

國道 3 號 286K 動物通道白鼻心利用情形調查



委託單位：交通部高速公路局南區工程處白河工務段

執行單位：屏東科技大學野生動物保育研究所

計畫主持人：黃美秀

研究人員：曾貴鴻

中華民國一〇二年十一月

摘要.....	3
壹.工作概述.....	4
貳.工作期限.....	4
參.一般說明.....	4
肆.工作要求.....	4
一.    工作方法.....	4
(一)  野生動物廊道使用情形.....	4
(二)  白鼻心無線電追蹤.....	5
二.    工作內容.....	5
(一)  文獻回顧.....	5
(二)  白鼻心廊道使用情形與活動範圍現況評估報告.....	6
伍.調查方法.....	7
一.白鼻心利用涵洞情形監測.....	7
二.白鼻心之捕捉與無線電追蹤.....	8
三.白鼻心利用涵洞之分析.....	9
陸.調查結果.....	13
一.白鼻心利用涵洞情形監測.....	13
二.白鼻心的捕捉.....	13
三.白鼻心利用涵洞之分析.....	14
四.觀察到物種紀錄.....	24
柒.討論與規劃建議.....	26
一.白鼻心利用涵洞情形監測.....	26
二.生態廊道與野生動物.....	27
(一)道路效應的影響.....	27
(二)生態廊道的作用.....	27
(三)影響動物使用廊道的因素.....	28
三.研究限制.....	31
四.規劃建議.....	32
玖.參考文獻.....	33
拾.附錄.....	35
附錄一. 本研究各涵洞樣點的環境狀況，以及監測到各物種之有效照片數.....	35
附錄一（續）. 本次調查各涵洞樣點變量表以及監測到各物種之有效照片數.....	36
附錄二. 本研究於3-6月之白鼻心捕捉結果。.....	37
附錄二（續）本研究於3-6月之白鼻心捕捉結果。.....	38
拾壹.調查照片.....	39

### 國道 3 號 286K 動物通道白鼻心利用情形調查

計畫主持人：黃美秀

研究人員：黃美秀、曾貴鴻

#### 摘要

為監測台灣國道三號白河工務段的地下涵洞提供野生動物利用廊道得情況，本研究於 2013 年 5 月至 10 月間，於國道三號梅山至水上路段沿線選擇排水涵洞、箱涵以及車行箱涵，包含國道三號 286K 之白鼻心動物通道在內，使用自動照相機進行白鼻心的利用情形調查。研究期間總共收集 36 個有效涵洞樣點的資料，自動照相機運作有效工時 43,450 個小時，拍攝到的物種有白鼻心、鼬獾、食蟹獾、台灣野兔、家貓、狗、小黃腹鼠、刺鼠、鬼鼠等，總有效照片數為 610 筆。調查期間亦執行白鼻心的捕捉作業，總共進行了 1,460 個捕捉夜，唯未捕獲白鼻心個體。分析各涵洞的變量與白鼻心的 OI 值之後，推測白鼻心較常使用的涵洞為中型大小的涵管或箱涵、底部材質為泥地或水泥混凝土、周圍環境有較多自然可利用的棲地、以及洞口樹冠層鬱蔽度較高的涵洞，並且洞口的樹冠層鬱閉度為影響較大之因素。因此，建議往後欲改良地下涵洞做為動物通道之用時，或增設地下涵洞時想兼顧野生動物通道的功用可參考此種涵洞類型來進行。本次調查除了白鼻心之外，亦監測到其他野生動物經常使用的情形，並且彼此之間具有正相關性，故建議可將白鼻心做為旗艦物種進行保育，改良地下涵洞，並進行維護以達到生態廊道之功效，以盡量減少國道高速公路對於當地野生動物族群的影響。

## 壹.工作概述

本次調查以國道 3 號 280+000K-310+000K 處及其道路周邊的平地區域作為主要研究樣區。根據交通部高速公路局的《營運階段國道永續發展環境復育改善研究計畫》報告書之調查結果，這路段內是中型野生哺乳動物道路致死的熱點。並且路段裡有許多穿越國道的設施物，包含排水涵管與車行箱涵等等，故可以選擇規劃做為野生動物用穿越通道。監測的目標物種為當地的白鼻心。由於白鼻心是該地較大型野生動物之一，並且被林務局列為三級保育類野生動物，因此適合做為當地的保育旗艦物種。另外民國 99 年 4 月設置動物通道及防護網完成之後，對於白鼻心的道路致死狀況似乎有顯著改善成效。因此本次調查對此地區的白鼻心進行生態學以及涵洞利用情形的調查及研究，以期完成當地白鼻心族群對於利用涵洞的選擇性以及現況。本計畫目的在於期望能更深入了解當地的野生白鼻心對於涵洞的利用的情形，以及其活動範圍和棲地利用情況，提供後續相關保育及生態工程經營管理之參考。

## 貳.工作期限

本計畫自 2013 年 5 月起於國道三號梅山至水上路段沿線進行野生動物對廊道使用情形與族群現況的調查。通知開工當日起 180 個日曆天完成。主要工作包括：(1)國道 3 號梅山至水上路段的部分涵洞架設至少 15 台相機監測。(2)進行該路段周邊地區白鼻心族群現況調查。調查頻率可依現況調整，唯每個月至少進行 2 次調查，總調查次數不得少於 20 次。

## 參.一般說明

- 一. 工作期間除路段沿線調查由白河工務段所派車輛支援外，路權外調查由研究者自行負責調查人員交通及安全。
- 二. 調查人員進行路段沿線調查工作時，均應穿著反光背心及戴安全帽(由白河工務段提供)。

## 肆.工作要求

### 一. 工作方法

#### (一) 野生動物廊道使用情形

進行調查期間，將樣區範圍內之涵洞進行分類，並架設自動照相機，整理分析白鼻心對各類型涵洞之利用情形。

## (二) 白鼻心無線電追蹤

調查期間，於國道3號梅山至水上路段周邊地區擺設陷阱籠捕捉白鼻心，並依捕捉之白鼻心數量，評估後裝設無線電發報器，以利日後進行個體標記以及無線電追蹤。以無線電追蹤所得之點位資料，進行該地白鼻心活動範圍和棲地利用等生態習性之分析。

## 二. 工作內容

### (一) 文獻回顧

人為活動隨著族群的成長，持續對環境造成衝擊，並逐年的持續以及擴張(Sanderson et al., 2002)。隨著生存區域的擴張，也需要更多的運輸機制，其中道路系統的發達對於野生動物的棲息環境造成的影響最為廣泛，也最為持久(Spellerberg, 1998; Davenport and Davenport, 2006)。人為活動所造成的鑲嵌式地景以及道路系統切割棲地所造成的各種效應，是現今棲息地破碎化的主要因素。道路系統的發達是造成棲息地破碎化的其中一個原因，道路系統對於野生動物族群可能造成數種衝擊：(1)棲息地的喪失；(2)降低棲地的品質與面積；(3)提高車輛所造成的個體死亡；(4)限制資源的獲得；(5)分割各個野生族群並造成脆弱的小族群數增加(Jaeger et al., 2005; Soulé & Orians, 2001)。由於道路系統會造成動物個體死亡以及道路建設時讓周圍的棲息地改變，動物可能在跨越道路時死亡或移動時迴避道路，因而產生屏障效應(Ng et al., 2004)。隨後可能會產生近親繁殖的機會增加而造成基因多樣性喪失、資源利用以及播遷受到阻礙而造成族群局部絕種的危險性提高等不利影響。改善及解決棲息地破碎化所帶來的負面效應，遂為現今野生動物保育的重要一環。

欲減輕棲息地破碎化以及道路切割的不利影響，廊道的建設是其中一種解決的途徑(Saunders and Hobbs, 1991; Beier and Loe, 1992)。廊道可在道路兩側或各碎片區塊間提供移動的管道，以恢復或維持小族群之間的交流。除此之外，廊道更有提供額外的棲息地、促進族群間的基因交流、提高個體乃至族群的存活率、以及增加動物可獲得的資源等功能。根據過往研究，排水涵洞、隧道和高速公路地下通道雖然並非專為野生動物所設立，但已證實仍然可以達到功效(Ng et al., 2004; Noss, 1987; Harriss and Gallagher, 1989; Edelman, 1991; Soule' and Gilpin, 1991; Rodriguez et al., 1996; Rosenburg et al., 1997)。

根據前人研究，食肉目動物一般具有族群密度較低、活動範圍較大、繁殖率相對較低(Ferreras et al., 1992; Haas, 2000; Cain et al., 2003; Percy, 2003; Kramer-Schadt et al., 2004; Sunquist and Sunquist, 2001)等生態習性，相較於其他動物，在棲息地破碎化或是道路切割的威脅，對於這些動物所造成的影響相對地較顯著。道路造成的傷亡會對食肉動物造成嚴重的死亡率，例如佛羅里達的美洲豹(Taylor et al., 2002)、加拿大的狼群(Paquet, 1993)。以及西班牙的伊比利亞山貓(Ferreras et al., 1992)等。因此在道路切割棲息地的情況下，生態廊道對於食肉目動物相對更具有重要性。另有證據顯示，食肉目動物對於廊道的選擇並不是隨機

的，而是與廊道的結構特性、廊道周圍的棲地類型、以及人為干擾的程度相關(Barnum, 2003；Rodriquez et al., 1997；Clevenger and Waltho 2000；Mata et al., 2005)。因此，了解影響目標物種對於廊道的使用及影響因素，將可以對現有的廊道進行改善，以增加其被使用度，或是做為日後廊道的架設的參考。

本研究之目標物種為台灣白鼻心(Formosan gem-faced civets, masked palm civet, *Paguma larvata taivana*)，俗名又叫白鼻貓、果子狸、花面狸、烏腳貓等，為台灣本土特有亞種，為台灣保育類動物之一。在分類學上屬於食肉目(Carnivora)，靈貓科(Viverridae)，果子狸屬(*Paguma*)，該屬僅一種，即白鼻心。白鼻心為廣適應物種，許多棲地和人類有較多的重疊，因此易受到人為活動的影響。根據文獻回顧，台灣白鼻心的棲地環境以海拔 2000 公尺以下的環境為主，包含闊葉林、針葉林、針闊葉混合林、灌叢(鄭世嘉,1990)。微棲地的選擇以乾燥、坡度陡以及樹冠鬱閉度高的環境為主(Chen, 2002)。報告指出，中國的白鼻心呈家族式生活模式，經常男女老少同住一個洞穴內，交配季節也常成對行動(高耀亭, 1987)。Wang(1999)在中國江西省所做的白鼻心無線電追蹤結果顯示，白鼻心主要在夜間活動、偶爾也會在白天活動，活動範圍為 182-410 公頃，食性偏向植物為主，以帶酸甜的漿果或核果為食，動物類食物會攝取鼠類或昆蟲類等等。Zhou 等(2008)在中國後河自然保護區針對白鼻心的食性進行研究，也指出白鼻心會隨著食物的豐富度改變棲息地以及食性。

關於台灣白鼻心的野外繁殖狀況以及生活史，目前尚未有明確的研究證據。(鄭, 1991)台灣白鼻心廣泛分布在台灣全島，雖被列為保育類動物，但有許多養殖產業存在，其野外的生態資料仍然缺乏。

## (二) 白鼻心廊道使用情形與活動範圍現況評估報告

評估廊道效用之方法有自動相機、無線電追蹤、痕跡採樣法、雪地追蹤以及基因採樣法等等(Alexander and Nigel, 2000；Bissonette and Adair, 2008；Chetkiewicz and Mark, 2009；Clevenger and Adam, 2010；Mccollister and Frank, 2010；Shepherd and J. Whittington, 2006；Wills and Michael, 2001)。自動相機、痕跡採樣法以及無線電追蹤是常用的方法。其中自動相機以及痕跡採樣法可一次取得多種物種的樣本，並且可以得知使用廊道物種的比例，了解哪些物種會使用目前所建設的廊道。可以較完整的獲得動物每一次利用廊道的紀錄，但難以辨識個體，因此較難確定某單一個體的使用頻度。相對地，無線電追蹤由於需要捕捉，因此樣本大小會受到限制，而且也較難一次監測多種物種；其優勢在於可以針對特定的物種進行監測，獲得動物的移動軌跡及移動距離等資料，使用活動範圍評估廊道對於動物的棲息地利用之影響，也可以了解該區域之動物族群結構及廊道使用的情形(J.A. Bissonette and William Adair, 2008)。不同技術有不同優劣，故有時會同時使用複數以上的研究方法配合使用，以各方法的優缺點互補，以達到較完整的評估結果。

根據高公局於 2009 至 2012 間自動照相機的資料來看，白鼻心使用廊道的活

動高峰期有三個，分別為 19 時、23 時以及 3 時，與其他文獻的資料大約相同。另外每個廊道的使用率有明顯的差異，在有明確記錄各廊道的資料當中，以 285K+999 以及 284K+834 之廊道有明顯較高的使用率，惟個體還無法辨識，因此尚未能確定使用的個體數。而以全年之月份來看，每個月份皆有拍到白鼻心使用廊道的記錄，其中以 3 月春天開始，直到夏末 9、10 月為出現指數較高之月份，但其中使用率較高的廊道可能會造成某些特定月份的資料偏差。

本計畫根據上述的研究技術限制，以及現有初步的調查報告，進一步評估白鼻心對各種廊道之使用情形及該地活動現況，以做為往後生態工程相關之經營管理的參考。

## 伍.調查方法

本次調查主主要以在國道 3 號 286+000K-300+000K (梅山至水上路段) 沿線選擇涵洞作為樣點，並在洞內架設紅外線自動照相機拍攝白鼻心以及其他動物使用涵洞的情形。希望了解白鼻心使用 286K 動物通道的情形以及尋找其他白鼻心使用的地下涵洞，並進行比較分析，藉以探知白鼻心對於涵洞的利用上是否有其選擇性。除外，也對其他利用涵洞的野生動物或家貓家狗進行紀錄，試著了解其他動物與白鼻心利用涵洞情形差異或是交互關係。

經過實際勘查過後，為了取得足夠的涵洞數做為調查中的分類以及有效樣本，並且在水上交流道之後的路段周圍仍有觀察到白鼻心的痕跡，顯示可能有白鼻心分佈並利用涵洞，因此在實際調查時額外延伸約 10 公里的路段進行調查，以 280+000K 處至約 310+000K 處之範圍內進行調查。

### 一.白鼻心利用涵洞情形監測

將樣區全段進行分區(如圖二)，並在其中進行涵洞探勘並紀錄，之後將樣區內全段進行分區。根據國外進行生態廊道監測的文獻回顧，將分區的依據定為白鼻心平均活動範圍直徑 3 公里-4 公里(Wang,1999)，並剔除車流量較多的交流道路段或隧道區域等不適合進行涵洞監測之路段。在本次調查之中，將全段分為六區，分別為：280K-284K、284K-289K、295K-299K、299K-303K、303K-307K、307K-310K 六區。

本次調查當中將各種涵洞進行分類，分類依據主要為兩類：規格大小、涵洞周圍棲地狀況。其中規格大小將涵洞分為大、中、小三類(如圖一)，小型包含直徑 0.6 m 之排水涵管(如照片 1)，中型包含直徑 1.5 m 之排水涵管以及寬高 2.5 m 以下之矩形涵洞(如照片 2、3)，而寬高 3 m 以上車行箱涵歸屬於大型。涵洞(如照片 4)。周圍棲地狀況分為較自然棲環境類型(如照片 11.12)以及較人為環境類型(如照片 13.14)，根據調查者實地觀察以及航照圖之資料，將涵洞樣點兩側洞口為圓心，畫一直徑 300 m 的半圓，並將範圍以內包含較多(50%以上)白鼻心可利用之棲息地類型的歸屬於較自然環境類型，而人為活動、結構物較多或白鼻心

可利用之棲息地類型較少的歸類於較人為環境類型。

進行調查路段的分區之後，在每一區內隨機抽選符合分類依據之涵洞，包含 3 種規格大小以及 2 種環境類型，每一區內隨機抽選 6 個(2 種環境類型×3 種規格大小=6 種)涵洞進行監測。但由於調查路段內每區的情況不一，因此視每區路段內的情況，盡量取得符合所有分類依據的涵洞。在每一區內對不同類型的涵洞進行白鼻心使用情形的監測，以試圖了解影響白鼻心使用涵洞的因素。

監測的方式主要使用紅外線數位自動照相機進行，於各個涵洞樣點內架設，唯小型排水涵管由於洞內架設較不可行，因此架設於洞口處(如照片 5)。每一涵洞樣點的相機拍攝時數依相機工作狀況而定，但皆至少取得 850 小時以上的有效工時(裴家騏，1998)，並逐步更換相機的架設涵洞樣點。以過去觀測資料顯示，白鼻心使用涵洞穿越國道具有季節上的差異，因此每一涵洞樣點的架設期間會盡量包含乾季以及濕季，以中央氣象局嘉義氣象站 2009-2012 年的雨量資料為依據，將 4-9 月定為濕季，10-3 月定為乾季。

白鼻心對於每個涵洞樣點的使用頻度使用有效照片數轉換成 OI 值來標準化計算，OI 值計算方法：【某物種於該樣點的有效照片數/該樣點的總有效工時數×1000】(裴家騏，1998)。計算有效相片數時，將有明顯的個體特徵可以區分的個體，視為不同的個體，並依照以下定義一張有效照片：(1)一小時內 1 隻個體在同一台相機的連續照片視為 1 張有效照片，(2)如果是可以區分的不同個體，一小時內的連拍也分別視為不同的有效照片，同時出現 2 隻以上不同的個體分別視為不同的有效照片資料。

## 二.白鼻心之捕捉與無線電追蹤

為了詳細了解樣區內白鼻心使用涵洞的情形以及在國道阻隔下的棲地內活動情形，因此於調查路段周圍內擺放 Tomahawk 動物捕捉籠嘗試捕捉白鼻心個體並配掛上無線電項圈進行無線電追蹤。

本次調查使用 Tomahawk 捕捉籠進行捕捉，以香蕉等各類當季水果為主，並輔以火腿或香腸等食材作為餌料。並在每個捕捉籠樣點周圍適當位置設置各式果香氣味劑，以增加對白鼻心的吸引力。擺放捕捉籠時，主要以有觀察到白鼻心痕跡或有拍攝到白鼻心使用涵洞的地區為主，另外也在當地進行簡單的訪談，詢問當地的居民或農民是否目擊過白鼻心，若當地居民表示有發現過白鼻心的區域也嘗試擺放進行捕捉。

擺放捕捉籠時，為了維持捕捉到白鼻心個體時的生理健康狀態以及降低白鼻心對於捕捉籠的警戒度，陷阱挑選有遮蔽物的樣點，並在補獸籠上適當鋪蓋香蕉葉或其他植物之枝葉作為遮蔽物進行偽裝，並於籠內鋪設落葉、泥土等以減少捕捉籠呈現出的金屬感。巡籠作業於每日清晨日出後約 1-2 小時進行，以避免動物個體在捕捉籠中時間過長，並定期更換餌料以維持適當的誘捕率。

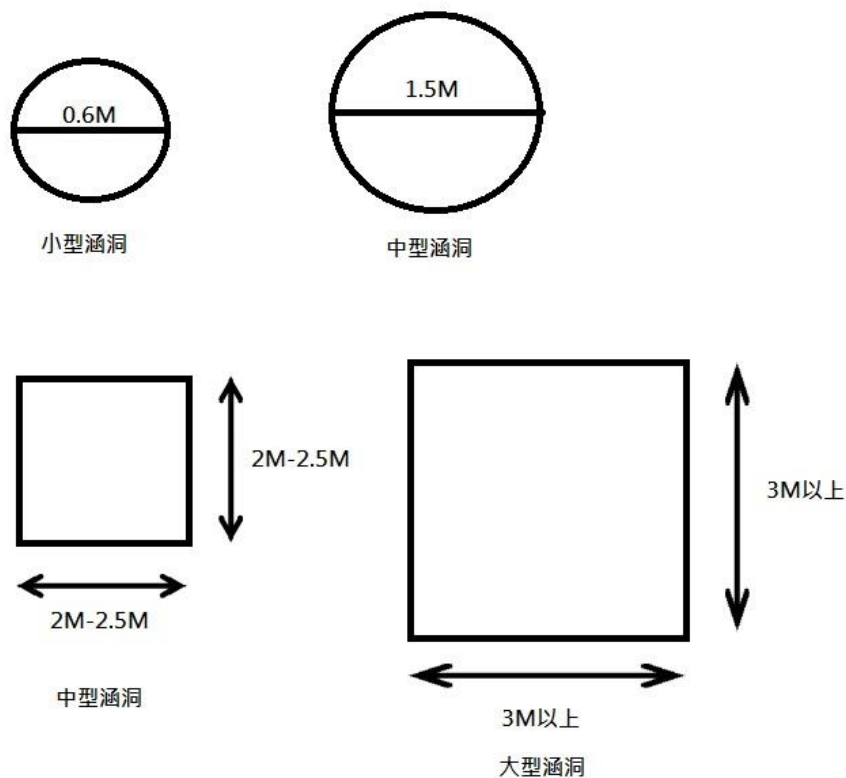


### 三.白鼻心利用涵洞之分析

取得每個涵洞樣點的白鼻心出現指數(OI 值)資料後，與各涵洞分類因素進行統計分析，以釐清影響白鼻心使用涵洞的因素為何。除了涵洞規格大小以及涵洞周圍環境狀況之外，根據文獻內整理出的影響因素以及白鼻心的微棲地喜好，另外也另外將動物防護網的有無、涵洞內部底材種類、涵洞口的樹冠層鬱蔽度、其他使用涵洞的動物出現指數一併加入分析。動物防護網的有無路段以 284K-288K 為分區，284K-288K 為有動物防護網的路段，其餘路段則設定為沒有；涵洞內部底材的種類分為水泥混凝土、泥地以及瀝青路面三種；涵洞口的樹冠層鬱蔽度則使用測量儀在涵洞兩側的洞口 1 公尺範圍內進行四方位的紀錄，而後取其平均以百分比顯示，大於 50% 記為高鬱蔽度，低於 50% 則記為低鬱蔽度。

#### \*名詞解釋

OI 值(出現指數)：使用自動照相機進行調查時，將每台相機或樣點的資料標準化以方便進行分析比較所計算出的數值，計算方法為【某物種於該樣點的有效照片數/該樣點的總有效工時數×1000】



圖一. 涵洞規格大小分類示意圖

圖二. 調查樣區樣點分佈示意圖



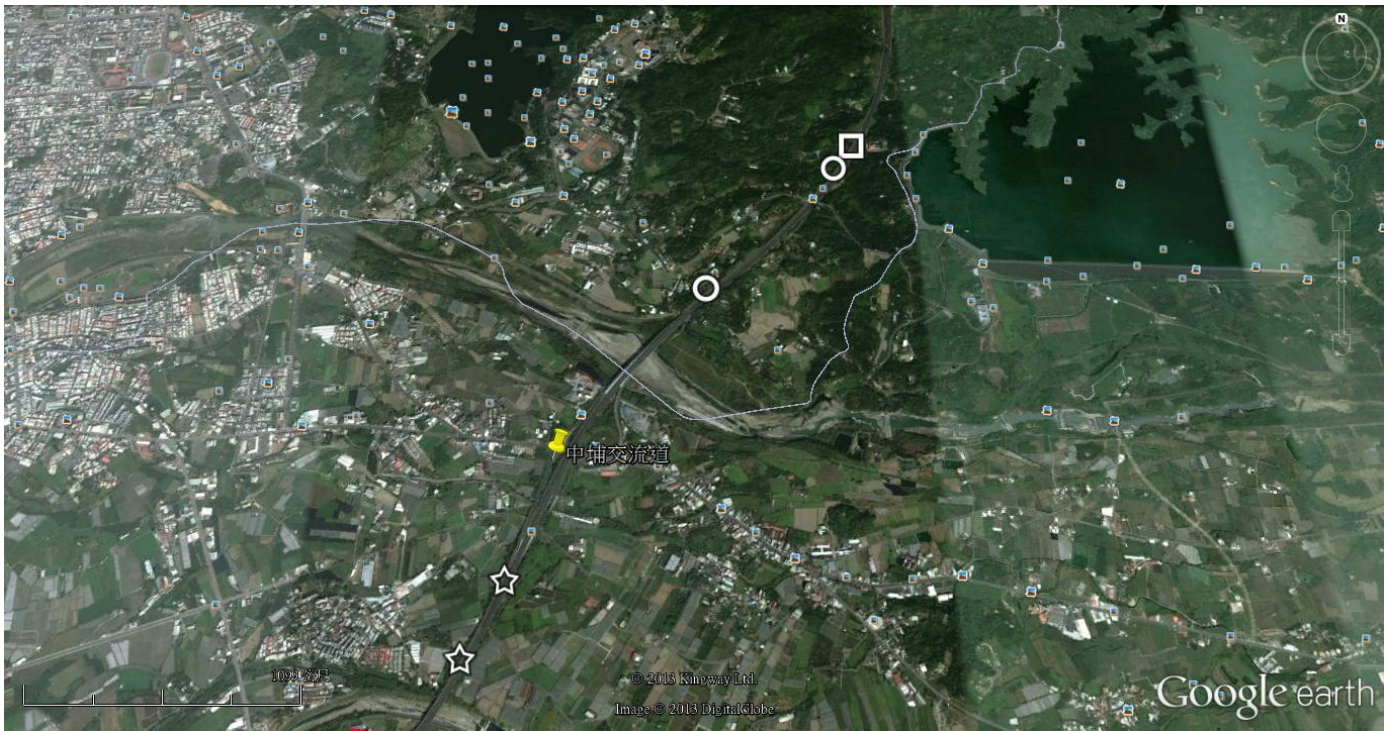
第一區 (280K+000-284K+000)



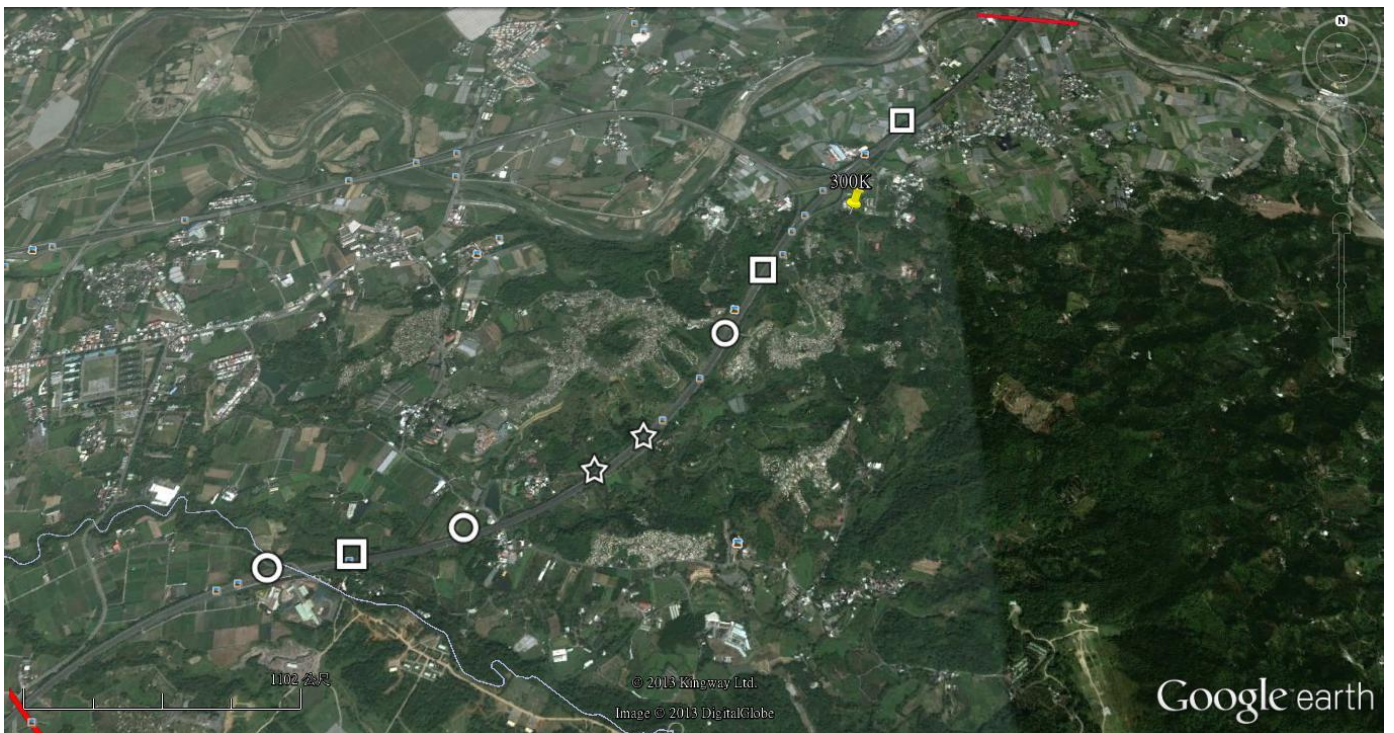
第二區 (284K+000-289K+000)

\*圓形圖示：小型涵洞樣點；星型圖示：中型涵洞樣點；方形圖示：大型涵洞樣點





第三區 (295K+000-299K+000)



第四區 (299K+000-303K+000)

\*圓形圖示：小型涵洞樣點；星型圖示：中型涵洞樣點；方形圖示：大型涵洞樣點





第五區 (303K+000-307K+000)



第六區 (307K+000-310K+000)

\*圓形圖示：小型涵洞樣點；星型圖示：中型涵洞樣點；方形圖示：大型涵洞樣點

## 陸.調查結果

### 一.白鼻心利用涵洞情形監測

本次調查於 102 年 2 月起，於調查路段內按分區隨機抽選涵洞樣點架設自動照相機監測涵洞，由於架設自動相機時會有狀況不良、受潮、拍攝角度受到外力改變等情況，因此工作狀況不一，在計算有效工時時會剔除判定為無法順利取得有效照片的工時，另外於 102 年 3 月 14 日起，陸續出現自動相機遺失的情形，因此失去部份樣點的資料。

為確保能取得足夠的資料，每個樣點需至少取得 850 個小時以上的有效工時，將無法取得足夠有效工時的樣點扣除，在本次調查中共取得了 36 個滿足最低有效工時要求之涵洞有效樣點，總有效工時 43,450 個小時。在有效照片資料方面，剔除短時間內的連拍、空拍、或是無法辨識的照片後，共拍攝到了 610 筆有效照片。總共紀錄到的哺乳類動物包含白鼻心、鼬獾、食蟹獾、台灣野兔、家貓、狗、小黃腹鼠、刺鼠、鬼鼠以及其他未能辨識的物種，如鼯鼠等。除了哺乳類動物之外，也紀錄到蜥蜴以及石龍子等爬蟲類，另外部份涵洞樣點內也會發現鳥類的蹤影，包括大白鷺、黑冠麻鷺、翠翼鳩等。本次調查之涵洞樣點資料詳見表二。

以全哺乳類動物的有效照片來看，以鼠科動物拍到的次數最多(268 張)並且拍攝到的樣點最多，白鼻心次之(212 張)，鼬獾再次之(35 張)。除了本次的主要調查目標物種白鼻心是被列為「其他應予保育類野生動物」之外，在其中一個涵洞樣點也有觀察到被列為「珍貴稀有保育類野生動物」的食蟹獾經常使用涵洞的紀錄。

以自動照相機的調查結果來看，在調查路段內的分區中，白鼻心在第二區至第四區(約 284K-303K 處)有監測到出現利用涵洞的情形，在第一區、第五區及第六區中則沒有發現。食蟹獾以及鼬獾出現的樣點分佈也同樣在第二區至第四區之間。這幾段地區內會監測到較多白鼻心與其他野生動物利用涵洞的情形，可能由於周圍地景環境有較多較完整的自然林地或草生地，是白鼻心與其他野生動物較能利用與棲息的地區，因此有較多族群分布，而增加使用涵洞的機會。

另外調查路段內都可零星發現家貓與犬隻使用涵洞的情形，樣點分佈範圍廣泛。家貓主要使用中小型涵洞，而犬隻較集中在大型涵洞。家貓出現的涵洞樣點與嚙齒類動物有關( $p=0.05$ )，兩者之間的出現情形有較高的重疊。而犬隻則與涵洞附近是否有村落或農民出沒較有關係，因此在大型涵洞中較容易觀察到。

### 二.白鼻心的捕捉

本次調查於 2013 年 3 月底至 6 月底進行野生白鼻心的捕捉作業，調查期間總共使用了 17 個 Tomahawk 捕捉籠，3 月份設置了 11 個捕捉籠，共 66 個捕捉夜；4 月份設置了 17 個捕捉籠，共 476 個捕捉夜；5 月份設置了 17 個捕捉籠，共 459 個捕捉夜；6 月份設置了 17 個捕捉籠，共 459 個捕捉夜，總計進行了 1460

個捕捉夜。除了部份樣點不進行更改之外，其他樣點會視情況作變動。總共捕捉到鼬獾 1 隻、赤腹松鼠 22 隻次、鬼鼠 27 隻次、小黃腹鼠 11 隻次、白頭翁 3 隻次，並沒有捕捉到白鼻心，因此本次調查未進行白鼻心的無線電追蹤。

白鼻心捕捉狀況不甚理想，推測的原因可能有以下幾點。首先，可能和本次進行捕捉作業的季節有關。本次捕捉期是在 3 月至 6 月之間，是調查路段地區的濕季，而根據當地農民以及有獵捕經驗的居民表示，在濕季時白鼻心或是其他野生動物都會比較不容易捕捉，另外文獻顯示野生動物在濕季或繁殖季時活動範圍會增加，因此較難掌握白鼻心的活動路徑，同時。另外，根據前人經驗與當地居民的訪談得知，白鼻心是生性較敏感的物種，對於捕捉籠較封閉的空間可能會比較具有警戒心，本次使用剛好符合白鼻心體型的 Tomahawk 捕捉籠進行捕捉，因此可能不容易吸引白鼻心進籠觸動陷阱。

### 三.白鼻心利用涵洞之分析

以白鼻心的平均OI值趨勢來看，不同規格大小之間，中型涵洞的白鼻心平均OI值最高，其次是小型涵洞，最低的是大型涵洞，在本次調查中沒有紀錄到(如圖二)。在不同涵洞周圍環境棲地方面，較自然類型棲息地的涵洞樣點，白鼻心的平均OI值比較人為類型棲息地高(如圖三)。在各種涵洞底材種類方面，泥地底材的涵洞樣點白鼻心平均OI值最高，其次是水泥混凝土底材的涵洞，最低的是瀝青路面，與大型涵洞相同，在本次調查中沒有紀錄到(如圖四)。而不同涵洞洞口樹冠層鬱蔽度方面，高鬱蔽度的涵洞樣點白鼻心平均OI值比低鬱蔽度的要來的高(如圖五)。至於動物防護網方面，有防護網的涵洞樣點白鼻心平均OI值比沒有防護網的樣點略高(如圖六)。

之後將各分類的涵洞取得的白鼻心OI值進行統計分析，使用Kolmogorov-Smirnova和Shapiro-Wilk進行常態性檢定結果顯示本次調查資料結果並非常態分佈，因此使用無母數K-W H檢定與M-W U統計量進行分析。以涵洞規格大小、涵洞周圍環境、動物防護網(284K-288K處)、涵洞內部底材種類、涵洞口的樹冠層鬱蔽度作為變量，使用SPSS12.0軟體將以上變量與白鼻心之出現指數(OI值)進行分析。另外為了了解變量中影響白鼻心使用涵洞較大的因素，使用邏輯迴歸model來對所有變量進行分析。

分析結果顯示：涵洞規格大小方面，小型、中型、大型涵洞樣本數分別都是 12 個，小型涵洞與中型涵洞之間的白鼻心平均 OI 值沒有顯著差異( $p=0.273$ )，而小型涵洞與大型涵洞( $p<0.05$ )和中型涵洞與大型涵洞( $p<0.05$ )之間都分別達到顯著差異(如圖三)。在涵洞周圍環境棲地方面，較自然類型棲地有 17 個樣點，較人為類型棲地有 19 個樣點，較自然類型棲地與較人為類型棲地的白鼻心平均 OI 值差異有達到顯著差異( $p<0.05$ ，如圖四)，而涵洞底材為水泥混凝土的樣本數有 14 個，泥地的有 9 個，瀝青路面則有 13 個。由於與規格大小有高度的相關性，因此結果也較相近(如圖五)，水泥混凝土底材和泥地底材的白鼻心平均 OI



值都分別和瀝青路面底材達到顯著差異( $p < 0.05$ )，但水泥混凝土底材與泥地底材之間沒有顯著差異( $p = 0.781$ )。在涵洞洞口樹冠鬱蔽度方面，鬱蔽度較高的樣點有 19 個，鬱蔽度較低的有 17 個，高鬱蔽度的樣點和低鬱蔽度樣點的白鼻心平均 OI 值之間達到了顯著差異( $p < 0.05$ ，如圖六)。在動物防護網的部分，具有動物防護網的樣點有 7 個，沒有動物防護網的樣點有 29 個，有動物防護網的樣點的白鼻心平均 OI 值與沒有動物防護網的樣點有著顯著差異( $p < 0.05$ ，如圖七)。

另外為了了解白鼻心在各涵洞樣點中的出現指數與其他使用涵洞的動物出現指數的關係，以無母數 Spearman 相關係數來進行分析(如表三)。結果顯示，白鼻心的出現指數與鼬獾的出現指數呈顯著正相關( $p < 0.01$ )，也與食蟹獾的出現指數呈正相關( $p < 0.05$ )，而鼬獾與食蟹獾的出現指數也呈正相關( $p < 0.05$ )，因此在調查路段內的三種共域食肉目動物之間在使用涵洞上沒有顯示有互相趨避的現象，而此三種食肉目動物對於涵洞的選擇上可能較接近。白鼻心與其他野生鳥類以及台灣野兔的出現指數也呈現顯著的正相關( $p < 0.01$ )，顯示白鼻心與其他野生動物對於涵洞的選擇性可能相似，或是與地區性有關。

白鼻心與鼠類的出現指數也呈現顯著正相關( $p < 0.01$ )，雖然白鼻心的食性以植物性食物為主，但鼠類也可能是白鼻心的潛在食物資源之一。不過由於調查路段內鼠類的出現範圍比較廣泛，因此白鼻心與鼠類確切的關係仍尚待釐清。而白鼻心唯獨犬隻的出現指數呈現負相關，但沒有達到顯著( $p > 0.05$ )，因為本次調查當中白鼻心主要在中小型涵洞中觀察到，犬隻則幾乎出現於大型車行箱涵中，因此呈現這樣的結果。但無論是流浪或是鄉村地區飼養的犬隻都已經被發現有攻擊野生動物的行為，因此也有可能是白鼻心趨避犬隻會出沒的地方的結果。

另外使用二元邏輯迴歸 model 來對變量進行分析，試圖了解較具影響之變量，將每個涵洞樣點以有無白鼻心出現做區分，使用周圍棲地類型、涵洞底材種類、涵洞口樹冠層鬱閉度以及有無動物防護網納入分析。分析結果顯示如表一，涵洞口樹冠層鬱閉度為較具影響的因素( $p = 0.053$ )，因此洞口樹冠層鬱閉度的高低較能預測白鼻心是否會使用該涵洞樣點。

表一. 使用各變量建構邏輯迴歸 model 評估結果

投入變量名稱	B	S.E.	Wald	顯著性	Exp(B)
棲地	-1.161	1.155	1.010	0.315	.313
底材	-1.512	.840	3.242	0.072	.220
樹冠鬱閉度	-2.999	1.551	3.739	0.053	.050
動物防護網	-2.201	1.477	2.220	0.136	.111
常數	8.858	3.664	5.844	0.016	7029.263
整體模式適配度檢定	Hosmer-Lemeshow 檢定值=2.692(P>0.5)				

表二. 各涵洞樣點所觀察到的物種有效照片數與全年平均 OI 值

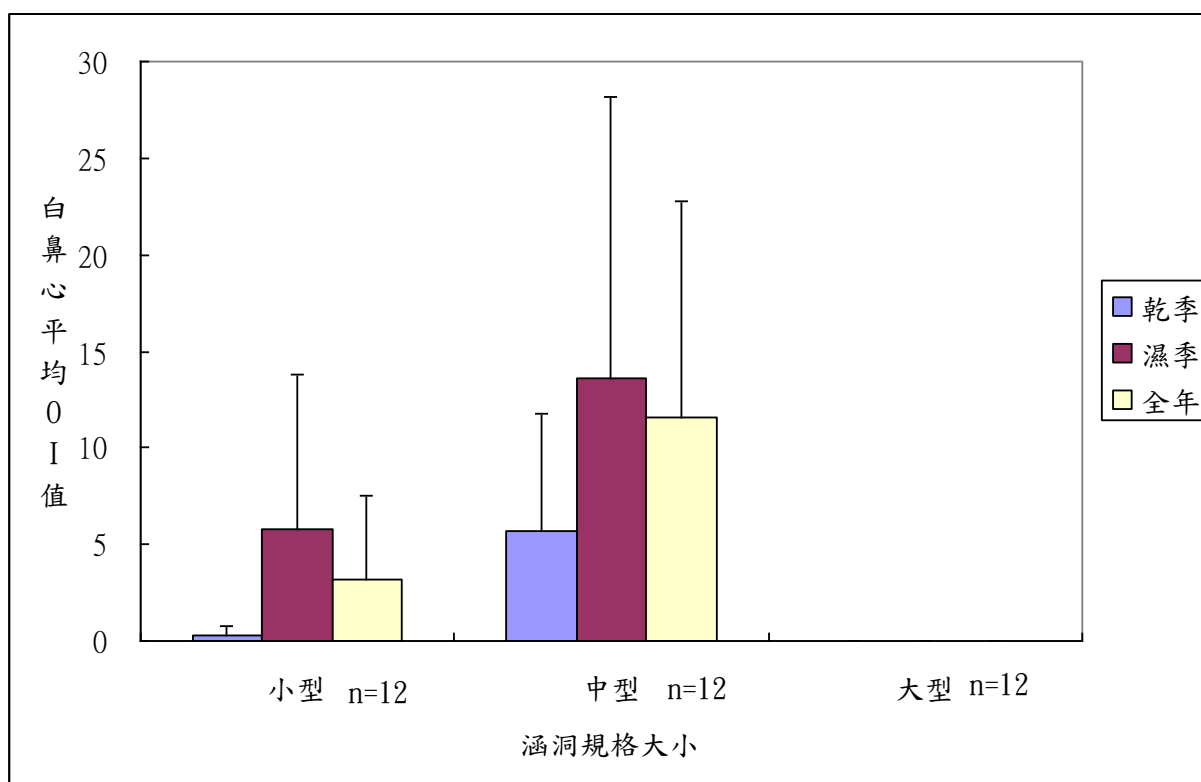
涵洞里程數	白鼻心		鼬獾		食蟹獾		獾齒類		狗		家貓		鳥類		爬蟲類		台灣野兔	
	照片數	OI 值	照片數	OI 值	照片數	OI 值	照片數	OI 值	照片數	OI 值	照片數	OI 值	照片數	OI 值	照片數	OI 值	照片數	OI 值
281+120	0	0	0	0	0	0	93	109.41	0	0	0	0	0	0	2	2.35	0	0
282+734	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
282+960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
283+119	0	0	0	0	0	0	0	0	9	10.59	1	1.18	0	0	0	0	0	0
283+297	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
284+104	0	0	0	0	0	0	0	0	31	36.47	2	2.35	0	0	0	0	0	0
284+834	3	1.88	3	1.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
285+457	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
285+999	63	39.38	3	1.88	0	0	36	22.50	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1.88
287+200	0	0	0	0	0	0	9	10.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
287+877	4	5	16	20.00	0	0	14	17.50	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1.18
288+69	3	3.53	0	0	0	0	7	8.24	0	0	0	0	0	0	3	3.53	0	0
295+335	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
295+500	7	8.24	1	1.18	0	0	25	29.41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
296+453	22	25.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7.06	0	0
298+273	34	20.43	0	0	0	0	11	6.88	0	0	0	0	22	13.75	0	0	0	0
298+934	16	10	0	0	0	0	7	43.75	0	0	4	2.5	0	0	5	3.13	0	0
299+893	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
301+111	0	0	0	0	0	0	0	0	2		0	0	0	0	0	0	0	0



表二(續). 各涵洞樣點所觀察到的物種有效照片數與全年平均 OI 值

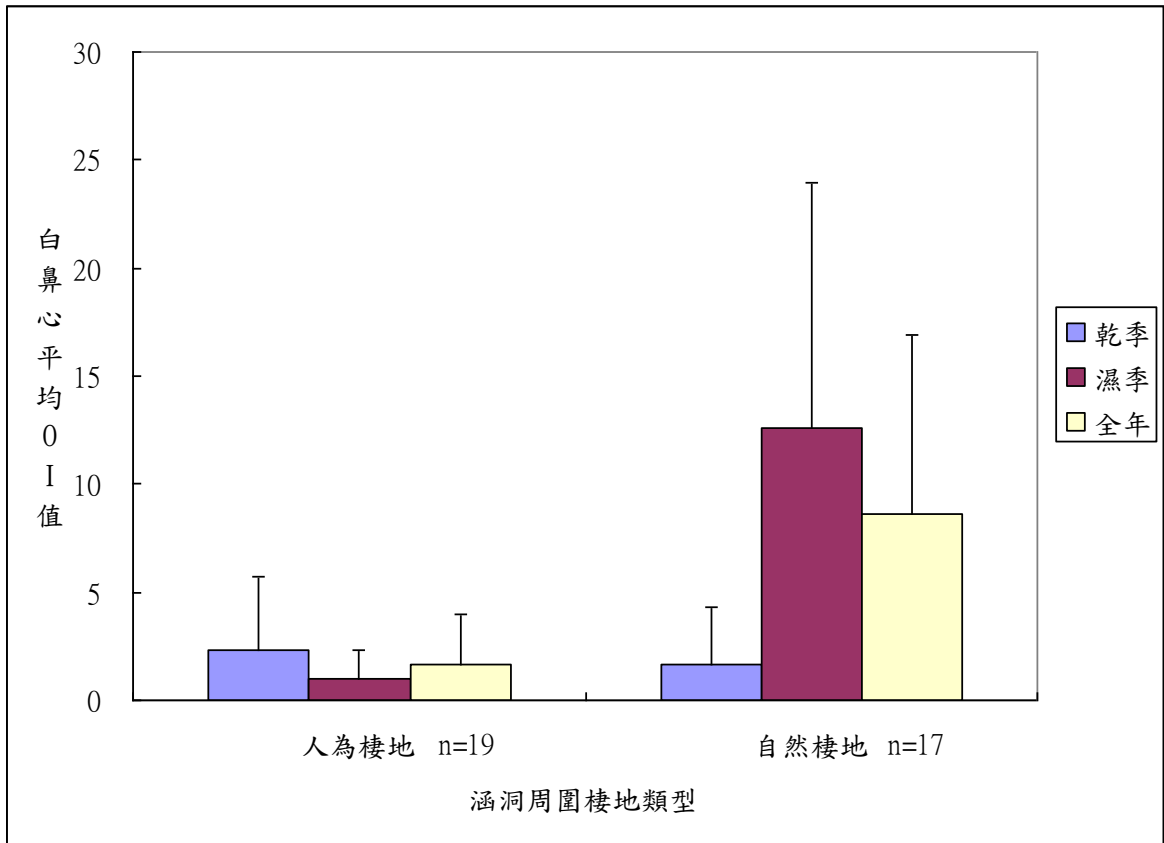
涵洞里程數	白鼻心		鼬獾		食蟹獾		嚙齒類		狗		家貓		鳥類		爬蟲類		台灣野兔	
	照片數	OI 值	照片數	OI 值	照片數	OI 值	照片數	OI 值	照片數	OI 值	照片數	OI 值	照片數	OI 值	照片數	OI 值	照片數	OI 值
301+350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.18	0	0	0	0	0	0
301+733	0	0	0	0	0	0	6	7.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
301+986	62	61.30	8	7.92	22	21.78	10	9.90	0	0	0	0	2	1.98	0	0	0	0
302+380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
302+466	0	0	0	0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0
302+491	1	1.18	4	3.96	0	0	5	4.95	0	0	7	6.93	0	0	0	0	0	0
304+179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
305+258	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
305+296	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
305+759	0	0	0	0	0	0	35	41.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
306+232	0	0	0	0	0	0	1	1.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
306+960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
307+405	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
307+620	0	0	0	0	0	0	5	5.88	0	0	3	3.53	0	0	12	14.12	0	0
309+375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
309+750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
310+140	0	0	0	0	0	0	4	4.71	0	0	4	4.71	0	0	0	0	0	0

\*285+999K、284+834K、288+877K 處涵洞資料來源：觀察家生態顧問有限公司、高公局南工處白河工務段。



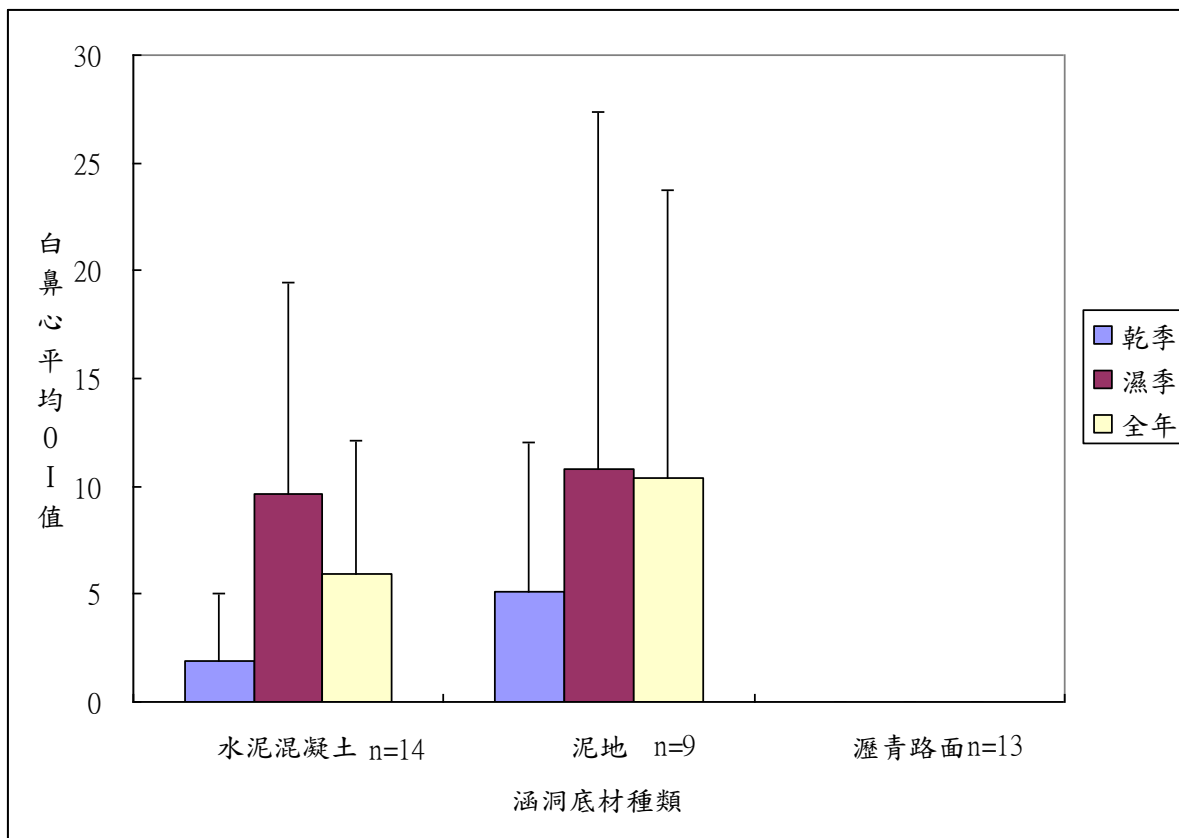
圖三. 白鼻心於不同規格大小涵洞之平均 OI 值  
( $\text{mean} \pm 95\% \text{CI}$ )

小型=直徑 1 公尺以下涵管  
 中型=直徑 1-1.5 公尺涵管或寬高 2-2.5 公尺箱涵  
 大型=寬高 3 公尺以上之車行箱涵

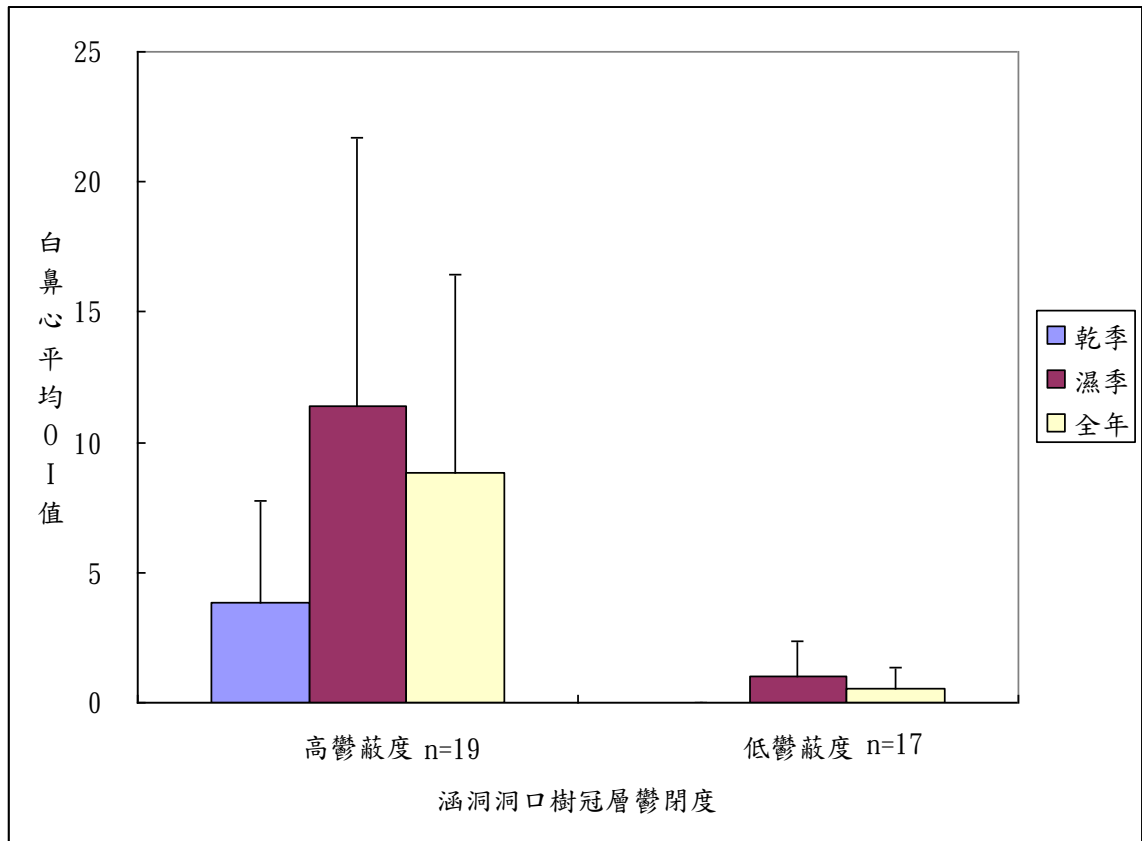


圖四. 白鼻心於不同周圍環境涵洞之平均 OI 值  
(mean±95%CI)

自然棲地=涵洞外直徑 300m 範圍內白鼻心可利用棲地佔 50%以上  
人為棲地=涵洞直徑 300m 外範圍內白鼻心可利用棲地佔 50%以下

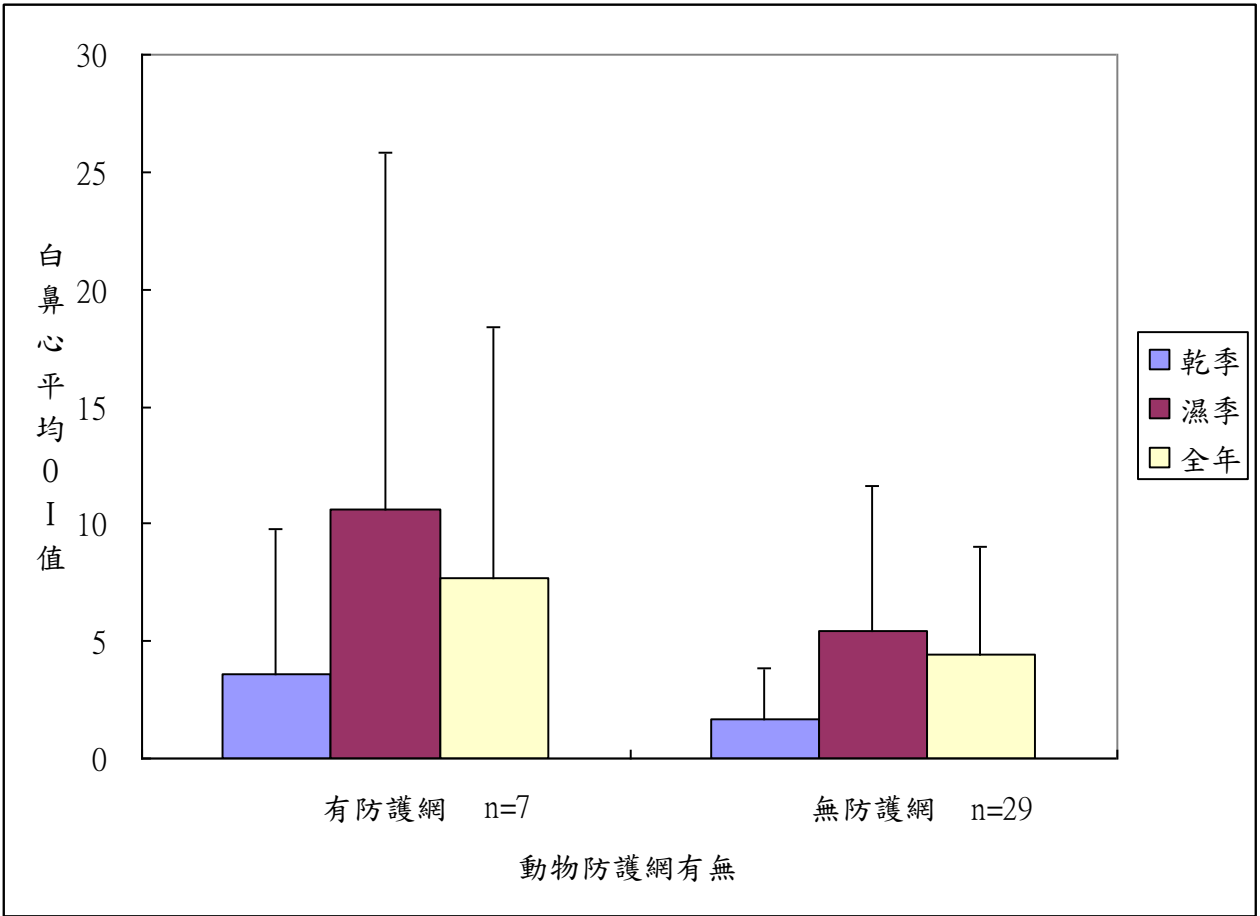


圖五. 白鼻心於不同底材涵洞之平均OI值  
(mean±95%CI)



圖六. 白鼻心於不同洞口樹冠層鬱閉度涵洞之平均OI值  
(mean±95%CI)

高鬱閉度=涵洞洞口樹冠層鬱閉度 50% 以上  
 低鬱閉度=涵洞洞口樹冠層鬱閉度 50% 以下



圖七. 白鼻心於有無動物防護網的涵洞之平均 OI 值  
(mean±95%CI)

有防護網=284K-288K 有動物防護網  
無防護網=其他無防護網之路段

表三. 使用 Spearman 相關係數分析個物種使用涵洞情形之相關性

相關

			白鼻心	鼬獾	食蟹蒙	鼠類	狗	貓	鳥	爬蟲	野兔
Spearman's rho 係數	白鼻心	相關係數	1.000	.691**	.340*	.537**	-.126	.007	.473**	.276	.431**
		顯著性(雙尾)	.	.000	.042	.001	.463	.969	.004	.104	.009
		個數	36	36	36	36	36	36	36	36	36
鼬獾		相關係數	.691**	1.000	.414*	.438**	.021	.006	.233	-.178	.564**
		顯著性(雙尾)	.000	.	.012	.007	.902	.972	.172	.299	.000
		個數	36	36	36	36	36	36	36	36	36
食蟹蒙		相關係數	.340*	.414*	1.000	.209	-.075	-.082	.676**	-.068	-.041
		顯著性(雙尾)	.042	.012	.	.221	.663	.633	.000	.695	.812
		個數	36	36	36	36	36	36	36	36	36
鼠類		相關係數	.537**	.438**	.209	1.000	-.196	.057	.313	.274	.392*
		顯著性(雙尾)	.001	.007	.221	.	.252	.741	.063	.106	.018
		個數	36	36	36	36	36	36	36	36	36
狗		相關係數	-.126	.021	-.075	-.196	1.000	.148	-.108	-.178	.198
		顯著性(雙尾)	.463	.902	.663	.252	.	.390	.531	.299	.247
		個數	36	36	36	36	36	36	36	36	36
貓		相關係數	.007	.006	-.082	.057	.148	1.000	-.118	.245	-.118
		顯著性(雙尾)	.969	.972	.633	.741	.390	.	.492	.149	.492
		個數	36	36	36	36	36	36	36	36	36
鳥		相關係數	.473**	.233	.676**	.313	-.108	-.118	1.000	-.097	-.059
		顯著性(雙尾)	.004	.172	.000	.063	.531	.492	.	.574	.733
		個數	36	36	36	36	36	36	36	36	36
爬蟲		相關係數	.276	-.178	-.068	.274	-.178	.245	-.097	1.000	-.097
		顯著性(雙尾)	.104	.299	.695	.106	.299	.149	.574	.	.574
		個數	36	36	36	36	36	36	36	36	36
野兔		相關係數	.431**	.564**	-.041	.392*	.198	-.118	-.059	-.097	1.000
		顯著性(雙尾)	.009	.000	.812	.018	.247	.492	.733	.574	.
		個數	36	36	36	36	36	36	36	36	36

\*\*：相關的顯著水準為 0.01 (雙尾)。

\*：相關的顯著水準為 0.05 (雙尾)。

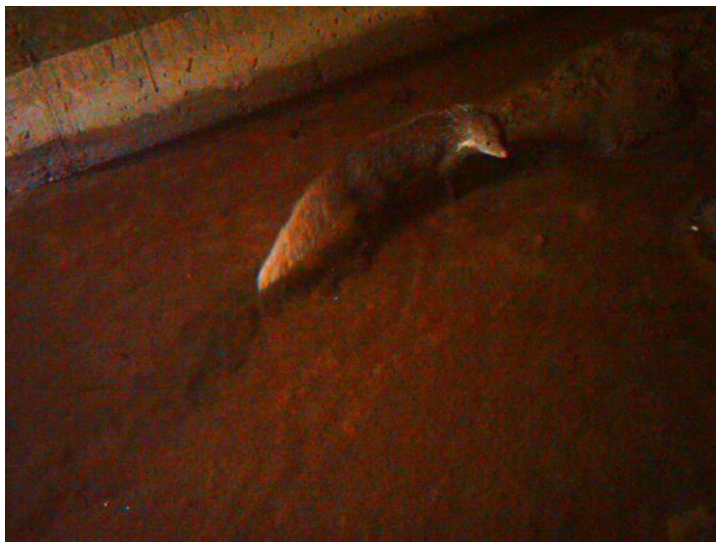
四. 觀察到物種紀錄



白鼻心 1 (295K+500)



白鼻心 2(298K+273)



食蟹獾(301K+986)



鼬獾(295K+500)



鬼鼠(310K+140)



小黃腹鼠(310K+140)





4/17/2013 12:11 AM

狗(283K+119)



11/27/2012 11:23 PM

家貓(310K+140)



3/09/13 11:37 AM

黑冠麻鷺(298K+273)



大白鷺(298K+273)



蜥蜴(295K+453)



蛇類(298K+934)

## 柒.結論與規劃建議

### 一.白鼻心利用涵洞情形監測

本次調查除了已架設動物防護網的 286K 動物通道路段之外，另外往南北延伸調查路段進行白鼻心使用涵洞的監測。結果顯示，白鼻心使用涵洞的狀況主要出現在 284K-303K 處，但由於人力物力有限，而採用隨機抽選涵洞樣點的方式進行，也因此有可能遺漏其他白鼻心有利用但未調查到的涵洞樣點。

在各類型的涵洞部分，調查結果顯示白鼻心會利用小型與中型的涵管以及中型箱涵，至於大型的車行箱涵內則沒有紀錄到白鼻心使用。推測可能由於大型的車行箱涵也同時具備其他影響因素，包含底部材質、當地居民以及家貓家狗的出沒、人為的干擾以及車輛經過等，因此未必能進行相同的比較。

涵洞周圍環境方面，含有較多白鼻心可利用的棲息地的較自然類型所得到的白鼻心平均 OI 值較高，並且有達到顯著差異。合理推斷涵洞周圍具備較多白鼻心可利用的棲息地會讓白鼻心比較有機會接觸到涵洞並進行利用，而且也可能有較多的白鼻心族群分佈在內。唯本次調查僅將棲地類型分為兩類，因此沒有足夠的資料去釐清調查樣區內白鼻心偏好的棲息地為何。

涵洞洞口樹冠層鬱蔽度方面，高鬱蔽度的樣點與低鬱蔽度的樣點之間有著顯著的差異，調查結果中，白鼻心的出現指數較高的幾個涵洞全都歸類在高鬱蔽度的組別裡，相較之下低鬱蔽度的樣點只有少數有出現白鼻心使用，並且出現指數不高。根據文獻資料得知，影響白鼻心出現的微棲的條件中，樹冠層的鬱蔽度是重要的因素，因此樹冠層的鬱蔽度對白鼻心使用涵洞可能具有一定程度的影響力。

至於動物防護網的部分，由於動物防護網只在約 284K-288K 之間，因此本次調查只取得了 7 個涵洞樣點的資料，和沒有動物防護網的路段之樣本數相差較大，也可能因此影響統計的結果。但以結果來看，有動物防護網路段有較多涵洞出現白鼻心使用的情形。綜觀國外的相關文獻，大多數都有提到路肩阻隔與引導野生動物至廊道的結構是重要的，因此目前現有的動物防護網減少白鼻心以及其他動物與車子的擦撞之外，可能也促進白鼻心使用該路段的動物通道與涵洞。

涵洞底部材質與涵洞規格大小的分類是幾乎符合的，小型涵管皆是水泥混凝土的材質，而大型車行箱涵則無一例外都是瀝青路面，唯有中型的涵洞有分成涵管的水泥混凝土材質以及箱涵的泥地材質，因此結果的相關性較高。水泥混凝土與泥地底材的涵洞都比瀝青路面的涵洞觀察到更多白鼻心以及其他野生動物的出沒，但由於與規格大小之相關性較高，因此無法確認涵洞底材或是規格大小的影響。

## 二.生態廊道與野生動物

針對道路造成的棲地破碎化與道路效應，而後進行生態廊道的建設等緩解措施的種種研究與調查，在國外已行之有年，有為數不少的資料。而在國內目前還仍不普遍，因此如希望在國內進行道路效應的緩解以及生態廊道建設等工程，回顧整理國外的資料是必須的。本次調查也收集整理相關文獻，作為調查的依據以及配合調查結果作為日後相關規劃的建議。

### (一)道路效應的影響

道路系統對於白鼻心以及其他野生動物可能會造成數種負面效果：(1)棲息地的喪失(2)降低棲地的品質(3)與車輛擦撞所造成個體死亡(4)限制資源的獲得(5)分割各個野生族群並造成脆弱的小族群數增加(Jaeger et al., 2005；Soulé & Orions, 2001)。道路在建設時，本身的建地面積會覆蓋原本的自然棲地，造成野生動物的生活空間的喪失。另外道路與周圍的相關人為結構物會造成環境的改變，產生邊緣效應(edge effect)，使得野生動物棲息地的品質降低。而較直接也最致命的便是白鼻心穿越道路時與車輛擦撞造成死亡，根據劉威廷等(2011)的調查結果，2006至2011年間國道3號便紀錄了104筆的白鼻心路死紀錄(如表四)，與其他物種相比路死率較高，顯示此路段內白鼻心與車輛擦撞的問題為需要關注的問題。由於受到路死的阻隔，或是其他因素造成野生動物無法穿越道路則會限制野生動物的活動範圍以及資源的取得，更甚者會使得特定區域的的族群數量減少甚至滅絕。

表四. 2006-2011 國道3號路段中型哺乳動物道路致死資料

物種	2006	2007	2009	2010	2011	總計
山羌	0	0	0	0	1	1
台灣獼猴	0	0	1	1	1	3
穿山甲	0	0	2	0	0	2
台灣野兔	0	14	24	24	17	79
白鼻心	1	6	34	40	23	104
鼬獾	0	3	11	2	1	17
飛鼠	0	0	0	1	0	1
總計	1	23	72	68	43	207

(資料來源：觀察家生態顧問有限公司)

### (二)生態廊道的作用

生態廊道的建設可以是緩解道路造成的的不良影響其中一種方法(Saunders

and Hobbs,1991; Beier and Loe, 1992)。根據過往研究，排水涵洞、隧道等高速公路的地下結構設施，雖然原先設計是為排水或車輛行走之用，並非專為野生動物所設立，但已證實作為生態廊道仍然可以達到功效(Ng et al., 2004; Noss, 1987)，因此在重新建設廊道上有困難的地區，可使用現有結構物加以改良作為一個替代的方案。生態廊道對於白鼻心以及其他野生動物來說，可能具備以下幾種功用：

1. **降低路死**：廊道最大的用途便是在於提供動物穿越道路、避免與車輛發生碰撞的途徑。在調查路段中 285k+457 至 286k+568 於 99 年 4 月設置隔離網和動物通道後，白鼻心的路死量有下降趨勢，顯示作為生態廊道發揮了功效。

2. **連結棲息地**：隨著使用生態廊道降低路死率之後，白鼻心以及其他野生動物便可透過廊道來回國道的兩側，因此增加了尋找更多資源的機會以及可活動的範圍。若是具有播遷習性物種的亞成體，也可利用生態廊道作為播遷到其他地區的途徑。

3. **休憩地點**：視各廊道本身的結構與特性，若能被野生動物所適應，則可作為棲息的場所。研究人員曾於本次調查進入涵洞內部時，目擊 4 隻白鼻心親子於涵洞內休憩。顯示涵洞內具備的遮蔽與蔭涼的條件，可以作為白鼻心暫時的棲所。

4. **獵捕場所**：對於具有獵捕行為的物種來說，若其獵物會使用廊道，則為了追捕獵物，也可能進入廊道作為獵食的場所。本次調查中家貓的出現指數與啮齒類動物的出現指數呈顯著正相關，可能便是家貓為了獵捕啮齒類動物而出現在涵洞內。另外，在 301+986K 的涵洞內的自動相機監測到食蟹獾，並且有拍攝到食蟹獾在涵洞內進行追捕獵物的行為，由於相機角度與距離的關係，無法確切推斷獵捕的物種，但由於實地勘查發現涵洞內的環境具備一般水邊棲地的條件，因此會吸引一些水棲或兩棲生物棲息，而這也提供了食蟹獾潛在的食物來源，因此間接吸引食蟹獾使用涵洞。

5. **躲避不利條件**：白鼻心以及其他野生動物也可能利用涵洞作為避難所，躲避會造成其不利的因素，例如人為干擾或是天敵等。

### (三)影響動物使用廊道的因素

許多研究顯示，野生動物在使用廊道時並不是隨機的，而是會被某些因素所影響，這些可能影響白鼻心以及其他野生動物利用廊道的因素有：

#### 1. 廊道位置

首先廊道本身的位置被認為可能是最重要的因素(Podloucky, 1989; Foster and Humphrey, 1995; Yanes et al.,1995; Clevenger and Waltho, 2000)。廊道應當設置在周圍環境是對野生動物適合的棲息地，並且盡可能選擇人為活動干擾較少的地

點，否則對於部分物種(例如食肉目動物)會造成利用度降低的情形。部份物種是否利用廊道會取決於廊道周圍的植被覆蓋度，自然的植被可以提供廊道與周圍棲息地的連續性，因而促進一些中小型哺乳動物的利用(Clevenger and Waltho,1999)，但卻可能因視野能見度降低而減少一些大型哺乳動物(如有蹄類)的利用(Clevenger and Waltho, 2000)。

### (1) 白鼻心穿越路段

根據本次調查資料，284K-303K 路段是調查路段中白鼻心出現指數較高的路段，由於此路段內的周圍地景中自然棲地較完整，並且相鄰大面積的林地，因此可能提供白鼻心適合的棲息地以及食物資源。區域內出現指數較高的原因可能為周圍環境內的族群數量較多，進而影響涵洞內的白鼻心出現指數；或著是反映出該環境內白鼻心對涵洞的需求。唯確切的白鼻心族群數量與分佈必須進行周圍棲地內的調查估計方可釐清。

事實上，除了地下涵洞之外，白鼻心可能有其他穿越國道的選擇。例如國道高架橋下，棲地會直接連結，白鼻心或其他野生動物可以較無阻礙的穿越。研究者在實地進行調查時，曾於部分跨越橋下觀察到為數不少的白鼻心痕跡，並且有持續更新的情形，顯示有白鼻心固定經過跨越橋下。另外生態廊道除了地下穿越式的之外，也有從道路上方跨越的型式，和一般的隧道相似；因此，國道原本就有的隧道結構上方也可能作為白鼻心穿越地點，例如調查路段內的蘭潭隧道，隧道上方的地區也具有一定面積的自然林地，並且和國道兩側連結在一起。因此也可能提供白鼻心一個跨越的結構途徑(overpass)。

### (2) 白鼻心的棲息地

根據文獻顯示，白鼻心廣泛分佈於海拔 2,000 公尺以下的地區，包含闊葉林、針葉林、針闊葉混合林和灌叢等。在微棲地部分，白鼻心偏好乾燥、坡度較陡、樹冠層鬱蔽度較高的環境(Chen,2002)。白鼻心出現指數與森林結構較相較有關連，而與森林底層植被較無關。根據調查結果，白鼻心在涵洞口樹冠層鬱閉度較高的樣點出現指數較高，而邏輯迴歸 model 分析結果也顯示洞口的樹冠層鬱閉度較能預測白鼻心在該涵洞的出現與否。

在本次調查中，有較高白鼻心出現指數的涵洞樣點周圍的棲地類型多為闊葉林或竹闊葉混合林，但也有周圍環境內有許多人為活動與建築物的涵洞樣點監測到白鼻心的使用，實地勘查後推測這些人為活動可能產生白鼻心可利用的資源，例如果園可以提供白鼻心的食物資源。根據與當地農民的訪談得知，雖然不比鼠類動物或鳥類，但是白鼻心也有經常會進入果園取食水果的情形。而調查路段內較多白鼻心出沒的路段周圍經常可以觀察到農民所種植大片果園，而據當地居民表示，各種作物包含香蕉、荔枝、龍眼、蓮霧、甚至鳳梨都會出現白鼻心取食的情形，而已知白鼻心對於棲息地要求並不嚴苛，因此推測調查樣區內的人為作物



較多並且與竹闊葉混合林鑲嵌的地區白鼻心可能也會利用。

本次調查中未捕捉到任何白鼻心個體進行無線電追蹤，因此目前無法呈現白鼻心的棲息地選擇情形。而也由於本次調查僅分為兩類棲地，白鼻心喜好的棲地類型與使用涵洞上之關係也尚未能提供直接的證據。

## 2. 結構特性

廊道本身的結構也可能影響野生動物對廊道的使用，研究顯示廊道的大小、長寬以及形狀是決定野生動物順利穿越的重要因素(Clevenger and Waltho, 2005)。在橫貫加拿大的高速公路上所做的調查顯示，高開闊度比例的結構(長度短、較寬且高)較常被灰熊、狼、麋鹿及鹿所使用，而狹窄的結構較常被黑熊以及美洲獅所使用(Clevenger and Waltho, 2005)，而從廊道的一端到另一端的可視度對於一些物種也有正相關(Rosell et al., 1997)。

另外，一些食肉目動物可能利用廊道的結構特性來增加獵物的捕獲率(Hunt et al., 1987; Foster and Humphrey, 1995)，由於廊道的結構相對於其他棲息地環境來說，顯得較少躲藏處以及範圍較狹窄，因而獵物的逃跑成功率可能會降低。本次調查當中，白鼻心只在小型涵管與中型涵洞中觀察到，大型車行箱涵中並沒有紀錄，因此大型的廊道對於白鼻心來說可能較不偏好，但也可能與大型車型箱涵的人為干擾、犬隻的出沒、或是瀝青路面的因素有關。

## 3. 引導圍欄

阻止野生動物穿越路面以及導引的圍欄或障礙牆，也可以幫助野生動物移動至廊道口，進一步促使野生動物使用廊道(Jackson and Griffin, 2000; Dodd et al., 2004)。適當設計的圍欄不但可以以效制止野生動物穿越路面與車輛產生碰撞，並可適當引導大型哺乳動物等部分會迴避廊道的物種。例如大型有蹄類動物除非別無選擇，否則不會選擇利用廊道進行移動(Ward, 1982)。因此設計良好的圍欄對於廊道來說是有必要性的，而各地的物種以及棲息地狀況各不相同，應針對該地的情形作最適當的設計。

根據白鼻心以及其他動物在 284K-288K 路段路死數量的降低，可以得知目前所設的動物防護網有起到不錯的阻擋動物穿越國道的作用，而本次調查當中的監測結果也可看出有動物防護網的路段有較多涵洞被白鼻心以及其他野生動物利用的情形。另外雖然目前沒有架設引導網，但國道邊坡外圍的路權圍網可能也具有阻隔跟引導的功用，唯網目的大小較大，且有許多人為造成圍網破裂的情形，應定期的維護或採用活動式網門的型式為佳。

## 4. 廊道底材

廊道內部的底材若採用自然材質，可以提供廊道內與外側棲息地的連續性，促使野生動物利用廊道。將混凝土隧道、土質底表隧道與地表為草地的廊道進行實

驗的結果，野生動物會優先選擇地表為草地的廊道，利用率和穿越率皆高於其他兩者(Lesbarreres et al. 2004)。在本次調查當中，除了瀝青路面的涵洞沒有紀錄到白鼻心使用之外，水泥混凝土和泥地底材的涵洞都有觀察到白鼻心的使用，雖然泥地底材的涵洞樣點平均 OI 值略高，但沒有達到顯著的差異。

## 5. 其他因素

其他包括濕度、溫度、光照、季節以及人為干擾等因素也都可能影響野生動物利用廊道的情形(Yanes et al., 1995; Jackson, 1996)。此外，適當的開口增加廊道內的自然光照以及空氣流動性，也可以提高部分野生動物使用的意願。而由於播遷、繁殖期尋找配偶或是季節性遷移等原因，季節也會影響野生動物穿越道路或使用廊道。有研究顯示，在繁殖季以及播遷的季節裡，野生動物使用廊道的頻率增加(Clara Grilo et. Al, 2008)。

另外人為干擾是會限制野生動物利用廊道的重要因素，人為的光線、噪音與人為活動都可能會造成影響，在加拿大的班夫國家公園的研究顯示，人為的活動與噪音會顯著的影響食肉目動物以及有蹄類動物移動路徑以及對廊道的利用(Clevenger and Waltho, 2000)。

積水深度也會影響白鼻心使用涵洞的狀況，本次調查中便曾觀察到部分乾季時白鼻心會使用的涵洞在濕季時卻沒有紀錄到或是出現指數降低的情形，現場勘查的結果發現這些涵洞在濕季時容易累積一定深度的水，造成白鼻心或其他野生動物通過上的困難。由於涵洞本身便是為了疏通水流或引水而建設，積水的情形在所難免，但若要盡可能發揮生態廊道的功用的話，做一些排除積水這個障礙的設施是必須的。

季節方面，若以乾濕季來區分，可以發現白鼻心的出現指數在濕季時會較高，有紀錄到使用的涵洞樣點也會增加。推測是由於白鼻心的主要繁殖季(4-7月)與當地的濕季比較有重疊，而繁殖季時雄性白鼻心會擴大活動範圍以尋找更多雌性白鼻心進行繁殖，而雌性白鼻心在生育子代白鼻心的時候也可能利用涵洞穿越以尋找更多的食物資源，另外白鼻心亞成體也可利用涵洞來進行播遷，因此濕季可以紀錄到較多白鼻心使用涵洞的情形。

## 三.研究限制

本次調查原先預計進行白鼻心的無線電追蹤，但由於調查執行期間的關係，進行捕捉的季節並不理想，因此影響了最後捕捉白鼻心的成果。無線電追蹤獲得的白鼻心所在點位能分析出和自動照相機不同的資料，例如調查樣區內白鼻心的棲息地利用情形、活動範圍、部分的族群分佈資料、移動路線等。可能可以去更詳細的了解國道周圍白鼻心的活動情形以及使用涵洞的更詳細的情形，因此建議

日後可再於適當的期間進行，以獲得更詳盡的白鼻心使用動物通道的資料。

調查結果發現，濕季積水會阻礙白鼻心使用涵洞，在此種情況下，白鼻心可能會在不同季節或不同氣候狀況下使用不同通道，但由於本次調查是抽選涵洞樣點進行固定的監測，因此無法了解此種狀況的真相。建議可進行一定路段範圍內所有涵洞的監測或配合無線電追蹤等其他研究方法，釐清白鼻心或其他野生動物穿越國道的情形。

另由於自 102 年 3 月開始有出現自動照相機遺失的狀況，除了損失研究氣材之外，也喪失了部分樣點的資料以及相機工時，影響了最後的調查結果分析。

#### 四.規劃建議

根據本次調查結果以及觀察，白鼻心出現指數比較高的涵洞為中小型規格的涵管或箱涵、底部材質為泥地或水泥混凝土、周圍環境有較多白鼻心可利用的棲地、以及洞口樹冠層鬱蔽度較高的涵洞。我們建議日後若要建設其他動物通道或改良涵洞來達到同樣的效果時，可以參考上述條件來進行。

設置動物通道時，盡量於內側維持自然材質代替人造的材質，種植或維持邊坡木本植物的林相，以帶果實的台灣原生物種為佳，可提供白鼻心隱藏的食物來源，並可維持接近廊道入口處與周圍棲息地的連續性，以利白鼻心以及其他野生動物利用。盡量減少人為的干擾，進行維修或保養工程時，避開白鼻心較常使用的時節為佳。部分涵洞會有濕季積水的情形，而積水過深會影響白鼻心以及其他野生動物使用，因此加強疏通避免淤積過深，或是在涵洞內建設棧道作為踏腳處也可以增加涵洞對於白鼻心的可利用性。最後，設置廊道之後應進行監測與評估，並定期維修，以維持廊道的功能性。

在設置動物通道之前，應當做好事前的設計以及調查，以確保能達到所預期的功效，另外應事先調查該地的物種組成，以設計出較能符合盡量多數物種使用的廊道，避免造成部分物種避免使用的情形，進而導致當地生態系的不平衡。本次調查結果顯示白鼻心與當地其他野生動物利用涵洞的選擇相似，因此建議可將白鼻心做為旗艦物種進行保育，改良地下涵洞，並進行維護以達到生態廊道之功效，維持低海拔的生物多樣性，並盡量減少國道高速公路對於當地野生動物族群的影響。



## 玖.參考文獻

- 裴家騏(1998)，利用自動照相設備紀錄野生動物活動模式之評估，台灣林業科學 13:317-324
- 劉威廷(2011)，國道道路致死調查機制、動物通道規劃、設計與成果。交通部台灣區國道高速公路局成果發表會
- 祈偉廉，徐偉(2008)，台灣哺乳動物。天下文化出版社
- Beier, P., Loes, S.,(1992) A checklist for evaluating impacts to wildlife movement corridors. *Wildlife Society Bulletin* 20, 434–440
- Chen, M.-T.(2002) Activity patterns and habitat use of sympatric sma;; carnivores at low elevations in southern Taiwan, M.S. Thesis Texas A&M University-Kingsville. 88pp.
- Clara Grilo A John A. Bissonette A Margarida Santos-Reis (2008) Response of carnivores to existing highway culverts and underpasses: implications for road planning and mitigation ; *Biodiversity Conserve*17:1685–1699
- Clevenger, A.P., Waltho, N., (2000) Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology* 14, 47–56.
- Clevenger, A.P., Waltho, N., (2005) Performance indices to identify attributes of high-way crossing structures facilitating movement of large mammals. *BiologicalConservation* 121, 453–464
- Dodd Jr., C.K., Barichivich, W.J., Smith, L.L., (2004) Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida.*Biological Conservation* 118, 619–631.
- Foster, M.L., Humphrey, S.R., (1995) Use of highway underpasses by Florida panthers and other wildlife. *Wildlife Society Bulletin* 23, 95–100.
- Hunt, A., Dickens, J., Whelan, R.J., (1987) Movement of mammals through tunnels under railway lines. *Australian Zoologist* 24, 89–93
- Jackson, S.D., Griffin, C.R., (2000)A strategy for mitigating highway impacts on wildlife. In: Messmer, T.A., West, B. (Eds.), *Wildlife and Highways: Seeking Solutions to an Ecological and Socio-economic Dilemma*. The Wildlife Society, Bethesda, MD, pp. 143–159
- Jaeger, J. A. G., J. Bowman, J. Brennan, L. Fahrig, D. Bert, J. Bouchard, N. Charbonneau, K. Frank, B. Gruber, and K. T. von Toschanowitz.(2005) Predicting when animal populations are at risk from roads: An interactive model of road avoidance behavior. *Ecology Modeling* 185:329-348.
- Lesbarreres , D., Lode, T.,Merila, J., (2004) Short communication : what type of amphibian tunnel could reduce road kills? *Oryx* 38, 220–223

- Ng, S.J., Dole, J.W., Sauvajot, R.M., Riley, S.P.D., Valone, T.J., (2004) Use of highway undercrossings by wildlife in southern California. *Biological Conservation* 115, 499–507.
- Noss, R.F., (1987) Protecting natural areas in a fragmented landscapes. *Natural Areas Journal* 7, 2–13.
- Podloucky, R., (1989) Protection of amphibians on roads: examples and experiences from Lower Saxony. In: Langton, T.E.S. (Ed.), *Amphibians and Roads, Proceedings of the Toad Tunnel Conference*. ACO Polymer Products Ltd., Bedfordshire, England, pp. 15–28
- Rosell, C., Parpal, J., Campeny, R., Jove, S., Pasquina, A., Velasco, J.M.,(1997)Mitigation of barrier effect of linear infrastructures on wildlife. In: Canters, K. (Ed.), *Habitat Fragmentation and Infrastructure*. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Delft, Netherlands, pp. 367–372
- Saunders, D.A., Hobbs, R. J.,(1991) *Nature Conservation 2: The Role of Corridors*. Surrey Beatty, Chipping Norton, Australia.
- Soul'e, M. E., and G. E. Orians.(2001). *Conservation biology: research priorities for the next decade*. Island Press, Washington, D.C.
- Yanes, M., Velasco, J., Suarez, F., (1995) Permeability of roads and railways to vertebrates: the importance of culverts. *Biological Conservation* 71, 217–222.
- Wang.H.(1999) *Wildlife conservation in rural southeastern China: wildlife harvest and the ecology of sympatric carnivores*. Ph.D. Sissertation. University of Massachusetts, Amherst. 181pp.
- Ward, A.L., (1982) Mule deer behavior in relation to fencing and underpasses on Interstate 80 in Wyoming. *Transportation Research Record* 859, 8–13

## 拾.附錄

附錄一. 本研究各涵洞樣點的環境狀況，以及監測到各物種之有效照片數(單位：張)\*

涵洞里程數	規格	棲地狀況	樹冠層鬱蔽度	涵洞底材	白鼻心	鼬獾	食蟹獾	齧齒類	狗	家貓	鳥類	爬蟲類	台灣野兔
281+120	小	較人為	68%	水泥混凝土	0	0	0	93	0	0	0	2	0
282+734	大	較人為	0%	瀝青路	0	0	0	0	0	0	0	0	0
282+960	小	較自然	35%	水泥混凝土	0	0	0	0	0	0	0	0	0
283+119	大	較自然	80%	瀝青路	0	0	0	0	9	1	0	0	0
283+297	小	較自然	95%	水泥混凝土	0	0	0	0	0	0	0	0	0
284+104	大	較人為	0%	瀝青路	0	0	0	0	31	2	0	0	0
284+834	中	較自然	100%	泥地	3	3	0	0	0	0	0	0	0
285+457	大	較自然	88%	瀝青路	0	0	0	0	0	0	0	0	0
285+999	中	較自然	100%	水泥混凝土	63	3	0	36	0	0	0	0	3
287+200	小	較自然	25%	水泥混凝土	0	0	0	9	0	0	0	0	0
287+877	中	較自然	0%	水泥混凝土	4	16	0	14	3	0	0	0	1
288+69	小	較自然	30%	水泥混凝土	3	0	0	7	0	0	0	3	0
295+335	大	較自然	0%	瀝青路	0	0	0	0	0	0	0	0	0
295+500	小	較自然	100%	水泥混凝土	7	1	0	25	0	0	0	0	0
296+453	小	較自然	65%	水泥混凝土	22	0	0	0	0	0	0	6	0
298+273	中	較人為	100%	泥地	34	0	0	11	0	0	22	0	0
298+934	中	較人為	100%	泥地	16	0	0	7	0	4	0	5	0
299+893	大	較人為	0%	瀝青路	0	0	0	0	0	0	0	0	0

附錄一（續）。本次調查各涵洞樣點變量表以及監測到各物種之有效照片數(單位：張)\*

涵洞里程數	規格	棲地狀況	樹冠層鬱蔽度	涵洞底材	白鼻心	鼬獾	食蟹獾	齧齒類	狗	家貓	鳥類	爬蟲類	台灣野兔
301+111	大	較自然	0%	瀝青路	0	0	0	0	2	0	0	0	0
301+350	小	較自然	0%	水泥混凝土	0	0	0	0	0	1	0	0	0
301+733	中	較自然	100%	泥地	0	0	0	6	0	0	0	0	0
301+986	中	較自然	100%	泥地	62	8	22	10	0	0	2	0	0
302+380	小	較人為	100%	水泥混凝土	0	0	0	0	0	0	0	0	0
302+466	大	較人為	25%	瀝青路	0	0	0	0	1	0	0	0	0
302+491	小	較自然	98%	水泥混凝土	1	4	0	5	0	7	0	0	0
304+179	大	較人為	0%	瀝青路	0	0	0	0	0	0	0	0	0
305+258	大	較人為	0%	瀝青路	0	0	0	0	0	0	0	0	0
305+296	小	較人為	0%	水泥混凝土	0	0	0	0	0	0	0	0	0
305+759	中	較人為	99%	泥地	0	0	0	35	0	0	0	0	0
306+232	中	較人為	100%	泥地	0	0	0	1	0	0	0	0	0
306+960	大	較人為	0%	瀝青路	0	0	0	0	0	0	0	0	0
307+405	中	較人為	97%	瀝青路	0	0	0	0	16	0	0	0	0
307+620	小	較人為	35%	水泥混凝土	0	0	0	5	0	3	0	12	0
309+375	大	較人為	0%	瀝青路	0	0	0	0	0	0	0	0	0
309+750	中	較人為	80%	泥地	0	0	0	0	0	0	0	0	0
310+140	中	較人為	79%	泥地	0	0	0	4	0	4	0	0	0

\*285+999K、284+834K、288+877K 處涵洞資料來源：觀察家生態顧問有限公司、高公局南工處白河工務段。

附錄二. 本研究於 3-6 月之白鼻心捕捉結果。

日期	地點	物種	數量
3/26	多甕地	赤腹松鼠	1
3/26	林管處牌	赤腹松鼠	1
3/27	多甕地	赤腹松鼠	1
	諸羅山果園	不知名鼠(高山白腹鼠?)	1
3/28	諸羅山果園	赤腹松鼠	1
4/2	多甕地(2)，諸羅山果園(1)	赤腹松鼠	3
4/4	諸羅山果園(1) 林管處牌(1)	赤腹松鼠	2
	286 洞	小黃腹鼠	1
	288 洞	鬼鼠	1
4/5	公墓旁	小黃腹鼠	1
	多甕地	赤腹松鼠	1
	中埔溪旁	鬼鼠	1
	交趾陶	白頭翁	1
4/6	288 洞	鬼鼠	1
4/7	286 洞	小黃腹鼠	1
	多甕地	赤腹松鼠	1
4/8	多甕地(2)，林管處牌(1)	赤腹松鼠	3
4/9	中埔溪旁	鬼鼠	1
	288 洞	赤腹松鼠	1
4/10	交趾陶	白頭翁	1
	286 洞	鬼鼠	1
4/12	交趾陶	白頭翁	1
	288 洞	鬼鼠	1
	諸羅山果園	赤腹松鼠	1
4/13	廟旁果園	赤腹松鼠	1
	交趾陶	白頭翁	1
	286 洞	小黃腹鼠	1
	288 洞	鬼鼠	1
4/14	廟旁果園中埔洞	小黃腹鼠	3
	林管處牌，多甕地	赤腹松鼠	2
	288 洞	鬼鼠	1
4/16	288 洞	鬼鼠	1
	株山左邊	小黃腹鼠	1
4/21	288 果園，288 洞	鬼鼠	2
	仁隆橋	赤腹松鼠	1

附錄二. (續) 本研究於 3-6 月之白鼻心捕捉結果。

4/22	288 洞, 286 洞(1)	鬼鼠	2
4/25	288 果園	鬼鼠	1
	288 洞, 頁仔伯家	小黃腹鼠	2
4/27	286 洞(2)	赤腹松鼠	1
4/29-5/8		關籠	
5/11	288 果園	鬼鼠	1
5/15	公墓旁果園, 288 果園	鬼鼠	2
	286 洞(3)	赤腹松鼠	1
	株山左果園	小黃腹鼠	1
5/16	288 果園, 株山左果園	鬼鼠	2
5/19	288 果園	鬼鼠	1
5/23	公墓旁果園	鬼鼠	1
5/24	286 洞(1)	鬼鼠	1
5/26	288 洞	小黃腹鼠	1
5/27	288 洞	小黃腹鼠	1
5/28-6/3		關籠	
6/12	288 洞, 邱哥果園	鬼鼠	2
6/23	埤旁林	赤腹松鼠	1
	288 果園	鬼鼠	2
6/27	頁仔伯家	鼬獾	1
	286 洞	鬼鼠	1



拾壹.調查照片



照片 1. 小型涵洞



照片 2. 中型涵洞 1



照片 3. 中型涵洞 2



照片 4. 大型涵洞



照片 5. 小型涵洞將自動相機架設於洞口



照片 6. 農民取水用的渠道不適合進行調查





照片 7. 進入內架設自動相機



照片 8. 發現痕跡時進行辨識及紀錄



照片 9. 白鼻心與食蟹獐的足跡



照片 10. 白鼻心會進入果園取食水果(圖為香蕉園)





照片 11. 自然棲地示意圖 1



照片 12. 自然棲地示意圖 2



照片 13. 人為棲地示意圖 1



照片 14. 人為棲地示意圖 2



照片 15. 高架橋下亦是穿越地點



照片 16. 高架橋下棲地直接相連





照片 17. 台灣構樹果實可能為白鼻心食物來源

照片 18. 部分涵洞樣點較難進入



照片 19. 陷阱籠內擺放餌料

照片 20. 陷阱籠擺放會進行遮蔽及偽裝





照片 21. 陷阱籠遮蔽物以就地取材為主



照片 22. 鼬獾入籠



照片 23. 小黃腹鼠入籠



照片 24. 鬼鼠入籠





照片 25. 白鼻心足跡(305K+800)



照片 26. 白鼻心足跡(305K+800)



照片 27. 疑似白鼻心爪痕(香蕉樹)

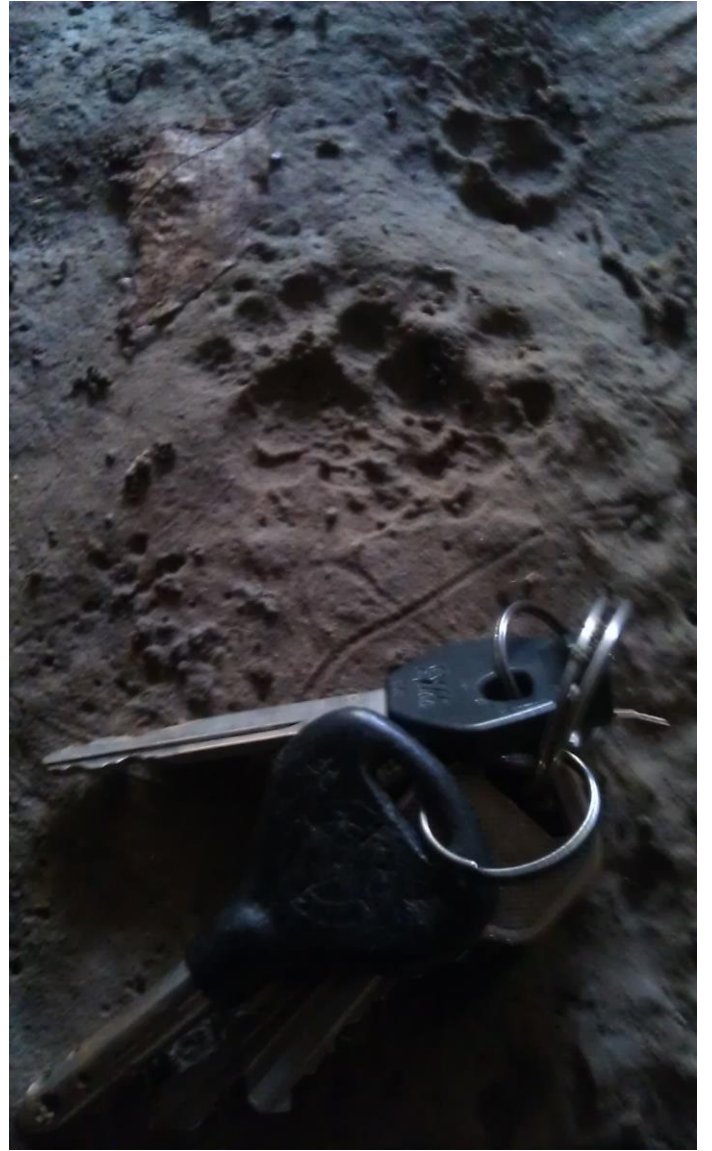


照片 28. 白鼻心足跡(305K+800)





照片 29. 白鼻心足跡(301K+986)



照片 30. 白鼻心足跡(298K+273)



照片 31. 白鼻心足跡(298K+273)