

圖 / 大山影像

溪頭自然教育園區 人工造林地之林分特性

文、圖 | 鄭智馨 | 國立臺灣大學森林環境暨資源學系副教授（通訊作者）
李泓儒 | 國立臺灣大學森林環境暨資源學系研究生
李宥蓁 | 國立臺灣大學森林環境暨資源學系助理
陳秋萍 | 國立臺灣大學實驗林管理處副研究員

溪頭自然教育園區內擁有多條森林步道，然而遊客對於周遭林木與林分的認識顯得陌生。本文以溪頭自然教育園區人工造林地為例子，介紹園區內不同樹種與不同林齡造林地的林木與林分結構，提供遊客旅遊溪頭的科普知識與擴展旅遊深度。

溪頭自然教育園區是國內著名的旅遊景點，每年吸引超過150萬名遊客，遊客最喜歡夏季旅遊溪頭，夏季日平均溫度約為20度，遠低於平地的高溫酷熱。溪頭自然教育園區內擁有多條森林步道，步道兩旁高大茂密林木，不僅帶來日照遮蔭與視覺景觀，也提供森林高氧含量，加上水源豐富，芬多精以及負離子的含量也高。不過，遊客對於周遭林木與林分的認識則顯得陌生。本文以溪頭自然教育園區人工造林地為例子，介紹園區內不同樹種與不同林齡造林地的林木與林分結構，提供遊客旅遊溪頭的科普知識與擴展旅遊深度。

溪頭人工造林地列表與調查項目

選擇8塊人工造林地與溪頭營林區辦公室前方的庭園林木進行研究。造林地造林樹種為常見柳杉（*Cryptomeria japonica*, Japanese cedar）、臺灣杉（*Taiwania cryptomerioides*）與紅檜（*Chamaecyparis*

formosensis, Taiwan red cypress）等樹種，庭園木涵蓋早田文藏、本多靜六、金平亮三等日籍學者當年手植的臺灣杉、巒大杉（*Cunninghamialanceolata* var. *konishii*）紀念木。造林地號與造林年份參照造林台帳資料，溪頭為臺灣最早期造林地，除園區外圍樟仔林林道62-1造林地之造林時間（林齡）為40幾年外，其餘造林時間均超過60年，甚至也有百年造林的30號柳杉造林地。

表1列出林業經營管理常使用的調查項目，包括胸高直徑（Diameter at Breast Height, DBH）、樹高（Tree Height）、林分株數密度（Stand Density）及葉面積指數（Leaf Area Index）等，各林業調查項目之定義及調查方法如下：

一、**胸高直徑**：胸高直徑為林木離地1.3m處的胸徑，使用的單位為cm，一般使用胸徑輪尺或胸徑捲尺量測胸高直徑（圖1（a）），胸圍除以圓周率即為林木胸高直徑。

表1、溪頭自然教育園區柳杉、臺灣杉與紅檜人工造林地與辦公室前方庭園木之林木與林分特性

造林地號	樹種	造林年份	林齡 ^a	平均胸高直徑	平均樹高	林分密度	葉面積指數
			Years	cm	m	No. ha ⁻¹	m ² m ⁻²
30號造林地	柳杉	1920	97	51.6	30.9	308	4.0
116號造林地	柳杉	1933	84	46.0	27.7	408	3.3
166號造林地	柳杉	1946	71	41.1	26.4	425	3.8
173號造林地	柳杉	1950	67	40.9	27.6	550	3.2
190號造林地	柳杉	1953	64	38.4	25.5	542	3.5
62-1號造林地 ^b	柳杉	1973	44	27.4	20.8	1075	4.2
134號造林地 ^a	臺灣杉	1937	74	54.3	32.8	383	2.9
88號造林地	紅檜	1930	87	40.2	18.9	258	2.2
庭園木 ^b	柳杉、臺灣杉、巒大杉、肖楠	-	-	90.3 (48.7-125.9)	35.4 (29.5-44.3)	-	-

備註：^a除134號臺灣杉造林地之調查時間為2011年外，其餘樣區調查時間為2017年。

^b62-1造林地位於延溪公路羊灣入口樟仔林林道旁；庭園木為溪頭營林區辦公室前方10棵調查林木之平均數值。

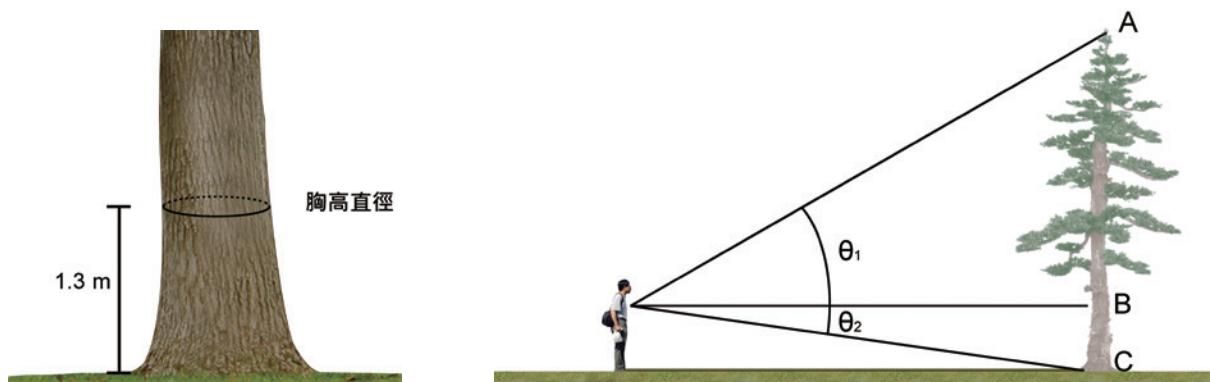


圖1、造林林木胸高直徑與樹高量測。(a)利用胸徑捲尺量測林木胸高直徑，(b)利用雷射測距儀量測林木樹高，林木樹高為 \overline{AB} 高度加 \overline{BC} 高度。

二、樹高：樹高為林木地表至樹冠頂端之距離，使用單位為m，低矮林木使用測高桿量測，但高大林木則利用觀測距離與觀測角度之三角函數測量，現今普遍使用手持式雷射測距儀如圖1(b)所示，樹高可藉由量測者與林木距離及其相對應林木樹冠頂端與底端的仰角、俯角測得。

三、林分株數密度：林分株數密度為造林地單位面積下的林木株數，使用單位為每公頃之林木株數。由於一公頃林地面積較大，一般可依比例換算成小面積林地，推估一定面積下的林木株數。

四、葉面積指數：葉面積指數為單位地表面積上，累積樹冠投影面積之比值，使用單位為 $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ，當葉面積指數小於 $1 \text{m}^2 \text{m}^{-2}$ 時，代表林地並無鬱閉，樹冠投影面積無法涵蓋所有地表；若大於 $1 \text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ，甚至高於 $3 \text{m}^2 \text{m}^{-2}$ 時，表示樹冠濃密，呈現良好鬱閉遮陰林分。葉面積指數常利用「魚眼」光學感測器，於樹冠下方測得冠層樹冠投影，本專題文章葉面積指數即使用LAI-2200樹冠分析儀測得。

溪頭人工林林分結構與發展

溪頭自然教育園區不同造林地平均胸高直徑

介於27.1至54.2cm，除造林時間44年的62-1號造林地平均胸高直徑較小外，超過60年林齡造林地的平均胸高直徑普遍大於40cm，特別是134號臺灣杉與30號柳杉造林地，兩造林地不僅平均胸高直徑大於50cm，部分單株林木胸高直徑甚至達75cm以上。

溪頭造林地林木平均樹高介於18.9至32.8m，同樣地，除62-1號柳杉林與紅檜造林地之平均樹高較低外，其它造林地平均樹高均高於25m，134號臺灣杉與30號柳杉兩造林地平均樹高更高達30m，個別林木樹高也達37m以上。

造林地林分株數密度隨林齡增加而下降，以造林時間44年的62-1號造林地林分株數密度最高，每公頃1,100株林木，超過60年林齡造林地的林分株數密度小於每公頃550株。其中，林分株數密度最低的紅檜造林地，受到闊葉樹種入侵，少數闊葉樹樹冠高度接近紅檜造林地高度。溪頭造林地葉面積指數除紅檜造林地為 $2.2 \text{m}^2 \text{m}^{-2}$ 外，其餘造林地為 $3.0 \text{m}^2 \text{m}^{-2}$ 以上，各造林地均呈現良好鬱閉。相較於溪頭營林區辦公室前方庭園木，上述造林地林木胸高直徑與樹高小於庭園木，所調查10棵庭園木胸高直徑介於48.7至125.9cm之間，樹高介於29.5與44.3m之間（表1）。調查庭園林木



圖2、利用林木胸高直徑生長測量儀（dendrometer），進行溪頭柳杉人工造林地個別林木與整體林分的生長觀察。

中，以金平亮三手植紀念木最大，量測胸高直徑123.5cm，樹高44.3m；本多靜六手植紀念木大小次之，量測胸高直徑為121.0cm，樹高為39.0m；早田文藏紀念木的量測胸高直徑125.9cm，樹高31.3m。庭園林木與造林地林木的生長差異，一方面庭園木種植較久，另一方面則來自庭園木較少的林木競爭，個別林木擁有較多的光線、養分與水分等資源，使得其生長優於造林地林木。

從表1調查結果可發現3種造林樹種間，以臺灣杉生長最快速，在相同齡林下，其林木胸高直徑與樹高也最大，柳杉次之，紅檜林木生長最緩慢，相同齡林下的林木胸高直徑與樹高均最低。此外，比較不同林齡柳杉造林地時，也可發現柳杉林木與林分特性隨林齡增加而持續發展，林木胸高直徑與樹高隨林齡增加而增加，林分株數密度則隨林齡增加而減少。

另外針對30號、173號與62-1號三塊柳杉造林地，利用林木胸高直徑生長測量儀（dendrometer），進行個別林木與整體林分

表2、溪頭自然教育園區人工柳杉造林地於2012年至2017年6年間個別林木平均胸高直徑與材積生長，以及整體林分蓄積、材積之增加量

	平均胸高直徑 生長	平均材積 生長	林分蓄積材積 增加量
	mm	m ³	m ³ ha ⁻¹
30號造林地	+12.4	+0.148	+11.5
173號造林地	+12.1	+0.112	+18.7
62-1號造林地	+11.8	+0.064	+46.0

的年生長觀察，觀察期間自2012年至2017年，計6年時間（圖2）。根據表2結果可發現，3個造林地在過去6年間，林木平均胸高直徑與材積生長量以及整體林分蓄積材積（扣除死亡與風倒林木）均呈現增加趨勢（表2），特別是林齡97年的30號柳杉造林地，老齡林木生長仍未停滯，林木平均胸高直徑與材積以及整體林分蓄積材積每年持續的生長增加，此現象與日本柳杉一致，日本超過百年的柳杉造林地，仍具相當高的林木（分）生長潛勢，這樣的結果也反應現有溪頭柳杉林木生長未達極限，林木與林分仍有生長與發展空間。

另一個有趣現象則是過去6年林木胸高直徑與材積生長量，與初始林木胸高直徑大小呈明顯正相關（圖3、圖4），初始個別林木胸高直徑愈大者，其林木胸高直徑與材積的增加量也愈大，反應出大棵林木的生長優勢優於其它林木，且造林地過去6年死亡林木中，除少數來自大棵林木風倒死亡外，多數來自樹冠下層生長落後、徑級較小的被壓木。不過，林木間彼此的競爭效

應，或是林木本身的冠幅面積與葉生物量的不同，可能額外地影響個別林木的生長。林木生長優勢是否來自林木大小或是受到林木競爭的影響，這方面則需要進一步的研究探討。

溪頭人工林與其它人工林比較

現有溪頭自然教育園區人工林的平均胸高直

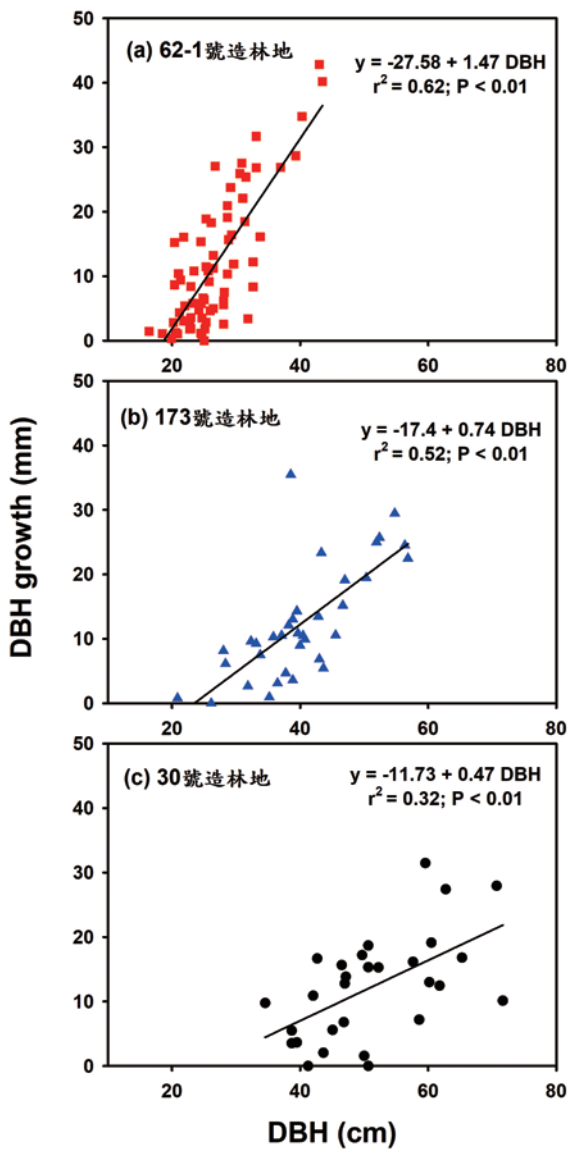


圖3、溪頭自然教育園區人工柳杉造林地於2012 年至2017年間林木胸高直徑生長量與初始林木胸高直徑關係，(a) 62-1號造林地，(b) 173號造林地，(c) 30號造林地。

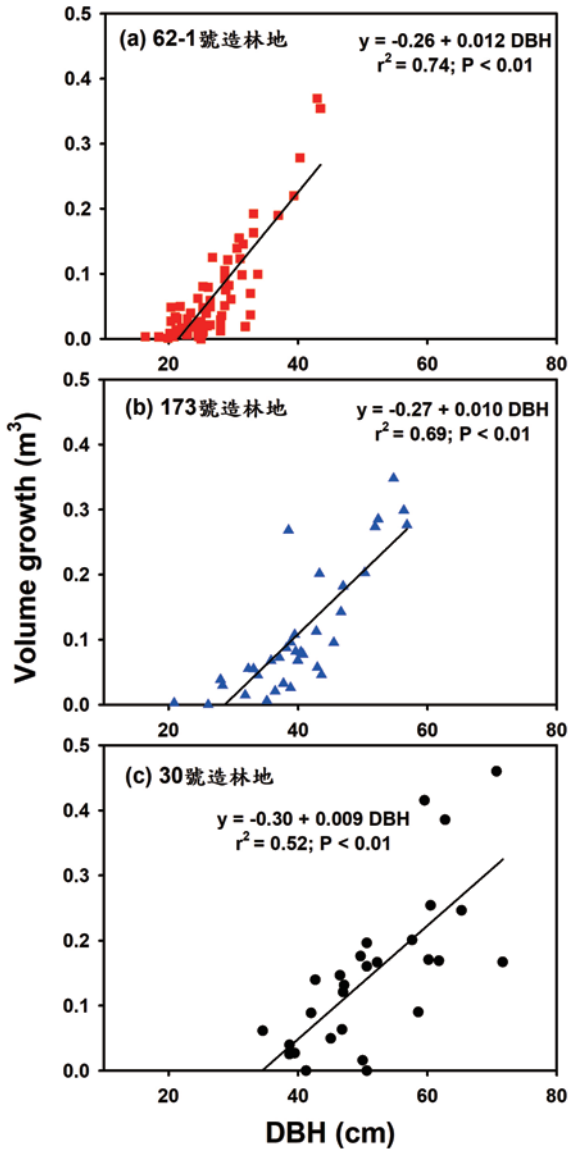


圖4、溪頭自然教育園區人工柳杉造林地於2012 年至2017年間林木材積生長量與初始林木胸高直徑關係，(a) 62-1號造林地，(b) 173號造林地，(c) 30號造林地。

表3、前省政府農林廳「老樹」與臺北市「受保護樹木」之訂定標準

訂定機關	訂定標準	符合資格
前省政府農林廳	一、樹幹直徑1.5m以上或胸圍4.7m以上； 二、樹齡100年以上； 三、特殊或區域代表性之樹種。	只要符合其中一項，就能稱為「老樹」
臺北市 「樹木保護自治條例」	一、樹胸高直徑0.8m以上； 二、樹胸圍2.5m以上者； 三、樹高15m以上； 四、樹齡50年以上； 五、珍稀或具生態、生物、地理及區域人文歷史、文化代表性之樹木，包括群體樹林、綠籬、蔓藤等，並經主管機關認定。	具有各項情形之一者，即為「受保護樹木」

徑與林木高度普遍高於臺灣其它地區人工林，例如烏來文山、觀霧、棲蘭山、人倫或是六龜地區人工林。溪頭林木大小更遠大於平地林木，以平地造林地為例，由於僅經十多年造林，其平均胸高直徑與林木高度分別僅為12.1cm與8.5m，雖然不同樹種與不同縣市平地造林間存在些許差異，但均遠小於溪頭造林林木。

若將溪頭造林木參照國內老樹定義標準（表3），可發現溪頭造林林木約可符合前省政府農林廳「老樹」或臺北市「受保護樹木」標準，儘管柳杉常被詬病為外來樹種，但柳杉林木壽命長，加上現有柳杉林分仍持續發展，將溪頭自然教育園區林木保留成「文化資產庭園」，後代子孫將可如我們一般享受優美茂盛之森林林相。

結語

林業是長期國家資源，隨著社會的發展，臺灣林業有著不同的時代任務和經營方式，而森林旅遊一直以來都是國人重要休閒娛樂。本文藉由溪頭人工造林地林木與林分特性的介紹，了解現有溪頭造林地的林齡、胸高直徑、樹高、林分株數密度與葉面積指數等林業用語，藉此提升遊客科普知識與旅遊深度。🌲



圖 / 大山影像