

10207 雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱鳥類繁殖生態監測 IV

雪霸國家公園管理處

自行研究報告(102年度)

雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱  
鳥類繁殖生態監測 IV

雪霸國家公園管理處自行研究報告

中華民國 102 年 12 月

102301020500G0006

# 雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱 鳥類繁殖生態監測 IV

研究人員：蕭明堂

執行人員：蕭明堂、莊美真

雪霸國家公園管理處自行研究報告

中華民國 102 年 12 月

## 致謝

2013 年末再度完成今年的觀霧巢箱監測報告，觀霧的鳥巢箱研究從王穎教授團隊接手後，已經歷四個年頭，並初步累積一些的成果，揭開了山林間這些鳥兒的秘密生活。然而，能有這些成果，並非自己獨力完成，仰賴於雪霸處長官林處長青、鍾副處長銘山、鄭秘書瑞昌等的大力支持，鼓勵同仁自行研究，讓我在公餘之外能一窺山林間的小鳥，享受挖掘不完的驚奇；同時也感謝保育課于課長淑芬在這整個研究期間持續的鼓勵，感謝課內同仁潘技士振彰、傅技士國銘在工作上的協助，也謝謝觀霧管理站陳主任振達、彭解說員文禮等同仁及警察小隊同仁們於現場食宿的照顧與關心，在此一併致謝。

## 目次

表次	II
圖次	III
摘要	IV
Abstract	VII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究方法	4
第二章 研究結果	9
第一節 2013 年鳥類繁殖概述及歷年比較	9
第二節 鳥類繁植物候	16
第三節 鳥巢繁殖成敗	19
第三章 討論	27
第一節 鳥類繁殖與氣溫之關連	27
第二節 繁殖鳥巢存活率	29
第三節 繁殖鳥巢生產力	31
第四章 結論與建議	33
第一節 結論	33
第二節 建議	34
附錄一 觀霧地區利用巢箱鳥類及其他物種影像	35
附錄二 巢箱即時影像解說看版及現況	45
參考書目	47

表次

表 2-1 2009-2013 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 2009-2012 年觀霧地區利用巢箱之棕面鶯繁殖參數及日期 . . . . . 15

表 2-3 不同閾值溫度下，推估 2009-2013 年累積至青背山雀第一波繁殖巢之產卵日中位數之熱量和 . 17

表 2-4 不同閾值溫度下，推估 2009-2013 年累積至棕面鶯第一波繁殖巢之產卵日中位數之熱量和 . . 18

表 2-5 2009-2013 年青背山雀鳥巢逐日存活率之模式選擇結果 . . . . . 20

表 2-6 2009-2013 年青背山雀鳥巢逐日存活率於邏輯暴露模式之估計參數 . . . . . 21

表 2-7 2009-2013 年棕面鶯鳥巢逐日存活率之模式選擇結果 . . . . . 24

表 2-8 2009-2013 年棕面鶯鳥巢逐日存活率於邏輯暴露模式之估計參數 . . . . . 25

## 圖次

- 圖 1-1 觀霧地區設置巢箱之(a)柳杉林樣區、(b)步道樣區及(c)天然林樣區現況 . . . . . 4
- 圖 1-2 雪霸國家公園觀霧地區鳥巢箱樣區之地理位置 . 5
- 圖 2-1 2009 年–2013 年觀霧地區利用巢箱之青背山雀卵數及雛數分布 . . . . . 11
- 圖 2-2 2009 年–2013 年觀霧地區利用巢箱之棕面鶯卵數及雛數分布 . . . . . 14
- 圖 2-3 日齡及累積 7 天降雨量對 2009–2013 年青背山雀鳥巢逐日存活率之影響 . . . . . 22
- 圖 2-4 2009–2013 年觀霧地區利用巢箱繁殖之青背山雀鳥巢逐日存活率 . . . . . 22
- 圖 2-5 日齡及年對 2009–2013 年棕面鶯鳥巢逐日存活率之影響 . . . . . 26
- 圖 2-6 季節之二次函數對 2009–2013 年棕面鶯鳥巢逐日存活率之影響 . . . . . 26

## 摘要

關鍵詞：山雀、巢箱、棕面鶯、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，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，其對於氣溫的反應較植物快速、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，適合作為長期監測的物種。本研究沿用王穎(2009)、蕭明堂(2010–2012)於觀霧地區設置的巢箱，進行繁殖鳥類監測，年度工作重點有二：(1) 以積溫和閾值模式檢視溫度對鳥類繁殖物候的可能影響；(2) 以 Program Mark 綜合分析 2009 年至 2013 年的繁殖鳥巢，找出影響繁殖的重要因子；另外，本計畫利用自動監測設備記錄巢箱中的鳥類繁殖行為，並瞭解可能捕食鳥巢的天敵，所記錄影像亦可做為解說影音素材。

### 二、研究方法及過程

在鳥巢箱繁殖監測上，於繁殖季前每兩星期巡巢乙次，於4–7月繁殖季期間，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，推估雌鳥產卵日及雛鳥孵化日，並針對利用巢箱繁殖的成鳥與離巢前雛鳥進行繫放工作。另外，部分繁殖鳥巢架設彩色小型監視器錄影紀錄繁殖過程。於繁殖物候的分析上，藉由積溫和閾值模式，於選擇不同閾值溫度下，找出青背山雀及棕面鶯最適之閾值溫度及達繁殖時所累積的積溫和；於繁殖成功率估算上，以 Mark 法計算鳥巢繁殖成功率，並考量年、棲地類型、季節、鳥巢日齡及降雨等因子對於鳥巢逐日存活率的可能影響。

### 三、重要發現

於 2013 年繁殖季共記錄 16 巢青背山雀(*Parus monticolus*)、2 巢煤山雀(*P. ater*)及 12 巢棕面鶯(*Abroscopus albogularis*)利用巢箱繁殖。繁殖巢數較多的青背山雀與棕面鶯於 2009 至 2013 年間，雌鳥產卵時間與早春氣溫相關，以積溫和閾值模



式檢視資料較穩定的 2010–2013 年之鳥巢繁殖起始時間，青背山雀在閾值溫度為 4°C 時，各年間積溫和的變異係數為最小，於 50% 族群產卵時所累積之積溫和為  $634 \pm 14.9$  °C-day；棕面鶯在閾值溫度為 0°C 時，各年間積溫和的變異係數為最小，於 50% 族群產卵時所累積之積溫和為  $1300.8 \pm 128.2$  °C。兩種鳥類的差異可能與其食性組成不同有關。

在鳥巢繁殖存活率的部分，以 Program Mark 軟體的邏輯暴露模式分析 2009–2013 年青背山雀與棕面鶯鳥巢逐日存活率發現，日齡為影響逐日存活率的重要因子，各繁殖階段的存活率變化與成鳥忍受干擾的敏感性、護巢強度、進出巢頻率、雛鳥乞食訊息的強弱，以及雛鳥自身保暖的能力等因子相關，二鳥種自產卵期到育雛中期的趨勢大致相似，於育雛中期後，青背山雀的存活率逐漸增加，而棕面鶯則為持續降低。除了日齡外，在青背山雀的模式，累積 7 天降雨量為影響存活率的重要因子；而在棕面鶯的模式中，年間變異則為重要的影響因子。

由 2009–2013 年繁植物候及繁殖參數的累積，以及鳥巢存活率估算等資訊得知，年間氣溫的變化雖會造成鳥類繁殖時間的提早或延後，然而青背山雀的可產卵期約為 90 天，較早繁殖的年，繁殖季也較早結束，繁殖生產力並未因此而增加，影響年間繁殖生產力波動的主要變數為繁殖密度及鳥巢存活率；而在棕面鶯，其繁殖起始時間雖也會隨年間氣溫變化而波動，然而在可產卵期、成鳥存活率等多項參數上，仍須累積更多的資料以釐清可能的趨勢。

#### 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，調查成果及影音照片可轉化為科普文章，以電子報或網頁等形式提供解說教育使用，增加民眾對於觀霧地區豐富多樣的生態資源。

建議二：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

鳥巢箱為監測鳥類繁殖的有效工具，透過對分布廣泛且能敏感反映年間氣候變化的森林小型鳥類持續進行監測，並輔以氣象資料的記錄，可做為觀霧地區物候變化的監測指標。目前五年的監測結果已發現鳥類繁殖與早春氣溫兩者相互關連，對於鳥類繁殖動態與氣象因子於年間的變化趨勢，以及極端降水事件對繁殖鳥類的影響，建議未來仍須持續監測，以累積足夠長期資料，提供更進一步資訊。

## Abstract

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

We investigated the breeding activity of secondary cavity nesting passerines using nestboxes on *Cryptomeria* plantations and natural forests at GuanWu, 2009–2013. From the beginning of April to the end of July, we checked nestboxes weekly and recorded the content of nestboxes and activities of birds. Sixteen Green-backed Tit (*Parus monticolus*) nests, two Coal Tit (*P. ater*) nests and Twelve Rufous-faced Warbler (*Abroscopus albugularis*) nests were recorded throughout the 2013 breeding season. To realize the breeding phenology of Green-backed Tit and Rufous-faced Warbler, we used warmth sum threshold model. The daily amount of accumulated heat was calculated when the temperature is above a given minimum threshold. We considered different threshold temperature and found the models with threshold of 4°C and 0°C best fits the empirical data of Green-backed Tit and Rufous-faced Warbler respectively. In the best fitting models, the warmth sum of Green-backed Tit from the start of calculation period (1 January) to the laying date of 50% breeding population was  $634 \pm 14.9$  degree–day, and the warmth sum of Rufous-faced Warbler was  $1300.8 \pm 128.2$  degree–day. The difference between the two species may be due to differences in their diet.

To examine factors affecting nest survival of Green-backed Tit and Rufous-faced Warbler in 2009–2013, we used the logistic exposure model in Program Mark. Results showed that nest age was the most important factor affecting daily survival rate in the two species. Age-specific variations in nest survival may represent net effects of multiple factors affecting survival, including susceptibility of parents to disturbance and predators, intensity of nest defense by parents, thermoregulatory capabilities and protective feathering of nestlings, visual and auditory cues influence predator risk, such as parental foraging trips, nestling begging. In addition, in Green-back Tits model, accumulated precipitation for the past 7 days was also important factor that decrease nest survival; in Rufous-faced Warbler model, between-year variation in

survival was a significant factors.

Comparisons of breeding data with previous studies, results indicated that timing of egg-laying of Green-backed Tits was related to spring temperature. Moreover, the length of laying period was about ninety days, and was not affected by between-year variation in temperature. The most important factors influenced breeding productivity (number of fledging) between years were breeding density and nest survival rate. For Rufous-faced Warbler, the length of laying period varied between 92 to 123 days in 2009–2013. Further studies are needed to better understand the pattern of reproductive parameters of the Rufous-faced Warbler.

Finally, 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 necessary to clarify the phenology of birds.

## 第一章 緒 論

### 第一節 研究緣起及背景

全球氣候變遷的議題持續受到關注，由於氣候變遷可能直接影響生態棲位狹窄的特化種，如臺灣櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)和觀霧山椒魚(*Hynobius fuca*)等，壓縮其生存範圍，或對敏感生態系如高山、濕地等環境造成整體的威脅，因而氣候變遷的相關研究成為近年研究工作的焦點。在探討大尺度的氣候變遷議題上，往往需要長時間軸的資料累積，凸顯了以保育研究為核心的國家公園，在地監測的重要，因其所得的證據可提供國家公園面對氣候變遷的挑戰下，相關決策作為的參考資料。雪霸國家公園為臺灣第三座山岳型國家公園，座落於臺灣中北部山區，以冰河地形的雪山山脈、獨特山型的大霸尖山及珍稀的冰河子遺生物而著名，轄區內的觀霧地區位在中海拔霧林帶，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，2010)，蘊含多種特稀有的動植物。由於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，其對於氣溫的反應較植物快速、易偵測變化，且較哺乳動物容易觀察，又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：在過去 25 年間，北美 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)。在國內的鳥類研究發現，氣候變遷可能已造成中高海拔鳥類分布的改變，孫元勳(2010)及林惠珊等(2011)檢視近年(2010–2011 年)的雪山調查資料與日據時期(1925–1933 年)鹿野忠雄的研究、1989 年國家公園成立前的先期調查及 1996 年的步道調查資料等文獻，透過與早期文獻比較物種的海拔分布，發現在雪山地區常見的 40 幾種留鳥，有 67–74% 比例的鳥種其分布海拔上限有往上提升的趨勢，而有 75–100% 的鳥種其海拔下限也出現抬升的現象；而在玉山國家

公園也同樣發現多種鳥種海拔分布上移的情形(李培芬, 2009)。這些研究雖然提出大尺度的整體鳥類變化, 不過對於更細節的部分, 例如鳥類繁殖時間對早春氣溫變化之反應程度、繁殖成敗受惡劣天氣, 如颱風或豪(大)雨的影響、與其他食物網間各物種的關係, 有無時間尺度的錯位等問題, 則需仰賴其他面向如繁殖生物學的監測等研究來得知。

然而在繁殖生物學的研究上, 天然鳥巢搜尋不易, 常造成資料收集與分析上的困難, 是以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(2002~2010), 監測資料顯示不同年間的氣溫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, 2009b, c; 2010a, 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, 在早春氣溫較溫暖的年中, 茶腹鳩(*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)。雪霸國家公園於 2009 年辦理「觀霧地區鳥類資源調查暨鳥巢箱設置」計畫, 完成 90 處巢箱設置(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。在 2010–2012 年的延續計畫, 除了新增黃山雀(*P. holsti*)及煤山雀(*P. ater*)的利用紀錄外, 發現鳥類繁殖時間與早春溫度相關(蕭明堂, 2012)。不同年間早春溫度冷暖的變化造成繁殖鳥類時間的遞延, 不單因為在較寒冷的年中, 鳥類要耗費較多能量自我維持(Stevenson and Bryant, 2000), 使得繁殖的能量累積較慢, 並且食蟲性鳥類的食物—無脊椎昆蟲的發育亦受早春溫度的影響(Lysyk, 1989)。為此, 本年度的工作除例行性繁殖監測外, 將以積溫和閾值模式(warmth sum threshold model; Embree, 1970)檢視溫度對鳥類繁殖物候的可能影響, 積溫和閾值模式常用於檢視溫度對植物花芽發育及昆蟲發育物候等研究(Visser and Holleman, 2012), 由於鳥類繁殖物候與昆蟲的發生相關, 因而近年也有鳥類學者嘗試將其應用在鳥類繁殖物候(Hušek et al., 2012)或遷移物候的探討(Strode, 2003; Saino et al., 2011), 其假設當溫度高於某一閾值溫度(threshold temperature)以上, 就會有熱量累積, 當累積的熱量和達到一定門檻就可發生物候事件。另一方面, 溫度影響鳥類繁殖的早晚, 而繁殖鳥巢的成敗則受到多種可能的因子所影響, 包括季節、繁殖日齡、降雨量、棲地、捕食等, 本研究將以 Program

Mark(Dinsmore et al., 2002)綜合分析 2009 年至 2013 年的繁殖鳥巢，找出影響影響繁殖的重要因子。

## 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，造林樹種以柳杉 (*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)及蕭明堂(2010、2011)於三處柳杉人工林、一處遊憩步道(賞鳥步道)及一處天然闊葉林所設置之巢箱。三處人工林樣區各設置 30 個巢箱，共計 90 個，巢箱採方格狀配置，林相為人工針葉林與先鋒闊葉林之混生林(李培芬，2003)；賞鳥步道位在人工林與天然林之交界帶，巢箱沿步道兩旁呈帶狀配置，共計 15 個，林相屬先鋒闊葉林與成熟闊葉林之混生林；天然闊葉林樣區則位在觀霧山椒魚復育棲地後方之成熟闊葉林，2011 年設置 30 個巢箱，本年度增設 18 個巢箱。所有巢箱的設置間距都維持 10–15 公尺，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。



圖 1-1、觀霧地區設置巢箱之(a)柳杉林樣區、(b)步道樣區及(c)天然林樣區現況。



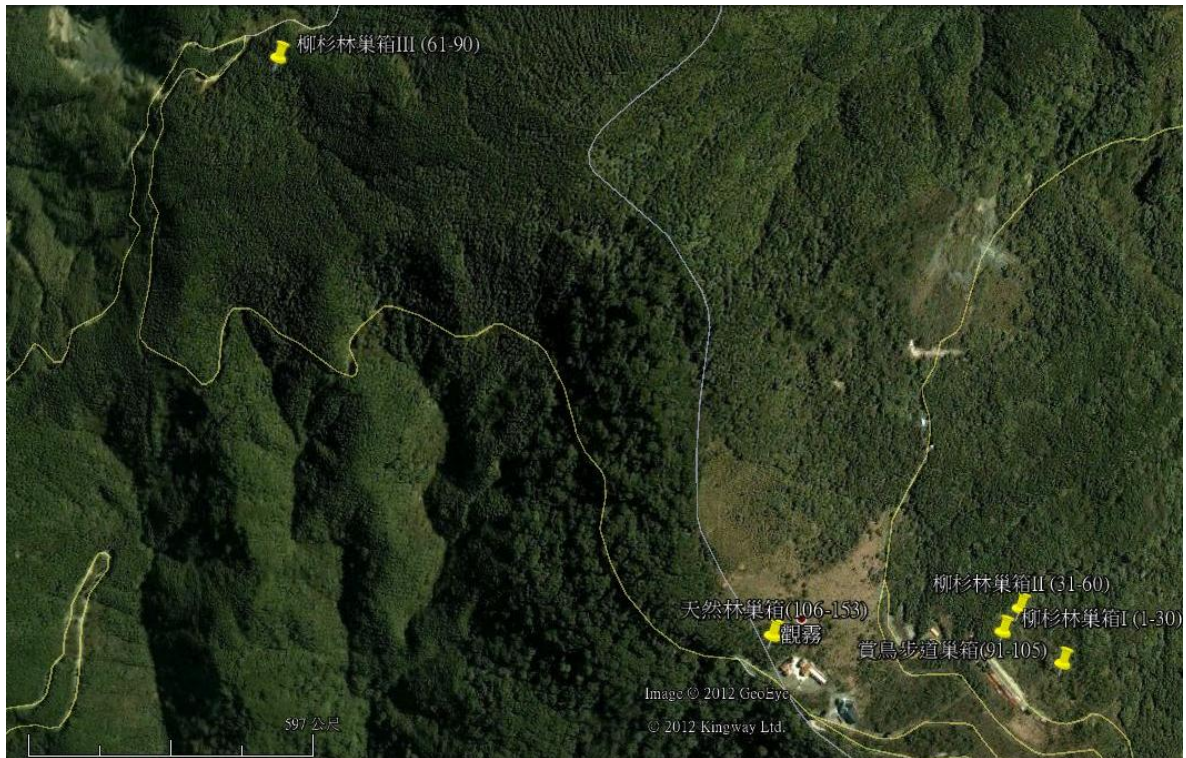


圖 1-2、雪霸國家公園觀霧地區鳥巢箱樣區之地理位置。

## 二、鳥巢箱監測

於繁殖季前每兩星期巡巢乙次，於4月至7月繁殖季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、卵數及雛數等繁殖參數。吾人假定雌鳥一天產一枚卵，回推產第一枚卵日(egg laying date)，並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)。

部分鳥巢於繁殖期間架設彩色小型監視器(color charge-coupled-device cameras)進行錄影，為增加錄影畫面的辨視，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。錄影鏡頭固定於壓克力版下，並連接數位錄影紀錄器(Digital Video Recorder, DVR)或手提數位錄影機(Digital Video, DV)儲存資料，以汽車電瓶作為電源。錄影時段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，錄影資料提供於鳥巢繁殖成敗判斷、雛鳥離巢或繁殖失敗的時間點確認，並可記錄鳥巢的潛在捕食者(Ball and Bayne, 2012)。

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, 2011; 姚正得, 2010b), 然而因為並非所有繁殖個體均有上環, 可以腳環追蹤, 故第一波及第二波繁殖巢的區隔係以該年繁殖季中, 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)。另外, 亦輔以有上環的個體其腳環的辨識, 以減少將第一次繁殖失敗後重新築巢的鳥巢(renest)誤判為第一波繁殖巢。於繁殖監測概述與比較的分析中, 將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)。於鳥類繁殖物候的分析中, 只採用第一波繁殖巢的資料; 於鳥類繁殖成敗的分析, 則納入第一波及第二波繁殖巢。

### 三、資料分析與統計

#### (一) 鳥類繁殖物候

積溫和閾值模式(Embree, 1970)假設每日溫度減掉閾值溫度後為日積溫(degree day), 日積溫累積到一定門檻後就發生物候事件, 而每日溫度為每日最高溫與最低溫之平均值。在積溫和閾值模式中, 須考慮何時開始累積溫度? 閾值溫度? 以及累積多少溫度後可產生物候事件等三個參數。考量1月為觀霧地區最冷的月份, 吾人以1月1日為積溫累積的開始日期, 並計算自1月1日起至第一波繁殖巢之產卵日中位數止(表示50%族群產卵, Warmth sum<sub>50</sub>)所累積的積溫和。檢視利用巢箱繁殖之青背山雀及棕面鶯二鳥種, 於2009年至2013年, 各年間到達Warmth sum<sub>50</sub>之積溫和, 並計算其變異係數(CV)。比較在不同閾值溫度(0~14°C)下所計算的變異係數, 以變異係數較低者為最適之閾值溫度。每日最高溫、最低溫之氣象資料採用距觀霧遊憩區最近之中央氣象局自動測站(C0D550), 測站海拔1956公尺, 121°06' 58" E, 24°31' 37" N。

#### (二) 鳥巢繁殖成敗

以Program Mark的鳥巢存活模式(Nest Survival)計算鳥巢繁殖成功率

(Dinsmore et al., 2002)，將2009年至2013年的所有繁殖鳥巢納入分析。於軟體中須輸入的資訊包括：開始觀察日期、最後存活日期、最後觀察日期、鳥巢命運(存活=0或死亡=1)，以及此種經歷(encounter history)的鳥巢數，模式求出逐日存活率(S)後，乘以繁殖天數(D)即為鳥巢繁殖成功率( $S^D$ )。其中，對於繁殖成功的鳥巢，最後存活日期等於最後觀察日期，均為雛鳥離巢日，然而，在野外的監測上雛鳥離巢日的確認往往難以確認，故吾人除架設小型監視器於部分鳥巢，藉由錄影資料協助判定外，針對未架設錄影器材的鳥巢，若巡巢日期接近於雛鳥可能離巢的時期內，而巡巢時又未發現巢中的雛鳥，則以巢箱內靠洞口側有無糞囊、巢材是否被雛鳥壓扁，以及巢箱周圍是否有親鳥或雛鳥活動等資訊，判斷雛鳥是否成功離巢(Ball and Bayne, 2012)，若判定為成功離巢，則鳥巢的最後存活日及最後觀察日均記為前次巡巢的日期，亦即Weidinger(2007)提列之IC3編碼。

依據於2009–2013年觀察記錄，青背山雀最早開始繁殖日為3月22日(產第一枚卵)，最晚結束繁殖日為7月12日(雛鳥離巢)，故假定青背山雀的繁殖季為3月22日至7月19日，共120天(encounter occasions)，青背山雀的繁殖天數為40天(包含產卵期5天、孵卵期14天，育雛期21天)；在棕面鶯的部分，依據2009–2013年觀察記錄，棕面鶯最早開始繁殖日為3月27日(產第一枚卵)，最晚結束繁殖日為8月8日(雛鳥離巢)，故假定棕面鶯的繁殖季為3月27日至8月13日，共140天(encounter occasions)，棕面鶯的繁殖天數為38天(包含產卵期5天、孵卵期17天，育雛期16天)。模式考量下列因子，將其以共變數(individual covariates)納入模式中，考量包括：

1. 年(Year)：研究期程為2009年至2013年共5年，考量不同年間，環境中食物資源的豐度、捕食者數量等因子變化，對鳥巢存活率的可能影響。
2. 棲地(Habitat)：巢箱分別設置於天然林闊葉林與人工柳杉林，考量不同棲地環境中，食物資源豐度可能造成繁殖存活率的差異。
3. 季節(Date)：考量鳥巢逐日存活率於繁殖季時間軸上的增減，可能為線性或為拋物性曲線，將季節的效應納入，於design matrix的編碼上，以1,2,3,4....來表示線性關係，以 $1^2$ 、 $2^2$ 、 $3^2$ 、 $4^2$ ....表拋物線關係。

4. 日齡(Age)：繁殖巢在不同繁殖階段(產卵、孵卵、育雛)及日齡，其逐日存活率可能不同，將繁殖巢日齡以線性、二次函數及三次函數等形式納入。
5. 降雨量(Precipitation)：降雨量大可能減低鳥巢的逐日存活率，然考量當日即時的降雨未必造成鳥巢立即棄巢，故以當日降雨量(Precipitation<sub>1D</sub>)、累積3天降雨量(Precipitation<sub>3D</sub>)及累積7天降雨量(Precipitation<sub>7D</sub>)等三種共變數進行考量。

上述因子放入模式後，以模式選擇(model selection)比較AIC<sub>c</sub>值，AIC<sub>c</sub>值較小表示為較佳的模式，最後出篩選影響繁殖鳥巢成功的因子。

## 第二章 研究結果

### 第一節 2013年鳥類繁殖概述及歷年比較

2013年利用巢箱繁殖的鳥類共計16巢青背山雀、12巢棕面鶯、2巢煤山雀。除前述鳥種外，過往曾紀錄會利用巢箱繁殖的物種有黃山雀、條紋松鼠(*Tamias maritimus formosanus*)，曾出現在巢箱的捕食者有條紋松鼠、黑眉錦蛇(*Elaphe taeniura friesi*)及高山白腹鼠(*Niviventer culturatus*)，其他會利用巢箱的物種包括：臺灣管鼻蝠(*Murina puta*)、艾氏樹蛙(*Kurixalus eiffingeri*)、東方蜜蜂(*Apis cerana*)、熊蜂、胡蜂等，各鳥種各階段繁殖影像及歷年紀錄使用巢箱之物種影像參見附錄一。另外，於2013年研究期間所架設針孔錄影，除提供研究資料收集外，亦將鳥巢繁殖的即時影像呈現於遊客中心服務臺，並設置簡易的解說看板，發揮鳥巢箱於解說教育之功能，即時影像撥出的鳥種除了一巢青背山雀、一巢棕面鶯外，尚有一巢冠羽畫眉天然巢(附錄二)。

以下係針對利用比例高的青背山雀及棕面鶯，比較歷年的繁殖起始時間與繁殖相關參數：

#### 一、青背山雀

比較2010–2013年間，青背山雀繁殖的起始時間，2013年繁殖時間早於過往4年，最早繁殖巢的產卵日為3月22日，而第一波繁殖巢的產卵日中位數(代表50%族群產卵)為3月28日(表2-1、圖2-1)。雖然如此，然而2013年第一波繁殖巢的生產力卻偏低，繁殖密度為1.33 pair/ha，低於2010–2012年，只高於初設巢箱的2009年，而鳥巢平均窩卵數為4.8枚/窩，亦為過往最低的一年。又，2013年第一波繁殖巢的產卵期及孵卵早期(3月底至4月中旬)適逢早春大雨，導致多數鳥巢棄巢，僅1巢的雛鳥成功離巢，因而第一波繁殖巢的雛鳥數於總子代數中所占的比例偏低(圖2-1e)。

2013年第二波繁殖巢受第一波繁殖較早開始，以及第一波繁殖巢多數於早期失敗所影響，導致其產卵時間也早於其他年，在第二波繁殖巢的8巢中，有7巢於4月26日前開始產卵，僅一巢的產卵日在6月14日以後。雖然在4月26日至6月14

日期間未有新增的繁殖鳥巢，然而在研究樣區周圍仍有青背山雀雄鳥占據領域時的鳴唱聲(song)，可能為利用天然巢的繁殖個體，並顯示此段時間仍為青背山雀可產卵的時期。計算各年間最早繁殖巢及最後一巢，二者產卵時間的差為青背山雀的可產卵期(laying season)，除了初設巢箱的2009年為62天外，其餘4年的可產卵期皆在90天前後(表2-1)，顯示各年間青背山雀繁殖的起始時間雖有變動，然而其可產卵的時期相對固定，較早開始繁殖的年(2012、2013年)其繁殖季相對較早結束，可產卵的時間並不會因為繁殖較早開始而延長。

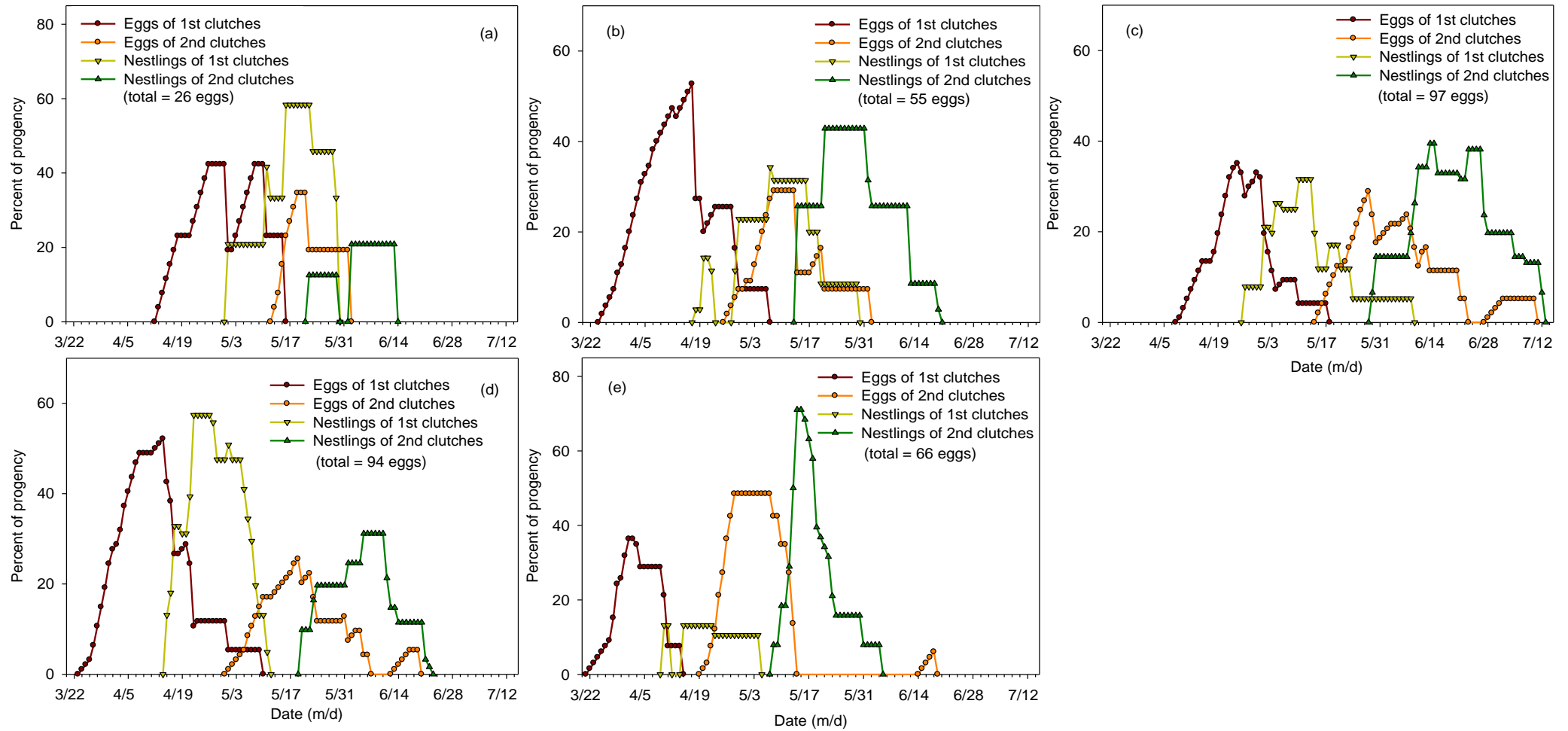


圖 2-1、(a)2009 年、(b)2010 年、(c)2011 年、(d)2012 及 (e)2013 年觀霧地區利用巢箱之青背山雀卵數及雛數分布。

表 2-1、2009–2013 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		2011		2012		2013	
	1 <sup>st</sup> clutch	2 <sup>nd</sup> clutch	1 <sup>st</sup> clutch	2 <sup>nd</sup> clutch	1 <sup>st</sup> clutch	2 <sup>nd</sup> clutch	1 <sup>st</sup> clutch	2 <sup>nd</sup> clutch	1 <sup>st</sup> clutch	2 <sup>nd</sup> clutch
Breeding density (pair/ha)	1	0.67	1.75	1	2	2	2	1.17	1.33	1.33
Available habitat (ha) <sup>a</sup>	3	3	4	4	5	5	6	6	6	6
Mean clutch size ± SE ( <i>N</i> <sub>nest</sub> )	5.7±0.6 (3)	4.5±0.7 (2)	5.0±0.8 (7)	5.3±1.0 (4)	5.1±0.9 (9)	5.6±0.5 (9)	5.2±0.8 (11)	4.7±1.1 (7)	4.8±0.4 (5)	4.9±0.6 (8)
Mean brood size ± SE ( <i>N</i> <sub>nest</sub> )	5.0±0 (3)	4.0±1.4 (2)	3.4±1.3 (5)	4.5±1.3 (4)	5.0±0.8 (7)	5.1±0.8 (8)	4.4±0.9 (9)	3.9±1.3 (5)	4.3±1.2 (2)	4.0±0.8 (7)
Mean laying date ± SE ( <i>N</i> <sub>nest</sub> )	22.7±10.2 (3)	44.0±1.4 (2)	5.3±9.2 (7)	35.0±9.3 (4)	20.3±7.6 (10)	60.6±13.8 (10)	1.7±7.7 (12)	47.0±15.5 (7)	-3.0±3.0 (8)	23.1±2.0 (7)
Median laying date	22	44	4	33	19	57	-1	43	-3	24
Mean hatching date ± SE ( <i>N</i> <sub>nest</sub> )	39.3±7.6 (3)	57.5±7.8 (2)	26.4±7.6 (5)	50.5±9.0 (4)	34.7±7.2 (7)	71.1±9.0 (8)	19.8±4.9 (10)	57.0±6.7 (5)	12.5±3.5 (2)	42.0±2.2 (7)
Median hatching date	41	57.5	28	17.8	33	70.5	19	54	12.5	43
Laying season (Day) <sup>b</sup>	62		87		95		90		89	

<sup>a</sup> 為設置鳥巢箱之樣區面積；<sup>b</sup> 為該年繁殖季最後一巢之產卵日－最早繁殖巢之產卵日



## 二、棕面鶯

2013年棕面鶯繁殖的起始時間與青背山雀的趨勢相同，早於過往4年，最早繁殖巢的產卵日為3月27日，而第一波繁殖巢的產卵日中位數為4月2日(表2-2、圖2-2)。雖然棕面鶯於2013年較早開始產卵，然而無論第一波或第二波繁殖巢的繁殖密度卻為歷年最低，並且第一波繁殖的4巢中，僅1巢的雛鳥成功孵出且離巢，因而第一波繁殖巢的雛鳥數於總子代數中所占的比例偏低(圖2-2e)。

於2009–2013年間，棕面鶯的可產卵期在於92–123天之間變動，最大與最小值相差一個月。比較各年間開始繁殖時間早晚與可產卵時間的關係，2012及2013年為氣溫較暖、較早繁殖的年，而2011年則氣溫較冷、較晚開始繁殖，然而2011–2013年的可產卵期分別為117、123、92，顯示棕面鶯的可產卵期的長短與繁殖開始時間的早晚似乎無明顯的趨勢。

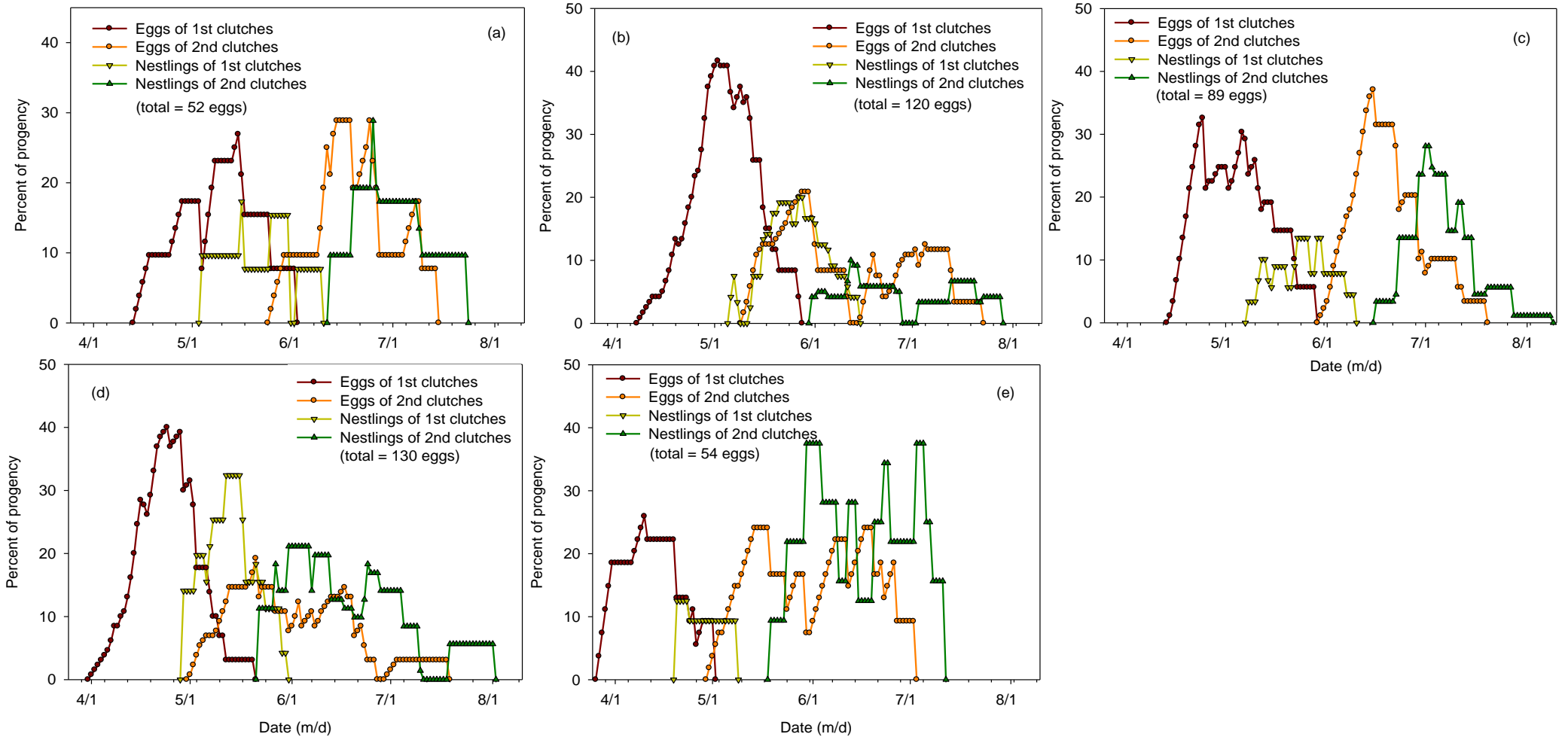


圖 2-2、(a)2009 年、(b)2010 年、(c)2011 年、(d)2012 及 (e)2013 年觀霧地區利用巢箱之棕面鶯卵數及雛數分布。

表 2-2、2009—2013 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		2011		2012		2013	
	1 <sup>st</sup> clutch	2 <sup>nd</sup> clutch	1 <sup>st</sup> clutch	2 <sup>nd</sup> clutch	1 <sup>st</sup> clutch	2 <sup>nd</sup> clutch	1 <sup>st</sup> clutch	2 <sup>nd</sup> clutch	1 <sup>st</sup> clutch	2 <sup>nd</sup> clutch
Breeding density (pair/ha)	1.67	2.33	3.75	3	2.2	1.8	3	2.67	0.67	1.33
Available habitat (ha) <sup>a</sup>	3	3	4	4	5	5	6	6	6	6
Mean clutch size $\pm$ SE ( $N_{\text{nest}}$ )	4.2 $\pm$ 0.4 (5)	4.8 $\pm$ 0.4 (6)	4.6 $\pm$ 0.5 (14)	4.5 $\pm$ 0.5 (11)	4.6 $\pm$ 0.5 (10)	4.7 $\pm$ 0.5 (9)	4.5 $\pm$ 0.5 (15)	4.4 $\pm$ 0.5 (12)	4.8 $\pm$ 0.5 (4)	4.4 $\pm$ 0.5 (8)
Mean brood size $\pm$ SE ( $N_{\text{nest}}$ )	4.3 $\pm$ 0.6 (3)	4.8 $\pm$ 0.4 (5)	3.4 $\pm$ 1.2 (12)	3.3 $\pm$ 1.4 (7)	3.4 $\pm$ 0.8 (7)	3.3 $\pm$ 1.4 (9)	3.6 $\pm$ 0.7 (9)	4.3 $\pm$ 0.7 (9)	3 (1)	4.0 $\pm$ 0.8 (7)
Mean laying date $\pm$ SE ( $N_{\text{nest}}$ )	30.6 $\pm$ 11.5 (5)	74.6 $\pm$ 13.3 (7)	23.5 $\pm$ 7.7 (15)	67.9 $\pm$ 21.2 (12)	24.6 $\pm$ 9.1 (11)	71.3 $\pm$ 9.7 (9)	14.8 $\pm$ 6.9 (18)	57.0 $\pm$ 18 (16)	5.8 $\pm$ 13.2 (4)	51.6 $\pm$ 16.8 (7)
Median laying date	35	71	25	76.5	20	70	14.5	56	1.5	54
Mean hatching date $\pm$ SE ( $N_{\text{nest}}$ )	49.5 $\pm$ 12.5 (4)	84.6 $\pm$ 10.4 (5)	46.3 $\pm$ 14.8 (12)	83.1 $\pm$ 20.9 (7)	47.3 $\pm$ 7.6 (7)	90.3 $\pm$ 10.5 (9)	35.6 $\pm$ 7.4 (9)	72.3 $\pm$ 19.3 (9)	20 (1)	70.7 $\pm$ 16.8 (7)
Median hatching date	50.5	86	46	74	46	90	33	69	20	73
Laying season (Day) <sup>b</sup>	101		112		117		123		92	

<sup>a</sup> 為設置鳥巢箱之樣區面積；<sup>b</sup> 為該年繁殖季最後一巢之產卵日—最早繁殖巢之產卵日

## 第二節 鳥類繁植物候

在選擇不同閾值溫度下，青背山雀與棕面鶯於2009年至2013年間，自1月1日起至第一波繁殖巢之產卵日中位數止(Warmth sum<sub>50</sub>)所累積的積溫和分別如表2-3及表2-4。二鳥種於2009年所累積的積溫和均高於其他年度，推測為該年新設置巢箱，鳥類尚未適應，導致築巢繁殖時間偏晚所致(蕭明堂，2012)。將2009年資料扣除後，計算其他4年的平均積溫和及變異係數，於青背山雀的資料顯示(表2-3)，在閾值溫度設定為4°C時，各年間積溫和的變異係數為最小，而平均累積之積溫和為 $634 \pm 14.9$  °C-day；若只單看各年中最早繁殖的一巢，在閾值溫度4°C時，平均累積之積溫和為 $565.5 \pm 16.4$  °C-day。

在棕面鶯的部分(表2-4)，於閾值溫度設定在0°C時，各年間積溫和的變異係數為最小，而平均累積之積溫和為 $1300.8 \pm 128.2$  °C-day；若只單看各年中最早繁殖的一巢，在閾值溫度0°C時，平均累積之積溫和則為 $1132.3 \pm 39.9$  °C-day。另外，棕面鶯的積溫和變異係數均高於青背山雀，顯示棕面鶯於不同年間，到達繁殖所累積的積溫和之變異較高。

表 2-3、不同閾值溫度下，推估 2009–2013 年累積至青背山雀第一波繁殖巢之產卵日中位數之熱量和

year	threshold temperature														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2009	1450.6	1179.3	1067.3	956.3	847.8	741.6	637.8	537.0	441.3	350.6	266.2	192.2	131.6	82.9	49.5
2010	1123.5	907.8	821.3	735.3	650.0	566.0	483.8	404.8	329.4	262.2	205.5	155.9	110.6	71.3	41.7
2011	1206.2	961.3	853.3	745.5	639.0	533.4	431.4	337.4	254.6	185.1	126.9	82.0	48.9	28.1	14.0
2012	1093.2	884.4	794.5	704.5	614.5	525.0	436.0	351.2	274.5	206.0	146.4	98.5	62.0	35.2	16.0
2013	1105.6	893.4	806.4	719.4	632.4	545.4	458.7	375.1	297.8	227.3	169.4	117.9	71.7	37.9	18.8
Average <sup>a</sup>	1132.2	911.7	818.9	726.2	634.0	542.4	452.4	367.1	289.0	220.1	162.0	113.6	73.3	43.1	22.6
SD <sup>a</sup>	50.9	34.4	25.5	18.0	14.9	17.8	24.0	29.5	32.2	32.9	33.8	31.8	26.5	19.2	12.9
C.V. <sup>a</sup>	4.5	3.8	3.1	2.5	2.3	3.3	5.3	8.0	11.1	15.0	20.8	28.0	36.2	44.6	57.0

<sup>a</sup> 只以 2010 年至 2013 年資料進行計算

表 2-4、不同閾值溫度下，推估 2009–2013 年累積至棕面鶯第一波繁殖巢之產卵日中位數之熱量和

year	threshold temperature														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2009	1635.5	1334.0	1209.0	1085.0	963.5	844.3	727.5	613.7	505.0	401.3	304.0	218.3	148.2	92.7	54.3
2010	1461.6	1196.3	1088.9	981.9	875.6	770.6	667.3	567.3	470.9	382.8	305.0	234.5	168.9	111.3	65.5
2011	1219.3	971.1	862.1	753.3	645.8	539.2	436.2	341.2	257.4	186.9	127.7	82.0	48.9	28.1	14.0
2012	1344.0	1100.7	994.7	888.7	782.7	677.2	572.2	471.5	378.8	294.2	218.6	154.7	102.7	62.1	33.6
2013	1178.4	956.2	864.2	772.2	680.2	588.2	496.5	407.9	325.6	250.1	187.2	130.7	79.5	41.4	19.3
Average <sup>a</sup>	1300.8	1056.1	952.5	849.0	746.1	643.8	543.0	446.9	358.1	278.5	209.6	150.5	100.0	60.7	33.1
SD <sup>a</sup>	128.2	113.8	110.1	106.9	104.1	102.0	99.8	96.3	90.1	82.3	73.9	63.6	50.9	36.5	23.1
C.V. <sup>a</sup>	9.9	10.8	11.6	12.6	14.0	15.8	18.4	21.5	25.2	29.6	35.3	42.3	50.9	60.1	69.9

<sup>a</sup> 只以 2010 年至 2013 年資料進行計算

### 第三節 鳥巢繁殖成敗

#### 一、青背山雀

從 2009 年至 2013 年共監測 71 巢青背山雀繁殖巢，其中 3 巢未具足夠資料(觀察天數未超過 1 天以上)，扣除後以 Program Mark 分析的鳥巢數為 67 巢，計 1621 個觀察天(exposure days)，其中 48 巢(71.6%)在育雛期有架設針孔錄影機錄影，追蹤鳥巢的成敗、確認雛鳥離巢及捕食者捕食等時間點。

表 2-5 顯示，鳥巢逐日存活率為”日齡三次方”的函數，最佳模式及次佳模式都涵蓋”日齡 3 次方”的因子，模式參數估計值如表 2-6，逐日存活率於鳥巢日齡時間軸上的波動如圖 2-3，在產卵期最低，於孵卵期逐漸增加，於雛鳥孵出後至育雛中期又再下降，雛鳥日齡為 10-11 天左右降至最低點，而後又再上升。另外，將”累積 7 天降雨量”的因子加入模式，有助於模式的改善( $\Delta AIC_c$  值上升 1.29)，而斜率的估計值為負值( $\beta = -0.005$ )，表示降雨量愈高時逐日存活率越低(圖 2-3)；然而，”累積 3 天降雨量”或”當日降雨量”等因子加入模式中則未能進一步改善模式。

於 2009 年至 2013 年間，各年鳥巢逐日存活率如圖 2-4，鳥巢繁殖成功率(等於逐日存活率之 40 次方)依次為 0.66、0.88、0.63、0.59、0.38，以 2013 年為最低。然而，不同年間的逐日存活率未具顯著差異，因此，模式不支持加入”年”的因子(LR test,  $P = 0.25$ )；另外，模式亦不支持加入”棲地”的因子(LR test,  $P = 0.43$ )。在天然林鳥巢的逐日存活率為  $0.985 \pm 0.005$ ，在人工林鳥巢則為  $0.989 \pm 0.003$ ，兩者無顯著差異。鳥巢的逐日存活率亦不具季節性趨勢，不論是線性(LR test,  $P = 0.66$ )或二次拋物線趨勢(LR test,  $P = 0.43$ )加入模式中均未能進一步改善模式。

表 2-5、2009-2013 年青背山雀鳥巢逐日存活率之模式選擇結果

Model	Deviance	K	AIC <sub>c</sub>	ΔAIC <sub>c</sub>	w <sub>i</sub>
Age + Age <sup>2</sup> + Age <sup>3</sup> + Precipitation <sub>(7D)</sub>	168.52	5	178.56	0.00	0.41
Age + Age <sup>2</sup> + Age <sup>3</sup>	171.82	4	179.84	1.29	0.21
Precipitation <sub>(7D)</sub>	177.29	2	181.29	2.74	0.10
Constant	180.41	1	182.42	3.86	0.06
Precipitation <sub>(3D)</sub>	178.80	2	182.81	4.25	0.05
Habitat	179.80	2	183.80	5.25	0.03
Age + Age <sup>2</sup>	177.81	3	183.83	5.27	0.03
Precipitation <sub>(1D)</sub>	180.16	2	184.16	5.61	0.02
Date	180.22	2	184.22	5.67	0.02
Age	180.41	2	184.42	5.86	0.02
Date + Date <sup>2</sup>	178.71	3	184.73	6.17	0.02
Year	175.05	5	185.09	6.53	0.02

註：模式排序依據 ΔAIC<sub>c</sub> 值由最佳適合模式開始，由上往下排序，ΔAIC<sub>c</sub> 為兩模式之間 AIC<sub>c</sub> 值之差；AIC<sub>c</sub> 為校正後 Akaike's Information Criterion；Deviance 為該模式(current model)和飽和模式(saturated model)之 -2 log-likelihood 的差；K 為參數的數目；w<sub>i</sub> 為所有模式中每個模式的相對機率，其總和為 1。



表 2-6、2009-2013 年青背山雀鳥巢逐日存活率於邏輯暴露模式之估計參數

Parameter	Green-Back Tit	
	Estimate	95% CI limits
Best model		
Intercept	1.689	0.037 to 3.342
Age	0.707	0.252 to 1.162
Age <sup>2</sup>	-0.039	-0.069 to -0.010
Age <sup>3</sup>	0.001	0.0001 to 0.001
Precipitation <sub>(7D)</sub>	-0.005	-0.010 to -0.0002
Second-best model		
Intercept	1.576	-0.059 to 3.211
Age	0.683	0.239 to 1.128
Age <sup>2</sup>	-0.039	-0.067 to -0.010
Age <sup>3</sup>	0.001	0.0001 to 0.001

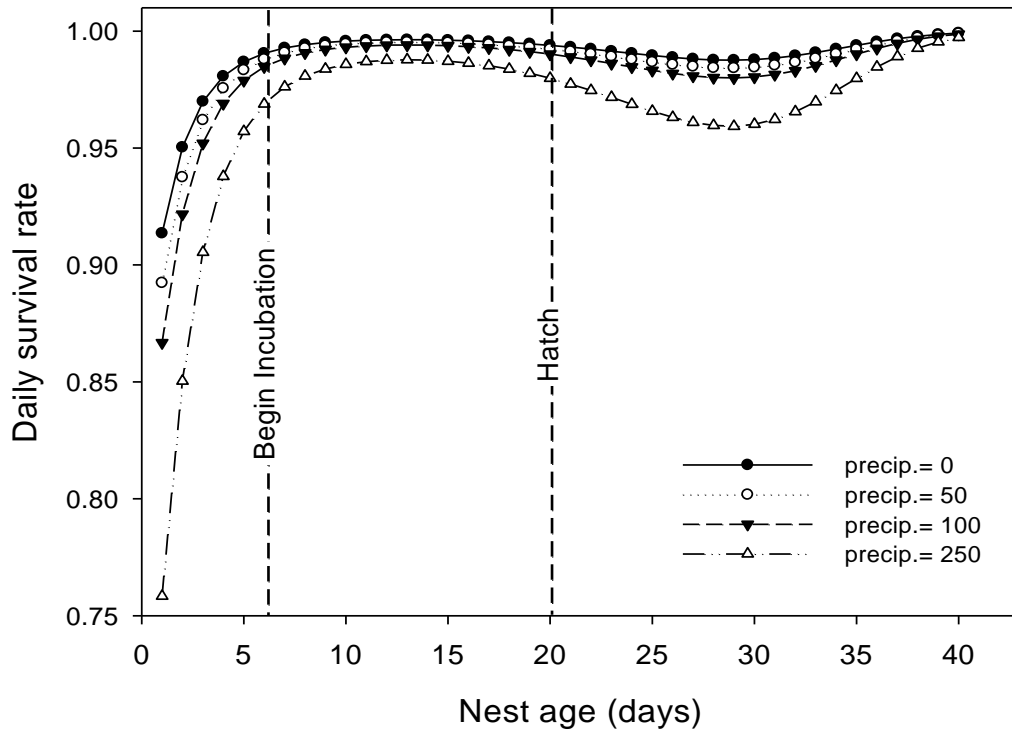
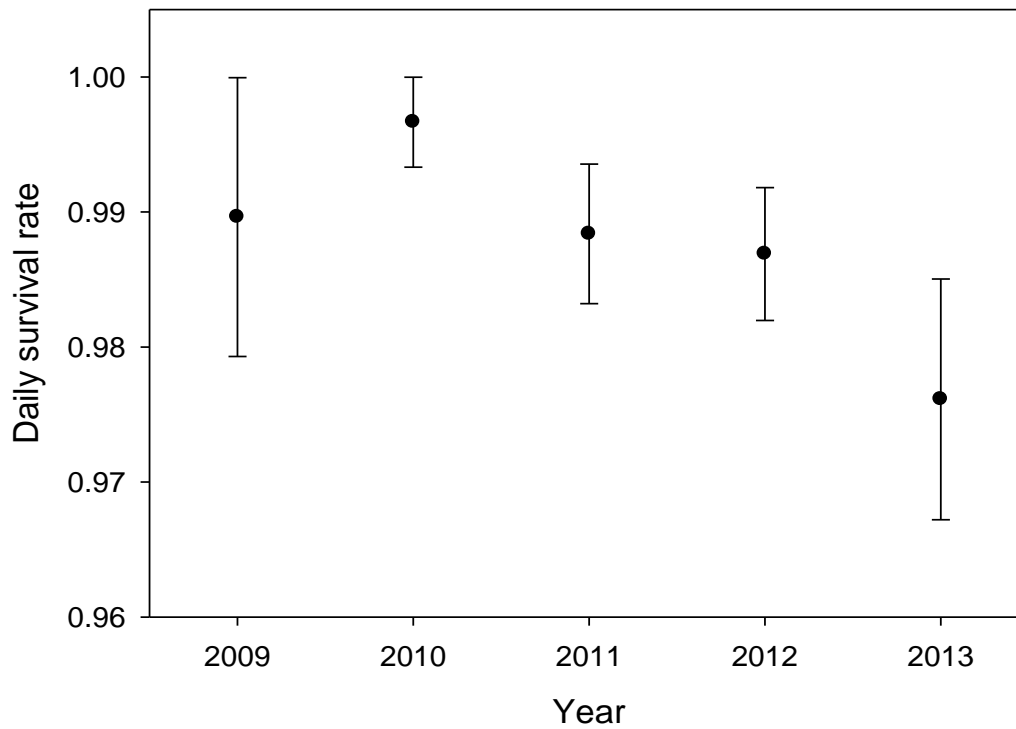


圖 2-3、日齡及累積 7 天降雨量 (0, 50, 100, 250 mm) 對 2009–2013 年青背山雀鳥巢



逐日存活率之影響。

圖 2-4、2009-2013 年觀霧地區利用巢箱繁殖之青背山雀鳥巢逐日存活率。

## 二、棕面鶯

從 2009 年至 2013 年共監測 105 巢棕面鶯繁殖巢，其中 4 巢未具足夠資料（觀察天數未超過 1 天以上），扣除後以 Program Mark 分析的鳥巢數為 101 巢，計 2359 個觀察天(exposure days)，其中 36 巢(35.6%)在育雛期有架設針孔錄影機錄影，追蹤鳥巢的成敗、確認雛鳥離巢及捕食者捕食等時間點。

表 2-5 顯示，鳥巢逐日存活率為”年”及”日齡三次方”的函數，最佳模式及次佳模式都涵蓋這兩項因子，模式的參數估計值如表 2-8，逐日存活率於鳥巢日齡之時間軸上的波動如圖 2-5，產卵期的存活率最低，於孵卵期逐漸增加，於孵卵第 10 天開始隨著日齡增加而遞減至雛鳥離巢。不同年間鳥巢的逐日存活率具顯著差異(圖 2-5)，於 2009 年至 2013 年各年間鳥巢繁殖成功率(等於逐日存活率之 38 次方)依次為 0.63、0.54、0.75、0.30、0.62，以 2012 年為最低。

考量降雨量對逐日存活率的影響，將”累積 7 天降雨量”的因子加入只具截距項的簡約模式(intercept-only model，即假設逐日存活率為定值)，其略微改善模式( $\Delta AIC_c$  值上升 0.2)，參數的斜率估計值為負值( $\beta = -0.002$ )，表示降雨量愈高時逐日存活率越低，然其未達統計上的顯著(LR test,  $P = 0.14$ )，因而在最佳模式中未包含”累積 7 天降雨量”的因子。另外，”累積 3 天降雨量”或”當日降雨量”等因子加入模式中也未能進一步改善模式。

鳥巢的逐日存活率在季節的時間軸上具微幅的二次拋物線趨勢(圖 2-6)，於繁殖季中期的逐日存活率高於早期或晚期，將此趨勢加入只具截距項的簡約模式(intercept-only model，即假設逐日存活率為定值)，能略微改善模式( $\Delta AIC_c$  值上升 0.75)，然未達到統計上的顯著(LR test,  $P = 0.09$ )，因此，在最佳模式中不包含此項因子。另外，在天然林鳥巢的逐日存活率為  $0.98 \pm 0.005$ ，在人工林鳥巢則為  $0.984 \pm 0.003$ ，兩者無顯著差異，模式不支持加入”棲地”的因子(LR test,  $P = 0.51$ )。

表 2-7、2009-2013 年棕面鷺鳥巢逐日存活率之模式選擇結果

Model	Deviance	K	AIC <sub>c</sub>	ΔAIC <sub>c</sub>	w <sub>i</sub>
Year+Age+Age <sup>2</sup> +Age <sup>3</sup>	300.86	8	316.92	0.00	0.29
Year+Age+Age <sup>2</sup> +Age <sup>3</sup> +Precipitation <sub>(7D)</sub>	299.01	9	317.08	0.17	0.26
Year+Age+Age <sup>2</sup> +Age <sup>3</sup> +Date+Date <sup>2</sup>	298.06	10	318.15	1.24	0.16
Age+Age <sup>2</sup> +Age <sup>3</sup>	310.95	4	318.97	2.05	0.10
Age+Age <sup>2</sup>	313.04	3	319.05	2.13	0.10
Year	311.18	5	321.20	4.29	0.03
Date+Date <sup>2</sup>	316.96	3	322.97	6.05	0.01
Precipitation <sub>(7D)</sub>	319.51	2	323.52	6.60	0.01
Constant	321.72	1	323.72	6.80	0.01
Date	321.10	2	325.10	8.19	0.00
Precipitation <sub>(1D)</sub>	321.12	2	325.13	8.21	0.00
Habitat	321.27	2	325.28	8.36	0.00
Precipitation <sub>(3D)</sub>	321.29	2	325.29	8.38	0.00
Age	321.68	2	325.68	8.77	0.00

註：模式排序依據 ΔAIC<sub>c</sub> 值由最佳適合模式開始，由上往下排序，ΔAIC<sub>c</sub> 為兩模式之間 AIC<sub>c</sub> 值之差；AIC<sub>c</sub> 為校正後 Akaike's Information Criterion；Deviance 為該模式(current model)和飽和模式(saturated model)之 -2 log-likelihood 的差；K 為參數的數目；w<sub>i</sub> 為所有模式中每個模式的相對機率，其總和為 1。

表 2-8、2009-2013 年棕面鶯鳥巢逐日存活率於邏輯暴露模式之估計參數

Parameter	Rufous-faced Warbler	
	Estimate	95% CI limits
Best model		
Intercept	2.517	0.857 to 4.178
Year <sub>[2013]</sub> <sup>a</sup>	0.126	-1.391 to 1.642
Year <sub>[2012]</sub> <sup>a</sup>	-0.788	-2.016 to 0.439
Year <sub>[2011]</sub> <sup>a</sup>	0.636	-0.876 to 2.149
Year <sub>[2010]</sub> <sup>a</sup>	-0.145	-1.442 to 1.152
Age	0.359	0.062 to 0.656
Age <sup>2</sup>	-0.016	-0.035 to 0.002
Age <sup>3</sup>	0.0002	-0.0001 to 0.001
Second-best model		
Intercept	2.507	0.868 to 4.146
Year <sub>[2013]</sub> <sup>a</sup>	0.162	-1.355 to 1.679
Year <sub>[2012]</sub> <sup>a</sup>	-0.664	-1.908 to 0.580
Year <sub>[2011]</sub> <sup>a</sup>	0.678	-0.836 to 2.192
Year <sub>[2010]</sub> <sup>a</sup>	-0.116	-1.416 to 1.184
Age	0.393	0.093 to 0.692
Age <sup>2</sup>	-0.018	-0.037 to 0.0001
Age <sup>3</sup>	0.0002	-0.0001 to 0.001
Precipitation <sub>(7D)</sub>	-0.002	-0.006 to 0.001

<sup>a</sup> 年的因子以 2009 年作為基底(baseline)

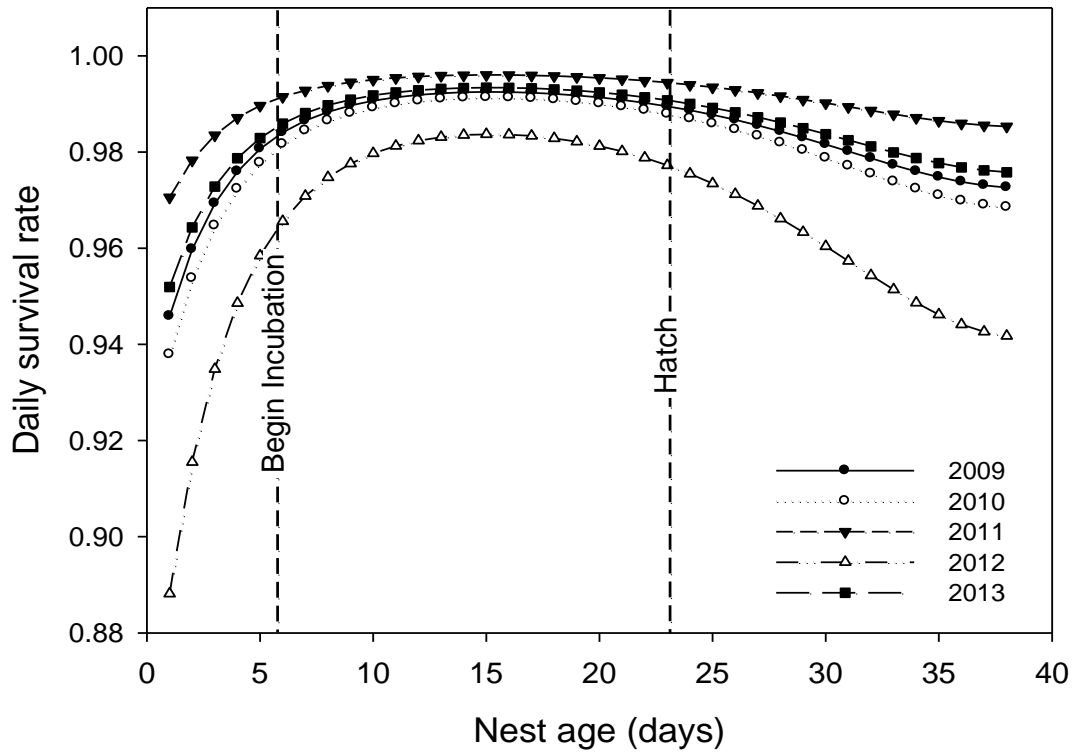


圖 2-5、日齡及年對 2009–2013 年棕面鶯鳥巢逐日存活率之影響。

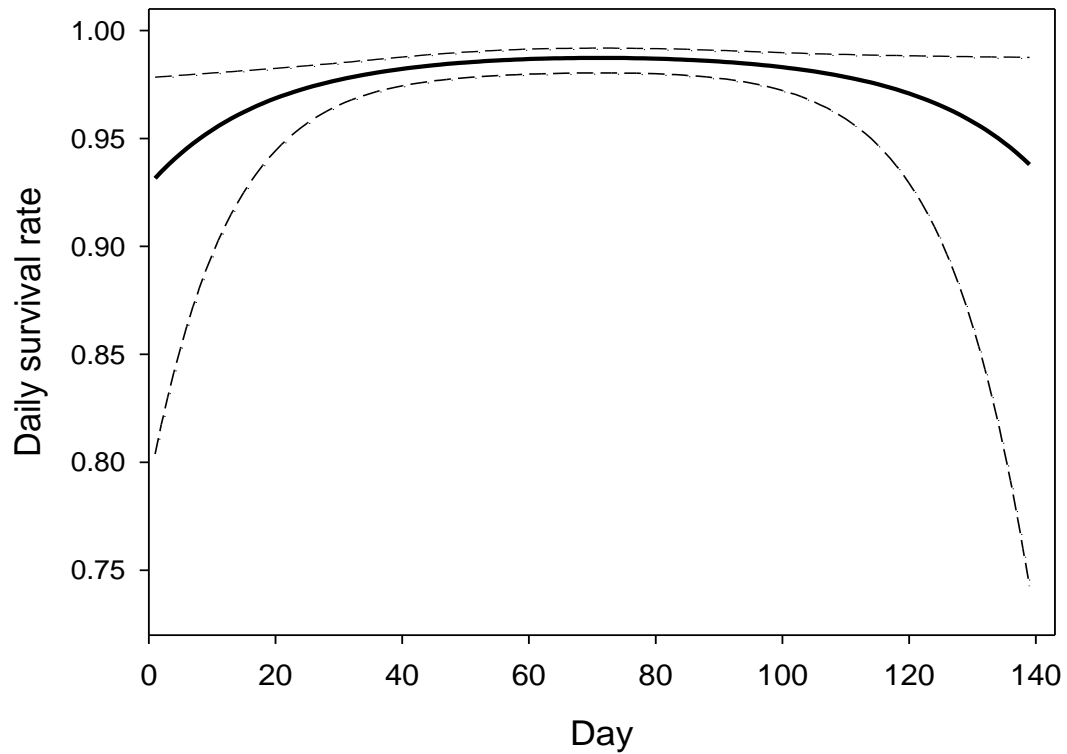


圖 2-6、季節之二次函數對 2009–2013 年棕面鶯鳥巢逐日存活率之影響。虛線為邏輯暴露模式之 95%信賴區間。

## 第三章 討論

### 第一節 鳥類繁殖與氣溫之關連

青背山雀與棕面鶯為觀霧地區自 2009 至 2013 年主要利用巢箱的物種，二物種為臺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, 2010b)，因而適合做為監測鳥類繁殖與氣溫之物候研究的標的物種。氣溫對於繁殖鳥類的影響，除可能直接影響雌鳥自身維持所需的能量(Stevenson and Bryant, 2000)，以及產卵所需的營養累積外，氣溫也可能為一個線索，鳥類利用氣溫高低預測該年度的食物高峰，並調整產卵時間使得雛鳥需要食物的時期與食物高峰重疊，而有最佳的存活率(Perrins and McCleery, 1989)。無論何者均意謂鳥類繁殖對氣溫的反應和環境中食物資源的多寡相關。為此，考量用於預測植物及昆蟲發育物候的積溫和閥值模式(Embree, 1970)，也可能適用於鳥類的繁植物候(Hušek et al., 2012)。

本研究以積溫和閥值模式來檢視青背山雀及棕面鶯的繁植物候，雖然現階段的樣本數有限( $N=5$  年)，但從中可發現幾點：第一、2009 年累積的積溫和遠高於 2010 至 2013 年，顯示該年鳥類繁殖時間相對較晚，其可能為 2009 年巢箱設置時間過晚(1-2 月)，或是初設置巢箱而使得繁殖鳥類尚未適應；第二、只檢視 2010-2013 年資料發現，二鳥種於不同閥值溫度下(青背山雀為  $4^{\circ}\text{C}$ ，棕面鶯為  $0^{\circ}\text{C}$ )，積溫和的變異係數達到最低，推測二鳥種不同的閥值溫度可能和食性上的差異相關。檢視本研究所估算鳥類繁殖的溫度閥值、累積積溫和及其食性昆蟲的發育資料，在青背山雀，其所攝食的昆蟲主要以鱗翅目幼蟲(72%)為主，鱗翅目成蟲只占 3%(莊美真, 2006)，而鱗翅目毛蟲發育至成蟲的最低閥值溫度為  $3^{\circ}\text{C}$ ，範圍介於  $3-17.5^{\circ}\text{C}$ (Nietschke et al., 2007)，亦有研究採用  $3.9^{\circ}\text{C}$ (Visser and Holleman, 2012)、 $5^{\circ}\text{C}$ (Parry et al., 1998)或  $8^{\circ}\text{C}$ (Lysyk, 1989)等閥值溫度，而鱗翅目幼蟲發育至成蟲所需累積的積溫和平均為  $559^{\circ}\text{C-day}$ ，範圍介於  $165-1946.7^{\circ}\text{C-day}$ (Nietschke et al., 2007)，而本研究估計的最適閥值溫度  $4^{\circ}\text{C}$ ，平均累積之積溫和為  $634^{\circ}\text{C-day}$ ，介於鱗翅目幼蟲發育至成蟲所需溫度之最高值與最低值間，顯示青背山雀的繁植物候參數與鱗翅目幼蟲的發育物候參數相近，推測二者的物



候變化具緊密的關聯。

相對的，棕面鶯的食性較為多樣，於低海拔奧萬大地區以錄影紀錄育雛期親鳥銜回巢的食物，主要以膜翅目(25.8%)、直翅目(24.4%)及雙翅目(13.8%)昆蟲為食(洪孝宇，2009)，而在觀霧地區的研究，藉由鑑定雛鳥排遺中的食物殘餘，發現有相當比例的半翅目昆蟲(葉蟬科，未發表資料)。依據Nietschke et al.(2007)提供的昆蟲發育物候資料顯示，膜翅目、雙翅目、半翅目等昆蟲的最低發育溫度分別為 $2.36^{\circ}\text{C}$ 、 $0.5^{\circ}\text{C}$ 及 $1.46^{\circ}\text{C}$ ，幼蟲發育至成蟲所需累積的積溫和，於膜翅目平均為 $235.6^{\circ}\text{C-day}$ ，範圍介於 $118.8-446.8^{\circ}\text{C-day}$ ；於雙翅目平均為 $406.7^{\circ}\text{C-day}$ ，範圍介於 $129.3-1121.1^{\circ}\text{C-day}$ ；於半翅目平均為 $363.4^{\circ}\text{C-day}$ ，範圍介於 $80-987^{\circ}\text{C-day}$ )。本研究估算棕面鶯繁殖的最適閾值溫度為 $0^{\circ}\text{C}$ ，接近雙翅目昆蟲的最低發育溫度，然而棕面鶯繁殖所需累積之積溫和為 $1300.8^{\circ}\text{C-day}$ ，遠高於膜翅目、雙翅目及半翅目等昆蟲幼蟲發育至成蟲的積溫和之最大值，顯示棕面鶯的繁殖相對於其攝食昆蟲之發生時間更為偏晚。可能的原因為之一為棕面鶯係以此類昆蟲的”成蟲”為食，故須待昆蟲發育為成蟲後才可取食，此部分未來可透過昆蟲資源調查進一步確認。

另一個可能的原因為棕面鶯的繁殖不只反應食物資源的發生，可能存在氣溫以外的因子影響其繁殖起始時間。研究結果顯示，無論採用的閾值溫度為何，各年間棕面鶯繁殖的積溫和變動大，所計算出的年間積溫和之變異係數均高於青背山雀，間接支持這個推測。其他可能影響的因子包括共域鳥種的競爭排斥，在2009–2013年的巢箱監測顯示，各年間棕面鶯的繁殖晚於青背山雀，多在青背山雀已經選定所使用的巢箱並開始產卵後，才開始進行，而此現象亦見於低海拔森林的奧萬大等地區(姚正得，2009a,c)；並且在奧萬大地區鳥巢箱監測曾記錄到青背山雀驅逐築巢中的棕面鶯，並占據使用棕面鶯預定繁殖的鳥巢箱(姚正得，2010b)；將部分巢箱縮小洞口後，棕面鶯有相對較高的比例使用洞口較小的巢箱繁殖，姚正得(2010b)推測其可能與減少種間競爭或捕食者風險有關。棕面鶯的繁殖是否受競爭排斥所遞延，尚須透過實驗設計進行驗證。另外，棕面鶯的繁殖時間相對晚於昆蟲的發生，也可能與繁殖季早期鳥巢存活率相對較低有關，棕面鶯繁殖鳥巢存活率的季節性變化在下一節有更進一步的說明。

## 第二節 繁殖鳥巢存活率

為檢視影響鳥巢繁殖成功的可能因子，本年度研究採用 Program Mark 進行繁殖成功估算，而非 Mayfield 法(Mayfield, 1961; 1975)，雖然 Jehle et al.(2004)指出兩種方法計算的結果相近，然而本研究中以 Mark 法計算 2009–2012 年各年間鳥巢存活率低於蕭明堂(2012)以 Mayfield 法計算的結果，其主要原因為過往之計算未涵蓋繁殖成功率偏低之產卵期所致。

以 Mark 法檢視影響青背山雀及棕面鶯鳥巢逐日存活率的可能因子，結果顯示在二鳥種的模式中，日齡三次方均為顯著影響因子，不同繁殖階段之逐日存活率的變化也發現於其他鳥種的研究，包括線性關係(Dinsmore et al., 2002; Jehle et al., 2004; Rotella et al., 2004)及函數關係(Grant et al., 2005; Ball and Bayne, 2012)。雖然不同研究所發現的趨勢反應不同鳥種生活史特徵(早熟型或晚熟型)，以及地區資源、捕食者等壓力，而有所差異，然而青背山雀及棕面鶯的鳥巢逐日存活率於日齡之變化，和同樣是雀型目晚熟型鳥種的褐雀鴉(*Spizella palloda*)及黃昏雀鴉(*poocetes gramineus*)有相近之處(Grant et al., 2005)。各階段存活率變化如下：

- (1) 產卵期：產卵期的鳥巢逐日存活率為整個繁殖階段的最低值，其可能反應產卵期間的雌鳥對環境極度敏感，可能因任何干擾、捕食者而棄巢，並隨著親鳥投資(卵數)的增加，而減少棄巢的意願；另外，接近或產完卵後，雌鳥開始在巢中孵雛，增加蛋的保護及捕食者的防禦(Klett and Johnson, 1982)。
- (2) 孵卵期：孵卵期的逐日存活率維持在相對平穩的階段，不過隨著鳥巢暴露的天數越長，因捕食者及天氣等威脅造成卵損失的機率越高，在孵卵後期，繁殖巢累積較高比例的無法發育卵，因而使得失敗率增加。
- (3) 育雛早期–中期：在青背山雀、棕面鶯，以及其他鳥種的研究(Grant et al., 2005; Ball and Bayne, 2012)均顯示，育雛早期至中期的鳥巢逐日存活率逐漸減少，主要可能的原因為進入育雛期後，雄鳥及雌鳥進出巢的頻率增加，增加捕食者於視覺上發現鳥巢的機會，而雛鳥的乞食則增加捕食者以聽覺及嗅覺上發現的資訊，使得鳥巢被捕食率大幅增加；並且，育雛

早期雛鳥身上缺乏能保暖的羽毛，仰賴雌鳥在巢保暖，在低溫、降雨等環境下，雌鳥離巢過久易造成雛鳥失溫死亡。

- (4) 育雛中期-後期：育雛中、後期鳥巢存活率為多種正向、負向影響因子互相累加所造成，青背山雀於育雛中、後期的鳥巢逐日存活率逐漸上升，而棕面鶯則為持續下降，二者的差異可能為正負向因子在二鳥種的強度不同所致。正向有助於存活率增加的因子包括：育雛中期後，雛鳥已發育羽鞘及羽毛(黃正龍，1996)，具基本的保暖能力，雛鳥失溫死亡的機率減少；並且在育雛後期，雛鳥眼睛完全睜開，有更佳的搜尋能力判斷親鳥回巢的訊息，減少無謂的乞食及騷動；又，隨著日齡的增加，親鳥的投資增加，遇到干擾或捕食者時親鳥會更激烈護巢(Montgomerie and Weatherhead, 1988)，棄巢意願降低；另外，在接近的雛鳥離巢日前，雛鳥可能因捕食者的干擾而提早離巢(forced fledging)(Pietz and Granfors, 2000)，減低整巢被捕食的風險。負向減低逐日存活率的因子則為：隨著日齡增加，親鳥餵食頻率增加、雛鳥乞食聲變大，增加捕食者發現鳥巢的風險(Martin et al., 2000)；另外，隨著鳥巢暴露天數增加，所累積損失的雛鳥數增加，造成鳥巢存活率的降低。

除了日齡三次方的因子外，在青背山雀逐日存活率的模式中，降雨量為顯著影響存活率的因子，降雨對鳥巢存活率的影響亦見於其他鳥種的研究(Dinsmore et al., 2002)，不同的是 Dinsmore et al.(2002)的模式係以當日降雨量為影響因子，而在青背山雀的模式，則以累積七天降雨量為顯著影響因子。降雨對鳥巢影響的程度可能與降雨的來源及型式有關，青背山雀的繁殖季為4-7月，梅雨及華南雲雨帶為降雨的主要原因，此類型的降雨多會持續多日，其造成鳥巢的失敗為陸續增加死亡的雛鳥，直到所有雛鳥死亡而親鳥棄巢，因而在模式中，以累積7天降雨量而非當日降雨量為影響存活率的重要因子；相對的，棕面鶯的繁殖季為4-8月，每年繁殖季末的7-8月，常經歷颱風帶來的豪大雨，並造成親鳥棄巢，整窩雛鳥短時間內全數死亡。於2010、2012、2013年棕面鶯最晚繁殖一巢，均因遭遇颱風豪雨而繁殖失敗，這也造成棕面鶯逐日存活率具季節性變化趨勢，於繁殖季末期的鳥巢其存活率逐漸降低。

在棕面鶯的鳥巢存活率模式中，除了日齡三次方的因子外，年為顯著影響的因子，年間的變化包括捕食者捕食的多寡、食物資源的豐度，以及惡劣天氣的頻度等，雖然預期年間的變化可能同樣影響青背山雀與棕面鶯，然而模式所估算出的二鳥種年間鳥巢繁殖成功率趨勢並未相同，棕面鶯以 2012 年為最低而 2011 年最高，而青背山雀則以 2013 年為最低而 2010 年為最高，由於二鳥種在築巢上可能具競爭排斥等干擾(姚正得，2010b)，兩者於年間族群的波動趨勢及二者間的關聯仍有待釐清。

另外，研究發現在棕面鶯鳥巢存活率的模式選擇過程，在只含截距項的簡約模式下，存活率具有未達顯著的季節性變化趨勢，繁殖鳥巢存活率在繁殖季早期及晚期偏低，晚期偏低的可能原因為 7-8 月易發生颱風，豪大雨易造成繁殖失敗，而從 2009-2013 年繁殖監測資料中，檢視早期的鳥巢失敗情形，包括捕食者捕食、卵未孵出、親鳥不明原因棄巢等，雖然棕面鶯早期存活率偏低的原因仍有待確認，然而早期較低的存活率可能迫使個體傾向較晚開始繁殖，並使得棕面鶯的繁殖起始時間晚於其食性昆蟲開始發生的時間。

### 第三節 鳥巢繁殖生產力

觀霧地區鳥巢箱監測計畫係為瞭解在不同年間的天氣變化下，鳥類繁殖生產力(離巢雛鳥數)的相關參數變化，包括鳥巢起始時間、可產卵期長度、繁殖族群密度、每窩子代數及繁殖成功率等，研究發現雖然青背山雀及棕面鶯繁殖的起始時間隨著各年間早春溫度變化而提早或延遲，然而較早開始繁殖的一年也較早結束繁殖，可產卵期的長度並未延長，均約為 90 天，並不影響繁殖生產力，這樣的結果不同於北部低海拔臺灣紫嘯鶇的研究，其在較溫暖的年中，繁殖較早開始，因而有較高比例的第二巢、第三巢，而繁殖生產力亦增加(呂翊維，2013)。不同海拔不同鳥種對氣溫變化表現出不同的反應，顯示出氣候變遷議題上的探討須更多的比較性研究。

青背山雀的繁殖生產力雖未受溫度影響，然而各年間鳥巢繁殖成功率及樣區每公頃的繁殖密度(介在 1-2 對/公頃)為影響繁殖生產力的重要因子，前者已在前

一節討論，後者(繁殖密度)的變化涉及成鳥存活率，以及離巢雛鳥加入族群的補充率(recruitment rate)，雖於蕭明堂(2012)估算青背山雀成鳥存活率為 0.44，然而此係依據利用巢箱繁殖的個體進行估算，在本年度研究期間，曾紀錄到過往已上腳環的個體在樣區周邊活動，但未使用巢箱繁殖，因此過往計算的成鳥存活率可能低估。另一方面，離巢雛鳥於族群的補充率在估算上有其困難，因為離巢雛鳥傾向播遷離開原生地，因此若只依賴利用巢箱繁殖個體來估計，可能造成較大的低估，在 Ricklefs(1973)的研究，即假設離巢雛鳥的存活率為成鳥存活率的一半。另外，成鳥及雛鳥存活率具年間的波動，可能受捕食、惡劣天氣的頻度等因子而有所影響，例如在 2012 年 8 月蘇利颱風後，發現當年度曾繁殖兩巢的青背山雀雌鳥在樣區內死亡，顯示惡劣天氣對個體存活率應有相當的影響。未來工作若能更進一步估算成鳥及離巢雛鳥存活率，將有助於計算族群成長率( $\lambda$ )(Flaspohler et al., 2001)。

在棕面鶯的部分，雖然與青背山雀相同，年間氣溫冷暖的變動影響其繁殖起始時間，然而棕面鶯的可產卵期長度具年間波動，介在 92–123 天間。而研究所記錄的可產卵期長度也和繁殖族群的密度相關，於繁殖密度較低的 2013 年，可產卵期也較短。由於本研究並未對棕面鶯的繁殖成鳥進行繫放標記，因此無法估算成鳥存活率，也未能找出可能影響年間繁殖密度波動的因子。此部分仍有待未來在繫放工作上的突破，並累積更多年的資料，方可能找出其變動的趨勢。

## 第四章 結論與建議

### 第一節 結論

青背山雀與棕面鶯為觀霧地區 2009 至 2013 年主要利用巢箱的物種，二物種為臺灣中、低海拔普遍的次級洞巢鳥種，並且為森林初、次級消費者，適合做為鳥類物候研究之監測指標。累積 2009 至 2013 年監測資料發現，青背山雀與棕面鶯於各年繁殖時間受早春溫度的影響而波動，以積溫和閾值模式檢視資料較穩定的 2010–2013 年之鳥巢繁殖起始時間，青背山雀在閾值溫度為 4°C 時，各年間積溫和的變異係數為最小，於 50% 族群產卵時所累積之積溫和為 634±14.9 °C-day；棕面鶯在閾值溫度為 0°C 時，各年間積溫和的變異係數為最小，於 50% 族群產卵時所累積之積溫和為 1300.8±128.2 °C。二者在閾值溫度以及達 50% 族群產卵時所累積之積溫和之差異，推測與二鳥種的食性差異有關。

在鳥巢繁殖存活率的部分，以 Program Mark 軟體分析 2009–2013 年青背山雀與棕面鶯鳥巢逐日存活率發現，日齡為影響逐日存活率的重要因子，各繁殖階段的存活率變化與成鳥忍受干擾的敏感性、護巢強度、進出巢頻率、雛鳥乞食訊息的強弱，以及雛鳥自身保暖的能力等因子相關，二鳥種自產卵期到育雛中期的趨勢大致相似，於育雛中期後，青背山雀的存活率逐漸增加，而棕面鶯則為持續降低。除了日齡外，在青背山雀的模式，累積 7 天降雨量為影響存活率的重要因子；而在棕面鶯的模式中，年間變異則為重要的影響因子。

由 2009–2013 年繁植物候及繁殖參數的累積，以及鳥巢存活率估算等資訊得知，年間氣溫的變化雖會造成鳥類繁殖時間的提早或延後，然而青背山雀的可產卵期約為 90 天，較早繁殖的年，繁殖季也較早結束，繁殖生產力並未因此而增加，影響年間繁殖生產力波動的主要變數為繁殖密度及鳥巢存活率；而在棕面鶯，其繁殖起始時間雖也會隨年間氣溫變化而波動，然而在可產卵期、成鳥存活率等多項參數上，仍須累積更多的資料以釐清可能的趨勢。

總結來說，觀霧鳥巢箱監測工作的執行，為國家公園在地監測的落實，除可獲得繁植物候參數等科學資訊，提供氣候變遷的相關議題的探討外，另一方面，研究過程所獲得的鳥類繁殖及相關物種生態影像，亦提供環境教育的使用。

## 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，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。

### 建議二：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

鳥巢箱為監測鳥類繁殖的有效工具，透過對分布廣泛且能敏感反映年間氣候變化的森林小型鳥類持續進行監測，並輔以氣象資料的紀錄，可做為觀霧地區物候變化的監測指標。目前五年的監測結果已發現鳥類繁殖與早春氣溫兩者相互關連，對於鳥類繁殖動態與氣象因子於年間的變化趨勢，以及極端降水事件對繁殖鳥類的影響，建議未來仍須持續監測，以累積足夠長期資料，提供更進一步資訊。

## 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、繁殖前的探巢



圖 2、築巢(未完成巢)-巢材由周邊開始堆積，預留產卵位置



圖 3、築巢(已完成巢)-鋪滿的苔蘚上有獸毛及棉絮



圖 4、產卵期-卵未產完前，以巢材覆蓋



圖 5、孵卵期-12 至 13 天，巢杯鋪棉絮、獸毛



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(未完成巢)-苔蘚巢材，後方預留巢杯未鋪滿



圖 14、築巢(已完成巢)-巢杯以棉絮、獸毛為內襯，產卵期時會用棉絮蓋住卵



圖 15、卵呈白底紅斑，與青背山雀相似，孵卵期約 15-16 天，卵數 5 枚



圖 16、育雛期-日齡 4



圖 17、育雛期-日齡 10



圖 18、育雛期-日齡 13(雛鳥日齡 19-21 離巢)

三、黃山雀



圖 19、築巢前的探巢



圖 20、築巢(未完成巢)-由周圍開始堆疊苔蘚



圖 21、築巢(已完成巢)-已鋪滿底的苔蘚巢材上會再鋪上大量獸毛



圖 22、孵卵期-約 16-18 天，卵為白底紅斑，卵數 4 枚



圖 23、育雛期-日齡 1



圖 24、育雛期-日齡 2



圖 25、育雛期-日齡 5



圖 26、育雛期-日齡 7



圖 27、育雛期-日齡 9



圖 28、育雛期-日齡 12



圖 29、育雛期-日齡 17(雛鳥日齡 24-25 離巢)



圖 30、育雛期啣食物回巢的親鳥

四、棕面鶯



圖 31、築巢前的探巢



圖 32、築巢(未完成巢)-由角落開始堆疊箭竹葉或枯葉巢材



圖 33、築巢(已完成巢)-箭竹葉織成碗狀，以細草或獸毛編織巢杯，部分個體會在山雀科使用過的苔蘚巢材上築巢



圖 34、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 35、孵卵期-約 17 天，卵數 4-5 枚



圖 36、卵-淡紅色底鑲嵌紅色色斑，集中在鈍端



圖 37、育雛期-雛鳥孵出當日(日齡 0)



圖 38、育雛期-日齡 2



圖 39、育雛期-日齡 5，嘴型比山雀科來得尖



圖 40、育雛期-日齡 9，眼睛已有裂縫



圖 41、育雛期-日齡 10



圖 42、育雛期-日齡 12(雛鳥日齡 16-17 離巢)

五、鳥巢捕食者及捕食後殘骸



圖 43、條紋松鼠捕食青背山雀 18 日齡雛鳥



圖 44、黑眉錦蛇捕食黃山雀 13 日齡雛鳥



圖 45、棕面鶯巢遭捕食後，巢箱蓋上發現雛鳥殘翅與哺乳動物排遺



圖 46、棕面鶯巢遭捕食後，巢箱蓋上發現雛鳥的腳



圖 47、棕面鶯巢遭捕食後，巢箱蓋上發現卵殼



圖 48、巢箱內的高山白腹鼠(2011 年紀錄)

六、於巢箱出沒的其他脊椎動物



圖 43、條紋松鼠的巢材堆滿巢箱



圖 44、一隻條紋松鼠躲在巢箱



圖 45、於巢箱內繁殖的二隻條紋松鼠幼鼠



圖 46、兩隻艾氏樹蛙出現在巢箱(2011 年紀錄)



圖 47、於巢箱內棲息的臺灣管鼻蝠



圖 48、於巢箱內棲息的臺灣管鼻蝠



七、於巢箱出沒的膜翅目昆蟲



圖 49、大量東方蜜蜂出現於巢箱中



圖 50、東方蜜蜂築成的巢，蜜蜂已消失



圖 51、築巢中的胡蜂巢

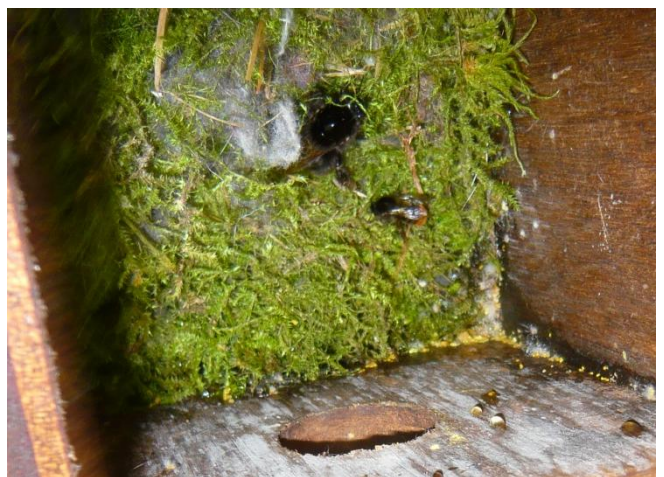


圖 52、熊蜂利用山雀科使用過的苔蘚巢材

附錄二、巢箱即時影像解說看版及現況



圖 1、青背山雀解說看板-1

圖 2、青背山雀解說看板-1



圖 3、棕面鶯解說看板

圖 4、冠羽畫眉解說看板



圖 5、遊客中心即時影像現況



圖 6、遊客中心即時影像現況



## 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。
- 呂翊維。2013。都會地區台灣紫嘯鶇的繁殖生物學與雄鳥鳴唱聲之探討。臺灣師範大學碩士論文。
- 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。
- 李培芬。2009。國家公園生物多樣性地理資訊系統資料庫建置與調查計畫。內政部營建署。
- 林博雄。2010。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。
- 林惠珊、黃永坤、黃光瀛、羅宏仁、孫元勳。2011。雪山地區鳥類海拔分布變化。第九屆海峽兩岸鳥類學術研討會。臺北。
- 姚正得。2009a。奧萬大地區利用巢箱生殖之棕面鶯繁殖生物學。2009 動物行為暨生態研討會。臺中。
- 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。
- 姚正得。2009c。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。中國哈爾濱。
- 姚正得。2010a。奧萬大國家森林遊樂區利用鳥巢箱鳥類之生殖習性調查及監測。2010 年動物行為、生態暨生物教育研討會。彰化。
- 姚正得。2010b。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(3/3)。行政院農業委員會林務局南投林區管理處。
- 洪孝宇。2009。奧萬大地區利用巢箱生殖之棕面鶯育雛期食性及育雛行為分析。2009 動物行為暨生態研討會。臺中。
- 孫元勳。2010。雪山地區高山生態系整合研究—鳥類群聚與生態研究。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。2010。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。
- 蕭明堂。2011。雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱鳥類繁殖生態監測 II。雪霸國家公園管理處。
- 蕭明堂。2012。雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱鳥類繁殖生態監測 III。雪霸國家公園管理處。
- 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。
- Ball, J. R. and E. M. Bayne. 2012. Using video monitoring to assess the accuracy of nest fate and nest productivity estimates by field observation. *The Auk* 129: 438-448.
- 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.
- Crick, H. Q. P., C. Dudley, D. E. Glue and D. L. Thomson. 1997. UK birds are laying eggs earlier. *Nature* 388: 526.
- Dinsmore, S. J., G. C. White and F. Knopf. 2002. Advanced techniques for modeling avian nest survival. *Ecology* 83: 3476-3488.
- Embree, D. G. 1970. The diurnal and seasonal pattern of hatching of winter moths eggs, *Operophtera brumata* (Geometridae: Lepidoptera). *The Canadian Entomologist* 102: 759-768.
- Flashpohler, D. J., S. A. Temple and R. N. Rosenfield. 2001. Effects of forest edges on ovenbird demography a managed forest landscape. *Conservation Biology* 15: 173-183.

- Grant, T. A., T. L. Shaffer, E. M. Madden and P. J. Pietz. 2005. Time-specific variation in passerine nest survival: new insights into old questions. *The Auk* 122: 661–672.
- Hušek, J. K. Weidinger, P. Adamík, T. Slagsvold. 2012. Impact of nesting mortality on avian breeding phenology: a case study on the red-backed shrike (*Lanius collurio*). *Plos One* 7: e43944.
- Jehle, G., A. A. Y. Adams, J. A. Savidge and S. K. Skagen. 2004. Nest survival estimation: a review of alternatives to the Mayfield estimator. *The Condor* 106: 472–484.
- Klett, A. T. and D. H. Johnson. 1982. Variability in nest survival rates and implications to nesting studies. *The Auk* 99: 77–87.
- Lysyk, T. J. 1989. Stochastic model of eastern spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) phenology on with spruce and balsam fir. *Journal of Economic Entomology* 82: 1161–1168.
- Martin, T. E., J. Scott and C. Menge. 2000. Nest predation increases with parental activity: separating nest site and parental activity effects. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 267: 2287–2293.
- 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.
- Montgomerie, R. D. and P. J. Weatherhead. 1998. Risks and rewards of nest defense by parent birds. *Quarterly Review of Biology* 63: 167–187.
- Nietschke, B. S., R. D. Magarey, D. M. Borchert, D. D. Calvin and E. Jones. 2007. A developmental database to support insect phenology model. *Crop protection* 26: 1444–1448.
- Parry, D., J. R. Spence and W. Jan A. Volney. 1998. Budbreak phenology and natural enemies mediate survival of first-instar forest tent caterpillar (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Population Ecology* 27: 1368–1374.
- Perrins, C. M. and R. H. McCleery. 1989. Laying dates and clutch size in the great tit.

- Wilson Bulletin 101: 236–253.
- Pietz, P. J. and D. A. Granfors. 2000. Identifying predators and fates of grassland passerine nests using miniature video cameras. *Journal of Wildlife Management* 64: 71–87.
- Ricklefs, R. E. 1973. Fecundity, mortality and avian demography. Page 366–434 in D. S. Faron, editor. *Breeding biology of birds*. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Rotella, J. J., S. J. Dinsmore and T. L. Shaffer. 2004. Modeling nest-survival data: a comparison of recently developed methods that can be implemented in MARK and SAS. *Animal Biodiversity and Conservation* 27: 187–205.
- Saino, N., R. Ambrosini, D. Rubolini, J. von Hardenberg, A. Provenzale, K. Hüppop, O. Hüppop, A. Lehikoinen, E. Lehikoinen, K. Rainio, M. Romano and L. Sokolov. 2011. Climate warming, ecological mismatch at arrival and population decline in migratory birds. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 278: 835–842.
- Stevenson, I. R. and D. M. Bryant. 2000. Avian phenology: climate change and constraints on breeding. *Nature* 406:366–367.
- Strode, P. K. 2003. Implications of climate change for North American wood warblers (Parulidae). *Global Change Biology* 9:1137–1144.
- 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.
- Visser, M. E. and L. J. M. Holleman. 2012. Warmer springs disrupt the synchrony of oak and winter moth phenology. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 268: 289–294.
- Weidinger, K. 2007. Handling of uncertain nest fates and variation in nest survival estimates. *Journal of Ornithology* 148: 207–213.