

體現雙龍林道的野性美

撰文 | 鄭建志（林務局南投林區管理處技正／通訊作者）

許文奕（林務局南投林區管理處課長）

陳俊吉（高標工程顧問有限公司技師）

曾偉誌（高標工程顧問有限公司工程師）

前言

構築林道的主要目的是為了供林業機械車輛安全運行，以大幅降低造林與撫育等林業經營成本，並在永續經營的原則下，積極培育森林資源，以發揮森林之國土保護及經濟效益。林道為森林經營管理所不可或缺之重要設施，原則上應無礙林地水土保持，但若林道排水系統設置不當，反將引起土壤流失與邊坡崩塌等問題，衍生更多之林業經營成本。

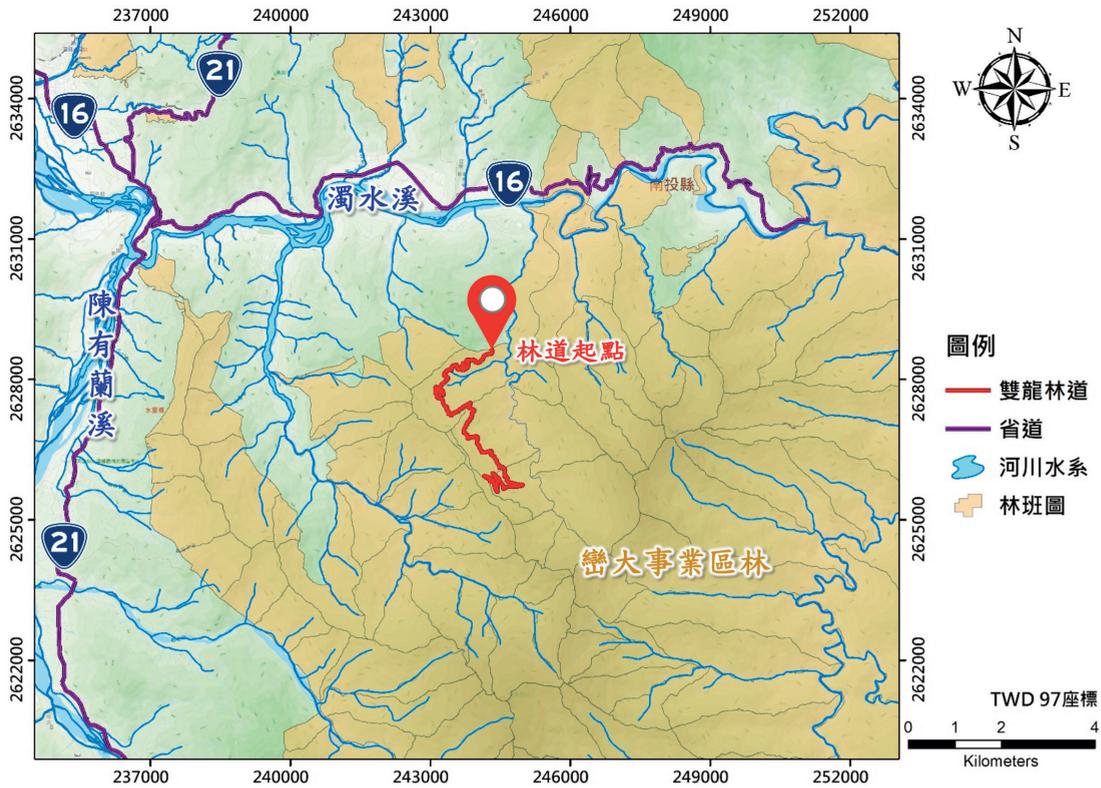
因臺灣地理區位特性，氣候溫暖雨量充沛，森林生態環境多樣，孕育出豐富的動植物資源；有鑑於此，為將林業經營開發對生態之負面影響最小化，故以生態為基礎、安

全為導向的友善生態工程方法，已逐漸融入林道工程中。本文將以位於南投縣信義鄉，巒大事業區內之雙龍林道為例，介紹如何將友善生態工程融入林道經營與防災工作中。

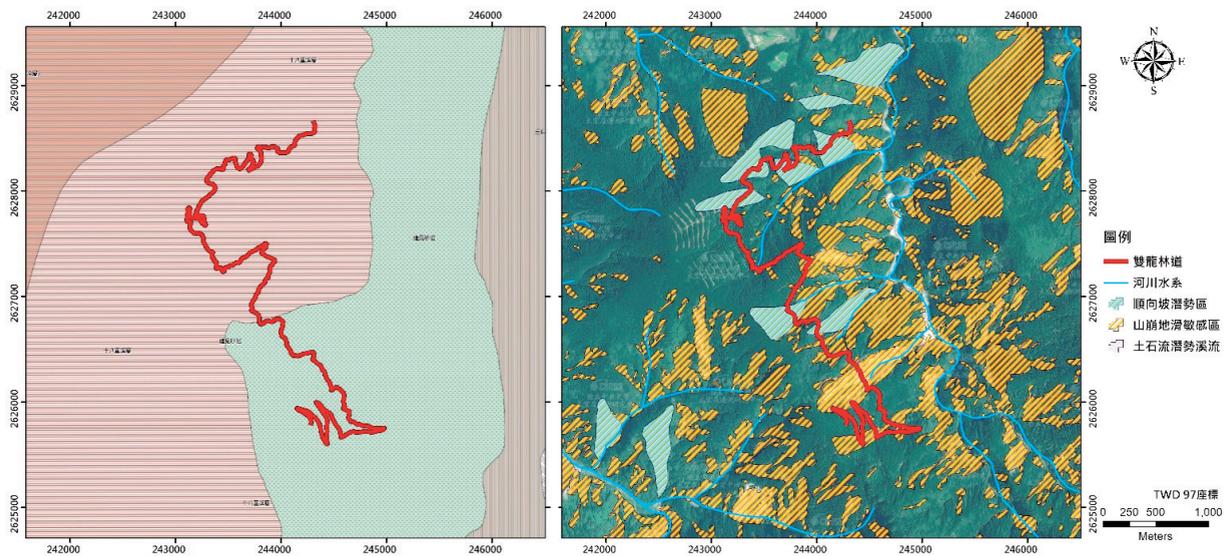
野性十足的環境

雙龍林道位於南投縣信義鄉（巒大事業區第56—59林班），鄰近信義鄉地利村及雙龍村，屬濁水溪流集水區範圍，總長度原為約10公里，目前車輛可通行至林道里程約5.2K大崩塌位置，後段道路因崩塌地影響而難以進入。

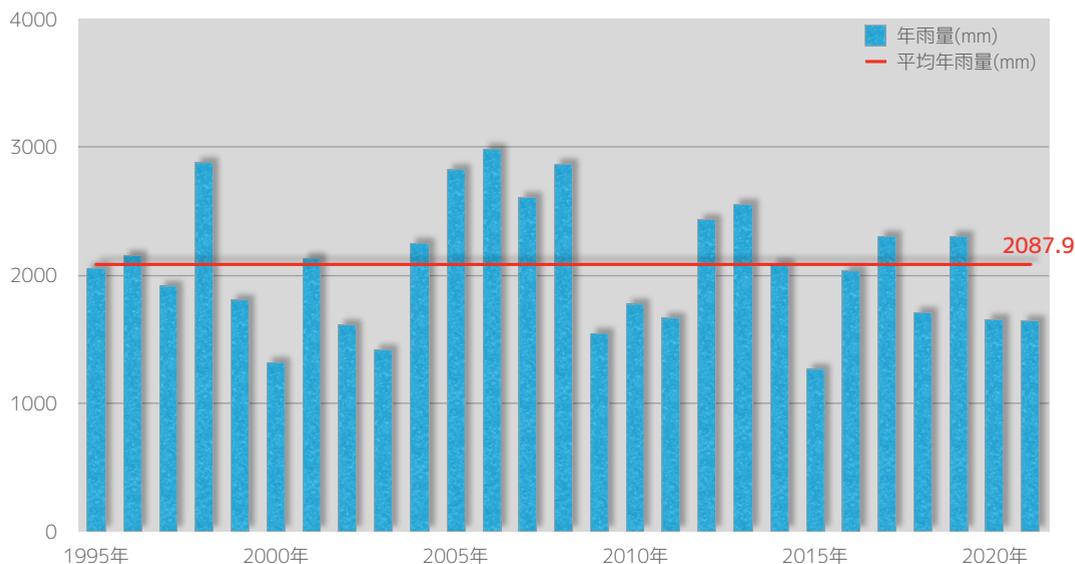
雙龍林道由南投林區管理處（下稱南投處）丹大工作站所管轄，起初係為標售林班地時所附帶修築的林道。由省道臺16線銜



雙龍林道位置圖



雙龍林道地質與敏感區套疊圖



青雲雨量站年雨量統計分布圖

接至雙龍部落產業道路，蜿蜒而上與雙龍林道相接進入林班地。林道海拔高度變化從1,290—1,680公尺，全年氣候涼爽宜人，午後容易起霧，行走於林道間可享受迷霧森林的意境，為登山客登治茆山的傳統路線。

順向坡潛勢分布，而中後段受坑溝沖蝕及向源侵蝕影響，多屬山崩及地滑敏感區範圍，且坡面多有崩塌裸露情形，存在兩處崩塌較嚴重區域影響林道穩定，但周邊無土石流潛勢溪流。

地質與敏感區

依照中央地質調查研究所資料，雙龍林道位於「十八重溪層」與「達見砂岩」，地質年代皆為始新世（Eocene），其中十八重溪層主要由暗灰色板岩與薄層砂岩或粉砂岩組成，偶夾數十公分之變質砂岩，厚度達1,000公尺；達見砂岩則由部分礫石質砂岩、硬頁岩及板岩組成，有發育良好的波痕及交錯層構造，為砂岩沉積時移動留下之痕跡，厚度可達2,700公尺。

另套繪周邊包含順向坡、山崩與地滑、土石流潛勢溪流等地質敏感區；林道前段多有

降雨統計

中央氣象局之青雲雨量站（C11150）位於信義鄉地利村，鄰近雙龍林道，近12年（2009—2021）雨量資料顯示，雙龍林道沿線平均年雨量2,088公釐，累積最大月降雨為2008年9月，歷年因辛樂克、哈格比及蕃蜜等颱風接連侵襲，造成林道沿線大小災情。

生態特性

雙龍林道沿線多為人工造林地，主要造林樹種為柳杉、福州杉與部分巒大杉、臺灣杉，故沿途兩旁多為筆直高大之針葉林。而

第二層之小喬木與灌木稀少，由於冠層鬱閉林下地被顯得潮濕，以蕁麻科及蕨類植物為優勢，且為小型哺乳類動物優良棲息場所。此外，林道沿線因未經過溪流等水域環境，因此無適合水生生物長期棲息活動之區域。

南投處為檢視林道沿線物種分布，並瞭解林道防災工程施作對生態環境影響，於2020年度進行3次不同季次生態追蹤調查，觀察生態環境變化，調查成果如表1所示。

由表可知，2020年度除了調查到13種哺乳類動物，53種鳥類（其中，黃山雀、鴿鷓、黃嘴角鴉、藍腹鵲、松雀鷹、大冠鷲、鳳頭蒼鷹與東方蜂鷹，為珍貴稀有保育類野生動物），8種兩棲類（其中，梭德氏赤蛙為國際自然保育聯盟紅皮書中之瀕危野生動物），以及3種爬蟲類外，更調查到223種植物（其中，臺灣杉、巒大杉與臺灣肖楠，分別為臺灣植物紅皮書中之瀕危與易危植物）。又調查過程中發現，雙龍林道沿線雖

表1：雙龍林道沿線物種調查成果摘要表

項目	物種組成	特稀有植物或保育類動物
植物	95科181屬223種	臺灣植物紅皮書： 瀕危(EN)：臺灣杉* 易危(VU)：巒大杉*、臺灣肖楠* 接近受脅(NT)：紅檜*、大葉苦槠* 資料缺乏(DD)：臺灣芒萁*
哺乳類	5目10科13種	III：臺灣水鹿、臺灣野山羊、山羌、食蟹獾、白鼻心
鳥類	7目28科53種	II：黃山雀、鴿鷓、黃嘴角鴉、藍腹鵲、松雀鷹、大冠鷲、鳳頭蒼鷹、東方蜂鷹 III：白耳畫眉、黃胸數眉、冠羽畫眉、白尾鶇、黃腹琉璃及臺灣山鷓鴣
兩棲類	1目3科8種	國際自然保育聯盟(IUCN)紅皮書： 瀕危(EN)：梭德氏赤蛙 無危(LC)：莫氏樹蛙、拉都希氏赤蛙、斯文豪氏赤蛙
爬蟲類	1目3科3種	—

註1：臺灣植物紅皮書記錄物種中「*」為人為栽植之物種。

註2：「I」表瀕臨絕種保育類野生動物；「II」表珍貴稀有保育類野生動物；「III」表其他應予保育之野生動物；「—」表未記錄



藍腹鵲



灰林鴿

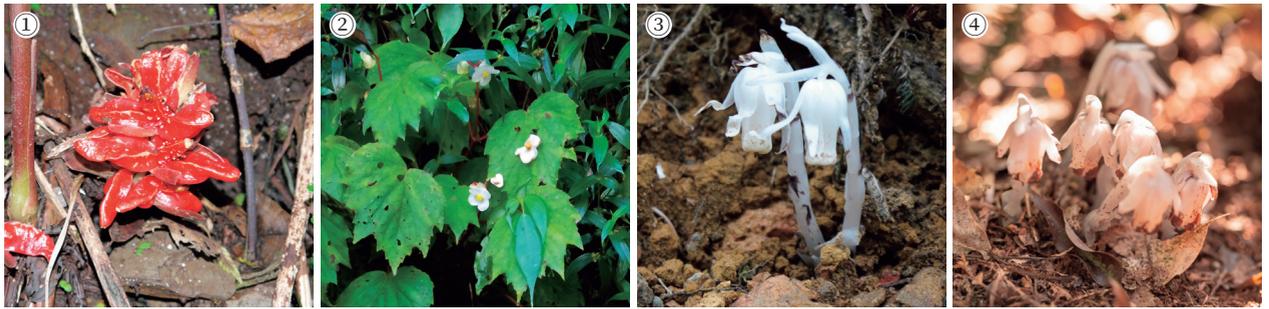


臺灣野山羊



山羌

雙龍林道可見地方特色野生動物



雙龍林道沿線可見地方特色物種：① 雙龍薑（果實） ② 巒大秋海棠 ③ 水晶蘭 ④ 阿里山水晶蘭

屬造林地，植物資源豐富度雖不及林道入口處之天然次生林環境，但處處仍可見具地方文化特色植生：

(1) 林道2.4—2.8K區間可見2014年由屏科大森林系與林試所生物組團隊於雙龍部落發現之新物種，雙龍薑，其為雙龍地區極具代表性的物種。雙龍薑之花序自肥厚之地上莖抽出，花冠艷紫色，果實成熟時開裂，肉質深紅色。

(2) 林道3.5K周邊可見由日本學者在巒大山區發現之巒大秋海棠，其葉呈歪卵形，葉緣具不規則缺刻緣，且兩面皆有細絨毛。若於山區行走遭遇螞蝗吸血時，可利用秋海棠汁液驅離螞蝗，故有螞蝗剋星之稱。

(3) 林道4.28K周邊可見晶瑩剔透的腐生植物（現稱真菌異營性草本植物），水晶蘭與阿里山水晶蘭，其鱗片狀葉，螺旋狀互生，卵狀橢圓形，白色透明無葉綠素；因其體積小且晶瑩剔透，有如小精靈般存在於浩瀚的森林中所示。

(4) 林道5.0K周邊之臺灣芒用途繁多，布農族人祭典時巫師常用以作法、祛邪；每年二月播種，主祭在新墾地上插上臺灣芒和無患子枝葉，祭拜農具後灑小米祈求豐收；又獵人上山則以石頭和臺灣芒，標示自己獵區，也會取其莖桿搭建簡單寮過夜。因此，臺灣芒可說是布農族生活中不可或缺之植物之一。

順應自然的林道

在生態環境如此豐富的雙龍林道沿線，卻因地質多以破碎板岩、夾雜崩積或風化土層為主，故沿線坡面常分布淺根植物，加上早期林道經營策略與維護手法，常受限於材料、機具及技術成熟度，無法滿足氣候變遷下之現今降雨強度。

每逢汛期，林道因無適當排水系統，坡面逕流宣洩至林道上時，除造成路面沖蝕、排水不良道路淤積泥濘及路基損壞等災害，影響行車安全外，道路上邊坡坡趾亦常因沖蝕下切而出現植被層崩滑，改變原有排水系統，迫使道路逕流隨意漫流與向下沖蝕，



雙龍林道常見災害類型：①上邊坡崩塌 ②地表逕流沖蝕或淤積 ③雨後路緣沖蝕成深溝 ④排水不良造成下坡側掏空

終至下坡側掏空與崩滑，影響林業推動與生態。

旁之兩棲類生存空間，更影響森林水分涵養能力。

災因分析與對策研擬

依據前揭災害類與特徵，歸納出雙龍林道的致災原因如下：

- (1) 局部林道動線與縱坡度不良：早期維護手法以簡易之土砂整平為主，但因地質條件，急彎陡斜且未規劃避車空間，加上無適度調坡與截流措施，致使路面滿布蝕溝，除危及行車安全，影響林務推動及執行效率，危害周邊生態。
- (2) 林道排水系統強度不足：上邊坡崩塌導土石致排水系統失能，逕流漫流與沖蝕，影響路基品質與下邊坡穩定性，爾後為避免災害擴大，再以土石整理路基，如此生命週期不斷重演。
- (3) 道路品質與行車動線不良，壓縮與破壞周邊生態：道路品質與排水不良，路側窪地長年因蝕溝淤泥堆積，漸變成運材車的避車空間，車輛輾壓破壞與壓縮路

南投處為扭轉雙龍林道長久以來的易致災宿命，且考量周邊自然生態豐富，故依據災因與周邊環境特徵，重新調整改善與維護對策如下：

- (1) 掌握生態，超前部署：推動中長期生態調查，掌握工區生態特色，作為未來林道或作業道改善維護及災後復健之規劃依據，以降低人為開發對生態之影響。
- (2) 改善動線，提升道安：透過林道線形與坡度之微調，消除行車安全問題，同時營造線條美感。運用既有路側囊狀腹地，妥善規劃避車空間，提供林務作業所需空間。
- (3) 安全排水，穩定邊坡：藉由加強路緣保護，以減少蝕溝與坡面崩塌問題產生。另改善路面截排水，以分散並導引路面及側溝內之逕流水至下邊坡，避免過度集流。

(4) 營造棲地，降低影響：於原有低窪腹地施作消能設施，降低因陡坡引起的沖蝕問題。並搭配使用土包袋堆疊及木構護坡構築，除減少混凝土用量，更營造生物棲息空間。

林道維護新手法

根據上述林道改善與維護對策，雙龍林道調整後之防災維護手法概述如下：

(1) 妥善規劃路線、避車與林業作業空間，限縮人為影響：針對既有林道路形進行改善時，應避免過度改線或擴充路寬，且需適時適地規劃避車空間與林務作業腹地，以有效限縮人為影響自然生態之範圍。

(2) 因地制宜的路緣保護工與排水型式，兼顧安全與生態：針對腹地與逕流量較大之路段，可以土包袋堆疊，或國產材取代混凝土構造，其材料間之間隙除可加速苔類與蕨類復育，未來藤蔓類披覆後更利於兩棲類攀附；另在短期內可固土涵養，長期則與山林同化，達到森林永續之目標。另針對腹地與逕流量較小之路段，可採用斜坡化之L型邊溝設計，其除可充當臨時路面，改善會車問題外，更可因應不同背填坡面條件調整矮牆型式與高度，避免造成生態之二次危害。

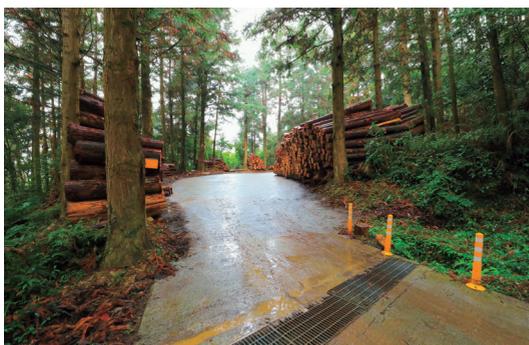
(3) 因應地域特性，改善路面截排水：除一般常見之矩型橫截溝外，於林道地表逕流量較小處，可設置鋼軌橫截溝。鋼軌橫截溝不但兼具道路伸縮縫功能，其間隙便於日常清理維護；此外，截水溝與PC路面間加勁銜接，可承載運材車輛的重度使用。

(4) 尾水妥善處理，確保路基長久穩定：路面逕流水經由橫截溝排放至下邊坡側時，需妥善消能排放，以避免沖刷坡面，進而影響路基穩定性。相較於一般之噴凝土溝，以土包袋構築之軟式消能設施伴隨土壤自然壓密，能與硬式結構相契合。

(5) 活用各式工程材料，滿足防災與生態需求：針對高治理需求路段，若透過鋼軌樁、地工織布與網材等材料，因其最小開挖擾動及施工迅速之特點，可在減少長時間道路阻斷情況下，完成路基改善。同時預留鋼軌長度，除利於場域復育後再拔除使用外，亦兼具道路護欄功能。

動物通道試作與成效評估

透過生態調查與追蹤檢討可知，林道防災構造物之平滑表面與高落差，為野生動物移動帶來不同程度之影響。前揭林道維護新手法雖已改善構造物平滑表面課題，但對於既有設置之矮牆與靜水池仍存有不同程度之



◀ ▶ 避車與林業作業空間設置實例



◀ ▶ 土布袋與國產材之應用實例



◀ 因應不同背填坡面條件調整矮牆高度 ▶ 鋼軌橫截溝設置實例



◀ 橫截溝尾水處理實例 ▶ 鋼軌兼作擋土與道路護欄實例



◀▶ 動物通道設置實例



◀ 利用雙龍林道串連至周邊手作步道進行生態旅遊



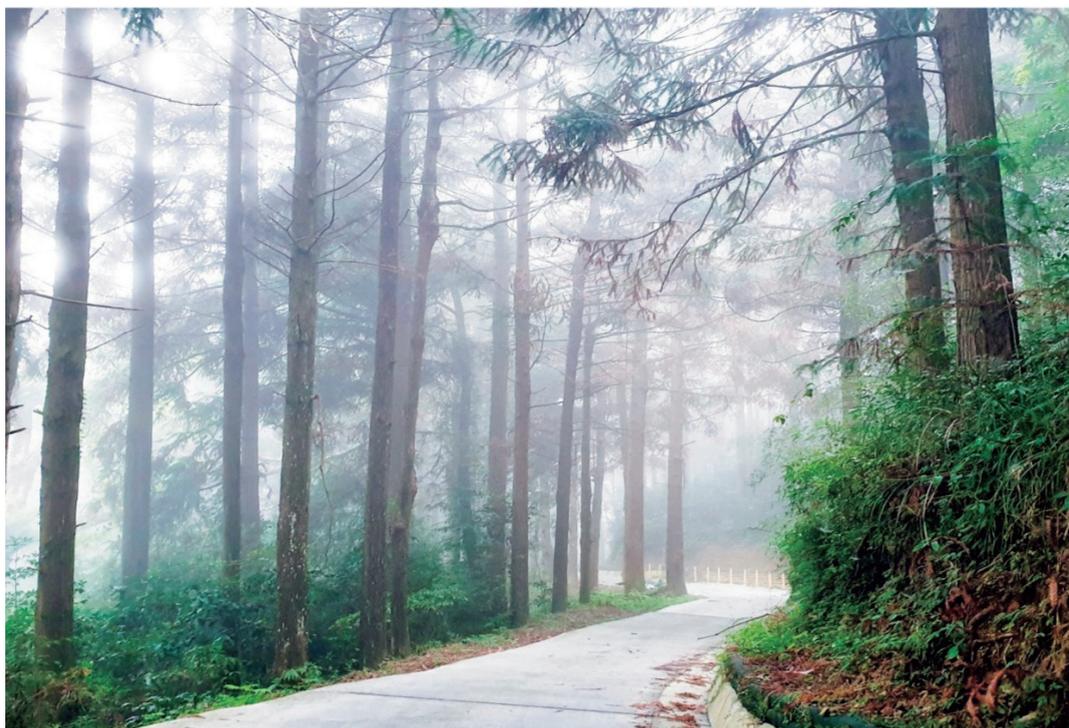
▶ 辦理文化行銷課程提升林道曝光度

高差，因此，南投處進一步參考現地物種特性，藉由於構造物內及周邊放置樹幹、樹葉及網繩等簡易輔助物，期望增加棲地間之連結，提供兩棲類及爬蟲類攀爬利用，甚至可提供額外庇護的棲地。

由追蹤調查成果可知，以邊坡掛網及靜水池內放置樹枝之方式較易吸引物種利用，而截水溝設置之通道因擋土牆較矮，且上邊坡地被植物茂密，已形成良好棲息躲藏空間。後續工程可朝向於邊坡掛設菱形網，以及靜水池內設置樹枝等簡易設施，供物種利於積水環境周邊活動，而L型溝之矮牆上緣可採植生自然復育之方式，使植被自然演替形成棲地環境供小型野生動物棲息。

生態林道野太美

南投處除了致力推動雙龍林道之蛻變，提升人工林經營效益外，更以辦公室中庭為示範案例，與「國立臺灣大學農學院實驗林管理處木材利用實習工廠」合作，經由官、產、學三方的技術精進，導入新銳工法及材料技術，提昇國產材的產量及品質，營造木構新美學及多元材料之運用環境，讓林木之野性美重生於你我身邊。此外，南投處更積極與地方合作，由雙龍林道為綠色觀光旅遊路線，結合雙龍部落、七彩吊橋、瀑布營造帶狀旅遊新景點，讓民眾融入布農部落文化以及自然景色；且辦理交通職能、山域活動安全訓練、五感體驗設計工作坊、木作工藝



雙龍林道完工後現況

及文化行銷等相關課程培力，活化多元林下經濟，創造雙龍林道與部落之新契機。

因地制宜之輕量與友善生態手法，輔以生態復育成效追蹤，搭配在地文化，整合網路及傳統媒體，除成功重現雙龍林道之野性美外，更達「開放山林、向山林致敬」之林道經營目標。這一路走來的心路歷程，盼能與林業同好分享，共同努力將臺灣林業發展推向新境界：

(1) 兼具輕量及生態友善工程手法，除能滿足林道所肩負之運輸角色，節省林務經營成本外，更達到友善環境與生態之目的。

(2) 於邊坡掛設菱形網，靜水池內設置樹枝，L型溝之矮牆上緣植被自然垂掛等簡易設施，可有效形成動物通道，供小型野生動物通行與棲息。

(3) 透過林道維護與防災手段，除可暢達「開放山林、向山林致敬」政策，協助推動林業管理外，亦額外創造登山休憩的安全環境，讓民眾可更易親近山林。

