



數位轉型 林火防救新解方 護山林

專輯企劃

林火風險評估系統
氣象資料導入及加值運用

偏遠山區的防火新藍圖
TVWS通訊網絡的建構與實踐

林火肆虐背後的挑戰
從救災策略談防救裝備更新

減災與整備策略新視野
以自然解方應對城野交界火災

專題

應用航照影像判釋恆春半島
銀合歡分布區域

都市林營造與樹木保護
營造更高韌性的生態城市

自然，是一所學校
—關於臺灣山野教育

專欄

森羅萬象
守護山林的雄鷹
無人機科技重塑保育未來

林故事
飛越極限捍衛山林
森林保育的空中英雄

與林同行
山無語卻有聲
踏尋赤腳傳奇的山林哲學

封面故事

文／張志仁



森林護管員循著地表冒出的白煙，挖掘林地地表土尋找熱源。

(林業保育署南投分署林君達提供)

美國南加州的一場大火
再次讓全世界關注到林火對環境、對生命的衝擊
而打火人員救災所淌的血汗
卻不是你我能想像的危險與辛苦
因氣候變遷的威脅日新月異
災害撲救的技術也要與時俱進
結合智慧科技的災害管理
為防災、救災、減災
提供了更人性的解方
為保林、護林、育林
找到了更韌性的未來

12²⁰²⁴
Dec

50 卷 6 期

雙月刊

創刊日期 1974 年 12 月
出版日期 2024 年 12 月
出版機關 農業部林業及自然保育署
地址 臺北市中正區杭州南路一段 2 號
電話 (02) 2351-5441

發行人 林華慶
總編輯 林滌貞
編輯委員 王昭堡、李允中、李志珉、
沈怡伶、邱立文、林如森、
林宜羣、范家翔、孫宗志、
高宗賢、陳連晃、黃綉娟、
羅尤娟 (依姓名筆劃排序)

主編 鐘立偉
編輯 張雅玲
編輯部信箱 tfj@forest.gov.tw

定價 NT\$160 元
G P N 2011200018
I S S N 02555816
設計印刷 財團法人豐年社
臺北市大安區溫州街 14 號
(02) 2362-8148

執行編輯 張雅茹
美術編輯 徐榕淨



台灣林業雙月刊
線上免費電子版



本書使用FSC認證環保紙張

編者的話

01/ 山林防火的數位藍圖

專輯企劃 數位轉型護山林 林火防救新解方

05/ 林火風險評估系統 氣象資料導入及加值運用
柳婉郁、王世宇、俞鈺文

15/ 偏遠山區的防火新藍圖 TVWS 通訊網絡的建構與實踐
邱大福、彭奕嘉

23/ 林火肆虐背後的挑戰 從救災策略談防救裝備更新
蔡博雅、劉大維、范家翔

33/ 減災與整備策略新視野 以自然解方應對城野交界火災
潘孝隆、黃愷茹

專題

41/ 應用航照影像判釋恆春半島銀合歡分布區域
蔡家銘、鄧國禎

49/ 都市林營造與樹木保護 營造更高韌性的生態城市
游象君

59/ 自然，是一所學校—關於臺灣山野教育
郭于菁



專欄

65/ **森羅萬象**
守護山林的雄鷹
無人機科技重塑保育未來
張景棠

69/ **林故事**
飛越極限捍衛山林
森林保育的空中英雄
林郁嫻

73/ **與林同行**
山無語卻有聲
踏尋赤腳傳奇的山林哲學
翁珮恒

77/ **林業通訊**

編者
的話

山林防火的數位藍圖

數位科技正在深刻地改變森林保育與防救策略，為應對日益頻繁的極端氣候挑戰，本期主題為「數位轉型護山林 林火防救新解方」，首篇文章〈林火風險評估系統 氣象資料導入及加值運用〉，詳述新一代林火風險評估系統的開發與應用，包括大氣觀測同化資料、林火天氣指數及大氣統計降尺度資料的運用，並深入探討整合性圖資應用、開放資料與 API 服務及細胞廣播系統建置等創新功能。最後，呈現系統建置成果，並分析加拿大 FWI 在臺灣的適用性、系統準確性及經濟效益等關鍵議題。

〈偏遠山區的防火新藍圖 TVWS 通訊網絡的建構與實踐〉一文，分享了 4 年來的測試數據與初步結果，探討 TVWS 技術在補充現有通訊系統及提升山區防災能力方面的潛在價值。同時，針對該技術在實際應用中可能面臨的挑戰進行了客觀分析，為未來更深入的研究與應用提供了重要參考方向。

極端氣候如高溫與乾旱，顯著提升全球及臺灣森林火災的風險。〈林火肆虐背後的挑戰 從救災策略談防救裝備更新〉一文，說明林業保育署積極研析重大森林火災類型，並更新救災相關軟硬體設施，同時參考國內外災害趨勢，以「躍升災防力、調適智慧化」為願景，提出「災害調適」、「數位轉型」及「強韌復原」三大方針，採取林地燃料管理、風險評估及精準防火宣導等措施，並結合科技強化救災能力以降低災害影響。

此外，城野交界的林火不僅對森林資源造成損害，對人民生命安全的威脅更是不容忽視。〈減災與整備策略新視野 以自然解方應對城野交界火災〉一文以自然解方為核心，結合現行森林火災災害防救業務計畫，針對相關案例提出具體可行的方法與建議。



隨著近年俄烏戰事的發展，無人機技術日益受到關注。〈應用航照影像判釋恆春半島銀合歡分布區域〉一文探討無人機的應用，航測及遙測分署早在 2018 年便開始規劃，結合無人機低空航攝與現有有人機高空航攝作業，成功建置了「熊鷹號」定翼型無人機隊，展現其技術實力，並運用此技術助力判釋對南臺灣的景觀及生態環境造成嚴重影響的強勢物種銀合歡。

〈都市林營造與樹木保護 營造更高韌性的生態城市〉一文深入探討都市林營造與樹木保護的相關議題，文章特別強調在都市林營造的前置作業階段，需謹慎處理關鍵環節，以確保植栽的存活率及其充分生長的條件。在樹木保護方面，作者結合多年從事樹木保護工作與推廣實務的經驗，分享了實務操作中的寶貴經驗與關鍵注意事項。

〈自然，是一所學校—關於臺灣山野教育〉闡述了山野教育的價值，強調其不僅能引導人們學會與自己相處，更能透過體能與毅力的鍛鍊，激發追求目標過程中的自主學習動力，與培養堅毅與適應力。臺灣的地理環境提供了豐富的資源，從郊山、中級山到高山百岳，皆可作為山野教育的場域，結合跨學科的學習方式，展現出豐富且多元的學習價值。

此外，還有許多默默站在山林最前線的無名英雄，共同守護這片美麗的土地。〈守護山林的雄鷹 無人機科技重塑保育未來〉探討無人機科技為森林保育注入新能量，森林護管員如何結合高科技與實地經驗，突破傳統巡山的侷限，開創更多元的保育策略。〈飛越極限捍衛山林 森林保育的空中英雄〉一文帶領讀者一窺空勤總隊如何投入林業飛行任務，從空中投水滅火到協助山難救援，展現其專業與奉獻。

最後，〈山無語卻有聲 踏尋赤腳傳奇的山林哲學〉一文走進北大武山，記錄檜谷山莊莊主十多年來對北大武山的深情守護與奉獻。從步道維護到山難救援，這位默默無聞的守護者，以行動詮釋了對山林的承諾與哲學。🌿

數位轉型護山林 林火防救新解方

在氣候變遷影響下，
森林火災的風險與挑戰持續攀升。
為強化防救韌性，
數位轉型已成為不可或缺的推手。

結合氣象在地資料的林火風險評估系統，
提供精準預警與加值應用，
TVWS 骨幹通訊網絡進駐高風險地區，
為救災行動架起即時資訊橋梁。

數位科技與林火防救的深度融合，
正為臺灣森林的未來描繪出一幅安全與永續的新藍圖。



林火風險評估系統 氣象資料導入及加值運用

文、圖／柳婉郁（通訊作者 | 國立中興大學森林學系教授）

王世宇（美國猶他州立大學植物、土壤與氣象學系教授）

俞鈺文（國立中興大學森林學系研究生）

氣候變遷影響 全球林火風險顯著增加

在氣候變遷的影響下，21 世紀末期間全球乾旱事件程度、頻率皆呈現顯著增長趨勢，臺灣也不例外。根據臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平

臺（Taiwan Climate Change Projection Information and Adaptation Knowledge Platform, TCCIP）報告指出，近 30 年來臺灣的氣溫上升速率明顯增快。森林火災肆虐全球，帶來嚴重生態與經濟損失，近年在氣候變遷影響下，全球森林火災趨勢有更加嚴峻的現象。



■ 全球森林火災受氣候變遷影響趨勢更加嚴峻（豐年社提供）



玉山大火延燒面積超過 79 公頃（林業保育署嘉義分署提供）

近年來，臺灣森林火災次數亦有增加趨勢，自 2012 年起，臺灣林火發生次數逐年上升，其中，2021 年因臺灣面臨嚴重乾旱的威脅，該年度共發生 93 起森林火災，為臺灣近年 2005 — 2021 年間，最嚴峻的一年，其中又以 2021 年 5 月玉山八通關發生的森林大火為嚴重，該事件共燃燒 72 公頃的森林面積，耗費 12 天方能撲滅，動員直升機 83 架次、投水 161 噸、總計 960 人次參與救援，付出龐大社會成本。

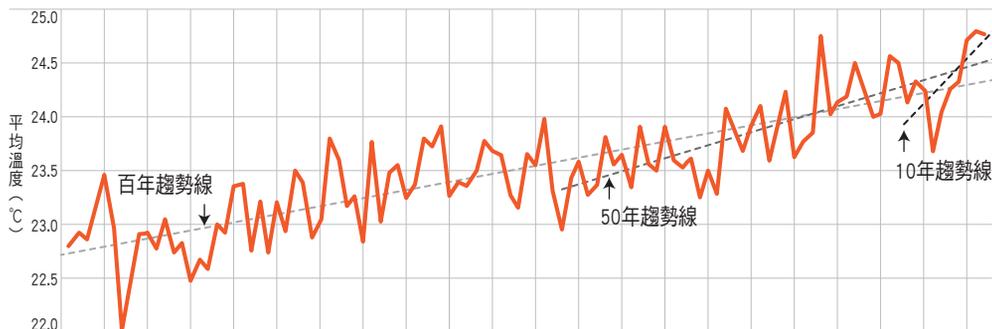
建置林火危險度預警系統

受到氣候變遷影響與威脅，在臺灣「預防性」觀念的災害處理政策扮演越來越重要的角色，為加強林火防範，林業及自然保育署（下稱林業保育署）自 2002 年始執行「林火危險度預警系統」的建置計畫，當時在臺灣森林地區架設 40 座林火危險度觀測站，藉由蒐集林地燃料棒濕度與氣象觀測資料，計算每日林火引燃機率。然而，當時林火危險度預警系統所使用的觀測站密度不足，加上衛星遙測資料運用有限，時常產生林火指數失準的問題。

面對當前氣候變遷影響與過去系統的推估限制，當前有必要針對我國的林火危險度預警系統進行更新。因此，林業保育署於 2022 年起委託國立中興大學研究團隊，運用現代科技，

納入高解析度衛星遙測影像、數值天氣預報模式，發展新一代我國林火風險評估系統。此外，為效法當代先進國家的管理策略，本研究亦透過回顧國際間林火預警作法，探討加拿大林火天氣指數（FWI）於臺灣的適用性，進而計算高解析度 FWI 指數，並設計操作友善的網頁呈現介面。新一代林火風險評估系統具備 FWI 指標查詢、預報資料開放下載、細胞廣播警示發布等增值功能，可作為臺灣森林火災風險預防與評估的有效工具。新一代系統導入氣象觀測與預報資料為關鍵創新，惟林火風險預警資訊對防災、救災、森林生態、空品等面向的經濟效益仍有待深入研析。林火風險評估系統的研發維運需投入大量人力物力，若能彰顯其經濟價值，更能凸顯投資的必要性與急迫性，並作為爭取研發資源的重要佐證。期盼氣象、地理資訊、資訊、林業、環境經濟等領域的專家共同投入，開創嶄新林火研究。

為介紹我國新一代的林火風險評估系統，以下共分為 3 個面向進行：
1. 透過文獻回顧，探討國際間氣候變遷下森林火災的發展趨勢，並蒐集



■ 臺灣歷史氣候觀測全島年均溫（表中顯示臺灣近年氣溫上升速率有急劇上升情形）
資料來源：TCCIP（2018）

當代先進國家林火預警系統的作法；
2. 針對我國新一代林火風險預警評估系統的加值功能進行介紹，除了包含的大氣觀測同化資料、林火天氣指數（FWI）、大氣統計降尺度資料外，亦針對新一代系統的加值服務如：應用整合性圖資、開放資料與 API 服務、建置細胞廣播系統等進行介紹；3. 介紹我國新一代林火風險評估系統的建置成果，並針對相關重要議題如：加拿大發展的林火天氣指數（FWI）應用於臺灣的適用性、新一代林火風險評估系統的準確度、林火風險評估系統的經濟效益等議題進行探討。

國際林火趨勢與預警系統作法

氣候變遷下森林火災趨勢

在極端高溫、乾旱事件頻傳下，近年全球多地皆飽受森林大火肆虐之苦，火災規模與頻率不斷攀升（Stowell et al., 2019; Crockett and Westerling, 2018）。Parente 等（2019）分析葡

萄牙 1980—2017 年發生的 67,103 起森林火災，結果顯示有 81% 發生在乾旱期間，其中 86% 是乾旱直接導致。Russo 等（2015）預測，受全球暖化影響，未來 20 年歐洲熱浪的發生頻率、影響範圍、嚴重程度都將顯著提高。Martinuzzi 等（2019）分析顯示，在氣候變遷下，至 2070 年美國林火風險將上升 32—72%。可見在變遷的氣候型態下，森林火災正呈現日益嚴峻的發展態勢。

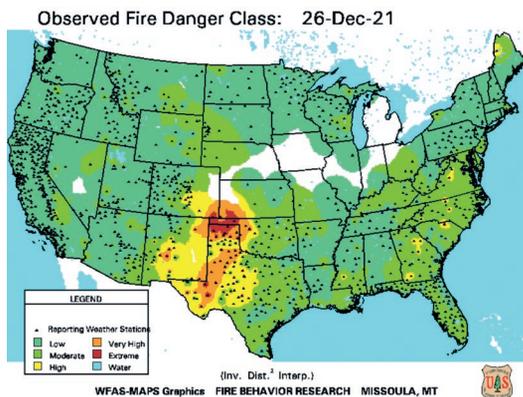
臺灣近年森林火災發生次數亦呈上升趨勢，尤其 2020 年代表性事件頻傳，2021 年更創下 2005 年以來新高，共發生 93 起。2021 年 5 月中旬，玉山國家公園八通關地區發生嚴重森林火災，燃燒面積達 72 公頃。2020—2021 年間臺灣亦歷經 60 年來最嚴重乾旱事件，亦是誘發林火頻發的因素之一。除此之外，Yu 等人（2024）研究指出，在氣候持續暖化的趨勢下，未來臺灣極端乾旱及森林火災風險將持續升高，並指出與近年來（1992—

2021 年) 平均林火發生次數的基準相比, 我國 21 世紀末 (2070—2099 年) 在 RCP8.5 氣候變遷悲觀情境下的林火次數將增加約為 35.6%。

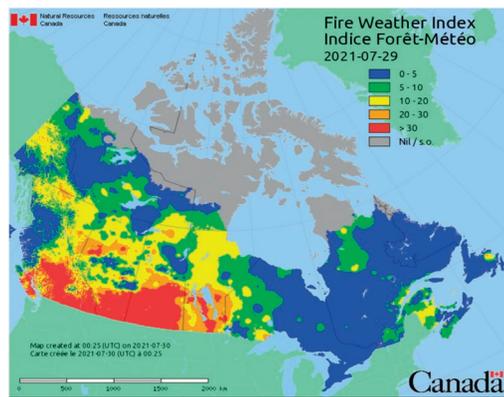
國際間森林火災預警評估系統發展概況

近年在高解析度衛星遙測、數值天氣預報等技術進步帶動下, 美國、加拿大、歐盟、澳洲等皆已發展出較為完善的森林火災預警評估作業系統。美

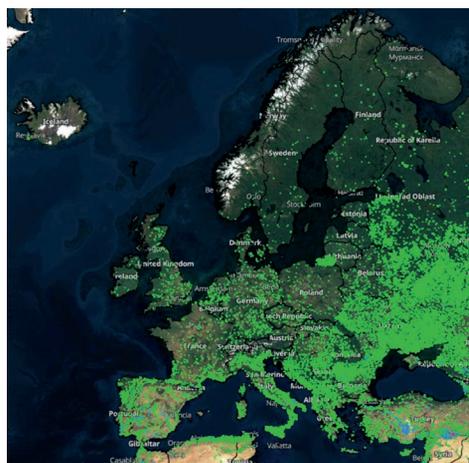
國的林火風險評級系統 (National Fire Danger Rating System, NFDRS) 整合天氣資訊管理系統 (Weather Information Management System, WIMS) 與野火評估系統 (Wildland Fire Assessment System, WFAS), 提供燃燒指標 (Burning Index, BI)、蔓延因子 (Spread Component, SC) 等林火風險指標, 並於每日公布當日與未來 7 天、未來季節期間的林火風險評估資訊。美國加



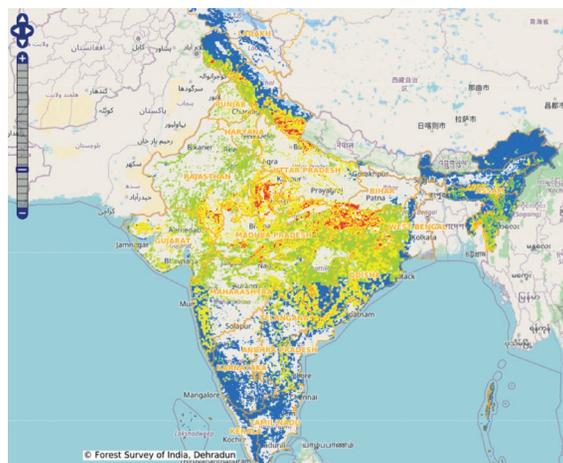
(a) 美國森林火災風險評估分析結果



(b) 加拿大森林火災風險評估分析結果



(c) 歐盟 EFFIS 即時災損評估系統



(d) 印度森林火災風險評估分析結果

世界各國森林火災風險評估分析結果

資料來源：CFFDRS (2021)、WFAS (2021)、EFFIS (2021)、FSI (2022)。

州則建置 CAL FIRE 系統，動態呈現林火對於社區威脅程度與林火優先防範地景區，並擬定完整的森林資源調查評估與林火管理預防計畫。

加拿大森林火災危險評級系統 (Canadian Forest Fire Danger Rating System, CFFDRS) 包含林火天氣指數 (FWI)、火勢預測系統 (Fire Behavior Prediction System, FBP) 等子系統。其中 FWI 系統納入燃料濕度、火勢蔓延速率等 6 項指標，廣為各國採用。歐盟 EFFIS 系統、紐澳、英國、印度皆套用加拿大林火天氣指數 (FWI) 的架構並進行在地化調校。歐盟 EFFIS 系統除了包含林火風險評估外，也利用 NASA 衛星進行林火火點與過火面積的即時監測。印度的森林火災預警系統 (Forest Fire Alert System) 則整合 MODIS、VIIRS 等中低解析度衛星，提供即時火情監測、大火災區判識、未來林火風險預警等服務。綜觀上述案例可知，現今先進國家在林火研究領域，皆善用衛星遙測、數值天氣預報等新興科技，發展出兼具即時監測、未來預報的林火風險評估技術。

新一代林火風險評估系統

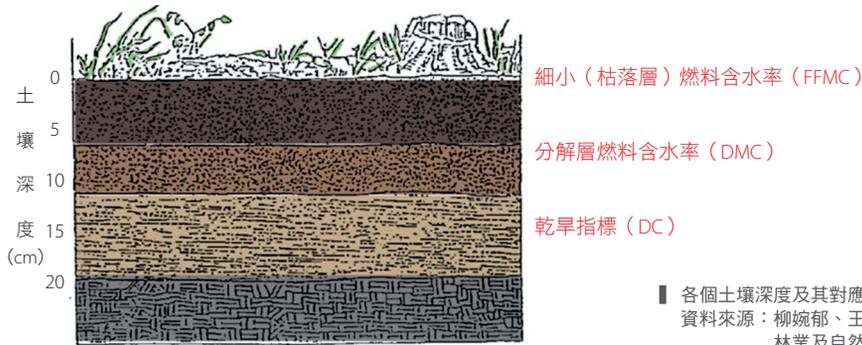
大氣觀測資料同化與未來氣象場模擬

為改善傳統僅倚賴地面測站觀測的林火指數計算方法，透過學術合作採用歐洲中期天氣預報中心 (European Centre for Medium-Range

Weather Forecasts, ECMWF) 的再分析資料 (Reanalysis Data)，並融合美國 NASA 衛星觀測與探空資料，透過資料同化 (Data Assimilation) 技術，提供涵蓋臺灣在內的東亞地區範圍均勻、準確的大氣狀態分析場。在此基礎上，進一步導入美國國家環境預報中心 (National Centers for Environmental Prediction, NCEP) 的 GFS 0.25 度解析度全球預報系統，模擬未來 7 天的地表 2 公尺溫度、相對濕度、10 公尺平均風速、累積降雨量等氣象要素。利用上述數值預報產出的網格化氣象場資料，套用加拿大林火天氣指標系統 (Canadian Forest Fire Weather Index System) 的 6 項分量計算公式 (Van Wagner, 1987)，來獲得涵蓋臺灣全島未來 7 天的 1 公里解析度 FWI 指數預報。

其中，該 6 項 FWI 分量指標分別為：

- 細小燃料含水率指數 (Fine Fuel Moisture Code, FFMC)：代表地表不超過 2 公分的落葉枯枝層 (Litter Layer)、細小枯枝落葉等可燃物的含水量。
- 分解層燃料含水率指數 (Duff Moisture Code, DMC)：代表深度約 5—10 公分的淺層落葉腐質層 (Duff Layer) 含水量。
- 乾旱指數 (Drought Code, DC)：代表深度約 10—20 公分的深層有機質土壤含水量，乾旱指標 (DC) 反映著 1 個半月左右底層土壤的乾



旱狀態，越乾燥就有利林火的發生並提供森林火災的燃料。

- 初始蔓延指數 (Initial Spread Index, ISI)：綜合 FFMC 與風速，預測火勢蔓延速率，該指標為代表林火擴散速率，數值越大，林火擴散越快。
- 累積燃料指數 (Buildup Index, BUI)：綜合 DMC 與 DC，估計可供燃燒的燃料總量。
- 林火天氣指數 (Fire Weather Index, FWI)：融合了林火擴散率 (ISI) 及可供消耗的燃料量 (BUI)，代表林火發生強度與控制難度。

FWI 指數從加拿大落葉林、針葉林環境發展而來，雖已廣泛應用於全球各地，但如何因地制宜的校訂仍是一大挑戰。未來將進一步分析比對歷史實際發生的林火點位資料，探討如何調整指標門檻值以符合臺灣在地特性。

統計降尺度至更高空間解析度

由於 GFS 預報模式原始輸出格點解析度為 0.25 度 (約 25 公里)，

較難掌握臺灣複雜地形下的局部地區氣候變異性。為提高林火指數預報的空間解析度，採用統計降尺度方法，將預報資料配合高解析度地形資訊，內插至 1 公里網格。空間內插採用雙線性插值法，並以 ECDF (Empirical Cumulative Distribution Function) 法建立模式輸出與觀測資料的統計關係，進行網格點尺度的系統性偏差修正 (Bias Correction)。此法計算負荷遠低於動力降尺度，在合理的計算成本下仍可大幅提升空間解析度。

整合 Web GIS 圖資發布

整合內政部國土測繪中心公開的通用版電子地圖 (Taiwan Geospatial One Stop, TGOS MAP) 圖磚服務，以及林業保育署提供全臺林班、保安林、國有林、土地利用型等基本圖資。在網頁前端，採用 Leaflet 等輕量化網頁地圖函式庫 (Web Mapping Library)，開發跨平臺的 Web GIS 使用者查詢介面，使系統可順暢在個人電腦、智慧型手機、平板等不同裝置中操作。

開放預報資料 API 服務

為促進防救災單位及學研機構活化運用林火風險預警資訊，本系統提供符合 REST (Representational State Transfer) 風格的 Web API 服務，可透過標準 HTTPS 協定，取得 GeoTIFF、NetCDF 等通用地理資訊格式的預報圖資，供外界直接套疊或進行加值整合應用。

高風險區域細胞廣播警示

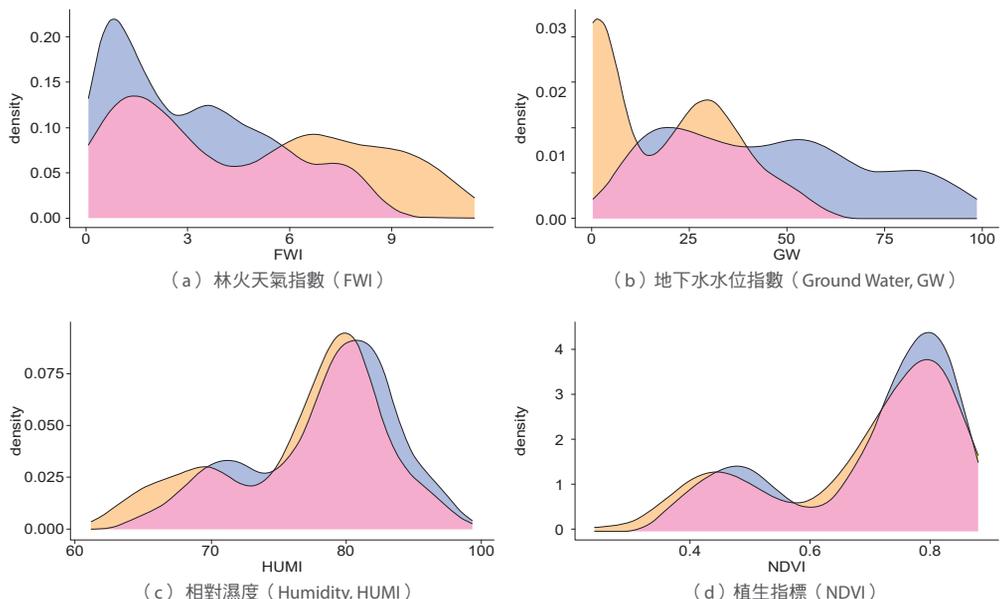
本系統於每日凌晨執行批次評估作業，若判定某鄉鎮有 8 成以上林地範圍，在未來連續 7 天皆達 FWI 最高危險級，即自動將該區列為高風險熱區。系統進一步編製熱區的共通示警協定 (Common Alerting Protocol, CAP) 警示訊息檔，透過內政部消防署的災防告警細胞廣播系統 (Cell

Broadcast Service, CBS) ，針對熱區發布國家級警報。考量過度頻繁示警將引發使用者警覺疲乏，同一區域 2 次警示發布間隔至少相隔 5 天。透過地理圍欄技術，可大幅提高林火風險預警的時空準度，避免不必要的廣播干擾。

預警評估系統成果與優化

FWI 指標於臺灣林火風險評估的適用性分析

為檢視 FWI 指標能否有效反映臺灣林火風險程度，系統性地分析 1964—2021 年間的歷史林火發生紀錄與模式模擬的 FWI 指數。根據結果顯示，在林火較為嚴重的年分期間，FWI 指數明顯高於林火較少的年分，且 FWI 數值與歷史臺灣林火次數



■ 臺灣歷年林火次數與氣候環境指數的關係 (紅色：林火嚴重年分；藍色：林火輕微年分)

呈現顯著的正相關 (R-Square=0.68, p -value<0.01)，尤其在中南部地區、春冬季節更為明顯。顯示 FWI 指標確實能掌握臺灣火害發生頻率的時空分布特性。進一步分析其他環境因子，發現乾旱指數、地表土壤濕度、NDVI 等因子與林火數量亦存在顯著統計關聯。整體而言，水文、大氣、植被等多重因素交互影響下，共同導致臺灣山區呈現明顯的季節性林火風險高峰期。在林火風險評估上，FWI 指標能綜合考量焚風、乾旱、燃料等因子，可視為適用於臺灣環境的林火風險綜合指標。

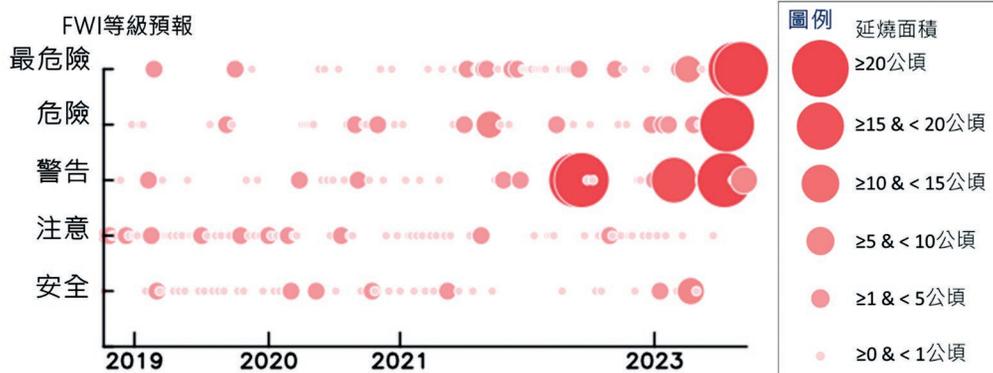
FWI 預報準確度驗證

為了驗證 FWI 預報準確度，針對 FWI 指數的一日預報準確度，進行驗證評估。由於重新產製數值天氣預報 (Reforecasts) 需要龐大電腦計算資源，受限於有限的計算資源下，僅以 2018—2021 年及 2023 年第一季實

際發生的重大林火事件為樣本，進行 FWI 指數一日預報準確度驗證，其結果如圖顯示，圖中橫軸為事件日期，縱軸為 FWI 危險等級，每個圓點為一個林火事件，圓點大小為延燒面積。結果顯示有 81% 的林火事件發生時，該處 FWI 預報等級皆達注意級以上。而延燒面積大於 15 公頃的重大案例，發生位置的預報指數更全數達警告級以上。上述結果顯示本系統預報產品具有一定的可靠度，可作為林火風險預警與防救災部署的重要參考。未來將透過更長時間的持續監測，進一步優化指標門檻值，以提升預警的時效性與空間準度。

預警評估系統建置成果

本計畫建置的「林火風險預警評估系統」，一般使用者可任意切換查看未來 7 天各時間的 FWI 指數預報與 6 項分量指標空間分布圖，並可自由套疊各式基本圖資，如森林遊樂區、



■ 2018—2021 年及 2023 年第一季重大林火事件的 FWI 一日預報等級

保安林、國有林、林班、臨時避難收容處等地理資訊或切換使用內政部通用地圖等。系統亦提供定位功能，使用者可快速瞭解所在位置的林火風險分級。系統每日更新最新預報資訊，使一般民眾得以隨時掌握未來一週的林火風險變化趨勢，提高警覺並採取必要的防範措施。

對於防救災單位與學研機構等進階用戶，本系統亦提供 API 查詢介面與開放資料下載服務，可取得 GeoTIFF、NetCDF 等標準地理資訊格式的預報資料，直接匯入災防決策支援系統或進行其他加值應用。此外，系統也透過自動化排程，於每日凌晨執行鄉鎮尺度林火風險評估，針對預判有高度風險的區域，適時發布細胞廣播警示訊息，提醒身處於高風險區域的居民與旅客提高警覺。透過更在

地化的預警發布機制，可望進一步提升整體火災預防成效。

預警資訊應用的經濟效益評估

建立完善的林火風險預警系統可產生諸多社會經濟效益，包括：1. 縮短林火撲救時間，降低森林生態的損害；2. 減少防救災資源投入；3. 維護森林生態系服務功能；4. 降低濃霧、煙霾衝擊，減少健康、交通損失等。惟林火風險評估系統的建置與維運需投入大量人力物力，如何評估林火風險預警資訊的整體經濟價值，進而彰顯研發投資效益，仍有待深入研析。

過去國內外已有零星研究嘗試估算預警資訊的效益，例如：Mavsar 等（2013）評估歐盟 EFFIS 系統一年約可減少 3,800 萬歐元的災損；美國 Rim 大火事後評估發現，若能及早一



■ 林火風險預警評估系統網頁畫面 2023 年 4 月 18 日系統畫面（左 1 為首頁；左 2 為點選主選單後，出現資料清單的畫面；右 2 為點選圖層調整工具後的畫面；右 1 為選用內政部國土測繪灰階地圖後的畫面。）

天發布警報，約可減少 35% 的延燒面積 (Moeltner et al., 2013)；德州農工大學估算，美國政府每投入 1 美元建置林火風險預警系統，約可創造 11 美元的效益 (Kaulfus et al., 2017)。國內學者鄧屬予等 (2013) 分析八八風災個案，認為若提早一天預警，農損約可減少 40 億元；黃宏斌等 (2016) 則利用條件評估法 (Contingent Valuation Method, CVM)，推估臺灣民眾對一週天氣預報的平均願付價格約為 658 元/年。

綜合上述文獻可知，林火風險預警系統所提供的資訊確實孕育龐大且重要的應用潛力。然而目前研究仍偏零散，尚缺乏系統性評估框架。未來宜結合大數據、統計迴歸、效益移轉、願付價格、避免成本等方法，更全面估算林火風險預警系統對火場周遭社區的直接效益，以及對空品、觀光、公共衛生的效益，並進一步評估其對森林碳吸收、水源涵養、棲地保育等生態系服務的價值。唯有闡明林火風險預警系統的科學意涵與經濟效益，才能獲得各界支持，爭取更多研發資源投入。

科技助力林火防減災

為提升我國林火防治效能，透過彙整近年國際間林火預警評估作法與趨勢，分析加拿大 FWI 指標於臺灣的適用性，運用衛星遙測、數值天氣預報等創新技術，建置新一代林火風險

預警評估系統。為適合廣大行動裝置使用族群，於林火風險預警評估系統中採用跨平臺網頁地圖操作介面，並提供未來 7 天、1 公里解析度的林火風險預報資訊。除此之外，新一代的林火預警系統亦提供網頁地圖查詢、API 介接、開放資料下載、細胞廣播警示等多元服務。預報模式與網站皆已完成初步建置並正式上線。系統畫面流暢穩定，歷史案例驗證結果顯示，FWI 指標能有效評估臺灣林火風險程度與空間分布特性，系統可作為預防與評估臺灣森林火災風險的有效工具，可望提升政府機關與民眾及時掌握火災風險，協助進行防範部署與應變行動。

未來建議可持續精進預報模式，導入更在地化的植生、地形參數，提高山區預報準度。並發展林火火場模擬、衛星火點偵測、物聯網整合、人工智慧和機器學習應用等輔助模組，提供救災人員更及時、更空間精準的決策依據。此外，林火風險預警資訊的經濟效益評估亦有待深入研究。建議未來結合環境經濟學、林學、災害防救、大氣科學等跨領域專長，以多元方法論估算預警資訊於火場周邊、下游社區、生態系等不同尺度的綜合效益。唯有闡明林火風險評估預警所孕育的減災商機，才能爭取各界持續支持相關研究，共同為臺灣森林永續管理盡一份心力。♾

(參考文獻請逕洽作者)

偏遠山區的防火新藍圖

TVWS 通訊網絡的建構與實踐

文、圖／邱大福（總泰技術整合有限公司總經理）

彭奕嘉（通訊作者 | 林業及自然保育署保育企劃組設計師）

星星之火，足以燎原，林火一直是威脅山林資源安全的主要禍患，在偏遠山區，即便是微小的火源也可能迅速蔓延，演變成難以控制的大火。一旦延誤最佳的撲滅時機，林火將無情吞噬一切，造成難以彌補的生態浩劫和財產損失。

造成林火難以遏制的重要原因之一，就是偏遠山區的寬頻通訊基礎設施不足。雖然現有的無線電系統在緊急通訊中發揮著重要作用，但在支持大規模數據傳輸和遠程監控等方面仍有局限。一旦發生火情，救援人員和監控系統可能無法及時獲知詳細資訊，也難以進行高效的資源調度。即便當地發現火情，傳遞詳細警報的途徑也可能受限。救援人員在趕赴現場的過程中，火勢可能就已經失控，形成不可逆的火災浩劫。

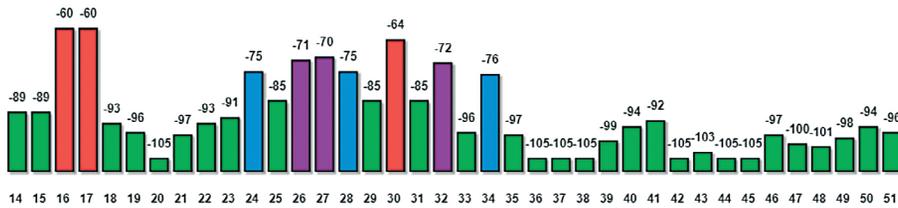
此外，山區複雜的地形也為救援隊伍之間的通訊帶來挑戰，影響指揮調度的效率。長期以來，如何在偏遠山區建立全面而高效的通訊網絡一直

是山區防火工作面臨的難題。隨著科技的發展，一些新興技術為解決這一困境帶來新的可能性，其中 TVWS（無線電視空白頻譜）無線通訊技術引起我們的關注。

本文介紹利用 TVWS 這一新興技術，在林火高風險區域建置專用骨幹通訊網絡的初步研究過程。此外，也分享 4 年來的測試數據和初步成果，探討 TVWS 技術在補充現有通訊系統、增強山區防災能力方面的潛在價值。同時，也將客觀分析這項技術在實際應用中可能面臨的挑戰，為未來更深入的研究和實踐提供參考。

TVWS 技術背景簡介

TVWS（Television White Space）中文全稱為「無線電視空白頻譜」。顧名思義，它是指在無線電視廣播傳輸使用的頻譜中，某些特定頻道處於閒置或未被其他用戶占用的「空白」狀態。這些被閒置的頻譜資源，正是 TVWS 技術的核心所在。



■ TVWS 設備掃描結果範例圖

傳統電視無線廣播採用的是在 470—806MHz 的頻段，用於傳輸視訊和音訊數據。但實際上，這一頻段內仍有部分頻率會被閒置或空置，未被電視臺有效利用，成為所謂的「White Space/ 空白頻譜空間」。

TVWS 技術的關鍵在於，通過智慧終端設備，動態地感知這些閒置頻譜，並將它們二次使用於數據傳輸。也就是說，在不干擾電視播放訊號的前提下，我們可以在這些「空白頻譜」上疊加建設新的無線數據通路。

傳統 Wi-Fi 與 TVWS 無線網路比較

相較於傳統 Wi-Fi 無線網路，TVWS 擁有顯著的技术優勢：

- 距離遠：TVWS 所使用的 470 — 698MHz 頻段，較 2.4G / 5G WiFi 和 4G / 5G 頻段低很多，波長較長，傳輸距離更遠，覆蓋範圍也更廣，實測可達 20 公里以上。
- 穿透力強：低頻長波訊號穿透建築物、樹木的能力更強，不易被地形地物阻隔。
- 抗干擾能力佳：低頻段訊號對多徑效應和障礙物遮蔽的抗干擾能力更好，傳輸更加可靠。

- 部署迅速彈性大：無需龐大的基礎工程且低功耗，在有電源的情況下就能快速架設基地臺通訊節點，設備成本及維運成本都較微波低。
- 智能調頻共享：TVWS 設備可利用外部擴展掃描裝置自動在數位部核發的頻率下尋找最佳可用頻道，實現頻率有效共享，避免干擾。

TVWS 與手持式無線電中繼站系統的比較

在討論 TVWS 技術的應用前，有必要將其與目前廣泛使用的手持式無線電中繼站系統進行比較。這 2 種技術在山區通訊中各有特點，理解它們的差異和互補性對於全面提升山區通訊能力至關重要。



■ TVWS 技術利用為山區防火工作帶來新的可能性（豐年社提供）

■ 手持式無線電+中繼站系統

優勢

- 可靠的語音通訊：在中繼站架構下可增加覆蓋面積，緊急情況時提供即時、清晰的語音通訊。
- 便攜性強：設備輕便，易於攜帶和快速部署。
- 低功耗：電池續航時間長，適合長時間野外作業。
- 成熟技術：操作簡單，維護成本相對較低。

局限性

- 帶寬有限：主要用於語音通訊，不適合大量數據傳輸。
- 覆蓋範圍受限：在複雜地形中，訊號可能受到嚴重衰減。
- 擴展性有限：難以支持複雜的網絡拓撲和多媒體應用。

■ TVWS 技術

優勢

- 長距離傳輸：訊號覆蓋範圍廣，適合大面積山區。
- 高帶寬：能夠支持影片監控、數據傳輸等高帶寬應用。
- 穿透能力強：訊號能夠穿透少數樹木和部分地形障礙。
- 靈活的網絡拓撲：可以建立複雜的網絡結構與介接不同系統（如 LoRa^{註1}），支持多種網路化的系統應用。

局限性

- 技術相對新穎：實際應用經驗較少，可能需要更多的測試和驗證。
- 初始部署成本較高：需要專業的設備和技術支持。
- 受頻譜管理影響：使用需要符合相關法規和獲得許可。

■ TVWS 和無線電系統的互補關係

TVWS 技術並非旨在完全取代現有的無線電系統，而是作為補充技術，以彌補現有系統的不足。2 種技術的結合可能為山區通訊帶來更全面的解決方案：

- 應急通訊與日常監控：無線電系統可繼續作為主要的緊急語音通訊工具，而 TVWS 可用於支持日常的數據傳輸和遠程監控。
- 近距離與遠距離通訊：在近距離通訊中，手持式無線電可能更為便捷；而在需要覆蓋大面積區域時，TVWS 的長距離傳輸優勢則可得到充分發揮。
- 網絡冗餘：2 種系統可以相互備份，提高整體通訊網絡的可靠性和韌性。
- 資源優化：在不同的應用場景中，可以根據實際需求選擇最適合的通訊方式，實現資源的最優配置。

TVWS 技術的特性使其在山區和偏遠地區的通訊應用中展現出潛力，特別是在提供高速寬頻通訊方面。相較於某些傳統方式，TVWS 有可能以相對較低的成本建立覆蓋範圍更廣的無線

註 1：LoRa（Long Range）是低功耗、遠距離的無線通訊技術，適用於物聯網應用。

接入網路。這種技術可能為山區防火工作提供新的通訊解決方案，有助於加強監控、預警和救援行動的通訊基礎。

然而，重要的是要認識到 TVWS 技術在實際應用中仍處於探索階段。它並非旨在完全取代現有系統，而是作為一種補充技術。將 TVWS 與現有的無線電系統結合使用，有望創造出一個更加全面、可靠的山區通訊網絡。這種結合可能為林火預防和控制提供更多樣化的技術支持，但仍需要通過更多的實踐和研究來驗證其實際效果和可行性。

未來的研究和實踐將進一步明確 TVWS 技術在山區通訊中的具體應用方式和效果，以及如何最佳地與現有系統協同工作，從而為山區通訊帶來實質性的改善。

山區 TVWS 網路建置實務與測試驗證

為探索解決山區寬頻通訊難題的可能方案，我們圍繞 TVWS 這一新興技術開展為期 4 年的初步研究。這些研究旨在評估 TVWS 技術在山區環境下的應用可行性，為未來可能的大規模部署提供初步參考。

在這 4 年中，我們進行一系列探索性實驗，主要目的是初步驗證 TVWS 技術在山區特殊環境下的性能表現。這些實驗涵蓋多個面向，包括：

- 基站選址可行性評估
- 頻譜管理策略研究

- 網絡性能初步測試
- 物聯網應用潛力探索
- 與其他通訊技術的互補性研究

這些實驗的設計著重於收集初步數據和實際操作經驗，而非提供成熟的解決方案。我們謹慎地解讀實驗結果，避免過度推論。

值得注意的是，低軌道衛星網路作為一個潛在的互補技術也在我們的研究範圍內，但由於服務至今尚未在臺灣正式開通，我們僅進行了理論分析，尚未進行實機測試。

通過這些初步研究，我們希望能夠為 TVWS 技術在山區應用的可行性提供一些初步見解，同時也認識到還需要更多深入的研究和長期的實地測試，才能全面評估這項技術在實際應用中的效果和可能面臨的挑戰。

山區無線寬頻網路及物聯網技術整合可行性評估計畫

本計畫擇定於明池、塔曼山、四陵及拉拉山地區建立了一個小規模的 TVWS 網絡傳輸架構，旨在初步驗證 TVWS 技術在山區環境下的適用性和性能表現。該專案測試關鍵指標如訊號強度、可用頻道掃描、傳輸速率和覆蓋範圍，同時評估了直視 (LOS^{註2}) 和非直視 (NLOS^{註3}) 傳輸情況下的通訊品質。

經實測顯示，如果連線品質達到 MCS7^{註4} 時，節點間的網路速度可達該設備使用 6MHz 帶寬的最高值

throughput^{註5}=21.7Mbps，且 SNR^{註6} = 66 左右，是非常穩定的連線。

以攝影機監控應用來說，前揭頻寬可順利同時傳送 2 支攝影機最高影像均為 1920×1080 H.264 / 30fps 經 VPN 傳到中心端，並可遠端操作 PTZ 攝影機^{註7} 做轉向等操控，滿足物聯網大數據影像高速傳輸需求。

本專案項目的主要成果包括：

- 初步驗證 TVWS 技術在山區環境下的可行性
- 獲得寶貴的網絡參數測試數據
- 識別影響 NLOS 傳輸的主要因素，為後續優化奠定基礎

山區無線寬頻網路頻譜動態接取技術與布建區位研析

基於前一階段的成果，我們進一步研究頻譜資源的動態管理和高效利用方式。並於拉拉山生態教育館、李棟山及塔曼山地區部署頻譜動態掃描設備，透過實時監測頻譜使用情況並進行大數據分析，優化頻段分配策略，顯著提高頻譜利用率。此外，我們也研究制定高



■ 測試點分布 (含 NLOS)

效可行的 TVWS 網路規劃藍圖和基站部署方案，為後續大規模建網做好準備。

本專案項目的主要成果包括：

- 提出動態頻譜接取和管理方案
- 顯著提升頻譜資源利用效率
- 研究出高效的網絡拓撲和基站部署策略

山區無線寬頻網路建置及低軌衛星技術研析案

基於前期成果，本案規劃在林業及自然保育署新竹分署轄下山區建立一個實測規模的 TVWS 無線通訊網絡，用以驗證 TVWS 超遠距離傳輸的能力（實測通訊距離 > 40 公里）及實測物聯網應用，作為往後設計 TVWS 骨幹網路的參考。

此外，我們還研析低軌道衛星通訊技術在偏遠山區通訊中的應用可行性，探索低軌衛星和 TVWS 網絡相互補的可行性。

本專案項目的主要成果包括：

- 建成實測規模的 TVWS 無線通訊網絡
- 驗證物聯網數據在 TVWS 網絡上的高速傳輸能力
- 評估低軌道衛星技術在山區的應用潛力

山區無線寬頻網路應用於霞喀羅步道通訊研析案

除技術驗證外，我們高度重視 TVWS 在實際應用場景的表現。本案

註 2：LOS (Line of Sight)：視線可及，指發射器和接收器之間沒有障礙物的直接通訊路徑。

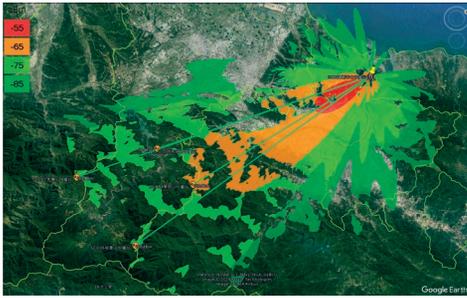
註 3：NLOS (Non-Line of Sight)：非視線可及，指發射器和接收器之間存在障礙物的通訊情況。

註 4：MCS7 (Modulation and Coding Scheme 7)：一種特定的調製和編碼方案等級，用於無線通訊中以平衡數據速率和可靠性。

註 5：Throughput：吞吐量，指在給定時間內成功傳輸的數據量。

註 6：SNR (Signal-to-Noise Ratio)：訊雜比，表示有用訊號強度與背景雜訊強度的比值。

註 7：PTZ 攝影機 (Pan-Tilt-Zoom Camera)：能夠進行平移、傾斜和縮放的攝影機，用於靈活的遠程監控。



■ 觀音山中繼臺 BTS1 網絡各鏈路餘量及訊號涵蓋範圍圖



■ 東崎頂中繼臺 BTS2 網絡各鏈路餘量及訊號涵蓋範圍圖

開展相關探究，在霞喀羅步道沿線部署 TVWS 語音通訊和監控系統，為登山者提供高品質語音通話及安全監控保障。將可提供清晰流暢的語音通話和實時影片傳輸無虞，充分滿足山區多樣化通訊需求。

本專案項目的主要成果包括：

- 在霞喀羅步道區域部署 TVWS 網絡
- 建立語音通訊和設備監控系統
- 顯著提升登山安全和應急通訊水準

4 年 4 個研析案項目實踐過程中，分別從不同角度驗證和探索 TVWS 技術在山區環境下的應用潛能，全面驗證 TVWS 技術在山區建設寬帶通訊骨幹網絡的穩定性和可靠性，同時也積累寶貴的規模建網經驗和大量技術數據，為開始在林火高風險地區大規模部署奠定扎實基礎。不僅如此，我們

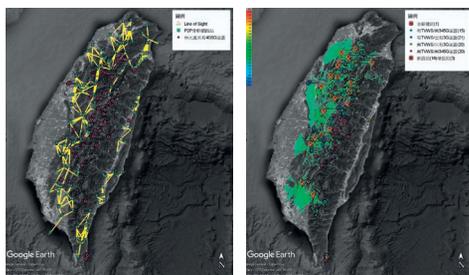
也汲取寶貴的經驗和技術數據，將為 TVWS 網絡的大規模部署提供重要借鑒。相信隨著技術的不斷演進和經驗的持續積累，TVWS 必將成為山區應急通訊的重要支撐力量。

我們將在前期工作基礎上，持續完善山區智慧防火體系各項應用，充分發揮 TVWS 防災減災領域的作用。我們有理由相信，TVWS 將成為推動山區防火現代化的核心動力，有望從根本上改變人類與大火對抗的被動局面，並助力山區物聯網應用系統無障礙地接入 TVWS 骨幹寬頻網路，共享數位紅利。

TVWS 林火高風險網路建置及應用

為全面強化林火高風險山區通訊韌性，並基於前期執行成果，林業及自然保育署於 2023—2025 年辦理林火高風險山區無線寬頻建置案，以建置完成後可涵蓋過往 10 年間無 3G 及 4G / 5G 網路訊號之林火發生點 70% 為目標，建置 TVWS 無線網路。目前挑選骨幹網路站及其覆蓋範圍大小對照林火發生處（無 4G / 5G）相關位置，如下圖所示：

2011 年 1 月—2022 年 9 月期間，林火統計資料，林火發生共 455 件（處），其中 8 筆未有 GPS 座標，發生林火處的 GPS 座標有效資料共計 447 處，其中沒有 4G + 5G 訊號涵蓋林火處共 76 處，依照電腦模式模擬結果本



■ 林火發生處與 TVWS 骨幹鏈路分布圖 ■ 林火發生處與 TVWS 訊號覆蓋站訊號涵蓋圖

案規劃 26 個 TVWS 覆蓋站即可把林火發生處涵蓋率提升為 71.0—78.9%，達到專案目標覆蓋率 70% 以上。

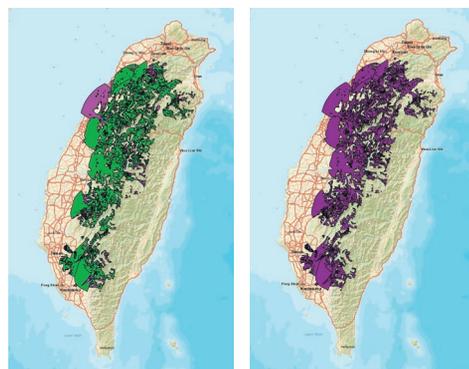
可利用 GIS 地理資訊系統計算骨幹網節點 BTS^{註9} 及覆蓋站 BTS 訊號涵蓋面積，本案建置 TVWS BTS 訊號涵蓋總面積：

$$\begin{aligned} & \text{訊號涵蓋面積 @-80dBm} \\ & = 8,508,862,225.99 \text{ 平方公尺} \\ & = 8,508.86 \text{ 平方公里} \end{aligned}$$

TVWS 骨幹寬頻通訊網絡的建立可能為林火防控提供新的技術支持。以下是一些可能的應用場景，但需要注意，這些都是基於 TVWS 技術潛力的初步設想，實際效果還需要進一步的研究和驗證。

林火預警監控系統概念

由多種監測設備組成，包括林火視訊監控、煙霧氣體監測、山區氣象站等，全部透過 TVWS 網絡聯通。一旦監控到可疑火點或異常煙霧，系統就會自動拉近鏡頭追蹤，同時向指揮中心推送畫面。指揮官可遠程查看火場環境



■ 骨幹網節點 BTS 及覆蓋站 BTS 各別涵蓋面積圖 ■ 骨幹網節點 BTS 及覆蓋站 BTS 涵蓋圖面積 Union 圖

並研判林火行為，判斷事態嚴重性，必要時立即發出警報，調度救援力量。

救火通訊輔助系統

TVWS 網路可為救火人員提供額外的通訊選擇，增強現有系統的能力。這些選擇可能包括數據傳輸、位置共享等功能，有助於補充現有的無線電通話系統。然而，在緊急情況下，依然需要依賴經過驗證的可靠通訊方式。

透過 TVWS 網路，指揮中心能夠接收救火隊員傳回的火場環境數據，並據此指揮滅火行動。救火隊員也可實時回報火勢變化，並上傳現場圖像和影像，以請求增派支援。更重要的是，前進指揮中心能通過 TVWS 網路的 SIP 電話^{註8} 與總指揮中心保持連線，隨時獲取最新情況，確保救援行動中不會出現通訊盲區。

未來智慧防火體系的可能發展方向

基於 TVWS 網路，未來可能會整合更多技術，構建更全面的防火系統。

註 9：BTS（Base Transceiver Station）：基站收發信臺，是移動通訊網絡中負責與移動設備進行無線通訊的固定站點。

註 8：SIP 電話（Session Initiation Protocol Phone）：使用 SIP 協議的網絡電話，支持基於 IP 的語音通訊。

這可能包括以下幾個方面：

1. 環境監測：部署更多類型的監測設備。
2. 數據分析：利用大數據和機器學習技術進行風險評估。
3. 協調指揮：提高救援行動的協調效率。
4. 智能設備：探索無人機、無人車等設備在救火中的應用。

這些想法代表了山區防火技術可能的發展方向。TVWS 通訊網絡可能在其中扮演重要角色，但實現這一願景還需要長期的研究、測試和跨領域合作。我們期待通過持續的努力和創新，逐步提升山區防火能力，但同時也要認識到，這是一個漸進的過程，需要謹慎評估每一步的實際效果。

看見山區防火系統的可能性

經過多年的試點研究，TVWS 技術在山區通訊網絡建設方面展現了一定的潛力。未來，將進一步探索 TVWS 網絡在山區的應用可能性，逐步擴大試點範圍，為可能的林火智慧防控系統奠定基礎。我們的長期目標是在重點山區部署 TVWS 通訊網絡，但這一過程需要謹慎推進，並根據實際效果不斷調整。

在推進 TVWS 技術應用的過程中，預計會面臨諸多挑戰，這些挑戰需要在實際部署過程中認真面對並尋求解決方案。包括但不限於：

- 頻譜資源管理：需要與現有無線電服務協調使用有限的頻譜資源。

- 電源供應：在偏遠山區提供穩定電源是一個重要問題。
- 網絡安全：確保通訊網絡的安全性和可靠性。
- 山區施工難度：氣候因素和地形條件給施工帶來挑戰。
- 人才培養：需要培養具備相關技能和體能的專業人才。

TVWS 技術除了在山區防火方面有潛在應用外，也可能在其他防災領域和偏遠地區通訊覆蓋方面發揮作用。然而，需要通過更多的研究和實踐來驗證其實際效果。這項新興技術可能為改善山區通訊環境提供新的思路，但我們也應該認識到，它是對現有通訊系統的補充，而不是完全的替代。

山區智慧防火只是 TVWS 技術眾多潛在應用中的一個方向。期待這項技術能在更多領域中得到探索和應用，為解決各種通訊難題提供新的可能性。然而，也應該保持審慎態度，認識到從理論到實際應用之間可能存在的差距，需要持續研究、測試和改進。

TVWS 技術為我們提供了一個新的視角來思考和解決山區通訊問題。通過持續的創新和務實的態度，希望能逐步改善偏遠地區的通訊條件，為建設更智能、更安全的山區防火系統做出貢獻。這是一個長期的過程，需要各方面的努力和合作。我們將繼續關注這項技術的發展，並在實踐中不斷總結經驗，推動其在適當領域的應用。🌱

林火肆虐背後的挑戰 從救災策略談防救裝備更新

文、圖／蔡博雅（通訊作者 | 林業及自然保育署森林管理組技正）

劉大維（林業及自然保育署森林管理組科長）

范家翔（林業及自然保育署森林管理組組長）

受溫室效應、氣候變遷影響，導致全球極端氣候如高溫、暴雨、乾旱等頻度與強度不斷增加，森林火災也面臨相同境況，如美國夏威夷州茂宜島、巴西亞馬遜雨林與希臘等均受到森林火災肆虐。而臺灣位處亞熱帶且為亞洲大陸東南方之海島，其位置深

受季節性大陸及海洋氣團之季風氣候影響，加上中央山脈縱貫南北，導致東部、西部、南部及北部等各區域氣候明顯差異，每年 10 月起至隔年 5 月梅雨季節來臨前，為中南部乾燥季節，也是森林火災的好發期，在過往氣候條件下，國有林地每年約發生 50 起森林火災事件，然 2021 年受嚴重乾旱影響，使林下燃料極度乾燥，致全年度共發生 93 起林火事件，為近年間林火發生最嚴重的一年，面對全球氣候變遷、極端氣候影響，森林火災災害風險不斷增加，如何提高氣候適應能力與減少災害衝擊是未來森林火災管理的重要課題。

歷年森林火災事件分析

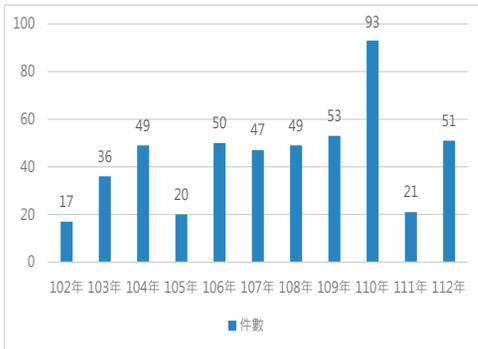
根據林業及自然保育署（下稱林業保育署）統計資料顯示，2013—2023 年間臺灣國有林共發生 486 起森林火災，其中發生於 3、4 月份的有 204 起，占 41.9%，為森林火災高風險月份。



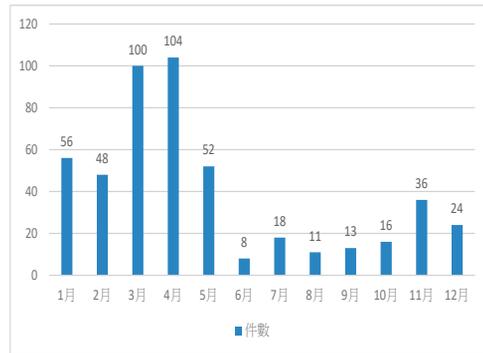
■ 山區偏遠且通訊設施不足，是森林火災難以遏止的重要原因。（豐年社提供）

森林火災發生區域主要位於臺中梨山地區、南投埔里、魚池地區、高雄內門、美濃及六龜地區，且由現場

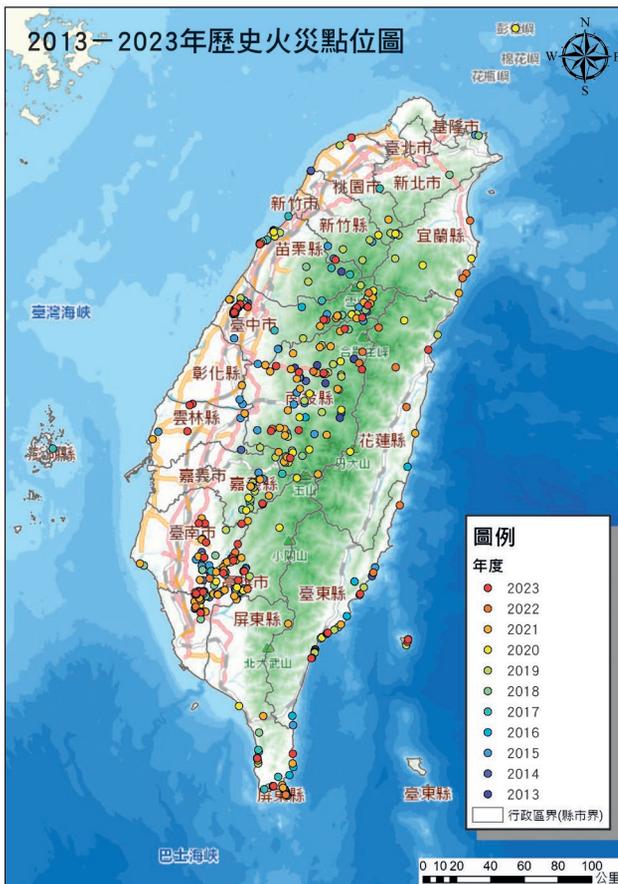
跡象研判，起火原因約 97% 森林火災事件是人為所致，其中以農墾、燃燒垃圾不慎引發為最大宗。



2013—2023 年各年度國有林地森林火災件數

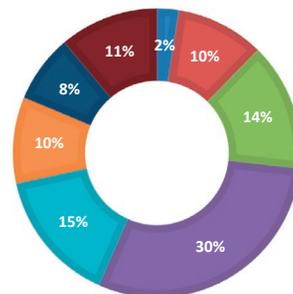


2013—2023 年各月份發生森林火災件數



2013—2023 年國有林地森林火災點位圖

- 1、雷擊等自然因素
- 2、蓄意縱火（林政糾紛）
- 3、垃圾燃燒不慎
- 4、農墾引火不慎
- 5、山區活動用火不慎
- 6、民俗祭儀用火不慎
- 7、亂丟菸蒂引起
- 8、其他人為因素



2013—2023 年森林火災發生原因比例

近年重大林火搶救紀事

2021年5月16日

玉山事業區第51、52林班森林火災 (玉山杜鵑營地) 事件

■ 應變搶救過程

2021年5月16日清晨5時許，林業保育署嘉義分署獲報位處海拔3,200公尺玉山國家公園範圍之杜鵑營地發生林火，隨即動員集結，並申請空勤總隊載運第一批人員抵達火場進行搶救，因火場偏遠搶救難度高，

林業保育署持續增派南投、屏東、花蓮及宜蘭分署等職員、森林護管員，共計投入113人搶救。歷經地面人員不眠不休開關防火線，搭配內政部空中勤務總隊、陸軍航空特戰指揮部直升機空中灑水作業，火勢於5月23日16時獲得控制，並於5月27日8時宣布熄滅，整場火災總計動員人力910人次、直升機83架次。

■ 災害損失情形

該火場區域範圍林相以臺灣二葉松、臺灣冷杉及鐵杉為主。透過衛星影像判釋，火災延燒面積約70公頃以上。

■ 事件災因分析與搶救困難點

- 災因分析：據內政部警政署保七總隊第七大隊調查肇事者喬○○訊問筆錄係因炊煮用火不慎導致。
- 火場地處偏遠，自登山口步行需2—3日以上才能抵達，且考量山區後勤補給困難，投入救災人員物資受限。
- 火場地形為荖濃溪上游及其支流所切割形成之陡峭谷地，人員挺進極為困難；林相以臺灣二葉松、鐵杉、臺灣冷杉等針葉樹為主，油脂含量高，且地表累積厚實松針落葉層燃料，火勢延燒猛烈、快速，且有地下火悶燒情形，需透過人力開挖撲救，搶救過程極為艱辛。
- 高海拔山區，人員不僅面臨低壓、低溫環境，更因氧氣稀薄易有高山症等適應不良之反應產生。



■ 玉山事業區第51、52林班森林火災火情與陸空搶救情形

■ 災後精進作為

強化人員組訓，提升高山地區救災能力；加強救火隊同仁體能、滅火技巧及鏈鋸操作；安排高海拔深山特遣勤務，強化高山活動能力與野外求生技能；確實檢整救火裝備與後勤物資，以因應重裝救火任務。

2023 年 3 月 23 日

竹東事業區第 28、29 林班（觀霧地區） 森林火災事件

■ 應變搶救過程

2023 年 3 月 23 日上午 11 時許，林業保育署新竹分署接獲通報，於新竹縣大鹿林道 22—24 公里處發現有火煙情形，新竹分署立即動員竹東工作

站救火隊員，並申請內政部空中勤務總隊支援救災。24 日火場風勢強勁，火勢迅速擴展延燒，延燒面積已逾 10 公頃，緊急應變小組由新竹分署接管處理後續應變作為，並請求臺中分署支援救火人力，為避免波及觀霧國家森林遊樂園區，立即派員於大鹿林道 24K 上方開闢防火線，前後動員 335 人次，直升機 9 架次，消防水車 40 趟次，於 2023 年 3 月 26 日上午 8 時宣布熄滅。

■ 災害損失情形

火場範圍為竹東事業區第 29、34、35 林班及大安溪事業區第 49 林班，延燒面積 79.84 公頃，屬林木經營區，於 1981 年間栽植，主要樹種為柳杉、香杉及臺灣杉等。



■ 竹東事業區第 28、29 林班（觀霧地區）森林火災事件搶救情形與災後復育作業

■ 事件災因分析與搶救困難點

- 本案起火原因不明，火場位於大鹿林道道路兩側，不排除為亂丟菸蒂所致。
- 長期天候乾燥，林下燃料累積厚實，加上火場風勢強勁火勢延燒迅速，搶救困難。
- 火場位屬航空管制區域，無法利用無人載具進行空拍作業，造成火點與延燒面積判釋較為困難。
- 火場前進指揮所設置於觀霧國家森林遊樂園區內，救災過程因電纜遭大火燒毀，造成電力中斷，僅能以備援電力，提供滅火計畫研擬與資料傳輸。

■ 災後精進作為

- 強化陸空聯合救災技術與資源共享，適時請求直升機協助拍攝火場範圍與煙點，供前進指揮所即時瞭解火情調整滅火計畫。
- 持續辦理緊急應變小組編組訓練，增加火情研判、滅火策略研擬等教育訓練項目，並以本次火災為案例，強化高山型火災因應作為。

2023年4月12日

高雄市內門區、杉林區森林火災事件

■ 應變搶救過程

林業保育署屏東分署於2023年4月12日下午3時許接獲陸軍八軍團通報，位於高雄市內門區溝坪段與杉

林區杉林段林地發生森林火災，因火場林相為竹林等輕質燃料，加上氣候乾燥，造成火勢快速延燒，4月13日火場延燒面積擴大至15公頃以上，屏東分署森林火災緊急應變小組成員進駐火場指揮，並於14日請求臺中、南投及臺東分署救火隊員支援救災，16日林業保育署緊急應變小組成立，且陸軍航空特戰指揮部直升機亦投入救災，最終投入1,101人次與直升機投水119次，於4月17日上午9時30分宣布熄滅。



■ 高雄市內門區、杉林區森林火災事件救災現況

■ 災害損失情形

火場大面積刺竹林，災後經林業保育署航測及遙測分署進行航空影像拍攝與判釋，以常態化差異植生指標進行影像分析，其延燒面積達 567 公頃，其中屬林業保育署經管土地為 340 公頃。

■ 事件災因分析與搶救困難點

- 災因分析：因本案查無行為人，依據現場環境與林相其發生原因研判為山區用火不慎或竹林整地用火不慎導致。
- 2023 年臺灣南部地區近 570 天沒有降下超過 200 公釐的大雨，致林下燃料極度乾燥，竹林分布連續且屬輕質燃料，火勢擴展速度極快，且竹叢悶燒，不易灌救。
- 火場地勢高低起伏大，且農路狹窄，人員車輛機動性受限。

■ 災後精進作為

- 強化國家森林消防車救災能力，更新細水霧滅火系統馬達及泡沫感知系統，優化淺山竹林地區量能。
- 預先建立火場區域道路圖資，以利火場交通管制與救災車輛之調派作業，維護救災人員與車輛安全。
- 研議控制焚燒與燃料移除，邀集國內專家研商定期進行「低強度控制焚燒」移除燃料之可行性，為避免地表燃料因多年累積，造成大規模火災。此外，乾燥季節期間，強化道路兩旁阻燃劑之噴灑作業，減少林火發生機會。

國有林森林火災災害防救對策

為健全森林火災防災體系，強化災害之預防相關措施，有效執行災害搶救、善後處理，農業部依災害防救法第 19 條規定，擬訂森林火災災害防救業務計畫，並責成林業保育署及各地區分署落實執行轄管國有林森林火災防災作業，其各項減災、整備及應變措施如下：

森林火災災情通報與傳遞

為防範森林火災，林業保育署設置森林火災防火中心，透過森林保護專線 0800-000930 及 0800-057930，確保各項火情資訊即時通報應變處理，並成立通訊軟體群組，強化訊息傳遞。

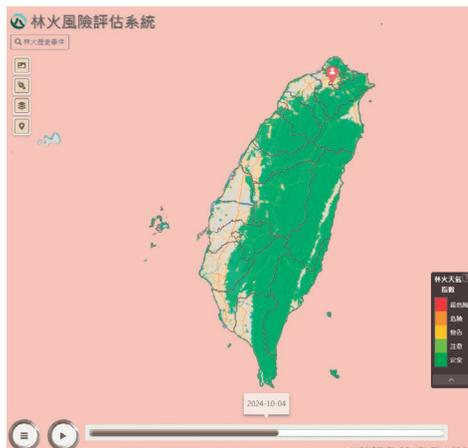
建置林火風險評估系統

全臺共設置 40 座自動林火危險度觀測站，蒐集各觀測站氣溫、濕度及燃料濕度，並綜合全球預報系統（Global Forecast System）衛星氣象資訊及加拿大森林火災天氣指數，建置林火風險評估系統，以評估臺灣各地森林火災潛在風險，並區分安全、注意、警告、危險及最危險 5 個等級，供林地管理機關及民眾參考，並結合森林火災災防告警細胞廣播服務，當連日乾旱情況下，適時提醒民眾謹慎用火、嚴防森林火災。

多元與精準式防火宣導

重要林道入口及森林遊樂區內外，以防火海報或林火危險度告示牌，

或透過廣電、官網、臉書粉絲專頁、海報等方式宣導，提醒國人從事登山、親近山林活動注意防火。利用地理資訊系統（Geographic Information System, GIS），進行租地造林地及歷史火災點位套疊分析，就火災高風險地區出租造林人造冊逐一訪談瞭解營林用火需要，並製作防火圖卡等實體書面資料，加強承租人宣導作業，透過精準式宣導，提高宣導效果，並減少災害之發生。



林業及自然保育署 圖照

高雄市田寮區、旗山區 森林火災警報簡訊測試中



林火風險評估系統頁面與森林火災災防告警細胞廣播簡訊測試



「守護森態 森火 byebye」防火宣導海報

警林合作，加強山區林野巡視工作

為加強捍衛國土與保護珍貴森林資源，防杜國有林地內盜伐、濫墾、濫建及森林火災發生，林業保育署於轄管國有林區內設置巡邏箱排定巡護路線，並會同內政部警政署保七總隊各大隊員警加強可疑人車監控，以防杜不法情事發生。

森林火災應變指揮與救火策略訓練

為確保救災人員安全、救災技能與精進救災指揮調度能力，林業保育署與各地區分署透過森林火災防救實務與緊急應變指揮系統訓練，由林火領域專家及資深救火隊長講授林火行為及林火環境與救災應變策略，提升防救災能力。

3D 聯合防救森林火災

林業保育署轄管國有林班地發生森林火災時，各地區分署立即啟動緊急事故應變指揮系統，動員森林救火隊員趕赴現場搶救，設立火場指揮所主導指揮救災工作，並立即通報地方政府消防機關動員消防人員配合；位



■ 森林火災應變指揮與滅火技巧訓練情形



■ 3D 聯合防救森林火災—空中投水地面清理



處深山區域或交通不便之地區，則申請內政部空中勤務總隊、陸軍航空特戰指揮部等機關提供直升機航空器，執行空中灑水救災或吊掛人員進入火場搶救。

強化森林火災應變救災能力

■ 更新國家森林消防車

因應淺山地區竹林火災與海岸防風林森林火災型態，林業保育署於2023年購置2臺5噸車體之國家森林

林火防救設備及裝備再精進

為提高我國森林火災防救對於氣候適應能力與減少災災害衝擊，林業保育署在既有的減災、整備機制外，分析鑽研上述重大森林火災災害類型與救災策略，積極更新、建置相關救災軟硬體如下：



■ 新購置的國家森林消防車樣式與功能

消防車，較各地消防局 7 噸消防車輛更為靈巧，車長也更為短小，提升鄉間小路之救災機動性，並配置高壓幫浦，車輛行進間可持續噴水，執行機動式高壓水柱即時撲滅團火、跳火及布防水線，維護山林資源。

■ 導入無線電視空白頻譜 (Television White Space, TVWS) 無線通訊技術

為強化森林火災高風險山區通訊韌性改善通訊品質，林業保育署規劃於 2023—2025 年建置 TVWS 無線網路，提供山區通訊基礎網路能力，並逐步建置林火智慧防控系統，運用於林火環境監控與指揮調度等層面，達到智慧防災轉型之成效。

精進內政部空中勤務總隊聯合救災機制

■ 辦理直升機森林火災消防水袋更新

為強化我國森林火災空中救災能量，林業保育署於 2024—2025 年間辦理內政部空中勤務總隊 UH-60M 黑鷹直升機及陸軍航空特戰指揮部 CH-47SD 運輸直升機空中消防水袋更新，總計更新 9 組消防水袋，其中 UH-60M 黑鷹直升機空中消防水袋為新款消防水袋 (BBX5566 型)，其所需電力較舊款少、洩水閥控制更為迅速，提升整體飛行安全與救災能力。

■ 建置高山及離島地區蓄水池

直升機空中投水是搶救高山或偏遠地區森林火災重要戰術之一，除可

快速控制火情蔓延，亦可壓制火勢確保地面人員安全，因此，林業保育署評估歷年高山（偏遠地區）森林火災事件與位置分析，於 2022—2023 年間於新竹縣、臺中市、南投縣及臺東縣偏遠、離島地區建置蓄水池，供直升機空中取水救災，提升偏遠地區救災效能，以 2023 年 3 月 23 日竹東事業區第 28、29 林班森林火災為例，新建置之蓄水池供直升機取水計 8 趟



■ 新竹（上）、南投（中）及臺東（下）偏遠山區、離島新建蓄水池。

林業保育署偏遠地區新建置消防蓄水池明細表

編號	縣市	地點	座標 (TWD97)		蓄水量 (噸)	建置日期 (年月)
			X	Y		
1	新竹縣五峰鄉	竹東事業區第 31 林班	261158	2714601	300	2022/10
2	臺中市和平區	大甲溪事業區第 44 林班	281946	2692269	360	2023/11
3	南投縣信義鄉	轆大事業區第 88 林班	240140	2623377	1,350	2022/8
4	臺東縣綠島鄉	第 2530 號保安林	301275	2504696	500	2023/3

次，投水 16 噸，單趟來回僅耗時 10 分鐘，較過往須至新竹縣寶二水庫取水，其距離縮短 26 公里，飛行時間縮短 10—15 分鐘，不僅提高救災效能，也減省航空油料支出。

■ 提升林火環境監測與火情研判能力

林業保育署於 2024 年購置數位版林火氣象觀測儀，可自動記錄火場環境數據之變化，以利指揮所人員進行林火行為研判，相關紀錄亦可作為林火環境、林火行為研究之重要參數；此外，為強化地面救災人員火情觀測能力，購置手持式熱顯像儀，強化熱源偵查，提升救災效能。

全民攜手迎接林火挑戰

氣候變遷導致的極端災害是近年來全球面臨的嚴峻議題，我國研析國內外災害環境趨勢變化與挑戰，以「躍升災防力、調適智慧化」為防災願景，並以「災害調適」、「數位轉型」及「強韌復原」為三大災害防救基本方針，

而林業保育署將秉持前揭防災願景與三大防災基本方針，透過林地燃料管理、林火風險評估及精準式防火宣導，強化整體防災策略，減少森林火災發生機會，並持續更新與精進防救災裝備，運用科技與人工智慧技術，提升災時應變指揮能力與救災量能，確保救災人員安全與減少森林資源損失。

在面對極端氣候與森林火災新常态，國人也要提高防火意識，唯有防患於未然、防微杜漸，政府與全體國人共同努力，才能遠離災害，守護臺灣珍貴森林資源。👉



■ 數位版林火氣象觀測儀使用教學

減災與整備策略新視野

以自然解方應對城野交界火災

文／潘孝隆（林業試驗所森林保護組助理研究員）

黃愷茹（林業試驗所森林經營組助理研究員）

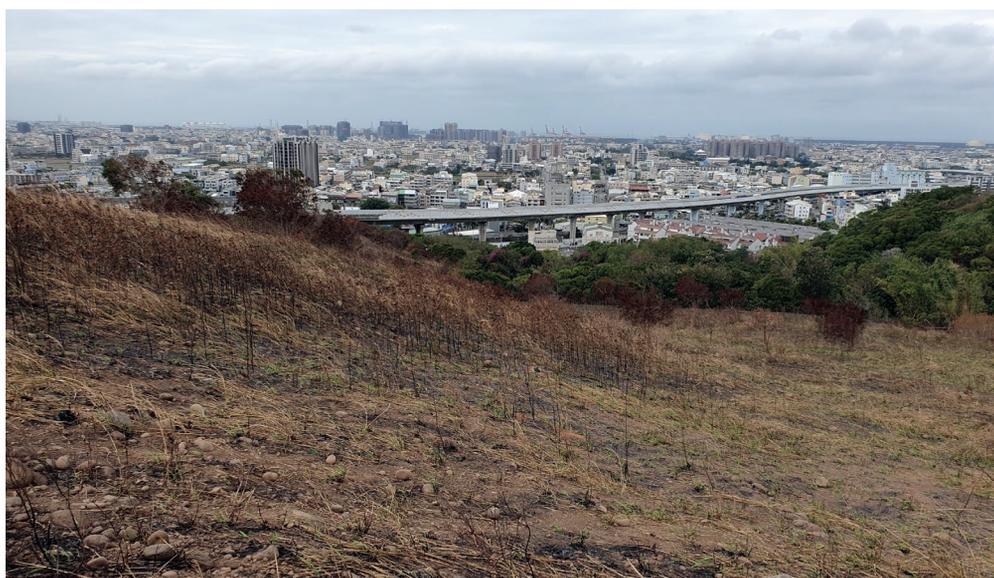
圖／潘孝隆（林業試驗所森林保護組助理研究員）

以自然解方應對城野交界野火

世界各地的森林及草原野火頻率、強度及面積隨著乾季延長或極端熱浪而增加，鄰近森林或草原的城野交界地區（Wildland-Urban Interface, WUI）的居民、建物以及基礎設施的威脅也隨之上升。這些區域常涉及中央與地方政府所負責的「森林火災」或「山

林田野火災」應變行動的分工與協同議題，因此整合城野交界野火的災害防救業務更顯重要。本文試圖提出森林火災災害防救業務計畫納入自然解方（Nature-based Solutions, NbS）取徑，以因應氣候變遷為城野交界野火所帶來的社會挑戰與可執行的工作方向。

城野交界地區泛指植被和人為建物與設施緊密相鄰的區域。此種被森



城野交界林火延燒到鄰近城鎮區域，可能造成建物設施損害、健康與生命財產安全。

林、草原或其他自然植被周圍環繞的住宅、建築以及其他基礎設施，其地理位置在火災季節，易因自然植被的火燒蔓延而引發建物火災或聯外路線受阻，增加撤離或救災資源進入難度，特別容易受到威脅。

以可燃物而言，城野交界火災的燃料，除了自然植被的落葉、枯枝、矮小的灌木、草類與經年枯死累積但尚未分解的植物體，還有人為活動的垃圾、廢棄輪胎或是廢傢俱的堆積，火災因植被延燒到人為燃料所造成的易燃性與熱量釋放程度的轉變，使得火燒的擴展速率與強度產生非預期的複合式增強，進而提高災害的風險、影響救災。

從火災產生的負面影響來看，城野交界火災同時包括自然植被火燒與建物火災，不僅影響自然植被所提供的生態系服務；火災期間所釋出的懸浮微粒與潛在的有毒氣體，易引發幼童與年長者的眼睛與呼吸道的健康問題；另一方面，因為火災燒毀的設備與設施，需要外力提供當地居民安置與救助，也衝擊當地經濟活動。火災過後，無論是硬體重建或居民身心復原都需投注相當經費與時間。

2025年1月的美國南加州 Eaton Fire 與 Palisades Fire、加拿大 2016 年亞伯達省麥克默里堡火災 (Fort McMurray Fire)、美國加州 2018 年天堂鎮的營溪大火 (Camp Fire) 損失 58 條生命、18,000 棟建物損毀、希臘 2018 年阿提卡火災、澳洲 2019—



■ 城野交界地區的火災威脅鄰近居民，其經濟損失與影響層面高於較無人居的野地火災。(豐年社提供)

2020 年黑色夏季火災等，都在乾燥高溫與強風等條件下發生，造成城野交界嚴重的生命與財產損失。臺灣的城野交界火災以往多歸類為淺山地區火災，然而城野交界如大肚臺地、魚池尖山或內門、旗山的從野地延燒的火災，威脅鄰近居民、學校、機關房舍，負面影響層面與經濟損失相較於淺山地區的海岸林、墳墓區或是較無人居的野地火災來的較高，因此在災害防救上如果皆以淺山火災視之，則容易忽視其威脅，導致防救資源投入不足。

森林火災防救首重燃料管理

森林火災災害防救業務計畫以減災、整備、應變、復原 4 個階段來執行災前預防、災中應變及災後復原。減災與整備均為災前預防，其餘均屬於災中及災後階段範疇。森林火災的通報與應變行動的主導層級隨著延燒面積增加，而由權責機關升高到部會層級最高至行政院，意謂更多協同的

資源投入，可以在一定時效內控制森林火災影響，來達到救災的目標。

從森林火災行為的角度來看，燃料、地形與天氣是控制火勢增強或減弱、擴散加速或遲緩的因子。天氣因子包括到中長期的氣候，其影響為最大的空間尺度，因此最不可控制，能藉由預報來增加警示小心用火，以減少火災發生的機率，但臺灣的森林火災多屬人為引起，預警效果還需要社會大眾提升危機意識配合。地形因子較不隨日夜、季節以及氣候週期改變，不必等待野火發生，即可事前辨識與區劃當森林火災發生時不易受控的危險範圍，容易事先完成減災預防工作。燃料因子雖然受太陽輻射量、日夜、季節的氣溫與相對濕度甚至中長期氣候影響，然而可藉由控制燃料類型與結構，來預先控制森林火災發生時的強度、面積、嚴重程度甚至發生的頻率，簡言之，釜底抽薪的減災策略才是最有效率的減災方法。控制燃料即有很高的機會控制火勢，進而影響森

林火災所需要的應變資源與幅度。因此，國外易受大火影響的地區，無論是林木生長旺盛的生產區或是緊鄰城鎮的社區，均以燃料移除為必備工作。

氣候變遷導致全球升溫和降水模式改變，以及極端高溫、乾旱和強風事件頻率增加，因此相對於救災階段專注於緊急應變，以減少生命財產損失、阻止災害擴大，減災與整備階段能有更長的時間、更廣的向度納入多樣的參與人力與資源，進行燃料管理、部署相關機制來降低潛在火勢。因此，城野交界地區火災，現有災害防救業務計畫框架下，需考量納入森林火災頻發季節內，能降低延燒面積、火災強度、減少森林火災二次衝擊的策略，例如植被的燃料減量，降低燃料在水平面以及地表、灌叢到樹冠的垂直連續程度，來降低火災強度，減緩野火燃燒傳遞的速度，進而提高滅火策略與戰術實行效率，阻隔火勢擴大，控制火勢的效果。然而燃料管理，除了除草、修枝、增加永久防火線等既定作法外，亦可結合仿效自然的生態過程的自然解方來調適。

自然解方的野火管理

以自然為基礎的解方（Nature-based Solutions, NbS）或譯自然解方，是指保護、保育、恢復、永續使用與經營天然或改造（modified）陸地、淡水、海岸與海洋生態系的行動，以



■ 控制燃料即有很高的機會控制森林火災火勢（豐年社提供）

有效地解決或調適社會、經濟與環境的挑戰，並同時提供人類福祉、生態系服務與韌性，以及生物多樣性效益（UNEA 第 5 號決議）。

自然解方的野火管理，強調火為自然界的生態過程，而不單是對人類的威脅。以歐盟歷年幾個大型計畫中野火管理 NbS 來看：GrazeLIFE 計畫針對氣候變遷，因郊區土地荒廢（land abandonment）導致灌叢入侵和森林再生（forest regrowth）所增加的野火風險，產生對生物多樣性和生態系統服務的負面影響，採用牛羊、野生或半野生的食草動物放牧來控制燃料量，減少地表燃料的積累，降低火災風險，NbS 除了降低火災與維護生態系統服務，同時提供土地管理者財務支持，增加其方案的持續性。

LIFE Taiga 計畫透過增加控制性的燃燒來促進瑞典西部針葉林保護和恢復生物多樣性，在 2015—2020 年間，持續在瑞典的多個「Natura 2000」自然保護區進行約 120 次控制性燃燒。FirESmart 計畫則是因應氣候變遷與農地荒廢面積增加，經與利害關係人諮詢訪談後，評估 6 種土地管理情境：維持農地荒廢狀態、荒廢農地針葉樹與落葉闊葉樹植林、恢復傳統農業活動、針葉林轉為當地種橡樹林（fire-smart forest conversion）、恢復農業活動搭配針葉林改植橡樹林、促進恢復混合農林業（Agroforestry recovery）等，並模擬 2 種二氧化碳代表濃度路徑 RCP

4.5 與 RCP 8.5 情境，結果發現針葉樹轉為橡樹林以及荒廢地植林的管理情境，能有效地應對極端野火風險，保護生物多樣性，並提高生態系韌性。

這些 NbS 案例著重土地荒廢所造成的土地覆蓋轉變，或引入人為控制的火燒，同時控制地景尺度上野火擴展路徑上自然植被的燃料管理，來降低氣候變遷下的野火風險，屬於防災減災的自然解方。

城野交界火災自然解方

國際政府間氣候變化專門委員會（IPCC）將災害的風險定義為暴露度、脆弱度與危害度的交集，城野交界地區的野火風險面臨未來氣候的危害度增加、交界區的社會經濟與環境受到氣候危害的暴露度增加、危及交界區的社區、基礎建設與當地生態棲地及物種的脆弱程度增加而上升。此外，人類活動的影響緊鄰城鎮的森林、野地或農地，在缺乏適當土地管理或持續荒廢下累積可燃物，焚燒垃圾、無防範措施的用火或未許可的引火行為，均為城野交界野火的致災驅力。

不同於以往由公部門完全負責的減災工作，城野交界火災的自然解方的氣候變遷調適行動，其第一步需要土地管理或權責機關邀集利害關係人至行動計畫內。這些利害關係人包括關注野火影響的地方社團、NGO、受當地野火風險影響的居民與組織、

相關領域專家群、權責機關。由利害關係人共診斷 (co-diagnosis) 該地區可能發生野火的高風險區域、特別脆弱需加強整備的社區或生態棲地範圍、區域民眾對於野火風險可投入參與的資源，以及因野火可能衍生的社會、環境與經濟的挑戰或議題，再由共創造 (co-creation) 解決前述面向的可能方案、接著共執行 (co-implementation) 前述方案、參與整備及演練，並以共監測 (co-monitoring) 這些居民參與這些方案在防減災效果、居民福祉、生態系統服務、生物多樣性恢復的成效，並進而納入新的調適行動的下一輪循環內。因此，未來森林火災災害防救計畫可在下列策略面向納入自然解方：

植被管理

選擇當地優勢的闊葉樹種與灌叢植物、建立多樣化的植被結構，減少燃料連續性，從而減緩火燒時的火勢蔓延速度。

社區共同參與的燃料管理

自野地至建物密集區域，分別改植含水量高的樹種、葉面積較大、枯落物少、樹冠底部高度較高、不具油脂或蠟質樹種、樹木間距大的樹林，在火災發生時減緩火勢蔓延；同時，清空住宅區或居家附近的火災自我防護空地與人造可燃物。



■ 改植適合當地的闊葉樹種可有效減少乾季火災頻率與面積 (豐年社提供)

社區參與防減災行動

邀請居民參與防火講座、防火減災的工作坊和防火演練，提高居民的防火意識和自主防護能力、自主管理私有地及社區內的可燃物；定期組織社區防火演練，模擬火災情境，使居民熟悉撤離路線和應變措施。

利害關係人災前整備與應變計畫

確保社區內有足夠消防設施和設備，如消防栓、水源和滅火器等；與社區居民共同標示火災風險高的敏感區域；與社區居民共同研擬詳細的應變撤退計畫，包括布置社區內的撤退路線、集合點和疏散指示、消防設施等圖說，確保火災發生時居民能夠迅速撤離。此外，須預先考量當城野交界火災事件導致消防機關與國家森林救火隊應變量能不足以涵蓋所有災變地點而無法即時到位時，社區仍具有獨立應變 72 小時的能力，並定期檢視、更新和演練計畫。

社區共享防災資源

促進社區內部和鄰近社區間的合作，共享預警、警示、救災資源和訊息。

暢通社區防火聯絡網絡

確保在火災發生時能夠迅速傳遞資訊和協同應變。

引入非政府經濟支持與結合商業模式的減災與生態系修復

在調適行動前期，推廣共同參與的防減災或是災後復原必然需要政府預算投入，長期而言，需要引入促進調適的經濟誘因、商業活動、ESG 或參數型保險等，結合因應調適行動所產生的經濟行為與減災或生態系恢復，將有助於行動的持續。例如復原階段的樹種選擇與植被恢復，考慮未來具生態旅遊潛力或林下經濟的樹種，以利於經濟或商業活動進駐而維持適當的燃料管理。

以大肚臺地和南部刺竹林為例的行動雛型

臺中市大肚臺地其外緣，地景包含學校、社區以及農田、綠地、森林與墳墓地，土地所有權為鑲嵌的私有地、公有地與國有地，因此災害防救業務涉在地農業機關與國有林地管理機關。每年清明節前後幾乎都發生野火，特別當春雨較晚來臨時，火燒面積較大。近 30 年的相片基本圖及正射影像圖顯示頻繁的火災使得原有的樹林覆蓋面積減少，而漸變為以大黍草為主的土地覆蓋。

森林火災災害防救業務計畫各階段與城野交界火災自然解方重點對照

階段	森林火災災害防救業務計畫重點	城野交界火災自然解方重點
減災	<ol style="list-style-type: none"> 1. 林地的經營管理 2. 管制引火 3. 防災教育宣導以及研究 4. 修法提升防救災誘因 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 植被管理 2. 燃料管理 3. 社區參與防災意識建立
整備	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建立應變機制 2. 災害情報收集、分析與通報 3. 通訊 4. 緊急應變及所需的醫療與運送、避難收容 5. 物資供應調度 6. 災情資訊公開 7. 二次災害防止 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利害關係人參與災前整備與應變計畫 2. 社區共享防災資源 3. 暢通社區防火聯絡網絡 4. 引入非政府經濟支持
應變	<ol style="list-style-type: none"> 1. 災害初期應變 2. 應變機制執行 3. 應變期間的緊急醫療、運送、避難收容 4. 生活必要物資供應調度 5. 設施設備的緊急修復 6. 災情露出 7. 受理支援協助 8. 降低二次災害 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 社區獨立應變能力
復原	<ol style="list-style-type: none"> 1. 損失調查 2. 緊急復原 3. 災民生活重建支援 4. 計畫性復原重建 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 社區共同參與的燃料管理 2. 結合商業模式的生態系恢復

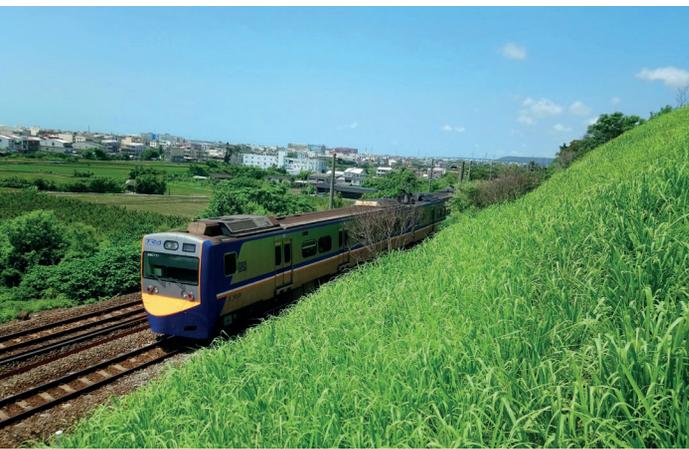
大黍草在每次火燒後2—3個月內可以快速恢復生長，其適應火災的特性，使得每年生長的生物量，累積成為乾季時的燃料量，燃料量的快速補充使得當地更易頻繁發生火災。此外，大肚臺地的地理位置近海，風速較高，易使枯死的燃料濕度維持乾燥程度，加上風向變化也大，因此火災常不易控制，滅火策略常採用間接滅火，這種方式能維持救火隊員在安全前提下積極滅火，包括利用已有的防火線或開闢臨時防火線、水瀑方式、或是直升機空中滅火等戰術壓制、阻隔進而控制火勢。災前整備工作則是例行執行防火線維修保養、消防水槽設置與巡查。

在自然解方的減災策略上，林業及自然保育署臺中分署國土綠網保育軸帶推動工作內，將大肚臺地淺山保育軸帶的火燒跡地納入生態植被復育，嘗試利用含水量高的喬木搭配適合當地生長的灌木來恢復火燒後的植

生覆蓋，藉以取代大黍草，降低燃料的循環累積，並藉保護棲地環境，維持當地的生態系統服務。

南部地區左鎮、玉井、內門、田寮、燕巢、旗山與美濃的刺竹林幾乎每年都發生火災，竹林鄰近市鎮或環繞聚落，其土地權屬也是遍及中央、地方及私人。刺竹火燒將老舊的竹頭燒毀後萌發新筍，能在短期內恢復竹林覆蓋與地上部生物量；刺竹每年2—3月會大量落葉，並於4—5月長出新葉，也因此累積厚實的地表燃料。刺竹竹材曾經歷輝煌的販售時期，然而刺竹材在建築鷹架的替代性高，導致價格下降，經營竹林的性價比太低，刺竹林也因而荒廢。缺乏管理的刺竹林內大量老竹倒伏或橫貫各竹叢間，致地表火往上延燒竹林冠層，加上刺竹竹桿近地面1—1.5公尺有橫向生長的刺狀小枝，如此密實的竹林在燃燒時，不僅救火隊員通行困難、阻礙滅火，即使改以空中滅火也易耗費資源，事倍功半。

此外，竹叢地下的粗根密布且深達1公尺，當竹頭悶燒時也需消耗大量人力、時間與水量才能完全熄滅。當乾季延長的氣候成為新的常態，解決刺竹林反復且經常性發生火災，相對於火災發生將大量人力與資源投入滅火，唯有釜底抽薪將刺竹林轉為其他植被覆蓋，例如改植適合當地的闊葉樹種，才能有效在乾季來臨時，減少火災頻率與火燒面積，也符合自然解方的精神。



■ 大黍草在火燒後能快速恢復覆蓋成為乾季的燃料，是頻繁火燒的載體。

在刺竹林火災的長期調適策略上，林業及自然保育署屏東分署以及嘉義分署針對火災後的火燒跡地或是火災頻繁地區，選擇關鍵地帶伐除刺竹林，再換植適應當地惡地泥岩地形的闊葉樹種，逐步將大面積單調的刺竹地景分割為闊葉林、永久防火線與刺竹林所組成的土地覆蓋，藉植被類型改變或恢復，減少火災面積、發生次數與火災嚴重度，將反覆循環發生火燒的刺竹林，轉換成較為抗火的地景，並思考發展其他生態系服務產出的可能性，藉由自然的減災解方，降低未來的城野交界的火災威脅。

防火於未燃 強化城野交界防災韌性

城野交界地區位於土地覆蓋上由植被緊鄰人口密集區域的過渡帶，隨著有利於森林火災發生的氣候增加，野火對城鎮居民健康與安全影響，對建物、國家基礎設施損害的頻度以及風險程度也將上升。降低城野交界火災負面影響或是提升其韌性，因僅憑災害發生當下的緊急應變，難以廣泛地控制其衝擊，防救工作需要投資資源於災前減災與整備，「防」的投資效益大於「救」。

國內在城野交界的野火自然解方上的嘗試，目前林業及自然保育署的初步作法以適應當地的樹種恢復土地覆蓋或是以刺竹或其火災跡地轉植為



■ 荒廢的刺竹林交錯與倒伏的竹桿於火災發生時容易擴大延燒且阻礙救火



■ 透過伐採或改植其他樹種，改變土地覆蓋及其利用方式可降低火災風險。

闊葉林，增加地景的異質程度，從改變當地燃料特性，未來可由現有的永久防火線、燃料防火線闢建等操作，增加更多自然解方的精神，引進利害關係人參與防災、減災的共診斷、共創造、共執行與共監測方案，將自然解方納入現有森林火災災害防救計畫內的減災與整備階段，與城野交界地區的居民共同根本性地調適未來氣候情境下的野火衝擊。🌱

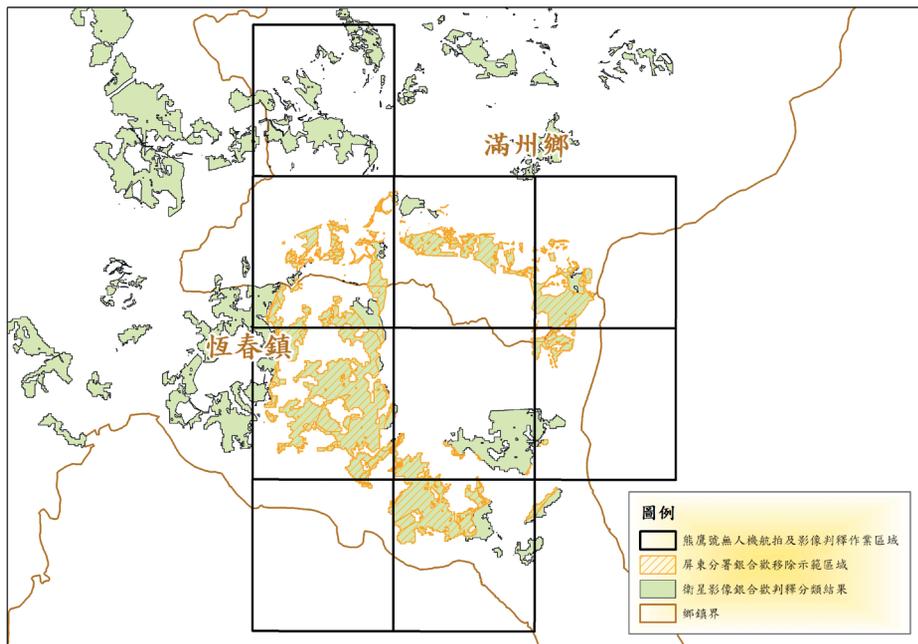
應用航照影像判釋恆春半島 銀合歡分布區域

文、圖／蔡家銘（通訊作者 | 林業及自然保育署航測及遙測分署技正）
鄧國禎（林業及自然保育署航測及遙測分署科長）

銀合歡 (*Leucaena leucocephala*) 自 1976 年由中南美洲薩爾瓦多引進作為紙漿用材後，因生產成本不敵低廉的進口紙漿及因木蝨危害致形質不佳，未受到市場青睞。後續銀合歡憑藉強盛的結實及萌蘖能力，擴散至恆春半島內，成為危害嚴重的入侵種植物。除降低恆春半島的生物多樣性、危害本土物種生存，甚至完全改變了當地的景觀和地貌，為此林業及自然保育署屏東分署（下稱屏東分署）成立「恆春

半島外來入侵種銀合歡移除復育造林」跨機關平臺，協同其他機關共同投入移除作業。

航照影像是由飛行載具攜帶精密空中照相機自空中向下垂直拍照，將地面上地物、地貌做永久真實記錄。林業及自然保育署航測及遙測分署（下稱航遙測分署）於 2018 年建置的熊鷹號定翼型無人機，具備高機動性及低空雲下拍攝高解析度影像特性，藉此輔助傳統有人機航攝影像，可機動執行各種任務，增加航拍任務的彈性，



並提供更多影像特徵資訊作為判釋作業的參考。為配合屏東分署辦理恆春半島外來入侵種銀合歡移除復育造林區域調查，及瞭解有人機航攝影像與熊鷹號無人機影像應用於判釋作業之效益，於 2021 年選定恆春鎮及滿州鄉交界地區的 9 幅 1 / 5000 圖幅範圍進行先期測試，希望瞭解銀合歡分布位置，提供航照影像與判釋資料予屏東分署作為工作規劃參考。

影像判釋作業區域

屏東分署參考國立屏東科技大學（下稱屏科大）以衛星影像判釋銀合歡的研究成果，選定銀合歡移除的示範區域。航遙測分署配合屏東分署的規劃，進行無人機航拍及其影像判釋銀合歡的分布情況，作業區域如熊鷹號無人機航拍及影像判釋區域圖所示。

影像材料

航照影像依載具不同可分為衛星影像、有人機影像及無人機影像 3 類，各有其應

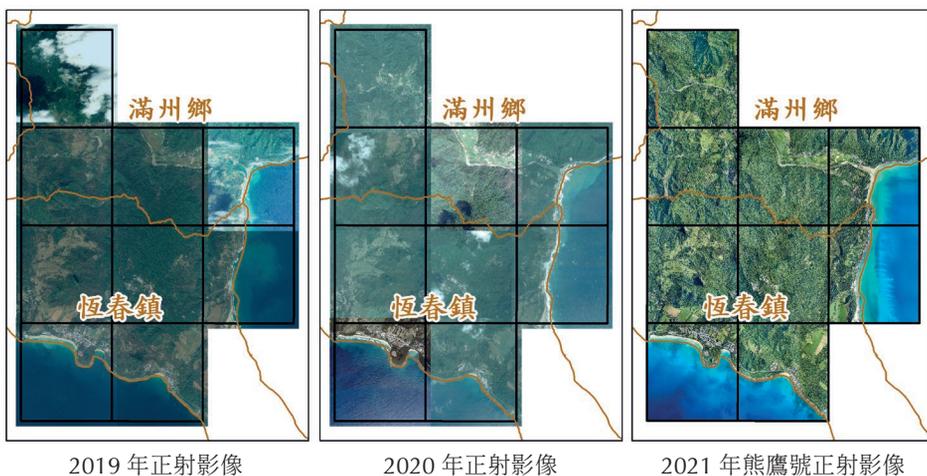
用範圍與限制，彼此間為互補而非互斥的，皆有其不可取代性。本次判釋作業使用有人機航攝影像（正射影像及立體像對專案檔）及熊鷹號無人機影像，說明如下：

■ 有人機航攝影像

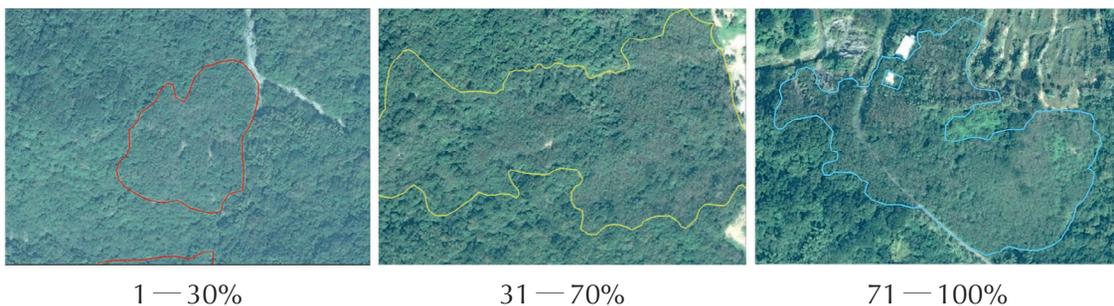
航遙測分署有人機航攝影像平均解析度為 25 公分，作業範圍可涵蓋全臺各地，一次飛行的拍攝能量於平地約可拍攝 7 萬公頃，山區約可拍攝 3.5 萬公頃，常用於大範圍環境資源或災害的調查與監測、地形圖測製等。本次作業使用 2019 年及 2020 年 2 期無雲正射影像，倘若正射影像特徵不足以判釋，則以原始影像於立體觀測儀上進行立體觀察，透過地形、樹高及樹冠型態等資訊輔助銀合歡的判釋。

■ 熊鷹號無人機影像

熊鷹號無人機作業地區以平地及淺山丘陵為主，一次飛行的拍攝能量約 3,000 公頃，影像平均解析度為 10 公分，應用面向為小範圍需高解析度影像的調查與監測



■ 有人機正射影像及熊鷹號正射影像圖



■ 銀合歡影像判釋覆蓋率分級示意圖（紅褐色處為銀合歡）

任務，如農業災害、外來入侵物種、特殊物種保育等。

熊鷹號無人機雖具高機動性及可低空雲下拍攝影像惟單張影像涵蓋範圍小，對比有人機影像於同一區域須拍攝更多張影像，如製作立體像對將增加硬體需求及作業時間，不適合大範圍判釋作業，故最終僅使用正射影像進行判釋。

判釋作業方法及程序

航照判釋是根據航空照片上的影像，辨別其呈現的地物種類，解釋地物的形狀、大小、高度及其他屬性的技術，判釋人員依其對銀合歡瞭解及經驗，或透過已建立的銀合歡影像樣本，瞭解銀合歡於航照影像上特徵樣態後進行作業。為提高作業精確度，需選取若干樣點現地檢核。工作內容包含圖資整備、立體像對製作、影像判釋與圈繪數化、圖資檢核修正等內業，以及踏勘、現況攝影與記錄、現地比對等外業。

■ 判釋作業方式

銀合歡多分布於開闊地，常以純林的方式大量占據地表，亦有與其他樹種混生的

情形，原始林地則鮮少出現。判釋作業參考林業及自然保育署第四次森林資源調查航照影像判釋數化作業模式，於 ArcGIS 地理資訊軟體載入航照影像圖資，根據影像特徵判釋出銀合歡分布後，再將其位置進行數化圈繪，並為瞭解圈繪區域內銀合歡與其他樹種混淆的情形，將銀合歡覆蓋率分為 1—30%、31—70%、71—100% 等 3 個級別。

熊鷹號無人機搭配 Phase One 相機執行航拍任務，可獲取高解析度影像，對於地物判釋提供了更多的影像資訊，是航遙測分署新建置的航拍技術。惟人員尚無應用熊鷹號無人機影像進行判釋的經驗，且尚無銀合歡影像樣本，故先以有人機航攝影像判釋後，再將成果套疊熊鷹號無人機影像，作為判釋樣本推判其他區域，並進一步確認與校準有人機影像的判釋結果，更新最新銀合歡分布資料，以取得時效性及準確性的平衡。

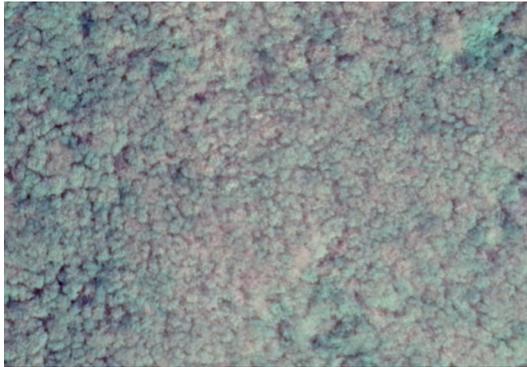
■ 銀合歡航照影像特徵說明

- 有人機航攝影像上銀合歡特徵

地面解析度：25 公分

影像拍攝時間：2020 年 11 月 3 日

秋季拍攝影像，為銀合歡落葉及莢果成熟期，色調帶紅褐色，樹冠輪廓呈不規則形，樹冠邊緣全緣；多冠結構尺寸相近，樹冠表面非連續；樹梢圓角且冠層頂葉呈半透明；枝葉層質地平滑。



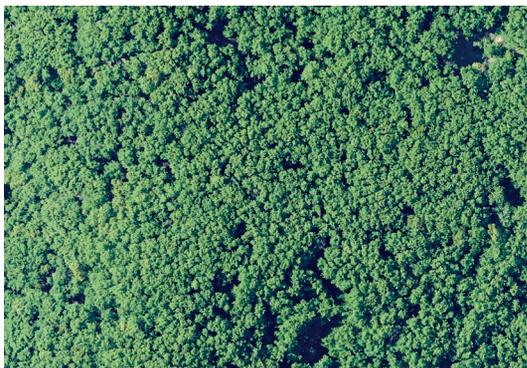
■ 有人機航攝影像上銀合歡的特徵樣態

• 熊鷹號無人機影像上銀合歡特徵

地面解析度：10 公分

影像拍攝時間：2021 年 7 月 3 日

夏季拍攝影像，為銀合歡展葉期，色調為鮮艷的青綠色，樹冠輪廓呈不規則形，樹冠邊緣齒緣；多冠結構尺寸相近、相鄰樹冠明顯分離，樹冠表面非連續；冠層樹梢圓角至略平展，冠層頂葉不透明；枝葉層質地粒狀。



■ 熊鷹號無人機影像上銀合歡的特徵樣態

■ 現地圖資檢核修正

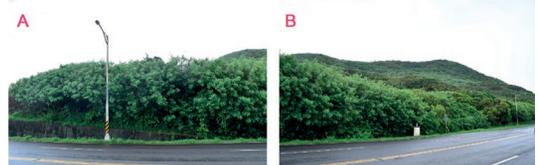
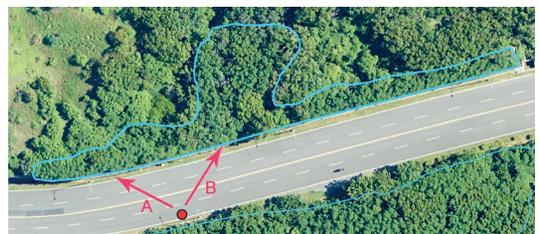
為確認內業影像判釋成果是否與銀合歡實際分布情形符合，將判釋成果攜至現地，比對及釐清銀合歡生長情形與航照上特徵樣態之異同，糾正照片上判釋錯誤處，同時記錄調查點位坐標、攝影及銀合歡生長分布情形等資訊，作業情形如下圖。



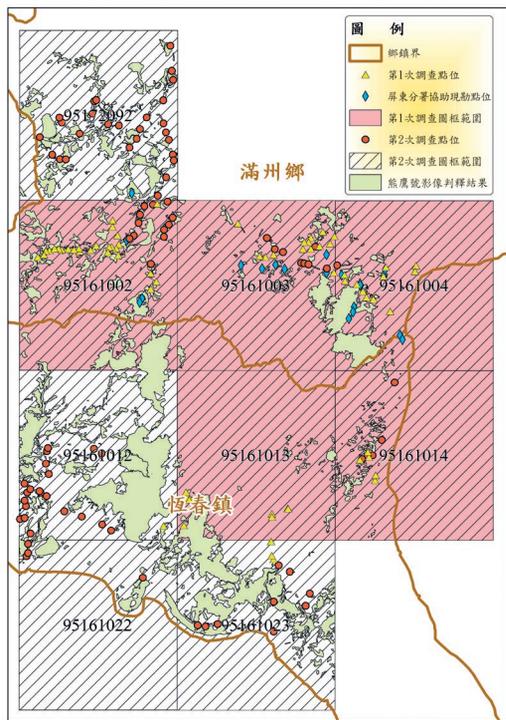
■ 門馬羅山沿線調查情形



■ 良鑾溪沿線調查情形



■ 船帆路沿線檢核作業銀合歡現況攝影紀錄



■ 勘查點位與銀合歡判釋結果分布圖

本判釋作業計執行 2 次現地檢核作業，點位分布如上圖，於完成 95161002、95161003、95161004、95161013、95161014 等 5 幅 1 / 5000 圖幅範圍的有人機航攝影像判釋作業後，2021 年 3 月 15 — 18 日前前往良巒溪、公館路、興海路、社興路、公園路、茶山路、第四公墓及門馬羅山等地區 70 個點位進行比對，並依檢核結果修正判釋成果，並提供前述資料予屏東分署，再由該分署抽樣 26 處確認，確認現況與判釋結果符合，相關作業紀錄亦回饋航遙測分署作為後續判釋作業的參考。

繼第一次外業檢核後，於完成 95161012、95161022、95161023、95172092 等 4 幅有人機航攝影像及全數 9 幅區域熊鷹號無人機正射影像判釋後，9 月 13 — 17 日進行第二次外業檢核，檢核地點以和興路、都魯

路、永南路、公園路大溪巷、屏鵝公路、船頂路、港口溪等 113 處點位。

影像判釋結果與討論

■ 銀合歡分布判釋結果

• 有人機航攝影像先期判釋作業

2019、2020 年 2 期有人機影像拍攝時間點（11、12 月）均落於恆春地區乾季時期，前人研究顯示，銀合歡在物候特性上與其他伴生樹種有所差異，於乾季時會有假落葉的現象，葉片呈枯黃狀態；濕季時，枝葉生長茂盛而呈現濃綠的樣貌，故在遙測影像分析上，可使用這 2 個時期的影像光譜特徵作為分類的依據。惟該時期亦為恆春半島落山風季節，受植物本身生理特性及落山風影響，現勘時發現九芎 (*Lagerstroemia subcostata*)、黃荊 (*Vitex negundo*) 及相思樹 (*Acacia confusa*) 等闊葉樹亦有落葉情形，故在影像判釋上不能單以落葉情形作為唯一判釋依據，尚需考量色調、樹冠大小、紋理及質地等影像特徵，進行綜合判斷。



■ 九芎落葉情形



■ 相思樹落葉情形



■ 銀合歡落葉情形



■ 黃荊落葉情形



■ 黃荊及銀合歡於正射影像上的樣態比對圖

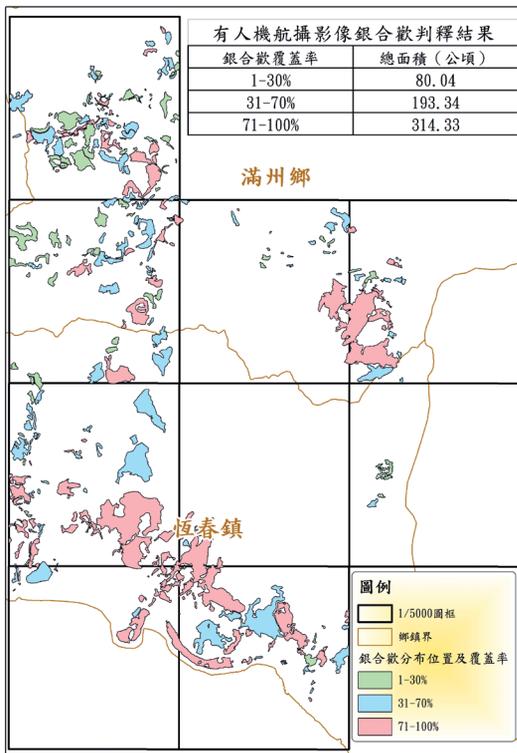
乾季時期有人機航攝影像中落葉植物以黃荊及銀合歡較易混淆，而分布面積較多的相思樹可由樹冠遠大於其他兩者進行區分，黃荊及銀合歡於有人機航攝影像上的差異一般可由黃荊樹冠較小，呈點狀或線狀，且色調較淺，而銀合歡樹冠較大，成團狀，色調較深，進行區別。

有人機航攝影像先期判釋銀合歡分布區域成果，面積經統計覆蓋率 1—30% 為 80.04 公頃、覆蓋率 31—70% 為 193.34 公頃、覆蓋率 71—100% 為 314.33 公頃，總計 587.7 公頃。

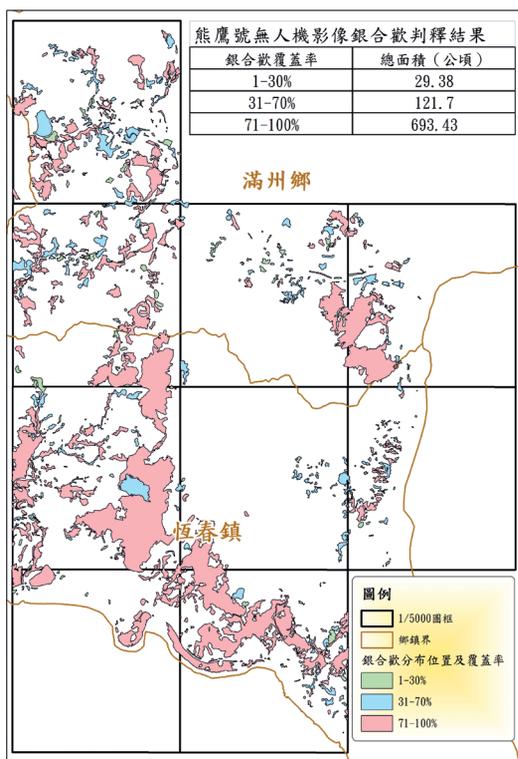
• 熊鷹號無人機高解析影像判釋校準作業

以熊鷹號無人機影像進行更新校準判釋，以及 2 次現地查核結果修正，銀合歡分布與覆蓋率的判釋作業成果如熊鷹號無人機影像判釋結果圖，銀合歡總判釋面積為 844.51 公頃，其中覆蓋率 1—30% 為 29.38 公頃，覆蓋率 31—70% 為 121.7 公頃，覆蓋率 71—100% 公頃為 693.43 公頃。

覆蓋率分級中以 71—100% 占最多數，1—30% 所占面積最少，並非現地多以近純林方式分布，主因人工判釋數化作業中會先判釋出標的樹種「銀合歡」的分布位置，再進行圈繪作業，其作業已先排除大部分非目標樹種，因而造成覆蓋率 71—100% 的分級擁有最多的判釋面積。另混淆林中如銀合歡呈零星分布，受鄰近混淆木的樹冠遮蔽，或所占比例甚低，以至於植株個體的影像特徵樣態不足以被辨識出，均為覆蓋率 1—30% 判釋總面積最少的原因。



■ 有人機航攝影像判釋結果—銀合歡分布圖



■ 熊鷹號無人機影像判釋結果銀合歡分布圖

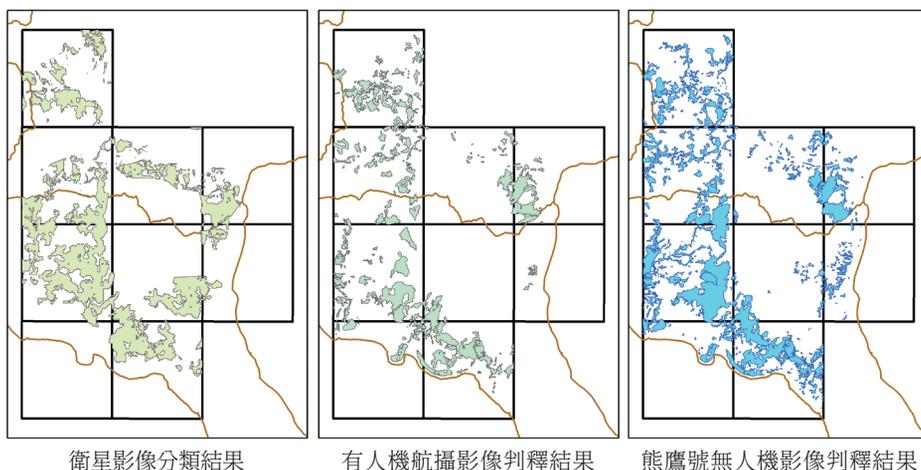
■ 不同影像判釋結果比較討論

本次銀合歡影像判釋作業使用的影像材料包含有人機航攝影像（正射影像及立體像對專案）與熊鷹號無人機影像（正射

影像），另尚有屏科大運用衛星影像的光譜資訊進行影像分類的結果作為參考背景資訊，前述3種影像銀合歡判釋結果如3種影像應用於判釋銀合歡分布區域的結果圖，作業結果顯示銀合歡主要集中於鄰近人為活動干擾區域，茂密林地處則鮮少有銀合歡分布的情形，此判釋結果與現地銀合歡的生長特性相符。

至於熊鷹號無人機影像的高解析特性，可提供更多影像資訊進行地物辨識，應更接近實際銀合歡實際分布情形，爰以熊鷹無人機影像判釋成果視為地真，據以評估衛星及有人機航攝影像分析成果與現況的差異。

由有人機航攝影像銀合歡判釋結果誤差矩陣表可知有人機航攝影像應用在銀合歡判釋作業時具有一定準確率（87.2%），惟仍漏判大部分的區域（332.05公頃，漏受率39.32%），推測原因為有人機航攝影像對於銀合歡相關樣態特徵較不明顯，難以單就現有資訊判別確認，造成較多漏判，另人員判釋能力及經驗亦有影響，可透過



■ 3種影像應用於判釋銀合歡分布區域的結果

有人機航攝影像銀合歡判釋結果誤差矩陣表

面積單位：公頃

有人機航攝影像	熊鷹號無人機影像				
	銀合歡	非銀合歡	合計	使用者精度	誤授
銀合歡	512.46	75.24	587.70	87.2%	12.8%
非銀合歡	332.05	0	332.05	100%	0%
合計	844.51	75.24	919.75	—	—
生產者精度	60.68%	100%	—	—	—
漏授	39.32%	0%	—	—	—

整體精度：55.72%

衛星影像銀合歡判釋結果誤差矩陣表

面積單位：公頃

衛星影像	熊鷹號無人機影像				
	銀合歡	非銀合歡	合計	使用者精度	誤授
銀合歡	386.11	662.49	1048.6	36.82%	63.18%
非銀合歡	458.40	0	458.4	100%	0%
合計	844.51	662.49	1507.0	—	—
生產者精度	45.72%	100%	—	—	—
漏授	54.28%	0%	—	—	—

整體精度：25.62%

長期的經驗累積，及強化對於銀合歡外觀形態特徵及生態的瞭解改善；另衛星影像在誤授及漏授率皆較高，除了影像解析度較大之外，因無其他影像分析相關背景資訊，故無從推判實際差異的原因。

精進判釋人才與樣本 助力辨識銀合歡分布地

應用有人機航攝影像判釋銀合歡分布區域的材料，雖可達到一定的判釋準確率，惟仍有一定漏判，除人員的專業與經驗需

再精進外，未來如以有人機航攝影像作為銀合歡的判釋材料，可再查找同一地點不同生長狀態的多時期影像，運用較多的影像資訊協助比對，以減少漏判。

本次作業為首次運用熊鷹號無人機影像進行判釋，共計判釋出 844.51 公頃的銀合歡，透過其高解析度影像，確實可提供更多資訊予判釋人員作為地物推斷及辨識出更多銀合歡分布地的依據，為記錄地物實況及判釋作業上之一利器，未來航遙測分署將持續精進判釋人員職能，並充實判釋樣本，以滿足不同類型的判釋應用需求。🌱

都市林營造與樹木保護 營造更高韌性的生態城市

文、圖／游象君（財團法人七星環境綠化基金會技術組組長）

聯合國經濟和社會事務部人口司公布報告指出，自 1950 年以後，隨著戰後嬰兒潮湧現，全世界人口大幅增長，同時綜合社會經濟及產業型態變化，越來越多的人集中在城市居住、工作。根據統計截至 2018 年全球有超過 55% 人口（約 42 億人）居住在都市中，專家更預測至 2025 年將會增至 68%，超過全球總人口 2 / 3。另根據世界銀行統計資料，我國至 2017 年聚居在都市生活的人口比例高達 79.8%，都市化趨勢較全球平均值為高。

隨著都市的發展擴張，更多建築硬體密集地呈現在都市景觀當中，如何緩解都市「水泥叢林」化、如何讓都市環境更優質、對生態更友善、更適宜物種的棲息繁衍，長期以來都是都市發展及規劃的重要課題。

都會區裡面的公園綠地、連綿的行道路樹，以及都市中眾多機關、學校、商場、民宅建物周邊空餘的開放空間土地，皆為可以妥善規劃、營造的重點，透過綠植元素的種植運用、保養照護，都可有效調控



理想的都市林營造成效取決於植物種植與養護好壞（豐年社提供）

都市景觀，使都市更趨宜居，環境優化，對自然生態也益發友善。此等綠化工程即符合定義中的都市林（Urban forests）營造要義。

都市林營造

都市林的概念在臺灣還處於觀念起步發展的階段，因其設置工程及其後續的維護管理皆須挹注資源加以維繫，許多業主或管理單位因此常會有所盤計，尤其後續養護工作的投入。綠色植材屬於有生命的活體材料，隨著時間流逝，植體將經歷生老病死各種生命常態，需長期不間斷給予照護與管理。首先植栽種植及養護的目的是為了讓植栽有效發揮生長機能，展現其應有的外觀特色，並充分展現其在環境生態扮演的功能角色，達到規劃的預期效益，所採取的相關作為。

就對應一般市場之心態，可以分消極與積極 2 個面向來探討；以消極面向而言，在於「延續及維持植栽的存活與生長」（將植物種活為目的）；而積極意義則在於「增益、改變或加值植栽的美學外觀與實用機能，以彰顯環境設計創作的特性」（將植物種好、種美、而且要活得健康）。所以都市林的營造工作較之一般的工程有著顯著的不同，最大的差異在於都市林營造主要以植物作為題材，它是一種「活的」東西，所以不論是都市林或景觀綠美化的營造重點，須基本滿足植物的生命代謝需求，必須讓植物獲得合理的生存條件，始能展現其相對的功能。

都市林營造工作於前置作業階段若能妥善兼顧下列議題，研擬適當的對應方法，

方能有效提升其工作成效，有利於植栽的存活與充分生長發展，對整體都市環境效益提升也具有十分顯著的加乘功能。

環境調查與評估

環境與植物的設計應用關係極為密切，尤以都市綠景觀的配置規劃為甚。不同的環境因子產生不同的外在效應，影響所及，對不同植栽的生存適應性亦具差別反應，其所規劃配置選擇的植材亦當不盡相同。有鑒於坊間許多不盡良善的規劃案例，其主因常出自於對環境錯誤認知或研判所致。前事不忘，後事之師，因此都市林規劃的前置作業對環境體認務必審慎並精準分析研判，方能做出符合環境條件的配置方案。影響植栽應用的環境因素：如日照、溫度、風、水分、土壤質地與結構等。不同的環境特性，皆影響植物的適應與分布，前述的環境因素，影響所及包括：適用植栽種類選擇、環境設施規劃方式、空間使用方向設定等。



植栽種植前先對基盤環境進行基礎檢測，評估分析並針對現地狀況進行必要改善，可提升植栽生長效益。

適當的植栽選擇與配植

植物為都市環境綠美化工作之主體角色，一個良善的環境規劃，其成敗大多取決於植栽應用與發展的好壞，所以往往在工程的設計階段，已經對後續的成敗埋下關鍵的影響因子。爰前所述，植物是有生命的材料，會隨著時間的進程不斷產生變化，例如彼此排擠、競爭，植被或冠幅互相覆蓋、遮蔽或自然消長等現象，這些問題某些部分可以靠後續的管理維護來平衡或調整，但大部分屬前置設計階段即應考量並規避的。

整體性的規劃考量

（低維護管理的規劃方案）

植栽種類配置方面，利用植物的不同習性、特質或層次差異的變化，組合成多層次、多樣態的環境空間，可以有效降低維護管理的需求與頻度，甚至某些植栽在自然生長的情況下具有自我修補的機能，通常只要其生長變化對視覺或環境整體並

不造成太大的衝突，應可不必過度管理，運用環境自我平衡管理的態度應對，可有效降低維護作業。其次可以透過合宜規劃，預留可供機械作業的空間、動線，有效利用機具進行輔助維管，亦可達到節省勞力、節制資源消耗的目的。另外適度應用自動化（或輔助式）維護管理裝置規劃、設置，亦可補人力管理工作之不足，精省管理成本，如灌溉給水裝置，可分擔工作缺口，亦能達到精省成本的效益。

栽植基地的營造（土壤的改良與管理）

土壤是植物生長的基礎，理想的土壤環境，為營造優美環境工作所不可或缺。理想的土壤應具備：良好的保水、保肥力與良好的通透性。適度合宜的物理結構力，以穩定植栽生長。另外增加有機質的反饋有助於土壤生態系的建立與維持，提供理想的土壤環境供植栽健康地生長發育。健康的土壤環境提供健康的植栽生育環境，有助於營造優美林木景觀。



■ 合宜的規劃與種植尺度成就理想的都市林樣貌



■ 營造多層次與多樣態的環境空間使都市環境更趨豐富化



■ 添加有機質及人工介質進行適度的改良，有利於植栽生長勢的恢復與茁壯。

樹木保護

樹木保護所涉及的工作內容

筆者長時間從事樹木保護宣導與實務工作推動，經常會被問及：樹木保護工作到底要做些什麼？在大部分人的認知中，大概包含像樹木修剪、病蟲害防治、支架固定、施肥等具專業性質的工作項目。其實樹木保護的本質，就是針對各種可能導致樹木生長滯礙、造成樹木健康危害、干擾樹木正常發育等問題施予人為助力改善，亦或樹木可能存在安全風險與公共災害問題之監測、防範等一干繁複的工作內容。茲簡要敘述如下：

■ 樹木生育基地的營造及改良

會把這個議題放在最前面，主要想凸顯這個問題的重要性。生育基地（基盤）承載

植物的根系，使樹木的根系能從中獲得充分的氧氣交換以進行正常新陳代謝，並有效提供水、養分供應，使樹木得以生長、發展。然而在人口密集的都市環境中，常因高頻的踩踏夯壓、車輛的輾壓、人為開發的設施物干擾與硬體覆蓋等問題，導致基地通透功能變差，造成樹木根系的吸收與拓展窒礙，影響樹木生存甚鉅。即便裸露基地的土壤因人為干擾產生硬化固結，短期間內可能不易察覺對樹木影響，但若細察許多被干擾地上的樹木根系明顯向外浮竄，皆反映地下水養分、空氣供應條件出現了問題。而其他問題也可能導致樹勢逐漸衰弱，枝葉量減少、末梢乾枯等，都反映樹木不健康的變化。其中尤甚者以人們為圖方便，大面積鋪設硬體鋪面或設置其他結構，阻絕基地土壤的通透條件，造成樹木水、養分及空氣循環中斷，導致樹木生長出現問題，病態甚至死亡。



■ 樹蔭下若無任何基地保護，土壤被密集踩踏很容易被夯實硬化、透水性變差，亦常可觀察到根系向上浮竄等現象。

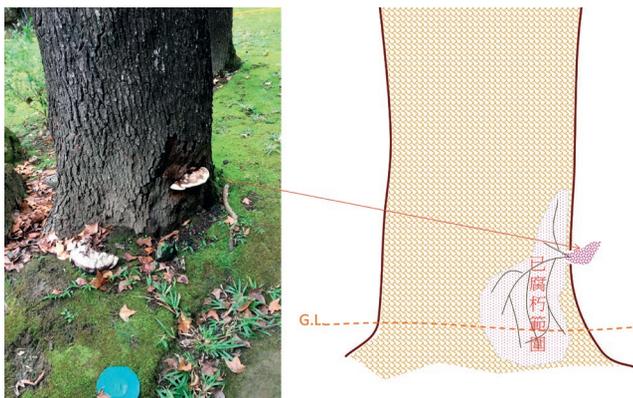
■ 樹木的健康管理（蟲病診斷、防治）

樹木為具生命的個體，難免遭致病蟲危害，其中不乏危害情況慘烈的案例，故樹木的疫病蟲害診斷防治，在樹木保護工作的比重相形重要。常見的樹木病害如各種腐朽病，造成樹木組織的腐朽，可能導致結構瓦解，無預警發生枝幹斷裂或倒伏，產生人員或財產損害；或可能導致樹木生長嚴重滯礙，影響林木健康。在某些情況下，環境的異常也容易導致病變，如乾、熱、低溫、淹水浸潤等。上述情況多需透過人為觀察保護防治，以降低危害情況。一般蟲害發生亦受季節環境影響，早期有關於害蟲入侵多以藥劑對抗方式進行防治，但目前植物保護的觀念不再只是「有蟲就噴藥」，而是朝向綜合防治的方向發展。特別是在環保意識高漲的今日，農藥的使用量越少越好，力求將對環境的破壞與污染降至最低。

一般對應管理方法：以改善植栽環境，包括選擇合適的樹種，增加植物對環境的適應性；健全管理，使形成較健壯的植株；適當修枝，以減少老弱枝條，防止蟲病伺機侵犯；考量基地的衛生安全（是否疫區



■ 基地通透不良，土壤長期浸潤，導致樹木根系壞死、腐敗。



■ 常見的靈芝腐朽病已侵入木質部腐蝕木質部組織，當其長出子實體（靈芝）時，枝幹局部木質組織已被分解喪失強固的支撐力。

環境），選擇健全苗株，或栽植後注意植入土壤之通透、排水以減少為害。害蟲防治以殺蟲劑為最快速、最實際的利器，目前政府推行專業分工政策，可委由專業防治人員執行。

■ 防護與支撐設施

樹木於新（移）植初期，因根系尚未伸展，僅憑土壤根球的固著力，仍不足以固定植株，所以在都市林營造過程，針對新（移）植樹木是必須做好其防護措施的，其方法主要以支撐及牽引法為常見，部分較受工法侷限的區域（如人工地盤、屋頂等）也可採用根球固定方式。以上作法的初衷都是以保護（固定）樹木，避免其受外力作用倒伏，危害樹木或造成公共安全疑慮為出發，然許多坊間案例，常會使用耐候物件作為網紮材料，但定植後並未定期巡檢，導致植株增生後受網材限制產生生長滯礙，或甚至嵌入枝幹造成更嚴重危害等不當作法。此提供國外案例比較，例如日本國內施工規範就特別要求，樹木與支架搭接處所使用之護幹及網紮材料都必



■ 支柱式支架固定及纜繩牽引式固定



■ 雜草、藤蔓生長迅速，若處置不當亦常導致樹木生長危害。



■ 以耐候材料進行支架網紮造成樹木危害的案例



■ 針對珍稀老樹或存在結構不穩固的樹木設置必要的支撐保護，可緩解外力作用所造成的傷害。



■ (上左) 國外綠地植穴利用有機堆肥覆蓋，抑草又美觀；(上右、下) 本土作法：基幹利用椰子類葉鞘加麻繩網紮，亦收防草及基幹保護效果。

須是可自然降解的物件（通常為杉皮及麻繩），以避免前述危害發生。其次部分珍稀老樹之枝幹可能伸展幅度較廣，導致容易偏斜、下垂；或植株受病害侵襲，部分組織朽蝕弱化，存在不穩定狀態，基於保護原則，亦可於適當位置加固支撐，以緩其受重力或外力作用造成危害。

■ 雜草、藤蔓防除

都市林所處位置主要為人口密集的区域，如公園、綠地或相關的開放空間，其功能主要提供都市民眾休憩活動用途，其樹木栽種的隙地同時會營造成綠地，供草被植物生長，但為維持整體視覺景觀，當

草類植物過度生長時，需以人工刈除方式以限制之，但使用機具如若稍有不慎，則常導致灌、喬木樹皮被割傷，輕則生長受滯，重則莖幹被環剝、感染，致樹木死亡，相關案例屢見不鮮。為防止此等現象，可

利用基幹保護方式來緩解，其方法可運用各式天然或人工包覆材料固套，以阻絕機具接觸造成危害，在國外亦有利用有機堆肥環基幹周圍進行覆蓋的方式，一則抑制草類於基幹周邊生長，同時具有景觀視覺效益，增益綠地景觀變化。



■ 基幹部位襯墊抑草蓆，覆上田間雜管清理出來的石塊，亦可達到抑制植穴雜草入侵的效果。

■ 修剪

修剪是景觀樹木維護管理的重點工作。主要以營造景觀美質、增進公共安全、保障人民生活環境及權益、維護樹木健康與適當矯正樹體缺陷等為目的。有鑒於坊間樹木不當修剪問題層出不窮，且全國未有



■ 坊間常見的錯誤修剪樣態除影響樹木外觀，也經常造成切口感染腐朽造成危害，同時引發社會各界不良觀感，影響層面既深且廣。



■ 景觀樹木修剪以適度、合宜為原則，一般以進行樹冠疏理，維持其基本樹形。

較為齊一的樹木修剪技術通則，農業部爰此需要已頒定「景觀樹木修剪作業指引」供各界框齊參酌。本指引包含基本名詞、修剪目的、修剪類型及步驟、施工注意事項及錯誤樣態等均列項說明，以供相關作業標竿。樹木修剪作業基本上屬於專業化程度較高的維護工作，其中涉及機動工器具操作、高空作業機具及安全措施，以及相關的勞安法規、品質管控等，非經專業研訓認證恐不勝擔當，故建議委請專業人員處理。

■ 危樹、危枝的巡檢（風險評估）

樹木是體量碩大的生命個體，隨著時間的推移，樹木的體量逐漸增大、高度也隨之增加，當樹木成長至一定的規模，其所蓄積的位能與動能皆越趨飽和，一但有任何突發狀況（倒伏或枝條斷裂），其釋放之能量，將轉變成巨大的破壞力。樹木防災工作，肇因於人在樹的周邊頻仍活動而衍生之預防性作為。由於人與樹木建立密切的互動關係（如樹蔭下常聚集人員乘涼），始產生樹木所潛藏的危險因子對人

造成之可能影響。故而樹木災害風險的程度亦隨不同的環境狀態有所增減；例如樹木位於車水馬龍的交通要道周邊遠比位處偏遠的山區小徑衍生的風險潛勢高且重要。所有的樹木都存有潛在風險，當然樹木也提供無可替代的環境效益，而人們不可能因為要避免樹木帶來的風險而選擇沒有樹木的生態環境。所以種植樹木必須建立樹木風險預控的管理機制，進行必要的各種專業監管，將可能潛存的風險因素降至最低，避免衍生各種危害情形發生。

■ 一般的維護管理工作

包括給水灌溉、施肥等，在園藝景觀工作中這些都是很重要的內容，但一般樹木養護，反而屬於比較枝微末節的事了。試想，我們平常會按時對樹木澆水嗎？或者見過公園的喬木有施肥嗎？答案大概多是否定的。其實這些工作也不是不重要，主要得因應不同狀況調整。例如新（移）植樹木若未按時澆灌，恐怕其存活率會大幅降低；抑或某些開花結果性的樹木（灌木），若無適當肥培，其開花狀況亦必受



■ 若非專業人員的檢視，幾乎沒有人會發現看似穩定的樹冠其中潛藏的危機。

影響；或綠籬植物若長期未予施肥，其枝葉密度多漸呈稀疏，會影響外觀完整。木本植物，尤其喬木類因其根系伸展勢較強，自體從環境中獲取水、養分的能力較佳，所以在照護管理上，前述工項相對比較不屬於重點，但也不能完全免除，如何拿捏只能說視實際需求狀況調整。

■ 其他

如災害搶救、恢復、移植作業等。樹木保護工作涵蓋範圍頗廣，前面所列多屬於比較常態性的項目，但環境本身是多變的，樹木可能受任何環境波動影響而需要人為介入進行保護或提供必要協助。在實務工作中，樹木工作者常因颱風、豪大雨等天候變化，臨時驟增工作分量，原因不外乎樹木受天候災變影響，許多樹木亦不敵外力侵擾而發生損害，這些工作內容大致包括：倒樹、斷枝清理、扶正，且工作緊急，務必在最短時間恢復災前狀態。另外樹木可能跟人為使用開發產生衝突，若

干情況下樹木須讓出它的生長空間，此時只能進行移植工作了。樹木移植屬專業性極高的工作，需擬具相關計畫，尋覓定植地點、規劃過程動線，然後進行前置作業，包括修剪、斷根、養護、支撐，包裹保護等。移植時相關作業機具；包括挖機、吊機、運載車輛、作業人工安排等，極其繁複。按現行法規，將來從事樹木移植工作人員需經專業培訓、考認合格始可執業。

站在樹木立場思考保育之道

前幾年因機緣走訪一趟新加坡，筆者透過朋友安排，得以順道拜訪當地一些專業領域的人士進行交流。自1965年新加坡獨立建國以來，其政府即訂定綠化國土為其環境營造之指導原則，該國綠化政策位階之高，執行力之貫徹，遠非我國能望項背。同樣為環境綠化工作盡力，早年筆者常羨慕新加坡的從業朋友們，因為在新加坡，這項專業是被充分尊重的，相較之下，



■ 樹木移植屬於高度專業性工作，作業成本高，若非必要不宜輕率決定移植，若確定移植必要，應委請具專業能力的廠商辦理。



■ 新加坡全國共列管 200 餘株遺產樹，每一株都充分受到良好的保護，如上圖該樹根系範圍一律圍圍管理，以防止人為入內干擾。

彼時國內相關工作領域常感受到冷落，當然近年來國內相關專業界也有一股正能量在醞釀中，相信不久將來，我們當能迎頭趕上。

筆者服務於 NGO 組織，在執行相關工作時重視以效益作為評估標準，多年累積的經驗中，有許多值得與外界分享的案例，以下便以一則故事作為結尾。北投清天宮前的圓環，有一株 200 多歲的榕樹，幾年前，它的生長勢逐漸衰弱，早在數年前被詢及意見，就表達過可能是基地被硬鋪覆蓋造成的生長滯礙，雖然後來業主有委託專業廠商在其植穴外圍鑽孔，以改善通透，但其開鑿位置僅位於基幹周邊約 2 公尺處，明顯發揮不了作用。當然背後原因是因為若要在正確位置鑿洞的話，可能導致現場場地被破壞、影響民眾安全、造成交通不便等非專業意見之干擾。2019 年受當地里長委託，我們強烈建議要在樹冠外幅下方開設 6 處通透口，以改善水分及空氣通透。原先反對意見亦頗為堅持，後經反覆溝通並立切結保證，始同意施作，目前執行完成已 4 年有餘，經長期觀察，逐見該樹末梢枝葉似有所增生，但且尚難論斷成效。

專業的價值在於堅持做該做的事，即便需耗費漫長時間，仍值得落實。筆者經常與業界朋友分享經驗，一位朋友曾點出：這類工作難以立竿見影，即使忙碌許久，外界也可能感受不到，因此業界少有人願意投入。筆者深有同感。有時候轉念，站在樹木的立場思考我們的工作，更能符合它們的真正需求。🌱



■ 200 餘歲老榕樹生長基地幾乎被覆滿柏油，僅在植穴周邊鑿孔對改善亦十分有限，最終研議方案：在樹冠投影線外圍開鑿 6 處 80×40 公分的通透口，以改善地下環境。

自然，是一所學校

—關於臺灣山野教育

文／郭于菁（臺中市忠信國小教師）

圖／洪國煜

臺灣地理條件得天獨厚，不僅四面環海，內陸森林覆蓋度高達 60%，陸域 2／3 有山林覆蓋，且因地勢起伏高，造就不同豐富的林相，是世上罕見的高山海島。林業及自然保育署也積極推動山林活動，鼓勵國人親近大自然，走進森林。自 2013 年開始，教育部體育署委託國立臺灣師範大學（下稱臺師大）陳永龍教授規畫辦理「山野教育推廣實施計畫」，培訓種子學校與教師，帶著學生親近山林野地，開展「山是一所學校」的理念。

為什麼要向山學習？臺師大表示，山野教育可以讓人學會和自己相處，從體能到毅力，因為有目標而帶動自主學習動力，且能在挫折中成長；還能讓孩子學會在團體中溝通、互動與協力互助的合作學習；並透過土地情感和環境守護的意識，成為大地的守護者（陳祥麟，2015）。

臺灣教育過去強調學生學習「知識」與「能力」，加上「態度」，隨著 108 年新課綱走向，轉變成培養「素養」，強調自發、互動、共好 3 面 9 項核心素養，接受專訪的陳永龍教授認為所謂的自主行動、溝通互動跟社會參與，在教室裡面並不容易教，但帶到戶外野外，爬山的過程中，會發現學生的能力，就這麼自然長出來（陳永龍，2020）。

從戶外教育談 山野教育的源起與理念

戶外教育在臺灣實施已久，但受限升學主義，未能被真正重視。2012 年由民間優質戶外教育推動聯盟作為推手，與公部門研商相關議題。教育部於 2013 年委託臺師大針對國中小教育行政人員、教師和學生進行戶外教育現況及需求調查。教育部於 2014 年發布《中華民國戶外教育宣言》，將戶外教育泛指「走出課室外」的學習，包括校園角落、社區部落、社教機構、特色場館、休閒場所、山林溪流、海洋水域、自然探索、社會踏查、文化交流等體驗學習。透過走讀、操作、觀察、探索、互動、反思等歷程，結合五感體驗的融合學習，讓學習更貼近學習者的生活經驗（中華民國戶外教育宣言，2014）。

若將戶外教育的特點放置學校教育情境中，定義則是「戶外教育泛指課室外活動，讓學生能在真實的情境中，藉由身體感官的直接運用與探索，與環境中的人／事／地／物產生交互作用，以豐富學生的主體經驗，促進認識自我的能力，建立自



■ 學生們分隊行進並保持互相照應的距離，每個人都是彼此重要的夥伴。

我和社群的關係，並維繫自我和環境之間的友善關係。在此過程中，戶外教育應同時與學校的特定主題、學科或領域結合，以協助學生獲得整合性的學習經驗（黃茂在、曾鈺琪，2015）。」

隨著對戶外教育的重視，「山野教育推廣實施計畫」也於同時期發展，作為山野教育推手的陳永龍教授，認為臺灣山林資源豐富，以山野教育作為戶外教育的核心形式，聚焦於山林野地，引導學習者透過探險探索的方式，能培養對土地情感及增進環境素養。山野教育更是把山野當作媒介，透過體驗、探索等方式，來打開經驗世界、發展抽象能力並與世界連結的絕佳管道（陳永龍，2014）。教育部將「山野教育」推廣的範疇與概念：山野教育（Mountain Education）係包含以「山林野地」為場域所進行的課程與教學活動。

就定義而言，山野教育乃泛指「在」山野、「有關」山野以及「為了」山野所進行的教育活動。換言之，即以「山野環境」作為課程實施場域，但包含在山野場域內進行的課程與教學活動，應具備課程設計的前（整備階段）、中（課程與教學實踐）、後（課程評估與評量）等階段的「素養」學習，進行包含「登山教育（以登山安全為內容包含山野活動所需的體能、態度、裝備、知識、技能等專門素養）」、「探索教育（以體驗探索活動作為教學資源並能展現獨立自主或團隊合作知能）」和「環境教育（以環境場域作為課程資源包含環境風險與生態守護知能）」的課程與教學（教育部體育署，2021）。

戶外教育及山野教育的出發點，都期許學生能在真實的情境中，運用與創造知識，產生整合性的學習，更自發的學習動機。

走出教室，在自然環境探索

過去，新竹市光武國中經常見到抽煙打架的高關懷學生，當時仍是老師的林茂成校長思考該怎麼改變孩子的困境，於是改變傳統教學思維，展開體驗課程。他帶著孩子登山、溯溪、單車環島，建立四季探索課程，包括春天溯溪、夏天單車環島、秋天爬合歡山、冬天前進綠島。他認為，真正的學習應該與土地連在一起（天下雜誌，2018）。經過幾年蛻變，光武國中逐漸形成健康的學習氛圍，成為山野教育的指標學校，更成為升學率最高的熱門學校。這群不愛唸書的學生們，現在以大自然為師，不需再以成績證明自己的價值。他們願意敞開心胸，透過真實的自然體驗，從中探索與實踐，不斷學習、討論、合作，並學會付出、分享、感謝，激盪出無窮的潛能，並開啟師生彼此真實的互動機會。

讓學生親近自然，在真實的自然環境中探索，對身心皆有助益。作為州教育和環境圓桌會議（SEER）主任利伯曼（Gerald Lieberman），在 SEER150 所學校進行長達 10 年的研究，顯示基於環境的教育能夠提高學生在社會科學、自然科學、語言藝術和數學方面的學習效果；提高標準化測驗成績和平均分（GPA）；幫助學生發展問題解決能力、批判性思考能力和決策能力（Richard Louv, 2009；郝冰、王西敏譯，2014）。在 Chawla 等人研究中，以 3 組不同年齡層的學生，進行校園自然體驗相關的研究。分別是國小學生（6—12 歲）在樹林繁茂的校園學習玩耍，國中生（9—13 歲）以戶外教育的方式結合學科



學生們攀登合歡南峰的過程中，面對高低落差地勢時學習使用登山杖安全著地，並互相扶持幫忙。

學習，高中生（14—18 歲）進行園藝活動，研究結果皆顯示，融合自然環境的學習能幫助學生舒緩壓力、提高注意力、建立信心以及形成支持性社會群體（Chawla, L., et al., 2014）。

在臺灣主流教育中，隨著孩子年紀增長，認知教育經常是成人主要關注的重點，為講求效率，很多時候我們的孩子一整天都坐在椅子上學習，即使是進行自然教育，也只是看著電腦圖像來學習知識，缺乏實際觸摸與感受。然而，走出教室所開展的學習更加遼闊，透過真實的情境，孩子們啟動全身的感官去學習與觀察，彼此激盪學習的可能性，更加開放精彩。

山野教育規劃內容與實例分享

根據體育署統計，從 2013 年推動山野教育至 2019 年，參與的學校已經從 14 校增至 113 校（體育署，2019）。申請類型從初階到進階，包括一次性登山體驗活動、山野教育優質課程方案以及山野教育策略聯盟方案。隨著發展逐漸成熟，參與的學校成為彼此的合作夥伴，建立更完整的資料庫，像是系統性路線評估風險能提供學校規劃參考，並透過安全檢核降低意外機率。期許能揮別過去大眾對山林未知的恐懼，讓更多學校投入山野教育活動。

在參與 2020 年山野教育師資培訓時，筆者印象特別深刻的是彰化縣鹿東國小實踐山野教育理念的教師團隊，發現學生們參與過程中，有很多課堂學不到的經驗與

感受，像是懼高的學生如何與自己的恐懼共處，怕髒像小公主的孩子，從板著臉，最後笑著接受與喜愛登山的自己，或是就快完成路程卻跌倒受傷，萬般不想放棄的孩子，學習以安全優先，並考量不造成他人的麻煩，決定回頭下撤。或是，有一個孩子看著雪山的圈谷說，覺得自己好渺小，當孩子自己看到與感受到，無需大人教導什麼是謙卑，已經領悟在心。在小隊學習制度裡，孩子們要學習合作、協調溝通、照顧關懷彼此，因為一群人比一個人走得更遠。

山野教育的規劃地點，從郊山、中級山到高山百岳，不僅要做好充足的事前體能訓練，登山知識與技能的課程，裝備的準備……等，並依不同年齡層的學生做課程規劃，涵蓋地理、生活、自然、數學、人文等領域，許多細節的安排，讓知識、



■ 在南湖北山遇雨迫降營地時，學生學習調整行程，於泥濘中搭營，這成為山野教育中最真實且難忘的體驗。

技能、情意不同面向的學習，自然流動在其中，讓學生在體驗山林的美好同時，也獲得統整性的學習。

彰化縣鹿東國小山野教育團隊也分享到有時候不太會念書的孩子，成了最會做事的那個孩子，學校低調的孩子，在山野探索過程中，展現另一個自信的樣貌。每次探索之前，他們並不知道會發生什麼，但回來時，一定會告訴你發現了什麼。而作為老師的角色，也會在過程中不斷問自己還可以做什麼，當時覺得好像做不到，但很多事情做了就開始流動，讓一切多了很不一樣的想像。

有別於教室熟悉而固定的生活環境，在大自然中，處處都有著變數與驚喜，可能是一場突如其來的天氣變化，也許是迎

面而來的動物，在森林中遇到叉路，需要辨識方位該怎麼辦……等，就像是一場冒險。當學生處在其中，必須要隨時應變，學習危機處理，專注留意週遭的訊息。對於總習慣仰賴網路資訊的世代，透過山野教育的概念，提供一個真實體驗的學習管道。

山野教育以外的可能： 重視校園綠色空間

一所學校能執行山野教育的行動方案，需要經訓練的教師團隊，且有高意願投入，具備課程規劃與行動執行力，願意花時間逐步引導與培訓學生，並承擔風險責任。也需仰賴家長的支持與資源，為了增添足夠裝備，需想辦法籌募資金，一路摸索逐



鹿東國小學生們使用地圖與指北針，討論所在位置與接續行進的方向。



■ 室內課程中，除了培養實際技能，引導孩子合作與建立團隊默契同樣重要。

漸找到定位，其實並不容易。即使無法參與山野教育，那麼可以從重視校園的綠色空間開始。

玩，是孩子與生俱來的能力。下課 10 分鐘，孩子們各個像脫韁野馬，活動與遊戲，不僅能活動筋骨，鍛鍊體能，也能幫助恢復注意力，讓下節課又重新擁有專注的能量。處於城市中的校園，無法每日親近山野，但即使是校園有限的綠色空間，皆對學生有正向效益。來自西班牙的研究者以當地 37 所國小中挑出 2,593 名學童作為研究對象，探究學校的綠色空間對學童的影響，結果顯示，學校綠色空間有助於減少環境污染，甚至減緩噪音干擾，當學校綠蔽度越高，能有效幫助學生提高認知能力及工作記憶，並減緩注意力不足的問題 (Dadvanda, P., et al., 2015)。

由國立成功大學、國立臺灣大學、國家衛生研究院所組成的研究團隊，針對臺灣 98 所國中小進行調查，發現學校的綠地越多，越能引發孩子的創造思考，對身體活動能力也都有正面的影響，因為在探索過程中，會遇到各種問題，都是促進孩子思考的機會 (吳治達等，2017、2018)。

親近自然，從學校教育開始

累積孩子自然的經驗是重要的，當他們親近自然過程中，對自然、山林產生獨特的記憶，看見生態受到破壞、威脅、甚至消失，會感到傷心與難過，與自然產生情感的真實連結，長年累積而成的生態教養方能慢慢形成 (范欽慧，2010)。

齊柏林曾經說，山像是一切事物的起點。而自然，則像是一座蘊含著萬物智慧的學校。學校是每個孩子在成長過程中，會長時間接觸的學習場所，也是給予孩子親近自然環境的好機會。筆者作為教育工作者以及愛山林的人，樂見山野教育的推廣，期待未來也能參與其中，也期待著即便是身處城市的校園，都能保有更多的綠色空間，讓學習延伸到教室以外更大的世界，老師可以帶孩子一起觀察自然萬物，體驗種植，或在教室注入一點綠意，讓環境更具美感。🌿

本篇文章感謝彰化縣鹿東國小余慧香老師提供相關資訊。

(參考文獻逕洽作者)

守護山林的雄鷹

無人機科技重塑保育未來

圖／吳尚鴻、蘇柏羽
文／張景棠（豐年社特約記者）

背上裝備、戴上安全帽，跟著森林護管員蘇柏羽，來到林業及自然保育署新竹分署（下稱新竹分署）苗栗大湖工作站附近的山區，看他騎著擋車穿梭在山間，不是在工作站，就是在山林之中與自然為伍，這是森林護管員的日常。

一份任重道遠的工作

森林護管員也是俗稱的巡山員，他們的業務繁重，職責可說是包山包海，包括林地巡護、防範森林火災、野生動物保育、社區林業、林下經濟輔導等，工作區域以山區及海邊保安林居多，因此對於植物識別、木材辨識到動物保育都是基本技能，還必須有森林火災撲滅技巧及對於盜伐案件的敏感度。

蘇柏羽：「這份工作真的很辛苦，像是每年都會舉行5—7天的深山特遣，到偏遠高山地區巡查，除了負重20公斤以上裝備外，還要持刀開路，餐風露宿，除了身體上的辛勞，還有其危險性，像是遭遇持武器的山老鼠、無法控制的天災、野外的野生動物等，如果對這份工作沒有熱情是做不久的。」



打擋機車是森林護管員的最佳戰友，穿梭在蜿蜒崎嶇的山林中，克服野地多變的地勢。（攝影／張景棠）

喜愛大自然的蘇柏羽，高職就讀苗栗農工森林科，國立屏東科技大學森林系畢業，服完兵役後便投入森林護管員工作，希望能夠學以致用。他從新竹分署的竹東分站開啟他森林護管員的生涯，2020年調任新竹分署大湖工作站（下稱大湖工作站），今年（2024）是他入行的第九年，主責租地造林業務，身兼多職的他，同時也是林地測量隊長、機動救火隊隊長和新竹分署搶救森林火災的快速支援隊隊員。特別的是，他還報考交通部民航局無人機證照考試，獲得夜間飛行：高級一組（G1）專業高級操作證，無人機的導入與應用讓森林護管員的工作更加具有安全性和效率。



蘇柏羽擁有無人機專業高級操作證，讓森林護管員的工作更加安全有效率。（攝影／吳尚鴻）



森林護管員每年都有5—7天的深山特遣，需負重20公斤以上的裝備至偏遠高山地區巡查。（蘇柏羽提供）



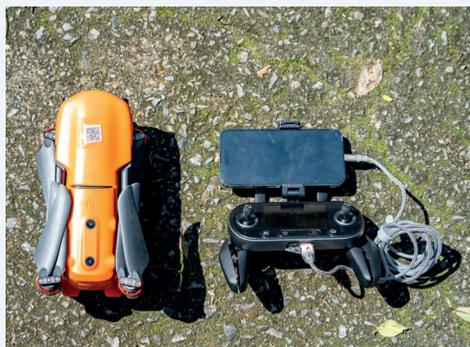
森林護管員除了需要有充足的體能和過人膽識之外，還需要能夠忍受餐風露宿，多日無法洗澡，且每日都流著汗的狀態。（蘇柏羽提供）

無人機科技導入林業保護

大湖工作站轄區土地包含竹東、南庄、大湖與大安溪等4個國有林事業區；苗栗縣區外保安林地、國有財產署接管林地，總面積約34,265公頃。由於轄管內的國有林地多位處集水區上游，因地形陡峻、河短流急、

地質脆弱，加上極端氣候之颱風、豪雨及地震等因素，常導致複合型災害發生。林地土砂災害發生的機制複雜，不易預測，且因受制於環境與路線因素，人員難以深入現地勘查，災情資訊無法即時得知，易產生災害防治與應變盲點。

此時，無人機飛行載具（Unmanned Aerial Vehicle, UAV）又稱無人機或空拍機，具備高機動性、高解像力、即時性、較不受交通及地形條件限制之



■ 大湖工作站使用 Autel EVO II 無人機，最高解析度可達 7680 x 4320。（攝影／吳尚鴻）



■ 無人機現已廣泛應用在山林救火，透過無人機空拍掌握火場周遭環境。（蘇柏羽提供）

優勢，可取得相關影像資訊，作為後續各項分析評估分析使用。

無人機載具可實際應用在國土監測和山難救助，國土監測部分像是偏遠山區變異點的監測，所謂的「變異點」意指一地原本是林相鬱蔽，因不明原因導致裸露，這時森林護管員必須到現場查報，這些地方有可能在陡峭的岩壁或是懸崖邊，人員到達現場會有安全疑慮，使用無人機空拍來協助，可降低人員安全疑慮。

無人機也常見使用在山難救助，無人機雖受密林及氣候限制，但仍可輔助山區救援中困難地形的勘查，像是溪谷及陡峭邊坡等難以到達的區域，相對於傳統以人力搜救的方式，可減少搜救人力及保障救援人員的搜救安全，避免以身涉難的風險。近幾年也有空拍機結合 AI 及熱顯像技術等新技術擴大空拍機可應用的範圍，如數位發展部數位產業署的 5G 無人機結合 AI 辨識強化山難搜救及桃園市政府消防局成立義消無人機隊，主攻山難等長時間救援任務。

2024 年 3 月，一對夫妻攀登玉山後四峰失聯，家屬心急如焚，當時高雄市消防局徵調義消及民間無人機的空拍飛手至現場，結合玉山國家公園管理處人員，透過無人機搜索等空拍技術，於三叉峰下方約 300 公尺處發現失聯者，完成搜救任務。

另一起森林救火案例則是發生在 2024 年清明連假時期，當時大湖工作



■ 臺灣的森林火災高達97%是人為因素，現場除了用鐮刀、鋤頭移除易燃樹木之外，還需用背負式水袋、滅火球等器材來滅火。（蘇柏羽提供）

站轄區內的保安林發生火警，全站動員前往協助，由於火場位置偏遠，當時便使用無人機搭載的高解析度相機和紅外線熱成像儀來拍攝火場及周遭環境，製作正射影像鑲嵌圖及高溫熱源分布區域圖，將火場分布、風向、火源大小等影像資料提供給指揮官制定滅火計畫。

不斷精進專業技能

一位森林護管員除了需要具備跋山涉水的基本巡護能力，尚需具備學習其他技術性操作的能力。臺灣山林廣袤，縱然有日新月異的技科工具得以輔助，仍不脫離人力的操作、維護、記錄及分析判讀。

蘇柏羽勤學考照，不斷精進自己的專業技能，和工作站的同仁一同努力練習，前後準備了一年半的時間才考上無人機專業高級操作證，他所考取的夜間飛行：高級一組（G1），可以讓無人機在距地面或是水面400呎

以上飛行、視距外操作，以及夜間飛行，在多種任務情境中非常有幫助。

他分享，考照測驗時，無人機使用「姿態模式」，沒有GPS定位，會受到外在氣候環境的影響而產生偏移，必須依靠操作者的技術和熟悉度才能依規定航向來飛行，就像每臺汽車的油門大小略有不同，每臺無人機的操控性也不太一樣，必須要去適應搖控性的感量，經過反覆練習到非常熟練才能過關。

大湖工作站的主任也鼓勵工作站同仁學習無人機技術，越來越多工作站同仁取得無人機的操作證，也成為大湖工作站守護山林的最佳武器。隨著無人機載具的技術進步，可以預見將有更多樣、完整的應用，可提升相關防範盜伐、林地監測、森林火災空勘、林地測量等工作，這些新科技將能夠有效分擔森林護管員繁重的勤務，精進相關專業技能，將這些寶貴的知識和經驗傳承延續下去。🌲

飛越極限捍衛山林

森林保育的空中英雄

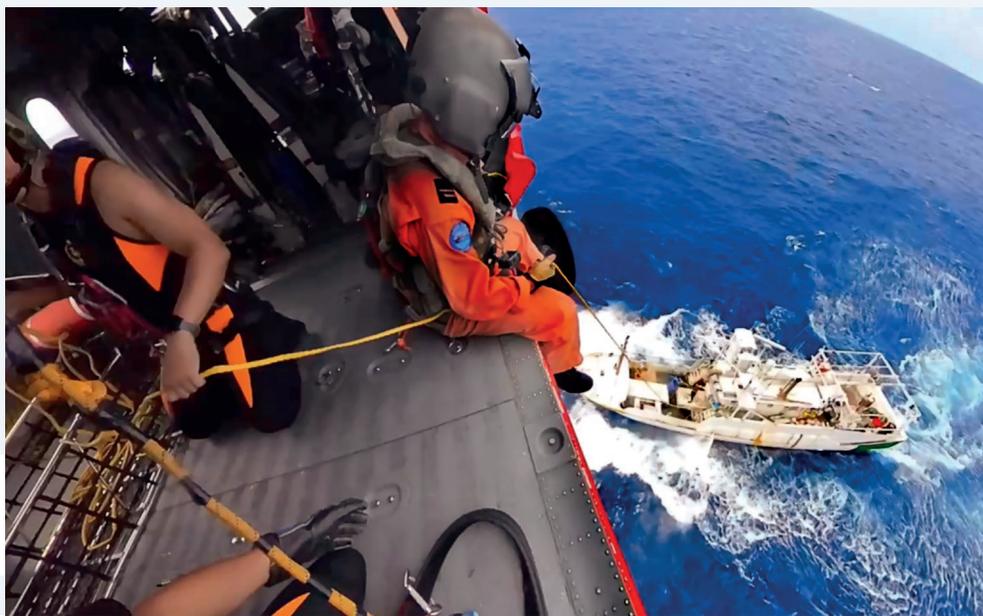
圖／內政部空勤總隊、吳尚鴻
文／林郁姍（豐年社特約記者）

在狹長的臺灣島上，山脈拔地而起、高聳參天，超越3,000公尺的高山就有近300座，攀登臺灣高山向來充滿挑戰，這也意味著，若發生山難或其他救援需求，救援工作困難重重。在這種人力難以企及的地方、時間緊迫的危機時刻，就是內政部空中勤務總隊出動的時候。

包山包海的空中救援任務

空勤總隊教官金立平坦言道：「不管是山難、海難、或山區救火，在臺灣的編制裡，黑鷹直升機機組包辦全項救援任務，在世界各國中罕見，也因此難度極高。」

金立平指出，空勤總隊的救難直升機有海豚和黑鷹2種機型，以他駐守的花蓮機場來說，比較常接到翻山越嶺的任務，而臺灣的山脈海拔動輒3,000公尺以上，因此多由馬力升限較大的黑鷹直升機擔任。一架直升機通常搭載機組5人，2位飛行員、1位機工長、再依據任務類型決定2位隊員是海巡或特搜。由於任務需求來自不同單位，跨單位溝通協調是常態，且須快速做出相對應的策略。



救急、搶快是空勤總隊的特色，航程僅需約船程的1/4。（內政部空勤總隊提供）

跨單位整合 出動救援前的協調溝通

第一次體認到溝通協調的重要性，是金立平剛加入空勤總隊不久、駐地在松山機場時，當時是副駕的他，跟著學長駕駛海豚直升機，依據通報到蘇澳海外貨輪救援因重感冒昏迷的韓國籍船員，但到了現場才發現該名船員幾乎已失去生命跡象，最終更耗費大量時間協調，才將該船員遺體從機場送到殯儀館。金立平指出，直升機的特性是「搶快」，以同樣距離來說，飛機的單趟航程 15 分鐘，船可能要兩小時，每次執行任務前，得盡量掌握待救者身體徵狀資料，瞭解現場環境狀況，才能準確攜帶需要的救援裝備。

此外，空勤總隊也參與保育任務。金立平曾協助運送失怙的「南安小熊」，從林業及自然保育署花蓮分署（下稱花蓮分署）三民苗圃載送到南投的生物多樣性研究所。因考量到小熊鎮靜用藥時間需盡可能的縮短，因此請能直線從東部翻越一萬英呎中央山脈到西部的黑鷹直升機載送。「花蓮分署提早數週提出申請後，這中間不僅要瞭解花蓮分署的運送需求，也要向軍、民航管單位確認並提交航路計畫，飛行路線若進入管制區域，則需請相關單位協助管制避讓等。」

雖然在空中由教官擔任指揮官，但機上的組員有如命運共同體，「和

一個命令一個動作、強調階級的軍隊不同，空勤總隊裡的每個人都是平行關係，像特搜垂吊下去前，會跟我說哪個角度更好一點，尤其在山區要注意纜繩被樹枝纏繞或割斷的可能。」金立平說事前的任務反應時間不多，現場更要相信各自的專業判斷，而結束任務落地後也會再花時間進行檢討，以利下次救援。



空勤總隊教官金立平協助林業保育署多項救難任務，榮獲「112年林業及自然保育有功人士」。(攝影/吳尚鴻)



空勤總隊以直升機載運南安小熊至八通關 8 號停機坪野放(花蓮分署提供)



■ 在山區救援時，尋找垂降角度有賴教官與特蒐各自專業的配合。此圖為中央金礦山屋救援。（內政部空勤總隊提供）

飛越極限 山區救火與森林保護

空勤總隊的任務不僅無法預期，還常常都得去一些沒去過、不會想像的地方，常常挑戰飛行技術的極限。以 2021 年玉山國家公園八通關杜鵑營地失火事件為例，金立平先從花蓮基地起飛、至南投日月潭取水、再到杜鵑營地救火，其難度首先在吊掛水袋水量約 2 噸（約一般家用水塔容量）已接近最大負重，接著又得從海拔 700 公尺的日月潭一路陡上到海拔 3,280 公尺的杜鵑營地，操作駕駛須十分精細小心，需要來回數次飛行進行滅火，對專注力和體力都相當考驗。

金立平也提出救火要有策略，視火場狀況雙管齊下除有數架直升機接力救火，並同時出動地面消防，直升機執行山區森林空中滅火能控制的範

圍遠比想像中來的更小，因燃料、天氣與地形常助長火勢發展，頃刻間火勢綿亙濃煙四起，機組人員常需在錯綜複雜的山稜樹梢間避過煙塵視障，尋找切入點投放澆灑火點，而高山滅火取水點距離火場常需花時間爬升，有時 2 趟投水的間隔時間甚至要到 30 分鐘，因此更增加作業的難度。



■ 執行臺中東勢中橫便道（八仙山事業區第 85 林班）火災搶救任務（內政部空勤總隊提供）

地勢之外，「氣候」也是影響救援速度的關鍵因素之一，春夏4、5月季節交替時，或有東北季風伴隨鋒面的冬天，都是氣候比較不穩定的時候。山區氣候變化大，常有到達現場時因雲層覆蓋目標無功而返，「有時幾趟下來還得靠老天爺幫忙，才能找到適合的救援時間點。」金立平說，還有一個原則是在山區不進雲，會保持視野良好能目視地面參考下實施救援，若高山目標區僅較低海拔被雲層覆蓋就會從海上寬闊無障礙狀況下，利用黑鷹機的氣象雷達及自動飛操功能謹慎爬升穿過雲層到雲上後再定向山區目標。

快速決斷、救人救己 山林安全與防範意識

救援之外，把自己、把機上的救難隊員一起安全送回基地也相當重要，「該撤退就撤退，不要猶豫。」金立平說駕駛飛機不難，難的是救援當下對突發狀況要在極短時間做出正確的決策，「頭幾年的感受更是深刻，執行任務時總有種腎上腺素不斷噴發的感覺，好不容易完成後都有種虛脫的感覺。」

金立平也呼籲，民眾入山前要仔細評估天氣、體能、規劃路線等，「疫情期間不少民眾轉向戶外活動，山難通報案件比平常多了許多。」金立平自己也參與登山活動，他認為在知



■ 不出任務時，空勤總隊持續進行日常模擬訓練，包含海上救援（上）及森林火災防救演練（下），以利應對突發狀況的反應速度。（內政部空勤總隊提供）

識及體能所及的範圍內安全登山最重要，若遭遇危難立即求助、原地保暖等待，不要冒險前進，以免增加救援難度；雖然被稱為救難英雄，但他更希望我們的大地、與每一位登山者，都能平平安安度過每一天。👉

山無語卻有聲

踏尋赤腳傳奇的
山林哲學

圖／吳德發、彭亞倫
文／翁珮恒（豐年社特約記者）

從屏東北大武山海拔 1,200 公尺處新登山口逐漸攀升，北大武山早已雲霧繚繞，令人分不清是走在山裡還是走在雲裡，山中秋日的冷空氣隨著海拔上升逐漸冷冽，將腳步凝結。「你們在哪？我下去找你們！」檜谷山莊莊主吳德發，不僅是登山步道的管理者，更是眾多登山者的守護者，熟悉山況的他，赤腳穿梭山林，不一會兒便找到氣喘吁吁的新手登山者。

帶著溫暖的笑容，吳德發找來兩塊石頭迅速搭起簡單的座椅，一邊分享北大武山登山的安全知識，一邊娓娓道來他與山神結緣的故事。

當山神召喚 願為一名服務者

20 多年前，吳德發正陷在人生低潮，帶著一顆茫然的心無意間駛入北大武山區域。「很神奇，就像被北大武山召喚一樣，下車腳一落地，心情突然變得很好。」吳德發說，從那次開始，他每個禮拜都會往北大武山跑，並訓練自己一日單攻（來回新登山口一峰頂三角點），一爬就是 7、8 年，直到某天知道有維護北大武山登山路線與救援的工作，「我心想，能登山還能賺錢真不賴，就這麼進來到檜谷山莊，已經快 14 年了。」



人稱「赤腳傳奇」的吳德發，多年來堅持赤腳穿梭山林，用自己的方式親近北大武山。（攝影／彭亞倫）



吳德發在北大武山上擔任山林維護的工作，用盡全力守護登山者們的安全。（吳德發提供）

位於海拔 2,150 公尺的檜谷山莊，是北大武山步道一棟住宿山屋，莊主不僅需協助登山者住宿休息，也需密切關注山林狀況，提供山難救援與路線維護。吳德發坦言，體能上的挑戰他早已準備好，反倒是心理調適才是更大的課題。「我常常笑稱能夠勝任這份工作，除了要有基本體能、對山林的高度熱忱，再來就是家庭不幸福，這可是三分玩笑七分真！」吳德發說，當時的他拋下了山下令他煩心的生活來到山上，一開始懵懂無知的自己，也並不知道該做些什麼，是北大武山慢慢地教會他一切，該謙卑、該圓滑、該成為一名「服務者」。

「從合約精神上來看，我們的工作就是山林管理，維護步道安全、協助山難救援。但我不會稱呼我們為管理者，而是服務者。我把北大武山當作作家，把登山者當作來家裡作客的人，儘量招呼周到。」因此，巡山時，他會設想每一個階梯、每一個轉角對登山者來說是否安全，讓「家」裡不會

亂七八糟的，當有登山者需要協助救援時，該如何貼心地照顧每一位「客人」。也因為這樣特殊的工作性質，吳德發經常離死亡非常近，無論是面對山難者，或是自己經歷多次的「沒死成」，都讓他更加貼近山神，更加確定自己的使命，就在北大武山。

那些北大武山教會的事

吳德發回憶，曾經背著 30 公斤的救難繩，夥伴在後方呼喊他，一個回頭便跌坐滾下斷崖，當下若是沒有背著救難繩，根本沒有辦法讓他拉回來；2024 年元旦也是接獲救難訊息至南大武山救人，求好心切而以最快的速度獨自出發，結果因相對沒有那麼熟悉南大武山，又遇到晚上下雨起霧，反倒是自己被困在山中，要不是夥伴趕緊來救援，恐怕撐不到天亮了。



日常的訓練，讓吳德發擁有一套自己親近北大武山的方式。（吳德發提供）

以自己的經驗，吳德發強調：「面對山林，要沉穩、要謙卑，千萬不可以小看山林！要珍惜生命。」他說，很多登山者會覺得要冒險、要挑戰自我極限，但是往往意外就是意外，就算再準備周全也還是躲不掉，更不用說那些不瞭解自己、不瞭解自救，也不瞭解山林的登山者。

「所以我常告訴山友，登山不僅僅是對自己負責，也是要對家人負責。」吳德發說，登山的體能訓練是需要循序漸進的，要找到適合自己的登山方式，「可能這次從北大武山新登山口到舊登山口就好，下一次再來往上爬，階段性地認識山林，山也會帶著你認識自己。」回望自己與北大武山 20 多年的情誼，他說一切心境的沉澱都是北大武山教育而成的，過去的他有許多事情不願意面對，是北大

武山帶著他與自己對話，「山無語，卻教會了我所有，讓我成為現在的我。」

成為山林的說書人

和北大武山共居近 14 年，吳德發說，接下來要盡力做到「步道安全」，「每個禮拜至少要全線巡山一次，除了即時處理山友匯報的山林狀況，也要自己發現山壁裂縫、崩壁等可能帶來危險的情形。」此外，吳德發也極力推廣將山林中的設施降到最低，「除非是萬不得已，釘子、階梯等非自然的設施最好不要在山林出現，都是潛在的危險。」

「北大武山教會了我圓滑，接下來我要把如何安全地接近山林，把在山上的一切分享給更多人。」吳德發笑說，接受演講、採訪，對以前的他來說根本是不可能的任務，但北大武



■ 在北大武山的工作吳德發已協助過許多登山者，有些甚至後來成了他的朋友，牽起了緣分。（吳德發提供）



平日巡山尋找需要修復的地方並進行維護 (吳德發提供)



吳德發想繼續把北大武山帶給他的這份美好，傳遞給所有想要接近山林的人們。(攝影/彭亞倫)

山帶給他的，已不再侷限於自我探索，而是向外延伸。現在的吳德發，除了將在北大武山遇到的故事分享在社群，也開始走下山，成為山林說書人。

一次次的上山，都讓吳德發不斷地縮小自己，「謙卑行事」是山林帶給他的第一課；而一次次的下山，卻讓他不斷地放大山林，「謙卑行事」

則成為他每一次的開場。「當謙卑成為一種信念，很多正向的能量就會向自己靠攏。」曾經非常討厭自己的吳德發，因為北大武山而有了信念，因為北大武山而慢慢喜歡自己、喜歡上這個世界，「北大武山給的東西真得太多太多，是祂讓我發現，這個世界可以這麼美好。」



北大武山是中央山脈南端最後一座海拔超過 3,000 公尺的高山 (吳德發提供)

林業通訊



10/04 - 10/09

林業保育署參加「2024 臺日里山交流會議」，透過參訪日本阪南市海之森、龍谷之森以及里山社區一棕川等里山、里海實際案例，分享臺日雙方推動里山、里海倡議的重要經驗，並針對社區林業、生物多樣性保育、OECM、永續山村等議題深入討論。

—— 林業保育署 蔡孜奕



龍谷大學分享龍谷之森經營現況
(攝影/林業保育署 蔡孜奕)

10/05

林業保育署宜蘭分署攜手自然史作家吳永華推出《靚水之光：蘭陽平野自然發現史》，記錄早年自然探索者在蘭陽平野的足跡，並提供珍貴的自然史線索，呼應宜蘭分署推動的國土生態綠網計畫，更讓宜蘭在臺灣各縣市中脫穎而出，擁有最完整的自然史著作。

—— 林業保育署宜蘭分署 楊暄慧

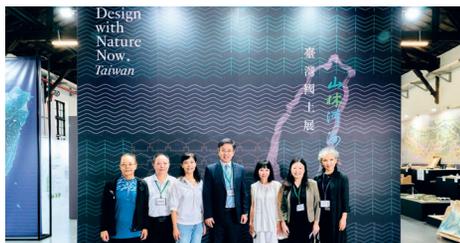


《靚水之光：蘭陽平野自然發現史》重磅強力推薦
(攝影/林業保育署宜蘭分署 楊暄慧)

10/06 - 10/12

林業保育署辦理「2024 Design With Nature Now Taiwan 臺灣國土特展／山林展區」活動，展出永續森林經營、國土生態綠網及林業文化等執行成果，藉由與國際環境設計方案聯合展出與國際研討會的成果交流，產生跨域合作的共效益，有助提升大眾對森林與生物多樣性保育之認知。

—— 林業保育署 劉愷杰



「2024 Design With Nature Now Taiwan 臺灣國土特展／山林展區」活動開幕式合照 (中華民國景觀學會提供)

10/09

林業保育署新竹分署在竹東鎮竹東宿舍群舉辦「竹東林業故事」展覽開幕記者會。邀請 11 位林業者老、新竹縣文化局、竹東鎮長，以及竹東國中、瑞峰國小和在地人文書店共同參與。活動中，來賓於竹編藝術裝置上留下祝福語，象徵竹東宿舍群風華重現及展覽所呈現的黃金林業年代，並宣傳「竹東林業故事特展」。

—— 林業保育署新竹分署 顏翊卉



「竹東林業故事特展」展覽開展邀請在地耆老合照，再現過去竹東黃金歲月風華。(攝影/林業保育署新竹分署 顏翊卉)

10 / 09

林業保育署屏東分署接獲屏東縣霧臺鄉大武村麥庸正村長通報，在大武部落旁海拔僅 513 公尺的原住民保留地發現有臺灣黑熊受困套索，此次黑熊通報救援是高屏地區首例，屏東分署立即會同國立屏東科技大學野生動物收容中心並動員 20 餘人至現場與族人合力救援，在現場麻醉檢傷後，連夜將黑熊後送並於隔日清晨 12 點抵達國立屏東科技大學野生動物收容中心。



屏東縣霧臺鄉大武社區發展協會發現臺灣黑熊受困套索立即通報（攝影／林業保育署屏東分署 羅文玟）

—— 林業保育署屏東分署 羅文玟



宜蘭分署攜手茶籽堂認養朝陽步道
（攝影／林業保育署宜蘭分署 林政勳）

10 / 15

林業保育署宜蘭分署與茶籽堂簽訂朝陽步道認養契約，攜手推動環境保護與步道永續發展。茶籽堂長期深耕朝陽社區，除了設立門市，也積極推廣在地苦茶樹文化。此次合作中，茶籽堂將舉辦淨山活動、生態調查及環境教育宣導，宜蘭分署則提供專業生態管理指導。雙方期望守護步道天然資源，融合景觀美學與環境教育，讓登山客感受朝陽步道之美，帶來全新體驗。

—— 林業保育署宜蘭分署 林政勳

10 / 16

林業保育署宜蘭分署太平山國家森林遊樂區積極推動生態旅遊，響應永續環境趨勢，致力於減少生態與資源損耗。園區住宿不提供一次性盥洗用品，餐廳採用在地有機食材，並實施節水節電措施，落實永續發展目標（SDGs）。2024 年園區持續通過認證，第 4 度獲頒金級環保旅館標章。

—— 林業保育署宜蘭分署 詹惠婷



金級環保旅館太平山國家森林遊樂區—太平山莊
（林業保育署宜蘭分署提供）

10 / 17 - 10 / 18

林業保育署舉辦「2024 年森林資源永續發展研討會」，涵蓋林業多元發展、森林生態服務、淨零碳排、森林經營與育林及原住民社會文化等議題，進行研究論文及海報徵選，共舉辦 3 場專題演講及展示 218 篇學術論文，為專家學者提供交流機會及平臺。

—— 林業保育署 林忠本



2024 年森林資源永續發展研討會開幕合照
（國立臺灣大學森林環境暨資源學系提供）

10 / 19

林業保育署臺中分署於橫嶺山步道舉辦手作步道活動，推廣手作步道的理念與價值。活動邀請手作步道專家伍玉龍老師，指導 26 位同仁及志工，利用現地材料，以友善環境的工法修復步道樹根裸露問題。參與者選取合適的枯木和倒木，裁切並構築階梯，保護樹根，再以土壤填實步道。透過手作過程，志工們學習並體驗與自然生態和諧共存的工法，共同打造優質的森林步道。

—— 林業保育署臺中分署 陳育元



設置好的木頭切面不僅要上柏油增加耐久性；步道路面也要用手工好好整平。（攝影／林業保育署臺中分署 陳育元）

10 / 20

林業保育署新竹分署於東眼山國家森林遊樂區舉辦為期 4 週的「回森林家，尋找身與心的方向」森林療癒活動，共 7,855 人次參與。活動主題包括「森心探索」、「共舞森音」、「森之子」和「山林癒」，內容涵蓋攀樹、滑索、互動戲劇、五感療癒等工作坊，並布置森林療癒步道，讓參與者感受森林的療癒力量。

—— 林業保育署新竹分署 陳怡妙



植癒慶典於柳杉林內飄揚扣人心弦音樂讓在場參與者共感共舞（攝影／林業保育署新竹分署 陳怡妙）

10 / 21

聯合國生物多樣性公約第 16 屆締約方大會（CBD COP16）於 10 月 21 日—11 月 1 日於哥倫比亞卡利舉辦，為自 2022 年通過《昆明—蒙特婁全球生物多樣性框架（GBF）》以來的首次會議，各國聚焦如何確保與監測世界各國達成 2030 年全球生物多樣性行動目標，並就生物多樣性與氣候變遷的協同效應、原住民和在地社區的權益保障，及遺傳資源的惠益分享等主題進行討論。臺灣循例由林業保育署以非政府組織（NGOs）觀察員名義組團參加，並以實際生物多樣性保育案例成果，



臺灣以非政府組織（NGOs）名義組團參加 CBD COP16 會議（林業保育署提供）



南庄賽夏族根誌優長老於 IPSI 邊會分享與林業保育署合作復振原住生物多樣性傳統智識成果（林業保育署提供）

於多場周邊會議與活動分享，與各國國際組織進行交流與合作。

—— 林業保育署
陳佳慈

10/24

為推廣與保存臺灣原生小米，延續生物多樣性，林業保育署花蓮分署自 2023 年起與阿之寶有限公司攜手卓溪鄉部落族人，重新種植布農族小米，並製作「布農族小米教材」。10 月 24 日分署長黃群策在卓溪鄉太平國小的發表會上，將教材贈予花蓮縣 25 所國民中小學，期望布農族小米文化向下扎根，傳承部落核心價值與原住民族的傳統智慧。

—— 林業保育署花蓮分署 徐仲禹



花蓮分署致贈「布農族小米教材」予花蓮縣 25 所國民中小學
(阿之寶有限公司提供)

10/28

林業保育署嘉義分署與嘉義縣鄒族獵人協會共同出版《鄒族獵場、踏查與敘事》，該書以嘉義縣阿里山鄉鄒族狩獵場域作為撰寫主軸，歷時 3 年實地踏勘，記錄鄒族 8 個部落、13 條獵徑及訪問 20 位鄒族獵人，首次系統化公開鄒族 8 個部落間的獵場分布，與各界分享踏查成果。

—— 林業保育署嘉義分署 許玉青



《鄒族獵場、踏查與敘事》新書由嘉義分署與嘉義縣鄒族獵人協會共同發行，歷時 3 年實地踏勘指認獵場位置，系統化公開 8 個部落獵場分布。
(林業保育署嘉義分署提供)

10/30

林業保育署臺中分署活化東勢林業文化園區的舊建物，引進臺灣茶文化品牌「寬茶」進駐。50 年老宿舍經改造成為典雅的白色小屋，結合臺灣十大特色茶葉風味輪與豐富的林業文化，讓旅客在園區的自然美景中，享受茶香與林業文化交融的全新體驗。

—— 林業保育署臺中分署 尤丰君



貯木池旁的白色小屋—寬茶一號院 (攝影/林業保育署臺中分署 尤丰君)

10/30

為推動國際合作與登山鐵路交流，阿里山林業鐵路及文化資產管理處再次迎來澳洲鐵道志工團，這是該團第四次因 Shay14 蒸汽火車參訪林鐵。22 名成員來自普芬比利鐵道、瓦爾哈拉金礦鐵道等遺產保護機構，包括 1973 年曾搭乘林鐵全線的資深鐵道迷。此行提升國際能見度，讓林鐵成為臺灣的文化名片。

——阿里山林業鐵路及文化資產管理處 曾靖惠



澳洲夥伴的驚呼：每次搭乘都有全新的體驗
(攝影／阿里山林業鐵路及文化資產管理處 吳明翰)

11/04

林業保育署嘉義分署與屏東分署共同舉辦「2024 年草鴉保育聯盟交流平台會議」，邀集農業、交通、水利、國家公園、大學及 NGO 等 38 個單位參加。會中，學術團隊與工程單位分享企業及工程導入友善草鴉行動的成功案例，地方政府也報告推動生態服務給付的成效，透過聯盟的成立與定期交流，草鴉保育觀念已逐漸內化於各單位的工作職掌中。——林業保育署嘉義分署 汪琮璋



嘉義分署與屏東分署於國立嘉義大學舉辦「2024 年草鴉保育聯盟交流平台會議」，分享草鴉保育成果與經驗。
(攝影／林業保育署嘉義分署 汪琮璋)

11/01 - 11/04

林業保育署舉辦 2024 臺北 ITF 國際旅展，以「林鐵 攀森」主題打造「國家森林館」參加，將雲頂上最美祝山車站帶進展場，介紹阿里山軸帶沿線特色低碳旅遊與商品，深度遊覽臺灣平地到高山獨特鐵道風情、林業文化與人文自然生態，已連續 3 年榮獲最佳永續獎。

——林業保育署 楊晨儀



現場展示原木藝品、阿里山茶、林鐵紀念商品與巨木群探索、日出小火車等精彩遊程，邀請旅客體驗阿里山軸帶之美。
(林業保育署提供)

11/05

林業保育署新竹分署東眼山自然教育中心榮獲 113 年度環境部評定為「環境教育設施場所優異單位」。這項殊榮不僅肯定東眼山自然教育中心團隊的努力，更激勵新竹分署持續推動環境教育。未來，新竹分署將繼續深耕在地，結合豐富的森林資源與部落文化，致力打造更優質的環境教育場域。

——林業保育署新竹分署 石偉成



新竹分署副分署長劉忠憲與國家環境研究院院長合照
(攝影／林業保育署新竹分署 石偉成)

11 / 05

林業保育署臺中分署八仙山自然教育中心榮獲 113 年度環境部環境教育設施場所評鑑「優良」肯定。園區結合十文溪水資源，設置微水力發電，推動再生能源課程，落實淨零碳排。近年優化公共設施，規劃多元且趣味的環境教育課程，讓民眾體驗森林生態與林業歷史。

—— 林業保育署臺中分署 陳珮茵



園區結合十文溪微水力發電設施，發展再生能源課程。
(攝影／林業保育署臺中分署 陳珮茵)

11 / 06

林業保育署新竹分署舉辦「2024 臺灣木材暨木雕與生活創作展—雕刻森嶼」，集結產官學界 76 件國產材作品，包括木雕、家具、生活及運動用品等。展覽也展示國中小課桌椅，作品皆以紅檜、扁柏、柳杉及相思木製成，多數具林產品溯源 (QR code)、CAS 或 TAP 驗證標章，讓民眾欣賞木藝之餘，瞭解木材來源。

—— 林業保育署新竹分署 何伊喬



「2024 臺灣木材暨木雕與生活創作展—雕刻森嶼」與會貴賓大合照
(林業保育署新竹分署提供)

11 / 05

林業保育署嘉義分署觸口自然教育中心自 2012 年通過環境教育設施場所認證後，持續精進致力推廣多元且豐富的林業環境教育課程，榮獲環境部頒發 113 年度環境教育設施場所評鑑優良獎項的肯定。

—— 林業保育署嘉義分署 江佩鴻



國家森林志工帶領小朋友於觸口自然教育中心園區觀察大自然裡的動物 (林業保育署嘉義分署提供)

11 / 06

林業保育署與南庄賽夏蓬萊部落、國立政治大學 MOU 簽訂儀式暨記者會，啟動國內首座沒有圍牆的森林教室建置計畫，三方攜手推動原住民族自然資源共管、生態系服務價值共享，並深化原住民傳統生態智識之傳承與人才培育，增益國際交流與國際合作。

—— 林業保育署 游沐慈



林業保育署、南庄蓬萊部落、政治大學攜手，共同推動原住民族自然資源共管、生態系服務價值共享。(林業保育署提供)

11/07。

林業保育署花蓮分署於10月22日起接獲花蓮卓溪鄉古風村石平段養雞場遭臺灣黑熊入侵，經多日驅趕無效後，採取專家建議進行捕捉，於11月7日順利捕獲入侵雞舍的臺灣黑熊。花蓮分署頒發通報獎勵金及損失補償，並感謝農農迅速通報、防熊合作，以及石平部落文化產業推廣協會協助巡守。

—— 林業保育署花蓮分署 徐仲禹



花蓮分署頒發臺灣黑熊生態服務給付入侵通報與入侵監測獎勵金予養雞場主人（攝影／林業保育署花蓮分署 吳宏達）

11/08。

林業保育署舉辦《找一步～山海圳跨界創作展》記者會，透過藝術家詮釋「山海圳國家綠道」這條長距離步道的沿途生態與文化，並展示林業保育署與14個機關合作推動的成果，邀請國人自即日起至2025年5月11日蒞臨林業保育署—保育小站觀展。

—— 林業保育署 謝書綺



山海圳跨界創作展邀請藝術家將山海圳特色感濃縮進藝術作品（林業保育署提供）

11/07 - 11/08。

林業保育署與臺灣里山倡議夥伴關係網絡（TPSI）於法鼓文理學院合辦「自然的價值與保育：重探天地人關係研討會」，結合科學、宗教及哲學探討人與自然的互動，面對生態挑戰。活動吸引約200人現場及線上參與，透過兩天交流，共同勾勒並實踐「人與自然和諧共生」的願景。

—— 林業保育署 蔡孜奕



林益仁教授演講畫面（林業保育署提供）

11/11 - 11/14。

林業保育署協同國家公園署辦理國際濕地科學家學會（SWS）臺北年會，SWS致力於在全世界推動對於濕地理解、保育、保護、恢復，並且以科學管理為基礎，促進濕地永續性，將濕地科學與知識導向世界各國、促進全球濕地保育，進行全球環境和社會議題的減緩與調適。

—— 林業保育署 劉泰成



開幕式中8個機關簽署濕地保育合作備忘錄（林業保育署提供）

11 / 11

林業保育署臺中分署為推動友善石虎農作、營造友善石虎棲地舉辦「臺中農愛石虎—臺中市友善石虎農作標章頒發暨友善石虎守護者表揚記者會」，頒發 9 位農友友善石虎農作標章，申請認證面積從 2023 年 21.34 公頃增加至 2024 年已達 30.51 公頃，希望鼓勵更多農友攜手守護石虎棲地環境，朝生態保育與農業生產共榮的理想邁進。

—— 林業保育署臺中分署 許雅青

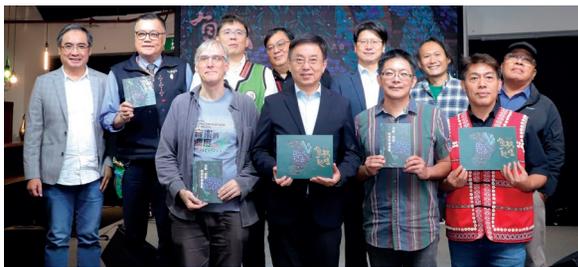


活動展示臺中分署輔導的各類友善石虎產品
(攝影/林業保育署臺中分署 洪幸攸)

11 / 12

林業保育署舉辦「有歌一起唱—林班與林班歌」專輯、新書發表會，歷時 3 年田野調查，藉由歌聲、文字及影像紀錄為臺灣林業史留下擲地有「聲」的文化資產，林班歌豐富了林業文化及原住民族林業史觀，更是臺灣林業史發展歷程中不可或缺的動人樂章。

—— 林業保育署 韓明琦



《有歌一起唱—林班與林班歌》專輯、新書發表會
(林業保育署提供)

11 / 12

2024 年 4 月 21 日民眾通報救援的臺灣狐蝠幼蝠「蝠寶」，經林業保育署花蓮分署與東部野生動物救傷中心野灣團隊近半年照養，於 11 月 12 日配掛發報器後順利野放，並經兩日追蹤確認在花蓮市區穩定生活。這是臺灣首次成功照養並野放臺灣狐蝠幼蝠的案例，為後續保育提供重要參考。

—— 林業保育署花蓮分署 徐仲禹



花蓮分署追蹤小組以無線電訊號持續瞭解蝠寶野放後活動範圍
(洄瀾風生態有限公司范力仁提供)

11 / 15

林業保育署臺東分署首間「山林製造」加盟店於娜路彎大酒店開幕，合作夥伴虎比公寓謝政義及公東高工校長李恭榮出席。加盟店結合旅宿空間，販售臺東植萃精油、森林香氛、國產家具及木工剩料製成的木顆粒貓砂等商品，提供旅客友善、永續的選擇，讓人彷彿置身森林，感受臺灣山林之美。

—— 林業保育署臺東分署 羅文傑



山林製造臺東第一家加盟店在臺東市娜路彎大酒店正式開幕
(攝影/林業保育署臺東分署 洪君綾)

11 / 17

為慶祝奧萬大國家森林遊樂區成立 30 週年，林業保育署南投分署舉辦「奧萬大 30 楓華」系列活動，包括「奧萬大竹夢 30—福鳥新生」竹編裝置藝術開幕及「奧萬大部落楓采—草地野餐音樂會」，活動結合賞楓、部落歌聲、森林芬芳、織布工藝、美食及竹編體驗，讓遊客深度感受奧萬大山林之美。

—— 林業保育署南投分署 簡盈宜



南投分署於奧萬大國家森林遊樂區舉辦「奧萬大 30 楓華」周年慶系列活動
(攝影／林業保育署南投分署 林智芬)

11 / 19

林業保育署臺東分署在公東高工舉辦「後山之翼」記者會，於校內打造一座融合傳統與新式木構工法的木構棚架。由校方與台灣義築協會選定基地，在林業保育署指導及國立成功大學建築學系徐宇亮教授團隊的協助下，帶領公東高工與成大學生，運用國產木材及新式木構技術共同完成。「後山之翼」名稱源自馬蘭阿美族語「sapikpik」，意為「翅膀」，呼應造型並展現木構造的輕盈之美。此作品充分體現國產材與在地工法的應用，推動國產木材自給率的提升。

—— 林業保育署臺東分署 林雅玲



「後山之翼」展現木構造的輕盈姿態
(攝影／林業保育署臺東分署 洪君綾)

11 / 20

嘉義縣鄒族獵人協會獵人湯志卿繼 2024 年 5—6 月 3 度拍攝到臺灣黑熊後，9 月在特富野部落北霞山登山路徑旁，再次拍攝到成年黑熊，顯示該區黑熊族群活躍。為鼓勵部落社區參與棲地監測，林業保育署嘉義分署依「臺灣黑熊生態服務給付計畫」頒發 5 萬元獎勵金給協會獵人。

—— 林業保育署嘉義分署 許玉青



拍攝到臺灣黑熊的特富野部落獵場地勢平坦且終年有水，植被豐富多樣。(林業保育署嘉義分署提供)

11 / 20

林業保育署南投分署召開「2024 年烏溪水系淡水魚保育跨域合作平臺會議」，邀集地方政府、水利、農業、社區及 NGO 等單位，共同討論巴氏銀鮡、陳氏鰻鮐、溪流細鯽及臺灣副細鯽等保育魚類的現況及保育進展。會議達成初步共識，在庇護系統與人工照護技術完善後，需積極規劃魚隻放回至原分布區或適宜棲地，穩定族群存續，應對棲地劣化及極端氣候威脅。

—— 林業保育署南投分署 簡盈宜



南投分署召開「2024 年烏溪水系淡水魚保育跨域合作平臺會議」
(攝影／林業保育署南投分署 林哲宇)



祝山車站照明收斂照射範圍以月臺為主，減少光線外溢，降低環境生態影響。（攝影／阿里山林業鐵路及文化資產管理處 吳明翰）

11 / 22

阿里山林業鐵路及文化資產管理處「祝山車站改建工程」以優質建築工程兼顧視覺燈光藝術及文化資產保存，營造安全、舒適的車站空間，從硬體、服務、視覺、文化、生態及永續等面向出發，榮獲財團法人中強光電文化藝術基金會「2024 台灣光環境獎」殊榮。

—— 阿里山林業鐵路及文化資產管理處
何漢章

11 / 22

林業保育署宜蘭分署在新北市石碇區永安里首次推動「食蛇龜及柴棺龜生態給付示範計畫」，在新北石碇永安國小舉辦成果發表會。會中永安里社區夥伴分享執行食蛇龜、柴棺龜棲地營造與社區巡守的心得，並帶領大家實地走訪社區夥伴們營造的田區，展現永安社區保育食蛇龜與柴棺龜棲地營造成果。

—— 林業保育署宜蘭分署 蕭鈺霖



宜蘭分署於石碇永安推動食蛇龜、柴棺龜生態服務給付成果，在地農民展現熱情。（攝影／林業保育署宜蘭分署 陳美貞）

11 / 23

林業保育署舉辦素有「綠色奧斯卡」之稱的「113 年度林業及自然保育有功表揚大會」，向 15 位來自各行各業在林業及自然保育領域著有功績的有功人士致敬，會中同步頒發 113 年度推動野生動物生命教育楷模獎，感謝為生態保育努力付出的 3 個團隊。

—— 林業保育署 翁梨娟



「113 年度林業及自然保育有功人士」得獎者合照（林業保育署提供）

11 / 27

林業保育署舉辦「國產材木工坊暨森林生質能循環利用場域」成果發表會，展示牡丹鄉推動「山林養雞」、「林下段木香菇栽培」及「林下養蜂」等林下經濟技術，提升農民收入並促進循環經濟與永續農業。牡丹鄉並結合旭海旅遊線，在旭海路口設立「牡丹農供cevungan」直販所，販售林下經濟產品及木作文創商品，吸引遊客體驗原鄉里山生活。

—— 林業保育署 陳美惠



與會貴賓為牡丹鄉國產材木工坊暨森林生質能循環利用場域揭牌
(國立屏東科技大學社區林業研究室提供)

11 / 28 - 11 / 29

林業保育署屏東分署辦理「澎湖造林 30 年成果回顧走讀工作坊及研討座談會」活動，邀請前林務局「澎湖造林工作隊」歷任造林隊長、副隊長與相關成員重返澎湖走讀造林地，檢視 30 年來造林成果，並與後輩林業人員交流離島造林經驗，而澎湖造林工作隊 30 年來造林 2,200 餘公頃的成果，也讓澎湖的地平線持續改變增添大片綠意。

—— 林業保育署屏東分署 王中原



澎湖造林 30 年成果回顧走讀工作坊及研討座談會
(攝影/林業保育署屏東分署 王中原)

11 / 29

林業保育署臺中分署在八仙山森林遊樂區舉辦《跨時空的仙林文學》新書分享會。此書結合歷史文獻、GIS、訪談、老照片及數位工具，全面調查豐原逸仙莊、八仙山森林鐵道及高山運材線的文學與文化，期望成為連接過去與未來的時空橋樑，啟發更多人關注八仙山的文化寶藏。

—— 林業保育署臺中分署 曹雁庭



活動現場提供紀念章及紀念車票，讓民眾感受當年八仙山林鐵的風華時光。

(攝影/林業保育署臺中分署 曹雁庭)



台灣林業

Taiwan Forestry Journal



約稿說明

- 一、《台灣林業》雙月刊（以下簡稱本刊），每年雙月出版，計發行一卷六期，以報導國內外林業，範疇包含林業政策、森林經營、育林、林產、水土保持、森林遊樂及自然生態保育等研究領域，並傳播中外有關林業之新知識、新技術，以發展林業為宗旨。凡與本刊宗旨有關之論著、譯述、報導、商業機會或與林業經營相關，且能展現森林之美的封面、封底及幻燈片等稿件，均歡迎賜稿。
- 二、稿件務請書明標題、各作者之姓名、服務機關及職銜、聯絡電話及地址或電子郵件帳號等，並請註明通訊作者；如為譯文，請註明原出處並附原文影本及著編輯部作人授權翻譯書，以利審查。
- 三、惠稿文字請務求清晰明瞭，文字以 4,500 字為原則；常見單位、符號寫法請一致性；動植物學名請用斜體字或正楷拉丁文下加橫線標示；圖表、照片請儘量使用原件以求製版清晰，並應加註圖表說明及作者或出處來源。
- 四、來稿文件如係電腦打字，請檢附電子檔案一併投稿（或以電子郵件方式傳送至本刊編輯部，專屬帳號為 tfj@forest.gov.tw）。文章如有電子圖片，解析度需在 300dpi (1,280×960pixel) 以上，圖片大小請大於 10cm 見方，並請勿將圖片附在 word 文件以及 PowerPoint 檔案格式裡。來稿（含電子檔、照片、幻燈片等）經本刊接受後恕不退還，請作者自行留底。
- 五、本刊有刪改權，發表時如用筆名或不願刪改者，請於稿內註明，文責自負。稿件經本刊接受並排版後，將送請通訊作者親校一次。稿件一經刊載，本刊將致贈稿酬及當期期刊 1 冊。
- 六、本刊不接受一稿數投。來稿如獲審查通過，本刊將請作者簽署「著作授權同意書」，作者須同意非專屬授權本刊以紙本或數位方式出版，並授權本刊得再授權國家圖書館『遠距圖書服務系統』或其他資料庫業者納入資料庫中提供服務。
- 七、本刊稿酬支給標準：撰稿費每千字 1,000 元；譯稿每千字 800 元，表格依大、中、小分 180、120、80 元，文章內之照片每張 300 元，圖每張 60 元；封面照片每張 800 元、封底照片每張 500 元、封面故事每則 800 元。

投稿方式

台灣林業編輯部 e-mail: tfj@forest.gov.tw





圖片提供 林業及自然保育署

《森林護衛隊》

臺灣首部森林護管員紀錄片

《森林護衛隊》紀錄片真實記錄了森林護管員在臺灣山林中的工作日常，與森林巡護工作的美麗與險惡。穿梭臺灣山林間、與山老鼠鬥智鬥勇，森林巡護危機四伏，颱風、地震、土石流、野生動物及無情的森林大火。

而面對如此艱辛、危險的日常，他們與家人間的情感鏈結、夥伴們有如手足般的兄弟情誼，更加深厚。



影片連結

台灣林業
農業部林業及自然保育署
**Taiwan
Forestry
Journal**



9770255581005

ISSN 02555816
GPN 2011200018
定價 NT\$160元