

行政院農業委員會林務局
補助計畫執行成果報告

行政院農業委員會林務局林業發展計畫

108 年度單一計畫

108 林發-9.1-保-33

生態廊道評估推廣計畫

補助單位：行政院農業委員會林務局

執行單位：財團法人台灣生態工法發展基金會

執行期間：108 年 07 月 01 日至 108 年 12 月 31 日

中華民國 108 年 12 月

成果摘要

本計畫年度工作

1. 邀請國際學者與資深工作者來臺參訪交流，針對北臺灣至少三處道路生態瓶頸點共商對策、規劃設計與後續監測維護建議。
 2. 舉辦生態廊道推廣研訓工作坊，提供道路相關部門之決策者、國內外學者及工作者之共同研訓與經驗交流的場域，藉由國際經驗交流、政策比較、議題探討及現地訪視，促進生態廊道的推動與落實。
- **議題分析、活動籌備與成果彙整：**蒐集國內路殺相關資料紀錄、交通運輸設施周邊生態廊道設計優劣之案例，進行國外相關文獻的分析與探討，系統性地整理盤點結果，擬定合適此次國際交流及跨部討論之議題與預計參訪區域，進行相關活動之籌備。另外將彙整相關活動紀錄，將國內外學者的交流參訪及工作坊之經驗回饋以文字或影像上傳至對外分享之雲端資料夾，並彙編成可供下載之計畫成果冊，供後續應用與參考。
 - **國際交流-國內案例參訪探討：**邀請 Anthony P. Clevenger、Clara Grilo 及 Gordon Keller 等三位道路生態相關領域的專家學者，於 8 月 8 日至 8 月 14 日期間參訪北部淺山地區案例，與國內學者、NGO 團體及道路相關部門決策者就參訪現地進行意見交流，並針對至少三處道路生態瓶頸點提出策略評估，作為未來國內生態廊道規畫及改善發展之借鏡。
 - **生態廊道推廣研訓工作坊：**於 8 月 12 日、13 日期間與關注石虎保育之民間團體合作，於道路路殺熱點—苗栗地區—舉辦生態廊道推廣研訓工作坊，針對臺灣現況與國際案例進行相互比較分析，以及案例訪查，蒐集經驗回饋。本次工作坊培力對象初步設定為：農委會林務局、特有生物研究中心、水土保持局；交通部高速公路局、公路總局；地方政府水利局等相關公務體系人員，以及各社區組織、非營利團體、教育機構及關心道路路殺議題之公民等。會中除由國內外學者進行經驗交流與分享以外，也將帶領與會者進行道路瓶頸點的資訊建置、策略研訂、設計規劃及效益評估等研訓內容。

目錄

成果摘要	i
第一章 前言	1
第二章 背景分析	2
第三章 計畫內容	7
3.1 計畫目標.....	7
3.2 計畫執行方法.....	7
3.3 國外專家背景介紹.....	8
第四章 計畫執行情形與成果	10
4.1 國內路殺議題分析.....	10
4.2 參訪交流.....	25
4.3 道路生態國際工作坊.....	34
4.4 道路生態研討成果冊.....	51
4.5 計畫執行效益.....	54
第五章 檢討與建議	55
5.1 計畫推展建議.....	55
5.2 政策/制度推展建議.....	56
附錄一 道路生態國際工作坊簡章	58
附錄二 道路生態國際工作坊回饋問卷	63
附錄三 平面設計成果	65
附錄四 道路生態國際工作坊簽到表	67

圖目錄

圖 2.1-1 臺灣公路面積與總長變化	3
圖 2.1-2 山區道路邊坡坡度大，多混凝土工程，如擋土牆、護欄、排水溝.....	5
圖 2.1-3 道路經常伴隨溪流工程、箱涵對溪流棲地及魚蝦移動造成負面影響.....	5
圖 3.3-1 ANTHONY P. CLEVENGER(左上)、GORDON R. KELLER(右上)、CLARA GRILO(下)	9
圖 4.1-1 路殺社的路殺焦點物種.....	11
圖 4.1-2 路殺社發布台灣百大路殺熱點.....	12
圖 4.1-3 大雪山林道蛙類與蛇類路殺熱點.....	13
圖 4.1-4 高速公路局動物通道設置與監測.....	16
圖 4.1-5 大雪山林道 8.5K-8.6K 路殺改善措施整體配置.....	18
圖 4.1-6 新竹縣大山背既有排水涵管動物通道測試.....	19
圖 4.1-7 道路工程各階段應注意之生態課題與建議對策.....	20
圖 4.1-8 不同道路致死改善目標與可參考之改善措施類型.....	21
圖 4.2-1 台 2 線濱海公路 104.5K 動物通道	27
圖 4.2-2 台 2 線濱海公路 109.5K 動物通道	28
圖 4.2-3 台 2 線濱海公路 109.5K 動物通道濱海側出口	28
圖 4.2-4 陽明山國家公園動物通道及圍籬.....	30
圖 4.2-5 陽明山國家公園遊客中心動物通道監測成果展示.....	31
圖 4.2-6 陽明山動物通道路段邊坡擋土牆施工狀況.....	31
圖 4.2-7 陽明山國家公園，溪流工程形成 5M 以上垂直落差，動物難以利用 ...	31
圖 4.2-8 三峽區北 114、北 115 縣道路殺熱點路段的注意青蛙布條與道路環境	31
圖 4.2-9 新竹縣橫山鄉大山背秋季梭德氏赤蛙護蛙路段	32
圖 4.2-10 與荒野新竹分會交流護蛙經驗	32
圖 4.2-11 陸蟹路殺路段現勘	33
圖 4.2-12 河川局試作的蟹類動物通道	34
圖 4.2-13 堤防堤腳景觀花園垂直牆面陸蟹不易攀爬	34
圖 4.4-1 道路生態研討成果冊封面及目錄	52
圖 4.4-2 道路生態研討成果冊內頁示意(一).....	53
圖 4.4-3 道路生態研討成果冊內頁示意(二).....	53

表目錄

表 2.1-1 台灣的道路類型、總長與面積統計 (2018 年).....	2
表 4.2-1 道路生態參訪點與議題.....	25
表 4.2-2 台 2 線濱海公路中型哺乳類動物通道參訪.....	26
表 4.2.3 台灣山區道路：共通性道路生態議題參訪資訊.....	28
表 4.2-4 高美濕地：陸蟹路殺、道路堤防結構阻隔、棲地消失議題參訪資訊 ...	32
表 4.3-1 道路生態國際工作坊議程(第一天).....	35
表 4.3-2 道路生態國際工作坊議程(第二天).....	36
表 4.3-3 工作坊研訓課程階段辦理情形(第一天).....	37
表 4.3-4 工作坊研訓課程階段辦理情形(第二天).....	39
表 4.3-5 工作坊綜合討論階段流程.....	41
表 4.3-6 工作坊綜合討論階段辦理情形.....	41
表 4.3-7 工作坊行動策略總彙整.....	48

第一章 前言

臺灣素以多元地景風貌與生物多樣性聞名於國際，然而這些特殊的地景與生態，隨著產業與環境發展變遷，快速都市化的通聯需求，使得道路建設持續向丘陵與山區蔓延，侵入溪流廊道與海岸地景，使得棲地破碎化與劣化問題持續加劇，影響到各類生物棲息、移動與繁殖所需的生存空間。最明顯的例子，就是在低海拔山區道路，蜿蜒的道路結構，增加駕駛者視線死角與反應時間，而各種淺山動物如石虎、鼬獾、蛙類、蛇類、蜥蜴等，順著地勢或溪澗移動時，經常會遇到不熟悉的道路結構，就可能落入道路結構產生的動物陷阱而死亡，或是被擋在一側，或是在穿越路面的過程中遭到路殺，這些個體危機都會對族群存續造成衝擊。

道路生態是一個在國際上快速發展的實戰科學，旨在解決交通系統造成的環境衝擊。過去數十年間，歐洲、加拿大與美國等先驅國家，體認到各種開發與道路建設對自然棲地造成嚴重的破碎與阻隔，造成生物多樣性持續下降，於是開始打造各類動物通道及衝擊減輕措施，並且興起各式國際型研討會，彼此分享經驗、交流成果，各國交通部門也積極參與道路生態的推動，將之視為回應「生物多樣性公約」維護生物多樣性的重要指標。

在臺灣社會漸漸重視生態環境下，相關的公共建設需要更正視開發對於生態環境所造成的副作用，開啟工程生態減輕的討論，並研擬生態瓶頸點的改善方法。因此，本計畫預期透過邀請國際學者，與國內關注石虎保育之 NGO 團體合作辦理交流工作坊及參訪活動，針對北部淺山地區相關物種受到道路切割及路殺的情形，提供新興觀點及國際經驗，給予道路、生態相關部會在政策與執行方法改善上的建議。

第二章 背景分析

交通路網被視為國家經濟動脈，建構快速便捷的運輸系統成為標誌現代社會的關鍵。然而，隨著道路系統的快速發展，對於原有區域的地形地貌、坡度、水文與生態等漸漸產生不容忽視的負面影響。道路是地景上最顯著的人為線性結構，國內路網的成形與完善，雖然帶來了便利性，卻也帶來了自然棲地的減損、破碎化，帶來生物多樣性下降的危機。也因為永續發展與生物多樣性保育成為主流價值，國內的道路機關及研究單位已逐步開啟道路生態相關的評估、資料累積與實務改善工作，試圖在看似衝突的需求與挑戰中，尋求更明智的環境治理之路。

一、台灣道路的建設發展

臺灣之道路建設係承接日治時期之系統，於 1936 年日治殖民後期，提出全台道路鋪設計畫，在殖民的 50 年間陸續完成了縱貫道路、蘇澳-花蓮港、花蓮港-台東、台東-楓港以及中部橫貫道路等改善或新闢工程，建立了臺灣道路交通的基礎。於 1945 年戰後國民政府自臺灣總督府接管之道路長度共計約 1.7 萬公里。接台後，由於二戰轟炸破壞了近六成的道路，因此接管初期之建設以修復與維護為主。而後續在美援的經費援助下，於 1953 年開始較具規模的將石子路面改為柏油鋪面。1954 年，臺灣省政府實施經濟建設計畫，期間完成了東西縱貫公路、麥克阿瑟公路，而於 1973 年，正式宣布推動十大建設，期間完成臺灣第一條高速公路。

二、台灣道路系統現況

根據公路法，臺灣公路系統共分為國道、省道、縣(市)道、區(鄉)道以及專用公路等，不同分級之道路分屬不同主管機關。如表 2-1，臺灣公路總長(不含國道)約 21,680.76 公里，總面積約 238.957 平方公里。而根據交通部 2016 年統計資料，我國道路密度約為 1.16(公里/平方公里)，在亞洲地區僅次於新加坡(4.86)、香港(3.90)以及日本(3.35)。

表 2.1-1 台灣的道路類型、總長與面積統計 (2018 年)

類型	長度(km)	面積(km ²)	權管單位
國道	1049.7	N/A	高速公路局
省道	5283.16	95.266	公路總局
市道/縣道	3655.79	50.150	地方政府
區道/鄉道	11277.46	91.923	地方政府
專用道路	414.65	1.617	林務局/水保局等
公路合計(不含國道)	21680.76	238.957	

資料來源：

1.交通部公路總局統計查詢網(<https://stat.thb.gov.tw/hb01/webMain.aspx?sys=100&funid=defjsp>)

2.交通部高速公路局(<https://www.freeway.gov.tw/Publish.aspx?cnid=91>)

整理交通部 1991 年至 2018 年之統計資料可見(如圖 2-1)，臺灣公路總長已不太增加，而面積仍有逐年緩慢上升之趨勢，此顯示臺灣公路開發壓力上目前已較少新建案，而是以道路拓寬為主。

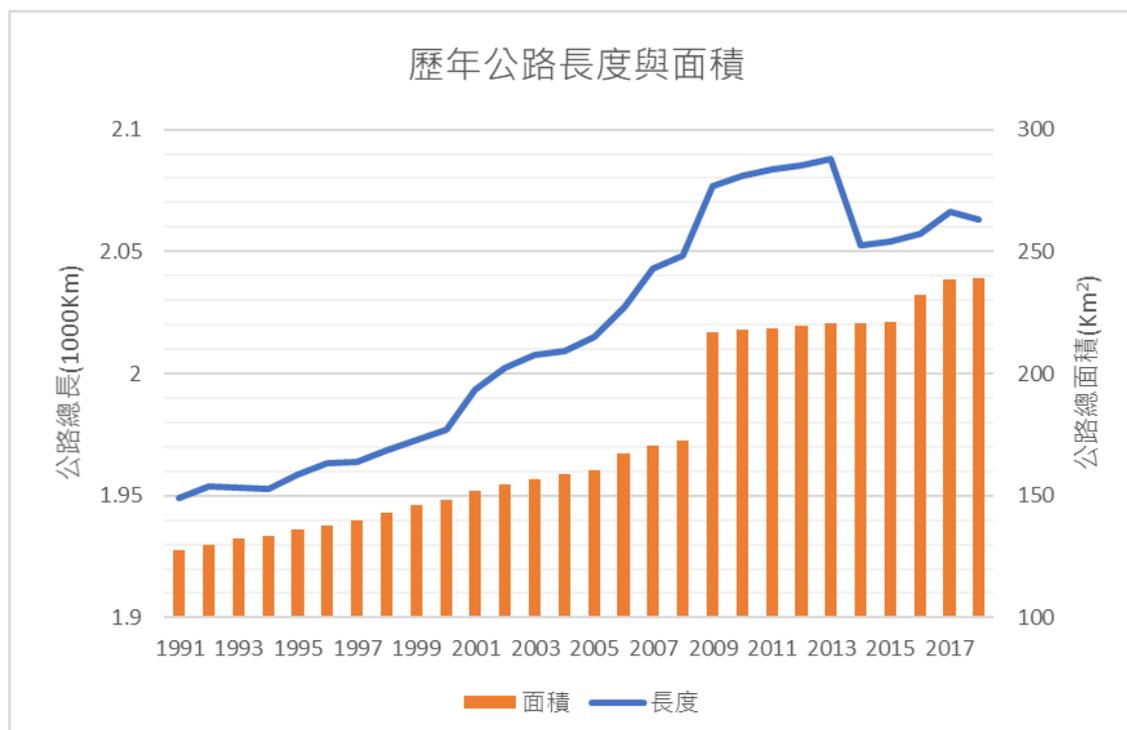


圖 2.1-1 臺灣公路面積與總長變化

在長年的發展之下，臺灣公路路網已趨完善，較無太多興建道路之需求。公路建設之速度往往趕不上車輛的成長速度，而道路的興建或拓寬有時未必能改善交通的壅塞，帶來的可能是更多的車流量。也因此，從近年的重大計畫中(如前瞻軌道建設計畫、智慧運輸系統發展計畫)可見，在臺灣交通建設之發展重點已轉往軌道運輸系統以及智慧化運輸為主，致力提升公共運輸系統的效率與能量，並朝低碳城市為目標努力。

然而，部分地區仍有道路開發之壓力，未來可能有較大道路開發壓力之潛在區位可從其主要經費來源上檢視。道路建設上除由地方政府自行籌款興建外，另一主要資金來源為中央補助的生活圈計畫，其提供地方政府針對轄區內需求申請道路建設經費，從 2018 年核定之「生活圈道路交通系統建設計畫(公路系統)8 年(104~111)計畫(第二次修正)」計畫中可見，近年從該計畫中申請之改善里程前三名為嘉義、台南與苗栗。而另從交通部以及公路總局之重點政策計畫中，可推測目前其工程重點區位為蘇花、花蓮、南迴、淡水以及西濱道路。

三、台灣道路生態保育相關的法規政策

(一) 法規

1990 年代初期，兩部對公共工程產生重大影響的法案逐步通過與實施，

分別是 1989 年野生動物保育法的通過，使公共工程需要注重野生動物棲息地的保護；1994 年環境影響評估法與水土保持法通過，使公共工程需考量對水土資源的影響，同時在特定區域或規模以上的重大工程上必須通過環境影響評估才得以實施。上述法案之通過，代表我國道路工程將環境生態的影響列入必需考量的重要因素。

國內近期的交通建設主要為既有道路的拓寬、改善，進行環境影響評估的新建道路案件數量少。拓寬、改善工程則主要依道路單位內部以景觀設計規劃為主的規範執行，在道路的潛在生態影響評估及減輕策略上缺少強制性的法令限制。

(二) 上位政策

2002 年國內通過《環境基本法》，要求建立永續發展指標，並由行政院應設置國家永續發展委員會，負責國家永續發展相關業務之決策。2016 年，行政院國家永續發展委員會發布了「永續發展政策綱領」。更新生物多樣性面向的目標與策略，其中 2 個項目與道路的生態衝擊與減輕相關，高速公路管理單位率先依永續發展目標推動相關評估及管理計畫：

- 調查評定陸域、濕地與海洋受人為因素影響之劣化環境，並發展各類生態系之合理復育方法，進行復育。
- 依據生物多樣性現況及監測變化趨勢，釐清生物多樣性面臨之威脅，即時研擬因應政策，並具體實行。

四、高強度道路及附屬結構的生態影響

綜覽道路生態學所揭道路建設對生態系所帶來的影響，包括造成棲地損失、地景破碎化、生物移動受阻與路殺事件的發生、道路周圍植被受外來種侵入、化學性汙染、水文與微氣候的改變等等。由於這些效應往往牽涉不同生態環境、道路特性與物種，國內的道路議題以路殺受到較多關注，然而整體的影響需從系統性或個案評估的累積逐步了解。

台灣是多山的島嶼，開闢道路及對淺山環境的管理政策造就在路道生態議題有自己特殊的背景脈絡，初步歸納為以下三項特性：

1. 山區坡度大，多災害，需投入更多硬體工程穩定道路結構，包括道路基礎、擋土牆等，環境地貌改變大，也造成野生動物移動的困難。過去道路開設多未考慮動物通行或路殺，也因為大多數路段的現況缺少腹地可供設置動物通道及導引圍籬，生態減輕措施執行受到很大限制。
2. 國內道路基礎建設完善，大多數為鋪面道路，排水設施、護欄等相關附屬工程多，經常使用高強度混凝土材質。排水溝、集水井的垂直表

面動物難以攀爬，容易受困甚至死亡，紐澤西護欄阻擋野生動物通過，滯留在路面提高路殺機會。

3. 道路往往伴隨溪流治理工程，對水域生態造成負面影響。道路多沿溪流開闢，政府投注大量經費進行溪流、溪岸穩定工程、溪流中的各式防砂壩、固床工造成溪流棲地劣化及魚蝦洄游或移動阻礙。道路跨越溪流的橋樑、涵管、箱涵結構也同樣造成河相及水域生態的危害。



圖 2.1-2 山區道路邊坡坡度大，多混凝土工程，如擋土牆、護欄、排水溝



圖 2.1-3 道路經常伴隨溪流工程、箱涵對溪流棲地及魚蝦移動造成負面影響

此外，在野生動物橫越道路時，有可能因為道路設計型式問題(如因護欄阻擋而使動物滯留道路上)、駕駛人行為問題(如車速過快或不加注意)、或是道路周邊地景與棲地特性(如彎道阻擋駕駛人視線使其不易發現穿越的動物、地勢上形成收斂口而將動物移動路徑集中至道路上)等因素，降低了野生動物成功穿越道路的機率(包含遭車輛撞擊而受傷死亡或因道路結構阻隔無法跨越)，或減少其靠近道路、穿越之意願，從而形成動物在移動上之阻隔。

實務上，已完工且營運多年的道路(如林道)，通常難以直接確認道路是否對動物造成切割或屏障影響，需要調查道路致死情形後了解動物通行需求，或從地景上檢視道路兩側棲地組成以研判是否需改善棲地間的連結。而實際進行改善時，需藉由現地調查和地景分析等工作，來釐清道路致死或棲地阻隔的主要位置、影響對象、影響程度，判斷可能原因和潛在影響因子，再根據所得資訊研擬對策。

第三章 計畫內容

3.1 計畫目標

基於對於台灣道路生態課題的深度了解，本計畫擬定工作目標有二：

- 邀請國際學者與資深工作者來臺參訪交流，針對北臺灣至少三處道路生態瓶頸點共商對策、規劃設計與後續監測維護建議
- 舉辦生態廊道推廣研訓工作坊，提供道路相關部門之決策者、國內外學者及工作者之共同研訓與經驗交流的場域，藉由國際經驗交流、政策比較、議題探討及現地訪視，促進生態廊道的推動與落實。

本計畫將透過前述兩項工作目標，進行國內生態廊道現況評估，並藉國際經驗交流，提供道路相關部門決策者相關借鏡，不僅為促進公私協力，提高公民參與意識，提倡環境友善與永續發展之理念，也透過推動跨域協力建置生態廊道，實踐國土生態綠網願景。

3.2 計畫執行方法

為了深度盤點臺灣山區道路系統的議題，提出生態廊道評估與推廣的策略，我們聯繫邀請在國際享譽盛名的 Anthony P.Clevenger 博士協同團隊成員 Gordon R. Keller 工程師及 Clara Grilo 博士來臺訪問。Clevenger 博士在加拿大阿爾伯特省的班夫國家公園(Banff National Park)的長期研究與豐碩成果，成為世界各國探討公路生態設計與通道成效監測的最佳典範與諮詢對象。近年，Clevenger 博士也多次受邀訪問拉丁美洲與亞洲國家，為政府單位及顧問公司舉辦道路生態訓練課程，憑藉豐富的理論與實務經驗，尤其擅長於引導公部門、研究團隊、專業工作者與公民代表之間的溝通協調與意見整合。

計畫將邀請國際專家走訪勘查所選定之道路規劃設計，並在為期兩天的研訓工作坊擔任主講者，以道路課題與改善對策為主要探討對象，與臺灣道路生態相關的學者、工作者及相關公部門代表聚焦討論，期能協助臺灣發展出系統性評估與規劃方法，逐步落實道路生態的理念。

本計畫執行方法如下：

一、議題分析、活動籌備與成果彙整

蒐集國內路殺相關資料紀錄、交通運輸設施周邊生態廊道設計優劣之案例，進行國外相關文獻的分析與探討，系統性地整理盤點結果，擬定合適此次國際交流及跨部討論之議題與預計參訪區域，進行相關活動之籌備。另外將彙整相關活動紀錄，將國內外學者的交流參訪及工作坊之經驗回饋以文字或影像上傳至對外分享雲端資料夾，並彙編成可供下載之計畫成果冊，供後續應用與參考。

二、國際交流-國內案例參訪探討

邀請來訪的國際專家學者於 8 月 8 日至 8 月 14 日期間參訪北部淺山地區等道路生態議題案例，與國內學者、NGO 團體及道路相關部門決策者就參訪現地進行意見交流，並針對至少三處道路生態瓶頸點提出策略評估，作為未來國內生態廊道規畫及改善發展之借鏡。

三、生態廊道推廣研訓工作坊

於 8 月 12 日、13 日期間與關注石虎保育之民間團體合作，於路殺熱點—苗栗地區—舉辦生態廊道推廣研訓工作坊，針對臺灣現況與國際案例進行相互比較分析，蒐集經驗回饋。本次工作坊培力對象初步設定為：農委會林務局、特有生物研究中心、水土保持局；交通部高速公路局、公路總局；地方政府水利局等相關公務體系人員，以及各社區組織、非營利團體、教育機構及關心道路路殺議題之公民等。會中除由國內外學者進行經驗交流與分享以外，也將帶領與會者進行道路瓶頸點的資訊建置、策略研訂、設計規劃及效益評估等。

3.3 國外專家背景介紹

一、Anthony P. Clevenger, Ph.D.

Clevenger 博士的學經歷為西班牙萊昂大學(Universidad de León)動物學博士。現任蒙大拿州立大學西部運輸研究中心資深科學家。

他長期致力於發展道路系統衍生的地景保育及野生動物影響的科學性評估與解決方案，20 年的研究經歷在國際學術期刊發表超過 70 篇論文，並且是道路生態學：科學與解決方案(Road Ecology: Science and Solutions (Island Press, 2003))、安全通行：高速公路、野生動物與棲地連結性(Safe Passages: Highways, Wildlife and Habitat Connectivity (Island Press, 2010))等道路生態學代表性書籍的共同作者。

Clevenger 博士擁有豐富的學術及實務經驗，曾在加拿大、美國、中美洲及歐洲的多項道路生態規劃、評估計畫中擔任計畫主持人，擔任美國國家科學委員會高速公路的自然群聚與生態系衝擊小組的成員。另外，Clevenger 博士的另一項重心是發展道路生態學的教學與溝通工作，Clevenger 博士的團隊長期為交通專業者及生態學家提供背景訓練及引導跨領域對話，指引道路生態問題的問題診斷及改善規劃與執行。

二、Gordon R. Keller, PE, GE

Keller 工程師的學經歷為加州大學柏克萊大地工程碩士，美國國家森林局大地工程師、計畫經理退休，現為美國加州合格執業土木工程技師、大地工程技師。

他的專長為道路工程、邊坡工程、沖蝕控制、集水區復育。在美國及中北美洲、亞洲曾參與多項訓練課程及工程計畫。近期工作的重心在推廣大地工程、低流量道路工程技術的訓練，著作有：低流量山區道路指引(LVR Hill Road Engineering Guide)、氣候相關的基礎建設弱點分析及調適(Climature Related Infrastructure Vulnerability Assessment and Adaptation)。

三、Clara Grilo, Ph.D.

Grilo 博士的學經歷為葡萄牙里斯本大學保育生物學博士，捷克運輸研究中心資深研究員，現任葡萄牙哺乳類紅皮書執行協調員。

她的研究領域為大尺度到地區性的生態學或保育生物科學，近期的研究工作則關注道路生態學，在各項期刊論文、研討會、工作坊發表超過 30 篇文獻，也是道路生態學手冊(Handbook of Road Ecology)的共同編輯。Grilo 博士在道路生態的研究主題廣泛，包括：道路對鳥類、哺乳類豐度、個體空間行為模式、族群遺傳結構的效應，路殺死亡及族群續存的風險，減輕道路生態衝擊措施的成效評估。

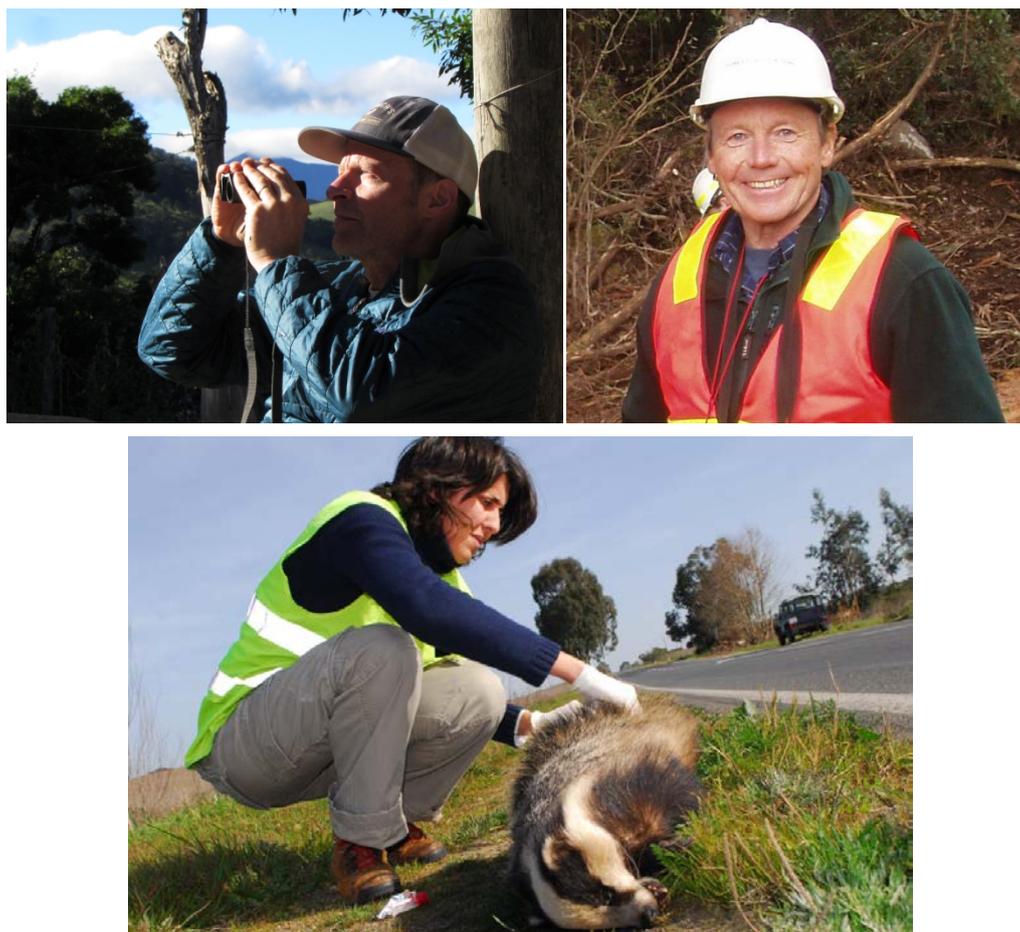


圖 3.3-1 Anthony P. Clevenger(左上)、Gordon R. Keller(右上)、Clara Grilo(下)

第四章 計畫執行情形與成果

4.1 國內路殺議題分析

一、國內路殺相關紀錄

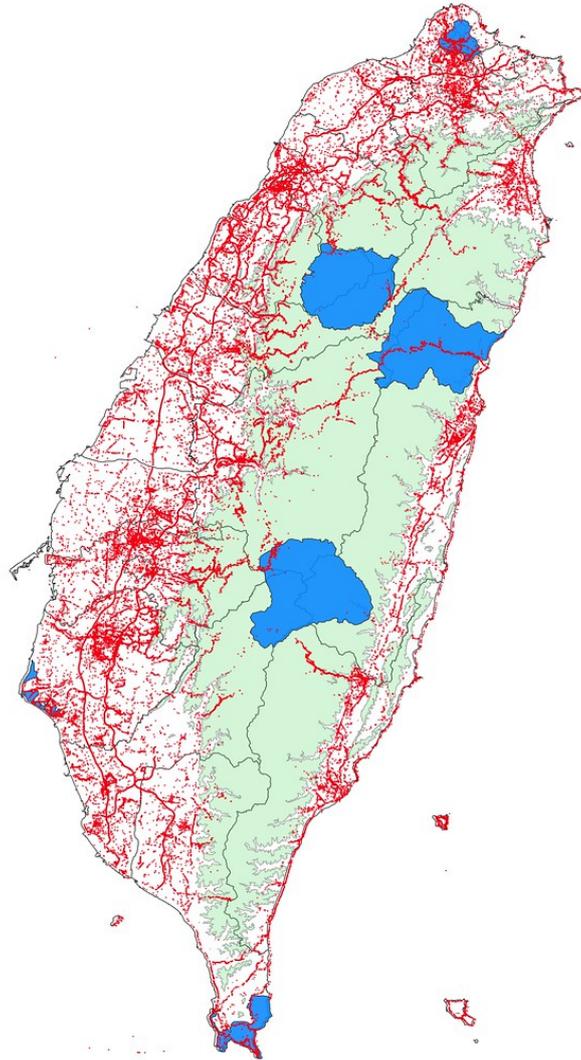
國內對於路殺議題的關注可追溯至 1990 年代，陽明山國家公園最早針對園區內野生動物路殺開始進行整體調查，並指出數個路殺熱點路段設置動物通道嘗試減輕及改善。接續陽明山國家公園的先驅性工作，高速公路局及林務局陸續開啟高速公路及林道的路殺調查與改善工作。特有生物研究保中心在 2011 年成立「路殺社」，結合網路社群及公民科學帶動路殺課題的調查，並將路殺課題紀錄及資料累積的範圍推展到全台。此外，地方政府近年也部分路殺調查評估工作，如：苗栗縣針對石虎路殺議題、金門地區水獺路殺課題。在這樣的發展歷程，道路管理研究單位、研究人員或在地生態社群也逐步釐清某些野生動物類群因生活史特性，在特定區位及時間有著很高的路殺風險，如陸蟹、梭德氏赤蛙等繁殖遷移物種，進一步促成長期路殺監測與改善工作的協調，以及路殺改善或動物通道試驗。以下針對台灣路殺調查研究過程中重要案例簡要介紹說明。

(一)陽明山國家公園路殺議題

陽明山國公園鄰近台北市都會區，路網密度高且車流量大，野生動物路殺數量多。國家公園管理處在 1995-2006 年間在 14 個路段進行監測，共紀錄 13,000 筆以上的路殺(黃光瀛, 2001)。該研究即依據其結果進一步擴大調查與探討道路致死熱點，並提出後續建議。研究發現陽明山國家公園範圍中，以青蛙、蜥蜴與蛇類等兩爬動物受道路致死影響較為嚴重，可能原因包含(a)動物須穿越道路至對面棲地環境，或是(b)柏油路面在白天較能吸收並保留陽光的輻射熱，常較兩側地面溫暖，而爬行類動物傾向停留在柏油路面上以調節體溫以至於發生車禍。研究並建議以隔離網、擋板、既有涵洞或新增動物通道等措施，配合相關研究計畫進行道路致死情形的改善與成效評估。

(二)路殺社：路殺的公民科學

路殺社(全名：台灣野生動物路死觀察網)是特有生物研究保育中心在臉書平台上成立的社團，其主要宗旨是希望推廣全民關心環境議題並加入科學研究行列，從減緩路殺實際參與環境學習與保育。路殺社提供簡易界面、流程的手機 APP 與資料庫平台，參與人數及路殺紀錄快速累積，至 2011-2019 年已有 4,880 位資料貢獻者，累計 583 種，107,000 筆路殺紀錄，提出路殺數量、稀有性、或活動習性易發生大量路殺的焦點物種，其中兩棲、爬行動物種類多，且路殺紀錄數量高，清單中也列入奧氏後相手蟹，在墾丁海岸地區有嚴重路殺威脅。

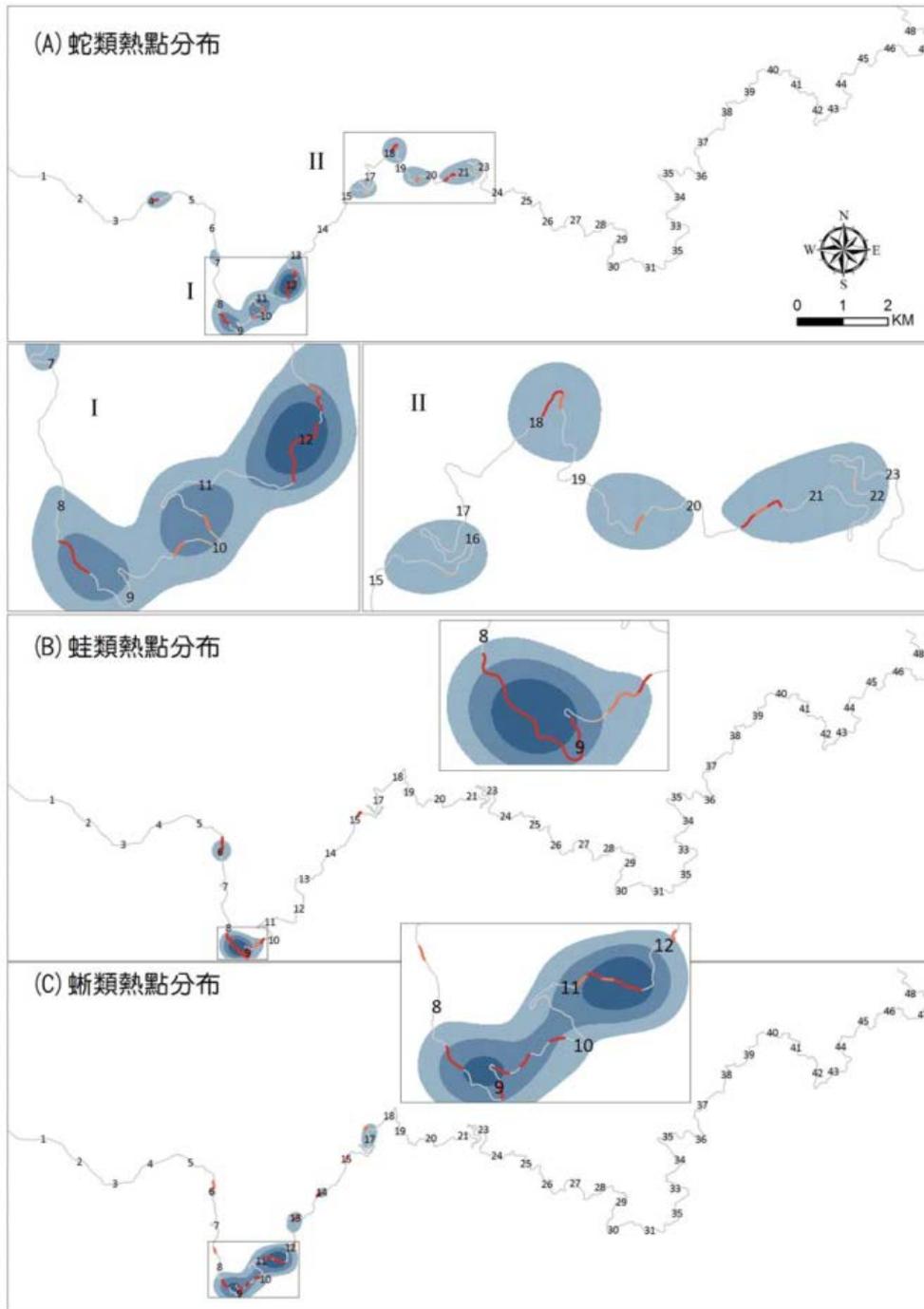


資料來源：林德恩

圖 4.1-2 路殺社發布台灣百大路殺熱點

(三)林道路殺調查：山區道路路殺課題

2013 年林務局針對全台 82 條林道進行路殺敏感程度評估，並參考道路管制情形、林道通行狀況、既有景點設施等因子，挑選已知有道路致死課題的桶后林道、大雪山林道、宜專一線與翠峰林道等 4 條林道進行 1 年期的調查，調查共記錄了 2519 筆的哺乳類、兩棲類、鳥類與爬行類道路致死紀錄，以兩棲類(1825 筆)與爬行類(590 筆)佔較多數，而保育類物種則記錄到 18 種 81 隻，以蛇類為主(11 種 54 隻)。道路致死最為顯著的類群以溪流蛙類(梭德氏赤蛙)最高，在時間與空間分布上均有顯著高峰，地點主要位於桶后林道與大雪山林道(林務局，2014)。



資料來源：林務局，2014。國有林班地區野生動物道路致死調查及改善對策探討。

圖 4.1-3 大雪山林道蛙類與蛇類路殺熱點

(四)高速公路路殺調查

交通部高速公路局(2011)以永續國道目標委託辦理研究計畫，計畫內容包含探討道路永續發展與環境生態之問題與對策；蒐集、追蹤過去環境影響評估提出之調查及建議，並予以改善；執行調查及監測作業，建置沿線生態資料庫，評定國道沿線生態敏感度等各項工作。其中重要工作項目之一即為道路致死調查機制，由國道路容清潔人員協助進行道路致死調查。98年4月

至 99 年 9 月間高速公路各工務段清潔人員進行了約 17 個月的紀錄，回傳豐富的道路致死調查結果。這項計畫的道路致死調查主要是由清潔人員進行，因此調查紀錄大多以概略性的物種為主，較難判斷至詳細物種；然因許多工務段清潔人員除了協助進行動物遺體調查之外，亦會對較為大型或不易辨認之動物遺體以數位相機進行記錄以提供後續辨識之用。藉由工務段照片的提供能更精確掌握動物道路致死情形，尤以對敏感物種道路致死掌握更為關鍵。

(五)關注物種議題

1. 陸蟹繁殖釋幼遷移的路殺議題

最早開始關心陸蟹繁殖釋幼遷移受到道路切割及路殺威脅影響的是墾丁國家公園的研究(許海龍等，2004)，毛足圓盤蟹抱卵雌蟹在高濕度的氣候條件下，會於日落後的 1 小時至 1 小時 30 分內大量穿越臺 26 線屏鵝公路至海邊釋放卵塊，因此會發生大量的道路致死情形。建議利用隧道形式的結構物原理，建置毛足圓盤蟹生態通道。

特有生物研究保育中心研究人員林德恩與義守大學教授趙仁芳等人曾於 94 年至 95 年間，針對綠島環島道路上遭車輛輾壓的動物種類與數量進行調查，分析環島公路上道路致死效應影響的物種類群、空間分布模式、發生高峰季節與時段，共記錄到 3572 筆道路致死動物(林德恩等，2007)。而 95 年臺東縣政府亦綠島蟹類試驗性生態廊道可行性評估、規劃與建置工作，評估蟹類遭輾斃的危險路段 4 處，發現全島有 13 處排水設施蟹類經常性利用通過，可作為生態廊道。95 年規劃於燈塔道路設置前驅性設施「試驗性蟹類生態廊道」並進行相關成效監測作業(臺東縣政府，2007)。

除了綠島、墾丁之外，台中至高雄沿海也有陸蟹路殺課題，如高美溼地、援中港溼地，陸蟹前往海邊釋幼過程中，防汛道路車流加上堤防阻隔陸蟹移動，在高峰期往往造成大量路殺。東海大學、路殺社、台灣溼地保護聯盟、台江國家公園等單位辦理陸蟹調查與護蟹活動。

2. 溪流繁殖蛙類路殺議題

台灣山區常見的梭德氏赤蛙及褐樹蛙是典型的溪流繁殖蛙類，他們平時棲息於森林底層，到了繁殖季會集體前往溪流求偶及產卵，蝌蚪變成小青蛙後要再回到森林長大，重複同樣的生命歷程。往來森林及溪流的途中如果碰上馬路就可能有很多青蛙在馬路上犧牲。這種情況各地山區道路都可能發生，在三峽、烏來、大雪山都有發現，新竹橫山鄉的大山背也有大量梭德氏赤蛙繁殖季路殺，近年由新竹荒野每年發起護蛙。2016 年 11 月時，青蛙調查志工在往三峽滿月圓森林遊樂區的道路(北 114、115 縣

道)上發現大量的梭德氏赤蛙被車輛壓輾死亡，開始進行調查紀錄，發起護蛙行動，幫青蛙過馬路。

(六)小結：不同區位及物種的路殺議題

道路開發造成生物棲地的切割，在破碎化的地景野生動物仍有覓食、擴散、遷移等習性及需求，這樣的移動行為受到路網的限制及危害，當生物試圖穿越道路，便可能遭車輛撞擊死亡。

國內的道路生態議題以路殺受到最多關注，在山區森林或鑲嵌部分農墾地的環境，是已知兩棲爬行動物及哺乳類路殺紀錄集中的區位。兩棲爬行動物的路殺主要發生在溫暖的低海拔淺山丘陵區域，其中不乏保育類或紅皮書物種。褐樹蛙、梭德氏赤蛙是典型的溪流繁殖蛙類，每年繁殖季往來森林與溪流環境，在新北烏來、三峽、新竹橫山、台中大雪山等地有大量路殺的紀錄，對於族群的衝擊有待了解。I 級保育類物種石虎主要分佈在新竹-南投中西部淺山區，這個區域淺山環境道路密度特別高，除使石虎棲地被切割得更零碎外，石虎路殺紀錄正逐年增加，使瀕危物種的族群存續更加困難。

在海岸區，西南沿海的海岸林及河口是台灣主要的陸蟹分佈區，其母蟹於繁殖期時，須通過道路、海堤降海釋幼，但過程中易遭路殺。

表 4.1-1 路殺敏感區位

	區位	物種	季節
山區	全台淺山丘陵	兩棲爬行動物	夏秋季夜間為主
		哺乳類	全年
海岸	集中在台中至恆春半島	西南沿海、恆春半島陸蟹	黃昏~清晨 /6~10月

二、國內動物通道設計案例

(一)陽明山國家公園野生動物生態廊道系統

陽明山國家公園面積約 11,450 公頃，若以臺北盆地之地景尺度檢視，其所保留之大片綠地與森林，為臺北都會區周邊野生動物與自然生態環境的重要庇護場所，不乏各種珍稀保育類動物紀錄。然而區內各種總長在 200 公里以上之道路，則對園區內野生動物造成相當程度的影響，其中最顯而易見的即為道路致死效應。而陽明山國家公園從民國 84 年至民國 95 年間累積進行 11 年的長期監測，定期撿拾公路上道路致死動物遺體，並記錄其好發區域、遺體種類、數量、頻率、季節變化與路旁人工構造物等，平均每年記錄到的動物道路致死在千隻以上。根據調查紀錄，陽明山國家公園管理處在 101 甲縣道及臺 2 甲陽金公路之熱點，設置動物通道(包含涵洞、誘導網與喇叭狀

入口、雨水導引)與警告標示,並架設自動攝影與錄影設備監測動物使用情形。在架設完畢後之民國 93 年至 95 年 8 月底間,共記錄到 15 種以上之動物利用涵洞系統,包含有保育類白鼻心,其他如鼬獾、赤腹松鼠、刺鼠、臭青公、紅斑蛇等動物,而廊道設置地點之道路致死率亦明顯降低(黃光瀛, 2006)。

2017 年陽管處再啟動幾處熱路段的路殺調查及 5 座動物通道使用狀況監測,路殺仍以兩棲爬行動物多,利用動物通道的物種以鼬獾、刺鼠為主,保育類動物有白鼻心、麝香貓、穿山甲、黑眉錦蛇、眼鏡蛇、兩傘節等(陳怡惠, 2017)。

(二)國道動物通道建置

由高速公路局所辦理之營運階段國道永續發展環境復育改善研究計畫,在其執行期間,即根據道路致死調查結果,設定白鼻心等中型哺乳動物為復育目標,從森林地景敏感程度、道路致死密度、國道既有結構設施調查、破碎化分析等因子綜合評選最優先改善路段和既有結構,於 99 年完成嘉義民雄 1 處既有管涵的改善工作,利用導引隔離網、涵洞入口斜坡等設施的設置,提供白鼻心等目標物種安全穿越國道的生態廊道。經 1 年的紅外線自動相機監看以及道路致死長期調查資料的分析比較,結果證實此生態廊道有效的降低該路段的中型哺乳動物道路致死密度。



資料來源：交通部臺灣區國道高速公路局，2011。營運階段國道永續發展環境復育改善研究計畫

圖 4.1-4 高速公路局動物通道設置與監測

(三)綠島蟹類廊道

民國 97 年臺東縣政府辦理「綠島蟹類廊道建置與監測計畫」，進行綠島全島既有排水設施及生態廊道改善生物使用情形調查監測，從 21 處待改善排水設施中評選出最優先進行改善排水設施 1 處和次優先 2 處，針對最優先的公館排水進行生態廊道的研究設計和建置工程，利用管涵、矩形溝加格柵蓋、導引路緣石組成可供蟹類穿越道路的生態廊道，並設置解說牌。除了新設置的廊道外，針對燈塔道路的試驗性蟹類生態廊道亦進行改善工程。改善工程完工後，該計畫亦擬定生態廊道效益評估方法，並辦理教育訓練由在地居民和保育團體志工進行監測工作的操作，監測結果顯示原道路致死熱點在生態廊道設置後已經明顯獲得改善，後續即擬定綠島生態廊道監測標準作業模式和綠島全島生態廊道規劃設計準則。計畫結束後相關單位並未持續推動其他路段的改善工作，已改善路段因未進行監測和維管，2 年後部分通道即遭風砂掩埋堵塞，導引路緣石也因堆砂或植物覆蓋而失去功能。

(四)中型哺乳類動物通道

中型哺乳類路殺數量雖遠少於兩棲爬行動物，但這個類群包括石虎、穿山甲、白鼻心、食蟹獾、麝香貓等多種保育類動物，是路殺課題關注的動物類群。前述陽明山國家公園設置的國內第一個路面下動物通道案例即是成功提供白鼻心等中型哺乳類使用，高速公路局在國道路殺減輕及兩側棲地連結所規劃的穿越式或跨越式動物通道有效降低多種中型哺乳動物的路殺。

人禾環境倫理基金會在北海岸長期觀察發現台 2 線濱海的 100-110K 多次有中型哺乳類路殺，經過與公路總局溝通，也邀請國外專家現勘並提出建議改善既有路面下排水箱涵配合導引圍籬作為動物通道。紅外線自動相機監測顯示白鼻心、食蟹獾、麝香貓、鼬獾等物種均會利用動物通道，路殺情形也獲得改善。

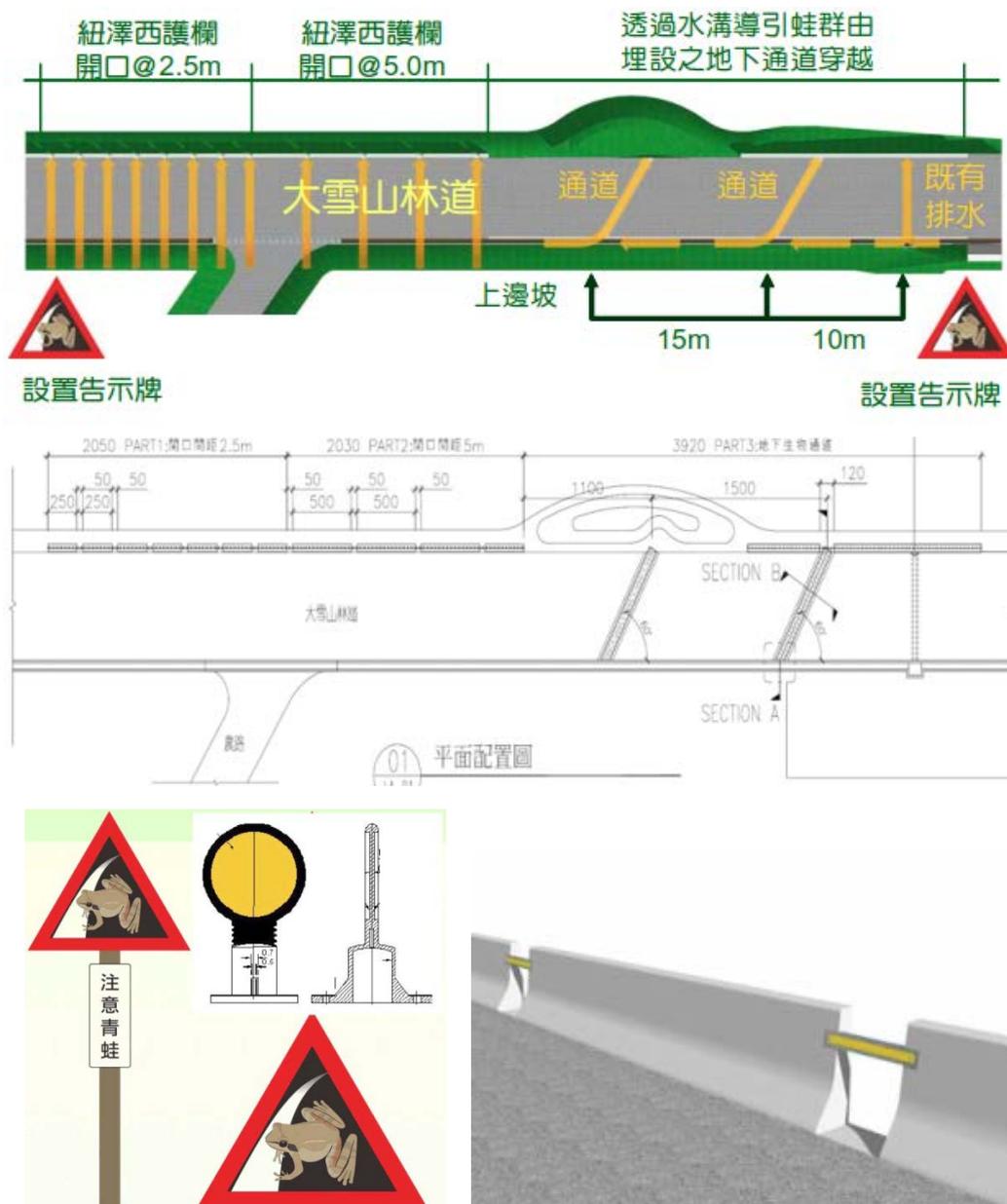
近年瀕臨絕種的保育類動物石虎特別受到關注，苗栗、南投多次發生的路殺事件被視為石虎族群生存的威脅之一。公路總局 2017 年起與特有生物研究保育中心、中興大學合作推動中部地區友善道路改善計畫，進行道路周邊食肉目動物生態研究與路殺改善成效監測、智慧道路(路殺預警系統研發建置，改善台 3 線苗栗卓蘭路段既有箱涵也成功記錄到石虎通過利用。苗栗縣是石虎路殺紀錄最多的縣市，苗栗縣政府 2019 年完成「苗栗縣大尺度之路殺風險評估」指出熱點區包括：省道台 3、台 3 甲、台 13、台 61、縣道 140、縣道 128、苗 29、苗 52 等多個路段，其中苗 29 線已在 2K 處石虎路殺位置設置動物通道，其他位置仍在評估規劃中。

(五)蛙類動物通道案例

林務局在 2014 年針對大雪山林道的梭德氏赤蛙路殺熱點進行評估研究，

完成 1 座示範性穿越式動物通道及告示牌(林務局，2014)，但後續並未進行監測和維管工作，無法得知動物通道的路殺改善成效，導引圍籬因道路工程破壞而失去功能。

新竹縣橫山鄉大山背地區秋季大量梭德氏赤蛙路殺的狀況，荒野保護協會從 2009 年開始發起「幫青蛙過馬路」的護蛙活動，招募志工在入夜後青蛙出現的高峰期護送青蛙穿越道路到溪邊。2015 年亦嘗試利用既有排水涵管配合圍籬作為動物通道供蛙類穿越並進行自動監測，但受限於既有涵管位置不是青蛙出現熱點，入口處坡度大不易設置坡道，經過一季的監測並沒有梭德氏赤蛙利用，荒野保護協會持續進行護蛙並累積紀錄，如有合適條件再評估設置動物通道的適宜性。



資料來源：林務局，2014。國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討

圖 4.1-5 大雪山林道 8.5K-8.6K 路殺改善措施整體配置



圖 4.1-6 新竹縣大山背既有排水涵管動物通道測試

三、國外文獻經驗探討

路殺是道路對於野生動物生態影響最直接顯著的表徵，然而也受到多項物理環境或生物因子的複雜交互作用，實際設置道路致死改善措施前，能充分掌握資訊並有適切的評估流程，是改善措施效益能否發揮的關鍵。此外，道路致死改善措施建置前的評估作業中，也是整合生態及工程領域思維與及執行考量的重要平台。爰此，本計畫即蒐集包含國外交通部門與生態領域共同合作提出的道路致死改善評估與操作案例。其次針對不同動物類群、不同道路形式或棲地環境、不同道路致死發生影響因子的課題，較為適合的課題改善對策或動物通道設計也需要因地制宜的型式。最後，前述二者為計畫尺度的路段改善工作，聚焦於動物通道位置及型式評估及選用，區域性或全國性的路殺議題則需要以地景尺度考慮，並整全政策執行層面，這部分以荷蘭著名的國家型道路切割效應改善計畫進行說明。

(一)路殺改善措施評估規劃

1. 沖繩的小動物保護對策指南

沖繩北部國道位於被稱為「山原」的地區，森林繁密而自然資源豐富。沖繩綜合事務局北部國道事務所希望能將生態構想融入道路工程階段考量，以取得公共工程與生態保育的平衡點，及依據沖繩地區生態環境特性，針對陸域小型動物的道路致死課題，彙整相關資訊並依據工程各階段特性提出(a)應注意項目、(b)應執行之生態作業、(c)建議執行改善對策、(d)既有設計案例等，供相關單位進行參考(北部國道事務所 2008)。相較於美洲研究案例中主要道路致死課題探討對象常為大型哺乳動物，沖繩保護

指南以地面活動與小型動物為主，與台灣路殺議題較為相似；且在工程設計階段、道路類型上，沖繩地區道路建設規模亦與台灣山區道路較為接近，因此具相當的參考價值。

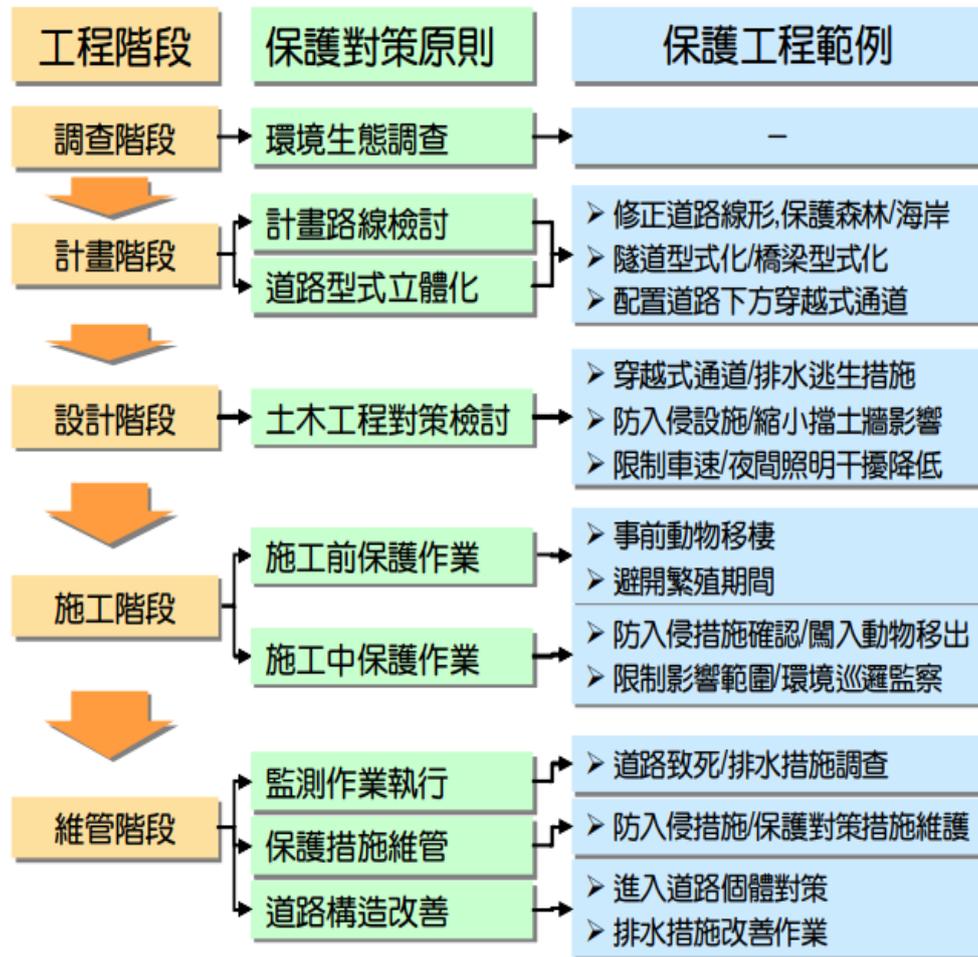


圖 4.1-7 道路工程各階段應注意之生態課題與建議對策

2. 北美野生動物通道設計與評估手冊

該手冊內容包含設置野生動物通道時，在計畫階段、設計階段與成效評估等階段，野生動物通道與相關附屬設施(如圍籬、閘門)的工程技術指南，以提供野生動物穿越道路時的安全移動路徑，並提升民眾行車安全。而動物通道設置的各階段應執行作業包含田野資料的取得與蒐集、建置道路致死點位空間分布模式以協助建立動物通道選址的操作原則、動物通道設計應注意事項、監測計畫擬定方式、各動物類群可參考的合適道路致死改善措施類型，以及總操作流程決策方式等。該手冊亦逐步說明如何根據目標物種特性考量，將相關資訊運用於野生動物通道的設計選擇中(提供 11 種不同類型的參考通道型式，包含範圍由地景尺度的橋梁配置到兩棲類通道)，並納入棲地品質與地形考量(Clevenger & Huijser 2009)。

目標 促進棲地與動物族群連接		目標 增進行車安全與減少車輛撞擊動物		
跨越式通道	穿越式通道	特殊措施	棲地調整	既有結構改善
<ul style="list-style-type: none"> ➢ 景觀橋 ➢ 跨越式通道 ➢ 多用途跨越通道 ➢ 樹冠通道 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 高架橋或跨越橋 ➢ 大型哺乳類穿越通道 ➢ 穿越通道結合排水設施 ➢ 中小型哺乳類穿越通道 ➢ 改良式排水通道 ➢ 兩爬通道 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 大型動物圍籬 ➢ 中小型脊椎動物圍籬 ➢ 圍籬出口與脫逃設施 ➢ 告示 ➢ 動物-載具偵測系統 ➢ 降低車速 ➢ 照明 ➢ 反光標式 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 棲地與通行權管理 ➢ 中止餵食 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 改善道路結構設施(圍籬、截流溝、護欄)提供動物移動 ➢ 增加中央安全島寬度

圖 4.1-8 不同道路致死改善目標與可參考之改善措施類型

(二)路殺改善設計案例

1. 動物利用動物通道穿越道路的案例

目前已有眾多研究指出動物利用特別為動物設計的通道或是道路既有的附屬設施(如排水涵洞、橋梁下方)，來往道路兩側棲地的案例，如美國科羅拉多州富朗區域(Front Range)的道路涵洞，已證實有小型哺乳類利用(Meaney et al. 2007)。在佛羅里達州阿拉楚阿郡 Paynes Prairie 州立保留區所設立的導引設施與涵洞系統，也有各類小型動物利用的紀錄(Dodd et al. 2004)。在西班牙北部加里西亞(Rías Baixas)高速公路上，其並非專為動物設計的穿越道和地下道，也各動物類群利用的紀錄(包含野兔、兩棲類、蛇類、蜥蜴、小型哺乳類、刺蝟、獾、小貂、狐狸與紅鹿等中型哺乳類)，且不同動物類群偏好使用的設施型式具有相當差異(Mata et al. 2003)。在荷蘭，以獾與兩棲類為目標物種所設置的動物通道(Bekker & Dekker 2009; Frantz 2009)、加拿大艾大略省為改善保留區內爬行類道路致死情形的動物通道(Gartshore et al. 2009)，均確實記錄到目標物種利用其穿越道路。

2. 加拿大班夫國家公園哺乳類利用動物通道使用情形探討

該研究分析了小型與中型哺乳類利用道路兩旁的改善後涵洞穿越道路的情形，其結果顯示交通流量、噪音等級及道路寬度等因子，皆對動物利用排水設施穿越道路的程度有顯著影響。除此之外，排水設施本身的結構如高度、出入口開放程度、溝渠能見度、出入口周圍植被覆蓋度等因子，對不同物種類群的影響亦有差異。該研究建議，在盡可能將涵洞提供哺乳動物穿越道路的效益最佳化前提下，未來道路設計時，應考量經常疏通涵洞，並提高涵洞入口處的周圍環境植被覆蓋度(Clevenger et al. 2001)。

3. 加拿大瓦特頓湖(Waterton Lake)國家公園兩棲類專用動物通道

在加拿大瓦特頓湖(Waterton Lake)國家公園中，因高速公路切割穿越兩棲類非繁殖期陸域棲地與繁殖期湖邊產卵地點的之中，因此具有嚴重的兩棲類道路致死課題。在 2008 年，相關人員即建造移動式圍籬，沿道路平行方向布設約 500 公尺，並於圍籬兩端設置陷阱，讓監測人員可將捕獲的兩棲類進行標記，偵測其移動模式。此外，在圍籬底段也設置穿越道路下方的動物通道，於通道內設置攝影器材以記錄動物利用通道的情形。目前監測結果發現包含長趾蝶螈(long-toed salamander)、虎螈(tiger salamanders)、西方蟾蜍(Western Toad)在內的兩棲類，均有利用沿著圍籬行動並利用通道的情形(Smith 2009)。

(三)全國性路殺改善與棲地連結：以荷蘭的路網修復計畫(MJPO)為例

荷蘭因為地緣與環境條件，水陸域交通運輸廊道發展極為成熟，交通廊道的土地使用相對佔比多數歐洲國家為高，而各種路廊對環境造成的棲地破碎化與野生動物路殺議題，很早就受到政府與學者廣泛的關注與研究。早在 1974 年就建置全國第一條野生動物通道，之後陸續修建各種動物通道，有針對兩棲類、水生物，以及包含蟾蜍、刺蝟與獾為各類物種建置的小型與大型的穿越式通道(underpass)、運河系統的逃生通道等，並將既存的跨橋改良成兼容動物穿越需求的設計。1988 年一條新建高速公路同步規劃建置了兩座大型跨越式動物通道(overpass)，設計考量多物種的穿越需求，成為荷蘭推動道路生態的重要里程碑。到了 2005 年，僅在中央級道路已設置超過八百座大小動物通道，其他在鐵路、省級道路與地方道路也有類似規模的努力，而動物通道的考量也已納入荷蘭高速公路與鐵路建設的基本流程。

荷蘭是歐洲第一個嘗試以系統性手段減輕道路切割、修復棲地連結的國家，也戮力參與提倡歐陸棲地保育的政策發展與技術交流，因此累積許多寶貴的經驗。以下將整理探討荷蘭如何針對交通路廊棲地破碎化議題整體盤點、如何規劃採用減輕對策、如何參採國家綠網成果、如何指認及決定優先處理區位，以及如何有效執行並追蹤減輕對策的成效。荷蘭將國家綠網成果運用在道路生態的發展經驗，可以回饋應用在我國在國土綠網保育新框架下，提出目標導向、分期推進的路廊改善長程方略。

1. 以國家綠網進行系統性的盤點

1970 到 1980 年代在減輕路殺與棲地破碎化改善的各種努力，屬於急就章式的手段，缺乏系統性的盤點與整體規劃，也欠缺維護管理，難以評估改善與棲地修復的實效，直到 1990 年啟動國家綠網建置計畫(NEN)，才終於有了全國性的棲地破碎化改善與修復的整體規劃。NEN 是由荷蘭農業部(Dutch Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries)提出的國家自然政策方針，主要構想是彙集既有自然保育區、

盤點復育潛力區，透過建構生態廊道連結棲地，目標是營造一個整全的自然網絡(creating a coherent network of natural areas)，荷蘭政府視之為保全動植物生物多樣性的關鍵計畫。

1999 年，綠網計畫推動將屆十年，中央政府進行成效總檢討，運用模式推估估算長期趨勢，發現多數的自然保育區仍然太小、預定的生態廊道的空間連結功能有限，不足以提供大多數目標物種族群所需的棲地。檢討修正後的 NEN 引入「穩建連結(robust connections)」這個概念，大幅擴增原有的廊道連結區位，目標物種除了移動範圍大的物種，也考量低移動力物種在不同生命週期的棲地需求，2000 年新版的國家自然政策方針，便根據重新檢討的結果，概略描繪出 9 處穩建連結區位，並提出「人為自然、自然為人」的願景。

2. 政府部門整合推動的長程計畫

在 NEN 提出後，許多研究紛紛嘗試指認交通廊道瓶頸點，根據 NEN 目標判斷優先待改善的區位。然而，各項計畫的策略與範疇各不相同、論述缺乏類比依據，無法判定優先改善區位，個案改善的生態效益也往往難以客觀評估，而城鄉各項建設發展仍持續形成新的棲地切割與連結障礙。有鑑於此，中央政府的水路運輸部、經濟部、農業部與鐵路部門在 2001 年共同啟動一項「長程棲地破碎化改善計畫(Long-term Program on Defragmentation, MJPO)」，整合協調中央與地方部會，以系統性方法進行區位盤點，研擬處理方案並決定優先行動。此項計畫在 2005 年通過國會，目標是在 2018 年前逐步改善 NEN 指認的瓶頸點，確保野生動物可以自由穿越道路系統等公共建設。MJPO 被視為推動實現荷蘭綠網的關鍵計畫，策略上採用地區導向的規劃手段，提高潛在方案與既有公共建設的彈性協調空間，此項強調地方自主的策略極為成功。操作方法簡述如下：

(1) 方法：族群存續分析

MJPO 的首要任務是重新檢討交通廊道上所有影響野生動物族群存續的問題點位。過往大多數研究僅指認路廊與生態網絡的交會點，無法評估在不同區位實際進行減輕改善方案，在生態累加效益的差異為何。因此，新計畫採用一套整合性的評估手段，進行族群存續分析。首先選定 10 種焦點物種進行族群存續分析，每一個焦點物種分別代表具有相近棲地需求與擴散能力的物種類群。空間模式評估工具採用專家導向的 LARCH(ArcGIS 外掛分析軟體)，分別模擬現況(有既存障礙)與理想情境(建置動物通道有效移除障礙)，比對不同情境的族群分佈變化，據以指認出最能有效提升族群存續空間的重點區位。

針對國道、省道、鐵道與運河系統等全國主要交通廊道，MJPO 共

指認出 1126 個潛力點，其中約 75% 為模式預測改善後將大幅提升族群存續的關鍵區位，約 23% 可以對一種以上的焦點物種的存續有所助益。若上述所有指認的潛力點都能成功修復棲地連結，模式預測有超過六成 NEN 棲地上的焦點物種族群存續力會顯著提升。

(2) 決策：指認優先行動點

依據以下三項評估原則，決定應優先執行的行動方案：

- 根據模式評估結果，優先選擇可大幅提高族群存續的區位
- 邀請地方機關與自然保育組織參與工作坊，根據在地知識指認潛力區位
- 位於永續區域發展已指認的優先區域內 (priority areas for sustainable regional development)

模式預測從 1126 個潛力點中指認出 74 個高度優先區，專家工作坊則指認出 87 個優先區，其中 34 個點同時為模式預測的高度優先區，其中又有 14 個位於永續區域發展的先行區，因此列入短期(2010 年前)落實改善的優先行動點，所有其他的潛力點則在 2018 年前完成改善。

除了這 1126 個 NEN 指認待改善的瓶頸點，經檢討新納入 NEN 的穩健連結策略也指認 1482 個待改善的潛力點，其中 43 區被 MJPO 指定為 2006 年起的優先處理區。

(3) 成效：追蹤與維護管理

動物通道要發揮預設功能，必須要定期追蹤與管理，建議交通部門將動物通道的建置、成效追蹤與維護管理納入操作流程。一項針對以獾為目標物種的穿越式通道成效調查發現，近半數的通道有錯誤設計或不當管理問題，包括圍欄破損、通道阻塞、通道溢淹等情況，無法有效發揮功能。族群模式推估顯示，若半數動物通道無法發揮功能，獾的族群將在荷蘭境內部份區域滅絕。因此，除了正確的區位選擇，動物通道的設計與維護管理也至關重要，應盡可能設計耐用的動物通道。例如，大型的穿越或跨越式通道較不會發生堵塞或溢淹，造價雖高於小型的涵管通道，但是後續維護管理壓力較低，也較不會發生通道失效的風險。

MJPO 自 2005 年啟動，致力於逐步移除 NEN 指認的 215 處道路線型建設所造成的生態阻隔，以中央的水路運輸部與鐵道部為執行單位，由地方政府主導。2010 年 NEN 整體檢討，撤除多處穩健連結廊道，生態阻隔區位從 215 處減少為 178 處，至 2018 年底 MJPO 結案為止，完全移除 159 處阻隔(89%達標率)，剩下 19 處亦可望達到完全或部分

改善，總計在國道與省道上興建的動物通道總數達 2100 座。

線型結構生態阻隔的移除方式包括建置生態涵洞、穿越式或跨越式通道等，經常可以既有結構物修改鼓勵目標物種穿越，達到動物通道的功能，有時阻隔可能連續數公里，此時就需要設置多座通道。

3. 全國架構與在地行動互相協調

MJPO 的成功經驗顯示，長期、整合性的政府計畫，確保道路切割改善的指認與評估是透過一套標準化的研究方法進行，因此可釐清瓶頸點位、評估改善需求與急迫度，並採用地區規劃手段落實。改善行動的優先順序應以族群存續提升程度作為判斷基準，並盡可能同時參採模式評估與專家知識。各級政府單位為計畫的主要發動者，但計畫的推動與目標落實則需要非政府組織與學術單位的投入，以及大眾的支持。

4.2 參訪交流

本計畫道路生態參訪聚焦在幾個道路議題，一部分是蛙類、陸蟹大量路殺的改善可能性與策略，如溪流工程對於水陸域動物的移動有明顯影響，可以如何整合道路與溪流的工程，維護水域生態與地景連結性；一部分是針對陽明山、大山背正在進行或即將進行的道路工程，由在地團體所關心的工程效益與生態衝擊，可以如何有較平衡的工程方案。由這些交流紀錄彙整提出的策略評估，將提供國內未來的道路設計概念發展或生態議題實務原則參考。

依據第二章國內道路系統概況與 4.1 節針對國內道路生態議題的分析回顧，本計畫挑選不同區位、道路等級、物種類群及生態議題的代表性地點如表 4.2-1，聯繫邀請在地長期關注的研究人員、NGO 團體、道路管理單位共同參與參訪行程，與國外專家交換經驗及想法，研提改善建議。

表 4.2-1 道路生態參訪點與議題

參訪地點	區位	道路類型	物種類群	道路生態議題
台 2 線濱海公路	海岸	省道	哺乳類	<ul style="list-style-type: none">● 過去已設置動物通道，近年又有數例哺乳類路殺● 道路工程的跨越溪流設計
北台灣山區道路	山區	縣道、鄉道	蛙類、哺乳類	<ul style="list-style-type: none">● 道路結構● 溪流工程
高美濕地	海岸	防汛道路	陸蟹	<ul style="list-style-type: none">● 高車流量道路與堤防阻隔

由於 Clevenger 博士因故未能實際來臺訪問，僅能透過視訊進行前期籌備會議討論並參與研訓工作坊，故本計畫於 8 月 8 日至 8 月 14 日期間，由執行團隊夥同 Keller 工程師及 Crilo 博士完成了國內三處道路生態瓶頸點議題之參訪探討，與國內專家、實務工作者及業務相關單位進行現場意見交流，提供實質改善建議。

三處道路生態瓶頸點的探討議題分別為：1.台 2 線濱海公路中型哺乳類動物通道、2.北台灣山區道路邊坡/排水/擋土牆議題、3.高美濕地陸蟹議題。參訪地點概述、道路生態課題及參訪交流紀錄，於以下詳細說明。

一、台 2 線濱海公路中型哺乳類動物通道

表 4.2-2 台 2 線濱海公路中型哺乳類動物通道參訪

日期	2019 年 8 月 14 日
地點	台 2 線濱海公路 104.5K、109.5K 動物通道
訪問學者	Clara Grilo 博士、Gordon Keller 工程師
參與單位	交通部公路總局規劃課、公路總局基隆工務段；人禾環境倫理發展基金會；羽林生態公司；觀察家生態顧問公司；生態工法基金會

(一)參訪地點概述與道路生態課題

本次勘查的 2 處動物通道，是 2012 年為改善台 2 線濱海公路的野生動物路殺議題而設置的地下箱涵/涵管動物通道及導引防護網，完工後的監測顯示食蟹獾、白鼻心、鼬獾等物種確實利用了動物通道穿越馬路，使改善路段的路殺數量減少。然而在今年又記錄到數筆路殺紀錄，故針對濱海公路再次進行路殺議題的評估與研提減輕措施。

(二)整體改善策略評估

動物通道設置至今已經過多年，防護網已遺失或鬆動出現空隙，無法有效防止野生動物進入路面並導引行走路面下動物通道，通道出入口或落差處斜坡道也有沖蝕或破損跡象，應從定期養護來維持動物通道系統的功能。

1. 啟動動物通道及相關改善措施的監測與維管計畫，確認設施成效並確保其結構功能完好。
 - (1) 景美工務段早期資料顯示除本次現勘的兩處通道外，另於 102.9k、103k、105.5k 等位置亦有進行動物通道改善等作業，建議應整理過往改善資料，針對所有改善設施進行確認和監測維管。
 - (2) 動物通道完工後有架設自動相機進行監測，但後續因相機失竊停止監測，近幾年沒有相關監測資料，無法確認後續動物利用情形，另外，勘查的 2 處通道有 1 處無導引防護網，另 1 處的防護網則已經年久失修，因此應再次啟動監測與維管計畫。
2. 2012 年設置動物通道後已多年未針對濱海公路監測整體路殺發生狀況，建議重啟路殺調查評估，確認是否有新的路殺熱點需要改善。除專案進行路殺調查監測，可參考高公局推動清潔員及養護員的路

殺紀錄培力計畫，使第一線人員得以透過教育訓練，紀錄與累積長期路點資料，作為推動生態友善道路的背景資料。

(三)個案建議

1. 104.5K 動物通道

山側路邊的防護網已經消失，需重新設置。圍籬的功能係為了防止野生動物進入馬路，以及導引動物行走地下通道，安全通過馬路，因此具有重新設施的必要性。



圖 4.2-1 台 2 線濱海公路 104.5K 動物通道

2. 109.5K 動物通道

- (1) 山側路邊部分防護網傾斜，長度不足，野生動物可能由防護網與路緣間的空隙穿過，建議固定好防護網及支架，延長防護網防護範圍，防止動物誤入道路。
- (2) 防護網高度約 30-40 cm 野生動物可能容易爬行翻越，建議評估加高，並使防護網頂部向內反摺、與植物隔距。防護網設置的形式與設計可參考苗栗縣政府於苗 29 石虎路殺路段設置的防護網，若仍以目前較簡易的形式設置，建議防護網的至高處離地面高度應超過 150 公分。另外，防護網的成效建議亦可以設置自動相機進行監測，確認目標動物遇到防護網的反應。
- (3) 海岸側動物通道出口處土坡因沖刷形成落差，不利動物通過，建議堆置土石斜坡取代目前動物較不易利用的鋼構隔柵板坡道，並於下方鋪塊石消能防止沖刷。

- (4) 針對不同的目標物種，動物通道可再進行進一步的調整以擴大使用率，如可在潮濕的地下通道一側設置稍微架高的步道，提供像白鼻心這類不喜歡行走水中的動物使用。



圖 4.2-2 台 2 線濱海公路 109.5K 動物通道



圖 4.2-3 台 2 線濱海公路 109.5K 動物通道濱海側出口

二、北台灣山區道路：共通性道路生態議題

表 4-2.3 台灣山區道路：共通性道路生態議題參訪資訊

日期	2019 年 8 月 8 日	2019 年 8 月 9 日	2019 年 8 月 10 日
地點	陽明山國家公園	新北市三峽區北 114、 北 115 縣道	新竹大山背
訪問學者	Clara Grilo 博士、Gordon Keller 工程師		
參與單位	文化大學研究團隊、 生態工法基金會	台北快樂蛙蛙調小隊、 生態工法基金會	荒野保護協會新竹分會、 生態工法基金會

(一)參訪地點概述與道路生態課題

這一系列的北部參訪，透過幾個在地團體長期觀察道路生態議題的案例，一則讓國外專家更了解台灣山區道路的概況，包括工程設計及周圍環境相互關係，其次則是與在地團體作案例交流，從發現生態議題到與居民或道路管理單位溝通、嘗試進行改善的歷程，深入探討並歸納台灣淺山區道路經常性面臨的生態問題，以及與國外整體性思考道路生態問題時的觀念異同。

1. 陽明山國家公園

陽明山是國內最早針對哺乳類動物設置路面下動物通道及導引圍籬的先驅案例，自動相機監測結果顯示白鼻心、穿山甲等動物會利用動物通道。近期一處動物道通周邊正在進行上邊坡擋土牆工程，施工後需要回復動物通道及圍籬的功能。

2. 新北市三峽區北 114、北 115 縣道

2016 年蛙類調查志工在新北市三峽區通往滿月圓國家森林遊樂區的北 114、115 縣道發現夏季及秋季分別有大量的褐樹蛙及梭德氏赤蛙路殺，持續 3 年，每年在路面上紀錄到 2 種蛙類的數量超過 1000 隻。這個路段大多已有擋土牆、水泥 U 型溝，紐澤西或鋼板護欄，曾觀察到梭德氏赤蛙無法跨越紐澤西護欄、穿山甲受困排水溝。

3. 新竹大山背

新竹大山背梭德氏赤蛙每年秋季繁殖遷移時期通過馬路時發生大量路殺，荒野保護協會新竹分會持續多年發起幫青蛙過馬路活動。護蛙路段旁的溪段全數經過整治，陡直的水泥邊坡及序列固床工改變溪流自然狀態，邊坡落差造成青蛙往來困難。近年地方政府多次想在此路段修建水泥排水溝及擋土牆，梭德氏赤蛙從森林到溪流的移動路線將更加阻礙難行，儘管新竹分會多方溝通協調，前年募款招募志工手作砌石排水溝希望替代水泥溝，在參訪前又傳出預備動工新建擋土牆及排水溝，未來的情況很難預料。

(二)整體改善策略評估

1. 道路及附屬結構

山區道路因排水、穩定邊坡、維護用路人安全等需求，除了路面外配合多種相關工程：擋土牆、排水溝、集水井、護欄，特別是台灣道路基礎建設投入很多資源，鋪面及各式硬體工程比例高，直接或間接對野生動物造成影響。山區坡度大，道路通常以路塹、路堤方式開闢，上下邊坡擋土牆接近垂直的水泥表面，使野生動物不易攀爬通過，護欄如果是紐澤西式會阻擋青蛙等小型動物通過，透過式的鋼板護欄將可以減輕阻隔問題。

施作擋土牆使原本有植被覆蓋的土坡轉變為光滑接近垂直的水泥牆面，限制動物通過。土石籠、植生槽擋土牆或許會是衝擊較小的方式，植物生長可以提供較自然的景觀，對野生動物而言也提供遮蔽及容易攀附。仍需依目標物種及山區環境挑選或發展合適方法。

道路邊溝由土溝改建成水泥 U 型溝，原來可供魚蝦、蛙類利用的小型棲地消失，深度大的 U 型溝、集水井往往造成野生動物跨越困難或掉落受困，甚至死亡。

2. 道路對溪流的影響

這裡呈現道路及溪流工程伴隨發生的典型狀態，山區道路經常沿溪谷開闢，衍生的溪流整治及溪岸邊坡工程，工程造成溪流棲地劣化或形成山坡森林-溪流間的移動阻隔，影響需經常往來兩種環境的蛙類，具有重要生態功能的濱溪林帶消失。此外，道路通過溪流的各式型式：橋樑基礎或箱涵、涵管未考慮魚蝦上溯需求及水力沖蝕形成落差，對水域生態造成影響。

3. 自然地景特徵的棲地連結考慮

在山區道路多為既有土石路改建，隨著道路品質提昇及山區車流增加，路殺問題逐漸浮現，因道路缺少生態相關規範，難以以專案方式改善，多需配合道路、農路工程執行。從地景尺度考慮，溪流是水、陸域動物移動的自然廊道，是國外在考慮自然半自然環境中的道路會特別考慮的地景特徵，國外常用以溪流模擬設計(stream simulation design)作為處理道路跨越溪流結構的設計原則。溪流模擬設計以水理計算為基礎算出通洪斷面，保留更寬、更深的橋樑或箱涵空間，避免過大的垂直落差，依溪段的河相特性回鋪配置大石、砂礫等自然底質，營造魚蝦可棲息及通過的溪床型態，兩側灘地堆高供陸域動物可通行的乾燥走道。建議引進並依台灣環境特性發展溪流模擬設計方法學，作為農路或林道工程的設計原則規範。



圖 4.2-4 陽明山國家公園動物通道及圍籬



圖 4.2-5 陽明山國家公園遊客中心動物通道監測成果展示



圖 4.2-6 陽明山動物通道路段邊坡擋土牆施工狀況



圖 4.2-7 陽明山國家公園，溪流工程形成 5M 以上垂直落差，動物難以利用



圖 4.2-8 三峽區北 114、北 115 縣道路殺熱點路段的注意青蛙布條與道路環境



圖 4.2-9 新竹縣橫山鄉大山背秋季梭德氏赤蛙護蛙路段



圖 4.2-10 與荒野新竹分會交流護蛙經驗

三、高美濕地：陸蟹路殺、道路堤防結構阻隔、棲地消失

表 4.2-4 高美濕地：陸蟹路殺、道路堤防結構阻隔、棲地消失議題參訪資訊

日期	2019 年 8 月 10 日
地點	高美濕地堤外水防道路
訪問學者	Clara Grilo 博士、Gordon Keller 工程師
參與單位	東海大學研究團隊、生態工法基金會
採訪媒體	公共電視

(一)參訪地點概述與道路生態課題

高美濕地位於台中市清水區大甲溪出海口南岸，是因台中港的北防砂堤改變海岸水文，造成沈積物堆積而意外形成的濕地。高美濕地屬法定生態保護區，2004 年農委會公告指定為「高美野生動物保護區」，內政部營建署也在 2007 年將高美濕地評定為國家重要濕地。

隨著旅遊活動發展，假日傍晚遊客離去的車潮造成紅螯螳臂蟹、無齒螳臂蟹為主的陸蟹在跨越水防道路至海岸濕地釋幼的過程大量路殺，路殺數量與車流量呈正相關。近年的堤防綠美化在堤腳設置花園，卻因垂直的花園牆面陸蟹攀爬不易，前往繁殖的路程更加艱難。除此之外，由陸蟹平時棲息的堤外農地、灌叢草生地等棲息地多處堆土興建停車場，棲地面積縮小，衝擊

陸蟹族群。第三河川局在 2017 年以紅螯螳臂蟹為標的試作了 1 處動物通道，已有部份陸蟹個體利用。而其主要限制在於陸蟹攀爬能力佳，不易以圍籬引導進入動物通道。

(二)整體改善策略評估

1. 陸蟹在滿月前後為生殖遷移的高峰期，如果正好遇上車流量大的假日，路殺數量會非常高。針對高峰時段集中，出現區域大的物種，如本例的陸蟹及溪流繁殖蛙類，以廊道改善需要設置很多數量，生態遷移高峰期的傍晚在熱點路段進行暫時性封路會是更有效益的改善措施，墾丁國家公園近年已開始執行。但因高美濕地陸蟹過馬路與遊客散場離去的時間重疊，難以以生態保育理由說服管理單位封路。
2. 現勘過程觀察到堤腳路旁的砂土落葉堆是陸蟹停留的區域，讓陸蟹可以移動一段距離走過馬路後有個休息區，再爬過堤防，如果在道路型式設計上營造這樣的區域，且車子不會進入干擾，陸蟹也不易因車子經過受到驚嚇跑到路面上裡車壓輾。
3. 堤防的草木可提供陸蟹躲藏遮蔽，減少水份散失，有正面效果。但新建堤腳花圃的垂直牆面卻造成移的阻隔。河川局與東海大學合作進行研究，評估不同材質及形式有助於陸蟹通過，並進行改善。
4. 東海大學的研究團隊發現此區的成熟雌蟹有體型縮小的狀況。與外國學者討論中也提出因路殺個體以抱卵雌蟹佔大多數，性別偏向死亡率是否對陸蟹的族群生態特徵造成影響，值得進一步關注。



圖 4.2-11 陸蟹路殺路段現勘



圖 4.2-12 河川局試作的蟹類動物通道



圖 4.2-13 堤防堤腳景觀花園垂直牆面陸蟹不易攀爬

4.3 道路生態國際工作坊

一、工作坊內容簡介

本計畫於 8 月 12 日及 13 日，在苗栗地區籌辦了為期兩天的道路生態國際工作坊。此工作坊辦理目的，為針對台灣的道路生態議題，尤其是北部淺山地區相關物種受到道路切割及路殺的情形，邀請國際專家提供新興觀點及國際經驗，給予道路、生態相關部會在政策與執行方法改善上的建議。

工作坊的設定為探討道路的生態衝擊與減輕措施，使與會者對道路生態的規劃設計與對策評估有基本認識，研訓重點包括：(1) 引進道路生態培訓課程，協助工程及生態專業人員快速掌握道路結構對野生動物的生態衝擊、減輕對策的規劃設計重點、系統性生態衝擊評估的方法與原則、(2) 從國內外實際案例互相交流、經驗學習、(3) 促進公部門、學者、實務工作者、NGO 公民組織的對話與協作，聚焦探討臺灣當前道路生態現況、待解決的問題、策略與方向。

表 4.3-1 道路生態國際工作坊議程(第一天)

8/12	道路生態國際工作坊 (第一日)
09:00-09:10	Opening 開幕致詞
09:10-09:40	Taiwan's ecological network: current situation and priorities for restoration 國土生態綠網：建構臺灣生態廊道與復育策略 陳郁屏 台灣生態工法發展基金會
09:40-10:20	Impacts of transportation infrastructure to the environment 交通設施對環境的衝擊 Tony Clevenger (視訊)
10:20-10:40	茶敘
10:40-11:20	Impacts of transportation infrastructure on wildlife 交通設施對野生動物的衝擊 Clara Grilo
11:20-12:00	Hydraulic Issues with roads: culverts, fords, bridges 道路的水問題：排水、箱涵、跨橋 Gordon Keller
12:00-13:00	午餐
13:00-13:30	The state of knowledge in Taiwan on the impacts of infrastructures on wildlife and landscape 臺灣現況：道路設施對野生動物與地景的衝擊 陳宛均 農委會特有生物研究保育中心
13:30-14:15	Methods: Patterns of mortality and impacts on wildlife populations 方法：路殺的分析應用以及對野生動物族群的影響 Clara Grilo
14:15-15:30	Methods: Wildlife crossing structures planning and design 方法：野生動物道路穿越結構的規劃與設計 Tony Clevenger (視訊)
15:30-16:00	茶敘
16:00-16:45	Methods: Stream simulation and fish/aquatic organism passage 方法：溪流模擬設計與水域生物移動/洄游 Gordon Keller

表 4.3-2 道路生態國際工作坊議程(第二天)

8/13	道路生態國際工作坊 (第二日)
09:00-09:30	Ecological impacts assessments 生態衝擊評估 Clara Grilo
09:30-10:00	Evaluation of mitigation measures 道路生態減輕對策的評估 Tony Clevenger (視訊)
10:00-10:30	茶敘
10:30-11:00	Environmentally sensitive road maintenance 環境敏感道路的維護管理 Gordon Keller
11:00-11:20	Taiwan: Aspects of Road Engineering 臺灣的道路工程 交通部公路總局
11:20-11:40	Taiwan: from ecological barriers to green routes 國道綠廊道 交通部高速公路局
11:40-12:10	Taiwan: case study on Leopard cats 石虎的道路生態課題 姜博仁 野聲環境生態顧問有限公司、社團法人台灣石虎保育協會
12:10-13:00	午餐
13:00-15:40	Define priorities and priority actions in Taiwan 指認臺灣道路生態的關鍵課題與優先行動 Clara, Gordon
15:40-16:00	茶敘
16:00-16:30	Final discussion: How to reach the current needs for road ecology research and integration into practice 綜合討論：如何有效達成所擬定的減輕對策與研究 Clara, Gordon
16:30-17:00	閉幕

二、工作坊執行情形

此次工作坊在研訓課程的部分，是由 Anthony P. Clevenger 博士以視訊授課的方式，講解道路生態的整體系統評估與政策訂定及協調架構；由 Gordon R. Keller 工程師分享對生態衝擊減輕的溪流工程、道路維管與設計的要件，以及由 Clara Grilo 博士從生態的角度分享道路生態議題的研究與分析方法。

透過三個國際專家從道路生態議題的導論、議題分析與規劃設計的原則、到成效評估與維護管理的方法，為水利、道路、生態研究等相關單位在調查分析、減輕措施的規劃設計與策略研訂上提供了許多重要建議，而除此之外，本次工作坊也藉由邀請國內涉及道路生態議題之相關公務單位，如特生中心、高速公路局、公路總局等單位進行分享，從案例出發，提出台灣各道路系統目前推動減輕措施的近況以及後續規劃，藉此與國外經驗做討論交流。

而於第二天下午的工作坊綜合討論階段，則是透過 Gordon R. Keller 工程師及 Clara Grilo 博士的帶領，邀請道路公務機關、研究人員、NGO 團體、生態顧問公司等所有參與者，針對台灣在道路生態的議題上進行分組討論，分為政策、研究、實務執行三個面向，分別指出目前面臨的重要課題，並思考改善方案、資源需求等，彙整成整體行動策略，詳見 4.3 第三節。

本次工作坊參與人數共 60 位(詳見附錄四簽到表)，其中包括：

- (一)保育、研究單位：含林務局、各林管處、特生中心、學界、地方政府農業處、生態顧問公司等研究與保育單位共 28 位參加。
- (二)NGO 夥伴：含石虎保育協會、環境資訊中心、兩棲類動物保育協會、苗栗縣自然生態學會等團體共 15 位參加。
- (三)交通建設部門：含交通部公路總局、高速公路局、工程顧問公司、地方政府養護工程處等共 11 位參加。
- (四)水利/水保部門：含水保局、水利署河川局、地方政府水利處及水利水保工程顧問公司等共 6 位參加。

為使擴大工作坊辦理效益，本計畫另外針對相關研訓課程內容、問答紀錄及行動策略研討結果編入《道路生態研討成果冊》，供社會大眾及其他未能參與工作坊之從業人員參考。工作坊辦理情形如表 4.3-3 及表 4.3-4 所示。

表 4.3-3 工作坊研訓課程階段辦理情形(第一天)

	
時任夏榮生組長開幕致詞	場地佈置—海報張貼及筆記本發放



陳郁屏演講國土生態綠網建構台灣生態廊道與復育策略



Tony 老師視訊演講交通設施對環境的衝擊



Clara Grilo 演講交通設施對野生動物的衝擊



Gordon Keller 演講道路的水問題：排水、箱涵、跨橋



特生中心陳宛均研究員演講台灣現況道路設施對野生動物與地景的衝擊



Clara Grilo 演講方法：路殺的分析應用以及對野生動物族群的影響



Tony Clevenger 演講方法：野生動物道路穿越結構的規劃與設計



Gordon Keller 演講方法：溪流模擬設計與水域生物移動迴游

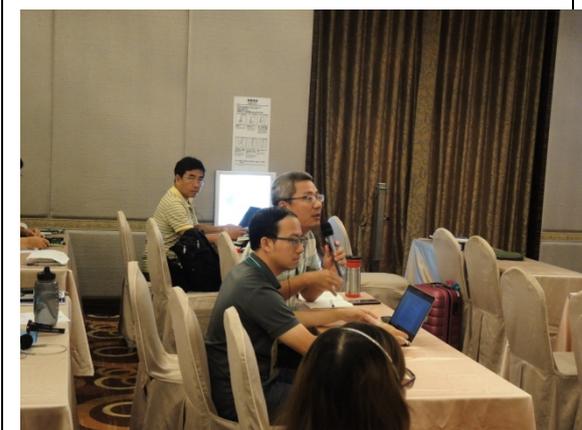
表 4.3-4 工作坊研訓課程階段辦理情形(第二天)



Clara Grilo 演講生態衝擊評估



Tony Clevenger 演講道路減輕對策的評估



Tony 演講道路減輕對策的評估 QA



茶敘時間



Gordon Keller 演講環境敏感道路維護管理



公路總局吳侑霖科長演講台灣的道路工程



高公局游安君科長演講國道綠廊道



高公局游安君科長演講國道綠廊道 QA



野聲環境生態顧問有限公司姜博仁演講石虎的道路生態課題



研訓課程結束午餐時間

三、工作坊行動策略討論成果

在工作坊的綜合討論階段，透過老師的帶領，與所有參與者共同討論並票選了台灣現今推動道路的生態友善設計或改善工作上，在研究、政策與實務工作等三個面向中最具重要性或急迫性的三項課題需求，並進行分組討論、提出行動方案及其方案的優劣分析、評估可行性。工作坊進行方式如表 4.3-5。

表 4.3-5 工作坊綜合討論階段流程

一、第一次分組討論
<ul style="list-style-type: none"> - 分三大道路生態議題/六小組 <ul style="list-style-type: none"> ● 政策 (Policy) ● 研究/科學 (Research/Science) ● 實務/訓練/對策執行 (Practice/Training/Implementation) - 分組討論 <ul style="list-style-type: none"> ● 指認既有成果、發展中的工作 ● 提出需求或資訊缺口 (至少五項)
二、投票
<ul style="list-style-type: none"> - 各組代表寫下該組指認出的需求 (至少五項) · 條列在白板上 - 每人 6 票 (每大類有 2 票) 投票 - 選出 3 大議題中重要性前 3 名的項目
三、第二次分組討論
<ul style="list-style-type: none"> - 依三大議題分組 · 討論前三大需求 (top 3) 該如何達成 <ul style="list-style-type: none"> • 需求 • 重要性 • 行動方案 • 執行上的潛在風險與挑戰
四、綜合討論
<ul style="list-style-type: none"> - 羅列九大需求 · 提出意見討論與後續建議 - 各單位代表回饋

表 4.3-6 工作坊綜合討論階段辦理情形

	
<p>工作坊進行方式說明及分組</p>	<p>第一次分組討論—指認台灣道路生態的關鍵課題與優先行動 (一)</p>



第一次分組討論—指認台灣道路生態的關鍵課題與優先行動 (二)



第一次分組討論成果



第一次分組討論成果票選



第一次分組討論—票選結果說明



第二次分組討論—如何有效達成所擬定的減輕對策與研究



第二次分組討論—小組成果報告(一)



第二次分組討論—小組成果報告(二)

Clara 經驗回饋

以下針對政策、研究、實務工作三個大組各自票選的前三重要課題，及其行動策略討論結果，分別敘述個別課題的內容、重要性，及行動方案。

(一)政策面向 (Policy)

課題一：缺乏道路生態友善對策相關法規基礎及整合。

課題二：缺乏行政院綠網小組。

課題三：缺乏生態工作衍生的經費需求

1. 說明

政策組提出 3 項優先課題，實際上反應法規辦理依據與執行架構的缺乏，以下將 3 個政策課題合併討論。法規是政府單位執行各項工作的基礎，道路管理單位執行道路生態工作的主要困難，是沒有直接法規或上位政策明訂道路的生態衝擊減輕及補償，在執行需求性及後續的執行組織、經費編列也都有諸多限制。目前道路生態改善工作的推行為回應永續發展或稀有物種路殺，屬特案執行性質，難以長期及系統性盤點處理路網系統已造成的生態衝擊。

從執行面來看道路生態，缺乏跨部會溝通平台以釐清與推動相關課題，缺乏針對道路生態相關法規的整合，及計畫推動所需資源、經費的統籌。近年林務局開展了由行政院核定的國土生態綠網計畫，是全國性面對保護區外的生態保育課題，其中也包括系統面上道路對生態的影響，然政策推動之初尚未有由上位者組織綠網小組的規劃，研擬道路生態全國性指引策略及協調建立區域內不同道路單位的合作模式。

2. 重要性

國土生態綠網作為國家發展願景之一，須有綠網小組的建立作為整體政策推動的火車頭。

3. 內容

本面向的三項優先課題是架構邏輯關係，如能成功建置行政院層級的綠網小組，則可進一步推動相關法規的整合，並統籌計畫推動所需資源經費，從政策面回應道路生態課題。

4. 行動方案

- (1) 透過遊說行動，影響具有政策決策權的上位關鍵人物願意關心這個議題，如政委、行政院秘書長或甚至行政院長，藉以促成政府機關之間的跨部會協調。
- (2) 透過公民參與平台做政策連署，或找到關鍵的民意代表向行政院上級長官遊說。
- (3) 透過媒體力量使議題發酵，讓關鍵決策者或關心的公民能持續接收資訊，擴大社會關注。
- (4) 透過國家發展永續會的任務修正，使其任務編組能結合國土綠網或永續國土規劃等議題。

(二)研究/科學面向 (Research/Science)

課題一：基礎生物學資料的不足

1. 說明

基礎生物資料的不足，是台灣長久以來的問題，由於缺乏基礎生物資料，以至於在探討道路對生態的影響時沒有足夠的資訊做判斷，除了針對像石虎這類型的關注物種具有較多研究之外，對於其他大部分物種可能只會知道路殺量，無法知道路殺所佔族群比例，難以掌握潛在的受威脅物種，藉以評估改善優先順序。

2. 目的

建立基礎生物資訊，透過進一步的路殺分析，可做為未來道路建設或瓶頸點改善的參考依據。

3. 內容

應逐步針對個別物種作系統性調查，建立如族群數量、分布習性、動物行為、威脅因子、路殺的地景分布等生物基礎資料，藉以評估個別物種的路殺影響程度(物種調查的優先順序為同時參考路殺嚴重程度、是否名列紅皮書及專家建議)。

4. 行動方案

- (1) 透過文獻蒐集，從既有的資料判斷與擇定受路殺嚴重影響的物種。
- (2) 指出針對該物種的生物基礎資料缺漏處，訂定補充調查的優先順序。
- (3) 針對不同季節與區域進行長期的物種生物學資料蒐集，提供後續應用分析。

5. 潛在問題

- (1) 如果要做長期監測，經費可能不足。
- (2) 如果要做長期監測，民眾可能反對。
- (3) 調查可能多集中於保育區，不平均。
- (4) 未來如果要做全台普查，人力不足。

課題二、缺乏對於哪些地景容易造成路殺的分析

1. 說明

目前透過公民科學蒐集了許多路殺資訊，得出了路殺的點位分布以及受路殺的物種數，然未能從地景的角度，進一步掌握易受路殺的區位屬性。

2. 目的

掌握易受路殺的地景，藉以提出改善方案。

3. 內容

透過既有路殺點位與地景圖層的套疊，了解各路殺點的植被、坡度等地景屬性，再搭配同功群(如獸類同功群、陸蟹及蛙類同功群)的基礎生物資料做進一步分析，可釐清不同道路設計、不同地景屬性與路殺之間的關連性，找到特定地景的影響，藉以建立一套判斷方法、找到改善重點。

4. 行動方案

- (1) 將物種分為不同類群 ex：獸類、陸蟹等。
- (2) 蒐集各地景圖層，與同功群的生物學基礎資料進行套疊分析。
- (3) 建立各地景建立人的聯絡資訊。

5. 潛在問題

- (1) 台灣的地景圖層可能品質不佳或使用不易，如圖資缺漏、時序未統一、價格昂貴、地景變動快速而未更新、解析度差等。

- (2) 新建地景是否可融入專長建議。
- (3) 是否有足夠資源可以改善易路殺地景。

課題三、缺乏長期追蹤並了解減輕措施對物種的效用

1. 說明

台灣已有設置許多道路改善措施，不管是地下通道或是圍籬，不過不同動物對於地下通道與圍籬的使用偏好，以及路殺改善效果等研究則相對缺乏，可能如高速公路局或其他單位有進行監測，但尚未有完整研究報告的露出。

2. 重要性

研析道路減輕措施的效用，降低設置成本。

3. 內容

須針對各物種對減輕措施的喜好及使用情形進行長期監測，透過研究分析發展適合當地環境、道路、目標物種之道路生態減輕措施，並在過程中調適改善。

4. 行動方案

- (1) 透過行為研究，研究個別物種對各種動物通道及減輕措施的偏好程度。
- (2) 蒐集現有減輕措施的物種使用情況，分析其環境等背景資料。
- (3) 建立各物種對減輕措施的偏好資料庫。
- (4) 供各工程顧問公司發展減輕措施技術。
- (5) 建立措施設置單位認證制度。

5. 潛在課題：

- (1) 減輕措施的設置，可能會與當地居民發生衝突。
- (2) 欲透過研究了解減輕措施對物種保育的效用，難以評估所需時間。
- (3) 現有減輕措施紀錄未有系統性彙整。
- (4) 支持長期監測與研究的人力與經費不足。

(三)實務/訓練/對策執行面向 (Practice/Training/Implementation)

課題一、保育標的的選擇方法、手冊準則建立

1. 說明

過去在道路建設的過程中，因為沒有針對生態有太多的考量所以不會曉得保育的標的，而一旦知道需要保育的標的，也還缺乏相關手冊或資料來源指出應該選用何種方法與對策去保護。

2. 重要性：使道路工程相關單位得以了解保育標的及其保護對策。

3. 行動方案

- (1) 保育機關能先提供完整資訊。
- (2) 篩選保育標的。
- (3) 道路機關作介面處理，使道路減輕措施設置的實務經驗回饋到工程處理指引。

課題二、棲地營造所需資材來源缺乏

1. 說明

很多的工程施工後會有植栽破壞的情形，針對很多已經劣化的環境如欲做生態營造，生態單位會提供在地原生植栽的建議，然而在實務上買不到苗木種子，或是可能只有單一幾種原生種，無法達到生物多樣性的目標。

2. 重要性

提供植栽復育所需原生苗木種子等相關資材。

3. 行動方案

建議林務局或農委會要設置完整的原生苗木苗圃，以提供植栽復育所需相關資材。

課題三、缺乏系統性生態資料庫及調查手冊

1. 說明

過去推動地理資訊系統，但並沒有生物資訊系統，使規劃單位如果要開一條道路，不曉得既有存在生物資訊，無法做迴避設計而變成需事後改善。另外針對調查手冊的部分，很多生態調查為依循為環保署的動植物水域生態技術規範，其中有不少問題需要再修訂。

2. 重要性

生物資訊共享使道路規劃單位能引用參考；調查手冊的建立能強化生態調查成果的應用。

3. 行動方案

- (1) 由林務局或農委會制定完善的調查手冊。
- (2) 研擬相關法規或行政規則以支持調查工作。

表 4.3-7 工作坊行動策略總彙整

面向	課題	行動方案建議
政策	1.法規面 <ul style="list-style-type: none"> • 缺少法規依據 • 缺少上位主責推動小組 2.執行面 <ul style="list-style-type: none"> • 缺少執行經費、資源 • 缺少區域內單位任務合作與協調平台 	成立行政院層級綠網小組，訂定道路生態指導性策略，進行協調整合
研究/科學	<ul style="list-style-type: none"> •基礎生物特性了解不足 (缺乏對物種習性與道路生態影響嚴重性關係的了解) •缺乏對路殺高風險地景的了解 •缺乏對道路生態減輕措施成效之研究、監測 	<ul style="list-style-type: none"> •指認道路生態威脅、優先性關注物種與地景 •針對目標物種類群的道路生態影響，推動減輕措施技術發展
實務/訓練/對策執行	<ul style="list-style-type: none"> •保護標的未有完整的擇定評估標準 •缺乏棲地營造所需原生植栽來源 •缺乏既有生物分布資訊用於公共建設前期評估，以及既有調查方法難以回饋改善方案選用 	<ul style="list-style-type: none"> •建立道路生態保護標的擇定及對策規劃的評估技術、執行手冊或準則 •農委會、林務局挑選適當植栽種類，育苗供應 •農委會主責生態資料庫之建立整併，供其他單位應用

(四)其他問題與建言

除了各組票選前三重要的議題，並研提行動策略以外，團隊亦將工作坊討論過程所提及之課題及初步建議表列於下方，提供道路生態相關單位在政策的研訂或計畫實務執行過程中得以參考，亦可針對相關課題透過延續辦理政策議題研討會、專家學者座談會或計畫工作坊，擬定進一步的行動策略。

1. 民意代表壓力大

公部門不一定想要開發道路、交流道，如果有後續的資訊，能如何透過民間的力量、多元權益關係人參與，抗衡民意代表提出的單一面向需求，能更兼顧生態環境等其他考量

2. 生態資訊建立整合與公開

台灣有很多監測計畫或是生態檢核工作，會要求要建置生態資料，但很多是紙本資料或是僅供內部參閱，其他單位沒辦法使用，而需額外重做調查。建議各單位的生態調查資料應整合並公開。

3. 生態工法研究

國外多年來已針對道路減輕措施完成相關研究，例如試驗不同材質圍籬、不同的通透性及網格大小對於動物的防護效果，而由於生物與環境特性不同而無法完全參照，台灣須針對動物在不同材質的圍籬與通道的使用情形上作更多前期試驗，再實際應用於道路改善上。

4. 生物因子與非生物因子影響動物路殺

生物因子，如動物的習性可能影響動物是否容易穿越馬路；非生物因子如燈光，影響動物是否容易受燈光吸引等。如果有相關資料，可以找到道路生態的重點改善方向。

5. 哪些物種受道路影響最嚴重

現在已經知道 577 種脊椎動物會被路殺，還需要相關背景資料研究分析，才能知道哪種物種受威脅最嚴重，如此可以訂定改善的優先順序。

6. 物種面臨威脅研究

針對台灣紅皮書物種的威脅因子有列舉許多，但其他大部分物種的威脅因子則多為模糊。如果能了解受脅因子，可掌握路殺對特定物種的影響程度，如此可以改善物種存續情形。

7. 保育宣導結合用路法規或裁罰

針對用路人的考照、行政裁罰等，結合保育宣導。

8. 生態改善需要流程改善

在工程執行政序上，工程結束即代表計畫結束，沒有經費可以做後續評估或監測生態復原狀況。建議工程執行流程需改善，思考如設計時間加長、納入工程後續維護管理與監測等。

9. 保護對象的不同

針對既有工程的改善，如道路或溪流擋土牆，本來的保護目標為人類，當開始要為了生物作結構改善施工的時候，工程第一線人員會與地方居民產生衝突。需有相關法規或指引協助第一線人員與在地居民的溝通。

四、工作坊問卷回饋

執行團隊透過發放工作坊回饋問卷(詳見附錄二)，收取參與者在參與為期兩天的工作坊後，對於研訓課程或是綜合討論的感想、心得或進一步建議。以下針對問卷上的個別題目，摘錄彙整幾個重要的意見回饋，供本計畫作執行檢討，以及提出對於台灣道路生態議題整體性的推動建議。

(一) 請問您認為兩天工作坊過程中，哪段分享或交流最有收獲，為什麼？

- 野生動物道路穿越結構的規劃與設計。因為原道路規劃係以人為主要服務考量，近年將生態納入因素規劃，是為未來加強思考的範圍。
- 生物廊道的類型及其優缺點。因為可作為未來道路建設在生態衝擊應注意的層面，避免工程本位思考。

(二) 參與完本次工作坊，是否有符合您在工作實務上的需求？是否有符合您原先對於課程的期待？如果有/沒有，為什麼？

- 多認識生態廊道的形態，了解美國、加拿大、高公局、公路總局關於生態方面之措施，唯對於兩爬的生態廊道實例較少，及缺乏針對山區道路的生態設計介紹。
- 有符合需求，是議題的啟發，亦有決策時考量；了解路殺的重要性，以及執行上的困難(生態資料難以取得)；雖不是實際執行改善的工作，但參與工作坊更了解國際與台灣的狀況，以能與民眾溝通。
- 針對都市市區道路似乎比較沒有需求、必要。此次題目應該限於生態敏感區，或是野生動植物較多的區域等道路較為有用；都市道路因為密集度高，可能僅適合部分動物類生存，除非積極去改善擴大都市生態區域，但這可能手法上比較不一樣。

(三) 針對您在工作中所接觸到的道路生態議題，如欲規劃進行改善，您認為可能會遇上的最大挑戰為何？可能還缺甚麼配套工具？

- 有效的生物廊道規劃及設置方式、形式，目前尚無實績可依循。工程規範(如水保與水利)，仍以結構強度主導設計，無針對生態友善多有規範。台灣高山道路狹窄、腹地不足，施工單位會需要工作手冊規範，或生態友善措施之設計參考準則。
- 經費少、調查人員缺乏、工期太短。所需的配套工具為跨部會的協調措施或平台，需要整合跨領域單位的帶領，同時須把時間尺度放大，避免無法長期追蹤、研究與維護。
- 缺乏工程施作地點之長期生態調查資訊，不曉得欲保育對象；缺乏資料分析的工具與方式，難以掌握政策評估、執行效益與時間。

- 道路開闢經常要面對經濟利益衝突，例如公私有土地權屬取得整合，必須花費時間成本協調溝通，尤其私人土地取得需要政府花費高成本價購或徵收。最大挑戰為當生態與當地民眾思考立場與私有利益具衝突時，折衷的方式往往不容易達成平衡。政府可以搭配獎勵，有利生態保育建設的地主獲得認同，否則只能在公有土地上實施。

(四)經過此次跨域交流，針對道路生態議題，您是否有建議應進一步對接的政策、機關或其他單位，據以進一步推動道路生態的改善。

- 建議應進一步對接的是做各法規的整合。關於機關的對接，為與林務局(保護區)、內政部(濕地)作生物熱點普查，公路總局則是做路殺的普查，另外也建議能對接地方的公路局、大地工程處。路殺的熱點在經過調查分析後，應評估是否公告這些區域的新舊公路段應有的友善生態規範。
- 一般政府機關道路工程單位對於路殺狀況議題應該不是很清楚，除了苗栗石虎事件較為突顯外，對於道路開發對生態廊道的關注似乎並不高，不似國家公園等生態敏感區域，故建設重大道路工程規劃設計審議階段，應邀請生態工程領域較有經驗的委員參與審查，對於既有道路生態廊道及衝擊，應透過議會代表爭取編列預算，逐年改善實施。

(五)您對本次道路生態國際工作坊的綜合回饋或建議？

- 演講分享是關係到道路生態評估、設計、改善的大方向，建議可把學習資源公開給相關學術單位(工程學系)或是民間團體，讓有興趣學習的人一同參與。
- 參與工作坊並不清楚到底路殺對生態衝擊多嚴重，因為沒有比較量化。偶發性路殺並不會令人特別去關心，因此建議相關研究單位將路殺的嚴重衝擊以量化表或宣傳宣導片來教育說明，以引起路殺的關注，尤其對保育類的路殺事件。
- 建議可再邀請與台灣天然災害條件相近的國際學者(如日本)，以期更能貼近台灣山高、水急、路窄等特性，也建議工程單位能有更多的參與，能多一些實作面的議題，如針對設計與施工能有更多的實際案例分享。

4.4 道路生態研討成果冊

本計畫透過編纂《道路生態研討成果冊》，將計畫執行過程中梳理之相關資料與內容，如團隊針對國內道路生態問題所做的前期分析盤點；針對研訓工

作坊各場次分享所做的重點摘要；以及針對台灣道路生態瓶頸點參訪所做的研討結論等精華內容，經美編設計與轉譯總彙整於一冊，以電子檔形式燒錄成光碟提供林務局，供未能參與研討之相關從業人員或有興趣之社會大眾參閱。

另外，本計畫亦彙整相關活動紀錄，將國外學者參與交流參訪及工作坊之經驗回饋，以文字或影像彙整上傳至對外共享之雲端資料夾(連結：<https://reurl.cc/ZnkMmA>，同步附於《道路生態研討成果冊》末頁)，供後續應用參考。



圖 4.4-1 道路生態研討成果冊封面及目錄

國外專家介紹



本次工作坊特別邀請了國際知名的道路生態團隊來台訪問。他們將親自走訪調查各地典型道路規劃設計，並在為期兩天的道路工作坊擔任主講者，以道路障礙與改善策略為主要案例，與台灣道路生態相關的學者、工作者及相關部門代表座談討論，期望協助台灣發展出系統性評估與規劃方法，逐步落實道路生態的理念。



(視訊)

Anthony P. Clevenger, Ph.D.
薩里亞爾斯大學 (Universitat de Lleida) 動物學博士。
現任加拿大卑詩大學高級道路研究中心資深科學家。

Clevenger 博士致力於發展道路系統衍生的地景保育及野生動物影響的科學性評估與解決方案。20 年的研究經歷在國際學術期刊發表超過 70 篇論文，並且是 *Road Ecology: Science and Solutions* (Island Press, 2003) - *Safe Passages: Highways, Wildlife and Habitat Connectivity* (Island Press, 2010) 等道路生態學代表性書籍的共同作者。

Clevenger 博士擁有豐富的學術及實務經驗，曾在加拿大、美國、中北美洲及歐洲的多項道路生態規劃、評估計畫中擔任計畫主持人，擔任美國國家科學委員會高速公路的自然群聚與生態承載小組的成員。另外，Clevenger 博士的另一項重心是發展道路生態學的教學與溝通工作。Clevenger 博士的團隊長期為交通專業者及生態學家提供背景訓練及引導跨領域對話，指引道路生態問題的問題診斷及改善規劃與執行。



Gordon R. Keller, PE, GE
加州大學柏克萊分校土木工程碩士，美國國家科學院院士。
現任加州大學聖地亞哥分校交通工程與運輸系教授、交通工程師。

Keller 工程師專長為道路工程、選線工程、沖蝕控制、集水區保育。在美國及中北美洲、亞洲參與多項鐵路工程及工程計畫。近期工作的重心在推廣大地工程、低流量道路工程技術的訓練，著作有：低流量山區道路指引 (LVR Hill Road Engineering Guide)、氣候相關的基礎設施脆弱點分析及調適 (Climate Related Infrastructure Vulnerability Assessment and Adaptation)。



Clara Grilo, Ph.D.
哥倫比亞大學環境生物學博士，現任哥倫比亞大學環境與生態中心資深研究員，擔任哥倫比亞大學紅皮鹿執行委員會。

Grilo 博士之研究領域為大尺度到地區性的生態學或保育生物學。近期的研究工作則關注道路生態學，在各項期刊論文、研討會、工作坊發表超過 30 篇文章，也是道路生態學手冊 (*Handbook of Road Ecology*) 的共同編輯。Grilo 博士在道路生態的研究主題廣泛，包括：道路對鳥類、哺乳類、兩棲類、爬蟲類、昆蟲類、植物類、土壤類、微生物類、及族群擴散的風險，減輕道路生態學障礙的成效評估。

圖 4.4-2 道路生態研討成果冊內頁示意(一)

監測工作可以利用自動相機、鋪沙查看有沒有野生動物的足跡、利用攝錄器捕捉野生動物的毛髮。從監測可以知道動物使用道路的比例，並且從監測結果可以做出設計的指引手冊與建議。

Clevenger & Huijser 2011 設計手冊搜集了許多動物通過設計資訊，如目標物種、最小寬徑、最佳寬徑等項目，將物種分成不同類群且給予最適合的建議。

野生動物通過需要和更大的生態網絡結合，它必須帶領動物進入一個更廣泛的生態系統或空間。

Q&A

Q1: 這些道路動物通過設施，不管是天橋或是地下通道，是在道路建設之初即設置還是在既有道路上做改善?

A1: 動物通過可以是計畫的一部分，北美與歐洲國家在高速公路上時，會有機會在計畫裡加入動物通過的設計，另外也有單獨針對既有高速公路設置動物通過，不過因為不是屬於交通運輸計畫當中，所以會花費比較高。在 1950 年代美國州際公路系統建立之初，沒有考慮到動物通過的需求，現在必須要回頭檢視整體公路系統，看在哪裡進行改善能對於環境以及對動物更為友善。

提到野生動物通過時，需要知道不同物種所需要的寬度與長度才能做設計。我們的高速公路多為四線道，因此前述設計參考為根據四線道公路評估不同物種所需要的不同需求，如果是雙線道的話其尺度可能會縮小，如結構可能比較短，接受的光線模型會更強，因此動物通過的設計會有差異。



Lesson 2 方法：溪流模擬設計與水域生物移動 / 滯留

在箱涵的設計中，一個大箱涵比多個小箱涵拼接較好。

當箱涵被拓寬，涵管位置變得比較上面，因此在這裡會有像瀑布一樣的水流下來，這樣箱涵下方就會一直沖刷掉，因此在出水口下方可以放一些結構降低箱涵下方的侵蝕。

在很多國家都很常見水泥涵管，由一節一節接在一起組成足夠的長度，實際上涵管之間並沒有確實黏在一起，所以常常會發生損壞，另一種水泥涵管有嵌管與管之間銜接的設計，這樣的涵管雖然比較貴，但比較不會壞掉。

利用道路一些地方積低下沉收集雨水，預防箱涵受到阻塞無法排水時，水還可以從旁邊排出，而這種崎嶇不平的箱涵比較難以在已經有完整建設的地區或是需要高速行駛的道路做，在偏遠地區則是比較適合的。

水生生物與魚的通過設計：溪流模擬設計

出水口位置較高會導致下方侵蝕、堆積，而這樣的沖積可能會導致水生生物或魚無法通過。對於水生生物與魚類的障礙分為四種：水流太快、太淺、沒有休息的空間與流速太高，魚跳不進去，而出水的地方受到重力加速度的沖擊可能就會出現這些問題。溪流模擬主要希望創造模擬大自然的場景或是至少維持讓魚可以通過的型態。

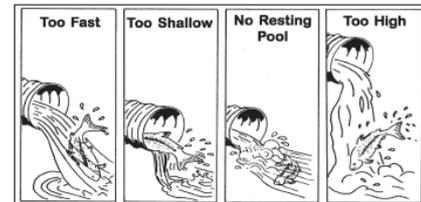


Figure 2.2b Poorly designed or installed culverts with "fish barriers" that prevent fish passage. (Redrawn from Evans and Johnston 1980)

圖 4.4-3 道路生態研討成果冊內頁示意(二)

4.5 計畫執行效益

(一) 計畫可量化效益

指標項目	單位	預期成果	至 108 年 12 月底目標達成情形
提供國內北部淺山區道路生態瓶頸點之策略評估	處	3	3
參與生態廊道推廣研訓工作坊	人	60	60
生態廊道評估推廣之成果彙編	式	1	1

(二) 其他項目達成情形

項 目	單位	數量	備 註
1.國土生態綠網相關出版品、摺頁、手冊	件	1	提供道路生態研討手冊電子檔
2.國土生態綠網教育訓練、研習、工作坊	場	1	為期 2 天共 60 人次參加
3.道路生態瓶頸點參訪研討交流	場	3	每場共約 10 人次參加

第五章 檢討與建議

本計畫在林務局的經費補助下，得以盤點國內道路生態議題狀況、邀請國際知名處理道路生態議題的專家群來台訪問，據此辦理為期一周的參訪交流，以及為期兩天的道路生態研訓工作坊，使共同參與交流的交通、水利、水保、生態保育及研究等相關公私部門，得以獲取國際經驗及作法，了解國外政策研訂、分析調查、成效評估、規劃設計原則等重要面向上的操作原則。

而透過案例走訪與工作坊的分組討論過程，國內相關工作者的經驗分享及實務交流，也得以使外國專家更了解台灣在推動道路生態友善與減輕措施的現況與困難處，提供實質建議。以下針對國內道路生態議題整體性的推動，整合列出幾點建議，提供後續政策研議與計畫推動的參考。

5.1 計畫推展建議

一、盤點過往動物通道及相關改善措施的設置，啟動監測與維管計畫

過往在民間的遊說或計畫支持下，各個交通部門已於多處道路生態瓶頸點設置了動物通道，至今經過了多年可能已年久失修而有破損情形。如台 2 線過去由公路總局景美工務段設置了多處動物通道，已呈現防護網的遺失或鬆動、通道出入口與落差處斜坡道的沖蝕或破損跡象、以及自動相機失竊而停止監測等。建議各業務單位能透過綠網計畫盤點既有動物通道及改善設施，啟動監測與維管計畫，透過定期養護來維持動物通道系統的功能，以確保設施的成效。

二、針對重點區域重啟路殺調查評估，確認是否有新的路殺熱點需要改善

過往針對一些關注路段進行了路殺調查，藉以進行動物通道或減輕措施設置的前期評估，然而在施設後可能因經費不足而未能再進行路殺調查。建議道路單位或生態保育單位針對一些重點區域重啟路殺調查評估，確認是否有新的路殺熱點需要改善。而除了以專案形式進行路殺調查監測外，亦可參考由高速公路局推動的清潔員及養護員路殺紀錄培力計畫，使各業務單位之第一線人員得以透過教育訓練，協助紀錄與累積長期路殺點位資料。

三、延續辦理道路生態議題研訓工作坊或研討會，促成學術與實務的推展

目前在台灣仍僅有少數人士關切或知悉道路生態議題的重要性與改善方法，建議交通部門或生態保育單位能延續辦理相關議題研討或推廣活動，將路殺對生態的衝擊予以量化或以紀錄片來宣導說明，以引起社會大眾對路殺的關注；同時可將相關學習資源公開給學術單位（如生態學系、土木/水利工程學系），或是關切生態保育之民間團體，吸引更多實務工作者共同參與道路生態議題。

在議題研討的部分，建議除了更了解歐美國家較為紮實的理論基礎與實務經驗外，亦可邀請與台灣天然災害條件相近的國際學者(如日本)，以更能貼近台灣山高、水急、路窄等特性，提供實務上的操作指引，同時也建議國內的工程單位能有更多的參與，能多學習實作面的規劃設計，應用於工作上。

四、由特定單位主責生態資料庫之建立整併與公開，供其他單位做應用整合

台灣在建立了環境影響評估及生態檢核機制下，使各部門在開發計畫或是公共建設計畫項下累積了相當多的生態監測與調查成果，然資料散落在各個機關並未公開，且多數可能為紙本資料、或是由於規格與方法不一而難以採用分析。在國土生態綠網計畫的整合基礎上，建議持續精進資料庫的整合應用，建立系統化與標準化的調查方法準則，以逐步建置各區域生態資料庫。

五、針對生物特性、威脅因子與減輕措施偏好等背景資料，啟動研究調查工作

目前已能透過路殺紀錄得知會受路殺致死的物種清單，也能初步得知路殺熱點分布，然目前對基礎生物特性了解不足，缺乏對物種習性、威脅因子、以及路殺對於族群影響嚴重性的了解，需要更多對於生物基礎特性的研究分析、以及生物受到各類型人為設施的影響程度研究(如道路與其附屬設施、溪流與邊坡工程等)，才得以得知物種受威脅程度，藉以訂定優先關注與改善的順序。

另外由於過往較少對於物種使用減輕措施的偏好研究，建議相關單位可參考加拿大針對道路減輕措施所進行的研究方法，例如試驗不同的動物通道型態(如天橋或地下通道)、不同材質的圍籬其通透性及網格大小對於動物的防護效果，並針對台灣物種及環境特性做更進一步的試驗研究，提供道路改善的應用。

5.2 政策/制度推展建議

一、組織跨部會「道路生態推動小組」，定期追蹤道路生態友善改善情形

從國外經驗來看，道路生態議題的處理涉及跨部會及跨專業的協力推動。由於國內道路生態議題涉及交通、水利、水保、生態保育等相關部門的業務範疇，許多從業人員表示在道路生態友善的議題上具有無法源依據、經費少、調查人員缺乏、工程研商時間短等情形，需要跨部會的推動小組訂定政策方針、進行整合調配。

在初期建議可延續目前由農委會林務局所啟動的「國土生態綠色保育網絡」計畫中與交通部門、水利部門的協力，針對道路生態議題邀集部會代表及相關專家學者成立「道路生態推動小組」，定期討論道路生態友善的推動與研處情形，進行資源與業務分工的協調，以及參與重大道路建設工程的規劃設計審議過程，確保生態考量得以納入評估流程。後續可成立正式的專案小組，由更上位機關主責整合調配，訂定整合性行動策略及成效評估追蹤機制。

二、改善工程作業流程、訂定生態友善規範或建立道路生態友善執行手冊/準則

實際設置道路生態改善措施前，能有適切的評估流程，使生態與工程背景人員能充分掌握資訊並討論，是改善措施效益能否發揮的關鍵，而針對不同動物類群、不同棲地環境、不同道路形式以及不同的道路致死影響因子，也需要透過更多背景資訊的評估作因地制宜的討論，藉以擬定較為適合的改善對策與動物通道設計。

目前的工程規範與作業流程上，仍以結構強度主導規劃設計，較無太多生態友善協調的空間，因此建議公共工程管理單位能在制度面上改善工程作業流程、考慮延長規劃設計期程、新增生態需求為保護標的之一、納入生態專業人員參與討論與審議，訂定工程後續的維護管理與監測計畫，以評估生態復原狀況。在實務上可參考沖繩綜合事務局北部國道事務所所提出的沖繩的小動物保護對策指南，其為依據沖繩地區生態環境特性，針對陸域小型動物的道路致死課題，按照工程各階段特性提出(a)應注意項目、(b)應執行之生態作業、(c)建議執行改善對策、(d)既有設計案例等，以取得公共工程與生態保育的平衡點。

而在道路跨越溪流結構的設計原則上，則可參考國外的溪流模擬設計(stream simulation design)。溪流模擬設計以水理計算為基礎算出通洪斷面，保留更寬、更深的橋樑或箱涵空間，避免過大的垂直落差，依溪段的河相特性回鋪配置大石、砂礫等自然底質，營造魚蝦可棲息及通過的溪床型態，兩側灘地堆高供陸域動物可通行的乾燥走道。建議引進並依台灣環境特性發展溪流模擬設計方法學，作為農路或林道工程的設計原則規範。

三、透過系統性盤點與規劃，提出部門整合推動的道路生態友善長程計畫

參考荷蘭推動路殺減輕與棲地破碎化改善的經驗，他們在 1970 到 1980 年代間針對道路生態衝擊減輕做了各種努力，但其缺乏從地景尺度作系統性的盤點與整體規劃，也欠缺維護管理，難以評估改善與棲地修復的實效。而後透過 1990 年啟動國家綠網建置計畫(NEN)，以及 2001 年由中央政府的水路運輸部、經濟部、農業部與鐵路部門共同啟動的「長程棲地破碎化改善計畫(Long-term Program on Defragmentation, MJPO)」，整合了中央與地方部會，以系統性方法進行區位盤點，統一性研擬處理方案並決定優先行動。

待國內在道路生態議題的關注度及處理急迫性達一定成熟度，建議參考荷蘭經驗，整合相關部門共同啟動道路生態友善長程計畫，系統性盤點交通路網造成棲地破碎化的現況，指認重要區位及改善優先順序，並於推動策略上參考 MJPO 以地區導向的規劃手段，以提高潛在方案與既有公共建設的彈性協調空間，改善整體國土受道路系統切割而破碎化的現況。

附錄一 道路生態國際工作坊簡章

在路上做保育：臺灣道路生態的衝突、挑戰與機會

道路生態國際工作坊

指導單位：行政院農業委員會林務局

執行單位：財團法人台灣生態工法發展基金會

協辦單位：社團法人台灣石虎保育協會

背景及重要性

臺灣素以多元地景風貌與生物多樣性聞名於國際，然而這些特殊的地景與生態，隨著產業與環境發展變遷，快速都市化的通聯需求，使得道路建設持續向丘陵與山區蔓延，侵入溪流廊道與海岸地景，使得棲地破碎化與劣化問題持續加劇，影響到各類生物棲息、移動與繁殖所需的生存空間。最明顯的例子，就是在低海拔山區道路，蜿蜒的道路結構，增加駕駛者視線死角與反應時間，而各種淺山動物如石虎、鼬獾、蛙類、蛇類、蜥蜴等，順著地勢或溪澗移動時，經常會遇到不熟悉的道路結構，就可能落入道路結構產生的動物陷阱而死亡，或是被擋在一側，或是在穿越路面的過程中遭到路殺，這些個體危機都會對族群存續造成衝擊。

道路生態是國際上快速發展的實戰科學，旨在解決交通系統造成的環境衝擊。過去數十年間，歐洲、加拿大與美國等先驅國家，體認到各種開發與道路建設對自然棲地造成嚴重的破碎與阻隔，造成生物多樣性持續下降，於是開始打造各類動物通道及衝擊減輕措施，並且興起各式國際型研討會，彼此分享經驗、交流成果，各國交通部門也積極參與道路生態的推動，將之視為回應「生物多樣性公約」維護生物多樣性的重要指標。

在臺灣社會漸漸重視生態環境，並在農委會林務局啟動國土生態綠網計畫下，相關的公共建設需要更正視開發對於生態環境所造成的副作用，開啟工程生態減輕的討論，並研擬生態瓶頸點的改善方法。因此，在農委會林務局的支持下，本計畫預計透過邀請國際學者，與國內關注石虎保育之 NGO 團體合作辦理交流工作坊及參訪活動，針對北部淺山地區相關物種受到道路切割及路殺的情形，提供新興觀點及國際經驗，給予道路、生態相關部會在政策與執行方法改善上的建議。

為深度盤點臺灣山區道路系統的議題，提出生態廊道評估與推廣的策略，我們邀請在國際享譽盛名的 Tony Clevenger 博士團隊成員來臺訪問。他們將親自走訪調查各地典型道路規劃設計，並在為期兩天的道路工作坊擔任主講者，以石虎道路課題與改善對策為主要案例，與臺灣道路生態相關的學者、工作者及相關公部門代表聚焦討論，期能協助臺灣發展出系統性評估與規劃方法，逐步落實道路生態的理念。

本工作坊將探討道路設施的生態衝擊與減輕措施，讓與會者對道路生態的規劃設計與對策評估有基本認識，研訓重點包括：(1) 引進道路生態培訓課程，協助工程及生態專業人員快速掌握道路結構對野生動物的生態衝擊、減輕對策的規劃設計重點、系統性生態衝擊評估的方法與原則、(2) 從國內外實際案例互相交流、經驗學習、(3) 促進公部門、學者、實務工作者、NGO 公民組織的對話與協作，聚焦探討臺灣當前道路生態現況、待解決的問題、策略與方向。

關於講師

本次工作坊邀請國際知名的道路生態團隊，由左而右依序為 Anthony P. Clevenger 博士、Clara Grilo 博士與 Gordon Keller 工程師，他們將帶領工作坊課程，引導交通及生態專業間的跨領域對話。



Clevenger 博士是國際享譽盛名的道路生態議題研究與對策研擬專家，自 1996 年受邀擔任加拿大阿爾伯特省的班夫國家公園 (Banff National Park) 道路生態改善計畫主持人，領導研究團隊以全面性視野推動地景保育與野生動物衝擊改善，在班夫國家公園完成許多代表性的案例，成為世界各國探討公路生態設計與通道成效監測的最佳典範與諮詢對象。Clevenger 博士擁有豐富的學術及實務經驗，曾在加拿大、美國、中美洲及歐洲的主導多項道路生態規劃工作，發表超過 70 篇國際期刊論文，並共同執筆三本道路生態書籍，包括道路生態學代表作「道路生態學：科學與解決對策 (Road Ecology: Science and Solutions, Island Press 2003)」。近年，Clevenger 博士致力於發展道路生態學的教學與溝通工作，工作團隊多次受邀訪問拉丁美

洲與亞洲國家，為政府單位及顧問公司舉辦道路生態訓練課程，憑藉豐富的理論與實務經驗，尤其擅長於引導公部門、研究團隊、專業工作者與公民代表之間的溝通協調與意見整合。

Grilo 博士專長為保育生物學與道路生態，研究主題包括：道路對野生動物個體空間行為模式、族群生態與遺傳結構效應，路殺死亡及族群續存的風險，減輕道路生態衝擊措施的成效評估。目前的研究主要探討道路對鳥類與哺乳類分布、個體空間行為、族群基因結構、致死風險對族群存續的影響，以及道路衝擊減輕對策的量化效益評估。

Keller 先生曾服務於美國國家森林局(1972-2011)，擔任大地工程師與計畫經理。他持有美國加州土木工程技師與大地工程技師合格證照，專長包括坡地穩定、檔土結構、基礎設計、道路排水、溪流復育、橋梁與壩堰設計修復、治水工程等。多次應邀擔任國際道路友善訓練的講師，協助 1998 年颶風米契在中美洲國家與颶風喬治在多明尼加共和國的災後復建，在中美洲許多國家擔任道路天災風險調適訓練課程講師，並協助中美洲、墨西哥、南美洲、海地、非邁、澳洲、中國、印度與西太平洋地區的道路設計與環境評估。

活動目標

透過國際學者訪問交流的機會，聚焦探討國土生態綠網如何應用於道路設計改善與衝擊減輕，藉由工作坊交流研討與實地參訪，與學者、公民組織、道路相關部門共同參與道路瓶頸點的改善與規劃。我們希望借重國際推動生態綠網的長期經驗，在政策面的溝通協調、跨部門整合、公私協力等面向，與國內外專業者交流請益，促進生態廊道的發展。

參與對象

農委會林務局與新竹、東勢、南投林區管理處、農委會特有生物研究保育中心、農委會水土保持局、交通部高速公路局與公路總局、內政部營建署、經濟部水利署、縣市政府、道路生態相關規劃與工程顧問公司、環境非政府組織等，本工作坊採邀請報名，恕不開放直接報名。

活動資訊

- 日期：2019 年 8 月 12-13 日
- 地點：苗栗龍巖金鬱金香酒店 名爵宴會廳
- 聯絡人：生態工法基金會專員 陳映婷 / 鄧明軒

Email : service@eef.org.tw 電話 : 02-2322-2193

8月12日	道路生態工作坊 (第一日)
09:00-09:10	Opening 開幕致詞
09:10-09:40	Taiwan's ecological network: current situation and priorities for restoration 國土生態綠網：建構臺灣生態廊道與復育策略 陳郁屏 台灣生態工法發展基金會
09:40-10:20	Impacts of transportation infrastructure to the environment 交通設施對環境的衝擊 Tony Clevenger (視訊)
10:20-10:40	茶敘
10:40-11:20	Impacts of transportation infrastructure on wildlife 交通設施對野生動物的衝擊 Clara Grilo
11:20-12:00	Hydraulic Issues with roads: culverts, fords, bridges 道路的水問題：排水、箱涵、跨橋 Gordon Keller
12:00-13:00	午餐
13:00-13:30	The state of knowledge in Taiwan on the impacts of infrastructures on wildlife and landscape 臺灣現況：道路設施對野生動物與地景的衝擊 陳宛均 農委會特有生物研究保育中心
13:30-14:15	Methods: Patterns of mortality and impacts on wildlife populations 方法：路殺的分析應用以及對野生動物族群的影響 Clara Grilo
14:15-15:30	Methods: Wildlife crossing structures planning and design 方法：野生動物道路穿越結構的規劃與設計 Tony Clevenger (視訊)
15:30-16:00	茶敘
16:00-16:45	Methods: Stream simulation and fish/aquatic organism passage 方法：溪流模擬設計與水域生物移動/洄游 Gordon Keller

8月13日	道路生態工作坊 (第二日)
09:00-09:30	Ecological impacts assessments 生態衝擊評估 Clara Grilo
09:30-10:00	Evaluation of mitigation measures 道路生態減輕對策的評估 Tony Clevenger (視訊)
10:00-10:30	茶敘
10:30-11:00	Environmentally sensitive road maintenance 環境敏感道路的維護管理 Gordon Keller
11:00-11:20	Taiwan: Aspects of Road Engineering 臺灣的道路工程 交通部公路總局
11:20-11:40	Taiwan: from ecological barriers to green routes 國道綠廊道 交通部高速公路局
11:40-12:10	Taiwan: case study on Leopard cats 石虎的道路生態課題 姜博仁 野聲環境生態顧問有限公司、社團法人台灣石虎保育協會
12:10-13:00	午餐
13:00-15:40	Define priorities and priority actions in Taiwan 指認臺灣道路生態的關鍵課題與優先行動 Clara, Gordon
15:40-16:00	茶敘
16:00-16:30	Final discussion: How to reach the current needs for road ecology research and integration into practice 綜合討論：如何有效達成所擬定的減輕對策與研究 Clara, Gordon
16:30-17:00	閉幕

活動備註

- 本活動將有口譯人員進行全程翻譯，借用耳機請於活動當天攜帶證件並支付押金 200 元。
- 會場提供午餐及茶水。
- 與會者 8/8 前訂房可享優惠，請註明參加【道路生態工作坊】。(苗栗馥藝金鬱金香酒店 037-539888)

附錄二 道路生態國際工作坊回饋問卷



道路生態國際工作坊回饋問卷

一、基本資料

1. 單位/職業類別：

政府部門 學術單位 NGO 團體 顧問公司

2. 專業領域：

生態調查與保育 自然資源管理 空間規劃
 土木及道路工程 水利及水保工程
 社會科學(含政策分析、協調溝通等專業)
 其他_____

二、活動滿意度

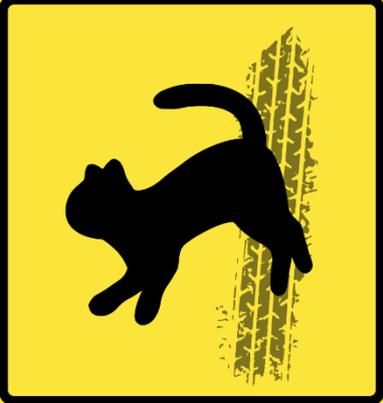
		非常 滿意	滿意	普通	不滿 意	極不 滿意
1	請問您對報名便利性是否滿意？					
2	請問您對場地安排是否滿意？					
3	請問您對演講主題安排是否滿意？					
4	請問您對本次活動的整體評價？					

三、綜合意見

1. 請問您認為兩天工作坊過程中，哪段分享或交流最有收獲，為什麼？

請翻下頁

附錄三 平面設計成果

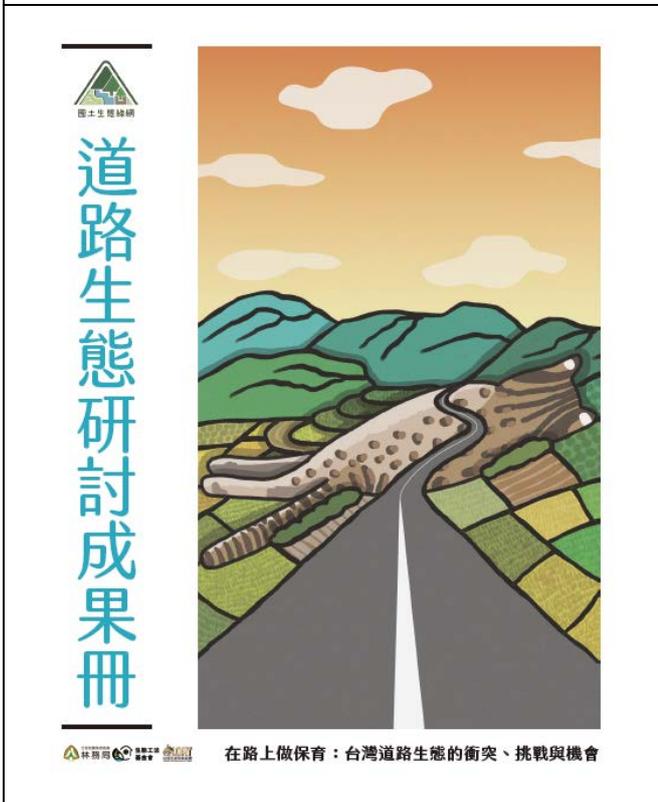
	<p>2019. 08. 12-13 道路生態國際工作坊</p> <p>Transportation Infrastructure and Wildlife Conservation</p> 
<p>場地佈置用—大型輸出展版</p>	<p>工作坊用—參與者名牌</p>
	
<p>場地佈置及宣傳用—A1 海報</p>	<p>工作坊贈品—道路生態筆記本</p>



工作坊主視覺—PPT 背景頁



工作坊主視覺—PPT 切換頁



道路生態研討成果冊—封面



道路生態研討成果冊—目錄

道路生態工作坊 簽到表

2019/8/12

序號	單位/職稱	姓名	簽到欄
1	花蓮林區管理處/技正	王元均	王元均
2	野聲環境生態顧問有限公司/ 研究助理	王玉婷	王玉婷
3	台灣生態學會、社團法人石虎 保育協會/理事	王豫煌	
4	台灣石虎保育協會/秘書長	吳佳其	
5	勇霖工程顧問有限公司/負責 人、技師	吳重君	吳重君
6	交通部公路總局第二區養護工 程處苗粟工務段/約僱人員	吳珮嘉	吳珮嘉
7	林務局治理組/技士	吳國欽	吳國欽
8	漢林生態顧問公司/研究員	李家徽	李家徽
9	苗栗縣政府水利處/技正	杜英嘉	杜英嘉
10	東勢林區管理處育樂課/技士	卓郁樺	卓郁樺
11	特有生物研究保育中心/計畫 助理	房兆屏	房兆屏
12	觀察家生態顧問有限公司/ 資深研究員	林佳宏	林佳宏

附錄四 道路生態國際工作坊簽到表

道路生態工作坊 簽到表

2019/8/12

序號	單位/職稱	姓名	簽到欄
1	特聘講師	Clara Grilo	Clara Grilo
2	特聘講師	Gordon Keller	Gordon Keller
3	行政院農業委員會林務局/ 副局長	廖一光	
4	行政院農業委員會林務局/ 保育組組長	夏榮生	夏榮生
5	行政院農業委員會林務局/ 保育組技士	王佳琪	
6	台灣生態工法發展基金會/ 執行長	陳郁屏	陳郁屏
7	特有生物研究保育中心/ 助理研究員	陳宛均	陳宛均
8	交通部公路總局/科長	吳侑霖	吳侑霖
9	交通部高速公路局/科長	游安君	游安君
10	台灣石虎保育協會/常務理事	姜博仁	姜博仁
11	台灣石虎保育協會/理事長	陳美汀	陳美汀
12	台灣環境資訊中心/特約記者	廖靜蕙	廖靜蕙

道路生態工作坊 簽到表

2019/8/12

序號	單位/職稱	姓名	簽到欄
13	水土保持局/工程員	林信佑	林信佑
14	臺北市立動物園/保育中心研究人員	林宣佑	林宣佑
15	特有生物研究保育中心/研究助理	林容安	林容安
16	中興工程顧問公司(工程美學中心)/規劃師	林益正	林益正
17	水土保持局/工程員	林程翰	
18	漢林生態顧問有限公司/經理	林雅玲	林雅玲
19	行政院農業委員會特有生物研究保育中心/助理研究員	林德恩	林德恩
20	水土保持局/助理工程員	林曉萱	
21	經濟部水利署第一河川局/工程員	徐宏璋	徐宏璋
22	水土保持局/工程員	翁源泉	翁源泉
23	新北市政府養護工程處/正工程司	張良基	張良基
24	苗栗縣政府/科長	張菁	張菁

道路生態工作坊 簽到表

2019/8/12

序號	單位/職稱	姓名	簽到欄
25	特有生物研究保育中心/計畫助理	莊書翔	莊書翔
26	台灣兩棲類動物保育協會/監事	郭泓源	郭泓源
27	國立臺南大學流域生態環境保育研究中心/專任助理	郭庭豪	郭庭豪
28	交通部公路總局/主任工程師	陳文琦	
29	水土保持局/工程員	陳均美	陳均美
30	中國文化大學生命科學系/副教授	陳怡惠	陳怡惠
31	苗栗縣政府農業處/技士	陳奕全	陳奕全
32	漢林生態顧問有限公司/研究員	陳柏鐸	陳柏鐸
33	漢林生態/調查員	陳盈先	陳盈先
34	公路總局第二區養護工程處/幫工程司	陳韋升	陳韋升
35	國立臺南大學流域生態環境保育研究中心/專任助理	陳凱偉	陳凱偉
36	野聲環境生態顧問有限公司/研究員	曾建偉	

道路生態工作坊 簽到表

2019/8/12

序號	單位/職稱	姓名	簽到欄
49	交通部公路總局第二區養護工程處/副工程師	謝宗翰	謝宗翰
50	東海大學 助理	謝韻婷	
51	台灣石虎保育協會/專員	顏振暉	顏振暉
52	特聘翻譯	張東君	張東君
53	特聘翻譯	柯乃瑜	柯乃瑜
54	台灣生態工法發展基金會	鄭偉群	鄭偉群
55	台灣生態工法發展基金會	羅子翔	羅子翔
56	台灣生態工法發展基金會	陳映婷	陳映婷
57	台灣生態工法發展基金會	鄒明軒	鄒明軒
58	台灣生態工法發展基金會	蘇子翔	蘇子翔
59	台灣生態工法發展基金會	莊榮州	莊榮州
60	台灣生態工法發展基金會	施凱寧	施凱寧

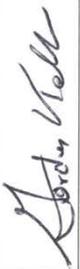
道路生態工作坊 簽到表

2019/8/12

序號	單位/職稱	姓名	簽到欄
37	交通部高速公路局/幫工程師	程皖琨	程皖琨
38	交通部公路總局/幫工程師	黃舒瑜	
39	苗栗縣政府工務處/技士	黃璋琳	黃璋琳
40	林務局保育組/技士	楊育昌	
41	新竹林區管理處/技正	楊淑瀚	
42	苗栗縣政府/技佐	董昭巖	
43	觀察家生態顧問有限公司/助理	劉威廷	劉威廷
44	苗栗縣政府工務處/技佐	蔡元博	蔡元博
45	特有生物研究保育中心/業務助理	蔡富安	蔡富安
46	東海大學/博士後研究員	蔡鵬如	蔡鵬如
47	林務局新竹林區管理處/技正	蕭國暉	蕭國暉
48	林務局治理組/技正	戴欣怡	戴欣怡

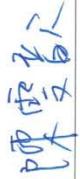
道路生態工作坊 簽到表

2019/8/13

序號	單位/職稱	姓名	簽到欄
①	特聘講師	Clara Grilo	
②	特聘講師	Gordon Keller	
3	行政院農業委員會林務局 / 副局長	廖一光	
4	行政院農業委員會林務局 / 保育組組長	夏榮生	
5	行政院農業委員會林務局 / 保育組技士	王佳琪	
6	台灣生態工法發展基金會 / 執行長	陳郁屏	
7	特有生物研究保育中心 / 助理研究員	陳宛均	
8	交通部公路總局 / 科長	吳侑霖	
9	交通部高速公路局 / 科長	游安君	
10	台灣石虎保育協會 / 常務理事	姜博仁	
⑪	台灣石虎保育協會 / 理事長	陳美汀	
12	台灣環境資訊中心 / 特約記者	廖靜蕙	

道路生態工作坊 簽到表

2019/8/12

序號	單位/職稱	姓名	簽到欄
	高公局 / 工程師	奇運樟	
	苗栗縣自然生態館	張育誠	
	苗栗縣政府 保育科	陳雲軒	
	生態工法	林宇濤	
	特生中心	林子暉	
	口譯設備	張翹	
	口譯設備	吳承翰	

道路生態工作坊 簽到表

2019/8/13

序號	單位/職稱	姓名	簽到欄
1	花蓮林區管理處/技正	王元均	王元均
2	野聲環境生態顧問有限公司/ 研究助理	王玉婷	王玉婷
3	台灣生態學會、社團法人石虎 保育協會/理事	王豫煌	
④	台灣石虎保育協會/秘書長	吳佳其	
5	勇霖工程顧問有限公司/負責 人、技師	吳重君	
6	交通部公路總局第二區養護工 程處苗栗工務段/約僱人員	吳珮嘉	吳珮嘉
7	林務局治理組/技士	吳國欽	吳國欽 李家徽
8	漢林生態顧問公司/研究員	李家徽	
9	苗栗縣政府水利處/技正	杜英嘉	杜英嘉
10	東勢林區管理處育樂課/技士	卓郁樺	卓郁樺
11	特有生物研究保育中心/計畫 助理	房兆屏	房兆屏
12	觀察家生態顧問有限公司/ 資深研究員	林佳宏	林佳宏

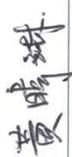
道路生態工作坊 簽到表

2019/8/13

序號	單位/職稱	姓名	簽到欄
13	水土保持局/工程員	林信佑	林信佑
14	臺北市立動物園/保育中心研 究人員	林宣佑	
15	特有生物研究保育中心/研究 助理	林容安	林容安
16	中興工程顧問公司(工程美學 中心)/規劃師	林益正	
17	水土保持局/工程員	林程翰	
18	漢林生態顧問有限公司/經理	林雅玲	林雅玲
①9	行政院農業委員會特有生物研 究保育中心/助理研究員	林德恩	林德恩
20	水土保持局/助理工程員	林曉萱	
21	經濟部水利署第一河川局/ 工程員	徐宏璋	徐宏璋
22	水土保持局/工程員	翁源泉	翁源泉
23	新北市政府養護工程處/ 正工程司	張良基	張良基
24	苗栗縣政府/科長	張華	

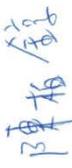
道路生態工作坊 簽到表

2019/8/13

序號	單位/職稱	姓名	簽到欄
37	交通部高速公路局/幫工程師	程皖琨	
38	交通部公路總局/幫工程師	黃舒瑜	
39	苗栗縣政府工務處/技士	黃暉琳	
40	林務局保育組/技士	楊育昌	
41	新竹林區管理處/技正	楊淑瀚	
42	苗栗縣政府/技佐	董昭巖	
43	觀察家生態顧問有限公司/協理	劉威廷	
44	苗栗縣政府工務處/技佐	蔡元博	
45	特有生物研究保育中心/業務助理	蔡富安	
46	東海大學/博士後研究員	蔡鵬如	
47	林務局新竹林區管理處/技正	蕭國暉	
48	林務局治理組/技正	戴欣怡	

道路生態工作坊 簽到表

2019/8/13

序號	單位/職稱	姓名	簽到欄
25	特有生物研究保育中心/計畫助理	莊書翔	
26	台灣兩棲類動物保育協會/監事	郭泓源	
27	國立臺南大學流域生態環境保育研究中心/專任助理	郭庭豪	
28	交通部公路總局/主任工程師	陳文琦	
29	水土保持局/工程員	陳均美	
30	中國文化大學生命科學系/副教授	陳怡惠	
31	苗栗縣政府農業處/技士	陳奕全	
32	漢林生態顧問有限公司/研究員	陳柏鏘	
33	漢林生態/調查員	陳盈先	
34	公路總局第二區養護工程處/幫工程師	陳韋升	
35	國立臺南大學流域生態環境保育研究中心/專任助理	陳凱偉	
36	野聲環境生態顧問有限公司/研究員	曾建偉	

道路生態工作坊 簽到表

2019/8/13

序號	單位/職稱	姓名	簽到欄
	公視.我們的島	陳信利	陳信利
	〃	張光宗	張光宗
	高公局	李心禛	李心禛
	苗栗縣自然生態	張育誠	張育誠
	特生中心	林子晴	林子晴
	台大景觀	蘇事逸	蘇事逸

道路生態工作坊 簽到表

2019/8/13

序號	單位/職稱	姓名	簽到欄
49	交通部公路總局第二區養護工程處/副工程司	謝宗翰	謝宗翰
50	東海大學/助理	謝韻婷	
51	台灣石虎保育協會/專員	顏振暉	顏振暉
52	特聘翻譯	張東君	張東君
53	特聘翻譯	柯乃瑜	柯乃瑜
54	台灣生態工法發展基金會	鄭偉群	鄭偉群
55	台灣生態工法發展基金會	羅子翔	羅子翔
56	台灣生態工法發展基金會	陳映婷	陳映婷
57	台灣生態工法發展基金會	鄒明軒	鄒明軒
58	台灣生態工法發展基金會	蘇子翔	蘇子翔
59	台灣生態工法發展基金會	莊榮州	莊榮州
60	台灣生態工法發展基金會	施凱寧	施凱寧