

出國報告（出國類別：研習）

美國西北太平洋區域之森林健康與生態管理

服務機關：行政院農業委員會林業試驗所

姓名職稱：徐嘉君 助理研究員

派赴國家：美國

出國期間：105年4月18日至10月19日

報告日期：106年01月13日

內容摘要

目的

美國的奧勒岡州是全美森林資源最豐富且造林業最盛行的區域之一，林業為該州創造不可忽視的產值，主要的造林樹種為花旗松、美國黃松等樹種，前者是美國產值最高的造林生產木，然而在奧瑞岡州生產力最高的海岸林區域，近年來花旗松的樹冠層受到一種真菌性的病害感染嚴重，該種真菌(Swiss needle cast, SNC)會造成花旗松落葉，影響花旗松的生長量甚鉅，本次研習目的乃加入當地的研究團隊，學習觀摩樹冠層病害研究。此外瞭解當地林業管理單位於不同氣候區，如何採用符合生態原則的管理措施來維護森林健康。

過程

此次研習，職實地參與許多奧瑞岡州立大學(OSU)以及環保署(EPA)在當地所進行的研究專案，就近與專家學者學習森林病害管理與森林微氣候監測技術，研究顯示，樹冠層的結構及微氣候變化，對 SNC 的染病嚴重程度有顯著的影響，而近年來由於氣候變遷所導致的極端氣候事件，以及外來入侵種病蟲害，也對當地的森林造成程度不一的衝擊，此外，氣候變遷與林火、森林病害之間更有著極為複雜的交互關係存在。

心得

雖然台灣於1991年禁伐天然林之後，林木生產已非本國經濟收入的主要來源，然而奧瑞岡州以及美國西北太平洋岸區域 PNW，對於森林的管理、微氣候的監測、病蟲害的防治仍有非常值得學習與借鏡之處，尤其在氣候變遷造成極端氣候事件增加，以及國際間物流往來頻繁，採用兼顧生態的森林管理方法以增加森林的韌性(抗病、防火)，顯得日亦重要。

建議事項

由於全球暖化及國際物流往來頻繁的影響，台灣山區尤其是中高海拔針葉林區域，遭受入侵性病蟲害的威脅機率將會增加，乾燥區域的松林則在極端氣候的乾旱趨勢下，也將可能有更具威脅性的林火發生，建議針對國際間尤其是溫帶區域主要針葉林病蟲害，於台灣高海拔區域森林進行調查監測，以預防病害的大面積難以挽回的災害發生。

關鍵詞：森林樹冠層、微氣候監測、樹木病害、生態管理

出國目的

美國的奧勒岡(Oregon)州是全美森林資源最豐富且造林業最盛行的區域之一，由於奧勒岡位於西北太平洋沿岸(Pacific Northwest, PNW)，此外南北縱貫美國西部各州的 Cascades 山脈，攔截太平洋的水氣，也造成西部幾個州十分迥異的東西氣候區，在山脈西側迎風面雨量充沛，形成非常茂密的森林，由於美國西岸文明開發較東岸晚，此地還保留非常豐富的森林資源，林業更是西北部各州重要的經濟來源之一。



圖1，美國西北太平洋 PNW 區域，包含華盛頓州、奧瑞岡州以及北加州，是森林資源十分豐富的生態氣候帶

林業為 PNW 區域創造不可忽視的產值，在筆者所參訪研習的奧瑞岡州，主要的造林樹種為花旗松(Douglas fir)、美國黃松(Ponderosa pine)等樹種，分別為 Cascade 山脈東西部的潮濕區域跟乾旱區域的適存物種，花旗松是美國產值最高的造林生產木，然而在奧瑞岡州生產力最高的海岸林區域，近年來花旗松的樹冠層受到一種真菌性的病害感染嚴重，該種真菌(Swiss needle cast, SNC)會造成花旗松落葉，影響花旗松的生長量甚鉅，因此本次研習的主要目的乃加入當地來自於環保署(EPA)以及奧瑞岡州立大學(OSU)的研究團隊，學習觀摩樹冠層病害研究，此外瞭解當地林業管理單位於不同氣候區，如何採用符合生態原則的管理措施來維護森林健康。

研習過程

影響森林健康的因子或干擾，可初步分為非生物性(abiotic)以及生物性(biotic)兩大類，影響 PNW 森林的非生物性的干擾因素主要是林火(Wild fire)、氣候變遷(Climate change)和極端氣象事件(Weather extreme)以及偶發的天然災害如火山爆發等等；生物性的干擾因子則主要是樹木病害，包含昆蟲(Insect pests)、真菌性病害(pathogens) 以及寄生性物種(parasitic plants，如槲寄生 Dwarf mistletoe)，最後樹木病害可再進一步分為原生(Native)或外來/入侵(non-native/ invasive)兩大類。



圖2，在1980年5月18號大噴發的聖海倫火山，熔岩流毀去大面積的森林，只有當初還被雪覆蓋的森林殘存至今

在1960年代以後，美國的森林保護運動興起，美國林務局(USFS)投入大量經費，從事數十年的積極性林火預防之後，卻沒想到在2015年遇到史上最嚴重的林火年，光奧瑞岡及華盛頓州就燒毀了21萬5千公頃的森林，事實上美國西北的林火在過去5年有越燒越盛的趨勢，遠超過歷史上的任一段時期。

起因之一是美國西北，尤其是火山群 Cascade 山脈以東的地區，大多是定期遭受火災干擾的乾旱林 (dry forest)，組成是耐火災的優勢樹種如花旗松、西部黃松(Ponderosa pine)等，由於天然林火週期受人為經營阻斷，林下萌生許多耐陰性樹種如 grand fir(大冷杉)、western hemlock(西部鐵杉)，導致森林過度鬱密，累積過多的燃料所致。



圖3，天然火災週期影響下的森林，可見很多大胸徑的耐火樹種，如花旗松 (Douglas fir)等，樹冠層不至於過度鬱閉，林下有足夠空間提供大型草食動物活動



圖4，林地裡採伐後的花旗松樹頭，可見1950年代曾經遭受過的森林火災焦痕

此外不同的森林干擾因子彼此之間還能產生互動或是加乘的效果，譬如說科學家

懷疑，林火事件有可能加重侵襲已經受到嚴重病蟲害的森林，例如受到嚴重中歐山松大小蠹(mountain pine beetle)感染後的火炬松(Lodgepole pine)，倒伏在林地裡的枯死木可能形成多餘的燃料，導致林火事件的機率上升。



圖5，遭受中歐山松大小蠹感染後的火炬松造林地，地表倒伏了許多枯死木



圖6，PNW 常見數百公頃被林火焚毀的森林

相較於林火對於 PNW 的 Cascade 山脈西部背風雨影區乾旱森林的影響，在 Cascade 山脈東部的潮濕森林區，林火則顯得不那麼具有威脅，然而近年來的氣候變遷所致引的極端氣候事件，似乎也對這個針葉林樂園造成程度不一的影響，例如對乾旱較為敏感的 Mountain hemlock，在較長的無雨夏季過後呈現整株乾枯

變黃的現象死去，另外生長在海拔分布下限(約1千公尺)的 Noble fir，被發現有樹勢衰弱個體逐漸死去的現象，推測可能是受到氣候暖化的影響。



圖7，由於樹勢衰老漸漸死亡，EPA 的研究人員將原本位於 Noble fir 上的氣象站撤下

暖化的氣候加上原本就潮濕的氣候，也可能招致更多的森林病原菌，筆者在實地參與 EPA 與 OSU 研究花旗松的林冠層病害發現，位於越潮濕的區域的花旗松，感染 SNC 的機率越高，此外年輕的造林地感染率較高，最後樹冠層結構與與其中的微氣候變化，也是影響 SNC 病原菌盛行率的主要因子之一。



圖8，位於樹冠層的氣象站，提供長期且穩定的氣候觀測資料

另一個例子是 PNW 海拔分布最高的白皮松(Whitebark pine)，這種樹生長在高山區域的森林界線以上，推測由於近年來的氣候暖化，加上1910年入侵性病原菌白松泡銹病 (White pine blister rust) 的影響，族群大幅減少，在加拿大甚至被列為瀕危物種加以保育。



圖9，白皮松是分布在森林界線以上的物種



圖10，受到氣候暖化病發入侵真菌性感染，PNW 高海拔區域的白皮松大量死亡

重要心得

所謂的森林韌性 *resilency* 是森林在面臨干擾後的回復力，面臨 PNW 常見的森林干擾因子火災、病蟲害，以及近年來越來越顯著的氣候變遷，USFS 近年來則開始一連串促進森林韌性(*forest resilience*)的復育計畫，例如位於波特蘭東邊 350公里的藍山山脈(*Blue Mountains*)，便進行著類似的復育計畫。

藍山復育計畫的內容簡單的來說，就是利用積極的手段來疏伐(*thinning*)過度鬱密的林地，方法包括擇伐、機械疏伐(*mulching*)與計畫性的燒除(*prescribed burning*)，這其中比爾最喜歡的是用火來管理，因為最便宜而且符合當地的生態特性。天然的週期性林火多半是較為安全的地表火，然而過度鬱密的森林火災常是危險的冠層火，不但燒毀不耐火的林木，連耐火的花旗松等樹種也會一併燒死，施用林火管理後的森林地表多了許多孔隙，可見許多陽性樹種的苗木及灌木層草本植物出現。



圖11，計畫性林火管理後的林地，地表多了需多孔隙，可見許多新生的陽性植物

由於 USFS 的任務是提供全民享用健康的森林資源，所有 USFS 的森林、在符合諸如乾淨水等上位保育法的情況下，是任何美國居民都可以任意進入使用的，除了人類，野生物也是他們服務的對象，所以維護森林的生物多樣性也是 USFS 的職責之一，這個復育計畫除了提高森林韌性，加強森林對干擾的抵抗能力以外，另一方面也顧慮到本地社群的利益，提供原住民放牧狩獵的場地，以及優先增進

當地林木業的就業機會等等。



圖12，USFS 服務的對象不只有人，還有其他的森林野生物，圖中是刻意留下作為穴居鳥類使用的枯立木 snag

此次研習，筆者體認森林干擾因子之間，其實存在著極為複雜的交互關係，此次於奧瑞岡州以及美國西北太平洋岸區域 PNW 的研習，對於森林的管理、微氣候的監測、病蟲害的防治，覺得對方有許多值得學習與借鏡之處，尤其在氣候變遷造成極端氣候事件增加，以及國際間物流往來頻繁，採用兼顧生態的森林管理方法以增加森林的韌性(抗病、防火)，顯得日亦重要。

建議事項

雖然台灣於1991年禁伐天然林之後，林木生產已非本國經濟收入的主要來源，然而 PNW 區域對於森林所採行的生態系經營管理措施，仍非常值得台灣的管理單位加以參考，而這些符合生態系運作原則的管理措施，其實乃立基於長期的生態資料收集、觀測與紀錄，並由生態學家歸納其中的原理，最後才能加以應用，顯示長期森林生態資料監測以及收集的重要性，建議森林管理研究單位，對於基礎生態資料的收集能保持長久經營的態度，如此才能對經營管理建立堅實的生態基礎。

此外，由於全球暖化及國際物流往來頻繁的影響，台灣山區尤其是中高海拔針葉林區域，遭受入侵性病蟲害的威脅機率預期將會增加，乾燥區域的松林則在極端氣候的乾旱趨勢下，也將可能有更具威脅性的林火發生，建議針對國際間尤其是溫帶區域主要針葉木森林病蟲害，於台灣高海拔區域森林進行調查監測，以預防病害的大面積難以挽回的災害發生。

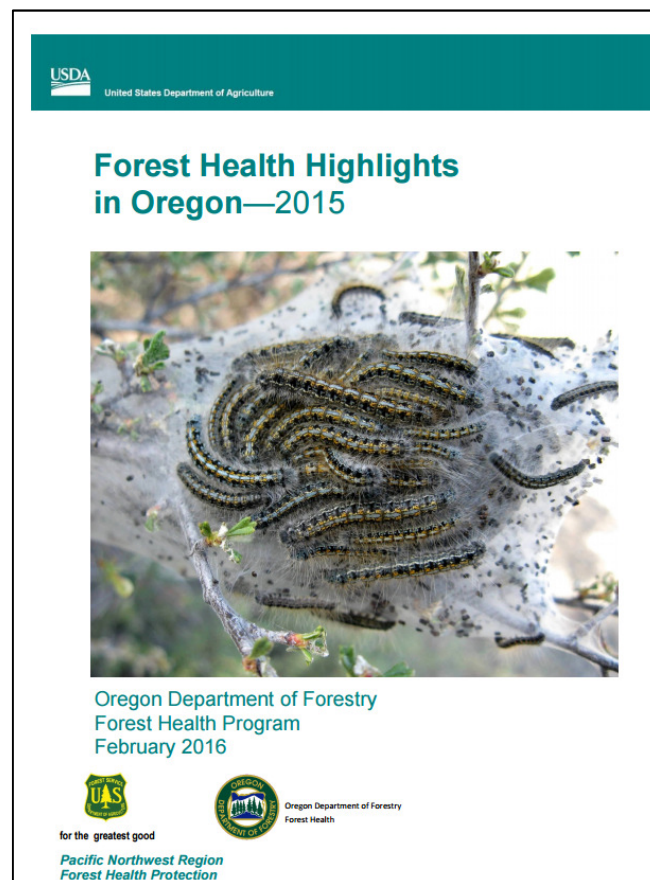


圖13，2016年的奧瑞岡森林健康管理報告，可於以下網址下載全文 (https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/fseprd497928.pdf)