

出國報告（出國類別：考察）

從美國林火科學到印地安部落與林務署 間林火管理合作模式

服務機關：行政院農業委員會林務局

姓名職稱：技士陳泓碩、技士曾志中

派赴國家：美國

出國期間：105年11月29日至12月9日

報告日期：106年3月6日

摘要

本次參訪實際天數約為 8 天，行程可概分為兩大主題，一為參訪密蘇拉火科學實驗室、Lolo 國家森林、國家野牛保護區等地，以了解美國的最新林火科學技術與實際經營管理情形。另一則在奧多李奧波德荒野研究所(Aldo Leopold Wilderness Research Institute)資深研究員 Alan Watson 與林務署第一區和第四區部落關係(Regions 1 & 4 Tribal Relations)專員 Cheryl Vanderburg 等人的介紹解說下，從對蒙大拿州 7 大印地安保留區(Indian Reservation)歷史背景、文化與經營特色等的認識，擴展到美國聯邦政府對印地安人所採取的政策與態度，以及印地安事務局及林務署在這方面所扮演角色的了解。最後透過林火管理將兩者做一個連結。

經參訪發現，美國國家火災危險度評級系統 (National Fire Danger System, NFDRS) 於 2014 年推動重大更新計畫，主要更新為：系統內變數透過群集分析獲得簡化、不再直接測定活體植物的含水量、加入熱輻射的新燃料模式可向上推估任何尺寸燃料含水量、刪減須人為校正輸入數值、自動上傳更新，並利用新系統多次驗證得到優異的預測結果，且因更為簡化且直觀，預期在未來教育訓練教育和其他領域應用將更為容易。

另外，美國在原住民政策上有其長遠歷史背景，並在相關律法的規範下，可以獲得相當自主權並且與各州政府對等存在；然而值得注意的是，儘管美國幅員廣大，在面對劃設新印地安保留區仍採相對嚴謹的態度。此外，為加強原住民各部族間不同文化的橫向交流溝通，可比照美國以參與式地理資訊系統(Participatory Geographic Information System, PGIS)建置原住民傳統知識蒐集及儲存平台，配合當地地理、自然資料分析比較後，以圖、表、文字等方式將資訊公開討論，達到相互理解減低族群對立（如：劃設傳統領域重疊）的目的

最後建議現階段可先比照美國林務署設立專門處理與原住民族相關事務的窗口，了解各部族的需求並逐一建立雙方聯繫溝通管道。亦可借鏡其他目前仍有新劃設保留區國家（如：加拿大、澳洲等），了解該國採取的原住民族政策，尋求與台灣原住民歷史背景或地理、文化更為相近的典範。在林火科學部分則建議持續留意美國在此領域的最新發展（如：添購林火科學實驗室定期出版的年報），並摘譯當年創新技術發布於本局出版期刊，遇有值得應用推廣技術則可派員前往學習。

目次

一、 目的	3
二、 過程	4
三、 林火科學	13
(一) 火科學實驗室	13
(二) 奧多李奧波德荒野研究所	18
(三) LOIO 國家森林控制火處理林相	20
四、 蒙大拿州印地安部落	24
(一) 部落概況	24
(二) BIA 與部落	25
(三) 林務署與部落	26
五、 從林火到印地安部落	27
(一) 北洛磯山脈	27
(二) 參與式地理資訊系統	29
六、 心得及建議	31

一、目的

本次參訪交流目的集中在美國對於林火科學及其管理、應用，還有原住民相關的權責、土地、文化、自然資源等管理。

林火管理主要參訪林務署洛磯山脈研究站密蘇拉火科學實驗室(Rocky Mountain Research Station Fire Research)、林務署奧多李奧波德荒野研究所(Aldo Leopold Wilderness Research Institute)及 Lolo 國家森林(Lolo National Forest)，探討加入氣候變遷等因素之火(Fire)、燃料(Fuel)與煙(Smoke)等林火現象及生態，以及火災危險度評級系統(Fire Danger Rating)、教育推廣等林火科學及管理技術之發展應用，並且安排至現地觀察控制林火(Prescribed Fire)實施後的森林狀態。

原住民相關資源管理則由在此議題有深度研究的奧多李奧波德荒野研究所資深研究員 Alan Watson 博士解說及協助聯繫林務署分區 1、4 部落關係(Regions 1 & 4 Tribal Relations)辦公室等相關單位、人員。探討蒙大拿州內 7 個原住民保留區(Tribal Reservation)的經營管理方式，有如平頭印地安保留區(Flathead Indian Reservation)組成自治政府自主管理的保留區，以及其他仍由印地安事務局 Bureau of Indian Affairs)主導管理的原住民保留區，兩者型態互異，各有特色；並討論美國林務署在原住民相關事務上扮演的角色。

二、過程

本次考察行程經由林試所邱祈榮副所長及林朝欽博士推薦，在林務署密蘇拉火科學實驗室(Missoula Fire Science Laboratory) 火、燃料與煙霧科學計畫(The Fire, Fuel, and Smoke Science Program, FFS)副主持人 Thomas Dzomba，及奧多李奧波德荒野研究所(Aldo Leopold Wilderness Research Institute)研究員 Alan Watson 協助下規劃，透過數次與預定參訪單位及 Thomas、Alan 電郵往返，排定參訪行程。實際參訪全程租車自駕，因遇大雪阻斷部分交通路線，及平頭印地安保留區森林部代表臨時有要事處理被迫取消原定參訪行程，而略作修改，大致仍與原規劃行程相同，實際行程如下：

日期	行程	研習地點或單位	研習內容
11月29日 (星期二)	臺北 → 密蘇拉 (Montana)	去程	
11月30日 (星期三)	密蘇拉	蒙大拿大學 (University of Montana)及 奧多李奧波德荒野研究所 (Aldo Leopold Wilderness Research Institute)	了解蒙大拿州印地安 部落概況及荒野保護 區內野火管制策略。
12月1日 (星期四) 12月2日 (星期五)	密蘇拉	密蘇拉火科學實驗室 (Missoula Fire Science Laboratory)	了解美國林火管理相 關科學發展及技術應 用。
12月3日 (星期六)	密蘇拉 → Frenchtown	Lolo 國家森林 (Lolo National Forest)	至現場了解美國國家 森林經營（特別是林 火管理部分）情形。
12月4日 (星期日)	密蘇拉 → Charlo	漁獵署第6區管理處 國家野牛保護區 (US Fish & Wildlife Service National Bison Range)	了解該位於印地安保 留區域內之保護區生 態保育及野火管理。
12月5日 (星期一)	密蘇拉	林務署北部地區辦公室 (USDA Forest Service Northern Region)	了解部落關係計畫及 林務署與印地安部落 間之關係。
12月6日 (星期二)	密蘇拉	奧多李奧波德荒野研究所 (Aldo Leopold Wilderness Research Institute)	了解印地安部落林火 管理之發展與現況， 以及印地安事務局 (BIA)與印地安部落間 之關係。

12月7日 (星期三)	密蘇拉	蒙大拿自然歷史中心 (Montana Natural History Center)	了解蒙大拿及美國北部自然歷史，並學習中心所規劃自然教育推廣資源。
12月8日 (星期四)、 12月9日 (星期五)	密蘇拉→ 臺北	回程	

11月29日傍晚抵達密蘇拉，才跨進機場大廳就可見四處展示著森林警察塑像、灰熊和大角羊等野生動物標本、木製建材解說等，在在顯示該地擁有豐富的自然資源及興盛的林產業。而機場大門旁則設有一間半開放式資訊亭，裡頭擺放當地自然資源介紹、交通運輸指南、觀光旅遊宣傳摺頁，到訪遊客可立即取得各種實用資訊。



圖一、 密蘇拉機場森林警察塑像



圖二、 密蘇拉機場灰熊標本



圖三、 密蘇拉機場木製建材解說



圖四、 密蘇拉機場區域資訊亭

11月30日(參訪第一天)，與 Alan 約好在蒙大拿大學碰面。Alan 為奧多李奧波德德荒野研究所資深研究員，因在毗鄰研究所的蒙大拿大學開授原住民相關課程，便熱心地充當起我們的校園導覽員。蒙大拿大學中庭所擺放的精神象徵－灰熊(Grizzly Bear)雕像，校園的一角另有金屬製黑腳部落印地安人裝置藝術，一再顯示出該校環抱自然資源並與原住民歷史之淵源。Alan 另邀請蒙大拿大學原住民相關研究學者如該校地理系講師 Fernando Sanchez 等人至該校開設原住民相關課程的美國原住民中心(Payne Family Native American Center)參觀，並向我們解說當前所參與的印地安傳統用火知識研究計

畫，及如何利用地理資訊系統(GIS)作為該研究資料收集、展示平台。隨後來到奧多李奧波德荒野研究所，Alan 引介該所資深研究員 Carol Miller 與我們探討生態觀點的林火管理策略；另外，恰巧在該所交流訪問的南韓林務官員 Forrest Lim，在 Alan 向其說明我們本次來訪目的後，便主動向我們簡介南韓政府當前林火管理政策。



圖五、蒙大拿大學內的金屬製黑腳部落印地安人裝置藝術

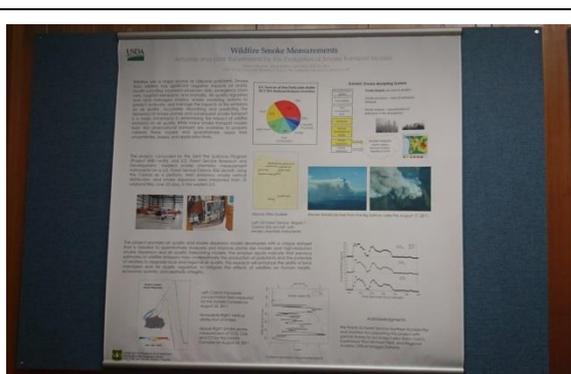


圖六、蒙大拿大學原住民中心內蒙大拿州七個原住民保留區簡介

12月1日(參訪第二天)轉往密蘇拉火科學實驗室，由 FFS 計畫副主持人身兼 FMI 執行長 Thomas Dzomba 負責接待我們，先短暫討論考察細節並再次確認參訪目的後，便引領我們參觀實驗室各項設施，於參觀過程中向我們說明火、燃料與煙霧科學(FFS)計畫所涵蓋六大領域內容。實驗室主要由新、舊 2 棟建築物相連結，各樓層皆有研究室，研究室外展示研究員各項研究計畫和成果，另有獨立空間陳列實驗室歷史相片、淘汰舊設備和圖書等。實驗室參觀一圈後回到 2 樓簡報室，由 LaWen Hollingsworth 研究員向我們簡介火科學實驗室當前使用和開發的 8 款林火相關軟體，Matt Jolly 研究員則進一步說明 8 款軟體中的國家火災危險度評級系統(NFDRS)更新計畫，該更新正好在報告完的隔天開始於美國施行。

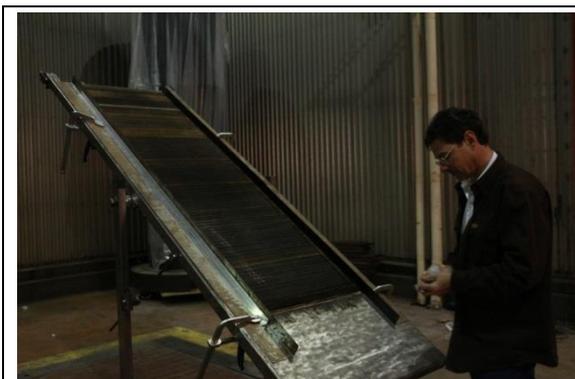


圖七、林火實驗室內歷史相片及圖書展示



圖八、林火實驗室走廊展示之研究成果海報

12月2日（參訪第三天），接獲 CSKT 通知，原定參訪部落森林部門行程，因排定日期忽有要事處理，被迫取消。Alan 與我們討論後幫忙聯絡蒙大拿另一印地安自治區黑腳部落及印地安事務局，確認是否能臨時安排參訪。隨後便再次到訪火科學實驗室，在 Mark Finney 研究員簡報火燃燒和擴散原理後，親自示範林火燃燒實驗的前置作業及擴散試驗，結束巧遇風洞實驗室中正在進行試驗的馬里蘭大學華人研究生，並跟我們說明和示範進行中的火行為實驗。而來自台灣的研究員郝慰民博士在我們到訪期間出差，不過與郝博士合作研究煙霧科學的 Shawn Urbanski 研究員向我們介紹其研究成果與發現。最後，FFS 計畫主持人 Colin Hardy 忙碌中抽空與我們分享火科學的教育推廣。



圖九、Mark Finney 示範林火燃燒實驗



圖十、馬里蘭大學研究生風洞實驗室內火行為實驗示範

12月3日（參訪第四天），蒙大拿持續下雪，經評估後認為交通路況不至於太嚴峻。即驅車前往 Lolo 國家森林轄下的 Ninemile 工作站。因適逢周末，工作站非辦公狀態，惟因該站為列冊國家史跡的防災用補給站，故仍設有戶外指示牌並提供導覽摺頁讓民眾體驗 20 世紀的歷史風情。接著循 Lolo 國家森林官方臉書、網站資訊，前往距離工作站 3 英里外控制火施行林區參觀。



圖十一、Ninemile 工作站



圖十二、Ninemile 工作站內防災用補給站史跡



圖十三、Ninemile 工作站辦公室及導覽指示牌



圖十四、Ninemile 工作站導覽摺頁

12月4日(參訪第五天),前往位於平頭印地安保留區內漁獵署第6區管理處營管的國家野牛保護區,該保護區已進入不收費、封閉南邊單行道的冬季,遊客中心外設有保護區管理辦法的解說牌,一旁另有該區域印地安人的用火歷史解說牌及 **Smokey Bear** 的林火危險指示牌,我們沿著保護區開放區域的道路行駛,該道路由碎石鋪設,兼顧交通及保育用途,保護區以一道網牆區隔內外,區外即為民眾居住及放牧牛隻區域,道路另一旁為廣闊草原,參訪過程中屢見鹿隻覓食及鳥類飛翔,可惜野牛未出現於可見範圍內。下午前往 **CSKT** 主要設施所在地帕布羅(Pablo)拜訪,然而在接近帕布羅途中風雪持續加大,抵達時能見度不超過 10 公尺,所有房舍門戶緊閉,只好折返;回程經過漁獵署第 6 區管理處營管的另一個保護區奈恩派普野生動物保護區(Ninepipe National Wildlife Refuge),該保護區位於 93 號道路旁,草澤地形可見許多的鳥類優游於水塘和飛翔於天空,與車輛來往的公路融合成一體。



圖十五、國家野牛保護區遊客中心外管理辦法解說牌



圖十六、國家野牛保護區內印地安用火歷史解說牌



圖十七、國家野牛保護區遊客中心



圖十八、國家野牛保護區內活動於溪流上之禽鳥



圖十九、國家野牛保護區碎石道路及保護區圍網



圖二十、國家野牛保護區圍網外牧養牛隻



圖二十一、國家野牛保護區內活動鹿隻



圖二十二、大雪中位於帕布羅的 Salish Kootenai College



圖二十三、奈恩派普野生動物保護區



圖二十四、奈恩派普野生動物保護區及
93 號道路

12 月 5 日（參訪第六天），Watson 博士通知我們因一名黑腳部落印地安人消防員於支援控制蔓延美國南方多州的森林大火中喪生於北卡羅來納州(State of North Carolina)，黑腳部落及印地安事務局正忙於處理相關事宜而無法接受參訪，CSKT 相關成員亦可能因此前往協助而不在辦公室。而後我們到林務署北部地區辦公室，負責執行林務署北部地區及山間地區(Intermountain Region)原住民關係計畫的 Cheryl Vanderburg 女士向我們介紹該計畫的概況，讓我們釐清林務署在原住民關係上的角色與印地安事務局間的差異。



圖二十五、與 Alan Watson 博士及 Cheryl Vanderburg 女士
合影

12 月 6 日（參訪第七天），經討論後我們計劃前往蒙大拿著名的景點加尼特鬼城 (Garnet Ghost Town)，該地點保留 19 世紀金礦挖掘所形成的山林城鎮情形，路程中經過蒙大拿大學的實驗林，入口處亦設有 Smokey Bear 的林火危險指示牌及防火宣導，附近即見加尼特鬼城的公布欄，描述其歷史和參觀須知，再往前不遠下山的民眾告知我們前方道路積雪漸深不利我們所乘坐的車輛通行，所幸在迴轉處車輛仍可勉強行進而折

返。雖然無法實際與蒙大拿印地安保留區或印地安事務局成員會談，惟 Watson 博士本身即為原住民相關領域的學者專家，並且執行印地安事務局委託在 CSKT 的研究計畫，當日下午 Watson 博士向我們解說蒙大拿各印地安部落向我們說明蒙大拿州內各印地安部落和聯邦政府的關係及相關的歷史發展等，蒙大拿州內 7 個印地安保留區以平頭保留區(Flathead Reservation)的薩利西古特來聯合部落(Confederated Salish & Kootenai Tribes, CSKT)自治政府組織最為完整，以 8 人組成的委員會為首，設置文化保存、人力資源、經濟發展、司法、教育、地政、自然資源、森林等部門及學校、銀行、電力、博弈等設施，成員包括部落印地安人以及其他部落印地安人及非印地安人，幾近可自給自足，其他保留區則由印地安事務局(BIA)協治理。而且由於之前印地安部落的美國式同化，即使在印地安保留區內的印地安原住民與非原住民的比例低於三成。



圖二十六、蒙大拿大學實驗林入口及防火宣導



圖二十七、加尼特鬼城公佈欄

12月7日(參訪第八天),前往蒙大拿自然歷史中心(Montana Natural History Center),該中心陳列許多蒙大拿的野生動物標本包含灰熊、野牛、鹿、各式鳥類等,以及恐龍、猛瑪象、駱駝等曾存在當地的歷史物種,其中亦有許多可供參觀者觸摸或實際操作的展示品,中心設有圖書室供進一步查詢相關資料以及遊戲室供年紀較小的參觀者能在遊樂中學習相關知識,當然不可或缺的設有林火知識的部分,如林火對生態的助益和紀錄林火發生時間的林木橫切標本,中心展示區域面積不大然陳列相當豐富。最後在 Watson 博士與我們對整個行程及相關領域現況進行統整討論並給予我們建議後完成行程。



圖二十八、蒙大拿自然歷史中心展示的野牛標本



圖二十九、蒙大拿自然歷史中心展示的林火知識區



圖三十、蒙大拿自然歷史中心展示的獸骨標本（部分為可觸摸）



圖三十一、蒙大拿自然歷史中心展示的可觸摸水獺毛皮



圖三十二、蒙大拿自然歷史中心圖書室



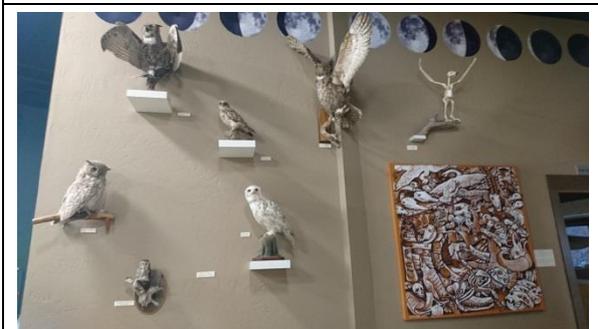
圖三十三、蒙大拿自然歷史中心遊戲室



圖三十四、蒙大拿自然歷史中心昆蟲及植物標本展示



圖三十五、蒙大拿自然歷史中心當地古生物介紹



圖三十六、蒙大拿自然歷史中心貓頭鷹標本展示



圖三十七、蒙大拿自然歷史中心礦石及恐龍模型展示(可供觸摸)

三、林火科學

(一) 火科學實驗室

1960年9月12日美國農部(United States Department of Agriculture, USDA)林務署在蒙大拿州密蘇拉市設立北部林火實驗室(Northern Forest Fire Laboratory)，亦即今日密蘇拉火科學實驗室(Missoula Fire Science Laboratory)前身。北部林火實驗室並成為一個致力於尋求更精進的科學方法，來經營國家荒野(wildland)資源的政府機構之一。擁有2座風洞(wind tunnels)及1座堪稱最新技術的環境控制燃燒室，北部林火實驗室透過科學研究，提供一個使林火預防、撲滅更為有效的經濟方式。



圖三十八、高速風洞，正方形斷面邊長為0.91公尺，最大風速可達每秒17.88公尺



圖三十九、低速風洞，正方形斷面邊長為3.12公尺，最大風速可達每秒3.12公尺

當前，火科學實驗室隸屬於林務署洛磯山脈研究站底下，所執行的火、燃料與煙霧科學計畫(The Fire, Fuel, and Smoke Science Program, FFS)致力於野火的基礎、應用研究，並可將該計畫區分為六大領域：

1. 物理性火燒過程(Physical Fire Processes)：研究室實驗成果及理論推導之物理模型，經過田野觀察實證後，即可用來探究物理性火燒過程及提升火管理的安全性。
2. 燃料動態(Fuel Dynamics)：燃料動態研究，可幫助土地管理者詮釋植群遭受野火或控制火燃燒的變動情形，並以此發展季節性或多年型燃料變動的預測工具。
3. 煙霧排放與擴散(Smoke Emissions and Dispersion)：由於政府有維護公眾健康及安全的責任，因此用來推估野火對煙霧排放水準、能見度、碳匯及在全球國家間移動情形的工具須力求更新。
4. 火生態(Fire Ecology)：為了預測火災後的生態演替，管理者須深入了解，不同植物對於火仔的適存能力與火災嚴重度間的相互作用機制。
5. 火和燃料經營策略(Fire and Fuel Management Strategies)：為了增進可能火場發生的預報能力，研究員在地景尺度下，模擬不同植群經營方式與氣候變遷、火場間的交互影響。
6. 科學整合與推廣(Science Synthesis and Delivery)：利用各種研發的應用工具及各種教育課程、導覽，以幫助土地經營者應用新的或當前研究成果為目的，同時負有向

大眾傳遞知識的使命。

另外在洛磯山脈研究站 FFS 計畫與華盛頓總署火與航空管理單位 (Washington Office Fire and Aviation Management)共同努力下，成立火模擬機構(Fire Modeling Institute, FMI)。提供最好的火情分析技術和最先端科學文獻資訊為該機構主要任務，以因應火情管理員(fire manager)、工程師及科學家等，在各方面臨的火相關資源管理需求。

本次參訪經由 FFS 計畫副主持人身兼 FMI 執行長 Thomas Dzomba 協助安排，有幸聽取 Mark Finney、LaWen Hollingsworth、Matt Jolly、Shawn Urbanski 等多位科學家不同領域簡報、實驗室導覽並有幸與 FFS 計畫主持人 Colin Hardy 進行會談。



圖四十、密蘇拉火科學實驗室



圖四十一、與 Thomas Dzomba 合影

Mark Finney 的專長為探究火擴散的物理過程並加以模擬，於簡報一開始便點出火科學研究的一大困境，即當前所有火模擬模式，所使用的理論基礎皆仍僅有單一物理公式—熱能轉換法則，在不同假設前提下，導紙研究、歸納所獲得的參數、架構不同，而衍生各種相異的模式。因此，為了更加了解物理燃燒過程，特別是其傳遞方法及時機，Mark 等人利用火科學實驗室的風洞、環境控制燃燒室，進行各種試驗研究。當前的研究著眼於細顆粒燃料 (fine fuels, 如：草、針葉等) 的引燃機制，以往模式皆假設輻射熱為引燃的關鍵，但最新實驗結果指出，單靠輻射加熱(radiation heating)並不足以使細顆粒燃料較粗顆粒燃料 (如：木材) 提早引燃，透過火焰接觸所產生的對流加熱(convective heating)才是細顆粒燃料在遇火擴散時熱傳導的主要模式，且藉由在加拿大等美國境外的野外試驗及真實火場的觀測結果，再次驗證此論點。Mark 並利用影片說明實驗中使用熱顯像相機錄攝試驗燃料周遭溫度變化的過程，及解釋如何藉此分析推導得出上述結論。在簡報說明後即實地參觀實驗室的環境控制燃燒室、風洞等設備，並利用雷射切割紙板 (可調整間距、尺寸大小等) 作為模擬林分，進行簡單的林火擴散試驗，試驗後 Mark 還幽默地說：「啊！忘記跟你們說這一切來得很快，相機要先準備好，應該有拍到吧？」。



圖四十二、 林火擴散試驗

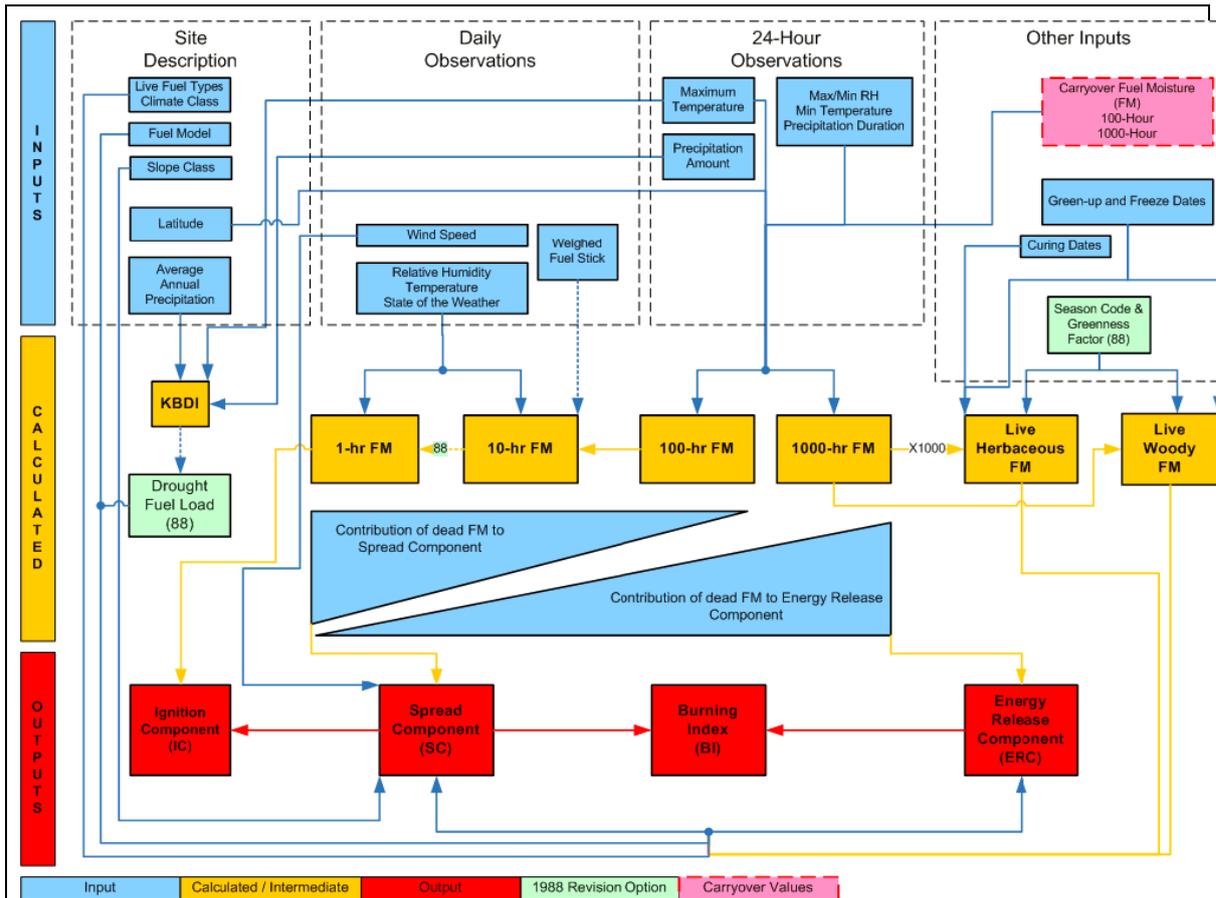


圖四十三、 雷射切割紙板

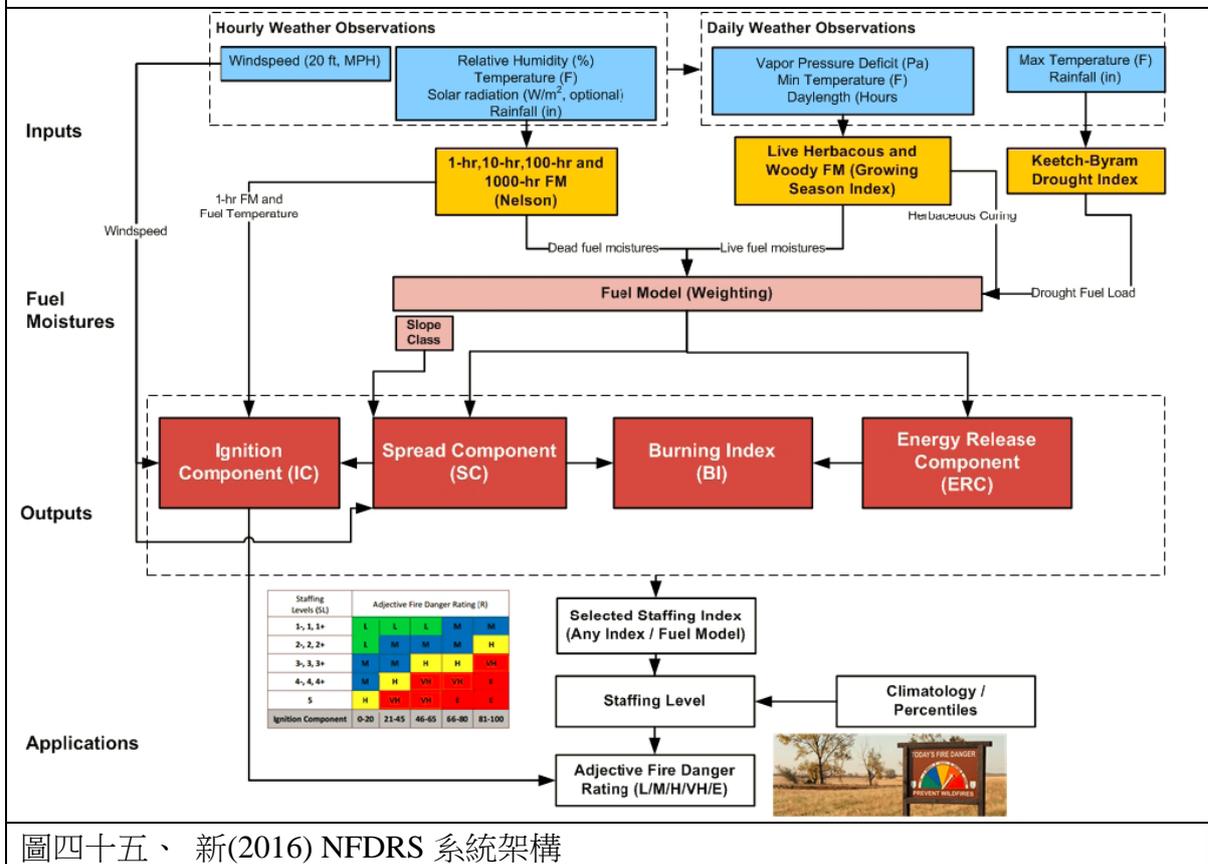
而 LaWen Hollingsworth 為 FMI 成員之一，平時亦擔任火科學教育的講師。她向我們簡介實驗室當前開發的 8 款主要應用軟體及系統，包括：BehavePlus fire modeling system、FFI Ecological Monitoring Application、FireFamilyPlus(FFP) 4.1、Fire Order Fire Effects Model(FOFEM)、FlamMap 5.0、FeulCalc、國家火災危險度評級系統(National Fire Danger System, NFDRS)、天氣資訊管理系統(Weather Information Management System, WIMS)。BehavePlus 用來模擬火行為、影響程度和火場環境；FFI 可描述當前生態系統並監測其變化及是否符合當地法規；FFP 為大眾型軟體，使用 NFDRS 計算火災危險度指數或統計火場及氣候資料；FOFEM 則可模擬下列四種火情：地表和地上燃料耗損、悶燒或全面燃燒時的粗、細煙霧釋出量和速率、各土深隨時間增溫情形及不同地表火燃燒時間長短、火焰高度、樹種、樹體大小的樹木致死率；FlamMap 利用地圖展示各區塊在特定環境（不同氣象和燃料濕度）下可能的火行為(fire behavior)；FeulCalc 則用來模擬、評估不同處理作業下地表、地上、樹冠燃料累積量。

另一位火生態科學家 Matt Jolly，則延續 LaWen 模型開發議題，進一步向我們說明他最近參與中的國家火災危險度評級系統(NFDRS)重大更新計畫。NFDRS 自建立至今從未更新，原因之一為系統更新後，勢必面臨大規模訓練課程調整及所有林火管理員、消防員、課程教師都必須重新學習。終於在 2014 年獲准推動重大更新計畫，目前已進入最後彙整、檢驗階段。主要更新為：系統內變數透過群集分析獲得簡化、不再直接測定活體植物的含水量、加入熱輻射的新燃料模式可向上推估任何尺寸燃料含水量、刪減須人為校正輸入數值、自動上傳更新，並以新系統反覆驗證得到優異的預測結果。而且因為新系統更為簡化且直觀，在未來辦理教育訓練或提供其他領域應用時，將較為容易

且可縮短適應期。



圖四十四、舊(1978/88)NFDRS 系統架構



圖四十五、新(2016) NFDRS 系統架構

Shawn Urbanski 則是與 2007 年諾貝爾共同得獎者郝慰民博士合作，著重大尺度的煙霧監測。根據 Shawn 的報告，美國煙霧的來源主要為森林火災約佔 35%，燃燒垃圾或農耕處理所產生者僅次第二。因森林火災在美國每年皆會發生且為煙霧的最主要來源，分析其中的化學組成、對人體是否有害、對生態的影響及大空間尺（如：全美、中國、蘇俄）度的變化，即成為一重要議題。在實驗室內使用可控制環境變素燃燒室進行模擬燃燒試驗，並蒐集燃燒後所排出的氣體進行各式化學分析，目前已完成分析的化學組成約 200 多種，仍有 100 多種尚待確認。除了實驗室的模擬分析外，尚須到森林大火現場上空進行實地採樣，利用高空救難跳傘機(smoke jumper)在非林火旺季時，裝上採樣和即時分析儀器，飛越森林大火現場蒐集，所得結果與實驗室分析結果一致。



最後 Colin Hardy，FFS 計畫總負責人則於百忙中抽空與我們短暫會談，提到實驗室每年會與當地學校合作，進行團體火科學推廣教育，並且亦主動與附近印地安學校接洽，將最新的林火科學帶給部落孩童，這也是林火科學實驗室十分重要的任務之一。

(二) 奧多李奧波德荒野研究所

坐落於蒙大拿大學(University of Montana)校區的奧多李奧波德荒野研究所(Aldo Leopold Wilderness Research Institute)，與火科學實驗室同屬林務署洛磯山脈研究站底下八大機構之一。研究所為美國林務署於 1993 年設立，致力於發展及推廣提升荒野管理的知識。傳統三大研究領域為：遊客調查、遊憩對生態衝擊評估、野火生態，近來加入了空氣汙染、入侵種、野生動物、氣候變遷等議題，不再侷限於保護荒野可供遊憩的價值，持續監測各種威脅帶來的影響，並試圖以更大的尺度來研究整個荒野生態。



圖四十七、與 Alan Watson 合影



圖四十八、奧多李奧波德荒野研究所

火是荒野的擾動源之一，更多的研究則顯示火與荒野生態是相互依存的關係，亦即火控制著荒野植群的組成和結構、調節生態演演替過程，並影響當地野生動物、昆蟲、疾病及生態系的豐富度、歧異度和穩定度。美國採取的嚴格滅火政策，干擾火在荒野所扮演的自然角色，並已違背保存荒野「自然狀態」目標。

在奧多李奧波德荒野研究所資深研究員 Alan Watson 引介下，有幸與該所火生態研究員 Carol Miller 進行簡單的訪談。Carol 首先向我們說明奧多李奧波德荒野研究所在火議題上扮演的角色與火科學實驗室不同之處在於，實驗室的林火科學研究出發點著重在人，如：保全森林火周遭居民安全及協助救火員了解火場情勢減少人員傷亡等，因此如何安全、迅速控制並撲滅火為首要宗旨。而她的研究則著重於仰賴火演替的生態系，希望能透過研究讓大眾了解火也是生態系重要的一環，在某些情形下，施行讓它燒 (let it burn) 政策利多於弊，且每場因人為撲滅的火反而可能導致大規模的地景改變，影響荒野生態結構甚劇。但她也不諱言，執行這樣的政策並不容易，儘管政府知道滅火可能造成的生態影響，但同時須承受當地民眾輿論及其他施行讓它燒因天氣、地點而異所帶來的風險。因此協助政府釐清何時、何地、何種情況適宜施行讓它燒政策，讓火重新扮演其在荒野的自然角色而不受人為干擾，即是其研究重心。

另外一位來自南韓的 Forrester Lin，為該國的公務員，在李奧波多荒野研究室進行兩年的交流訪問。本次參訪同樣經由 Alan 牽線，有機會聽取他簡述南韓的林火管理政策。南韓的面積雖約台灣 3 倍，但與美國相比，幅員亦顯渺小，所以施行的林火策略與台灣相同，採嚴謹的發現立即撲滅策略，期望能在林火規模小的初期階段即予以控制，

並確實撲滅，使人員傷亡及財物損失降到最低，並有滅火直升機隨時待命，視需要加入進行機動滅火。探究其林火發生原因 90% 屬人為引起，其中列居一、二的分別為登山客用火不慎和森林周遭農耕用火擴散；另從時間尺度觀察，近年林火有總次數增多但面積減少的趨勢，研判應為氣候變遷全球暖化，造成環境更為乾旱而更容易引起林火災害，但因實行嚴謹的滅火策略，多在小面積時就成功撲滅。而南韓的林火警戒期為 10 月到翌年 3 月，4-5 月則達到危險高峰，和台灣將中、南部 10 月至翌年 3 月乾旱少雨的期間，定為林火預警期亦即相似。與台灣較不相同的是，林火周遭的社區居民習慣於林火發生時，積極參與林火撲滅行動，從提供協助打火人力到後勤物資補給。

(三) LOIO 國家森林控制火處理林相

Lolo 國家森林(Lolo National Forest)位於蒙大拿州西部，佔地 2 百萬餘英畝，圍繞著密蘇拉市，毗鄰平頭印地安保留區(Flathead Indian Reservation)，轄下設有 Missoula、Ninemile、Plains/Thompson Fall、Seeley Lake 及 Superior 等 5 個工作站(Ranger station)管理各林區(Ranger District)。各工作站會依現場情形擬定控制火(Prescribed fire)施行計畫，並為減低施放期間對周遭居民及遊客的影響，於施行前將位置、目的及注意事項等相關資料，公布於官方網站上；施行時，周邊設有告示，並將即時資訊更新於臉書(facebook)、推特(twitter)等社群網站上，使大眾可隨時掌握最新情況。



控制火是林火管理策略之一，其施行目的及功能包括：

1. 減少燃料累積降低森林大火發生機率保障人民生命財產安全。
2. 改善棲地環境利於需開闊地物種及掠食性動物生存。
3. 控制植群結構及組成促進適火植物生長。
4. 加速養分循環及移除殘材促進植物生長及便利復舊造林。
5. 移除入侵生物、降低與瀕危物種之競爭。
6. 移除受感染植物降低害蟲和疾病的傳播。
7. 促進飼料植物生長利於畜牧及獵物取食。
8. 增加地景歧異度促進生物多樣性。
9. 移除林下灌叢利於通行。
10. 改良景觀促進遊樂價值。

¹ <https://www.facebook.com/lolonationalforest/>

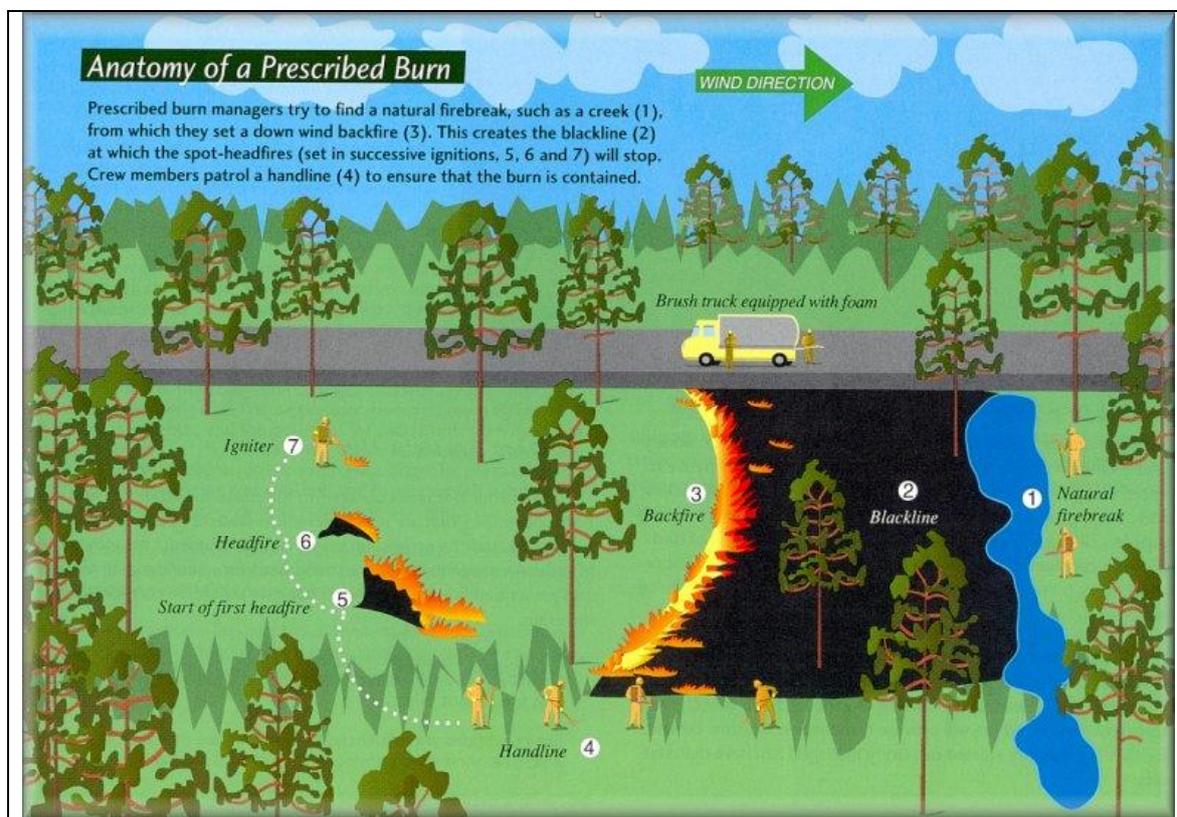


圖五十一、 Lolo 國家森林控制火施行森林林相



圖五十二、 Lolo 國家森林控制火地表遺留殘材

控制火的施行須由專業人員在適宜的環境條件下，依照目的不同調整頻率及強度；若施行不當，不但無法達到預期目的，反而會造成周邊社區的煙霧危害，甚至失控演變為森林火災。因此，控制火施行前須將選定地點、面積及相關位置標註於地圖上，施行期間的允許天氣狀況（包含晴雨、風向、溫溼度等）、燃料濕度、人員及裝備配置、監控、安全、緊急處理等事項，亦應事先研擬並定訂周詳計畫，並知會當地消防隊、地方政府相關單位及周邊居民。施行前夕，須再次確認各天然條件及人員、裝備配置是否與計畫相符，並視情況微調。施行步驟為，首先在下風處天然屏障燃燒邊界設置防火線 (firebreak) 並點燃回火 (backfire) 形成無法再燃燒的黑化區 (blackened zone)，再於上風處點火，燒燃期間人員於側面邊界巡邏監視並控制燃燒，確保燃燒情形符合計畫直到熄滅。



圖五十三、 控制火施行示意圖²

² <http://lomakatsi.org/prescribed-fire/>

本次實地前往的控制火施行林區，位於 LOIO 國家森林轄下的 Ninemile 工作站北方約 3 英里處的 Grand Menard 區，根據官方網站及臉書資料顯示，施行期間為 105 年 4 月中旬，與參訪時間已間隔達半年以上。現場仍可見林木軀幹下方呈焦黑火燒痕跡，上方枝葉翠綠則無生長衰退趨勢，研判火燒的引響僅止於樹皮外層，未延燒至內層生命維持組織（如木質部、韌皮部等）。另外觀察林下地被，殘材、枯落葉累積量明顯減少，灌木、雜草低矮多屬新生，亦即地表燃料呈稀疏且非連續狀態。該區域內特別保留未施行控制火林相供作比對，可了解施行控制火所帶來的林內透視程度增加、地表燃料留存減少等益處，且可能因此區位於露營地不遠處，故於 11 月中旬新設解說牌，利用現成的教材，讓民眾了解控制火如何營造健康的森林。



圖五十四、Ninemile 工作站控制火施行前



圖五十五、Ninemile 工作站控制火施行後



圖五十六、Ninemile 工作站轄管 Grand Menard 露營區



圖五十七、Ninemile 工作站控制火解說牌

關於美國的林火管理教育與宣導於本次參訪中亦隨處可見，除了耳熟能詳的 Smokey Bear 時常出現在各式公眾場合和宣導媒介上，稱職地擔任防火大使的角色外，政府機關和非聯邦組織如林務署、漁獵署(Fish and Wildlife Service)、國家公園署(National Park Service)、薩利西古特來聯合部落(CSKT)等，會隨時更新轄下區域的林火資訊於網際網路、社群網站等，並於現場或周遭社區設置相關告示或說明，許多文化設施如蒙大拿自然歷史中心(Montana Natural History Center)亦辦理相關展示。由此可見，野火對美國人民生活影響的重要性，好比台灣人民與颱風的關係，雖然無可完全避免，

但透過各式防火宣導和科學教育的普及與正確認識，加上許多機關和組織內設有專職消防或林火管理單位能適時應變，得以使災害和傷亡儘量降低。



圖五十八、漁獵署國家野牛保護區內所設，當日火災危險度評級告示牌



圖五十九、蒙大拿自然歷史中心所展，西部落葉松斷面「火痕」與互動小卡



圖六十、Ninemile 工作站轄管 Grand Menard 露營區內林火防治宣導

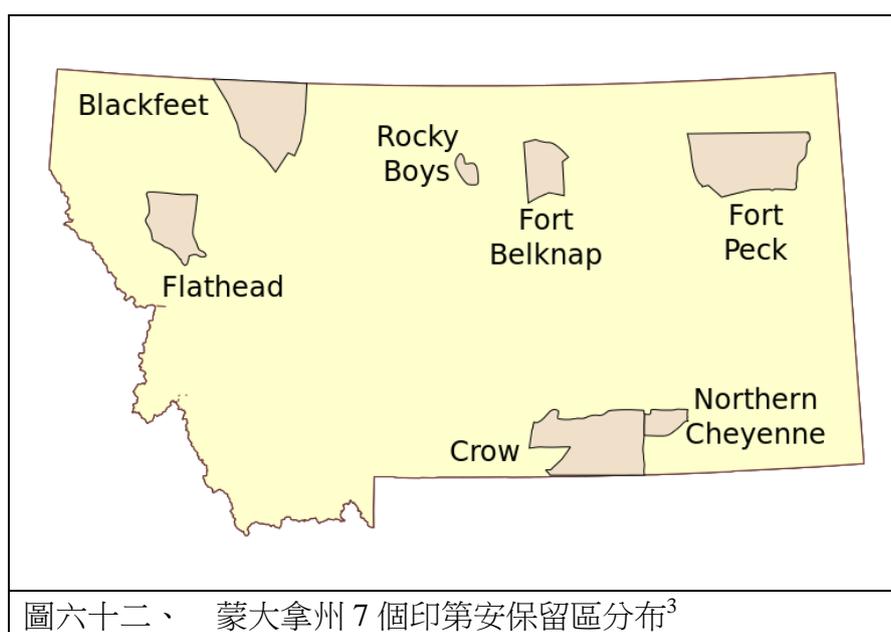


圖六十一、CSKT 平頭印地安保留區內設置之 Smokey Bear 當日火災危險度評級告示牌

四、蒙大拿州印地安部落

(一) 部落概況

蒙大拿州堪稱印地安國度，擁有多達 7 個印地安保留區，分別為：烏鴉印地安保留區 (Crow Indian Reservation)、平頭印地安保留區 (Flathead Indian Reservation)、黑腳印地安保留區 (Blackfeet Indian Reservation)、筆克城堡印地安保留區 (Fort Peck Indian Reservation)、北方夏安族印地安保留區 (Northern Cheyenne Indian Reservation)、落磯山男孩印地安保留區 (Rocky Boy's Indian Reservation)、貝克那城堡印地安保留區 (Fort Belknap Indian Reservation)。



圖六十二、 蒙大拿州 7 個印第安保留區分布³

所謂的印地安保留區是透過與美國簽訂的條約(treaty)或其他協議(agreement)、行政命令(executive order)、聯邦法律 (federal statute)、行政處分(administrative action)所保留的一定範圍土地，作為單一或多個部落的永久居住地(homeland)，並以該信託土地的代表部落命名；然而，並非所有聯邦公認部落(federally recognized tribe)皆擁有自己的保留區。有些保留區為部落原始居住地遺址(remnant)，其他則為聯邦政府強制將部落從原始居住地遷出後，重新安置的住所。

聯邦公認的部落與聯邦或各州之間為各自主權關係，是種建立在憲法基礎上的政府對政府原則。雖然有部分權利受到限制，但仍保有相當自主權，且不受州政府法律約束。而擁有自主權的重要意義在於部落將被視為「獨立民族(independent nation)」，一些關部落自主權的特性可簡述如下：

- (一) 部落的自主權並非授予的，而是自始存在的。
- (二) 印地安部落政府始終負有維持部落成為自主國家的全權責任，並如信託或其他法規所定義般執行其權力。
- (三) 依據建立部落地位及認可的法律文件不同，可能有些權利只有國會才能可變更。

³ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Montana_Indian_Reservations.svg

(四) 自主權為受到部落理事會(governing body)嚴格捍衛及維持的一種地位，印地安民族(Indian Nations)不能對外代表自主權。

然而，儘管當前美國聯邦政府仍有公布新的聯邦公認印地安部落，但是國會自 1871 年後，便不再和印地安部落建立信託關係，亦即尚無法源依據可劃設新的印地安保留區。如近年黃石國家公園南方的印地安部落，因公園內觀光熱點多半為部落傳統活動領域，要求相關單位將其劃為保留區，由部落直接管理。但在考量該區土地的生態保護及水源涵養公益性及其他眾多因素下，僅同意就部分觀光熱點區與部落建立共享利益協定。

(二) BIA 與部落

美國印地安事務局(Bureau of Indian Affairs, BIA)是負責執行美國對美國印地安人(American Indian)和對阿拉斯加原住民信託責任的機關，同時維持聯邦政府與聯邦公認印地安部落間政府對政府關係，並促進及支持部落自決，相當於台灣原住民委員會所扮演的腳色。其設立宗旨，以包含於聯邦條約、法律、政策和判決(judicial decisions)的原則為基礎，可清楚地表達為：增進美國印地安人、印地安部落和阿拉斯加原住民生活品質、促進經濟機會及實行保護和促進信託資產。透過提供優質服務和維持帶有自決精神的政府對政府關係來達成上述任務。下面列舉一些執行任務：

- (一) 提供經費及執行政府計畫服務。
- (二) 與部落一同管理信託土地及其內自然資源。
- (三) 維持全國 5 個在印地安州的分區執法機關辦事處，以提供警力保護和調查服務。同時直接管理或資助部落法律增進化計畫、法院和拘留設施。
- (四) 建造並維持印地安州內多條受惠部落居民的道路或其他硬體設施。
- (五) 執行確保印地安人借貸計畫。
- (六) 協助部落執行聯邦經濟發展和就業計畫。
- (七) 代為執行 BIA 計畫。
- (八) 直接提供信託資產遺囑認證、內政部核准貸款執行及其他信託職權服務。

以蒙大拿州為例，7 大印地安保留區擁有各自的經營模式，與 BIA 間維持的關係密切度自不相同。Salish 及 Kootenai 聯合部落(Confederated Salish and Kootenai Tribes, CSKT)共同管理的平頭印地安保留區自主權最高，經濟基本上獨立無須仰賴聯邦政府補助維持，擁有自己的強大經濟來源（林產業或賭場事業等），針對土地管理採積極買回保留區範圍內私有土地策略，教育方面則已設立印地安大學，提供多個領域的學士學位可供攻讀；另針對部落森林設立有專職的森林部門負責森林經營管理（包含執行野火管理政策等），甚至有經提報 BIA 核可的長期森林計畫書作為經營方針。基本上，並不仰賴 BIA 提供技術、人力協助，故部落內並無 BIA 分部機構存在。

與 CSKT 恰巧相反，烏鴉部族管理的烏鴉印地安保留區則與 BIA 間保持密切合作關係，除在部落內設有 BIA 洛磯山脈區烏鴉部落分部辦公室，直接參與部落會議決定；另在野火管理上則直接由 BIA 轄下森林與野火部門，成立烏鴉部落分隊，直接執行國家印地安森林及野火管理計畫(National Indian Forestry and Wildland Fire Management Program)的各項事務。

至於黑腳部落所管理的黑腳印地安保留區，則居於上述兩者之間，正在由 BIA 分部直接參與管理的模式，移轉成部落自主管理。

(三) 林務署與部落

根據林務署第一區和第四區部落關係專員 Cheryl Vanderburg 的簡報及所提供的部落關係快速指南，美國林務單位透過以下方式為聯邦政府的信託責任提供最好的服務：

1. 確保行動永不減損印地安部落或其成員的權力。
2. 確保森林服務計畫能讓印地安部落或社區受益。
3. 觀察並強化所有法律達到保護部落文化利益
4. 觀察諮詢的規則不論何時我們的政策、決定或其他行動會影像部落。
5. 將國家森林系統視為信託資源，而具有用益權。

簡單來說，美國林務署與部落為一種政府對政府關係，互相無隸屬概念，林務署既無法強行要求部落遵守各項政策，亦不具備部落各項決策的發言權。然而林務署與部落間卻有著密不可分的關係，如轄下國家森林往往比鄰著原住民保留區，在森林管理策略上，時常須相互合作、協同管理。因此，位於林務署總部的華盛頓辦公室下，設有直屬的部落關係應對部門，分區執行各項部落關係計畫，長期經營與部落間良善的會商 (consulation) 機制及穩定的聯繫窗口。唯有如此，才能保持良好的互動合作默契，並在必要時能迅與部落主席(chief)或其所指定部落代表人聯繫及進行會商。

換言之，美國林務署隨時處於積極的主動狀態，掌握部落當前感興趣或關心的議題，挑選出與林業相關部分（如：林火管理、木材產銷），思考能提供的協助事項並預為規劃準備。待部落詢問或有適當引介時機，即可迅速提供相關資訊進入會商而建立雙方合作計畫、協議。又若各項林業政策、行動、決策等涉及部落權益時，亦能透過聯繫窗口，於起草階段即進行溝通，避免因日後的紛爭與意見分歧，導致執行受阻或損及雙方關係。

另外，透過將最新的科學知識傳達給部落，並從部落習得傳統文化、先人智慧，達到彼此交流與相互了解，藉此推廣政府各項主流政策與理念，尋求部落支持與指教，促使雙方處於共榮共存的互利型態。

五、從林火到印地安部落

(一) 北洛磯山脈

北洛磯山脈即平頭印地安保留區範圍的印地安部落主要為 Salish、Kootenei 及 Pend d'Oreille 等組成，數千年前即以狩獵和採集為生，而火是其塑造及管理周邊生活環境的重要工具，印定安人定期引火以創造合適的環境，而其引火的主要目的為去除過密的林下灌叢以避免森林大火的發生、維持森林漂亮且乾淨的狀態（高大林木聳立於透視的林下環境）、清除通道上的倒木和灌叢利於通行、去除過高的越橘莓(Huckleberry)灌叢利於越橘莓生長和採收、驅趕和聚集獸群以利狩獵、製造火焰和煙霧傳遞訊息至遠處以及近代為牧馬所需而製造更多且品質更好的草原。



圖六十三、平頭保留區 CSKT 標誌⁴



圖六十四、平頭保留區 CSKT 國旗⁵

西元 1650 和 1850 年間，歐洲人踏入北落磯山時攜帶的馬匹、傳染病及槍砲使原住民生活產生鉅變，包括地景、人口、生活領域、生活方式、部落間的關係以及用火方式，隨著白人的開發，原住民引火管理土地的方式受到極大的阻礙而逐漸減少；甚至在 1910 年美國西北部（蒙大拿、華盛頓、愛達荷）延燒 120 萬公頃且橫掃平頭保留區的大火（Great Fire of 1910）後，美國西部採取全面的野火抑制政策。另外 1887 年國會通過平頭區土地分配法（Flathead Allotment Act），廢除 1855 年與原住民簽訂的地獄門協定（Hellgate Treaty），開放白人在原保留區內墾殖，導致大量的非原住民湧入和大量的木材輸出原保留區，連帶使印地安人傳統生活方式逐漸式微，傳統印地安引火的行為幾近消失。

⁴ <http://www.csktribes.org/>

⁵ <https://www.pinterest.com/>



圖六十五、 1910 年大火延燒後之地景⁶

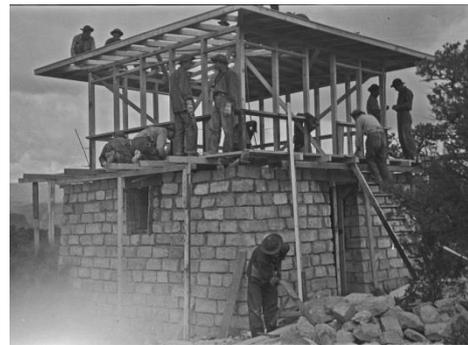


圖六十六、 CSKT 印地安傳統引火行為⁷

印地安人的美國式同化直到屬於的 1934 年印地安重整法案 (IRA, Indian Reorganization Act) 通過才告一段落，該法案是美國為了脫離經濟大蕭條 (Great Depression) 而推行新政 (Franklin Roosevelt New Deal) 的一部分。印地安重整法案使部落得建立民主式政府與聯邦政府呈國對國的關係，保留區內的印地安人傳統生活方式包含傳統印地安引火行為亦重新受到關注和討論。同為新政推動的平民保育團 (Civilian Conservation Corps, CCC) 大大地提升了平頭保留區的滅火能力，在 1933 年到 1942 年施行期間，包含印地安人在內大量的平民保育團員活動在平頭保留區內，撲滅林火並且建立防火用的林道和瞭望塔。



圖六十七、 平民保育團復育造林⁸



圖六十八、 平民保育團建造防火瞭望塔⁹

全面的野火抑制政策直到 1968 年國家公園管理局 (National Park Service) 允許閃電引起的野火小面積焚燒而逐漸改變，1995 年林務署開始採用先行評估當次野火發生的損益再選擇撲滅或促進的政策。

第二次世界大戰後隨著印地安重整法案的終止和工業化發展，部落傳統文化更加式微，戰後出生的印地安人只剩少數懂得母語；1970 年代國會通過原住民自決與教育輔助法 (Indian Self-Determination and Educational Assistance Act) 等相關法案，部落得以管理保留區內的天然資源，同時聯合部落文化委員會 (Salish-Pend d'Oreille and Kootenai culture committees) 成立以紀錄和教導傳統語言及知識。

歷經數月廣泛的學習和會議後，部落自治委員會於 2000 年 5 月通過不同於以往的

⁶ <http://www.foresthistory.org>

⁷ <http://www.csktribes.org>

⁸ <http://www.lessonpaths.com/>

⁹ <https://www.nps.gov/>

森林經營計畫，該計畫以「回復歐洲人墾殖前的森林狀態」為前提，在保護敏感物種和森林利用間取得平衡，以模仿天然干擾的方式伐採林產物。林火以系統性、廣泛性的方式在保留區地景中再度出現，CSKT 森林計畫依據該區域的環境史意識到林火發生的必然性因此以控制火(Prescribed fire)為林業經營的重要工具使林火造成的負面影響降到最低。

時至今日，平頭印地安保留區的火管理由 CSKT 自治政府森林部轄下的火管理組(Division of Fire management)負責，並訂有火管理計畫(Flathead Indian Reservation Fire Management Plan)，該計畫在符合平頭保留區森林經營計畫(FIRFMP)的目標下施行，相關的七項目標為：1.森林生態系經營、2.永續森林收穫並保持或促進森林健康、3.供為土地使用衝突時的選擇、4.建構保護和促進生物多樣性的森林生態系、5.與鄰近的林主和政府機關合作以降低環境衝擊、6.以抑制林火和燃料控制保護人民、財產和天然資源、7.遵從聯邦和部落法律。保留區內可分成高海拔無林道林地(High Elevation Roadless Timberland)、低海拔林道林地(Lower Elevation Routed Timberland)及放牧草原(Range and Grassland)3 種區域以不同的方式施行火管理策略以達森林經營計畫之目標。基本的火管理策略為撲滅(fire suppression)、利用火(fire use)及控制火(prescribed fire)，保留區的野火仍以撲滅為原則，利用火和控制火需在煙塵管理和意外預防等措施完備的情形下施行，該計畫的各種火管理策略應用的環境條件、人員組織、各階段處理方式皆合乎聯邦、內政部、印地安事務局火管理政策規範。



圖六十九、 CSKT 火管理組¹⁰



圖七十、 CSKT火管理組執行林火管理中

11

(二) 參與式地理資訊系統

北美生態系與原住民傳統用火慣俗間有著相當程度的關聯，這長時間與自然共生且歷經幾世紀物候變遷調適淬煉成的智慧，雖曾因各種原因被迫抑制終止，但隨著生態系經營概念普及全球氣候變遷的影響，傳統全面撲滅野火以保全人類生計及財產的政策不復存在，取而代之的是以降低居住風險並同時健全生態系功能及保存生物多樣性為目的的策略方針。這也使得原住民傳統用火知識，重新受到重視並成為各方極欲拼湊還原的科學研究議題。

然而在重建這些傳統慣俗知識時，若資料蒐集不全或未作充足的溝通理解，反而

¹⁰ Flathead Indian Reservation Fire Management Plan - 2007

¹¹ Flathead Indian Reservation Fire Management Plan - 2007

會使欲獲得的成果（如：應用於決策準則）打折。因此 Alan Watson、Fernando Sanchez 等學者建議以參與式地理資訊系統(Participatory Geographic Information System, PGIS)作為資訊蒐集、儲存、跨文化溝通平台，不但可增加不同部落傳統間的橫向文化交流，且資料庫可隨時更新或擴增新蒐集項目。

CSKT 森林部所管平頭印地安保留區內森林採行適應性經營方式，以期能減緩氣候變遷所帶來的負面影響，特別是那些受用火慣習改變的地區。而社區參與為適應性經營的一環，該部近年即以 Jocko 地景單元控制火施行決策為主題，利用奧多李奧波德荒野研究所與英國利茲大學(University of Leeds)共同開發的 PGIS 系統 Mapping Meanings (Map-Me)為工具，分別對部落和非部落居民進行意見調查。經過 Map-Me 分析及圖形輸出結果顯示，儘管部落和非部落居民在何處應施行控制火，以及改變地景階級最多的地點有明顯不同的觀點，但是對於施行控制火處裡作業共同持肯定態度。CSKT 森林部進一步指出，儘管當地居民對回歸傳統原住民用火慣習，對 Jocko 地景單元施以控制火擁有共識，但是可能因為對過去用火傳統、政策轉變及土地利用型態不同的認知不同，抑或受到氣候變遷等變素影響，使得如何加以運用成了一個複雜且多面向的議題。若利用 PGIS 所提供的今昔地景基礎資料（如：土地利用型、土地利用改變、歷史用火慣習），加以整理、比較、分析，或可進一步解釋部落和非部落居民提共意見歧異的原因，進而找出合適利用傳統原住民知識的現代作業方法。

另外經 Fernando 向我們說明，由於計畫剛推行不久，目前主要參與的部落或學術機構主要位於蒙大拿州和新墨西哥州，將持續推廣，預期未來會有更多的參與部落和學術單位，主題亦不僅限於部落傳統用火知識，且一旦團隊開發的 PGIS 系統 Map-Me 夠成熟，轉為手機應用版本絕非難事。

六、心得及建議

綜合本次參訪內容，美國林務單位本於尊重該國律法所賦予原住民自治精神，以政府對政府的交談層次，透過諮詢、洽商、分享等交流模式，隨時掌握各原住民保留區當前關心且與林業相關的議題，並處於能提供協助的主動地位。以蒙大拿州為例，林火管理是一個重要且切身相關的議題，並利用同位於該州密蘇拉市林火科學實驗室隨時提供的最新科技，以國家森林為單位，與周遭印地安部落建立各種林火合作管理協議，此種合作模式值得參考學習。另外美國政府單位亦設有研究計畫，利用 **PGIS** 為交流平台，持續推動將原住民傳統知識數化蒐集，並加以儲存、分析及圖表展示，以此加強各部族間文化的橫向溝通交流，且期望未來能有更多部族參與迴響。

而本次參訪獲得與台灣密切相關的更新林火科學，莫過於美國國家火災危險度評級系統 (**National Fire Danger System, NFDRS**)於 2014 年推動重大更新計畫，目前已進入最後彙整階段，主要更新為：系統內變數透過群集分析獲得簡化、不再直接測定活體植物的含水量、加入熱輻射的新燃料模式可向上推估任何尺寸燃料含水量、刪減須人為校正輸入數值、自動上傳更新，並利用新系統多次驗證得到優異的預測結果，且因更為簡化且直觀，預期在未來教育訓練教育和其他領域應用將更為容易。

經過參訪了解，美國在原住民政策上有其長遠歷史背景，並在相關律法的規範下，可以獲得相當自主權並且與各州政府對等存在；然而值得注意的是，儘管美國幅員廣大，在面對劃設新印地安保留區仍採相對嚴謹的態度，並權衡各種如：水資源涵養、生物多樣性等公益價值，以致目前雖持續有新聯邦認定的部落，卻未見新劃設保留區。因此，鑒於台灣地小人稠，若採取美國模式，欲透過劃設原住民保留區實現「轉型正義」，除應訂有明確法源依據，並應採取更為謹慎的態度並審慎評估各方利弊；且為避免台灣各部族於將來劃設原住民傳統領域或是原住民保留區時，因範圍相互重疊引發紛爭，可考慮比照美國政府委由學術研究單位建置 **PGIS** 系統，專門蒐集原住民傳統知識及結合各種地理資料，加以儲存、分析及公開呈現，達到劃設前各部落間甚至非部落民眾參與交流，達到相互理解減低族群對立的目的。

此外，建議現階段可比照美國林務署設立專門處理與原住民族相關事務的窗口，了解各部族的需求並逐一建立雙方聯繫溝通管道。另往後有關原住民議題參訪行程，可考慮增加停留時間，或採階段任務定期單點方式，安排實地拜訪美國不同經營模式的印地安部落領袖與其直接對談，應可獲得不同觀點的意見回饋；亦可借鏡其他目前仍有新劃設保留區國家（如：加拿大、澳洲等），了解該國採取的原住民族政策，尋求與台灣原住民歷史背景或地理、文化更為相近的典範。在林火科學部分則建議持續留意美國在此領域的最新發展（如：添購林火科學實驗室定期出版的年報），並摘譯當年創新技術發布於本局出版期刊，遇有值得應用推廣技術則可派員前往學習。