

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

受委託單位：中國文化大學生命科學系

研究主持人：陳怡惠 副教授

研究期程：中華民國 108 年 3 月至 12 月

研究經費：新台幣 94 萬元整

陽明山國家公園管理處委託報告

中 華 民 國 1 0 8 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)

張氏之印

目次

表次.....	I
圖次.....	II
摘要.....	III
ABSTRACT	IV
第一章、緒論.....	1
第一節、背景與緣起.....	1
第二節、計畫工作項目與目標.....	7
第二章、研究方法.....	9
第一節、路殺調查與分析.....	9
第二節、生態廊道利用情形監測.....	12
第三節、生態廊道周邊地棲型生物類型初探.....	14
第四節、檢視及回報生態廊道相關設施現況.....	16
第三章、結果與討論.....	17
第一節、路殺調查與分析.....	17
第二節、生態廊道利用情形監測.....	36
第三節、生態廊道周邊地棲型生物類型初探.....	46
第四節、檢視及回報生態廊道相關設施現況.....	48
第四章、結論與建議.....	53
第一節、路殺調查及生態廊道影像監測.....	53
第二節、具體建議.....	54
附錄.....	59
致謝.....	75
參考書目	76

張氏之印

張氏之印

表 次

表 1、2016-2019 年陽明山國國家公園境內脊椎動物路殺紀錄彙整.....	17
表 2、2016-2019 年路殺本研究室執行的路殺調查次數及記錄到的路殺個體數.....	19
表 3、陽明山國公園境內歷年的路殺調查資料及每次調查每公里的路殺動物數量估算.....	20
表 4、2016-2019 年各路線的路殺動物名錄與數量	22
表 5、陽明山國公園境內歷年調查所得的各類群脊椎動物路殺總數及百分比.....	25
表 6、氣象因子對 2016-2019 年陽金-101 甲公路的兩棲網路殺量影響分析.....	29
表 7、氣象因子對 2016-2019 年陽金-101 甲公路的爬蟲網路殺量影響分析.....	29
表 8、氣象因子對 2016-2019 年萬溪產業道路的兩棲網路殺量影響分析.....	29
表 9、氣象因子對 2016-2019 年萬溪產業道路的爬蟲網路殺量影響分析.....	29
表 10、2016-2019 年路殺熱點或需注意野生動物的路段列表.....	35
表 11、2016-2019 年 1-5 號觸發式自動相機拍攝的影片總數與有效影片數	36
表 12、2016-2019 年 1-5 號廊道觸發式相機記錄到的動物種類及使用廊道次數	37
表 13、2016-2019 年麝香貓在各月份使用廊道的次數(觸發紀錄)	40
表 14、2016-2019 年穿山甲在各月份使用廊道的次數(觸發紀錄)	40
表 15、2018-2019 年 2 號及 3 號廊道定時相機記錄到的動物種類及使用廊道次數.....	44
表 16、2019 年選定設立陷阱的 3 個位置之經緯度及海拔.....	46
表 17、2019 年 7-12 月動物陷阱捕捉到的動物物種及個體數.....	47

圖 次

圖 1、2016-2019 年進行路殺調查的共同路線圖.....	9
圖 2、2019 年地棲型動物調查用陷阱。.....	15
圖 3、2016-2019 年陽明山國家公園管理處、台灣路死觀察網(路殺社)與本研究室非系統調查獲得的脊椎動物路殺位置圖.....	18
圖 4、2016-2019 年各網的脊椎動物路殺量比例.....	26
圖 5、2016-2019 年陽金-101 甲公路上每月各動物類群的路殺平均數量(+SE).....	28
圖 6、2016-2019 年萬溪產業道路上每月各動物類群的路殺平均數量(+SE).....	28
圖 7、2016 年所有路線的累計路殺量空間分布圖(以 0.5 公里為單位).....	31
圖 8、2017 年所有路線的累計路殺量空間分布圖(以 0.5 公里為單位).....	31
圖 9、2018 年所有路線的累計路殺量空間分布圖(以 0.5 公里為單位).....	32
圖 10、2019 年所有路線的累計路殺量空間分布圖(以 0.5 公里為單位).....	32
圖 11、2016-2019 年所有路線的累計路殺量空間分布圖(以 0.5 公里為單位).....	33
圖 12、2016-2019 年所有路線的路殺熱點分析.....	33
圖 13、2016-2019 年所有路線的兩棲類動物路殺熱點分析.....	34
圖 14、2016-2019 年所有路線的爬蟲類動物路殺熱點分析.....	34
圖 15、2016-2019 年 1-5 號廊道各月份的累計通行次數比例.....	41
圖 16、2016-2019 年 1-5 號廊道於一天中的各時段累計通行次數比例.....	42
圖 17、2016-2019 年 1-5 號廊道動物的通行方向比例.....	43
圖 18、研究文獻中提及較容易被汽車駕駛人注意到的靜態警告標誌範例.....	55

摘要

本計畫針對陽金公路、101 甲公路及萬溪產業道路進行道路拾遺及路殺量調查，分析 1-5 號動物廊道的監測影像資料，並評估地棲型動物陷阱是否適宜作為評估周邊棲地中物種數量相對頻度的方法，目標為監測陽明山國家公園的道路路殺量及動物對現有廊道的利用情形，作為減輕野生動物路殺保育工作的基礎資料。本計畫 2016-2019 年度的主要結果包括：(1)路殺量最多動物物種為盤古蟾蜍，次多為斯文豪氏赤蛙，第三為黃口攀蜥。路殺紀錄中包含臺北樹蛙、羽鳥氏帶紋赤蛇、環紋赤蛇、阿里山龜殼花、哈特氏蛇蜥、黑眉錦蛇、領角鴉 7 種保育類動物。(2)動物利用廊道的有效影像紀錄中，以鼬獾與刺鼠為利用廊道的優勢動物物種，利用廊道的保育類動物包括麝香貓及穿山甲 2 種保育類動物。定時模式比觸發模式的自動相機記錄到更多的兩棲及爬蟲動物種類利用廊道。(3)地棲型動物陷阱捕捉到 4 種動物，共 15 隻次，要做為評估物種及族群大小的工具，需要增加陷阱組數並長期調查。(4)3-5 號動物廊道及圍籬系統因為道路邊坡工程、坍方及年代久遠的因素，造成廊道入口與部分圍籬損壞，須進行更新與修補。

關鍵詞：路殺熱點、動物廊道、陽金公路、101 甲公路、萬溪產業道路

Abstract

The objectives of this project was to (1) investigate the species at risk of roadkill, the temporal patterns of the roadkills, the spatial distributions and hotspots of the roadkills in Wanxi Industrial Road, Yangjin Highway, and 101A County Highway; (2) monitor the use rates of the wildlife crossing structures (underpass #1-#5) and evaluate the effectiveness of these underpasses in roadkill mitigation; (3) check the condition of underpasses and fences in Yangmingshan National Park. The major findings included: (1) *Bufo bankorensis*, *Odorrana swinhoana*, and *Japalura polygonata* were the top three species in the risk of roadkill, (2) the peak of roadkill amount was during summer time (June to September), (3) 1.5 km road section in 101A County Highway and 1.0 km road section in Wanxi Industrial Road were located as roadkill hotspot, (4) the underpasses were frequently used by mammals, especially by *Melogale moschata*, *Niviventer coxingi*, and Soricidae spp.

Keyword : Roadkill hotspot, Wildlife crossing, Wanxi Industrial Road, Yangjin Highway, 101A County Highway.

第一章、緒論

第一節、背景與緣起

一、道路對野生動物的影響

在人類社會及經濟的發展下，交通道路的建設使人們的物料運輸與生活聯繫更加便利，在人類無限追求便利的需求下，臺灣各地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，使人類的活動範圍更加擴張，這對於在道路附近棲息的野生動物來說，卻帶來許多的負面影響(Spellerberg 1998, Forman 2003, Coffin 2007)，形成一個無可脫逃的道路陷阱。根據道路與交通對野生動物的數量與分布影響的研究文獻回顧，道路對兩棲類、爬蟲類、鳥類及中大型哺乳類動物來說，帶來的幾乎都是負面影響，但對於小型哺乳動物來說，負面影響、沒有影響或正面影響皆存在。雖然道路對不同動物類群的影響有不盡相同的趨勢，然而，整體而論，道路對絕大部分野生動物的族群帶來的多是負面影響(Fahrig and Rytwinski 2009, Cosentino et al. 2014, Rytwinski and 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：可用棲地面積減少、不適宜的棲地環境因子增加(邊緣效應)、棲地破碎化使棲地間的連結性(connectivity)降低；而對動物本身的直接影響則包括：路殺(roadkill)、對道路的退避行為(road avoidance behavior)、及動物在棲地間的遷移數量或頻度降低(Forman and Alexander 1998, Trombulak and Frissell 2000, Coffin 2007)。其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的負面因素(Forman 2003, Rytwinski and 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、爬蟲類、鳥類與哺乳類(Rytwinski and 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 and 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，其中蟾蜍為路殺紀錄最多的類群(Beebee 2013)。(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 and Fahrig 2012)。(3)有大規模生殖遷移的行為。澳洲紅蟹與梭德氏赤蛙等，平時居住地與生殖棲地在不同地點，生殖季時會有大量個體從居住地移往生殖棲地，當其生殖遷移路徑必須經過馬路時，可能會造成短時間內有大量個體被路殺(Timm et al. 2007, Sillero 2008, Brzeziński et al. 2012, Rytwinski and Fahrig 2012)。

過往許多研究皆證實，高路殺率造成的高死亡率，會造成動物族群量的明顯下降，降低族群的遺傳多樣性及族群間的遺傳交流，並可能會增加族群或物種的滅絕風險(Gibbs and Shriver 2002, 2005, Row et al. 2007, Dixo et al. 2009, Holderegger and Di Giulio 2010, Jackson and Fahrig 2011, Garcia-Gonzalez et al. 2012, Langen et al. 2012, Beebee 2013)。由此可見，動物個體發生路殺不但會直接影響到族群及物種的生存，也會間接連結影響到生物群落及整個生態系的結構與功能，影響層面非常廣泛。因此，路殺研究及減少路殺已經成為全球生物多樣性保育的重要議題之一，形成了一門稱為道路生態學(Road Ecology)的新學術領域(Coffin 2007)。

二、國際上的路殺改善措施

路殺事件的發生頻度在不同道路及不同路段會有明顯的差異，這些差異可能與道路與動物活動範圍或遷移路線重疊程度、道路旁的棲地環境因子、道路寬度、交通流量多寡、及車速等因子有關(Gibbs and Shriver 2005, Hobday and Minstrell 2008, 劉小如 2008, Elzanowski et al. 2009, Beaudry et al. 2010, Garriga et al. 2012, D'Amico et al. 2015)。道路上發生路殺事件最多的路段或地點，被稱為路殺熱點(hotspot)。在路殺熱點路段採取路殺改善方案或設置改善設施，被認為有最高的保育效益(van der Ree et al. 2015b)。因此，評估道路上的路殺熱點是進行路殺改善方案或決定路殺改善設施設置位置前必備的基礎研究。

針對減少道路上的動物路殺熱點，國際上常採用的減少路殺方法包括以下數種。

第一，進行道路的封路措施，例如：在澳洲聖誕島的紅蟹(*Gecarcoidea natalis*)每年生殖遷移季開始時，澳洲政府會針對某些道路進行交通管制並封閉道路，讓紅蟹能安全地來回棲息地與生殖地(Adamczewska and Morris 1998)。然而，從人類的角度來看，動物遷移路徑上不一定會有替代道路可以讓人車通行，封閉道路勢必會造成一定程度上的交通不便。第二種方法為採用人力協助動物過馬路的方法，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。以新竹大山背地區的護蛙活動來說，在每年梭德氏赤蛙開始進行產卵遷移的夜間(約 10 月到 11 月)，新竹荒野協會就會號召志工，以人力的方式協助成蛙安全抵達產卵溪流或返回森林，減少其在路上逗留的時間。但是，人力協助動物過馬路的方法需有相當的人數並耗費大量時間才能進行。以上這兩種方式針對生殖季短且有大量生殖遷移活動的個體生物物種，可在特定的時間進行應用，但是，要長期採用這些策略就會有執行層面上的困難。

第三種減緩路殺的方式是針對道路及路邊設施進行硬體設計上的改良或改善，這被認為是最不會造成交通不便，且省時省力又經濟實惠的方式(Forman 2003, Cleverger 2005, Smith et al. 2010)。道路設施改善的作法之一是在路旁設立警告標誌及警語，或在路上設立減速帶或路脊(speed bump line)，提醒或迫使駕駛人降低車速，減低野生動物在穿越馬路時被路殺的機率(Hobday and Minstrell 2008)。而建造動物廊道或稱動物通道(Wildlife corrido or wildlife crossing)與路邊引導式圍籬(fence)則為更積極主動的路殺改善措施。路邊引導式圍籬可防止動物移動到道路上，並引導動物進入天橋式(overpass)或地下式(underpass)動物通道，增加動物利用動物廊道的機率，減少動物進入路面及發生車禍的機率。

動物廊道有效減少動物被路殺的案例曾多次被報導過(Dodd Jr. et al. 2004, Aresco 2005, Pagnucco 2010, Bager and Fontoura 2013)，如：加拿大紅雀湖地區的動物廊道有效減少長趾螻蛄的路殺率(Pagnucco et al. 2011, 2012)，美國佛羅里達州在 US Highway 441 下架設的動物廊道對當地大多數的兩棲爬蟲及哺乳類動物都十分有效的減少了路殺量(Dodd Jr. et al. 2004)。然而，動物廊道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廊道架設後的一年內，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)。但動物廊道的功效不僅止於降低路殺，更有連接被隔離的棲地間的動物遷移及基因交流的功能。因此，廊道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(Gagnon et al. 2011, Beebee 2013, Hamer et al. 2014)。

三、陽明山國家公園歷年路殺監測資料的保育應用與措施

陽明山國家公園為鄰近臺北都會區的國家公園，園區內的道路密集，加上大眾交通工具及各式車輛往來頻繁，使得路殺事件頻傳。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，但是因為陽明山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，交通流量十分大。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 1998 年即著手進行路殺調查，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)。2004 年，管理處分別在陽金公路及 101 甲公路(即巴拉卡公路)路段的熱點路段，設置 2 座及 3 座動物廊道-圍籬設施，除了有供動物地下通行的通道外，也在其兩側設置引導圍籬，期望廊道-圍籬設施可以連結因道路而分隔的棲地，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。

此外，陽明山國家公園為使野生動物保育工作更加完善，於 2008 年委託劉小如老師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，調查結果發現陽金公路及 101 甲公路交叉處的 5 公里內的路段仍為路殺熱點，而萬溪產業道路也有路殺量多的熱點路段(劉小如 2008)。萬溪產業道路是在第一階段動物路殺調查的遺珠之憾，因此，針對萬溪產業道路，有必要繼續進行長期的路殺量調查及監測，作為未來該處設置減少路殺的道路設施或廊道的規劃基礎。

了解減少路殺用的廊道-圍籬系統設施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，才能提出充分可信的資訊(van der Ree et al. 2015a)。自 2004 年起，針對已經設置的動物廊道，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利用廊道在道路兩側移動，證明廊道連結棲地功能的效用，且能獲得使用動物廊道的生物之特性，例如：動物物種或類群、使用頻率、時段、數量等基本資料(Pagnucco 2010, Pagnucco et al. 2011, Beebee 2013)。而不同廊道間的影像監測資料，也能分析動物對廊道的使用是否有特定的空間型式，並可藉此探討環境特性是否影響動物的使用意願(Lesbarrères et al. 2004, Pagnucco et al. 2012)。

廊道-圍籬系統對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(Jaeger and Fahrig 2004, Ascensão et al. 2013)。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, Taylor and Goldingay 2003, Pagnucco et al. 2011)，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)。

利用廊道內設置的監測設備雖然可以證明野生動物會利用廊道通行，但是對於廊道-圍籬系統的設置是否顯著降低路殺量，並無法提供量化的成效分析。因此，需要針對該廊道設置路段進行長期且持續的路殺調查，並與早期的路殺量資料進行比較，才能有減少路殺成效的有效統計。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，廊道是否有持續性的成效，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持續監測，才能有效地因應新的動態而進行維護與改善。

減少路殺量的評估也可考量同年間相近路段的路殺量比較。因為若只針對廊道所在路段進行路殺調查，並無法排除年間路殺量下降的趨勢可能是由其他混淆因子

(confounding factors) 造成的，如：年間的遊客數量、交通量、動物的族群量的差異…等(Garriga et al. 2012, Eberhardt et al. 2013, D'Amico et al. 2015)。因此，若能選擇交通量、動物族群量、環境因子與道路特性皆相近的相鄰路段，在同一時間進行針對有廊道-圍籬系統及沒有廊道-圍籬系統的路段的路殺量調查與比較，減低交通、遊客、環境與道路特徵對路殺量結果的干擾因素，能有效地每年進行廊道與圍籬對降低路殺量成效的分析與量化(Dodd Jr. et al. 2004)。

四、陽明山國家公園近年的路殺與廊道監測資料之應用展望

本研究室於 2016 年 2 月-2018 年 12 月執行生態廊道監測計畫，在設有廊道的陽金公路及 101 甲公路，針對動物利用廊道情形的影像資料建檔與分析，同時調查脊椎動物路殺量。監測結果發現中小型哺乳動物對生態廊道的使用效率高，路殺量很低；兩棲及爬蟲動物是路殺紀錄中數量多的路殺高危險類群，但卻是鮮少利用動物廊道通行的類群(陳怡惠 2017, 2018)，且在有廊道及圍籬的路段，兩棲爬蟲類的動物也有不少路殺紀錄。因此，了解為何兩棲及爬蟲類對生態廊道使用率低，是陽金公路及 101 甲公路的路殺改善中需要優先了解的問題。

兩棲及爬蟲類對生態廊道使用率低的現象，首先需要釐清是否為監測設備或監測技術上的限制所造成。現在市面上的自動相機設計是以拍攝哺乳類動物為主，對體溫一般維持相對較低且體型較小的兩棲與爬蟲類動物，可能無法感應及觸發相機拍攝，因此，廊道影像紀錄中兩棲及爬蟲類出現率低可能是因為監測設備上的限制。2018 年 4 月開始，本研究室針對 2 號及 3 號廊道嘗試在同一個廊道同時架設感應觸發及定時兩種不同的影像監測方式，藉由比較相同相機不同的拍攝模式所記錄到的動物種類及使用廊道次數差異，藉此評估兩棲爬蟲動物是因相機的感應限制沒有被記錄到利用廊道，或者真的對廊道的利用率很低。

兩棲及爬蟲類對生態廊道使用率低及路殺量偏多，也可能是因為圍籬阻隔動物跨越馬路的效果有限。在 2018 年的監測計畫中，本研究室與特有生物研究中心及外國學者一同實地探查生態廊道與圍籬系統，結果發現在 101 甲公路段的 3-5 號廊道周邊的圍籬，可能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，使得動物能從頂端跨過圍籬(Dodd Jr. et al. 2004)。加上雨季時雨水沖刷，圍籬可能在底部有縫隙，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，應是提升廊道圍籬效果需要進行的常態性策略。

路殺造成的死亡率對野生動物族群的存續有負面影響，包括：族群的數量動態及遺傳多樣性，甚至可能導致族群滅絕(Gibbs and Shriver 2005, Dixo et al. 2009)。因此，了解高路殺量對周邊的野外族群是否有負面影響是未來建議進行的保育議題。過去 3 年的路殺調查紀錄中發現，兩棲爬蟲類為路殺高危險類群，兩棲類的盤古蟾蜍及斯文豪氏赤蛙，爬蟲類以黃口攀蜥及泰雅鈍頭蛇為路殺量最高的物種(陳怡惠 2016, 2017, 2018)。以時間與空間分布型式來看，地棲性的盤古蟾蜍及各種蛇類，在每年的調查路線上皆出現為數不少的路殺死亡數，且其活動高峰季節明顯影響著各路線的路殺高峰期，顯示其在國家公園內的廣布性及路殺高風險。因此，本計畫今年在陽金及 101 甲公路的周邊棲地評估以陷阱了解地棲型生物族群相對頻度之可行性，做為未來調查動物族群的初期方法測試。

第二節、計畫工作項目與目標

本計畫今年度的工作包含以下 4 大項，各項工作內容及目標分述如下。

一、路殺調查與分析

針對陽金公路、101 甲公路及萬溪產業道路，本年度延續 2016-2018 年的相同方式進行系統性的路殺調查及拾遺工作，並整合 2016-2019 年路殺拾遺調查資料，分析不同動物類群的路殺量、路殺量的時間與空間分布及熱點路段，分析廊道與圍籬對降低路殺量的成效。具體分析項目包括：

- (1) 比較不同動物類群的路殺量，評估易被路殺的高危險物種(Species at Risk)。
- (2) 比較不同月份的路殺量，評估路殺的高峰期。
- (3) 比較不同路段的路殺量，評估路殺的熱點路段。

二、生態廊道利用情形監測

針對陽明山國家公園陽金公路上的 1 號及 2 號廊道，以及位於 101 甲公路上的 3、4、5 號廊道，持續以自動相機監測動物對生態廊道的利用情形，並整合 2016-2019 年生態廊道監測影像資料，進行利用廊道的物種與利用次數的分析。具體分析項目包括：

- (1) 利用廊道的動物種類及隻次分析，探討是否有利用頻度上的優勢物種。
- (2) 比較不同廊道間種類及利用頻度上的差異，討論動物對廊道的利用是否有特定的空間分布。
- (3) 動物利用廊道是否有特定的月份或日夜的時間型式。
- (4) 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，提出監測方法上的建議。

三、於園區內3、4、5號生態廊道周邊進行地棲型生物類型初探，綜合分析各項資料，研擬經營管理建議

依據 2016-2018 年的路殺監測結果，101 甲公路 3-5 號生態廊道周邊路段為地棲型兩棲(如:盤古蟾蜍)及爬蟲類動物(如:蛇類) 路殺量較高的路段，需要關注路殺對野生動物族群的影響。本研究室於 3-5 號生態廊道周邊路段進行棲地探勘，進行可以設置地棲型兩棲爬蟲動物陷阱的地點及陷阱效果評估。

四、檢視園區內5座生態廊道相關設施現況，即時回報與建議需改善之處

針對陽金公路與 101 甲公路現有的 1-5 號生態廊道及圍籬設施，定期檢視狀況，隨時提供需要維護及改善的位置訊息，期望藉由常態性監測維持廊道與圍籬的正常運作效果。

第二章、研究方法

第一節、路殺調查與分析

一、調查路段與物種

本計畫 2016 年 2 月起，以固定調查方法及頻率執行系統性路殺調查，2016-2019 年進行路殺調查的共同路段包括：(1)陽金公路及 101 甲公路上生態廊道所在的相連及延伸路段(6.5 km 及 2.4 km)，(2)萬溪產業道路(12.2 km) (圖 1)。2019 年 2 月(2/23)開始，為增加 101 甲公路路殺量比較的參考路段，將 101 甲公路調查路線長度多延伸 4 公里，從與陽金公路交叉口延伸至松林坊附近。進行路殺調查時，為避免遺漏路殺個體，調查時僅觀察及記錄單一車道的路殺，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。

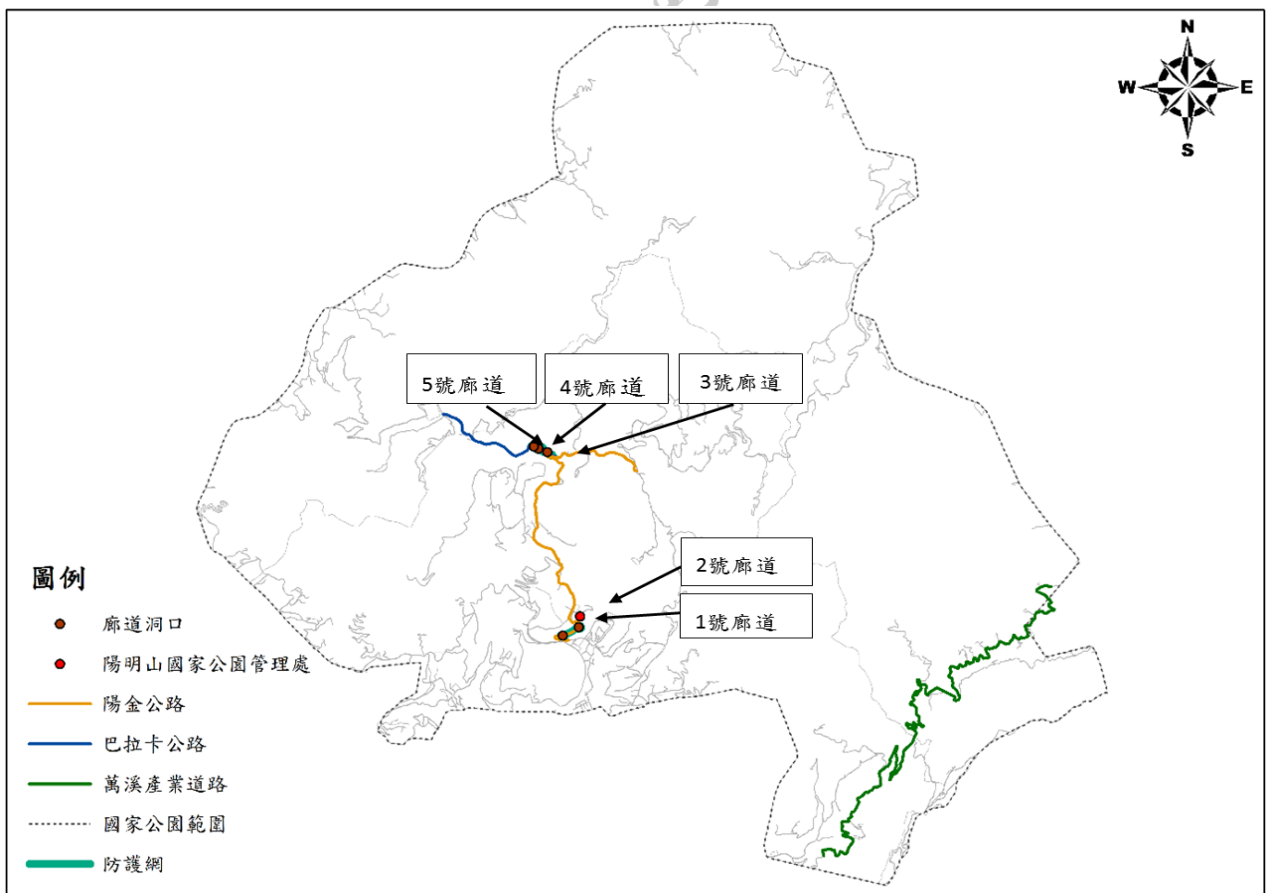


圖 1、2016-2019年進行路殺調查的共同路線圖

路殺調查的對象為脊椎動物的所有類群(兩棲綱、爬蟲綱、鳥綱、哺乳綱)，因為無脊椎動物的體型一般較小，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、調查頻率與時間

自 2016 年 2 月起，每條路線皆以兩週一次的頻率進行系統性路殺調查，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。在過去的路殺研究中，調查頻度的選擇有很大的變異，依據不同地點與對象，從每天一次、每週一次、每月兩次、每月一次、到每季一次都有人採用(Collinson et al. 2014)，目前並沒有絕對最佳的選擇。過去研究顯示對爬蟲類或相似體型的動物來說，每兩週一次是合適的調查頻率(Barthelmess and Brooks 2010, Bager and Da Rosa 2011)。

調查工作於調查日當日 8 點開始直到路線行進結束為止，由於調查時必須同時進行道路拾遺工作，因此，調查耗費時間較長，最長約需 5 小時才能完成整個路段的調查工作。道路拾遺是將在路面上發現的動物屍體作為動物被路殺的數量計數，是調查路殺量的一項標準方法(Taylor and Goldingay 2004)。依據過去在陽明山國家公園內的相關研究發現，動物車禍屍體通常在死亡後 3 天尚可被發現，超過 3 天屍體才會分解消失(黃光瀛 2001; 黃光瀛 2002)，而其他研究也顯示道路上的動物屍體存留在路上的時間最長約是一週(Taylor and Goldingay 2004)。因此，本研究在同一路段連續兩次調查的時間皆間隔一週以上，避免動物屍體拾遺或移除有遺漏時，因時間間隔短造成重複計數的問題。

三、調查方法及記錄事項

慢速行進、調查間隔短、累積足夠的調查日數及調查路徑長度，是使道路拾遺工作能真實反應道路路殺量的重要因素(Collinson et al. 2014)。慢速行進為路殺調查中不遺漏路殺動物紀錄及獲得完整資料的重要方式(Collinson et al. 2014)。本計畫中

的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。一旦發現動物屍體時，調查人員會停下機車，紀錄發現日期、時間、位置、動物種類或其他分類資料、數量，之後利用手持式全球衛星定位儀(Global Positioning System, GPS)記下發現地點座標，並以數位相機進行拍照。每個動物屍體視為一筆路殺資料。

資料記錄工作結束後，調查人員會進行拾遺工作。許多路殺動物的屍體會被碾壓的支離破碎，無法在當場立即就能辨認出物種，且對調查人員來說，在車輛行駛的道路上進行物種鑑定有安全上的疑慮，因此，路殺動物屍體需要被帶回行物種辨認。針對新鮮的動物屍體，將採集全部或部分組織至入封口袋或標本瓶中，待調查結束帶回實驗室後，進行物種辨認，並採取組織以酒精保存。道路拾遺的動物組織保存，未來可能有機會應用在探討族群遺傳多樣性減少或遺傳分化的問題之材料(Holderegger and Di Giulio 2010)。若遇無法拾遺的動物屍體，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，也避免動物屍體存留至下次調查時間，造成重複計數的問題。

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：無法鑑定科的鼯鼠或無法鑑定科的翼手目(蝙蝠)。

四、路殺量的物種差異比較及時空分布型式分析

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 2016-2019 年的路殺量資料會區分為陽金-101 甲公路及萬溪產業道路兩部分分開計數與分析，分析項目包括：路殺量的類群差異、路殺量的時間分布型式、及路殺熱點。

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路殺量及比例。單月的路殺數量是以每條路線的每個月的平均數(路殺總數量除以調查次數)表示，因為每個單月份調查次數的樣本數不多(6-11 次)，因此，月份間的路殺量並不進行統計比較，僅以數量多少說明路殺高峰的時間型式。綜合 105-108 資料，利用華岡氣象站的氣象資料，以複因子線性回歸分析探討路殺

量是否受調查前一日的氣溫、降雨量及濕度的影響，藉此評估路殺發生的高峰期與氣候因子的相關性。

在路殺熱點分析時，包括所有完整記錄 GPS 經緯度資料的路殺個體。路殺熱點分析分為 2 種方式呈現，首先，為了能與劉小如(2008)的調查資料相比較，因此採用相同的計算與呈現方式，先利用地理資訊系統(ArcGIS v.10.3.1)針對各別路線以 0.5 公里為單位分路段，計算各路段中全部或各別分類群的路殺數量，並以 natural breaks (Jenks)方式分級，確認路殺數量最高的所在路段。其次，另以 ArcGIS 的空間分析模組中的熱點分析(Hot spot analysis)工具，分析出路殺量在統計上是否有顯著較其他路段高的路殺熱點路段，並以此評估有廊道圍籬所涵蓋的路段與同路段中相近但沒有廊道與圍籬所涵蓋的路段之路殺量是否有顯著差異。

第二節、生態廊道利用情形監測

一、觸發式自動相機監測範圍與方法

陽明山國家公園已於轄區內設置多處穿越公路下方的地下涵道型廊道，位在陽金公路的 1、2 號廊道以 101 甲公路的 3、4、5 號廊道，於較靠近上邊坡的廊道口安裝 1 台自動相機。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 15-20 秒的影像檔案，作為監測並評估 1-5 號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 2018 年的方法，今年度同樣在 2 與 3 號廊道架設每分鐘定時啟動拍照的自動相機，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，也是有較多兩棲爬蟲動物

使用的廊道，因此，適合作為評估兩棲爬蟲動物是因相機的感應限制沒有被拍到利用廊道，或者真的對廊道的利用率低之評估。

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，本研究室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，本研究室是以兩週一次的頻率更換紅外線觸發感應自動相機電池，以一週一次的頻率更換定時拍照自動相機的電池。

四、廊道影像資料建檔與分析

取得自動相機的記憶卡後，研究人員在電腦進行影像資料讀取，並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：相機位置(所在廊道編號)、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，加上體型小的動物在影像解析力有限的條件下，有些動物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，如：無法鑑定至科的兩棲綱或無法建鑑定至種的鮑鱉。

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，有效影像的定義為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。若確定為同一隻個體持續在相機附近活動，造成相機被連續啟動錄製，則只能視為一筆有效影像紀錄(李玲玲 2007)。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，但會計數一群內有幾隻個體，作為額外的資料訊息。

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，所以，本研究室以影片錄製到的動物出現次數來估算各類群動物利用廊道的相對頻度。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，使用廊道的相對頻度可以用來比較不同廊道被動物利用的頻率，可以估算不同動物類群對同一廊道的使用率差異，也可以比較同一動物物種在不同時段或季節對廊道的使用頻率。理論上，利用廊道頻度越高的物種，其遭到路殺的機率應相對較低，也顯示該物種可能懂得利用廊道穿越道路。

第三節、生態廊道周邊地棲型生物類型初探

根據過去陽明山國家公園的生物資源調查報告，兩棲與爬蟲動物的物種多樣性調查，以目視遇測法可發現較多的物種，其次為集井式陷阱(毛俊傑 2014)。但若以目視遇測法調查物種豐富度及族群頻度估算，需耗費較多人力，且較難連續數日進行，因此本研究以可以連續多日進行調查且人力需求較少的陷阱法，評估其作為初探生態廊道周邊地棲型生物族群頻度的可行性。

本研究室今年於 3-5 號生態廊道周邊路段進行棲地探勘，進行可以設置地棲型動物陷阱地點的評估，之後於評估地點架設陷阱進行地棲型動物物種調查。本計畫使用兩種不同類型陷阱進行地棲型動物物種調查，第一種為 Animex 公司製作的陷阱(圖 2a)，第二種為自製的改良式導板集井式陷阱(圖 2b)(曾翌碩 and 毛俊傑 2007, 曾惠芸 and 林德恩 2008, 毛俊傑 2014, 林德恩 2014)。導板集井式陷阱使用蝦籠與 PVC 管製成，兩端為能讓動物進入但難逃脫的蝦籠開口，加上 PVC 管可以作為遮蔽物吸引動物來休息或躲藏。每一個陷阱組由兩種陷阱組成(各 5 個)，並配合圍籬(約 15-20 公尺)引導動物進入陷阱(圖 2c)。架設此陷阱，預計可能會進入陷阱的為地棲型兩棲類、爬蟲類及小型哺乳動物，藉由在陷阱中的動物物種與次數，初步評估以陷阱在道路周邊棲地中調查物種多樣性及物種相對出現頻度的可行性。

今年度 7 月開始至 12 月止，每個月皆開啟並檢查陷阱 10 天。每月於調查開始前一天開陷阱，之後每天早上確認陷阱是否有捕捉到動物，若有動物，記錄陷阱位置、編號、動物物種及數量，並在可能的情況下，進行拍照紀錄。拍照結束後，隨即將動物原地釋回。今年度計畫為陷阱的可行性評估，因此僅進行物種記錄與觀察，並不進行標記或侵入式實驗。



圖 2、2019 年地棲型動物調查用陷阱。

(a)Animex 公司的陷阱，(b)集井式動物陷阱，(c)於二子坪設置的圍籬與陷阱組。
(ab 照片為特有生物研究中心林德恩助理研究員團隊提供)

第四節、檢視及回報生態廊道相關設施現況

本計畫結合每週更換自動相機電池及記憶卡的調查，針對現有的生態廊道及圍籬設施，定期檢視狀況，並拍照記下需要維護的廊道及圍籬設施的位置訊息給管理處保育課，作為提供及時的維護及改善參考。今年度 6 月 15 日開始，101 甲公路路段進行山坡地邊坡改善及設施維護工程，由於工程路段涵蓋 3-5 號廊道及圍籬設施，因此，除了例行檢視，也針對施工區段加強巡查，針對工程施做過程可能傷及廊道及圍籬設施做及時檢視及處理。

此外，今年 12 月 6 日，101 甲公路入口附近路段上邊坡坡面坍方，導致道路無法通行。於坍方後幾日短暫開放通行的時間內，本研究室人員進入檢視廊道及圍籬狀況。但之後由於邊坡工程開始，101 甲公路封路不開放通行，因此，人員無法進入 101 甲公路進行路殺調查、廊道相機更換、陷阱調查及後續檢視設施工作。

第三章、 結果與討論

第一節、 路殺調查與分析

本研究室 2016-2019 年的例行系統調查，獲得脊椎動物路殺紀錄共 2,323 筆(表 1)。此外，來自陽明山國家公園管理處職員及志工通報及拾遺有 228 筆紀錄(含車道、步道及巡山路線)、台灣路死觀察網(路殺社)調查發現 1,047 筆紀錄(特有生物研究保育中心林德恩助理研究員提供)、本研究室於例行系統調查日期之外額外接獲 13 筆路殺通報紀錄(表 1、圖 3)。總計以上所有調查及通報紀錄，陽明山國家公園境內於 2016-2019 年間的脊椎動物路殺總計至少有 105 種 3,611 隻(表 1、附錄 1)。

由於非系統性調查的努力量不一致，難以比較分析，因此以下路殺量的類群比較、時間與空間分布等分析，僅針對本研究室 2016-2019 年的系統性調查獲得的路殺紀錄進行分析。

表 1、2016-2019 年陽明山國家公園境內脊椎動物路殺紀錄彙整

年度	路殺紀錄來源				總計
	本研究室 系統調查	本研究室 非系統調查	陽明山國家 公園管理處	台灣路死 觀察網	
2016	1,032	6	48	244	1,330
2017	544	2	91	196	833
2018	267	2	70	332	671
2019	480*	3	19	275	777
總計	2323	13	228	1047	3611

註: *包含 2019 年 101 甲公路加長調查路線的 71 筆資料紀錄(圖 10)

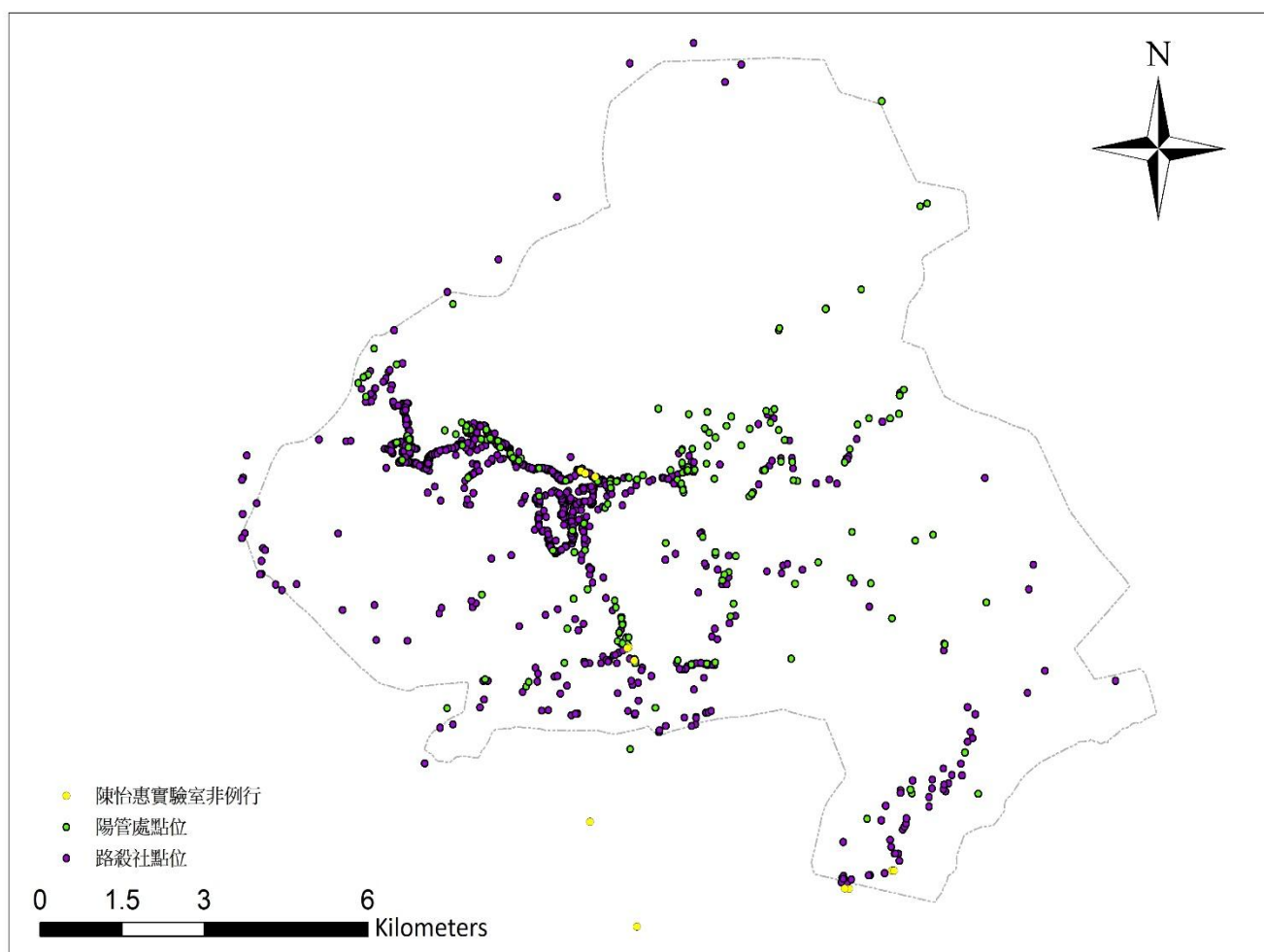


圖 3、2016-2019年陽明山國家公園管理處、台灣路死觀察網(路殺社)與本研究室非系統調查獲得的脊椎動物路殺位置圖

一、路殺量

在系統性路殺調查部分，今年度本研究室在陽金-101 甲公路共進行了 25 次路殺調查，在萬溪產業道路進行了 26 次的調查，累計獲得 480 筆路殺紀錄(附錄 2)。累計 2016 年 2 月至 2019 年 12 月期間的資料，本研究室執行的系統性路殺調查，在陽金-101 甲公路共進行了 102 次，在萬溪產業道路進行了 100 次，累計獲得 2,323 筆脊椎動物路殺紀錄(表 2)。

表 2、2016-2019 年路殺本研究室執行的路殺調查次數及記錄到的路殺個體數

年度	陽金-101 甲公路			萬溪產業道路			總計
	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	
2016	24	3	486	23	0	546	1,032
2017	26	3	246	26	1	298	544
2018	27	7	141	25	2	126	267
2019	25*	2	209	26	1	271	480
總計	102	17	1,082	100	4	1,230	2,323

註: *101 甲公路於 2019/12/6 因坍方封路，因此 12 月份資料僅包括陽金公路路段 2 次調查的 2 筆路殺資料(附錄 1)

陽明山國公園歷年來進行過 7 個年度的系統性路殺調查，因調查路線及次數不同，因此不能僅以一年調查到的路殺總量進行年間路殺量的比較，在此以每次調查每公里可發現的路殺個體數量化每年度的路殺量。歷年陽明山國家公園的路殺調查中，以劉小如(2008)的每次每公里路殺量 3.47 隻最高，以黃光瀛(2002)的每次每公里路殺量 0.19 隻最少(表 3)。本研究室自 2016 年起即採用相同的路線及相同方式的系統性路殺調查，每年累計發現的路殺量以 2016 年有較多的總路殺個體數，2017-2019 年的路殺總量較少，以 2018 年最少。以每次調查每公里可發現的路殺個體數比較年間路殺量，也是 2018 年最低，若比較陽金與 101 甲公路路段與萬溪產業道路路殺量，在 2016-2018 年皆以陽金與 101 甲公路路段較高，但在 2019 年卻是陽金與 101 甲公路路段較少，這可能與 101 甲公路在 2019 年 6 月開始施工，路殺量較往年少有關(圖 10)。

藉由量化比較可看出每次每公里路殺量的路殺個體數在年間呈現上下波動情況，並無數量持續下降或上升的趨勢，因此目前看來路殺量在年間差異僅能推測可能與路線、調查人員、交通量、氣候…等因素不同有關。未來仍須持續監測路殺量，並評估是否影響野生動物族群。

表 3、陽明山國公園境內歷年的路殺調查資料及每次調查每公里的路殺動物數量估算

年度	道路路線	調查次數	公里數	路殺個體總數	路殺數/公里/次	資料來源
2001	陽金、101 甲、陽投、竹子湖、中湖	77	47.7	1,355	0.37	黃光瀛 2001
2003	陽金、101 甲、陽投、竹子湖、中湖	90	47.7	837	0.19	黃光瀛 2002
2008	陽金、101 甲、陽投、竹子湖、中湖、萬溪	29	110.5	11,080	3.46	劉小如 2008
2016	陽金、101 甲	24	8.9	486	2.28	陳怡惠 2016
	萬溪	23	12.2	546	1.95	
2017	陽金-101 甲	26	8.9	246	1.06	陳怡惠 2017
	溪	26	12.2	298	0.94	
	陽金-101 甲	27	8.9	141	0.59	
	萬溪	25	12.2	126	0.41	
2019	陽金、101 甲*	23	12.5	207	0.72	本研究
	萬溪	26	12.2	271	0.85	

註 1. 2016-2019 年陽金、101 甲公路與萬溪產業道路為不同日調查，因此分開計算

註 2. * 101 甲公路於 2019/12/6 因坍方封路，無法進入調查，因此此表亦排除 2019 年 12 月份陽金公路路殺資料(2 次調查 2 筆路殺資料)

二、不同動物類群的路殺量

2016-2019 年間，本研究室在所有調查路線共拾獲至少 4 綱 10 目 27 科 65 種 2,323 筆脊椎動物的路殺紀錄(表 4)。保育類動物路殺種類與隻數包括：兩棲類的臺北樹蛙(28 隻)；爬蟲類的羽鳥氏帶紋赤蛇(1 隻)、環紋赤蛇(11 隻)、阿里山龜殼花(6 隻)、哈特氏蛇蜥(1 隻)、黑眉錦蛇(2 隻)；鳥類的領角鴉(4 隻)(表 4)。

可辨識至種的動物屍體中，2016-2019 年間各類群數量最多的前三種分別為：兩棲類的盤古蟾蜍(690 隻)、斯文豪氏赤蛙(344 隻)、黑眶蟾蜍(130 隻)；爬蟲類的黃口攀蜥(228 隻)、泰雅鈍頭蛇(87 隻)、赤尾青竹絲(37 隻)；鳥類的領角鴉(4 隻)、家鴿(4 隻)、五色鳥(2 隻)；哺乳類的刺鼠(14 隻)、鼬獾(10 隻)、台灣鼯鼠(5 隻)。整體路殺數量最多的物種為盤古蟾蜍(690 隻，占全部個體數的 29.7%)，其次為斯文豪氏赤蛙(344 隻，16.8%)，第三為黃口攀蜥(228 隻，11.2%)(表 4)。

以綱這個分類階層來看，2016-2019 年間兩棲類占有路殺個體數的 67.6%，爬蟲類占 28.4%，鳥類占 3%，哺乳類占 1%。兩棲及爬蟲類動物路殺個體數及比例皆很高，這與過去陽明山國家公園歷次的路殺調查有相近的結果(表 5)，也與近年台灣路死觀察網中公民調查的路殺紀錄相近。然而，不同調查路線中的兩棲與爬蟲動物路殺量占比相去甚遠，兩棲類與爬蟲類路殺占全部路殺量的比例(48%: 46%)在陽金-101 公路相差不多，但在萬溪產業道路則是兩棲類動物路殺個體數比爬蟲類多很多(86%: 13%)(表 4、圖 4)，此外，總距離較短的陽金-101 甲公路上的爬蟲類路殺總類及數量，卻遠比萬溪產業道路上多(表 4)。因此，未來在考量減少路殺的策略上，陽金-101 甲公路需著重於爬蟲類類群，如：路殺量多的黃口攀蜥及泰雅鈍頭蛇；而萬溪產業道路則更需著重於兩棲類動物，尤其是路殺量數量較多的盤古蟾蜍與斯文豪氏赤蛙(表 4)。

表 4、2016-2019 年各路線的路殺動物名錄與數量

綱	目	科	物種中文名/路段	保育	陽金-101 甲 公路	萬溪 產業道路	總計
				等級			
兩棲綱	無尾目	蟾蜍科	黑眶蟾蜍		5	125	130
			盤古蟾蜍		310	380	690
			無法鑑定至種的蟾蜍		8	5	13
		叉舌蛙科	虎皮蛙			4	4
			福建大頭蛙			4	4
			澤蛙		3	33	36
		赤蛙科	拉都希氏赤蛙		35	67	102
			長腳赤蛙			2	2
			貢德氏赤蛙		3	15	18
			斯文豪氏赤蛙		65	279	344
			梭德氏赤蛙			1	1
			無法鑑定至種的赤蛙		14	20	34
		樹蛙科	臺北樹蛙	Ⅲ	17	11	28
			布氏樹蛙		6	11	17
			面天樹蛙		2		2
			褐樹蛙		5	39	44
			艾氏樹蛙			1	1
			無法鑑定至種的樹蛙		5	11	16
		樹蟾科	中國樹蟾		14		14
			無法鑑定至科的無尾目(非蟾蜍)		22	51	73

表 4 (續)、2016-2019 年各路線的路殺動物名錄與數量

網	目	科	物種中文名/路段	保育 等級	陽金-101 甲 公路	萬溪 產業道路	總計
爬蟲綱	有鱗目	正蜥科	翠斑草蜥			2	2
			無法鑑定至種的草蜥			1	1
		石龍子科	印度蜓蜥		13	3	16
			麗紋石龍子		2	3	5
			中國石龍子		1	3	4
			無法鑑定至種的石龍子		4	4	8
		飛蜥科	黃口攀蜥		184	44	228
			斯文豪氏攀蜥		1	2	3
			無法鑑定至種的攀蜥		9	1	10
		鈍頭蛇科	泰雅鈍頭蛇		64	23	87
		蝙蝠蛇科	羽鳥氏帶紋赤蛇	II	1		1
			雨傘節		4	3	7
			中華眼鏡蛇		2	2	4
			環紋赤蛇	III	11		11
		蝮蛇科	赤尾青竹絲		21	16	37
			龜殼花		20	5	25
			阿里山龜殼花	II	6		6
		蛇蜥科	哈特氏蛇蜥	II	1		1
		黃領蛇科	大頭蛇		7	6	13
			王錦蛇			1	1
			白梅花蛇		8	3	11
			白腹遊蛇		2	2	4
			赤背松柏根		4	2	6
			赤腹松柏根		6		6
			金絲蛇		1		1
			青蛇		15	10	25
			紅竹蛇		7		7
			紅斑蛇		30	1	31
			茶斑蛇		2	8	10
			梭德氏遊蛇		10	3	13
			斯文豪氏遊蛇			1	1
			過山刀		15	3	18
			擬龜殼花		20		20
			鐵線蛇		3		3
			南蛇		1		1
			黑眉錦蛇	III	2		2
			無法鑑定至科的蜥蜴		1	1	2
			無法鑑定至科的蛇類		23	6	29

表 4 (續)、2016-2019 年各路線的路殺動物名錄與數量

網	目	科	物種中文名/路段	保育	陽金-101 甲	萬溪	總計
				等級	公路	產業道路	
鳥網	雀形目	椋鳥科	無法鑑定至種的椋鳥		1		1
		噪眉科	繡眼畫眉		1		1
		鴉科	喜鵲		1		1
		鶇科	白頭翁			1	1
	鴉形目	鴉科	領角鴉	II	4		4
	鸞形目	鸞科	五色鳥		2		2
	鴿形目	鳩鴿科	家鴿		4		4
	無法鑑定至目的鳥類				7	5	12
哺乳網	食肉目	貂科	鼬獾		7	3	10
		靈貓科	白鼻心		1		1
	翼手目	蝙蝠科	東亞家蝠		2		2
		無法鑑定至科的蝙蝠			8	2	10
	啮齒目	松鼠科	赤腹松鼠		2		2
		鼠科	小黃腹鼠		2		2
			刺鼠		12	2	14
			溝鼠		1		1
			無法鑑定至種的鼠			1	
		無法鑑定至科的啮齒類			5		5
	鼯形目	尖鼠科	鼯鼯			8	8
		鼯鼠科	台灣鼯鼠		5		5
	無法鑑定至目的哺乳類					1	1
無法鑑定綱的物種					1	1	2
筆數總計					1,082	1,241	2,323
物種數 (最小值)					55	41	65

備註：

1. 保育等級依據 109 年農委會野生動物保育法。

2. 若無法鑑定出物種，但可確定與其他種類不重疊，則計數為至少 1 種。

表 5、陽明山國公園境內歷年調查所得的各類群脊椎動物路殺總數及百分比

年度	道路路線	兩棲類		爬蟲類		鳥類		哺乳類		無法鑑定		路殺總數	資料來源
		總數	百分比	總數	百分比	總數	百分比	總數	百分比	總數	百分比		
2001	陽金、101 甲、陽投、竹子湖、中湖	533	39.3%	655	48.3%	32	2.4%	127	9.4%	8	0.6%	1,355	黃光瀛 2001
2003	陽金、101 甲、陽投、竹子湖、中湖	332	39.7%	393	47.0%	28	3.3%	76	9.1%	8	1.0%	837	黃光瀛 2002
2008	陽金、101 甲、陽投、竹子湖、中湖、萬溪	7932	71.4%	2970	26.7%	44	0.4%	162	1.5%	1	0.0%	11,109	劉小如 2008
2016	陽金-101 甲	287	59.1%	179	36.8%	3	0.6%	16	3.3%	1	0.2%	486	陳怡惠 2016
	苗溪	476	87.2%	63	11.5%	1	0.2%	5	0.9%	1	0.2%	546	
	101 甲	83	33.7%	136	55.3%	13	5.3%	14	5.7%			246	
	內六	250	83.9%	41	13.8%	2	0.7%	5	1.7%			298	
2018	陽金-101 甲	50	35.5%	85	60.3%	1	0.7%	5	3.5%			141	陳怡惠 2018
	萬溪	100	79.4%	22	17.5%	1	0.8%	3	2.4%			126	
2019	陽金-101 甲	94	45.0%	101	48.3%	11	5.3%	3	1.4%			209	本研究
	萬溪	233	89.3%	33	12.1%	2	0.8%	3	1.2%			271	本研究

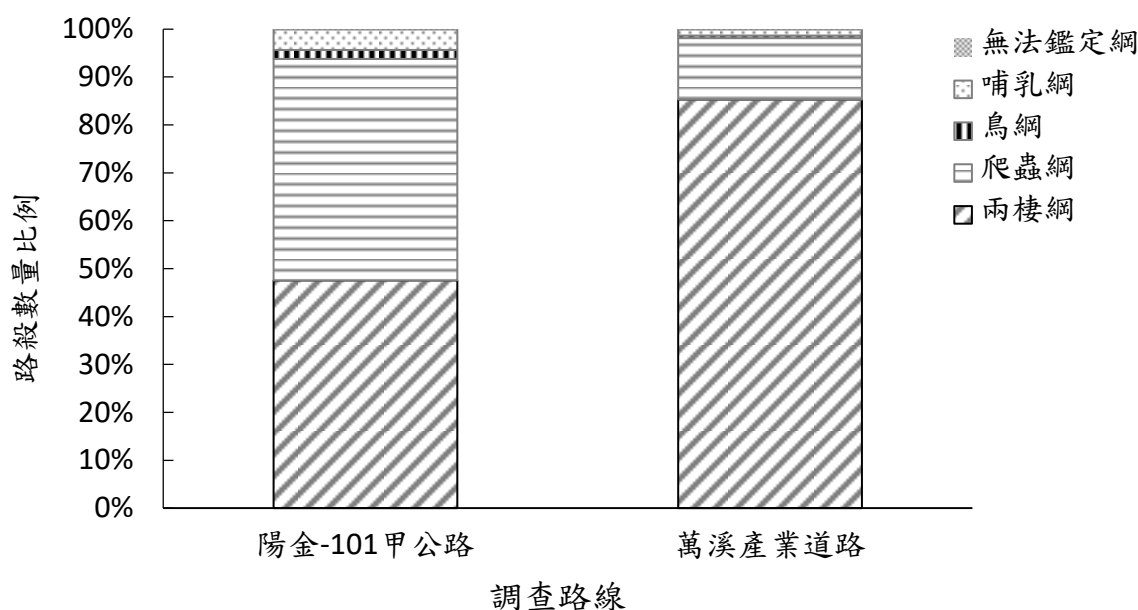


圖 4、2016-2019 年各綱的脊椎動物路殺量比例

由 2016-2019 年的資料也可以發現，鳥類在路殺個體數及所占比例皆很低(表 4、圖 4)，與過去路殺調查資料結果相近(表 5)，這應該與鳥類多為樹棲性且多數時間會以飛行為移動方式有關。此外，比較歷年來哺乳動物路殺比例，以 2001 及 2002 年有相對較高的比例(>9.0%)，但在 2008 年以後的調查，哺乳動物路殺比例皆相對較低(表 5)。雖然哺乳類動物路殺比例減低不能排除調查路線、人員、交通量、氣候…等諸多因素的影響，但哺乳類路殺比例減少也應與陽明山國家公園管理處在 2005 年完成廊道建設，讓部分路段的哺乳動物可以利用廊道穿越馬路，減低路殺機率有相關，這在廊道監測影像中可以獲得證實(陳怡惠 2016, 2017, 2018)。

三、路殺高峰時間

2016 年 2 月-2019 年月 11 年間(2019 年 12 月因 101 甲公路坍方而無法取得資料)，陽金-101 甲公路上所有動物類群每個月的平均路殺量有兩個相對高峰，以 7 月最高(22.5 ± 3.8) (平均值 $\pm$ 標準誤差)，9 月次高(18.4 ± 3.4) (圖 5)。兩棲類的每月平均路殺量有 5-6 月及 9-10 月兩個較高峰的時期；爬蟲類動物的每月平均路殺量以 7 月最高，

9月次高；哺乳類及鳥類只有零星的路殺紀錄，因此無特定路殺高峰時間(圖 5)。陽金-101 甲公路上所有動物類群每個月的平均路殺量與爬蟲類動物的每月平均路殺量趨勢十分一致。

2016 年 2 月-2019 年 12 年間，萬溪產業道路上所有動物類群每個月的平均路殺量在 6 月有一個明顯最高峰(23.4 ± 5.6) (圖 6)。兩棲類動物的每月平均路殺量以 6 月為最高峰；爬蟲類的每月平均路殺量則在 7 月與 8 月較高；哺乳類及鳥類只有零星的路殺紀錄，因此無特定路殺高峰時間(圖 6)。萬溪產業道路上兩棲類動物因為占整體路殺量比例高，因此所有動物類群的路殺時間型式與兩棲類一致。

本研究分析了氣象因子與兩棲類及爬蟲類動物路殺量(2016 年 2 月-2019 年 1 月的資料)的相關性，在陽金-101 甲公路上兩棲類的路殺量受到調查前一日溫度與降雨量二項因素的顯著影響($P < 0.005$) (表 5)，溫度高與降雨量多造成兩棲動物的路殺量較多；而爬蟲類的路殺量則只受到溫度顯著影響 (表 6)，溫度高時爬蟲類的路殺量較多。而萬溪產業道路上兩棲類的路殺量同時受到調查前一日氣溫、降雨、濕度三項因素顯著影響(表 7)；爬蟲類的路殺量的依然只有受到氣溫顯著影響(表 8)。

過去的研究中，兩棲類及爬蟲類路殺量的時間型式被證實可能與交通量 (Mazerolle 2004, Beaudry et al. 2010, Gonçalves et al. 2018)、氣候因素(Coelho et al. 2012, D'Amico et al. 2015, Garriga et al. 2017)及動物的生殖遷移及幼體播遷季節 (Timm et al. 2007, Meek 2015)有關。整體來看，陽明山國家公園兩棲類動物的路殺量高峰期介於 5-6 月，與 5-6 月是整年中氣溫高且降雨較多的月份，且是多數兩棲類動物物種活動較為頻繁的生殖季節有關。爬蟲類動物的路殺高峰期落在 7 月，蜥蜴及蛇類為外溫動物，常在馬路的柏油路面上進行日光浴或獲得輻射熱(Engel and Wood 2002)，也因此增加了路殺的機率。而爬蟲類在 8-9 月有一個次高的路殺高峰，則可能與某些物種在生殖季過後的幼體播遷行為有關(陳怡惠 2017)。

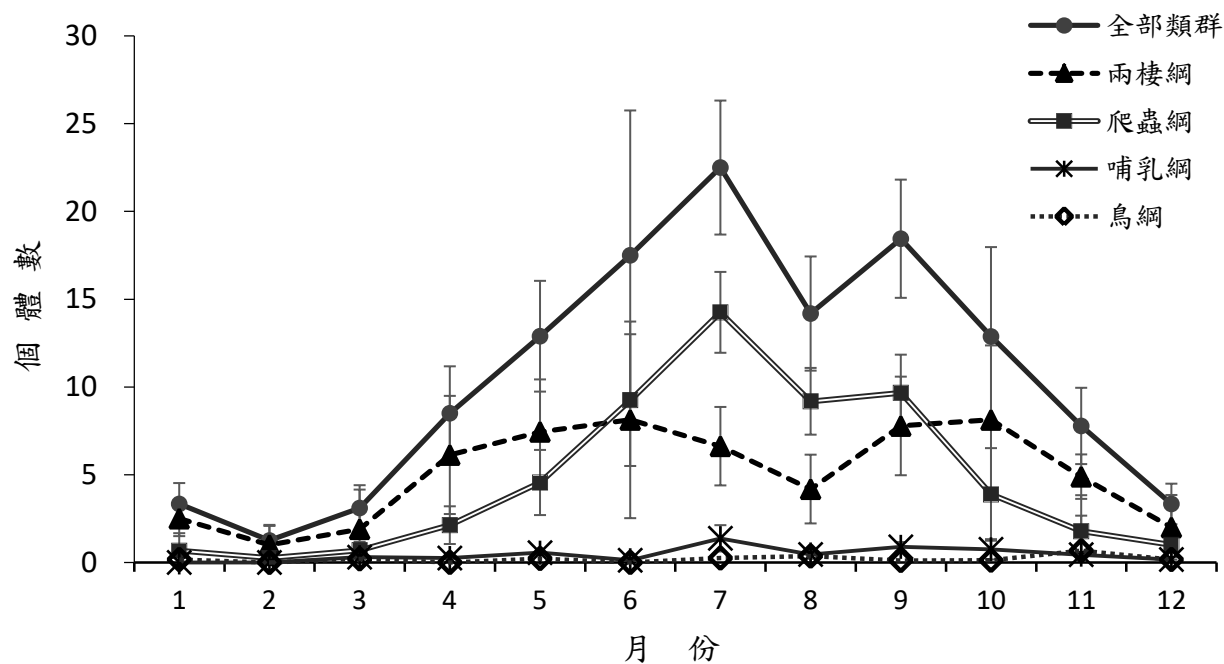


圖 5、2016-2019年陽金-101甲公路上每月各動物類群的路殺平均數量($\pm$ SE)

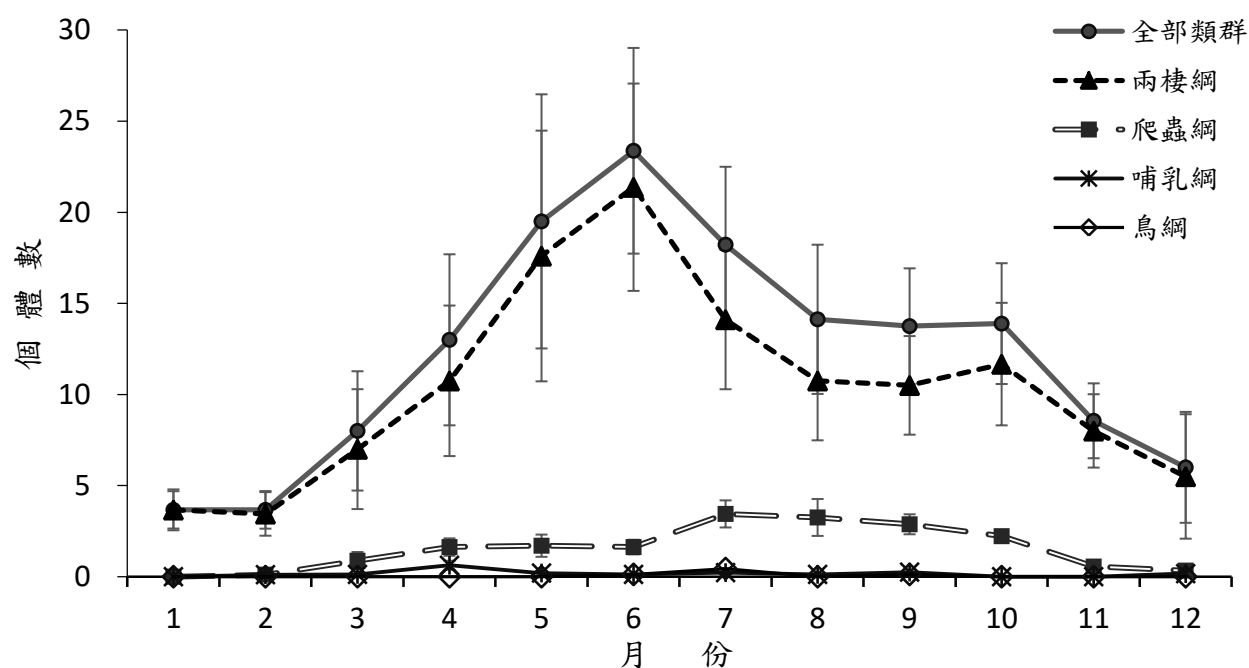


圖 6、2016-2019年萬溪產業道路上每月各動物類群的路殺平均數量($\pm$ SE)

表 6、氣象因子對 2016-2019 年陽金-101 甲公路的兩棲網路殺量影響分析

氣象因子	Beta 分配	t	顯著值(P)
氣溫	0.398	4.214	<0.001
濕度	0.054	0.573	0.569
降雨	0.418	4.432	<0.001

表 7、氣象因子對 2016-2019 年陽金-101 甲公路的爬蟲網路殺量影響分析

氣象因子	Beta 分配	t	顯著值(P)
氣溫	0.728	9.38	<0.001
濕度	0.124	1.597	0.114
降雨	0.014	0.186	0.853

表 8、氣象因子對 2016-2019 年萬溪產業道路的兩棲網路殺量影響分析

氣象因子	Beta 分配	t	顯著值(P)
氣溫	0.498	5.115	<0.001
濕度	0.213	2.183	0.032
降雨	0.275	2.83	0.006

表 9、氣象因子對 2016-2019 年萬溪產業道路的爬蟲網路殺量影響分析

氣象因子	Beta 分配	t	顯著值(P)
氣溫	0.609	6.434	<0.001
濕度	-0.003	-0.035	0.927
降雨	0.111	1.177	0.243

四、路殺熱點

2016-2019 年所有脊椎動物在所有調查路線上的累計路殺量空間分布，在各個年度及 4 年資料彙整結果上有十分一致的型式(圖 7-11)。在萬溪產業道路上，公車站許厝到黃厝(溪底新興宮前後) 0.5 公里路段(顯著值 $P < 0.1$ ，圖 12)及黃厝到接近陳厝的 0.5 公里路段($P < 0.05$ ，圖 12)是所有脊椎動物路殺量偏高的熱點路段。兩棲動物路殺量的熱點路段(圖 13)與所有脊椎動物的熱點路段一致，這與萬溪產業道路路殺以兩棲類比例居多有關(表 3、圖 4)。

陽金-101 甲公路上各路段的累計路殺量，以 101 甲公路上中央氣象局鞍部氣象站附近的 1 公里路段有所有脊椎動物顯著最聚集的路殺事件發生路段($P < 0.01$ ，圖 6-11 中的紅色/橘色路段)，即路殺量最高的熱點路段。此段同時也是兩棲($P < 0.01$ ，圖 13)與爬蟲類($P < 0.01$ ，圖 14)有最高路殺量的路殺熱點路段。這與陽金-101 甲公路兩棲和爬蟲類累計路殺量比例相近有關(表 3)。此外，2019 年 101 甲公路在脊椎動物路殺量較多的路段轉移至于右任先生墓附近(圖 10)，鞍部氣象站附近的路殺量則變得很少，推測與 101 甲公路邊坡施工工程有關。

陽金公路為所有路段皆非路殺熱點的道路，包括 1 號及 2 號廊道-圍籬所在路段及與其相鄰或相近的路段，皆為無明顯路殺量聚集的路段。但 101 甲公路上兩棲類、爬蟲類及所有脊椎動物的路殺聚集路段，卻正位在 3-5 號廊道與圍籬所在的路段。101 甲公路上此路段主要是天然林，在過去陽明山國家公園生物資源調查紀錄中，此區塊正是兩棲爬蟲動物物種豐富相對高的區域(呂光洋 1987, 毛俊傑 2014)，路殺量高的盤古蟾蜍與斯文豪氏攀蜥在此區塊中出現頻度也很高(毛俊傑 2014)，可見此區是兩棲與爬蟲類動物喜愛棲息與活動的環境。而在劉小如(2008)的研究中，脊椎動物路殺量被證實與道路環境因子(如:海拔高度及道路兩側 50 公尺範圍內道路面積)與道路特徵(如:擋土牆比例)交互作用影響，這也可能是此路段路殺量偏多的原因之一。

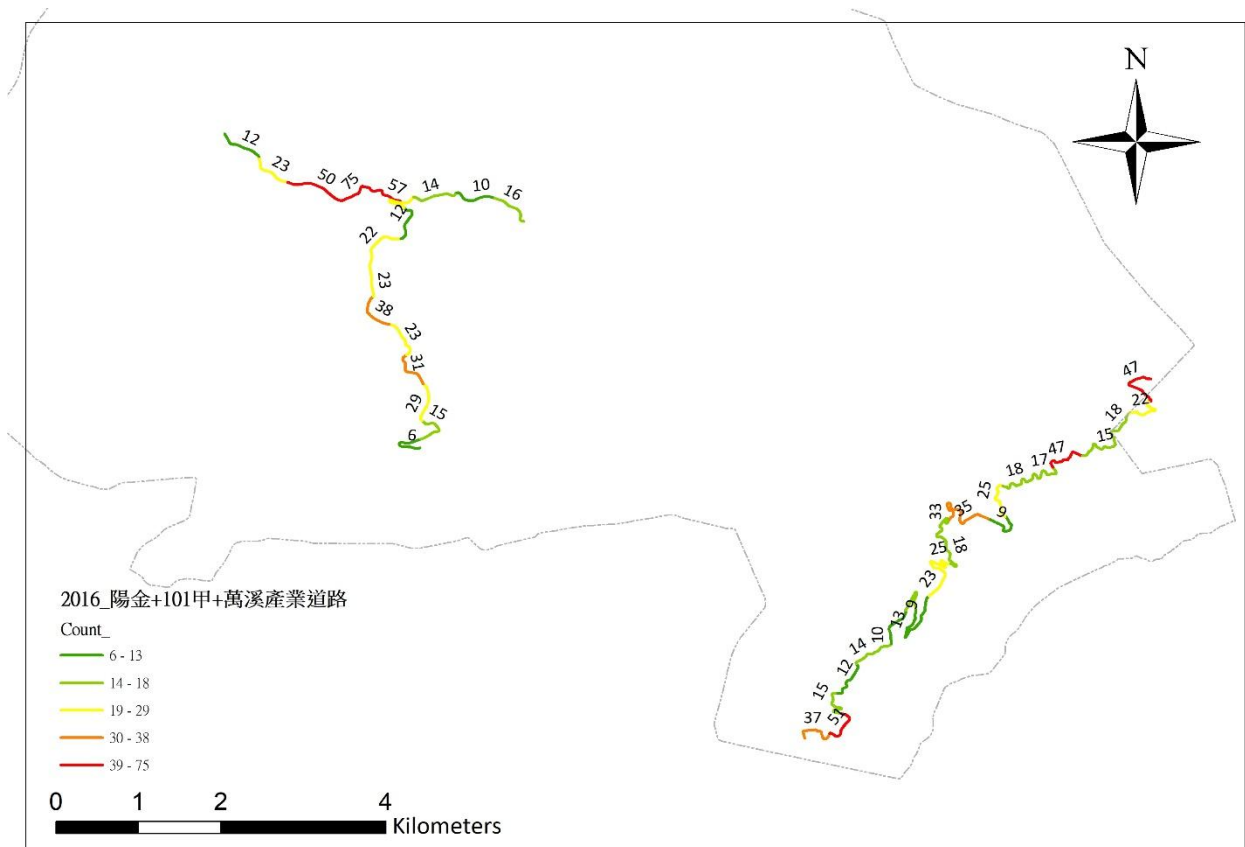


圖 7、2016年所有路線的累計路殺量空間分布圖(以0.5公里為單位)

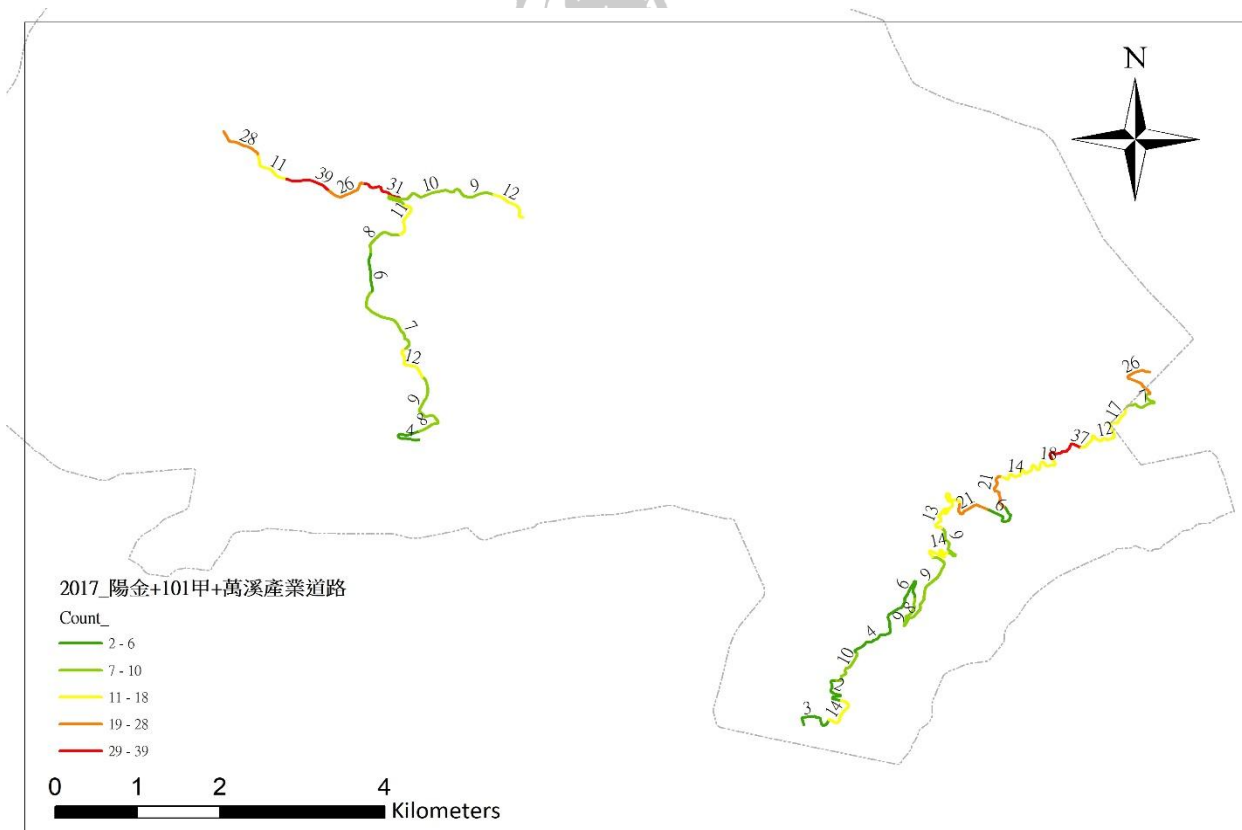


圖 8、2017年所有路線的累計路殺量空間分布圖(以0.5公里為單位)

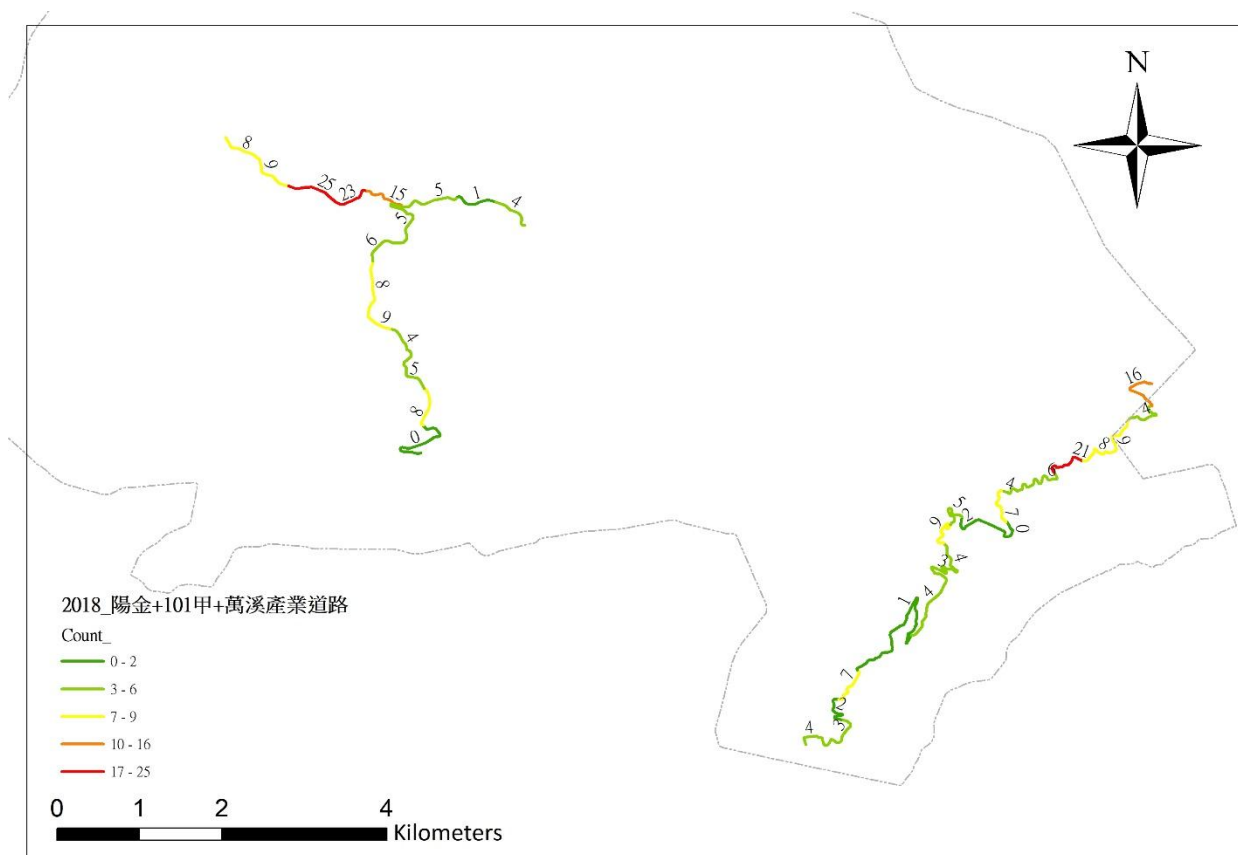


圖 9、2018年所有路線的累計路殺量空間分布圖(以0.5公里為單位)

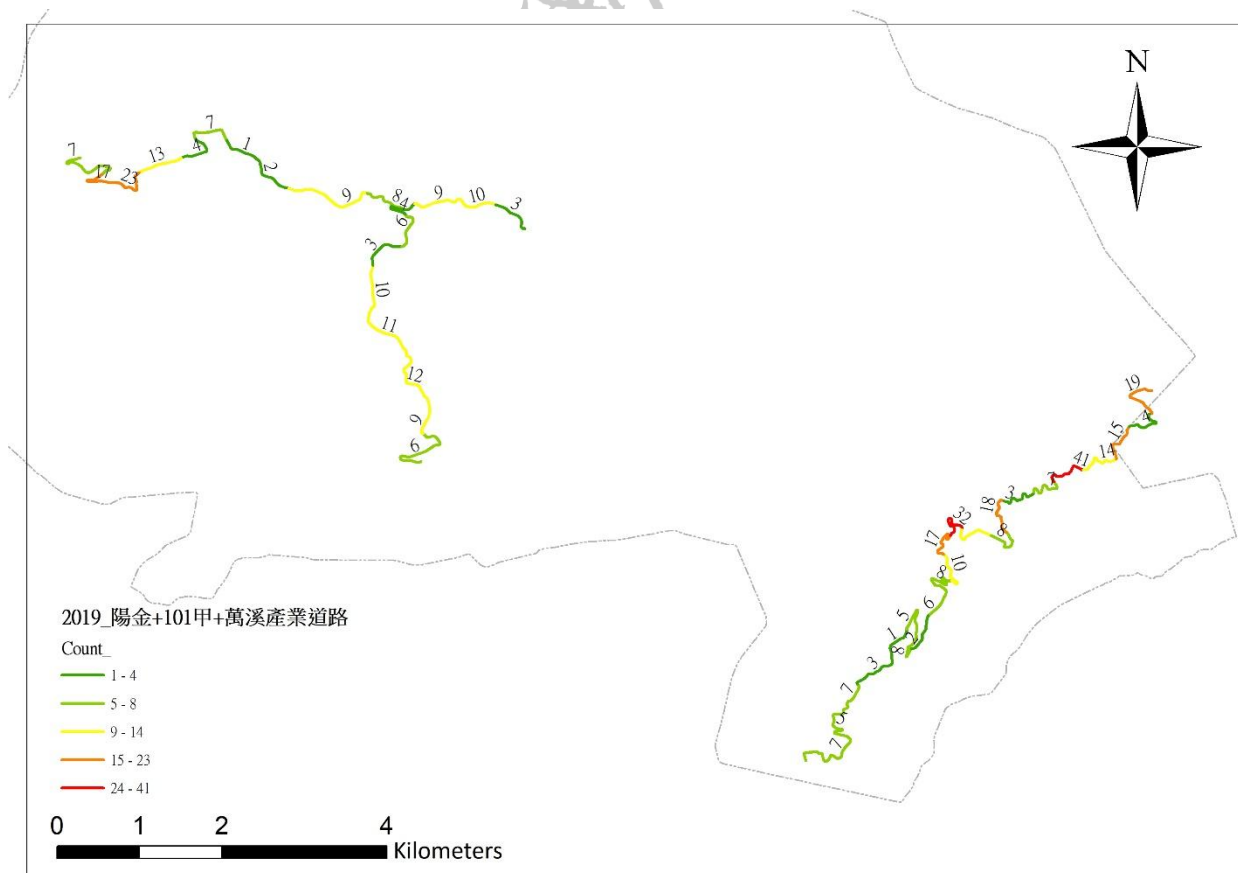


圖 10、2019年所有路線的累計路殺量空間分布圖(以0.5公里為單位)

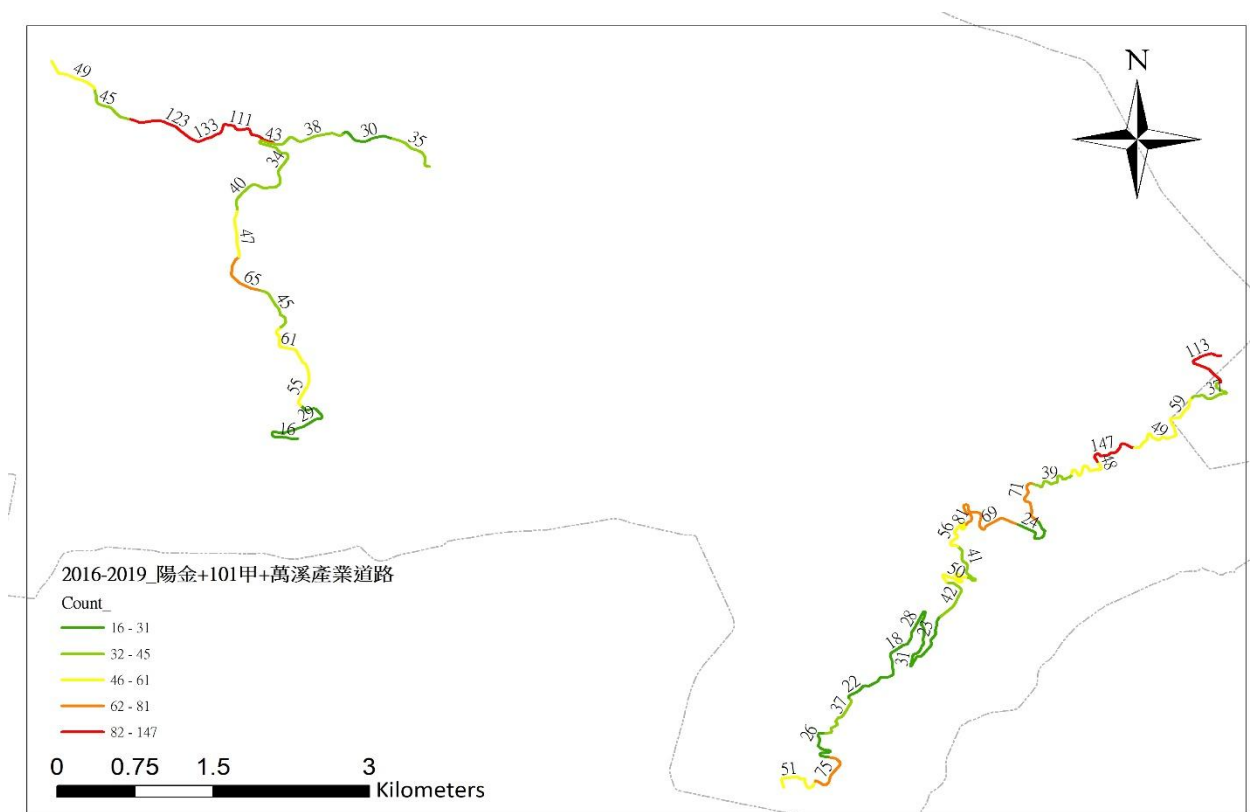


圖 11、2016-2019年所有路線的累計路殺量空間分布圖(以0.5公里為單位)

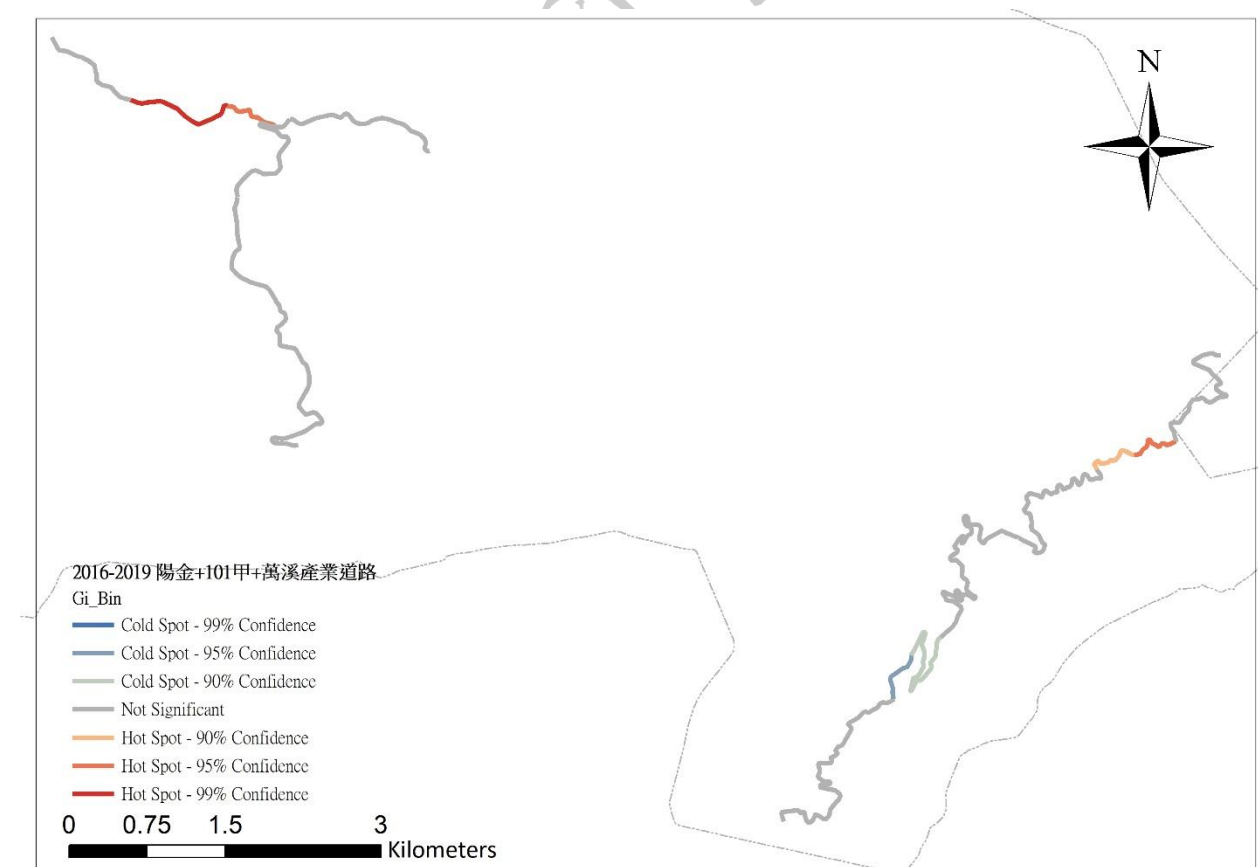


圖 12、2016-2019年所有路線的路殺熱點分析

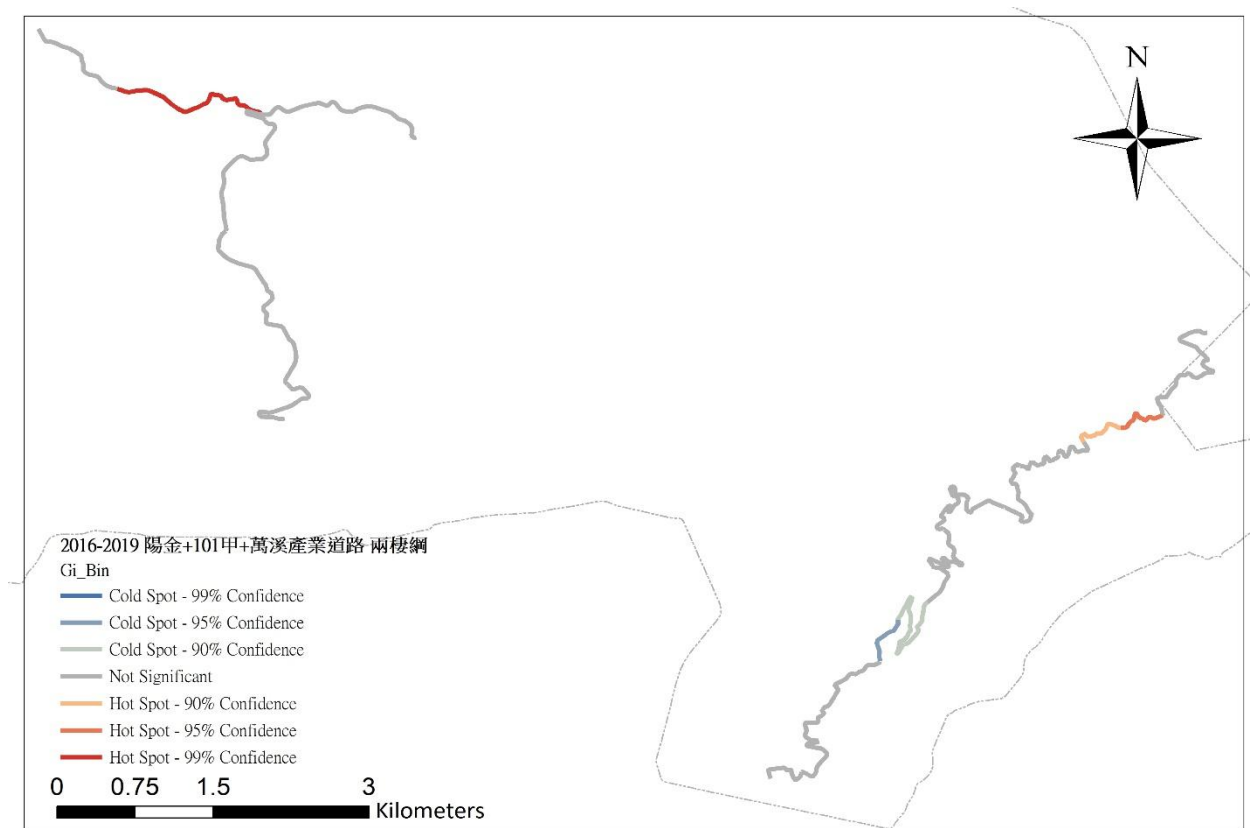


圖 13、2016-2019年所有路線的兩棲類動物路殺熱點分析

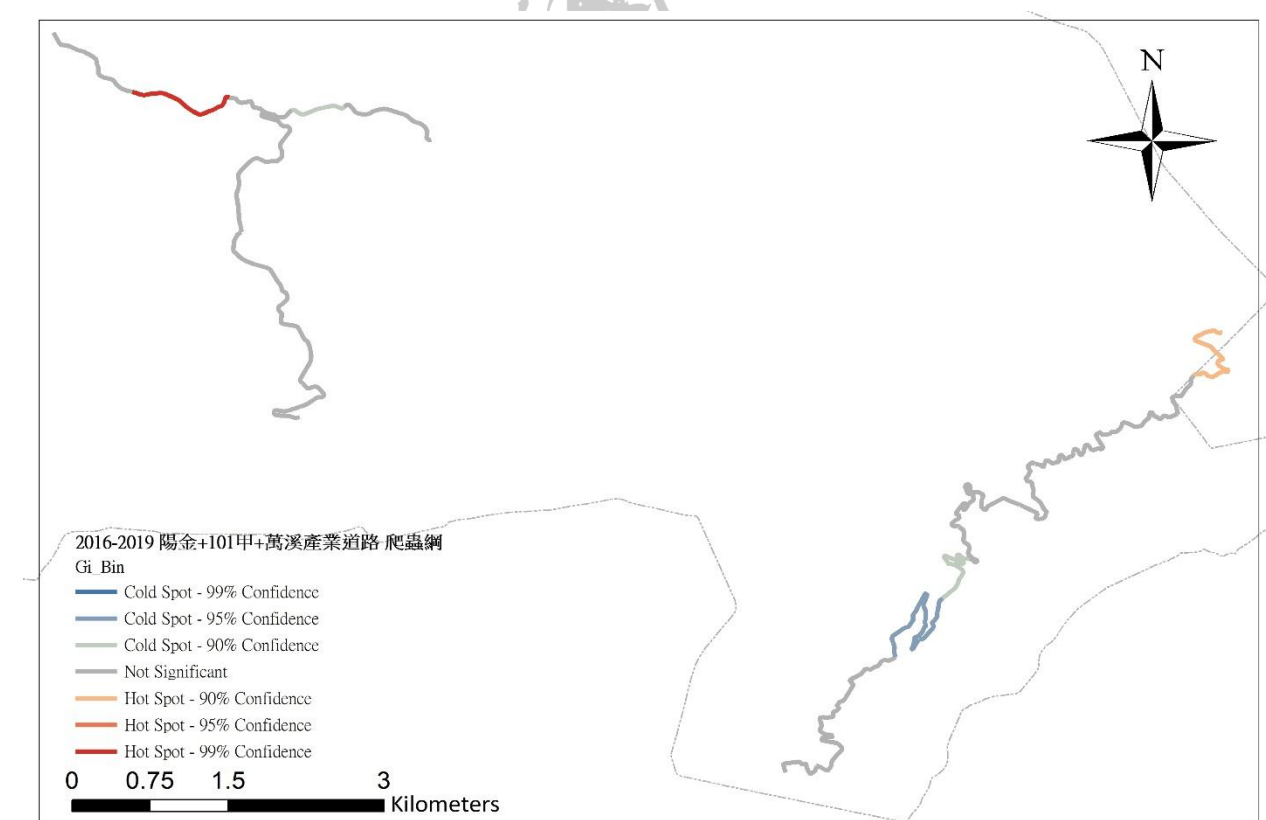


圖 14、2016-2019年所有路線的爬蟲類動物路殺熱點分析

陽明山國家公園的 101 甲公路上蛇類的路殺種類數及數量皆不少(圖 14)。蛇類路殺量多可能與國家公園內有許多蛇類物種的分布有關(毛俊傑 2014)，但是需要注意的過往的路殺紀錄中包括多種保育類及稀有的蛇類物種(表 4)，這些物種的野外數量可能原本就偏少，因此，雖然每一種的路殺個體數不多，但對族群的影響仍需要多加監測。此外，蛇類為食物鏈中較高階的消費者，野外族群大小原本相對較兩棲類小，因此，看似少的路殺數量，卻可能對其族群帶來傷害。此外，若是生殖期的成體或幼體播遷時期造成數量較多的路殺，對野外族群的補充(recruitment)就可能會有影響。因此，在未來的路殺調查中也應該注意到被路殺個體的體型及年齡(Borda-de-Água et al. 2014)，並注意野外族群大小的變動情形。

根據本研究室過去調查累計的路殺資料，將調查路線上的路殺熱點及路殺高危險類群(表 10)，選出陽明山國家公園境內需要提醒駕駛人注意野生動物的路段，與特有生物研究保育中心的「臺灣動物路死資料庫」結合，完成全國百大路殺熱點分布及路殺改善地圖(<https://aquawill.github.io/taiwan-roadkill-map/>)。其中陽金公路的路段，為過去調查中累計路殺量較多的路段，雖然在統計分析上並非路殺量高的路殺熱點，但陽金公路為遊客進出陽明山國家公園的主要道路，因此做為提醒駕駛人宜減速並注意野生動物之立意而選定。

表 10、2016-2019 年路殺熱點或需注意野生動物的路段列表

道路名稱	注意類群	路段點位	經度	緯度
101 甲公路	兩棲動物	101 甲 a	121°32'37.68"E	25°10'46.97"N
		101 甲 b	121°32'23.16"E	25°10'53.33"N
	爬蟲類動物	101 甲 c	121°32'9.35"E	25°10'50.7"N
		101 甲 d	121°31'53.15"E	25°10'55.14"N
陽金公路	兩棲動物	陽金 a	121°32'40.13"E	25°9'45.3"N
	爬蟲動物	陽金 b	121°32'32.99"E	25°9'57.71"N
萬溪產業道路	兩棲動物	萬溪 a	121°36'45.9"E	25°8'55.97"N
		萬溪 b	121°36'53.81"E	25°9'0.05"N
		萬溪 c	121°37'5.33"E	25°9'4.67"N
		萬溪 d	121°37'18.24"E	25°9'8.93"N

第二節、生態廊道利用情形監測

五、觸發式自動相機紀錄

2016 年-2019 年 11 月 1-5 號廊道中觸發式相機共錄製 86435 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，有效檔案為 14979 個(表 11)，動物對廊道利用情形的所有後續分析皆僅使用有效影片。2019 年 12 月因 101 甲公路坍方封路而無法取得 3-5 號廊道資料，為能與 1-2 號廊道資料比較，因此取至 2019 年 11 月底的資料進行比較分析。

表 11、2016-2019 年 1-5 號觸發式自動相機拍攝的影片總數與有效影片數

廊道編號	影片總數	有動物影片數	個體重複的影片數	有效影片數
1	30,449	5,543	1,813	3,730
2	29,115	6,291	765	5,526
3	11,688	2,646	278	2,368
4	7,830	2,173	322	1,851
5	7,353	1,629	125	1,504
總計	86,435	18,282	3,303	14,979

在對個別廊道的利用次數上，目前以 2 號廊道有較多的利用次數，5 號廊道被動物利用的次數是相對最少的(表 11、12)。在利用廊道的動物物種數方面，1 及 2 號是有最多物種使用的廊道，有 15-18 種動物種類利用，利用 5 號廊道的動物種類也是相對最少的(表 12)。

所有廊道的觸發相機影像紀錄中，利用廊道的動物種類有至少 28 種，包括兩棲類動物 2 種、爬蟲類 10 種、鳥類 4 種及哺乳類 12 種(表 12)。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(14,684 次，98.2%)，為使用廊道的優勢動物類群，接續其後的為爬蟲類動物，但是使用次數僅佔 0.9%(135 次)(表 12)。以可辨識至種的動物來看，哺乳類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(5,567 次)，其次為啮齒目鼠科的刺鼠(4,960 次)，第三為食肉目靈貓科的白鼻心(592 次)(表 12)。

表 12、2016-2019 年 1-5 號廊道觸發式相機記錄到的動物種類及使用廊道次數

綱	目	科	物種中文名	保育廊道					
				等級	1	2	3	4	5 總計
兩棲綱	無尾目	蟾蜍科	盤古蟾蜍			2			1 3
		赤蛙科	拉都希氏赤蛙		1			1	2
		無法鑑定科	無法鑑定種		26	19	2		1 48
爬蟲綱	有鱗目	蝙蝠蛇科	中華眼鏡蛇		10	50			60
			雨傘節		5	28			33
		黃頷蛇科	王錦蛇		7	3		1	11
			黑眉錦蛇	III	5				5
			紅竹蛇			1			1
			赤背松柏根		1				1
			過山刀				2	2	3 7
			紅斑蛇					1	1
		無法鑑定科	無法鑑定種的蛇		6			1	1 8
		石龍子科	印度蜓蜥		1	1			2
			無法鑑定種			3			3
		壁虎科	無法鑑定種		1	2			3
鳥綱	雀形目	鵲科	紫嘯鵲		6				6
		鴉科	台灣藍鵲			1			1
		畫眉科	大彎嘴畫眉				1		1
	雞形目	雉科	台灣竹雞			1			1
		無法鑑定目	無法鑑定科 無法鑑定種		1				1
	無法鑑定目	無法鑑定科	無法鑑定種		5	28	17	9	12 71

表 12(續)、2016-2019 年 1-5 號廊道觸發式相機記錄到的動物種類及使用廊道次數

綱	目	科	物種中文名	保育 廊道						
				等級	1	2	3	4	5	總計
哺乳綱	食肉目	犬科	犬			5	1	1		7
		貂科	鼬獾		1,206	1,796	953	814	798	5,567
		貓科	貓		19	6	8	54	19	106
		靈貓科	白鼻心		77	275	138	62	40	592
			麝香貓	II		1	61	11	2	75
	嚙齒目	無法鑑定科	無法鑑定種		12	21	10	7	13	63
		鼠科	小黃腹鼠		128	198	66	28	45	465
			刺鼠		830	2,050	950	737	393	4,960
			無法鑑定種		75	201	88	45	89	472
		松鼠科	赤腹松鼠				1	9	1	11
	鱗甲目	穿山甲科	穿山甲	II		53	1			54
	鼯形目	尖鼠科	無法鑑定種的鼯鼯		1,296	755	13	26	8	2,098
		鼯鼠科	台灣鼯鼠		1			2		3
	翼手目	無法鑑定科	無法鑑定種的蝙蝠			3	26	14	37	80
	無法鑑定目	無法鑑定科	無法鑑定種		11	23	30	26	41	131
使用廊道次數				3,730	5,526	2,368	1,851	1,504	14,953	
物種數(最小值)				15	18	11	12	9	28	

備註：

1. 保育等級依據 109 年農委會野生動物保育法。

2. 若無法鑑定出物種，但可確定與其他種類不重疊，則計數為至少 1 種。

利用廊道的動物中包括黑眉錦蛇、麝香貓及穿山甲 3 種保育類物種(表 12)。麝香貓曾出現在 2-4 號，但以 3 號廊道有相對較多的穿越次數(65 次)，除了 3 月與 10 月之外，其他月分皆曾記錄麝香貓使用 3 號廊道(表 13)。穿山甲曾出現在 2 及 3 號廊道，但 3 號廊道僅有過 1 次使用紀錄，其他 53 次使用紀錄皆出現在 2 號廊道，且 1-12 月皆有過使用 2 號廊道的紀錄(表 14)。黑眉錦蛇則僅在 1 號廊道被記錄過 5 次使用紀錄(表 12)。

在遊蕩犬貓是否利用廊道方面，過去幾年在 2-4 號廊道拍攝到 7 筆遊蕩犬進入廊道的影像(表 12)，但是廊道高度對大部分成犬的體型來說略矮，因此，遊蕩犬都是在入口處徘徊但不會進入。遊蕩貓則在 1-5 號廊道共有 106 筆紀錄(表 12)，目前僅記錄到 1 次捕捉青蛙 1 次捕捉老鼠的影像，並未記錄到其他獵捕行為，但因為遊蕩貓是可以隨意進出廊道，因此對野生動物利用廊道是否造成影響，仍需持續監測及注意。

在廊道利用次數的時間型式方面，各個廊道在一年當中的每個月月份皆有記錄到被動物利用(圖 15)，2016-2019 年間可以看出 4 與 5 號廊道在冬季的月份有相對較低的使用比例，但在其他廊道中使用次數的月份間差異較不明顯。此外，一天當中各時段動物使用廊道次數的比例上，則可以在所有廊道中皆發現有明顯的日夜差異(圖 16)，動物對廊道的使用都集中在夜間時段，在日間很少有動物通過廊道，這種日少夜多的利用比例，推測與鼬獾與刺鼠這些利用廊道較多的物種為夜行性動物有關(表 12)。

最後，以累計的使用次數來看動物利用廊道時的通行方向，排除 16%為無法判定動物方向的影像外，從上邊坡入口(山壁)這一側往下邊坡口行走的比例相對較高(58%:26%)(圖 17)，這可能因為對地棲型動物來說從上邊坡往下進入廊道口相對較容易，而下邊坡相對較陡，較不易往上行走進入廊道口有關，但也無法排除因為相機架設在上邊坡入口處，所以對從上邊坡口進入的動物較易觸發相機啟動拍攝有關。

表 13、2016-2019 年麝香貓在各月份使用廊道的次數(觸發紀錄)

月	廊道			
	2	3	4	5
1		7	2	
2		9		1
3				
4		5		
5		18	4	
6		4	5	
7		5		
8		7		
9		2		
10				
11		2		
12	1	2		1
總計	1	61	11	2

表 14、2016-2019 年穿山甲在各月份使用廊道的次數(觸發紀錄)

月	廊道	
	2	3
1	9	
2	6	
3	8	
4	4	
5	3	1
6	2	
7	3	
8	2	
9	1	
10	3	
11	6	
12	6	
總計	53	1

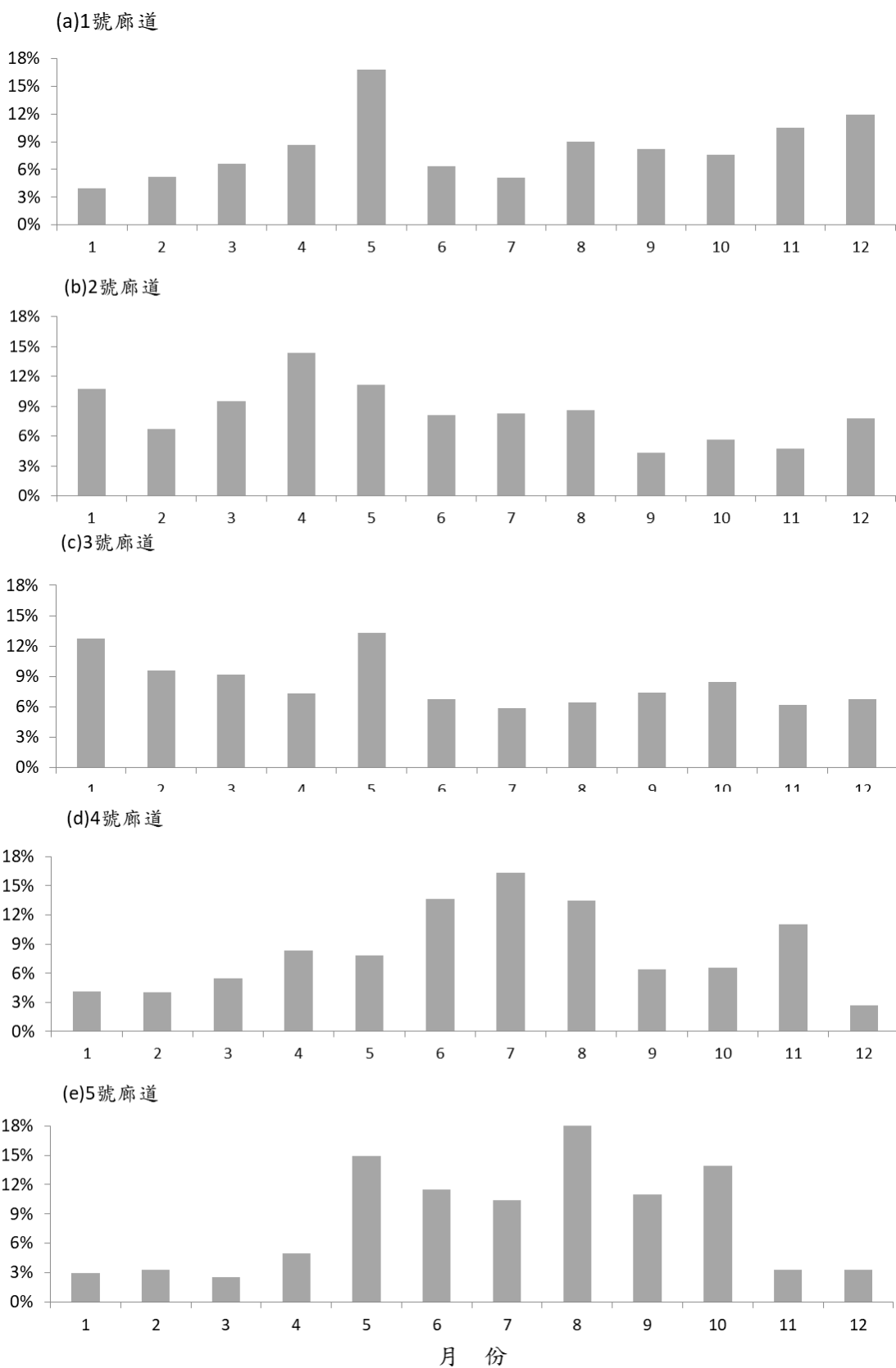


圖 15、2016-2019年1-5號廊道各月份的累計通行次數比例

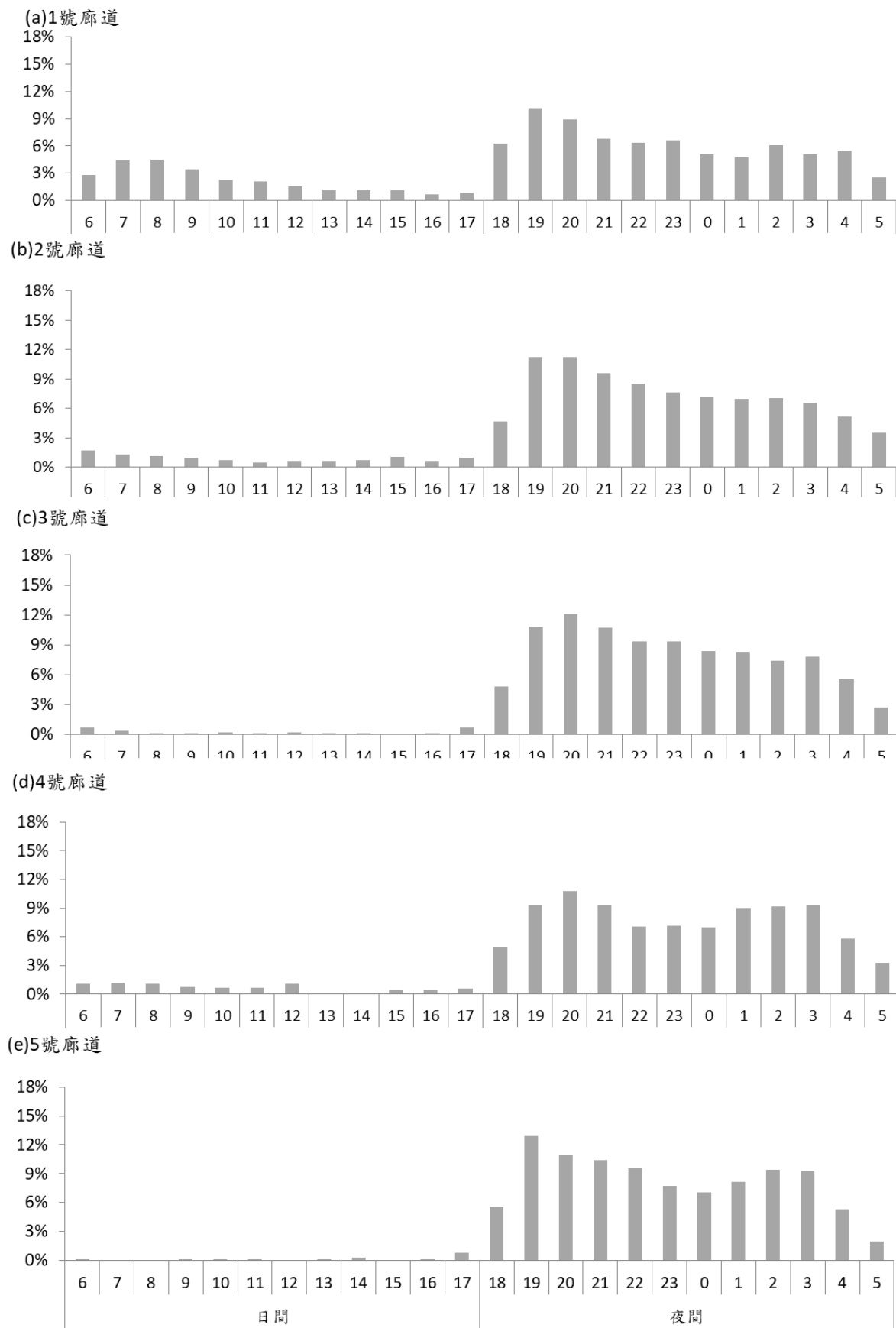


圖 16、2016-2019年1-5號廊道於一天中的各時段累計通行次數比例

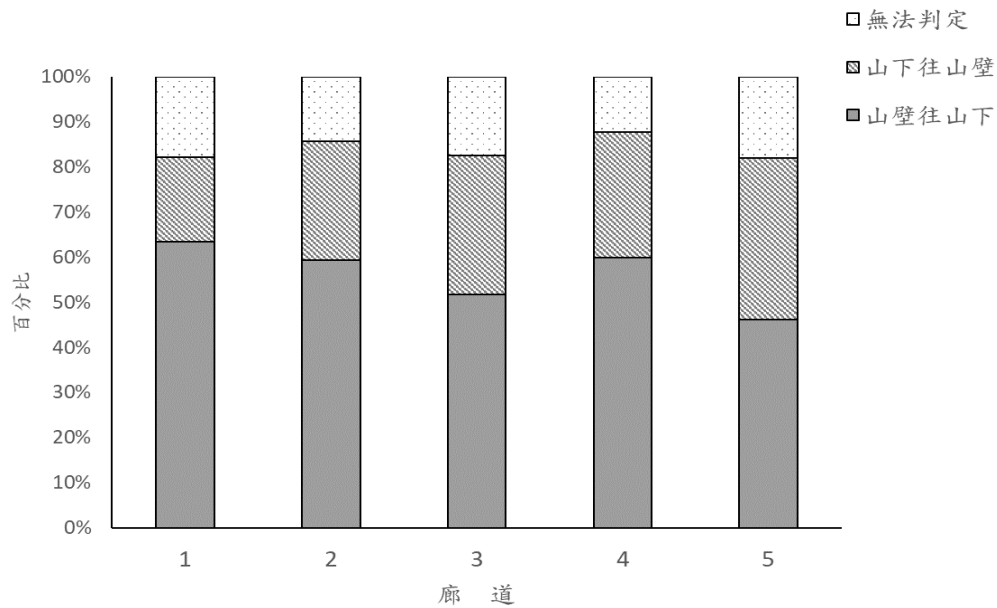


圖 17、2016-2019 年 1-5 號廊道動物的通行方向比例

六、定時自動相機紀錄

為了進行定時與觸發記錄模式相機的監測比較，本研究室取 2 號(2017 年 2 月 15 日至 2019 年 11 月 30 日)及 3 號廊道(2018 年 5 月 30 日至 2019 年 11 月 30 日)的定時及觸發模式同時運作記錄到的影片進行比較。在總使用次數上，2 號廊道的觸發模式拍攝到比定時多一些的使用次數，但在 3 號廊道則相反。但是在使用廊道的總物種數上，2 號及 3 號廊道的定時模式皆拍攝到較多的動物種類通行。在兩棲及爬蟲動物的物種偵測上，定時模式拍攝到 15 種兩棲與爬蟲動物種類利用廊道，但觸發模式則只記錄到 6 種(表 15)；在哺乳動物的物種偵測上，定時模式與觸發模式則只有 1 種左右的差異(表 15)。由此可見，定時模式在兩棲爬蟲動物的偵測率上高於觸發模式。

表 15、2018-2019 年 2 號及 3 號廊道定時相機記錄到的動物種類及使用廊道次數

綱	目	科	物種中文名	2 號廊道		3 號廊道	
				觸發	定時	觸發	定時
兩棲綱	無尾目	蟾蜍科	盤古蟾蜍		6		25
			無法鑑定種				1
		赤蛙科	拉都希氏赤蛙		69		30
			斯文豪氏赤蛙		2		6
			無法鑑定種		13		6
爬蟲綱	有鱗目	無法鑑定科	無法鑑定種	5	311		62
		石龍子科	印度蜥蜴	1	21		
			無法鑑定種		2		1
		壁虎科	鉛山壁虎		1		
		蝙蝠蛇科	眼鏡蛇	50	233		
			雨傘節	5	55		
		黃領蛇科	王錦蛇	3	29		3
			黑眉錦蛇		4		8
			紅竹蛇		10		2
			過山刀		1	2	2
			紅斑蛇				2
			臭青公		2		
			白梅花蛇		1		
			無法鑑定種		1		
		蝮蛇科	龜殼花		4		3
			無法鑑定種的蛇		64		5
哺乳綱	食肉目	靈貓科	白鼻心	217	106	90	91
			麝香貓	1	1	22	6
		貂科	鼬獾	1,509	1,317	233	394
		貓科	貓	4		6	4
			無法鑑定種	16	31	6	5
	嚙齒目	鼠科	刺鼠	1,461	1,080	314	298
			小黃腹鼠	197	209	19	14
			田鼯鼠		1		
			無法鑑定種	198	159	38	25
			無法鑑定種的鼯鼯	539	187	3	1
	鼯形目	尖鼠科	無法鑑定種的鼯鼯	539	187	3	1
	鱗甲目	穿山甲科	穿山甲	33	28		1
	翼手目	無法鑑定科	無法鑑定種	2	64	1	22
	無法鑑定目	無法鑑定科	無法鑑定種	22	5	24	7
鳥綱	雀形目	鴉科	台灣藍鵲	1	1		
	雞形目	雉科	台灣竹雞	1	1		
無法鑑定綱	無法鑑定目	無法鑑定科	無法鑑定種	28	25	12	2
總計				4,293	4,044	770	1,026
物種數(最小值)				18	26	11	20

與觸發錄影記錄的結果對應之下，定時拍照模式(1 分鐘間隔)能記錄到更多利用廊道的物種數，尤其是兩棲爬蟲動物的通行記錄。兩棲爬蟲動物通行廊道通常無法讓觸發式相機啟動拍攝，因此在偵測物種數上較定時模式不佳。而定時拍照的結果幾乎與觸發模式有相同的哺乳動物物種數偵測率，同樣記錄到哺乳動物為利用廊道次數最多的類群，且鼬獾與刺鼠為優勢利用物種，與觸發錄影記錄方式有相同的結論(表 12、表 15)。因此，若以記錄到最多的使用物種數為監測廊道的主要目標，以定時模式記錄的自動相機有較佳的物種偵測率(表 15)。

然而，定時模式的記錄方式也有其限制。首先，定時模式的自動相機須以很短的時間間隔進行記錄方能有效，因此相機的電力消耗速度甚快，須較頻繁的更換電池才能維持自動相機的電力。此外，受限於電力消耗速度，定時模式的自動相機很難以錄影的方式記錄動物通行過程，因此較難觀察動物的行進方向及行為表現。舉例來說，在觸發模式的錄影紀錄中，有時可以發現蟾蜍會逗留徘徊在廊道的凹洞中，而不是利用廊道通行；也曾發現貓在廊道中嘗試捕捉蟾蜍的行為，但這些特殊行為在拍照模式下就無法得知。

根據這兩種自動相機記錄方式的監測結果，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，影片可應用在行為分析及推廣教育用途上。

第三節、生態廊道周邊地棲型生物類型初探

一、地點選定

在兩棲爬蟲動物的路殺熱點形成因素上，有多次被研究與路旁的棲地類型有關 (Seo et al. 2015, Heigl et al. 2017, Bartonička et al. 2018)，路旁棲地為野生動物重要棲息地，若該處種類多數量多，則可能在附近路段形成通行多的區域而導致路殺熱點。2019 年 1 月 25 日，本研究室人員會同陽管處保育課潘昱光先生及特有生物保育中心團隊，一同前往生態廊道周邊路段進行棲地探勘，進行可能可以設置地棲型兩棲爬蟲動物陷阱地點的評估，預定的可行的 3 個地點資料如表 16。2 號樣點位於過去路殺調查中 101 公路的路殺熱點路段的路旁棲地，且於路旁有較平坦的棲地可供架設陷阱。1 號樣點為 101 公路的路殺熱點路段鄰近的森林地區，且為過去陽明山國家公園資源調查中動物種類豐富的地區(毛俊傑 2014)，路殺的物種可與與路旁棲地的動物種類比較。3 號樣點的選擇則為非路殺熱點路段的對照棲地。

表 16、2019 年選定設立陷阱的 3 個位置之經緯度及海拔

樣點	路段	緯度	經度	海拔
1.	二子坪步道旁	25.1846281	121.5230419	846.3198242
2.	101 甲公路旁	25.1804676	121.5421486	740.815918
3.	上磺溪停車場步道旁	25.1765899	121.5843529	430.793335

二、陷阱架設

本研究室於 6 月初陸續開始於選定樣點架設陷阱，然而今年度 6 月開始，101 甲公路路段進行山坡地邊坡改善及設施維護工程，由於工程路段涵蓋 2 號陷阱樣位，導致 2 號樣位的陷阱無法架設，1 號二子坪及 3 號上磺溪點位的動物陷阱則順利架設完成(圖 2)。

三、陷阱捕捉紀錄

陷阱架設完成後，7月-開始每個月皆開啟並檢查陷阱10天。截至12月底，共計進行60個捕捉天數，總計捕捉到1種兩棲類4種爬蟲類共計15隻次(表17)。在二子坪的陷阱捕捉到4種爬蟲類動物，分別為印度蜓蜥5隻、黃口攀蜥1隻、泰雅鈍頭蛇1隻、梭德氏遊蛇1隻。2個物種，上礪溪的陷阱捕捉到1種兩棲類動物及2種爬蟲類動物，分別為斯文豪氏赤蛙1隻、印度蜓蜥5隻、黃口攀蜥1隻。

以陷阱種類來看，集井式陷阱效果優於Animax陷阱，15隻次的捕捉紀錄中，集井式陷阱捕捉到13隻次，Animax陷阱僅有2隻次的捕捉紀錄。以物種偵測結果來看，雖然陷阱的確有捕捉到此區常見物種，但以每個月檢視陷阱長達10日的努力來看，今年7-12月調查到的動物隻次不算多，但可以看到陷阱式為可以捕捉到地棲型甚至樹棲型兩棲爬蟲動物的方式。未來若要以以此法評估物種的相對頻度，可能除了調查日數的努力之外，考量到兩棲與爬蟲動物的活動範圍可能遠遠大於一個陷阱組的長度，可能需要在同一個區域多架設幾個稍微分散的陷阱組，方能增加陷阱的調查效率。且未來如果要了解特定物種近年來的數量變化，調查時間需要連續多年方能看見趨勢。

表 17、2019 年 7-12 月動物陷阱捕捉到的動物物種及個體數

綱	目	科	物種中文名	二子坪		上礪溪		總計
				集井式 陷阱	Animax 陷阱	集井式 陷阱	Animax 陷阱	
兩棲綱	無尾目	赤蛙科	斯文豪氏赤蛙				1	1
爬蟲綱	有鱗目	石龍子科	印度蜓蜥	5		5		10
		飛蜥科	黃口攀蜥		1	1		2
		鈍頭蛇科	泰雅鈍頭蛇	1				1
		黃頰蛇科	梭德氏遊蛇	1				1
			個體數	7	1	6	1	15
			物種數	3	1	2	1	5

第四節、檢視及回報生態廊道相關設施現況

今年度廊道與圍籬檢視巡查過程中發現數起動物廊道及圍籬損壞或遭變更的事件，在此將這些事件依時間排序，並加上說明及照片。這些事件皆有與管理處保育課潘昱光先生聯繫，並持續巡查修補狀況。

時間： 2019/06/27,。

地點： 5 號生態廊道

說明： 101 甲公路路段 5 號廊道上邊坡入口及圍籬因工程破損，可能會影響減少動物進入道路及引導動物進入廊道的效果。

照片：



時間： 2019/06/27

地點： 4 號生態廊道

說明： 101 甲公路路段 5 號廊道上邊坡入口及圍籬因工程產生縫隙，可能會影響引導動物進入廊道的效果。

照片：



時間： 2019/07/20
地點： 2 號生態廊道
說明： 陽金公路路段 2 號廊道注意動物標示牌因故損毀。
照片：



時間： 2019/07/28,
地點： 101 甲公路廊道巡查
說明： 101 甲公路路段，因工程器材及廢棄土石導致 5 號廊道下坡邊圍籬受損。
照片：



時間： 2019/08/24
地點： 4 號生態廊道
說明： 4 號廊道地下道增加電線與水管。
照片：



時間： 2019/12/10
地點： 3-5 號生態廊道
說明： 101 甲公路路段坍方，3 號與 4 號廊道上邊坡圍籬在邊界處有受損。
照片：



時間： 2019/12/10
地點： 4 號生態廊道
說明： 101 甲公路路段 4 號廊道上邊坡入口處圍籬的欄杆斷裂。
照片：



時間： 2019/12/10
地點： 3 號生態廊道
說明： 101 甲公路路段 3 號廊道下邊坡圍籬因 12/6 的土石坍方而破損。
照片：



時間： 2019/12/13
地點： 3 號生態廊道
說明： 101 甲公路路段 3 號廊道上邊坡圍籬邊界損壞。
照片：



時間： 2019/12/13
地點： 4 號生態廊道
說明： 101 甲公路路段 4 號廊道上邊坡圍籬因土石與鏽蝕而破損。
照片：

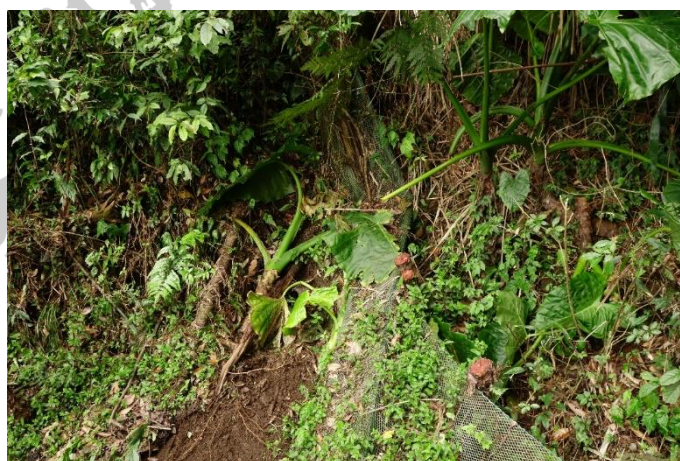
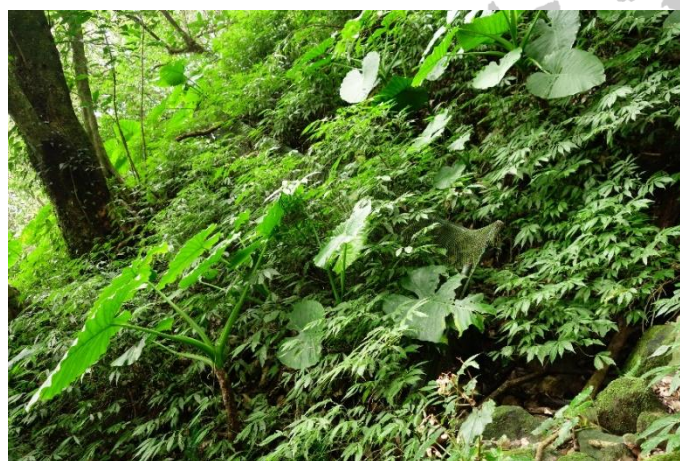
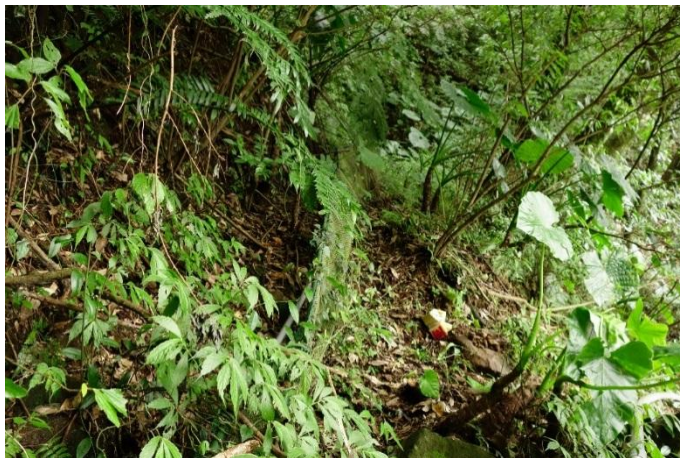


時間： 2019/12/13

地點： 4 號生態廊道

說明： 101 甲公路路段 4 號廊道上邊坡圍籬因為植被生長茂盛而被覆蓋，可能會造成動物十分容易跨越圍籬頂端而進入道路。

照片：



第四章、 結論與建議

第一節、 路殺調查及生態廊道影像監測

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 and Alexander 1998, Trombulak and Frissell 2000, Garrah et al. 2015)。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(Sillero 2008, Beebee 2013, Lima Santos et al. 2017)。

根據 2016-2019 年的路殺調查及廊道的影像監測資料，哺乳類動物在 1-5 號生態廊道皆有相當多的通行紀錄，且路殺調查發現在廊道所在路段的哺乳動物路殺量十分的少，因此，廊道的存在對減低哺乳動物的路殺量有一定的成效。可惜的是，相同路段中路殺最嚴重的兩棲類及爬蟲類動物利用生態廊道次數卻很少。過去的路殺調查獲得相當一致的結果，陽金-101 甲公路的路殺高危險類群是兩棲類與爬蟲類，其死亡數量遠遠超過其他動物類群，且路殺熱點路段正位在 101 甲公路上的 3-5 號廊道的所在位置。雖然在 2018-2019 年間，同時以定時與觸發兩種模式的自動相機監測動物對廊道的利用情形，發現定時模式可以拍攝到比觸發模式更多兩棲爬蟲動物利用廊道的種類與次數，但整體來說，兩棲類及爬蟲類動物利用生態廊道的種類與次數仍然偏低。兩棲及爬蟲類對生態廊道使用率低及路殺量偏多，可能是因為山區植被生長快速造成許多植被緊貼圍籬並高過於圍籬頂端，使得動物能從頂端跨過圍籬(Dodd Jr. et al. 2004)。加上雨季時雨水沖刷，圍籬可能在底部有縫隙，動物可能從底部鑽過圍籬而穿越馬路。

以物種來看，兩棲類以盤古蟾蜍及斯文豪氏赤蛙為路殺的高危險物種，而爬蟲類以黃口攀蜥及泰雅鈍頭蛇為路殺量多的高危險物種。然而，在萬溪產業道路與陽金-101 甲公路的兩棲與爬蟲類動物路殺比例卻相去甚遠，兩棲類與爬蟲類路殺比例

在陽金-101 公路相差不多，但在萬溪產業道路則是兩棲類動物路殺個體數比爬蟲類多很多，因此，在考量減少路殺的策略上，陽金-101 甲公路需著重於爬蟲類類群，如：路殺量多的黃口攀蜥及泰雅鈍頭蛇；而萬溪產業道路則更需著重於兩棲類動物，尤其是路殺量數量較多的盤古蟾蜍與斯文豪氏赤蛙(表 4)。以保育的角度來說，最不希望發生的路殺量發現量的減少是因為生物族群下降而導致(Teixeira et al. 2017)。因此，如何增加兩棲爬蟲類動物利用廊道，或改善圍籬減少兩棲爬蟲動物進入道路被路殺，是未來的重要保育議題。

今年度的陷阱測試中發現陷阱為可以捕捉到地棲型與樹棲型兩棲爬蟲動物的方式，具有了解物種豐富度及相對族群頻度的潛力，但考量到兩棲與爬蟲動物的活動範圍，可能需要在同一個區域多架設幾個分散的陷阱組，並長期調查監測方能看見趨勢。

第二節、具體建議

依據調查結果，本研究室針對減少路殺事件及改善廊道圍籬提出短中長期建議事項。

在短期可行的改善策略方面，包括以下建議：

建議 1：針對 101 甲公路及萬溪產業道路的脊椎動物路殺熱點路段，增設具有夜光或反光性質的減速慢行警告標誌。

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：臺北市交通局、新北市交通局

說明：大部分駕駛者對道路上的較小型動物(如：兩棲類與爬蟲類的蜥蜴及中小型蛇類)的察覺性不高，但在路旁加設警告標誌能引車輛起駕駛注意，且在研究中被證實可以增加駕駛減低車速的意願，並讓駕駛注意路面上的動物(Bond and Jones 2013, Collinson et al. 2019, Grace et al. 2015)。能有效引起駕駛注意的標誌，需同時具有單色明顯的圖形及簡單的文字(如：減

速慢行) (Bond and Jones 2013, Grace et al. 2015)兩項元素(圖 18)，若另加上有閃光號誌或文字則對駕駛減低車速更有效果(Grace et al. 2015)。因此，建議可在 101 甲公路及萬溪產業道路的脊椎動物路殺熱點路段，增設具有夜光或反光性質的減速慢行警告標誌，提醒駕駛在路殺熱點路段減低車速，減少路殺發生機率。



圖 18、研究文獻中提及較容易被汽車駕駛人注意到的靜態警告標誌範例

(圖片來源: Bond and Jones 2013, Collinson et al. 2019)。

建議 2：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：短期可行建議

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: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 3：針對廊道周邊的導引圍籬，進行巡查與清理圍籬上方植被。

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：在現場勘察中發現，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。建議可以針對圍籬進行定期巡查，及時了解哪些路段的圍籬需要砍除圍籬上方的植物，或有需要補強的地方，改善引導動物進入廊道的功能，藉此加強現有圍籬的功效。

建議 4：針對 101 甲公路上 3-5 號廊道下邊坡入口進行探勘及適當填補，應能讓動物更容易由下邊坡入口進入廊道通行。

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：根據廊道監測結果，從上邊坡入口(山壁)側往下邊坡口行走的比例相對較高(58%:26%)(圖 18)。動物往上行走進入廊道口的比例相對較低，推測可能與下邊坡坡度相對較陡，動物較不易進入有關。建議針對 101 甲公路上 3-5 號廊道下邊坡入口進行探勘及適當填補，並可以以自動相機監測動物由下邊坡入口進入廊道的通行比例是否增加來檢視其效果。

建議 5：採用定時拍照或觸發錄影模式的自動相機持續進行動物使用廊道情形的監測。

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：持續監測動物使用廊道情形，為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。

建議 6：規劃定期系統化路殺調查，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：短期可行建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：特有生物研究保育中心

說明：長期且系統化的路殺調查為了解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的必要工作。陽明山國家公園管理處可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。

在中長程的改善規劃方面，包括以下建議：

建議 7：針對 101 甲公路上 3-5 號廊道周邊的導引圍籬，進行圍籬的全面檢修，並評估圍籬長度延伸的方案。

建議性質：中長程建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：

說明：根據調查結果，101 甲公路上 3-5 號廊道所在路段及 5 號廊道往中央氣象局鞍部氣象站的路段為路殺量偏高的路段。除了改善圍籬可能因植物覆蓋而減低功效外，現有圍籬因為延伸於山區邊坡，經年累月的大量降雨與土石崩落，造成現有圍籬有大範圍破損的情況發生，因此需要全面的檢修。此

外，可考量以原有的 5 號廊道圍籬為基礎，往中央氣象局鞍部氣象站的路段延伸圍籬長度，或補強舊有圍籬的不足，藉此導引動物進入鬼子坑橋下溪谷做為移動的自然廊道，也許減少動物進入道路的機會。

建議 8：針對路殺高危險類群或保育類物種，進行野外動物族群生態的研究。

建議性質：中長程建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：

說明：除了持續進行路殺調查了解年間路殺量的變動程度外，也應針對路殺高危險的兩棲爬蟲類動物或保育類物種，監測野外族群大小與數量變動，並了解道路旁的野生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。

附錄

附錄 1、2016-2019 年非系統例行調查記錄到的路死種類及個體數

(資料來源包括:陽明山國家公園職員及志工通報與拾遺、台灣路死觀察網通報與公民調查、本研究室於調查日期外之額外接獲通報紀錄,含車道及步道記錄)

綱	目	科	物種中文名	保育等級	路殺數量
兩生綱	無尾目	叉舌蛙科	虎皮蛙		4
			福建大頭蛙		1
			澤蛙		6
		赤蛙科	拉都希氏赤蛙		12
			長腳赤蛙		8
			貢德氏赤蛙		11
			斯文豪氏赤蛙		11
			無法鑑定種		28
		樹蛙科	台北樹蛙	III	12
			布氏樹蛙		6
			艾氏樹蛙		2
			面天樹蛙		7
			褐樹蛙		8
			無法鑑定種		6
		樹蟾科	中國樹蟾		8
		蟾蜍科	黑眶蟾蜍		10
			盤古蟾蜍		107
			無法鑑定種		3
		無法鑑定科	無法鑑定種		67
爬蟲綱	有鱗目	正蜥科	無法鑑定種		1
		石龍子科	中國石龍子台灣亞種		3
			印度蜓蜥		22
			麗紋石龍子		6
			無法鑑定種		11
		飛蜥科	斯文豪氏攀蜥		6
			黃口攀蜥		84
			無法鑑定種		43
			哈特氏蛇蜥	II	7
		鈍頭蛇科	台灣鈍頭蛇		8
			泰雅鈍頭蛇		49
			無法鑑定種		17

附錄 1 (續)、2016-2019 年非系統例行調查記錄到的路殺種類及個體數

綱	目	科	物種中文名	保育等級	路殺數量
爬蟲綱	有鱗目	黃頷蛇科	大頭蛇		19
			王錦蛇		4
			台灣黑眉錦蛇	III	4
			白梅花蛇		24
			白腹遊蛇		11
			赤背松柏根		5
			赤腹松柏根		10
			赤腹遊蛇	II	5
			金絲蛇	I	6
			青蛇		48
			南蛇		2
			紅竹蛇		23
			紅斑蛇		41
			茶斑蛇		11
			梭德氏遊蛇		17
			斯文豪氏頸槽蛇	III	3
			黑頭蛇		8
			過山刀		23
			福建頸斑蛇		8
			擬龜殼花		31
			鐵線蛇		17
			無法鑑定種		3
		蝙蝠蛇科	羽鳥氏帶紋赤蛇	II	3
			雨傘節		9
			眼鏡蛇		5
			環紋赤蛇	III	17
		蝮蛇科	赤尾青竹絲		38
			瑪家山龜殼花	II	7
			龜殼花		47
		壁虎科	無法鑑定種		2
		無法鑑定科	無法鑑定種的蛇		21
			無法鑑定種		7
	龜鱉目	地龜科	食蛇龜	I	1
			斑龜		1
		澤龜科	紅耳泥龜		1

附錄 1 (續)、2016-2019 年非系統例行調查記錄到的路殺種類及個體數

綱	目	科	物種中文名	保育等級	路殺數量		
鳥綱	佛法僧目	翠鳥科	翠鳥		1		
		雀形目	雀眉科	頭烏線		1	
	雀形目	椋鳥科	八哥	II	1		
			白尾八哥		1		
		畫眉科	山紅頭		3		
		鴉科	台灣藍鵲	III	3		
			樹鵲		1		
		燕科	家燕		1		
		鳥綱	雀形目	鶇科	白頭翁		1
					紅嘴黑鶇		1
鶇科	白腹鶇			2			
	虎鶇			4			
	虎鶇(度冬亞種)			1			
	鴉形目		鴉科	黃嘴角鴉	II	1	
領角鴉				II	16		
褐鷹鴉				II	1		
無法鑑定種					1		
鷺形目	鬚鷺科		五色鳥		3		
鳥綱	鳩形目	鳩鴿科	岩鴿		2		
			賽鴿		1		
		翠翼鳩		1			
	雞形目	雉科	台灣竹雞		7		
	鴉形目	杜鵑科	筒鳥		1		
	鶇形目	鶇科	大白鶇		1		
			牛背鶇		1		
			黑冠麻鶇		1		
			蒼鶇		1		
			無法鑑定目	無法鑑定科	無法鑑定種		9

附錄 1 (續)、2016-2019 年非系統例行調查記錄到的路殺種類及個體數

綱	目	科	物種中文名	保育等級	路殺數量
哺乳綱	兔形目	兔科	台灣野兔		1
	食肉目	靈貓科	白鼻心		5
			麝香貓	II	4
		貂科	鼬獾		55
		貓科	家貓		3
		犬科	家犬		1
		無法鑑定科	無法鑑定種		1
	真盲缺目	蝟科	刺蝟		1
	偶蹄目	牛科	水牛		5
			無法鑑定種的牛		2
		鹿科	台灣山羌		14
			台灣水鹿	I	1
	翼手目	豬科	臺灣野豬		4
		蝙蝠科	毛腿鼠耳蝠		1
		蹄鼻蝠科	臺灣小蹄鼻蝠		1
		無法鑑定科	無法鑑定種		2
	啮齒目	松鼠科	大赤鼯鼠		3
			赤腹松鼠		20
		鼠科	台灣刺鼠		8
			無法鑑定種		5
	雙門齒目	袋鼯科	蜜袋鼯		1
	鼯形目	尖鼠科	台灣灰麝鼯		3
			台灣長尾麝鼯		1
		鼯鼠科	無法鑑定種的鼯鼯		3
			台灣鼯鼠		10
	鱗甲目	穿山甲科	穿山甲	II	2
	靈長目	獼猴科	台灣獼猴		4
	無法鑑定目	無法鑑定科	無法鑑定種		3
			>105 種	數量總計	1288

附錄 2、2019 年每月路殺調查次數及記錄到的路殺個體數

月份	陽金-101 甲公路			萬溪產業道路		
	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
1	1	0	3	2	1	2
2	2	1	6	3	0	22
3	2	1	12	2	0	15
4	2	0	14	2	0	29
5	3	0	25	2	0	21
6	2	0	16	2	0	60
7	2	0	36	2	0	18
8	3	0	43	2	0	19
9	2	0	27	2	0	21
10	2	0	10	2	0	29
11	2	0	15	3	0	24
12	2	1	2	2	0	11
總計	23	2	209	24	1	271

附錄 3、各期計畫會議委員意見回覆

審查意見摘要	受委託單位回應及報告內容對應頁碼
未來是否會於周邊地棲型生物族群先驅調查陷阱附近設置紅外線自動照相機？	未來可考慮於陷阱周邊架設紅外線自動照相機。但陷阱針對的為地棲型兩棲爬蟲動物，因此以觸發拍攝效果不佳，定時又會有太多無效照片，因此架設紅外線自動照相機對偵測地棲型兩棲爬蟲動物應不是有效的方法。
萬溪產業道路是否會建議設置生態廊道？	團隊已提供萬溪產業道路路殺熱點資料給貴處進行現勘。 參見報告 p35。
周邊地棲型生物族群先驅調查物種是否以兩棲爬蟲類為主？	對，因路殺的高危險類群即為兩棲爬蟲類動物。 參見報告 p26。
評審會議所提將 101 甲與陽金公路調查路線之延伸，請問老師初探後有無想法建議？	目前調查路線 101 甲道路自 5 號廊道延伸至挹翠園與松林坊附近，陽金公路因在上磺溪有架設陷阱之樣點，每次查看陷阱狀況時，可輔助檢視有無路殺。
因本處誘導網為鏤空設計，請問老師對於設計及材料上是否建議部分、全面性更換？	國外有些研究發現鏤空的圍籬可能會有動物會被網格卡住，但我們目前並沒有觀察到有這樣的問題。且如果有動物想從網格穿過，目前使用材質為類似尼龍線材質，有些許彈性，相較鐵絲網格較不易受傷，因此，網格部分應暫無太大問題。但現行生態誘導網部分依山勢設置較高較陡，難清理植被覆蓋問題。
今年調查是否會加入生物使用廊道時行進方向的紀錄？	生態廊道影像紀錄分析時會加入使用廊道物種其使用的行進方向。 參見報告 p39, 43。
根據近年調查結果園區內遊蕩動物（貓、狗）使用生態廊道之趨勢為何？	遊蕩動物近年使用次數上，貓每年使用低於 10 隻次，狗則因出入口高度較低無法進入。 參見報告 p39。
調查過程中是否有紀錄到遊蕩動物（貓、狗）於生態廊道之相關狩獵行為？	成犬無法進入廊道內部，貓可以。目前僅發現少數幾次遊蕩貓試圖捕捉蛙類的行為紀錄。 參見報告 p39。

審查意見摘要	受委託單位回應及報告內容對應頁碼
因工程期間仍有於 3 至 5 號生態廊道架設自動相機，請老師與過去同時期相比，以了解施工前後對生物使用之影響。	有關道路施工工程所造成之影響需比對 3 年間路殺與廊道資料，因工程為白天施作，使用生態廊道動物多為夜行性動物，如未改變生態廊道周邊與出入口環境，可能對動物使用上影響不大。 參見報告 p42。
請老師規劃未來本處保育志工可共同參與監測之部分及辦理 1 場教育訓練，以利明年 1 月可順利執行。	調查與監測目前已建立固定方式與表格，可進行教育訓練，然在鑑定上仍需有一段時間培訓，才能有較高正確率。
有關與路殺社合作 APP 的功能與宣導內容，請老師詳述。	與特有生物中心路殺社合作之 APP，團隊主要是提供陽明山國家公園內高路殺路段之點位與物種資料，讓用路人在進入該路段起點時便會提醒用路人需小心駕駛。 參見報告 p35。
觸發與定時兩種方式所拍攝到無法鑑定之照影片數量其是否完全不能進行分析？	因自動相機拍攝時有時間差，其結果會造成看不到動物、一小部分尾巴或只有動物走過的陰影，導致無法判定物種或類群。這樣的影像會鑑定至可區分的分類階級。
101 甲公路邊坡施工完成後，是否可能會減少當地路殺數量？或成為導引進入本處 3 至 5 號生態廊道之設施？	邊坡施工雖有可能會減少野生動物自上邊坡往下之路殺量，但也可能造成道路兩旁之族群隔離，邊坡若與該地生態護網設施相結合，或許可觀察是否提高動物使用生態廊道量。 參見報告 p30, 32。
本土陷阱設計時是否口徑太小而影響動物進入？	使用蝦籠陷阱為市販最大口徑，針對兩棲爬蟲類應是夠大的口徑，用此陷阱進行調查試圖取代密集人力調查。 參見報告 p14-15。
根據調查結果利用生態廊道之動物是否有其方向性？	有關動物使用生態廊道方向性與保育類動物使用月份將於期末報告時呈現。 參見報告 p14-15。

審查意見摘要	受委託單位回應及報告內容對應頁碼
有關穿山甲、麝香貓等動物使用生態廊道之模式建議做進一步的分析與比較。	有關動物使用生態廊道方向性與保育類動物使用月份將於期末報告時呈現。 參見報告 p14-15。
101 甲道路於 5 號廊道之後及大屯山車道路殺狀況為何？	過去 101 甲公路路殺調查至大屯自然公園，今年已調查至過于右任墓方向之松林坊餐廳，陽金公路與 101 甲公路同日進行調查。大屯山路殺調查去年有完整調查。 參見報告 p32。
請老師建議園區內需加設相關警示設施以提醒用路人減速之路段以。	參見報告 p35。
於期末報告結論與建議時提供國外生態廊道相關設施使用工法及建議園區內需加設之路段，以作為後續經營管理之用。	參見報告 p53-56。
是否已有動物利用生態廊道進行掠食行為？	目前僅有鼬獾捕捉蟾蜍及遊蕩貓捕捉蛙類的少數紀錄。
地棲型生物類型初探機制設計上未能符合工作項目與研究限制，請於建議事項再加以補充。	參見報告 p46。
今年因百拉卡公路道路施工與崩坍所造成生態廊道物種使用情形之影響分析，請放入建議事項中。	參見報告 p53-56。
報告書 P.25 第二段、P.32 因仍有其他變因影響建議推論結果應再修改；P.26 因今年 101 甲調查路段有延伸，然表 3 似乎未標明。	有關今年調查 101 甲路殺延伸區段因考量無法與過去資料進行比較，將另行說明。 參見報告 p33。
建議簡報中有關生態圍籬更新之顏色、材質與所提出的國內外研究也請放入報告書中。	參見報告 p53-56。

審查意見摘要	受委託單位回應及報告內容對應頁碼
近期園區內道路工程所使用之造型模板易增加兩棲爬蟲類死亡率，請問國內外是否有更佳的工法，使用時需考量那些狀況，以供作未來園區內施工參考，建議請將上述答案放入報告書中。	早期 101 甲使用隔柵方式進行邊坡工程，除保持植被外也能配合地形，目前所作設施無縫隙，對兩棲爬蟲類較難使用。
今年調查各路段長度為何？一年間全區路殺量估計為何？	陽金至 101 甲調查長度 12.9 公里，萬溪 12.2 公里。一年間全區路殺量在年間有很大的變異，以劉小如老師過去密集調查所得資料全區一年路殺量約 3 萬隻為最多。 參見報告 p20。
6、7 月路殺高峰期是否與生物生態行為有關？建議可再加以論述。	參見報告 p27。
有關對道路工程之建議請放入報告書中，以供作未來工程施作規範。	參見報告 p53-56。
未來有關廊道監測方式請建議定時式與觸發式何者較佳或兩者並行。	參見報告 p53-56。
有關生態廊道內動物使用與廊道外路殺資料是否能進行比較分析。	參見報告 p53-56。
101 甲道路工程可能影響路殺量減少而和當地動物使用生態廊道次數是否有所關聯，與 5 號廊道之後是否需增建廊道或誘導網。	5 號廊道之後建議可增建誘導網至鬼子坑橋，並左右延伸，以橋下之溪谷作為天然動物廊道。

附錄 4、計畫期初會議紀錄

陽明山國家公園管理處

108 年度陽明山國家公園生態廊道監測與周邊地棲型生物族群先驅調查

期初會議紀錄

壹、時間：中華民國 108 年 4 月 24 日（星期三）下午 2 時 30 分

貳、地點：本處 2 樓小會議室

參、主持人：本處華課長予菁

記錄：潘昱光

肆、出席（列席）席單位人員：（詳簽到簿）

伍、業務單位報告：略

陸、討論：

一、潘昱光：

（一）未來是否會於周邊地棲型生物族群先驅調查陷阱附近設置紅外線自動照相機？

二、葉主任超然：

（一）萬溪產業道路是否會建議設置生態廊道？

（二）周邊地棲型生物族群先驅調查物種是否以兩棲爬蟲類為主？

三、華課長予菁：

（一）有關萬溪產業道路之路殺量對當地生態系統與高路殺族群之影響，建議加以研討以期提供相關建議？

（二）評審會議所提將 101 甲與陽金公路調查路線之延伸，請問老師初探後有無想法建議？

（三）園區內同仁所作之相關路殺資料會提供給老師進行分析。

（四）因本處誘導網為簍空設計，請老師建議園區部分、全面性或於材料上是否需要更換？

（五）今年調查是否會加入生物使用廊道時行進方向的紀錄？

四、受託單位回應：

（一）感謝長官所提各項建議，團隊會遵照辦理，並於期中報告改進呈現。

（二）團隊已提供萬溪產業道路路殺熱點資料給貴處可進行現勘。

（三）目前調查路線 101 甲道路自 5 號廊道延伸至挹翠園，陽金公路因有架設陷阱之樣點，每次查看陷阱狀況時，同時進行路殺調查。

（四）周邊地棲型生物族群先驅調查所使用之陷阱因開口小，適合低棲型老鼠體型大小以下的地棲生物，由怡惠老師團隊進行開關陷阱，目前陷阱正在測試中。會未來會考慮於陷阱周邊架設紅外線自動照相機。

（五）生態誘導網除部分依山勢設置較陡外，其餘目前因道路周邊皆會進行除草，暫無太大問題。研究團隊如在調查時發現局部破損，會再拍照記錄予以通報貴處。

（六）生態廊道影像紀錄分析時會加入使用廊道物種其使用的行進方向，如鼬獾使用廊道時有明顯的方向性。

（七）後續將評審、期初會議紀錄回應放入期中報告後面附錄。

柒、結論：

期初報告原則通過，並請受託單位續依委員及同仁意見辦理修正及補充事項，後依契約規定辦理後續請款事宜。

捌、散會：下午 3 時 10 分。

陽明山國家公園管理處

108 年度陽明山國家公園生態廊道監測與周邊地棲型
生物族群先驅調查
勞務採購案期初會議簽到簿

時間：108 年 4 月 24 日（星期三）下午 2 時 30 分

地點：本處二樓小會議室

主席：本處華課長予菁 吳予菁 記錄：潘昱光

出（列）席單位人員：

受託單位： 中國文化大學	職 稱	簽 到 處
文化大學 生命科學系	副教授	陳怡惠
出席機關（單位）（人員）	職 稱	簽 到 處
小油坑管理站	主任	華超群
龍鳳谷管理站	主任	周俊賢
保育研究課	技佐	潘昱光

附錄 5、計畫期中會議紀錄

陽明山國家公園管理處

108 年度陽明山國家公園生態廊道監測與周邊地棲型生物族群先驅調查委託辦理案 期中會議紀錄

壹、時間：中華民國 108 年 9 月 6 日(星期五)上午 9 時 30 分

貳、地點：本處 2 樓會議室

參、主持人：本處劉處長培東

記錄：潘昱光

肆、出席(列席)單位人員：(詳簽到簿)

伍、業務單位報告：略

陸、討論：

一、潘技佐昱光：

- (一) 根據近年調查結果園區內遊蕩動物(貓、狗)使用生態廊道之趨勢為何？
- (二) 調查過程中是否有紀錄到遊蕩動物(貓、狗)於生態廊道之相關狩獵行為？

二、華課長予菁：

- (一) 5 號生態廊道出口部分目前土方仍堆置於原處，已與大地工程處聯繫請其儘速移至他處。
- (二) 因工程期間仍有於 3 至 5 號生態廊道架設自動相機，請老師與過去同時期相比，以了解施工前後對生物使用之影響。
- (三) 請老師規劃未來本處保育志工可共同參與監測之部分及辦理 1 場教育訓練，以利明年 1 月可順利執行。

三、陳主任彥伯：

- (一) 有關與路殺社合作 APP 的功能與宣導內容，請老師詳述。
- (二) 觸發與定時兩種方式所拍攝到無法鑑定之照影片數量其是否完全不能進行分析。
- (三) 建議未來市政府於本處園區內進行相關工程設計階段檢送圖說時，應要求景觀美學與生態考量。

四、葉主任超然：

- (一) 101 甲公路邊坡施工完成後，是否可能會減少當地路殺數量？或成為導引進入本處 3 至 5 號生態廊道之設施？
- (二) 本土陷阱設計時是否口徑太小而影響動物進入？

五、張秘書順發：

- (一) 調查方式、路段與相關改善方法建議於期末報告時加以補充。
- (二) 請補充定時、觸發式自動相機彼此間關聯、差異性之比較與未來經營管理上之建議。
- (三) 請於期末報告補充地棲型生物初探之目標、調查內容、關聯性或調查方式改善建議。

六、盧副處長淑妃：

- (一) 保育研究課於 101 甲道路施工完工前辦理現場會勘邀請陳怡惠老師、專家學者與北市府大地工程處設計、施工、發包單位針對 3 至 5 號生態廊道與周邊設施後續處理進行討論。
- (二) 根據調查結果利用生態廊道之動物是否有其方向性？
- (三) 建議有關穿山甲、麝香貓等動物使用生態廊道之模式做進一步的分析與比較。
- (四) 101 甲道路於 5 號廊道之後及大屯山車道路殺狀況為何？
- (五) 請老師建議園區內需加設之路段以設置相關警示設施以提醒用路人減速。
- (六) 以後請通知企劃經理課、環境維護課派員參與保育研究課生態相關計畫之會議。

七、劉處長培東：

(一) 道路施工前後路殺量與生態廊道使用隻次可進行監測調查。

(二) 未來道路工程施作時是否可能要求同時執行動物穿越相關設施之設置，同時加會保育研究課，研究可能之生態工法。

(三) 於期末報告結論與建議時提供國外生態廊道相關設施使用工法及建議園區內需加設之路段，以作為後續經營管理之用。

(四) 針對高路殺路段研議先行設置警告牌示。

(五) 是否已有動物利用生態廊道進行掠食行為？

八、受託單位回應：

(一) 感謝長官所提各項建議，團隊會遵照辦理，並於期末報告改進呈現。

(二) 有關道路施工工程所造成之影響需比對 3 年間路殺與廊道資料，因工程為白天施作，使用生態廊道動物多為夜行性動物，如未改變生態廊道周邊與出入口環境，則可能對動物使用上影響不大。

(三) 志工部分目前已建立固定調查方式與表格，可進行教育訓練，然在鑑定上仍需有一段時間培訓，才能有較高正確率。

(四) 遊蕩動物近年使用次數上，貓每年使用低於 10 隻次，狗則因出入口高度較低無法進入，兩者皆無於廊道內部進行捕食、追捕等行為。

(五) 與特有生物中心路殺社合作之 APP，團隊主要是提供陽明山國家公園內高路殺路段之點位與物種資料，讓用路人在進入該路段起點時便會提醒用路人需小心駕駛。

(六) 無法判定部分，因自動相機拍攝時有時間差，其結果會有無動物、一小部分尾巴或走過陰影，會分析至可能的分類階級。

(七) 邊坡施工有可能會減少野生動物自上邊坡往下之路殺量，並也可能造成道路兩旁之族群隔離，若與該地生態護網設施相結合，或能提高動物於生態廊道使用量。

(八) 使用蝦籠陷阱已為販售中最大口徑，捕抓物種未針對兩棲爬蟲類特別物種，用此陷阱進行調查試圖取代密集人力調查。

(九) 有關動物使用生態廊道方向性與保育類動物使用月份將於期末報告時呈現。

(十) 過去 101 甲公路路殺調查至大屯自然公園，今年已調查至過于右任墓方向之松林坊餐廳，陽金公路與 101 甲公路同日進行調查。

(十一) 大屯山路殺調查去年有完整調查，今年可於後半年進行調查。

(十二) 目前僅有鼬獾取食蟾蜍紀錄，其於園區內動物尚未利用生態廊道進行捕食。

柒、結論：

本次期中會議原則通過，請受託單位參考委員及與會者意見修正及辦理後續相關工作。

捌、散會：上午 10 時 35 分。



陽明山國家公園管理處

108 年度陽明山國家公園生態廊道監測與周邊地棲型
生物族群先驅調查

勞務採購案期中會議簽到簿

時間：108 年 9 月 6 日（星期五）上午 9 時 30 分

地點：本處二樓會議室

主席：本處劉處處長培東

記錄：潘昱光

出席（列）席單位人員：

出席單位人員	職 稱	簽 到 處
遊憩服務課		
解說教育課	課長	蔣志武
小油坑管理站	主任	黃超翹
龍鳳谷管理站		
擎天崗管理站	主任	陳彥伯
陽明書屋管理站		
保育研究課	課長	吳予菁
	技佐	潘昱光

（108 年 9 月 6 日 108 年度陽明山國家公園生態廊道監測與周邊地棲型生物族群
先驅調查勞務採購案期中會議簽到簿）

受託單位： 中國文化大學	職 稱	簽 到 處
陳敏惠	副教授	陳中宏
出席單位人員	職 稱	簽 到 處
本處盧副處長淑妃	副處長	詹煒妤
張秘書順發	秘書	張順發
企劃經理課		
環境維護課		



附錄 6、計畫期末會議紀錄

陽明山國家公園管理處 108 年度陽明山國家公園生態廊道監測與周邊地棲型生物族群先驅調查 期末會議紀錄

時間：中華民國 108 年 12 月 24 日（星期二）上午 9 時整

貳、地點：本處 2 樓會議室

參、主持人：本處劉處長培東

記錄：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、華課長予菁：

（一）地棲型生物類型初探機制設計上未能符合工作項目與研究限制，請於建議事項再加以補充。

（二）今年因百拉卡公路道路施工與崩坍所造成生態廊道物種使用情形之影響分析，請放入建議事項中。

（三）報告書 P.25 第二段、P.32 因仍有其他變因影響建議推論結果應再修改；P.26 因今年 101 甲調查路段有延伸，然表 3 似乎未標明。

（四）今年新增野生動物使用廊道方向性之分析結果似乎無小結且對後續經營管理之關聯性請予說明。

（五）建議簡報中有關生態圍籬更新之顏色、材質與所提出的國內外研究也請放入報告書中。

二、陳主任彥伯：

（一）近期園區內道路工程所使用之造型模板易增加兩棲爬蟲類死亡率，請問國內外是否有更佳的工法，使用時需考量那些狀況，以供作未來園區內施工參考，建議請將上述答案放入報告書中。

三、陳約聘解說員振祥：

（一）今年調查各路段長度為何？一年間全區路殺量估計為何？

四、張秘書順發：

（一）2016 年至 2019 年資料以綜合分析呈現方式，如 2019 年有個別狀況可再分開呈現。

（二）6、7 月路殺高峰期是否與生物生態行為有關？建議可再加以論述。

（三）監測部分建議如下：

1. 有關廊道定時監測方式需再提出建議。

2. 未來路殺調查如何系統化？並配合使用路殺社 APP。

3. 中長程補充有關物種族群調查之標準方法及需調查物種。

（四）有關對道路工程之建議請放入報告書中，以供作未來工程施作規範。

五、盧副處長淑妃：

（一）未來有關廊道監測方式請建議定時式與觸發式何者較佳或兩者並行。

（二）有關生態廊道內動物使用與廊道外路殺資料是否能進行比較分析。

（三）101 甲道路工程可能影響路殺量減少而和當地動物使用生態廊道次數是否有所關聯，與 5 號廊道之後是否需增建廊道。

(四) 請企劃經理課於大地處等機關搶修、工程申請時，邀請設計、主辦單位與老師先行討論再執行。

六、劉處長培東：

- (一) 報告書中相關因子影響論述方式需再加以調整。
- (二) 可將 5 號廊道之後是否需增建廊道或誘導網之具體建議放入報告書中。
- (三) 與工程單位討論於熱點區域設立警示標誌，並可考慮導入夜、反光設施。

七、受託單位回應：

- (一) 感謝長官所提各項建議，團隊會遵照辦理，並於成果報告改進呈現。
- (二) 有關今年調查 101 甲路殺延伸區段因考量調查時間無法與過去文獻進行比較，將另行列表。
- (三) 早期 101 甲使用隔柵方式進行邊坡工程，除保持植被外也能配合地形，目前所作設施無縫隙，對兩棲爬蟲類較難使用。
- (四) 陽金至 101 甲調查長度 12.9 公里，萬溪 12.2 公里，以劉小如老師過去密集調查所得資料全區一年路殺量約 3 萬隻。
- (五) 5 號廊道之後建議增建誘導網至鬼子坑橋，並左右延伸，以橋下之溪谷作為天然動物廊道。

柒、結論：

期末報告原則通過，並請受託單位續依同仁意見辦理修正及補充事項，後依契約規定辦理後續請款事宜。

捌、散會：上午 10 時 11 分。

陽明山國家公園管理處

108 年度陽明山國家公園生態廊道監測與周邊棲地棲型
生物族群先驅調查
勞務採購案期末會議簽到簿

時間：108 年 12 月 24 日（星期二）上午 9 時

地點：本處二樓會議室

主席：本處劉處長培東 劉培東 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		
陳怡蓉	副教授	陳怡蓉
出席單位人員	職 稱	簽 到 處
本處盧副處長淑妃	副處長	盧淑妃
張秘書順發	秘書	張順發
企劃經理課	課長	韓志武
環境維護課		

出席單位人員	職 稱	簽 到 處
遊憩服務課		
解說教育課	斜聘	陳振祥
小油坑管理站		
龍鳳谷管理站		
擎天崗管理站	主任	陳序伯
陽明書屋管理站		
保育研究課	課長	葉子豪
	技佐	潘昱光

(108 年 12 月 24 日 108 年度陽明山國家公園生態廊道監測與周邊棲地棲型生物族群先驅調查勞務採購案期末會議簽到簿)

致謝

本計畫得以順利執行，首先感謝陽明山國家公園管理處提供計畫經費，感謝陽明山國家公園保育課華予菁課長及潘昱光先生提供設備與行政支援。感謝鄭元誠、謝宜樺與蘇昱愷同學協助處理行政事務，特別感謝黃敬浚、蘇昱愷、陳世育、陳壁亮、張高銘、謝宜樺、張雅荃、謝凱傑...等人，付出許多時間協助野外調查、廊道影片觀看及資料建檔等繁複的調查與研究工作。特有生物研究保育中心林德恩研究員團隊協助進行地棲動物陷阱調查位置勘查工作，並提供台灣路死觀察網(路殺社)志工於陽明山國家公園境內調查所得的相關路死資料，謹此致謝。

參考書目

- Adamczewska, A. M. and S. Morris. 1998. Strategies for migration in the terrestrial Christmas Island red crab *Gecarcoidea natalis*: intermittent versus continuous locomotion. *The Journal of experimental biology* 201:3221-3231.
- Aresco, M. J. 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., A. Clevenger, M. Santos-Reis, P. Urbano, and N. Jackson. 2013. Wildlife–vehicle collision mitigation: Is partial fencing the answer? An agent-based model approach. *Ecological Modelling* 257:36-43.
- Bager, A. and C. A. Da Rosa. 2011. Influence of sampling effort on the estimated richness of road-killed vertebrate wildlife. *Environmental Management* 47:851-858.
- Bager, A. and V. Fontoura. 2013. Evaluation of the effectiveness of a wildlife roadkill mitigation system in wetland habitat. *Ecological Engineering* 53:31-38.
- Barthelmess, E. L. and M. S. Brooks. 2010. The influence of body-size and diet on road-kill trends in mammals. *Biodiversity and Conservation* 19:1611-1629.
- Bartonička, T., R. Andrášik, M. Duľa, J. Sedoník, and M. Bíl. 2018. Identification of local factors causing clustering of animal-vehicle collisions. *The Journal of Wildlife Management* 82:940-947.
- Beaudry, F., P. G. Demaynadier, and M. L. Hunter. 2010. Identifying hot moments in road-mortality risk for freshwater turtles. *The Journal of Wildlife Management* 74:152-159.
- Beebee, T. J. C. 2013. Effects of road mortality and mitigation measures on amphibian populations. *Conservation Biology* 27:657-668.
- Bond, A. and D. Jones. 2013. Wildlife warning signs: public assessment of components, placement and designs to optimise driver response. *Animals* 3:1142-1161.
- Borda-de-Água, L., C. Grilo, and H. M. Pereira. 2014. Modeling the impact of road mortality on barn owl (*Tyto alba*) populations using age-structured models. *Ecological Modelling* 276:29-37.
- Brzeziński, M., G. Eliava, and M. Żmihorski. 2012. Road mortality of pond-breeding amphibians during spring migrations in the Mazurian Lakeland, NE Poland. *European Journal of Wildlife Research* 58:685-693.
- Clevenger, A. P. 2005. Conservation value of wildlife crossings: measures of performance and research directions. *Gaia-Ecological Perspectives for Science and Society* 14:124-129.
- Coelho, I. P., F. Z. Teixeira, P. Colombo, A. V. P. Coelho, and A. Kindel. 2012. Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. *Journal of Environmental Management* 112:17-26.
- Coffin, A. W. 2007. From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. *Journal of transport Geography* 15:396-406.
- Collinson, W. J., C. Marneweck, and H. T. Davies-Mostert. 2019. Protecting the protected: reducing wildlife roadkill in protected areas. *Animal Conservation* 22:396-403.
- Collinson, W. J., D. M. Parker, R. T. Bernard, B. K. Reilly, and H. T. Davies-Mostert. 2014. Wildlife road traffic accidents: a standardized protocol for counting flattened fauna. *Ecology and Evolution* 4:3060-3071.
- Cosentino, B. J., D. M. Marsh, K. S. Jones, J. J. Apodaca, C. Bates, J. Beach, K. H. Beard, K. Becklin, J. M. Bell, and C. Crockett. 2014. Citizen science reveals widespread negative effects of roads on amphibian distributions. *Biological Conservation* 180:31-38.

- D'Amico, M., J. Román, L. de los Reyes, and E. Revilla. 2015. Vertebrate road-kill patterns in Mediterranean habitats: Who, when and where. *Biological Conservation* 191:234-242.
- Dixo, M., J. P. Metzger, J. S. Morgante, and K. R. Zamudio. 2009. Habitat fragmentation reduces genetic diversity and connectivity among toad populations in the Brazilian Atlantic Coastal Forest. *Biological Conservation* 142:1560-1569.
- Dodd Jr., C. K., W. J. Barichivich, and L. L. Smith. 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., S. Mitchell, and L. Fahrig. 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.
- Elzanowski, A., J. Ciesiolkiewicz, M. Kaczor, J. Radwanska, and R. Urban. 2009. Amphibian road mortality in Europe: a meta-analysis with new data from Poland. *Eur J Wildl Res* 55.
- Enge, K. M. and K. N. Wood. 2002. A pedestrian road survey of an upland snake community in Florida. *Southeastern naturalist* 1:365-380.
- Fahrig, L. and T. Rytwinski. 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 14:21.
- Forman, R. T. 2003. *Road ecology: science and solutions*. Island Press.
- Forman, R. T. and L. E. Alexander. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*:207-C202.
- Gagnon, J. W., N. L. Dodd, K. S. Ogren, and R. E. Schweinsburg. 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., D. Campo, I. G. Pola, and E. Garcia-Vazquez. 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., R. K. Danby, E. Eberhardt, G. M. Cunningham, and S. Mitchell. 2015. Hot spots and hot times: wildlife road mortality in a regional conservation corridor. *Environmental Management* 56:874-889.
- Garriga, N., M. Franch, X. Santos, A. Montori, and G. A. Llorente. 2017. Seasonal variation in vertebrate traffic casualties and its implications for mitigation measures. *Landscape and urban planning* 157:36-44.
- Garriga, N., X. Santos, A. Montori, A. Richter-Boix, M. Franch, and G. A. Llorente. 2012. Are protected areas truly protected? The impact of road traffic on vertebrate fauna. *Biodiversity and Conservation* 21:2761-2774.
- Gibbs, J. P. and W. G. Shriver. 2002. Estimating the effects of road mortality on turtle populations. *Conservation Biology* 16:1647-1652.
- Gibbs, J. P. and W. G. Shriver. 2005. Can road mortality limit populations of pool-breeding amphibians? *Wetlands Ecology and Management* 13:281-289.
- Gonçalves, L. O., D. J. Alvares, F. Z. Teixeira, G. Schuck, I. P. Coelho, I. B. Esperandio, J. Anza, J. Beduschi, V. A. G. Bastazini, and A. Kindel. 2018. Reptile road-kills in Southern Brazil: Composition, hot moments and hotspots. *Science of the Total Environment* 615:1438-1445.
- Grace, M. K., Smith, D. J., Noss, R. F. 2015. Testing alternative designs for a roadside animal detection system using a driving simulator. *Nature Conservation* 11, 61-77.
- Hamer, A., R. Ree, M. Mahony, and T. Langton. 2014. Usage rates of an unde-road tunnel by three Australian frog species: implications for road mitigation. *Animal Conservation* 17:379-387.

- Heigl, F., K. Horvath, G. Laaha, and J. G. Zaller. 2017. Amphibian and reptile road-kills on tertiary roads in relation to landscape structure: using a citizen science approach with open-access land cover data. *BMC Ecology* 17:24.
- Hobday, A. J. and M. L. Minstrell. 2008. Distribution and abundance of roadkill on Tasmanian highways: human management options. *Wildlife Research* 35:712-726.
- Holderegger, R. and M. Di Giulio. 2010. The genetic effects of roads: a review of empirical evidence. *Basic and Applied Ecology* 11:522-531.
- Jackson, N. D. and L. Fahrig. 2011. Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity. *Biological Conservation* 144:3143-3148.
- Jaeger, J. A. and L. Fahrig. 2004. Effects of road fencing on population persistence. *Conservation Biology* 18:1651-1657.
- Langen, T. A., K. E. Gunson, C. A. Scheiner, and J. T. Boulerville. 2012. Road mortality in freshwater turtles: identifying causes of spatial patterns to optimize road planning and mitigation. *Biodiversity and Conservation* 21:3017-3034.
- Lesbarrères, D., T. Lodé, and J. Merilä. 2004. What type of amphibian tunnel could reduce road kills? *Oryx* 38:220-223.
- Lima Santos, R. A., F. Ascensão, M. L. Ribeiro, A. Bager, M. Santos-Reis, and L. M. S. Aguiar. 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, S. J., R. G. Harcourt, and A. P. Clevenger. 2002. Do wildlife passages act as prey-traps? *Biological Conservation* 107:135-145.
- Mazerolle, M. J. 2004. Amphibian road mortality in response to nightly variations in traffic intensity. *Herpetologica* 60:45-53.
- Meek, R. 2015. Where do snakes cross roads? Habitat associated road crossings and mortalities in a fragmented landscape in western France. *Herpetol J* 25.
- 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, K. S., C. A. Paszkowski, and G. J. Scrimgeour. 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, K. S., C. A. Paszkowski, and G. J. Scrimgeour. 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.
- Row, J. R., G. Blouin-Demers, and P. J. Weatherhead. 2007. Demographic effects of road mortality in black ratsnakes (*Elaphe obsoleta*). *Biological Conservation* 137:117-124.
- Rytwinski, T. and L. Fahrig. 2012. Do species life history traits explain population responses to roads? A meta-analysis. *Biological Conservation* 147:87-98.
- Rytwinski, T. and L. Fahrig. 2015. The impacts of Roads and Traffic on Terrestrial Animal Populations. Pages 237-246 *Handbook of Road Ecology*.
- Seo, C., J. H. Thorne, T. Choi, H. Kwon, and C.-H. Park. 2015. Disentangling roadkill: the influence of landscape and season on cumulative vertebrate mortality in South Korea. *Landsc Ecol Eng* 11.
- Sillero, N. 2008. Amphibian mortality levels on Spanish country roads: descriptive and spatial analysis. *Amphibia-Reptilia* 29:337-347.
- Smith, C. M., K. Pagnucco, B. Johnston, C. Paszkowski, and G. Scrimgeour. 2010. Using Specialised Tunnels to Reduce Highway Mortality of Amphibians. *in* 2009 International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2009).

- Spellerberg, I. 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography* 7:317-333.
- Taylor, B. D. and R. L. Goldingay. 2003. Cutting the carnage: wildlife usage of road culverts in north-eastern New South Wales. *Wildlife Research* 30:529-537.
- Taylor, B. D. and R. L. Goldingay. 2004. Wildlife road-kills on three major roads in north-eastern New South Wales. *Wildlife Research* 31:83-91.
- Teixeira, F. Z., A. Kindel, S. M. Hartz, S. Mitchell, and L. Fahrig. 2017. When road-kill hotspots do not indicate the best sites for road-kill mitigation. *Journal of Applied Ecology*:n/a-n/a.
- Timm, B. C., K. McGarigal, and B. W. Compton. 2007. Timing of large movement events of pond-breeding amphibians in Western Massachusetts, USA. *Biological Conservation* 136:442-454.
- Trombulak, S. C. and C. A. Frissell. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14:18-30.
- van der Ree, R., J. A. Jaeger, T. Rytwinski, and E. A. van der Grift. 2015a. Good science and experimentation are needed in road ecology. *Handbook of Road Ecology*:71.
- van der Ree, R., D. J. Smith, and C. Grilo. 2015b. *Handbook of road ecology*. John Wiley & Sons.
- 毛俊傑。2014。陽明山國家公園兩棲類及爬蟲類生態資源調查。陽明山國家公園管理處委託辦理報告。
- 呂光洋。1987。陽明山國家公園兩棲和爬蟲之生態調查。陽明山國家公園管理處委託研究報告。
- 林德恩。2014。保護區兩棲爬行類監測方法，Pages 78-84 in 盧道杰主編。保護區經營管理技術手冊基礎篇。行政院農業委員會林務局出版。
- 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。
- 曾翌碩、毛俊傑。2007。導板集井式陷阱應用在兩棲爬蟲類調查方法上的長期監測成果。Page 46 in 2007 年動物行為生態研討會摘要論文集。
- 曾惠芸。林德恩。2008。外來入侵種多線南蜥分布北界的調查紀錄。自然保育季刊 61:37-42。
- 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委託報告。
- 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，陽明山國家公園管理處
- 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，in 林曜松主編，2006 年生態工程博覽會-陽明山動物通道研討會，台北。
- 黃光瀛。2007。道路對野生動物的影響及減輕對策。in 林曜松主編，野生動物保育與研究學術研討會，國立台灣大學生物多樣性研究中心，台北。
- 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研究報告，陽明山國家公園管理處委託研究報告。