

林下聲音—生態廊道與棲地經營試驗

陳一銘^{1*}、李侑玲¹、葛兆年¹

跨越縱谷的生態廊道

台糖大農大富平地森林園區(花蓮平森)連接海岸山脈與中央山脈，廣達1,250公頃，自甘蔗停產轉型為平地造林已經20年，期間的地景變換，幾乎可以滄海桑田比擬之。許多人都親眼看著這裡從一望無際、新植小苗的造林地轉變成鬱鬱蒼蒼的林海。然而只有關注野生動物生態的人，才會在意靜謐的夜裡從林蔭深處傳來那些生靈們若有似無的腳步聲，以及更待領會的意義。臺灣的野生動物大部分偏向夜行性，尤其是在人類活動較頻繁的地區更是如此。所以一般人，對於周遭野生動物活動的樣態多半是無感的，即使是科學研究，也得藉助特殊設備才能達成。我們的研究就是以自動感應相機系統在花蓮平森的造林地、河道濱水帶以及荒野地等棲地長期進行野生動物的調查監測。範圍考量則是連結幾個動物熱區以及動物移動越過台九線的瓶頸點，規劃成L型的樣帶(圖1)，林試所的研究已經證實此範圍具有連結中央山脈與海岸山脈森林生態的廊道功能。上述幾種棲地類型以造林地占大多數，野生動物利用情形的變動也最顯著。造林地是花蓮平森經營的主要標的，同時又因為獎勵造林20年即將期滿，因此未來的經營策略走向特別值得關注，也是本文想要探討的主題。



圖1 花蓮平森生態廊道的L形配置與野生動物通行瓶頸點(藍圈)，紅色為建物

造林地裡的野生動物們

本區造林地型態的棲地至今總共記錄10種較大型的野生動物，含山羌、野豬、水鹿、白鼻心、食蟹獾、麝香貓、鼬獾、野兔、赤腹松鼠與臺灣獼猴，以及未分種的野鼠與鼯鼠。鳥類共記錄40種，我們只選擇竹雞、環頸雉及黑冠麻鷲等3種代表性地棲鳥類列入分析討論。造林地野生動物的調查始於2013年，當時有些區塊的造林已經超過10年。2013到2015年的資料顯示當時平原野鼠是造林地最普遍出現的類群，其次就是以鼬獾相對數量最高(表1)，我們推斷，造林地的棲地特性仍偏向平原野鼠能適應的開闊環境，但是森林性的鼬獾卻已在造林地普遍立足，推測其在中央山脈與海岸山脈之間應有族群交流。至於其他的動物就相對的僅零星

¹ 林業試驗所·森林保護組

* 通訊作者(ymchen@tfri.gov.tw)

出現在造林地中。不過到了2022年，造林地已經進行過3次的野生動物複查，表1的結果很清楚的顯示大部分的野生動物之相對出現率產生極顯著的變化。整體來看野生動物資源變得相當豐富，進入造林地的野生動物從6種增加為10種，自動相機的紀錄效率也從原本每次取樣可以拍到1.67種野生動物提升到2.57種。但森林持續演替下，野生動物的群聚其實是此消彼長的。其中偏向開闊棲地的鼠類、竹雞與環頸雉的數量可能因棲地森林化而大幅

下降；僅野兔例外地因不明緣故明顯增加。而森林性的山羌、野豬、食蟹獾與麝香貓則逐年增加，統計上的差異達到極顯著；但也有個例外，即同為森林性、原本數量最優勢的鼬獾卻在第二次複查後數量極顯著的下降了。

野兔在造林地的數量不減反增，可能暗示造林地離真正鬱閉的天然林結構仍有一段距離。而鼬獾的數量銳減，其實是因為只在鼬獾之間傳播的狂犬病，在2018年侵襲光豐地區，這數據剛好讓我們看到狂犬病可怕的

表1 花蓮平森造林地歷年哺乳類與地棲鳥類的月出現頻度比較

年份	2013-2015	2017-2019	2020-2022	K-W test
資料筆數	68	128	196	p值
工作時數	726.08	795.25	761.96	
山羌	0.56	4.24	10.78	0.00
野豬	0.06	0.27	0.45	0.00
水鹿	0.00	0.00	0.01	0.58
白鼻心	0.17	0.89	0.56	0.21
食蟹獾	0.00	0.17	0.38	0.00
麝香貓	0.00	0.19	0.60	0.00
鼬獾	1.44	0.69	0.13	0.00
野兔	0.55	0.67	0.98	0.01
赤腹松鼠	0.03	0.00	0.13	0.16
鼠	7.52	2.32	2.16	0.00
臺灣獼猴	0.00	0.00	0.01	0.11
貓	0.24	0.01	0.00	0.00
狗	0.09	0.25	0.15	0.09
竹雞	9.06	4.88	3.20	0.01
黑冠麻鷺	2.37	0.76	1.14	0.68
環頸雉	1.05	0.26	0.03	0.00
記錄種類	1.67	2.61	2.78	0.00

灰色底代表具顯著差異

傳播效力。至於鼬獾族群未來會逐漸回復？還是持續低迷？就是值得監測的流行病學現象了。麝香貓、食蟹獾以及臺灣獼猴是中晚期才出現在造林地的，前兩種食肉目動物目前穩定出現，而臺灣獼猴則僅有幾次紀錄，且都是單隻出現，或許也是跟森林結構不夠成熟有關。另外值得注意的，繼許多森林性野生動物進入並利用花蓮平森生態廊道之後，水鹿也在今年1月出現在東側的造林地之中(圖5)，且可辨識出多隻個體。從記錄點位，以及海岸山脈並沒有水鹿分布的前提來看，這些水鹿可能是中央山脈冬季降遷下來的個體。未來有沒有經過生態廊道往海岸山脈遷移的可能？而針對水鹿這種大型哺乳類的棲地或通行需求，有關現有生態廊道的林分結構、瓶頸改善甚至與運輸交通的衝突可能性，或許都該提早規劃因應。

造林地棲地經營設計

無論如何，我們看到野生動物在造林地演替過程中出現許多有趣的改變，例如山羌的偵測率從每月0.6次遽增到每月10.8次，高達18倍。至此可以明確的說，花蓮平森造林地對海岸山脈及中央山脈之間形成有效的生態廊道有很大的貢獻。其實複查工作至今顯示大部分野生動物已能經常性的利用造林地，此外，在荒野地、河道濱水帶等棲地型態的調查也已發現黃喉貂及長鬃山羊偶爾出現在花蓮平森的周邊地區，私付未來或許連臺灣黑熊都有可能到訪呢！花蓮平森是目前中央山脈與海岸山脈之間的唯一的大型生態連結，而且是完整的平原地貌，其生態重要性顯而易見。因此在20年平地造林獎勵陸續

期滿後，其經營也須要有清楚的設計與方向，因此研究團隊才著手棲地經營的試驗。

單就造林地的棲地功能來看，我們在2017年的研究發現，造林地的棲地功能明顯低於園區內一些天然演替的區域—例如河道濱水帶以及荒廢地。究其原因，可能是因為造林地的樹種單純、伴生植物種類以及棲地結構組成多樣性不足的緣故。從植群演替的角度來發想，或許應打開現有單一樹種優勢的林冠，形成林間「孔隙」，才能讓原生植物有機會自然拓殖而增加物種多樣性，同時砍草的方式或頻度也需調整或停止。這樣做還有一個重要的效用，就是形成對生物多樣性很有助益的鑲嵌地景。因為這樣的構想，2018年起我們在生態廊道核心位置進行棲地經營模式的試驗，區分為塊狀疏伐不砍草、不砍草以及常規砍草等3種實驗樣區，各設置5個自動感應相機取樣站，長期監測野生動物的出現頻度。其中塊狀疏伐樣區共開設12個20×40m的孔隙地，並任其自然演替(圖2、3)。

野生動物要什麼？

從2018年到2021年三區共獲得218份有效的取樣資料。比較塊狀疏伐不砍草、不砍草及常規砍草三種處理之間的差異，結果顯示山羌、野豬、白鼻心、食蟹獾、鼬獾、野兔、鼠及環頸雉等8種在塊狀疏伐樣區的平均出現頻度較高；麝香貓、竹雞及黑冠麻鷲等3種在砍草區的平均出現頻度較高；赤腹松鼠及臺灣獼猴則在不砍草區較高。其中山羌(圖5)、野豬與竹雞在3種樣區間的平均出現頻度具有差異顯著性(ANOVA, tukey's test, $p < 0.05$)。單次調查之平均記錄種類以不砍草

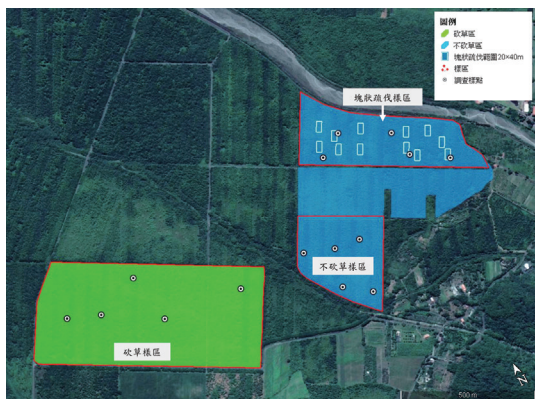


圖2 棲地經營試驗樣區配置

區域最高，但未達顯著差異(表2)。

在森林型棲地的野生動物調查中，山羌經常是野生動物豐富性指標的領頭「羊」，牠被偵測的比率遠高於其他物種，數值也相對穩定。在這個試驗中也不例外，我們從山羌出現頻度的時間序列變化可以很清楚的看見，試驗

初期山羌的在各樣區中維持在每月10次以下的偵測率，塊狀疏伐形成孔隙後2年才開始顯現效應，到了2021年，山羌在塊狀疏伐樣區的月出現頻度超過45，意即平均每台相機每天竟可以拍到1.5隻次的山羌(圖6)！竹雞的時間序列變化則不太相同，2018年試驗一開始，常規砍草樣區的竹雞出現率就高於其他2種樣區，這應該是因為竹雞偏好較開闊的林地，2021年砍草樣區與塊狀疏伐樣區的竹雞都增加了，但是不砍草樣區的竹雞出現頻度卻是下降的。

我們可試著從山羌的生活需求來設想這個棲地試驗的效應，從小尺度來看，經過塊狀疏伐的區塊雖然樹木被清除，但是仍然被林木包圍而形成林間孔隙(圖3)，而觀察孔隙地可以發現其間草本及灌叢植被拓殖的速度相當快(圖4)。山羌是敏感的動物，在整體森林屏障不變之下，牠的覓食、活動的風險並

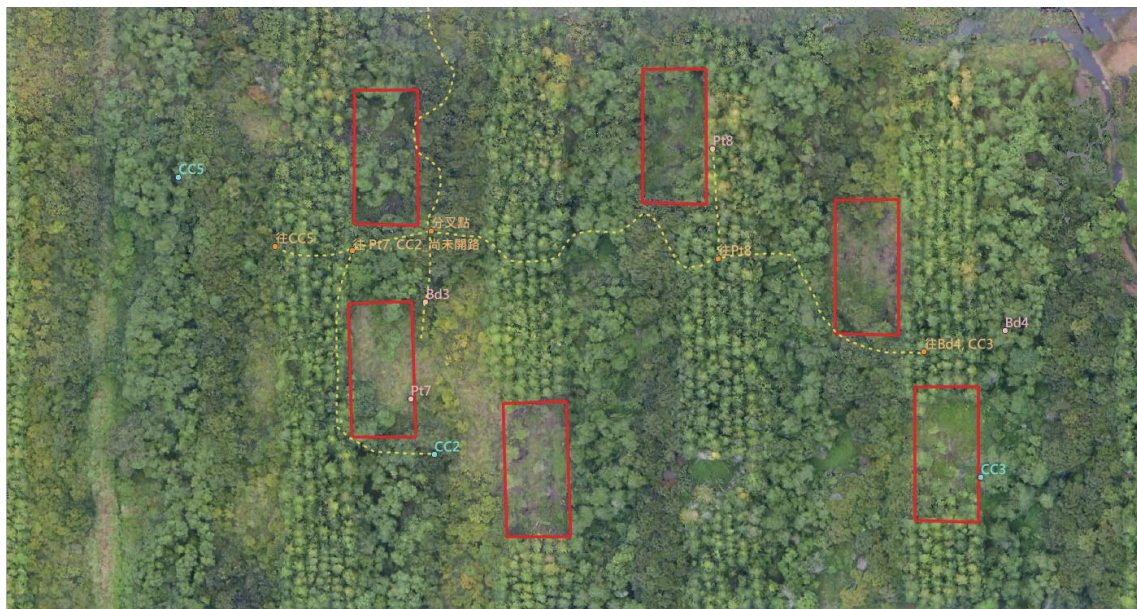


圖3 孔隙開設成鑲嵌地景之空拍圖，野生動物取樣點編號為「CC」(局部)

表2 三種棲地樣區間野生動物平均月出現頻度 (±sd) 之比較

物種	處理			ANOVA(p值)	
	塊狀疏伐	不砍草	砍草		
哺乳類	山羌	19.34 ± 9.12 ^a	8.14 ± 3.81 ^b	8.78 ± 3.30 ^b	0.02
	野豬	1.33 ± 0.70 ^a	0.72 ± 0.37 ^{ab}	0.37 ± 0.27 ^b	0.03
	白鼻心	0.52 ± 0.23	0.51 ± 0.31	0.40 ± 0.20	0.74
	食蟹獾	0.51 ± 0.32	0.39 ± 0.20	0.33 ± 0.28	0.57
	麝香貓	0.68 ± 0.70	0.43 ± 0.43	1.12 ± 1.19	0.43
	鼬獾	0.25 ± 0.25	0.11 ± 0.15	0.07 ± 0.16	0.35
	野兔	2.43 ± 3.50	0.51 ± 0.36	1.64 ± 0.93	0.37
	赤腹松鼠	0.08 ± 0.09	0.12 ± 0.18	0.00 ± 0.00	0.28
	臺灣獼猴	0.00 ± 0.00	0.02 ± 0.05	0.00 ± 0.00	0.40
	鼠	3.02 ± 2.06	1.02 ± 0.33	1.61 ± 1.00	0.09
地棲鳥類	竹雞	3.29 ± 0.98 ^{ab}	0.74 ± 0.37 ^b	5.99 ± 4.77 ^a	0.04
	黑冠麻鷺	1.96 ± 1.51	0.69 ± 0.69	1.96 ± 2.02	0.34
	環頸雉	0.08 ± 0.07	0.00 ± 0.00	0.04 ± 0.06	0.08
記錄種類	3.39	3.54	2.61	0.08	
Shannon指數	1.09	1.20	1.21	0.65	

^{ab} 不同字母間表示具顯著差異



圖4 塊狀疏伐孔隙地現況與林緣自然拓殖的山菜豆

未提高；而孔隙地陽性草本的增加又成為山羌食物資源；且灌層植物茂生，山羌能躲避的庇護所(shelters)很可能也是增加的。從較大尺度來看，塊狀疏伐創造出類似鑲嵌狀結構

的地景(圖3)，這樣的改變或許也符合中度干擾假說(intermediate disturbance hypothesis)，而對生物多樣性有所助益，自然也增加山羌，以及其他種類野生動物的生存機會或乘載量



圖5 山羌活動情形(左)與2022年1月出現在造林地的水鹿(右)

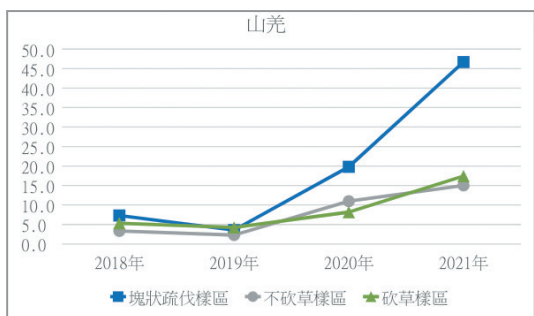


圖6 山羌在棲地經營試驗區歷年之平均月出現頻度變化

(capacity)。而相對於塊狀疏伐，僅僅不砍草對於棲地品質的提升似乎是有限的，所有動物種類與常規砍草樣區並沒有顯著的差異。

棲地經營Vs.林業經營

從這裡我們可以了解以伐採作業(如塊狀疏伐)打破單一化林相，創造棲地多樣性確實能為野生動物帶來正面的效應。在優化生態廊道功能上，這應該是一個效益效率兼備的方法。那麼若從林業經營上來思考，有沒有可能透過生態化的經營規劃設計，能維持一定的生產力又可以優化野生動物棲息地品質呢？例

如目前樣區的孔隙地仍以高草為優勢，若在疏伐收穫後選植樹苗，是否能加速棲地結構複雜化，又兼顧未來的林木生產？林下經濟能不能也套用在這種友善野生動物的模式？又會不會衍生生產與野生動物的衝突，而無法解決呢？如何傾聽深夜裡森林下稀微的腳步聲，創新建構生物友善的林業與多面向的經營模式，無疑還有很多的想像。⊗

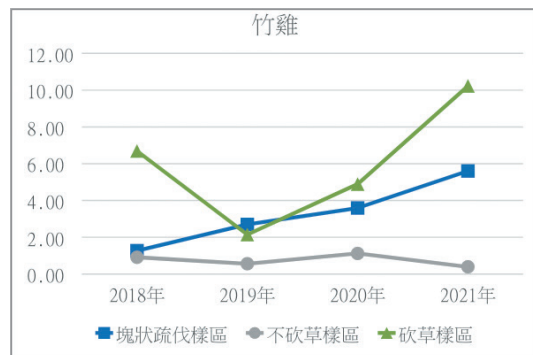


圖7 竹雞在棲地經營試驗區歷年之平均月出現頻度變化