

# 台灣人工林之生態環境與經營策略

◎林業試驗所森林經營組·邱志明

## 台灣人工林現況

依據林務局1995第三次台灣森林資源及土地利用調查結果，台灣地區森林面積共計210萬公頃，佔陸地面積約59%；其中約42萬公頃為人工造林地，針葉樹約佔64%，闊葉樹(含竹林)約佔36%。另根據航測調查結果，台灣全島林木蓄積量約3億6仟萬立方公尺；估算每年木材生產量約840萬立方公尺，淨生產率僅約2.3%。其中可利用之人工林木材總蓄積量約4,700萬立方公尺(佔總蓄積量之13%)，此人工林之蓄積會隨著林齡之增加及撫育經營而不斷增加，而天然林若不再經干擾，則大致會保持穩定之程度。

在這42萬餘公頃之造林地中，針葉樹主要造林樹種有紅檜、柳杉、台灣杉、香杉、杉木、肖楠、松類等，而闊葉樹主要造林樹種以台灣欒、光臘樹、相思樹及樟樹為主；其齡級分布6年生以下約佔4%，7年生以上佔96%，大部份均未進行中後期之撫育管理，再延遲，恐致淪為不良林地。但人工林之經營策略，除因林地分類或分區目的之不同，其作業方式會改變外，另外林道、交通、立地環境、生態多樣性、勞工、經費皆會影響經營作業之實施；因此，各種經營策略之進行，除樹種、齡級之選擇外，必須考慮上述相關因子，以決定經營策略及優先順序。

在所有人工林中，柳杉(*Cryptomeria japonica* D Don.) 於日據時代，自日本引種造林成功之後，因其栽植容易，成活率高，初期生長迅速，樹型美觀，遂成50-60年代主要

造林樹種，據林務局統計，至2004年為止，扣除註銷之面積，累計有39,428ha，佔全部人工林14.4%，為僅次於松類造林面積最多之樹種。其齡級分布，20年生以下僅有14ha，餘均為20年以上，已達到該進行疏伐經營迫切之階段。



疏伐延遲之人工林，林分生長競爭激烈，地被光禿。對水土保持、植群多樣性，養分回歸、動物昆蟲、微生物及林木生長均屬不利(邱志明 攝)

## 生態系經營和以往林業經營有何不同

傳統之林業集約經營觀念係講求大面積皆伐與建造單純林，甚至利用單一或少數優良品種及基因型，這種單純栽培(monoculture)雖可一時獲得相當大之木質生物量生產(woody biomass production)，卻極易遭重大之疫病災害，無法發揮永續性的經營功能。自生態遺傳學觀點言之，這種人工單純林之物種歧異度小，基因資源貧乏，有違生態系演化之原則。在此情況下，今後在育林更新與經營作業上，應依生態原則而行之，力求森林生態結構之永續性(perpetuation of forest

ecological structure)。

生態系經營是以整個生態系來考量，以生態系為一個實體的經營規劃。著重於期望的動態狀況、能量流動及系統中所包括的事物。在規劃之時，我們稱這種期望的狀況為「可預期的未來狀況」(desired future condition)。生態系經營基本上要求在多地景尺度(scale)和多時間架構下，以生態系為基本單位來經營，如以植物植群、集水區及地景單元來考慮。以往，適合度經營(managing to optimize)只對單一目標如木材的適合度經營，但對另外的目標則無法預測，甚至產生危害；生態系經營，它不是多目標中的各別功能，而是基於以整個地景尺度來看之生態功能，也不是僅僅保護一種瀕臨絕滅的種類，尚且顧及維護其他的種類。也就是說注重生態系中的基本成份的建構，如土壤、空氣、水及動植物基因庫等基本建構單元，才能保育、經營這個生態系。

## 人工林經營之策略與作法

人工林之經營如何在林木生產時，同時兼顧生物多樣性、森林功能及森林服務，發揮森林最大之效益，以達永續經營是台灣今後人工林經營時必需面對之挑戰。因應之道應從基因物種、林分和地景層級三方面進行策略之釐定和推行。

### 一、基因物種方面

在基因物種方面之策略，除了要選育林木育種族群，在連續世代中所獲得良好基因或物種，以改善林木生長與品質，另外還要維持合理之基因多樣性，如設立採種園、採

穗園及區外保育等，使其用來作為森林繁殖材料之物質，在基因層面提供精確、可靠的基因資訊，例如：物種母體基因的來源地、基因的屬性、雜交方式和選育之過程等。此外，在林分或地景層次上將基因分散化，限制同一種品系之基因在空間和時間之使用，以避免基因過度之均質化。

### 二、林分階層方面

在林分層級則透過不同疏伐強度、立木留存量及方式等；如疏伐之方式(上層、下層、選擇、機械疏伐、單株分散、孔隙或群狀疏伐)、集材之方式，對造林木林下植被之生長、動物、昆蟲、養分循環及水土保持均有不同之效果。因此，不同育林策略之改善，增加人工林之變異而達到人工林生物多樣性增進之目的；如不一致性之整地方式、變化的林木栽植距離、不同樹種之混植、複層林或多層林之營建、輪伐期之延長、和地被植物之維護等都是未來營建新人工林可增進生物多樣性保育之方法和策略。

對現存單一樹種之人工林可利用不同撫育經營策略增加林分水平和垂直結構之異質性，以利於野生動物、鳥類物種之增加和生態系之穩定。木質殘材(wood detritus)為森林中枯死木或瀕臨枯死木、枯立木(snag)、倒木、小枝(twigs)、枝條(branches)、樹幹、原木和根株，在森林生態系中皆扮演重要角色，這些構造可儲存水分、立地養分，貢獻土壤有機質，提供菌類和昆蟲之食物，土壤養分回歸循環，並可提供多種脊椎和無脊椎動物棲息、掩蔽和築巢之場所。因此以群狀和分散狀之方式疏伐立木，部分並以環剝之



單株疏伐，分散留存之人工林，目的為提升林木形質生長及林地生產力並可促進地被植群天然更新，增加生物多樣性(邱志明 攝)



孔隙疏伐，群狀留存及林下栽植，以期建立最大水平垂直林分結構之異質性，形成異齡複層多樣健康之森林(邱志明 攝)

漸進方式疏伐立木，模擬天然干擾林木枯立狀態，提供他種林木天然更新空間，並間植耐陰性樹種，則苗木可獲得上木庇護，促進生長，並可提供野生動物食物、棲息之場所。

疏伐或收穫後林分立木之留存量、結構配置和粗質殘材的形狀和量均會影響林下植群之組成和構造、多樣性的豐富度和許多敏感植物和動物種類之分佈。留存木群狀和分散狀之策略各有其假設不同的生態結果和育

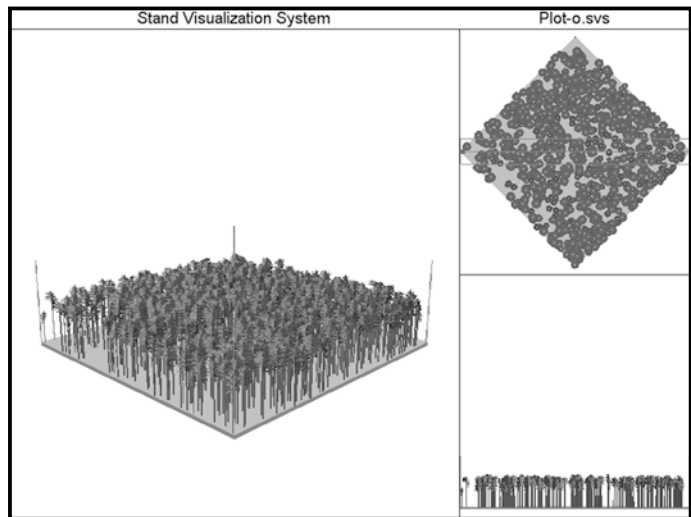
林應用。例如，分散狀留存，留存木均勻配置林地，可期待加速留存木直徑生長，同時可減緩微環境和水文之衝擊。而群狀留存，換句話說是期待更有效率維持一較廣大構造單元(structural elements)和生態條件(ecological conditions)的限制，例如，群狀可以維持所有冠層之完整，包括下層之植生和不同大小及腐朽程度之枯立木，像這種情況即不可能存在於分散狀之留存木。小塊完整棲地也可做為不同種類有機物的庇護所，或者在造林及疏伐作業時，留存一部份之保護帶不予整理或天然林，均可提供臨近地區有機體新生及再生殖民遷移之來源及機會。



行列疏伐併行林下栽植，形成二代林，目的可提升植群多樣性，並降低作業成本(邱志明 攝)

### 三、地景階層方面

森林經營者需要從地景之觀點來考慮人工林之配置使其達到因應不同經營目標而讓各種不同組成分子(如：齡級、樹種組成、瀕水帶等)在空間上呈現不一致之排列。例如：在人工林地景中除以分散式地方式規劃不同齡級，不同樹種組成之人工林外，並進一步將人工林和天然植群規劃形成不同之鑲嵌體(mosaic)，則可以在地景層級中達到一定程度之生物多樣性。



人工林可利用SVS(Stand Visualization System)系統，事先規劃不同之疏伐強度及方式後之林況，供決策參考。本圖為人倫共同試驗地柳杉人工林Plot1疏伐前立木3D景觀狀況(鍾智昕製)

### 結論

人工林之建造，由於最近十年來社會環境之改變，已由最初以林木生產為目標，轉變為愈重視森林健康之維護、增進生物多樣性、CO<sub>2</sub>減量效果和環境生態反應。因此國土之保護、生態反應、多樣性之提升、CO<sub>2</sub>減量效果和木材生產，變成森林經營者需面對之嚴肅課題，經營者必須發展和測試不同之經營，以期達到生態、社會和經濟之三重目的。

適應性經營為達成生態永續經營之主要方法，而適應性經營為一過程，是藉由監測經營活動的結果，來修正或改進未來的經營策略，祈望扮演一個重要角色在未來之森林經營上，以確保經營(策略)能達到可期望的效益。然而，這些也應該藉由嚴謹和可重複的實驗設計，進行實驗評估，確保研究者可以應用所收集之資料，進行統計的推論，提供可信賴和廣泛應用的資訊，以提供經營決策者施政有堅強的科學理論基礎，避免決策受

到主觀情感或個人偏好之影響。因此林業試驗所、林務局、特生中心，結合東海大學、台灣大學、屏東科技大學等數十位研究人員在金所長恒鏞之領軍下，設置一個大型之人工林永續經營與多樣性之共同試驗地，面積共12ha，每一處理1ha，4個重覆，以孔隙方式疏伐，疏伐率為0、25、50%，跨機關、跨領域結合不同專長之研究人員，並邀請有興趣之社會人士一起參與，從宏觀及多元之角度進行監測分析，探討短期、長期不同經營疏伐作業強度與方式對造林木、其他植群、動物、昆蟲真菌、苔蘚類等有機體及水、土壤等無機體間之互動與生態反應、地景、經濟及社會等各層面之影響，尋求共識，以適應性經營之方法，做為不同林地分級或區劃下，人工林為達成不同經營目標之經營撫育作業強度與方式之策略，期提供林務局及其它林業機關人工林達成不同經營目標永續經營之參據。⊗