

永續森林新實踐

區塊伐助力人工林永續經營

文、圖／陳盈安（國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處技士）
曾彥學（農業部林業試驗所所長）
曾喜育（通訊作者 | 國立中興大學森林學系主任）

早期臺灣木材自給率曾高達 92.5%，然而隨國際貿易發達、環保意識抬頭以及國內勞動成本提高等因素，使國產材逐漸為進口木材所取代（鄭美如，1995）；加上 1990 年《臺灣森林經營管理方案》全面禁伐天然林並且限制年伐採量，自此以後，臺灣林業政策轉型以森林資源保育及國土保安為主軸（李久先、許秉翔，2010；林俊成等，2015），木材進口需求日益增加。

從進口依賴到國產材元年

然而，長期依賴國外進口木材，間接助長國外天然林伐採與非法木材交易，可能使臺灣遭受國際質疑與制裁（林華慶，2017）。國際對於森林永續發展日漸重視，也針對開發中國家提出如 REDD（reducing emissions from deforestation and forest degradation）等措施，試圖阻止大規模毀林及排放溫室氣體，以減緩全球暖化（邱祈榮等，2012）。臺灣進口木材有許多來自熱帶地區，如馬來西亞及印尼等國，在日益重視森林保護與永續經營的世界潮流下，木材進口可能更加困難（許立達，

2012）。為確保未來臺灣木材供給無虞、善盡身為地球公民責任並減少碳排放量立場而言，臺灣應發展國產木材事業。

第四次全國森林資源調查成果顯示，臺灣森林面積約占全島 60%，其中生產性人工林面積約占整體森林 13%（邱立文等，2015）。近年來有感於提升木材自給率之重要，林業及自然保育署（前林務局）將 2017 年訂為「國產材元年」，希望在 2040 年木材自給率達到 10%，森林經營的同時須兼顧生態保育，才能達成永續林業的目標。

皆伐的環境挑戰與區塊伐的誕生

皆伐是早期木材收穫常見的作業法，因其有集材便利、新林生長快速整齊及技術要求較簡單等優點。但皆伐亦有許多不可忽視的缺點，例如：大規模單一林相易導致病蟲害且林木完全伐除後，林地環境過於嚴峻，使新林更新不易等（Frank & Bjorkbom, 1973；林金樹，2018）。因此後來衍生出縮小皆伐面積的林木伐採作業法，其不僅保有皆伐的優點，也降低對於環境的衝擊。儘管不同學者對於此種作業



■ 大安溪事業區 117 林班一隅，照片中間為區塊伐後跡地。

法有不同稱呼，如小面積皆伐（small-scale clearcutting 或 small clear-cut）、塊狀皆伐（block clearcutting）等，我們統一採用較多學者使用的區塊伐（patch cutting）一詞（山川博美等，2009；陳怡妙，2010；Smith, 1986; Maynard & MacIsaac, 1993; O'Hara, 2001; York et al., 2003; Radler et al., 2010）。

區塊伐以小面積為經營單位，分次以一到數個不連續的區塊更新整體林分，使林分具有林齡不一的區塊。多數學者認為一次伐採面積以 0.1-3 ha 最為適當（York et al., 2003; Radler et al., 2010; 林金樹，2018）。儘管區塊伐在國外行之有年，也擁有多篇關於區塊伐對生態環境影響的研究，但在臺灣還沒有太多相關紀錄。我們於 2018—2020 年間在大安溪事業區 117 林班的巒大杉（或稱香杉）40 年生人工林，監測歷經區塊伐後的環境因子、地被植物、

哺乳類動物以及鳥類的物種多樣性變化，研究區劃分為 2017 年、2018 年伐區及未伐採區 3 個區塊，其中 2017 年伐區在我們開始監測前就已伐除，後續栽植臺灣杉並混植少部分牛樟，2018 年伐區則是在研究監測期間作業。

環境因子變化

森林生態系中，生物族群分布與環境有相當密切的關係，因此環境因子為必要考慮因子之一（高堅泰、馮豐隆，2001）。自然形成或人工伐採造成森林的疏開（opening），改變光度、溫度與濕度等微氣候環境，對森林的更新造成強烈影響（Carlson and Groot, 1997）。區塊伐後最顯而易見的改變即是光照度，上木被伐除後，陽光得以直射地表，間接造成土壤溫度以及氣溫上升，相對濕度降低。

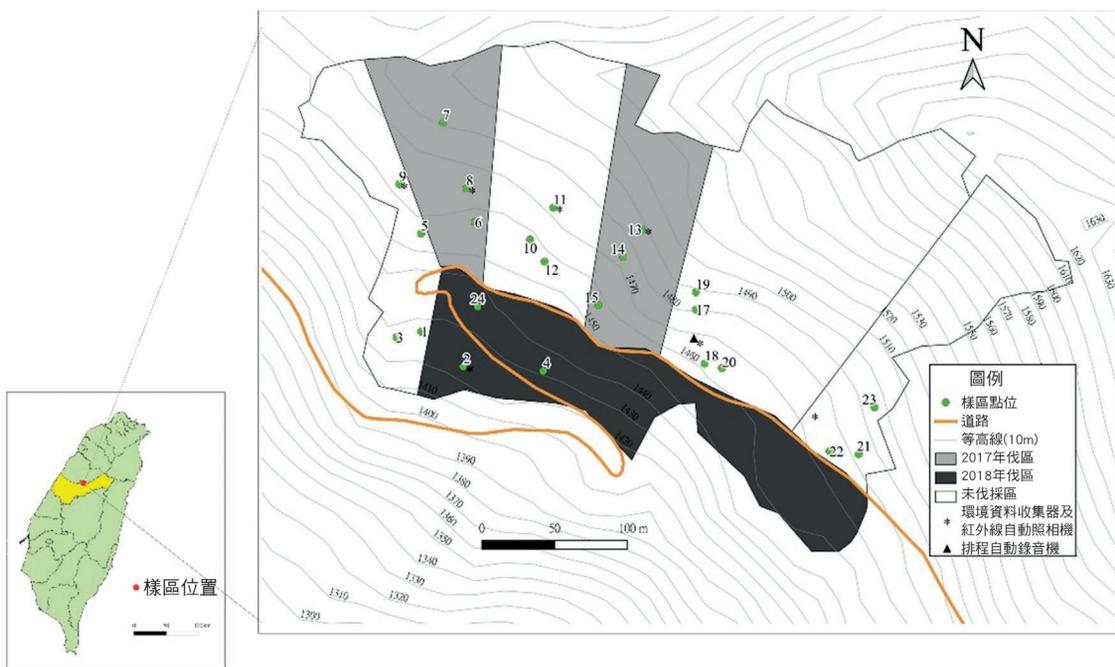
地被植物變化

大安溪事業區在 2 年的監測期間，一共記錄 83 科 209 屬 319 種維管束植物，其中未伐採區記錄 67 科 140 屬 213 種，林下地被以冷清草、廣葉鋸齒雙蓋蕨、風藤及三腳龜草等耐陰植物為主。已伐採區共記錄 76 科 174 屬 255 種，物種來源主要有 3 個：外源種子經由風力或動物傳播進入林地，如昭和草、土壤種子庫萌芽，如食茱萸等，以及伐採後原有植物的殘留基部或地下部萌芽。另外，一些耐陰植物如冷清草、小杜若等，在伐採後的林地仍能維持一定族群量。

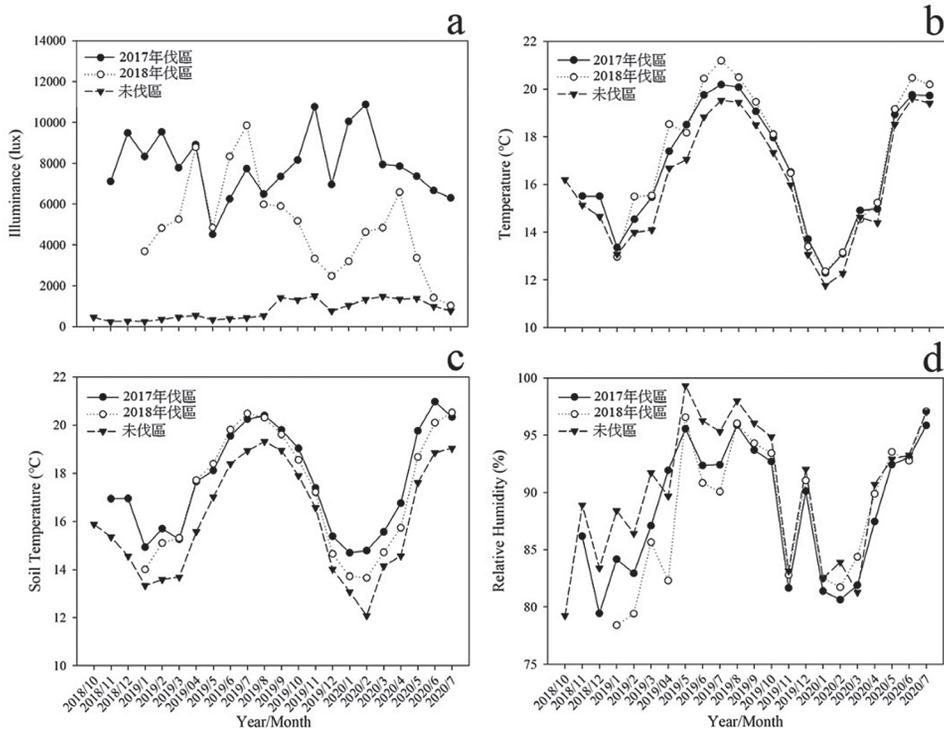
伐採後區塊除了一年生草本植物外，亦有不少陽性樹種幼苗出現，如野桐及白匏子等。在已伐採區塊也出現大規模瓦氏

鳳尾蕨族群覆蓋，但在植株下方空隙中仍有充足陽光穿透，適當遮蔭也能避免萌發的幼苗受到嚴峻環境影響，增加小苗存活率。在距離伐採約 2 年後，有少數生長較快之木本植物生長到胸高直徑（DBH）大於 1 公分，且樹高高於 2 公尺，如海州常山及裏白櫟木等擾動後常見樹種。

伐採後新長出的植物也有記錄到一些外來歸化植物，例如小花蔓澤蘭、昭和草與大花咸豐草等，但大多都是少數調查季出現較大族群後便式微或是族群零星且無擴大現象。但因為本研究監測時間尚短，無法觀察歸化種是否維持相同趨勢。若以目前監測結果而言，歸化種對地被植物組成影響並不劇烈，仍須注意是否影響後續造林樹苗的生長。



■ 大安溪事業區 117 林班伐區區劃、樣區、紅外線相機及排程自動錄音機分布圖。



■ 大安溪事業區 117 林班各伐區各環境因子月平均折線圖 (a 為光照度；b 為氣溫；c 為土壤溫度；d 為相對濕度)。

紅外線相機監測結果

在研究區一共架設 7 臺紅外線自動相機，紅外線相機分布各伐區，總工作時數為 102,444.6 小時，共記錄 13 種野生動物，包含鼬獾、臺灣野豬等 9 種哺乳類動物，以及藪鳥、臺灣紫嘯鶇、白耳畫眉及白頭鶇等 4 種鳥類。其中，以山羌、臺灣野山羊與臺灣獼猴所被拍攝到的頻率最高。由於這 3 種動物皆以植物為主要食物，因此推測區塊伐後新長出的植體是造成動物出沒於已伐採區的主因。

食物資源的可得性與豐富度是影響野生動物群聚結構或動態的主要原因之一 (Ryan et al., 2004; McShea et al., 2007)，我們將自動相機能夠辨識取食植物種類及

其攝食者紀錄成表。過去研究指出，山羌為選擇性攝食者，喜食植物的嫩葉、漿果等 (李玲玲, 2003; 張學文, 2014; 林美峰等, 2017)。臺灣野山羊一般取用肩高 (約 70 公分) 以下的樹葉及地上的藤本、灌木、草本植物與蕨類為食，取食種類多樣，對於嫩葉與陽性樹種如山黃麻等特別喜愛 (呂光洋, 1986; 徐佩霜、李培芬, 2001)。人工林經過伐採干擾後，林地新生的嫩葉與嫩芽是山羌與臺灣野山羊所偏好草料，吸引其前往取食。

紅外線自動相機所記錄到的哺乳類野生動物多出現於已伐採區塊，由於伐採後上木移除造成林地養分資源與空間的釋放，提供植物生長所需條件。這顯示森林經營方式對於野生動物族群量有直接影響。

大安溪事業區 117 林班紅外線自動相機記錄之野生動物名錄及其保育等級

物種	科別	學名	保育等級
山羌	鹿科	<i>Muntiacus reevesi micrurus</i>	
臺灣野山羊	牛科	<i>Capricornis swinhoei</i>	III
臺灣獼猴	猴科	<i>Macaca cyclops</i>	
黃鼠狼	貂科	<i>Mustela sibirica taivana</i>	
臺灣野豬	豬科	<i>Sus scrofa taivanus</i>	
赤腹松鼠	松鼠科	<i>Callosciurus erythraeus taiwanensis</i>	
鼬獾	貂科	<i>Melogale moschata subaurantiaca</i>	
刺鼠	鼠科	<i>Niviventer coninga</i>	
白面鼯鼠	松鼠科	<i>Petaurista alborufus lena</i>	
黃胸薺眉	噪眉科	<i>Liocichla steerii</i>	
白頭鶇	鶇科	<i>Turdus niveiceps</i>	II
白耳畫眉	噪眉科	<i>Heterophasia auricularis</i>	III
臺灣紫嘯鶇	鶇科	<i>Myophonus insularis</i>	

註：保育等級依農業部於 2019 年 1 月 9 日公告修正之陸域保育類野生動物名錄，瀕臨絕種野生動物（I 級）；珍貴稀有保育野生動物（II 級）；其他應予保育野生動物。

大安溪事業區 117 林班紅外線自動相機照片可辨識之植物種類及其攝食者

物種	學名	攝食者
昭和草	<i>Crassocephalum crepidioides</i>	臺灣獼猴
飛機草	<i>Erechtites valerianifolia</i>	臺灣獼猴
火炭母草	<i>Persicaria chinensis</i>	臺灣野山羊
黑果馬兜兒	<i>Zehneria mucronata</i>	臺灣野山羊
冷清草	<i>Elatostema lineolatum</i> var. <i>majus</i>	山羌、臺灣野山羊
角花烏斂莓	<i>Cayratia corniculata</i>	臺灣野山羊
巒大杉	<i>Cunninghamia lanceolata</i> var. <i>konishii</i>	山羌、臺灣野山羊
食茱萸	<i>Zanthoxylum ailanthoides</i> var. <i>ailanthoides</i>	山羌
長梗紫麻	<i>Oreocnide pedunculata</i>	山羌、臺灣野山羊
三腳龜草	<i>Tetrastigma bioritsense</i>	臺灣野山羊

草食動物被林地伐採後長出的幼苗及嫩枝葉吸引而來，雖然增加造林地的物種多樣性，卻也可能導致後續人工林更新困難。過去研究顯示草食獸啃食幼苗是生產商業木材森林的常見問題 (Van Hees et al., 1996; Bulinski, 2000; Palmer & Truscott, 2003; Shoyama, 2013)。我們也拍攝到山羊及臺灣野山羊啃食巒大杉萌蘖嫩枝的照片，雖然後續造林種植的臺灣杉與牛樟苗木沒有遭取食的痕跡，但未來若欲發展區塊伐作業法，需審慎選擇造林樹種或是採取適當措施防範草食獸啃食目標樹種。

排程自動錄音機監測結果

因研究區範圍不大，因此在研究區架設 1 臺排程自動錄音機記錄鳥音，錄音機僅架設於未伐採區的巒大杉樹幹上，距離 2017 年伐區約 10 公尺遠。由於鳥類活動以早晨最頻繁，隨時間遞減至黃昏時段再次升高，天黑後沉寂 (Robbins, 1981)，因此擇每日清晨 (5:30—8:30) 與黃昏 (16:30—19:30) 各錄音 3 小時，比對區塊伐後各調查季鳥類群聚組成的變化。



■ 大安事業區香杉人工林區塊伐自動相機動物監測物種選介

2018—2020年排程自動錄音機共記錄到鳥類33科60屬約64種，因有些鳥類僅憑聲音無法辨識至種階，因此只記錄到屬層級，如鶉科鶉屬的物種。記錄的鳥種包含22種保育類，例如瀕臨絕種野生動物（I級）保育類者有熊鷹1種，13種珍貴稀有保育野生動物（II級）如松雀鷹，以及8種其他應予保育野生動物（III級）如黃腹琉璃等。

每個調查季間的相似性有所差異，此因鳥類活動能力強，部分具有隨季節遷移的行為，我們在正值秋冬季也記錄到冬候鳥或過境鳥存在，例如花雀和極北柳鶯等2種。於春夏季記錄的鳥類群聚中，則有北方中杜鵑、鷹鵑、紅尾鶉等3種夏候鳥。

本研究也記錄到一些比較常在高海拔山區活動的留鳥在秋冬季時，會飛到位於中海拔的研究區。除了沿緯度遷移外，鳥類也有沿海拔遷移的行為。臺灣雖位處亞熱帶，但在中高海拔山區仍有明顯季節變化，過去研究指出臺灣山區鳥類具有季節性垂直遷移（altitudinal migration）現象（王穎、孫元勳，1991；許皓捷，2003；賴思傑，2012），造成此類移遷行為的原因主要以食物可用性（Loiselle & Blake, 1991; Hurlbert & Haskell, 2003; Mulwa et al., 2013）與氣象因子（Faaborg et al., 1984; Boyle et al., 2010）為主。

若不計鳥類的季節性遷移因素，在研究期間伐採面積增加後，整體鳥類組成相似性仍有71%，與蔡錦文等（2010）監測杉木人工林輕度疏伐（疏伐率27%）後的鳥類組成相似性78%相近，因此推測本研究的區塊伐作業對鳥類群聚影響不劇烈。



■ 大安溪事業區 117 林班伐採跡地造林情形



■ 大安溪事業區 117 林班櫟大杉區塊伐集材

有近30%的非專一森林型鳥種出現，例如臺灣叢樹鶯、黃胸薺眉、金背鳩、白環鸚嘴鴨等4種較偏好開闊地灌叢的鳥種在研究區被記錄。由於無法比較區塊伐前後的鳥類組成，若以2018年伐區的伐採作業作為分界線，伐採面積增加，僅松雀鷹和樹鵲在伐採面積增加後便無紀錄。儘管不同鳥種對於森林受伐採干擾的反應不一（Kellner et al., 2016; Mahmoudi et al., 2016），但本研究大多數鳥種於區塊伐面積增加後仍有持續記錄，推測這些鳥類對於伐採干擾具有良好耐受度。

區塊伐的實踐價值

雖然在進行監測調查前研究區已開始伐採，未能獲得區塊伐前的各項生態與環境參數進行伐採前、後的比較，殊為可惜。綜合本研究的監測結果，區塊伐雖然會破壞原有的植被，但大多數植物耐擾動能力強，且伐採後促進更多先驅植物生長，吸引野生哺乳類動物前來取食。同時也觀察到非以森林為主要棲地之鳥種，但需要注意是否有較強勢的歸化植物入侵，或是野生哺乳類動物對造林苗木的啃食。區塊伐具有木材收穫和造林工作方便操作的優點，而且小面積的區塊伐可以增加人工林的環境異質性，有助提升人工林的物種多樣性。未來林務單位應再持續進行人工林區塊伐整合監測研究，提供更多的研究及監測結果，作為臺灣在森林管理驗證制度建置所需參數，及建立人工林永續經營的森林生



■ 大安溪事業區 117 林班未伐採區樣貌

產模式，以減少國人對於人工林伐採偏見。如此一來，在兼顧木材收穫、環境保護與生態保育等目標下，提升國產材自給率與國際地位，區塊伐應可成為臺灣人工林伐採作業法的重要選擇。🌿

(參考文獻請逕洽作者)



■ 區塊伐後跡地物種多樣性高