

## 森林對碳吸存的效益

京都議定書規範將人為排放之溫室氣體強制減量，包括二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、氧化亞氮(N<sub>2</sub>O)、氫氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF<sub>6</sub>)，其中與農業相關者為二氧化碳、甲烷、氧化亞氮，而林業之經營和二氧化碳之吸存有重大關係。

2008年以前，我國歷年之二氧化碳排放量有持續增加之趨勢，除了必須調整產業政策與結構、提升能源效率之外，厚植台灣地區之森林資源及增進農、林、畜產品的有效利用，也成為溫室氣體減量重要策略之一。健康的森林除具有碳吸存效益外，同時也有生物多樣性保育、水源涵養、國土保安、生態旅遊等多元效益。透過造林與森林經營不僅可增加吸收與貯存二氧化碳，同時也可提供民生所需之綠色

材料，促進木質材料之永續生產與利用，同時兼具經濟與環境效益。

森林是地球上陸域最重要的碳匯，對溫室氣體減量具有正面的貢獻，林木藉由光合作用吸收大氣中二氧化碳，並釋放出氧氣。當林木在正常生長狀態時，可以增加對大氣中碳的吸存，因此就整體碳循環的角度，碳量被暫時固存到森林；當林木收穫時，便有部分原先林木所吸存的碳量又回歸於大氣，但大部分碳則以另外的林產品形式繼續貯存碳素。在京都議定書中，森林資源所吸存的二氧化碳，已成為一種可交易的商品，碳排放權交易將成為重要的國際化產業。碳吸存策略就是藉由造林及森林經營管理以在森林生態系及木材產品內增加碳庫，是森林碳管理策略之一。

## 京都議定書與碳減量

聯合國於1992年在巴西召開的聯合國環境與發展大會上，簽署了「聯合國氣候變化綱要公約」(The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)，並於1997年通過了具有法律的約束力的「京都議定書」(Kyoto Protocol)，2005年2月16日生效，議定書內容規定了工業化國家定量的溫室氣體減排義務，以法律形式要求工業化國家控制並減少至少六種溫室氣體的排放，並規定於第一承諾期(2008—2012年)內，將這些溫室氣體的全部排放量降至比1990年排放水平總量減少至少5%。議定書對於森林吸收及儲存碳素之方式規定如下：

1. 第3.3條：1990年以後進行的新植造林(Afforestation)、更新造林(Reforestation)、毀林(Deforestation)等三項活動所造成的CO<sub>2</sub>吸收或排放之淨值，可併入排放減量值計算。
2. 第3.4條：在農業土壤與土地利用變更及林業部門中，因為額外的人類行為所導致溫室氣體排放或移除的改變，可併入締約國配額量的增加或減少值計算。

雖然第3.4條沒有明確論及森林經營，然而2001年於馬拉克什(Marrakesh)召開第7次締約國大會(COP 7)時，正式通過議定書的執行細則，即馬拉克什協定(Marrakesh Accords)。在馬拉克什協定中就明確定義有關議定書第3.3條、第3.4條之名詞包括森林(Forest)、新植造林(Afforestation)、更新造林(Reforestation)、毀林(Deforestation)、更新植生(Revegetation)、森林經營(Forest management)、農地經營(Cropland management)、及牧地經營(Grazing land management)。森林經營之定義是：「為了林地管理與利用的一種作業系統，其以永續的方式滿足森林有關的生態(包含生物多樣性)、

經濟與社會功能。」關於第3.4條導致溫室氣體排放或移除的人類行為包括：更新植生、森林經營、農地經營、及牧地經營，不包含新植造林、更新造林、及毀林。

此外，為了實現減排目標，「京都議定書」還確立三種市場基礎的機制，創造了「碳市場」(carbon market)。京都機制包括：聯合執行(Joint Implementation；JI)、排放交易(Emissions Trading；ET)和清潔發展機制(Clean Development Mechanism；CDM)。此三種機制使得公約附件1國家透過在國際間取得減量額度，以較低的成本來實現減量目標，舒緩其國內的減量壓力。



# 森林

## 對碳吸存的效益

### 台灣人工林之碳吸存潛力

林業試驗所推估台灣20年生的造林木平均每公頃可吸存12.6公噸的二氧化碳；平均一株20年生的林木，依樹種不同，一年可吸收11—18公斤二氧化碳。依據林俊成等(2002)研究結果顯示，不同樹種的二氧化碳吸存量，以闊葉樹種較佳，在林齡20年生時之每公頃二氧化碳吸存量，相思樹380.31公噸最高，光臘樹345.11公噸第二，台灣櫟311.05公噸第三。針葉樹之每公頃二

氧化碳吸存量則較闊葉樹為低，肖楠249.08公噸第一，柳杉122.10公噸第二，杉木112.35公噸第三。可見台灣闊葉樹人工林之碳吸存潛力很大，尤其是原生樹種台灣相思樹之碳吸存量很高，木材質地堅硬又色澤美麗，可做各種高級家具，也是優良的木炭原料，將來若能選育出優良種源的台灣相思樹，生長快速、樹幹通直，其有可能成為台灣林業的明日之星(見圖1)。



圖1. 惠孫林場咖啡園內陳列的台灣相思樹風倒木，樹幹通直且色澤華麗。

陸域碳管理策略及潛在土地利用與林業活動概要如表1。執行永續森林經營以增強森林的各種功能，可以用全部三種方法來減少大氣二氧化碳。

表1. 陸域碳管理策略及潛在土地利用與林業活動概要(Bass, 2000)

碳管理策略	土地利用與林業活動類別
碳吸存	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 育林以增進生長率</li><li>■ 混農林業</li><li>■ 新植造林、更新造林及退化土地的復原</li><li>■ 土壤碳增加(例如替代的耕作作業)</li></ul>
碳保育	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 在保護區內生物量與土壤碳的保育</li><li>■ 改變森林經營作業(例如降低衝擊的伐採)</li><li>■ 在森林及農業系統內防火與控制焚燒的更有效應用</li></ul>
碳替代	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 增加森林生物量移向耐用木產品，其使用以代替能源密集的材料</li><li>■ 增加生物燃料之利用(例如生質能人工林的引進)</li><li>■ 伐採廢料做為生物燃料的原料之增加利用(例如鋸木屑)</li></ul>

### 碳管理策略

要減少大氣中的二氧化碳有三種選擇：

1. 碳保育(carbon conservation)：保育現存的碳庫，避免排放到大氣。
2. 碳吸存(carbon sequestration)：增加現存的碳庫數量，從大氣中吸收二氧化碳。
3. 碳替代(carbon substitution)：以生物產品替代化石燃料或能源密集的產品，因而減少二氧化碳排放。



## 森林對碳吸存的效益

發行人 黃裕星  
作者 吳俊賢  
美術編輯 Vdesign 視覺設計中心  
發行單位 行政院農業委員會林業試驗所  
地址 100 臺北市南海路53號  
電話 (02)2303-9978  
傳真 (02)2307-8755  
網址 <http://www.tfri.gov.tw>  
印刷 財團法人台北市私立勝利身心障礙潛能發展中心  
出版年月 中華民國九十九年七月



行政院農業委員會林業試驗所  
TAIWAN FORESTRY RESEARCH INSTITUTE