

# 日本森林碳吸存貢獻與減量策略

文 ■ 林俊成 ■ 行政院農委會林業試驗所太麻里研究中心副研究員兼主任

## 一、前言

2006年2月16日起生效之京都議定書 (Kyoto Protocol)，緣起於1997年在日本京都所召開的第3次氣候變化綱要公約 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 締約國會議 (COP3) 的決議，目的在於削減規定已開發國家的  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、HFC、PFC、 $\text{SF}_6$  等六種溫室氣體排放削減量，以減緩地球溫暖化。日本政府在京都議定書規範下，被要求在2008 - 2012年間的第一承諾期應達成較基準年 (1990年) 減少6%的溫室氣體排放量。日本政府為達成此一減量目標並整合國內各部門的溫室氣體減量策略，於1997年12月成立「地球溫暖化對策推進本部」，進而於1998年6月推出「地球溫暖化對策推進大綱」，作為推展相關政策之指導原則與方向，大綱中訂出各部門之減量目標，及規劃利用那些策略以達成6%的減量目標，其中策略之一，即加強造林以增加 $\text{CO}_2$ 吸收與固定。到了2001年的第7次氣候變化綱要公約締約國會議後，國際間對於京都議定書的規範經由協商而得出一套較為具體的實施細節，因此，日本政府於2002年3月重新提出新版

的「地球溫暖化對策推進大綱」。而京都議定書正式生效之後，日本政府再次檢討與修訂「地球溫暖化對策推進大綱」中的各項目標，於2005年4月28日正式公佈新的「京都議定書目標達成計畫」。此為日本政府因應氣候變化的最新策略。在歷次的目標修訂中，一直以森林碳吸存功能做為達成溫室氣體減量的主要策略之一，在2002年的「地球溫暖化對策推進大綱」及2005年的「京都議定書目標達成計畫」中，皆設定森林的碳吸存需達成3.9%的減量目標。

## 二、日本的森林資源與碳吸存貢獻

根據聯合國糧農組織FAO (2005) 的森林資源評估資料，日本的森林面積在2002年時為2,486.8萬公頃，佔日本土地面積的65.8%，其中立木地面積有2,350.6萬公頃，竹林面積有15.4萬公頃，其他面積為無立木地。以林地類型來區分，則人工林面積有1,032.1萬公頃，天然林面積有1,318.5萬公頃，其中林齡為80年生以上之天然林面積有426.9萬公頃，林齡為80年生以下之天然林面積有891.6萬公頃。以所有權來看，民有林面積有1,444.0萬公頃，佔58.1%，國公有林佔



41.9%。2002年時之林木總蓄積量為4,011百萬立方公尺，其中人工林蓄積量為2,331百萬立方公尺，天然林蓄積為1,680百萬立方公尺。針對生物量的推估，則使用轉換係數（林木生物量換算為全株生物量擴展係數、木材基本比重）乘上林木蓄積量，如林木生物量換算為全株生物量的擴展係數在人工林為1.7，天然林為1.9；而木材基本比重在人工林為0.4，而天然林為0.6，因此估算2002年時森林林木生物量為3,500百萬公噸。森林林木碳貯存量則使用碳含量比例（0.5）乘上林木生物量。因此估算2002年時之林木碳貯存量為1,750百萬公噸，而2000年時為1,689百萬公噸，1990年時為1,407百萬公噸。在1990 - 2000年平均每年增加28.2百萬公噸，而2000 - 2005年時平均每年增加40.6百萬公噸。

### 三、日本LULUCF推估方法及轉換係數

日本國家溫室氣體報告（2006）對於土地使用、土地使用變化與林業（Land Use, Land Use Change and Forestry; LULUCF）推估方法，在碳貯存量的估算，主要還是依循聯合國氣候變化政府間專家委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC）的LULUCF良好做法指南（Good Practice Guidance for Land Use, Land-use Change and Forestry; LULUCF - GPG）之相關規範，一般推估林木每公頃碳吸存量，係根據IPCC所制定估算林業部門

碳吸存量之原則，將林木材積藉由木材比重換算出林木生物量，再利用林木生物量與地上部、地下部生物量的擴展係數與碳含量等轉換係數估算出碳吸存量，其林木碳吸存評估模式如下（IPCC 2003）：

$$C_t = [V_t \times D \times BEF] \times (1 + R) \times CF \quad (1)$$

式中： $C_t$  = 在時間為 $t$ 時的林木每公頃碳量（ $tC / ha$ ）； $V_t$  = 為林齡 $t$ 年每公頃之林木材積（ $m^3 / ha$ ）； $D$  = 木材基本比重（ $t / m^3$ ）； $BEF$  = 林木生物量換算為地上部生物量的擴展係數； $R$  = 根莖比； $CF$  = 碳含量比例。

所估計林木材積（ $V$ ）是來自日本林野廳之國家森林資源資料庫（National Forest Resources Database; NFRDB）及主要樹種的材積收穫表（yield tables），人工林針葉樹區分為以柳杉（Japan cedar）、檜木（Hinoki cypress）、日本落葉松（Japanese larch）、日本松（Japanese pine）、冷杉（Sakhalin fir）、雲杉（Yezo spruce）及其他針葉樹等7種林型，而闊葉樹包括麻櫟（*Quercus acutissima*）、日本橡木（Japanese oak）及其他闊葉樹等3種林型，在半天然林（Semi-natural forests）部分，只分針葉樹與闊葉樹兩種。木材基本比重（ $D$ ）、擴展係數（ $BEF$ ）及根莖比（ $R$ ）依日本森林總合研究所（Forestry and Forest Products Research Institute）之研究與調查結果（表1）。碳含量比例（ $CF$ ），則以LULUCF - GPG給的預設值為0.5。

表1 日本森林碳量估算之木材基本比重 (D)、擴展係數 (BEF) 及根莖比 (R)

林型		樹種	D	BEF		R
				<20yr	<20yr	
人工林	針葉樹	柳杉（Japan cedar）	0.31	1.57	1.23	0.25
		檜木（Hinoki cypress）	0.41	1.55	1.24	0.26
		日本松（Japanese pine）	0.42	1.63	1.23	0.27
		日本落葉松（Japanese larch）	0.40	1.50	1.15	0.29
		冷杉（Sakhalin fir）	0.32	1.88	1.38	0.21
		雲杉（Yezo spruce）	0.36	2.15	1.65	0.21
		其他針葉樹	0.42	1.80	1.36	0.30
	闊葉樹	麻櫟（Quercus acutissima）	0.67	1.36	1.33	0.25
		日本橡木（Japanese oak）	0.62	1.40	1.26	0.25
		其他闊葉樹	0.59	1.43	1.27	0.25
半天然林	針葉樹	0.38	1.81	1.32	0.26	
	闊葉樹	0.60	1.41	1.27	0.25	

#### 四、日本的LULUCF的碳吸存貢獻

根據日本溫室氣體調查結果，在1990年（基準年）時的溫室氣體總排放量為1,197百萬公噸 - CO<sub>2</sub>當量（含LULUCF）。而在2004年時則增加為1,260百萬公噸 - CO<sub>2</sub>當量（含LULUCF），較1990年時增加了5.25%，因此要達成在2008 - 2012年的第一承諾期時的6%減量目標（1,126百萬公噸 - CO<sub>2</sub>當量），則還有一大段距離（需減量11.25%），日本1990 - 2004年的溫室氣體總排放量如圖1所示。而LULUCF對溫室氣體減量有正面的貢獻，尤其是土地使用類型為森林的部分，依1990 - 2004年的統計結果，日本的LULUCF的碳吸存量，約可佔溫室氣體總

排放量（不含LULUCF）的5.87 - 7.00%（圖2）。

#### 五、日本林業部門的因應策略

日本促進溫室氣體碳匯的措施，主要有二大策略方向，一為促進森林和林業措施，另一為促進都市綠化。在促進森林和林業措施方面，日本林野廳於2002年時，以「地球溫暖化對策推進大綱」與「地球環境保護和森林之懇談會」所訂的方針為基礎，以提升日本森林的CO<sub>2</sub>碳吸收量為目標，規劃出「防止地球溫暖化的森林吸收源十年對策」，此對策的實施分為三個時期（2003 - 2004、2005 - 2007、2008 - 2012），其主要內容有

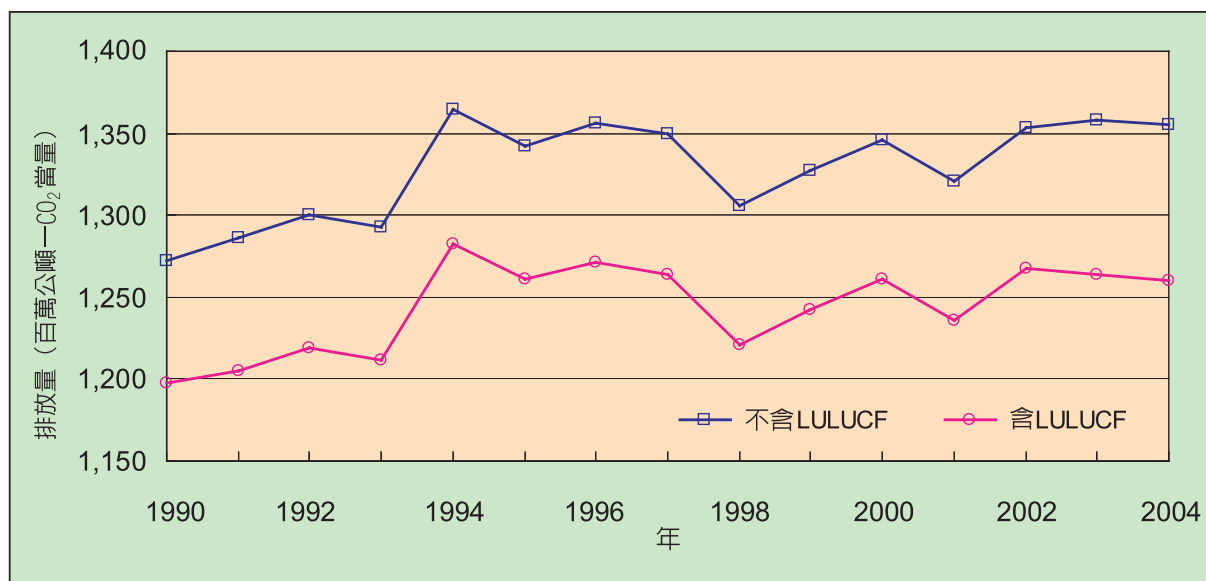


圖1 日本1990—2004年的溫室氣體總排放量。

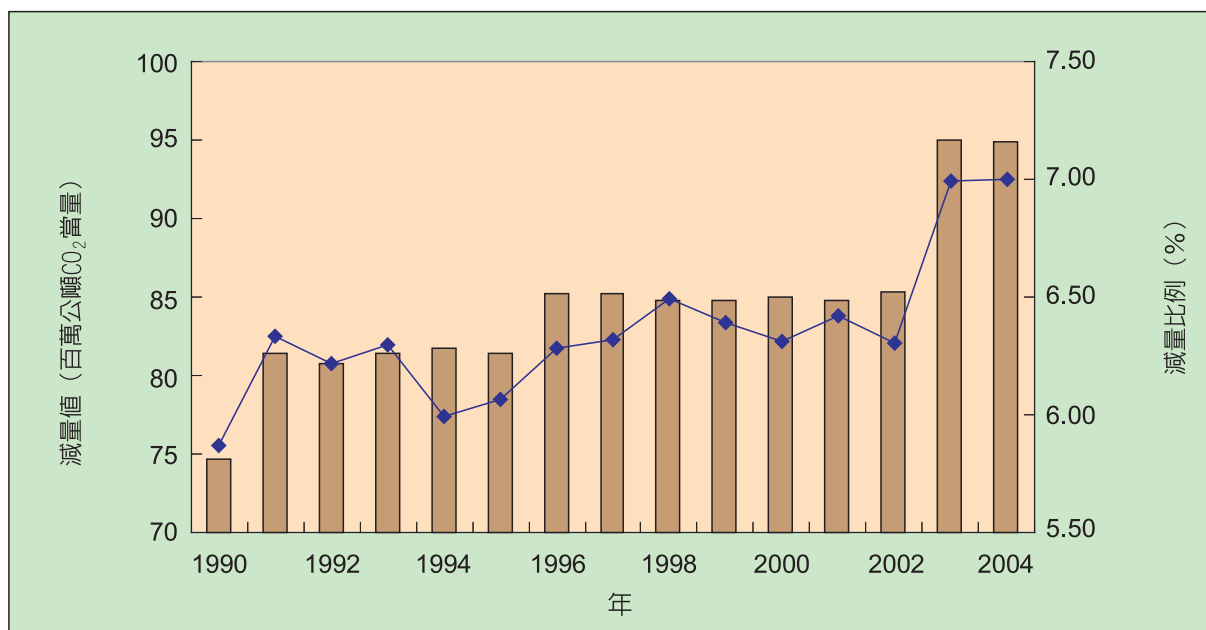


圖2 日本1990—2004年的LULUCF之溫室氣體減量值及減量比例。

以下五項：

### (一) 健全的森林經營

1. 積極實施間伐及促進森林複層林的營造、長伐期化的林木經營，培育

能將CO<sub>2</sub>長期吸收、固定之森林。

2. 將日益荒廢的自然環境恢復、再生使之成為具有生物多樣性的森林。
3. 林道網的維護與管理。

4. 促進營造闊葉樹林和針闊混淆林等具有多樣性的森林，使森林生物具有完整的棲息空間。

## (二) 適當的保安林管理與保護

1. 針對功能不彰的保安林逐步推行治山對策。
2. 制訂伐採規範，以確保森林的公益功能。
3. 積極對松材線蟲等森林病蟲害進行適當防治。

## (三) 民衆參與森林經營

1. 當地居民、非政府組織等團體共同參與森林經營。
2. 為增進民衆對森林管理的了解及凝聚全民對森林管理的共識，積極推廣森林體驗和自然觀察等等森林環境教育活動。

## (四) 促進木材、木質生質能源利用

1. 公共設施儘可能使用地區木材，增加木材利用，預計將由目前每年2,000萬立方公尺的木材伐採量增加至2,500萬立方公尺，以活化山村地區森林經營。
2. 開發生質能源的利用效率等技術，以及利用設施的整備，例如可將未利用的木質資源（木質殘材、廢料）開發成為生質燃料。

## (五) 強化吸收量的報告及驗證體制

1. 以IPCC的規範為基礎，發展日本森林CO<sub>2</sub>吸收量的估算方法。
2. 導入森林地理資訊系統（GIS）技

術，並將森林有關地理資訊數位化。

3. 建立吸收量報告資料所需之森林資源數據資料庫。

在具體做法上，預計在2010年時，日本森林林木總蓄積量將增加為4,410百萬立方公尺，木材供給與利用材積為將由2000年時的2,000萬立方公尺，增加為2,500萬立方公尺，其具體做法為進行造林和必要的森林撫育和疏伐，如每年將造林面積4萬公頃，除草面積30萬公頃，疏伐面積31.5萬公頃，主要目標乃營造森林成為複層林狀態，並每年改善天然林面積2.5萬公頃，每年道路網管理2,500公里。如果森林經營、木材供給、利用等條件能持續在1998 - 2000年時的平均水準，即日本森林的CO<sub>2</sub>吸存量可達約35.5百萬公噸，如上述目標皆可達成則森林的CO<sub>2</sub>吸存量將更可增加為約47.7百萬公噸。

在促進日本都市綠化方面，綠色指南（Green Policy Guidelines）和綠基本法（Basic Plan of Green）為促進都市綠化的全面行動計畫。根據這些計畫，將落實都市公園升級、行道綠化、河流和侵蝕預防區域綠化等，另對現有的私有綠色空間進行保護、綠建築及綠屋頂等活動之推廣。此外，河岸和港口綠化等措施也將在Eco-Port Policy通過後持續進行。這些措施如能依照計畫順利實施，則估計可吸存基準年排放量的0.02%，預定1990 - 2010年間的林木栽植目標為增加7,500萬株，預計可減少約28萬公噸的CO<sub>2</sub>。





## 六、結語

根據日本溫室氣體調查結果，在2004年的溫室氣體總排放量為1,260百萬公噸 - CO<sub>2</sub>當量（含LULUCF），因此要在2008 - 2012年達成的6%減量目標（1,126百萬公噸），則還有一大段努力的空間。而檢視目前台灣的CO<sub>2</sub>排放趨勢，若要在2010年將二氧化碳減量至1990年水準，則減量幅度將高達227%。而我國LULUCF部門在1990 - 2000年間雖每年的減量值在17.9 - 20.45百萬公噸 - CO<sub>2</sub>當量，但由於非LULUCF部門的溫室氣體排放量大幅度的上升，因此欲以森林來達成減量效果，則更積極的造林及森林經營

管理效率提升則有待進一步的落實。另外在提供木材自給率政策研擬時，應同時要求經伐採之林地應於短時間完成更新造林，以收國土保安及碳吸存之效果。另一方面，氣候變化綱要公約規範及京都議定書已經生效，當有朝一日國際社會要求台灣也要承擔限制排放的責任時，如何在國際碳交易市場上，以較低的成本得到較高的二氧化碳吸存量，為後續溫室氣體減量的重要議題，森林碳交易市場的建立與運作為溫室氣體減量的必然趨勢。▲

## 參考文獻（請逕洽作者）



（圖片／高遠文化 攝影／林文集）