



從美國Tillamook大火到現今Tillamook州有林之形成—林分結構化經營之森林經營模式

文、圖 ■ 陳麗琴 ■ 林業試驗所林業經濟組助理研究員（通訊作者）

林俊成 ■ 林業試驗所林業經濟組助理研究員

劉瓊霖 ■ 中興大學森林學系助理教授

一、前言

作者於去（2004）年8月前往美國奧勒崗（Oregon）州Tillamook州有林參觀，對於奧勒崗州林業管理部門（Oregon Department of Forestry, ODF）以自然林分發展型態概念，進行所謂的結構化經營（Structure Based Management）之森林經營方式，印象極為深刻，因此嘗試將Tillamook州有林經由數次火災後到現今的森林形成狀態的過程，作一介紹，希望能對我們林業經營觀念有些許幫助。本文分為兩部分，第一部分為介紹Tillamook州有林由火災後到森林的形成經過，第二部分說明該林地結構化經營方式。

二、Tillamook州有林由火災後到森林的形成

過去數十年的多場森林大火造成了美國奧勒崗州海岸一帶一大片光禿、乾枯的林地；有很長一段時間，他們稱之為‘Tillamook Burn’，亦即，火災後的森林破碎地。之

後，在奧勒崗州的森林管理者、伐木工人、森林學家、政府官員及人民的通力合作下重新造林並開拓這片荒蕪的土地。如今取代‘Tillamook Burn’的已是一大片茂盛的花旗松（Douglas - fir）森林。（註：以往Tillamook舊森林對於當時世紀交疊、正處於發展期的奧勒崗州木材工業而言是一非常豐饒的資源。）

（一）Tillamook 火災

1933年的Tillamook大火，在短短20小時內，足足燃燒了約24萬英畝的範圍，毀損的林木材積數量高達120億板呎，這些數量足夠建造超過一百萬間擁有五房的現代房屋。此次大火與1848年的Nestucca火災，1853年的Yaquina火災，1868年的Coos Bay火災，並列為奧勒崗州重大火災。

Tillamook州有林的火災悲劇並未在1933年結束，在1939年又發生另一起因伐木所引發的大火。第二次Tillamook火災範圍涵蓋19萬英畝，其中大部分是1933年的原始區域。六年之後的1945年，第三次大火在同一

區域又發生了，這次損失達到18萬英畝。由這三次大火的經驗可見，受到前次大火燃燒的枯木群，如一旦再次引燃，後果將無法控制。這三次大火總共造成高達35.5萬英畝的林地損失。最近一次1945年的大火還成了民眾關注的頭條新聞，社會輿論紛紛要求政府必須採取措施來控制災情，並恢復這一大片慘遭毀滅的森林。民眾認為如果州政府無法承擔起這樣的工作，就必須將這份工作移交給聯邦政府接手。

受到強烈輿論壓力的影響，州政府於是指派一個委員會研究如何從方法、政策、法令及行動層面來進行州有林管理，由此開始著手這一艱鉅的重新造林計劃任務。州立法局提出了一項發行債券的方案，以籌措這項重新造林計劃所需之經費。發行債券的額度不得超過州財產價值的0.75%，後經居民、政府、森林業者討價還價，最後立法局修正為每年發行的債券最高為美金75萬元，於1948年立法通過，以後林木部分收益就用來還債，債券發行到1973年為止。如今債已全部還清。之後，奧勒崗州有林木販賣部分收益就放入州政府財政預算內，做為支應森林復舊的工作。由於森林復舊過程中所面臨到火災殘材處理易引發土壤沖蝕、再造林的困難高與枯木群所引發火苗的不易控制等的問題，因此森林管理者不斷投入人力、金錢，改善火災監測能力，如增加道路可及性、防火道等保護計劃、完善的救火隊、空中攝影、地圖製作等。

（二）林業研究

儘管當時林業經營諸多方面作了很多研

究，然而多數仍集中在對Tillamook火災地區作更有效率的再造林；空中撒種就是那個時候研究出來的；剛開始運用時相當成功，後來因地面覆蓋物太多，種子無法與土壤結合，1970年後即不再使用。管理當局還和奧勒崗州家禽委員會合作研究如何降低數量日漸增加的鹿對林木幼苗所造成的衝擊；另外，研究如何控制嚙齒目動物傷害幼苗或偷吃種子，其對提高再造林效率也有不少助益。之後，灌木群的競爭與動物入侵所造成的危害，不久便取代了人為砍伐，成了再造林的主要危害因素。因此，如何根除灌木群的技術變得更為重要了。另外，隨著再造林面積的擴大，鹿、麋鹿、兔子等動物對於幼苗的傷害也日趨嚴重，那些鹿和嚙齒目動物的數量大增，已遠遠超越一般食物與環境所能承載的量。因此，奧勒崗州魚類及野生動物委員會允許特定的獵隊進入狩獵，以控制鹿的數量。

（三）現今的森林

漸漸地，Tillamook火災地區開始有了改變。我們可以發現原來受到大火燃燒的枯枝殘幹，如今長出了嫩綠的新枝芽，肥沃的土壤和充沛的雨水為這些樹木提供生長的有利條件，新的林地因而蓬勃生長。就在州長Douglas McKay於1949年簽署債券發行計劃成為法律的24年後（1973年），先前的Tillamook火災地區已改造為一座新的Tillamook州有林。這座森林約佔Tillamook與Washington地區州有林地的36.4萬英畝，這些林地大部分受過大火波及並重新造林。在此24年間，這塊燃燒過的林地總投資金額



達1200萬美元，林業經營者估計林木第一個生長週期（伐期），單單木材的收入將可回收約60億美元，另外加上改善集水區保育、野生動物棲息地和提供戶外休閒活動及遊憩教育場所，這些都是經營這片森林的附加價值。

林產品的永續生產一直是Tillamook州有林與其它州森林地首要的經營原則，然而林木的經營和收穫尚須視保護土壤水源、野生動物棲息地、休閒娛樂機會和其他森林價值之需求而定。從1983年至1997年，總計有9,200英畝經種植和空中撒播的林地面積進行疏伐，除了使留存的林木能夠維持快速生長外，這些疏伐木尚能被用來生產小規模建築用的木材、製漿木片和其它纖維板。非商業性疏伐與施肥是目前被用在Tillamook州有林火燒跡地上之主要集約經營的實施方法，以確保未來高收益的優質木材。另外數百畝的修枝試驗，其目的是希望能提昇潛在高品質林木和經濟效益。為防止根腐病的蔓延，則採用輪作或種植如赤楊（Red Alder）或西部紅側柏（West Red Cedar）等抗病樹種。

Tillamook州有林位於波特蘭市（Portland）大都會地區與奧勒崗海岸間，對於奧勒崗居民和觀光客而言，是一個非常受歡迎的休閒地點。許多人來此釣魚、狩獵、登山健行或者享受這裡的戶外風光，還有人只是喜歡驅車行駛其間，體驗森林的感覺，沿途欣賞過去50年來的事物變化。來此的遊客也幾乎不相信此地曾一度因大火波及而荒涼過許久時間。如今Tillamook州有森林仍繼續生長，將來此新營造的森林會永續地提供

木材及其他森林效益。儘管昔日的大火在州民心中留下難以抹滅的記憶，然而這片州有林將會是奧勒崗州民眾為這片新森林所做奉獻及人類智慧活生生的歷史見證。（如圖1）



圖1 美國奧勒崗州Tillamook 州有林地火災後造林狀況

三、以林分結構化為主之森林經營方式

森林生態系經營已是全世界林業的共識。不少文獻指出森林生態系經營可包括四種面向：

1.以物種為主（species-based）

保護設定為生態系健康及生物多樣性指標的植物。

2.以保留區為主（reserve based）

重視保留區網絡（network of reserve）的生態運作，例如：維持自然干擾範圍（natural disturbance regime），避免一些商業的干擾，讓此區域可發揮其自然運作功能。

3.以淡水與濱水帶保護為主（freshwater and riparian zone protection）

依據濱水帶的特性，保護一些廊道

(corridors)，使得物種可以分散在這個地景上，並維護多樣性的熱點 (diversify hotspots)。

4. 就非保留地區，以整合性結構化經營為主 (integrated structure-based management of unreserved land)

強調將多樣性目標納入已開發 (developed) 和半開發 (semi-developed) 林地的經營上，藉以增加當地的多樣性，並改進地景中不同經營部分聯繫上的功能。

這四種面向的考量在Oregon Coast Range (OCR) 經營行動方案 (management initiatives) 已實際在執行。

美國西北地區由於國有林比例較高，老齡林、生物多樣性及保護斑點貓頭鷹問題在國有林經營規劃中，長久以來一直是爭議的焦點；豐富的木材、野生動物、水及遊樂資源是此地區的特色，主要包括華盛頓州、奧勒崗州及北加州，因此這些地方森林經營所影響的環境、經濟與社會等三個面向關係緊密及複雜。1992年6月4日，美國林務署署長 F. Dale Robertson 發表一篇應用「以生態方法經營國有森林及草原的政策」。為了符合「生態系經營政策」，林務署的工作集中於生產符合需要的資源價值、產品、服務及條件，並藉該法維持森林及草原之多樣性、生產性，即能舒解短期壓力，又能對長期的變化有所回應。其中將生態系經營 (ecosystem management) 定義為「生態系經營是以生態的方法，融合人民的需求及環境的價值，達成國有林及草原的多目標利用經營 (multiple use management)，透過本方法使國有林

及草原地呈現出多樣性、健康性、生產性及永續性的生態系」，而本項經營係在不同尺度 (scale) 下整合運用生態知識，以產生具有多樣性及生產力的生態系，並維持符合需求的資源價值、產品、服務及條件。該政策強調林務署在經營森林時應加入公眾的參與和共同保育，同時也應注重研究單位與國有經營單位的相互合作 (符合美國國有林屬於全民所有，每一個國民擁有及使用國有林的權利均等，森林發展係依據國人之期望為藍圖，故其走向來自於大眾的賦予)。

以Northwest Oregon State Forests Management Plan 為例，長久以來森林地景總被設想為有濃密、有稀疏的林木鑲嵌式的分布在空曠地區，這些區塊 (patch) 的形成，主要來自自然干擾，這些干擾包括氣候、森林火災、風暴、地滑、洪水、病蟲害等。森林經營計畫目的就是要利用疏伐、局部伐及皆伐方式來模仿自然分布林分以前的多樣性，使得動物有棲息地、人民有工作、政府及學校有收入、人們也能在森林裡享受並保持其多樣性。如果以被動經營方式 (passive management approach) 讓這些幼小同齡森林透過有自然干擾來達成我們想要的森林，可能需要好幾個世紀的時間來形成；森林學家相信他們可以用實際可行 (人為) 的方式 (hands-on approach)，我們稱它為主動經營方式 (active management approach)，來鼓勵將森林較快速的仿建為成熟、自然的棲息地，像自然更新一樣，選擇好的樹留存，疏伐我們不想要的樹木，如此，留存的林木可生長得更快更濃密。透過

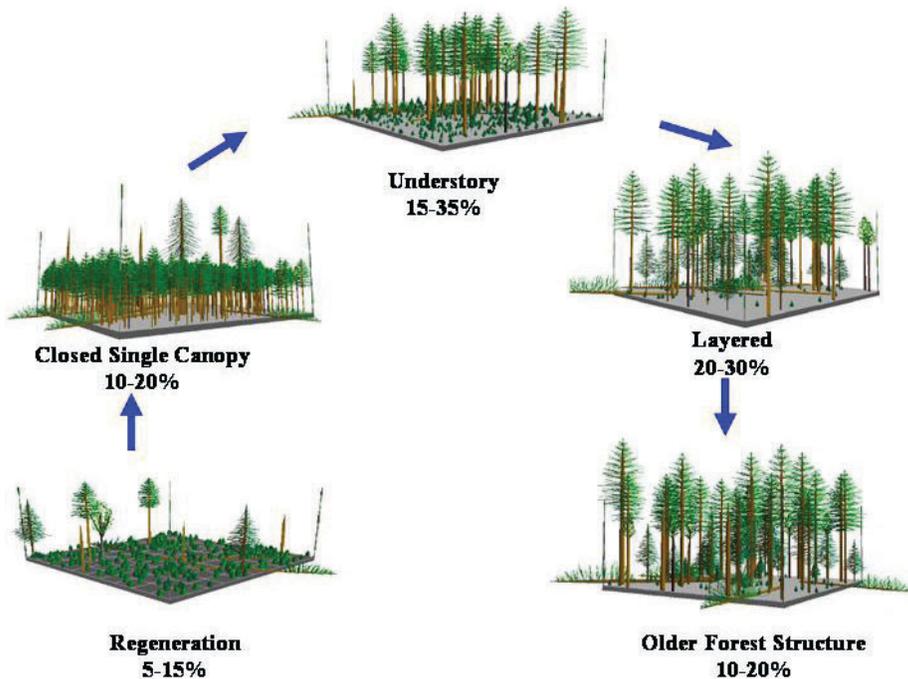


圖2 以林分結構化為主之森林經營方式

這種主動對林分發展進行監測與經營，讓林分朝向類似老齡林結構來發展，可能只要幾十年的光景，即可發展成一相似於自然的森林。這種結構就是在生態體系中可感覺到的，有不同樹木的大小，有不同物種的存在，有枯立倒木的留存，有森林上層冠層，有灌木，也有草本植物。這種依照自然林分發展型態的結構化經營（structure-based management），已進行了數年。這是一種適應性經營（adaptive management），一方面在摸索，一方面在監測，希望能以較準確的方式有效達成。結構化經營總共有五個階段，如圖2所示，包括從更新開始到老齡林分的形成，林業人員根據這五個階段來評估森林地景的情況並決定在何種階段應該採取何種手段來達成理想森林。每一種階段所指定的面積百分比是他們決策的一個重要指標，

在任何時間，林業人員都會知道每一個階段（林分結構）需要有多少範圍的面積，最大與最小面積的底線在那裡。依過去的經驗顯示，當這些林分結構依指定的比例存在時，所有原生物種所需要的多樣棲息地自然而就會存在。茲將五種階段的林分結構說明如下：

(1) 林分型態 1—更新狀態 (Regeneration, REG) (目標佔整個地景面積之5-15%)

此區域主要覆蓋為樹苗、小苗、草本植物或灌木等，樹種可能是針葉樹或闊葉樹，草本植物、灌木、和/或草生植物的分布很廣，最高可到80%，且生長良好。此型態包含第一年更新的林分且持續到此林分鬱閉階段。林分更新始於林地受到干擾，如木材收穫、火災、或風災後，林木死亡或移除大部分或全部的大樹，枯立木和倒木會被遺留在

原來之林地上。新的植生（林木、灌木、草本植物）藉由種子、萌芽、人工更新或其他方法在此早期階段開始生長。經過數年後，此林分開始鬱閉，草本植物、灌木和草種則開始死亡或失去活力。

(2) 林分型態 2—鬱閉單一林冠狀態 (Closed Single Canopy, CSC) (目標佔整個地景面積之10-20%)

林木覆蓋整個林地，形成單一主要冠層，下層植生甚少，此些林分可包括幼齡林 (sapling stands)、未疏伐林或上層林木。當更新林分生長到成為鬱閉的單一林冠狀態，林木就開始競爭陽光、水分和養分，當競爭力弱的林木死亡後，林分下層就會出現枯立木和倒木。在此階段的後期，存活林木生長旺盛，且小孔隙 (gap) 形成，下層林木、灌木和草本植物又開始出現。

(3) 林分型態 3—旺盛的下層植生狀態 (Understory, UDS) (目標佔整個地景面積之15-30%)

此種林分的發展較鬱閉單一林冠狀態的林分有較多樣性的灌木和草本植物層，且有比樹苗大一點的林木，樹冠層範圍由單純樹種及單一冠層形成複層林冠，但重要的多林冠層尚未形成。由於孔隙的產生，有足夠的光線和養分進入林地，使得地被層草本植物、灌木、及更新樹能夠再出現於下層而趨於多樣性。此種林分具有發展為高多樣性的植物社會的潛力。

(4) 林分型態 4—多層林狀態 (Layered, LYR) (目標佔整個地景面積之20-30%)

林分的垂直結構較下層植生旺盛的林分

複雜。不但灌木或草本植物存在，且樹冠層至少二至多層。上層林冠主要為胸高直徑大於18英吋及高度大於100英呎的林木所覆蓋，會與至少30英呎高年輕的林木混淆在一起，樹冠層由上而下相當明顯。灌木和草本植物層是相當多樣的，有成群的樹種和垂直的分布，此植物社會由地被到上層林冠能提供一大範圍的棲地。此林分的後期階段，在樹幹被移除後，孔隙產生，下層的矮灌木叢和草本植物因獲得足夠的陽光與養分，而增加相當多的數量。

(5) 林分型態 5—老齡林分結構狀態 (Old Forest Structure, OFS) (目標佔整個地景面積之20-30%)

此種林分已具有野生動物需要的棲地特性，其具有以下四種特性：

- ① 每公頃至少有8棵胸高直徑至少32英吋活的林木，但在林地種類屬於3、4、5級的Santiam State 森林，海拔高於3,000英呎的地方，胸高直徑則至少需24英吋。
- ② 含有耐陰性樹種之樹冠層，至少二至多層。
- ③ 每公頃至少有6棵枯立木，其中需有2棵胸高直徑24英吋（含）以上；其餘4棵胸高直徑至少12英吋以上。
- ④ 每公頃有600到900立方英呎的倒木（腐朽級1或2），或每公頃有3,000到4,500立方英呎的倒木（腐朽級1~5）。

此目標是依能提供穩定的木材收入、健康的野生生物棲息地及良好品質的遊樂機會而設計，且全部都要以永續為基礎。另為滿足經濟因素，奧勒崗州的森林經營是為產生



圖3 Five Elements of planning for Oregon State Forests

永續且穩定的歲入以支應各縣、學校、地區的區域稅和一般學校的基金（Common School Fund）。

要百分之百準確預估未來的狀況是不可能，奧勒崗州林業管理部門依據目前最可行的科學知識、社會所需要的環境趨勢及各種法律或法規的考量下，規劃這個經營計畫，如果在執行的過程中，發現有問題，或有更好更準確的資訊可以納入，任何的步驟或方式都可以更改，這就是適應性經營。適應性經營體認到生態系總是一直在改變，因此需要一個強而有力的監測計畫來了解生態系體運作，專家們監測這些重要指標，將其分析結果納入將來的決策中。適應性經營也知道伐木方式、林道建立或棲息地建造等等，這些森林作業對生態影響的不確定性，但也因此得以有更多的機會可以從中學習如何經營得更好。適應性經營目的不在於減少不確定性，而是幫助經營者如何面對它。從評估到

修正，總共有六個步驟：評估問題→設計方案→執行方案→監測方案→評估已執行方案→修正方案。經營方案內容除包括林木生產、棲息地與遊樂區的發展外，公眾參與環境議題更是不可或缺。基於人民對社會、經濟及環境效益的要求，包括魚類及野生動物棲息地的復育、土壤生產力的提高、水及空氣的清潔、水土保持及遊樂機會等等，ODF提出長期經營計畫的五個成分，如圖3所示，讓森林朝向健康的、生產的及永續的生態系邁進。

希望能透過本文介紹，讓林業工作者對這種依自然林分發展型態的結構化經營作業方式有較具體的了解，因而有助於實際應用。🌲

謝誌

本文承蒙洪富文博士在百忙之中抽空指正，在此誌謝。