

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，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，防救工作需要投注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。🌱