



山區復育造林對森林生長量與碳吸存量之影響



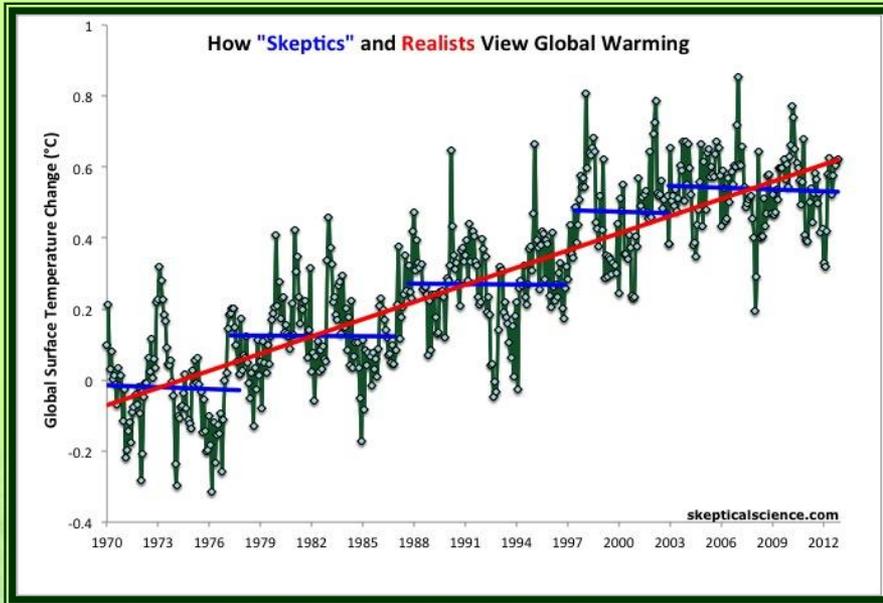
梁治文 王亞男 王介鼎*

國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處



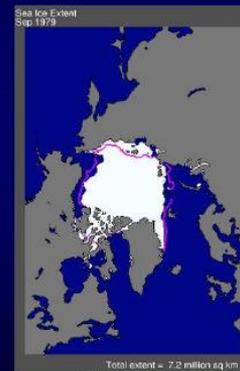


造林抗暖

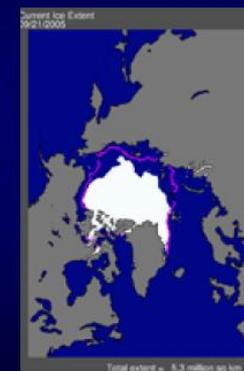


Extension of the Arctic ice cap

September 1979



September 2005



September 2007



The pink line indicates the average ice cap extension since 1979

- ◆ 森林是陸域上主要的生態系統，其藉由植物進行光合作用吸收二氧化碳，並將之轉化為有機碳貯存於植物體中暨成生物量(biomass)，據估計約有三分之二的陸地碳貯存量，儲存在森林生態系統內。



造林抗暖

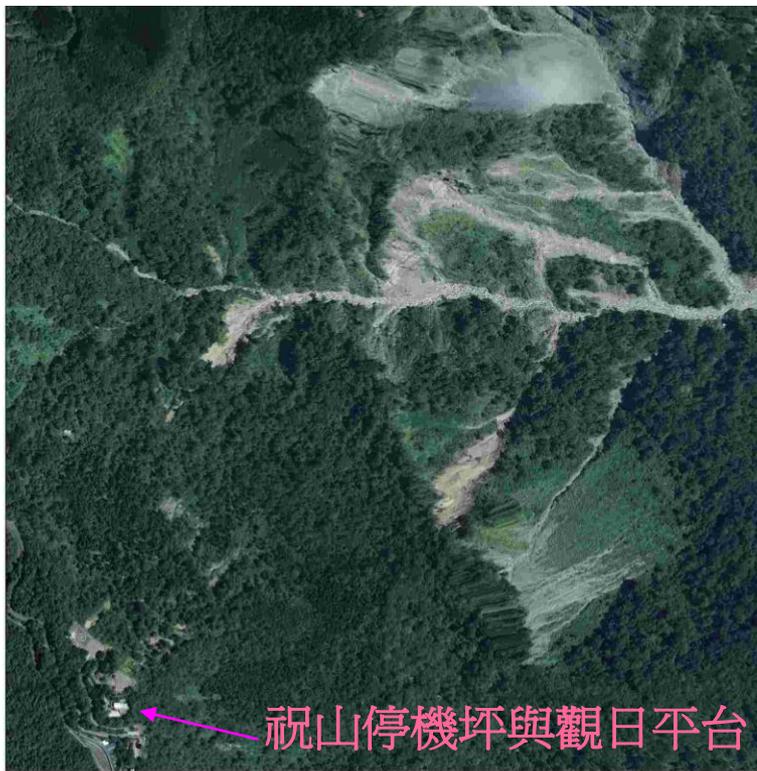


- ◆ 全球面臨溫室效應及氣候變遷的危機中，森林資源扮演著二氧化碳儲存及吸收的重要角色。
- ◆ 森林生長旺盛或藉由增加栽種人工林面積，可增加大氣中二氧化碳量的吸收，對於溫室氣體的減量貢獻增大。

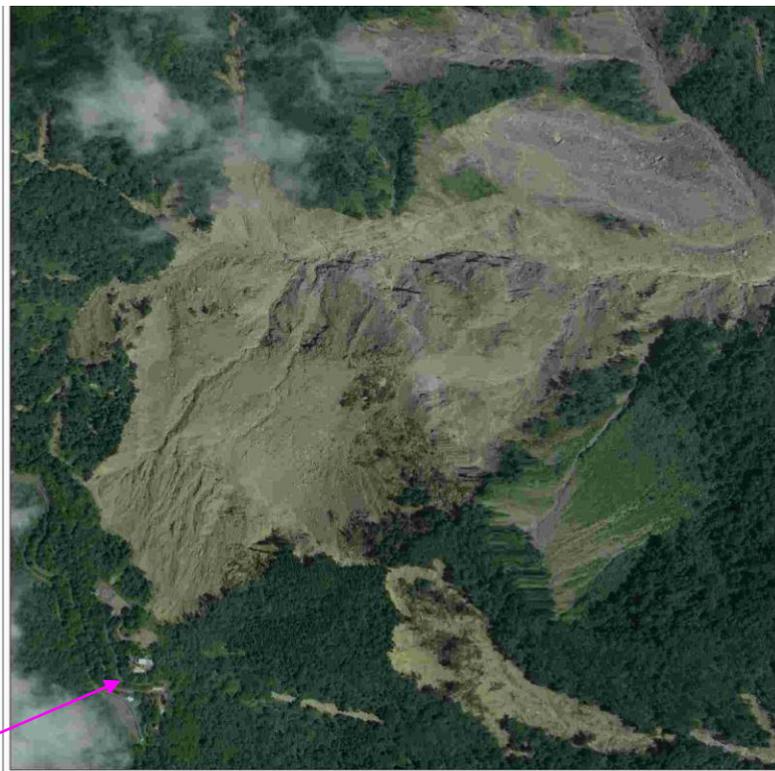


造林防災

- ◆ 臺灣位處太平洋邊緣，地震及颱風天然災害發生頻繁，近年來全球氣候變遷日益顯著，颱風強度增強，豪大雨造成之威脅增加，發生大規模的洪水及土石流，侵襲鄰近的聚落及產業。



拍攝日期:97.8.26



拍攝日期:98.9.1



造林防災

霍薩溪大型崩塌地



崩塌面積約64公頃，崩塌土石方約128萬立方公尺



造林防災



- ◆ 面對全球氣候的異常變化詭譎難測，日益耗損與脆弱的環境生態及民眾安全居住環境的渴望，降低人為開發自然環境是降低災害損失唯一的路，人類在山區的活動應再重加審視，尤其是環境較為敏感或易發生災害危險地區的開發行為，應嚴加管理。



造林防災



- ◆ 2006年間核定「國土復育策略方案暨行動計畫」，確立高、中、低海拔之山區，分別採以禁止開發、保育為主及永續發展之經營策略，並以出租土地依法辦理補償並終止租約作為配套措施，將林地藉此政策之推動，收回由國家復育造林，企望遏止土地超限利用的問題，讓農業退回海拔500公尺以下的平地。



造林防災

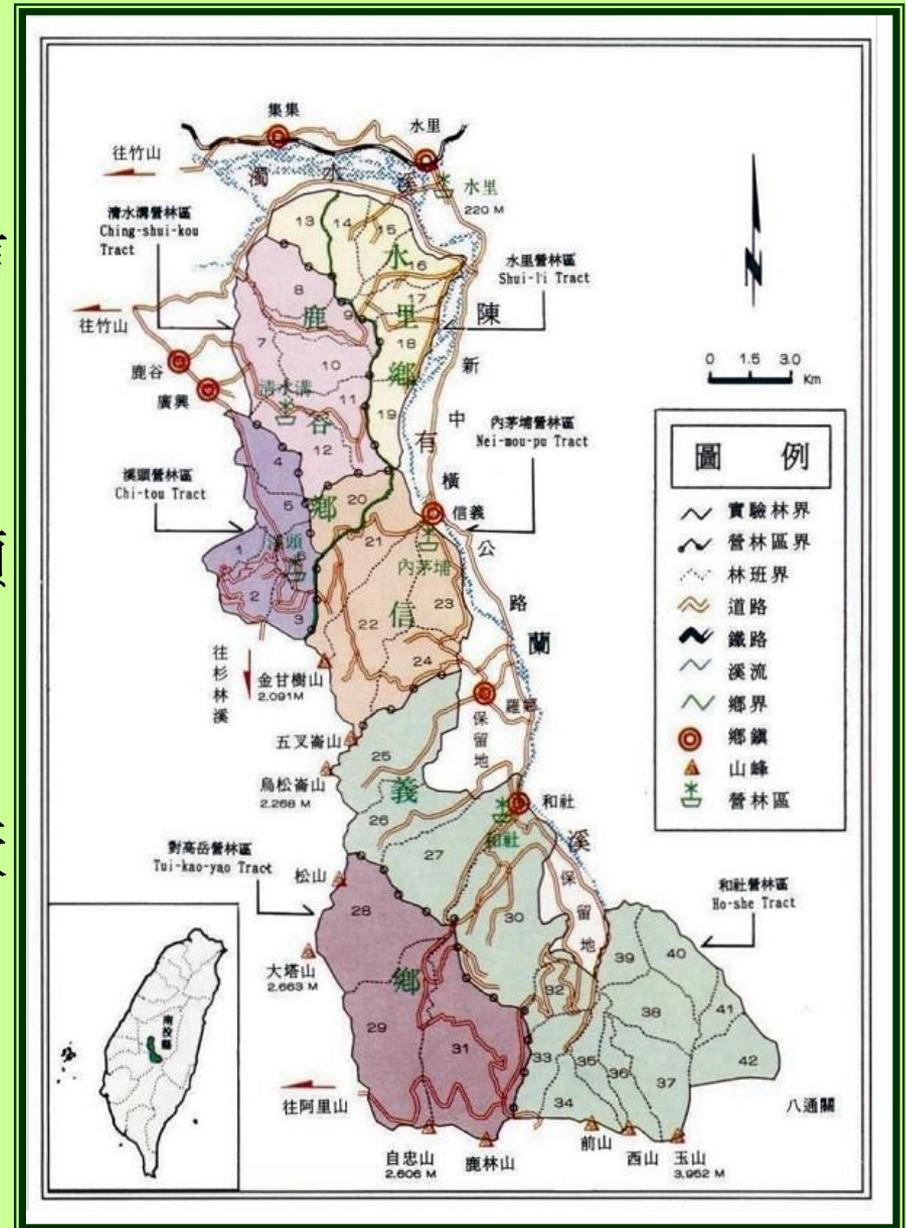


- ◆ 收回之林地經復育造林，所產生之價值除減緩林地劣化情形擴大、改善生態環境、增加二氧化碳之吸存、水源涵養、國土保安及保護野生動物之棲息地外，對於穩定微氣候環境有多元化的貢獻。
- ◆ 臺大實驗林收回原本栽植竹、茶、檳榔、果樹及蔬菜等之契約林地及濫墾地，移除原本的經濟作物後，混合栽植原生樹種為主之多樣樹種，進行山地植群復育，共收回1,755公頃林地，復育造林計近1,000公頃。



轄區位置

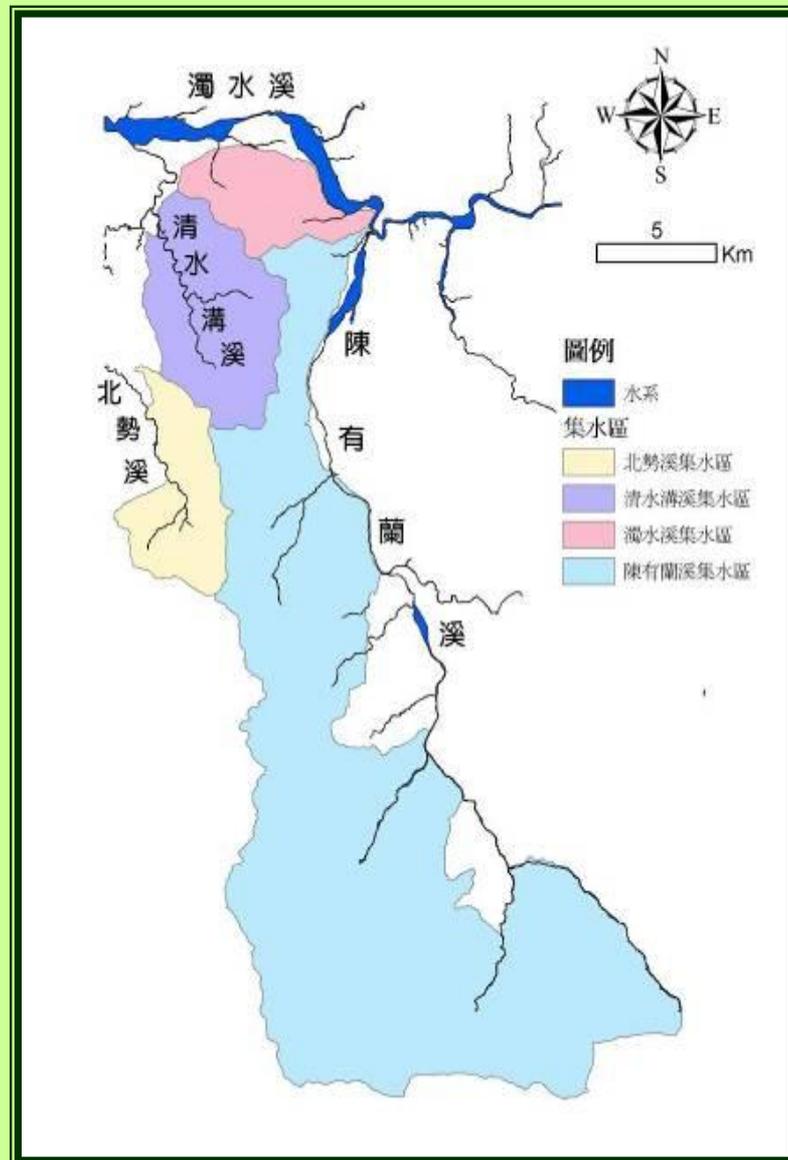
- 位居台灣中部，跨南投縣信義、水里、鹿谷三鄉。
- 面積總計為32,785公頃。
- 劃分為42個林班，分屬溪頭、清水溝、水里、內茅埔、和社及對高岳等營林區。
- 於水里設木材利用實習工廠





重要河川及集水區

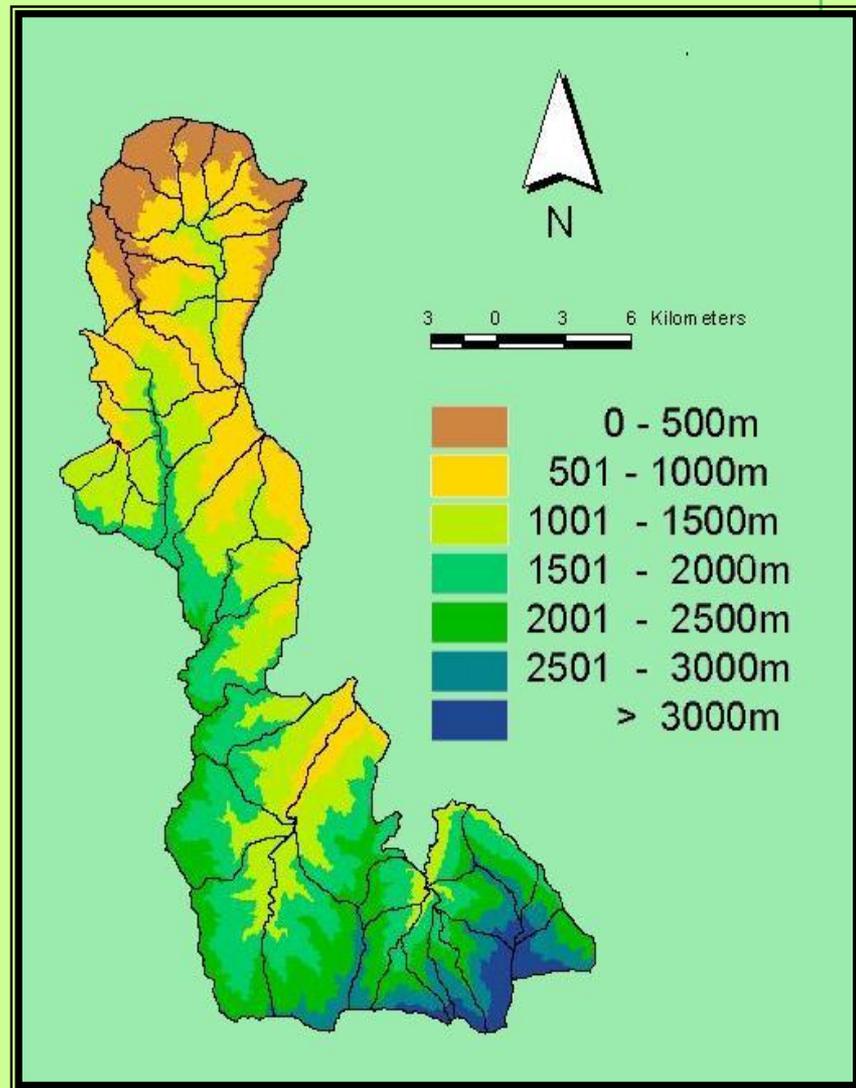
- 北勢溪集水區：面積約 2,349公頃，包括溪頭營林區1~6林班。
- 清水溝溪集水區：面積約 3,895公頃，包括清水溝營林區 7~12林班大部份及水里營林區13林班一部份。
- 濁水溪集水區：面積約 1,823公頃，包括水里營林區13~16林班大部份。
- 陳有蘭溪集水區：面積約18,816公頃，包括清水溝營林區11、12林班一部份，水里營林區17~19林班及內茅埔營林區20~24林班，和社營林區25~27、30、32~42林班，對高岳林區28、29、31林班。





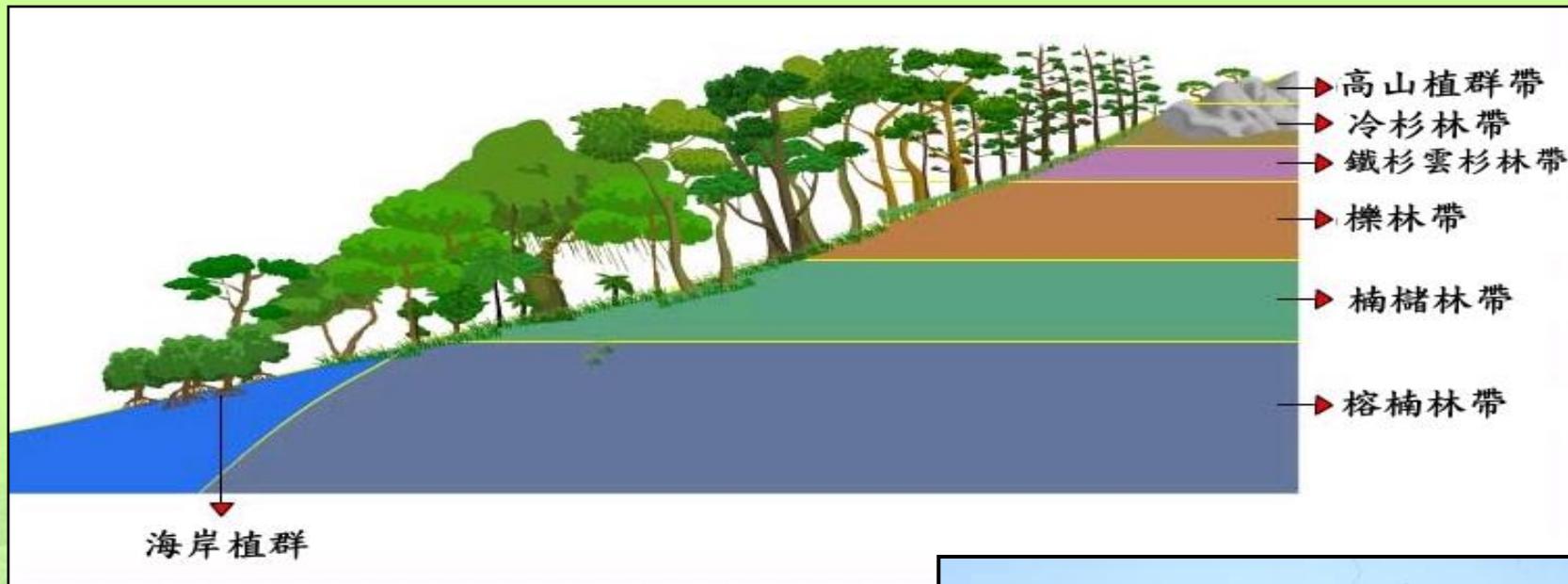
海拔分佈

高程(m)	面積比(%)
0-500	7.8%
500-1000	21.4%
1000-1500	25.9%
1500-2000	22.0%
2000-2500	14.3%
2500-3000	5.9%
3000-3500	2.3%
3500-4000	0.4%





林型



- ① 地勢高低差達 3,732 m。氣候帶之分佈形成轄區內蘊含豐富的動、植物、自然教材與景觀等資源，含有熱、暖、溫、寒四帶不同垂直森林植物帶景觀

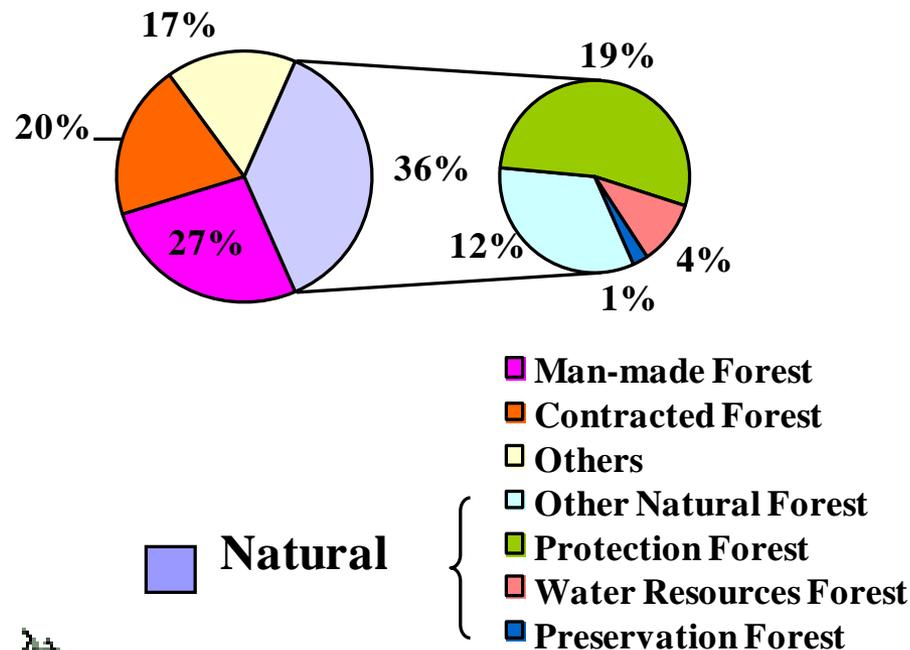




土地利用現況



Land Utilization Types of the Experimental Forest



天然林	12,057
保安林	6,449
水源涵養林	1,307
保護林	310
人工林	8,796
契約林	6,459
其他	5,472
合計 (ha)	32,785

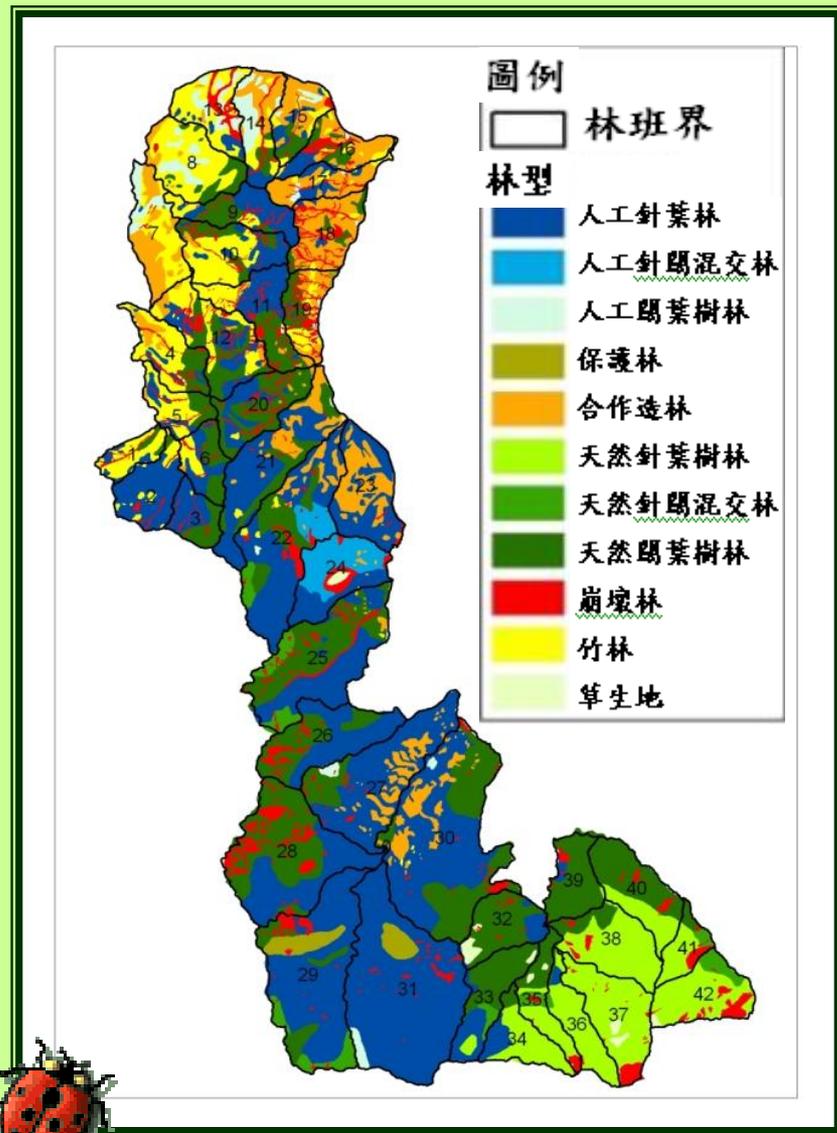




實驗林森林覆蓋率

森林種類	面積(公頃)	百分比(%)
森林地	25,627.02	78.17
針葉樹林	6,682.66	20.38
針闊混淆林	8,292.30	25.29
闊葉樹林	8,473.36	25.87
竹林	2,173.70	6.63
非森林地	7156.14	21.83
合計	32,783.13	100.00

● 本處土地利用型圖(2007)的森林地面積約為25,627公頃，森林覆蓋率約為78%，顯見長期造林與天然林護管之成效。





人工林之建造





人工林造林成果



1910年溪頭營林區之柳杉西川生長量試驗地



人工林造林成果



1921年建造之溪頭銀杏林溪頭銀杏林



人工林造林成果



神木林道 葉永廉 攝

1921年建造之溪頭紅檜造林地



人工林造林

- 轄區內現有人工林面積為11,813.67公頃，總蓄積量約為962,345立方公尺，樹種多達40餘種。
- 本處造林業務最盛時期多集中在1955~1975年代，即現為36~55年生之齡級，面積達6,534公頃（58.66%），超過歷年總造林面積之一半。
- 6~25年生之林分所佔比率較低，顯示近20年來每年平均造林面積均低，主因伐木作業幾近停止，造林地之來源多為崩塌地或前期造林失敗地改植。
- 近4年來因國土保育計畫之進行，2009年造林119.24公頃，2010年造林506.13公頃，2011年造林282.29公頃，2012年預計造林面積為200公頃。



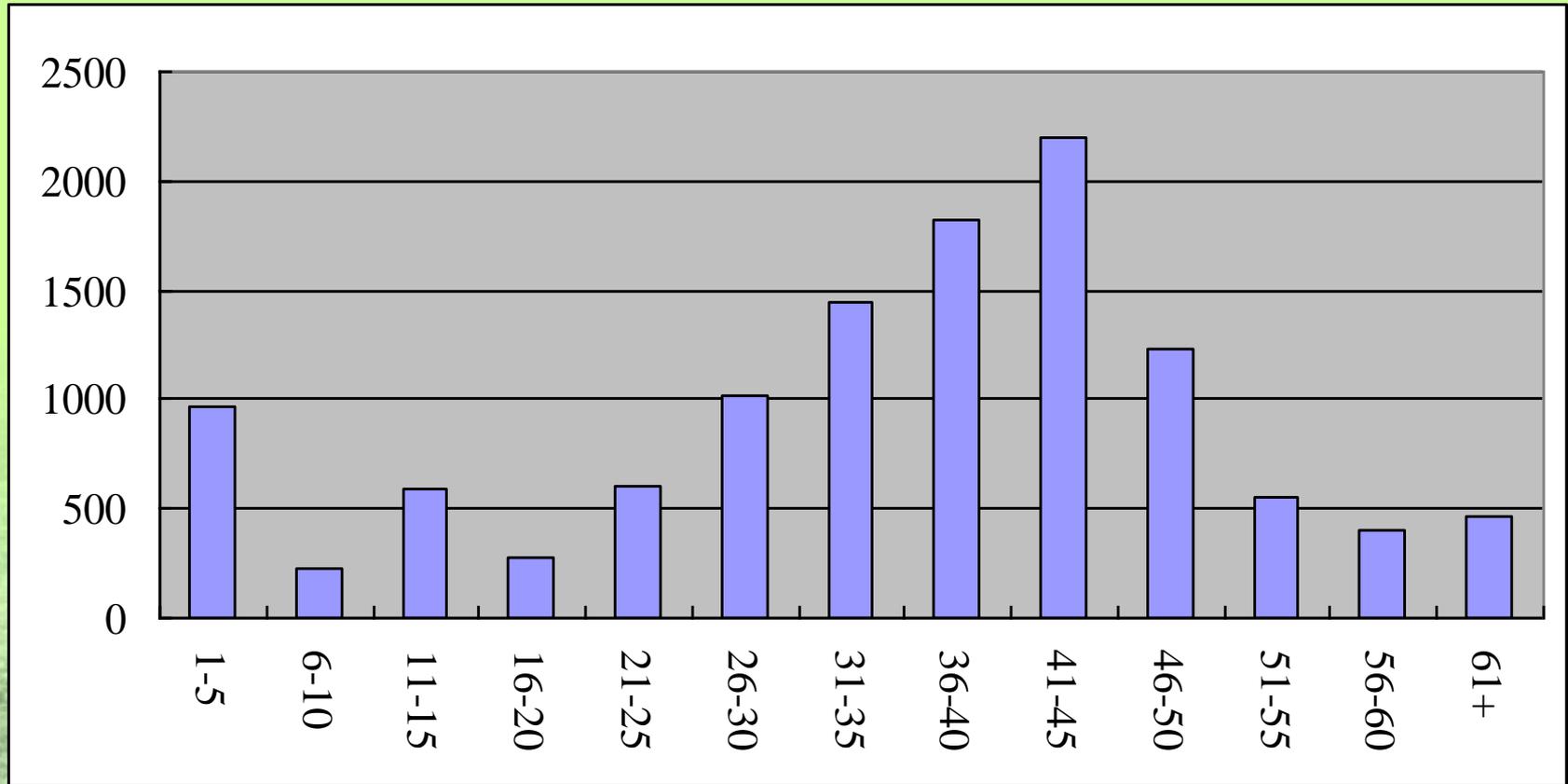
臺大實驗林人工林齡別造林面積

齡級	面積(ha)	百分比(%)
1-5	971.04	8.22
6-10	227.85	1.93
11-15	595.1	5.04
16-20	272.1	2.3
21-25	597.97	5.06
26-30	1016.71	8.61
31-35	1449.62	12.27
36-40	1818.67	15.39
41-45	2203.65	18.65
46-50	1236.68	10.47
51-55	556.68	4.71
56-60	396.84	3.36
61+	470.73	3.98
合計	11813.64	100

註：歷年造林面積僅統計各年度造林之面積，其實不同於現存造林地面積，概因各號造林地日久遭壅植、崩塌或淪於失敗改植。



臺大實驗林人工林林齡別造林面積



註：歷年造林面積僅統計各年度造林之面積，其實不等同於現存造林地面積，概因各號造林地日久遭墾植、崩塌或淪於失敗改植。

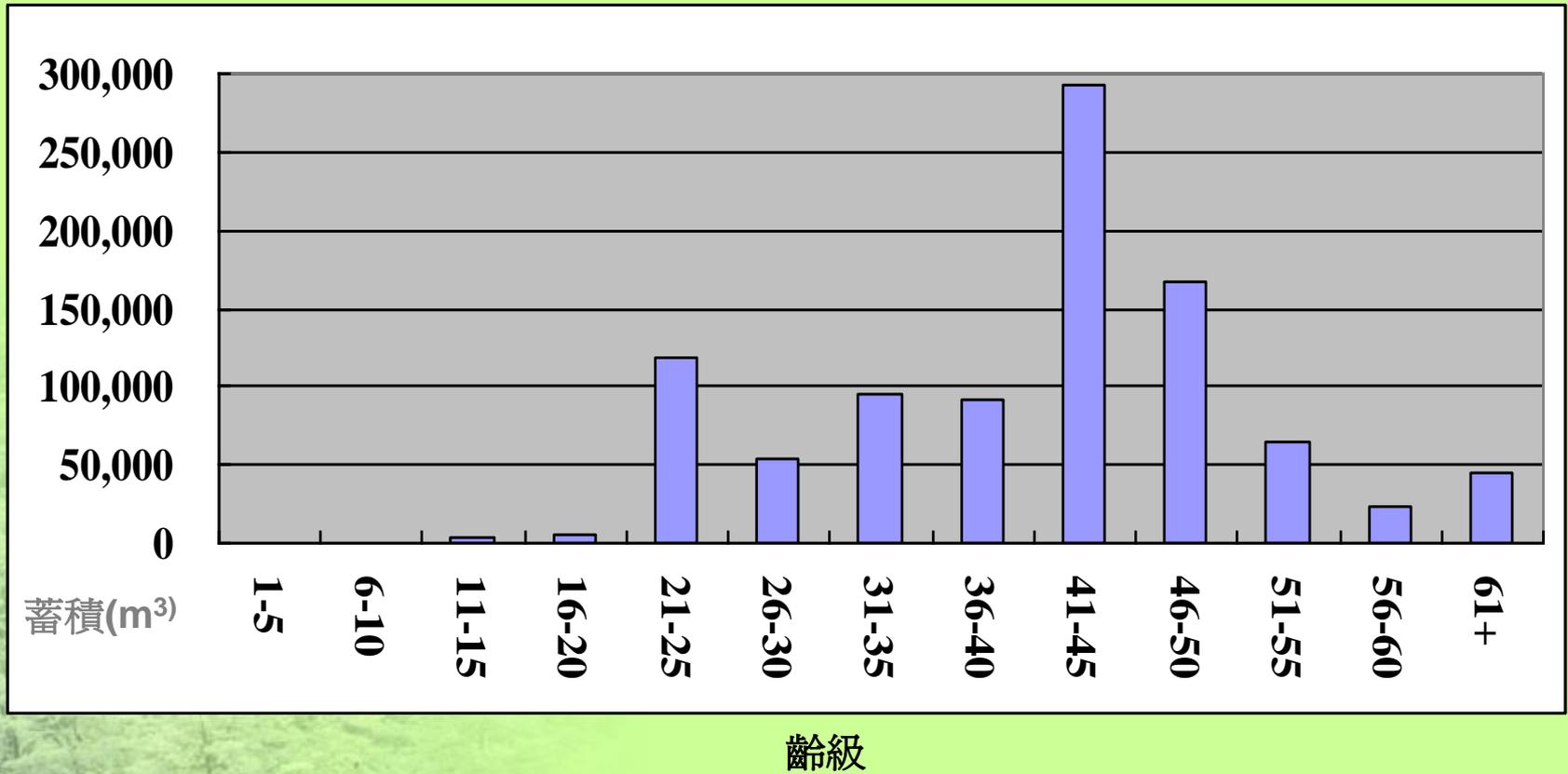


臺大實驗林人工林生長量統計表

齡級	蓄積(m ³)	百分比(%)	每公頃蓄積(m ³ /ha)
1-5	791	0.08%	0.81
6-10	845	0.09%	3.71
11-15	3,114	0.32%	5.23
16-20	5,180	0.54%	19.04
21-25	118,586	12.32%	198.31
26-30	53,195	5.53%	52.32
31-35	95,644	9.94%	65.98
36-40	91,561	9.51%	50.35
41-45	293,238	30.47%	133.07
46-50	166,336	17.28%	134.50
51-55	65,159	6.77%	117.05
56-60	23,748	2.47%	59.84
61+	44,946	4.67%	95.48
合計	962,345	100.00%	



臺大實驗林人工林生長量統計表



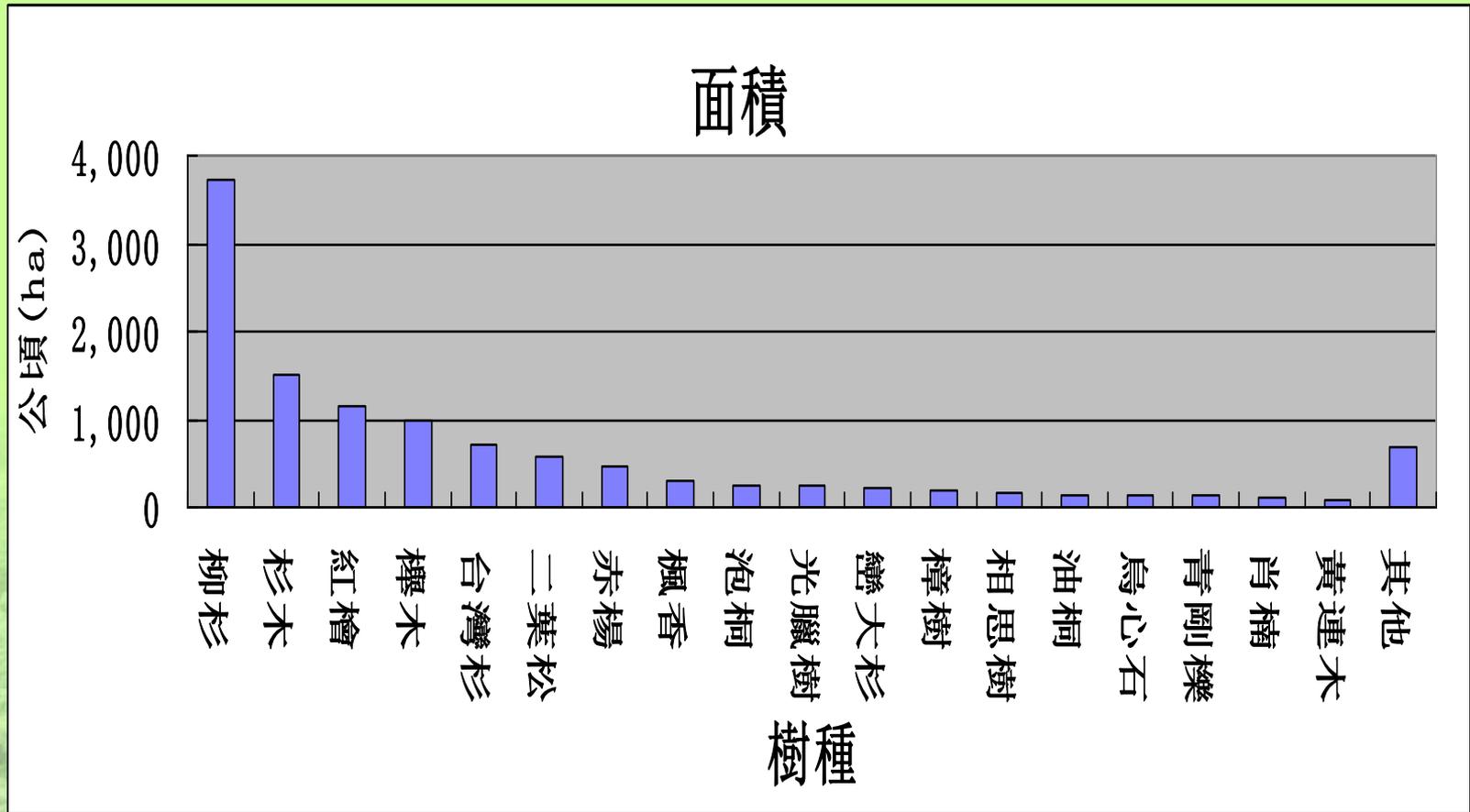


造林樹種之變化

- 早期進行林木生產，其中以和社**2,977公頃**最多，與對高岳（**2,573公頃**）、內茅埔（**2,431公頃**）為林木生產中心，造林地多以伐木跡地為主，**1970年**以前造林樹種以**柳杉、杉木**為大宗，兩者合計約佔總造林面積之**70%**，其次為**臺灣杉、紅檜**。
- **1985年**以後，針葉樹除**台灣杉、紅檜**外，造林樹種幾乎以**原生闊葉樹**為主，如**欖木、赤楊、樟樹、鐵刀木、黃連木、青楓、楓香**等；亦曾小面積試植**桃花心木、黑板樹、麻六甲合歡、江某、香椿**等速生樹種。
- **1999年**九二一地震及其後各重大風災，造成**1,000餘公頃**林地崩坍。本處在打樁邊柵後，採用人工栽植或人工點播方式造林，所種植樹種以**赤楊、臺灣欖、苦楝、光臘樹**等現地樹種為主。



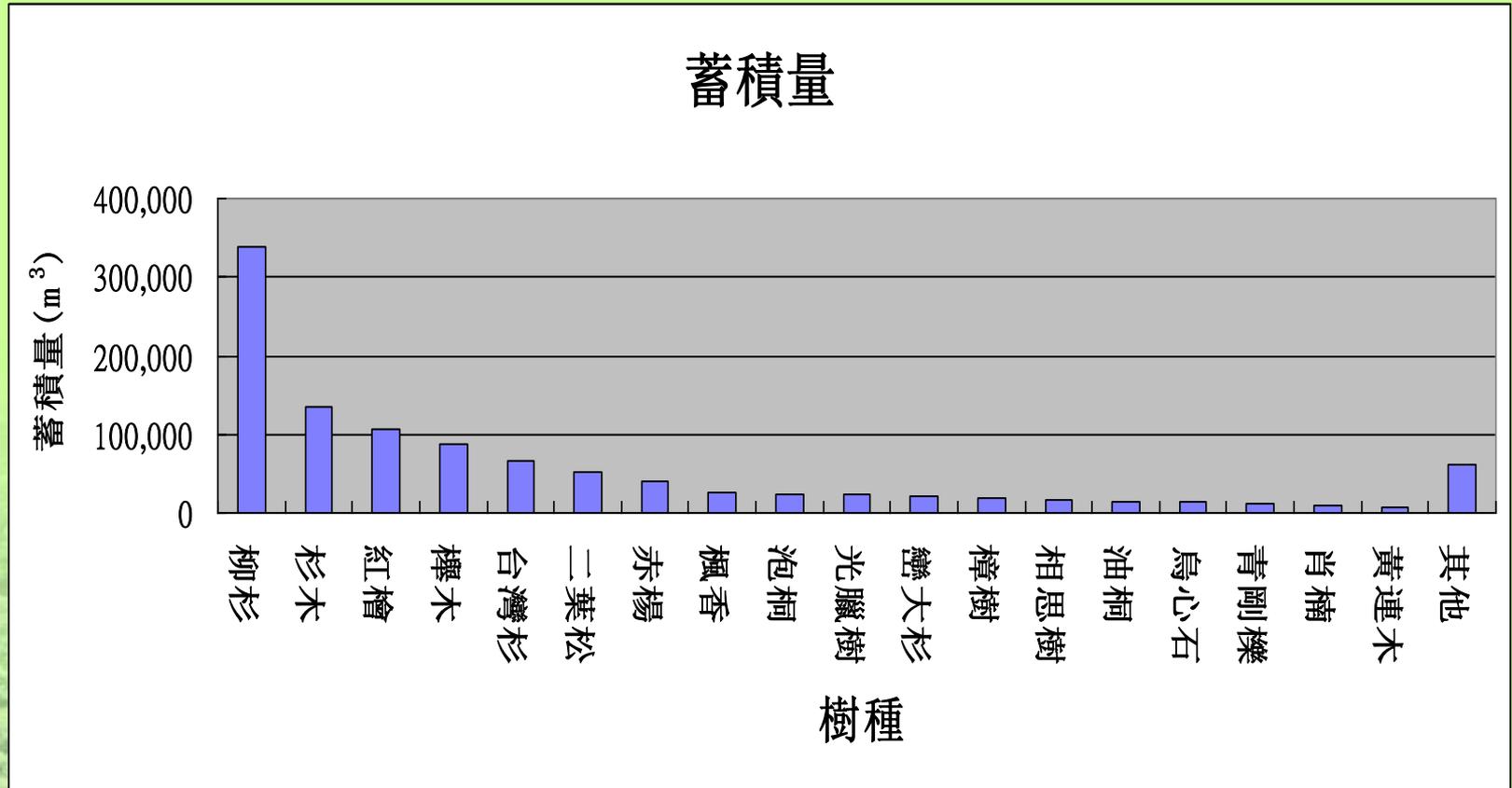
歷年造林樹種統計



✓ 臺大實驗林主要造林樹種為柳杉及杉木，兩者合計約佔總造林面積之22.12%



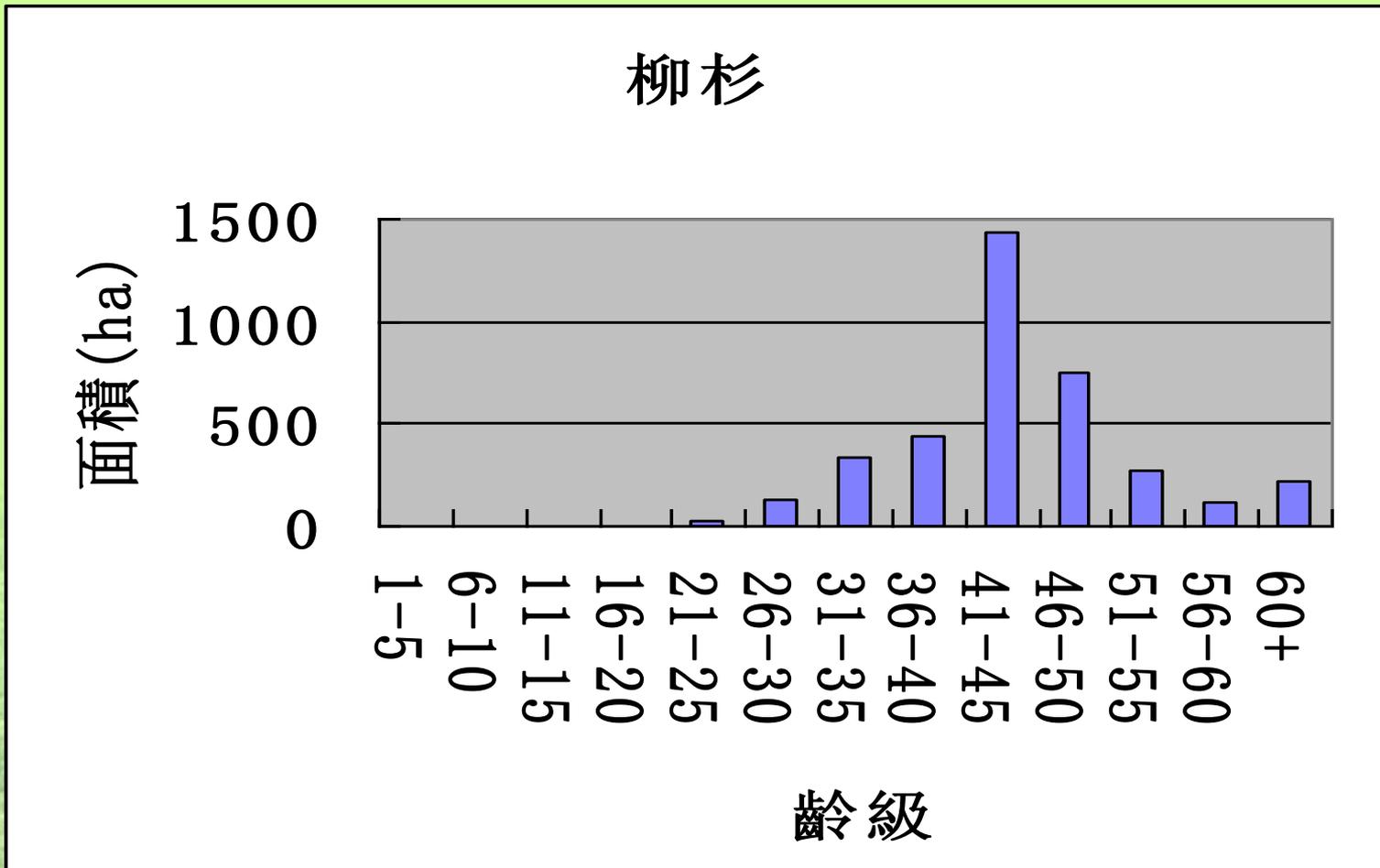
歷年造林樹種統計



✓蓄積量約474,732.93m³



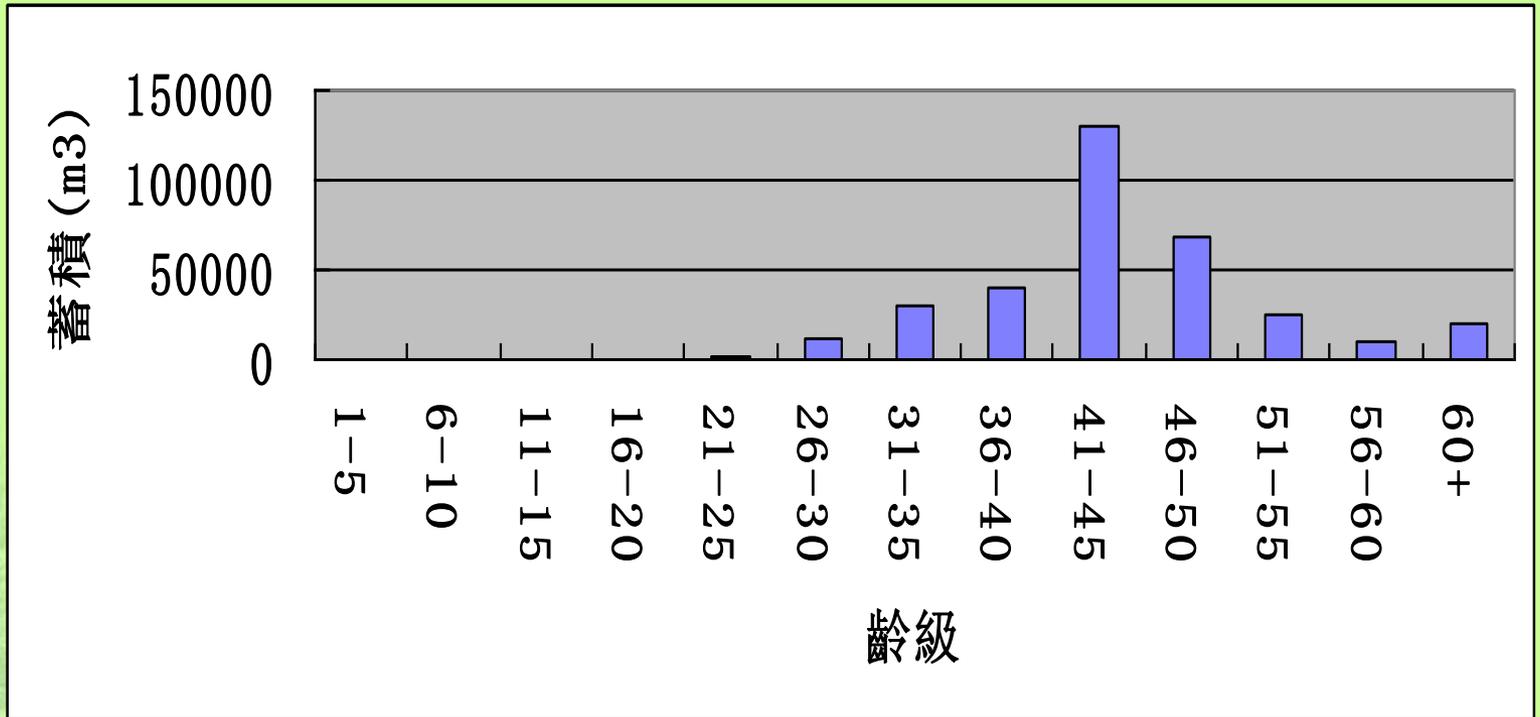
柳杉歷年造林木齡級分布



柳杉造林面積共計3,734公頃，以41-45齡級最多達1,438公頃



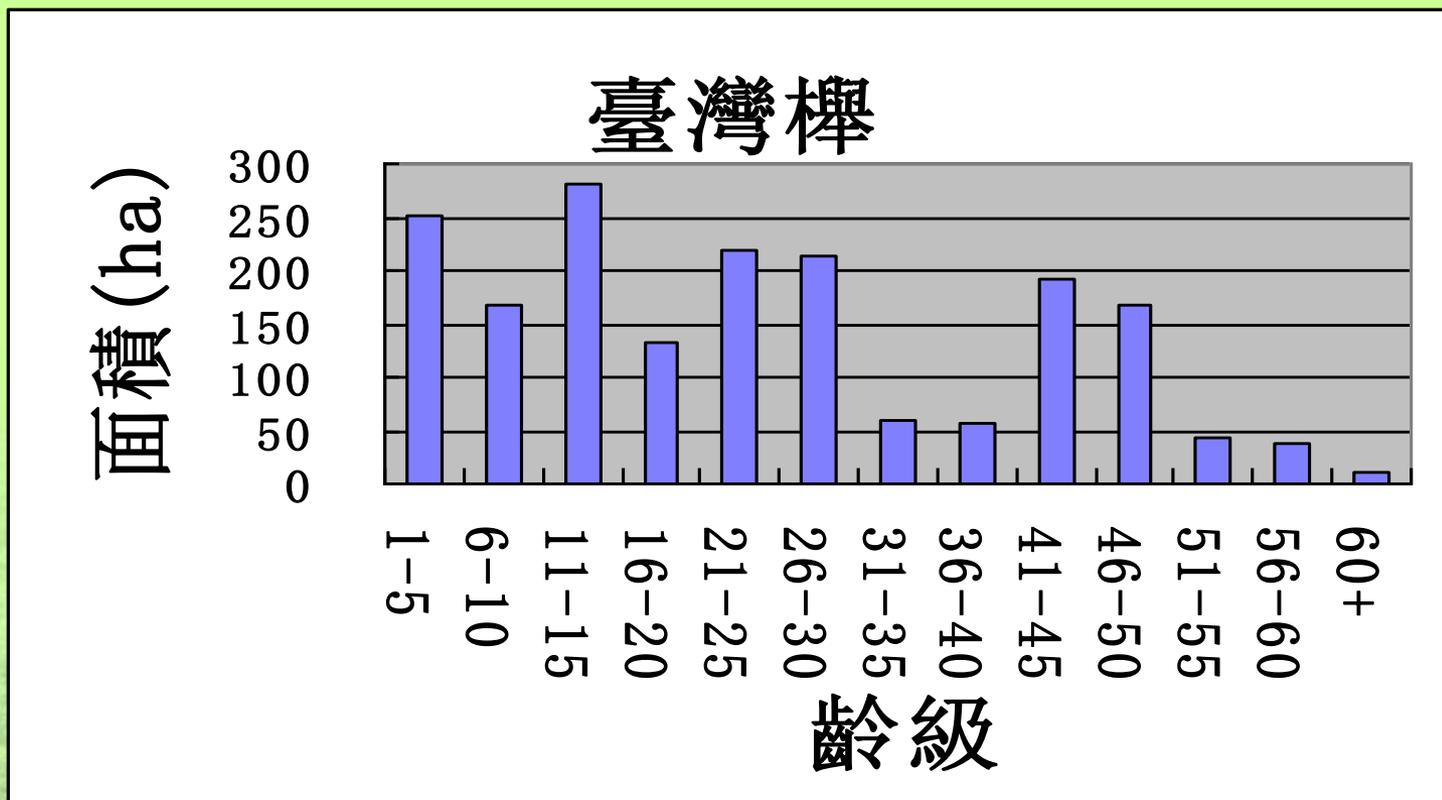
柳杉歷年造林木蓄積分布



柳杉林蓄積達339,077 M³，以41-45齡級最多達130,659 M³



臺灣檫歷年造林木齡級分布



臺灣檫造林面積共計1,833公頃，以11-15齡級最多達282公頃



國土保育計畫造林面積

年度	溪頭	清水溝	水里	內茅埔	和社	對高岳	合計
2009	6.10	27.34	48.11	23.76	11.08	0.00	116.39
2010	29.28	196.38	135.54	68.73	69.93	5.65	505.51
2011	27.61	85.05	39.39	81.78	36.44	12.02	282..29
總計	62.99	308.77	223.04	174.27	117.45	17.67	904.19

清水溝營林區10林班
契約林地交還
地上物現況：黃連木



清水溝營林區12林班
濫墾地收回
地上物現況：孟宗竹林



對高岳營林區29林班
濫墾地收回新植造林
地上物現況：青剛櫟





企業及個人認養造林面積

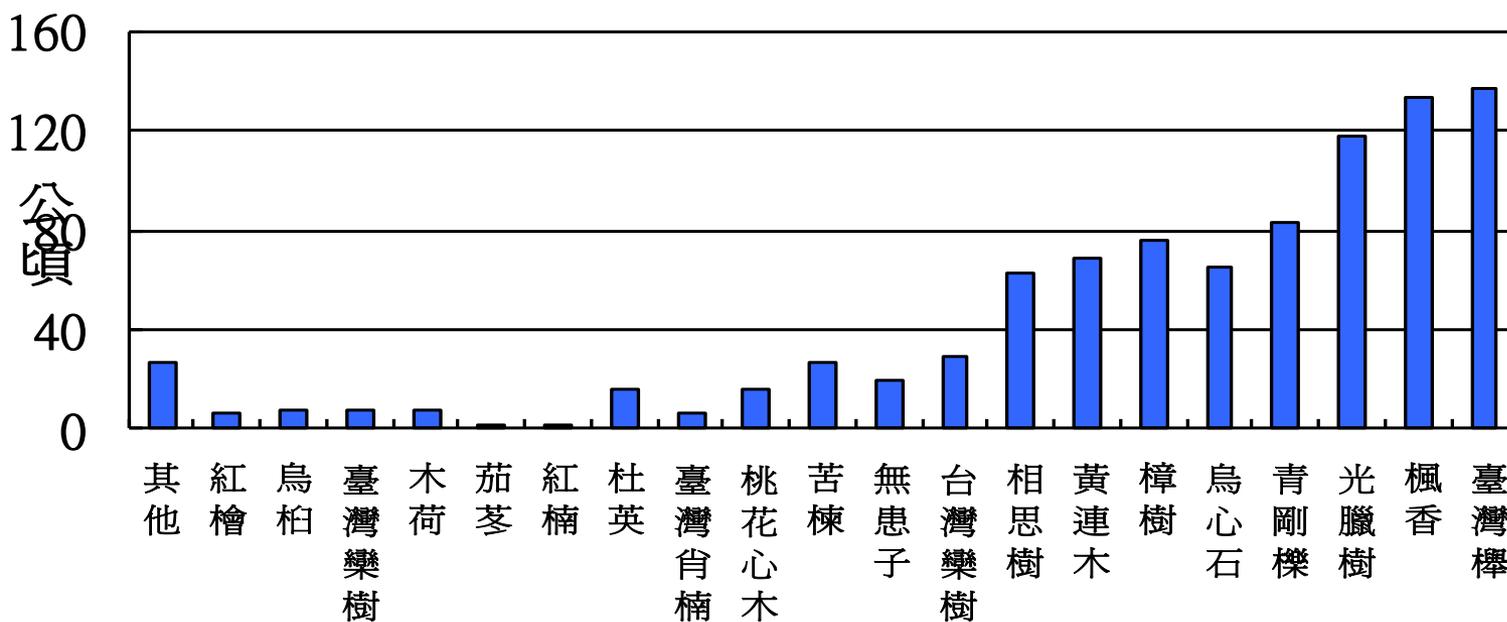
- 爲了減緩地球暖化，聯合國環境署於2007年開始進行「種十億棵樹保護地球」活動，藉由樹木碳匯功能，將二氧化碳封存，該計畫受到各國重視並實際參與，此植樹造林成爲全球對抗氣候變遷的重要運動。
- 臺大實驗林及環境品質文教基金會推動第一批植樹造林固碳活動，以企業或個人以自願認養種樹造林，以碳抵償方式達成溫室氣體減量目標。本活動成果在聯合國環境署網頁登錄註冊，與國際植樹保護氣候行動同步。
- 2008年臺大實驗林規劃回收墾地30公頃栽植紀念林認養樹木共41,520株。至2013年企業認養造林已達52公頃，栽植林木72341株，認養金額已有5000萬元。





近年造林樹種統計圖

2009-2011年新植各樹種栽植面積圖



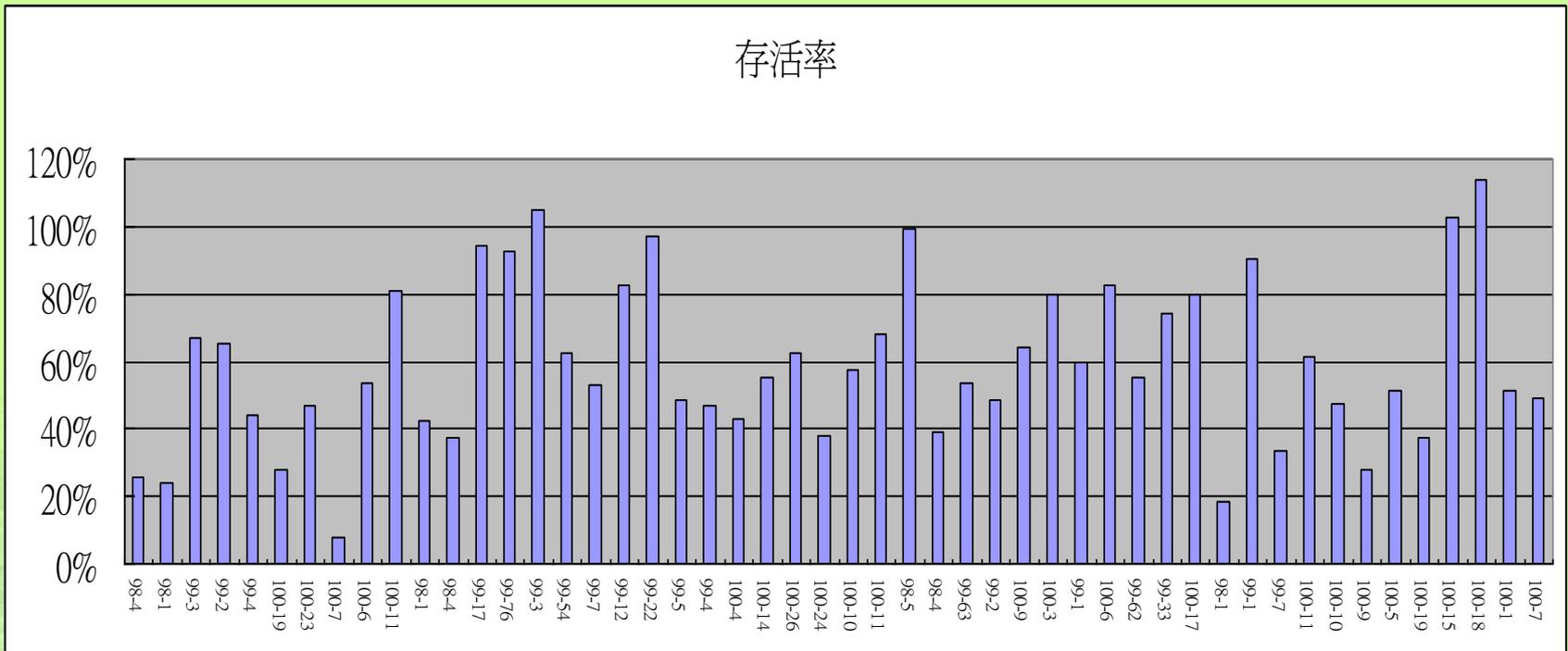


試驗材料

- 以2009年至2011年台大實驗林造林地為試驗區，以面積範圍最大的台灣欒(12.29%)、楓香(11.87%)、光蠟樹(10.86%)、青剛櫟(8.76%)、烏心石(7.77%)等五種樹種造林地為主要調查對象，其面積佔468.99公頃，為全部造林地面積之52%。
- 本研究針對近年之新植造林地進行林木生長之調查，共計完成50個造林地，172個樣區調查，7470株林木。



造林木存活率



- 各樣區苗木存活率依立地條件不同變異大，範圍從100%至4%皆有，平均存活率為59%



復育造林地樣區林木生長情形

林木生長情形	2009年	2010年	2011年
造林面積(ha)	116.39	505.51	282.29
平均存活率(%)	36%	68%	59%
平均樹高(cm)	214.9	139.2	116.7
平均基徑(mm)	31.4	14.3	10.9
每公頃碳含量(Kg/ha)	170.7	43.3	18.3
每公頃吸收二氧化碳量(Kg/ha)	626.0	158.9	67.1
二氧化碳總吸收量(公噸)	72.9	80.3	18.9



主要造林樹種生長狀況

樹種	欖木	光臘樹	楓香	烏心石	青剛櫟
株數	1440	1647	923	892	1374
平均樹高(cm)	139.60	121.64	136.34	185.61	142.67
平均基徑(mm)	11.67	12.82	14.32	23.03	13.10



樹的價值有多少---以光臘樹為例

樹計算器
Tree Calculator

您所設定的數值：

● 樹所在的縣市與行政區為	
● 樹所在的位置是	
● 樹種	光臘樹
● 樹齡	10年以下
● 枝葉生長狀況	枝葉繁茂
● 種植地面積是否足夠	是
● 樹高 (H)	1.2公尺
● 胸徑	1.2公分
● 冠幅徑 (CW)	0.5公尺

計算

[▲ 返回](#)

環境品質文教基金會
Environmental Quality Protection Foundation



樹的價值有多少---以光臘樹為例



直接價值 - 1.1 養護價值

一棵生長在都市裡的樹，為了確保生長正常，不會造成公共危險，多要投資人力物力來維護。一般來說，養護管理投資主要包括修枝、病蟲害防治、殘枝清理與管理費用。其中，修枝佔全部養護投資比例最高，達 50%。

👛 這一棵 **光臘樹**

每年養護投資約 **72.69** 元

成長過程，總共投入養護投資約 **363.46** 元

◀ 返回上頁 🍌 繼續 ▼



樹的價值有多少---以光臘樹為例





樹的價值有多少---以光臘樹為例

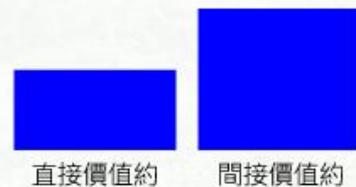


綜合比較

成長過程估計已累積：

這棵樹木的累積

直接價值約	363.79	元
間接價值約	639.02	元
總計價值約	1002.81	元



▲ 返回 繼續 ▼



復育造林地林木生長情形



光臘樹



復育造林地林木生長情形



台灣櫟



復育造林地林木生長情形



楓香



復育造林地林木生長情形



相思樹



復育造林地林木生長情形



九芎



結果與討論

- ◆ 主要造林樹種中無論是平均樹高或平均基徑生長皆以烏心石最佳，分別為185.6公分及2.3公分，其他樹高表現依次為青剛櫟、欖木、楓香及光臘樹，平均基徑依次則為楓香、青剛櫟、光臘樹、欖木。



烏心石



結果與討論

- ◆ 結果顯示造林地以烏心石生長最佳、其次為青剛櫟。本研究已建立基本之生物量參數，然此數據依以造林年齡來推估碳吸存量，若能持續進行長期之監測調查，所得數據資料將更能表現出復育造林後幼齡林碳吸存之能力。



青剛櫟



結果與討論

- ◆ 平均樹高隨造林苗木之年齡遞增而遞增，2009年平均樹高為214.9公分，2010年為139.2公分，2011年則為116.7公分。另基徑部分同樣亦隨造林木年齡遞增而增大，2009年平均基徑為3.14公分，2010年為1.43公分，2011年則為10.9公分。
- ◆ 依據碳吸存轉換模式推估碳吸存量2009年每公頃碳含量為170.7公斤，估計每公頃吸收之二氧化碳量為626.0公斤，依2009年造林面積116.39公頃計算，估計之二氧化碳總吸收量為72.9公噸。
- ◆ 由分析結果可知二氧化碳之吸收量依幼齡木之林齡不同，可達等比級數之增加，該結果與幼齡林木生長曲線相符合，顯示復育造林對碳吸存確實有相當大之效益。



結果與討論

1

國土保育計畫共收回**1,754.5公頃**之林地，成功勸導**1,475**人次的林農離林，**2008-2010**年三年期間以人工栽植方式復舊造林總計近**1000公頃**。

將持續進行各樹種於不同海拔高、坡向、坡度等之生長表現，以期找出適地適木之造林樹種。

2

根據IPCC推估模式計算準則，預估將在**30年後**，每公頃可吸存大氣中的二氧化碳量為**289公噸**，而全造林面積**907公頃**預估可吸存大氣中**261,896公噸**的二氧化碳。

將持續進行生長量調查，長期監測連年生長表現及對碳吸存之貢獻。



您的努力將給下一代 一個美麗的未來

