



專輯一

植樹節－造林及綠美化

造林木實施疏伐之 理論基礎

◎郭寶章 / 台灣大學森林系名譽教授

前言

近年來，台灣之森林在天然林是禁伐而人工林也因生產成本太高伐採極少，每年所需木材中99%仰賴進口，已延續很多年了。現今森林已成為世界性資源，因其與全體人類福祉有關，各國之森林資源莫不採取嚴密的保護策略，限制濫伐與出口。在台灣，森林佔全島土地面積之58%，只能生產不到1%之所需木材，是值得檢討的。光復以來人工林造林面積約有40萬多公頃，佔森林總面積之20%，大部分處於壯齡林時期，林相密生，透光不良，因無經費撫

育多呈現放任荒蕪狀態，勢必降低森林之各項功能，而不健康、低活力之森林，又極易遭受各種危害，松材線蟲造成大面積琉球松造林木死亡，即其一例。民國90年度政府在擴大投資提振景氣方案中，推動加強造林及民營林業之輔導，特撥出兩億五千多萬元經費支援，是政府推動全民造林運動以來最大手筆，林務單位正積極推動人工林之整備與調適作業，其中主要工作為實施造林木之修枝與疏伐，以調節林相密度，提升林木品質，促使日趨衰退之大部人工林茁壯起來，而發揮較高之環境性、

文化性與資源性之功能與效益，並達到森林永續經營與利用之目的，數年之內，不難見其成果，作者深信其成果可以預期，而本文之作，希望能提供一些參考。

一、疏伐之意義

1. 疏伐之一般釋義

為對林務人員增強對



台大溪頭營林區實施景觀改進之疏伐前柳杉(右)杉木(左)密生造林木



台大溪頭營林區實施景觀改進疏伐後櫟杉之林相

疏伐之瞭解，願從名詞之解釋上，複習說明。

疏伐一詞英名稱 Thinning，日名稱間伐或疎伐，疏伐之實施是在森林特別是造林之育成過程中，當林分樹冠形成鬱閉、林木相互間開始競爭之後，對林分之整體作一生長密度之調節，即伐採林分中一部分林木，以緩和種內競爭 (Intraspecific competition) 作用，其目的在提升林木之利用價值與維持地力而增進森林之各種功能（日文森林，林業，木材辭典，2001）。

國內之權威著書（王子定，應用育林學，1966）稱，森林於建造以後，對未熟林分 (Immature stand)，各間隔若干年度，尚須施行連續多次之伐採，藉以促進選留木 (Selected trees) 之生長及林分之總收穫者，是謂疏伐。林分中所選留之林木，多為優勢級及次優勢級

之類，故林分實施疏伐以後較諸未實施疏伐者，則其可供利用之最終生產物 (Usable final products) 即木材，自獲充分之生長與發育。

當林分形成鬱閉之後，若不實施間拔式的伐採，由於樹冠間隔過密，林木競爭劇烈，造成生長優劣不齊與形質不整之結果，而降低育林之價值。疏伐之實施乃以目標樹種為對象，設定一適當之立木密度去選留優質之林木，加以撫育，以提升其品質，及獲得小、中徑木之早期收益。疏伐實施之後，因改進林分之密度結構，增加林內光照，促進地被物之分解與林床植生 (Forest floor vegetation) 之繁茂，提升林地生產力，生物多樣性與抵抗危害及水土保持等功能，是實行疏伐之重要目的。

2. 疏伐是中間伐採

森林之建造過程包括栽植、撫育與



森保處棲蘭林區實施扁柏天然壯齡林之整理伐與修枝合併作業（林試所負責）

保護三大項，以達成林與成材之目標。當幼苗成活之後到林木成熟之主伐為止，為促進造林木之生長發育，尚須實施各種撫育性之伐採，稱曰中間伐採（Intermediate cuttings），重要者包括除伐（Cleaning）、修枝（Pruning）、疏伐、整理伐（Improvement cutting）、搶救伐（Salvage cutting）及衛生伐（Sanitation cutting），最後兩項作業是在促進林木健康與防除為害而實行者，必要時實施。

在台灣，將上述林木撫育作業依實

行時期不同而區分為前期撫育，乃指除草與切蔓而言，此時不對幼木施以伐採，而僅就與幼木競爭之雜草木、羊齒類與蔓藤植物等加以刈除，清除地表之植生，因使用草刀、小鋸即可達到目的，日人稱除草為下刈，佐藤大七郎（育林，1983）稱此一時期屬於種間競爭（Interspecific competition）作用，前期撫育常實施到林分達到鬱閉（Canopy closing）為止，造林木約為10年生以前。而進入幼齡林終期尚須實施修枝、壯齡林後所實施之除伐與疏伐作業，稱為中後期撫育（以2/3輪伐期為計算標準），即上述之中間伐採。修枝為修剪樹冠下層之衰枯枝條以生產無節至節少之木材，理論上亦非對林木施以伐採，除伐可謂一項撫育伐採作業，以伐除與造林木大小相當之雜木類與造林木中生長貧弱者，台灣較少實施。但在生態系經營之策略中為維持生物多樣性，不贊成除草與除伐撫育之實施。

二、疏伐實施之策略

1. 撫育與保育

傳統的森林經營以木材生產為主要目標，保安國土為次，而近年在自然資源保育觀念下，強調森林資源之合理與永續的利用，應以生態系為經營之架構，藤森隆郎（日文，森林と共生，2000）稱永續的森林經營對社會與國家有兩大意義：



林試所臺中杉林試驗場強度疏伐與修枝合併作業
(羅卓鵬提供)

A. 提供森林多目標利用之功能，具體言之，功能有資源性、生產性與能源性，以提升生物多樣性，土壤與水資源之保育，遊樂空間之擴增與大氣中 CO_2 之吸收等價值。

B. 維持及增進森林生態系之活力與健康，以滿足這一代人之所需與利用，並能不損傷資源之特性，以滿足下一代人類之需求。

在日文，撫育(Tending)稱為「保育」，而日文「保育」一詞之意義較中文撫育之含義為廣，包括林木之撫育即上述之前、中、後期撫育作業，也包括林

地撫育即生產力之維持與改進，如林地施肥(日文稱肥培)、土壤改良(客土、中耕)、橫坡造林、灌溉與排水等。而英文之Conservation，中文稱曰保育，日文則稱為保全，進一步解釋，中文之疏伐日文簡稱間伐，台灣林業界亦有此稱呼，因中間伐採簡稱之間伐與主伐有別，故已少用間伐而用疏伐，以免造成混淆。而中間伐採以強調森林之撫育為要旨，伐除劣質劣勢與競爭個體，並非在收穫木材，故將疏伐列為育林作業而非林產利用之範疇，其理在此。

2. 疏伐之範疇

A. 林分育成之疏伐

行於林木之壯齡期即成熟期(Mature stage)為主，因實施之時期與伐採之商業性質不同，一般區分為非商業性疏伐(Non-commercial thinning)與準商業性疏伐(Pre-commercial thinning)，乃依疏伐木之利用價值，市場之收益較低或不具收益，常將疏伐木棄置於林地不予搬出者，此多指林分之首次與第二次疏伐而言，其實施目的純以撫育選留木為一項投資性作業。而第二次以後之疏伐，隨林木之生長而可疏伐較大徑木，故可獲相當之利益而稱曰商業性疏伐，同時亦有強烈之撫育效應。

B. 天然更新之疏伐

應用於天然下種更新之疏伐作業，



森保處棲蘭林區實施柳杉區林木壯齡林行列疏伐之造林



森林處柳杉行列疏伐實施後疏伐帶之複層林栽植

其在撫育母樹或種木以促進開花結實而生產較多種子為目的，實施預備伐以疏開鬱閉之林分，增加光照以利選留木之開花結實及林地地被物之分解而提供理

想之發芽床條件，目的在利於有效種子量之生產及其發芽與幼苗之生長。更新的疏伐常實施於林木結實豐年周期到達之前，實施1~2次，連續的疏伐如傘伐天然更新之下種伐尚可促進幼苗之生育。然而疏伐之目的並未包括對後繼幼樹之培育效應。

C. 林木育種之疏伐

理論上，疏伐之實施也有林木改良之效果。在疏伐作業上，選木之基準為樹冠級（Crown class），蓋林木之發育影響來自其基因型（Genotype）與表現型（Phenotype），及兩型之交互效應。同時，在林木選擇育種（Selection breeding）進行後裔檢定（Progeny testing）時，當出現後裔有優劣之差異時，可藉疏伐之實施予以淘汰形質不良之個體。經過不斷的疏伐選留優良之後裔個體，因可獲較寬之生育空間，而最終使後裔檢定區誤導成為種子園（Seed orchard），以生長遺傳改進之種子或營養系材料，供應培育。實際上，疏伐實施較其他中間伐採更能增進林木先天之表現與環境之改進效應。

D. 修枝與疏伐混合實施

疏伐之實施在調節林分之樹冠密度，即林木之全體枝葉量；而修枝是對選留木之單一樹冠層枝葉，特別是下枝之密度加以調節者，修枝是刈除對光合

作用較無作用之枯萎枝條，以育成無節幹材，與疏伐均具有增進木材形質之作用，若能同時實施，既可節省作業成本，且能提升撫育之效應。中興大學李久先教授曾在大雪山林區紅檜造林地施行此一試驗結果頗有價值，可供參考。林業試驗所於民國 89 年 9 月在六龜扇平所舉辦之森林生態系經營研討會考察台灣杉造林木疏伐時，美籍專家即有此項建議，將林分密度與選留木樹冠密度之調節，合併實施之可能性，值得考慮與評估。

3. 疏伐之定性與定量

疏伐度之決定可別為定性 (Qualitative) 與定量 (Quantitative) 兩大類別，茲簡略的加以敘述。定性疏伐乃依單一林木之分級，即樹冠生育形態及其優居之位置與樹幹之缺陷即形質條件等，而定出等級：樹冠級 (Crown class) 或樹幹級 (Stem class)，在決定疏伐度 (強度) 後，供為選木之依據，此為疏伐實施最困難之部分，須技術熟練人員，才能掌握。定量疏伐乃根據測樹如收穫表、林分密度管理圖與樹種之生態即生長與微環境之關係等為基礎，依林分之林木株數、胸高直徑、樹高、斷面積或材積等之任何一、二項為標準而決定疏伐率 (度)，不過在個體林木選留時，仍是依照定性即林木之生育形質為準 (日文，森林，林業，木材辭典)。



日本吉野地區屬相成熟人工林之大徑木疏伐用直昇機集材

在此，願將日本造林學者名教授佐藤敬二之造林成功三角 (Triangle) 關係加以介紹，以表示實施疏伐之真正效應所在。他說造林之成功若以育成優質材為目的，應具備三大條件 (以正三角形表示)。

A. 遺傳——樹種、品種及種源之選擇宜適當。

B. 環境——指林木之生育地物理與生物因子符合適地適木之原則。

C. 撫育——落實林木之撫育、林分之密度適當管理與林地生產力之改進。

在疏伐木之選定上，不論為定性或定量均以現實林木表現型之優劣為基準，此表現型之形成乃受制於基因、環



美國加州天然松林用割草機除伐

境與此二者之交感作用所影響，已如上述，換言之，表現型是三個因子之總和。

供為木材利用上理想之林木即所謂「優質材」條件，應歸納如次：

A. 樹幹之通直性 (Straightness of stem)，主受遺傳因子影響，但密度競爭效應 (Competition density effect) 可以改善，造林時實施密植 (Close planting) 即有促進幹形通直之功效。

B. 樹幹圓滿度 (Tapering grade of stem)，樹幹雖不可能是圓柱形，然優質材樹幹之尖削度要小、由地際到樹梢幹形兩端之粗細程度較接近者為佳。修枝有促進樹梢即通稱之末口直徑生長之功能，因而增高樹幹之圓滿度。

C. 無節或少節材 (Knotless wood)，在天然修枝 (Natural pruning) 較易之陰性樹種，可藉密度效應加以達成。或施行修枝確能形成無節或節少之良材，就是實施修枝之重要目的。

D. 大徑木 (Large-diameter tree) 在木材利用上，樹木之直徑是價值指標，乃因製材率之差異所致，高密植、非皆伐、長伐期與大徑木與高價值之生產是日本造林之五大最高目標，此又非常合乎永續利用之原則。實施疏伐對樹高之生長促進效果較小，而對直徑生長之影響較為顯著，故能提升木材之品質與價值，木材品質 (Wood quality) 可解釋為木材達到利用所要求之品質。

三、林木發育之分化與分級

森林中之林木，常常是高矮粗細即呈現參差不齊之現象，即或種樹相同、樹齡相同與生育地條件相近時，也會呈現此一結果，這就是林木生育之分化現象 (Differentiation of tree

growth)。如果一林分中林木之平均高度以1作為基數，最高林木之平均樹高為1~1.5倍，最低樹高為0.8倍，同樣，林木之平均直徑為1時，則最大直徑為1.7倍，最小直徑可低至0.5倍，林木這種生長差異之結果，具體的表現在林木之生長分級(Tree growth classification)上，此一分級有其遺傳與生態的基礎，也有經濟的意義，而供為實施疏伐選木時之依據。

影響林木分化之原因，包括林木先天的遺傳性與後天的生育地環境，已如上述。當林分形成鬱閉後，林木之密度增大，林木間爭奪營養與光照之矛盾現象加劇，使這種分化過程更形激烈，位居上層之林木，生長則愈為健壯，而生長在下層之林木因得不到充足的陽光與生長空間，生長勢力衰落，而趨死亡，如是自我疏伐(Self thinning)或疏化之現象遂即發生。在天然林中林木包括上層木或下層木之疏化現象普遍發生，而人工林若行密植而未及時進行疏伐者，自我疏伐在下層木將更為明顯。在自我疏伐進行過程中，能成為林分中之優勢個體，可能是最適合生育地條件之反應，這是受到自然之選擇結果，但經濟價值如何，將受到考驗，常不符合林業經營之目的。即在保安林中，疏化之結果可能將防護功能較高之樹種予以淘汰，而達不到保安林之編定目的，所

以，人為的調節較之自我之疏伐仍有其必要性。

林木是培育森林之重要單位，而林木分化又是普遍的自然現象，經由此一分化結果提供林木之分級依據，全世界可能有30種以上。日本有寺崎渡對落葉松造林木之分級法，乃參照德國之經驗，美國Hawley對闊葉樹人工林之分類，常被台灣所參考利用，其是否適於針葉樹種，尚有商榷之處，即同為針葉樹並屬同一科之台灣杉與柳杉，其樹冠形態及分枝情形以至天然落枝之難易等亦非相同，在同一之疏伐度下進行選木時與決定疏伐間隔年數時，應作不同之考慮。

林業是長期的事業，今日對森林所實施之培育投資，不單是生產也是服務，不僅是為了這一代，也是為了未來。樹木是地球上最長壽的生物，有其再生性也有其永續性，林業界應將現存之森林保持其健康與活力，及進行循環性的生產與利用，以發揮多目標之功能，在保安國土與改善環境同時，進而提升台灣木材之自給率，以面對木材認證及標章制度(Timber certification & labelling framework)。因此而保護進口木材國之森林資源與環境生態，為地球資源之永續利用與自然保護作一份貢獻。

