 的巢箱之後會繼續被利用築成完整的巢，而最後分別有 50% 及 31% 的巢箱實際會被鳥類利用產卵繁殖。在棕面鶯嘗試築巢的巢箱中，於 2009 及 2010 年繁殖季分別有 59% 及 67% 之後會繼續被利用築成完整的巢，而最後分別有 38% 和 52% 的巢箱會被鳥類利用產卵繁殖。

表 2-5、2009 及 2010 年觀霧地區巢箱被山雀科及棕面鶯利用情形

Species	Usage level	2009 (90 boxes)		2010 (105 boxes)	
		Number	%*	Number	%*
Pardiae	Partial nest	10	11.11	45	42.86
	Complete nest	7	7.78	24	22.86
	Breeding nest	5	5.56	14	13.33
RW	Partial nest	32	35.56	52	49.52
	Complete nest	19	21.11	35	33.33
	Breeding nest	12	13.13	27	25.71

RW = Rufous-faced Warbler

*% = The percentage of occupied nest compared to total available nest boxes

第三節 其他調查紀錄

一、其他利用巢箱物種

除上述鳥類利用巢箱繁殖外，2010年繁殖季發現2個已具有苔蘚巢材的巢箱被熊蜂利用，有1個巢箱被胡蜂利用築巢(附錄一)，但其中只有1個被熊蜂利用的巢箱持續時間較長達1個月以上，其餘2個巢箱都在1個月以內，利用巢箱的蜂類就消失離去。

二、小型監視器錄影紀錄

2010年以小型針孔監視器紀錄繁殖鳥種，總共錄影青背山雀9巢743.7小時，煤山雀1巢125.6小時，黃山雀1巢129.6小時，棕面鶯14巢788.9小時。各繁殖階段紀錄巢數與時間如表2-6。

表 2-6、2010 年觀霧地區利用巢箱各鳥種於各繁殖階段錄影巢數(N)、天數(D)及小時數(H)

Species	Incubation			Early nestling			Mid nestling			Last nestling		
	N	D	H	N	D	H	N	D	H	N	D	H
GT	2	11	112.4	8	24	219.8	7	25	222.5	7	24	189
CT				1	7	73.3	1	3	29.4	1	3	21.9
YT				1	3	28.8	1	6	42.6	1	7	58.7
RW	4	20	166	12	31	250.7	9	25	244.9	8	18	127.3

GT=Green-backed Tit, CT=Coal Tit, YT=Yellow Tit, RW= Rufous-faced Warbler

三、紅外線自動相機紀錄

以紅外線自動相機監測巢箱及地棲性動物之初步成果發現，在2009年11月19日傍晚及2010年7月16日傍晚分別紀錄到一隻白面鼯鼠(*Petuarista alborufus lena*)在同一個巢箱上徘徊，但受限於巢箱洞口大小而未能進入。另外，亦發現在2010年2月27日及28日起，已有青背山雀開始探巢尋找繁殖築巢的地點，同

一巢箱於3月3日紀錄到棕面鶯探巢，而於3月10日再次紀錄青背山雀探巢，於3月30日紀錄到黃山雀探巢，而該巢最後先出現山雀科鳥類使用的苔蘚巢材，而後又出現棕面鶯使用的芒草巢材，最後為棕面鶯利用繁殖。

在地棲性鳥類及哺乳動物方面，本區柳杉林的山羌(*Muntiacus reevesi*)有相當的族群，各月自動相機紀錄皆穩定的拍攝紀錄，另外在2010年7月3日紀錄到一筆臺灣野山羊(*Capricornis swinhoei*)，於7月23日紀錄到一對藍腹鷓(*Lophura swinhoii*)，雄鳥步行在前，雌鳥尾隨在後。

四、陸生蝸牛調查

在陸生蝸牛調查方面，於2010年4月3日至4日進行乙次陸生蝸牛調查，三處柳杉林及一處闊葉林步道共紀錄39隻18種的蝸牛(附錄二)，其中柳杉人工林搜尋到17種36隻次高於闊葉林搜尋到2種3隻次。在柳杉林所發現的17種中，以芝麻蝸牛科(Diplommatinidae)及鱉甲蝸牛科(Helicarionidae)為主要組成，分別41.7%及38.9%；而闊葉林發現的二種分別為員林盾蝸牛(*Aegista inrinensis*)及細紋小鱉甲蝸牛(*Discoconulus radiates*)，前者只在闊葉林環境被發現，後者在人工林中也有相當的數量。

第三章 討論

第一節 2009 與 2010 年繁殖情形比較

本年度觀霧地區共紀錄到青背山雀、煤山雀、黃山雀及棕面鶯等 4 種鳥種利用巢箱繁殖，其中青背山雀與棕面鶯為本區 2009 年及 2010 年主要利用巢箱的物種，二物種為台灣中低海拔普遍的次級洞巢鳥種，對人工巢箱接受度高，於奧萬大森林遊樂區及太魯閣國家公園關原地區等有設置人工巢箱的地區都有相當的利用比例(黃正龍，1996；姚正得，2009b)。本年度新紀錄到特有亞種的煤山雀與特有種的黃山雀利用巢箱繁殖。其中，煤山雀被認為是中高海拔分布的鳥種，過去只在太魯閣國家公園關原地區(海拔 2300 公尺)有過利用巢箱繁殖的紀錄(蕭明堂等，2008a)，而本年度紀錄到其在海拔 2036 公尺的柳杉林巢箱繁殖，本筆紀錄為目前該鳥種全島繁殖海拔最低的紀錄。另外，黃山雀過去只在低海拔的奧萬大森林遊樂區所設置的巢箱有過零星的使用紀錄(姚正得，2009b)，而本年度紀錄到的二筆資料其巢箱分別設置在闊葉樹上，是否該鳥種偏好選擇闊葉樹的洞穴繁殖，尚待確認。

比較 2009 年及 2010 年青背山雀及棕面鶯的繁殖紀錄，發現不論是巢箱出現巢材的比例或實際繁殖的巢數皆是 2010 年高於 2009 年，可能的原因至少有三點，第一，2009 年巢箱設置的時間(二至三月)可能過晚，晚於鳥類開始探巢的時間，因此只有部分較晚繁殖或進行第二波繁殖的個體才利用巢箱繁殖；第二，本年度繁殖季期間(5 月至六月中旬)的降雨量相對較高，造成部分鳥巢繁殖失敗，因而較多比例的個體進行第二次的繁殖；第三，本年度的鳥巢監測作業在鳥巢繁殖結束後，會立即回收已使用的舊巢材，由於舊巢材中含有寄生蟲，因而回收舊巢材保持巢箱的清潔可能增加鳥類再次利用巢箱的意願。

比較兩年的鳥類繁殖開始時間，2010 年鳥類開始繁殖的時間早於 2009 年，可能的原因除了同樣受到 2009 年巢箱設置較晚，導致鳥類尚未習慣外，另可能是受到早春溫度的影響。由於早春的溫度會影響當年鳥類繁殖產卵的時間(蕭明堂等，2008a；姚正得，2009b)，比較 2009 年與 2010 年中央氣象局於雪霸農場所設置的自動氣象站資料發現，2010 年早春三月初的溫度較 2009 年來得暖，因

而可能使得鳥類開始築巢的時間較早。另外，早春寒流造成溫度的驟降可能使得產卵期的雌鳥暫停產卵(lapping gaps)(Eeva and Lehikoinen, 2010)，在本年度的觀察紀錄中，最早繁殖的 3 巢青背山雀其產卵日在 3 月底，以雛鳥孵化的日齡及雌鳥每日產一枚卵的原則來推算，此三巢的孵卵期分別為 16、17 及 20 天，高於一般青背山雀的孵卵期 12-13 天，因此推測此三巢的雌鳥在產卵期間可能受到寒流影響而中斷或延遲，而非連續每日產一枚卵，而該波的寒流亦可能是造成 2010 年青背山雀第一波繁殖期中，平均產卵日的同步性較低之原因。

第二節 鳥類繁殖與食物豐度的關係

前人研究針對利用巢箱鳥種的食性研究(姚正得, 2005; 莊美真, 2006; 姚正得, 2008)指出，青背山雀及其他山雀科鳥類的食性主要以鱗翅目的毛蟲為主，約占 70%，而鱗翅目昆蟲亦占棕面鶯各類群食物中最高的比例，約占 32.5%。在本年度的繁殖季中，青背山雀第一波及第二波繁殖季雛鳥孵化日分別為 4 月 29 日及 5 月 23 日，棕面鶯第一波及第二波繁殖季雛鳥孵化日分別為 5 月 16 日及 6 月 22 日，假設雛鳥在育雛中後期(三分之二的育雛期)後至離巢第一星期期間，為食物資源最需求的時期，預期在青背山雀雛鳥食物資源需求最大時期為 5 月 13 日至 6 月 20 日期間，而棕面鶯則分別在 5 月 27 日至 6 月 10 日及 7 月 3 日至 7 月 16 日期間。又徐堉峰(2010)於本年度在同一區域以抖落法調查樹冠層的鱗翅目幼生期(毛蟲)豐度發現，鱗翅目幼生期的平均重量隨著月份逐漸增加，於 6 月達到最高峰，而數量也以 6-7 月為最高，故以整體生物量(biomass)來看，鱗翅目幼生期生物量於 6 月份達到全年的高峰，此段時期正與鳥類雛鳥食物資源需求的最大時期吻合，特別是對毛蟲依賴程度較高的青背山雀。而在此情況下，雛鳥將會有最高的適存值(Perrins and McCleery 1989; van Noordwijk et al. 1995)。

另一方面，本年度進行的蝸牛調查共計 7 科 18 種的陸生蝸牛，且幾乎皆是小型的種類，與 Graveland (1996)所調查的結果相符。然而，比較闊葉林與人工林的紀錄發現，人工林調查到的蝸牛總類與隻數皆高於闊葉林，不同於 Mänd et al. (2000)比較多筆歐洲陸生蝸牛的調查結果，是否為本研究不同樣區的土壤含鈣量不同所致，此部分須後續進行土壤化學測定後方能確認。另外，觀霧地區的森林

鳥類對於這些「可能的鈣源」的攝食情形，為日後研究須確認的課題。本研究中所調查 18 種陸生蝸牛，為雪霸國家公園園區內唯一的貝類資料。其中多數為台灣特有種或近年發現的新紀錄種，主要原因為此類群種遷移距離短所致。

第三節 闊葉林與人工林巢箱使用比較

本年度除延續 2009 年的柳杉林樣區外，在鄰近闊葉林的賞鳥步道新增 15 處巢箱，檢視 2010 年監測的結果，賞鳥步道的巢箱不論是被鳥類嘗試築巢的比例、出現完整巢材的比例，或是實際被鳥類利用產卵繁殖的比例皆高於人工林樣區，且其中三處的巢箱在鳥巢繁殖結束，人為清除舊巢材後，立即又有個體利用繁殖，顯示出在本區的闊葉林環境，巢洞的可獲得性可能為鳥類繁殖的限制因子。對於闊葉林樣區被利用率高於人工林的結果，可能的原因有二，其一為本區的闊葉林樣區為線性迂迴的步道，整體腹地較大而巢箱密度相對較低，而在柳杉林的巢箱排列則為棋盤式，巢箱數多而密度高，但受限於鳥類繁殖時的領域具排他性，因而降低了實際可能被使用的巢箱數。另外，由徐堉峰(2010)針對本區闊葉樹種及針葉樹種以抖落法進行的冠層鱗翅目昆蟲的調查資料顯示，闊葉樹種的毛蟲資源豐度遠高於針葉樹種，是以對於次級洞巢鳥類而言，在闊葉林環境的食物資源比在人工柳杉林相對充足，使得巢洞的可獲得性成為能否繁殖的重要限制因子。

第四節 自動監測設備於繁殖鳥巢之利用

本年度利用紅外線照相機成功記錄到多筆鳥類繁殖探巢的行為，這些紀錄是人力觀察所無法獲得的資料，然而由於鳥類飛行進巢的速度快，且個體體積小，不易觸發紅外線相機的啟動。因而，在本年度以紅外線照相機監測所拍攝到的紀錄，多為鳥類在探巢時在洞口逗留的畫面為主。而在鳥類實際開始利用巢箱，築巢、產卵甚至育雛期間進出巢箱的過程，因進出時間太快而不易被紀錄到。未來可考量在巢箱前增加一塊停棲木，提供鳥類進巢前站立的場所，或許能增加拍攝的機會。另外，以小型監視器紀錄巢內育雛的行為，可收集大量的資料，並可進一步分析巢內親鳥的食性組成、雄、雌餵食分工及餵食時間等資訊，同時也可提

雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱鳥類繁殖生態監測

供解說教育宣導等素材。

第四章 結論與建議

第一節 結論

本研究監測觀霧地區鳥類利用巢箱繁殖情形，於 2010 年青背山雀與棕面鶯利用巢箱繁殖的時間、繁殖參數與巢箱利用率等都與 2009 年所紀錄的資料有所差異。此外，本年度新紀錄到屬高海拔鳥種的煤山雀以及特有種的黃山雀利用本區巢箱繁殖。

本研究嘗試整合觀霧地區樹冠層昆蟲調查資料與青背山雀和棕面鶯的繁殖資料，檢視鳥類與昆蟲的物候關連，發現雛鳥需求食物最大的時期，與樹冠層毛蟲生物量高峰相吻合，特別是以鱗翅目幼蟲為主食的青背山雀。另外，本研究調查紀錄到觀霧地區可能為鳥類鈣源的陸生蝸牛 7 科 18 種，增加園區物種名錄。

第二節 建議

建議一：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

本年度監測觀霧地區鳥類利用巢箱的繁殖，並結合樹冠層鱗翅目毛蟲的資料探討物種間的物候學關係，相關調查成果可轉化為科普文章提供解說教育使用，如電子報或網頁等形式，增加民眾對於觀霧地區豐富多樣的生態資源，及物種間關連的認識。

建議二：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

鳥巢箱為監測鳥類及環境物候的可行的工具，然物候學相關的監測需長期累積方能看出整體趨勢，是已有必要持續進行本區鳥類的繁殖監測。另外，與鳥類相關的鱗翅目昆蟲資源尚待進一步整合，以完善園區的物種生態資料庫。

附錄一、觀霧地區利用巢箱鳥類及其他物種影像

一、青背山雀



圖 1、二月底開始探巢



圖 2、築巢-由周邊開始堆積，預留產卵位置



圖 3、產卵期-卵未產完前，以巢材覆蓋



圖 4、孵卵期-12 至 13 天，巢杯鋪棉絮、獸毛



圖 5、育雛期-雛鳥孵出當日(日齡 0)



圖 6、育雛期-日齡 1



圖 7、育雛期-日齡 2



圖 8、育雛期-日齡 7，眼睛已有裂縫



圖 9、育雛期-日齡 9，眼睛已開



圖 10、育雛期-日齡 14



圖 11、育雛期-日齡 16



圖 12、育雛期-日齡 17(通常日齡 19-21 離巢)

二、煤山雀



圖 13、築巢-苔蘚巢材，巢杯覆蓋大量棉絮、獸毛



圖 14、孵卵期-15 天，卵數 4 枚，白底紅斑



圖 15、育雛期-日齡 4



圖 16、育雛期-日齡 12(雛鳥日齡 21 離巢)

三、黃山雀

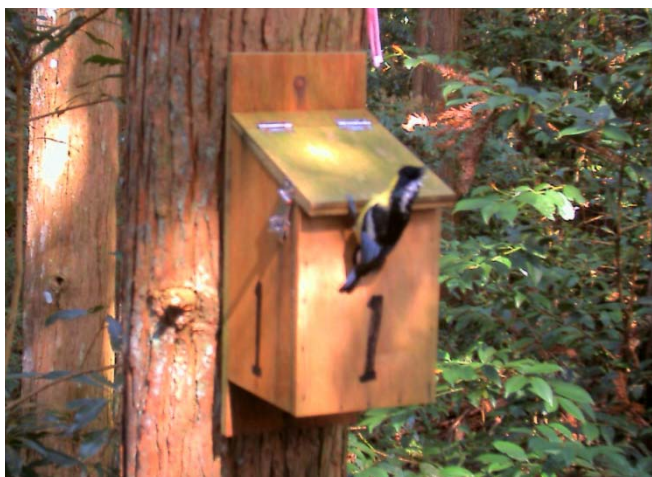


圖 17、三月開始探巢



圖 18、築巢-預留巢杯凹陷(4月18日)



圖 19、築巢-苔蘚上覆蓋大量獸毛(4月24日)



圖 21、孵卵期-12天，4枚卵，白底紅斑



圖 20、築巢-大量獸毛累積覆蓋巢杯凹陷處(4月29日)



圖 22、育雛期-日齡 2



圖 23、育雛期-日齡 9



圖 22、育雛期-日齡 17(雛鳥日齡 24 離巢)



圖 23、育雛期雄鳥啣食物進巢餵食

四、棕面鶯



圖 24、三月初開始探巢



圖 25、築巢-由角落開始堆疊芒草或枯葉巢材



圖 26、築巢-部分個體在山雀科的苔蘚巢材上築巢



圖 27、產卵期-2 枚卵，巢杯中央用較細的草、塑膠繩或土馬鬃的孢蒴編織



圖 28、孵卵期-約 17 天，卵數 4-5 枚



圖 29、卵-淡紅色底鑲嵌紅色色斑，集中在鈍端



圖 30、育雛期-雛鳥孵出當日(日齡 0)



圖 31、育雛期-日齡 2



圖 32、育雛期-日齡 5，嘴型比山雀科來得尖



圖 33、育雛期-日齡 9，眼睛已有裂縫



圖 34、育雛期-日齡 10



圖 35、育雛期-日齡 12(雛鳥日齡 16-17 離巢)

五、其他使用巢箱物種



圖 36、胡蜂未完成巢



圖 37、熊蜂利用山雀科的苔蘚巢材



圖 38、蜚蠊聚集在巢箱內，累積大量排遺



圖 39、白面鼯鼠探巢

附錄二、觀霧地區陸生蝸牛名錄

科別	中文名	學名	特有性	柳杉林	步道
芝麻蝸牛科 (Diplommatinidae)	下齒芝麻蝸牛	<i>Diplommatina inferocusps</i>	2005 新種	2	
	奧牙芝麻蝸牛	<i>Diplommatina occulodentata</i>	特	1	
	臺灣左旋芝麻蝸牛	<i>Palaina formosana</i>	特	3	
	高山芝麻蝸牛	<i>Diplommatina tayalis</i>	特	1	
	臺灣芝麻蝸牛	<i>Diplommatina taiwanica</i> <i>taiwanica</i>	特	1	
	幼貝			7	
山蝸牛科 (Cyclophoridae)	微山蝸牛	<i>Cyclotus micron micron</i>		2	
罌粟蝸牛科 (Carychiidae)	條紋罌粟蝸牛	<i>Carychium noduliferum</i>	新紀錄種	1	
粟蝸牛科 (Punctidae)	微粟色蝸牛	<i>Punctum atomus</i>		1	
鰲甲蝸牛科 (Helicarionidae)	琉球鰲甲蝸牛	<i>Ovachlamys fulgens</i>		1	
	細紋小鰲甲蝸牛	<i>Discoconulus radiatus</i>	特	5	1
	姬鰲甲蝸牛	<i>Discoconulus sinapidius</i>		1	
	臺灣鰲甲蝸牛	<i>Petalochlamys formosana</i>	特	1	
	光澤鰲甲蝸牛	<i>Petalochlamys nitidus</i>		1	
	小玉蝸牛	<i>Ibycus hiraseanus</i>	特	1	
	蓬萊圓口小蝸牛	<i>Sitalina trochulus</i> <i>formosanus</i>	特	2	
	幼貝			2	
扁蝸牛科 (Bradybaenidae)	蓬萊盾蝸牛	<i>Aegista hebes</i>	特	1	
	員林盾蝸牛	<i>Aegista irinensis</i>	特		2
	薄盾蝸牛	<i>Aegista impexa</i>	特	1	
煙管蝸牛科 (Clausiliidae)	幼貝			1	
7 科	18 種			17 種	2 種

參考書目

- 王穎。2009。雪霸國家公園觀霧地區鳥類資源調查暨鳥巢箱設置。雪霸國家公園管理處。
- 李培芬。2003。雪霸國家公園鳥類相之調查—觀霧地區。雪霸國家公園管理處。
- 林博雄。2009。觀霧地區雲霧環境之監測與模式建立。雪霸國家公園管理處。
- 姚正得。2005。八仙山國家森林遊樂區利用鳥巢箱執行鳥類生殖習性調查及監測之研究。行政院農業委員會林務局東勢林區管理處。
- 姚正得。2008。奧萬大國家森林遊樂區繁殖鳥類之長期監測與天敵類型調查(1/3)。行政院農業委員會林務局南投林區管理處。
- 姚正得。2009a。臺灣中部奧萬大國家森林遊樂區次級洞巢型鳥類之生殖習性與監測。第八屆海峽兩岸鳥類學術研討會論文集。
- 姚正得。2009b。奧萬大國家森林遊樂區繁殖鳥類之長期監測與天敵類型調查(2/3)。行政院農業委員會林務局南投林區管理處。
- 徐堉峰。2010。雪霸國家公園觀霧地區樹冠層昆蟲調查。雪霸國家公園管理處。
- 莊美真。2006。關原地區青背山雀(*Parus monticolus*)雛鳥乞食行為之探討。臺灣師範大學碩士論文。
- 黃正龍。1996。太魯閣國家公園關原地區利用巢箱鳥類生殖生物學。國立臺灣師範大學碩士論文。
- 歐辰雄。1997。觀霧地區植群生態調查及植栽應用之研究。雪霸國家公園管理處。
- 蕭明堂。2006。關原地區青背山雀(*Parus monticolus*)親鳥育雛食物分配之探討。臺灣師範大學碩士論文。
- 蕭明堂、莊美真、王穎。2008a。太魯閣國家公園關原地區三種利用巢箱鳥類之繁殖特徵。特有生物研究 10: 7-18。
- 蕭明堂、莊美真、王穎。2008b。太魯閣國家公園關原地區鳥類利用巢箱之繁殖與棲息。師大生物學報 43: 45-54。
- Blondel, J. 1985. Breeding strategies of the blue tit and coal tit (*Parus*) in mainland and island Mediterranean habitats: a comparison. *Journal of Animal Ecology* 54: 531-556.

- Both, C., S. Bouwhuis, C. M. Lessells and M. E. Visser. 2006. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature* 441: 81-83.
- Bureš, S. and K. Weidinger. 2003. Sources and timing of calcium intake during reproduction in flycatchers. *Oecologia* 137: 634–647.
- Crick, H. Q. P., C. Dudley, D. E. Glue and D. L. Thomson. 1997. UK birds are laying eggs earlier. *Nature* 388: 526.
- Eeva, T. and E. Lehikoinen. 2010. Polluted environment and cold weather induce laying gaps in great tit and pied flycatcher. *Oecologia* 162: 533–539.
- Graveland, J. 1996. Avian eggshell formation in calcium-rich and calcium-poor habitats: importance of snail shells and anthropogenic calcium sources. *Canadian Journal of Zoology* 74: 1035–1044.
- Graveland, J. and R. H. Drent. 1997. Calcium availability limits breeding success of passerines on poor soil. *Journal of Animal Ecology* 66: 279–288.
- Graveland, J. and R. van der Wal. 1996. Decline in snail abundance causes eggshell defects in forest passerines. *Oecologia* 105: 351–360.
- Graveland, J. and T. van Gijzen. 1994. Arthropods and seeds are not sufficient as calcium sources for shell formation and skeletal growth in passerine. *Ardea* 82: 299–314.
- Mänd, R., V. Tilgar and A. Leivits. 2000b. Calcium, snails, and birds: a case study. *Web Ecology*. 1: 63–69.
- Manolis, J. C., D. E. Andersen and F.J. Cuthbert. 2000. Uncertain nest fates in songbirds studies and variation in Mayfield estimation. *The Auk* 117: 615–626.
- Mayfield, H. F. 1961. Nesting success calculated from exposure. *Wilson Bulletin* 73: 255–261.
- Mayfield, H. F. 1975. Suggestions for calculating nest success. *Wilson Bulletin* 87: 456–466.
- Perrins, C. M. and R. H. McCleery. 1989. Laying dates and clutch size in the great tit. *Wilson Bulletin* 101: 236–253.

van Noordwijk, A. J., R. H. McCleery and C. M. Perrins. 1995. Selection for the timing of great tit (*Parus major*) breeding in relation to caterpillar growth and temperature. *Journal of Animal Ecology* 64: 451–458.