

111-112 年度陽明山國家公園 生態廊道監測及路殺調查

受委託單位：中國文化大學生命科學系

計畫主持人：中國文化大學生命科學系 陳怡惠 副教授

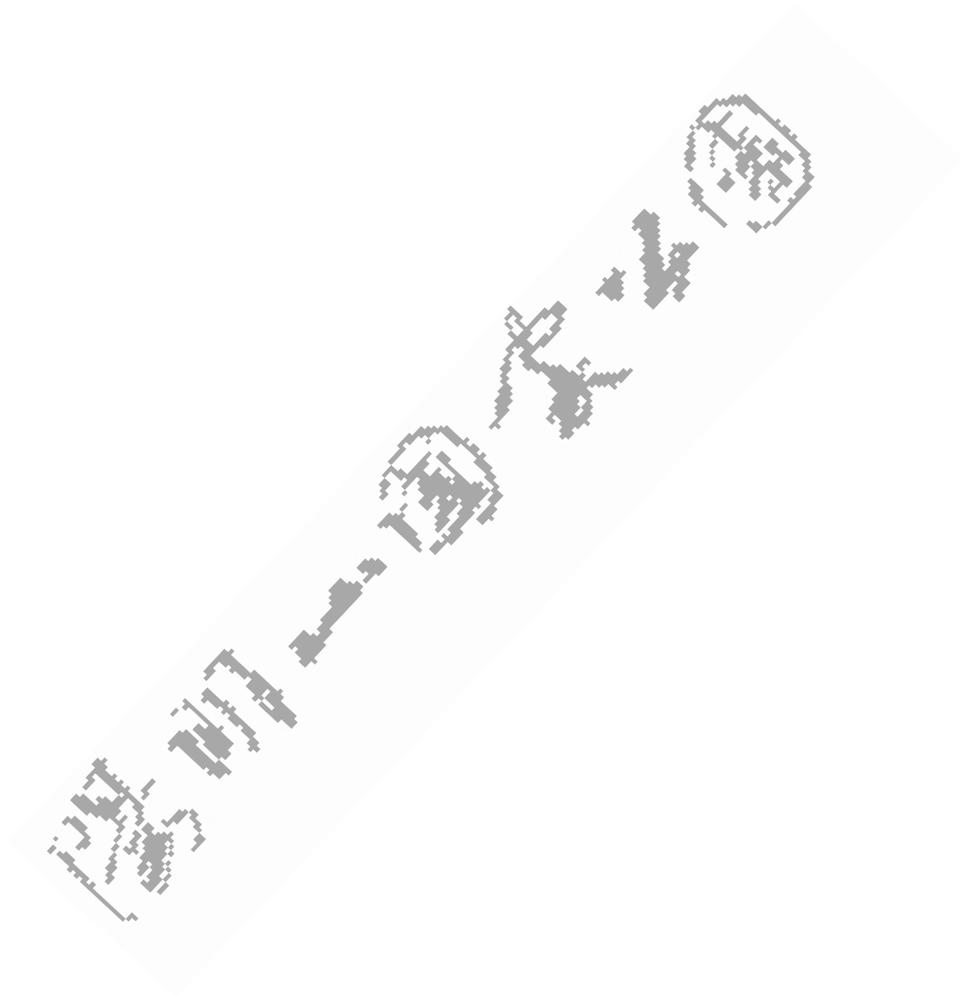
專任助理：張高銘

計畫期程：中華民國 111 年 9 月 28 日至 112 年 12 月 29 日

計畫經費：新臺幣 110 萬元整

中 華 民 國 1 1 2 年 1 2 月

(本報告內容及建議純係研究小組觀點，不應引申為本機關之意見)



目錄

表目錄	I
圖目錄	II
附錄目錄	III
摘要	IV
ABSTRACT.....	VI
第一章、緒論	1
第一節、研究背景	1
第二節、陽明山國家公園的路殺調查及路殺減緩措施.....	5
第二章、材料與方法	14
第一節、路殺調查	14
第二節、生態廊道監測	18
第三節、彙整歷年路殺調查結果，提出經營管理之成效分析及建議.....	21
第三章、結果	22
第一節、路殺調查	22
第二節、生態廊道監測	29
第三節、彙整歷年路殺調查結果，提出經營管理之成效分析及建議.....	43
第四章、討論、結論與建議	50
第一節、路殺調查	50
第二節、具體建議	52
謝辭	55
附錄	56
參考文獻	83

表目錄

表 1.	2022-2023 年各路線例行路殺調查次數與路殺動物數量	24
表 2.	2022 -2023 年各路線例行路殺調查的動物名錄與數量	25
表 3.	2022 -2023 年非例行路殺調查記錄或收集到的路殺動物名錄與數量	26
表 4.	2022-2023 年廊道觸發式自動相機拍攝的影片數	29
表 5.	2022-2023 年廊道觸發式相機記錄到的動物種類及利用次數	32
表 7.	廊道定時式相機記錄到的動物種類及利用次數	41
表 8.	定時與觸發式模式相機記錄到的動物種類及利用廊道次數比較	42
表 9.	封路前與封路後的大屯山車道路殺調查次數及路殺個體數	44
表 10.	封路前與封路後的大屯山車道路殺動物物種名錄與個體數	45
表 11.	101 甲公路各路段的年度累計路殺量及其路殺比例	46

圖目錄

圖 1.	陽明山國家公園路殺調查路線及生態廊道位置圖。.....	9
圖 2.	101 甲公路上的(A)新設立擋土牆與(B)靜態動物警示標誌。.....	10
圖 3.	101 甲公路 2020 年以前(A)及之後(B)設置的靜態警示標誌位置。.....	11
圖 4.	撿拾鼬獾的人員基本防護。.....	15
圖 5.	調查道路上每 500 公尺路段的累計路殺量。.....	27
圖 6.	調查道路上路殺調查前 72 小時的交通總量與脊椎動物路殺量關係。.....	28
圖 7.	各廊道中兩棲、爬行、鳥及哺乳類的利用隻次。.....	33
圖 8.	2 號廊道中拍攝到的(A)懷孕麝香貓個體，(B)左眼受傷的麝香貓個體。.....	34
圖 9.	各類群動物在 1-12 月利用廊道的隻次。.....	35
圖 10.	各廊道在 1-12 月被動物利用的隻次。.....	36
圖 11.	動物利用廊道的日夜模式(各廊道的每小時使用隻次/總使用隻次)。.....	37
圖 12.	動物利用廊道的通行方向。.....	38
圖 13.	斯文豪氏赤蛙(A)2016-2022 年調查的路殺量的空間分布與水系分布圖，(B) 2008 年脊椎動物路殺量空間分布圖(取自劉小如 2008)。.....	48
圖 14.	斯文豪氏赤蛙路殺量高路段的路邊棲地照。.....	49

附錄目錄

附錄 1.	2016-2022 年陽金公路、101 甲公路及萬溪產業道路的路殺資料.....	56
附錄 2.	生態廊道與圍籬設施巡查紀錄(範例).....	58
附錄 3.	計畫評選會會議紀錄與意見回復.....	59
附錄 4.	期初會議紀錄與意見回復.....	64
附錄 5.	期中議紀錄與意見回復.....	70
附錄 6.	期末議紀錄與意見回復.....	77

摘要

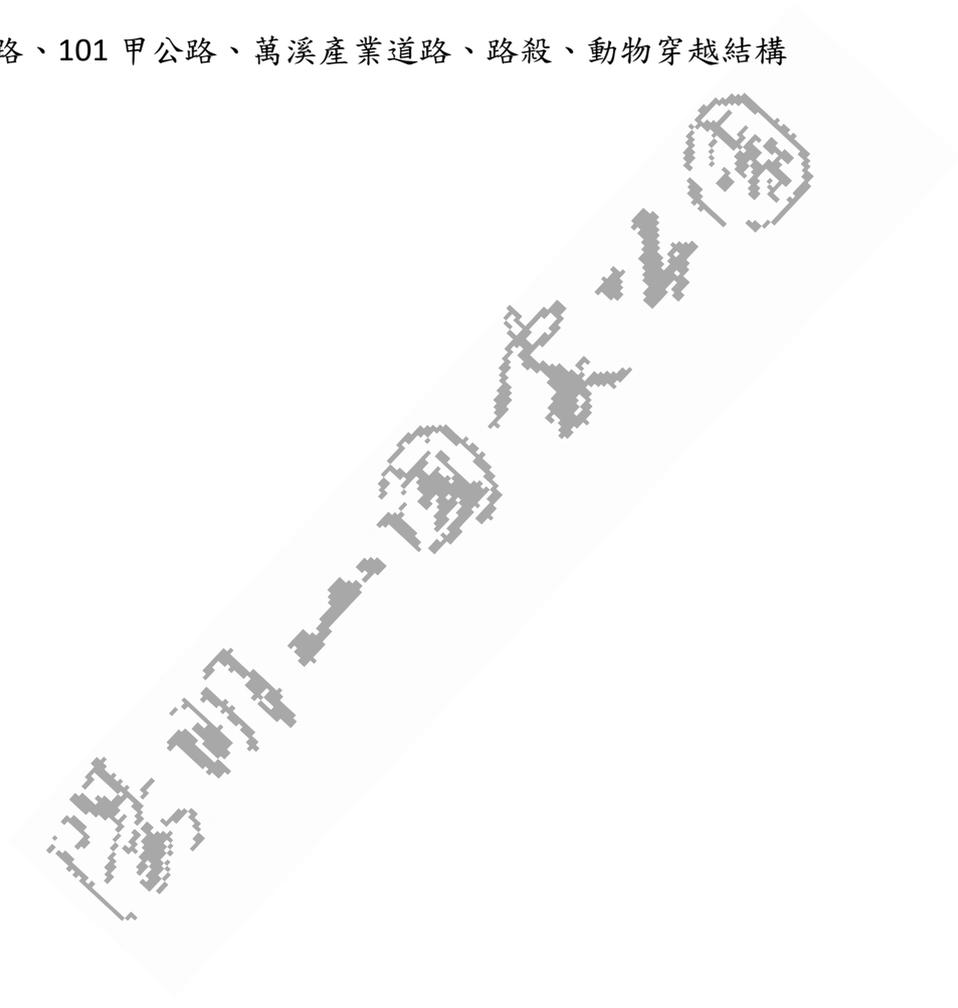
本計畫於 2022 年 10 月開始於陽明山國家公園執行以下工作項目：(1)路殺調查：調查園區固定監測路段(陽金公路、101 甲公路、萬溪產業道路)的脊椎動物路殺事件。(2)生態廊道監測：以自動相機監測 1-5 號生態廊道的動物利用情形，完成監測影片觀看、建檔及分析，同時檢視生態廊道與圍籬設施現況，即時回報需要修補或改善之處。(3)從歷年路殺調查及生態廊道監測資料，提出生態保育經營管理之建議：除了計畫期程內的工作項目執行之外，本計畫亦協助處理 2022 年 1 月至 2023 年 12 月的所有資料，並進行彙整分析。

自 2022 年 1 月至 2023 年 12 月，本計畫完成資料分析獲得的主要結果包括以下幾項。(1)路殺調查：在陽金公路、101 甲公路進行、萬溪產業道路進行調查，累計記錄到 42 種 387 隻動物路殺個體(2022 年 135 隻，2023 年 252 隻)，包括 12 種兩棲類、22 種爬行類、4 種鳥類及 4 種哺乳類。以兩棲類動物的路殺量最多(247 隻，佔所有物個殺個體的 63.8%)，其中盤古蟾蜍為路殺量最高的物種(102 隻)，路殺量第二多的物種為斯文豪氏赤蛙(47 隻)。保育類有臺北樹蛙(12 隻)、瑪家山龜殼花(1 隻)及環紋赤蛇(3 隻)、梭德氏帶紋赤蛇(1 隻)及斯文豪氏游蛇(1 隻)遭路殺。(2)生態廊道監測：觸發模式相機總計共有至少 26 種動物 7984 隻次利用廊道，包括兩棲類動物 3 種、爬行類 8 種、鳥類 4 種及哺乳類 11 種。哺乳類是最常使用廊道的類群(7728 隻次，佔所有利用隻次的 96.8%)，其中最常使用廊道的物種為鼬獾(3241 隻次)，其次為刺鼠(2774 隻次)。保育類動物物種方面，觸發式相機記錄到黑眉錦蛇(3 隻次)、麝香貓(115 隻次)、穿山甲(55 隻次)。(3)路殺減緩措施成項分析：大屯山車道封路措施明顯減少了被路殺的物種和數量，尤其是兩棲與爬行動物。101 甲公路的道路施工似乎有增加脊椎動物路殺量。但增加邊坡 T 與路警告標誌的變動，尚未發現對路殺量有影響的趨勢。萬溪產業道路上斯文豪氏赤蛙路殺量高的路段，完成路邊棲地探勘，並寫出熱點路段標示。

對於未來具體建議包括：(1)持續監測動物使用廊道情形，並定期監測廊道與圍籬的狀態。(2)針對 101 甲公路的動物警示標誌，建議可考慮簡化圖示，並在警示標誌牌外圍加小型感應式閃光燈，增加警示效果。(3)針對萬溪產業道路及 101 甲公路上的路殺熱點路段，以不同於路面的顏色且摩擦力較高的材質鋪設於路面上，促使車輛減速，

減少路殺發生機率。(4)針對萬溪產業道路中路殺量高的斯文豪氏赤蛙，規畫路殺改善措施，及野外動物族群生態的研究。(5)規劃國家公園全區道路路殺調查，監測野生動物的路殺數量變化，並適時評估路殺對野生動物的威脅程度。

關鍵詞：陽金公路、101 甲公路、萬溪產業道路、路殺、動物穿越結構



Abstract

The project started in October 2022 and involved the following tasks. (1) Roadkill Investigation: Roadkill Investigation: We conducted surveys of vertebrate roadkill in the road sections of Yangjin Highway, 101A Highway, and Wanxi Industrial Road). Moreover, we analyzed the spatial patterns of roadkills. (2) Wildlife Crossing Structure (i.e., underpass #1-#5) Monitoring: We used infrared-triggered cameras to monitor wildlife utilization of underpasses. We analyzed the spatiotemporal patterns of wildlife utilization. Besides, we also checked if any damage occurred to the underpasses and fences. (3) Roadkill Mitigation Measures Assessment.

We pooled and analyzed the data from Jan. 2022 to Dec. 2023, and the main findings included the following. (1) Roadkill Investigation: We recorded 387 roadkill individuals (135 in 2022 and 252 in 2023) comprising 42 species, including 12 amphibian, 22 reptiles, 4 birds, 4 mammals species. Amphibians were the most abundance taxa of roadkills (247 roadkills, account for 63.8% of all roadkills), and *Bufo bankorensis* (102 roadkills) and *Odorrana swinhoana* (47 roadkills) were the most abundant roadkill species. Roadkilled protected species included *Zhangixalus taipeianus* (12 roadkills), *Ovophis monticola* (1 roadkill), *Sinomicrurus swinhoei* (3 roadkills), *Sinomicrurus sauteri* (1 roadkill), and *Rhabdophis swinhonis* (1 roadkill). (2) Wildlife Crossing Structure Monitoring: Among the data recorded by infrared-triggered cameras, at least 26 species use the underpasses, with 7984 crossings, including 3 amphibian, 8 reptile, 4 bird, and 11 mammal species. The underpasses were frequently used by mammals, especially *Melogale moschata* (3241 crossings) and *Niviventer coxingi* 1255 crossings). Protected species, including *Orthriophis taeniurus* (3 crossing), *Viverricula indica* (115 crossing), and *Manis pentadactyla* (55 crossing) were recorded to cross the underpasses. (3) Roadkill Mitigation Measures Assessment: The closure of Datushan Roadway significantly reduced the number of species and the abundance of roadkills, especially amphibians and reptiles. Road construction on 101A Highway appeared to increase vertebrate roadkills. The impact of changes in retaining walls and road warning signs on roadkills was yet to be determined. Roadkill mitigation measures in the Wanxi Industrial Road section with high roadkill of *Odorrana swinhoana* must be considered.

Our recommendations were as follows. (1) Continuously monitor the use of wildlife crossing structures and regularly assess the condition of the crossing structures and fences. (2) For the wildlife warning signs on Highway 101A, we suggested simplifying the symbols and adding sensor-activated flashing lights around the warning signs to enhance their effectiveness. (3) For the roadkill hotspots on Wanxi Industrial Road and Highway 101A, use materials with a different color and higher friction than the road surface to pave these road sections, making vehicles slow down and reducing the likelihood of roadkill. (4) For the high roadkill incidents involving Swinhoe's frogs on Wanxi Industrial Road, we suggest planning roadkill mitigation measures and researching the wild animal population. (5) Plan a comprehensive roadkill survey for the entire national park area, monitor changes in the number of roadkill incidents, and periodically assess the roadkill threat to the wild animal population.

Keywords: Yangjin Highway, 101A County Highway, Wanxi Industrial Road, Roadkill, Wildlife crossing structure.

第一章、緒論

第一節、研究背景

一、道路對野生動物的影響

交通道路的建設使人們的物料運輸與生活聯繫更加便利，促進了人類社會及經濟的發展，但在持續追求便利的需求之下，許多地區建設越來越多的道路，形成廣大的道路網(road network)。道路網的形成，使人類的交通、活動及人為建設範圍更加擴張，但對於在道路附近棲息的野生生物卻帶來許多的面向的影響(Coffin, 2007; Forman, 2003; Spellerberg, 1998)。這些與道路及道路周邊相關的生態與保育議題，是現代新興學術領域-道路生態學(Road Ecology)的關注的焦點，也是生物多樣性保育的重要議題(Coffin, 2007; van der Ree et al., 2015b)。

根據 Fahrig & Rytwinski (2009)針對道路對野生動物豐度影響的研究文獻回顧，道路對絕大多數的無脊椎動物與脊椎動物(兩棲類、爬行類、鳥類及哺乳類)來說，對帶來的多數都是負面的影響；僅有少數幾個種的研究顯示道路可能帶來一些正面影響。雖然道路對某部分動物類群的影響有不盡相同的趨勢，但整體而論，道路對絕大部分野生動物來說就好像一個無可脫逃的陷阱，對族群帶來的幾乎都是不利族群存續的負面影響(Cosentino et al., 2014; Fahrig & Rytwinski, 2009; Rytwinski & Fahrig, 2015)。道路對野生動物的負面影響包括許多面向，在對動物棲地的影響方面，最常被提到的包括：適宜或可用的棲地面積減少、不適宜的棲地環境因子(噪音汙染、廢氣汙染、邊緣效應等)增加、棲地破碎化使棲地間的連結性(connectivity)降低；而對動物個體或族群方面，可能因為路殺(roadkill)或動物對道路的退避行為(road avoidance behavior)，而造成動物覓食不易、尋找配偶困難、在不同棲地間的遷移數量或頻度降低、基因交流受阻、族群遺傳多樣性下降等諸多的影響(Clark et al., 2010; Coffin, 2007; Forman & Alexander, 1998; Spellerberg, 1998; Trombulak & Frissell, 2000)。

在上述道路對野生動物帶來的負面影響中，路殺是指當動物經過人為開發的道路時，被行經的交通工具當場輾斃或是撞擊後重傷致死的事件，是最直接衝擊到野生動物個體存活及族群存續的負面因素(Forman, 2003; Rytwinski & Fahrig, 2015)。路殺事件在幾乎所有會在陸地活動的動物類群都有報導與研究，從無脊椎的軟體動物(如：蝸牛)、環

節動物(如：蚯蚓)與節肢動物(如：昆蟲及路蟹)，到脊椎動物的兩棲類、爬行類、鳥類與哺乳類(Rytwinski & Fahrig, 2015)。在這些動物類群中，路殺率較高的動物類群常具有以下特性：(1)個體常在柏油或水泥地面活動。以蜥蜴、蛇或烏龜這類外溫動物來說，白天常在道路上或路旁的開闊地曬太陽可以提高體溫，因此，常出現在道路的路面上(Enge & Wood, 2002)。而青蛙及蟾蜍等無尾目的動物，則以較常會於夜間出現在道路周圍活動與覓食的陸棲物種為主，許多地區的統計以蟾蜍類群的動物為路殺紀錄最多(Beebee, 2013; 臺灣路死觀察網, 2022)。(2)活動範圍(home range)相對較大。中大型哺乳類動物在活動或覓食時需要較大的棲地空間，因此，當個體在一個被道路切割的地區生存時，常會需要跨越馬路活動(Rytwinski & Fahrig, 2012)。(3)有大規模生殖或度冬遷移的行為。陸蟹中的聖誕島紅蟹(*Gecarcoidea natalis*)、兩棲類中的木蛙(*Rana sylvatica*)與梭德氏赤蛙(*Pseudoamolops sauteri*)等物種，其平時棲息的居住地與生殖地在不同地點，因此生殖季時會有大量個體從居住地移往生殖地，當其生殖遷移路徑必須經過馬路時，就有很高機率會造成短時間有大量個體被路殺(Adamczewska & Morris, 2001; Brzeziński et al., 2012; Rytwinski & Fahrig, 2012; Sillero, 2008; Timm et al., 2007)。

過往許多研究證實，高路殺率造成的死亡率，會造成動物族群大小的下降，族群的遺傳多樣性及族群間的遺傳交流降低，增加族群或物種的滅絕風險 (Beaudry et al., 2008; Beebee, 2013; Dixo et al., 2009; Garcia-Gonzalez et al., 2012; Gibbs & Shriver, 2002; Gibbs & Shriver, 2005; Holderegger & Di Giulio, 2010; Jackson & Fahrig, 2011; Row et al., 2007; Rytwinski & Fahrig, 2015)。此外，動物個體發生路殺不但會直接影響到族群及物種的生存，也很可能會間接連結影響到生物群落及整個生態系的結構與功能(van der Ree et al., 2011)，影響層面非常廣泛。

二、路殺減緩措施

為了減少道路上動物的路殺事件，世界各地都發展出許多減緩措施(mitigation measure) (Ascensão et al., 2013; van der Ree et al., 2015b)，分別以駕駛者與野生動物為對象而發展設計。以駕駛者為對象發展的減緩措施，包括：在某些路段的路旁設置靜態警告標誌(Wildlife warning sign)(Huijser et al., 2015)、動物偵測系統(Roadside Animal Detection System)(Bond & Jones, 2013; Grace et al., 2017; Huijser et al., 2015)、減速振動帶(rumble strip)或路脊(speed bump line)(Lester, 2015)等設施，提醒駕駛者此區段為動物穿越頻繁路

段並請降低車速，以及暫時封閉道路或車道(Christmas Island National Park, 2012)以禁止車輛通行或減少車流量等措施。以野生動物為考量對象發展的減緩措施，包括：採用人力協助動物過馬路(例如：澳洲聖誕島的幫紅蟹過馬路及新竹大山背地區的幫梭德氏赤蛙(*Rana sauteri*)過馬路活動)；建造利用聲響、燈光(如:反光器(reflector)或嗅覺的嚇阻效果使動物遠離道路的動物預警系統(Riginos et al., 2015; Tu, 2019; 陳俞晴 & 林澤衛, 2020)；設置圍籬(fence)阻擋動物進入道路；建造動物穿越結構並搭配圍籬(wildlife crossing structures with associated fences)，使動物可以經由天橋(overpass)或地下道(underpass)式的穿越結構安全過馬路(Taylor & Goldingay, 2010)。

在以上所列的減緩措施中，針對道路及路邊進行硬體設施上的設計或改良，被認為是最不會造成交通不便，且省時省力的方式(Clevenger, 2005; Forman, 2003; Smith et al., 2010)。在路旁設立靜態警告標誌由於花費較低且容易設置，是所有措施中最經濟實惠且最常使用的。有文獻指出警告標誌對特定類群有其減緩路殺的效果，在南非國家公園(Pilanesberg National Park)內，警告標誌可以改變駕駛者的行為，減少白天活動的蛇類(Collinson et al., 2019)的路殺可能性；加拿大艾伯塔省(Alberta)的鹿科動物(*Odocoileus spp.*)的路殺量，在有警告標誌的路段路殺量較少，在設立標誌後路殺量也減少(Found & Boyce, 2011)；在美國猶他州可見警告標誌的路段的整體動物路殺量(主要是哺乳動物)相對較少(Khalilikhah & Heaslip, 2017)。此外，在路上設立減速帶亦是常用的方式之一，提醒或迫使駕駛人降低車速，可減低野生動物在穿越馬路時被路殺的機率(Hobday & Minstrell, 2008)。

而根據過去對減緩脊椎動物類群路殺量的成效分析研究中，動物穿越結構並搭配有圍籬是減少路殺量最有效的設施(Rytwinski et al., 2016)。建造動物穿越結構並搭配圍籬除了不會影響到人類交通，更是減少路殺及改善道路造成的隔離效應之積極措施。在這個系統中，路邊圍籬可減少動物進入到道路路面上，也可引導動物進入動物穿越結構，增加動物利用動物穿越結構的機率，而動物穿越結構連接因道路產生隔離的棲地，除了可以讓動物安全穿越馬路，更有維持動物個體遷移及基因交流、減少遺傳多樣性喪失的功能。動物穿越結構並搭配有圍籬有效減少動物被路殺的案例曾多次被報導過(Aresco, 2005; Bager & Fontoura, 2013; Bissonette & Rosa, 2012; Dodd Jr. et al., 2004; Pagnucco, 2010)，如：減少加拿大紅雀湖地區的長趾蠑螈的路殺率(Pagnucco et al., 2011; Pagnucco et al., 2012)，減少美國佛羅里達州高速公路的兩棲爬行及哺乳類動物的路殺量(Aresco,

2003; Dodd Jr. et al., 2004)。然而，動物穿越結構對不同地區及不同動物類群有時會有不一致的效用(Beebee, 2013)，例如：美國佛羅里達州的動物穿越結構架設後的一年，並沒有發現對樹蟾科的物種有顯著降低路殺量的功效(Dodd Jr. et al., 2004)。因此，動物穿越結構的功效及不同物種的使用效率有時是需要長期進行監測才會顯現的(Beebee, 2013; Gagnon et al., 2011; Hamer et al., 2014)。

在減少路殺的實際應用上，常常是多項減緩措施結合應用的。以在澳洲聖誕島的紅蟹(*G. natalis*)為例，紅蟹每年生殖季會有大量成體自森林棲地遷移至海岸邊生殖場所的生態習性，生殖結束後成體再次遷徙回森林，而隨後孵化的幼蟹亦需遷移至森林成長，這些遷徙路徑通常會經過馬路(Adamczewska & Morris, 2001)，因而常在短時間內造成大量個體被路殺。聖誕島國家公園的路殺減緩措施包括許多以下幾項：(1)在紅蟹遷移高峰期，針對紅蟹遷徙會經過的特定道路進行交通管制並封閉道路，讓紅蟹能安全地來回森林與海岸。(2)在紅蟹遷移高峰期，以人力協助紅蟹過馬路，減少其在路上逗留的時間。(3)建造天橋式的動物穿越結構與引導圍籬，讓紅蟹在森林與海岸往返時能以安全的方式通過可能有車輛行駛的道路(Christmas Island National Park, 2012; Muller & Misso, 2015)。

第二節、陽明山國家公園的路殺調查及路殺減緩措施

一、早期路殺調查及路殺減緩措施

根據交通部的統計，臺北市是全國每公里道路汽車數最高、道路密度第二高的縣市。陽明山雖然並不是臺北市交通路網密度最高的地區，但是陽明山國家公園為鄰近大臺北地區的國家公園，素為鄰近地區民眾重要的觀光休憩場所，且園區內的幾條道路亦為連結臺北市及北海岸各鄉鎮的重要道路，因此，通勤與旅遊的交通流量都十分大，大眾交通工具及各式車輛往來頻繁，也使得路殺事件頻傳。

評估道路上的路殺熱點並了解影響因素是進行路殺改善方案或決定路殺改善設施設置位置前的基礎研究。因此，了解路殺的時間空間分布型式(spatio-temporal patterns)及影響分布型式的因素，能協助了解該如何採取路殺改善方案(Mayer et al., 2021; Silveira Miranda et al., 2020)。而在路殺熱點(hotspot)路段設置路殺減緩措施，如：動物穿越結構與引導圍籬，被認為是有最高保育效益的策略之一(van der Ree et al., 2015b)。

有鑑於此，陽明山國家公園管理處針對園區內的道路系統，於 2001 年即進行路殺調查，並評估出陽金公路及 101 甲公路的路殺熱點路段(黃光瀛, 2001; 2002; 黃光瀛, 2006)。隨後，陽明山國家公園管理處即著手建造 5 座動物穿越結構與兩側引導圍籬的路殺緩解設施，其設計除了有供動物地下通行用的涵洞式(culvert)穿越結構外，也搭配自涵洞開口延伸至兩側路旁的圍籬，作為阻隔動物進入道路並引導動物進入動物穿越結構開口(黃光瀛, 2002; 黃光瀛, 2006)，期望以此提供野生動物在棲地移動時的安全通路，有效降低路殺事件發生，也可以連結因道路而分隔的棲地。在生物學中，生態廊道(ecological corridor)指用於連接因人類活動或構造而被隔開的野生動植物棲地的帶狀區域(Hilty et al., 2019; Rosenberg et al., 1995)，動物穿越結構屬於其中的一類，因此陽明山國家公園這樣的保育設施，於設計之初以微型生態廊道稱之(黃光瀛, 2006)，稱為 1-5 號廊道。因此，本計畫針對陽明山國家公園中供動物地下通行用的涵洞式動物穿越結構設施，以生態廊道、廊道、圍籬等名稱稱之。

2004 年，陽明山國家公園管理處分別在陽金公路及 101 甲公路的路殺熱點路段，開始設置 2 座及 3 座廊道與圍籬設施，並於 2005 年開始陸續完工啟用(黃光瀛, 2006)。根據黃光瀛 (2007)研討會的報告，相較於廊道與圍籬建造之前，建造之後的動物路殺量約降低 35%。之後，陽明山國家公園為使野生動物保育工作更加完善，於 2008 年委託劉小

如團隊對國家公園境內的所有主要道路系統，再次進行大規模的路殺調查，調查結果發現 101 甲公路自陽金公路交叉路口至二子坪的路段為路殺熱點，而萬溪產業道路也有數個路殺量多的熱點路段(劉小如, 2008)。自陽金公路交叉路口至二子坪的 101 甲公路的熱點路段，前段已經設置廊道與圍籬的路段仍為路殺熱點路段，因此有必要探討了解影響路殺空間熱點分布因素的必要性。而初期黃光瀛(2001; 2002)路殺調查及減緩措施設置未涵蓋萬溪產業道路，因此，針對萬溪產業道路，有必要進行路殺量的調查及監測，作為未來該路段設置路殺減緩措施規劃的基礎資料。

二、近年路殺調查及路殺減緩措施

陽明山國家公園早期的路殺調查計畫因調查路線、時間及頻度不同，加上調查持續年份較短，難藉由標準化的量化方式結合進行路殺結果比較。為此，陽明山國家公園管理處針對陽金公路交叉路口至二子坪的 101 甲公路的熱點路段、萬溪產業道路及一些其他有路殺的路段(如：大屯山車道、小觀音山車道)，於 2016 年開始持續進行常年的路殺勞務型監測計畫，本人研究室自 2016 年 2 月至 2019 年 12 月承接並持續執行路殺調查及生態廊道監測勞務工作。之後在沒有計劃期間，本人研究室仍有學生協助管理處進行路殺監測工作。這些年採用的標準化調查方式有助於量化分析路殺資料並了解路殺減緩措施的實施成效。

本計畫利用 2016-2023 年累積的路殺調查資料，分析大屯山車道(1)及 101 甲公路(2)的路殺減緩措施成效或影響。此外，本計畫分析 2016 年以來萬溪產業道路上的斯文豪氏赤蛙路殺空間分布(3)，提出生態保育經營管理之建議。

1.大屯山車道的路殺調查及封路措施

大屯山車道為自二子坪遊客中心起至民航局大屯山助航台止的一段長 2.5 公里的車道，海拔高度約從 850 上升至 1080 公尺(圖 1)。車道旁從為闊葉林與台灣矢竹林(箭竹林)為主到台灣芒草與台灣矢竹林為主的棲地。近年除了夏季蝶季高峰期間車道管制外，原開放遊客的汽機車可以駛入，因而產生動物路殺的問題。陽管處於 2020 年 8 月 10 日公告對大屯山車道進行無限期封路，自此遊客無法騎車或開車進入此車道，僅餘大屯山助航台的公務車上下班例行行駛及緊急救援車輛行駛。

以封路日期為分隔，本計畫將歷年大屯山車道路殺調查資料進行封路前後的路殺量資料的比較，藉此評估封路對於減少動物路殺量的效果。

2.101 甲公路道路的道路工程、路殺調查及靜態警告標誌

2019年12月6日，101甲公路上的3-5號廊道及圍籬所在路段因大雨發生大面積邊坡坍方，不久之後，公路局進行101甲公路邊坡整治工程，將3-5號廊道路段的靠近山壁面山坡全面增建擋土牆(圖2)。邊坡增建水泥擋土牆可能使動物較無法直接跨越擋土牆進入到馬路，所以可能變相成為類似引導網的功能，但同時也可能成為動物要從馬路上回到路邊邊坡棲地時的一個難以爬上去的阻礙。

增建擋土牆工程後，道路特徵有很大的變化，而廊道的圍籬也因坍方與工程遭破壞。陳怡惠(2019)報告中建議針對101甲公路的脊椎動物路殺熱點路段，改善道路旁的圍籬系統，並增設道路旁的靜態警告標誌。2020年2月20日，針對101甲公路3-5號生態廊道的修補與規劃辦理現場會勘。除了清除廊道洞孔的土石淤積外，因應擋土牆的位置，圍籬的修補增加了由擋土牆銜接至舊圍籬的部分，增加許多較接近路邊的圍籬，預期減少動物進入路面的機會。而管理處在2020年也重新設計注意動物警示標誌(圖2)，於101甲公路終點(與陽金公路交叉口)至二子坪路段設置4個新的警示標誌(圖3)。

本計畫提供一個機會了解經過上述這些變化後，101甲公路上的動物路殺情形是否有所改變，亦可針對重新設置警告標誌的路段，比較改善前後的路殺量，評估其減緩路殺的效果。

3. 萬溪產業道路上斯文豪氏赤蛙的路殺空間分布

陽明山國公園歷年進行過的系統性路殺調查中，皆可發現動物的路殺量在時間、空間與類群之間，皆呈現不均勻的分布模式(陳怡惠, 2016; 陳怡惠, 2017; 陳怡惠, 2018; 陳怡惠, 2019; 黃光瀛, 2001; 黃光瀛, 2002; 劉小如, 2008)。在探討影響動物路殺量空間分布的環境因素時，沈至瑜(2023)發現以「種」與「綱」分類階層分析時，與物種生態習性有關的因子只在種的分類階層出現，顯示若合併不同物種的累積路殺量可能因各物種路殺量比例不均或生物特性不同，造成分析時的混淆因子。因此，在制定路殺減緩措施時，依物種生物習性去釐清影響路殺的因素是重要的。在近年的路殺調查中，斯文豪氏赤蛙雖然不是路殺數量最多的物種，但斯文豪氏赤蛙的路殺集中在萬溪產業道路，在萬

溪產業道路的路殺量明顯較陽金與 101 甲公路的路殺量多(沈至瑜, 2023; 陳怡惠, 2019)，而萬溪產業道路是目前在國家公園未有生態廊道或圍籬等相關路殺減緩措施的道路，加上針對這個物種的生態習性，容易界定出其喜愛出現的路邊棲地類型，可能能在相對短程的時間內設定出較具體的路殺減緩措施。是未來萬溪產業道路有機會規劃路殺減緩措施時，應特別考慮的物種之一。斯文豪氏赤蛙的生態習性為長年棲息於山區溪流附近，也常出現在山澗或溪溝的流水區域，除了冬天，幾乎整年都很活躍，主要在秋天及春天產卵。因此道路旁或下方有溪流經過或在路旁有山澗或溪溝，都容易有斯文豪氏赤蛙棲息，且容易進入道路造成路殺。

本計畫將近年萬溪產業道路的斯文豪氏赤蛙路殺資料進行分析，確認是否在某些路段有路殺熱點，並在路殺量多的路段進行棲地探勘，思考未來是否可能增設阻隔斯文豪氏赤蛙進入道路的設施，以減少其路殺量。

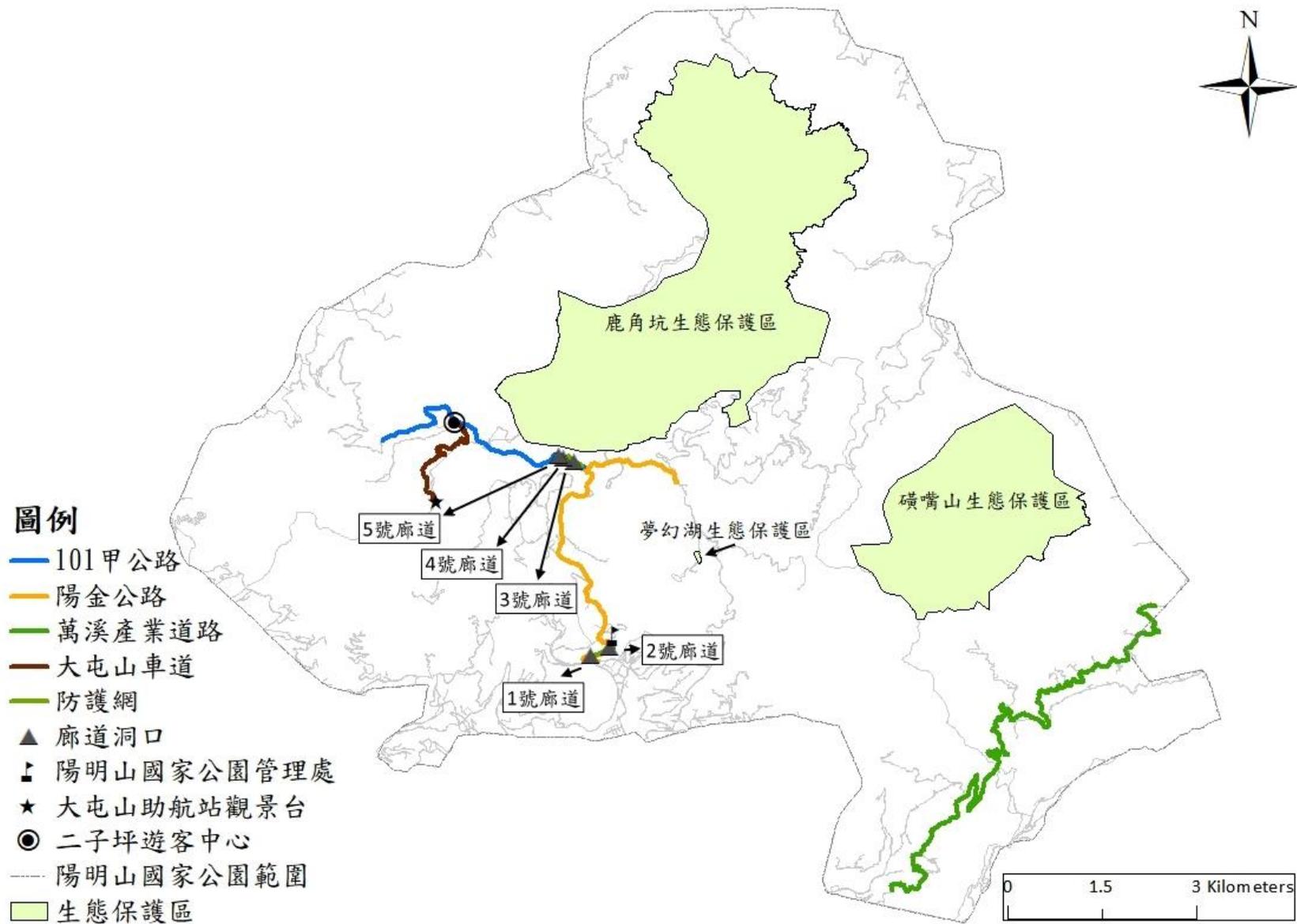


圖1. 陽明山國家公園路殺調查路線及生態廊道位置圖。

(a)



(b)



圖2. 101甲公路上的(a)新設立擋土牆與(b)靜態動物警示標誌。

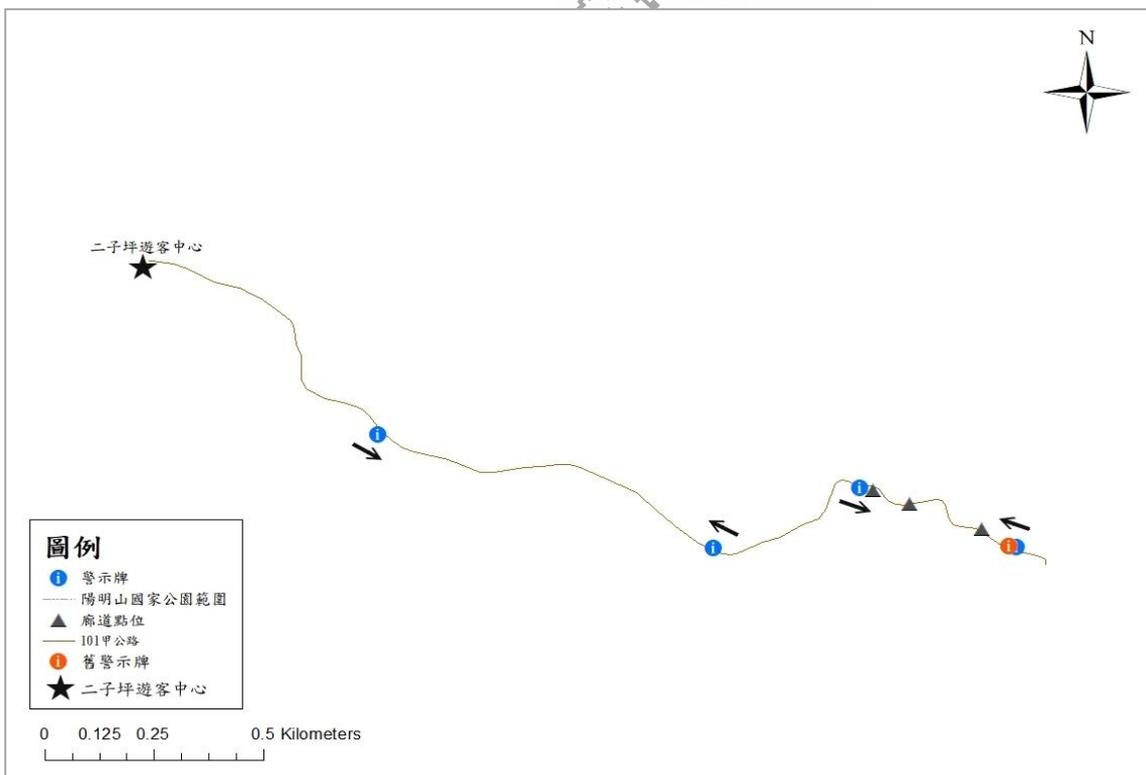
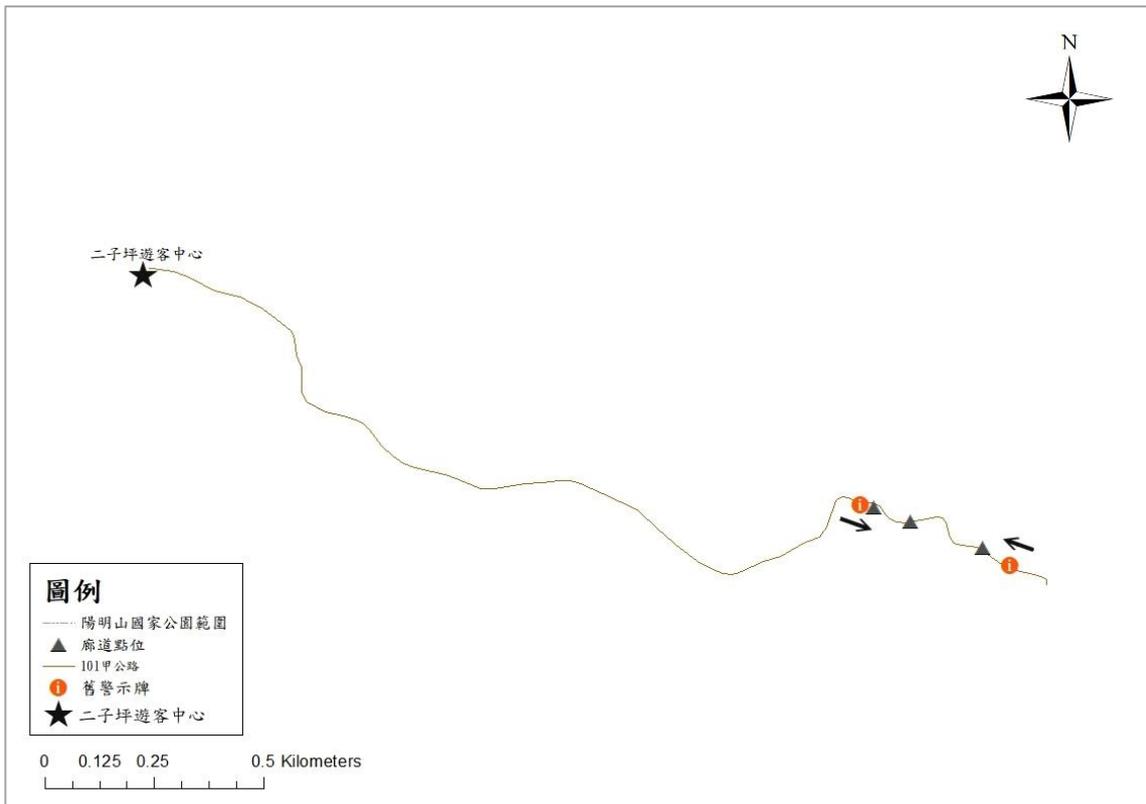


圖3. 101甲公路2020年以前(a)及之後(b)設置的靜態警示標誌位置。

(圖右側為 101 甲公路終點，▲為 3-5 號(右至左)廊道入口處，橘色圓圈為舊警示牌設立地點，藍色圓圈為新設警示牌設立地點，箭頭為警示牌設立處的車道車行方向。)

三、廊道與圍籬監測

了解減少路殺用的廊道與圍籬對野生動物的族群保育是否發揮效用，需要針對路殺量及動物對廊道的利用頻度進行長期且持續的監測，才能提出充分的資訊(van der Ree et al., 2015a)。自 2004 年起，針對已經設置的生態廊道，陽明山國家公園管理處陸續建立了感應式自動相機與影像監視系統，監測野生動物使用地下通道的情形。利用廊道內監測設備獲得的影像資料，了解野生動物是否真的有利用廊道在道路兩側移動，廊道是否發揮連結棲地功能的效用。根據黃光瀛(2006; 2007)的報告，陽明山國家公園的生態廊道所在路段的路殺量，在建設廊道後與廊道設立前相比，確實有下降的趨勢。然而，廊道的持續性成效，及是否因交通量、道路設施及周邊環境的改變而需要更新，則須仰賴後續的路殺資料及廊道使用情形的持續監測，才能有效地因應新的動態而進行維護與改善。

廊道與圍籬設施是否對所有野生動物是否為完全正面的效益，也需要長期的監測資料才能正確的評估。舉例來說，早期人們認為只要在路邊建造完整的圍籬，避免動物移動到道路上，即可成功避免路殺的發生，但是經過研究後卻發現，過多的連續圍籬也可能造成棲地間的隔離效應增加，造成族群間的基因交流被阻隔，導致遺傳多樣性下降，反而可能不利於動物族群的存續(Ascensão et al., 2013; Jaeger & Fahrig, 2004)。而廊道內因為可躲避的空間有限，因此也可能成為某些動物類群被捕食率增高的場所(Prey-Trap Hypothesis) (Little et al., 2002; Pagnucco et al., 2011; Taylor & Goldingay, 2003)，反而對特定動物類群造成傷害。例如：蛇類若棲息或經過動物通道，可能造成同時使用廊道的蛙類被大量捕食。因此，廊道長期監測影像的分析結果，將可以針對這些保育設施是否需要改良提供基礎(Clevenger, 2005)。

利用廊道的自動相機監測資料，能了解分析動物對廊道的使用是否有特定的時空分布型式，可藉此探討動物的使用意願及是否可改善(Clevenger et al., 2013; Lesbarreres & Fahrig, 2012; Pagnucco et al., 2012; Saxena & Habib, 2022; Sparks & Gates, 2017)。過去的路殺與廊道監測發現，兩棲及爬行類動物路殺量偏多而對生態廊道使用率低，在陳怡惠(2018)發現因為自動相拍攝方法上的限制，無法記錄到兩棲與爬行類動物的利用，因此針對 2 號及 3 號廊道進行的自動相機拍攝紀錄方式進行修改，之後就增加了兩棲爬行動物利用廊道的紀錄，也新記錄到過往未曾記錄過的物種使用廊道。

最後，陽明山區因為山坡坡度與植被生長快速的原因，造成許多植被緊貼圍籬並高過於圍籬頂端，使得動物很可能從圍籬頂端跨過而進入道路(Dodd Jr. et al., 2004)。加上雨季時雨水沖刷，圍籬可能在底部有縫隙(陳怡惠, 2019)，動物可能從底部鑽過圍籬而穿越馬路。因此，監測並維持圍籬的狀態，也是提升廊道圍籬效果需要持續進行的常態性監測工作。

四、計畫工作項目與目標

本計畫除了承接陽明山國家公園園區內 2022 年 10 月-2023 年 12 月的脊椎動物路殺調查，及 1-5 號廊道的動物利用情形監測的勞務型工作外，亦進行過去數年路殺調查的結果彙整與分析，提出生態保育經營管理的成效與建議。本計畫包含以下項目與目標：

1. 路殺調查

- (1) 進行陽金公路、101 甲公路與萬溪產業道路的路殺調查及資料整理
- (2) 彙整管理處志工與巡山員等人員的路殺拾遺資料
- (3) 提供本計畫調查所得之生物點位資料，配合管理處進行資料庫建置工作。

2. 生態廊道監測

- (1) 以自動相機監測動物對生態廊道的利用情形，並進行影像資料整理
- (2) 分析動物使用廊道的時空分布型式
- (3) 提供動物穿越廊道的精華影片供管理處的保育工作或環境教育使用
- (4) 定期檢視 5 座廊道與圍籬設施現況，即時回報需要修補或改善之處

3. 彙整歷年路殺調查結果，提出經營管理之成效分析及建議

- (1) 大屯山車道的路殺調查及封路措施
- (2) 101 甲公路的道路工程變動及靜態警告標誌更新，比較變動前後路殺量變化
- (3) 分析萬溪產業道路上斯文豪氏赤蛙的路殺空間分布，針對斯文豪氏赤蛙路殺量高的路段，進行路邊棲地探勘，思考路殺減緩措施建議。

第二章、材料與方法

第一節、路殺調查

一、調查對象

本計畫例行路殺調查的對象為脊椎動物的兩棲、爬行、鳥、哺乳類四大類群。在陽明山國家公園境內會被路殺的無脊椎動物，多數體型較小(如：鞘翅目與鱗翅目昆蟲)，被路殺後屍體容易消失，因此不容易發現無脊椎動物的路殺屍體。

二、調查路段與頻率

本計畫依循陳怡惠(2016; 2017; 2018; 2019)中的共同路段持續進行例行路殺調查，包括(1)陽金公路(6.5 km)及 101 甲公路(即巴拉卡公路，4.0 km)上生態廊道所在的相連及延伸路段，(2)萬溪產業道路(12.2 km) (圖 1)，此為過去劉小如 (2008)調查計畫中路殺較多的道路路段。進行路殺調查時，為顧及調查人員安全，同時避免遺漏路殺個體，調查時僅觀察及記錄與調查機車車行同向的單一車道上的路殺事件，因此同一路段需一往一返沿單向車道進行，調查路徑實為 2 倍路段長。

路殺調查頻率，考量與過去的監測資料能彙整分析，以及計畫的人力與時間的限制，因此延續陳怡惠(2016; 2017; 2018; 2019)計畫的頻率，每條路線皆以兩週一次的頻率進行路殺調查。陽金公路與 101 甲公路為同一日進行調查，萬溪產業道路則為另週進行調查。

三、調查方法及記錄事項

調查人員在進行調查時，是以騎乘機車的方式沿單向車道進行目視偵測，機車行駛的時速維持在 30 公里以下慢速行進。一旦發現動物屍體時，調查人員會停下機車，記錄發現日期、發現時間、天氣、動物物種或可辨認的分類階層(如：蟾蜍科)、數量，並以利用手持式全球衛星定位儀(Global Positioning System, GPS)記下發現地點經緯度座標(WGS84)。接著放上比例尺，以數位相機對每個路殺個體進行拍照，每個動物屍體視為一筆路殺資料。之後測量路殺地點的道路寬度(公尺)。此外，路邊道路工程施作、坍方等非固定事件，也會記錄於調查表的備註中。若該調查日並無觀察到任何路殺個體時，則會記錄當日無路殺。

在路殺個體基礎資料記錄工作結束後，調查人員會針對部分路殺個體進行拾遺工作。道路上被路殺動物時常會被車輛多次碾壓，造成屍體支離破碎或十分扁平，而無法在當場立即就能辨認出物種。雖然調查工作是以 2 人為 1 組同時進行調查，可以彼此照應，但對調查人員來說，在持續有車輛行駛的道路上或路邊進行物種鑑定，仍有很高的安全疑慮，因此部分路殺動物屍體可能需要被帶回行物種辨認。另外，鼬獾為陽明山國家公園管理處需要長期檢測有無疾病的物種，若有發現鼬獾個體路殺，也會進行撿拾屍體的工作。在撿拾動物屍體(尤其是與人類有共通疾病的鳥類與哺乳類)時，調查人員都會配戴口罩，並以手套或鏟子撿拾動物後，立即放入封口袋中(圖 4)。若動物體積太大無法立即處理，則會將物屍體移至路邊，並通報管理處保育課，請專人處理；若屍體腐爛難以處理，則不予撿拾。不須撿遺的動物屍體，則以鏟子挑起置於路旁，避免其他動物前來取食而發生二次路殺事件，也避免動物屍體有機會存留至下次調查時間，造成重複計數的問題。路殺調查工作於調查日當日 8 點開始直到路線全部行進結束為止。由於調查時需進行拍照、記錄與動物屍體撿遺工作，因此，路殺量多的時候(如夏天)耗費時間較長，約需 6 小時才能完成整個路段的調查與撿遺工作。



圖4. 撿拾鼬獾的人員基本防護。

動物屍體帶回實驗室後，會仔細檢查動物屍體遺留的外形特徵作為鑑定物種的依據，當路殺個體碾壓的支離破碎或已經死亡多日成乾扁狀，無法鑑定至種時，則鑑定至可辨認的分類階層，如：鼈形目無法鑑定科的鼈鱉或無法鑑定科的翼手目(蝙蝠)。鑑定完分類資料後，動物屍體將暫時以封口袋封存後，冰存於本校-20°C的冰箱，一段時間後將會統一焚化處理。鼬獾的屍體，在時間許可下，會於拾遺後直接送至管理處冰存，若無法及時運送至管理處，則暫時冰存於本校冰箱後儘速移送至管理處冰存，由至管理處決定鼬獾屍體的流向。

除了例行路殺調查之外，陽明山國家公園管理處的員工與志工或來自計畫人員，於例行路殺調查時間之外拾獲或通報的動物路殺紀錄，這些資料稱為非例行調查紀錄，本計畫亦協助將之彙整成表。

四、車流量估算

在路殺調查日的前3-4天，於陽金公路、101甲公路與萬溪產業道路的調查路段上架設一台自動相機，以一分鐘一張照片的方式拍攝路上的車輛。取回相機內的照片後，自調查前72小時到當次路殺調查開始前一分鐘，計數所有汽車與機車的總數，當作路殺調查前三天交通量，以此與該路段調查的路殺總數量進行分析。

五、資料分析

1.不同物種動物類群的路殺量統計，評估易被路殺的高危險物種

在物種計數上，若有無法鑑定出物種的記錄，但可十分確定與其他可鑑定物種為不同的物種，則計數為1種，如：無法鑑定科的翼手目(蝙蝠)，可確定與其他非翼手目哺乳類為不同種，因此會以最小值1種計數，表示至少有1種蝙蝠。考量到調查日期、調查次數、地理位置及交通流量等的差異，因此路殺量資料會以陽金公路、101甲公路及萬溪產業道路分開計數與分析。

路殺量的類群差異是以累計的數量進行比較，藉此了解陽明山國家公園內不同脊椎動物類群的累計路殺量，及各物種或類群(兩棲、爬行、鳥、哺乳綱)占整體路殺量的比例。雖然在野外每個物種的族群大小不一，但過去陽明山幾乎所有物種無野外族群大小的估算，因此，僅以累計的路殺總量多寡評估易被路殺的高危險物種(species at risk)。

2.路殺量的空間分布型式

分析路殺量的空間分布型式時，先將所有路殺事件的 GPS 經緯度點位資料，匯入地理資訊系統(ArcGIS v.10.3)，並將有誤差的資料點位去除(如：記錄到的點位與調查路段邊界的最近直線距離大於 20 公尺)。此外，為了與劉小如(2008)的調查資料相比較，因此採用相同的計算與呈現方式，先針對各別路線以 500 公尺為單位分路段，計算各路段中全部或各別分類群的路殺數量，以 natural breaks (Jenks)方式分級，呈現路殺數量最高的所在路段。

3.車流量與路殺量的相關性

在車流量與路殺量的相關分析部分，以斯皮爾曼相關分析(Spearman correlation)分析路殺調查前三天的交通量(汽車與機車總量)是與該次該路段調查到的路殺總數量之間的相關性，顯著水準設為 0.05。

第二節、生態廊道監測

一、觸發式自動相機監測範圍與方法

針對位在陽金公路的 1、2 號廊道與位在 101 甲公路的 3、4、5 號廊道，於較靠近上邊坡的廊道口各安裝 1 台紅外線觸發感應自動相機(RECONYX UXR6 或 RECONYX WR6)。自動相機設定為觸發式啟動，即在有動物經過相機的感應範圍時，相機會被啟動並以錄影的方式錄製 1 段 15 秒的影像檔案，作為監測並評估廊道被野生動物利用情形的方法。

二、定時式自動相機監測範圍與方法

延續陳怡惠(2019)的方法，在 2 與 3 號廊道架設每分鐘定時啟動拍一張照片的自動相機，與原本的觸發啟動的自動相機架設在相同位置，比較兩種監測模式是否會造成所記錄到的動物種類及使用次數差異。根據過去的影像監測紀錄，2 與 3 號廊道分別是陽金公路及 101 甲公路上使用次數最多的廊道，也是有較多兩棲爬行動物使用的廊道，因此，適合作為評估兩棲爬行動物對廊道的利用率之評估。

三、自動相機電池更換及資料取得頻率

針對每個廊道的自動相機，本研究室以一週一次的頻率至廊道口將記錄影像的記憶卡取回實驗室，同時以空白的記憶卡替換之。以鹼性電池運作時，紅外線觸發感應自動相機，其運作時間約可維持 0.5-1 個月，而定時啟動拍照的自動相機，因為每分鐘皆需啟動，因此耗電量較高，須每週更換一次電池。但鹼性電池為一次性使用的消耗物品，高頻度地更換電池會產生相當大量的垃圾，基於垃圾減量及環保考量，本計畫以較高容量及輸出量的充電電池取代鹼性電池。充電電池可以重複使用的次數較多，但電力輸出在電池量偏低時會不穩定，因此為確保所有相機能時時正常運作，固定以一週一次的頻率同時更換所有自動相機的電池。

四、廊道影像資料建檔與分析

取得自動相機的記憶卡後，研究人員先在電腦進行記憶卡內的影像資料讀取。接著以定速的方式播放影片，針對影片檔案的下列資料項目進行記錄：相機所在的廊道編號、日期、時間、使用廊道的動物物種中文名、數量、方向及行為。由於相機啟動拍攝

時，有時只能拍攝到動物個體的一小部分身體，如：尾巴或毛髮，加上在影像解析力有限的條件下，有些體型小的動物(如：兩棲類)會無法鑑定至種這個分類階層，此時會盡量鑑定至可辨認的分類階層，例如：無法鑑定至科的兩棲類或無法建鑑定至種的鮑鱉。在物種計數上，若有無法鑑定出物種的記錄，但可確定與其他可鑑定物種不重疊，則計數為 1 種，如：自動相機記錄到的飛行通過的蝙蝠，通常無法鑑定物種，因此在記錄上會寫：無法鑑定科的翼手目(蝙蝠)，而蝙蝠可確定與其他非翼手目哺乳類不同種，因物種數以最小值 1 種計數，表示至少有 1 種蝙蝠。

自動相機的影像檔案需符合有效影像的原則才用於後續分析，相機影像畫面上確定有動物出現或經過，且確定不是同一隻個體被連續拍攝，才視為一筆有效影像紀錄。因為生態廊道最多只有約 10 公尺長，以多數物種來說，只需幾分鐘即可穿越至馬路對面，因此通常再次觸發錄影的通常不是同一隻動物個體。但若在影片中無法確定某生物已經穿越廊道，如：某動物個體可能在原地停留或在小區塊有徘徊行為，則將 10 分鐘內在相同位置出現的同一種生物個體視為重複的無效影像資料。若超過 10 分鐘仍確認為同一隻個體持續在相機附近徘徊活動，造成相機被連續啟動錄製，也視為重複的無效影像資料。此外，會群體活動的動物以群為單位做計算，一群當作一筆有效紀錄建檔，但會計數一群內有幾隻個體，作為額外的資料訊息。極少數的情況下，會在同一個影片中記錄到兩種物種，此時會分為兩筆紀錄建檔，並在註明為同一個影片。

五個廊道中的觸發式自動相機是每天 24 小時連續監測狀態，因此在相機沒有故障或沒電的情況下，相機工作總時數是一樣的，所以，本計畫以影片記錄到的動物出現總次數來估算各類群動物利用廊道的相對頻率。雖然這個估算方式無法知道實際利用廊道的動物個體數量，也不能以廊道中的影像資料推估周圍棲地環境中的野生動物數量，但是，使用廊道的次數可以用來比較不同廊道被動物利用的相對頻率，可以估算廊道內不同動物類群使用率差異，也可以比較同一動物物種在不同時段、季節對廊道的使用頻率。廊道影像資料分析的項目包括：

1. 分析利用廊道的所有動物種類及其隻次，評估廊道利用次數上的常見種。
2. 比較不同廊道間在動物種類及利用次數上的差異，討論動物對廊道的利用是否有特定的空間分布。
3. 分別以一天中的小時(0-23 時)與一年中的月份(1-12 月)區分，分析動物利用廊道的次數上是否有特定的時間型式。

4. 計算廊道中掠食事件的次數，檢測廊道是否可能成為某些動物類群捕食的場所。
5. 比較自動相機的觸發與定時拍攝模式結果。

本計畫除了負責計畫期內(2022年9月28日-2023年12月19日)的自動相機架設及收集、觀看、建檔分析自動相機的監測影像資料外，亦協助觀看及建檔分析管理處提供的2022年6至9月的廊道監測影像資料。由於要觀看與建檔2022年的大量影片，因此，本計畫僅針對2022年與2023年整年度的廊道監測資料進行分析。

五、生態廊道與圍籬設施的巡查

本計畫結合每週更換自動相機電池及記憶卡的過程，針對廊道及圍籬設施，定期檢視狀況，若有需要維護的部分，則拍照並記下廊道及圍籬設施的位置訊息，交給管理處保育課，提供及時的維護及改善基礎。

第三節、彙整歷年路殺調查結果，提出經營管理之成效分析及建議

本計畫利用 2016-2023 年累積的路殺調查資料，分析大屯山車道(一)及 101 甲公路(二)的路殺減緩措施成效或影響。此外，本計畫分析 2016 年以來萬溪產業道路上的斯文豪氏赤蛙路殺空間分布(三)，提出生態保育經營管理之建議。

一、大屯山車道路殺調查及封路措施

大屯山車道路殺調查路線為自二子坪遊客中心旁大屯山車道入口至大屯山助航站，分上行及下行方向車道進行調查，進行方式與第二章第一節之三的方法相同。

大屯山車道路殺調查起於 2017 年 2 月，以約每 2 周的頻率進行一次調查。封路前，大屯山車道路殺調查於 2017 年 2 月到 2020 年 8 月為止，期間於 2019 年 3 月至 2020 年 4 月因計畫人力其其他因素中斷調查。2020 年 8 月 10 日陽管處公告封路，2020 年 8 月至 2023 年 6 月為封路後的路殺調查，期間於 2022 年 6 月至 12 月因新冠肺炎疫情及經費等因素中斷調查。2017 年 2 月至 2023 年 6 月的調查期間，共進行 56 個月總計 111 次的路殺調查，各年度的調查月份及調查次數請見表 9。

本計畫將調查資料以封路日期為分隔，比較封路前後的無路殺個體的調查次數及平均每次調查的路殺個體數資料，藉此評估封路對於減少動物路殺量的效果。

二、101 甲公路的道路變動及動物警告標誌更新

101 甲公路 3-5 號廊道路段於 2020 年增建擋土牆，道路特徵有很大的變化，廊道圍籬也進行增補修護。而陽明山國家公園管理處在 2020 年也重新設計與設置注意動物警示標誌，並於 101 甲公路 3-5 號廊道路段設置 4 處警告標誌。本計畫針對 3-5 號廊道路段，比較 2020 前與 2020 道路特徵改變後的年累計路殺量，評估減緩路殺的效果。

三、萬溪產業道路上斯文豪氏赤蛙的路殺空間分布

以 2016-2022 年路殺調查資料，分析斯文豪氏赤蛙歷年來的高路殺量路段，進行路邊棲地探勘，了解該路段是否有溪流流經路邊或道路下方，及在路旁有山澗或溪溝等斯文豪氏赤蛙喜愛出現的微棲地，思考可能可行的路殺減緩措施。

第三章、結果

第一節、路殺調查

本計畫自 2022 年 10 月至 2023 年 12 月的計畫期程內，在陽金公路與 101 甲公路(兩條路同一天進行)執行 32 次脊椎動物路殺調查，萬溪產業道路同樣執行 32 次路殺調查，累計隻路殺個體(表 1)。本計畫除了在計畫期程內(2022/9/28-2023/12/19)負責執行路殺調查外，亦協助彙整 2022 年的資料至本計畫結果。除了 2022 年 6-9 月為無路殺調查資料外，目前已經完成 2022 年 1-5 月、10-12 月與 2023 年 1-12 月的路殺資料共計 20 個月的例行路殺調查資料建檔與分析(表 1)。2022-2023 年間，在陽金公與 101 甲公路進行 42 次路殺調查，其中有 11 與 13 次沒有任何路殺個體的紀錄；在及萬溪產業道路進行 41 次路殺調查，其中有 3 次沒有任何路殺個體的紀錄(表 1)。

一、2022-2023 年的路殺調查資料與空間分布

2022-2023 年間 20 個月的例行路殺調查資料，共計有 42 種 387 隻動物路殺個體(2022 年 135 隻，2023 年 252 隻)，包括 12 種兩棲類、22 種爬行類、4 種鳥類及 4 種哺乳類。在各物種的路殺總數量上，以盤古蟾蜍為路殺量最多的物種(102 隻)，在陽金公路(41 隻)與 101 甲公路(33 隻)皆為路殺最多物種，在萬溪產業道路(28 隻)為第二多物種(表 2)。路殺總數量第二多的物種為斯文豪氏赤蛙(47 隻)，在萬溪產業道路為路殺量最多(38 隻)物種，在陽金公路與 101 甲公路則相對少得多(2 隻與 7 隻)(表 2)。此外，萬溪產業道路上也有相對較多的拉都希氏赤蛙(22 隻)和黑眶蟾蜍的路殺量(21 隻)(表 2)。保育類動物有臺北樹蛙(12 隻)、瑪家山龜殼花(1 隻)及環紋赤蛇(3 隻)、梭德氏帶紋赤蛇(1 隻)及斯文豪氏游蛇(1 隻)遭到路殺。各路線每 500 公尺累計路殺動物數量請見圖 5。

二、非例行調查的路殺動物

來自管理處員工與志工及計畫人員於非例行時間內發的的非例行調查的路殺動物，名錄與數量彙整於表 3，共有 14 種 18 隻的動物路殺紀錄，其中包含 1 隻哈特氏蛇蜥(101 甲公路)及 1 隻領角鴉(陽金公路)的保育類動物被路殺(表 3)。

三、路殺量與交通量的關係

本計畫在陽金公路及 101 甲公路上共獲得 18 次路殺量及調查前 72 小時的車流量資料，而萬溪產業道路共獲得 16 次，總計 52 筆資料。分路段各自進行統計分析時，在陽金公路，車流量增多路殺量為略減少的趨勢($r_s = -0.065, P = 0.797, N = 18$)；在 101 甲公路，車流量增多路殺量為略減少的趨勢($r_s = -0.196, P = 0.435, N = 18$)；在萬溪產業道路，車流量增多路殺量為略增加的趨勢($r_s = 0.252, P = 0.346, N = 16$) (圖 6)，但將資料以統計分析後，發現路殺量並沒有顯著地與車流量相關。將全部資料整合，以不分路段進行統計分析後，同樣為不顯著的結果($r_s = 0.108, P = 0.445, N = 52$) (圖 6)。

表1. 2022-2023年各路線例行路殺調查次數與路殺動物數量

月份	陽金公路			101甲公路			萬溪產業道路			路殺 個體數
	調查 次數	無路殺 次數	路殺 個體數	調查 次數	無路殺 次數	路殺 個體數	調查 次數	無路殺 次數	路殺 個體數	
2022年										
1	2	2	0	2	2	0	2	0	2	2
2	2	2	0	2	1	1	1	1	0	1
3	2	0	2	2	1	1	3	0	37	40
4	2	1	1	2	2	0	2	0	9	10
5	2	1	1	2	0	9	1	0	8	18
6	沒有調查									
7	沒有調查									
8	沒有調查									
9	沒有調查									
10	2	0	7	2	0	5	2	0	16	28
11	3	0	11	3	0	10	2	0	10	31
12	2	2	0	2	0	2	2	1	3	5
2022小計	17	8	22	17	6	28	15	2	85	135
2023年										
1	1	1	0	1	1	0	2	0	6	6
2	2	1	1	2	1	1	3	0	5	7
3	3	1	3	3	3	0	2	1	2	5
4	2	0	4	2	0	5	2	0	7	16
5	2	0	7	2	0	2	3	0	25	34
6	2	0	8	2	0	7	2	0	22	37
7	2	0	6	2	1	2	2	0	20	28
8	3	0	11	3	0	5	2	0	21	37
9	2	0	3	2	1	1	2	0	3	7
10	2	0	11	2	0	13	3	0	12	36
11	2	0	3	2	0	5	2	0	7	15
12	2	0	8	2	0	5	1	0	11	24
2023小計	25	3	65	25	7	46	26	1	141	252

表2. 2022 -2023年各路線例行路殺調查的動物名錄與數量

綱	目	科	物種中文名/路段	保育等級	陽金公路	101甲公路	萬溪產業道路	總計		
兩棲綱	無尾目	蟾蜍科	盤古蟾蜍		41	33	28	102		
			黑眶蟾蜍				21	21		
		赤蛙科	拉都希氏赤蛙		2		22	24		
			長腳赤蛙		1			1		
			斯文豪氏赤蛙		2	7	38	47		
			貢德氏赤蛙		1			1		
			無法鑑定至種的赤蛙		1		3	4		
		樹蛙科	臺北樹蛙	III			3	9	12	
			褐樹蛙					5	5	
			面天樹蛙					1	1	
			斑腿樹蛙					10	10	
			無法鑑定至種的樹蛙		1				1	
		叉舌蛙科	澤蛙					7	7	
			福建大頭蛙					3	3	
			無法鑑定至科的蛙				1	7	8	
		爬行綱	有鱗目	飛蜥科	黃口攀蜥		5	5	14	24
				蝮蛇科	赤尾青竹絲		3		6	9
龜殼花							4	4	8	
蝙蝠蛇科	瑪家山龜殼花			II	1				1	
	環紋赤蛇			III	2			1	3	
	雨傘節				1			1	2	
黃領蛇科	梭德氏帶紋赤蛇			II			1		1	
	紅斑蛇						1	1	2	
	大頭蛇					3		3	6	
	茶斑蛇					2		5	7	
	紅竹蛇					1		1	2	
	赤背松柏根					2		1	3	
	白梅花蛇					4	2	2	8	
	青蛇							6	6	
	斯文豪氏游蛇			III			1		1	
	梭德氏遊蛇						4	3	7	
	過山刀							1	1	
	鐵線蛇					1			1	
鈍頭蛇科	泰雅鈍頭蛇				5			1	6	
石龍子科	印度蜓蜥						4	9	13	
	麗紋石龍子					1		2	3	
	中國石龍子							2	2	
	無法鑑定至科的蛇					1	1		2	
鳥綱	雀形目			畫眉科	小彎嘴畫眉				2	2
				繡眼科	綠繡眼		1			1
	鷺形目			鬚鷺科	五色鳥		1			1
	鵝形目			鷺科	夜鷺			4		4
	無法鑑定到目的鳥						2	2		
哺乳綱	嚙齒目	鼠科	刺鼠		1		1	2		
		鼯鼠科	鼯鼠		1			1		
	食肉目	鼬鼠科	臺灣鼬鼠		1	2	1	4		
		貂科	鼬獾		1	1	3	5		
筆數總計					87	74	226	387		
物種數(最小值)					22	14	32	42		

表3. 2022 -2023年非例行路殺調查記錄或收集到的路殺動物名錄與數量

綱	目	科	物種中文名/路段	保育 等級	陽金 公路	101甲 公路	萬溪產 業道路	總計	
兩棲綱	無尾目	赤蛙科	貢德氏赤蛙			2		2	
爬行綱	有鱗目	蝮蛇科	龜殼花			1	1	2	
		蝙蝠蛇科	中華眼鏡蛇		1			1	
		黃頷蛇科	紅斑蛇		1			1	
			茶斑蛇		1			1	
			青蛇		1			1	
			過山刀		1		1	2	
			鐵線蛇		1	1		2	
			石龍子科	印度蜓蜥		1			1
			蛇蜥科	哈特氏蛇蜥	II		1		1
		鳥綱	雞形目	雉科	竹雞		1		
鴉形目	鴉科		領角鴉	II	1			1	
鶇形目	鶇科		黑冠麻鶇		1			1	
哺乳綱	齧形目	鼯鼠科	臺灣鼯鼠			1		1	
筆數總計					9	7	2	18	
物種數 (最小值)					9	6	2	14	

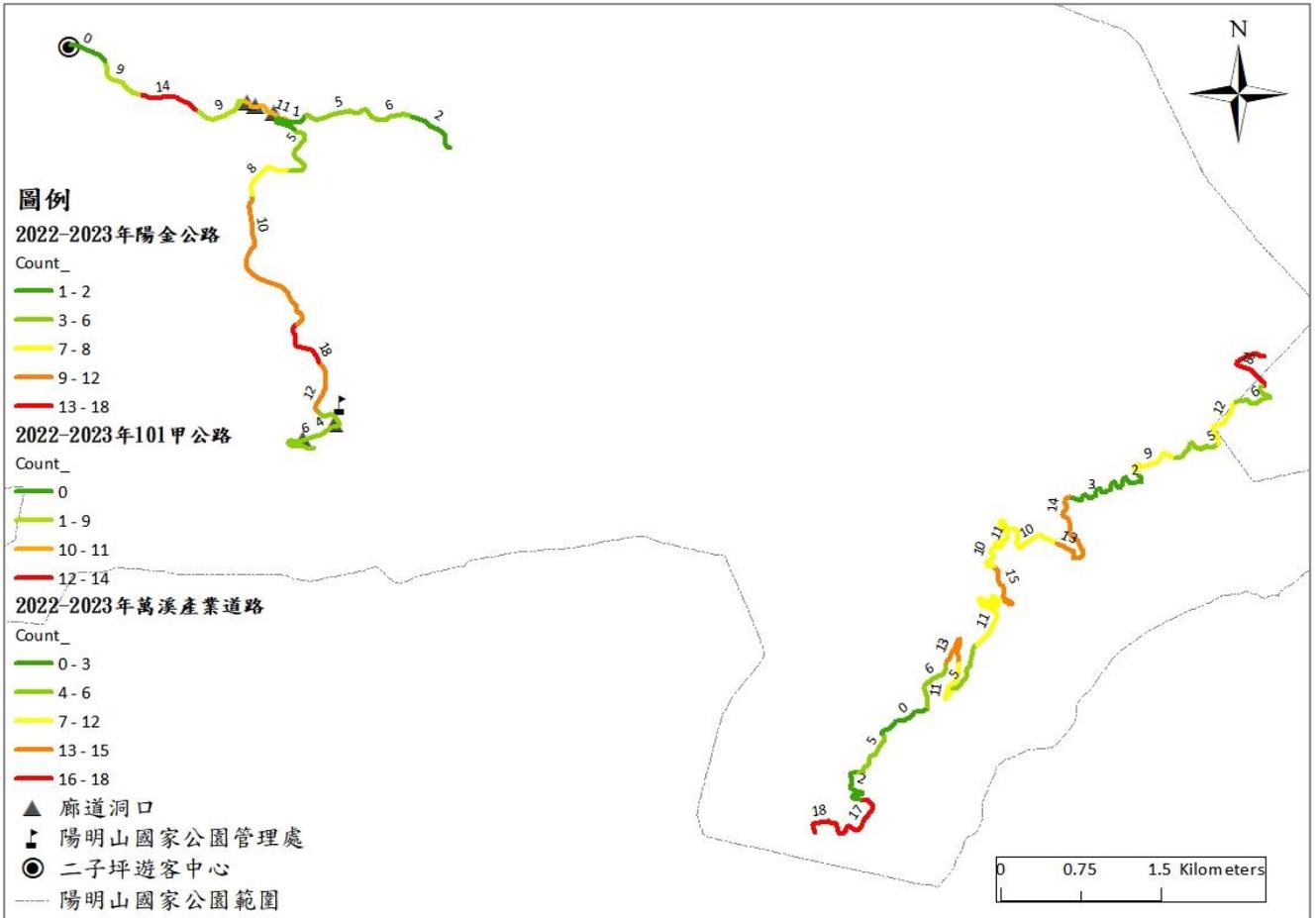
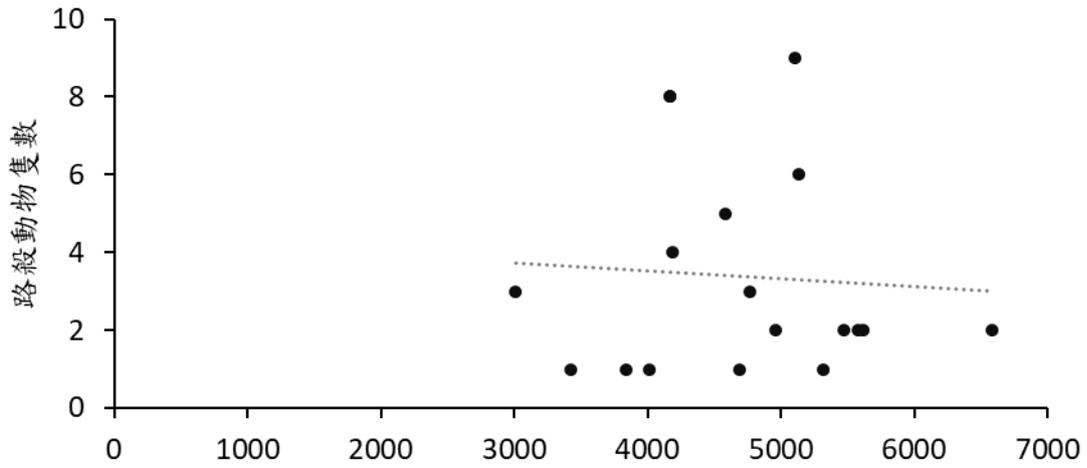
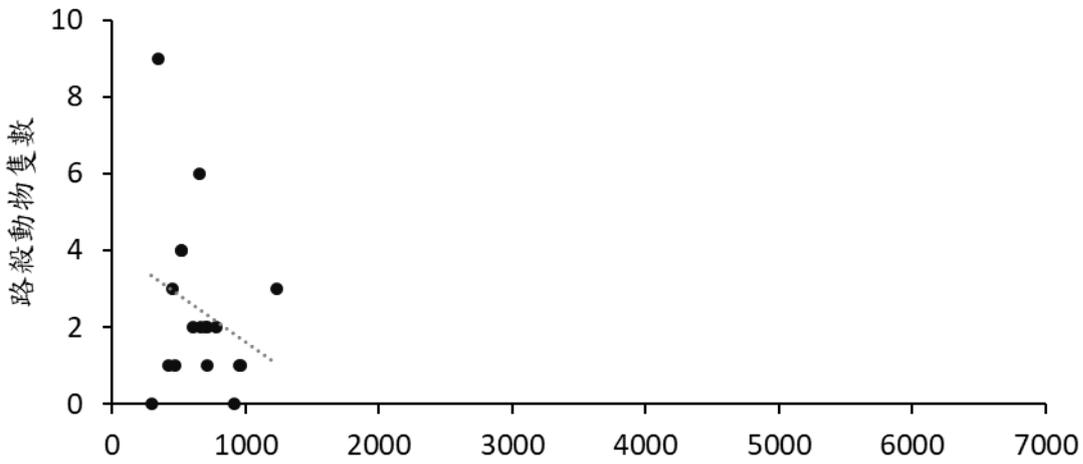


圖5. 調查道路上每500公尺路段的累計路殺量。

(a)陽金公路



(b)101甲公路



(c)萬溪產業公路

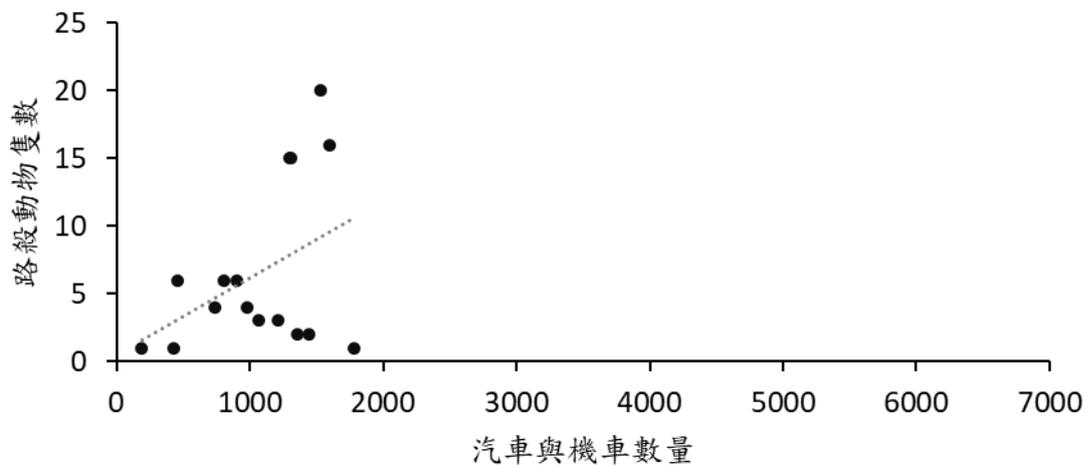


圖6. 調查道路上路殺調查前72小時的交通總量與脊椎動物路殺量關係。

第二節、生態廊道監測

本計畫除了計畫期程內(2022/9/28-2023/12/19)負責收集、觀看、建檔及分析自動相機的監測影像資料外，亦協助觀看及建檔分析管理處提供的 2022 年 6-9 月廊道監測的觸發及定時影像資料，並彙整 2022 年 1-12 月資料至本計畫結果。

一、觸發式自動相機紀錄

廊道觸發式相機共錄製 19140 個影片檔案，排除沒有動物及確定為重複個體的影片數之後，有效影片檔案為 7839 個(表 4)，動物對廊道利用情形的所有後續分析皆僅使用有效影片。

表4. 2022-2023年廊道觸發式自動相機拍攝的影片數

廊道編號	自動觸發錄影的 影片總數	有動物的 影片數	個體重複的 影片數	有效影片數
1	1045	613	39	574
2	6550	4005	1309	2696
3	3582	2775	327	2448
4	6567	1965	357	1608
5	1396	541	28	513
總計	19140	9899	2060	7839

1. 利用廊道的物種

在 7839 個有效影片中，總計共有至少 26 種動物利用廊道，利用 5 個廊道的總計為 7984 隻次(表 5)，其中有 3 隻次判定為無法鑑定綱的動物，但基本上應可確定為脊椎動物，因此列入資料中。在利用各廊道的利用次數上，目前以 2 號廊道有較多的利用次數(2782 隻次)，5 號廊道被動物利用的次數(515 隻次)是相對最少的(表 5)。在利用廊道的動物物種數方面，2 號有最多物種(17 種)使用的廊道，利用 1 號廊道的動物種類(10 種)是相對最少的(表 5)。

在利用廊道的 26 種動物種類中，包括至少兩棲綱動物 3 種、爬行類 8 種、鳥類 4 種及哺乳類 11 種(表 5)。而不同綱的動物利用隻次來看，哺乳類動物對廊道的使用次數為所有利用廊道的動物中總次數最高的，共 7728 隻次，佔所有利用隻次的 96.8%，在所有廊道中皆為最多的類群(表 5、圖 7)。利用次數接下來依次為兩棲類 124 隻次，佔比為 1.6%，在 2 號廊道有較多的利用隻次；鳥類 87 隻次，佔比為 1.1%，在 1 號廊道有較多利用隻次；爬行類 42 隻次，佔比為 0.5%，在 2 號廊道有較多的利用隻次(表 5、圖 7)。一般來說，鳥類不常利用地下廊道穿越馬路，只有紫嘯鵝是較常會進入廊道的鳥類(表 5)。此外，2022 年 12 月記錄到 4 次的台灣不太常見的冬候鳥-日本歌鵲(表 5)。

以可辨識至種的動物來看，食肉目貂科的鼬獾是所有利用廊道的物種中總次數最高的物種(3241 隻次)，在 2 號廊道有最多的利用隻次；次多的為嚙齒目鼠科的刺鼠(2774 隻次)，第三多為靈貓科的白鼻心(1255 次)(表 5)。以上三個物種都有超過 1000 次的利用次數，且三個物種的利用次數就佔全部利用次數的 91.0%。

保育類動物物種方面，觸發式相機記錄到黑眉錦蛇(4 號廊道，3 隻次)、麝香貓(1-4 號廊道，115 隻次)、穿山甲(1-3 號廊道，共 55 次)的利用記錄。其中 2022 年 12 月至 2023 年 1 月有發現有一隻懷孕的麝香貓個體多次穿越 2 號廊道(圖 8)，穿越日期為 2022/12/1、7、21、30；2023/1/2、5、6)。另有紀錄到一隻左眼受傷的麝香貓個體多次利用 1 號與 2 號廊道(圖 8)。

在非野生動物物種方面，觸發影像中有發現家貓的使用(1-5 廊道，100 隻次)，但並未有家犬進入廊道的紀錄。且目前並未有任何家貓獵捕其他使用廊道的動物物種紀錄。

2. 動物利用廊道的時間形式

各個廊道各月份及每日利用次數的時間形式資料如圖 9、圖 10、圖 11。不同動物類群動物在各月份利用廊道的累計利用隻次，可以看出哺乳類在各個月份都有很高的利用次數，在 2 月最低(圖 9d)；兩棲與爬行類對廊道的利用似乎集中在春季與夏季(圖 9a、b)，鳥類利用紀錄則多在秋末及冬季(圖 9c)。

在 1-5 號廊道的各月份動物利用隻次方面，位在陽金公路位置相近的 1 號與 2 號廊道，在 12 月有較低的利用隻次(圖 10a、b)；位在 101 甲公路位置相近的 3-5 號廊道，在春季及秋末有相對稍高的利用次數(圖 10c、d、e)。

動物對 1-5 號廊道在一日中每小時的使用利用次數比例，在各廊道中皆為夜間利用次數較日間高(圖 11)，其中日間使用比例，主要來自兩棲類及鳥類的利用紀錄。

3. 動物利用廊道的方式

自動相機記錄到的動物使用廊道的方式，多數是逕直穿越廊道(圖 12)，在通行方向方面，累計廊道動物由山壁往山下方向(52.8%)通行比由山下往山壁方向(40.2%)通行的隻次稍多一些(圖 12)。但也有些動物的方向無法判斷(7%)。在無法判斷的影像中，通常是動物在小區域徘徊活動或行進速度慢，而看不出來是否有穿越廊道。

此外，影像紀錄中有 16 次刺鼠捕食昆蟲或蜘蛛等無脊椎動物、1 次鼬獾咬昆蟲、1 次鼬獾咬蚯蚓及 1 次鼬獾咬某種蛙類的影像，另有一次白鼻心與紅斑蛇同時出現在廊道，白鼻心出現攻擊紅斑蛇的行為。在廊道中與動物覓食或掠食有關的行為十分少見，可見動物並沒有將廊道做為特定掠食場所的傾向。

表5. 2022-2023年廊道觸發式相機記錄到的動物種類及利用次數

綱	目	科	物種中文名	保育廊道					總計			
				等級	1	2	3	4		5		
兩棲綱	無尾目	赤蛙科	貢德氏赤蛙						1	1		
			拉都希氏赤蛙		89	1	30			120		
爬蟲綱	有鱗目	蟾蜍科	盤古蟾蜍		1			2		3		
		蝙蝠蛇科	雨傘節		2	2					4	
			眼鏡蛇			18					18	
		黃領蛇科	過山刀				3	3	1		7	
			紅斑蛇			1		2	1		4	
			黑眉錦蛇	III					3		3	
			無法鑑定至種的蛇					1			1	
		石龍子科	印度蜓蜥		1	1					2	
		蝮蛇科	龜殼花					1			1	
		壁虎科	鉛山壁虎				2				2	
鳥綱	雀形目	鶺鴒科	白眉鶺鴒					2		2		
			紫嘯鶺鴒		59	14	4	3		80		
			日本歌鶺鴒					3		3		
		雀眉科	頭烏線						1	1		
		無法鑑定至目的鳥			1						1	
哺乳綱	食肉目	貂科	鼬獾		326	1333	1044	465	73	3241		
			貓科	家貓		29	16	13	32	10	100	
		靈貓科	白鼻心		145	644	334	44	88	1255		
			麝香貓	II	7	102	2	4		115		
		無法鑑定至科的食肉目				9	2	1		12		
		啮齒目	鼠科	刺鼠		1	435	1031	987	320	2774	
				小黃腹鼠						2	2	
				無法鑑定至種的鼠				2	9	2	1	14
				松鼠科	赤腹松鼠			1		1		2
				鱗甲目	穿山甲科	穿山甲	II	1	53	1		
齧形目	尖鼠科	無法鑑定至種的齧鼯		11	50	25	23	14	123			
		鼯鼠科	臺灣鼯鼠						1	1		
翼手目	無法鑑定至科的蝙蝠	無法鑑定至科的蝙蝠			6	2	19	1	28			
		無法鑑定至目的哺乳類			2		3	1	6			
		無法鑑定綱的動物						3		3		
使用廊道次數				583	2782	2476	1628	515	7984			
物種數(最小值)				10	17	13	15	12	26			

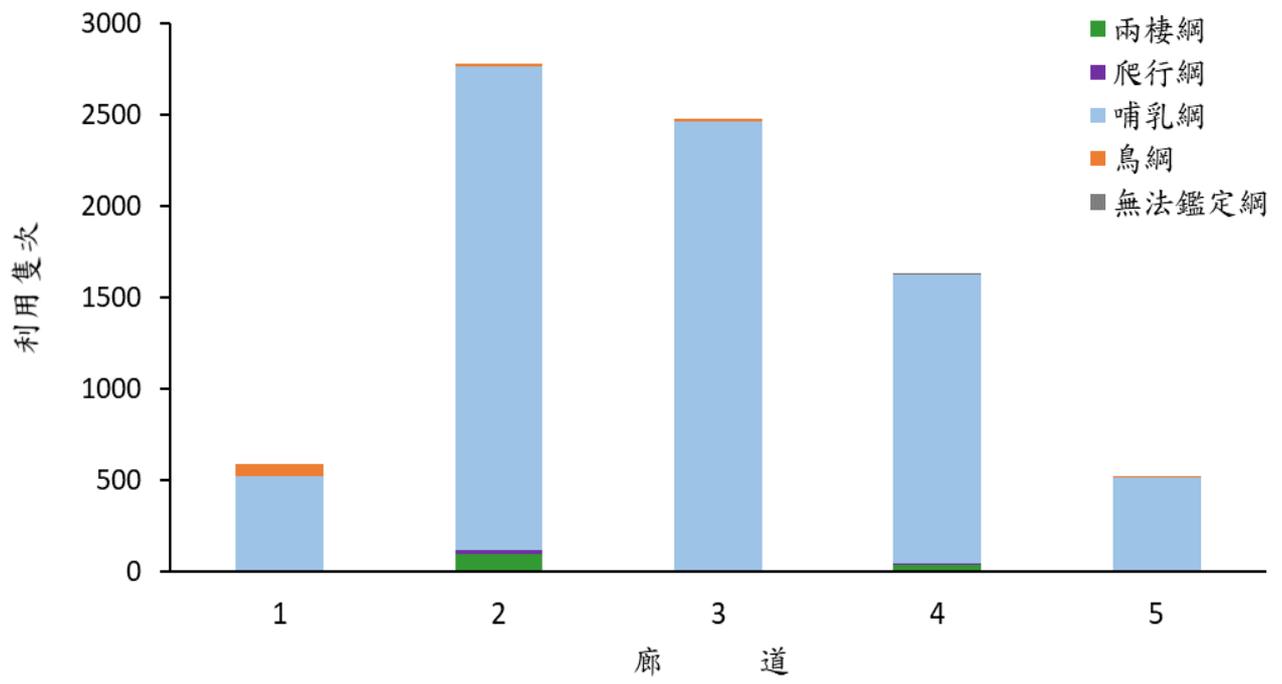


圖7. 各廊道中兩棲、爬行、鳥及哺乳類的利用隻次。

(a)



(b)



圖8. 2號廊道中拍攝到的(a)懷孕麝香貓個體，(b)左眼受傷的麝香貓個體。

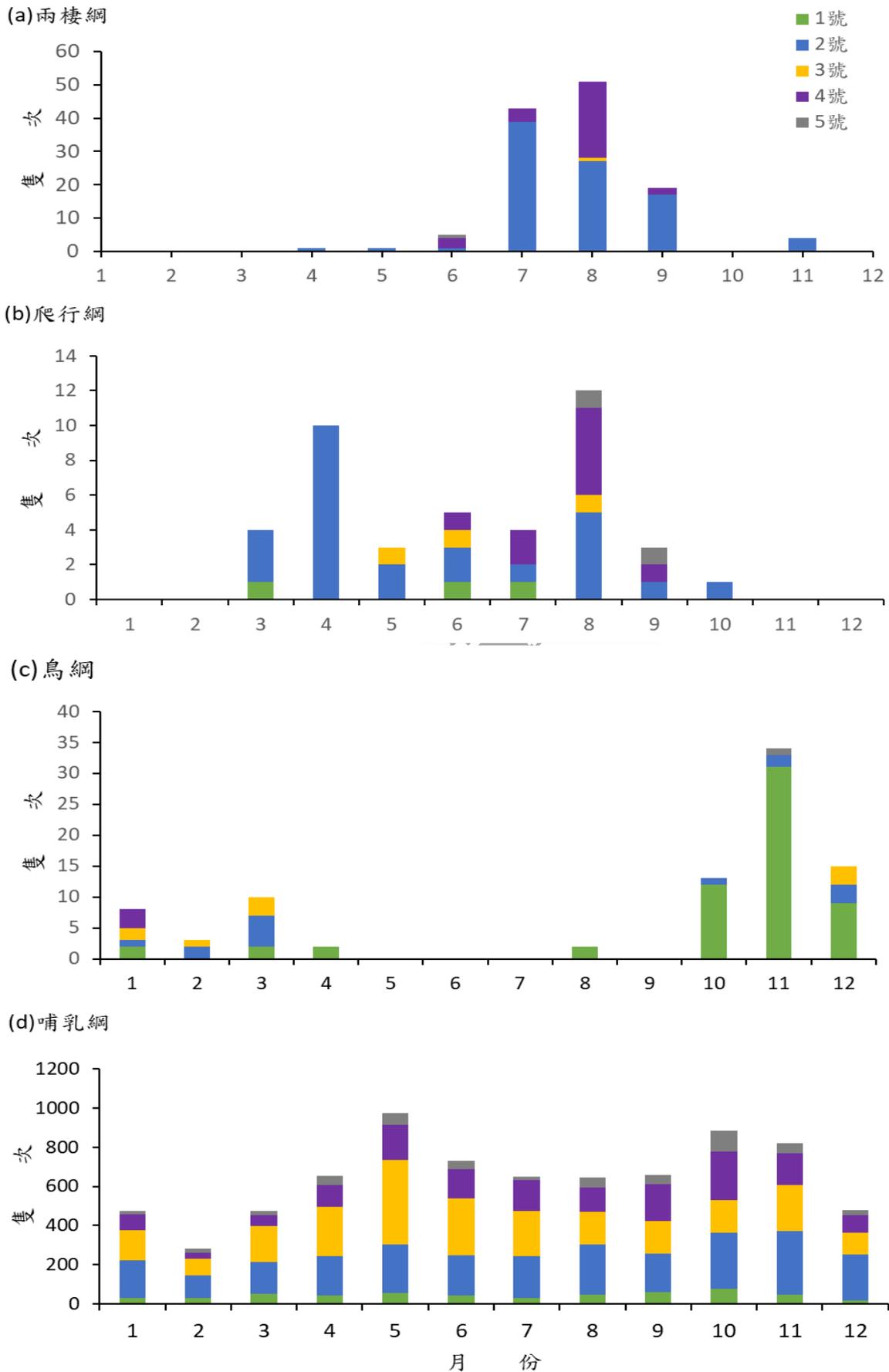


圖9. 各類群動物在1-12月利用廊道的隻次。

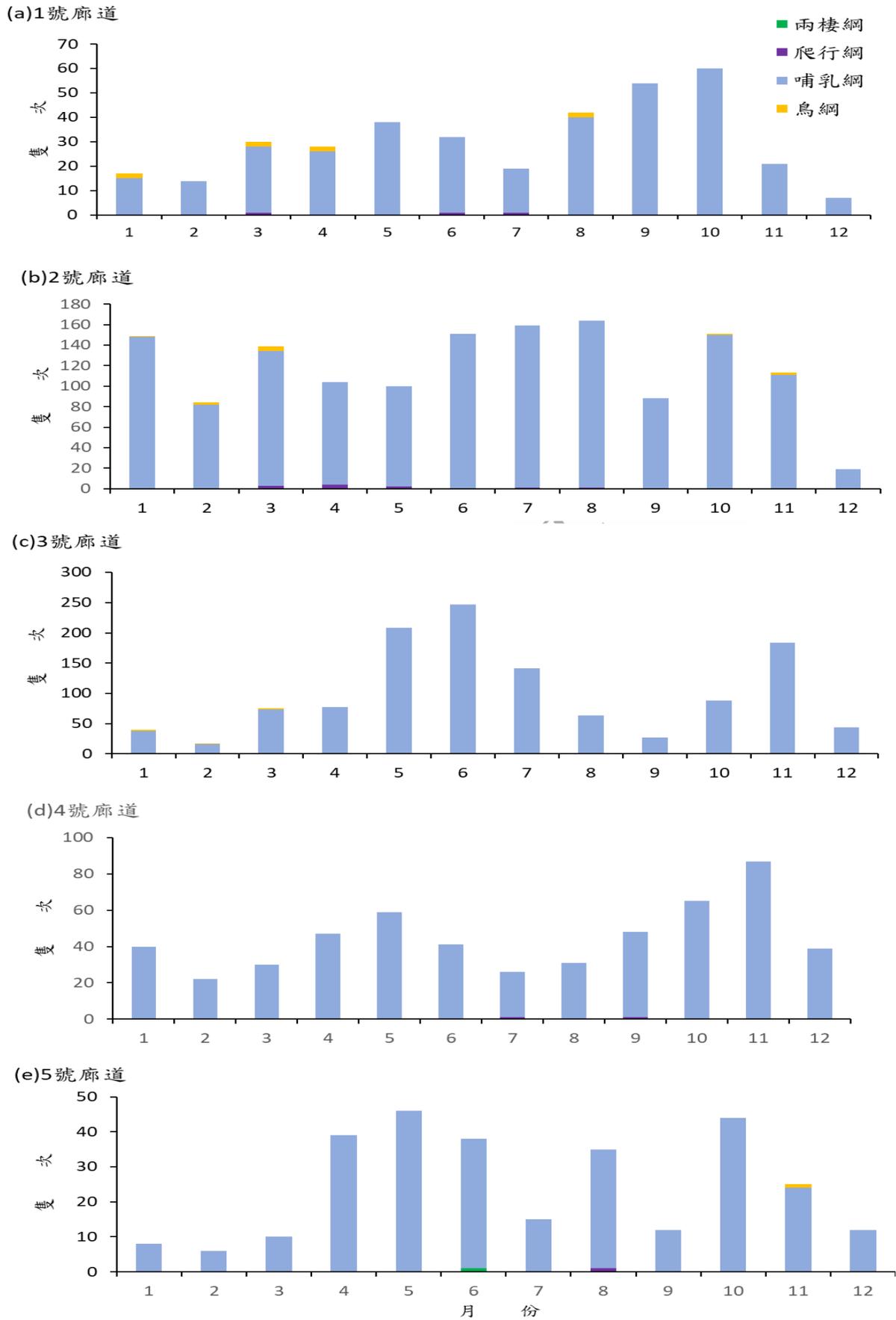


圖10. 各廊道在1-12月被動物利用的隻次。

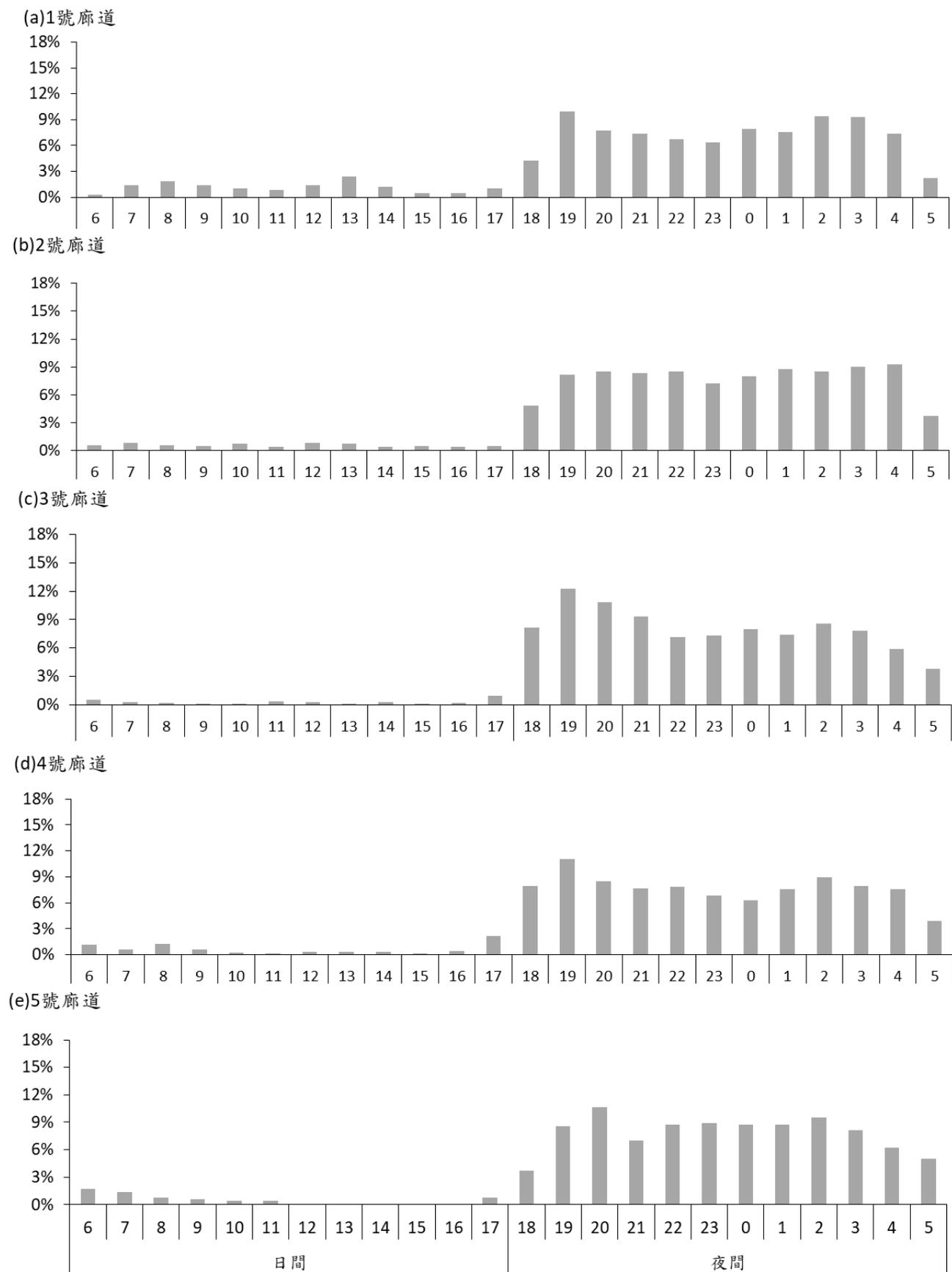


圖11. 動物利用廊道的日夜模式(各廊道的每小時使用隻次/總使用隻次)。

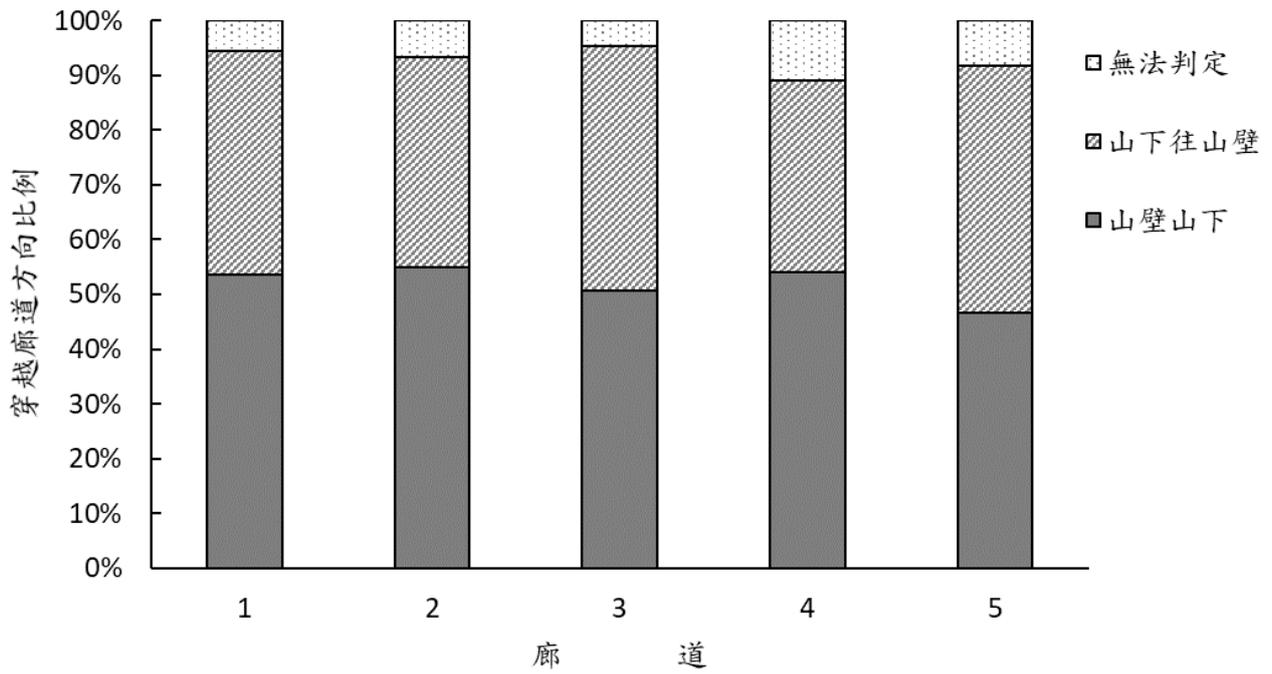


圖12. 動物利用廊道的通行方向。



二、定時式自動相機紀錄

2022 年 1 月至 2023 年 12 月的廊道監測，在 2 號及 3 號廊道定時模式相機共拍攝 1,750,196 張相片(表 6)，排除沒有動物及確定為重複個體的影片數之後，有效相片為 2306 張，動物對廊道利用情形的所有後續分析皆僅使用有效相片。

表 6. 2022-2023 年廊道定時拍攝自動相機拍攝的照片數

廊道編號	相片總數	有動物相片數	重複個體的相片數	有效相片數
2	846645	63874	62391	1483
3	903551	26877	26054	823
總計	1750196	90751	88445	2306

動物對廊道的利用總計為 2307 隻次，以 2 號廊道有較多的利用次數(1483 隻次)，3 號廊道被動物利用的次數是相對較少的(824 隻次)(表 7)。在利用廊道的動物物種數方面，總計共有至少 32 種動物利用廊道，2 號廊道有 20 種，3 號廊道有 25 種(表 7)。

在利用 2 號廊道的 20 種動物種類中，包括 3 種兩棲類動物、7 種爬行類、1 種鳥類及 9 種哺乳類(表 7)。以綱這個分類階層來看，哺乳類動物對廊道的使用次數為所有利用廊道的動物中總次數最高的 725 隻次，佔所有利用隻次的 48.9%，接續其後的為兩棲類動物，使用次數為 456 隻次，佔 30.7%(表 7)。以可辨識至種的動物來看，拉都希氏赤蛙(378 隻次)是利用 2 號廊道的物種中總次數最高的物種，其次為刺鼠(252 隻次)，第三為鼬獾(199 隻次)(表 7)。

在利用 3 號廊道的 25 種動物種類中，包括 4 種兩棲類動物、13 種爬行類、2 種鳥類及 6 種哺乳類(表 7)。以綱這個分類階層來看，哺乳類動物對廊道的使用次數為所有利用廊道的動物中總次數最高的(487 隻次，59.1%)，接續其後的為兩棲類動物，使用次數 241 隻次，佔 29.3%(表 7)。以可辨識至種的動物來看，刺鼠是利用廊道的物種中總次數最高的物種(303 隻次)，其次為拉都希氏赤蛙 (225 隻次)，第三為鼬獾(108 隻次)(表 7)。

保育類動物物種方面，定時拍攝模式相機記錄到黑眉錦蛇(2、3 號廊道，共 37 次)、麝香貓(2、3 號廊道，共 15 次)、穿山甲(2 號廊道，9 次)的利用記錄(表 7)。

三、2號與3號廊道自動相機的觸發與定時模式紀錄比較

為了進行定時與觸發記錄模式相機的監測結果比較，取2號與3號廊道同時運作定時及觸發模式相機所記錄到的影片進行。

在利用廊道的物種數上，2號及3號廊道的定時模式皆比拍攝到更多的動物種類使用(表8)。利用廊道的物種數差異主要來自定時模式與觸發模式對兩棲與爬行動物的偵測率差異，定時模式共拍攝到20種可鑑定至種的兩棲與爬行動物種類利用廊道，但觸發模式則只記錄到8種，定時模式比觸發模式多12種之多(表8中的a)，可見許多兩棲與爬行動物的利用記錄皆沒有被觸發相機記錄到。定時模式與觸發模式對鳥類及哺乳類動物的偵測率差異則較小，在鳥類的物種偵測上，定時模式有記錄但觸發模式沒有記錄到頭烏線，但白眉鶉只在觸發記錄到，定時模式沒有記錄到。在哺乳動物的物種偵測上，觸發模式有記錄但定時模式沒有記錄到的只有1個物種(赤腹松鼠)(表8)，定時模式有記錄但觸發模式沒有記錄到的有2個物種(臺灣鼯鼠、臺灣大蹄鼻蝠)(表8)。目前資料顯示，在整體的動物物種數的偵測率上為定時模式高於觸發模式。

在總使用次數上，2號與3號相機的觸發模式拍攝到比定時模式更多的使用次數，尤其是在哺乳類的使用次數上的差異(表8)。

四、生態廊道與圍籬設施巡查

本計畫結合每週更換自動相機電池及記憶卡的過程，針對廊道及圍籬設施，定期檢視狀況，若有需要維護的部分，則拍照並記下廊道及圍籬設施的位置與狀態(附錄2)，交給管理處保育課，提供及時的維護及改善基礎。

表7. 廊道定時式相機記錄到的動物種類及利用次數

綱	目	科	物種中文名	保育 廊道					
				等級	2	3	總計		
兩棲綱	無尾目	蟾蜍科	盤古蟾蜍		68	11	79		
			黑眶蟾蜍		2		2		
		赤蛙科	拉都希氏赤蛙		378	225	603		
			斯文豪氏赤蛙			3	3		
			長腳赤蛙			1	1		
		無法鑑定至種的赤蛙		8	1	9			
爬行綱	有鱗目	石龍子科	印度蜓蜥			1	1		
		壁虎科	鉛山壁虎		3		3		
		蝮蛇科	龜殼花		3	31	34		
		蝙蝠蛇科	眼鏡蛇		107		107		
			兩傘節		147	1	148		
			環紋赤蛇	III		1	1		
			梭德氏帶紋赤蛇	II		1	1		
			黃領蛇科	紅竹蛇		7	2	9	
				黑眉錦蛇	III	1	36	37	
				王錦蛇		13	3	16	
				紅斑蛇			3	3	
				赤腹松柏根			3	3	
					過山刀		3	3	
					鐵線蛇		1	1	
					福建頸斑蛇		5	5	
					無法鑑定至科的蛇		9	1	10
				無法鑑定至科的蜥蜴		2	1	3	
		哺乳綱	食肉目	貂科	鼬獾		199	108	307
				貓科	家貓		11		11
				靈貓科	白鼻心		93	48	141
麝香貓	II				14	1	15		
啮齒目	鼠科			刺鼠		252	303	555	
	鼯形目			尖鼠科	無法鑑定至種的鼯		57	10	67
				鼯鼠科	臺灣鼯鼠		2		2
翼手目	蹄鼻蝠科			臺灣大蹄鼻蝠		1		1	
				無法鑑定至科的蝙蝠		87	17	104	
	鱗甲目			穿山甲科	穿山甲	II	9		9
鳥綱	雀形目	鶉科	紫嘯鶉		10		10		
			日本歌鶉			1	1		
		雀眉科	頭烏線			2	2		
使用廊道隻次數					1483	824	2307		
物種數(最小值)					20	25	32		

表8. 定時與觸發式模式相機記錄到的動物種類及利用廊道次數比較

綱	目	科	物種中文名	保育 2號廊道		3號廊道		記錄到的 物種差異			
				等級	定時	觸發	定時		觸發		
兩棲綱	無尾目	蟾蜍科	盤古蟾蜍		68	1	11				
			黑眶蟾蜍		2			a			
		赤蛙科	拉都希氏赤蛙		378	89	225	1			
			斯文豪氏赤蛙				3		a		
			長腳赤蛙				1		a		
	無法鑑定至種的赤蛙		8		1		/				
爬行綱	有鱗目	石龍子科	印度蜓蜥			1	1				
		壁虎科	鉛山壁虎		3	2					
		蝮蛇科	龜殼花		3		31		a		
		蝙蝠蛇科	眼鏡蛇		107	18					
			雨傘節		147	2	1				
			環紋赤蛇				1		a		
			梭德氏帶紋赤蛇				1		a		
			黃頰蛇科	紅竹蛇		7		2		a	
				黑眉錦蛇	III	1		36		a	
				王錦蛇		13		3		a	
				紅斑蛇			1	3			
				赤腹松柏根				3		a	
				鐵線蛇				1		a	
				過山刀				3	3		
				福建頸斑蛇				5		a	
				無法鑑定至科的蛇		9	1	1		/	
			無法鑑定至科的蜥蜴		2		1		/		
		哺乳綱	食肉目	貂科	鼬獾		199	1333	108	1044	
				貓科	家貓		11	16		13	
靈貓科	白鼻心				93	644	48	334			
	麝香貓			II	14	102	1	2			
	無法鑑定至科的食肉目					9		2	/		
啮齒目	鼠科			刺鼠		252	435	303	1031		
			無法鑑定至種的鼠			2		9	/		
	松鼠科		赤腹松鼠			1			b		
	鼯鼠科		尖鼠科	無法鑑定至種的鼯鼠		57	50	10	25		
翼手目	鼯鼠科		臺灣鼯鼠		2				a		
	無法鑑定至科的蝙蝠			87	6	17	2	/			
鱗甲目	蹄鼻蝠科		台灣大蹄鼻蝠		1				a		
	穿山甲科		穿山甲	II	9	53		1			
	無法鑑定至目的哺乳類				2		/				
鳥綱	雀形目	鶇科	紫嘯鶇		10	14		4			
			白眉鶇					2	b		
			日本歌鶇				1	3			
		畫眉科	頭烏線				2		a		
使用廊道次數				1483	2782	824	2476				
物種數(最小值)				20	16	25	13				

備註：物種差異，空格表示兩種模式皆有拍攝到該物種；a表示只有定時模式拍攝到該物種；b表示只有觸發模式拍攝到該物種；/表示無法鑑定至種的類群，與其他物種可能重疊，不列入比較。

第三節、彙整歷年路殺調查結果，提出經營管理之成效分析及建議

一、大屯山車道的路殺調查及封路措施

封路前自 2017 年 2 月至 2020 年 8 月 10 日止，共進行 59 次調查，其中 26 次調查沒有發現路殺個體，無路殺個體的調查次數比例為 44.1%(表 9)；封路前期間總計拾獲 92 隻路殺個體，平均每次調查的路殺個體數為 1.6 隻(表 9)。封路後自 2020 年 8 月 17 日至 2023 年 6 月止，共進行 52 次調查，41 次沒有發現任何路殺個體，無路殺個體的調查次數比例為 78.8%；封路後期間，總計拾獲 14 隻路殺個體，平均每次調查的路殺個體數為 0.3 隻(表 9)。由上述資料，無路殺個體的調查比例於封路後(78.8%)高於封路前(44.1%)，且一次調查拾獲的平均路殺個體數，由封路前的 1.6 隻降為 0.3 隻，可見封路後路殺發生的頻率降低許多。

在封路前，總計 4 綱 6 目 17 科 25 種 92 隻脊椎動物被路殺(表 10)，被路殺的物種中，1 種為 II 級保育類(哈特氏蛇蜥 1 隻)，1 種為 III 級保育類(台北樹蛙 1 隻)。在封路後，有至少 3 綱 5 目 7 科 7 種 14 隻脊椎動物被路殺，無保育類路殺紀錄，且相較於封路前明顯減少了許多兩棲與爬行類動物的路殺數量(表 10)。

二、101 甲公路的道路變動及動物警告標誌更新

為了解 101 甲公路上 3-5 號廊道路段的施工及 101 甲公路終點到二子坪路段的新設警示牌，是否可能影響該路段路殺量，整理 2016-2023 年該路段的整體路殺量資料，呈現於表 11。結果顯示，2020 年為 3-5 號廊道路段道路邊坡工程施工時間，這段時間在此路段有較多的路殺量，佔 101 甲公路終點到二子坪路段路殺量的比例也較高。

完工後的 2021 與 2022 年 3-5 號廊道路段的路殺路殺量較少，佔 101 甲公路終點到二子坪路段的比例較低，但這兩年皆在路殺量最高的夏季中斷調查，因此，數值可能有偏差。2023 年在 3-5 號廊道路段的路殺路殺量亦偏少，佔 101 甲公路終點到二子坪路段的比例與施工前差不多，但 101 甲公路道二子坪路段上的路殺量占整體路殺量的比例低於 2016-2017 年(表 11)。

表9. 封路前與封路後的大屯山車道路殺調查次數及路殺個體數

封路前					封路後					
年度	月份	調查次數	無路殺次數	路殺個體數	年度	月份	調查次數	無路殺次數	路殺個體數	
2017	2	1	1	0	2020	8	1	0	2	
	3	3	3	0		9	2	0	2	
	4	2	0	15		10	2	0	2	
	5	2	0	6		11	2	2	0	
	6	2	1	4		12	3	3	0	
	7	2	0	4		2021	1	2	2	0
	8	3	1	7			2	2	2	0
	9	2	1	4			3	2	2	0
	10	2	2	0			4	2	2	0
	11	2	0	6			5	1	1	0
	12	2	2	0			6	0	0	0
	2018	1	3	2			2	7	1	0
2		2	2	0	8		1	1	0	
3		2	1	3	9		2	2	0	
4		2	1	1	10		2	2	0	
5		2	1	3	11		3	2	2	
6		2	0	5	12		2	1	2	
7		2	1	1	2022	1	2	2	0	
8		1	1	0		2	2	2	0	
9		3	1	4		3	2	2	0	
10		2	1	1		4	2	0	2	
11		3	2	1		5	2	2	0	
12		2	0	4		2023	1	3	2	1
2019	1	1	0	1			2	2	2	0
	2	1	1	0			3	1	1	0
2020	5	2	1	2			4	2	2	0
	6	3	0	3			5	1	1	0
	7	2	0	11			6	3	3	0
	8	1	0	4						
總計	29	59	26	92	總計		28	52	41	14

表10.封路前與封路後的大屯山車道路殺動物物種名錄與個體數

綱	目	科	物種中文名	保育等級	封路前個體數	封路後個體數		
兩棲綱	無尾目	蟾蜍科	盤古蟾蜍		34	4		
			赤蛙科	斯文豪氏赤蛙		4		
		拉都希氏赤蛙			1			
		貢德氏赤蛙			1			
		長腳赤蛙				1		
		樹蛙科		台北樹蛙	III	1		
			面天樹蛙		4			
			布氏樹蛙		2			
			褐樹蛙		1			
		叉舌蛙科	澤蛙		1			
		樹蟾科	中國樹蟾		1			
		無法鑑定種的無尾目				2		
		爬行綱	有鱗目	飛蜥科	黃口攀蜥		9	1
				蝮蛇科	瑪家山龜殼花		1	
					黃領蛇科	紅斑蛇		2
青蛇				1				
白梅花蛇				1				
鈍頭蛇科	泰雅鈍頭蛇				10			
石龍子科	印度蜓蜥				4			
	麗紋石龍子				1			
正蜥科	翠斑草蜥				1			
蛇蜥科	哈特氏蛇蜥			II	1			
鳥綱	雀形目			鶯科	粉紅鸚嘴		1	
哺乳綱	齧齧目			尖鼠科	台灣長尾麝鼯		4	2
		無法鑑定種的齧齧						
	食肉目	鼯鼠科	台灣鼯鼠		1			
			靈貓科	白鼻心			1	
			貂科	鼬獾			1	
	啮齒目	鼠科	刺鼠		3			
			無法鑑定種的鼠			1		
	翼手目	無法鑑定至科的蝙蝠		2				
	無法鑑定至目的哺乳綱動物				1			
	個體數總計					92	14	
物種數(最小值)					25	7		

表11. 101甲公路各路段的年度累計路殺量及其路殺比例

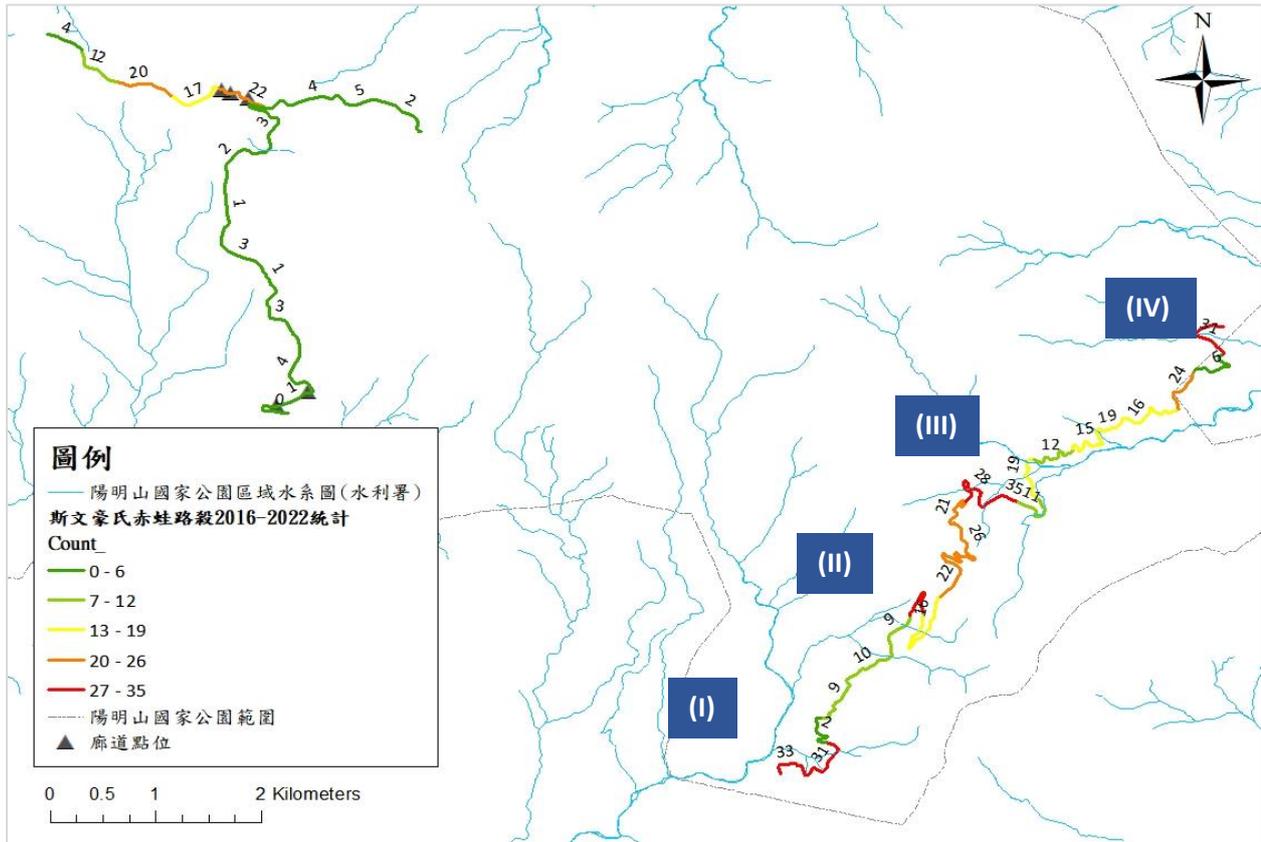
年度	路殺調查次數	3-5號廊道路段	101甲公路終點到二子坪路段	3-5號廊道路段/ 101甲公路終點到二子坪路段的路殺量	總路殺量 (101甲、陽金、萬溪產業道路)	101甲公路終點到二子坪路段/ 總路殺量	備註
2016		58	218	26.6%	1032	21.1%	
2017		32	135	23.7%	544	24.8%	
2018		15	80	18.8%	267	30.0%	
2019		8	29	27.6%	481	6.0%	12月道路邊坡坍方，無法調查
2020		73	193	37.8%	1016	19.0%	道路邊坡施工
2021		12	70	17.1%	616	11.4%	5-7月未調查(新冠肺炎)
2022		1	9	11.1%	134	6.7%	6-9月未調查(計畫中斷)
2023		9	31	29.0%	237	13.1%	

三、萬溪產業道路上斯文豪氏赤蛙的路殺空間分布

本計畫彙整 2016-2022 年路殺資料，在總路殺個體數中，斯文豪氏赤蛙為第二多的物種(622 隻)(附錄 1)，且斯文豪氏赤蛙在萬溪產業道路的路殺量明顯較陽金與 101 甲公路多。2016-2022 年斯文豪氏赤蛙的路殺空間分布，顯示斯文豪氏赤蛙路殺量高的路段與劉小如(2008)的所有脊椎動物路殺量高的路段多為重疊(圖 13)，第一段(I)位於至善路三段 150 巷國家公園界碑至帕米爾公園間，總長約 1KM；第二段(II)位於萬溪產業道路 4.6K 至 5.1K 處；第三段(III)位於北 28 縣道 14.5-13.5K，長度約 1KM；以及第四段(IV)為北 28 縣道約 9.3K 處至國家公園界碑處止(圖 13)。

經過調查路線與水系圖疊圖後發現，萬溪產業道路有較多的溪流及支流與道路鄰近或交叉(圖 13)。本計畫針對這些路殺量高的路段，依據 google 地圖及實地探查，找出在路殺量高路段，路邊常有溪流、山澗流水等棲地類型(圖 14)，這些微棲地為斯文豪氏赤蛙喜愛的類型，未來應針對這些地點進行小規模的圍籬設計，引導動物進入鄰近的溪流，並減少動物進入道路的機率。

(a)



(b)

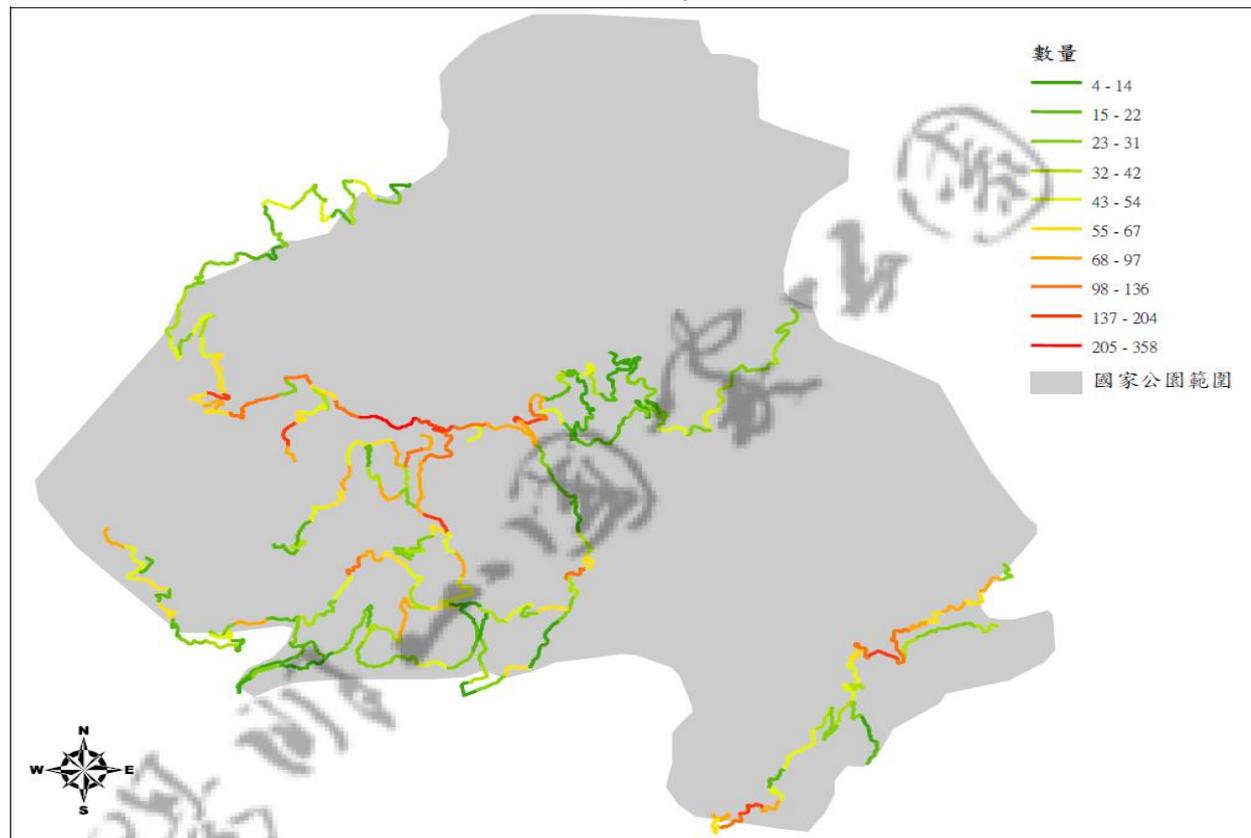


圖13. 斯文豪氏赤蛙(a)2016-2022年調查的路殺量的空間分布與水系分布圖，(b) 2008年脊椎動物路殺量空間分布圖(取自劉小如 2008)。

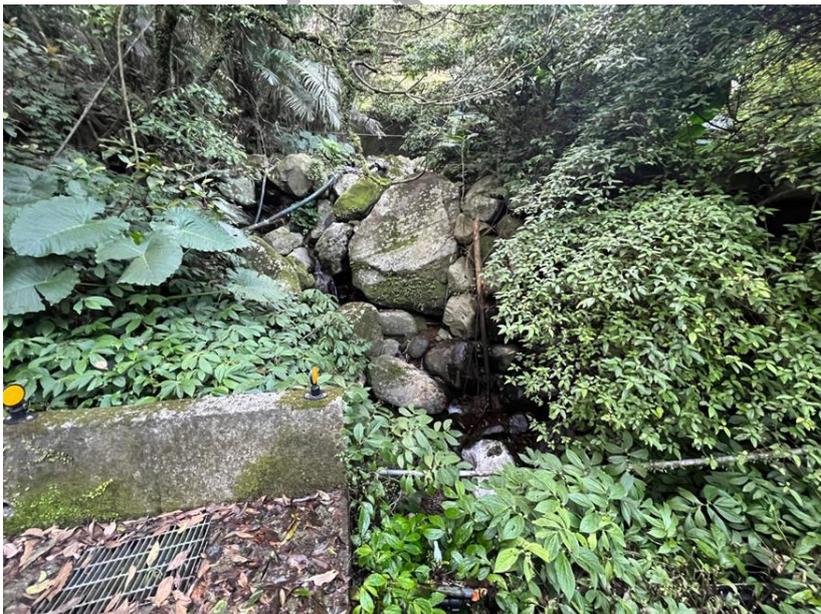


圖14. 斯文豪氏赤蛙路殺量高路段的路邊棲地照。

第四章、討論、結論與建議

第一節、路殺調查

了解發生路殺的高危險物種、時間高峰期及地點熱點是提供減少路殺保育措施最基礎也最重要的資訊(Forman & Alexander, 1998; Garrah et al., 2015; Trombulak & Frissell, 2000)。然而，這些訊息在年間可能會有很大的變異性，有許多面向的因素都可能影響年間的路殺量差異，人類及社會方面的變因可能有：交通流量改變、道路設施改變等，而野生生物方面的因素可能有：生物活動範圍改變、族群大小的年間波動、族群大小下降...等。因此，唯有長期的調查才能了解年間資料變異的來源，並對路殺保育措施提供較一致性且穩定可行的方案(Beebee, 2013; Lima Santos et al., 2017; Sillero, 2008)。

若在歷年調查中發現，某些物種或類群路殺量持續下降，有可能表示野外族群量有持續受路殺影響而下降的危機(Eberhardt et al., 2013)。近年陳怡惠 (2019)藉由簡化的每公里的脊椎動物總路殺量比較，發現之前計畫調查所得路殺量在年間目前呈現上下波動情況，尚無發現持續下降或上升的趨勢。然 2022-2023 年間的例行路殺調查資料，共計有 42 種 387 隻動物路殺個體，2022 年期間有中斷調查的月份因此無法比較，而 2023 年共計有 252 隻路殺個體，相較於從 2016-2021 年的數量，2023 年是最低的(接近 2018 年的 267 隻)，因此，需要持續關注容易被路殺的動物物種之族群大小變動，以了解是否有因為路殺而導致族群大小減少的趨勢。

一、大屯山車道的路殺調查及封路措施

大屯山車道封路前後的比較分析，相較於封路前明顯減少了許多兩棲與爬行類動物的路殺數量(表 10)，尤其減少被路殺的蛇類種類。明顯顯示出封路對減緩路殺量的效果。除此之外，也顯示出長期路殺調查的重要性，在任何保育措施進行前若能有長期例行的調查或監測資料，才能有保育措施施行前後的資料比對，以確實顯示保育措施的效果。

二、101甲公路的道路變動及動物警告標誌更新

大部分駕駛者對道路上的較小型動物(如:兩棲類與爬行類的蜥蜴及中小型蛇類)的察覺性不高，但在路旁加設動物警示標誌能引車輛起駕駛注意，增加駕駛減低車速的意願，仍可能減少動物路殺的機率(Bond & Jones, 2013; Collinson et al., 2019; Grace et al., 2015)。

自 101 甲公路終點(與陽金公路交叉口)至二子坪路段，於 2020 年更新改善了注意動物警示標誌，比起先前的警示標誌，降低了高度，讓駕駛人更易看見標誌。標誌更新之後，2023 年首度有整年度的路殺調查，結果發現在更新動物警示標誌的 3-5 號廊道路段及 101 甲公路終點到二子坪路段的路殺量，比起 2016-2018 年的路殺量低，接近 2019 年的最低值。3-5 號廊道路段的路殺量佔 101 甲公路終點到二子坪路段比例與施工前差不多，而 101 甲公路終點到二子坪路段，其路殺量占整體路殺量的比例低於 2016-2017 年(表 11)。目前結果尚不能支持動物警示標誌有明顯降低路殺的證據，這可能是因為 101 公路自陽金公路交叉口至二子坪路段，沒有路燈，夜間能見度不好。且夜間車輛行駛時車輛燈光無法照射到動物警示標誌，加上駕駛人的視線在前方地面上，推測可能因此降低了動物警示標誌的能見度。建議可以持續監測以了解其效果。

三、萬溪產業道路上斯文豪氏赤蛙的路殺空間分布

沈至瑜 (2023)影響與斯文豪氏赤蛙路殺量的因子包括：地形坡度(正相關)、人為使用面積(負相關)以及離水域距離(負相關)。斯文豪氏赤蛙的生態習性為棲息於山區溪流附近，也常出現在山澗或溪溝的流水區域。除了冬天，幾乎整年都很活躍，主要在秋天及春天產卵。因此道路旁或下方有溪流經過或在路旁有山澗或溪溝，都容易有斯文豪氏赤蛙棲息，且可能進入道路造成路殺。萬溪產業道路為水系分布密集的区域，未來可針對路殺量高的地點進一步探查，釐清是否有需要針對路邊的山澗或溪溝增設路邊檔板作為路殺減緩措施，思考檔板的設置方式及長度，及檔板是否可能將動物導引至鄰近溪流。

第二節、具體建議

建議一：持續監測動物使用廊道情形，並定期監測廊道與圍籬的狀態。

建議性質：短期可行建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：

說明：

- (1)持續監測動物使用廊道情形，是了解廊道是否持續有效地被動物使用的重要工作，也是未來是否需要改善廊道的重要依據。而根據使用不同記錄模式的自動相機監測的比較結果，定時拍照模式(1分鐘間隔)有較佳的物種偵測率，對利用廊道的所有脊椎動物種類能有較完整的使用紀錄。觸發錄影模式則可以獲得哺乳類的行進方向與行為表現的影片，可應用在行為分析及推廣教育用途上。在管理層面上，陽明山國家公園管理處可以因應目標需求而擇一採用或併行使用。
- (2)陽明山區多雨，易因下雨導致土石滑落而堵塞住廊道開口，並影響動物進入廊道，或使圍籬傾斜或破洞，影響阻隔動物進入路面的效果。此外，高大的植被會覆蓋廊道周邊的圍籬，讓動物容易攀附植物並跨越圍籬，進而進入道路。因此，建議須持續巡查監測廊道與圍籬，及時了解哪些路段的圍籬需要砍除圍籬上方的植物，或有需要修補的地方，維持設施的正常運作狀態。

建議二：針對 101 甲公路的動物警示標誌，建議可考慮簡化圖示，並在警示標誌牌外圍加小型感應式閃光燈，增加警示效果。

建議性質：短中期可行建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：臺北市交通局、新北市交通局

說明：目前 2020 年新設的注意動物警示標誌，高度能讓駕駛人於日間看見標誌，但夜間能見度不甚佳，加上 101 公路自陽金公路交叉口至二子坪路段，沒有路燈，夜間車輛以近光燈行駛時燈光較不易照射到動物警示標誌，因此並能見度稍低，效果可能較有限。建議針對這個路段的警示標誌，可以考慮在警示標誌牌外圍加裝感應式閃光燈，有車輛經過時閃爍幾秒鐘，提高在夜間警示駕駛人的效果。此外，警示標誌建議可考慮更加簡化圖示。

建議三：針對萬溪產業道路及 101 甲公路上的路殺熱點路段，以不同顏色且摩擦力較高的材質鋪設於路面上，促使車輛減速，減少路殺發生機率。

建議性質：中長期可行建議

主辦機關：臺北市交通局、新北市交通局

協辦機關：陽明山國家公園管理處

說明：降低車速是減輕路殺量的一項可行方案，針對路殺熱點路段評估是否可以增設路面上的車輛減速材質，促使駕駛在路殺熱點路段減低車速，減少路殺發生。過去以光滑且凸起於路面的減速帶或減速脊的方式，有時在下雨濕滑時容造成車輛打滑，近年在日本的許多路段，尤其在轉彎路段，路面上有使用不同顏色(如：暗紅色)且摩擦力較高的材質平鋪於道路表面上，可以減低車速且避免車輛打滑的風險。

建議四：針對萬溪產業道路中路殺量高的斯文豪氏赤蛙，規畫路殺改善措施，及野外動物族群生態的研究。

建議性質：中長期可行建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：

說明：

- (1)斯文豪氏赤蛙的路殺空間分布顯示路殺量高的路段有 4 段，第一段(I)位於至善路三段 150 巷國家公園界碑至帕米爾公園間，總長約 1KM；第二段(II)位於萬溪產業道路 4.6K 至 5.1K 處；第三段(III)位於北 28 縣道 14.5-13.5K，長度約 1KM；以及第四段(IV)為北 28 縣道約 9.3K 處至國家公園界碑處止(圖 13)。這些路殺量較高的路段，通常有溪流、山澗流水等棲地類型(圖 14)。建議未來應針對這些路段進行路殺改善措施規畫，如：設立敬告標誌，並進行小規模的圍籬設計，引導動物進入鄰近的溪流，並減少動物進入道路的機率。
- (2)應在此路段持續進行路殺調查，以作為分析路殺改善措施施作前後的效果比較之基礎資料，若缺乏資料改善措施施作前的調查資料，很難評估其減少路殺的效果。
- (3)應監測野外族群大小與數量變動，並了解道路旁的動物的族群大小或遺傳結構是否受到路殺或道路隔離的影響。

建議五：規劃國家公園全區道路路殺調查，監測野生動物的路殺數量變化，並適時評估路殺對野生動物的威脅程度。

建議性質：中長期可行建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：

說明：

- (1)長期且系統化的路殺調查才能追蹤野生動物路殺量的時間及空間分布情形，評估路殺對野生動物造成的威脅程度，及適時擬定保育措施，因此，建議仍應定期進行全區調查。國家公園全區道路路殺調查的前次執行為劉小如(2008)，目前已經過了15年，因此建議可考慮再次進行全區路殺調查，評估有路殺的空間分布是否有改變。
- (2)建議全區路殺調查時，應於1年中的春夏季與秋冬季各進行至少1次調查，以減少不同路段在不同季節調查時導致數量和物種組成有所偏差。
- (3)陽明山國家公園管理處亦可考慮與行政院農業委員會特有生物研究保育中心主導的台灣動物路死觀察網合作，以每季一次的頻率，採用共同的調查方法，定期獲得國家公園內的野生動物路殺量資料，且可與全國的資料結合應用。

謝辭

本計畫能順利完成，首先特別感謝研究助理張高銘先生，他在野外實地調查、定期更換自動相機、監測影像資料審閱與建檔、資料記錄整理等計畫內的工作事項，皆盡心盡力，是計畫順利執行的最重要人員。十分感謝潘昱亘先生長期穩定地協助路殺調查，非常感謝中國文化大學的蘇昱愷、鍾維軒、洪銓佑、謝韙岑、陳家禾、廖雋璋、黃冠凱等人協助進行路殺調查、自動相機更換、監測影像資料審閱與建檔的工作。謝謝參與各期報告審查的專家學者給予書面與口頭建議。最後感謝陽明山國家公園管理處提供計畫經費支持，以及保育課華予菁課長及潘昱光先生提供相關行政支援。

附錄

附錄1. 2016-2023 年陽金公路、101 甲公路及萬溪產業道路的路殺資料

綱	目	科	物種中文名/路段	保育等級		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	總計		
				等級	等級											
兩棲綱	無尾目	叉舌蛙科	虎皮蛙				3		1	1				5		
			福建大頭蛙			1	2		1					3	7	
					澤蛙			23	9	1	3	10	2	1	6	55
		赤蛙科	拉都希氏赤蛙			55	7	7	33	15	74	13	11	215		
			長腳赤蛙			1		1		2		1	5			
			貢德氏赤蛙			4	9	3	2	8	5	1	32			
			梭德氏赤蛙			1							1			
			斯文豪氏赤蛙			162	88	29	65	187	75	16	31	653		
		樹蛙科	布氏樹蛙			10	6	1		16	6			39		
			艾氏樹蛙						1	1				2		
			面天樹蛙			2				3			1	6		
			斑腿樹蛙							1	3	1	9	14		
			褐樹蛙			40	4			55	1		5	105		
		樹蟾科	台北樹蛙	III		16	4	6	2	6	11	7	5	57		
			中國樹蟾			14				2	2			18		
		蟾蜍科	黑眶蟾蜍			58	37	15	20	62	31	9	12	244		
			盤古蟾蜍			290	156	86	158	148	118	38	64	1058		
					無法鑑定至種的無尾目	86	8	1	41	140	81	3	10	370		
		爬行綱	有鱗目	正蜥科	翠斑草蜥			1		1		1				3
					印度蜥蜴			6	6	3	1	25	19	7	6	73
石龍子科	麗紋石龍子					1	1	1	2	4	3		3	15		
	中國石龍子					1			3			2		6		
飛蜥科	黃口攀蜥					90	71	33	34	124	57	8	16	433		
	斯文豪氏攀蜥					3								3		
壁虎科	鉛山壁虎								3					3		
鈍頭蛇科	泰雅鈍頭蛇					25	18	19	25	26	14	1	5	133		
蝙蝠蛇科	梭德氏帶紋赤蛇			II			1			3	2		1	7		
	雨傘節					2	5			2	1	1	1	12		
	中華眼鏡蛇					2	1	1		2	2			8		
	環紋赤蛇			III		5	4	1	1	3	2	1	2	19		
	赤尾青竹絲					10	16	6	5	19	12	4	5	77		
蝮蛇科	龜殼花					11	6	5	3	9	7	4	4	49		
	瑪家山龜殼花			II		3	1	1	1		1	1		8		
蛇蜥科	哈特氏蛇蜥			II		1				1				2		
黃頰蛇科	大頭蛇					1	3	4	5	5	8	1	5	32		
	王錦蛇						1				1			2		
	白梅花蛇					3	5	1	2	2	4		8	25		
	白腹游蛇					3	1			2	1			7		
	赤背松柏根					2		4		2			3	11		
	赤腹松柏根					1		1	4	3				9		
	金絲蛇			I			1			2				3		
	青蛇					8	3	6	8	8				6	39	
	紅竹蛇					4	1	1	1	2	1	1	1	12		
	紅斑蛇					14	7	3	7	12	4	1	1	49		
	草花蛇										1			1		
	茶斑蛇					3	3	1	3	5	8	3	4	30		
	細紋南蛇									1				1		
	梭德氏游蛇					3	2	2	6	12	9		7	41		
	斯文豪氏游蛇			III			1				2		1	4		
	過山刀					6	1	8	3	6	10		1	35		
	擬龜殼花						16	4		7	1			28		
	鐵線蛇					2			1	6	2	1		12		
南蛇					1								1			
黑眉錦蛇	III				1			1					2			
					無法鑑定至種的有鱗目	29	2	1	18	15	15		2	82		

(續附錄 1)

綱	目	科	物種中文名/路段	保育		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	總計	
				等級											
哺乳綱	食肉目	貂科	鼬獾			1	4	3	2	4		1	4	19	
		靈貓科	白鼻心				1								1
	翼手目	葉鼻蝠科	臺灣葉鼻蝠							2					2
		蝙蝠科	東亞家蝠					2							2
	啮齒目	松鼠科	赤腹松鼠					2		4					6
			鼠科	小黃腹鼠					2						2
				刺鼠			4	2	2	6	4	9	1	1	29
				溝鼠				1							1
	齧形目	尖鼠科	鼯鼠			5	3			2	3	1			14
		鼯鼠科	台灣鼯鼠			2	2		1	2	2	1		3	13
		無法鑑定至種的哺乳類					9	2	1	5	11	2			30
	鳥綱	雀形目	八色鸚科	八色鳥	II						1				1
			畫眉科	小彎嘴畫眉											2
			山紅頭							1					1
噪眉科			繡眼畫眉				1								1
鴉科			喜鵲						1						1
繡眼科			綠繡眼											1	1
鶉科			白頭翁						1	1					2
鴉形目		鴉科	領角鴉	II		2	1	1						4	
鸚形目		鸚科	五色鳥			2								1	3
鴿形目		鳩鴿科	家鴿			1	3							4	
鸚形目		鸚科	夜鸚									4		4	
	無法鑑定至種的鳥類					3	7	1	2	15	4	1	1	34	
	無法鑑定綱的物種					2								2	
筆數總計						1032	544	267	480	1016	616	135	252	4342	
物種數 (最小值)						47	47	34	36	52	38	28	35	74	

附錄2. 生態廊道與圍籬設施巡查紀錄(範例)

2022/10/21，發現圍籬破損，拍照並回報保育課



2022/10/24，等待修復期間，計畫人員先以束帶進行初步修補



附錄3. 計畫評選會會議紀錄與意見回復

會議記錄

「111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及路殺調查」

採購評選委員會評選會議紀錄

- 壹、會議時間：111 年 9 月 15 日（星期四）下午 2 時整
- 貳、會議地點：本處二樓會議室
- 參、主持人：韓委員兼召集人志武 紀錄：潘昱光
- 肆、評選委員會組成：專家學者委員 4 人、專家學者以外委員 3 人，共計 7 人組成。
- 伍、出席委員：韓志武委員兼召集人、華予菁委員兼副召集人、李佩珍委員、金仕謙委員、趙榮台委員、葉超然委員。
- 陸、請假委員：毛俊傑委員
- 柒、列席人員（工作小組成員）：潘昱光（協助評選委員會辦理與評選有關之作業）
- 捌、評選方式：採序位法評選優勝廠商。
- 玖、投標廠商家數及名稱：投標廠商 1 家且其資格及評選項目以外資料經審查合格，廠商名稱為中國文化大學。
- 拾、召集人致詞：(略)
- 拾壹、報告事項：
- 一、主辦單位就本案需求內容及廠商評選事宜報告(略)。
 - 二、工作小組初審意見報告(略)。
- 拾貳、委員確認事項：
- 評選委員確認知悉「採購評選委員會委員須知」內容，且無應辭職或予以解聘之情形。
- 拾參、廠商詢答事項：
- 廠商一(中國文化大學)
- (一) 委員一(李佩珍委員)：
1. 針對路殺數量較大的物種，建議可進行單一物種更深入的分析，例如:比較該物種在繁殖季與非繁殖季的路殺狀況與廊道使用狀況。
 2. 本項工作已持續進行了很多年，期望能在本年度有比較具體的成果，包括以過去歷年資源為基礎，分析並量化廊道對減緩路殺的效益為何？
 3. 在分析路殺時空分布上，遊客量與交通量是否也是重要考量？氣象因子的空間度解析度是否適合本研究，例如：氣象站的位置，以及其資料對應到的路殺調查點位為何？
 4. 本案屬延續性計畫，服務建議書若適當呈現過去數年的主要成果與建議，會更有助於了解工作規劃之適切性。
 5. 某物種路殺的量，以及使用廊道的頻度，很可能反應了他們在某地段附近的族群數量，而非該地點本身有特殊的環境條件所導致，但本案並無足夠資源建立各物種的族群量背景值，因此是否可請團隊思考，以一、二個物種做示範操作，設計數種族群空間分布的情境，模擬路殺量與廊道利用如同受到一個物種本身族群空間分布的影響。
 6. 經費表上有些不清楚的地方，請再評估調整，例如專任助理在人力配置表上說會具有 5 年經驗，但預算只編了學士級第一年的薪資，另差旅與臨時工資的單位(人日、人月、人時?)與數量，似乎不太合理？
 7. 過往陽管處應有依循路殺建議設置警示牌誌，建議可分析設置前後之路殺量多寡。
- (二) 委員二(金仕謙委員)：

- 1.路殺案例的紀錄，除 GPS 點位外，周邊狀況的紀錄項目未明確列出，建議應予強化，以利後續分析及改進建議的完整性。
- 2.建議是可連結調查路線的道路清潔、邊坡除草、道路工程施作等計畫執行時之單位，協力資料收集或因子分析之整合。
- 3.建議道路流量、使用時間、交通工具型態分析等對路殺調查結果的影響原因進行分析。
- 4.建議工作人員於進行調查時除交通安全外，針對動物遺體之採檢應遵守相關規範，並注意其上可能帶有之法定傳染病。

(三) 委員三(趙榮台委員)：

- 1.請說明每天調查一次、每週一次與每兩週調查一次的優缺點。每兩週調查一次為什麼是合適的調查頻率？引用文獻在參考文獻中找不到，請補充。
- 2.路殺調查有路線圖，但沒有樣線圖，請說明樣線的位置、長度。
- 3.動物屍體存留在路上的時間最長約是一週的結論出自哪一個國家或地區？這種說法適用於臺灣嗎？引用文獻(Taylor and Goldingay 2004)在參考文獻中，但有 2003 年與 2010 年兩篇，找不到 2004 年的文獻，請說明。

(三) 委員四(葉超然委員)：

- 1.陽金公路、百拉卡公路之道路割草、清潔維護部分係由本處廠商負責，路殺遺體將每日由廠商通報、本處巡山員拾回，如過於腐爛將予以掩埋處理，並記錄相關點位照片；遊客通報亦同。後續資料如有幸得標，將提供給團隊。
- 2.目前本處 5 處生態廊道設置後動物路殺情況有無改善？建議未來如有幸得標，請團隊提供園區其餘高路殺區域之點位與增設廊道之建議。

(三) 委員五(華予菁委員)：

- 1.本計畫設定之預期目標及調查結果有別以往，如有幸得標，建議可重新檢視過去的路殺調查方法是否需適度調整。
- 2.另本處今年 1 到 9 月廊道及路殺調查資料將可提供研究團隊整合到今年的年度調查報告。
- 3.有關職勞安部分，經費表只看到平安險，建議評估野外調查人員的安全保障是否足夠。

(三) 委員六(韓志武委員)：

- 1.可參酌委員建議調整調查方法，然合約書工作項目需達成。
- 2.本處於第四次通盤檢討時亦辦理陽明山國家公園道路特別景觀區風貌保全改善設計規劃案，相關交通量資料可參考。

受評廠商回應

- 1.將參酌委員意見，於路殺、廊道會加入常見物種之分析並補充方法；將留意物種之原始分布。
- 2.廊道建造前後對路殺量之影響據黃光瀛博士之調查為降低 35%，後續 105 至 109 年曾進行廊道與相鄰路段之比較無明顯差異，未來遊客量或交通量是否為影響因子可試著加入分析。
- 3.服務建議書之經費表將進行修正。
- 4.目前調查是平日以 2 人 1 組進行以彼此照應，鳥類、哺乳類動物屍體撿拾人員將全程配戴手套、口罩並放入封口袋中，如體積太大將通報貴處保育課。
- 5.有關車流量估算將以人力進行估算。
- 6.有關道路上屍體存留問題，除人力考量外，留存天數之相關文獻將加入，如系統性長年持續累積調查資料應能有其可信度。
- 7.過去為能與劉小如教授所作成果進行比對分析使用 500 公尺進行路殺熱點分段，然未來為進行統計資料考量將調整至 100 公尺，並補足相關說明。

拾肆、評選結果：

- 一、經本委員會就各評選項目、受評廠商資料及工作小組初審意見逐項討論後，綜合評選結果詳評選總表。

二、經各委員依據本採購案評分表評定參與評選廠商分數（序位），並將各委員評分結果填列於評選總表，中國文化大學總評分為 493／平均總評分為 82.17／序位合計值為 6／序位為 1。

三、不同委員之評選結果無明顯差異情形。

四、評選委員會或個別委員評選結果未與工作小組初審意見無差異。

五、決議：

本次評選廠商平均總評分均達 80 分以上，經出席委員過半數決議：序位第 1 之中國文化大學為第 1 優勝廠商。

拾伍、委員是否有不同意見：無。

拾陸、散會（下午 3 時 10 分）。

陽明山國家公園管理處

111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測

及路殺調查案

評選會議簽到簿

時間：111 年 9 月 15 日（星期四）下午 2 時整

地點：本處 2 樓會議室

主持人：召集人 韓志利

記錄：潘昱光

出（列）席單位人員：

評選委員	簽到處
華子菁委員兼副召集人	<u>華子菁</u>
毛俊傑委員	請假
李佩珍委員	<u>李佩珍</u>
金仕謙委員	<u>金仕謙</u>
趙榮台委員	<u>趙榮台</u>
葉超然委員	<u>葉超然</u>

(111 年 9 月 15 日 111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及路殺調查案評選會議簽到簿)

陽明山國家公園管理處

111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測

及路殺調查案

評選會議簽到簿

出（列）席單位人員：

廠商	簽到處
中國文化大學	<u>陳怡恩</u>

(111 年 9 月 15 日 111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及路殺調查案評選會議簽到簿)

審查意見回覆

審查意見摘要	受委託單位回應
委員一(李佩珍委員)	
1.針對路殺數量較大的物種，建議可進行單一物種更深入的分析，例如:比較該物種在繁殖季與非繁殖季的路殺狀況與廊道使用狀況。	將參酌委員意見，於報告中增加。(P24-25)
2.本項工作已持續進行了很多年，期望能在本年度有比較具體的成果，包括以過去歷年資源為基礎，分析並量化廊道對減緩路殺的效益為何？過往陽管處應有依循路殺建議設置警示牌誌，建議可分析設置前後之路殺量多寡。	根據黃光瀛博士的調查，廊道建造之後的路殺量相較於之前，降低約 35%。105 至 109 年曾進行廊道與相鄰路段之比較，則無明顯差異。 今年將於取得警示牌誌的路段後，分析設置前後之路殺量多寡。(P9-10)
3.在分析路殺時空分布上，遊客量與交通量是否也是重要考量？氣象因子的空間度解析度是否適合本研究，例如：氣象站的位置，以及其資料對應到的路殺調查點位為何？	參酌委員建議，未來計畫可加入這些想法。
4.本案屬延續性計畫，服務建議書若適當呈現過去數年的主要成果與建議，會更有助於了解工作規劃之適切性。	依照委員建議，於緒論部分增加報告內容。(P6-9)
5.某物種路殺的量，以及使用廊道的頻度，很可能反應了他們在某地段附近的族群數量，而非該地點本身有特殊的環境條件所導致，但本案並無足夠資源建立各物種的族群量背景值，因此是否可請團隊思考，以一、二個物種做示範操作，設計數種族群空間分布的情境，模擬路殺量與廊道利用如同受到一個物種本身族群空間分布的影響。	野外族群大小很難估算，過去管理處計畫或報告中似乎並無資料可以參考。我們將依照委員建議盡力嘗試。
6.經費表上有些不清楚的地方，請再評估調整，例如專任助理在人力配置表上說會具有 5 年經驗，但預算只編了學士級第一年的薪資，另差旅與臨時工資的單位(人日、人月、人時?)與數量，似乎不太合理？	依照委員建議修改經費表。
委員二(金仕謙委員)	
1.路殺案例的紀錄，除 GPS 點位外，周邊狀況的紀錄項目未明確列出，建議應予強化，以利後續分析及改進建議的完整性。建議是可連結調查路線的道路清潔、邊坡除草、道路工程施作等計畫執行時之單位，協力資料收集或因子分析之整合。	路殺事件周邊的道路與棲地狀況，將以 Google map 與國土測系統的地圖層資料取得基本資料，輔路殺調查時的現地比對。道路清潔、邊坡除草、道路工程施作等將請管理處協助提供資料，並於路殺調查時於備註註記。
2.建議道路流量、使用時間、交通工具型態分析等對路殺調查結果的影響原因進行分析。	遊客量與交通量的影響因子，未來計畫中可試著測量並加入分析。交通工具型態是難以獲得測量資料，暫不考慮放入分析。
3.建議工作人員於進行調查時除交通安全外，針對動物遺體之採檢應遵守相關規範，並注意其上可能帶有之法定傳染病。	目前調查是平日以 2 人 1 組進行以彼此照應，鳥類、哺乳類動物屍體撿拾人員將全程

	配戴手套、口罩並放入封口袋中，如體積太大將通報管理處保育課，請專人處理。
委員三(趙榮台委員)	
1. 動物屍體存留在路上的時間最長約是一週的結論出自哪一個國家或地區？這種說法適用於臺灣嗎？引用文獻(Taylor and Goldingay 2004)在參考文獻中，但有 2003 年與 2010 年兩篇，找不到 2004 年的文獻，請說明。請說明每天調查一次、每週一次與每兩週調查一次的優缺點。每兩週調查一次為什麼是合適的調查頻率？引用文獻在參考文獻中找不到，請補充。	方法中說明兩周一次調查的考量，刪除委員提及不適用臺灣狀況的文獻資料。
2. 路殺調查有路線圖，但沒有樣線圖，請說明樣線的位置、長度。	路殺調查為針對熱點路段進行沿線長期監測，並無另外取樣的樣線。如報告所列。
委員四(葉超然委員)	
1. 陽金公路、百拉卡公路之道路割草、清潔維護部分係由本處廠商負責，路殺遺體將每日由廠商通報、本處巡山員拾回，如過於腐爛將予以掩埋處理，並記錄相關點位照片；遊客通報亦同。後續資料如有幸得標，將提供給團隊。	謝謝委員提供相關訊息。
2. 目前本處 5 處生態廊道設置後動物路殺情況有無改善？建議未來如有幸得標，請團隊提供園區其餘高路殺區域之點位與增設廊道之建議。	根據黃光瀛博士的調查，廊道建造之後的路殺量相較於之前，降低約 35%。而 2016 至 2019 年曾進行廊道與相鄰路段之比較，則無明顯差異。 未來計畫成果將提供園區其餘高路殺區域之點位與增設廊道之建議。
委員五(華予菁委員)	
1. 本計畫設定之預期目標及調查結果有別以往，如有幸得標，建議可重新檢視過去的路殺調查方法是否需適度調整。	預期目標及調查結果與以往計畫相同，達成合約書目標後，盡力進行額外方法調整或分析，讓資料有更好的利用。
2. 另本處今年 1 到 9 月廊道及路殺調查資料將可提供研究團隊整合到今年的年度調查報告。	將於計畫開始後陸續進行。
3. 有關職勞安部分，經費表只看到平安險，建議評估野外調查人員的安全保障是否足夠。	計畫人員會以專任助理或臨時工方式聘任，學校皆會依法投保勞健保，計畫經費部分僅針對想參加野外調查的非聘僱人員加保平安險。
委員六(韓志武委員)	
1. 可參酌委員建議調整調查方法，然合約書工作項目需達成。	服務建議書涵蓋所有合約書目標，達成合約書目標後，盡力進行額外方法調整或分析。
2. 本處於第四次通盤檢討時亦辦理陽明山國家公園道路特別景觀區風貌保全改善設計規劃案，相關交通量資料可參考。	將請保育課同仁協助取得資料，謝謝委員提供相關訊息。

附錄4. 期初會議紀錄與意見回復

會議記錄

陽明山國家公園管理處

111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及路殺調查案期初審查會議紀錄

壹、時間：111 年 11 月 16 日（星期三）下午 2 時整

貳、地點：本處 2 樓會議室

參、主持人：本處楊處長模麟（張副處長順發代）

紀錄：潘昱光

肆、出（列）席單位人員：（詳簽到簿）

伍、業務單位報告：略

陸、討論：

一、金氏動物醫院金仕謙院長：

- （一） 針對資料分析時間分布的形式，如不同時間點，早晚晨昏的差別應做具體呈現，光週期部分請再加以詳述；空間部分，過往劉小如老師以 0.5 公里進行分析，現以 0.1 公里處理之差異。
- （二） 檢視 4 年間資料相對應之團隊建議，其後續追蹤執行處理上之狀況為何？
- （三） 針對特定物種的路殺高危險族群，例如斯文豪氏赤蛙，其在發生熱點周遭棲地或繁殖地的變化？發生熱點的生態條件變化？車流變化？建議可作進一步的分析。
- （四） 區內車流量監測建議透過國家公園警察隊、交通局或交通部等機關進行可能之協助。
- （五） 陽管處清潔、除草、施工時間之回饋資料如何與路殺資料作連結？如陽管處拾獲或路殺社所作資料將如何處置請說明。

二、國立宜蘭大學森林暨自然資源學系毛俊傑助理教授：

- （一） 建議針對熱點 3 種高路殺量物種其對於道路之生物學、生態習性及開闢地遇到危險之反應收集相關資料。
- （二） 需注意食腐動物對本案路殺調查之影響，據國外調查路殺動物遺體僅停留路面 6 小時，便會被其他動物利用，本區內臺灣藍鵲、麝香貓、鼬獾等亦屬此類動物，建議可於路殺熱點評估食腐動物對路殺調查之影響，另民眾私自撿拾之影響應加入考量。
- （三） 路殺熱點可能會因設置生態廊道後，而於他處產生，不知陽管處未來規劃為何？
- （四） 道路結構與路殺之關係，以北橫為例，紐澤西護欄開口附近會為路殺熱點，路燈有無、溪澗亦有影響，The Predatory Animal and Rodent Control (PARC) 單位有出版相關文獻，建議可參考。
- （五） 建議調查熱點與非熱點路段、假日與非假日車流量有無顯著差異。
- （六） 車速與路殺量可能非線性關係，國外車流量少、中等車速才可造成高路殺。
- （七） 水泥擋土牆面或許可鋪設植物纖維材質之網，以利蛇類利用。

三、國立臺灣師範大學生命科學專業學院李佩珍教授（書面意見）：

- （一） 路殺調查路線圖可套疊相關圖資（如衛星影像、土地利用、通檢圖等），以利瞭解調查路線與生態廊道的周邊地景與分區管制等資訊。
- （二） 請補充光週期（第 13 頁）此項環境因子的說明，這是指月亮的盈虧週期嗎？還是指季節性日照長度占全天比例？
- （三） 因檢測疾病所需而送管理處的路殺屍體是否僅限於鼬獾？報告書中第 12 頁的敘述為：相關物種如鼬獾，不是很明確。建議未來明確表列那些物種會送管理處、那些不會。
- （四） 針對本次報告中加入後續路殺量時空分布與環境因子分析的規劃（第 12-14 頁），給予肯定。建議未來分析時路線切割的單位（目前規劃 100 公尺）可以做一些思考與嘗試，我的擔心是以 100 公尺來分路段，會有很多路段路殺量為 0，造成統計模式擬合的困難。
- （五） 報告中提及過去資料顯示盤古蟾蜍、斯文豪氏赤蛙與黃口攀蜥等為路殺量較多的物種，但這些物種是否屬於無法以相機有效判斷其廊道利用的物種？如果是的話，他們可能不適合選做路殺影響因子的研究，因為即便知道影響他們路殺量的原因，也很難利用廊道來做為因

應的方式。是否可再考量物種的選擇？例如考慮針對大型蛇類、食肉目等做廊道利用的環境因子評估？這樣可以同時知道影響某物種或類群廊道利用的因子與影響他們被路殺的因子，結合兩方面資料，有效地評估廊道減緩路殺的效益。

- (六) 是否已與陽管處外包之道路清潔人員進行協調？在他們例行工作中如有發現路殺個體，是否會通報或者協助拾遺？
- (七) 在交通量方面，是否有管道取得超速案件的資料（超速罰單的時間、地點）？另外，這三條調查路線的車速管制是多少？可否在後續報告中補充？
- (八) 路殺社似乎也有一些陽明山國家公園境內的路殺資料，是否有考慮納入分析（例如可比較公民科學資料與本案有系統的調查資料，是否產出相同的高路殺風險物種名單）？這樣的比較有助於管理處評估公民科學資料在長期路殺監測上的意義。
- (九) 第 15 頁引用過去研究的格式有誤，應加上作者、非僅列年份（2019）。

四、本處小油坑管理站黃約僱保育巡查員瀚麟：

- (一) 3 至 5 號廊道區域為路殺熱點可能與巴拉卡公路上邊坡水泥擋土牆有關，其高度較高，動物離開護網後留置於道路上；護網常與地面有孔隙，小型物種易鑽出，建議團隊可多加留意。

五、本處解說教育課蕭淑碧課長：

- (一) 路殺量高與生態廊道使用物種有無進行比較分析，路殺量高物種在廊道中的使用狀況為何？
- (二) 近年來生態廊道使用之物種有無變化？
- (三) 本次報告中 8 月份路殺量減少原因為何？

六、本處保育研究課華予菁課長

- (一) 本課將提供區內道路型態、結構相關資訊、目前狀況等，以協助釐清環境影響因子。
- (二) 有關萬溪產業道路施作生態廊道之建議、護網孔目、材質之改善、經營管理上之調整建議可於期末報告時提出。
- (三) 本案已執行多年調查累積相當結果，除持續調查熱點外，建議有無可能與區外鄰近保護區或相似棲地狀況進行資料比較分析。
- (四) 針對工作計畫書內容部分：
 1. P.2 建議報告中可放入針對世界各國所做路殺減緩設施之示意圖與其優缺點比較，以供後續本處如需增設生態廊道之參考。
 2. P.10 路殺調查方法與國內外相似研究建議進行比較分析。

七、本處張副處長順發：

- (一) 本處持續進行路殺調查，除持續積累資料外，另透過系統科學化分析，來探討影響因子，以支撐本處後續作為。
- (二) 路殺社、本處紀錄資料可作為報告補充說明，呈現於非調查路段上之路殺物種、數量、分布位置，並可與系統調查作區隔。
- (三) 建議報告段落中加入前言，說明陽管處已延續多年之路殺調查、生態廊道動物利用等基本資料，未來或可整合 1 至 5 號生態廊道使用率與路殺量以進行趨勢分析。
- (四) 萬溪產業道路進行路殺調查時，可同時瞭解道路設施（如涵洞位置），以利後續與道路管理機關協調規劃生態廊道設置方式。
- (五) 建議報告中調查路段可補充航照圖，配合文字以完整呈現該路段周遭植被與人為利用環境情形。
- (六) 車流量部分，陽金公路段可以鄰近（如竹子湖）路段代表，萬溪產業道路應有相關資訊，本處亦可向交通主管機關索取。
- (七) 建議小油坑管理站需請清潔廠商注意誘導網割草頻度、廊道入口環境整理需定期，特別於大雨過後。
- (八) 有關路殺動物遺體於道路存留時間，或可由研究團隊討論設計一實驗，規劃安全觀察位置，透過保育志工進行紀錄，以補充相關本處路殺資訊。

八、受託單位回應：

- (一) 路殺調查時會同時記錄現場情境(含路燈有無)，區內道路限速時速 40 公里，大尺度地景資料將套疊圖層作分析。
- (二) 管處提供之路殺資料可能無法併入因子探討量化分析，因需有固定頻度、週期、系統性調查所得一致性資料才可進行分析。統整總量與地圖呈現時可放入。
- (三) 車流量目前先以軟體初步分析，後以人工校對，效益未知。
- (四) 食腐動物影響無法排除，但因包含更換相機等工作項目，2 周係可順利執行調查之頻度。
- (五) 路殺熱點因為統計分析比較所得，故有可能會移動。地景與道路特徵尚未做過相關分析，今年將加入因子分析，討論道路影響因子以進行改善(如與生態保護區的距離)。如非熱點區域欲架設相機監測，可能須向管處討論商借事宜。
- (六) 因車流量係影響路殺之重要因素，1、2 號廊道可以停車場量估算，101 甲路段不一定與車流量有關，可能與地景或道路因子有關。
- (七) 光週期係指季節性單日照長度占全日之比例，其亦會影響動物生殖。
- (八) 因檢測疾病所需而送陽管處的路殺動物屍體目前僅鼬獾。尚未與陽管處外包之道路清潔人員進行協調。
- (九) 參考過去劉小如老師所用 0.5 公里採樣於統計分析上樣本數量尚不足，故採以 0.1 公里。
- (十) 大型蛇類、食肉目在歷年路殺調查中數量相對較少，如以此進行路殺環境因子分析可能較難有結果。
- (十一) 101 甲道路尚未確定影響路殺因素，路邊圍籬改善或可於現今擋土牆上架設，但另一邊進入道路之生物則可能無法順利離開道路，需再加以研議；誘導網網目及材質過去曾與國外學者現地討論，表示適合貴處環境應無需改善，但圍籬上方清理、減少誘導網與土面接觸面之孔隙，為平日必要維護以減少動物穿越設施。
- (十二) 據歷年資料來看，廊道使用多為哺乳類動物，高路殺則為兩棲、爬行類動物，兩者尚未釐清關聯性。

柒、結論：

期初報告書審查原則通過，請受託單位續依委員及同仁意見辦理修正及補充事項，並請依契約規定辦理後續相關事宜。

捌、散會：下午 3 時 6 分。

陽明山國家公園管理處

111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及
路殺調查案期初審查會議簽到簿

時間：111 年 11 月 16 日(星期三)下午 2 時

地點：本處 2 樓會議室

主席：本處協處長 張煥登
記錄：潘昱光

出席(列)席單位人員：

受託單位：	職 稱	簽 到 處
中國文化大學 生命科學系	副教授	陳怡恩
	研究助理	張高銘

111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及
路殺調查案期初審查會議簽到簿

出席單位	職 稱	簽 到 處
行政院農委會林業試驗所 森林病蟲害組	特委台 選修研究員	
安大略動物醫院	主任 院長	金仁澤
臺灣科技大學生命科學 系茶室研究	李佩珍教授	李佩珍
國立宜蘭大學森林暨自然 資源學系	毛履傑 助理教授	毛履傑

(111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及路殺調查案期初審查會議簽到簿)

出席機關(單位)(人員)	職 稱	簽 到 處
本處	副處長	張煥登
本處	秘書	韓志新
企劃經理課		
環境維護課		
遊憩服務課		
解說教育課	課長	黃治慧
小油坑管理站	主任	黃治新
龍藏谷管理站	主任	周俊賢
擎天崗管理站	主任	陳序仁
陽明書院管理站		
保育研究課	課長	李予賢

(111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及路殺調查案期初審查會議簽到簿)

審查意見回覆

審查意見摘要	受託單位回應(報告頁次)
委員一(金仕謙委員)	
1.針對資料分析時間分布的形式，如不同時間點，早晚晨昏的差別應做具體呈現，光週期部分請再加以詳述；空間部分，過往劉小如老師以 0.5 公里進行分析，現以 0.1 公里處理之差異。	本計畫預計將以 0.5 公里為分段呈現資料，與過去計劃進行比較。
2.檢視 4 年間資料相對應之團隊建議，其後續追蹤執行處理上之狀況為何？	針對過去建議設立路殺警示標誌牌建議，管處於 2020 年重新設計並設立。本計畫今年進行夜間視察後，有提出進一步建議。(p9-10,15,22.)
3.針對特定物種的路殺高危險族群，例如斯文豪氏赤蛙，其在發生熱點周遭棲地或繁殖地的變化？發生熱點的生態條件變化？車流變化？建議可作進一步的分析。	針對斯文豪氏赤蛙路殺分布與水系，於報告增加。(p24-25)
4.區內車流量監測建議透過國家公園警察隊、交通局或交通部等機關進行可能之協助。	車流量資料先前詢問過交通局，該單位目前無架設此路段車流量監測的規劃，故車流量資料目前本計畫正在試行以架設自動相機方式進行收集。
5.陽管處清潔、除草、施工時間之回饋資料如何與路殺資料作連結？如陽管處拾獲或路殺社所作資料將如何處置請說明。	人員盡量避免在陽管處清潔除草時間的當天或隔天進行調查，然能與路殺資料結合的，應只有較長時間的施工期可能造成的影響可以討論。陽管處拾獲或路殺社暫時不考慮併入分析，因為目前計畫是以固定頻度收集資料進行分析，其他資料因調查頻度較為不固定，故不併入做分析，但在會在報告上呈現數量。
委員二(毛俊傑委員)	
1.建議針對熱點 3 種高路殺量物種其對於道路之生物學、生態習性及開闢地遇到危險之反應收集相關資料。	持續收集中。
2.需注意食腐動物對本案路殺調查之影響，據國外調查路殺動物遺體僅停留路面 6 小時，便會被其他動物利用，本區內臺灣藍鵲、麝香貓、鼬獾等亦屬此類動物，建議可於路殺熱點評估食腐動物對路殺調查之影響，另民眾私自撿拾之影響應加入考量。	根據過去黃光瀛(2001, 2002)的研究結果顯示屍體大約可在路面上停留 3 天，但因人力考量無法以 3 天為頻度進行調查，目前僅能以兩周一次為頻度進行調查。食腐動物的研究，目前於本計畫無人力與時間進行。
3.路殺熱點可能會因設置生態廊道後，而於他處產生，不知陽管處未來規劃為何？	熱點可能會移動是可能發生的，但過去調查發現重要的熱點在 3-5 號廊道附近，此路段有設置 3-5 號廊道並且也有觀察到有許多動物在通過使用。沈至瑜(2023)分析中，與生態保護區距離近路殺量高，而 101 甲公路生態廊道緊鄰生態保護區，所以推測在這附近有較大的野生動物的族群存

	在，因此與生態保護區距離近可能會是此路段成為路殺熱點的一個原因。另外，研究中，也發無路燈路段的路殺量高，101 甲 3 號廊道到二子坪卻也剛好是沒有路燈路段，所以成為路殺熱點路段可能由許多項因素造成。
4.建議調查熱點與非熱點路段、假日與非假日車流量有無顯著差異。	目前相機數量不足以架設進行這些比較，加上並無人力可以進行太多路段的車流量估算，暫時無法將此比較列入計畫工作。
5.車速與路殺量可能非線性關係，國外車流量少、中等車速才可造成高路殺。	謝謝委員意見，未來可納入分析考量。
委員三(李佩珍委員)	
1.路殺調查路線圖可套疊相關圖資（如衛星影像、土地利用、通檢圖等），以利瞭解調查路線與生態廊道的周邊地景與分區管制等資訊。	由於工作量的關係，期中報告上無法呈現，預計期末報告時進行。
2.請補充光週期（p13）此項環境因子的說明，這是指月亮的盈虧週期嗎？還是指季節性日照長度占全天比例？	指每一天日照長度佔一天中比例，光週期跟季節有關係，也會影響動物活動。
3.因檢測疾病所需而送管理處的路殺屍體是否僅限於鼬獾？報告書中第 12 頁的敘述為：相關物種如鼬獾，不是很明確。建議未來明確表列那些物種會送管理處、那些不會。	目前管處送檢物種僅有鼬獾，所以目前僅有鼬獾有撿拾。
4.針對本次報告中加入後續路殺量時空分布與環境因子分析的規劃（第 12-14 頁），給予肯定。建議未來分析時路線切割的單位（目前規劃 100 公尺）可以做一些思考與嘗試，我的擔心是以 100 公尺來分路段，會有很多路段路殺量為 0，造成統計模式擬合的困難。	目前這部分分析在計畫報告中以沈至瑜 (2023)的分析成果進行討論。在統計分析上用 500 公尺作為分段會有路段樣本數不足的問題，故改採 100 公尺為單位。
5.報告中提及過去資料顯示盤古蟾蜍、斯文豪氏赤蛙與黃口攀蜥等為路殺量較多的物種，但這些物種是否屬於無法以相機有效判斷其廊道利用的物種？如果是的話，他們可能不適合選做路殺影響因子的研究，因為即便知道影響他們路殺量的原因，也很難利用廊道來做為因應的方式。是否可再考量物種的選擇？例如考慮針對大型蛇類、食肉目等做廊道利用的環境因子評估？這樣可以同時知道影響某物種或類群廊道利用的因子與影響他們被路殺的因子，結合兩方面資料，有效地評估廊道減緩路殺的效益。	食肉目動物常使用廊道，且路殺的數量非常少。大型蛇類也會使用廊道，但使用次數較少，計畫後續可針對蛇類進行一些路殺與廊道使用的分析。
6.是否已與陽管處外包之道路清潔人員進行協調？在他們例行工作中如有發現路殺個體，是否會通報或者協助撿遺？	目前管處協處請道路清潔人員或有發現路殺個體時進行拍照，但僅能針對中大型動物，但未能做到定位。
7.在交通量方面，是否有管道取得超速案件的資料（超速罰單的時間、地點）？另外，這三	陽管處所管轄之範圍內道路速限皆為 40 公里/小時。

條調查路線的車速管制是多少？可否在後續報告中補充？	
8.路殺社似乎也有一些陽明山國家公園境內的路殺資料，是否有考慮納入分析（例如可比較公民科學資料與本案有系統的調查資料，是否產出相同的高路殺風險物種名單）？這樣的比較有助於管理處評估公民科學資料在長期路殺監測上的意義。	預計於期末報告進行分析比較。
9.第 15 頁引用過去研究的格式有誤，應加上作者、非僅列年份（2019）。	謝謝委員提醒，已將錯誤修正。
黃瀚嶙委員	
1.3 至 5 號廊道區域為路殺熱點可能與巴拉卡公路上邊坡水泥擋土牆有關，其高度較高，動物離開護網後常留置於道路上；護網常與地面有孔隙，小型物種易鑽出，建議團隊可多加留意。	謝謝委員提醒，計畫人員會於每周替換相機時進行生態廊道與圍籬巡查。
蕭淑碧委員	
1.路殺量高與生態廊道使用物種有無進行比較分析，路殺量高物種在廊道中的使用狀況為何？	生態廊道中目前被記錄到的物種大多為哺乳類，路殺量高的物種為兩棲與爬行類動物，爬行類動物在廊道中被記錄到的次數不多，兩棲類則很少。
2.近年來生態廊道使用之物種有無變化？	有少數新紀錄的物種，但多為過去皆有紀錄的物種，且多為哺乳類動物。
3.本次報告中 8 月份路殺量減少原因為何？	推論為 8 月為春夏生殖兩棲動物的尾聲，而九月為秋冬生殖的兩棲類動物開始大量活動的時間，因此有 8 月下降但九月有上升的趨勢。
張順發副處長	
1.建議報告段落中加入前言，說明陽管處已延續多年之路殺調查、生態廊道動物利用等基本資料，未來或可整合 1 至 5 號生態廊道使用率與路殺量以進行趨勢分析。	已報告中的緒論加入。(p8-9)
2.萬溪產業道路進行路殺調查時，可同時瞭解道路設施（如涵洞位置），以利後續與道路管理機關協調規劃生態廊道設置方式。	於計畫後續調查中加入。
3.建議報告中調查路段可補充航照圖，配合文字以完整呈現該路段周遭植被與人為利用環境情形。	預計於計畫期末報告中加入。
4.車流量部分，陽金公路段可以鄰近（如竹子湖）路段代表，萬溪產業道路應有相關資訊，本處亦可向交通主管機關索取。	謝謝委員意見。
5.有關路殺動物遺體於道路存留時間，或可由研究團隊討論設計一實驗，規劃安全觀察位置，透過保育志工進行紀錄，以補充相關本處路殺資訊。	過去黃光瀛(2001)有過觀察。團隊會收集文獻並思考可行性。

附錄5. 期中議紀錄與意見回復

會議記錄

陽明山國家公園管理處 111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及
路殺調查案期中審查會議紀錄

壹、時間：112 年 3 月 23 日（星期四）下午 2 時整

貳、地點：本處 2 樓會議室

參、主持人：本處韓秘書志武

紀錄：潘昱光

肆、出（列）席單位人員：（詳簽到簿）

伍、業務單位報告：略

陸、討論：

一、國立臺灣師範大學生命科學專業學院李佩珍教授：

- （一）在方法章節說明選擇路殺數量第二多的斯文豪氏赤蛙，而非數量最多之盤古蟾蜍，並請將口頭簡報中提出的理由寫入後續報告中。
- （二）方法中請補充說明觸發式與定時式的影像紀錄中，決定為「同一隻個體連續活動而應刪除」的標準（例如半小時內紀錄原則視為同一個體，除非有其他理由可確定非同一個體）
- （三）未來是否有規劃例如量化各路段道路與溪流交會的程度？
- （四）廊道監測中定時式相機的設定若加上與 10 分鐘或 30 分鐘加上錄影模式（有錄影模式可獲取動物利用廊道之行為紀錄），是否有可能取代同點架設觸發式與定時式雙相機之模式，做為長期廊道監測的方法？期許期末報告時能提出幾種不同長期廊道監測的方案及其優缺點！承上，期末報告建議可增加定時式模式最佳排程之分析，以 re-sampling at different frequency 的方式去看與隔多少分鐘拍攝式最佳的模式，或許可進一步優化定時式相機監測方法。
- （五）建議未來可針對萬溪道路斯文豪氏赤蛙熱點進行族群量估算。
- （六）連網都無法鑑定之動物建議不列入紀錄（表 6、7）。

二、金氏動物醫院金仕謙院長：

- （一）工作人員操作防護的影像紀錄應納入報告中，以留下操作紀錄，做好安全防護。
- （二）調查期間是否有哺乳動物過馬路的資料，園區獼猴、白鼻心、山羌等活動的出沒，有可能未來構成的風險，建議可納入遭遇紀錄。
- （三）P.15 蝙蝠文字誤植應更正。
- （四）警示標誌的設置是否增設反光板/條讓動物可提前反應，可視物種差異有無可用性，再行評估提出不同建議。

三、行政院農委會林業試驗所森林保護組趙榮台退休研究員

- （一）期初審查曾詢問路殺調查頻率為兩週一次的理由，本報告只提及過去都是兩週調查一次，沒有進一步說明。建議比較兩週調查一次、一週調查一次、三週（或一月）調查一次的結果，作為最適調查頻率的依據。
- （二）本報告在方法中提及為和劉小如 (2008) 的結果比較，故以 0.5 km 分段，但結果中卻沒有和劉小如 (2008) 的結果比較，建議在期末報告中補充。
- （三）觸發式相機拍攝到野生動物種類、數量遠低於定時相機，如果調整觸發式相機的高度與角度，有沒有可能照到更多的野生動物，尤其是蛇類？
- （四）請將每次路殺調查的數據（迄今共計 10 次）呈現於附錄中。調查過程的圖片則請置於材料與方法或結果中。
- （五）廊道的利用率頗高，可建議陽管處考慮在敏感的路段增設廊道，並與工程人員討論如何改善廊道設計，以有效降低路殺率。

- (六) 路邊圍籬似乎不大堅固，建議參考國外或高公局的圍籬規格並觀後效。
- (七) 動物警示標誌的功能有限，可洽道路工程人員，考慮以道路速度顛簸等替代的機制促使駕駛減速，或在敏感路段嘗試道路立體化。

四、本處擎天崗管理站陳主任彥伯：

- (一) P.9 巴拉卡公路上邊坡增建水泥擋土牆之影響請詳述說明。

五、本處遊憩服務課陳技士奕全：

- (一) P.5 減緩措施設置部分建議增加整體廊道位置、設置、規格示意圖。
- (二) P.18 最後一段有關理論上，利用廊道頻度越高的物種等句，建議應提供相關研究資料或結果以支持該論述。
- (三) P.23 今年度資料收集完成後是否能有足夠 1 年的路殺量以茲進行比較分析？
- (四) P.25 如上下 2 幅圖僅有水系差異，建議可直接使用含有水系之分布圖做為代表。
- (五) P.27 影像調查中是否有發現遊蕩動物(如家貓)之掠食或特定行為？提醒陽管處需多加注意。
- (六) P.28 使用 2、3 號廊道進行定時、觸發式相機比較，請補充前測結果說明。
- (七) P.29 各月利用部分建議以不同類群進行分類，因本處兩棲爬蟲類路殺量較高，如可發現高使用月份，陽管處可多加宣導。
- (八) P.32 進行使用廊道動物通行方向之分析原因為何？請補充。
- (九) P.38 建議補充夜間車輛行駛經過動物警示牌誌之影像、照片以供參考；定時拍照建議如長時間間隔可得相近結果，或可考量調整以節省人力資源。
- (十) 請研究團隊於報告中補充工作時數。

六、本處保育研究課華課長予菁

- (一) 本案如過程中發現生態廊道、圍網有損壞情勢，請回報本處以利後續統整修繕。
- (二) 有關車流量調查部分目前進度如何？有無遭遇困難？
- (三) P.7、16，2016-2019 路殺數量最多之物種為盤古蟾蜍，然報告內容選擇路殺量次之的斯文豪氏赤蛙，其理由為何？
- (四) 關於如何更完整的記錄非例行性路殺資料(包含較大型的哺乳類動物)，未來有賴更確實記錄物種及點位提供研究團隊納入紀錄分析。
- (五) 路殺及廊道調查已逾 5 年，所累積系統性調查資料可望研議於萬溪產業道路嘗試以既有涵洞或簡易設施達成減緩路殺的目標，後續須更進一步透過跨機關之共同討論逐步完成。
- (六) 大屯車道路殺調查未納入本案，故由本處巡查員以相同努力量調查方式進行的大屯車道路殺調查，後續仍請研究團隊納入報告。

七、本處韓秘書志武：

- (一) 有關道路設計部分應可與相關機關先行會勘討論。
- (二) 萬溪產業道路斯文豪氏赤蛙樣區 a、b、c 等處，如短期以減少路殺措施(例：現地簡易隔板)，可依會勘後結果執行，如需設計廊道可再跨機關長期規劃。
- (三) 交通量部分應可以固定時間段統計車流量加以估算整體數值。

八、受託單位回應：

- (一) 報告書中需調整修改之處，將參考委員意見，檢查修正後於期末報告書呈現。
- (二) 斯文豪氏赤蛙的生態習性為長年棲息於山區溪流附近，除了冬天，幾乎整年都很活躍，主要在秋天及春天產卵。此外，其常出現在路旁的山澗或溪溝的流水區域，因此，道路旁有溪流經過或在路旁有山澗或溪溝，都容易有斯文豪氏赤蛙個體活動，也可能因此進入道路造成路殺。根據陳怡惠(2019)，斯文豪氏赤蛙的路殺集中在萬溪產業道路，而萬溪產業道路是目前在國家公園未有生態廊道或圍籬等相關路殺減緩措施的道路，加上針對這個物種的生態習性，容易界定出其喜愛出現的路邊棲地類型，能在相

對短程的時間內設定出較具體的路殺減緩措施。因此，預計在斯文豪氏赤蛙路殺量多的萬溪產業道路路段，思考增設阻隔蛙類進入道路的設施。

- (三) 因陽明山區內生態廊道長度短且動物使用時間較短，如 10 分鐘內不能視為不同隻之個體，將視為同一隻。
- (四) 長期監測部分 2、3 號廊道目前使用單個相機，其功能包含觸發與定時式拍照。
- (五) 萬溪道路與水系交會資料將會嘗試處理，該處斯文豪氏赤蛙族群調查案須請陽管處評估。
- (六) 研究團隊執行調查時已注意相關人畜傳染病防護安全，目前調查中尚未發現鳥類撿拾路殺屍體，曾有目擊白鼻心撿拾，亦曾發現白天有 1 白鼻心帶幼崽使用電線桿通過馬路，臺灣獼猴有目睹於馬路上，但因非在調查路線而未記錄。
- (七) 有關路殺調查頻度，路殺社是以每季調查，本案執行 2 或 3 周部分，可能另須設計調查比較差異。
- (八) 據 108 年時成果與當年劉小如老師調查的熱點重疊度高，本案將再與過去劉老師所用 0.5 公里採樣結果進行比較。
- (九) 生態廊道因高度僅 45 公分，影響觸發式相機的原因多受動物體型、體溫所影響。
- (十) 針對受車燈照射野外動物反應，因盤古蟾蜍不會躲車，可參考國外道路設計，但須長遠規劃。
- (十一) 車流量調查部分後續嘗試使用定時攝影來進行估算。
- (十二) 巴拉卡公路上邊坡增建水泥擋土牆其將使道路野生動物無法行至山壁，而山壁擋土牆內之野生動物則被擋土牆所阻擋，該段路殺量將持續調查，並加以討論。
- (十三) 目前使用廊道哺乳類動物尚無明顯掠食行為。
- (十四) 為了解廊道內兩棲爬行類使用情形，雖高努力量，但有較好結果，遂定時式拍照工作持續進行。
- (十五) 有關非例行性路殺資料如陽管處能提供詳盡 GPS 點位，可針對受關注動物提供圖面點位之呈現。

柒、結論：

期中報告書審查原則通過，請受託單位續依委員及同仁意見辦理修正及補充事項，並請依契約規定辦理後續相關事宜。

捌、散會：下午 3 時 14 分。

陽明山國家公園管理處
111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及路殺調查案期中審查會議簽到簿

時間：112 年 3 月 28 日 (星期四) 下午 2 時
地點：本處 2 樓會議室
主席：本處副秘書長 蔡志武 記錄：潘豆兒
出席(列)席單位人員：

受託單位：	職稱	簽到處
中國文化大學 生命科學系	副教授	陳昭惠
	助理	張志銘

111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及路殺調查案期中審查會議簽到簿

出席單位	職稱	簽到處
行政院農委會林業試驗所 森林保護組	趙崇台 退休研究員	張志銘
金氏動物醫院	金性謙 院長	蔡志武
臺灣師範大學生命科學 專業學院	李淑珍教授	陳昭惠
國立宜蘭大學森林暨自然 資源學系	毛慶傑 助理教授	潘豆兒

(111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及路殺調查案期中審查會議簽到簿)

出席機關(單位)(人員)	職稱	簽到處
企劃組課	主任	陳昭惠
環境維護課		
巡迴服務課	技士	陳奕全
解說教育課		
小油坑管理站		
龍鳳谷管理站		
翠天崗管理站	主任	陳昭惠
陽明書屋管理站		
保育研究課		蔡志武 潘豆兒

(111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及路殺調查案期中審查會議簽到簿)

▪ 審查意見回覆

審查意見摘要	受託單位回應(報告頁次)
委員一(李佩珍委員)	
1.在方法章節說明選擇路殺數量第二多的斯文豪氏赤蛙，而非數量最多之盤古蟾蜍，並請將口頭簡報中提出的理由寫入後續報告中。	於報告中加入。(p7)
2.方法中請補充說明觸發式與定時式的影像紀錄中，決定為「同一隻個體連續活動而應刪除」的標準（例如半小時內紀錄原則視為同一個體，除非有其他理由可確定非同一個體）。	目前間隔時間為 10 分鐘為判斷基準，而廊道距離短，通過可能僅需數秒，本報告因主要為利用廊道之次數統計，故和個體數辨識之方式較為不同。
3.未來是否有規劃例如量化各路段道路與溪流交會的程度？	萬溪道路與水系交會資料未來有機會會嘗試處理。
4.廊道監測中定時式相機的設定若加上與 10 分鐘或 30 分鐘加上錄影模式（有錄影模式可獲取動物利用廊道之行為紀錄），是否有可能取代同點架設觸發式與定時式雙相機之模式，做為長期廊道監測的方法？期許期末報告時能提出幾種不同長期廊道監測的方案及其優缺點！承上，期末報告建議可增加定時式模式最佳排程之分析，以 re-sampling at different frequency 的方式去看與隔多少分鐘拍攝式最佳的模式，或許可進一步優化定時式相機監測方法。	目前的運作已經為單相機工作，現行之自動相機款式可供我們同時觸發以及定時模式。未來計畫可加入委員建議的優化分析。
5.建議未來可針對萬溪道路斯文豪氏赤蛙熱點進行族群量估算。	斯文豪氏族數量看管處是否有資源可供作相關族群調查的計畫。
6.連網都無法鑑定之動物建議不列入紀錄（表 6、7）。	成果報告中考慮刪除。
委員二(金仕謙委員)	
1.工作人員操作防護的影像紀錄應納入報告中，以留下操作紀錄，做好安全防護。	預計呈現於成果報告報告中。
2.P.15 蝙蝠文字誤植應更正。	謝謝委員提醒。
3.警示標誌的設置是否增設反光板/條讓動物可提前反應，可視物種差異有無可用性，再行評估提出不同建議。	目前陽明山國家公園範圍內速限皆為 40 公里/小時，但實際上的行車速度以及遇到動物之反應皆為駕駛人自行操控決定，後續將請調查人員拍照及錄影後與管處討論。
委員三(趙榮台委員)	
1.期初審查曾詢問路殺調查頻率為兩週一次的理由，本報告只提及過去都是兩週調查一次，沒有進一步說明。建議比較兩週調查一次、一週調查一	一週調查一次目前並無實際資料可以比較，預計於成果報告報告中初步比較二週調查一次與一個月一次的結果。

次、三週(或一月)調查一次的結果，作為最適調查頻率的依據。	
2.本報告在方法中提及為和劉小如(2008)的結果比較，故以 0.5 km 分段，但結果中卻沒有和劉小如(2008)的結果比較，建議在報告中補充。	據 108 年時成果與當年劉小如老師調查的熱點重疊度高，將於報告中增加。(p42)
3.觸發式相機拍攝到野生動物種類、數量遠低於定時相機，如果調整觸發式相機的高度與角度，有沒有可能照到更多的野生動物，尤其是蛇類？	蛇類以及兩棲類是變溫動物，通常體溫較低，較不易被紅外線自動相機偵測；而目前觸發以及定時兩種模式資料皆是同一部相機將兩種模式開啟工作所得，調整相機之高度與角度應無法提高變溫動物的偵測率。
4.請將每次路殺調查的數據(迄今共計 10 次) 呈現於附錄中。調查過程的圖片則請置於材料與方法或結果中。	謝謝委員建議，每次調查的資料都會以電子檔的方式提供給管理處。
5.廊道的利用率頗高，可建議陽管處考慮在敏感的路段增設廊道，並與工程人員討論如何改善廊道設計，以有效降低路殺率。	謝謝委員建議。
6.路邊圍籬似乎不大堅固，建議參考國外或高公局的圍籬規格並觀後效。	巴拉卡公路多雨，易有土石滑落，鵝外貨高公局的圍籬已無法防止圍籬這類天然因素造成的天然損害。現行圍籬材質已是最能應付陽明山區多雨潮濕氣候，且不易鏽蝕材質。
7. 動物警示標誌的功能有限，可洽道路工程人員，考慮以道路速度顛簸等替代的機制促使駕駛減速，或在敏感路段嘗試道路立體化。	此前路殺調查計畫有建議過此選項，獲得的回覆為 101 甲路段多雨濕滑，若採用道路減速帶有行車安全的疑慮，因此當時暫不考慮採用。
委員四(陳彥伯委員)	
1.P.9 巴拉卡公路上邊坡增建水泥擋土牆之影響請詳述說明。	邊坡增建水泥擋土牆可能使動物較無法直接穿越擋土牆進入到馬路，所以變相成為類似引導網的功能，但同時也成為動物要從馬路上回到邊坡上時的一個阻礙。
委員五(陳奕全委員)	
1.P.5 減緩措施設置部分建議增加整體廊道位置、設置、規格示意圖。	請委員參閱黃光瀛澄(2006)。
2.P.18 最後一段有關理論上，利用廊道頻度越高的物種等句，建議應提供相關研究資料或結果以支持該論述。	於報告中修改。(p.17)
3.P.23 今年度資料收集完成後是否能有足夠 1 年的路殺量以茲進行比較分析？	過去幾年由於疫情關係，調查皆無連續整年之資料，期於 2023 年能收集完整 1 年之資料進行比較分析。
4.P.25 如上下 2 幅圖僅有水系差異，建議可直接使用含有水系之分布圖做為代表。	於報告中修改。(p.42)
5.P.27 影像調查中是否有發現遊蕩動物(如家貓)之掠食或特定行為？提醒陽管處需多加注意。	目前遊蕩動物使用廊道的紀錄中皆是在廊道中休息，並無觀察到掠食的狀況。(p.24-25)

6. P.28 使用 2、3 號廊道進行定時、觸發式相機比較，請補充前測結果說明。	請參閱陳怡惠(2018)與陳怡惠(2019)的文獻內容。
7.P.29 各月利用部分建議以不同類群進行分類，因本處兩棲爬蟲類路殺量較高，如可發現高使用月份，陽管處可多加宣導。	於報告中修改。(p.30)
8.P.32 進行使用廊道動物通行方向之分析原因為何？請補充。	請參閱陳怡惠(2018)與陳怡惠(2019)的文獻內容。
9.P.38 建議補充夜間車輛行駛經過動物警示牌誌之影像、照片以供參考；定時拍照建議如長時間間隔可得相近結果，或可考量調整以節省人力資源。	夜間車輛行駛之影像將於成果中補上。目前調查人員經過發現由於告示牌雖已降低高度，但車燈若未切換為遠光燈時較不易發現，而駕駛人因光線昏暗，所以開車時視線較集中於車輛前方，可嘗試加上燈光使牌子主動發光提高能見度。
委員六(華予菁委員)	
1.本案如調查過程中發現生態廊道、圍網有損壞情勢，請回報本處以利後續統整修繕。	調查人員若發現損壞會回報保育課。
2.有關車流量調查部分目前進度如何？有無遭遇困難？	車流量調查原先以觸發模式拍攝但由於資料量過於龐大，計畫人力無法負荷。目前改採調查前三天架設並且每分鐘拍攝一張方式進行，但仍需大量時間與人力進行建檔，預計僅能於成果報告時呈現部份結果。
3.P.7、16，2016-2019 路殺數量最多之物種為盤古蟾蜍，然報告內容選擇路殺量次之的斯文豪氏赤蛙，其理由為何？	斯文豪氏赤蛙的生態習性為長年棲息於山區溪流附近，除了冬天，幾乎整年都很活躍，主要在秋天及春天產卵。此外，其常出現在路旁的山澗或溪溝的流水區域，因此，道路旁有溪流經過或在路旁有山澗或溪溝，都容易有斯文豪氏赤蛙個體活動，也可能因此進入道路造成路殺。根據陳怡惠(2019)，斯文豪氏赤蛙的路殺集中在萬溪產業道路，而萬溪產業道路是目前在國家公園未有生態廊道或圍籬等相關路殺減緩措施的道路，加上針對這個物種的生態習性，容易界定出其喜愛出現的路邊棲地類型，能在相對短程的時間內設定出較具體的路殺減緩措施。因此，預計在斯文豪氏赤蛙路殺量多的萬溪產業道路路段，思考增設阻隔蛙類進入道路的設施。(p7)
4.關於如何更完整的記錄非例行性路殺資料（包含較大型的哺乳類動物），未來有賴更確實記錄物種及點位提供研究團隊納入紀錄分析。	謝謝委員建議。
5.路殺及廊道調查已逾 5 年，所累積系統性調查資料可望研議於萬溪產業道路嘗試以既有涵洞或簡易設施達成減	謝謝委員建議。

緩路殺的目標，後續須更進一步透過跨機關之共同討論逐步完成。	
6.大屯車道路殺調查未納入本案，故由本處巡查員以相同努力量調查方式進行的大屯車道路殺調查，後續仍請研究團隊納入報告。	於報告中增加。(p.6,18,37-39)
委員七(韓志武委員)	
1.有關道路設計部分應可與相關機關先行會勘討論。	謝謝委員建議。
2.萬溪產業道路斯文豪氏赤蛙樣區 a、b、c 等處，如短期以減少路殺措施(例：現地簡易隔板)，可依會勘後結果執行，如需設計廊道可再跨機關長期規劃。	將會安排調查人員利用時間進行現場會勘，並於後續報告中提出相關討論。
3.交通量部分應可以固定時間段統計車流量加以估算整體數值。	謝謝委員建議。

附錄6. 期末議紀錄與意見回復

會議記錄

陽明山國家公園管理處

111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及路殺調查案期末審查會議紀錄

貳、時間：112 年 11 月 28 日（星期二）上午 10 時整

貳、地點：本處 2 樓會議室

參、主持人：本處楊處長模麟

紀錄：潘昱光

肆、出（列）席單位人員：（詳簽到簿）

伍、業務單位報告：略

陸、討論：

一、李佩珍委員：

- （一）針對定時拍照與觸發式拍照兩種廊道監測方式是否可提供經費或人力成本之比較？除了拍照的效率不同，經營管理面應須考慮成本。
- （二）目前 1-5 號生態廊道兩爬的使用率並不高，即使是納入定時拍照的資料也是如此，特別是路殺量最多的盤古蟾蜍，是否可參考國內外文獻在報告中提出針對兩爬動物的較佳生態廊道設計成果，並可用之減緩路殺措施？
- （三）氣候是否會對路殺的影響？請在報告中敘明。
- （四）路殺社的公民科學資料是否能納入比較？且可整併陽管處與歷年調查資料產出路殺物種更完整之名錄與點位分布。
- （五）建議增加一個段落，描述 5 個廊道的環境特性，並推測 2 號廊道使用物種多、使用隻次高的可能原因。

二、趙榮台委員：

- （一）P.5 建議報告內容中有關廊道相關詞彙使用應統一一一致。
- （二）2022、2023 路殺量明顯降低，建議未來應挑選物種進行調查，比較路殺熱點周邊之族群量，及早確認路殺量偏低之原因。
- （三）路殺數據分析可再加強，如廊道之動物利用率是否會隨著年代增減？有效降低路殺率？其廊道是否有改善之必要？與如何改善？
- （四）P.9 建議牌示內容可減少複雜度並增加吸引力，如閃動、燈光或在路面上。
- （五）建議可考量棲地重新連結的方向規劃後續動物穿越設施。

三、毛俊傑委員

- （一）建議可分析各蛙種的生殖季與蛙類路殺高峰的差異比較，並配合生殖季時是否放置一些暫時性的改善措施。
- （二）表 10 2020 年路殺比例特別高，且呈現 2016-2019 及 2020-2023 兩段式的減少趨勢，需考量是否除了改善措施有效外，須留意是否動物數量減少？車流、人行為改變或其他原因，可能須有一些討論與評判。
- （三）各路段的廊道相機設置及所拍攝的相對豐富度與當路段的路殺量是否有相關性？或彼此的關係如何？
- （四）管處是否對萬溪公路路殺試行廊道及相關改善措施的規劃，因該路段自 2008 年劉小如老師即發現當地路殺嚴重，時至今日已十多年，是否列入設置評估？建議列入考量。

四、本處擎天崗管理站陳主任彥伯：

- （一）萬溪產業道路目前該區域未有相關牌示，建議可先設立相關減速警示牌示。
- （二）建議未來減速、提醒牌示應依標準警告牌誌規定設計。

五、本處小油坑管理站張主任育仁：

- (一) 研究人員調查時應注意道路安全。
- (二) 建議報告書中 P.30 圖 6 可參考 P.28 以各廊道各月份堆疊長條圖呈現

六、本處解說教育科陳聘用解說員振祥：

- (一) 請研究團隊提供萬溪產業道路路殺熱點明確之點位或路段。

七、本處保育研究科華課長予菁

- (一) 本案以固定的系統性調查方式迄今已累積至少 6 年調查資料，並逐年就不同類群動物對生態廊道的使用方式、動物利用方向、車流量影響等進行進階探討，資料成果豐碩。
- (二) 從表 5 可以看到 2022-2023 各廊道觸發式相機記錄到的動物種類及利用次數，以 2 號廊道使用表現最佳，5 號廊道使用表現是否相較於往年為低，理由為何？
- (三) 後續除持續收資料，明年起本處更盼就路殺熱點點位路段進行改善，請團隊提出具體路段的改善建議。例如萬溪產業道路為水系分布較為密集之區域，如調查過程有記錄到哪些山澗溪澗路殺熱點區段請列於報告中，以利後續與道路維護單位共同履勘動物穿越設施設置之可能性。
- (四) 本處每年將路殺調查物種點位提供生物多樣性研究所（特有生物保育中心）路殺社納入資料庫中，該社亦曾將點位導入道路 app 提醒用路人之加值運用。由於相較於路殺社調查，本處調查頻度更高、資料詳盡，未來無法逐年編列經費委託調查，是否可比照玉管處參與路殺社於區內認養網格調查納入全國大調查的模式？
- (五) 關於路殺量逐年遞減是否隱含著該族群有遞減情形，受託團隊可於結果討論中酌予探討，提請後續應持續關注之課題。
- (六) 摘要僅有研究結果請將結論與建議放入摘要。
- (七) 缺少英文摘要。
- (八) 有效相片張數與利用隻次數請再確認、P35-36 表 6、7 請補上調查年度。
- (九) 第四章討論與建議依體例應為結論與建議。
- (十) 本報告結果討論雖調查年度 2022 年末到 2023 年無完整年度，建議可就生態廊道監測及路殺調查有年間季節性之比較或探討。
- (十一) 廊道使用的物種相較過去是否有增減？
- (十二) 過去僅止透過動物路殺種類去了解路殺熱點之動物資源狀態，尚無針對路殺熱點周邊資源、土地利用、生態系等詳加記錄探討，建議通盤探討目前路殺熱點及廊道設置對野生動物之影響，以提出具體改善方針。
- (十三) 報告內容誤植之處請更正，如 P.46 效果可能較有限、或「並」行使用。

七、本處韓秘書志武：

- (一) 本案執行期間較精采之照影片還請研究團隊提供，以利本處教育解說利用。
- (二) 黃光瀛博士曾於本處進行路殺相關研究，如保育研究科有成果報告，可再提供參考。

八、本處楊處長模麟：

- (一) 本案是否能以同期不同年份路殺資料進行比對，以了解其趨勢。
- (二) 過往廊道設計是針對哺乳類動物，是否需增設給兩棲爬蟲類使用之設施？

九、受託單位回應：

- (一) 報告書中需調整修改之處，將參考委員意見，檢查修正後於成果報告書呈現，並檢附每月精華影照片。
- (二) 貴處廊道原先設計供中小型哺乳類動物使用，建設前後黃光瀛博士曾進行調查，並推估可減少約 30%路殺量，然未有原始相關資料留存可供後續分析。
- (三) 斯文豪氏赤蛙路殺歷年資料已彙整成整年度累積資料置於附錄。
- (四) 大屯山車道過去每月進行路殺調查，將嘗試以同期不同年份進行資料處理分析。
- (五) 觸發與定時式相機監測所需人力成本將會估算，各廊道微環境相關描述將放入報告

中。

- (六) 因目前國內減速帶材質多為光滑，恐對區內行車安全造成影響，故需再考量其他提醒用路人減速之方法。
- (七) 針對生態廊道一詞之使用於報告中有增加著墨與解釋。
- (八) 有關路殺量下降，除可能須進行周邊物種族群量調查外，因他人撿拾的情況增加等亦會造成影響。
- (九) 標誌內容簡化可再研究，或可使用感應式之閃光燈、繪製於地上。
- (十) 路殺量最高月份與兩棲類路殺最多，且為其生殖季有關，主要為夏秋季。
- (十一) 成果報告將提供萬溪產業道路路殺熱點位置，以利後續貴處先行設置警告牌示。

(十二) 5號廊道使用率下降之原因，將再檢視過去資料進行統計分析以做後續討論。

柒、結論：期末報告書審查原則通過，請受託單位續依委員及同仁意見辦理修正及補充事項，並請依契約規定辦理後續相關事宜。

捌、散會：上午 11 時 43 分。

陽明山國家公園管理處

111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及路殺調查案期末審查會議簽到簿

時間：112 年 11 月 28 日（星期二）上午 10 時

地點：本處 2 樓會議室

主席：本處楊處長模麟 楊模麟 記錄：潘昱光

出席（列）席單位人員：

受託單位：	職稱	簽到處
中國文化大學生命科學系	副教授	潘昱光
	助理	張高銘
	助理	蕭昱暉

111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及路殺調查案期末審查會議簽到簿

出席單位	職稱	簽到處
行政院農委會林業試驗所森林保護組	趙紫台 退休研究員	趙紫台
金氏動物醫院	金仕謙 院長	請假
臺灣師範大學生命科學專業學院	李佩珍教授	李佩珍
國立宜蘭大學森林暨自然資源學系	毛復傑 助理教授	毛復傑

(111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及路殺調查案期末審查會議簽到簿)

出席機關（單位）（人員）	職稱	簽到處
本處	秘書	韓志武
企劃總理科		
環境維護科		
遊憩服務科		
解說教育科	特聘解說員 李亞平	李亞平
小油坑管理站		
龍鳳谷管理站	解說員 林倚暉	林倚暉
翠天崗管理站	主任 陳永海	陳永海
陽明書屋管理站		
保育研究科	科長 吳子暉	吳子暉
	主任 潘昱光	潘昱光

(111-112 年度陽明山國家公園生態廊道監測及路殺調查案期末審查會議簽到簿)

▪ 審查意見回覆

審查意見摘要	受託單位回應(報告頁次)
委員一(李佩珍委員)	
1. 針對定時拍照與觸發式拍照兩種廊道監測方式是否可提供經費或人力成本之比較？除了拍照的效率不同，經營管理面應須考慮成本。	目前影像資料，判讀人員大約一小時可以處理約 60-80 部影像；定時拍照大約一小時約可處理 4000-5000 張照片，供委員參考。
2. 目前 1-5 號生態廊道兩爬的使用率並不高，即使是納入定時拍照的資料也是如此，特別是路殺量最多的盤古蟾蜍，是否可參考國內外文獻在報告中提出針對兩爬動物的較佳生態廊道設計成果，並可用之減緩路殺措施？	廊道原先是設計供中小型哺乳類動物使用，建設前後黃光瀛博士曾進行調查，並推估可減少約 30%路殺量，然未有原始相關資料留存可供後續分析。
3. 氣候是否會對路殺的影響？請在報告中敘明。	氣候因素會對路殺有的影響，請參閱陳怡惠(2019)的文獻內容。
4. 路殺社的公民科學資料是否能納入比較？且可整併陽管處與歷年調查資料產出路殺物種更完整之名錄與點位分布。	路殺社現行之採樣方式較無固定頻率，無法與本計畫比較，未來可將與路殺社討論取得資料後，產出路殺物種更完整之名錄與點位分布。
5. 建議增加一個段落，描述 5 個廊道的環境特性，並推測 2 號廊道使用物種多、使用隻次高的可能原因。	目前 5 個廊道都是以四面水泥的方式架構，2 號廊道使用較多情況，可能與廊道本身所在位置有較高之關係，但目前無相關資料可供推測，而環境特性的研究可考量於未來計畫研究。
委員二(趙榮台委員)	
1. 本計畫的工作項目已完成，期末報告對計畫背景的交代和數據的呈現也比過去清楚得多，可讀性高。	謝謝委員肯定。
2. p.5 明確界定生態廊道和動物穿越結構，但或許為顧全過去使用的微型生態廊道和計畫名稱，故將涵洞式動物穿越結構及圍籬設施以「廊道-圍籬系統」稱之，但在文末又全數以「廊道」稱之。建議用詞前後統一，考慮在內文中以「動物穿越結構」取代「廊道」。	謝謝委員意見，然因應計畫名稱與管理處慣用名稱，於成果報告中仍使用廊道、圍籬等名稱稱之。
3. 與前 6 年的路殺資料相較，2022 與 2023 年各路段的路殺量明顯降低很多，即使將 2022 年未調查的月份加權，路殺量仍然偏低，令人擔心。請在調查的努力量相同的狀況下，比較年間的路殺量是否有下滑趨勢。未來可能需要挑選一些物種，調查、比較其在路殺熱點周遭的族群量，及早確認路殺量偏低是否因為道路周遭的族群量變小之故。	路殺量偏低是否因族群量下降有待日後進行族群量調查並深入探討。個人推測路殺下降的可能原因也可能與近年公民科學與保育意識較高，有較以往更多人上山從事夜觀活動等，使動物可能在穿越馬路時被發現並有人為之協助可安全穿越馬路，或夜觀時發現路殺屍體後就將之移置路邊。
4. 路殺數據分析可再加強，如廊道之動物利用率是否會隨著年代增減？有效降低路殺率？其廊道是否有改善之必要？與如何改善？	現行 5 座廊道之設計是針對哺乳類動物所設計，廊道對於降低路殺之效果在哺乳類動物上是較明顯可見的。

5.P.9 建議牌示內容可減少複雜度並增加吸引力，如閃動、燈光或在路面上。	標誌內容簡化建議加入成果報告書。(p.52-54)
6.建議可考量棲地重新連結的方向規劃後續動物穿越設施。	謝謝委員建議。未來若有計畫可朝此方向考慮。
委員三(毛俊傑委員)	
1.建議可分析各蛙種的生殖季與蛙類路殺高峰的差異比較，並配合生殖季時是否放置一些暫時性的改善措施。	謝謝委員建議。路殺量最高月份為兩棲類路殺最多月份，應與其生殖季有關，主要為夏秋季。未來可考慮是否使用暫時性圍籬供生殖季使用。
2.表 10 中 2020 年路殺比例特別高，且呈現 2016-2019 及 2020-2023 兩段式的減少趨勢，需考量是否除了改善措施有效外，須留意是否動物數量減少？車流、人行為改變或其他原因，可能須有一些討論與評判。	謝謝委員建議，將參考委員意見，於成果報告書呈現。(p.52-54)
3.各路段的廊道相機設置及所拍攝的相對豐富度與當路段的路殺量是否有相關性？或彼此的關係如何？	謝謝委員建議。未來若有計畫可朝此方向分析。
4.管處是否對萬溪公路路殺試行廊道及相關改善措施的規劃，因該路段自 2008 年劉小如老師即發現當地路殺嚴重，時至今日已十多年，是否列入設置評估？建議列入考量。	謝謝委員建議，將委員意見於成果報告書呈現。(p.52-54)
委員四(陳彥伯委員)	
1.萬溪產業道路目前該區域未有相關牌示，建議可先設立相關減速警示牌示。	謝謝委員建議，將委員意見於成果報告書呈現，並將與保育課討論可行性。(p.52-54)
委員五(張育仁委員)	
1.研究人員調查時應注意道路安全。	謝謝委員建議。
2.建議報告書中 P.30 圖 6 可參考 P.28 以各廊道各月份堆疊長條圖呈現	參考委員意見，於成果報告書呈現。(圖 10, p.36)
委員六(陳振祥委員)	
1.請研究團隊提供萬溪產業道路路殺熱點明確之點位或路段。	參考委員建議於成果報告書中呈現。(p.47-48)
委員七(華予菁委員)	
1.本案以固定的系統性調查方式迄今已累積至少 6 年調查資料，並逐年就不同類群動物對生態廊道的使用方式、動物利用方向、車流量影響等進行進階探討，資料成果豐碩。	謝謝委員肯定。
2.從表 5 可以看到 2022-2023 各廊道觸發式相機記錄到的動物種類及利用次數，以 2 號廊道使用表現最佳，5 號廊道使用表現是否相較於往年為低，理由為何？	3 號 4 號及 5 號廊道因較為鄰近，動物亦可能從不同廊道進出。
3.後續除持續收資料，明年起本處更盼就路殺熱點點位路段進行改善，請團隊提出具體路段的改善建議。例如萬溪產業道路為水系分布較為密集之區域，如調查過程有記錄到哪些山澗溪澗路殺熱點區段請列於報告中，以利後續與道	將於 GIS 圖中加入水系分布圖呈現之。(p.48)

路維護單位共同履勘動物穿越設施設置之可能性。	
4.本處每年將路殺調查物種點位提供生物多樣性研究所(特有生物保育中心)路殺社納入資料庫中,該社亦曾將點位導入道路 app 提醒用路人加之值運用。由於相較於路殺社調查,本處調查頻度更高、資料詳盡,未來無法逐年編列經費委託調查,是否可比照玉管處參與路殺社於區內認養網格調查納入全國大調查的模式?	路殺社之調查頻度與現行之調查頻度落差極大,是否參照玉管處之作法待管理處內部人員商討後決定。
5.關於路殺量逐年遞減是否隱含著該族群有遞減情形,受託團隊可於結果討論中酌予探討,提請後續應持續關注之課題。	路殺量下降是否與族群量下降有所關連,須待日後進行詳盡之族群調查才有較多證據可進行更多討論分析。
6.摘要僅有研究結果請將結論與建議放入摘要。	參考委員意見,於成果報告書呈現。(p.IV-VII)
7.缺少英文摘要。	參考委員意見,修正於成果報告。(p.IV-VII)
8.有效相片張數與利用隻次數字請再確認、P35-36 表 6、7 請補上調查年度。	參考委員意見,修正於成果報告。(p.41-42)
9.第四章討論與建議依體例應為結論與建議。	參考委員意見,修正於成果報告。(p.50)
10.本報告結果討論雖調查年度 2022 年末到 2023 年無完整年度,建議可就生態廊道監測及路殺調查有年間季節性之比較或探討。	今年計畫資料收集需持續進行至為 12 月,無法如期加入分析,待收集完整年度的資料後,可考慮於未來分析時加入。
11.廊道使用的物種相較過去是否有增減?	廊道中使用之物種與過去大致上相同,而新增定時模式後發現較多兩棲爬行動物使用廊道。
12.過去僅只透過動物路殺種類去了解路殺熱點之動物資源狀態,尚無針對路殺熱點周邊資源、土地利用、生態系等詳加記錄探討,建議通盤探討目前路殺熱點及廊道設置對野生動物之影響,以提出具體改善方針。	謝謝委員建議。請參閱沈至瑜(2023)的文獻內容。
委員七(韓志武委員)	
1.本案執行期間較精采之照影片還請研究團隊提供,以利本處教育解說利用。	將於成果檔案中一併附上。
2.過去黃光瀛博士曾於本處進行路殺相關研究,如保育研究科有成果報告,可再提供參考。	將與保育課索取資料參考。
委員八(楊模麟委員)	
1.本案是否能以同期不同年份路殺資料進行比對,以了解其趨勢。	謝謝委員建議,考慮將參考建議修正進行分析。
2.過往廊道設計是針對哺乳類動物,是否需增設給兩棲爬蟲類使用之設施?	兩棲爬蟲對於材質可能較有特定偏好,可先做調查後決定是否增設。

參考文獻

- Adamczewska AM & Morris S (2001) Ecology and behavior of *Gecarcoidea natalis*, the Christmas Island red crab, during the annual breeding migration. *The Biological Bulletin* **200**, 305-320.
- Aresco MJ (2003) Highway mortality of turtles and other herpetofauna at Lake Jackson, Florida, USA, and the efficacy of a temporary fence/culvert system to reduce roadkills. *Road Ecology Center*.
- Aresco MJ (2005) Mitigation measures to reduce highway mortality of turtles and other herpetofauna at a north Florida lake. *Journal Of Wildlife Management* **69**, 549-560.
- Ascensão F, Clevenger A, Santos-Reis M, Urbano P & Jackson N (2013) Wildlife–vehicle collision mitigation: Is partial fencing the answer? An agent-based model approach. *Ecological Modelling* **257**, 36-43.
- Bager A & Fontoura V (2013) Evaluation of the effectiveness of a wildlife roadkill mitigation system in wetland habitat. *Ecological Engineering* **53**, 31-38.
- Beaudry F, deMaynadier PG & Hunter Jr ML (2008) Identifying road mortality threat at multiple spatial scales for semi-aquatic turtles. *Biological Conservation* **141**, 2550-2563.
- Beebee TJC (2013) Effects of road mortality and mitigation measures on amphibian populations. *Conservation Biology* **27**, 657-668.
- Bissonette JA & Rosa S (2012) An evaluation of a mitigation strategy for deer-vehicle collisions. *Wildlife Biology* **18**, 414-423.
- Bond A & Jones D (2013) Wildlife warning signs: public assessment of components, placement and designs to optimise driver response. *Animals* **3**, 1142-1161.
- Brzeziński M, Eliava G & Żmihorski M (2012) Road mortality of pond-breeding amphibians during spring migrations in the Mazurian Lakeland, NE Poland. *European Journal of Wildlife Research* **58**, 685-693.
- Christmas Island National Park (2012) Red crab migration, <https://parksaustralia.gov.au/christmas/discover/highlights/red-crab-migration/>.
- Clark RW, Brown WS, Stechert R & Zamudio KR (2010) Roads, Interrupted Dispersal, and Genetic Diversity in Timber Rattlesnakes. *Conservation Biology* **24**, 1059-1069.
- Clevenger AP (2005) Conservation value of wildlife crossings: measures of performance and research directions. *Gaia-Ecological Perspectives for Science and Society* **14**, 124-129.
- Clevenger AP, Dorsey B, Barrueto M & Ford AT (2013) Activity patterns of wildlife at crossing structures as measure of adaptability and performance.
- Coffin AW (2007) From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. *Journal of transport Geography* **15**, 396-406.
- Collinson WJ, Marneweck C & Davies-Mostert HT (2019) Protecting the protected: reducing wildlife roadkill in protected areas. *Animal Conservation* **22**, 396-403.
- Cosentino BJ, Marsh DM, Jones KS, Apodaca JJ, Bates C, Beach J, Beard KH, Becklin K, Bell JM & Crockett C (2014) Citizen science reveals widespread negative effects of roads on amphibian distributions. *Biological Conservation* **180**, 31-38.
- Dixo M, Metzger JP, Morgante JS & Zamudio KR (2009) Habitat fragmentation reduces genetic diversity and connectivity among toad populations in the Brazilian Atlantic Coastal Forest. *Biological Conservation* **142**, 1560-1569.
- Dodd Jr. CK, Barichivich WJ & Smith LL (2004) Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biological Conservation* **118**, 619-631.

- Eberhardt E, Mitchell S & Fahrig L (2013) Road kill hotspots do not effectively indicate mitigation locations when past road kill has depressed populations. *The Journal of Wildlife Management* **77**, 1353-1359.
- Enge KM & Wood KN (2002) A pedestrian road survey of an upland snake community in Florida. *Southeastern naturalist* **1**, 365-380.
- Fahrig L & Rytwinski T (2009) Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* **14**, 21.
- Forman RT & Alexander LE (1998) Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 207-C202.
- Forman RT (2003) Road ecology: science and solutions Island Press.
- Found R & Boyce MS (2011) Warning signs mitigate deer-vehicle collisions in an Urban area. *Wildlife Society Bulletin* **35**, 291-295.
- Gagnon JW, Dodd NL, Ogren KS & Schweinsburg RE (2011) Factors associated with use of wildlife underpasses and importance of long-term monitoring. *The Journal of Wildlife Management* **75**, 1477-1487.
- Garcia-Gonzalez C, Campo D, Pola IG & Garcia-Vazquez E (2012) Rural road networks as barriers to gene flow for amphibians: Species-dependent mitigation by traffic calming. *Landscape and urban planning* **104**, 171-180.
- Garrah E, Danby RK, Eberhardt E, Cunnington GM & Mitchell S (2015) Hot spots and hot times: wildlife road mortality in a regional conservation corridor. *Environmental Management* **56**, 874-889.
- Gibbs JP & Shriver WG (2002) Estimating the effects of road mortality on turtle populations. *Conservation Biology* **16**, 1647-1652.
- Gibbs JP & Shriver WG (2005) Can road mortality limit populations of pool-breeding amphibians? *Wetlands Ecology and Management* **13**, 281-289.
- Grace MK, Smith DJ & Noss RF (2015) Testing alternative designs for a roadside animal detection system using a driving simulator. *Nature Conservation* **11**, 61-77.
- Grace MK, Smith DJ & Noss RF (2017) Reducing the threat of wildlife-vehicle collisions during peak tourism periods using a Roadside Animal Detection System. *Accident Analysis & Prevention* **109**, 55-61.
- Hamer A, Ree R, Mahony M & Langton T (2014) Usage rates of an unde-road tunnel by three Australian frog species: implications for road mitigation. *Animal Conservation* **17**, 379-387.
- Hilty JA, Keeley AT, Merenlender AM & Lidicker Jr WZ (2019) Corridor ecology: linking landscapes for biodiversity conservation and climate adaptation Island Press.
- Hobday AJ & Minstrell ML (2008) Distribution and abundance of roadkill on Tasmanian highways: human management options. *Wildlife Research* **35**, 712-726.
- Holderegger R & Di Giulio M (2010) The genetic effects of roads: a review of empirical evidence. *Basic and Applied Ecology* **11**, 522-531.
- Huijser MP, Mosler-Berger C, Olsson M & Strein M (2015) Wildlife Warning Signs and Animal Detection Systems Aimed at Reducing Wildlife-Vehicle Collisions. In: *Handbook of Road Ecology*, pp. 198-212.
- Jackson ND & Fahrig L (2011) Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity. *Biological Conservation* **144**, 3143-3148.
- Jaeger JA & Fahrig L (2004) Effects of road fencing on population persistence. *Conservation Biology* **18**, 1651-1657.
- Khalilikhah M & Heaslip K (2017) Improvement of the performance of animal crossing warning signs. *Journal of Safety Research* **62**, 1-12.
- Lesbarreres D & Fahrig L (2012) Measures to reduce population fragmentation by roads: what has worked and how do we know? *Trends in Ecology & Evolution* **27**, 374-380.

- Lester D (2015) Effective wildlife roadkill mitigation. *Journal of Traffic and Transportation Engineering* **3**, 42-51.
- Lima Santos RA, Ascensão F, Ribeiro ML, Bager A, Santos-Reis M & Aguiar LMS (2017) Assessing the consistency of hotspot and hot-moment patterns of wildlife road mortality over time. *Perspectives in Ecology and Conservation* **15**, 56-60.
- Little SJ, Harcourt RG & Clevenger AP (2002) Do wildlife passages act as prey-traps? *Biological Conservation* **107**, 135-145.
- Mayer M, Nielsen JC, Elmeros M & Sunde P (2021) Understanding spatio-temporal patterns of deer-vehicle collisions to improve roadkill mitigation. *Journal of Environmental Management* **295**, 113148.
- Muller R & Misso M (2015) Case study: protecting Christmas Island's iconic red crabs from vehicles. *Handbook of Road Ecology*, 258-260.
- Pagnucco K (2010) *Using under-road tunnels to protect a declining population of Long-toed Salamanders (Ambystoma macrodactylum) in Waterton Lakes National Park*, University of Alberta.
- Pagnucco KS, Paszkowski CA & Scrimgeour GJ (2011) Using cameras to monitor tunnel use by long-toed salamanders (*Ambystoma macrodactylum*): an informative, cost-efficient technique. *Herpetological Conservation and Biology* **6**, 277-286.
- Pagnucco KS, Paszkowski CA & Scrimgeour GJ (2012) Characterizing movement patterns and spatio-temporal use of under-road tunnels by long-toed salamanders in Waterton Lakes National Park, Canada. *Copeia* **2012**, 331-340.
- Riginos C, Graham MW, Davis M, Smith C & Johnson A (2015) Effects of wildlife warning reflectors ("deer delineators") on wildlife-vehicle collisions in Central Wyoming.
- Rosenberg DK, Noon BR & Meslow EC (1995) Towards a definition of biological corridor.
- Row JR, Blouin-Demers G & Weatherhead PJ (2007) Demographic effects of road mortality in black ratsnakes (*Elaphe obsoleta*). *Biological Conservation* **137**, 117-124.
- Rytwinski T & Fahrig L (2012) Do species life history traits explain population responses to roads? A meta-analysis. *Biological Conservation* **147**, 87-98.
- Rytwinski T & Fahrig L (2015) The impacts of Roads and Traffic on Terrestrial Animal Populations. In: *Handbook of Road Ecology*, pp. 237-246.
- Rytwinski T, Soanes K, Jaeger JAG, Fahrig L, Findlay CS, Houlahan J, van der Ree R & van der Grift EA (2016) How Effective Is Road Mitigation at Reducing Road-Kill? A Meta-Analysis. *PloS one* **11**, e0166941.
- Saxena A & Habib B (2022) Crossing structure use in a tiger landscape, and implications for multi-species mitigation. *Transportation research part D: transport and environment* **109**, 103380.
- Sillero N (2008) Amphibian mortality levels on Spanish country roads: descriptive and spatial analysis. *Amphibia-Reptilia* **29**, 337-347.
- Silveira Miranda JE, de Melo FR & Keichi Umetsu R (2020) Are Roadkill Hotspots in the Cerrado Equal Among Groups of Vertebrates? *Environmental Management* **65**, 565-573.
- Smith CM, Pagnucco K, Johnston B, Paszkowski C & Scrimgeour G (2010) Using Specialised Tunnels to Reduce Highway Mortality of Amphibians.
- Sparks JL & Gates JE (2017) Seasonal and regional animal use of drainage structures to cross under roadways. *Human–Wildlife Interactions* **11**, 182-191.
- Spellerberg I (1998) Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography* **7**, 317-333.
- Taylor BD & Goldingay RL (2003) Cutting the carnage: wildlife usage of road culverts in north-eastern New South Wales. *Wildlife Research* **30**, 529-537.
- Taylor BD & Goldingay RL (2010) Roads and wildlife: impacts, mitigation and implications for wildlife management in Australia. *Wildlife Research* **37**, 320-331.

- Timm BC, McGarigal K & Compton BW (2007) Timing of large movement events of pond-breeding amphibians in Western Massachusetts, USA. *Biological Conservation* **136**, 442-454.
- Trombulak SC & Frissell CA (2000) Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* **14**, 18-30.
- Tu M (2019) How AI Is Helping Protect Taiwan's Endangered Leopard Cats, <https://blogs.nvidia.com/blog/2019/08/21/ai-saving-leopard-cats/>.
- van der Ree R, Jaeger JA, van der Grift EA & Cleverger AP (2011) Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving toward larger scales. *Ecology and Society* **16**, 48-48.
- van der Ree R, Jaeger JA, Rytwinski T & van der Grift EA (2015a) Good science and experimentation are needed in road ecology. *Handbook of Road Ecology*, 71-81.
- van der Ree R, Smith DJ & Grilo C (2015b) *Handbook of road ecology* John Wiley & Sons.
- 沈至瑜。2023。環境因子與動物生活史對陽明山兩棲爬行類動物路殺時空分布的影響。國立臺灣師範大學生命科學系碩士論文。
- 陳怡惠。2016。105 年陽明山國家公園生態廊道監測。陽明山國家公園管理處委託報告。
- 陳怡惠。2017。106 年陽明山國家公園生態廊道監測。陽明山國家公園管理處委託報告。
- 陳怡惠。2018。107 年陽明山國家公園生態廊道監測。陽明山國家公園管理處委託報告。
- 陳怡惠。2019。108 年度陽明山國家公園生態廊道監測及其周邊地棲型生物族群先驅調查。陽明山國家公園管理處委託報告。
- 陳俞晴、林澤衛。2020。用 AI 技術阻止路殺，拯救石虎 (<https://news.cts.com.tw/vita/campus/202006/202006292005404.html>)，華視新聞。
- 黃光瀛。2001。公路對陽明山國家公園野生動物的影響及改進規劃。陽明山國家公園管理處自行研究報告。
- 黃光瀛。2002。公路對陽明山國家公園野生動物的影響及改進規劃(二)。陽明山國家公園管理處自行研究報告。
- 黃光瀛。2006。陽明山國家公園野生動物穿越道路涵洞微型生態廊道系統。2006 年生態工程博覽會-陽明山動物通道研討會，臺北。
- 黃光瀛。2007。道路對野生動物的影響及減輕對策。野生動物保育與研究學術研討會，臺北。
- 劉小如。2008。陽明山國家公園生態廊道系統評估之研究。陽明山國家公園管理處委託報告。
- 臺灣路死觀察網。2022。路殺資料基本統計/路殺物種排行榜(<https://roadkill.tw/>)。