

2017 年玉山國家公園楠梓仙溪林道哺乳動物概況

周政翰^{1,2}，翁國精³，劉建男^{2,4}

¹台灣蝙蝠學會；²國立嘉義大學森林暨自然資源學系暨研究所；³國立屏東科技大學野生動物保育研究所；⁴通訊作者 E-mail: jnliu@mail.ncyu.edu.tw

[摘要] 楠溪林道的生態資源相當豐富。2009 年莫拉克颱風帶來的豪雨沖刷對楠溪林道的生態環境造成重大改變，但風災後當地哺乳動物的狀況未有詳細調查。本研究之目的在了解楠溪林道哺乳類動物的近況，並探討風災過後哺乳動物種類組成及相對豐富度的變化。自 2017 年 2 月至 11 月，在楠溪林道 7 K-12 K 範圍，以網具捕捉法、回聲定位調查法及檢視巢箱來調查蝙蝠，並以目視遇測法與紅外線自動相機調查非飛行性哺乳動物。結果顯示，本研究共記錄確定種類的蝙蝠 4 科 11 屬 15 種，以寬吻鼠耳蝠最優勢，蝙蝠的夜間活動在 3 月及 11 月時集中在上半夜，7 月及 9 月時則整夜皆有活動，巢箱部分僅發現姬管鼻蝠、臺灣管鼻蝠與家蝠屬蝙蝠利用。非飛行性的哺乳動物中，共記錄到 13 種中大型哺乳動物以及高山白腹鼠、臺灣森鼠及鹿野氏鼯鼠等 3 種小型哺乳動物。紅外線自動相機資料分析結果顯示，山羌有最高的相對豐富度，水鹿次之。山羌與水鹿的相對豐富度較莫拉克風災前為高，顯示風災後山羌及水鹿等哺乳動物的生息狀況良好。

關鍵字：回聲定位、紅外線自動相機、物種組成、相對豐富度

Status of Mammals along the Nantzuhsienshi Logging Road in Yushan National Park in 2017

Cheng-Han Chou^{1,2}, Guo-Jing Weng³ and Jian-Nan Liu^{2,4}

¹Bat Association of Taiwan; ²Department of Natural Resources, National Chiayi University; ³Institute of Wildlife Conservation, National Pingtung University of Science and Technology; ⁴Corresponding author E-mail: jnliu@mail.ncyu.edu.tw

ABSTRACT Previous studies showed that the biodiversity along the Nantzuhsienshi logging road in Yushan National Park was very high. However, the status of wildlife in this area has not been thoroughly surveyed after 2009 when severe landslide occurred from the heavy rain brought by typhoon Morakot. The aim of this study was to report on the status of wild mammals and changes in the mammalian community along the Nantzuhsienshi logging road after Morakot. From February to November 2017, we investigated bat species composition and activity using harp traps, mist nets and bat detectors. We also checked whether the bat boxes were used by bats. In addition, we investigated non-volant mammals by installing 14 camera traps and transect lines along the logging road between the 7K and 12K mileage posts. This study recorded 15 species and four families of bats, among which *Submyotodon latirostris* was the most abundant. Activities of bats were observed more frequently in the first half of the nights in March and November, whereas the bats were active throughout the nights in July and

September. A few individuals of three bat species, *Murina gracilis*, *M. puta* and *Pipistrellus* spp., were found in the bat boxes. On the non-volant mammals, 16 species were observed, with Muntjac deer (*Muntiacus reevesi micrurus*) being the most abundant, followed by Formosan sambar deer (*Rusa unicolor swinhoei*). The relative abundances of Muntjac deer and Formosan sambar deer observed in this study were higher than that in previous studies, suggesting that the populations of Muntjac deer and Formosan sambar deer have increased after Morakot.

Keywords: camera trap, echolocation, relative abundance, species composition

前言

國家公園成立的重要目的之一，是保護國家的自然風景、野生動物及史蹟，國家公園的存在，對生態系統維持及物種與棲地的保育，扮演重要角色。了解國家公園內野生動植物的物種組成及相對豐富度，不僅可提供研究及解說教育的基礎，長期的監測資料更有助於了解各物種族群的變動情形，可據以評估氣候或環境變遷對生物多樣性的影響，提供管理單位適應性經營的依據。

哺乳動物在森林生態系中提供重要的生態系統服務功能。許多食肉目動物是森林生態系的關鍵物種，其族群變動或消失常會造成生態系中物種組成的變化甚至影響生態系統的穩定 (Ripple *et al.* 2014)，而草食哺乳動物通常族群數量較大，且其在食物鏈中的角色介於生產者與頂級掠食者之間，在生態系統的能量流動扮演重要角色，因此可作為因應環境變動或經營管理所需的監測物種 (Hanley 1996)。中小型哺乳動物中，翼手目 (Chiroptera) 的蝙蝠全世界超過 1,300 種 (Fenton and Simmons 2014)，種類多且廣泛分布於世界各大地理區，在植物的種子傳播、授粉及農業害蟲的控制上，都扮演相當重要的角色 (Muscarella and Fleming 2007, Mass *et al.* 2016)。蝙蝠利用多種棲地類型，具有長距離的遷徙行為及休眠或冬眠的生理適應 (Speakman and Thomas 2003)，且族群成長率低 (Jones and Maclarnon 2001)，對於人為活動的干擾及環境的變動非常敏感，亦可作為反映環境變化的環境指標生物 (Russo and Jones 2015)。

楠梓仙溪林道 (以下簡稱楠溪林道) 位於玉山國家公園西界，鄰近玉山登山步道，總長 34.3 km。楠溪林道於 1954 年開鑿，以伐木為主要目的，停止伐木後，每年 11 月至次年 4 月間的愛玉子採集作業成為該區主要的經濟活動 (王穎 1996, 楊國禎等 2004)。楠溪林道早期規劃為一般管制區，但該區有全臺灣最大面積的臺灣雲杉林及中海拔天然闊葉林 (楊國禎等 2004)，並有許多珍貴稀有與瀕臨絕種野生動物 (王穎 1996, 許皓捷 2003, 楊國禎等 2004, 黃美秀及簡榮芸 2007, 葛兆年等 2009) 及森林永久樣區 (楊國禎及謝長富 2006)。行政院於 2008 年核定將楠溪橋 (14 K) 至林道終點的區域由一般管制區變更為生態保護區，以加強保護珍稀的動植物資源 (楊國禎等 2009)。然而，2009 年 8 月間莫拉克颱風來襲，連日豪大雨造成楠梓仙溪上游地區嚴重的沖蝕，楠梓仙溪流域周邊區域的地形地貌也產生重大改變，楊國禎等 (2009) 估計約有 20% 植生遭到土石流及崩塌影響。颱風造成的崩塌導致林道中斷，尤其 12.2 K 處嚴重崩塌及路基掏空，造成車輛無法通行，愛玉子的採集作業也因道路中斷而停止，人員進出及干擾顯著減少 (楊國禎等 2009)。

楠溪林道的哺乳動物相歷年來已有多次的調查，其中蝙蝠部分以網具捕捉及回聲定位調查法共發現到 18 種 (林良恭 2003, 林良恭及徐昭龍 2004, 林良恭等 2005, 鄭錫奇等 2007, 2008, 2009)，而楠溪林道於 2010-2015 年間架設超過 30 個蝙蝠巢箱，曾記錄到臺灣家蝠 (*Pipistrellus taiwanensis*)、臺灣管鼻蝠 (*Murina puta*) 與家蝠屬利用 (鄭錫奇等

2012, 張學文等 2015)。非飛行性的哺乳動物部分, 王穎 (1996) 以 14 K 的楠溪橋至 34 K 的梅蘭鞍部, 以目視遇測法、籠具捕捉、氣味站及紅外線自動相機共記錄到 16 種; 楊國禎等 (2004) 在 3 K 至 14 K 的範圍, 以目視遇測法及紅外線自動相機共記錄到 21 種; 黃美秀及簡莛芸 (2007) 在 7 K 至 31 K 同樣以目視遇測法及紅外線自動相機調查, 記錄到 20 種; 楊國禎等 (2009) 自 7 K 至 14 K 以紅外線自動相機拍攝到 13 種。莫拉克風災之後, 王穎等 (2014, 2015) 在 7 K 到 12 K 之間, 以紅外線自動相機監測水鹿相對豐富度, 拍攝到至少 13 種野生哺乳動物。近年來, 蝙蝠音頻偵測器及紅外線自動相機廣泛被用來調查蝙蝠及中大型哺乳動物 (MacSwiney *et al.* 2008, Chiang *et al.* 2015), 其可長時間工作、可減少人為干擾及資料可量化等優點, 使不同研究的資料可進行比較, 並作為長期監測的調查工具。

莫拉克風災過後楠溪林道哺乳動物相的變化尚無詳細調查。因此, 本研究目的在了解楠溪林道哺乳動物的現況, 並與歷年來調查資料比較, 探討楠溪林道哺乳動物種類組成及物種族群相對豐富度的變化。

材料與方法

一、研究地區

本研究範圍集中在楠溪林道 7 K-12 K, 海拔介於 1800-2200m 之間, 林道 7 K 前較為陡峭且邊坡易崩塌。林道周邊主要的植被類型在 8 K 以前以臺灣二葉松為主, 參雜部分紅檜造林地及混生的臺灣華山松及臺灣赤楊, 8 K-9.5 K 為臺灣赤楊為主, 9.5 K 之後則包括闊葉林及紅檜與柳杉造林地 (楊國禎等 2004)。本研究範圍在 2017 年 5-6 月因連續大雨導致土石崩落, 車輛無法通行, 7 月間初步修復至車輛可以通行, 8-10 月間進行護坡修復工程, 11 月時已完成修復。

二、調查方法

1. 蝙蝠

本研究利用網具捕捉法、蝙蝠回聲定位調查法及蝙蝠巢箱觀察法進行蝙蝠調查。網具調查法部分, 參考鄭錫奇等 (2007) 之調查方法, 每季於楠梓仙溪林道 10.6 K 處 (圖 1) 架設 1 張霧網及 2 具豎琴網進行連續 2 個整夜 (18:00 至隔日 06:00) 的捕捉, 2017 年 9 月起在楠梓仙溪工作站旁林木間增加 1 具豎琴網進行捕捉 (圖 1)。霧網每隔 10 分鐘檢查一次網面, 避免蝙蝠咬破飛走或造成網子纏結。捕捉到之蝙蝠依序進行物種鑑定、檢視性別、記錄生殖狀況、根據指骨軟骨帶判定成體或亞成體 (Kunz and Robson 1995)、測量形態值、採取部分翼膜組織及蒐集蝙蝠排遺, 並以鋁製翼環 (Porzana Ltd., UK) 標示個體後原地放飛。

回聲定位調查法部分, 以 1 具蝙蝠音頻偵測系統 (Anabat, Titley, Australia) 每一季進行 1 個整夜 (18:00 至隔日 06:00) 的蝙蝠回聲定位叫聲錄音。蝙蝠的回聲定位叫聲頻率及結構具有種間差異, 可作為判別物種依據 (Jones and Teeling 2006)。本研究錄到的蝙蝠回聲定位音頻參考 Chou and Cheng (2012) 及鄭錫奇等 (2017) 進行物種判別。本研究以每一個 Anabat 系統所記錄的檔案 (最長為 15 秒) 為單元, 計算各物種出現的聲音筆數, 若同一單元內同種蝙蝠紀錄到多筆聲音資料, 仍視為 1 筆有效音頻。整夜活動模式部分, 從 18:00 至隔日 06:00, 以每兩個小時為單元, 分別計算各單元內所有蝙蝠及個別物種的有效音頻數量, 以了解蝙蝠的整夜活動模式。

此外, 本研究每季 1 次檢視 2010-2015 年間於楠溪林道設置的蝙蝠巢箱 (鄭錫奇等 2012, 張學文等 2015), 記錄利用巢箱的蝙蝠物種及隻數。

2. 非飛行性哺乳動物

本研究以目視遇測法調查非飛行性哺乳動物, 每季進行 1 次日間調查及 1 次夜間調查, 每次 2-3 位調查人員, 沿著楠溪林道 7 K 至 12 K 緩慢步行前進, 記錄聽到的中大型哺

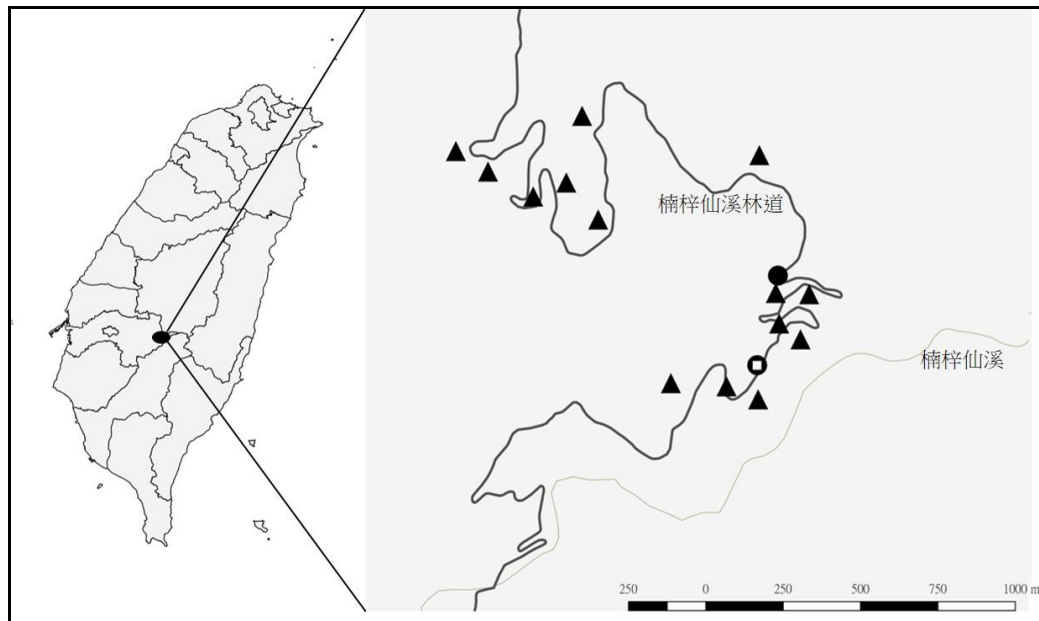


圖 1. 2017 年 2 月至 11 月楠溪林道哺乳動物調查之研究樣區圖。黑色實心三角形為紅外線自動相機樣點，黑色實心圓形為蝙蝠捕捉及回聲定位音頻偵測樣點，白色四方型為楠梓仙溪保育研究站

乳動物叫聲以及看到的個體、屍骸、排遺、腳印及地道等跡象。

此外，於楠溪林道 7 K 至 12 K 範圍內選擇適當地點設置 14 部紅外線自動照相機 (Reconyx HC500, Wisconsin, U.S.A.) 拍攝在地面活動的哺乳動物 (圖 1)。相機架設於離地面 100 cm 至 150 cm 的樹幹上，每個月進行記憶卡及電池更換。

相片資料除判別動物種類外，另分析各樣點各物種每個月的相對豐富度。本計畫以半小時內同 1 隻個體的連拍視為 1 張有效照片，以第 1 張照片的時間當作有效活動時間，如 1 張照片裡有 2 隻以上的不同個體，則每隻個體都視為 1 筆有效紀錄。在假設動物族群量越多的地區，該物種在單位時間內被自動照相機拍攝的機會也越高的前提下，物種之相對豐富度以物種出現指數 (Occurrence Index, OI) 來表示。OI 值之計算公式為： $OI = (\text{一物種在該樣點的有效照片數} / \text{該樣點的總工作時數}) \times 1000 \text{ 小時}$ (裴家騏及姜博仁 2002)。臺灣獼猴及臺灣野豬常成群出現，因此 OI 值計算以群為單位。鼯形目及嚙齒目鼠科等小型哺乳動物部分照片不易鑑定到種，因此不進行分析。

結果

一、蝙蝠

於 2017 年 3 月 31 日、4 月 1 日、7 月 25-26 日、9 月 25-26 日及 11 月 6-7 日共進行 8 個整夜的網具捕捉，捕獲 2 科 8 種；回聲定位法於 3 月 31 日、7 月 25 日、9 月 25 日及 11 月 6 日共進行 4 個整夜的錄音，記錄到 4 科 13 種蝙蝠 656 筆有效音頻；蝙蝠巢箱僅在 9 月 26 日調查時發現姬管鼻蝠、臺灣管鼻蝠及不確定種類之家蝠屬等 3 種蝙蝠各 1 隻次利用。總計 3 種方法共記錄到確定種類的蝙蝠 4 科 15 種 (表 1) 及不確定種類的管鼻蝠屬及家蝠屬物種。

捕捉法共捕獲 59 隻次，以寬吻鼠耳蝠 (*Submyotodon latirostris*) 39 隻次最多，其次為姬管鼻蝠 (*Murina gracilis*) 6 隻次，而回聲定位法共錄到 656 筆有效音頻，以寬吻鼠耳蝠 373 筆最多，其次為長尾鼠耳蝠 (*Myotis frater*) 138 筆及臺灣大蹄鼻蝠 (*Rhinolophus formosae*) 70 筆 (表 2)。

蝙蝠整夜活動模式在不同季節略有不同，3 月時蝙蝠活動集中在上半夜，7 月及 9

表 1. 楠溪林道於 2017 年 2 月至 11 月(本研究)調查到之蝙蝠種類與文獻之比較

物種	學名	林良恭 2003	林良恭 2004	林良恭 2005	楊國禎等 2004	鄭錫奇等 2007-2009	張學文等 2015	本研究
蹄鼻蝠科	Rhinolophidae							
臺灣小蹄鼻蝠	<i>Rhinolophus monoceros</i>	✓	✓	✓	✓	✓		
臺灣大蹄鼻蝠	<i>Rhinolophus formosae</i>		✓	✓		✓	✓	✓
葉鼻蝠科	Hipposideridae							
臺灣葉鼻蝠	<i>Hipposideros armiger terasensis</i>				✓			
臺灣無尾葉鼻蝠	<i>Coelops frithii formosanus</i>					✓		
蝙蝠科	Vespertilionidae							
堀川氏棕蝠	<i>Eptesicus serotinus horikawai</i>							✓
絨山蝠	<i>Nyctalus plancyi velutinus</i>							✓
山家蝠	<i>Pipistrellus montanus</i>			✓				✓
臺灣家蝠	<i>Pipistrellus taiwanensis</i>					✓		
東方寬耳蝠	<i>Barbastella darjelingensis</i>	✓	✓		✓	✓		✓
臺灣長耳蝠	<i>Plecotus taivanus</i>	✓		✓				✓
寬吻鼠耳蝠	<i>Submyotodon latirostris</i>		✓	✓		✓		✓
赤黑鼠耳蝠	<i>Myotis rufoniger</i>	✓			✓			✓
長趾鼠耳蝠	<i>Myotis secundus</i>		✓			✓		✓
長尾鼠耳蝠	<i>Myotis frater</i>					✓		✓
臺灣毛腿鼠耳蝠	<i>Myotis fimbriatus taiwanensis</i>		✓			✓		
金芒管鼻蝠	<i>Harpiola isodon</i>		✓			✓		✓
黃胸管鼻蝠	<i>Murina bicolor</i>					✓		
臺灣管鼻蝠	<i>Murina puta</i>		✓			✓	✓	✓
姬管鼻蝠	<i>Murina gracilis</i>				✓	✓		✓
摺翅蝠科	Miniopteridae							
東亞摺翅蝠	<i>Miniopterus fuliginosus</i>		✓			✓		✓
游離尾蝠科	Molossidae							
東亞游離尾蝠	<i>Tadarida insignis</i>							✓

月時整夜皆有蝙蝠活動，11 月時上半夜量多於下半夜（圖 2）。回聲定位法調查到的 3 種相對豐富度較高的物種中，寬吻鼠耳蝠及長尾鼠耳蝠一年四季皆有活動，3 月及 11 月時活動集中在上半夜，7 月及 9 月時整夜皆有活動；臺灣大蹄鼻蝠則在 11 月沒有發現紀錄（表 2、圖 2）。

蝙蝠巢箱原有 34 個，但有 2 個遺失，其餘的 32 個巢箱僅在 9 月 26 日調查時發現姬管鼻蝠、臺灣管鼻蝠及不確定種類之家蝠屬等 3 種蝙蝠各 1 隻次利用巢箱。

二、非飛行性哺乳動物

研究期間，目視遇測法共進行 4 次日間調查及 4 次夜間調查，記錄到非飛行性哺乳類 5 目 9 科 13 種。自動相機部分，2 月至 10 月每部相機工作時數介於 3,080.4-6,118.9 小時之間，所有相機總工作時數為 70,095 小時，記錄到中大型哺乳動物 3 目 7 科 9 種。兩種方法共記錄到 5 目 10 科 16 種（表 3），其中保育類動物有瀕臨絕種的臺灣黑熊 (*Ursus thibetanus formosanus*)，珍貴稀有的黃喉貂 (*Martes flavigula chrysospila*)、臺灣野山羊 (*Capricornis swinhoei*) 及水鹿 (*Rusa unicolor swinhoei*)，以及其他應予保育之白鼻心 (*Paguma larvata taivana*)、山羌 (*Muntiacus reevesi micrurus*) 及

表 2. 2017 年 2 月至 11 月楠溪林道以網具捕捉(A)及回聲定位法(B)記錄到之蝙蝠種類與隻次

物種	3/31-4/1		7/25-7/26		9/25-9/26		11/6-11/7	
	A	B	A	B	A	B	A	B
蹄鼻蝠科								
臺灣大蹄鼻蝠		16		31		23		
蝙蝠科								
東方寬耳蝠		12		11		4		
絨山蝠				1				
姬管鼻蝠	1	2			4	4	1	
臺灣管鼻蝠	1	1			2		1	1
金芒管鼻蝠					1		1	
赤黑鼠耳蝠		1						
寬吻鼠耳蝠	12	111	9	73	10	160	8	29
長趾鼠耳蝠			3	6	1	2		
長尾鼠耳蝠		13		43		80		2
臺灣長耳蝠					2			
堀川氏棕蝠		1						
山家蝠		4		1	1			
摺翅蝠科								
東亞摺翅蝠	1	2		1		10		
游離尾蝠科								
東亞游離尾蝠		11						
總計	15	174	12	167	21	283	11	32

臺灣獼猴 (*Macaca cyclopis*) 等 7 種。

目視遇測法中，以山羌有最多紀錄，包括 64 隻次目擊、18 次叫聲及 8 堆排遺紀錄，水鹿次之，有 10 隻次目擊、2 次叫聲及 17 堆排遺，臺灣野山羊有 5 隻次目擊及超過 28 堆的排遺 (表 4)。

自動相機部分，有效照片數較多者依序為山羌 (6,756 筆)、水鹿 (1,748 筆)、臺灣獼猴 (678 筆)、臺灣野山羊 (260 筆) 及臺灣野豬 (*Sus scrofa taiwanus*) (102 筆)；食肉目動物僅紀錄到臺灣黑熊 4 筆，黃喉貂 7 筆，黃鼠狼 (*Mustela sibirica taiwana*) 5 筆及白鼻心 7 筆。

研究期間 14 部相機的平均 OI 值，非成群活動的物種以山羌的 94.3 最高，其次為水鹿 23.7 及臺灣野山羊 3.7，各月份的 OI 值如圖 3，各月份皆以山羌有最高的 OI 值。成群活動的物種中，臺灣獼猴平均 OI 值為 10.3，臺灣野豬為 1.4 (表 5)。

討論

本研究記錄到 15 種蝙蝠及 16 種非飛行性

哺乳動物。前人研究中，在楠溪林道記錄到 18 種蝙蝠及 27 種非飛行性哺乳類 (表 1、表 3)，本研究調查到的物種中，首次在楠溪林道記錄有絨山蝠 (*Nyctalus plancyi velutinus*)、堀川氏棕蝠 (*Eptesicus serotinus horikawai*)、東亞游離尾蝠 (*Tadarida insignis*) 及鹿野氏鼯鼠 (*Mogera kanoana*)，楠溪林道哺乳動物物種數增加至 49 種。以下分別針對蝙蝠及非飛行性哺乳動物進行討論。

一、蝙蝠

文獻中有記錄但本研究沒有發現的蝙蝠種類包括臺灣葉鼻蝠 (*Hipposideros armiger terasensis*)、臺灣無尾葉鼻蝠 (*Coelops frithii formosanus*)、臺灣小蹄鼻蝠 (*Rhinolophus monoceros*)、臺灣毛腿鼠耳蝠 (*Myotis fimbriatus taiwanensis*)，昔稱臺灣鼠耳蝠)、黃胸管鼻蝠 (*Murina bicolor*) 及臺灣家蝠。臺灣葉鼻蝠主要分布在中低海拔地區，楠溪林道過去文獻僅有楊國禎等 (2004) 有紀錄，以本研究樣區的海拔高度，沒有臺灣葉鼻蝠分布的機率極高；臺灣無尾葉鼻蝠、臺灣毛腿鼠耳蝠、黃胸管鼻蝠在

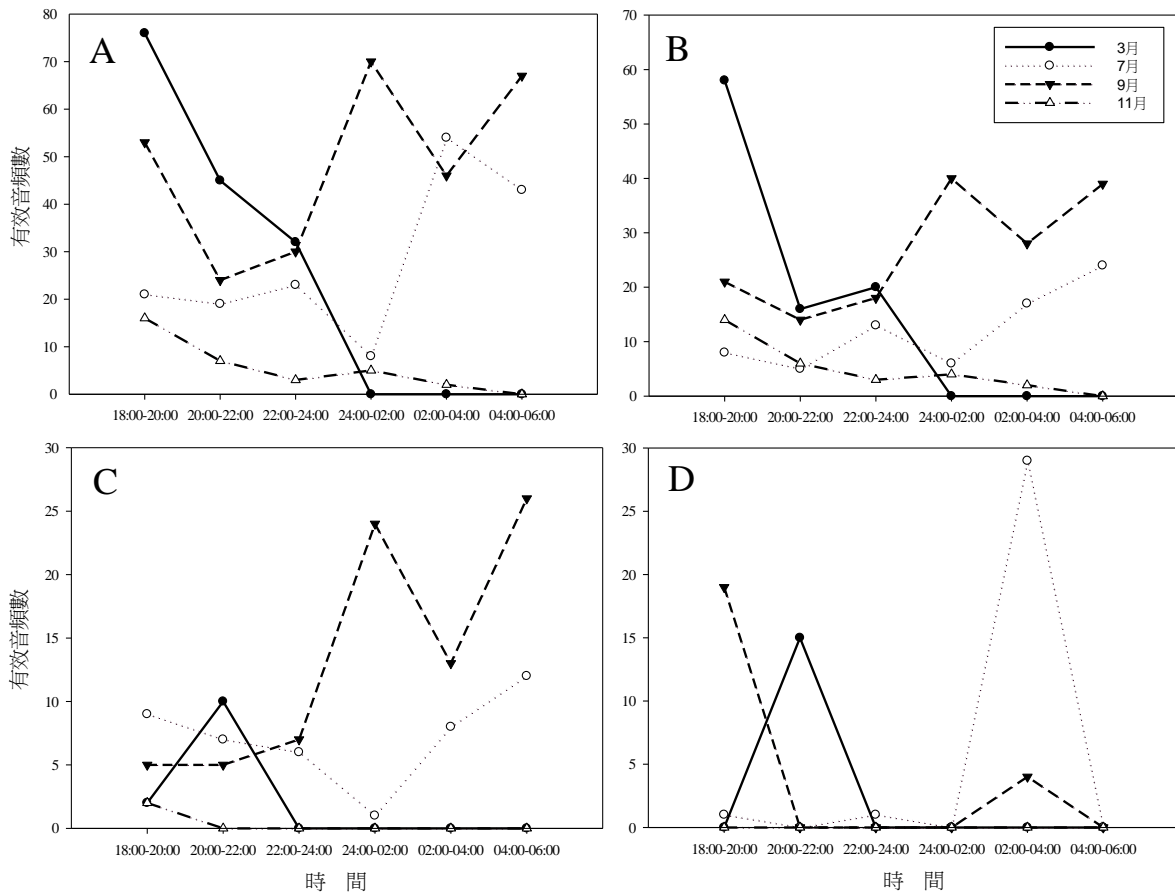


圖 2. 2017 年不同季節楠溪林道蝙蝠的整夜活動模式。全部蝙蝠 (A)、寬吻鼠耳蝠 (B)、長尾鼠耳 (C) 及臺灣大蹄鼻蝠 (D)

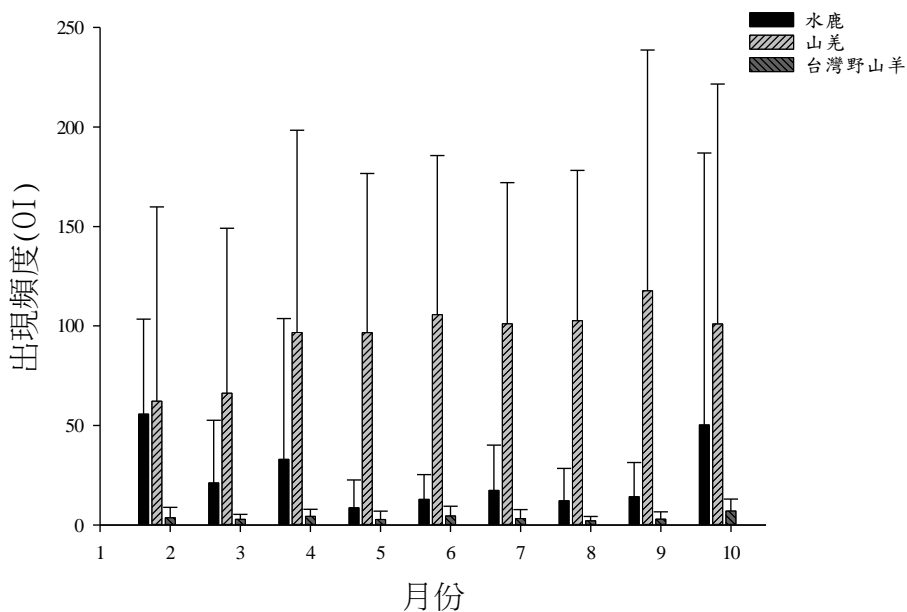


圖 3. 2017 年 2 月至 10 月楠溪林道 3 種中大型哺乳動物的平均 OI 值(±1 標準差)

表 3. 2017 年 2 月至 11 月(本研究)於楠溪林道調查到之非飛行性哺乳動物種類與文獻之比較

物種	學名	王穎 1996	楊國禎等 2004	黃美秀 2007	楊國禎等 2009	王穎等 2014	本研究
偶蹄目	Artiodactyla						
臺灣野山羊	<i>Capricornis swinhoei</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
臺灣山羌	<i>Muntiacus reevesi micrurus</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
臺灣水鹿	<i>Rusa unicolor swinhoei</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
臺灣野豬	<i>Sus scrofa taivanus</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
食肉目	Carnivora						
臺灣黑熊	<i>Ursus thibetanus formosanus</i>	✓		✓		✓	✓
貓科動物		✓					
白鼻心	<i>Paguma larvata taivana</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
麝香貓	<i>Viverricula indica taivana</i>			✓			
鼬獾	<i>Melogale moschata subaurantiaca</i>	✓	✓	✓	✓	✓	
黃喉貂	<i>Martes flavigula chrysospila</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
黃鼠狼	<i>Mustela sibirica taivana</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
靈長目	Primates						
臺灣獼猴	<i>Macaca cyclopis</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
兔形目	Lagomorpha						
臺灣野兔	<i>Lepus sinensis formosus</i>	✓					
啮齒目	Rodentia						
大赤鼯鼠	<i>Petaurista philippensis</i>	✓		✓	✓		✓
白面鼯鼠	<i>Petaurista alborufus lena</i>	✓	✓	✓			✓
小鼯鼠	<i>Belomys pearsonii</i>		✓				
赤腹松鼠	<i>Callosciurus erythraeus taiwanensis</i>	✓		✓	✓		✓
長吻松鼠	<i>Dremomys pernyi owstoni</i>	✓	✓	✓	✓		✓
條紋松鼠	<i>Tamiops maritimus</i>		✓	✓			
刺鼠	<i>Niviventer coninga</i>		✓	✓	✓		
高山白腹鼠	<i>Niviventer culturatus</i>		✓	✓			✓
臺灣森鼠	<i>Apodemus semotus</i>		✓	✓			✓
高山田鼠	<i>Microtus kikuchii</i>		✓				
黑腹絨鼠	<i>Eothenomys melanogaster</i>		✓	✓			
鼯形目	Soricidae						
山階氏鼯鼠	<i>Anourosorex yamashinai</i>		✓				
臺灣煙尖鼠	<i>Episoriculus fumidus</i>		✓				
水鼯	<i>Chimarrogale himalayica leander</i>		✓				
鹿野氏鼯鼠	<i>Mogera kanoana</i>						✓

表 4. 2017 年 2 月至 11 月楠溪林道以目視遇測法記錄到之哺乳動物種類及頻度。A 為目擊動物個體，數字代表記錄之隻次或群次(臺灣獼猴)；B 為叫聲，數字代表記錄隻次；C 為排遺、臺灣野豬腳印或鹿野氏鼯鼠的地道，數字代表記錄的排遺堆數、腳印數量或地道數量

物種	3/31(夜)、4/1(日)			5/15(夜)、5/17(日)			9/25(夜)、9/26(日)			10/6(夜)、10/7(日)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
靈長目												
臺灣獼猴			8							1	1	
偶蹄目												
臺灣山羌	16	6	6	17	5	2	24	3		7	4	
臺灣水鹿		1	5	6		1	1		7	3	1	4
臺灣野山羊			6	2		2			>10	3		>10
臺灣野豬										2		1
食肉目												
黃鼠狼	6									1		
黃喉貂										4		
嚙齒目												
白面鼯鼠	4			1			2			3		
大赤鼯鼠							1					
長吻松鼠	1											
高山白腹鼠	1						3			2		
臺灣森鼠				1								
鼯形目												
鹿野氏鼯鼠			1									

表 5. 2017 年 2 月至 11 月(本研究)楠溪林道 3 種非群居性中大型哺乳類平均 OI 值與前人研究之比較，括弧內為標準差

	黃美秀及簡熒芸(2007)	楊國禎等(2009)	王穎等(2014)	本研究
山羌	16.95 (4.55)	22.2	33.1	94.3 (84.3)
水鹿	1.73 (1.41)	1.0	9.2	23.7 (35.3)
臺灣野山羊	0.99 (0.75)	1.5	2.3	3.7 (2.8)

註：黃美秀及簡熒芸(2007)調查期間為 2004 年 4-12 月，調查範圍為 7.5 K-29 K；楊國禎等(2009) 調查期間 2009 年 3-11 月，調查範圍為 7 K-14 K；王穎等(2014) 調查期間為 2013 年 9 月至 2014 年 10 月，調查範圍為 7 K-12 K。

鄭錫奇等 (2007, 2008, 2009) 共 3 年的調查中皆僅捕獲 1 隻次，在楠溪林道族群量應相當稀少。臺灣小蹄鼻蝠在莫拉克風災前的數個研究皆有發現紀錄 (林良恭 2003, 林良恭及徐昭龍 2004, 林良恭等 2005, 鄭錫奇等 2007, 2008, 2009)，但本研究並無任何發現，原因有待進一步探討。

本研究結果顯示寬吻鼠耳蝠是楠溪林道最優勢的蝙蝠，分別佔所有網具捕捉個體的 66.1% 及回聲定位有效音頻總數的 56.9%。林良恭及徐昭龍 (2004) 及鄭錫奇等 (2007, 2008, 2009) 結果亦顯示寬吻鼠耳蝠最優勢。值得注意的是，本研究發現次多的物種為長尾鼠耳蝠，此與鄭錫奇等 (2007, 2008, 2009) 發現長趾

鼠耳蝠為次優勢物種的結果不同。長尾鼠耳蝠在 2008 年以前在楠溪林道的調查都沒有任何發現紀錄 (林良恭 2003, 林良恭及徐昭龍 2004, 鄭錫奇等 2007, 2008)，鄭錫奇等 (2009) 於 2009 年首度捕獲 1 隻及測錄到 2 筆回聲定位資料，本研究長尾鼠耳蝠的回聲定位音頻數已佔總數的 21%。反觀長趾鼠耳蝠，在鄭錫奇等 (2007, 2008, 2009) 共 3 年的調查中，佔總捕獲隻數的 21% 及總回聲定位音頻的 15.8%，本研究僅捕獲到 5 隻個體 (8.5%)，回聲定位叫聲亦只佔總數的 1.2%。楠溪林道的蝙蝠最優勢種雖然沒有變動，但其他物種的相對豐富度已產生變化，長尾鼠耳蝠相對豐富度有增加趨勢，而長趾鼠耳蝠則下降。周政翰等

(2012)分析楠溪林道蝙蝠排遺以了解其食性，發現長趾鼠耳蝠跟長尾鼠耳蝠皆以鞘翅目(Coleoptera)為主食，在排遺內含物的相對重要性分別為 94.1% 及 83.3%，兩者食性重疊度高，是否因食物競爭而造成彼此族群的消長，有待持續監測。

蝙蝠整夜活動模式部分，本研究結果顯示 3 月及 11 月時，蝙蝠活動高峰出現在日落後 2-4 個小時，並隨時間遞減，上半夜活動量多於下半夜，但 7 月及 9 月調查時則上半夜跟下半夜均持續有活動量，並有日落後及日出前兩個活動高峰的現象(圖 2)。鄭錫奇等(2008)調查楠溪林道夜間昆蟲的出現時間及數量，發現日落後 2 個小時是昆蟲活動高峰，然後隨時間遞減，冬季時(2007 年 11 月)99%的昆蟲活動集中在上半夜。本研究 3 月及 11 月調查時，蝙蝠活動以上半夜較多，推測與昆蟲主要在上半夜活動有關；7 月及 9 月雖然下半夜昆蟲量減少，但仍可維持在 20% - 30% 左右(鄭錫奇等 2008)，7 月是許多蝙蝠的泌乳育幼期，有較高的能量需求，而 9 月則開始為度冬作準備，必須累積足夠的脂肪，因此推測需較長的覓食時間才能獲得足夠的能量。

鄭錫奇等(2009)彙整 3 年調查資料及前人文獻資料，指出臺灣小蹄鼻蝠、寬吻鼠耳蝠及東方寬耳蝠等物種在楠溪林道終年皆可發現，而黃胸管鼻蝠僅在冬季發現，推測冬季時才由中低海拔遷徙至中高海拔，長趾鼠耳蝠不曾於冬季出現，可能冬季時遷徙到別處度冬。本研究 4 次調查皆有發現寬吻鼠耳蝠，而長趾鼠耳蝠冬天沒有記錄，與鄭錫奇等(2009)結果吻合。然而，本研究東方寬耳蝠在冬天沒有記錄，黃胸管鼻蝠亦無任何發現，與鄭錫奇等(2009)結果不同，推測可能原因為本研究冬天資料僅在 11 月初捕捉兩夜及以回聲定位音頻測錄 1 晚，族群數量較少的物種可能因為努力量關係而沒有調查到，未來相關研究應儘量提高調查努力量。然而，本研究不排除部分物種可能受到環境或氣候變遷影響而改變其遷徙模式，但這部分仍需更多研究來提供支持的證

據。

楠溪林道於 2010-2015 年間共設置 34 個巢箱，鄭錫奇等(2012)在 2012 年 7 月及 10 月分別記錄到 1 隻臺灣管鼻蝠及 1 隻臺灣家蝠利用巢箱，張學文等(2015)則發現臺灣管鼻蝠與家蝠屬蝙蝠利用。本研究在 2017 年 9 月的調查中發現臺灣管鼻蝠、姬管鼻蝠以及不確定種類之家蝠屬蝙蝠等 3 種蝙蝠利用巢箱。綜合以上的結果，楠溪林道會利用巢箱的蝙蝠至少包括臺灣管鼻蝠、姬管鼻蝠及臺灣家蝠。其他地區蝙蝠巢箱利用的研究方面，在雪霸國家公園觀霧地區，林良恭等(2008)在 2008 年 7 月到 12 月共發現 9 隻次的臺灣管鼻蝠以及 10 月及 12 月各有 1 隻次的姬管鼻蝠使用巢箱；雪霸國家公園雪見地區的人工巢箱在過去數年已記錄到包括臺灣長耳蝠(*Plecotus taiwanus*)、臺灣管鼻蝠、金芒管鼻蝠、姬管鼻蝠、家蝠類、堀川氏棕蝠(*Eptesicus serotinus horikawai*)、長尾鼠耳蝠、東方寬耳蝠(*Barbastella darjelingensis*)、東亞摺翅蝠(*Miniopterus fuliginosus*)及臺灣大蹄鼻蝠等 10 種蝙蝠利用(陳家鴻 2011，陳家鴻 私人通訊)。臺灣的低海拔地區，研究發現至少有東亞家蝠(*Pipistrellus abramus*)、高頭蝠(*Scotophilus kuhlii*)及堀川氏棕蝠會使用巢箱(張恆嘉等 2008，張恆嘉 私人通訊)。國外針對蝙蝠利用巢箱已有許多研究，例如北美稀有的印第安娜蝠(*Myotis sodalis*)(Ritzi *et al.*, 2005)，而研究亦發現歐洲的 30 種蝙蝠中，大多數種類皆會利用蝙蝠巢箱(Stebbing 1988)。對於缺乏樹洞、樹皮等天然棲所的棲地，蝙蝠巢箱可提供蝙蝠棲息的人工棲所，為蝙蝠經營管理或保育的重要工具(Flaquer *et al.* 2006)。臺灣地區近年來在包括玉山國家公園、雪霸國家公園等地都設置許多蝙蝠巢箱，但蝙蝠使用率仍低(林良恭等 2008，陳家鴻 2011，鄭錫奇等 2012)。未來面對全球氣候變遷或颱風等天災可能造成的棲地環境改變，巢箱可以作為增加蝙蝠棲所的經營方式，因此針對潛在受威脅的物種，可加強其棲所或棲地需

求相關研究 (張恆嘉等 2008, Lourenco and Palmeirim 2004), 據以進行巢箱材質的改良及架設地點的評估, 來提高蝙蝠使用率。

二、非飛行性哺乳動物

本研究在楠溪林道發現鼯鼠的地道, 是楠溪林道的新記錄。臺灣地區的鼯鼠早期認為僅有臺灣鼯鼠 1 種, 但林良恭 (2003) 在塔塔加地區與阿里山地區捕捉到與低海拔地區型態及遺傳上皆有明顯差異之鼯鼠, 後來發表為鹿野氏鼯鼠 (Kawada *et al.* 2007), 主要分布在中央山脈中部山區及臺灣南部與東部地區。本研究發現的鼯鼠推測為鹿野氏鼯鼠。

中大型哺乳動物中, 文獻中有記錄但本研究沒有發現的種類有貓科動物、麝香貓、鼬獾 (*Melogale moschata subaurantiaca*)、臺灣野兔 (*Lepus sinensis formosus*)、小鼯鼠 (*Belomys pearsonii*) 及條紋松鼠 (*Tamiops maritimus*)。臺灣野生的貓科動物僅臺灣雲豹 (*Neofelis nebulosi brachyura*) 及石虎 (*Prionailurus bengalensis chinensis*) 兩種, 臺灣雲豹推測已經滅絕 (Chiang *et al.* 2015), 而石虎僅分布在苗栗到南投的淺山地區 (裴家騏 2008, 劉建男等 2016), 在楠溪林道發現的可能性微乎其微。麝香貓 (黃美秀及簡莨芸 2007) 及臺灣野兔 (王穎 1996) 過去在林道都僅有 1 筆腳印記錄, 族群數量應相當稀少, 小鼯鼠數量亦稀少, 因此不易調查到。

楠溪林道唯一的瀕臨絕種保育類哺乳動物為臺灣黑熊, 在楠溪林道過去的數個研究都有紀錄 (王穎 1996, 黃美秀及簡莨芸 2007, 王穎等 2014), 本研究亦於 2017 年 4、5、6 月分別拍到 1、2 及 1 筆有效照片。黃喉貂、白鼻心及黃鼠狼等在歷年來的研究亦持續有紀錄 (表 3), 狀況穩定。然而, 值得注意的是過去多個研究皆有調查到鼬獾 (表 3), 以紅外線相機資料相同計算標準獲得的鼬獾 OI 值在 2004 年為 1.11 (黃美秀及簡莨芸 2007), 2009 年為 0.8 (楊國禎等 2009), 王穎等 (2014) 於 2013-2014 年在 47,060 個相機工作小時中, 僅

拍到 1 張鼬獾照片, 而本研究 70,095 個相機工作小時則完全沒有記錄。自 2013 年 7 月鼬獾狂犬病爆發以來, 至 2017 年 10 月 31 日止, 全臺共檢驗出 617 例狂犬病陽性案例, 其中鼬獾狂犬病有 609 例, 分布在西部的台中以南及東部的花蓮南部以南地區 (行政院農業委員會動植物防疫檢疫局網頁, <https://www.baphiq.gov.tw/view.php?catid=10980>)。楠溪林道鼬獾族群是否受到狂犬病的影響而造成局部滅絕, 或是因為水鹿等偶蹄目動物族群量的增加所造成地被植群的改變所影響, 有待更多的研究證實。

本研究結果顯示楠溪林道的中大型哺乳動物以山羌相對豐富度最高, 與過去的調查結果一致 (黃美秀及簡莨芸 2007, 楊國禎等 2009, 王穎等 2014)。本研究將過去同樣利用紅外線自動相機調查且以半小時為單元來計算 OI 值的文獻進行相較, 發現山羌及水鹿的 OI 值在過去 10 餘年間有顯著的增加, 臺灣野山羊 OI 值也都增加, 但增加幅度比較小 (表 5)。雖然不同研究所用的相機廠牌及調查範圍不盡相同, 但應非造成山羌及水鹿 OI 值大幅增加的原因。

近年來許多研究皆顯示水鹿族群正在擴張 (王穎等 2013), 並已經在楠溪林道及其他地區造成林木的危害 (王穎等 2014, 2015)。2009 年的莫拉克颱風對楠溪林道的地形地貌及生態環境造成不小的破壞, 雖然無法知道颱風對野生動物的立即影響, 但本研究的資料顯示, 目前楠溪林道山羌、水鹿等許多中大型哺乳動物族群狀況, 較莫拉克颱風前為佳, 推測颱風過後人為干擾的顯著降低, 有助於野生動物的生息。

結論

本研究發現楠溪林道蝙蝠及中大型哺乳動物資源相當豐富。與過去的研究結果相較, 楠溪林道的蝙蝠仍以寬吻鼠耳蝠最優勢, 但其他物種的相對豐富度已產生變化, 長尾鼠耳蝠

有增加趨勢，而長趾鼠耳蝠下降；中大型哺乳類中，山羌及水鹿等物種的族群相對豐富度比 2009 年莫拉克風災前更高，但鼬獾在過去 10 餘年，相對豐富度逐漸降低，本研究甚至沒有任何鼬獾發現紀錄。楠溪林道哺乳動物種類組成及相對豐富度隨時間正在變化，造成這結果的原因有待更長期的監測及更縝密的試驗設計來證實。莫拉克颱風雖然造成環境的重大改變，但因為交通中斷導致人為干擾降低，推測反而有利於哺乳動物的生息，但山羌及水鹿等偶蹄目動物族群量的持續增加，可能對當地的林木或植被造成危害，亦可能影響其他依賴地被植物的物種。此外，2013 年爆發的狂犬病對鼬獾及其他食肉目動物的影響，以及氣候變遷的影響，都有賴持續的監測，才能有明確的答案。

誌謝

本研究承蒙玉山國家公園於經費補助(106 年玉山國家公園楠溪林道蝙蝠與中大型哺乳動物監測工作，叢刊編號 1298)及行政作業上的協助，特此致謝。此外，感謝趙榮台老師對研究人員的鼓勵，而調查工作能順利完成，感謝國立嘉義大學森林暨自然資源學系許家維、林宇盛、簡芝楹、林融、戴俞全及國立屏東科技大學野生動物保育研究所楊硯涵、黃慎雯等協助野外調查。最後，感謝兩位審查委員提供許多寶貴的意見，讓本文能更完整。

引用文獻

王穎。1996。玉山國家公園楠梓仙溪地區野生動物族群動態調查與監測模式之建立。內政部營建署玉山國家公園管理處，46 頁。
王穎、朱有田、翁國精。2013。臺灣水鹿跨域整合研究(二)。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。
王穎、朱有田、翁國精。2014。臺灣水鹿跨域整合研究(三)。內政部營建署太魯閣國家

公園管理處。

王穎、朱有田、翁國精、顏士清。2015。臺灣水鹿跨域整合研究(四)。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。

林良恭。2003。玉山國家公園食蟲目遺傳多樣性研究及蝙蝠現況調查計畫。內政部營建署玉山國家公園管理處。

林良恭、徐昭龍。2004。玉山國家公園西北園區蝙蝠調查計畫。內政部營建署玉山國家公園管理處。

林良恭、徐昭龍、周政翰。2005。玉山國家公園西北園區蝙蝠屋監測及蝙蝠相。內政部營建署玉山國家公園管理處。

林良恭、袁守立、陳逸文。2008。雪霸國家公園觀霧地區蝙蝠族群調查及蝙蝠巢箱設置。內政部營建署雪霸國家公園管理處。

周政翰、鄭仔珊、鄭錫奇、蔡淳淳。2012。玉山國家公園楠梓仙溪林道食蟲性蝙蝠食性初探。臺灣生物多樣性研究 14:27-40。

許皓捷。2003。臺灣山區鳥類群聚的空間及季節變異。國立臺灣大學動物學研究所博士論文。

陳家鴻。2011。雪霸國家公園雪見地區臺灣長耳蝠棲所選擇暨巢箱監測。內政部營建署雪霸國家公園管理處。

黃美秀、簡莨芸。2007。玉山國家公園楠溪林道較大型哺乳動物之監測。臺灣林業科學 22(2):135-147。

張恒嘉、黃致融、鄭先祐。2008。東亞家蝠與高頭蝠棲息蝙蝠屋之選擇因子。環境與生態學報 1(2):17-28。

張學文、何英毅、陳信翰、伍思聰、穆景展。2015。玉山國家公園蝙蝠巢箱架設及複查工作。內政部營建署玉山國家公園管理處。

葛兆年、莊鈴木、陳一銘、黃文伯。2009。玉山國家公園楠梓仙溪林道鳥類群聚之棲地及其海拔分布。國家公園學報 19(2):24-34。

楊國禎、謝長富。2006。楠梓仙溪流域中海拔

- 地區常綠闊葉樹林永久樣區設置及調查。行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 94-05-2-01。
- 楊國禎、陳玉峰、鍾丁茂。2004。玉山國家公園楠梓仙溪林道生態資源與經營管理之研究。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 楊國禎、蘇夢淮、王豫煌、張又敏。2009。玉山國家公園楠梓仙溪林道地區動植物資源監測調查計畫。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 劉建男、林金樹、林育秀。2016。南投地區石虎族群調查及保育之研究委託計畫(2/2)。農委會林務局南投林區管理處。
- 鄭錫奇、方引平、周政翰。2017。臺灣蝙蝠圖鑑(第三版)。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
- 鄭錫奇、徐昭龍、周政翰、蔡淳淳、胡伯齊、吳軒宇、林應琪。2007。玉山國家公園共域性食蟲蝙蝠之族群監測及覓食生態研究(1/3)。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 鄭錫奇、蔡淳淳、周政翰。2008。玉山國家公園共域性食蟲蝙蝠之族群監測及覓食生態研究(2/3)。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 鄭錫奇、蔡淳淳、周政翰。2009。玉山國家公園共域性食蟲蝙蝠之族群監測及覓食生態研究(3/3)。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 鄭錫奇、周政翰、陳宏彰、伍思聰、司勝慰。2012。玉山國家公園楠梓仙溪林道蝙蝠巢箱蝙蝠類利用現況監測。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 裴家騏(2008)新竹、苗栗之淺山地區小型食肉目動物之現況與保育研究(3/3)。行政院農業委員會林務局保育研究系列 96-01 號。
- 裴家騏、姜博仁。2002。大武山自然保留區和周邊地區雲豹及其他中大型哺乳動物之現況與保育研究(一)。行政院農委會林務局研究系列 90-6 號。
- Chiang, PJ, KJC Pei, MR Vaughan, CF Lee, MT Chen, JN Liu, CY Lin, LK Lin and YC Lai. 2015. Reintroduction of clouded leopard (*Neofelis nebulosa*) in Taiwan? A nation-wide assessment of its population status, prey and habitat. *Oryx* 49:261-269.
- Chou CH and HC Cheng. 2012. Echolocation calls of Insectivorous Bats of Taiwan. *Taiwan Journal of Biodiversity* 14(3-4):33-62.
- Fenton MB and NB Simmons. 2014. *Bats: A World of Science and Mystery*. University of Chicago Press, Chicago.
- Flaquer C, I Torre and R Ruiz-Jarillo. 2006. The value of bat-boxes in the conservation of *Pipistrellus pygmaeus* in wetland rice paddies. *Biological Conservation* 128:223-230.
- Hanley TA. 1996. Potential role of deer (Cervidae) as ecological indicators of forest management. *Forest Ecology and Management* 88:199-204.
- Jones KE and A Maclarnon. 2001. Bat life histories: testing models of mammalian life-history evolution. *Evolutionary Ecology* 3:465-476.
- Jones G and E Teeling. 2006. The evolution of echolocation in bats. *Trends in Ecology and Evolution* 21:149-156.
- Kawada S, A Shinohara, S Kobayashi, M Harada, S Oda and LK Lin. 2007. Revision of the mole genus *Mogera* (Mammalia: Lipotyphla: Talpidae) from Taiwan. *Systematics and Biodiversity* 5:223-240.
- Kunz TH and SK Robson. 1995. Post-natal growth and development in the Mexican free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis mexicana*): birth size, growth rates, and age estimation. *Journal of Mammalogy* 76:769-783.
- Lourenco SI and JM Palmeirim. 2004. Influence of temperature in roost selection by *Pipistrellus pygmaeus* (Chiroptera): relevance for the design of bat boxes. *Biological Conservation* 119:237-243.
- MacSwiney MC, FM Clarke, P Racey. 2008. What you see is not what you get: the role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. *Journal of Applied Ecology* 45:1364-1371.
- Mass B, DS Karp, S Bumrungsri, K Darras, D Gonthier, JC Huang, CA Lindell, JJ Maine, L Mestre, NL Michel, EB Morrison, I Perfecto, SM Philpott, CH Sekercioglu, RM Silva, PJ Taylor, T Tschardtke, SA Van Bael, CJ Whelan, and WG Kimberly. 2016. Bird and bat predation services in tropical forests and agroforestry landscapes. *Biological Reviews* 91:1081-1101.
- Muscarella R and TH Fleming. 2007. The role of frugivorous bats in tropical forest succession. *Biological Reviews* 82:573-590.
- Ripple WJ, JA Estes, RL Beschta, CC Wilmsers, EG Ritchie, M Hebblewhite, J Berger, B Elmhagen, M Letnic, MP Nelson and OJ Schmitz. 2014.

- Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science* 343(6167):1241484.
- Ritzi CM, BL Everson and JO Whitaker Jr. 2005. Use of bat boxes by a maternity colony of Indiana Myotis (*Myotis sodalis*). *Northeastern Naturalist* 12:217-220.
- Russo D and G Jones. 2015. Bat as bioindicators: an introduction. *Mammalian biology* 80:157-158.
- Speakman JR and DW Thomas. 2003. Physiological ecology and energetics of bats. In: Kunz TH, Fenton MB (eds) *Bat ecology*. University of Chicago Press, Chicago, pp 430-490.
- Stebbins RE. 1988. *The Conservation of European Bats*. Christopher Helm, London.