

第九章 相關課題探討

9.1 外來入侵種課題

科技發達便捷了人類的交通，也在有意或無意中將生物帶離原本的棲地環境，如(1)農業或貿易行為(2)寵物或觀賞用(3)生物防治上的需求(4)物種偷渡(5)科學研究不慎逸出等行為，加速將生物拓展到自然狀態下難以到達的環境。大部分的外來種在進入到新的生態環境後，通常會因為不適應棲地環境而逐漸消失；然有少部分的外來種會適應當地生態條件，並成功交配繁衍族群，且因缺乏制衡的生態機制如天敵、疾病等因子而呈現爆炸性的數量成長，形成惡性的「外來入侵種(或稱入侵種)」，造成當地生態系統的破壞。外來入侵種的已證實的負面影響包含競爭且排擠原生物種、帶來額外的疾病或寄生蟲感染、雜交污染本地物種基因、造成生物多樣性喪失如食物網絡破壞、生態結構劣化等，甚至經濟與產業上的損失。臺灣本身屬於島嶼型生態系，已演化擁有自己獨特的生態系統，因此在面臨外來種入侵時更顯敏感與脆弱；過去即因為經濟、玩賞或是無意之下引入外來種，並演變成外來入侵種課題，造成多起農業、生態或經濟上的重大損失。本計畫即針對其具有顯著危害性，威脅生態系統與生物多樣性與經濟、安全之「入侵種」課題進行探討。

由於入侵種管理工作項目內容龐雜並涉及眾多單位，為執行行政院永續發展委員會針對入侵種防除管理所列之內容，行政院農業委員會動植物防疫檢疫局已於92年3月底成立「加強入侵種管理諮詢委員會」，結合農委會所屬各機關積極推動相關重點工作，並商請專家學者進行評估，其工作內容包括建置外來入侵種之管制、防疫、檢疫及監測機制、鑑定外來種為入侵種之風險評估機制，以及引入、野放、逸出外來種之影響評估、管理及監測機制，並且積極進行影響本土生物多樣性及人畜疾病之入侵種防治，以及建立外來種清單。本次期中報告即依據「加強入侵種管理諮詢委員會」之討論與決議成果，整理各入侵種之相關主管單位(表9.1-1)、國內現行防治處理與相關資訊來

源，供後續外來入侵種移除計畫辦理之參考(如表9.1-2)。

表 9.1-1 加強入侵種管理諮詢委員會決議之入侵種生物管理分工情形

入侵種生物類別		主管機關	法令依據
動物	1.家畜、家禽	畜牧處	畜牧法 動物保護法
	2.寵物		
	3.野生動物	林務局 特生中心	野生動物保育法
	4.昆蟲		
植物	1.園藝農作物	農糧署	植物品種及種苗法
	2.林木、雜草、林業用微生物	林務局 林試所	森林法
	3.野生植物		
	4.飼料作物	畜牧處	畜牧法
水生動植物	魚、蝦、貝類、藻類	漁業署	漁業法
動植物有害生物	1.動物傳染病	防檢局	動物傳染病防治條例 植物防疫檢疫法
	2.植物病蟲害		

資料來源：入侵種生物之現況與管理(財團法人國家政策研究基金會國政研究報告，2005)

表 9.1-2 國道沿線外來入侵種課題之相關主管單位

入侵種	主管單位	既有防除方式或作業程序資訊
小花蔓澤蘭	行政院農業委員會林務局	1. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局「認識小花蔓澤蘭及其防治」宣導摺頁 2. 行政院農業委員會辦理「小花蔓澤蘭四年防治計畫」。
香澤蘭	行政院農業委員會林務局	以物理防除法為主
銀合歡	行政院農業委員會林務局	1. 機械防除為主，尚無有效標準防治程序。 2. 藥劑注射與生物防治仍在試驗階段。
銀膠菊	行政院農業委員會林務局	1. 行政院農業委員會林務局「認識外來入侵植物銀膠菊」宣導摺頁 2. 行政院農業委員會林務局辦理之「銀膠菊防治行動計畫」
紅火蟻	1. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局為主管機關 2. 成立國家紅火蟻防治中心負責紅火蟻通報、處理、監測與防治策略研究以及教育宣	1. 「紅火蟻標準作業程序第3版」 2. 「營建基地紅火蟻偵察、防治及植栽與土石方移動管制標準作業程序」。

入侵種	主管單位	既有防除方式或作業程序資訊
	導等工作。	
刺桐紬小蜂	行政院農業委員會林業試驗所	1. 行政院農業委員會林業試驗所「搶救刺桐大作戰：刺桐紬小蜂的分布與防治建議」 2. 行政院農業委員會林業試驗所提供之建議防治流程
蘇鐵白輪盾介殼蟲	行政院農業委員會動植物防疫檢疫局	行政院農業委員會動植物防疫檢疫局所「蘇鐵白輪盾介殼蟲之診斷鑑定與防治」宣導摺頁
多線南蜥	行政院農業委員會特有生物研究保育中心	1. 目前尚無積極有效之防治方法 2. 相關資訊：行政院農業委員會特有生物研究保育中心「不蜥-外來入侵種多線南蜥簡介及其防治建議」。
白尾八哥	行政院農業委員會林務局	因國內已普遍分布，目前尚無標準防治作業流程，主要列入觀察對象。
河殼菜蛤	行政院農業委員會特有生物研究保育中心	目前多利用 1. 人工清除 2. 飼養大頭鯪、青魚(烏鰡)捕食 3. 乾季將水道斷絕水源等乾燥法
福壽螺	行政院農業委員會動植物防疫檢疫局	1. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局有針對福壽螺提出防治與用藥建議 2. 用青魚(烏鰡)進行福壽螺在深水栽培作物如茭白筍、蓮花田內之生物防治研究 3. 民間使用菜鴨(稻間鴨)配合進行稻田或茭白筍田之福壽螺防治。
布袋蓮	行政院農業委員會農田水利處	臺灣灌溉水渠常於施用殺草劑後流放或機械方式清除殘株。
松材線蟲	行政院農業委員會林務局	行政院農業委員會林業試驗所提供之松材線蟲防治手冊

資料來源：本計畫整理

由於國道本身特性為線性工程系統，尤其以國道1號、3號兩條主要幹道貫穿臺灣南北兩端，另有國道2號、4號、6號、8號與10號作為東西向連結。以國外文獻資料而言，部分適應人圍環境的入侵種會利用道路邊緣做為入侵擴散之管道，造成本土性物種生存壓力。目前國道沿線為受人為影響較大之環境，亦成為部分入侵種棲息繁衍場所，如入侵種鳥類白尾八哥會利用交通號誌孔洞、橋梁、隔音牆等道路設施來築巢、停棲等；或植物方面如香澤蘭、銀合歡、小花蔓澤蘭等入

侵種課題(圖9.1-1)。本計畫已針對高速公路周邊既有入侵種課題如小花蔓澤蘭、香澤蘭、銀合歡、銀膠菊、紅火蟻、刺桐紬小蜂、蘇鐵白輪盾介殼蟲、多線南蜥等，以及潛在之入侵種課題如河殼菜蛤、福壽螺、布袋蓮、松材線蟲、白尾八哥等進行資料彙整與釐清。

9.1.1 國道沿線主要外來入侵種資訊彙整

本計畫摘要彙整高速公路沿線較為重要之外來入侵種課題，釐清外來入侵種分布範圍、危害情形與現有因應對策，除整合整行政院農委會於民國92年所訂定之「臺灣十大外來入侵種」現況與其他相關資訊外，亦經工作坊之專家顧問會談討論，依各外來入侵種特性與現況，將其分列為(1)高公局已建立防除機制者(2)高公局轄區內有發現，然尚待建立防除機制者(3)其它潛在外來入侵種課題，以進行整理與分析，做為未來調查、資訊蒐集與可能對策擬定之依據。國道沿線主要危害之外來入侵種主管單位與既有防除措施摘要如表9.1-2，較詳細之生態資訊與主要危害原因則分述如後。

(1) 已建立防除機制者

高公局外來入侵種防治業務目前屬於工務段之路容景觀業務，分屬外來入侵植物防除與入侵紅火蟻防治兩部分。外來入侵植物防除包括小花蔓澤蘭、香澤蘭與銀合歡。而小花蔓澤蘭、香澤蘭、紅火蟻與刺桐紬小蜂為防治成效較為明確之外來入侵種。分列其資訊如表9.1.1-1至表9.1.1-4。



圖 9.1-1 國道沿線之外來入侵種照片

表 9.1.1-1 小花蔓澤蘭(*Mikania micrantha*)

項目	說明
物種	小花蔓澤蘭(<i>Mikania micrantha</i>)
原產地與入侵區域	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原產於中南美洲與加勒比海之中低海拔與平原地區 2. 擴散區域包含毛里西斯、印度、孟加拉、斯里蘭卡、泰國、馬來西亞、新加坡、印尼及菲律賓。 3. 廣泛出現在太平洋諸島嶼，其他如巴布亞新幾內亞、澳洲昆士蘭北部亦有發現。
生態特性	<ol style="list-style-type: none"> 1. 多年生草質或稍木質藤本。 2. 花果期為 10 月至翌年 1 月，種子散播期在 12 月至翌年 2 月。 3. 在土壤潮濕、疏鬆、富含有機質及陽光充足的生育地中生長特別迅速，然不耐遮蔭、乾燥及貧瘠的土壤。 4. 生活週期短、生長速度極快、種子數龐大、可藉風力散播且能以營養體進行無性繁殖為其擴張迅速之主因。
主要危害	<ol style="list-style-type: none"> 1. 其繁殖力旺盛、生長迅速，常大量攀附覆蓋於其他植栽上阻隔光合作用，形成纏勒現象造成植栽死亡。 2. 因強烈競爭排除作用，造成生態系多樣性大量消失，影響生態系統結構與層次。
臺灣入侵狀況	小花蔓澤蘭在高雄、屏東、臺東、臺南等的低海拔開闊地、林道公路兩旁均可見，中部與東部海拔 1,000 公尺以下的人工林、次生林及保安林亦有分布，以靠近山區的荒廢果園、檳榔園、廢耕地、路旁及邊坡地受害情形較為嚴重。
防治措施	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以夏天及秋天的切除蔓藤效果較大，冬季及春季切蔓成效較差。報導指出如果以連續除蔓之方法，再配合上夏秋兩季每隔 3 週切蔓 1 次，連續切蔓 3 次，則效果顯著提升，抑制小花蔓澤蘭生長有 90% 以上的效果。 2. 在生物防治上，迄今尚未發現較有效之方式。
高公局處理情形	於民國 94 年 5 月制定「小花蔓澤蘭清除計畫」，訂定每年於 5 月生長期調查蔓延面積確認清除範圍、7-9 月每月清除 1 次及於 10-11 月開花期間全面調查殘留面積以評估清除成效，且自民國 95 年起每年 1-2 月定期回報農委會特有生物研究保育中心前 1 年度實際蔓延及防除面積，以供監測危害狀況。

資料來源：本計畫整理。

表 9.1.1-2 香澤蘭(*Chromolaena odorata* L.)

項目	說明
物種	香澤蘭(<i>Chromolaena odorata</i> L.)
原產地與入侵區域	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原產地為熱帶中南美洲地區，分布於美國東南部、墨西哥、印度南部至阿根廷，為菊科(Compositae)直立性多年生灌木植物。 2. 近 10-20 年入侵東南亞、非洲及太平洋諸島熱帶潮濕區域，成為嚴重有害入侵植物。
生態特性	<ol style="list-style-type: none"> 1. 多年生粗壯草本或矮灌木。 2. 生長於熱帶及亞熱帶海拔 1,000 公尺以下之樹林邊緣、路邊、田埂、果園或荒廢用地。 3. 以種子繁殖，蒴果可隨風力擴散或沾黏人畜與交通工具而播遷。 4. 臺灣南部花期為 11 月中旬翌年 1 月，種子成熟期為 12 月下旬至翌年 3 月。
主要危害	適應力、競爭力與繁殖播遷能力強，主要危害方式為獨佔生態棲地形成優勢種，造成生態多樣性降低，劣化生態系統結構等。
臺灣入侵狀況	香澤蘭正式侵入臺灣的年代及途徑不明。屏東、高雄與臺南之低海拔區域為其主要分布區，另嘉義縣有大量族群分布，臺中、雲林及臺東等地亦有紀錄。
防治措施	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以物理性機械防除法為主，主要防治法為在 10 月中旬至 11 月中旬開花前砍除植株，清除根、莖並減少植株及開花結實量，抑制族群擴增。 2. 行政院農業委員會林務局亦委託國立屏東科技大學進行昆蟲天敵生物防治之研究，使用香澤蘭燈蛾(<i>Pareuchaetes pseudoinsulata</i>)與香澤蘭癭實蠅(<i>Cecidochares connexa</i>)雙重抑制香澤蘭族群並取得初步成果。
高公局處理情形	每年 5-6 月生長期間調查確認當年清除範圍、8-10 月全面辦理 1 次砍除及於 12 月至翌年 1 月開花期間調查殘留面積，年終調查資料並定期回報農委會特有生物研究保育中心以供監測危害狀況。民國 96 年與 97 年均針對白河及屏東工務段轄區進行防除計畫。

資料來源：本計畫整理。

表 9.1.1-3 紅火蟻(*Solenopsis invicta*)

項目	說明
物種	紅火蟻(<i>Solenopsis invicta</i>)
原產地與入侵區域	1. 原分布於南美洲巴拉那河流域。 2. 入侵區域包含美國南方各州、紐西蘭與澳洲。
生態特性	1. 入侵紅火蟻在外觀辨認上以蟻丘外觀較易辨識。火蟻巢歷時 4-9 個月會成熟隆起，具有約 10-30 公分高、直徑 30~50 公分的蟻丘。為極易快速認定紅入侵火蟻的方法，因目前臺灣既存螞蟻並不具有會構築隆起高於 10 公分以上蟻丘之種類。 2. 蟻巢內約可達到 20 萬至 50 萬隻個體，在感受到外力干擾時極具攻擊性。 3. 攻擊時會有大量火蟻螫針攻擊入侵者並注入酸性毒液，產生如火灼傷般疼痛感與水泡、具有破壞性傷害與劇痛。 4. 會捕食蚯蚓、農作物種子、果實、幼芽、嫩莖與根系造成傷害。
主要危害	1. 造成鉅額之農業、生態環境、電信器材損失甚至威脅民眾性命。 2. 其攻擊性強而食性廣泛、會對原生螞蟻、其他動物與作物植栽造成壓迫，啃食電器設施造成損壞。 3. 叮咬引起人類休克。毒液中的毒蛋白亦有可能造成被攻擊者產生過敏反應，帶來休克死亡危險；膿泡破掉則常常引起細菌的二次感染。 4. 美國德州每年財政上因火蟻之損失高達 3 億美元，美國南部受經濟上的損失每年估計在 50 億美元以上。
臺灣入侵狀況	民國 92 年臺灣發現其蹤跡，目前蔓延到桃園縣、臺北縣和嘉義縣等地。根據行政院農業委員會動植物防疫檢疫局資料顯示，以桃園縣發生範圍較廣，全縣目前劃為疫區，臺北縣和嘉義縣為局部分布。臺北市、苗栗縣與宜蘭縣均為個案，目前以投藥防治。
防治措施	目前國內採二階段處理法(two-step control)來防治入侵紅火蟻。第一階段採餌劑(baits)處理，是將滅蟻餌劑灑在蟻丘周圍讓工蟻搬入蟻丘內部，以達到滅除蟻后的目的；第二階段為個別蟻丘處理(individual mound treatments)，是使用接觸型殺蟲劑等化學藥劑或沸水、清潔劑等非藥劑處理方式，來滅除活動中的工蟻、雄蟻，甚至是蟻巢內的蟻后，成效良好。另亦有使用真菌或寄生性蚤蠅之生物防治法研發中。目前國內已成立國家紅火蟻防治中心做為第一線防治資訊提供與彙整，並規劃完整通報、處理與監測流程。另動植物防疫檢疫局亦針對相關土方及植栽移動法令有所規定。
高公局內處理情形	自民國 93 年 5 月依據農委會動植物防疫檢疫局召開之全國性第一次防治會議結論，辦理轄區內疫情調查，依農委會標準作業程序採餌劑及接觸型藥劑二階段防治。目前高公局已將入侵紅火蟻偵測列入定期養護巡查項目，每月並將監測及防治結果通報防檢局「植物疫情管理資訊網」。對於已解除列管之地點並依規定持續辦理監測及施藥，訂定新植苗木及土方移動的紅火蟻檢疫工作，避免再度發生或避免疫情擴散。

資料來源：本計畫整理。

表 9.1.1-4 刺桐紬小蜂(*Quadrastichus erythrinae*)

項目	說明
物種	刺桐紬小蜂(<i>Quadrastichus erythrinae</i>)
原產地與入侵區域	1. 原產地不詳。 2. 民國 89 年後在非洲法屬留尼望島(Reunion)、新加坡、越南、印度、菲律賓與夏威夷等地均有發現，並傳出災情。
生態特性	1. 刺桐紬小蜂在卵期與幼蟲期會寄生於寄主植物上，每隻雌蟲可產約 400 多個卵。 2. 幼蟲在寄主組織內成長並化蛹，隨後鑽出寄主組織進行羽化而留下羽化孔。 3. 受害組織會產生蟲癭，其大小約在 0.2-1.5 公分，聚集群落的蟲癭數目從數十到幾百不等。
主要危害	遭刺桐紬小蜂寄生的刺桐會產生被覆狀蟲癭，主要出現在新生枝條、葉柄、葉脈甚至葉肉上，感染嚴重之植株易被昆蟲或真菌二次入侵組織內造成感染疾病，嚴重者會造成刺桐植株死亡。
臺灣入侵狀況	民國 93 年，臺灣的刺桐被證實遭到刺桐紬小蜂感染且蔓延迅速，各縣市均有傳出疫情。除連江縣以外，各離島地區也遭到刺桐紬小蜂寄生感染而未能倖免。
防治措施	目前防治措施包含懸掛黃色粘蟲板捕捉成蟲以降低族群數目，埋設益達胺粒劑用藥等方式，以藥劑注射進行防除的方式正在研發當中。
高公局內處理情形	北區工程處的中壢工務段、頭城工務段、關西工務段等，南區工程處白河工務段轄區內均有刺桐遭到感染之紀錄，目前正進行防治作業。

資料來源：本計畫整理。

(2) 尚待建立防除機制者

本節彙整已於高公局轄區內有發現入侵情形，但尚待建立防除機制者，如銀合歡、銀膠菊、多線南蜥、蘇鐵白輪盾介殼蟲等，請詳表9.1.1-5至表9.1.1-8。

表 9.1.1-5 銀合歡(*Leucaena leucocephala*)

項目	說明
物種	銀合歡(<i>Leucaena leucocephala</i>)
原產地與 入侵區域	1. 原產於中美洲。 2. 夏威夷、太平洋群島、澳洲與美國佛羅里達州等均有遭入侵。
生態特性	1. 生長快速、繁殖適應力強。 2. 1年可開花結果2至3次，每年每平方公尺可以產生15,000至20,000個種子，形成大量土壤種子庫。 3. 種子庫保存期限長，生長迅速、照光後即會發芽，種子10年後依然能萌發植栽。 4. 從根部分泌「含羞草素」，對其他植物生長具抑制作用。
主要危害	1. 全球入侵種資料庫(Invasive Species specialist Group, ISSG)即將其列為世界百大惡性入侵種之一。 2. 生長快速、競爭力強悍，入侵敏感脆弱的生態系統排除原生植物，造成生態系統劣化。 3. 毒化土地作用，抑制其他植物生長，影響原生植物族群組成。
臺灣入侵 狀況	銀合歡在臺灣主要影響南部地區的道路周邊與墾丁國家公園境內區域。其蔓延路段以南部為主，如高雄燕巢區域，近來有往北方蔓延之趨勢。東沙島、太魯閣國家公園、澎湖等地均有遭到入侵影響。
防治措施	1. 植栽移除：包含化學藥劑注射與機械式人力機具砍伐。 2. 林相更新與種子萌發抑制：種植生長快速原生樹種小苗，並輔以覆蓋法抑制銀合歡小苗萌發。 3. 長期持續移除萌發小苗以消耗土壤內種子庫。 4. 生物防治研究已有初步成果，然尚未達成熟可應用階段。
高公局內 處理情形	以南部路段邊坡轄區受害較為嚴重，中部區域亦有受到其入侵，對生態綠化作業造成相當影響。目前於銀合歡生長地區採不定期砍除，並噴植原生適生喬灌木種子，以提高栽植樹種競爭優勢。另本計畫亦彙整銀合歡相關研究案例並請教林業作業人員，提擬適用國道周邊營運階段管理作業的銀合歡處理原則。

資料來源：本計畫整理。

表 9.1.1-6 銀膠菊(*Parthenium hysterophorus* Linn)

項目	說明
物種	銀膠菊(<i>Parthenium hysterophorus</i> Linn)
原產地與入侵區域	1. 銀膠菊原生於墨西哥洲與西印度群島。 2. 傳入美國南部、中南美洲等地區。/*
生態特性	1. 銀膠菊是一年生草本，植株高 30~150 公分，偶可高達 2 公尺。 2. 除冬季之外幾乎整年都會開花，其葉片外觀近似艾草，花像滿天星，偶會引起民眾誤認。 3. 根系短淺，常生長於荒廢地、沿海地區。由於其環境適應力強，往往迅速大量繁殖。
主要危害	1. 適應力強繁殖快速，壓迫臺灣原生植物生長並威脅農業生態系。 2. 植株帶有毒性，其外表帶有銀膠菊素，對肝臟具有毒性。肢體大量接觸植株後，會引發皮膚炎或其他過敏性反應。 3. 花粉亦含有毒素，高濃度長時間接觸後會造成過敏性鼻炎、支氣管炎等症狀。 4. 名列世界百大惡性入侵植物與臺灣危害力最高的前 20 種外來入侵植物名單。
臺灣入侵狀況	1. 銀膠菊傳入臺灣約 20 餘年，主要分布於高雄縣地區。 2. 臺中、彰化、南投、花蓮均有記錄 3. 有向北拓展之趨勢，近來新竹縣竹北市、湖口鄉與關西鎮亦有傳出發現記錄。 4. 中工處轄區內有發現銀膠菊之紀錄。
防治措施	1. 防治時機以早春開花前為佳，可減低結實繁殖和花粉飛散機會。 2. 國內發現主要由簡單機械或人力穿著口罩手套與長袖衣物拔除後焚毀，農耕地則由農耕機具翻除。拔除後應清洗雙手。 3. 必要時以市面上之除草劑控制數量，惟其容易造成 2 次污染，較不建議使用。 4. 拔除後之植株應置於黑色塑膠袋中悶腐或乾燥後焚毀。 5. 防除時需將鄰近區域之銀膠菊一併處理乾淨，以免殘留植株迅速拓展而失去防除功效。
相關計畫	國外有培養真菌以天敵抑制之生物防除法，然國內目前尚無相關研究成果。

資料來源：本計畫整理。

表 9.1.1-7 多線南蜥(*Mabuya multifasciata*)

項目	說明
物種	多線南蜥(<i>Mabuya multifasciata</i>)
原產地與入侵區域	1. 多線南蜥原生於南亞至東南亞一帶，於民國 81 年首度被發現。
生態特性	1. 食性廣而體型大，族群密度大，攻擊性強。 2. 胎生，母體可提供完整保護。 3. 活動於水域環境附近，可潛水避敵。 4. 喜好較高溫而空曠之地區，對低溫耐受力較差。
主要危害	其體型大且具優勢生殖力，可能排擠競爭原生蜥蜴造成其滅絕。
臺灣入侵狀況	1. 已遍布屏東枋寮以北至臺南仁德以南海拔 500 公尺以下區域 2. 臺南七股、善化、官田、白河，嘉義六腳、中埔與雲林斗南已建立穩定族群，綠島亦有發現其分布。 3. 彰化、臺中、南投、花蓮、蘭嶼亦為高危險地區。
防治措施	目前尚無有效因應對策，然可將發現地點回報特有生物研究保育中心以進行資訊掌握。
高公局內分布狀況	本計畫動物調查時有於嘉義縣水上跨越橋樣點發現多線南蜥。

資料來源：本計畫整理。

表 9.1.1-8 蘇鐵白輪盾介殼蟲(*Aulacaspis yasumatsui*)

項目	說明
物種	蘇鐵白輪盾介殼蟲(<i>Aulacaspis yasumatsui</i>)
原產地與入侵區域	1. 民國 61 年在泰國曼谷的蘇鐵植栽上採集發現。 2. 民國 85 年年入侵美國佛羅里達州南部，造成嚴重危害。
生態特性	1. 身體為橘色，隱藏於背上白色介殼之下。 2. 幼蟲時會移動，孵化後約 16 天進入固著期，生命週期約 100 天。 3. 可寄生於植物全株，多寄生於植株羽狀小葉、葉軸、毬花、莖幹及根部。密度高時，仿如在寄主植物表面鋪上殼狀物。
主要危害	蘇鐵白輪盾介殼蟲主要危害主要為蘇鐵科、美洲鳳尾蕉科與蕨狀蘇鐵科的多種植物，當介殼蟲數量眾多時，會於被感染植物表面形成白色層，嚴重時造成寄主枯死。
臺灣入侵狀況	目前蘇鐵白輪盾介殼蟲分布遍及全臺，甚至臺東蘇鐵保留區亦未能倖免。高公局北工處植栽蘇鐵有受感染之情形。
防治措施	1. 將感染枝條剪除、裝入袋中至於太陽下曝曬或直接焚毀。 2. 以軟毛刷沾水或以水沖掉附著於莖頂毬花、莖幹及殘於枝條等部位的蟲體。 3. 可選擇施用 44% 大滅松乳劑，稀釋千倍，間隔 14 天至 21 天施藥一次，連續 2 至 3 次。 4. 防治最佳時機為初孵化 8 至 12 天的一齡若蟲時期。 5. 臺東蘇鐵保留區內大範圍原生林區域之生物防治法尚在研究中。

資料來源：本計畫整理。

(3) 其它潛在外來入侵種課題

除上述外來入侵種之外，針對國道沿線建議持續保持關注的其他潛在外來入侵種，彙整其相關資訊如表9.1.1-9至表9.1.1-13。

表 9.1.1-9 河殼菜蛤(*Limnoperna fortunei*)

項目	說明
物種	河殼菜蛤(<i>Limnoperna fortunei</i>)
原產地與入侵區域	在日本、香港、韓國與阿根廷均有入侵與擴散的相關紀錄。
生態特性	1. 二枚貝類。 2. 容易散佈、繁殖力與耐受性均強。
主要危害	1. 大幅繁殖排擠原生貝類。 2. 擾亂水域生態系與食物鏈。 3. 影響水管系統運作 4. 大量死亡時影響水質，造成經濟上的損失等。
臺灣入侵狀況	在臺灣日月潭、新店溪直潭壩與小碧潭內等均有發現，可能會影響交流道生態池之溝渠管涵，建議於維護管理階段監測分布情形。

資料來源：本計畫整理。

表 9.1.1-10 白尾八哥(*Acridotheres javanicus*)

項目	說明
物種	白尾八哥(<i>Acridotheres javanicus</i>)
原產地與入侵區域	1. 原產於東南亞地區的爪哇、蘇門答臘及馬來半島。 2. 被引進至世界各地作為觀賞飼養用鳥類。
生態特性	1. 入侵臺灣之白尾八哥生態習性與原生種八哥類似，然人為干擾適應力與競爭能力較為強悍。 2. 能利用各種人工建物或道路附屬設施如隔音牆、交通號誌、橋梁孔洞或門型架中空管內廠所進行繁殖。
主要危害	大幅擴張並排擠原生八哥之疑慮。
臺灣入侵狀況	1. 中華民國野鳥學會曾統計民國 83 年至民國 88 年的外來鳥種調查結果，椋鳥科佔所有外來鳥種入侵的 64.2%，其中又以白尾八哥佔 27.2%，為所有外來入侵種鳥類數量之冠。 2. 全臺各處均有分布，且善於利用人為構造物空間，如路燈、橋梁縫隙等處進行繁殖。
防治措施	目前入侵族群數量龐大而遍及全臺，尚無相關有效防治措施，主管機關持續保持監測注意中。

相關計畫	國道兩旁可見大量白尾八哥族群，道路致死監測亦多有記錄，在大甲、木柵、白河、南投、屏東與關西段均有相關紀錄。
------	---

資料來源：本計畫整理。

表 9.1.1-11 松材線蟲(*Bursaphelenchus xylophilus*)

項目	說明
物種	松材線蟲(<i>Bursaphelenchus xylophilus</i>)
原產地與入侵區域	資料顯示由美國傳入日本，再由日本於民國 70 年代陸續傳入中國大陸、臺灣和韓國。
生態特性	1. 松材線蟲體型僅一毫米，靠寄生於松樹內並吸收養分為生。 2. 松斑天牛為松材線蟲傳播媒介，在松斑天牛幼蟲將羽化時，鑽入其身體內，待其羽化後，油松斑天牛成蟲的氣門、氣室及氣孔鑽出，透過松斑天牛取食松樹時造成的傷口，侵入其它松樹個體。
主要危害	1. 線蟲寄生會導致松樹分泌樹脂，阻礙木質部導管內水分流通。 2. 受感染之松樹因水分流通障礙呈現枯黃外觀，嚴重時死亡，稱之為萎凋病。 3. 造成造林、水土保持與經濟上之損失。
臺灣入侵狀況	1. 入侵區域已由臺灣西部往南擴散到嘉義及臺南，東部則達臺東太麻里、中橫和南橫公路沿線區域。 2. 外島金門和馬祖等地，均有發現染病案例。
防治措施	1. 目前的防治策略以更換栽植樹種為主，病害防除為輔。 2. 松樹被害株集中地區以砍除病株和更新造林同時進行。 3. 被害株散生地區則移除病株並同時撫育原生樹種幼樹使之成林。 4. 防治措施包括空中藥劑散佈，地上藥劑散佈和樹幹注射等方式；驅除措施主要以伐倒驅除為手段，其方法包括：油劑散佈、乳劑散佈、燒卻、破碎和剝皮等方法。 5. 臺灣林業試驗所已整理完整防治措施略於松材線蟲防治手冊中。

資料來源：本計畫整理。

表 9.1.1-12 福壽螺(*Pomacea canaliculata*)

項目	說明
物種	福壽螺(<i>Pomacea canaliculata</i>)
原產地與入侵區域	1. 原產於南美洲阿根廷巴達貢河川。 2. 擴散入侵區域包括日本、琉球、菲律賓、韓國、蘇門答臘、馬來西亞、印尼、泰國、中國廣州、杭州與福州。
生態特性	1. 雜食性動物，偏好取食水生植物幼嫩部位。 2. 卵成粉紅色圓形塊沉堆疊，由成體產於離水乾燥處。 3. 耐污力強且可長期忍受乾旱或無水環境，生命力強悍。
主要危害	福壽螺繁殖力與耐污力驚人，且食性廣泛，常造成水域農作物如稻

	作、茭白筍、荷花、芋、空心菜等作物大量經濟損失。
臺灣入侵狀況	民國 68 年被引進臺灣，原預訂做為肉食用螺類，然經濟效益低落而大量遭棄置，蔓延全臺溝渠、池塘、稻田，造成多種水生經濟作物與水域生態的重大災害，估計每年農業損失金額達 1.3 億新臺幣。
防治措施	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目前以聚乙醛、耐克螺藥劑進行防治，惟須注意其魚毒性。 2. 民間有使用苦茶粕，利用其內含皂鹼進行防除，然其對魚類、蚯蚓或其他水中生物亦具有強烈毒性，且會改變土壤酸鹼平衡。 3. 生物防治方式包含有使用菜鴨放養於田間覓食，或於深水域放養青魚(烏鰡)捕食福壽螺成體，以天敵進行抑制。 4. 其他包含配合秧苗成長時期，利用水位控制使福壽螺成體較難啃食秧苗之自然農法，降低其對稻作危害程度。

資料來源：本計畫整理。

表 9.1.1-13 布袋蓮(*Eichhornia crassipes (Mart.) Solms*)

項目	說明
物種	布袋蓮(<i>Eichhornia crassipes (Mart.) Solms</i>)
原產地與入侵區域	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原產地為南美洲巴西。 2. 為世界上十大水生雜草之首，分布達 50 餘國，主要位於南北緯之間，世界大河如密西西比河、尼羅河、恆河、亞馬遜河、剛果河等亦長有布袋蓮。
生態特性	<ol style="list-style-type: none"> 1. 多年生水生植物，在水面以匍匐莖行無性繁殖分裂生長，形成大面積毯狀布袋蓮族群團塊。 2. 能以走莖行無性繁殖。在適合環境下，約 11 日至 18 日即可繁殖增加 1 倍個體數目。 3. 種子可休眠達 15 年，若水面布袋蓮被清除，即會浮出水面繁殖。
主要危害	<ol style="list-style-type: none"> 1. 布袋蓮繁殖力與耐污力強悍，發展成密集族群而遍布覆蓋水面後，會排擠其他水生植物生存空間。 2. 覆蓋水域表面降低水體內溶氧量與水質，造成水中其它生物死亡。 3. 阻塞灌溉溝渠、水庫或發電廠之排水系統，影響環境衛生與水資源利用。 4. 造成蒸散量大量增加，影響水資源存量。
臺灣入侵狀況	約於民國 78 年由日本傳入。布袋蓮課題發生區域主要在宜蘭、臺中、彰化、雲林、嘉義、臺南、高雄、屏東等 8 縣，每年最高支付防治費用可達 1 億 1 佰 30 萬元，危害嚴重。
防治措施	<ol style="list-style-type: none"> 1. 化學防除：以殺草劑及農藥為主，但有對人、畜、魚毒性之問題。 2. 機械防除：使用機械撈起布袋蓮，惟所花費用高昂。 3. 生物防除：飼養鵝、鴨、蝸牛、草魚、菌類與昆蟲，亦有使用其天敵布袋蓮象鼻蟲進行生物防治之研究。
相關計畫	在高公局業務範圍內，可能受影響之區域為各交流道之生態池，若有民眾丟棄則會造成影響，建議在維護管理工作進行時一併進行監測與移除等作業。

資料來源：本計畫整理。

9.1.2 外來入侵種監測通報機制彙整

目前國內造成危害的外來入侵種包含動物、植物、水生動植物及動植物有害生物等各類，其管理工作項目內容龐雜，並涉及眾多單位。本計畫除整理目前高速公路局轄區內相關外來入侵種之相關生態與防治資訊外，並彙整主辦機關與通報機制如表9.1.2-1，以供監測通報機制參考。

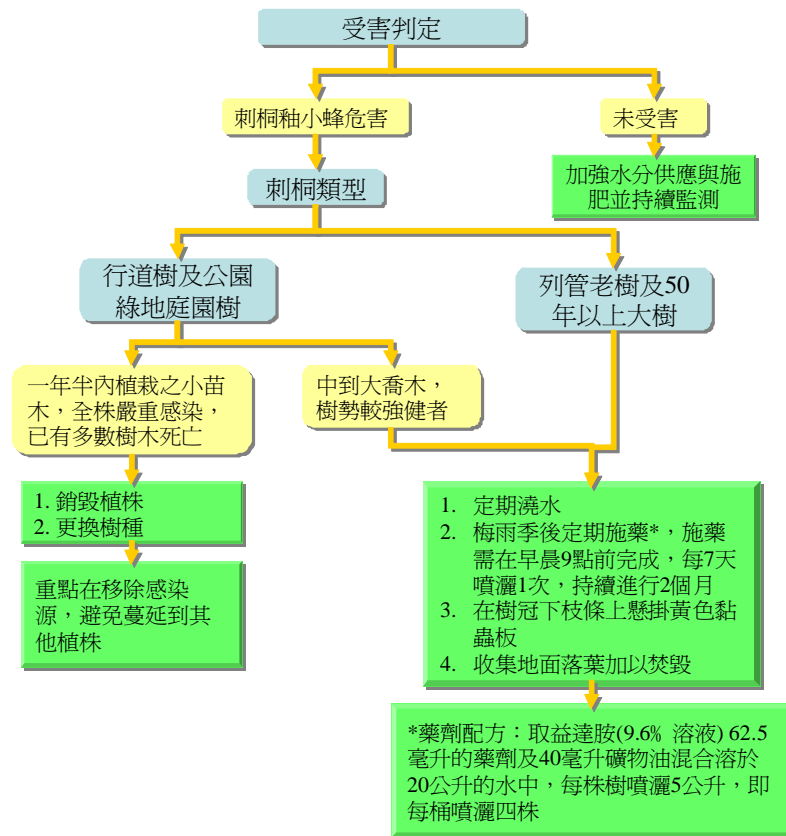
表 9.1.2-1 外來入侵種通報機制與單位

外來入侵種	主辦機關或通報機制
紅火蟻	行政院農業委員會動植物防疫檢疫局 植物疫情管理資訊網 國家紅火蟻防治中心
小花蔓澤蘭	行政院農業委員會林務局 行政院農業委員會特有生物研究保育中心
香澤蘭	行政院農業委員會特有生物研究保育中心
刺桐紬小蜂	行政院農業委員會林務局 林木疫情鑑定與資訊中心
銀合歡	行政院農業委員會林務局
銀膠菊	行政院農業委員會特有生物研究保育中心
多線南蜥	行政院農業委員會特有生物研究保育中心
蘇鐵白輪盾介殼蟲	行政院農業委員會林務局 林木疫情鑑定與資訊中心
白尾八哥	行政院農業委員會林務局
河殼菜蛤	行政院農業委員會特有生物研究保育中心
松材線蟲	行政院農業委員會林務局 林木疫情鑑定與資訊中心
福壽螺	行政院農業委員會動植物防疫檢疫局
布袋蓮	行政院農業委員會農田水利處

9.1.3 林業試驗所提供之刺桐紬小蜂防治的建議流程

對於刺桐紬小蜂之防除作業程序，除了表9.1-2中所提及行政院農業委員會林業試驗所製作摺頁資訊「搶救刺桐大作戰：刺桐紬小蜂的

分布與防治建議」外，仍持續進行相關防治作業流程之研究更新。圖 9.1.3-1 即為行政院農業委員會林業試驗所其建議之防治流程。另外根據向相關作業人員請教結果，其同時建議在防除作業進行前應先銷毀苗圃內的刺桐幼苗；而在蟲害有效控制前，勿移出或種植刺桐。



*資料來源：行政院農業委員會林業試驗所提供

圖 9.1.3-1 刺桐釉小蜂防治流程建議

除上述防治作業外，其他刺桐釉小蜂防治措施包含有應用益達胺粒劑作為控制其族群數量之操作方式。方法為將益達胺粒劑 (Imidacloprid 2 % GR)埋設於植株根部15公分深處，可使新生蟲癭數減少，提高死蟲數比例，將刺桐植株維持在輕度感染狀態，藉以控制刺桐在低受害水平範圍內。而益達胺粒劑施用步驟如下：

- (1) 將益達胺粒劑埋設於刺桐植株根部15公分深處。
- (2) 每株胸高直徑低於30公分者，每株施以300毫升之劑量，於根部2-3處埋設。胸高直徑大於30公分者，則加倍劑量。

- (3) 於植株根部澆水每週至少2次，以利於藥劑溶解由根部吸收。
- (4) 至少每2個月施藥1次，以維持殺蟲效力。
- (5) 可視受害狀況調整施藥間隔。

9.1.4 外來入侵種教育訓練辦理

- (1) 目的：

為增進高速公路局相關業務之工程人員與配合協助廠商能認識外來入侵種之基本知識包含形成原因、主要危害項目、對臺灣經濟、生態系統與公共衛生衝擊等，並介紹國道周邊主要入侵種課題，培養基本辨識能力、瞭解其防除原則，加強國道周邊入侵種防除成效。

- (2) 辦理時間與地點：

本計畫已於民國99年2月2日、98年2月15日與3月12日分別至北區工程處、中區工程處與南區工程處完成三場的外來入侵種辨識及防除原則教育講習工作。

- (4) 參與對象：

工程處與各工務段承辦工程司、路容清潔及景觀維護工作廠商負責人、領班、技術士及相關工作人員等。

- (5) 課程大綱：

課程內容主要包含 (1)外來入侵種課題簡介、(2)國道周邊重要入侵種分布狀況、(3)主要入侵種辨識與(4)入侵種防除原則等部分，並於現場提供採摘之入侵種植物標本供參與人員學習辨識之用(圖9.1.4-1)。



圖 9.1.4-1 外來入侵種教育訓練辦理情形

9.2 生態池

近幾年因考量國道開設對環境生態補償並落實生物多樣性保育，國道沿線目前設置多處生態水池或生態滯洪池等人工濕地，如國6愛蘭交流道生態池、國6東草屯交流道生態池以及國1高科交流道生態池。另外目前配合臺北縣區域內的濕地整合計畫，協助北工處辦理中和交流道設置人工濕地的相關事宜。

內政部營建署曾於2005年提出「生態水池研究計畫」，將生態池定義為：「生態水池係在城鄉尺度上具有串聯生態系統，與適當的微氣候條件；且水池擁有足夠的面積、合理的水深、適當的形狀、不透水的底質、充分的水源等，並有多樣孔隙介質及本土植物構成之複雜棲地，而可提供動植物生存，並且只需藉由少部分人為力量協助維持其完整動態的生態體系之水池」(內政部營建署，2005)。該定義具大尺度上地景的考量，以及物種尺度與部分維管上的考量，為國內目前較完整的定義之一，亦為本計畫中生態水池之定義。

9.2.1 愛蘭交流道生態池

(1) 設計理念

愛蘭交流道生態池於2007年9月完工，水域面積約1公頃、蓄水體積10,903m³，位於國道6號愛蘭交流道眉溪與南港溪匯流口附近，佔地面積約1.5公頃，原本為水田環境，具有豐富生態資源，國道開闢時在生態考量下，於經過該處環境時以建置生態池之方式，對原地既有之溼生及水生環境所做出的「減輕」及「回饋」規劃，為生態補償目的之生態池設計。

(2) 環境現況

本生態池原設置地點土地利用方式為茭白筍田，區內的小溪溝有部分榕樹生長，竣工後池水引自南港溪的小溪溝直接進水，出水口流出水量亦豐富，為接近溪流型的生態池。愛蘭生態池於96年9月完工，因97年9月21日辛樂克颱風過境將大部分設置摧毀殆盡，於98年4月11日重建完成，並於99年2月24日正式移交養護管理。

(3) 面臨課題

- (a) 外來種入侵：包含水蘊草、大萍、粉綠狐尾藻等水域外來入侵植物；大花咸豐草、巴拉草、田菁等陸域外來入侵植物；福壽螺、琵琶魚、吳郭魚等水域外來入侵動物
- (b) 淤砂問題：水生植物截留泥砂，造成部分靜水區有淤砂現象。
- (c) 水流阻塞
- (d) 垃圾堆聚

(4) 建議

- (a) 長期監測：目前已委託臺中縣野鳥救傷保育學會辦理鳥類監測，期相關的生態監測(含物種及生態廊道利用狀況等)能長期辦理，並定期彙整調查資料，若有異常狀況才能及時回報、處理。
- (c) 溪畔林栽植：因溪畔林離水太遠，無法達到遮蔽水體的效

果，而溪畔林對於生態池水體的遮蔽，對水域外來入侵植物如水蘊草、大萍亦有抑制生長的效果。

- (d) 陸域外來入侵種防除：以密植原生種木本植栽並配合人工清除作業來解決。歸化植物穗花山柰建議不栽植。
- (e) 本生態池設置時並無特別生態保護標的物種，目前生態池已有棲地補償的效果，但並無後續營造規劃的題材，若有意規劃成一教育解說環境，建議可以附近生態資源特點，作為後續營造規劃的題材，如復育日月潭附近分布的稀有植物(如水社柳、桃實百日青、金狗毛蕨等)，或種植蝴蝶寄主植物或蜜源植栽，吸引蝴蝶使用生態池棲地，以突顯當地豐富蝴蝶資源的特色，作為後續經營的題材，但如此規劃後可能增加干擾，減低原有補償效果。

9.2.2 東草屯交流道生態池

(1) 設計理念

東草屯交流道於2008年12月完工，佔地面積約3公頃，為避免國道工程對當地溼地環境的直接影響，而營造水域濕地環境用以滯洪及生態補償，並保護僅產於臺灣中北部部分溪流的特有種魚類飯島氏銀鮫(*Squalidus iijimae*)。

(2) 環境現況

本生態池於97年12月完工，經保固養護至驗收合格，於99年7月1日正式移交中區工程處辦理養護管理。附近有烏溪河畔農田區，主要種植的作物為稻米，周邊有農田水利會之灌排水路北勢涌圳經過交流道側邊。雖然過去調查資料尚未在池內發現保護標的飯島氏銀鮫，但有發現棲地選擇相似的羅漢魚。在植物營造上也已創造出許多草澤、灌叢、深水、泥灘等適合生物利用之環境，而實際調查結果亦發現已吸引部分臺灣特有的生物佔據。

(3) 面臨課題

- (a) 池體陸化：本生態池之物理、生態條件較愛蘭交流道為差，引水主要來自灌溉水圳，但由於暴雨時，水體含砂太高，造

成生態池淤砂、陸化。

- (b) 水源不穩定：生態池水位的高低常受南投農田水利會的供水控制影響，大量的淤沙使生態池水面日益提高，特別在休耕期或水量減少時，將對生態池水域生物生存(如魚類)帶來最直接的衝擊。
- (c) 外來種入侵：植物如大花咸豐草、巴拉草、美洲含羞草、黃野百合等，動物如福壽螺等。
- (d) 垃圾堆聚

(4) 建議

- (a) 後續監測：建議繼續監測水質變化及生物利用生態池棲息的情形，特別是保護標的飯島氏銀鮎是否利用。
- (b) 維護管理
 - (i) 形狀設計為蜿蜒的S型，可使水入流後流速減緩、顆粒沉澱，因此每月需清理入水口的淤沙。每年颱風汛期過後、入冬之前，應於生態池全區掏挖淤沙
 - (ii) 陸化及淤砂長期改善方案
 - 拓寬引水道，並進行階梯狀沉砂
 - 改善引水閘門，暴雨期間引水直接排入大排，不引入生態池中或考慮雨季(6-10月)關閉閘門，以減少生態池陸化及淤砂現象。
 - 變更部分設計成為沉砂型的生態池，以改善生態池陸化及淤砂現象，否則長期本生態池將喪失原設計生態棲地功能。
 - 建議增加生態池貯水功能及防漏的設計，以解決水源供給不穩定對生物造成的影響。
 - (iii) 水源穩定應注意出水口與入水口水流的安排，定期巡視水量並維持水量的穩定，或可增加蓄水與防漏的設計以

穩定水源。

(c) 植栽建議

- (i) 溪畔林離水太遠，無法達到遮蔽水體的效果，而溪畔林對於生態池水體的遮蔽，可減少生態池蒸散及穩定水溫的功能。
- (ii) 陸域外來入侵種植被的課題，建議以密植原生種木本植栽(例如榕、九芎、山芙蓉、茄苳)來解決
- (iii) 在安全考量下，可在水深或較有潛在危險的水域上栽植高莖的草本植物以避免人為靠近。

9.2.3 國道 1 號高科交流道生態滯洪池

(1) 設計理念

高科交流道生態滯洪池位於國道1號高雄科學園區交流道，於97年完工，佔地約為28公頃，位於國道1號341公里至343.5公里處。由原有的魚塭養殖排水渠道及灌溉渠道調整為具有滯洪與生態補償功能的生態滯洪池，亦為高速公路局自辦生態滯洪池的首要案例。

(2) 環境現況

池體分別座落在國道交流道中，西北與西南兩處設計有生態小島、步道，植物配置多以原生植栽為主，東北與東南兩處則有蓮花池與菱角池的設計，為全區中的景觀池溼地。本滯洪池目前已完工，進入保固養護階段，而後將由拓建處移交至南區工程處。本團隊98年12月於高科生態滯洪池補充生態調查。

(3) 面臨課題

生態資源相較於臨近環境豐富，可視為四周漁塭、荒地上動植物的生態避難所。然而生態滯洪池於竣工後至今，生物與環境間彼此逐漸達到平衡，但卻發現部分設計尚有改善之空間，譬如生態滯洪池全區皆有的水質、外來種入侵；生態滯洪池的東北、西北與西南池具有水源不穩定、溼地陸化之課題；生態滯洪池的

西北與西南池具有的植栽維護管理課題，詳述如下：

- (a) 水質與含砂課題：因池水來自周圍灌排水圳，故水質往往處於高營養鹽之狀態，輸入生態滯洪池後可能為導致部分換水較不良之流水迴路優養化(eutrophication)的原因，且水圳中含砂量高，也是造成水體混濁而降低水質之原因。
- (b) 水源不穩定：引水圳之供水不甚穩定，部分原本設計之淹水區有水位不足或甚至無水乾旱之情形，導致生態滯洪池陸化而開闢地面積增大，進而產生外來植物入侵、視覺景觀不佳等負面觀感，應可於出、入水口以高程落差或馬達抽水等方式調整引入水位，並可每月巡視水位線以穩定水位，可營造穩定之生育地條件，對動植物生長具有正面之效益。
- (c) 外來種入侵：並未發現極為優勢而導致其他原生植物無法侵入的種類，即外來入侵種植物雖數量與種類繁多，但仍有部分原生物種數量穩定。
- (d) 植栽課題：因水位不穩定所導致乾旱以及植栽種植前未改善土壤通氣性所導致之缺水影響下，有枯黃或死亡之現象。應可在解決上述生態滯洪池水質與水源課題後，於現地採取草本植栽之枝條於原地進行插枝作業，或保留原地自然入侵之先驅樹種做為生態滯洪池中植栽，以豐富植被層次，進而提供樹蔭或其他生物利用空間。

(4) 建議

- (a) 後續監測：生態滯洪池功能之運作與否，重點在於竣工後初期之監測與維護管理，而建立較完善的管理模式則需待生態滯洪池整體達穩定平衡期間的持續摸索，因此每個生態滯洪池皆有其特有的維護方式。建立合宜的管理模式首重後續的監測工作，監測項目應含括水體(水質、水位)、物種(多樣性、外來種入侵情形)以及生物利用軟硬體之情形等面向，並應於竣工初期進行較高頻度的監測，至少每兩個月進行，針對課題進行改善，在生態滯洪池達穩定期間研擬合適之管理方法，並每年持續監測。

(b) 維護管理

目前高科生態滯洪池具有水質營養鹽與含砂較高、水源不穩定、外來入侵種入侵以及植栽之課題，因此在進行完成上述改善課題之方法後，應進行其維護與管理作業。

- (i) 水質與含砂課題：要減緩優養化並減低水體含砂而達水質淨化之效益，需清除水體中過多的氮、磷元素與懸浮泥砂，但整體氮、磷與懸浮泥砂之來源係來自上游水體，實為非本生態滯洪池能夠改善之尺度，然而若以減緩氮、磷與懸浮泥砂輸入為目標，仍有部分較常使用之方式，如增加曝氣而使磷較不易溶於水中以降低水體中含磷量；在原有設計上稍做調整並於入水口前後設置除汙淨水的緩衝小池，可達到減低含砂與減緩營養源輸入之效用，可分為三個層次處理，其一為使水流速度減緩並沉澱大顆粒泥砂，其二為利用漂浮性植物的根部吸附未沉澱的懸浮泥砂，其三為利用陽光曝曬，以防水體發臭並有曝氣之功用。需注意這種形式之小池中的浮葉植物，需利用根部吸附懸浮泥沙，故應每年進行撈除銷毀並更換新的浮葉植物，以確保其淨化效益，並盡量避免飄浮性植物蔓延至主池內。
- (ii) 水源不穩定：應每月巡視水位線並視水位高低而以高程落差或馬達抽水等方式匯入或排出池水以穩定水位，在颱風將近之時亦需提前降低水位，以達到原本設計上滯洪之功用。
- (iii) 外來入侵種：建議應將水源與水質調整穩定後，再處理外來入侵植物之議題，而外來入侵種移除以拔除為佳，且每年至少進行一次拔除與清運作業。
- (iv) 植栽課題：應注重種植初期的維護工作，譬如澆水、補植等維管工作。

(c) 植栽建議

建議以現有植栽的維管為重點，並保留自然入侵的原生

喬木或灌木苗木，亦可採取現地已栽種之草本植栽進行插枝繁殖，以加速整體綠化工作。

9.2.4 現況課題

現有的生態池為國道系統中生態補償的機制之一，具有具體之生態效益，然而就現階段生態調查結果，要維持生態池之生態效益，需進行不同程度之維護管理作業，以避免如水質營養鹽過高、含砂淤積、水源不穩定、外來入侵種入侵、植栽生長不良等衍生議題，故要維持一生態池營運，應配合不同生態池目的，採用不同程度的維護管理，做為國道生態池系統後續研究之議題。

高維護管理的生態池/作業，包括清除淤泥、外來入侵種移除、植栽維護甚至需更改設計以解決水源不穩定之問題，或設置沉砂與曝氣之小池以改善水質，這些作業皆為解決目前所調查生態池/面臨議題之方式，確實完成後應可達高生態效益之生態水池。

低維護管理的生態池/作業，應在現有設計上著重於穩定水源之工作，以馬達抽水或以渠道排、引水等方式管理水流進出，保持水體呈持續流動之狀態。若水池全區皆有嚴重的泥砂淤積以至於全區陸化之可能，再考慮定期清淤。外來入侵種入侵與植栽維護的部分，任其自然管理與演替，此過程需盡量持續水池全區之生態監測，做為後續低維護管理之參考。

低維護管理可花費較少時間與人力管理，較符合生態池定義中「...藉由少部分人為力量協助維持其完整動態的生態體系之水池」，然而由於國道系統之生態池/引水皆來自農業區灌排用水，水質先天條件不佳，且皆位於無遮蔽的開闊地，因此低維管的情況下，有可能演變為雜草叢生之地區，雖可能有不錯的生態效益，但景觀效益低落。過去生態池設計於完工後，較少考量到長期維管上的議題，後續相關之生態池研究可以長期維管容易為前題下進行設計，以維持水位高度與水質安定為目標，做為後續學習努力的目標。

不論是高度或低度的維管頻率，因國道設置的生態池，在傳統滯洪效果較佳，而在棲地補償功能則較屬於試驗性質。建議能定期將維護管理方式或生態池/的定位、功能做定期檢視，以滾動式檢討的形

式做修正。

9.3 紫斑蝶通過國道之保護措施現況瞭解

93-94年間，臺灣蝴蝶保育學會(簡稱蝶會)進行紫斑蝶遷移路線調查時，在國道3號林內段251k+000附近發現紫斑蝶穿越的熱點路段。由於該段高速公路與地方道路路面約有10-15公尺的落差，且線形呈東西向佈設，恰與往北飛行的紫斑蝶遷移路線正交，當蝶群遭遇高速公路後，必須提升高度以飛越道路，惟上升後若貼近路面飛行，易遭外側車道所產生的氣流干擾或直接撞擊。

詹家龍等(2006)指出臺灣產紫斑蝶屬在春、夏、秋季皆可觀察到集體的季節性移動現象。高公局(2008)整理近年調查結果，可知每年3月中旬至4月初前後，紫斑蝶主要在中央山脈兩側低海拔山區集體往北定向飛行，並在中南部低海拔山區及中北部部份特定區域出現高度集中的蝶道現象。自96年春季開始，高公局即辦理研究計畫進行調查，98年度成立「辦理紫斑蝶遷移減輕措施工作推動小組」，積極投入紫斑蝶之保育，以降低車流對紫斑蝶遷移造成之傷害。99年度除提出「國道讓蝶道—紫斑蝶輸運計畫」的構想之外，也邀集了國內各相關專長領域的學者專家，研擬具體的保育對策，降低蝴蝶的傷亡；經過3年的努力，研究團隊已逐漸清楚的定義課題，並研擬出有效的保護對策，經研究團隊調查發現：以防護網配合尖峰蝶流量的外側車道封閉，成效最佳；依據97、98年度的調查結果發現，平均致死率已大幅降低至千分之3-4。因此，99年度的推動重點，仍持續深化國道其他蝶出沒熱點的追蹤、並持續進行車輛氣流、防護網高度及蝴蝶飛行行為等相關數據的追蹤。100年度部分，鑒於過去(98-99年)觀察結果，路堤段防護網末端出現致死量的高峰，100年度高公局試驗性進行防護網延伸加長。分析100年度致死量分佈與防護網相對位置，發現今年度致死量的高峰非位於防護網末端，且根據紫斑蝶遷移路徑之觀察，延長防護網的策略並未造成紫斑蝶遷移路徑的偏移。故延長路堤段防護網可能具有一定減低致死量峰值的效果，但仍然必須透過長期監測資料的累積與研析才能確定。此外，應持續推動紫蝶遷移季節的行車安全宣導，用路人在紫蝶遷移期間的行車安全宣導，對於用路人

及紫蝶的遷移有重要的影響，來年建議在有限的經費下於各服務區持續以文宣及靜態展示的宣導的方式，強化用路人的行車安全宣導。本計畫整理高公局歷年的紫斑蝶相關工作成果於附錄八。並彙整97-100年紫斑蝶保育工作整理如表9.3-1。

表 9.3-1 民國 97 年至 100 年度紫斑蝶調查及保育措施整理

	97 年度	98 年度	99 年度	100 年度
保護設施	<ul style="list-style-type: none"> ● 垂直式防護網 ● 封閉外側車道 ● 晝光燈管試驗 	<ul style="list-style-type: none"> ● 新增新式防護網 (防護網總長 600m，高度4m，新式內摺50cm，仰角約53度) ● 植栽導引 ● 隔音牆 ● 封閉外側車道 	<ul style="list-style-type: none"> ● 防護網 (總長860m，增加6m 防護網試驗樣區) ● 隔音牆 ● 植栽導引 ● 預警通報機制 ● 紫斑蝶飛行路徑導引試驗 	<ul style="list-style-type: none"> ● 加設橋梁段防護網 150公尺(總長 1010m，高度維持 4m) ● 植栽引導 ● 隔音牆 ● 預警通報制 ● 紫斑蝶飛行路徑導引試驗
紫斑蝶總量調查	3/20-4/09 共計 335,299 隻次飛越防護網	3/20-4/20 共計 66,227 隻次飛越防護網	3/20-4/12 共計 66,902 隻次飛越防護網	3/21-4/10 共計 209,605 隻次飛越防護網
最高蝶流量	最高蝶流量於 4/5、總計 93460 隻、200 隻/分鐘	最高蝶流量於 3/22、總計 13818 隻次、137 隻/分鐘	最高蝶流量於 4/10、總量 17609 隻	最高蝶流量於 4/3、總量 122811 隻、174 隻/分鐘
國道 3 號致死量統計	北上車道708 隻、南下車道407 隻、總平均致死率為3.06 ‰	北上車道共143 隻、南下車道共 118 隻、總平均致死率 4.66 ‰	北上車道共 148 隻、南下車道共 53 隻、總平均致死率為 3.94 ‰	北上車道共260 隻、南下車道共 211 隻、總平均致死率 2.25 ‰
紫斑蝶死亡個體分佈	集中於內側車道及外側路肩	集中於內側車道及外側路、峰值出現的位置已超出防護網路堤段最南端	集中於在外側路肩、峰值出現的位置已超出防護網路堤段最南端	集中於內側車道及外側路肩

資料來源：本計畫整理

9.4 生態廊道課題

有關道路結構型式對生態環境的影響，國內外文獻多會提到以高架、橋梁或隧道型式會比路堤、路塹型式的影響小。然而就管理面上，可能會因為路權範圍無人使用，如橋下空間被違法堆置垃圾或雜物，亦或是地方居民希望能利用作為停車場或活動空間，使原有提供給生

物通行的美意被破壞。本項工作主要目的是為瞭解國道沿線重要棲地區域路權範圍內具橫向連結空間的利用方式，提供其經營管理建議。本項工作主要執行方法如下：

- (1) 蒐集目前高公局路權管理的規範。
- (2) 篩選調查範圍與現勘調查：藉由全臺大尺度的林地連結度分析，篩選國道沿線連結度貢獻度最大的林地進行現地勘察調查。
- (3) 資料整理及建議：評估結果提供相關維護管理或生態營造建議。

9.4.1 路權相關法規

因高速公路高架橋下等路權空間常因鄰近區域類型不同，而被改變成許多不同的使用方式，如此便與減少對生態環境影響的設計目的相抵觸。因此本計畫查詢與高速公路路權相關之法令規定，及參考高速公路鄰近都會區綠地多元化利用之可行性評估(逢甲大學建築系，2002)委託研究案，初步瞭解與路權範圍使用有關之法規及條例，如表9.4.1-1。

目前高速公路針對高架橋下的路權空間管理依據，除了「都市計畫之公共設施多目標使用辦法」對高架道路及道路有相關如停車場、消防局、垃圾分類場、活動中心等硬體設施之使用方式規定外，只有交流道、邊坡及高架橋下空間的綠化景觀維護規定；但對於可能處於重要生態敏感區的非都市地區，其高架橋下空間則僅有非都市土地使用管制規則及公路法等相關法令規定，且其立法原意多為促進土地利用發展，與目前強調棲地保育、避免人為干擾的理念有較大的落差。

國道涵洞、涵管、高架橋下空間等現有具橫向連結功能的設施，都具有提供生物利用作為穿越高速公路兩側的潛在功能。在國道沿線相對重要的生態敏感區域，這些設施能提供國道兩側陸域野生動物進行橫向移動，避免野生動物因嘗試穿越高速公路而誤入車道甚至傷亡。對於重要生態敏感區內具生態廊道功能設施，是極需要有法源依據來保持路權範圍內、甚至是路權範圍外地景的棲地狀態，不僅避免在現有相關條例與法規下被申請進行土地利用，若發生已被佔用情況也具有要求回復原貌的依據。

表 9.4.1-1 高速公路路權範圍相關法令或規範彙整分析表

法令或規範	管理單位	與道路路權管理相關說明
公路土地使用規則	交通部	定義公路相關用語，並對公路用地容許設施或行為進行規範。
都市計畫公共設施用地多目標使用辦法	內政部營建署	已開闢完成之公共設施用地，如高架道路、道路、停車場等用地，因公共安全顧慮或為改善景觀，需更新整建，得作為多目標使用。
高速公路高架橋下土地使用原則	高速公路局	位於高速公路橋下空間之利用原則。
國道高速公路交流道、邊坡及高架橋下景觀維護認養注意事項	高速公路局	為美化高速公路沿線各交流道、邊坡及高架橋下之景觀，鼓勵公私機構、團體參與景觀維護認養工作。
交通部臺灣區國道高速公路局經管公路土地出租或無償提供使用注意事項	高速公路局	為提升經管公用土地運用效益，增加收益，在符合區域計畫法、都市計畫法、都市計畫公共設施用地多目標使用辦法、非都市土地使用管制規則、公路法、公路土地使用規則、公路土地使用費徵收辦法、國有財產法及財政部訂頒國有公用不動產收益原則、國有公用財產無償提供使用之原則等法令規定，且不違背其事業目的或原定用途，得有條件出具使用權同意書前提下，特依國有財產法第28條但書規定。

修改自：逢甲大學建築系，2002，高速公路鄰近都會區綠地多元化利用之可行性評估。國道高速公路局委託研究。

9.4.2 生態廊道調查方法研擬與現勘成果

道路對於動物生態環境的影響，除了道路致死效應外，還有道路對動物的阻隔效應，即道路形式可能使動物無法直接穿越外，因道路不同於周遭棲地環境的空間類型，會讓許多動物因生物習性無法橫越道路，移動到道路的另一側棲地。

一般線性高架或隧道形式的道路相較於路堤形式的道路，對於切割生物棲地的影響最少，國道興建不僅在工程技術方面與日並進，道路的設計形式也在開發需求下被賦予兼顧環境保護的任務，由過往路堤結構轉變為以高架為主的設計形式。

為瞭解國道是否有造成生物棲地阻隔與切割的效應，及高架形式

的國道設計是否有效降低道路對生物棲地阻隔與切割的影響。本計畫利用棲地連結度的地景分析，篩選於林地貢獻度較大的國道周邊林地；並挑選國道3號2處路段(0k+400-9k+600、280k+000-305k+000)現勘調查。

(1) 地景連結度分析

由於國道為線性的封閉構造物，因此對自然地景造成的影響較為單純，除了交流道可改變周邊土地利用類型外，其他量體多僅切割棲地，並可透過生態廊道降低對野生動物族群生存的衝擊。國道目前既有的高架橋下空間與涵洞等設施是否發揮生態廊道的功能，尚需考量周邊地景環境，因其他人為干擾同樣會降低野生動物的棲地連結度，例如農墾與都市化；也需考量周邊棲地是否與國道邊坡或構造物連接，若之間有地區道路等人工地景，同樣會降低生態廊道的功能。

因此，地景連結度分析以緊鄰國道的3058處森林區塊為分析材料(圖 9.4.2-1)，分析軟體採用 Conefor Sensinode 2.2 (Pascual-Hortal and Saura 2007)的功能了解各林地區塊對整體連結度的貢獻，以依存低海拔林地的III級保育類動物白鼻心 (*Paguma larvata taivana*)為連結度模擬的目標物種。林務局(2008)指出白鼻心依賴森林結構完整的森林棲地，並提及Wang(1999)於中國江西省以無線電追蹤5隻白鼻心，資料顯示其活動範圍介於180到410公頃之間，食性以植物為主；分布於海拔2,000公尺以下的闊葉林、針葉林、針闊葉混合林與灌叢(鄭世嘉，1990)，偏好乾燥、坡度較陡且樹冠鬱閉度高的微棲地環境(Chen, 2002)。

由於國內並無白鼻心播遷距離(dispersal distance)的資料，因此該資料來源採用同樣依賴森林生存的近似種Malay civet (*Viverra zibetha*)進行模擬分析，該物種雄性的24小時最短移動距離為 415 ± 99 公尺，雌性則為 286 ± 157 公尺，平均活動範圍為70公頃(Jennings *et. al.* 2005)，白鼻心的活動範圍約為其2.5到6倍，因此以1000公尺為保守推測的白鼻心的最遠播遷距離，以該距離做為連結度分析的前提，並以該林地的面積大小作為棲地品質依據。取貢獻度前150強的林地作為國道周邊生態廊道勘查的

目標區域表9.4.2-1，本計畫以國道3號2處路段(0k+400-9k+600、280k+000-305k+000)做為實地勘查的示範案例。

表 9.4.2-1 國道周遭森林連結度較大之里程路段

國道	里程
1	3k+500-10k+800、99k+500-103k+500、120k+200-125k+100、126k+300-126k+800、143k+800-146k+900、148k+900-154k+600
3	0k+400-9k+600、15k+900-24k+200、32k+600-33k+800、34k+300-34k+800、36k+400-38k+900、41k+800-45k+400、51k+100-51k+600、75k+200-81k+900、83k+100-89k+600、99k+500-100k+600、101k+800-103k+600、130k+600-135k+500、237k+200-239k+200、280k+500-305k+000、318k+400-320k+100、361k+100-365k+900、367k+800-386k+900、400k+900-401k+500
3 甲	0k+200-4k+900
5	0k+000-28k+800
6	12k+400-13k+400、16k+000-28k+700
10	11k+900-23k+100

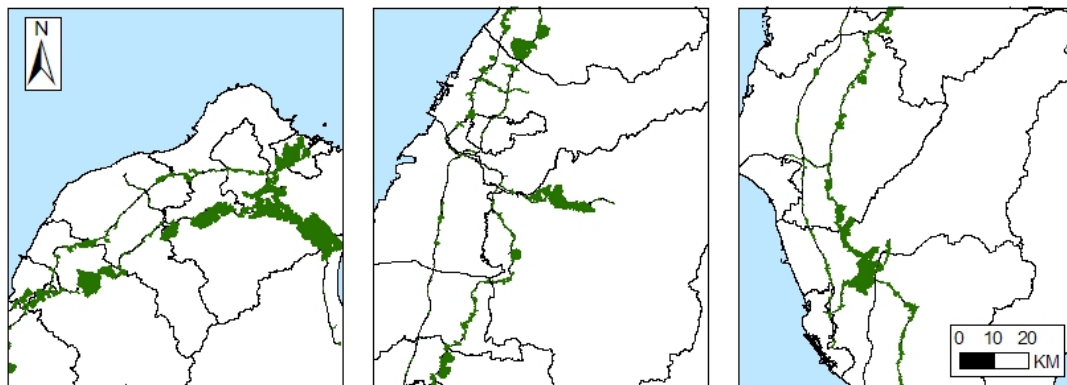


圖 9.4.2-1 緊鄰國道邊坡或高架橋下空間的林地

(2) 連結貢獻度大的林地周邊生態廊道調查

國道構造物的形式主要為高架橋、路堤、路塹與隧道，由於隧道對地被既有的棲地環境影響輕微，因此並不需要因切割林地而設置生態廊道；路堤與路塹的車行、人行與排水的箱管涵可為潛在的生態廊道構造，高架橋與河川橋下方同樣具生態廊道的可

能性，以下以國道3號里程0k+400到9k+600與280k+000-305k+000兩路段，分別作為檢視高架橋與路堤或路塹的生態廊道課題位置。

(a) 高架橋下空間的生態廊道初探

以國道3號0k+400到9k+600為例，本路段共有九處高架橋路段，跨越多條溪流環境與森林谷地，高架橋下空間做為生態廊道的可能性隨著人為干擾程度、溪流與工程構造物而有所差異。茲就橋下空間路權現況做分類說明：

- (i) 有道路設施或遭佔用：里程0k+001-0k+690的第1號高架橋的橋下空間成為大貨車的停車場地，地區道路的路幅遠大於交通需求，且該區域的橋下邊坡綠帶因民眾非法佔用而綠化成效不佳，導致橋下空間無法有效提供生態廊道的功能，形成管理的死角或衍生棲地劣化問題(圖9.4.2-2)。



圖 9.4.2-2 國道 3 號第 1 號高架橋橋下空間(0k+001-0k+690)

- (ii) 使用頻度較低之郊區公園：部份高架橋下空間營造成地區公園，然而由於公園位於維護管理資源較少的偏遠山區，設計成為生物相貧脊的不透水鋪面或短草地，使得景觀價值低，目前也鮮少被居民使用，如第2號高架橋(2k+246-2k+791)與第8號高架橋(7k+573-8k+293)，其中第8號高架橋跨越溪流，公園與停車場的設置降低濱溪植被的連結度，若原有設計期待橋下空間能提供棲地連結功能，則此路段與當初施作高架橋減少地被破壞的立意相左。



圖 9.4.2-3 國道 3 號第 2 號高架橋與第八號高架的橋下空間成為公園

- (iii) 植生狀況不佳：如第3號高架橋(3k+113-3k+428)的橋下空間則因植生狀況不佳，僅發育成五節芒草生地(圖 9.4.2-4)，而無法發揮生態廊道的功能，若能透過2次植生加速林地復育，可更加提高高架橋的生態效益。此類橋下空間可進一步確認有無圍籬網造成阻隔，若有，可先行移除。



圖 9.4.2-4 國道 3 號第 3 號高架橋(3k+113-3k+428)可 2 次植生加速演替

- (iv) 具生態廊道或棲地連結潛力：雖然高架橋下空間易因地區道路、人為佔用或挪為公園用地等因素而降低生態廊道的效益，但現勘仍發現多處橋下空間的植被分層完整，並因國道路權的管理而較周邊林向良好，如第6號高架橋(5k+265-5k+385)與第9號高架橋(9k+165-9k+495)的橋下空間。此類橋下空間建議以維持現狀為優先選項，並進一步探討平行國道之側車道造成的阻隔問題。



圖 9.4.2-5 國道 3 號第 6 號高架橋(左)與第 9 號高架橋下空間

(b) 路堤與路塹箱管涵的生態廊道初探

以280k+000-305k+000段共有152個跨越橋、涵洞(涵管)等設施構造物，先排除縱深長度未達高速公路路寬無法作為生物通道的設施。另外，現場調查時發現寬度、高度在1米以下的涵管，會因太過狹長形成幽暗的空間，導致利用此類涵管的動物主要為鼠科及食蟲目等小型哺乳動物，對於中型哺乳動物以上體型的野生動物，這樣的空間會造成野生動物壓迫感(stress)而不願利用該設施構造物。檢視152個設施構造物中，其中高度、寬度在1米以下的設施，以直徑0.6公尺排水涵管佔多數，但直徑0.6公尺的涵管對於體長約40公分的臺灣野兔，極可能在穿越時造成壓迫感。加上臺灣野兔為臺灣地區體型最小的中型哺乳動物，對照體型較大的白鼻心、棕蓑貓等保育類哺乳動物，利用直徑0.6公尺涵管的機率相對更低。因此廊道調查的對象進一步刪除多數寬度、高度在1米以下的涵管，共調查68處涵洞等設施構造物。於調查的68處設施構造物中，共有11處觀察到動物的活動痕跡(腳印等)，其中多數為貓、狗及鼠科動物等物種的腳印，另外也有白鼻心、棕蓑貓等中型野生哺乳動物的腳印。在此11處涵洞中，寬度及高度都在2米以上。



圖 9.4.2-6 路堤段作為生態廊道的箱管涵

9.4.3 既有國道構造物改善為生態廊道的潛力分析

無論對人或野生動物而言國道均是難以橫跨的構造物，因此需要在規設初期考量既有的穿越需求，例如溪流或當地的既有道路，安排河川橋、人行、車行箱涵等，然而卻忽略了野生動物自然移動的路線，成為道路致死與切割棲地的主因，其中以路堤與路塹的影響最大，但可適當的改善既有箱管涵與圍籬系統，引導野生動物順利穿越國道，請詳第7章參考實際的改善案例。

相較路堤與路塹而言，高架橋為通透度較高的道路結構形式，並可減少天然植被的損失，然而實地調查發現高架橋的生態效益仰賴規設階段的生態考量、施工後復原、維管檢討與2次植生。規設前期需考量工程周邊的生態棲地類型，例如森林、農田與魚塢環境對生態廊道的需求不同，即影響施作高架橋的生態效益，高架橋可保留既有森林且維持林帶的完整性，減少白鼻心或穿山甲等保育類動物的道路致死率；立於農田環境中則會減少作物的日照，且該環境的哺乳動物與兩棲爬蟲數量與敏感性均低，因此降低道路致死的效益也不高，對於部分依賴水田的鳥種，如彩鵲或候鳥，高架的結構形式對其干擾較大，反容易造成棲地使用時的壓力(圖9.4.3-2)，但高架橋對不同棲地環境實際影響仍需更深入的研究探討。



圖 9.4.3-1 農地環境中的高架橋

施工後復原是高架橋下空間提供生態效益的關鍵，現勘調查發現部分高架橋下路權成為使用率低的地方道路、停車場與公園等構造，除了衍生民眾違法佔用路權的維管死角外，也是生態劣化的開端，例如第8號高架橋(7k+573-8k+293)為河川跨越橋，完整的濱溪林帶因路權開放為公園與停車場，橋下空間反而成為生態廊道的缺口(圖 9.4.3-2)，若能達到表土保存與完工後盡速復原植栽則可避免上述情形發生，減少後續許多維管的困擾。



圖 9.4.3-2 橋下空間成為公園用地而失去生態廊道功用

維管方式調整與2次植生可讓高架橋下空間更貼近周邊的棲地環境，定期監測橋下空間復原的狀態調整構造物形式，例如使用率低的路幅縮小甚至廢除，或改良成接近自然的鋪面，而少人使用的停車位

與公園也可還地於荒野，除了可以減少維護管理的人力，同時增加生態效益(圖9.4.3-3)。由於橋下空間日照與基質條件較差，因此植被演替速度緩慢，若能先改良土壤再選擇耐陰的樹種執行2次植生，可提高植生的覆蓋度與層次並發揮生態廊道的角色。



圖 9.4.3-3 第 6 號高架橋 5k+265-5k+385 可改善與 2 次植生的橋下空間

參照表9.4.2-1中國道周遭森林連結度較大之里程路段，交集第五章國道敏感里程第1級(最敏感)者，如表9.4.3-1所列路段。建議未來可透過工務段與相關學者專家參與，優先確認是否有高架路段，並檢視目前的橋下空間利用及維護管理方式，以減少人為干擾機會及提供棲地連結為原則，再視狀況予以調整、改善或管制。

表 9.4.3-1 建議優先進行棲地連結分析路段

國道	里程
1	<u>99k+500-103k+500</u> 、 <u>120k+200-125k+100</u> 、 <u>126k+300-126k+800</u> 、 <u>143k+800-146k+900</u> 、 <u>148k+900-154k+600</u>
3	<u>130k+600-135k+500</u> 、 <u>284k+000-300k+800</u> 、 <u>376k+800-386k+900</u>
3 甲	<u>0k+200-4k+900</u>
5	<u>15k+900-28k+800</u>
10	<u>11k+900-23k+100</u>

9.5 蝙蝠利用國道設施

少數野生動物能夠適應人為干擾，在天然棲息地因開發而消失之下，得以改變行為，進而利用工程構造物作為棲所，其中蝙蝠因具有

獨特的生態功能與棲所需求，在國外特別受到重視。

- (1) 蝙蝠的生態功能：蝙蝠分類地位為哺乳動物翼手目，唯一能夠飛行的哺乳類動物。臺灣本島與離島總共有34種蝙蝠，除了臺灣狐蝠與印度犬果蝠為食果性蝙蝠外，其他種類均為食蟲性蝙蝠，穿梭於夜空，能夠有效的控制自然界中昆蟲的數量，對於減少農業蟲害、降低病媒蚊族群與維持生態系統的平衡有相當的貢獻。
- (2) 蝙蝠的棲所需求：自然環境中，蝙蝠利用隱密洞穴、樹皮隙縫、棕櫚葉夾層或中空竹節等自然資材作為日棲所。然隨著天然棲所因土地利用類型改變而消失，蝙蝠漸漸適應干擾，開始利用排水涵洞、橋梁隙縫與房舍夾層等人為構造物，成為貼近人類生活的野生動物。

聯合國環境規劃署發起世界各國將2011年定為國際蝙蝠年，用以宣傳蝙蝠對整體生態系統的貢獻與好處，並希望藉以促進唯一會飛行哺乳動物的研究與保育，顯見蝙蝠的課題漸受到國際重視。

9.5.1 蝙蝠利用人為構造物

蝙蝠兼具生態服務與貼近人類的兩大優點，使其成為國外生態保育的重點物種類群之一，其中不乏道路工程與蝙蝠保育的案例與研究。

- (1) 美國富蘭克林大道橋梁置換蝙蝠保護計畫(Franklin Boulevard Bridge Replacement Bat Protection Program)

美國加州首府沙加緬都(Sacramento county)計畫淘汰老舊的木製棧橋，然而北加州最大的蝙蝠族群日間棲息於該橋段(圖9.5.1-1)，若無適當的生態評估與蝙蝠保育對策，將對此重要的生物與農業資源造成無法挽回的破壞。



照片來源：County of Sacramento department of environmental (2003)

圖 9.5.1-1 富蘭克林大道橋梁東側(左)與以橋梁為日棲所的游離尾蝠(右)

保育計畫預計分為3階段，第1階段於橋梁週邊建造蝙蝠巢箱，替代橋梁給蝙蝠作為棲所，並進行防止蝙蝠棲息橋梁的試驗；第2階段執行防止蝙蝠棲息橋梁的工作，並且在橋梁拆除的過程中監測蝙蝠族群的狀態；第3階段工作為檢討保育計畫之成效，並且於橋梁替換後，監測蝙蝠利用新橋梁的狀況。

計畫執行的目的如下：

- (a) 保護既有的蝙蝠群落。
- (b) 維持當地的蝙蝠群落規模。
- (c) 提供長期與臨時的棲所，以維持或提升現有的蝙蝠族群數量。
- (d) 蒐集文獻，擬定棲所營造的成效評估機制。
- (e) 建立生態專業與執行單位溝通之機制，讓蝙蝠棲所營造的經驗能夠成功複製到其他地區。
- (f) 將保育計畫的資訊分享於大眾與相關蝙蝠保育團體，達到教育宣導的功能。

經過完整評估後，第1階段於蝙蝠尚未遷徙到來之前執行，於橋梁邊緣靠近林地的空地，建造2組蝙蝠巢箱提供蝙蝠作為替代棲所；並且試驗利用濕性發泡劑填滿橋梁的隙縫，或者使用掛網與圍籬防止蝙蝠棲息使用的可行性(圖9.5.1-2)。



照片來源：County of Sacramento department of environmental (2003)

圖 9.5.1-2 蝙蝠巢箱提供臨時棲所(左)與網目阻止蝙蝠使用橋梁隙縫(右)



照片來源：County of Sacramento department of environmental (2003)

圖 9.5.1-3 利用發泡劑填滿隙縫(左)與新建的蝙蝠巢箱(右)

第2階段於蝙蝠全數往南遷徙的冬季開始執行，利用濕性發泡劑與網目將棧橋上蝙蝠能夠棲息的隙縫填滿；增建3組蝙蝠巢箱與改良現有巢箱，為下次遷徙來的蝙蝠族群準備。(圖9.5.1-3)

由於工程無法如期獲得興建許可，因此第3階段隨著橋梁更新計畫的延宕而停止，然巢箱設置與防止蝙蝠利用橋梁的工作仍持續進行，以漸進的方式協助當地蝙蝠入住到為其設置的蝙蝠巢箱，或週遭的橋梁與建築物。第2年的結果顯示6個蝙蝠巢箱，均有蝙蝠使用作為日棲所或夜棲所的痕跡，並且單一巢箱最高記錄到3,000隻蝙蝠於白天棲息；雖然棲息於法蘭克林大道棧橋的蝙蝠族群數量減少，但周邊多處的建築物有新的蝙蝠群落形成，可間接證明已達成計畫的目的；同時也提供蝙蝠巢箱設計與架設的經驗，以及增加轉移蝙蝠棲所的寶貴經驗。

(2) 蝙蝠利用美國橋梁研究

美國25州由海平面到海拔3,000公尺的橋梁與涵洞，均發現蝙蝠利用構造物作為棲所。該研究透過野外調查2,421處高速公路的構造物(1,312處橋梁與1,109處涵洞)，配合回顧文獻與訪談當地生態學者與工程師，發現有211處的美國高速公路構造物，棲息著24種約4,250,000隻左右的蝙蝠。雖然只有1%的構造物適合做為蝙蝠的日棲所，然只要少量經費進行改善，即可大幅提升棲所的數量。

蝙蝠利用高速公路構造物作為日棲所與夜棲所，日棲所提供其晝間遮風避雨、躲避掠食者與養育後代的空間，大部分為橋梁伸縮縫與涵洞等隱密空間；夜棲所則為夜晚蝙蝠活動期間，停棲歇息與消化食物的地點，往往選擇開闊但避風的空間，如橋梁墩柱。

該研究結果顯示蝙蝠的日棲所主要使用橋梁與涵洞兩型，並且偏好以下固定的型值。

(a) 橋梁：

- (i) 位在相對溫暖的地理區域，例如美國的南半部
- (ii) 主要建築資材為水泥
- (iii) 隙縫寬度0.25到3公分，深度30公分以上
- (iv) 離地面高度3公尺以上
- (v) 頂部防水、具完全日照，以及交通量低的路段

(b) 涵洞：

- (i) 位在相對溫暖的地理區域
- (ii) 水泥資材構成的涵洞
- (iii) 高介於1.5公尺到3公尺，長100公尺以上
- (iv) 出口有避風的效果，不受強風的吹襲

- (v) 不易受洪水影響，涵洞內光度低，洞壁粗糙，有隙縫與燕巢。

蝙蝠使用平行箱型橋梁(parallel box beam bridge)的比例最高，跨距的鋼筋水泥橋梁次之(pre stressed concrete girder spans)。不過仍要考量到周邊的土地利用型態，是否提供蝙蝠足夠覓食棲地，支撐一定的蝙蝠族群量。

改良既有的道路設施或於新建道路提供蝙蝠日棲所，僅需少許的工程經費，而可收正面的大眾宣導教育與控制農業害蟲的效果，同時對於行車安全與周邊環境無負面影響。目前美國已有6州的橋梁進行蝙蝠棲所營造，並且改良的案例於第1年均成功吸引蝙蝠利用。

依據美國營造蝙蝠棲所的經驗，其建議以下標準作為評估成效基準：

- (a) 可適用於各種構造物
- (b) 可以複製到其他成功機會高的地方
- (c) 可以將人為維護或蓄意破壞等干擾降至最低
- (d) 可針對目標群落的大小，進行尺寸的增縮
- (e) 對周邊的農業有益
- (f) 價格低廉，利用綠色資材
- (g) 在初次執行成功之後，方便追加棲所單位
- (h) 移動方便

美國目前由聯邦高速公路管理局(Federal Highway Administration)主導交通與蝙蝠保育之工作，而第一線的研究與棲地改善則由德州、佛州、喬治亞州、田納西州、奧克拉荷馬州、懷俄明州、猶他州與新墨西哥州的交通單位執行，同時陸續有其他的交通單位，將蝙蝠的棲所營造列入道路維護管理的項目。

由於當地重要的野生動物資源與聯邦的關注物種所致，加州

規定的新建工程均需進行蝙蝠衝擊評估；亞利桑那州的交通部門將新建工程對蝙蝠的衝擊列入環境影響項目之一；德州的交通部門對全州的高速公路進行蝙蝠利用情勢調查，並依據其結果，提出既有蝙蝠利用的構造維護保存，以及透過小規模的營造，吸引蝙蝠利用適合棲息的路段。

國內對蝙蝠利用道路橋梁與涵洞之研究付之闕如，本次調查為國內首次蝙蝠利用國道構造物作為日棲所之紀錄。針對蝙蝠棲所的研究文獻有「臺灣葉鼻蝠的棲地選擇」(何英毅，2000)、「臺灣北部地區東亞家蝠棲所選擇之研究」(陳怡文，1993)、「墾丁地區巖穴結構與巖穴生物多樣性」(黃致遠，2000)、「東亞家蝠與高頭蝠棲息蝙蝠屋之選擇因子」(張恆嘉等，1993)、「金黃鼠耳蝠在臺灣西南部城鄉林地之棲所選擇與數量變動」(張恆嘉，2007)、「臺灣管鼻蝠(*Murina puta*)棲居於香蕉葉之發現紀錄」(周政翰等，2008)，將來可參考以上研究成果，進行蝙蝠棲所保存與營造之工作。

9.5.2 蝙蝠利用嘉義地區高速公路涵洞之調查結果

2009年9月到2011年3月於國道3號(282k+500-304k+000)進行共計7次的涵洞蝙蝠數量調查，68處蝙蝠可能利用的國道構造物中包含19座橋梁與49處涵洞，其中蝙蝠利用13處涵洞，橋梁下方則無發現蝙蝠或排遺等利用跡象，相關數量變化整理如表9.5.2-1與圖9.5.2-1，可發現葉鼻蝠的數量受季節變化影響，呈現夏季多冬季少的現象，而小蹄蝠則較不明顯。

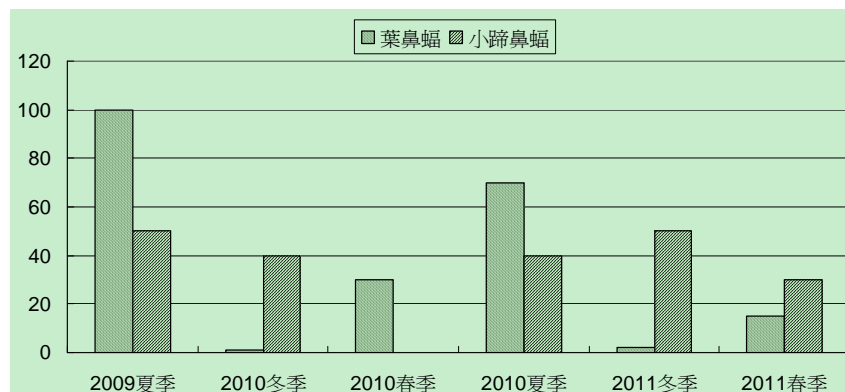


圖 9.5.2-1 2009 年到 2011 年間國道 3 號 285k+670 涵洞蝙蝠數量變化

表 9.5.2-1 國道 3 號 282k+500-304k+000 蝙蝠利用涵洞數量調查記錄

日期	里程	臺灣葉鼻蝠	小蹄鼻蝠
20090902	285k+670	100	50
	282k+681	-	100
	283k+247	-	70
	284k+834	-	100
	300k+936	70	100
20091118	285k+670	+	+
20100224	285k+670	1(回收 06556)	40
20100330	285k+670	30	+
20100708	285k+670	70(具幼蝠)	40
20110217	285k+670	2(回收 06556)	50
20110310	285k+670	15	30
	282k+681	-	>250
	283k+247	-	30
	284k+834	-	30

補充說明：(1)回收 06556 為臺北市動物園 2007 年於嘉義縣竹崎鄉中和村石棹 1 號龍雲山莊十八羅漢洞捕捉，上翼環後野放的個體。

(2)2010 年夏季發現部份葉鼻蝠個體身上有幼蝠攀附，該涵洞為葉鼻蝠繁殖育幼的重要資源。

臺灣葉鼻蝠使用的洞穴分為夏季棲所與渡冬棲所，傾向於使用出入口較高、棲所內部總通道較長、通道較寬較高、容積較大、出入口東西向與積水程度較高的洞穴做為夏季棲所。渡冬棲所的出入口高度與通道高度也明顯低於未曾利用來渡冬的夏季棲所(何英毅，2000)。本次調查於最長的涵洞中發現之97%的臺灣葉鼻蝠，長度分別為152公尺與239公尺，寬與高同屬較大的涵洞，與天然洞穴的結果相符。

臺灣葉鼻蝠與臺灣小蹄鼻蝠均為臺灣特有的洞穴型蝙蝠，分佈於平地到中海拔山區環境，除了上述兩種能夠利用物化條件與洞穴近似的涵洞作為棲所外，臺灣37種蝙蝠中，摺翅蝠、鼠耳蝠、大蹄鼻蝠與保育類物種無尾葉鼻蝠同為洞穴型蝙蝠，也可能利用國道涵洞的物種，然需要更進一步的研究調查，方能釐清利用國道構造物之蝙蝠物種。

諸多研究指出蝙蝠在生態上扮演著重要角色，其中食蟲性蝙蝠對於控制森林與農業害蟲有著極大的貢獻。美國奧斯汀的國會大道橋梁

上棲息150萬的游離尾蝠，該族群一晚可捕食10到15噸重的昆蟲，其中大部分為該州的農業害蟲；而小蝙蝠族群也可發揮關鍵的害蟲控制效果，150隻大棕蝠可在夏季有效控制專食小黃瓜的甲蟲成體，避免其產下近3300萬的卵於農作的根部(Whitaker, 1995)；部分害蟲會避開有蝙蝠超音波的區域(Belton and Kempster, 1962)，選擇合適的高速公路構造物，結合蝙蝠棲所營造為相當正面且具效益之作法(Keeley and Tuttle, 1999)。

雖然蝙蝠保育於生態與人類社會均有正面助益，然而因大眾長期錯誤的負面印象，以及蝙蝠對干擾極端敏感，導致野外族群面對外在壓力時相對脆弱，如高雄縣美濃的隱密水道遭人為惡意縱火，使水道內上千隻的小蹄鼻蝠族群一夕消失；另外全臺多處徒留蝙蝠洞名稱的洞穴，也說明蝙蝠在天然棲所的生存壓力。

蝙蝠保育另一難處為其活動晝伏夜出，飛行於空中，導致進行研究與調查的難度較高，生態影響評估也往往缺乏對蝙蝠的衝擊論述與保育對策研擬，仍有許多區塊尚待各界拼湊解謎，以解決執行實際物種保存與棲地營造行動時，苦於無資料參考的困境。

建議未來臺灣能夠效法美國德州，執行全面的蝙蝠利用國道構造物之調查研究，並且依據成果，選擇適當路段執行國道構造物營造蝙蝠棲所的試驗，並且於新建工程時，將對蝙蝠的衝擊列入影響評估說明，期未來臺灣的國道能夠成為蝙蝠的新家，成為天然棲地消失後的避難所。

9.6 國道燈光對野生動物之影響

國內外已經有許多文獻指出道路的燈光照明對野生動物的行為造成影響(表9.6-1)，影響物種廣泛，昆蟲、兩棲類、爬蟲類、鳥類與哺乳類均受其擾，改變其覓食與繁殖等重要活動模式，輕微造成個體死亡，嚴重者則對族群產生不可逆的影響。

2008年「二高沿線環境特性調查與國道計畫環境復育之研究」中發現高屏溪橋橋梁光源影響遊隼覓食行為，起因於夜間光源吸引遷徙候鳥，干擾其遷徙路徑，遊隼利用橋塔的制高點與探照燈的照明燈光

伺機捕食路過飛鳥，並處理與儲存食物。燈光照明改變遊隼的覓食行為，增加遷徙候鳥的死亡率。夜間光源原意為替斜張橋增加景觀裝飾，然而卻干擾了自然生態的運作，同時也因探照燈的高耗電量，成為不具永續考量的光害污染源。該研究亦提到歐洲國家已有訂定光害法，以法去規範都市及人工構造物之照明，除兼顧環境保護外也達節能減碳功能。未來可考量以建物橋梁外部輪廓線條之光源設計取代目前的探照燈光源。

表 9.6-1 燈光照明對野生動物行為影響研究之文獻

年份	題目	摘要
1996	Impact of outdoor lighting on moths	夜間光照對蛾類的活動造成影響，如飛行、交配、干擾遷徙與提高被捕食機率
1997	Light levels influence female choice in Tungara frogs: Predation risk assessment?	夜間照明的照度影響青蛙求偶時的被捕食的機率，連帶影響其繁殖的行為
2002	Light-induced mortality of petrels: a 4-year study from Reunion Island (Indian Ocean)	燈光吸引兩種特有且瀕臨絕種的海鳥，並且因誤導其飛行路徑而造成死亡
2004	Effects of coastal lighting on foraging behavior of beach mice	棲息於沙岸的小型哺乳動物會因光害影響，而減少覓食行為
2006	Apparent effects of light pollution on singing behavior of American robins	知更鳥因人工光源過於明亮，導致生活周期錯亂，於夜晚進行日間的鳴唱
2006	The effect of artificial light on male breeding-season behaviour in green frogs, <i>Rana clamitans melanota</i> .	人為燈光照明對青蛙在繁殖季節的行為造成影響，長期造成族群動態變化
2006	高速公路照明對沿線生態之影響	指出國道的燈光照明對昆蟲有吸引致死之現象，而無燈地區的鳥類數量少於有燈地區
2007	Nesting distribution and hatching success of the leatherback, <i>Dermochelys coriacea</i> , in relation to human pressures at Playa Parguito, Margarita Island, Venezuela.	海龜因光害而放棄原本產卵的海岸，轉往孵化成功率較低的海岸產卵，干擾繁殖行為
2008	二高沿線環境特性調查與國道計畫環境復育之研究	斜張橋的探照燈源影響遊隼的覓食行為，增加路過候鳥的被捕食率

資料來源：本計畫整理。

2006年「高速公路對照明沿線生態之影響」則指出高速公路之照明對鳥類與昆蟲的數量或種類有明顯影響，並在報告中對高速公路燈光作出原則性的生態友善原則(表9.6-2)，同時列舉國外案例，與初步

檢討目前國道的燈光設計。後續將持續收集燈光對生態的影響，並且累積相關改善原則與方案，據以提出適合臺灣環境的燈光照明設計與原則。

目前國道系統之照明設備配置已有既定規範，基於行車安全該規範不宜更動，然部份路段可見因國道兩旁居民要求下，所裝設之遮光罩，顯見由燈具逸散至非路面區域的光照，對居民與農作物的負面影響。在不影響行車安全的前提下，加裝遮光罩為較為簡便且有效之方式，建議採用此法於生態敏感里程路段，降低照明光源對野生動物之影響。

表 9.6-2 高速公路燈光照明之生態友善原則

原則	描述
聚焦照明	減少光線逸散，降低天空的輝度，讓光照在需要之處
遮住每面光源	隱藏光源，避免雙眼能夠直接看見發光處，降低眩光產生
減少光量	在行車安全許可下，降低光量，達到節能與降低影響功能。
隨手關燈	離峰時段或車流量較少時段，利用計時器執行開關動作

資料來源：國工局。2006，

9.7 交通噪音對野生動物之影響

許多研究發現道路經過區域包括森林性、草原性和濕地中的鳥類族群密度會明顯低於無道路經過的區域，越接近道路鳥類族群密度會越低，而其影響程度可能隨棲地、物種和車流量而不同。Benítez-López 等人(2010)整理分析近49份研究顯示，道路對鳥類的影響距離可達1公里遠，而對哺乳類的影響距離甚至可達5公里遠，且不同棲地和不同物種的影響距離並不相同。

道路車輛產生的噪音是造成鳥類棲地減少和族群密度降低的主要原因，噪音的影響程度可能超過車輛帶來的視覺干擾、污染、道路致死和捕食者等因素(Reijnen *et al.* 1995, Forman & Deblinger 2000, Reijnen *et al.* 2002)。Forman 等人(2003)指出很多動物需要藉由聲音來溝通、導航、迴避危險和尋找食物，因此人為產生的噪音可能會危害

其健康，改變其繁殖成功率、存活率、棲地利用、分佈、豐度和遺傳組成。不同類群的動物聽力並不相同，而聲音的頻率、強度和持續時間的不同亦會造成不一樣的影響，此外，低頻噪音產生的振動亦會對野生動物造成影響，特別是對於較敏感的鳥類和爬蟲類可能會有較大的影響。

交通流量和距離道路的遠近是決定交通噪音強度的主要因子(Forman et al. 2003)，車速越快交通噪音強度也會越強，卡車等重型車輛也會造成較大的噪音污染。表9.7-1列出一些交通噪音對野生動物影響的研究，要解決交通噪音對野生動物影響的最有效方式仍是在規劃道路階段即迴避重要的動物棲地，Reijnen等人(2002)即建議道路兩側1000公尺內均應避開重要棲地。而針對施工中或營運階段的道路，可考量之噪音改善方式包括施工區和機具應有完整噪音防制計畫，包括隔音覆蓋等措施和低噪音和低振動型機具的採用；道路路面採用多孔隙的排水減噪鋪面可有效減低噪音強度(Forman et al. 2003)；於經過重要動物棲地的路段設置隔音牆等屏障，但應注意隔音牆產生的棲地切割阻隔等負面影響；針對重要動物棲地或繁殖季等敏感時節進行道路交通管理，包括暫時關閉道路、限制車速和限制交通流量等措施。此外，針對道路噪音對野生動物產生的負面影響而於影響範圍外以營造棲地等方式進行生態補償亦為可行方式，但補償措施通常需要有明確的目標、詳細的評估，以及較長久和完善的規劃配套才能得到成效。

國內目前交通噪音對野生動物影響的相關研究極少，未來應針對國內道路噪音對鳥類、兩棲類、爬蟲類和蝙蝠等敏感物種的影響進行相關研究，並釐清國道經過區域是否有各類敏感物種的重要棲地，如南區工程處白河段即已針對其國道3號轄區範圍內的兩棲類動物資源分年進行了完整的調查，其調查結果發現的重要兩棲類物種、族群和棲地即可作為後續改善國道噪音對兩棲類影響相關措施的重要依據

表 9.7-1 交通噪音野生動物影響研究之文獻

年份	類群	題目	摘要
2007	蛙	Auditory masking of anuran advertisement calls by road traffic noise	道路交通引發的噪音影響蛙類宣告叫聲(advertisement call)的模式大致上可分為：噪音頻率與雄蛙叫聲重疊，導致雌蛙選擇上的混淆；噪音分貝過高蓋住雄蛙的合唱，導致雌蛙無法聽到雄蛙的求偶叫聲；噪音干擾導致雄蛙不願意鳴叫，進而使蛙類繁殖率下降，族群消失。
2008	蛙	Traffic noise affects communication behaviour in a breeding anuran	交通噪音造成雄蛙鳴叫行為減少，改變其鳴叫頻率，且干擾雌蛙對雄蛙的叫聲選擇。
2008	蝙蝠	Hunting at the highway: traffic noise reduces foraging efficiency in acoustic predators	大鼠耳蝠的覓食效率會因道路噪音而降低。接近道路時，蝙蝠的成功覓食次數減少、尋找食物時間增加，距道路7.5公尺處，尋找食物時間增加5倍。貓頭鷹也一樣受影響。
2008	鳥	Impacts of Traffic Noise and Traffic Volume on Birds of Roadside Habitats	交通噪音的干擾和覆蓋會造成各種野生動物聲音訊號傳播距離的縮短，鳥類鳴唱行為和鳴聲頻率會因而改變，增加鳥類維持領域、吸引配偶成功繁殖的困難。對於一些受脅鳥種來說，於繁殖季關閉關鍵道路可能是重要的保育策略，其他如限速或控制交通流量亦為可行方式。
2009	蛙	Frogs Call at a Higher Pitch in Traffic Noise	棕樹蛙雄蛙在有交通噪音的環境下，會提高蛙鳴的頻率，提高頻率有助於增加鳴聲在有交通噪音的環境下的傳播距離，但是些種類的雌蛙偏好能發出低頻蛙鳴的雄蛙。
2010	蝙蝠	Foraging bats avoid noise	靠近公路或其他噪音源的覓食地品質會下降，蝙蝠會迴避這些噪音干擾。
2010	鳥	道路開發對彰化濱海地區水鳥棲息地的影響分析及相關減輕保護模式建立之可行性與試驗	現況鳥類分佈距台17省道越近數量越少，以水域鳥類影響最大，至離台17線350公尺處鳥類數量才開始明顯增加。比較噪音測值發現，350公尺處的噪音量為49.99dB，推測本區鳥類偏好噪音量低於50dB的棲地，而台61線通車後要到距台17線1600公尺處噪音量才會低於50dB，且本區所有陸域環境噪音量均高於55dB，所以水鳥可能必須放棄本區陸域環境。
2011	蛙、鳥	Impacts of traffic noise on anuran and bird communities	比較波多黎各靠近公路(100公尺內)和遠離道路(300公尺外)的相同植被森林樣區，發現兩棲類物種豐富度和種類組成並未受道路噪音影響，但靠近道路的樣區鳥類豐富度明顯較低，種類組成亦有明顯差異，特別是鳴叫頻率低的鳥種只在遠離道路的樣區才能發現。蛙類較不受影響的原因主要是因其多於夜間車流量低的時候鳴叫。

9.8 路權管理結合民眾參與-國道3號甲線路權範圍棲地復育

國道3號甲線自深坑延伸到臺北市南方緊鄰富陽自然生態公園，前身為軍方的聯勤彈藥庫，在考量周邊居民的安全需求後，辦理搬遷與釋放土地作為公園綠地，目前官方正式編號為「大安408公園」，為軍事管制而意外保存的都市綠色奇蹟，物種多樣且林相結構完整，並有多種保育類動物的紀錄，如II級保育類猛禽領角鴉、大冠鷲、鳳頭蒼鷹與臺灣松雀鷹，以及III級保育類動物臺北樹蛙、白鼻心與雨傘節，成為最貼近臺北市民的天然生態教室。

靠近六張犁鬧區的富陽自然生態公園為諸多民間團體關注之生態敏感區，荒野自然保育協會於民國90年成立富陽公園定點觀察組，於93年正式認養富陽自然生態公園；並委由國立中興大學進行4年(93年~97年)之環境資源調查與生態監測，為都市公園綠地結合官方、民間與學界的力量共同管理之典範。

北區工程處木柵工務段於國3甲線里程000k+900，多次發現民眾破壞圍籬進入路權範圍，違法佔用並種植農作，面積達400平方公尺(圖9.8-1)，且有逐漸擴增的趨勢，雖曾進行多次清耕，但由於工務段人力無法長時間駐守，因此民眾在地上物移除之後仍持續佔用。該處接近稜線高點為園區水系的頂端(圖9.8-2)，因此栽種農作所使用的肥料、除草劑與農藥易對周邊產生衝擊，不僅移除路權範圍內的植生，也間接造成富陽自然生態公園整體生態環境的劣化。

長期於富陽自然生態公園進行定點觀察的荒野自然保育協會，將侵佔與劣化狀況通報高速公路局此路權遭侵佔之事實，並比對經年累月的生態調查紀錄，發現因農業污染導致園區內III級保育類動物—臺北樹蛙數量逐漸下降。故協助安排荒野保護協會與高速公路局及北區工程處人員，於2010年7月2日現勘遭侵佔之路權，共同討論路權回收與後續避免不法佔用情勢發生之方法；並於2011年3月2日拜訪臺北市政府工務局公園路燈工程管理處，取得富陽自然生態公園的管理單位認同與後續合作的共識；2011年4月15日協同高速公路局、木柵工務段與荒野保護協會確認設計理念、用水取得與設計發包等事項。



圖 9.8-1 國道 3 號甲線 000k+900 里程遭侵佔之路權

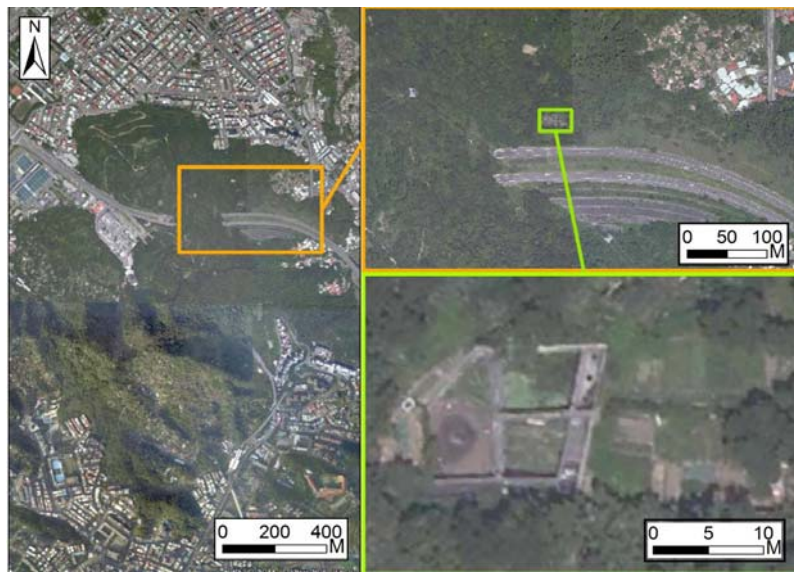


圖 9.8-2 國道 3 號甲線 000k+900 里程遭侵佔之區域對照圖

回收路權為維護國道周邊生態環境的起點，後續的維護管理則為關鍵，長達900公里的國道系統，面對民眾於山區環境蓄意佔用路權進行耕作時，若以過去所採取密集巡邏予以清除的方式，想必將面臨路權再次遭到侵佔的困擾，實為浪費人力與公帑，因此找出可減輕道路單位的維管難度，同時保持富陽自然生態公園獨特之生態資源的方法為將來重要挑戰。

9.8.1 路權範圍復育棲地的環境背景資料

富陽自然生態公園位於雪山的支脈尾稜，物候生態與臺北盆地的氣溫、雨量與土壤近似，屬於亞熱帶季風氣候區，乾冷的蒙古高壓氣團，以及暖濕的太平洋高壓影響下，有四季分明的氣溫變化現象。根

據中央氣象局1971年至2000年的統計資料，臺北測站的平均溫度為攝氏22.6度(圖9.8.1-1)，平均最高溫出現於7月為攝氏34度，平均最低溫出現於1月為攝氏13.3度；而2009年的臺北平均溫度為攝氏23.4度，最高溫為7月22日的攝氏37.2度，最低溫為1月14日的攝氏6.4度。氣溫深受盆地地形影響，夏季熱氣不易排出，致使市區氣溫較周圍地區高出攝氏1到2度(李培芬，2009)。

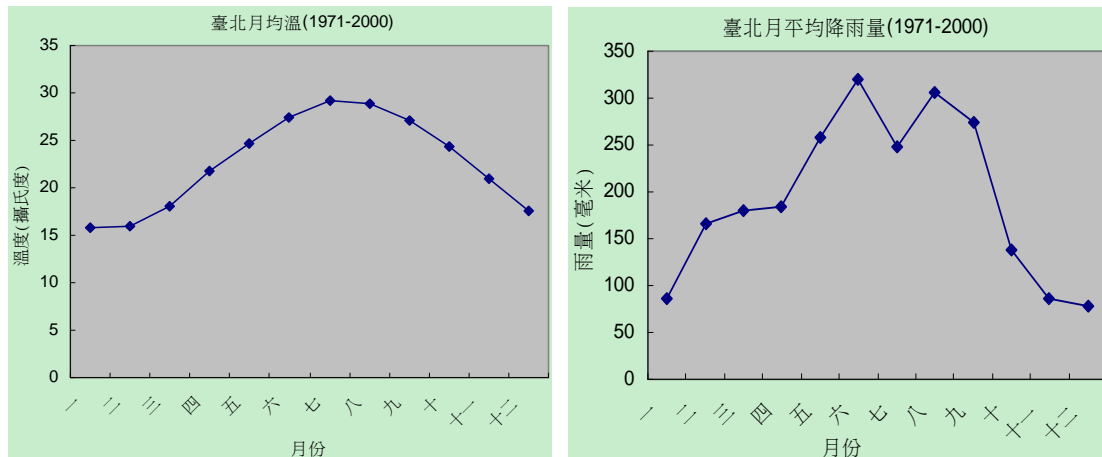


圖 9.8.1-1 臺北市氣溫月份變化圖(左)與雨量月份變化圖(右)

夏秋兩季的颱風降雨為富陽自然生態公園主要的雨量高峰，而冬末春初東北季風轉弱，與增強的西南季風拉鋸形成滯留面，帶來具有豐沛雨量的梅雨，成為次強的降雨高峰(圖9.8.1-1)，根據中央氣象局1971年至2000年的統計資料，平均年降雨量為2325.2毫米，平均降雨最高月份為6月319.4毫米，最低月份為12月僅78.8毫米；2009年的年降雨量為1669.2毫米，8月降下321.3毫米的雨量最多，2月降雨最少，僅32.8毫米。盆地周圍的丘陵環境較易形成地形雨，此傾向於冬季更為顯著，增添富陽自然生態公園周邊地區微氣候的多樣性。

土壤覆蓋地殼表層為孕育物種生存的根本，化育過程及結果與活動其間的動植物種類有密切關係。查閱經濟部中央地質調查所地質資訊，自來水園區觀音山的地質年代為全新世(Holocene)，地質名稱屬於沖積層(Alluvium)，地質組成包含礫石，砂及粘土(Gravel, sand and clay)。而經現地調查可發現，園區內森林內地被植物覆蓋度大於50%，含石率約5%，土壤表面鮮少大石存在，且多為具有紅褐色的粘

土或粉粒組成的表土，為含鐵量較高的土壤。

9.8.2 動植物生態背景

蘇鴻傑(2008)發表的「福州山富陽公園之植群生態」中，對園區植物進行詳細描述，其認為1988年以前因長期的駐軍管制，受到禁建禁伐的限制，意外保留下臺北市近郊的原始低海拔山麓丘陵森林及溪流生態系，與公館自來水園區的觀音山同為過往福州山系植相的遺珠。園區內森林構造可大致分為四層，最上層樹冠高約10至15公尺，普遍為相思樹，其他上層樹種則有乾性林出現的雀榕，濕性林則有烏柏與山黃麻等；第二層的代表樹種則為樹高介於5至10公尺的江某與軟毛柿，其他普遍常見的有白肉榕、構樹、白匏子、野桐、香楠、血桐、刺杜密、紅楠、黃肉樹、水金京、奧氏虎皮楠、饅頭果、羅氏鹽膚木、樹杞；第三層為高度於5公尺以下的的灌木與幼苗，九節木為灌木類的最大宗，其他灌木則有山棕、燈稱花、七里香、山刈葉、杜虹花、山黃 梔、野牡丹、柏拉木、灰木、圓葉雞屎樹、紅果金粟蘭、臺灣山桂花等種；第四層為高度2公尺以下的草本與樹木幼苗，如月桃、火炭母草、五節芒、觀音座蓮等。

由於園區內植物相完整，且與雪山尾稜相連具有充足物種的來源，因此動物相豐富，常見的23種留鳥以綠繡眼、白頭翁與紅嘴黑鶉為主，其中不乏II級保育類鳳頭蒼鷹、大冠鷲與領角鴉，溪流則提供白腹秧雞等涉禽與多種蜻蛉目物種的棲地環境(臺北市政府，2003)；爬蟲類與兩棲類則有13種，包含其中包含III級保育類動物臺北樹蛙(楊胤勛，2009)；哺乳動物相也有別於其他都會公園，可輕易觀察到大赤鼯鼠、白鼻心與臺灣獼猴的蹤跡(陳立欣，2007)。

9.8.3 國道3號甲線路權生態復育目標

綜觀富陽自然生態公園的動植物相與歷史背景，造就其珍貴獨特性的原因主要為三點，分別為軍事管制保留自然森林環境、與雪山尾稜的種源中心相連，以及荒野保護協會與臺北市政府的合作維管。

- (1) 軍事管制歷史：安然度過臺北盆地土地利用劇烈變遷的時期，至今仍保持高自然度的森林環境，並成為周邊動植物的避難所。

- (2) 大尺度棲地連結：園區與雪山尾稜的深坑石碇之間，仍有部份開發難度高的低谷或坡地保持森林植被，動物可藉此往來擴遷維持穩定的族群與基因多樣性，減緩棲地破碎化導致的劣化影響。
- (3) 民眾參與經營管理：荒野保護協會於民國90年成立富陽公園定點組，每月進行自然觀察與紀錄，並舉辦解說導覽活動，並於民國93年認養園區，95年更爭取到緯創資通的贊助參與，長達10年的扎根經營讓富陽自然生態公園成為都會公園的典範。

國道3號甲線的路權以圍籬為界緊鄰富陽自然生態公園，將來可結合彼此豐富的動植物相，並且共享行政管理的資源，成為政府道路單位與民間團體合作提升生物多樣性的案例。初步規劃將營造森林中的淺水濕地的環境，以生態綠化的概念複層植生加速林相演替，並利用蓄水池結合水撲滿儲水，除可提供路權濕地使用外，也可作為富陽自然公園溼地的穩定水源，而完工後的監測工作可委由志工協助。未來將由荒野保護協會與高公局密集討論，完成路權範圍清耕與棲地營造工作。

第九章	相關課題探討.....	1
9.1	外來入侵種課題.....	1
9.1.1	國道沿線主要外來入侵種資訊彙整.....	4
9.1.2	外來入侵種監測通報機制彙整.....	16
9.1.3	林業試驗所提供之刺桐釉小蜂防治的建議流程.....	16
9.1.4	外來入侵種教育訓練辦理.....	18
9.2	生態池.....	19
9.2.1	愛蘭交流道生態池.....	20
9.2.2	東草屯交流道生態池.....	21
9.2.3	國道1號高科交流道生態滯洪池.....	23
9.2.4	現況課題.....	26
9.3	紫斑蝶通過國道之保護措施現況瞭解.....	27
9.4	生態廊道課題.....	28
9.4.1	路權相關法規.....	29
9.4.2	生態廊道調查方法研擬與現勘成果.....	30
9.4.3	既有國道構造物改善為生態廊道的潛力分析.....	36
9.5	蝙蝠利用國道設施.....	38
9.5.1	蝙蝠利用人為構造物.....	39
9.5.2	蝙蝠利用嘉義地區高速公路涵洞之調查結果.....	44
9.6	國道燈光對野生動物之影響.....	46
9.7	交通噪音對野生動物之影響.....	48
9.8	路權管理結合民眾參與-國道3號甲線路權範圍棲地復育.....	51
9.8.1	路權範圍復育棲地的環境背景資料.....	52
9.8.2	動植物生態背景.....	54
9.8.3	國道3號甲線路權生態復育目標.....	54

表 9.1-1 加強入侵種管理諮詢委員會決議之入侵種生物管理分工情形	2
表 9.1-2 國道沿線外來入侵種課題之相關主管單位	2
表 9.1.1-1 小花蔓澤蘭(<i>Mikania micrantha</i>)	6
表 9.1.1-2 香澤蘭(<i>Chromolaena odorata</i> L.)	7
表 9.1.1-3 紅火蟻(<i>Solenopsis invicta</i>)	8
表 9.1.1-4 刺桐釉小蜂(<i>Quadrastichus erythrinae</i>)	9
表 9.1.1-5 銀合歡(<i>Leucaena leucocephala</i>)	10
表 9.1.1-6 銀膠菊(<i>Parthenium hysterophorus</i> Linn.)	11
表 9.1.1-7 多線南蜥(<i>Mabuya multifasciata</i>)	12
表 9.1.1-8 蘇鐵白輪盾介殼蟲(<i>Aulacaspis yasumatsui</i>)	12
表 9.1.1-9 河殼菜蛤(<i>Limnoperna fortunei</i>)	13
表 9.1.1-10 白尾八哥(<i>Acridotheres javanicus</i>)	13
表 9.1.1-11 松材線蟲(<i>Bursaphelenchus xylophilus</i>)	14
表 9.1.1-12 福壽螺(<i>Pomacea canaliculata</i>)	14
表 9.1.1-13 布袋蓮(<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms)	15
表 9.1.2-1 外來入侵種通報機制與單位	16
表 9.3-1 民國 97 年至 100 年度紫斑蝶調查及保育措施整理	28
表 9.4.1-1 高速公路路權範圍相關法令或規範彙整分析表	30
表 9.4.2-1 國道周遭森林連結度較大之里程路段	32
表 9.4.3-1 建議優先進行棲地連結分析路段	38
表 9.5.2-1 國道 3 號 282k+500-304k+000 蝙蝠利用涵洞數量調查記錄	45
表 9.6-1 燈光照明對野生動物行為影響研究之文獻	47
表 9.6-2 高速公路燈光照明之生態友善原則	48
表 9.7-1 交通噪音野生動物影響研究之文獻	50
圖 9.1-1 國道沿線之外來入侵種照片	5
圖 9.1.3-1 刺桐釉小蜂防治流程建議	17
圖 9.1.4-1 外來入侵種教育訓練辦理情形	19
圖 9.4.2-1 緊鄰國道邊坡或高架橋下空間的林地	32
圖 9.4.2-2 國道 3 號第 1 號高架橋橋下空間(0k+001-0k+690)	33
圖 9.4.2-3 國道 3 號第 2 號高架橋與第八號高架的橋下空間成爲公園	34
圖 9.4.2-4 國道 3 號第 3 號高架橋(3k+113-3k+428)可 2 次植生加速演替	34
圖 9.4.2-5 國道 3 號第 6 號高架橋(左)與第 9 號高架橋下空間	35
圖 9.4.2-6 路堤段作爲生態廊道的箱管涵	36
圖 9.4.3-1 農地環境中的高架橋	37
圖 9.4.3-2 橋下空間成爲公園用地而失去生態廊道功用	37

圖 9.4.3-3 第 6 號高架橋 5k+265-5k+385 可改善與 2 次植生的橋下空間	38
圖 9.5.1-1 富蘭克林大道橋梁東側(左)與以橋梁為日棲所的游離尾蝠 (右).....	40
圖 9.5.1-2 蝙蝠巢箱提供臨時棲所(左)與網目阻止蝙蝠使用橋梁隙縫 (右).....	41
圖 9.5.1-3 利用發泡劑填滿隙縫(左)與新建的蝙蝠巢箱(右).....	41
圖 9.5.2-1 2009 年到 2011 年間國道 3 號 285k+670 涵洞蝙蝠數量變化	44
圖 9.8-1 國道 3 號甲線 000k+900 里程遭侵佔之路權.....	52
圖 9.8-2 國道 3 號甲線 000k+900 里程遭侵佔之區域對照圖.....	52
圖 9.8.1-1 臺北市氣溫月份變化圖(左)與雨量月份變化圖(右).....	53