

永續造林固碳- 造林實作分享

中興大學榮譽教授 羅紹麟

2017.03.20

引言

- 近30年來森林議題已漸受世人重視，國際性組織也陸續成立來共同監督或鼓勵各國及地區性的合作造林，台灣也不例外(1992聯合國氣候變化綱要公約；2015巴黎氣候協議...)。
- 在全球方面最主要是近百年的毀林以及附帶因素造成森林退化所引起的碳排放增加。
- 當務之急是如何**減緩排放**、有鑑於此，如何增加造林或改善森林經營管理方法來**增加碳吸存**機制進而改善人類生活之環境是首要課題。

有關固碳或減碳的幾個相關名詞

- 固碳、減碳或低碳是一事務的兩面解釋。
- 它發生在**植物**上是特別自然也特別明顯。
- 固碳是目的、減碳是方法，反之亦然。將多餘或超量的CO₂吸收將其轉化存為穩定的物質碳，進而減緩氣候變遷惡化。
- 轉化過程中科學上稱為**碳排放**(source)，另一則為**碳匯**(sink),這些也被稱為碳吸存的過程 (Carbon sequences)

有關固碳或減碳的幾個相關名詞-續

- 森林碳排放量佔總溫室氣體之份量有多大？現今國際間有幾個數字來表達：
 1. 政府間氣候變化委員會IPCC於2013年發表：農業，林業及其他土地利用佔氣體排放之**24%**。
 2. 聯合國糧農組織FAO2011~2015年間平均每年排放量為**29億噸的CO₂**，而此僅單指**毀林和森林退化**兩者而已，或佔總溫室氣體的17%。
 3. 2016年地球日(4月22日)的巴黎協定生效日謂中國、歐盟、美國、俄羅斯共排放佔全球**58%**的溫室氣體
 4. 鄰國日本對森林減碳的做法相當積極。全國2530萬公頃之森林在1998-2002年承諾減量1300萬噸的碳或相對於4767萬噸的CO₂，相對於台灣212萬公頃的森林每年可吸收**CO₂ 18-23萬噸的2.3倍**。

固碳在林業或育林上應有的做法

1. 長期作法：減少毀林和森林退化；增加森林復育和永續經營，此意謂：消極減量和積極管理同步進行。
2. 實際考量多元社會需求及國家制度下合理作法：
 - a. 人工林/天然林兼顧
 - b. 聯合減緩
 - c. 兼顧碳效益/非碳效益
 - d. 社區考量(森林偏遠地區之社會經濟與回饋)

3. 固碳和減碳的估算方法：森林是碳庫由喬木灌木、森林植被、枯枝落葉與土壤有機物組成，故

$$\text{碳庫} = \text{生物量(地上部+地下部)} + (\text{枯死木} + \text{枯落物}) + \text{土壤有機質}$$

在計算中前兩大項最為主要，國內係採用一定期間的碳增減量來表示(單位面積生物量之增減×該類面積加總作為結果)

a. 地上部生物量($<125t$) = 林木生長量 × 密度 × (1+R)

註：森林生物量(m^3/ha)：天然針闊混合林 $10.05m^3/年$

人工針闊混合林 $10.37m^3/年$

人工闊葉林 $4.34m^3/年$

人工針葉林 $8.11m^3/年$

竹林 $13.84m^3/年$

註R=地下部生物量/地上部生物量

- a. 由以上之生物量初步估算台灣全島森林碳匯每年可吸收分佈在1800~2300萬噸(1994-2014)

*以上取材自 邱祈榮、莊媛卉(2016) 國家溫室氣體排放清冊林業部門編撰總說明，台灣林學2016.8

徐中芄、林俊成(2016)日本減量制度現況與森林碳匯運作，台灣林學2016.8

什麼是森林？

○ Foris, silvano, forêt, forestal, Forst, skog, metsä, les, forest

1. 佔地球29%陸地中有36億公頃森林和7.2億灌木草原。

2. 依法規經營生態之基準有不同名稱：

所有權(國、公、私、NIPF、公司)；樹種(針、闊、竹)氣候(熱、暖、溫、寒)經營(經濟、保安、遊樂、教學、示範、寺廟)地貌(高山、低地、平原、沼澤、海洋)成林(原生、天然、人工、次生、純、混)樹齡(同齡、異齡、二層、矮林)。

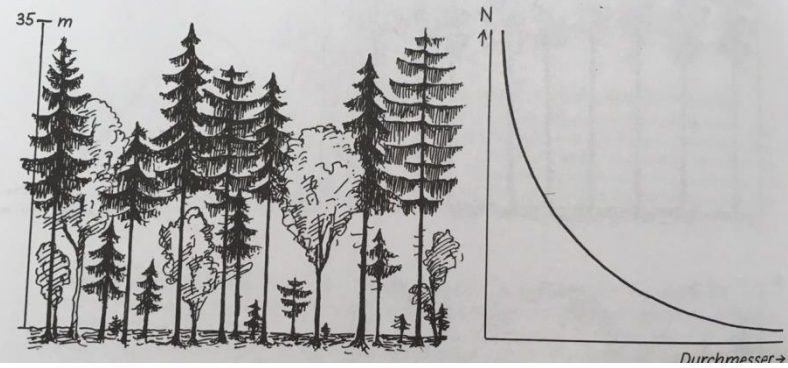
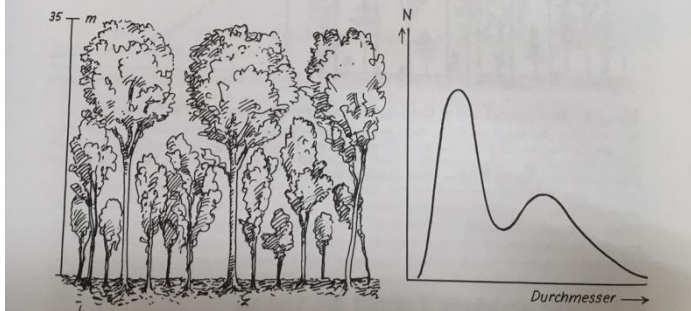
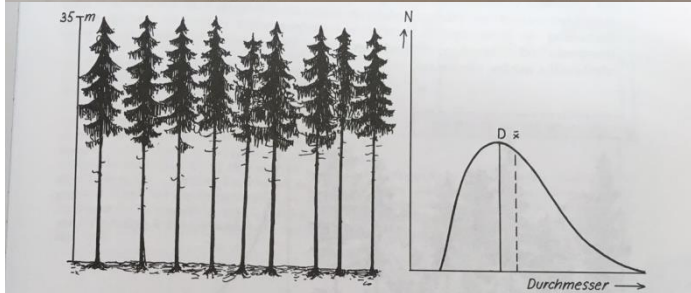
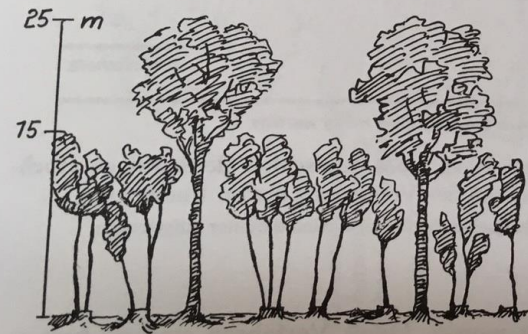
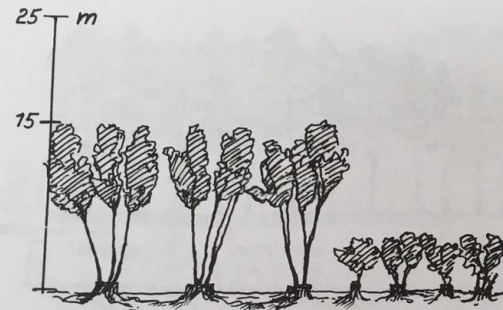
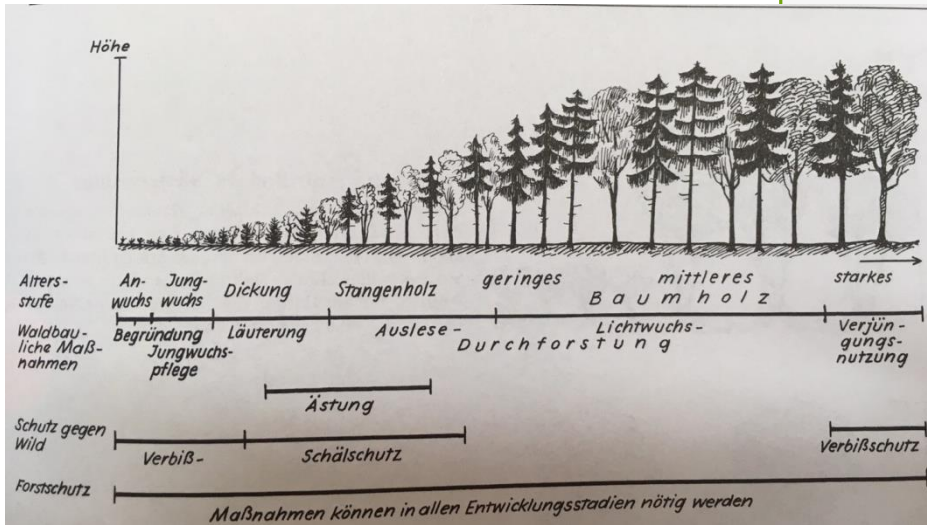


Abb. 4.6: Bestandesaufrisse und Durchmesserhäufigkeitsverteilungen von zwei Hochwaldbeständen.

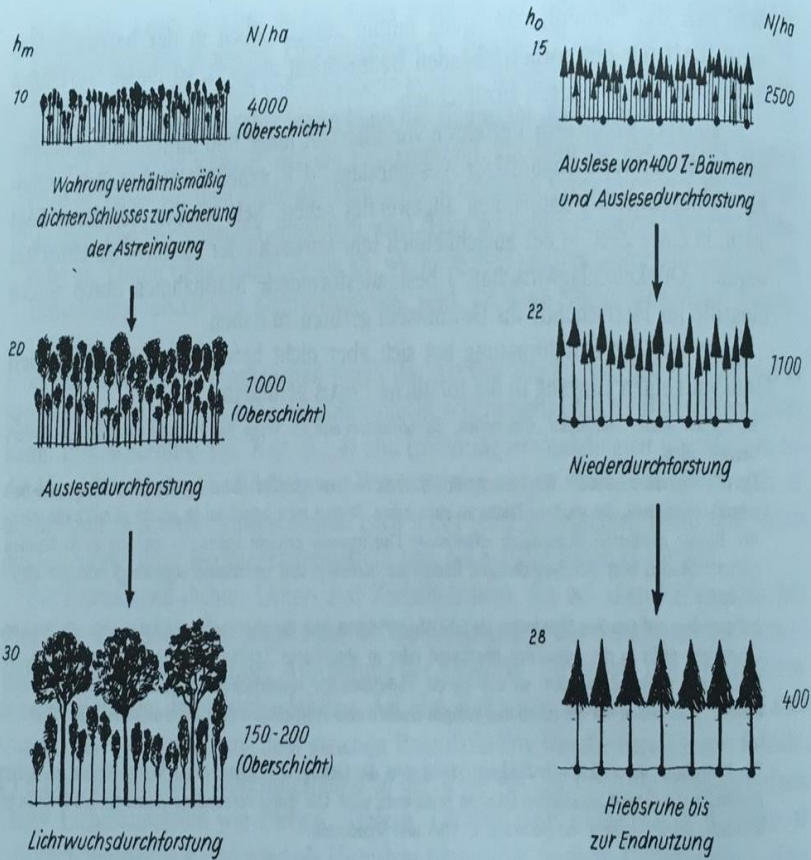


Abb. 8.10: Die Entwicklung eines hochdurchforsteten Buchenbestandes guter Ertragsklasse. Die angeführten Baumzahlen der Oberschicht können auch wenig höher oder deutlich niedriger liegen.

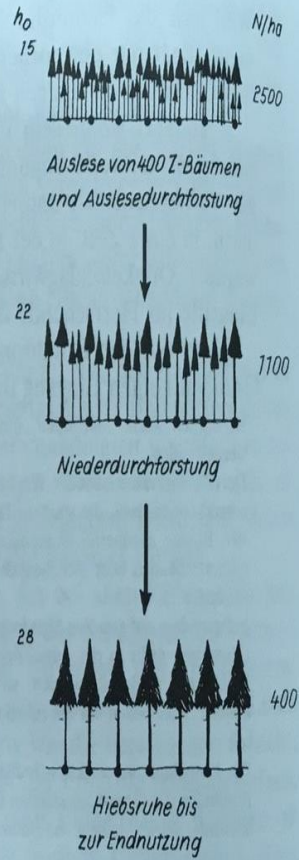


Abb. 8.11: Die Entwicklung eines Fichtenbestandes im Anhalt an das Auslese- und Lichtwuchsdurchforstungskonzept mit anschließender Hiebsruhe nach ABETZ.

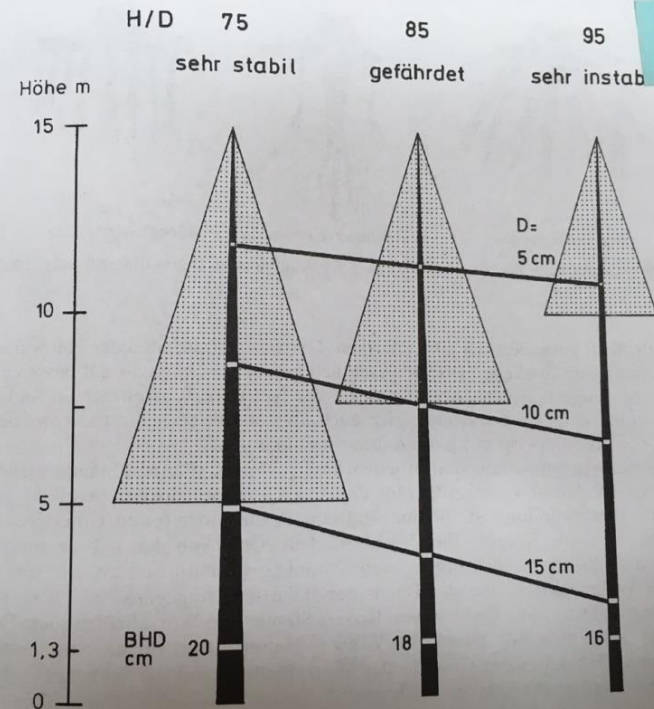


Abb. 5.28: Schneebruchgefährdung und Baumgestalt (n. JOHANN, 1981).

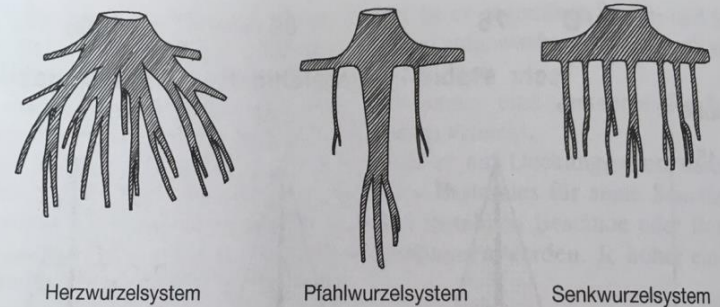


Abb. 5.29: Grundtypen der Stockbewurzelung bei Waldbäumen (nach BIBELRIETHER, 1966).

3. 森林與人類的關係，從刀耕火墾到保育利用。



4. 森林是(FAO)：高>5m或3m ,覆蓋率>10% ,>0.5ha
台灣： 覆蓋率>10%, >0.5ha,寬>50m(1995)

造林實作分享

- 克勞森Clawson謂：森林能為我們做些什麼？
(Forests for whom and for what)

今我們要問的是：我們又能為森林做什麼？

答案是：愛護森林、創造森林及管理森林
使其永續。

造林與營林

- 操作過程：1977年開始栽植木油桐、杉木、麻六甲合歡，造林之初**與薑農做勞力交換**，中耕培土做壟對林木初期生長極為有利，此乃作為Taungya System。計畫造林木為短伐期(10-20年)及中長伐期(30-50年)之樹種為主。可惜造林10年內因颱風與病蟲害全軍覆沒，至今已部分改植其他樹種。

○ 自然災害

1986

- 5~6年生杉木50%全倒、30%風折

1996

- 杉木再倒、台灣杉倒1/2、肖楠幼木、山櫻花、老梅樹(今已改為原生林區)
- 工寮屋頂板被掀開並吹走，故改為鍍鋅板以策安全

1999

- 921大地震工寮牆裂、農路及邊坡坍塌、樹倒，只能自力救濟

2001

- 納莉與桃芝颱風先後又摧殘不少立木

2004

- 敏督利颱風造成杉木、台灣杉、烏心石、檫木被砍倒甚至斷枝，農路中斷、產業道路不通

2013

- 蘇利颱風造成路邊巨木及山櫻花倒、全區之山黃麻巨木倒仆多株

○ 思維改變

天災不斷不能免，乃大大改變栽植鄉土樹種及少數觀賞木，即適地適木及林木的經濟與社會性。

從1995~1996開始種植：
木荷、杜英、香楠、賽楠、小葉木薑子、樟、楓香、欖木、烏心石、台灣杉、油杉、大葉山欖、大頭茶、竹柏等。
以點、群、團方式出現。

2000年開始加入綠化樹種：土肉桂、無患子、毛柿等

2011年開始種植光臘樹、楓香、青楓、樟樹、欖木、牛樟

2012年另加香杉、紅檜、黃杉、肖楠，另於原大樟樹下栽植咖啡適做混農林觀察。此外也造林沿步道邊栽植山櫻花、富士櫻、吉野櫻、霧社櫻等供作地景之用，至2015年止，每年平均新植約100~200株不等之幼苗，其中以欖木為大宗。

表11 造林樹種推薦與否

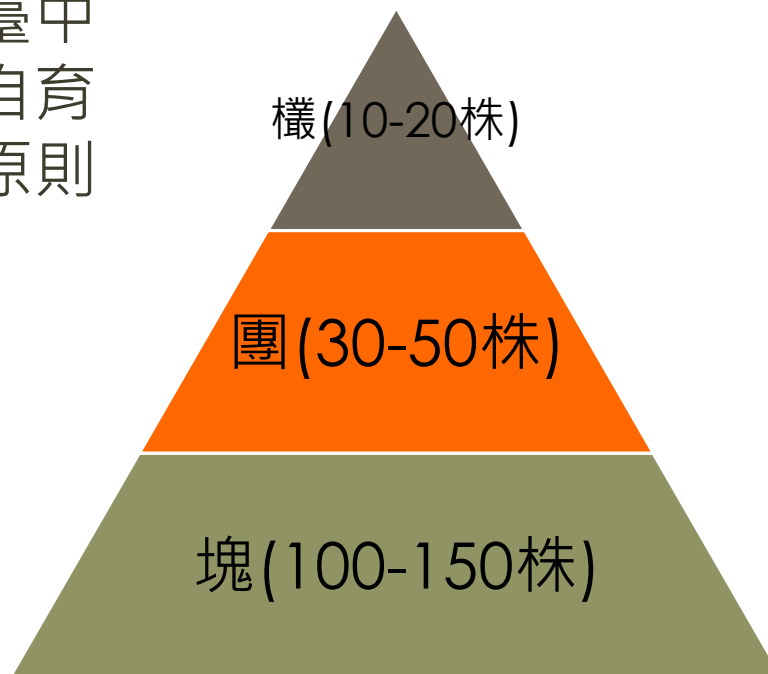
Table 11 Percent of recommended tree species for planting

推薦與否	種類
推薦比例 \geq 50%之樹種(72種)	大葉山欖、大葉桃花心木、小葉南洋杉、小葉桃花心木、山櫻花、木荷、木麻黃、牛樟、臺灣杉、臺灣肖楠、臺灣赤楊、臺灣紅榨槭、臺灣檫、臺灣欒樹、光蠟樹、印度紫檀、印度黃檀、杜英、廣葉杉、昆欄樹、青楓、柳杉、紅檜、苦楝、茄苳、香杉、烏心石、烏柏、無患子、黃連木、楓香、榕樹、銀杏、樟樹、羅漢松、鐵刀木、欖仁、九芎、二葉松、五葉松、山黃麻、白匏子、江某、竹柏、板栗、波羅蜜、油桐、油茶、泡桐、臺灣扁柏、柚木、紅豆杉、香椿、破布子、黃蘗、構樹、麵包樹、孟宗竹、長枝竹、桂竹、荊竹、籐篙竹、麻竹、綠竹、橄欖、龍眼、土肉桂、相思樹、紅楠、香楠、大葉楠、青剛櫟
推薦者比例 $<$ 50%之樹種(20種)	小葉欖仁、刺桐、肯氏南洋杉、阿勃勒、福木、臺灣雲杉、琉球松、馬尾松、馬拉巴栗、華山松、黃藤、黑板樹、漆樹、銀樺、濕地松、柿子、檬果、梅、李、荔枝
列入5類(肉桂類、楠木類、櫛欒類、相思樹類、桉樹類)樹種(20種)	山肉桂、蘭嶼肉桂、五掌楠、栓皮櫟、赤皮、長尾柯、鬼櫟、狹葉櫟、白背櫟、小西氏石櫟、三斗石櫟、印度苦櫛、卡氏櫛、直幹相思樹、耳莢相思樹、檸檬桉、大葉桉、赤桉、玫瑰桉、彩虹桉
新推薦樹種(51種)	香桂、大頭茶、黃杞、臺灣雅楠、山毛櫟、黃土樹、田代氏石斑木、厚皮香、烏皮茶、木荷、森氏紅淡比、細葉山茶、綠樟、墨點櫻桃、厚殼桂、鹿皮斑木薑子、山胡椒、水黃皮、白水木、黃槿、白千層、樟葉槭、三角楓、臺灣赤楠、蘋婆、百日青、樹葡萄、梭羅木、十大功勞、玉山假沙梨、厚葉鈴木、森氏杜鵑、馬醉木、羅氏鹽膚木、澳洲茶樹、榔榆、墨水樹、槲樹、草海桐、毛柿、柳桉、象牙木、胡桃、楊梅、七里香、食茱萸、沉香、釣樟、柚子、芭樂、梨(未嫁接)

◎ 造林配置

配合機械割草或維持體力，孔隙以大苗栽植優先，插噴漆竹片，原則70%出栽、30%留床供補植。

所有苗木皆來自林業試驗所、林務局、臺大實驗林、興大實驗、臺中縣政府、興大森林系極少部分自育苗木。多年均遵循生態育林的原則來逐步完成育林。



○ 風險

1. 1978~1996年共使用4部割草機、1997~2015年共使用8部割草機(排氣量>40cc較理想)、4部鏈鋸(導板16"~18")及1部電鋸，另外備有圓盤鋸、砂輪、砂光機、電鑽、金屬切割刀、鋼索絞及其他必要的農用工具。40年前後遭遇4次小偷光顧，損失不貲，如今已改變策略。
2. 山上之風險有自然性、經濟性和政策性的！
怎麼辦？

○ 社區義務

1. 淺山區四周均為農地或農牧用地且都為果園，農路多，分擔工程維護，婚喪喜慶在所難免
2. 部分地點已成休閒農業，居民外地客進出容易，尤其當下許多都市退休族加入，不斷投資改善硬體對交通等方便不少，但在此同時，森林之勞務供應在預見的將來更為嚴謹，也配合**社區林業**推行或**里山倡議**之導入。

造林與營林

○ 幾個小數據

1. 目前每年出勤平均約100次
2. 其中50~70次割草
3. 10~15次維護農路250m+林間連絡道1200m
4. 其他用在撫育包括倒木處理，水土保持及工寮雜務

結論

- 造林固碳是長期的大方向，個人僅能盡小螺絲釘的力量去做，也期望大眾有機會有能力時能盡一己之力來完成。但對個人而言，造林是一種耗時耗工的工作，它需要恆心，也需要耐心，認真做你就能夠放心。

感謝聆聽~

