

大鹿林道東線工程之環境監測

受委託者：中華民國自然生態保育協會

研究主持人：李玲玲

研究人員： 林雅玲

黃俊嘉

郭浩志

內政部營建署雪霸國家公園管理處

中華民國九十六年十二月

大鹿林道東線工程之環境監測

目次

表次	III
圖次	V
摘要	XII
英文摘要	IX
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與目的	1
第二節 文獻回顧	1
第三節 監測的概念架構	2
第二章 材料與方法	5
第一節 樣區設置	5
第二節 調查時程	5
第三節 監測方法	6
第三章 結果	9
第四章 討論	29
第五章 建議事項	33
附錄一 本調查記錄大鹿林道東線之動物名錄	35
附錄二 調查點位置	41
附錄三 樣區、調查方法、動物及痕跡之介紹照片	43
參考書目	49

表次

表一、各樣區植被類型、位置與道路受損長度	5
表二、2007年5月至11月大鹿林道東線復舊工程前及工程中日間穿越線調查之哺乳動物種類及數量(隻次)	10
表三、2007年5月至11月大鹿林道東線復舊工程前及工程中日間穿越線調查之兩棲爬蟲動物物種及數量(隻次)	11
表四、2007年5月至11月大鹿林道東線復舊工程前及工程中日間穿越線調查之鳥類物種及數量(隻次)	12
表五、2007年5月至11月大鹿林道東線復舊工程前及工程中夜間沿線調查之動物種類及數量(隻次)	13
表六、2007年6月至11月大鹿林道東線復舊工程前及工程中以薛門氏捕捉器(Sherman's trap)捕獲各物種隻次及捕捉率	14
表七、2007年6月至11月大鹿林道東線復舊工程前及工程中以掉落式陷阱(Pitfall trap)捕獲各物種隻次及捕捉率	15
表八、大鹿林道東線以薛門氏捕捉器調查之小型哺乳動物數量工程前與工程中之比較結果	16
表九、2007年7月至11月大鹿林道東線以豎琴網及霧網捕獲各蝙蝠物種及數量	17
表十、三次鳥類密度調查的優勢鳥種排序	18
表十一、大鹿林道東線鳥類密度調查之族群密度變方分析表	19
表十二、大鹿林道東線鳥類密度調查之平均鳥種數(Richness)變方分析表	19

表十三、2007 年大鹿林道東線人造針葉林與天然林相嵌樣區復舊工程前與工程中的平均鳥類族群密度 (individual/ ha.) …21

表十四、2007 年大鹿林道東線天然闊葉林樣區復舊工程前與工程中的平均鳥類族群密度 (individual/ ha.) ……22

表十五、2007 年大鹿林道東線人造針葉林樣區復舊工程前與工程中的平均鳥類族群密度 (individual/ ha.) ……23

表十六、大鹿林道東支線鳥類密度調查 2003 年及 2007 年之比較
……24

表十七、2007 年大鹿林道東線天然闊葉林樣區紅外線自動相機的有效工作時數、各物種平均出現指數 (OI 值) 及林道復舊工程前中之差異比較 ……25

表十八、2007 年大鹿林道東線人造針葉林和天然林相嵌林樣線紅外線自動相機的有效工作時數、各物種平均出現指數 (OI 值) 及林道復舊工程前中之差異比較 ……27

圖次

- 圖一、大鹿林道東線復舊工程環境監測計畫之各樣區位置圖……6
- 圖二、2007年5月至11月新竹五峰鄉山區逐日雨量、颱風侵襲時間及工程進度圖……9
- 圖三、2007年6月至11月大鹿林道東線復舊工程前、中，各樣線的鳥類平均族群密度……19
- 圖四、2007年6月至11月大鹿林道東線復舊工程前、中，各樣線的鳥類平均種類數……20
- 圖五、2007年6月至11月大鹿林道東線山羌在林道復舊工程前及工程中之全日活動模式……27

摘要

關鍵詞：雪霸國家公園、觀霧、大鹿林道東線、野生動物、調查、監測

一、研究緣起

大鹿林道東線位於雪霸國家公園觀霧地區，自觀霧山莊至大霸尖山登山口，全長約 20 公里。林道沿線林相變化豐富，除人工林與次生林外，山凹溪澗處仍有原始林相。以往調查已在該線記錄哺乳類 10 科 19 種，鳥類 28 科 83 種，爬蟲類 3 科 9 種，兩棲類 4 科 5 種，及數百種的昆蟲，其中包括許多特稀有物種，是觀霧地區野生動物相最為豐富的一條林道。

觀霧地區自 2004 年經歷敏督利、艾利颱風暴雨之後，造成道路邊坡大量崩坍且路基塌陷或流失，大鹿林道東線沿線亦有多處沖毀崩坍，為避免落石坍方可能影響民眾安全，同時方便進行整建施工，觀霧地區自 2005 年封園至今已近 2 年。根據觀霧管理站同仁回報，由於該地人為活動減少，野生動物數量似有增多之趨勢。由於大鹿林道東線整修在際，為能掌握復舊工程進行前、中、後，該地野生動物之變化，復舊工程對該林道野生動物之影響，以及復舊工程後野生動物相恢復之狀況，有必要立即進行施工前、中、後期野生動物相之調查與監測。

此外，由於以往該林道野生動物調查之結果，多屬定性之描述，較缺定量之估算，不易與後續調查進行比對。因此，亦須建立可量化比對之監測模式，以利施工前、中、後期野生動物相變化之評估，以及該林道野生動物相的長期監測。

二、研究方法及過程

本計畫依植被類型及道路損壞狀況選擇了 6 個樣區，以穿越線調查、固定半徑圓圈法調查（鳥類）、捕捉調查（小獸類、兩爬類與蝙蝠）、自動相機調查等方式收集不同類群動物之種類及數量資料，工程前分別於 6-7 月及 8-9 月進行了二次調查，復舊工程開工後於 10-11 月進行一次工程中的調查。

三、重要發現

林道復舊工程在臨時便道開挖階段主要影響兩棲類、爬蟲類動物、小型地棲哺乳動物（鼠科及尖鼠科動物）和地棲鳥類（雉雞），前三者主要是因為棲地遭受工程破壞，林道上原先茂盛的植被及水窪全部被鏟除或填平，而淤積在林道上的土石被推往邊坡，使得林道與旁邊森林出現一小段阻隔，成為非連續的環境，也阻隔了道路兩旁森林的動物移動，因此族群數量在工程後銳減。活動隱密的地棲鳥類則可能因為林道植被清空缺乏遮蔽，而減少在林道上活動，亦可能因為機具聲響和人為活動使其不敢趨近活動。

由自動相機的結果發現中大型哺乳動物在林道周邊的族群數量未受影響，但由穿越線調查的結果發現這些動物也減少在林道上活動的頻度，可能與地棲鳥類相同，因為機具聲響和人為活動使其不敢趨近活動。而在樹冠層活動的鳥類在工

程前後的族群波動，則來自季節的影響而非工程所造成。

四、主要建議事項

1. 大鹿林道復舊工程中臨時便道開通的階段已影響小型地棲哺乳動物、兩棲爬蟲動物、雉科鳥類及部份中大型哺乳動物在林道上之出現與活動。按照工程計畫書，未來施工將會由大霸登山口往回進行擋土牆、排水溝渠、路面鋪設等整治工程，這些工程較開通便道會在定點施作較長的時間，且會有打鋼樁、夯實填方等干擾較大的情況，因此建議在整治工程進行時以及工程完畢後，同時進行監測調查，以確認工程之影響，以及當地動物相恢復之狀況。
2. 為使監測工作盡可能標準化，以自動器械，包括氣象、水文等自動記錄設施，自動相機或監視系統等監測記錄環境與生物活動之變化，已成為國際趨勢。國內相關單位也逐步採用、建構此類自動記錄監測系統。雪霸國家公園亦可考慮規劃在優先監測地點設置自動監測設施與系統，以利後續監測工作的落實。
3. 監測是項長期的工作，未來可以本計畫之監測系統為架構，針對不同議題（如：遊憩活動、狩獵、颱風），並依其目地調整方法以了解其對動物相的影響，也有利於建構及檢討管理決策。

英文摘要

Keywords: Shei-pa National Park, Guanwu, Dalu Forest Road, wildlife, survey, monitor

Previous studies indicated that fauna along the East Dalu forest road is rich and diverse. Since the closure of this road due to erosion after several typhoons, which resulted in a decrease of human activity, wildlife abundance seems to have increased. However, road restoration is about to begin, which may affect fauna in this area. It is of great importance to monitor and compare changes in fauna along this road before, during and after restoration to understand the impact of road restoration work on local fauna. The aims of this projects are to survey wildlife along the East Dalu forest road using transect survey, circular-plot with fixed diameter, mark and recapture, auto-camera trap methods; to compare changes in fauna before, during and after road restoration; and to set up long-term wildlife monitoring system, so that consistent data can be collected to provide baseline information for wildlife conservation and management in this area.

The results indicated that the populations of anuran, reptiles, and small mammals inhabited along the road decreased rapidly due to habitat loss. Median and large mammals and pheasants avoided using the road, probably due to short of shelters, disturbance of machinery for restoration, noise and human activity. Birds perching in canopy were not affected by the road restoration. Because road restoration remains in process, it takes further monitoring to reveal the time needed for and degree of recovery of wildlife fauna along this road after restoration.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與目的

大鹿林道東線位於雪霸國家公園觀霧地區，自觀霧山莊至大霸尖山登山口，全長約 20 公里。林道沿線林相變化豐富，除人工林與次生林外，山凹溪澗處仍有原始林相（李瑞宗，1994；歐辰雄、呂福原，1997）。以往調查已在該線記錄哺乳類 10 科 19 種，鳥類 28 科 83 種，爬蟲類 3 科 9 種，兩棲類 4 科 5 種，及數百種的昆蟲，其中包括許多特稀有物種，是觀霧地區野生動物相最為豐富的一條林道。（林曜松，1989；李培芬，2003；郭承裕，1994；呂光洋，2000）

觀霧地區自 2004 年經歷敏督利、艾利颱風暴雨之後，造成道路邊坡大量崩坍且路基塌陷或流失，大鹿林道東線沿線亦有多處沖毀崩坍，為避免落石坍方可能影響民眾安全，同時方便進行整建施工，觀霧地區自 2005 年封園至今已近 2 年。根據觀霧管理站同仁回報，由於該地人為活動減少，野生動物數量似有增多之趨勢。由於大鹿林道東線整修在際，為能掌握復舊工程進行前、中、後，該地野生動物之變化，復舊工程對該林道野生動物之影響，以及復舊工程後野生動物相恢復之狀況，有必要立即進行施工前、中、後期野生動物相之調查與監測。

此外，由於以往該林道野生動物調查之結果，多屬定性之描述，較缺定量之估算，不易與後續調查進行比對。因此，亦須建立可量化比對之監測模式，以利施工前、中、後期野生動物相變化之評估，以及該林道野生動物相的長期監測。

本計畫之目的即在利用穿越線調查、固定半徑圓圈法調查（鳥類）、捕捉調查（小獸類與兩爬類）、自動相機調查等方式，建構大鹿林道沿線野生動物長期監測系統，並於該林道復舊工程進行前、中、後進行沿線野生動物調查，做為日後進行動物保育與管理工作的基礎。

第二節 文獻回顧

一、氣候及植被狀況

大鹿林道東線由觀霧至馬達拉溪口，海拔由 2000 公尺降至 1750 公尺，屬溫帶氣候，年均溫約 12-13°C，一月均溫最低約 5.1°C，七月最高為 16.8°C。本區的雨量主要來自西南季風及颱風豪雨，根據中央氣象局觀霧雨量站資料，近十年的平均年降雨量約為 3330mm。

林道沿線的原生植群大部分已經採伐，取而代之的為檜木、柳杉、台灣杉、台灣二葉松及巒大杉之造林地，部份向陽乾燥、陡峭的區塊則由赤楊佔據而為純林，山凹溪澗仍保留此區的原始林相，種類以殼斗科及樟科等闊葉樹為主，如川上氏石櫟、狹葉高山櫟、森氏櫟、南投黃肉楠、日本楨楠，並散生部分原生針葉樹種，如台灣黃杉、粗榧、檜木等（歐辰雄、呂福原，1997）。

二、動物資源

回顧雪霸國家公園成立初期至目前的動物資源調查（林曜松，1989；郭承裕，1993；呂光

洋，2000；李培芬，2003)，大鹿林道東線記錄了哺乳類 10 科 19 種，鳥類 28 科 83 種，爬蟲類 3 科 10 種，兩棲類 4 科 6 種及數百種的昆蟲，其中包括許多特稀有物種，野生動物相極為豐富。

各計畫的調查對象和方法不盡相同，調查對象大致可分為哺乳動物、鳥類、兩棲爬蟲、昆蟲等四大類。哺乳動物以成立初期的資源調查（林曜松，1989）提供的訊息較完整，其調查方法較全面，除了設置各式陷阱捕捉不同習性之哺乳動物，並記錄沿線出現的動物痕跡、聲音。鳥類以郭承裕(1993)提供的名錄最詳盡，三年調查共記錄了 28 科 83 種鳥類，而李培芬(2003)僅在檫樹保護區及大霸登山口分別記錄了 44 種及 42 種鳥類，雖然鳥種數較少，但除了記錄了物種數量之外，因使用圓圈法進行調查，提供了各種類的密度資料。兩棲爬蟲類調查主要以沿線調查進行，提供物種名錄（郭承裕，1993；呂光洋，2000），呂光洋（2000）對山椒魚有較全面的研究，並指出東支線工寮水源可能為山椒魚的繁殖場。

而大部分計畫以穿越線調查法記錄出現物種，所得的資料僅呈現物種數（richness），無法獲得更詳細的豐度（abundance）、密度（density）以及動物與棲地間的關係。僅 2003 年鳥類調查提供密度資料，並探討鳥類群聚與棲地的關係。動物名錄可以提供一個地區最基本的動物物種組成，但缺乏動物族群波動、活動模式等變化訊息，無法提供動物生態或與環境間關係的訊息，對於實際的保育或管理措施上的應用性較低。

三、遊憩

大鹿林道東線自觀霧向東行，沿著馬達拉北岸修築，早期為林務單位伐木、造林的出入要道，隨著登山健行的風氣漸行，為攀登大霸尖山的大眾路徑（楊南郡，1991），並為國家步道系統中銜接霞喀羅-鹿場連嶺、白石-檜山-觀霧段、雪山群峰、大霸/聖稜線段等的重要路段。

第三節 監測的概念架構

一、大鹿林道東線進行動物相監測之重要性

1. 大鹿林道近期將進行復舊工程，必須評估並監測工程對野生動物的影響。
2. 大鹿林道阻斷之前為重要的登山及健行步道，建立一個可行之監測系統，可供國家公園持續監測當地遊憩活動對動物相的影響，以及持續監測颱風所引起環境擾動的影響，以利建構管理決策。

二、林道復舊工程對生態可能的影響

1. 短期效應：工程施作進行，機具挖掘和清理土方直接干擾周圍棲地環境，機具聲響和人為活動可能使動物不敢趨近活動。預期工程進行時，活動隱密的中大型哺乳動物、

地棲鳥類可能會暫時迴避在此處活動。小型哺乳動物、兩棲爬蟲類、冠層活動的鳥類等不易受驚擾的動物，除非棲地遭受工程破壞，族群數量在工程前中後的波動應該很小。若此類動物數量銳減時，則須評估工程的操作方式及範圍是否需要改善。

2. 長期效應: 因林道崩坍阻斷，當地人為活動減少，據回報野生動物數量有增多的趨勢。在林道復舊之後，如果持續相當時間沒有進一步擾動，預期林道附近野生動物種類與數量可能逐漸恢復。然而林道開放後，若人為活動增加，則視人為活動之干擾程度，對林道附近野生動物種類與數量可能有不同之影響，可比較人為活動程度與監測結果，規範適當的遊客承載量。

三、 監測方法

針對哺乳動物、鳥類、爬蟲類與兩生類動物，選取數個可以估算族群數量的調查方式進行野生動物族群監測，在不同的植被類型下系統性的進行各項定量調查，調查的方式、頻度等將依據本計畫之研究結果提出建議。

第二章 材料與方法

第一節 樣區設置

本計畫調查樣區的選定與設置，主要考量「植被類型」與「道路損壞狀況」二個重要環境因子，採用**二因子試驗設計**進行調查研究，二個因子的試驗處理組合如下列描述。植被類型參考李瑞宗（1994）提供之觀霧地區植被圖，以及柯智仁（2004）利用農林航空測量所拍攝的正射化影像圖所製作的觀霧地區植被覆蓋圖，並配合大鹿林道東線沿線的植被狀況，選擇**天然闊葉林、人造針葉林、人造林和天然林相嵌林**等三種主要的植被類型設置樣區，為方便表示分別簡稱為闊葉林、針葉林和相嵌林。道路損壞狀況則根據大鹿林道東線受災路線調查（張石角，2005），選取長度一公里的**未受損及崩塌**路段。未受損路段為道路完全未受損，或僅有少數受損的小谷口或部份路面龜裂，而且受損路段長度不超過 10%。道路崩塌的樣區則選擇路面崩失或上坡崩塌嚴重的路段，這些路段復舊工程難度高且工程時程較長，相對於未受損路段，可以預期其產生的工程干擾影響較大。

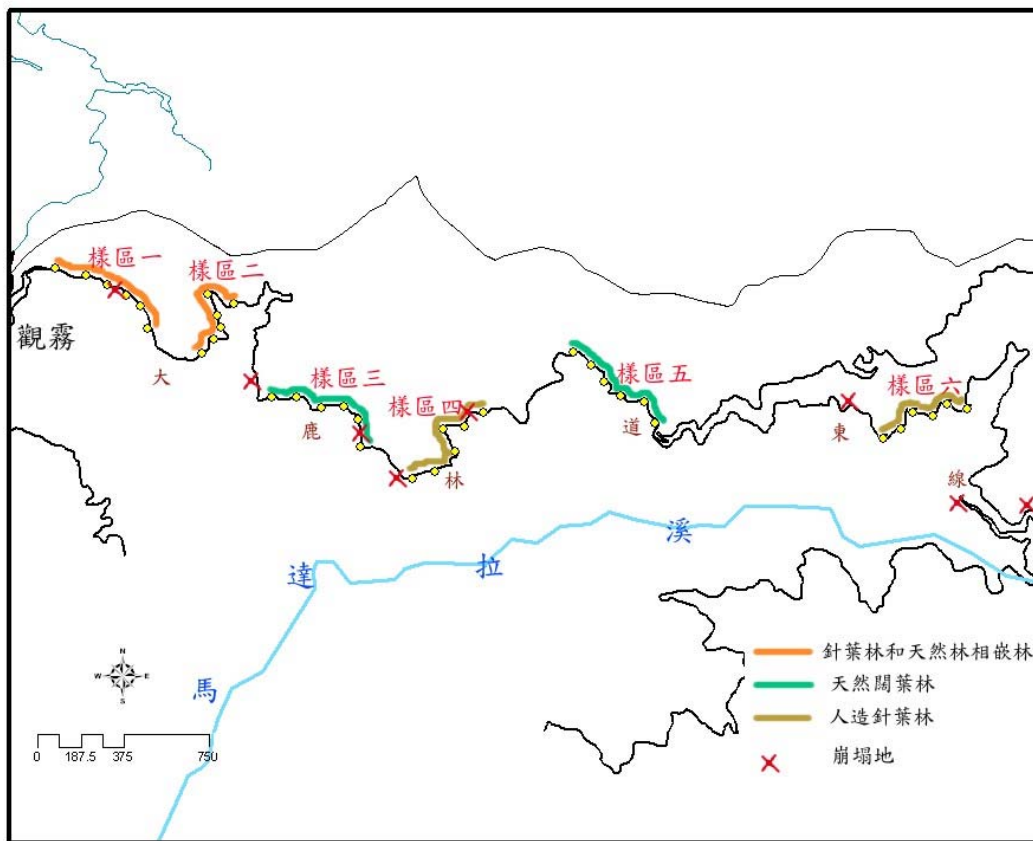
依據以上二個因子共 6 個組合，由林道入口開始依序設置樣區一、樣區二、樣區三...至樣區六（圖一），樣區的植被類型、道路受損狀況、里程數與道路受損長度見表一。

表一、各樣區植被類型、位置與道路受損長度

	植被類型	道路損壞狀況	位置	道路受損長度
樣區一	人造針葉林和天然林相嵌林	崩塌	0~1k	690m
樣區二	人造針葉林和天然林相嵌林	未受損	1.7~2.7k	0m
樣區三	天然闊葉林	崩塌	4.5~5.5k	320m
樣區四	人造針葉林	崩塌	6-7k	310m
樣區五	天然闊葉林	未受損	9~10k	80m
樣區六	人造針葉林	未受損	13~14k	0m

第二節 調查時程

大鹿林道東線復舊工程預計在 2007 年 9 月進行，因此規劃在施工前進行二次系統調查，系統調查包括穿越線調查、捕捉調查（薛門氏捕捉器及掉落式陷阱）及鳥類密度調查。第一次調查預定在 6-7 月進行，以**工程前 1**表示；第二次為 8-9 月，以**工程前 2**表示。動工後進行第三次系統調查，作為工程施作期的監測，預定在 10-11 月進行（標示為**工程中**）。



圖一、大鹿林道東線復舊工程環境監測計畫之各樣區位置圖。

第三節 監測方法

一、 穿越線調查

在所選定的各樣區於白天以步行方式緩慢行進一公里，記錄沿線所發現動物之種類、數量、定位點與發現狀況，包括目擊、屍體、叫聲、足跡、排遺、食痕、掘痕、窩巢等。因為一隻動物可能同時留下多種痕跡，如山羌的排遺及腳印、台灣獼猴的食痕與排遺，所以當同時於一地點發現相同物種的不同痕跡，若無法區分為不同個體所留的痕跡，則計數為1隻次。成群活動的動物盡可能數完所有個體，若動物所處位置隱密不易估算，先記錄為一群，再乘以平均結群數量，平均結群數量乃調查期間所觀察記錄各群數量之平均值。

此外為了瞭解動物使用林道的狀況，將穿越線調查所記錄目擊與發現痕跡之各類動物隻次的資料分成林道上發現、林道旁發現兩類。然而由於調查期間目擊與發現動物痕跡時並未每次都記錄事否為林道上或林道旁發現，未避免分析的偏差，並考量實際目擊或發現動物痕跡之狀況，此項分析的資料來源先進行下列分類：台灣獼猴及松鼠科動物每次被目擊的位置資料不完整，故不列入本項分析。其他種類動物（山羊、山羌、山豬、鼬獾、黃鼠狼...等）在森林內的目擊資料與叫聲資料均歸為林道旁發現；若發現狀況為足跡、食痕、排遺、掘痕、屍體、窩巢

等，以及在林道上的發現記錄均歸為林道上發現。

雖然穿越線調查也適用於夜間調查夜行性動物，但由於林道崩斷處過多，夜晚不易掌握路面狀況，基於安全考量各樣區的夜間調查，改以在營地周邊進行。

二、 捕捉調查

在各樣區設置二條捕捉穿越線，及兩組掉落式陷阱，每次調查進行四天三夜之捕捉，以調查**地棲性小獸類與兩爬類**。捕捉穿越線是以每隔 10 公尺放置薛門氏捕捉器 (Sherman's trap) 一個，每條穿越線放置 10 個，每日以地瓜抹花生醬為餌，進行小獸類捕捉調查。

掉落式陷阱 (Pitfall traps) 的設置是以直徑 9 公分、深度 17 公分的塑膠杯為陷阱，將 4 個陷阱以 Y 字型的方式佈置，即一個陷阱為中心，朝外沿伸三個方向設置其它陷阱，陷阱之間的距離分別為 1、1、2 公尺。陷阱上方放置遮雨板，防止雨水淹沒陷阱。中心與外圍的陷阱之間立放塑膠板，使活動時碰到塑膠板的小獸類或兩爬動物沿著板子走動而掉入陷阱中。陷阱中不放誘餌，另外，為減少調查造成動物死亡，陷阱內取消放置酒精與甘油混和之保存液，改以活捉方式進行調查。每日清晨巡視陷阱的捕捉狀況，捕獲的個體均進行種類、性別之鑑定，並測量各項形質後，活體以剪腳趾法上標後原地釋放，屍體則帶回製作標本

此外，於所選定之樣區找尋適合架網的地點設置霧網或豎琴網，並配合使用蝙蝠偵測器，以進行**蝙蝠相**之調查。捕獲之蝙蝠亦依小獸類處理方式進行測量，扣上翼環標記後原地釋放。

三、 固定半徑圓圈法 (鳥類)

在各樣區配合穿越線調查，從日出至日出後 3 小時內，於每條穿越線每隔 200 公尺取一個調查點，共計 6 個調查點，依序在各調查點上停留 6 分鐘，記錄所目擊或聽到的鳥種鳥種、數量、與觀察者的水平距離 (<50m、50-100m、>100m)，以作鳥類密度估算。每個調查點每次調查期間需完成三天之調查。

鳥類密度是將目擊及聽到的資料合併計算，若某鳥種的鳴唱聲推測僅由雄鳥發出，則將此鳴聲記錄算成 2 隻。若某鳥種推測皆為成群出現，則將每次鳴唱聲記錄乘於其平均結群隻數，平均結群隻數於野外調查期間隨機記錄。每種鳥種的特定基礎半徑 (special basal radius) 是將所有調查點的資料合併，將每一距離組距的個體數換算成該距離環帶的密度，若某一環帶之後的所有環帶密度低於其密度的一半，則以該環帶的外半徑為該鳥種的特定基礎半徑。若某鳥種的記錄隻數太少而難以判斷時，以相近種的特定基礎半徑為其半徑。因為有些鳥種在不同季節被察覺的距離不同，所以三次調查的各鳥種特定基礎半徑分別計算。

鳥類族群密度 D (隻數/公頃) 以下列公式計算 (Reynolds et al., 1980) :

$$D = \frac{n \times 10^4}{\pi \times r^2 \times C}$$

n: 特定基礎半徑內所記錄之總隻數。

r: 特定基礎半徑，在此半徑內的鳥隻皆可被有效察覺。

C: 調查次數，本研究中每次系統調查每個調查點為 3。

四、自動相機調查

自動照相設備具有能有效偵測樣區內活動物種及長時間收集全時資料的優點，也降低了人員影響造成調查誤差的情形，並能將動物的活動模式、分布、相對族群量與棲地利用情況加以量化（裴家騏，2006），適合作為監測計畫的工具之一。本計畫使用台灣自製（屏科大滕民強）及香港野生動物保護基金會出廠的紅外線自動相機，受限於可用相機數量，僅在 4 個樣區架設自動相機，分別為相嵌林的樣區一及樣區二，以及闊葉林的樣區三與樣區五。每樣區設置 3 台自動照相機，每台相機相距約 200 公尺，架設在離地面 1.5~2.5 公尺高的樹幹上，向下傾斜 60~75° 拍攝。每月檢查相機的電力及拍攝狀況，視狀況更換底片及電池，底片拍攝超過 15 張才更換，相機電池約 1 個月更換一次，感應器電池則約 2 個月在更換。

底片沖洗後記錄所攝得動物之種類、數量、拍攝時間及照相機工作時數等，而每張照片都有設定拍攝日期及時間，先依照下列準則定義有效照片紀錄：

1. 1 個小時內同一隻個體的連拍只視為 1 張有效照片紀錄。
2. 不同個體，即使同一小時內連拍，也當作不同的有效紀錄，若 1 張內有 2 隻以上個體，每隻都視為 1 筆有效紀錄。但因為台灣獼猴為群居動物，以群為取樣單位，連拍的紀錄，即使是不同個體，一律視為同一群而只當作 1 筆有效紀錄。

判斷有效照片紀錄後，以下列公式計算動物的出現指數（Occurrence Index, OI 值）作為該種動物在此樣區的相對數量。而全日活動模式分析則適合資料量較多（ $N > 50$ ）的常見物種，先整理該物種的所有資料，計算不同時段的活動量，接著將不同時段的活動量依照時間順序繪圖，即可得該物種的全日活動模式圖。

$$OI = \left(\text{一物種在該樣點的有效照片紀錄總數} / \text{該樣點的相機工作時數} \right) * 1000 \text{ 小時}$$

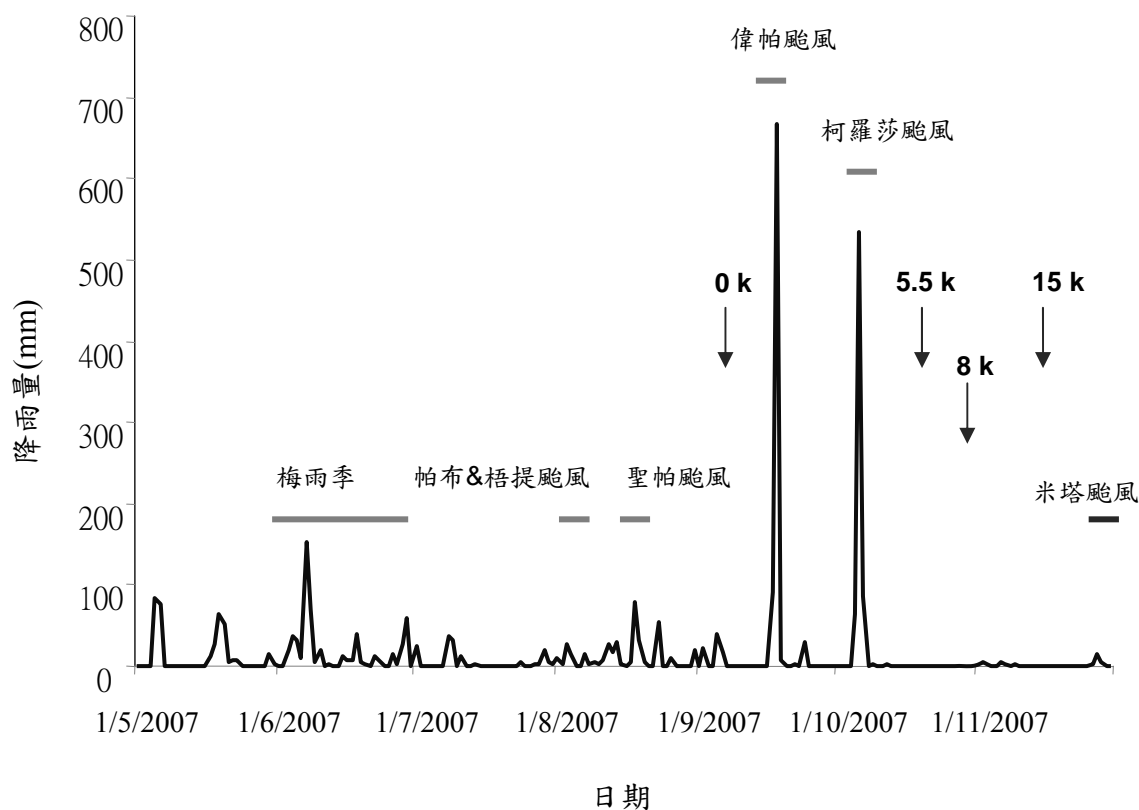
$$\text{活動量} = \left(\text{一物種在某時段的有效照片紀錄總數} / \text{該物種全部的有效照片紀錄總和} \right) * 100 \%$$

第三章 結果

一、大鹿林道東線天候與動物相概況

2007 年觀霧地區的雨季由五、六月的梅雨季開始，之後有數個颱風侵襲台灣，也影響到觀霧地區的降雨。根據中央氣象局白蘭氣象站(因觀霧氣象站今年更動位置，缺乏 7~9 月資料，改以附近氣象站資料反映當地雨量變化)記錄每日雨量資料顯示此區雨量豐沛(圖二)，9~10 月偉帕颱風與柯羅莎颱風甚至帶來單日數百毫米的降雨。而林道有多處大型崩塌地形，遇雨土石容易滑動不利調查，由於本計畫每次調查約需要 10~15 天，常因雨勢影響調查進度，樣區一、二第二次調查時，鳥類密度調查即受雨勢影響，無法在 9 月 6 日動工之前完成。

本計畫於 2007 年 5 月初進入大鹿林道東線進行路線與樣區勘查，6 月開始進行系統調查，至 11 月完成 3 次調查工作，以及 12 台自動相機調查及 22 個網具-捕捉夜的蝙蝠調查，整合樣區內監測調查及樣區間行進時記錄，共記錄到 12 科 31 種的哺乳類動物、20 科 77 種鳥類、3 科 6 種爬蟲類以及 3 科 4 種的兩生類動物(附錄一)。



圖二、2007 年 5 月至 11 月新竹五峰鄉山區逐日雨量、颱風侵襲時間及工程進度圖。測站為白蘭氣象站，灰色線條表示雨季事件持續時間，箭頭上方里程為所指時間之施工進度。

二、穿越線調查

2007 年 5 月至 11 月在大鹿林道東線，除了固定樣區之穿越線調查，並延伸範圍完成 0K

至 19.5K 的調查，白天共記錄了哺乳動物 15 種 557 隻次（表二）、兩棲爬蟲 8 種 803 隻次（表三）、鳥類 17 種 73 隻次（表四）。發現狀況主要為動物的叫聲、食痕、排遺與腳印。在工程進行前常看到山羌、山豬、台灣獼猴、帝雉、藍腹鵝等動物在林道上覓食或取水，與觀霧管理站同仁所回報當地野生動物活動頻繁的狀況相符。

穿越線調查中每公里發現哺乳動物痕跡換算成隻次的數量在三次調查間並無顯著差異（Kruskal- Wallis One Way ANOVA, $p=0.47$ ），工程前 1、工程前 2 及工程中分別為 12.8、19.3 及 13.2（隻次/公里）。而扣除無法辨識位置的資料，工程前與工程中動物被發現位置的比例有顯著差異（ $\chi^2=17.05, p<0.001$ ），工程進行時各隻次在林道上發現的比例由工程前的 61.9% 降至 27.7%。其中，中大型哺乳動物除了台灣獼猴目擊資料未納入之外，山豬、山羊、水鹿在工程進行後，在林道上發現的隻次明顯減少，甚至未再發現。

表二、2007 年 5 月至 11 月大鹿林道東線復舊工程前及工程中日間穿越線調查之哺乳動物種類及數量（隻次）。

樣線	工程時程	山羊	山羌	水鹿	山豬	台灣獼猴	赤腹松鼠	長吻松鼠	條紋松鼠	白面鼯鼠	白鼻心	黃喉貂	黃鼠狼	鼬獾	鮑鼯	鼯鼠	總計
樣線一	工程前 1		2			21								1		1	25
	工程前 2		2			40	3		1								46
	工程中		9			1	3	1	8								22
樣線二	工程前 1		6		2				4								12
	工程前 2		3				2		4								9
	工程中		5			1	1										7
樣線三	工程前 1		7			22	3	1									33
	工程前 2		17		5	2	8		13					1			46
	工程中		3			31	3	1									38
樣線四	工程前 1		9		4	21			3				3	1			41
	工程前 2	1	4		10	21	1		1					6			44
	工程中		3			20	2		5					1			31
樣線五	工程前 1		3				1		5								9
	工程前 2		6		3	0	3		10			1					23
	工程中		5		1	24	1	2	7								40
樣線六	工程前 1	1	7			8	2		1								19
	工程前 2		11			9			1						1		22
	工程中		8					2	5				2				17
沿線	工程前 1	3	11	1	13	8			3	1		1	1	1			43
	工程前 2		4		2	2							2				10
	工程中	1	3		1	2		3	6		1		1	2			20
總計		6	128	1	41	233	33	10	77	1	1	2	9	13	1	1	557

註：此資料包含目擊、叫聲、足跡、排遺、食痕、掘痕、窩巢等察覺方式。

表三、2007年5月至11月大鹿林道東線復舊工程前及工程中日間穿越線調查之兩棲爬蟲動物物種及數量(隻次)。

樣線	工程 時程	南 蛇	高 砂 蛇	史 丹 吉 氏 斜 鱗 蛇	梭 德 氏 赤 蛙	莫 氏 樹 蛙	盤 古 蟾 蜍	短 肢 攀 蜥	麗 紋 石 龍 子	總 計
樣區一	工程前1						1	1	1	3
	工程前2						2			2
	工程中									0
樣區二	工程前1					1				1
	工程前2									0
	工程中									0
樣區三	工程前1					1				1
	工程前2				1	400				401
	工程中									0
樣區四	工程前1	1				2				3
	工程前2					360				360
	工程中									0
樣區五	工程前1									0
	工程前2				1					1
	工程中									0
樣區六	工程前1									0
	工程前2		1							1
	工程中									0
沿線	工程前1			1	3	22	1			27
	工程前2			1	2					3
	工程中									0
總計		1	1	2	7	786	4	1	1	803

註：此資料包含目擊及叫聲等察覺方式。

在三次調查間，兩棲爬蟲動物的數量有顯著差異(Kruskal-Wallis One Way ANOVA, $p=0.02$; 扣除莫氏樹蛙蝌蚪 $p=0.04$)。平均每公里發現隻次數量在工程前1、工程前2及工程中分別為1.33、127.8(扣除莫氏樹蛙蝌蚪為1.17)及0。相較於其他類群的動物，兩棲爬蟲出現的種類較少，除了林道沿線水窪皆可發現大量的莫氏樹蛙蝌蚪及小蛙，其他零星可見盤古蟾蜍、梭德氏赤蛙、艾氏樹蛙、短肢攀蜥、麗紋石龍子、南蛇、史丹吉氏斜鱗蛇、高砂蛇...等。工程進行後未曾發現兩棲爬蟲動物之蹤跡。

表四、2007年5月至11月大鹿林道東線復舊工程前及工程中日間穿越線調查之鳥類物種及數量(隻次)。

樣線	工程時程	大冠鷲	林鵰	蜂鷹	帝雉	藍腹鵲	竹雞	深山竹雞	小剪尾	紫嘯鶇	鉛色水鶇	小彎嘴畫眉	金背鳩	紅嘴黑鶇	紅頭山雀	茶腹鵲	筒鳥	鶇	總計
樣線一	工程前 2				4					1									5
	工程中			1										25					26
樣線三	工程前 2				8		1												9
	工程中					1		1					1						3
樣線四	工程前 1	3																	3
	工程中																		0
樣線五	工程前 2							2											2
	工程中		2																2
樣線六	工程前 1				2														2
	工程中											1					2		3
沿線	工程前	1			2	1	4								1	1			10
	工程中				4				1		1							2	8
總計		4	2	1	20	2	5	3	1	1	1	1	1	25	1	1	2	2	73

註：此資料包含目擊及叫聲等察覺方式。

鳥類的數量在三次調查間無顯著差異 (Kruskal-Wallis One way ANOVA, $p=0.43$)，鳥類的平均每公里發現隻次在工程前 1、工程前 2 及工程中分別為 2.7、0.8 及 5.7。不同於定點式的圓圈法鳥類密度估算，穿越線調查可記錄到數量較少的猛禽 (林鵰、蜂鷹、大冠鷲)、棲息在溪流環境的鳥類 (紫嘯鶇、小剪尾、鉛色水鶇)，或是活動隱密的雉雞科動物 (帝雉、藍腹鵲、深山竹雞、竹雞)，工程進行後，不易發現雉雞科動物的蹤跡。

夜間穿越線調查則記錄了 9 種 59 隻的哺乳動物，5 種 17 隻的兩棲爬蟲動物，4 種 11 隻的鳥類 (表五)。相較於日間調查，哺乳動物增加了白面鼯鼠、大赤鼯鼠、台灣小蹄鼻蝠及高山小黃鼠狼等四種動物；兩棲爬蟲則多了艾氏樹蛙；鳥類則記錄到僅在夜間活動的褐林鴉、灰林鴉及黃嘴角鴉。

表五、2007 年 5 月至 11 月大鹿林道東線復舊工程前及工程中夜間沿線調查之動物種類及數量（隻次）。

種類	工程前 1	工程前 2	工程中	總計
哺乳動物	16	6	37	59
山羌		3	2	5
山羊			2	2
白面鼯鼠	8	3	20	31
大赤鼯鼠			1	1
高山小黃鼠狼			1	1
鼬獾			1	1
森鼠			1	1
台灣長尾鼯			2	2
未知鼯鼯			2	2
小蹄鼻蝠	8		5	13
兩棲爬蟲動物	9	8	0	17
南蛇	1			1
艾氏樹蛙	1	1		2
梭德氏赤蛙	2	1		3
莫氏樹蛙	4	5		9
盤古蟾蜍	1	1		2
鳥類	2	1	8	11
灰林鴉			4	4
褐林鴉			2	2
黃嘴角鴉	2	1		3
鶇鷓			2	2
總計	27	15	45	87

三、 捕捉調查:

● 地棲小型哺乳動物

2007 年 6 月至 11 月以薛門氏捕捉器 (sherman's trap) 進行 1100 個陷阱捕捉夜，共捕捉 80 隻次台灣森鼠、18 隻次黑腹絨鼠、4 隻高山白腹鼠及 2 隻台灣長尾鼯 (表六)，捕捉率為 9.2%。掉落式陷阱則進行 420 個陷阱捕捉夜，共捕捉 37 隻台灣長尾鼯、4 隻台灣長尾麝鼯與 2 隻台灣森鼠幼鼠 (表七)，捕捉率為 10.2%。綜觀薛門氏捕捉器及掉落式陷阱，植被類型為相嵌林的樣區一與樣區二都有較高的捕捉率，天然闊葉林或人造針葉林則以道路未受損之樣區有較高捕捉率 (表六、表七)。

表六、2007年6月至11月大鹿林道東線復舊工程前及工程中以薛門氏捕捉器（Sherman's trap）捕獲各物種隻次及捕捉率。

樣區	植被類型	道路損壞狀況	時程	捕捉籠夜	種類				總計	捕捉率 (%)
					森鼠	高山白腹鼠	黑腹絨鼠	台灣長尾鮑		
樣區一	人造針葉林和 天然林相嵌林	崩塌	工程前 1	60	13	1			14	23.3
			工程前 2	60	10		3		13	21.7
			工程中	60	2		1	1	4	6.7
樣區二	人造針葉林和 天然林相嵌林	未受損	工程前 1	60	13			1	14	23.3
			工程前 2	60	6		2		8	13.3
			工程中	50						0.0
樣區三	天然闊葉林	崩塌	工程前 1	60	4				4	6.7
			工程前 2	60	3				3	5.0
			工程中	60						0.0
樣區五	天然闊葉林	未受損	工程前 1	60	5				5	8.3
			工程前 2	60	5		4		9	15.0
			工程中	60	1				1	1.7
樣區四	人造針葉林	崩塌	工程前 1	80	1	2			3	3.8
			工程前 2	80		1			1	1.3
			工程中	60	1				1	1.7
樣區六	人造針葉林	未受損	工程前 1	60	2		1		3	5.0
			工程前 2	50	8		7		15	30.0
			工程中	60	6				6	10.0
總計				1100	80	4	18	2	104	9.4

表七、2007年6月至11月大鹿林道東線復舊工程前及工程中以掉落式陷阱（Pitfall trap）捕獲各物種隻次及捕捉率。

樣區	植被類型	道路損壞狀況	時程	捕捉籠夜	種類			總計	捕捉率 (%)
					台灣長尾鼯	台灣長尾麝鼯	森鼠		
樣區一	人造針葉林和 闊葉林相嵌林	崩塌	工程前 1	24	1		2	3	12.5
			工程前 2	24	3			3	12.5
			工程中	24	3			3	12.5
樣區二	人造針葉林和 闊葉林相嵌林	未受損	工程前 1	24	7			7	29.1
			工程前 2	24	6			6	25.0
			工程中	24	2			2	8.3
樣區三	天然闊葉林	崩塌	工程前 1	24	1			1	4.2
			工程前 2	24		2		2	8.3
			工程中	24				0	0.0
樣區五	天然闊葉林	未受損	工程前 1	24	4			4	16.7
			工程前 2	24				0	0.0
			工程中	24				0	0.0
樣區四	人造針葉林	崩塌	工程前 1	24	1	2		3	12.5
			工程前 2	24				0	0.0
			工程中	24				0	0.0
樣區六	人造針葉林	未受損	工程前 1	16	1			1	6.3
			工程前 2	24				0	0.0
			工程中	20	8			8	40.0
總計				420	37	4	2	43	10.2

表八、大鹿林道東線以薛門氏捕捉器調查之小型哺乳動物數量工程前與工程中之比較結果。

樣區	植被類型	道路損壞狀況	時程	χ^2	p	數量較多之時程
樣區一	人造針葉林和天然林相嵌林	崩塌	工程前 1 vs 工程中	6.54	0.011	工程前 1
			工程前 2 vs 工程中	5.55	0.018	工程前 2
樣區二	人造針葉林和天然林相嵌林	未受損	工程前 1 vs 工程中	13.37	<0.001	工程前 1
			工程前 2 vs 工程中	12.29	<0.001	工程前 2
樣區三	天然闊葉林	崩塌	工程前 1 vs 工程中	Fisher	0.118	N.S
			工程前 2 vs 工程中	Fisher	0.244	N.S
樣區五	天然闊葉林	未受損	工程前 1 vs 工程中	Fisher	0.207	N.S
			工程前 2 vs 工程中	6.98	0.008	工程前 2
樣區四	人造針葉林	崩塌	工程前 1 vs 工程中	Fisher	0.635	N.S
			工程前 2 vs 工程中	Fisher	1.000	N.S
樣區六	人造針葉林	未受損	工程前 1 vs 工程中	Fisher	0.491	N.S
			工程前 2 vs 工程中	7.06	0.008	工程前 2

註 1: Fisher 指預測值小於 5 不適合進行 Chi-square test，而改做 Fisher's exact test 之組合。

註 2: N.S 指無顯著差異。

比較工程前後小獸類的捕捉狀況，因薛門氏捕捉器每次僅能捕捉一隻個體，而每個陷阱捕捉夜的資料可區分成有無老鼠，因此可進行卡方檢定分析有老鼠與無老鼠的比例差異(表八)。結果在捕捉率較高的樣區(樣區一、二、五及六)中，工程前較工程中捕捉較多隻次的小型哺乳動物，捕捉率低的樣區在三次調查間則無顯著差異。掉落式陷阱每個樣區每次調查僅獲得 2 筆資料(各組陷阱的捕捉個體數為一筆資料，共二組陷阱)，因樣本數太少未進行統計分析。單純以捕捉率來看，工程前後的變化因樣區不同，樣區一三次調查的捕捉率相等，樣區六則是工程中的捕捉率最高，其他樣區則是工程中捕捉率低，甚至未捕獲動物(表七)。

● 蝙蝠調查

2007 年 7 月至 11 月進行了 17 具豎琴網及 5 具霧網的蝙蝠捕捉，捕獲 1 隻台灣大蹄鼻蝠、6 隻台灣小蹄鼻蝠、1 隻台灣長耳蝠、3 隻金芒管鼻蝠、2 隻家蝠、1 隻棕蝠、6 隻摺翅蝠、4 隻寬耳蝠、18 隻寬吻鼠耳蝠、3 隻長尾鼠耳蝠及 1 隻無法確認為長尾鼠耳蝠或 *Myotis* sp.4 的個體(表九)，共 10 種 46 隻個體。

表九、2007年7月至11月大鹿林道東線以豎琴網及霧網捕獲各蝙蝠物種及數量。

中文名	種名	樣區一			樣區三		樣區四		樣區五	樣區六	10k	15k	總計
		7/27	7/31	10/27	9/6	10/28	9/7	10/29	11/18	11/15	11/17	11/16	
台灣大蹄鼻蝠	<i>Rhinolophus formosae</i>		1										1
台灣小蹄鼻蝠	<i>Rhinolophus monoceros</i>	3	1									2	6
台灣長耳蝠	<i>Plecotus taivanus</i>					1							1
金芒管鼻蝠	<i>Harpiola isodont</i>	1							2				3
家蝠	<i>Pipistrellus</i> spp.				2								2
棕蝠	<i>Eptesicus serotinus horikawai</i>	1											1
摺翅蝠	<i>Miniopterus schreibersii</i>					1	2	2	1				6
寬耳蝠	<i>Barbastella leucomelas</i>		1						1	1	1		4
寬吻鼠耳蝠	<i>Myotis latirostris</i>				1	8	3	1	5				18
長尾鼠耳蝠	<i>Myotis</i> sp.3	3											3
<i>Myotis</i> sp.3/4	<i>Myotis</i> sp.3/4				1								1
總數量		8	3	0	4	10	0	5	6	7	1	2	46
種類數		4	3	0	3	3	0	2	4	3	1	1	10
網具使用數量	豎琴網	2	2	2		2		2	2	2	1	2	17
	霧網	1	1		1		1				1		5

四、 鳥類密度調查:

2007年7月至11月在大鹿林道東線六個樣區分別進行了工程前1（6~7月）、工程前2（8~9月）及工程中（10~11月）三次的鳥類密度調查，共記錄了73種8026隻個體。其中樣區一及樣區二因氣候不佳及聖帕颱風來襲，未能收集完三天的資料，故此二個樣區在工程前2的資料不列入密度估算。雖然是相同調查點，各次調查的優勢鳥種略有不同（表十），工程前1全線最優勢的鳥種依序為冠羽畫眉、紅頭山雀和藪鳥，工程前2全線最優勢的鳥種依序為冠羽畫眉、紅頭山雀和紅胸啄花，工程中最優勢鳥種仍為冠羽畫眉，其次為繡眼畫眉及紅頭山雀。

表十、三次鳥類密度調查的優勢鳥種排序。

施工時程	工程前 1	工程前 2	工程中
鳥種名			
冠羽畫眉	1	1	1
紅頭山雀	2	2	3
藪鳥	3	4	4
繡眼畫眉	4	6	2
白耳畫眉	5	7	8
青背山雀	6	5	6
灰喉山椒	7		
紅胸啄花	8	3	10
棕面鶯	9		9
山紅頭	10	10	7
竹鳥		8	
紅尾鶉		9	
白眉鵝			5

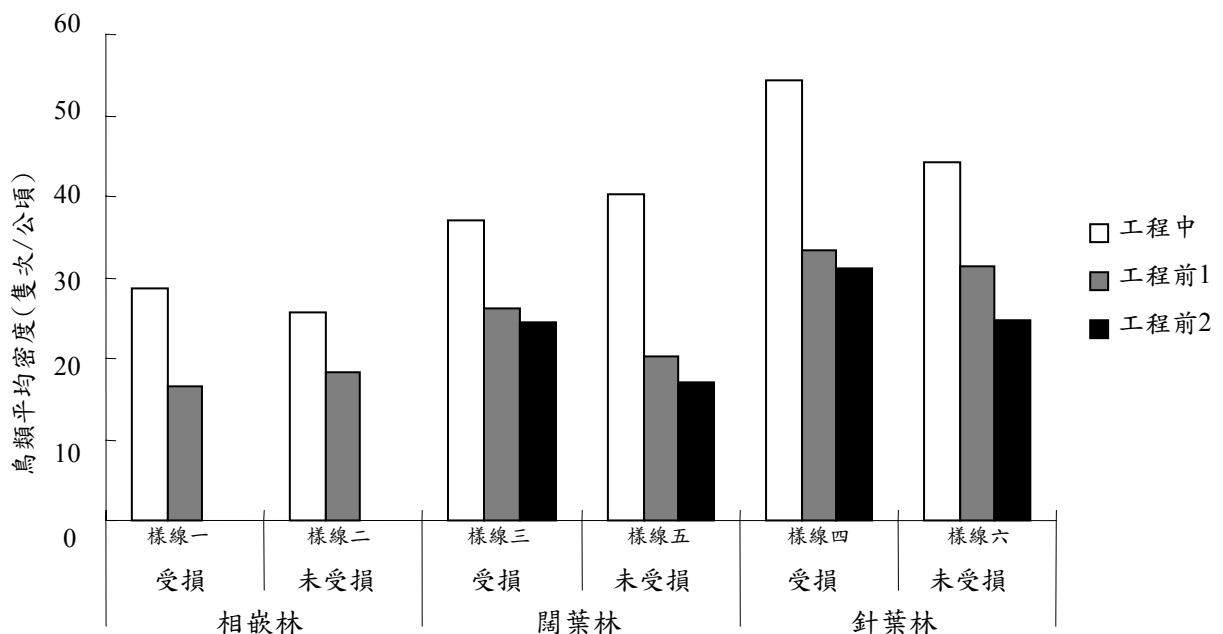
因鳥類密度估算調查的試驗設計同時包含了植被類型、道路受損狀況及施工時程，先以3-way ANOVA分析三個因子及交互效應對鳥類群聚之鳥種數（Richness）及密度（Density）的影響。因為工程前2缺乏樣區一、二的資料，所以只選擇工程前1與工程中二季的資料進行分析，結果族群密度受植被類型及施工時程影響（表十一），工程中有較高的族群密度，植被類型部分以針葉林的密度高於其他植被類型（圖三），鳥類豐富度則亦受施工時程及植被類型影響（表十二），工程中比工程前有較多的鳥類物種，而相嵌林樣區的鳥種數最少（圖四）。所以以下分析復舊工程對各別鳥種的族群密度影響時，將分不同植被類型討論。

表十一、大鹿林道東線鳥類密度調查之族群密度變方分析表。

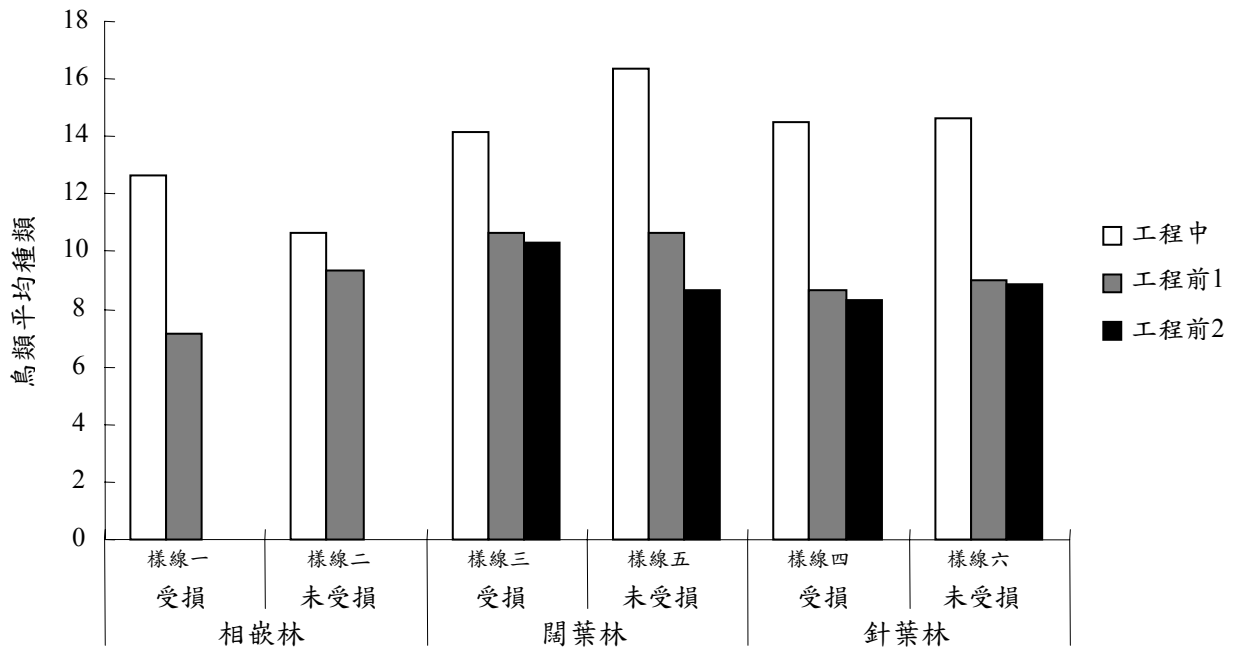
變因	平方和	自由度	均方	F 值	p
時程	3447.405	1	3447.405	13.019	0.001
植被	4129.158	2	2064.579	7.797	0.001
道路損壞狀態	126.192	1	126.192	0.477	0.493
時程*植被	169.563	2	84.781	0.320	0.727
時程*道路損壞狀態	4.862	1	4.862	0.018	0.893
植被*道路損壞狀態	100.811	2	50.405	0.190	0.827
時程*植被*道路損壞狀態	236.879	2	118.440	0.447	0.641
機差 (Error)	15887.510	60	264.792		

表十二、大鹿林道東線鳥類密度調查之平均鳥種數 (Richness) 變方分析表。

變因	平方和	自由度	均方	F 值	p
時程	364.500	1	364.500	44.152	0.000
植被	101.778	2	50.889	6.164	0.004
道路損壞狀態	9.389	1	9.389	1.137	0.290
時程*植被	14.333	2	7.167	0.868	0.425
時程*道路損壞狀態	0.500	1	0.500	0.061	0.806
植被*道路損壞狀態	8.444	2	4.222	0.511	0.602
時程*植被*道路損壞狀態	22.333	2	11.167	1.353	0.266
機差 (Error)	495.333	60	8.256		



圖三、2007年6月至11月大鹿林道東線復舊工程前、中，各樣線的鳥類平均族群密度。



圖四、2007年6月至11月大鹿林道東線復舊工程前、中，各樣線的鳥類平均種類數。

相嵌林樣區（樣區一、二）中，各鳥種在林道復舊工程前、工程中的族群密度，以及平均一個調查點的種類數及總密度，以 Kruskal-Wallis One way ANOVA 檢測二次調查間的差異，發現只有平均種類數達顯著水準，工程中有較多的鳥種（表十三）。

闊葉林樣區（樣區三、五）三次調查中，以工程中各樣點顯著有較多的鳥種數及密度（表十四）。若以各鳥種來看，棕面鶯、藪鳥及大彎嘴畫眉於工程中顯著有較高的族群密度；相反的，紅尾鶇、白尾鶇及小鶯的族群密度在工程前顯著高於工程中。而無顯著差異的鳥種中，僅在工程後發現的鳥種有 12 種，包括林鶇、鶇鶇、針尾雨燕、毛腳燕、紅嘴黑鶇、檀鳥、樹鶇、星鶇、栗背林鶇、藍尾鶇、虎鶇及白眉鶇，而鳳頭蒼鷹、松雀鷹、大冠鶯、筒鳥、赤腹鷹、紫嘯鶇、褐色叢樹鶇、酒紅朱雀等 7 種僅在工程前二次調查出現。

針葉林（樣區四、六）三次調查中，也以工程中各樣點顯著有較多的鳥種數及密度（表十五）。若以各鳥種來看，小啄木、灰喉山椒、栗背林鶇、鱗胸鶇鶇、藪鳥、繡眼畫眉、黃山雀在工程中顯著有較高的族群密度；相反的，只有紅尾鶇、小鶯的族群密度在工程前顯著較高。而未達顯著差異水準的鳥種中，林鶇、深山竹雞、五色鳥、紅嘴黑鶇、樹鶇、星鶇、巨嘴鶇、藍尾鶇、虎鶇、白眉鶇、黑臉鶇、褐鶇、灰鶇及灰頭花翼等 14 種僅在工程中發現，而大冠鶯、綠鶇、灰林鶇、筒鳥、白尾鶇、大彎嘴畫眉、竹鳥、黃胸青鶇、褐色叢樹鶇、深山鶇、紅尾鶇、黃眉柳鶇等 12 種僅在工程前二次調查出現。

整體而言，工程中有較高的鳥類族群密度總合及種類數。但林道復舊工程於 9 月開始進行，工程進行中的調查則在 10 月及 11 月執行，此時為鳥類的非繁殖季，但開始有冬候鳥出現在林道，如白眉鶇、虎鶇、蜂鷹、灰斑鶇、藍尾鶇、黑臉鶇，而具有季節性升降遷的鳥種也出現在此，例如由高海拔降遷至樣區的栗背林鶇、星鶇、巨嘴鶇、毛腳燕，由低海拔升遷至樣區的樹鶇、紅嘴黑鶇等。雖然非繁殖季的鳥種組成少了夏候鳥（如：筒鳥）、察覺度差的鳥種（如：小鶯、褐色叢樹鶇），但整體而言非繁殖季（工程中）的鳥種及族群密度都高於繁殖季（工程前）。

以東支線入口附近之樣區五的鳥類密度調查結果與 2003 年大鹿林道東支線的鳥類密度資料（柯智仁，2004；李培分，2003）相比（表十六），2003 年所估算之鳥類密度高於本計畫之結果。此結果可能與估算有效基礎半徑使用的尺度不同有關，2003 年估算時是以每 10 公尺為一個環帶，而本計畫使用尺度為 50 公尺，可能因此高估偵測範圍面積，導致算出的密度較低。在優勢鳥種部分，2003 年資料與本計畫所記錄繁殖季之優勢鳥種大同小異，優勢鳥種的順序也約略相同；而非繁殖季的部分，則以本計畫記錄了較多鳥種。2003 年的資料中，繁殖季優勢鳥種依次為紅頭山雀、藪鳥、冠羽畫眉、灰喉山椒、青背山雀、棕面鶯。本計畫記錄繁殖季之優勢鳥種則為繡眼畫眉、冠羽畫眉、紅頭山雀、藪鳥、白眉鶯、灰林鴿、樹鵲。

表十三、2007 年大鹿林道東線人造針葉林與天然林相嵌樣區復舊工程前與工程中的平均鳥類族群密度（individual/ ha.）。

種類	工程中	工程前 1	Mann-Whitney Test	種類	工程中	工程前 1	Mann-Whitney Test
蜂鷹	0.04	0.00	--	藪鳥	2.18	3.32	NS
深山竹雞	0.12	0.01	NS	紋翼畫眉	0.00	0.07	--
竹雞	0.00	0.02	--	頭烏線	0.14	0.00	--
帝雉	0.04	0.00	--	繡眼畫眉	6.65	1.80	NS
綠鳩	0.01	0.00	--	白耳畫眉	1.27	0.74	NS
灰林鴿	0.04	0.00	--	冠羽畫眉	6.22	5.13	NS
鷹鴉	0.00	0.04	--	綠畫眉	0.00	0.07	--
白腰雨燕	0.00	0.00	--	褐色叢樹鶯	0.00	0.07	--
大赤啄木	0.01	0.00	--	黃胸青鶯	0.28	0.00	--
小啄木	0.00	0.14	--	黃腹琉璃	0.04	0.32	NS
毛腳燕	0.18	0.00	--	小鶯	0.00	0.14	--
灰喉山椒	0.32	0.04	NS	灰班鶯	0.01	0.00	--
紅嘴黑鶯	0.00	0.00	--	深山鶯	0.11	0.00	--
檀鳥	0.14	0.00	--	棕面鶯	0.88	0.28	NS
樹鵲	0.25	0.00	--	青背山雀	1.47	0.74	NS
星鴉	0.14	0.00	--	黃山雀	0.27	0.00	--
巨嘴鴉	0.32	0.00	--	煤山雀	0.04	0.07	NS
小翼鶯	0.04	0.04	NS	紅頭山雀	2.55	2.90	NS
栗背林鴿	0.25	0.00	--	茶腹鶯	0.35	0.18	NS
鉛色水鶯	0.04	0.00	--	紅胸啄花	0.65	0.25	NS
白尾鴿	0.11	0.32	NS	黑臉鶯	0.04	0.00	--
虎鶯	0.05	0.00	--	酒紅朱雀	0.11	0.00	--
鱗胸鶯	0.55	0.21	NS	褐鶯	0.07	0.00	--
山紅頭	0.99	0.39	NS	灰頭花翼	0.27	0.00	--
平均總密度	27.04	17.44	NS				
平均鳥種數	11.7	8.3	**				

註：NS, non significant。

表十四、2007年大鹿林道東線天然闊葉林樣區復舊工程前與工程中的平均鳥類族群密度 (individual/ ha.)。

種類	工程中	工程前 1	工程前 2	Kruskal-Wallis One Way ANOVA	種類	工程中	工程前 1	工程前 2	Kruskal-Wallis One Way ANOVA
鳳頭蒼鷹	0.00	0.00	0.04	--	白眉鶇	2.83	0.00	0.00	--
松雀鷹	0.00	0.07	0.00	--	大彎嘴畫眉	0.32 a	0.00 b	0.04 ab	*
林鴟	0.04	0.00	0.00	--	鱗胸鷓鴣	0.11	0.14	0.07	NS
大冠鶯	0.00	0.001	0.00	--	山紅頭	1.38	0.18	0.28	NS
深山竹雞	0.18	0.03	0.05	NS	竹鳥	0.06	0.11	0.53	NS
綠鳩	0.04	0.02	0.00	NS	藪鳥	3.61 a	3.08 ab	1.80 b	*
灰林鴿	0.81	0.00	0.11	NS	紋翼畫眉	0.39	0.00	0.11	NS
筒鳥	0.00	0.00	0.001	--	繡眼畫眉	5.77	1.41	1.49	NS
赤腹鷹	0.00	0.00	0.001	--	白耳畫眉	1.66	1.98	1.52	NS
鸚鵡	0.001	0.00	0.00	--	冠羽畫眉	8.45	7.96	6.47	NS
針尾雨燕	0.04	0.00	0.00	--	褐色叢樹鶯	0.00	0.18	0.00	--
五色鳥	0.11	0.01	0.00	NS	黃胸青鶇	0.11	0.11	0.14	NS
小啄木	0.11	0.00	0.18	NS	黃腹琉璃	0.11	0.07	0.14	NS
毛腳燕	0.81	0.00	0.00	--	小鶯	0.00	0.32	0.01	*
灰喉山椒	0.25	0.57	0.18	NS	深山鶯	0.11	0.01	0.00	NS
紅嘴黑鶇	0.18	0.00	0.00	--	紅尾鶇	0.00 b	0.11 ab	0.32 a	*
檀鳥	0.39	0.00	0.00	--	棕面鶯	1.13 a	0.14 b	0.14 b	**
樹鶇	0.92	0.00	0.00	--	青背山雀	1.70	1.17	0.99	NS
星鴉	0.04	0.00	0.00	--	黃山雀	0.28	0.18	0.25	NS
巨嘴鴉	0.25	0.02	0.04	NS	煤山雀	0.00	0.07	0.14	NS
栗背林鴿	0.92	0.00	0.00	--	紅頭山雀	3.43	4.00	3.93	NS
藍尾鴿	0.07	0.00	0.00	--	茶腹鴉	0.11	0.14	0.00	NS
白尾鴿	0.00 b	0.39 a	0.14 b	**	紅胸啄花	1.45	0.74	1.56	NS
小剪尾	0.07	0.00	0.07	NS	酒紅朱雀	0.00	0.07	0.00	--
紫嘯鶇	0.00	0.00	0.01	--	褐鶯	0.18	0.00	0.01	NS
虎鶇	0.14	0.00	0.00	--	灰鶯	0.05	0.00	0.04	NS
平均總密度	38.39 a	23.22 ab	20.73 b	*					
鳥種數	14.3 a	9.7 b	9.3 b	***					

註 1: 數值後方英文字母相同表示不同時間無顯著差異 (Dunn Test, $p > 0.05$); Kruskal-Wallis One Way ANOVA 不顯著則不標示。

註 2: NS, non significant; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ 。

表十五、2007年大鹿林道東線人造針葉林樣區復舊工程前與工程中的平均鳥類族群密度 (individual/ ha.)。

種類	工程中	工程前 1	工程前 2	Kruskal-Wallis One Way ANOVA	種類	工程中	工程前 1	工程前 2	Kruskal-Wallis One Way ANOVA
鳳頭蒼鷹	0.07	0.00	0.04	NS	竹鳥	0.00	0.07	0.53	NS
林鵬	0.32	0.00	0.00	NS	藪鳥	4.03 a	1.87 b	1.77 b	***
大冠鷲	0.00	0.00	0.01	NS	紋翼畫眉	0.11	0.11	0.00	NS
深山竹雞	0.07	0.00	0.00	NS	繡眼畫眉	7.57 a	2.90 ab	0.81 b	*
綠鳩	0.00	0.01	0.07	NS	白耳畫眉	1.13	1.66	0.57	NS
灰林鴿	0.00	0.14	0.11	NS	冠羽畫眉	8.03	9.73	11.35	NS
筒鳥	0.00	0.07	0.00	NS	褐色叢樹鶯	0.00	0.07	0.00	--
針尾雨燕	0.00	0.00	0.01	--	火冠戴菊鳥	0.00	0.00	0.04	--
白腰雨燕	0.18	0.00	0.04	NS	黃胸青鶺鴒	0.00	0.04	0.14	NS
小雨燕	0.00	0.00	0.04	--	黃腹琉璃	0.32	0.00	0.14	NS
五色鳥	0.07	0.00	0.00	NS	小鶯	0.04 ab	0.35 a	0.00 b	*
小啄木	0.25	0.07	0.04	*	深山鶯	0.00	0.01	0.00	--
毛腳燕	0.04	0.00	0.18	NS	紅尾鶺鴒	0.00 b	0.25 ab	0.50 a	*
灰喉山椒	0.74 a	2.37 ab	0.00 b	*	棕面鶯	1.70 a	0.64 ab	0.28 b	*
紅嘴黑鶺鴒	0.04	0.00	0.04	NS	青背山雀	1.87	1.66	1.56	NS
檀鳥	0.21	0.04	0.07	NS	黃山雀	0.28a	0.21ab	0.04b	*
樹鶺鴒	0.95	0.00	0.00	--	煤山雀	0.18	0.11	0.04	NS
星鴉	0.04	0.00	0.00	--	紅頭山雀	11.71	7.43	6.61	NS
巨嘴鴉	0.14	0.00	0.00	--	茶腹鴉	0.53	0.57	0.18	NS
栗背林鴿	0.81 a	0.14 b	0.00 b	***	紅胸啄花	0.92 b	1.13 ab	2.30 a	*
藍尾鴿	0.04	0.00	0.00	--	黑臉鴉	0.00	0.00	0.00	--
白尾鴿	0.00	0.11	0.11	NS	褐鶯	1.03	0.00	0.00	--
紫嘯鶺鴒	0.01	0.01	0.02	NS	灰鶯	0.04	0.00	0.00	--
虎鶺鴒	0.07	0.00	0.00	--	赤腹山雀	0.01	0.00	0.04	NS
白眉鶺鴒	2.76	0.00	0.00	--	短翅樹鶯	0.00	0.14	0.00	--
大彎嘴畫眉	0.00	0.04	0.01	NS	黃眉柳鶯	0.00	0.04	0.00	--
鱗胸鶺鴒	0.35 a	0.07 ab	0.04 b	*	灰頭花翼	0.14	0.00	0.00	--
山紅頭	2.44	0.35	0.25	NS					
平均總密度	49.15 a	32.40 ab	27.93 b	*					
鳥種數	15.5 a	9.8 b	8.8 b	***					

註 1: 數值後方英文字母相同表示不同時程間無顯著差異 (Dunn Test, $p > 0.05$); Kruskal-Wallis One Way ANOVA 不顯著則不標示。

註 2: NS, non significant; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ 。

表十六、大鹿林道東支線鳥類密度調查 2003 年及 2007 年之比較。

種類	繁殖季			非繁殖季	
	工程前 1 (2007 年)	工程前 2 (2007 年)	2003 年	工程中 (2007 年)	2003 年
鳳頭蒼鷹	---	0.071	---	---	---
大冠鶯	0.006	---	---	---	---
深山竹雞	0.018	---	---	0.283	---
綠鳩	0.035	---	---	0.071	---
灰林鴿	---	0.212	---	1.627	---
筒鳥	---	0.003	---	---	---
鸚鵡	---	---	---	0.003	---
五色鳥	0.018	---	---	0.141	---
小啄木	---	0.071	---	0.071	0.210
灰喉山椒	0.141	0.354	0.880	0.141	6.630
檀鳥	---	---	---	0.495	0.640
樹鵲	---	---	---	1.485	---
星鴉	---	---	---	0.071	---
巨嘴鴉	---	0.071	---	0.283	---
小翼鵲	---	---	---	---	0.500
栗背林鴿	---	---	---	0.920	1.270
白尾鴿	0.354	0.283	3.540	---	0.170
小剪尾	---	0.141	---	0.141	---
紫嘯鵲	---	0.018	---	---	---
虎鵲	---	---	---	0.212	---
白眉鵲	---	---	---	2.122	---
大彎嘴畫眉	---	0.071	---	0.071	---
鱗胸鷓鴣	0.212	0.071	0.570	0.071	0.850
山紅頭	0.141	0.071	2.330	0.849	2.650
藪鳥	1.981	1.910	5.660	2.688	10.190
紋翼畫眉	---	---	0.070	0.495	0.530
灰頭花翼	---	---	---	---	1.470
繡眼畫眉	1.273	---	1.880	9.691	2.650
白耳畫眉	1.981	0.920	2.550	1.768	2.330
冠羽畫眉	8.984	6.366	11.380	8.842	9.950
褐色叢樹鶯	0.141	---	0.440	---	---
黃胸青鶯	---	0.071	0.980	0.141	0.290
黃腹琉璃	0.071	0.141	3.540	0.141	0.330
小鶯	---	---	0.990	---	---
深山鶯	0.018	---	---	0.141	0.590
紅尾鶯	0.212	0.424	0.850	---	---
棕面鶯	---	0.283	4.130	0.778	5.010
青背山雀	1.556	0.778	2.210	1.839	5.800
黃山雀	0.141	0.354	0.140	0.283	0.420
煤山雀	0.141	0.141	---	---	0.420
紅頭山雀	1.981	2.830	8.250	3.961	26.530
茶腹鶯	---	---	0.140	---	0.210
紅胸啄花	0.849	1.415	2.360	0.283	7.070
褐鶯	---	0.018	0.640	---	0.850
灰鶯	---	---	---	0.088	---
密度總和	20.254	17.086	53.530	40.199	87.560
鳥種數	21	25	21	32	25

五、自動相機

2007年6月至11月在樣區一、樣區二、樣區三與樣區五分別架設三台紅外線自動相機，12台相機共工作了30187.5小時，拍攝到14種哺乳動物和7種鳥類269張有效照片，數量最多為山羌（130張），其次依序為不明（24張）、長吻松鼠（19張）、台灣獼猴（18張）、蝙蝠（12張）、高山白腹鼠（10張）、赤腹松鼠（9張）、黃鼠狼（7張）、藪鳥（5張）、鼬獾（4張）、人（4張）、山豬（3張）、藍腹鷗（3張）、松鼠（3張）、鼠（3張）、森鼠（2張）、條紋松鼠（2張）、未知鳥（2張）、白鼻心（2張）、竹鳥（2張）、白尾鳩（2張）、白腹鶇（1張）、深山竹雞（1張）、繡眼畫眉（1張）。

表十七、2007年大鹿林道東線天然闊葉林樣區紅外線自動相機的有效工作時數、各物種平均出現指數（OI值）及林道復舊工程前中之差異比較。

物種	工程前	工程中	Kruskal-Wallis One-Way ANOVA
有效工作時數 (hr)	4494.5	1448.4	-
哺乳動物			
山羌	20.47	20.13	N.S
山豬	0.55	0.83	N.S
台灣獼猴	3.76	6.06	N.S
白鼻心	-	0.83	-
黃鼠狼	0.71	1.01	N.S
鼬獾	0.28	0.98	N.S
赤腹松鼠	3.53	-	-
長吻松鼠	7.28	1.24	N.S
條紋松鼠	0.42	-	-
松鼠	1.23	0.41	N.S
高山白腹鼠	1.01	6.14	N.S
森鼠	0.28	0.41	N.S
未知鼠	-	1.96	-
未知蝙蝠	2.05	0.98	N.S
人	-	0.89	-
鳥類			
藍腹鷗	1.22	-	-
深山竹雞	0.73	-	-
藪鳥	2.20	0.89	N.S
繡眼畫眉	0.28	-	-
竹鳥	0.21	0.89	N.S
白尾鳩	0.83	-	-
白腹鶇	0.21	-	-
未知鳥	0.49	-	-
不明	4.43	5.28	N.S
總計	52.15	41.10	N.S
種類數	20	15	-

天然闊葉林拍攝到所有的 14 種哺乳動物和 7 種鳥類（表十七），而相嵌林僅拍攝到 9 種哺乳動物（表十八）。以出現指數（OI）值作為動物在樣區中的相對數量，不管是在天然闊葉林或相嵌林中山羌出現的數量最多。以 Kruskal-Wallis One-Way ANOVA 比較林道復舊工程前及工程中之動物出現指數的差異分析，其中只在工程前或工程中出现之物種資料不進行 Kruskal-Wallis One-Way ANOVA 分析。結果不管是在闊葉林或相嵌林，平均總出現指數皆無顯著差異。另外各物種在工程前與工程中只有出現與否的差異，而無相對數量的差異。綜合二植被類型樣區內的資料，藍腹鷓、深山竹雞、繡眼畫眉、白尾鵪、白腹鶉僅在工程前出現，而人及白鼻心則在工程中出现。

累積所有樣線內的照片資料，選擇資料最多的山羌計算其全日活動模式，並將資料分成工程前（n=84）與工程中（n=31），山羌在工程前與工程中的活動模式如圖五，工程前山羌日夜皆活動，在晨間有一活動高峰，白天活動降低，黃昏至夜間開始有較頻繁的活動；工程中山羌也是日夜皆活動，但無明顯的活動高峰或休息狀態。

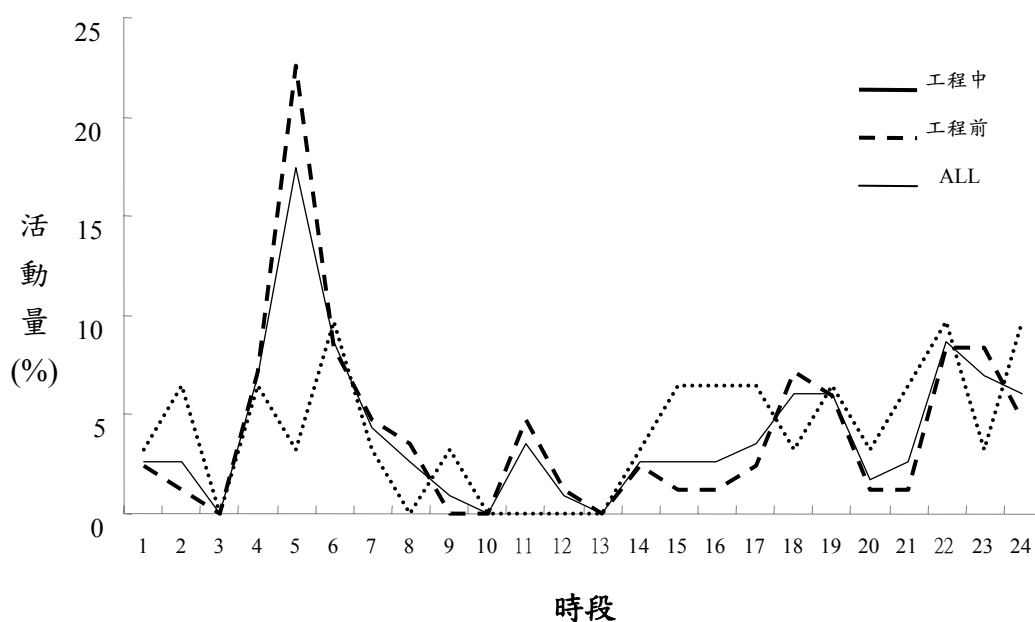
六、總結

整理各類動物所有調查結果，在工程前與工程中其出現種類數、出現情況、密度、或相對數量改變的主要為兩棲類動物、爬蟲類動物、小型地棲哺乳動物（鼠科及尖鼠科動物）、和鳥類。兩棲類和爬蟲類動物在工程中種類及數量較少，小型哺乳動物出現種類無變化，但工程中的相對數量較少，鳥類剛好相反，在工程中有較高的種類數與族群密度總合，但其中的地棲鳥類（雉雞）略為不同，穿越線調查顯示工程中其相對數量較低，自動相機調查結果為未在工程中出现。

而其他哺乳動物（松鼠科及中大型哺乳動物）在相對數量上沒有明顯變化，只有活動行為的改變，穿越線調查結果顯示中大型哺乳動物（台灣獼猴因無法判斷，故扣除）在工程中減少在林道上活動，但仍在林道兩旁森林活動。山羌的全日活動模式工程中及工程前略有不同，工程前有明顯的活動高峰，而在工程中則無明顯的活動高峰或休息狀態。

表十八、2007 年大鹿林道東線人造針葉林和天然林相嵌林樣線紅外線自動相機的有效工作時數、各物種平均出現指數（OI 值）及林道復舊工程前中之差異比較。

種類	工程前	工程中	Kruskal-Wallis One-Way ANOVA
有效工作時數 (hr)	17752.5	6493.1	-
哺乳動物			
山羌	8.68	5.58	N.S
台灣獼猴	0.15	-	-
赤腹松鼠	-	0.30	-
長吻松鼠	-	3.72	-
黃鼠狼	0.29	0.31	N.S
鼬獾	0.31	-	N.S
人	-	5.58	-
未知鼠	-	1.86	-
未知蝙蝠	2.24	-	-
不明	1.36	2.94	N.S
總計	12.31	20.29	N.S
種類數	6	7	-



圖五、2007 年 6 月至 11 月大鹿林道東線山羌在林道復舊工程前及工程中之全日活動模式。

第四章、討論

本計畫穿越線調查結果顯示，大鹿林道東縣復舊工程前後中大型哺乳動物的相對數量沒有明顯變化，林道旁森林內自動相機的調查結果，也未發現中大型哺乳動物的出現頻度有顯著差異。然而，若比較工程前與工程中林道上與林道旁動物活動的狀況，則發現這些動物在林道上活動頻度明顯減少。推測工程的進行並未減少林道週邊中大型哺乳動物的數量，但有部分動物（山羌、山豬...等）可能仍會受到工程機具作業聲響和人為活動的影響，改變其活動與行為，避免在林道上活動。

小型哺乳動物部分，工程前後出現種類並無變化，但工程中小型哺乳動物的相對數量較少。參考觀霧不同疏伐程度之柳杉林（謝欣怡，2003）及宜蘭縣嘉平林道（李玲玲等人，2003）的小型哺乳動物捕捉資料，觀霧的研究中未疏伐及中度疏伐林中冬天小型哺乳動物的數量減少，但仍有其他季節一半以上的數量，而弱度及強度疏伐林中冬天數量降低為0，所以棲地間的季節改變對小型哺乳動物的影響程度並不一致。而嘉平林道的研究中，各植被樣區11月小型哺乳動物的捕捉率皆高於8月，且冬季時數量還會增加。反觀本計畫中大部分樣區的小型哺乳動物捕捉率，在工程中的捕捉率一致降低，且豐度較高的樣區在工程進行中小型哺乳動物的相對數量不及工程前的一半，若同為觀霧地區的不同疏伐林的季節波動可以代表此地的小型哺乳動物季節波動的狀況，則本研究應該會看到不同樣區間有不同的季節變化趨勢，而且某些樣區冬季的數量會與其他季節相似，而非大部分樣區在工程進行中的冬季數量皆驟降的情形。

造成工程中小型哺乳動物相對數量減少的原因可能包括棲地遭受工程破壞及森林間的阻隔效應，因為林道邊原先茂盛的植被全部被鏟除，因此林道上小型哺乳動物可以利用的食物、遮蔽物減少或消失，變成品質不佳或不適合的棲地環境。堆積在林道上的土石也被推往邊坡，使得林道與旁邊森林不再是連續的棲地環境，可能阻隔了道路兩旁森林的動物移動，而使小型哺乳動物數量銳減。

兩棲類和爬蟲類方面，在工程中（10~11月）無論種類及數量都減少甚至不見蹤跡。由於兩棲爬蟲動物是外溫動物，受季節影響大，在冬季通常會休眠或減低活動量，被調查發現的數量也會低於其他季節。以中橫公路慈恩地區（海拔2000公尺）的調查為例（林曜松等人，2005），蛙類及爬蟲類七月調查的數量分別為32及50隻次，而十月的調查只剩3及0隻次。但工程前在林道上曾發現多處水窪及溝渠內有大量的莫氏樹蛙蝌蚪，工程進行後發現水窪皆已填平，溝渠也因整地破壞蛙類的棲地，而未見任何蝌蚪在其中。莫氏樹蛙、盤古蟾蜍有時會以蝌蚪的型態渡冬，開修便道的工程破壞了其棲地，有可能因而影響其渡冬，繼而影響當地族群的存續。

鳥類則是在工程中（非繁殖季）有較高的種類數與族群密度總合。同為觀霧地區的鳥類群聚研究（柯智仁，2004）中指出，鳥類群聚介量，包括鳥種豐富度（種類數）、鳥類總密度（族群密度總合）、鳥種個別密度均有季節差異，非繁殖季大部分樣區的鳥種豐富度高於繁殖季，各樣區的鳥類總密度在非繁殖季時均較高。本研究結果與其相同，所以鳥類在工程前後的數量變化，主要應該是由季節所造成，而非工程影響。但地棲鳥類（雉雞）的數量波動則略為不同，穿越線調查顯示工程中其相對數量較低，自動相機調查結果為工程前出現，工程中未出現，所以工程對活動隱蔽的地棲性雉科（帝雉、藍腹鵝、深山竹雞、竹雞）的影響可能較大。

本計畫嘗試監測不同類群動物以了解林道復舊工程對動物相的可能影響，監測的目的除了了解有哪些物種出現在當地外，還包含族群密度或相對數量的估計。以本計畫使用各種調查方式監測當地動物相變化的適用性進行討論。

穿越線調查可以較全面地獲得樣區內各類群動物的物種組成概況、出現位置與棲地利用等資料，但若要估算動物相對數量，甚至定量之統計分析，則除非動物密度高，否則必須進行大量採樣，因而會受到人力與時間的限制。但由於此法可獲得全面的動物相資訊，所以建議監測計畫中必須包含此方法，以輔助其他調查之不足。而本計畫特別將穿越線調查資料區分為林道上與林道旁兩區塊，更可以比較道路施工對原本會利用道路的動物活動的改變。由於大鹿林道兩側邊坡坡度陡峭，如能在地勢平緩地區往道路向兩側建立與道路垂直之穿越線進行調查，將可進一步瞭解道路施工往兩側森林中影響的範圍。

捕捉調查適合地棲性小型哺乳動物的調查，所得資料可以估算各種小型哺乳動物的相對數量。本計畫使用了薛門氏捕捉器 (sherman's trap) 與掉落式陷阱 (pitfall trap) 兩種方法調查地棲性小型哺乳動物。薛門氏捕捉器平時可以摺疊收藏，方便攜帶，可大量帶至野外進行調查，很適合用於調查監測計畫。但因其為金屬材質，在冬天或高山進行調查時，捕獲的動物可能會失溫死亡。因此建議可以在陷阱中放入保暖用的紙團，或增加巡籠次數，以降低捕獲動物的死亡率。掉落式陷阱可以有效的偵測森林底層活動的動物種類，包括尖鼠科動物、蛙類及爬蟲動物等，及估算其相對數量 (周文豪等, 2002)。但是挖設此陷阱非常耗時，而且陷阱內通常會放入保存液，為致死性的調查方式；即使採用活體捕捉，其死亡率仍偏高。所以，除非監測目的與森林底層動物有密切關係，不建議長時間使用此捕捉方式，以免造成當地林底層動物的大量死亡。

相較於穿越線調查，以固定半徑圓圈法用於鳥類密度估算，除可獲得定性的鳥種組成，亦能獲得定量之鳥類族群密度資料，而且一天可收集多個調查點的資料 (本研究中每人一天可收集 12 個調查點資料)，適合用於需要重複及大量採樣的試驗設計中，如此可透過統計分析獲得較科學的支持證據，是不錯的監測方法。但是此方法需有熟識鳥類辨識的調查人員執行調查。相較於捕捉調查或自動相機調查，此方法調查人員的訓練養成時間較長，調查人力的取得難度較高。

自動相機可針對較大型的哺乳動物或雉科鳥類進行系統資料的收集，亦可有效偵測較稀有或不易見到之物種。因為可自動感應並拍攝記錄經過之動物，可長時間在人員不易到達之山區，在無人干擾的狀況下持續收集資料，不但所需人力較少，且資料收集作業較可標準化，避免因人為判斷或干擾動物活動而產生調查誤差，所得資訊亦可用於估算動物相對數量及追蹤野生動物的活動模式，是極佳的監測方法。然而，其缺點則是設備的單價偏高，架設環境有一定的需求，在野外架設時亦有被偷、被破壞的風險。

雖然各種方法均有其優缺點，適用的條件與限制，但整體而言，本計畫利用多種方式進行調查監測之成果，已足以反映道路施工對當地野生動物影響的程度。未來當地進行監測工作時，除可援用本計畫所選擇之地點與調查監測之方式外，可考慮增加自動相機架設的數量與時間，延長穿越線調查長度，並考慮往林道兩側延伸調查的範圍，以獲得更多可量化分析之資料。至於掉落陷阱的部份，除非特別需要調查森林底層小獸類與兩棲爬蟲類，否則無須使用此類調查方式。如需進行此類調查，則建議考慮活捉方式，並經常巡視捕捉狀況，以免造成過多動物死亡，影響這些動物在當地族群數量。

本計畫在大鹿林道進行調查監測的時間，是復舊工程前段開通臨時便道的階段。按照工程計畫書內容，當便道開通至大霸登山口時，接著會往回進行擋土牆、排水溝渠、路面鋪設等整治工程，相較於開通便道，這些工程會在定點施作較長的時間，且會有打鋼樁、夯實填方等干擾較大的情況，這些工程施做方式與規模對林道動物相的影響可能與開通臨時便道不同，因此本計畫所進行的施工影響分析結果僅適用於臨時便道開通的部分。

由於林道復舊工程在秋冬進行，而監測計畫的前期調查則在夏季及秋初進行，而動物的族群動態及活動模式常受季節影響。本計畫因缺乏工程前秋冬季的動物相資料，對於工程前後動物相變化的部分，僅能以參考文獻資料推估，推測調查結果的差異是因工程或季節所導致。但是，監測計畫最好在干擾或事件發生前收集與其相同季節的資料，如此才能提供最直接及詳實的資料進行比對。

至於目前受林道復舊工程影響的動物類群，其活動與出現狀況在施工結束後是否可恢復，以及需要多長時間才能恢復，則需視後續工程狀況而定。若僅以現有工程施做造成棲地破壞的部份而言，由於林道邊的植被多為生長快速的草本植物或小灌木，預期在幾次生長季之後應可恢復成原先爬蟲類動物和小型地棲哺乳動物的棲息環境；兩棲類動物的棲地則在雨季開始後，會有新的水窪形成，提供其繁殖所需，但前提是本次工程僅使動物往道路兩旁遷移避難，未造成族群大幅的損失，所以監測工作必須持續進行以確認工程之影響。

第五章、建議事項

1. 大鹿林道復舊工程中臨時便道開通的階段已影響小型地棲哺乳動物、兩棲爬蟲動物、雉科鳥類及部份中大型哺乳動物在林道上之出現與活動。按照工程計畫書，未來施工將會由大霸登山口往回進行擋土牆、排水溝渠、路面鋪設等整治工程，這些工程較開通便道會在定點施工較長的時間，且會有打鋼樁、夯實填方等干擾較大的情況，因此建議在整治工程進行時以及工程完畢後，同時進行監測調查，以確認工程之影響，以及當地動物相恢復之狀況。
2. 為使監測工作盡可能標準化，以自動器械，包括氣象、水文等自動記錄設施，自動相機或監視系統等監測記錄環境與生物活動之變化，已成為國際趨勢。國內相關單位也逐步採用、建構此類自動記錄監測系統。雪霸國家公園亦可考慮規劃在優先監測地點設置自動監測設施與系統，以利後續監測工作的落實。
3. 監測是項長期的工作，未來可以本計畫之監測系統為架構，針對不同議題（如：遊憩活動、狩獵、颱風），並依其目的地調整方法以了解其對動物相的影響，也有利於建構及檢討管理決策。
4. 執行調查計劃期間常在林道上遇到由各處前來的獵人及採芝者，管理處同仁約略了解這些人躲避檢查哨的路徑，但山區幅員遼闊，不易攔阻，在與原住民傳統文化衝突的情況下，防堵不見得是最好的辦法。但狩獵及採集靈芝是既定事實，建議彙整多方意見，討論兼顧保育及原住民文化的管理辦法。
5. 美國及加拿大政府合作的北美洲繁殖鳥類調查(BBS)透過許多為業餘賞鳥人士參與完成，而國家公園每年招募解說義工進行培訓，也培養了大批喜好自然、且具有野生動物辨識能力的志工，建議未來可循 BBS 的模式，擬定監測計畫除了委託研究機構執行外，亦可直接交由志工群執行野外調查，或配合委外機構進行監測調查，最後再將資料交由專家進行分析，以提供國家公園管理處規劃、執行、評估與改善管理措施之用。

附錄一、本調查記錄大鹿林道東線之動物名錄。

目名	中名	學名	保育等級	特有性
哺乳綱	鼬鼠科	Talpidae		
鼬形目	鼬鼠	<i>Mogera</i> spp.		
	尖鼠科	Soricidae		
	台灣長尾麝鼯	<i>Crociduar rapax kurodai</i>		
	台灣長尾鼯	<i>Episoriculus fumidus</i>		特有種
靈長目	獼猴科	Cercopithecidae		
	台灣獼猴	<i>Macaca cyclopis</i>	II	特有種
齧齒目	松鼠科	Sciuridae		
	赤腹松鼠	<i>Callosciurus erythraeus taiwanesis</i>		
	長吻松鼠	<i>Dremomys pernyi owstoni</i>		特有種
	條紋松鼠	<i>Tamiops maritimus</i>		特有亞種
	大赤鼯鼠	<i>Petaurista philippensis grandis</i>		
	白面鼯鼠	<i>Petaurista alborufus</i>		特有亞種
	鼠科	Muridae		
	台灣森鼠	<i>Apodemus semotus</i>		特有種
	黑腹絨鼠	<i>Eothenomys melanogaster</i>		
	高山白腹鼠	<i>Niviventer culturatus</i>		特有種
偶蹄目	鹿科	Cervidae		
	山羌	<i>Muntiacus reevesi micrurus</i>	II	特有亞種
	水鹿	<i>Rusa unicolor swinhoei</i>	II	特有種
	牛科	Bovidae		
	台灣野山羊	<i>Capricornis swinhoei</i>	II	特有種
	豬科	Suidae		
	台灣野豬	<i>Sus scrofa taivanus</i>		特有亞種
食肉目	靈貓科	Viverridae		
	白鼻心	<i>Paguma larvata taivana</i>	II	
	貂科	Mustelidae		
	黃喉貂	<i>Martes flavigula chrysospila</i>	II	特有種
	鼬獾	<i>Melogale moschata subaurantiaca</i>		特有種
	黃鼠狼	<i>Mustela sibirica taivana</i>		特有種

目名	中名	學名	保育等級	特有性
食肉目	高山小黃鼠狼	<i>Mustela nivalis</i>	II	特有亞種
翼手目	蹄鼻蝠科	Rhinolophidae		
	台灣大蹄鼻蝠	<i>Rhinolophus formosae</i>		
	台灣小蹄鼻蝠	<i>Rhinolophus monoceros</i>		
	蝙蝠科	Vespertilionidae		
	寬耳蝠	<i>Barbastella leucomelas</i>		
	棕蝠	<i>Eptesicus serotinus horikawai</i>		
	金芒管鼻蝠	<i>Harpiola isodon</i>		
	摺翅蝠	<i>Miniopterus schreibersii</i>		
	寬吻鼠耳蝠	<i>Myotis muricola latirostris</i>		特有種
	長尾鼠耳蝠	<i>Myotis</i> sp3.		
	家蝠	<i>Pipistrellus</i> spp.		
	台灣長耳蝠	<i>Plecotus taivanus</i>		特有種
鳥綱	雉科	Phasianidae		
雞形目	深山竹雞	<i>Arborophila crudigularis</i>	III	特有種
	竹雞	<i>Bambusicola thoracica</i>		特有亞種
	藍腹鵝	<i>Lophera swinhoii</i>	I	特有種
	帝雉	<i>Syrnaticus mikado</i>	I	特有種
鴉形目	啄木鳥科	Picidae		
	小啄木	<i>Dendrocopos canicapillus</i>		
	大赤啄木	<i>Dendrocopos leucotos</i>	II	特有亞種
	綠啄木	<i>Picus canus</i>	II	特有亞種
	鬚鴉科	Megalaimidae		
	五色鳥	<i>Megalaima oorti</i>		
鵲形目	杜鵑科	Cuculidae		
	筒鳥	<i>Cuculus saturatus</i>		
	鷹鵑	<i>Cuculus sparverioides</i>		
雨燕目	雨燕科	Apodidae		
	小雨燕	<i>Apus nipalensis</i>		
	白腰雨燕	<i>Apus pacificus</i>		
	針尾雨燕	<i>Hirundapus cadacuta</i>		
鸛鴞目	鸛鴞科	Strigidae		

目名	中名	學名	保育等級	特有性
鸚鵡目	鸚鵡	<i>Glaucidium brodiei</i>	II	
	黃嘴角鴉	<i>Otus spilocephalus</i>	II	特有亞種
	褐林鴉	<i>Strix leptogrammica</i>	I	
	灰林鴉	<i>Strix aluco</i>	I	
鴿形目	鳩鴿科	Columbidae		
	灰林鴿	<i>Columba pulchricollis</i>		
	金背鳩	<i>Streptopelia orientalis</i>		
	綠鳩	<i>Treron sieboldii</i>		
鸛形目	鷲鷹科	Accipitridae		
	赤腹鷹	<i>Accipiter soloensis</i>	II	
	鳳頭蒼鷹	<i>Accipiter trivirgatus</i>	II	特有亞種
	松雀鷹	<i>Accipiter virgatus</i>	II	特有亞種
	林鵟	<i>Ictinaetus malayensis</i>	I	
	鵟頭鷹	<i>Pernis ptilorhynchus</i>	II	
	大冠鷲	<i>Spilornis cheela</i>	I	特有亞種
燕雀目	鴉科	Corvidae		
	巨嘴鴉	<i>Corvus macrorhynchos</i>		
	樹鵲	<i>Dendrocitta formosae</i>		
	松鴉	<i>Garrulus glandarius</i>		特有亞種
	星鴉	<i>Nucifraga caryocatactes</i>		特有亞種
	紅山椒鳥	<i>Pericrocotus solaris</i>	II	
	河鳥科	Cinclidae		
	河鳥	<i>Cinclus pallasii</i>		
	鶇科	Muscicapidae		
	小翼鶇	<i>Brachypteryx Montana</i>		特有亞種
白尾鶇	<i>Cinclidium leucurum</i>	III	特有亞種	
小剪尾	<i>Enicurus scouleri</i>	II	特有亞種	
黃胸青鶇	<i>Ficedula hyperythra</i>			
紅尾鶇	<i>Muscicapa ferruginea</i>			
灰斑鶇	<i>Muscicapa griseisticta</i>			
紫嘯鶇	<i>Myiophonus insularis</i>			
黃腹琉璃	<i>Niltava vivida vivida</i>	III	特有亞種	

目名	中名	學名	保育等級	特有性
	鉛色水鶇	<i>Rhyacornis fuliginosus</i>	III	特有亞種
	藍尾鶇	<i>Tarsiger cyanurus</i>		特有亞種
	栗背林鶇	<i>Tarsiger johnstoniae</i>	III	特有種
	白眉鶇	<i>Turdus obscures</i>		
	白腹鶇	<i>Turdus pallidus</i>		
	虎鶇	<i>Zoothera dauma</i>		
鶇科		Sittidae		
	茶腹鶇	<i>Sitta europaea</i>		
山雀科		Paridae		
	煤山雀	<i>Parus ater</i>	III	特有亞種
	黃山雀	<i>Parus holsti</i>	II	特有種
	青背山雀	<i>Parus monticolus</i>	III	特有亞種
	赤腹山雀	<i>parus varius</i>	II	
長尾山雀科		Aegithalidae		
	紅頭山雀	<i>Aegithalos concinnus</i>	III	
燕科		Hirundinidae		
	毛腳燕	<i>Delichon dasypus</i>		
戴菊鳥科		Regulidae		
	火冠戴菊鳥	<i>Regulus goodfellowi</i>		特有亞種
鶇科		Pycnontidae		
	紅嘴黑鶇	<i>Hypsipetes leucocephalus</i>		
鶯科		Silviidae		
	棕面鶯	<i>Abroscopus albogularis</i>		
	紋翼畫眉	<i>Actinodura morrisoniana</i>	III	特有種
	頭烏線	<i>Alcippe brunnea</i>		特有亞種
	灰頭花翼	<i>Alcippe cinereiceps</i>		
	繡眼畫眉	<i>Alcippe morrisonia</i>		特有亞種
	褐色叢樹鶯	<i>Bradypterus seebohmi</i>		
	深山鶯	<i>Cettia acanthizoides</i>		
	小鶯	<i>Cettia fortipes</i>		特有亞種
	竹鳥	<i>Garrulax poecilorhynchus</i>	III	特有亞種
	藪鳥	<i>Liocichla steeri</i>	III	特有種

目名	中名	學名	保育等級	特有性
	白耳畫眉	<i>Heterophasia auricularis</i>	III	特有種
	大彎嘴畫眉	<i>Pomatorhinus erythrocnemis</i>		特有亞種
	小彎嘴畫眉	<i>Pomatorhinus ruficollis</i>		特有亞種
	鱗胸鷓鴣	<i>Pnoepyga pusilla</i>		特有亞種
	黃眉柳鶯	<i>Phylloscopus inornatus</i>		
	山紅頭	<i>Stachyris ruficeps</i>		特有亞種
	冠羽畫眉	<i>Yuhina brunneiceps</i>	III	特有種
	綠畫眉	<i>Yuhina zantholeuca</i>		
	吸蜜鳥科	Nectariniidae		
	紅胸啄花鳥	<i>Dicaeum ignipectus</i>		
	雀科	Fringillidae		
	酒紅朱雀	<i>Carpodacus vinaceus</i>		特有亞種
	黑臉鵒	<i>Emberiza spodocephala</i>		
	灰鶯	<i>Pyrrhula erythaca</i>		特有亞種
	褐鶯	<i>Pyrrhula nipalensis</i>		
爬蟲綱	石龍子科	Scincidae		
有鱗目	麗紋石龍子	<i>Eumeces elegans</i>		
	飛蜥科	Agamidae		
	短肢攀蜥	<i>Japalura brevipes</i>	無	特有種
	黃領蛇科	Colubridae		
	高砂蛇	<i>Elaphe mandarina taka sago</i>	II	
	南蛇	<i>Ptyas mucosus</i>		
	史丹吉氏斜鱗蛇	<i>Pseudoxendon stejnegeri stejnegeri</i>		特有亞種
	台灣赤煉蛇	<i>Rhabdophis tigrinus formosanus</i>	II	特有亞種
兩生綱	蟾蜍科	Bufo		
無尾目	盤古蟾蜍	<i>Bufo bankorensis</i>		特有種
	樹蛙科	Rhacophoridae		
	艾氏樹蛙	<i>Chirixalus eiffingeri</i>		
	莫氏樹蛙	<i>Rhacophorus moltrechti</i>	I	特有種
	赤蛙科	Ranidae		
	梭德氏赤蛙	<i>Rana sauteri</i>		

註一：保育等級：I 瀕臨絕滅、II 珍貴稀有、III 其他應予保育。

註二：保育等級與特有性資料來源：行政院農委會特有生物研究保育中心之台灣野生動物資料庫。

附錄二、調查點位置

樣區	調查點	TWD67-X	TWD67-Y	海拔 (m)	樣區	調查點	TWD67-X	TWD67-Y	海拔 (m)
樣區一	Sherman 1-1	261145	2711157	2040 m	樣區四	Sherman 4-1	263917	2709590	1960 m
	Sherman 1-2	261317	2711137	2050 m		Sherman 4-2	264150	2709959	2007 m
	Pitfall 1-1	261145	2711157	2040 m		Pitfall 4-1	264096	2709672	1999 m
	Pitfall 1-2	261317	2711137	2050 m		Pitfall 4-2	264119	2709768	1991 m
	相機 1-1	261128	2711115	2035 m		鳥類調查 4-1	263817	2709548	1990 m
	相機 1-2	261277	2711153	2067 m		鳥類調查 4-2	263994	2709603	1996 m
	相機 1-3	261636	2710923	2051 m	鳥類調查 4-3	264155	2709758	1994 m	
	鳥類調查 1-1	261009	2711197	2052 m	鳥類調查 4-4	264064	2709937	2026 m	
	鳥類調查 1-2	261251	2711141	2055 m	鳥類調查 4-5	264226	2709956	1998 m	
	鳥類調查 1-3	261425	2711072	2036 m	鳥類調查 4-6	264381	2710061	1986 m	
	鳥類調查 1-4	261572	2710989	2053 m	樣區五	Sherman 5-1	265219	2710448	1960 m
	鳥類調查 1-5	261679	2710899	2066 m		Sherman 5-2	265479	2710218	1980 m
	鳥類調查 1-6	261737	2710725	2053 m		Pitfall 5-1	265200	2710396	1928 m
	樣區二	Sherman 2-1	262304	2710760		1990 m	Pitfall 5-2	265471	2710160
Sherman 2-2		262347	2710894	2006 m		相機 5-1	265200	2710396	1928 m
Pitfall 2-1		262303	2710715	2000 m		相機 5-2	265471	2710160	1971 m
Pitfall 2-2		-	-	-	相機 5-3	265251	2710428	2019 m	
相機 2-1		262131	2710557	2043 m	鳥類調查 5-1	265081	2710537	2047 m	
相機 2-2		-	-	-	鳥類調查 5-2	265229	2710438	1976 m	
相機 2-3		262279	2710713	2038 m	鳥類調查 5-3	265327	2710304	2013 m	
相機 2-4		262278	2710629	2012 m	鳥類調查 5-4	265457	2710195	1982 m	
鳥類調查 2-1		262167	2710532	2044 m	鳥類調查 5-5	265643	2710149	1966 m	
鳥類調查 2-2		262260	2710638	2035 m	鳥類調查 5-6	265725	2709983	1990 m	
鳥類調查 2-3		262313	2710737	1994 m	樣區六	Sherman 6-1	267440	2709917	1986 m
鳥類調查 2-4		262291	2710825	1973 m		Sherman 6-2	267599	2709890	1950 m
鳥類調查 2-5		262209	2710993	1961 m		Pitfall 6-1	267913	2710032	1989 m
鳥類調查 2-6		262416	2710921	2054 m		Pitfall 6-2	267513	2709870	1996 m
樣區三	Sherman 3-1	262986	2710131	1964 m		鳥類調查 6-1	267411	2709977	1989 m
	Sherman 3-2	263266	2710098	1940 m		鳥類調查 6-2	267516	2709859	1996 m
	Pitfall 3-1	262995	2710050	1962 m	鳥類調查 6-3	267688	2709968	2020 m	
	Pitfall 3-2	263191	2710137	1973 m	鳥類調查 6-4	267771	2710062	1991 m	
	相機 3-1	263018	2710055	1920 m	鳥類調查 6-5	267947	2710103	1984 m	
	相機 3-2	263179	2710127	1994 m	鳥類調查 6-6	268147	2710079	2001 m	
	相機 3-3	262801	2710161	1980 m					
	鳥類調查 3-1	262716	2710189	1973 m					
	鳥類調查 3-2	262908	2710188	1979 m					
	鳥類調查 3-3	263107	2710103	1984 m					
	鳥類調查 3-4	263286	2710113	1970 m					
	鳥類調查 3-5	263397	2710011	1973 m					
	鳥類調查 3-6	263408	2709800	1962 m					

附錄三、樣區、調查方法、動物及痕跡之介紹照片



照片 1、大鹿林道東線 0.5K 工程前崩落土石上已經有植被覆蓋（吳蕙吟攝）。



照片 2、大鹿林道東線 5.5K 工程前林道上植被茂密（許永暉攝）。



照片 4、大鹿林道東線 5.5K 路面流失路段，開挖上方邊坡以增加路面寬度，其邊坡及路面植被皆清除（林宗以攝）。



照片 3、大鹿林道東線 0.5K 施工後，淤積的土石與植被一併被移除（林雅玲攝）。



照片 5、工程後林道上芒草叢被剷平（林雅玲攝）。



照片 6、掉落式陷阱捕捉調查法 (許永暉攝)。



照片 7、自動相機調查法 (林雅玲攝)。



照片 8、薛門氏捕捉器調查法 (林雅玲攝)。



照片 9、高山白腹鼠 (林雅玲攝)。



照片 10、台灣長尾鼩 (林雅玲攝)。



照片 11、台灣森鼠 (許永暉攝)。



照片 12、金芒管鼻蝠 (林雅玲攝)。



照片 13、梭德氏赤蛙 (林雅玲攝)。



照片 14、莫氏樹蛙蝌蚪 (許永暉攝)。



照片 15、莫氏樹蛙 (許永暉攝)。



照片 16、短肢攀蜥 (許永暉攝)。



照片 17、史丹吉氏斜鱗蛇 (林雅玲攝)。



照片 18、山羌 (自動相機拍攝)。



照片 19、鼬獾 (自動相機拍攝)。



照片 20、台灣獼猴 (自動相機拍攝)。



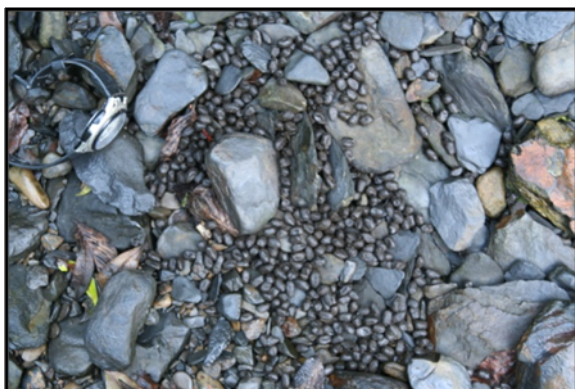
照片 21、藍腹鷓 (自動相機拍攝)。



照片 22、黃鼠狼 (自動相機拍攝)。



照片 23、赤腹松鼠 (自動相機拍攝)。



照片 24、台灣野山羊排遺 (林雅玲攝)。



照片 25、山羌排遺 (林雅玲攝)。



照片 26、黃喉貂排遺 (林雅玲攝)。



照片 27、台灣獼猴腳印 (林雅玲攝)。



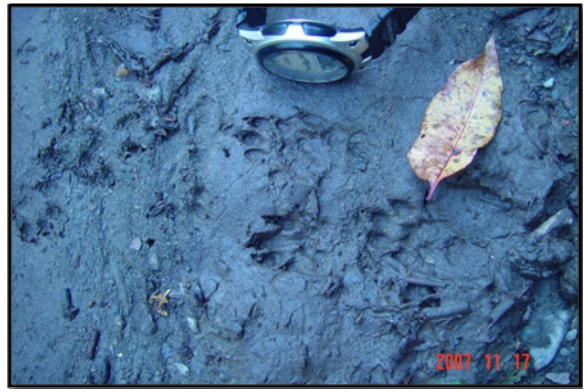
照片 28、山羌腳印 (林雅玲攝)。



照片 29、台灣野山羊腳印 (林雅玲攝)。



照片 30、白鼻心腳印 (林雅玲攝)。



照片 31、黃鼠狼腳印 (林雅玲攝)。



照片 32、林道旁的套索陷阱 (王珮蓉攝)。



照片 33、林道上動物的血跡 (林雅玲攝)。



照片 34、15.5K 工寮內山羊遺骸 (林雅玲攝)。



照片 35、15.5K 工寮內部 (林雅玲攝)。



照片 36、林道上的烤火堆 (林宗以攝)。



照片 37、1.5K 林道旁的簡易工寮 (林雅玲攝)。

參考書目

中文部分

- 呂光洋。2000。雪霸國家公園觀霧地區兩棲爬蟲調查研究。雪霸國家公園管理處。
- 李玲玲。2003。嘉羅湖地區野生動物相調查。行政院農業委員會林務局羅東林區管理處。
- 李培芬。2003。雪霸國家公園鳥類相之調查-觀霧地區。雪霸國家公園管理處。
- 李瑞宗。1994。雪霸國家公園觀霧地區步道沿線動物資源、植群及其景觀之調查研究—植被及景觀部分。雪霸國家公園管理處。
- 林曜松。1989。雪山、大霸尖山地區動物生態資源先期調查研究。內政部營建署。
- 林曜松、盧堅富、莊鈴川。太魯閣國家公園中低海拔地區動物資源動態調查研究及資料庫建立。太魯閣國家公園管理處。
- 周文豪、李敏嘉、于宏燦。2002。臺灣中部亞熱帶山地森林地棲脊椎動物的群落結構-兼論攔截籬掉落桶研究法的應用。特有生物研究4（1）：1-11。
- 柯智仁。2004。觀霧地區森林地景與鳥類群聚的關係。台灣大學生態學與演化生物學研究所碩士論文。
- 張石角、吳素慧。2005。雪霸國家公園大鹿林道東線（觀霧至大霸登山口）受災路線修建之調查規劃。雪霸國家公園管理處。
- 黃美秀、裴家騏。2004。自動照相機應用於中大型野生動物族群監測之研究。雪霸國家公園管理處。
- 郭承裕。1994。雪霸國家公園觀霧地區步道沿線動物資源、植群及其景觀之調查研究—動物資源部分。雪霸國家公園管理處。
- 歐辰雄、呂福原。1997。觀霧地區植群生態調查及植栽應用之研究。雪霸國家公園管理處。
- 楊南郡。1991。雪山、大霸尖山國家公園登山步道系統調查研究報告。內政部營建署。
- 裴家騏。2006。自動照相機系統及資料分析。2006 野生動物研究實習手冊，191-210 頁。
- 裴家騏、姜博仁。2002。大武山自然保留區和周邊地區雲豹及其他中大型哺乳動物之現況與保育研究。行政院農業委員會林務局。
- 謝欣怡。2003。觀霧柳杉造林地疏伐對野生動物群聚之影響。台灣大學森林學研究所碩士論文。

英文部分

McCullough, D.R., K. Pei, Y. Wang. 2000. Home range, activity patterns, and habitat relations of Reeves' Muntjuacs in Taiwan. *J. Wildl. Manage.* 64: 430-441.

Reynolds, R. T., J. M. Scott, and R. A. Nussbaum. 1980. A variable circular-plot method for estimating bird numbers. *The Condor* 82:309-313.