



## 第六章 土地利用、土地利用變化 及林業部門 (CRF SECTOR 4)

---

6.1 部門概述

6.2 森林土地

## 第六章 土地利用、土地利用變化及 林業部門 (CRF SECTOR 4)

### 6.1 部門概述

聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 1997 年將土地利用、土地利用變化及林業 (Land Use, Land Use Change and Forestry, LULUCF) 納入修訂版國家溫室氣體排放清冊指南 (Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 1996 IPCC 指南)<sup>1</sup>，對於土地利用變化造成的碳排放量，以及林業碳吸收量等估算方法提出具體建議，之後 IPCC 於 2003 年再公布 LULUCF 的良好作法指南 (Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry in the Preparation of National Greenhouse Gas Inventories under the Convention, GPG, 以下簡稱 2003 LULUCF GPG)。

目前最新的版本為 IPCC 於 2006 年所公布國家溫室氣體清冊指南 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2006 IPCC 指南)，其內容係結合 1996 IPCC 指南及 2003 LULUCFGPG 的主要精神與內容。在 2006 IPCC 指南架構下共區分為五大部門，其中與森林有關的部門為 3.B.1「農業、林業和其他土地使用 (Agriculture, Forestry and other Land

Use, AFOLU)」部分之土地 (含林地維持為林地及林地與其他土地使用類型的轉換) 及 3.D.1「經伐採的木質產品 (harvested wood product, HWP)」等部分。

由於臺灣區域計畫法、森林法對於林業用地變更以及森林伐採均已訂有相關規範，且自 1992 年起即實施禁伐天然林政策，至林地變更為其他使用之情形極少，因此可藉行政院農業委員會林務局第三次與第四次全國森林資源調查成果之林型面積，以及林業統計每年新植造林、伐採、薪材收穫及干擾等相關數據，據以估算臺灣林業碳匯現況。

估算結果，1990 至 2013 年臺灣林業部門整體之年碳量變化為 17,370 至 21,077 千公噸二氧化碳當量左右，2013 年我國森林碳匯量約為 21,069 千公噸二氧化碳當量，詳如表 6.1.1，其歷年趨勢如圖 6.1.1，2013 年其中「林地維持林地」碳吸收量占 94.20%，「其他土地轉變為林地」碳吸收量占 5.80%，如圖 6.1.2。

### 6.2 森林土地 (4.A)

#### 6.2.1 林地維持林地 (4.A.1)

##### 1. 排放源及匯分類的敘述

森林所貯存之碳庫 (Carbon Pool) 可區分為生物量 (Biomass) (包含地上部及地下部生物量)、死有機質 (Dead Organic Matter) (包含死木與枯落物)、土壤 (Soils) (包含土壤有機質) 等三大類。各類碳庫說明如表 6.2.1 所示。

<sup>1</sup> IPCC, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1997.

表 6.1.1 臺灣 1990 至 2013 年森林資源整體之年碳量變化

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年度	林地維持林地		其他土地轉變為林地	整體年碳量變化
	生物量二氧化碳貯存增加量 ( $\Delta \text{CO}_2\text{e}$ )	生物量年二氧化碳貯存損失量 ( $\Delta \text{CO}_2\text{e}$ )	生物量年二氧化碳貯存增加量 ( $\Delta \text{CO}_2\text{e}$ )	
1990	-19,782	607	-91	-19,265
1991	-19,782	2,503	-91	-17,370
1992	-19,794	333	-136	-19,597
1993	-19,807	216	-184	-19,775
1994	-19,819	190	-233	-19,862
1995	-19,831	202	-288	-19,917
1996	-19,844	559	-318	-19,603
1997	-19,856	266	-396	-19,986
1998	-19,869	326	-445	-19,988
1999	-19,881	401	-559	-20,040
2000	-19,893	389	-663	-20,168
2001	-19,906	1,112	-681	-19,475
2002	-19,918	167	-757	-20,508
2003	-19,931	227	-897	-20,600
2004	-19,943	243	-993	-20,693
2005	-19,956	369	-1,029	-20,616
2006	-19,968	251	-1,043	-20,760
2007	-19,980	308	-1,077	-20,749
2008	-19,993	199	-1,138	-20,932
2009	-20,005	2,753	-1,162	-18,414
2010	-19,911	218	-1,236	-20,928
2011	-19,929	140	-1,198	-20,987
2012	-19,944	145	-1,279	-21,077
2013	-19,981	135	-1,223	-21,069

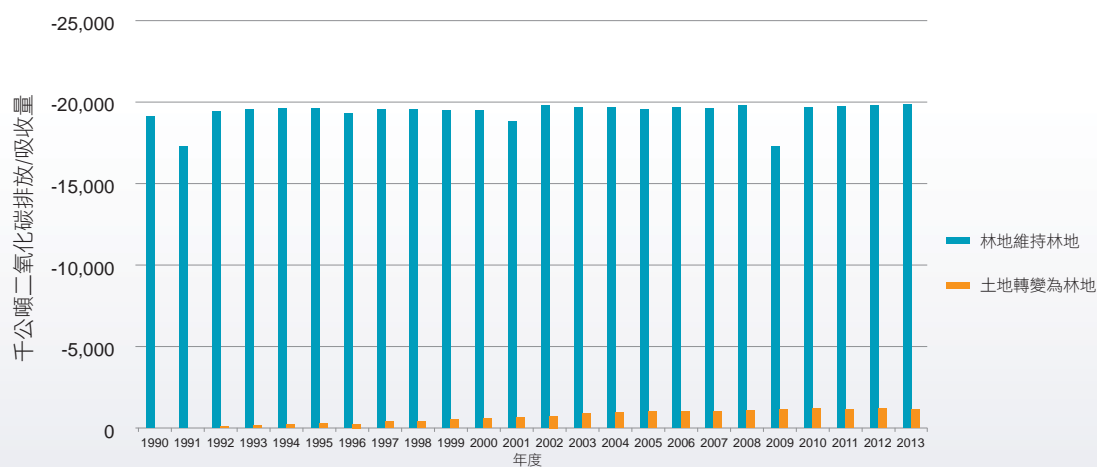


圖 6.1.1 臺灣 1990 至 2013 年林業部門整體碳量變化趨勢

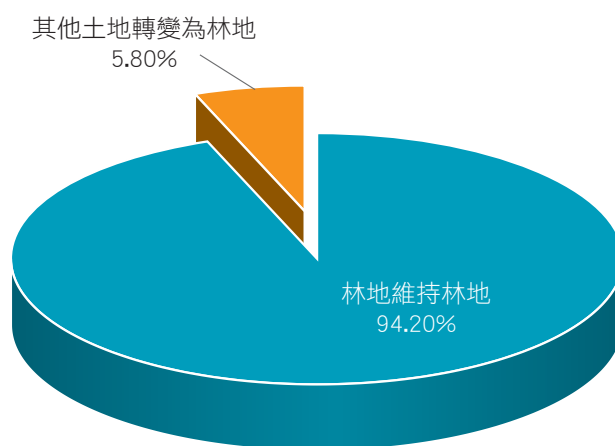


圖 6.1.2 臺灣 2013 年林業部門整體年碳量各項目占比

表 6.2.1 碳庫定義

項目	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
生物量 (Biomass)	地上部生物量 (Aboveground Biomass)	土壤以上所有活的木本和草本之生物量，包括莖、殘幹 (Stump)、枝、樹皮、種子和葉。 註：如果森林下層植被占地上部生物量碳庫的比例較小，某種程度的不計入是可接受的，但在整個調查時間中應一致。
	地下部生物量 (Belowground Biomass)	活根的全部生物量。建議直徑低於 2 公釐的細根經常是不計入在內，因為只憑經驗將直徑低於 2 公釐的細根與土壤有機質或枯落物相區分是相當困難的。
枯有機質 (Dead Organic matter)	死木 (Dead Wood)	除枯落物外的所有非活的木質生物量，無論是直立的、橫躺在地面上的或者在土壤中的。死木包括直徑大於或等於 10 公分的枯倒木、死根和殘幹。
	枯落物 (Litter)	所有非活的生物量，建議直徑應大於 2 公釐 (因要與土壤有機物區分) 及直徑小於死木所定義的最小直徑 (例如 10 公分)、在礦質或有機質土壤上已經死亡的、各種程度的腐朽狀況的所有非活的生物量。這包括土壤類型所定義的枯落物層及在礦質或有機質土壤上的活細根 (最小直徑應低於地下部生物量所規定)。
土壤 (Soils)	土壤有機質 (Soil Organic Matter)	包括達到所選擇深度的礦質土壤的有機碳，如在土壤中的活和死的細根和死有機質、如果不能憑經驗區分的最小直徑小於 2 公釐 (建議值) 的根及死有機質。土壤深度預設值為 30 公分。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventory, 2006.

## 2. 方法論議題：

### (1) 計算方法：

在林地碳貯存量的變化，主要為各碳庫變化的總和（式1）。

$$\Delta C_{FL} = \Delta C_B + \Delta C_{DOM} + \Delta C_{Soils} \quad (1)$$

式中：

$\Delta C_{FL}$  = 林地的碳貯存量的變化（公噸碳/年）；

$\Delta C_B$  = 生物量的碳貯存年變化量（公噸碳/年）；

$\Delta C_{DOM}$  = 死有機物質（包括死木和枯落物）的年碳貯存量變化（公噸碳/年）；

$\Delta C_{Soils}$  = 土壤碳貯存年變化量（公噸碳/年）

僅就其中  $\Delta C_B$ 、 $\Delta C_{DOM}$ 、 $\Delta C_{Soils}$  之估算分述如下：

#### A. $\Delta C_B$ 生物量（Biomass）碳貯存量的變化

在生物量每年所增加的碳貯存量，主要為每年生物量因生長所增加的碳貯存量扣除因生物量損失所減少的碳貯存量（式2）。

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L \quad (2)$$

式中：

$\Delta C_B$  = 生物量的碳貯存年變化量（公噸碳/年）；

$\Delta C_G$  = 生物量生長之年碳貯存增加量（公噸碳/年）；

$\Delta C_L$  = 生物量損失之年碳貯存減少量（公噸碳/年）。

而生物量生長之年碳貯存增加量，依林木的地理區位、平均年生長情形及面積而異（式3）。

$$\Delta C_G = \sum_{ij} (A_{ij} \times G_{TOTAL\ ij} \times CF_{ij}) \quad (3)$$

式中：

$\Delta C_G$  = 生物量生長之年碳貯存增加量（公噸碳/年）；

A = 面積（公頃）；

$G_{TOTAL}$  = 平均年生物量累積量（公噸 - 乾物質 / 公頃 / 年）；

i = 生態區（i = 1 至 n）；

j = 氣候型（j = 1 至 m）；

CF = 碳含量比例（公噸碳 / 公噸 - 乾物質）

平均年生物量累積量，在方法1的情況時，可依林木地上部的平均年生物量增加量乘上根莖比可得出（式4）。在方法2及3，林木地上部的平均年生物量增加量可由特定林木（植被）的年平均材積生長量乘上其轉換生物量和擴展係數可得出（式5）。

$$\text{方法 1 } G_{TOTAL} = \sum \{G_W \times (I+R)\} \quad (4)$$

$$\text{方法 2、3 } G_{TOTAL} = \sum \{IV \times BCEF_1 \times (I+R)\} \quad (5)$$

式中：

$G_{TOTAL}$  = 平均年生物量累積量（公噸 - 乾物質 / 公頃 / 年）；

$G_W$  = 在特定林木（植被）類型地上部生物量的平均年生長量（公噸 - 乾物質 / 公頃 / 年）；

R = 根莖比；

IV = 特定林木（植被）類型的年平均材積生長量（ $m^3$  / 公頃 / 年）；

$BCEF_1$  = 特定林木（植被）類型之轉換生物量和擴展係數，將材積（包括樹皮）轉換為地上部生物量。

如直接的  $BCEF_1$  不可得知，則可使用生物量擴展係數（ $BEF_1$ ）與基本比重（D）值相乘得出（式6）。

$$BCEF_1 = BEF_1 \times D \quad (6)$$

生物量損失之年碳貯存減少量為用材伐採、薪材收穫與干擾等因素所引起的年碳貯存減少量（式7）。

$$\Delta C_L = L_{wood-removals} + L_{fuelwood} + L_{disturbance} \quad (7)$$

式中：

$\Delta C_L$  = 生物量損失之年碳貯存減少量（公噸碳/年）；

$L_{wood-removals}$  = 用材伐採所引起的年碳貯存減少量（公噸碳/年）；

$L_{fuelwood}$  = 薪材收穫所引起的年碳貯存減少量（公噸碳/年）；

$L_{disturbance}$  = 干擾等其他因素所引起的年碳貯存減少量（公噸碳/年）

用材伐採所引起的年碳貯存減少量，主要受每年伐採量所影響（式 8）。

$$L_{\text{wood-removals}} = \{H \times BCEF_R \times (1+R) \times CF\} \quad (8)$$

式中：

$L_{\text{wood-removals}}$  = 用材伐採所引起的年碳貯存減少量（公噸碳/年）；

$H$  = 每年伐採量（ $m^3$ /年）；

$R$  = 根莖比；

$CF$  = 乾物質碳含量比例（公噸碳 / 公噸 - 乾物質）；

$BCEF_R$  = 將木材伐採材積換算為地上部總生物量（含樹皮）的生物量擴展係數。

如直接的  $BCEF_R$  不可得知，則可使用伐採生物量擴展係數（ $BEF_R$ ）與基本比重（ $D$ ）值相乘得出（式 9）。

$$BCEF_R = BEF_R \times D \quad (9)$$

薪材收穫所引起的年碳貯存減少量，主要受每年收穫薪材的全株與林木材積而異（式 10）。

$$L_{\text{fuelwood}} = \{FG_{\text{trees}} \times BCEF_R \times (1+R)\} \times CF \quad (10)$$

式中：

$L_{\text{fuelwood}}$  = 薪材收穫所引起的年碳貯存減少量（公噸碳/年）；

$FG_{\text{trees}}$  = 每年收穫薪材（ $m^3$ /年）；

$R$  = 根莖比；

$CF$  = 乾物質碳含量比例（公噸碳 / 公噸 - 乾物質）；

$BCEF_R$  = 將木材伐採材積換算為地上部總生物量（含樹皮）的生物量擴展係數。

如直接的  $BCEF_R$  不可得知，則可使用伐採生物量擴展係數（ $BEF_R$ ）與基本比重（ $D$ ）值相乘得出（式 11）。

$$BCEF_R = BEF_R \times D \quad (11)$$

干擾等其他因素所引起的年碳貯存減少量，依干擾面積及該地區原先的生物量及所造成的生物量損失程度而異（式 12）。

$$L_{\text{disturbance}} = \{A_{\text{disturbance}} \times BW \times (1+R) \times CF \times fd\} \quad (12)$$

如因干擾所損失的生物量可以計算，則可將上式加以修正為：

$$L_{\text{disturbance}} = \{DV \times BCEF_1 \times (1+R) \times CF \times fd\} \quad (13)$$

式中：

$L_{\text{disturbance}}$  = 干擾等其他因素所引起的年碳貯存減少量（公噸碳/年）；

$A_{\text{disturbance}}$  = 受干擾影響的森林面積（公頃/年）；

$BW$  = 受干擾影響地區的平均地上部生物量（公噸/公頃）；

$R$  = 根莖比；

$CF$  = 碳含量比例（公噸碳 / 公噸 - 乾物質）；

$fd$  = 干擾造成該地生物量損失程度（如由於干擾造成林分生物量全部損失，則  $fd = 1$ ，如因病蟲害干擾而僅造成部分生物量的損失，則  $0 < fd < 1$ ）；

$DV$  = 受干擾所損失的材積量（ $m^3$ ）；

$BCEF_1$  = 特定林木（植被）類型之轉換生物量和擴展係數，將材積（包括樹皮）轉換為地上部生物量。如直接的  $BCEF_1$  不可得知，則可使用生物量擴展係數（ $BEF_1$ ）與基本比重（ $D$ ）值相乘得出（式 6）。

## B. $\Delta C_{\text{DOM}}$ 死有機物質（Dead organic matter）碳貯存量變化

採用方法 I（Tier I），對於這些碳庫中的碳貯存量變化並不明顯，因此其預設值可假設為零，即投入與損失相抵，因此死有機質碳貯存量變化淨值為零。當國家於報告年間沒有經歷森林類型、干擾動或經營體制的重大轉變，這是個安全的假設。

## C. $\Delta C_{\text{Soils}}$ 土壤（Soils）碳貯存量變化

上述假設可同樣應用於土壤碳庫，淨碳儲存變化量為 0。

### (2) 排放係數（或轉換係數）

基本比重（ $D$ ）：針葉樹林型採用王兆桓（2008）<sup>2</sup> 對 6 種針葉樹種研究數據，依各樹種

2 王兆桓，森林蓄積量與生物量轉換模式之建立（3/3）。林務局委託研究報告，2008。

第四次森林資源調查之面積加權計算平均，其值為 0.41。闊葉樹則將林裕仁等（2002）<sup>3</sup> 對 15 種闊葉樹種研究之結果進行平均，為 0.56。針闊葉混淆林為針葉樹與闊葉樹之平均值 0.49。

生物量擴展係數 ( $BEF_I$ 、 $BEF_R$ )：針葉樹數值取自王兆桓（2008）<sup>2</sup> 各針葉樹種之平均值 1.27。闊葉樹採用各文獻之中位數 1.40，共有王兆桓與劉知好（2006）<sup>4</sup>、王兆桓（2008）<sup>2</sup>、李宣德與馮豐隆（2010）<sup>5</sup>、林國銓等（1994）<sup>6</sup> 與林國銓與何淑玲（2005）<sup>7</sup>，5 篇文獻。針闊葉混淆林為針葉樹與闊葉樹之平均值 1.34。

生物量轉換與擴展係數 ( $BCEF_I$ 、 $BCEF_R$ )：於針葉樹部分同樣採用王兆桓（2008）<sup>2</sup>，取其平均值 0.51。闊葉樹則取王兆桓（2008）<sup>2</sup>、林國銓等（2007<sup>8</sup>、2006<sup>9</sup>、2008<sup>10</sup>、2009<sup>11</sup>、林國銓與何淑玲（2005）<sup>7</sup>、許原瑞等（與許原瑞（2008）<sup>12</sup>，以 7 篇文獻之中位數 0.92 為代表。針闊葉混淆林為針葉樹與闊葉樹之平均值 0.72。

根莖比 (R)：因國內針葉樹研究報告缺乏，故採用 2006 IPCC 指南對亞熱帶濕潤林的預設值之平均 0.22 作為針葉樹的 R 值。闊葉樹則採用李宣德與馮豐隆（2008）<sup>13</sup>、林國銓等（2006<sup>14</sup>、2007<sup>7</sup>、2008<sup>8</sup>、2009<sup>9</sup>、2010<sup>15</sup>、林國銓與何淑玲（2005）<sup>6</sup>、柯淑惠（2005）<sup>16</sup>、陳財輝等（1998）<sup>17</sup> 及陳財輝與呂錦明（1988）<sup>18</sup> 共 10 篇文獻，7 種樹種，取其之中位數 0.24 為代表。針闊葉混淆林為針葉樹與闊葉樹之平均值 0.23。

碳含量比例 (CF)：根據林裕仁等（2002）<sup>2</sup> 對臺灣 24 種主要用材進行的研究，分別使用針葉樹種與闊葉樹種實驗結果的平均值，針葉樹與闊葉樹碳含量比例分別為 0.4821 與 0.4691。針闊葉混淆林為針葉樹與闊葉樹之平均值為 0.4756。

竹林之碳轉換係數，基本比重 (D) 採用王義仲與陳周宏（1995）<sup>19</sup>、王義仲（2006）<sup>20</sup> 及林裕仁等（2011）<sup>21</sup> 三篇研究，共六種竹種，取

2 IPCC, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1997.

3 林裕仁、劉瓊霽、林俊成，臺灣地區主要用材比重與碳含量測定。臺灣林業科學 17 (3)：291-299，2002。

4 王兆桓、劉知好，森林蓄積量與生物量轉換模式之建立。2006 森林碳吸存研討會論文集：200-215，2002。

5 李宣德、馮豐隆，臺灣地區樟樹生物量擴展係數之建立。林業研究季刊 32 (3)：45-54，2010。

6 林國銓、洪富文、游漢明、馬復京，福山試驗林闊葉林生態系生物量與葉面積指數的累積與分布。林業試驗所研究報告季刊 9 (4) 299-315，1994。

7 林國銓、何淑玲，由生物量推估台灣不同林分之碳儲存量：森林經營對二氧化碳吸存之貢獻研討會論文集：97-108，2005。

8 林國銓、杜清澤、黃菊美，苗栗地區相思樹和木油桐人工林碳和氮累積量及生產量之估算。中華林學季刊 40 (2)：201-218，2007。

9 許原瑞、洪昆源、王巧萍、吳孟鈴、邱祈榮，海岸林分生物量調查規劃，2006 年森林碳吸存研討會論文集：217-235，2006。

10 林國銓、黃菊美、杜清澤，櫟木人工林造林木碳貯存量和吸存量之估算。國家公園學報 18 (2)：45-58，2008。

11 林國銓、杜清澤、黃菊美，台東地區相思樹與楓香兩人工林碳累積量。林業研究季刊 31 (3)：55-68，2009。

12 許原瑞，按樹類的生物量與碳蓄積量。97 年度森林碳管理研討會論文集：17-29，2008。

13 李宣德、馮豐隆，森林碳吸存資源調查推估模式系統—以臺灣樟樹為例。臺灣林業科學 23 (Supplement)：S11-22，2008。

14 林國銓、杜清澤、黃菊美、王巧萍，亞熱帶闊葉林林木粗根生物量和養分含量之估算。臺灣林業科學 21 (2)：155-166，2006。

15 林國銓、杜清澤、黃菊美，光蠟樹人工林碳貯存量和吸存量之估算。中華林學季刊 43 (2)：261-276，2010。

16 柯淑惠，台灣櫟人工林生物量及碳儲存量之研究。國立中興大學森林學系碩士論文。台中，2006。

17 陳財輝、許博行、張峻德，四湖木麻黃林分生物量及養分聚集。臺灣林業科學 13 (4)：325-349，1998。

18 陳財輝、呂錦明，苗栗海岸沙丘木麻黃人工林之生長及林分生物量。林業試驗所研究報告季刊 3 (1)：333-343，1988。

19 王義仲、陳周宏，台灣產竹種工藝利用價值之評估 (I)，林產工業 14 (1)：82-94，1995。

20 王義仲，竹林生物量調查回顧與展望。2006 森林碳吸存研討會論文集：167-188，2006。

21 林裕仁、王秋嫻、Sara Wu，四種臺灣竹材碳轉換係數之分析。臺灣林業科學 26 (4)：341-355，2011。



其中位數 0.62。生物量擴展係數 (BEF) 與根莖比 皆以呂錦明與陳財輝 (1992)<sup>22</sup> 對桂竹林分生物量的研究結果，其數值分別為 1.40 與 0.46。碳含量比例則以林裕仁等 (2011)<sup>21</sup> 對孟宗竹、桂竹、麻竹及刺竹之碳轉換係數的研究，以四種竹材的平均值為代表，設為 0.4732。生長則依王義仲 (2006)<sup>20</sup> 的研究結果，每公頃 5 年生孟宗竹的竹稈生物量為 105.1 公噸，每公頃 5 年生桂竹的竹稈生物量為 33.3 公噸，將兩種竹類所得結果加以平均，可知平均每公頃竹稈年生長量為 13.84 公噸。

年生長量數據則推算自全國森林資源調查之成果，以第三次森林資源調查與第四次森林資源調查之單位面積材積相比較，即可獲得各林型之平均年生長量，結果如表 6.2.2。

### (3) 活動數據

以目前國內可取得及歸納之資料進行分類計算。

### A. 森林資源面積、蓄積與生長量

林地面積以全國森林資源調查之成果為主，第三次森林資源調查之調查時間為 1990 年 3 月至 1993 年 9 月，故假設以中間值 1991 年為基準年，而第四次森林資源調查之航照影像主要取自 2008 至 2010 年，故採用 2009 年為基準年。1991 年至 2009 年間的數據則採內插法推得。

2009 年後之林型面積，考量到崩場地因素，林地崩塌主要為林地覆蓋的改變，並非使用狀態的改變，因此仍屬於林地維持林地的狀態，但由於林地崩塌，其覆蓋的林木亦皆隨之崩落形成漂流木，無法持續生長，依據林務局 2010 年委託成功大學執行「運用衛星影像於全島崩場地判釋與災害分析」研究成果，將此種林地崩塌的面積予以扣除。將各年度崩場地圖層以空間聯集的方式累加，取得年度總累計崩場地積，再採取排除方式來運算，以第四次台灣森林資源調查成果的國有林土地利用圖為森林基線，透過森林基線扣除每年度總累積崩場地積，各年度崩場地面積如表 6.2.3 所示：

表 6.2.2 各排放係數值

林型 \ 係數	D	BEF	BCEF	R	CF	年生長量 (m <sup>3</sup> /ha)
天然針葉林	0.41	1.27	0.51	0.22	0.4821	3.15
天然針闊葉混淆林	0.49	1.34	0.72	0.23	0.4756	9.04
天然闊葉林	0.56	1.40	0.92	0.24	0.4691	3.30
人工針葉林	0.41	1.27	0.51	0.22	0.4821	7.36
人工針闊葉混淆林	0.49	1.34	0.72	0.23	0.4756	10.14
人工闊葉林	0.56	1.40	0.92	0.24	0.4691	4.26
木竹混淆林	0.49	1.34	0.72	0.23	0.4756	3.60
竹林	0.62	1.40	-	0.46	0.4732	13.84

註：竹類生長量應有高估情形，惟目前尚缺乏老熟竹林分碳匯之研究數據。

<sup>22</sup> 呂錦明、陳財輝，桂竹之林分構造及生物量一桶頭一桂竹林分之例。林業試驗所研究報告季刊 7 (1)：1-13，1992。



表 6.2.3 臺灣 2010 至 2013 年森林崩塌面積

林型 \ 係數	2010	2011	2012	2013	累計崩塌面積	累計崩塌比例 %
	公頃					
天然針	1,183	454	553	181	2,371	12.27
天然針闊混	856	211	267	146	1,480	7.66
天然闊	7,273	1,684	2,006	1,463	12,426	64.32
人工針	247	65	74	58	444	2.30
人工針闊混	227	48	48	47	370	1.92
人工闊	865	139	151	69	1,224	6.34
木竹混	463	67	22	26	578	2.99
竹	324	51	19	31	425	2.20
年崩塌面積	11,438	2,719	3,140	2,021		

此外，「其他土地轉變為林地」經過 20 年之過渡期後，計算時改納入林地維持林地的面積估算，如 1990 年之造林面積，至 2011 年時加總至林地維持林地之面積中。

經上述資料與步驟整理，各年度林地維持林地之面積如下：

#### B. 每年伐採量 (H)、每年收穫薪材材積 (FG<sub>trees</sub>)

根據歷年林務局之林業統計加以整理（如表 6.2.5）。

#### C. 受干擾影響的森林面積 (disturbance) 與所損失的材積量 (DV)

根據歷年之林務局之林業統計加以整理（表 6.2.6），其中受干擾影響之來源包括盜伐、火災、火警、濫墾及其他；幼齡木、幼苗、竹叢、副產物之損失未列入。

#### (4) 年碳量變化

1990 至 2013 年「林地維持林地」碳量變化估算結果，每年約固定 19,000 多千公噸之二氧

化碳當量，大致呈現穩定的狀態，主要係由於我國區域計畫法、森林法對於林業用地變更以及森林伐採均已訂有相關規範，且自 1992 年起即實施禁伐天然林政策，至林地變更為其他使用之情形極少，因此變動幅度小。惟其中 1991 年、2001 年及 2009 年，因森林大火與颱風等重大災害，促使當年度生物量年碳損失量 ( $\Delta C_L$ ) 較高，致該 3 年之碳吸收量較低，其餘各年均維持穩定之狀態。

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

評估不確定性，為計算國家溫室氣體清冊的良好作法之一，有助於確定那些項目及參數需優先進行改善，以便提高未來調查結果或國家清冊的準確性；也用在判斷不同機構（研究）或採用不同方法所作的估計間的一致性程度。產生不確定的來源包含：定義上的不確定性（例如定義不完整、不清楚或錯誤）；來自產生排放或吸收過程的自然變異的不確定性；來自對評估過程

表 6.2.4 臺灣 1990 至 2013 年林地維持林地面積

(單位：公頃)

年度	天然針	天然針闊混	天然闊	人工針	人工針闊混	人工闊	木竹混	竹林
1990	220,100	331,600	975,800	218,400	59,600	144,600	76,150	76,150
1991	220,100	331,600	975,800	218,400	59,600	144,600	76,150	76,150
1992	221,621	322,107	984,722	212,881	61,544	143,421	78,004	78,099
1993	223,142	312,615	993,645	207,361	63,488	142,242	79,858	80,049
1994	224,664	303,122	1,002,567	201,842	65,432	141,063	81,711	81,998
1995	226,185	293,629	1,011,490	196,323	67,376	139,884	83,565	83,947
1996	227,706	284,137	1,020,412	190,804	69,320	138,705	85,419	85,897
1997	229,227	274,644	1,029,335	185,284	71,265	137,526	87,273	87,846
1998	230,749	265,152	1,038,257	179,765	73,209	136,347	89,127	89,796
1999	232,270	255,659	1,047,180	174,246	75,153	135,167	90,980	91,745
2000	233,791	246,166	1,056,102	168,727	77,097	133,988	92,834	93,694
2001	235,312	236,674	1,065,025	163,207	79,041	132,809	94,688	95,644
2002	236,833	227,181	1,073,947	157,688	80,985	131,630	96,542	97,593
2003	238,355	217,688	1,082,870	152,169	82,929	130,451	98,396	99,542
2004	239,876	208,196	1,091,792	146,650	84,873	129,272	100,250	101,492
2005	241,397	198,703	1,100,715	141,130	86,817	128,093	102,103	103,441
2006	242,918	189,211	1,109,637	135,611	88,761	126,914	103,957	105,390
2007	244,440	179,718	1,118,560	130,092	90,705	125,735	105,811	107,340
2008	245,961	170,225	1,127,482	124,573	92,649	124,556	107,665	109,289
2009	247,482	160,733	1,136,405	119,053	94,594	123,377	109,519	111,238
2010	246,298	159,877	1,129,132	118,807	94,367	122,511	109,056	110,914
2011	245,845	159,666	1,127,448	119,701	94,386	125,068	108,989	111,025
2012	245,292	159,399	1,125,442	120,976	94,390	127,919	108,967	111,006
2013	245,141	159,283	1,124,009	122,698	94,390	130,826	108,941	111,227

(取樣)、測量、使用的方法的不確定性、引用不完整參考資料或來自專家判斷的不確定性等。

目前已完成蒐集 IPCC 相關不確定性分析方法學，包含誤差傳遞法及蒙地卡羅分析等 2 種方法，後續將視實際資料情況選擇適當方法進行評估。

## (2) 時間序列一致性

活動數據主要採自全國森林資源調查數據，然全國森林資源調查並非每年進行調查，為符合時間序列的一致性，參考 IPCC 2006 指南，兩次調查間的年度以內插法推得各林型。又因第三次

與第四次林資源調查相隔久遠(約 18 年)，考量到調查技術之提升，以外推法可能會有高估變動之情形，故第四次森林資源調查(2009 年以後)使用替代數據—崩塌地圖層，來估算林地面積，待未來得到下一次的森林資源調查數據(或其他全國林地面積數據)，再以內插法修正數據。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

查證的定義：「查證指在清冊規劃、發展及完成後，收集可能有助於建立可信度的活動資料和程序步驟，以供清冊的查證程序使用。」。換言之，「查證(verification)」是對清冊報告

表 6.2.5 臺灣地區森林主產物採伐量

年度	面積 (ha)		林木材積 (m <sup>3</sup> )					竹類 (支)
	林地	竹林	天然針葉林	天然闊葉林	人工針葉林	人工闊葉林	新材	
1990	1,917	1,479	6,292	54,207	85,517	17,481	39,715	5,795,941
1991	1,046	1,683	4,191	26,244	64,436	7,885	23,303	4,318,917
1992	1,036	781	5,428	13,662	69,813	7,361	22,059	3,312,710
1993	575	675	4,457	2,724	50,683	5,245	8,625	2,176,352
1994	439	532	3,182	3,735	36,679	6,396	6,136	1,907,854
1995	625	587	5,536	349	35,440	4,876	16,976	2,161,413
1996	500	293	4,515	328	38,665	3,154	9,700	2,323,761
1997	448	184	4,597	309	32,831	3,071	11,365	1,232,119
1998	458	260	5,679	197	27,349	3,262	13,042	1,508,053
1999	393	493	3,177	964	22,267	6,540	9,997	1,841,708
2000	632	383	0	3,507	22,500	4,039	5,134	1,716,292
2001	405	124	0	7,414	21,171	11,741	7,533	558,927
2002	624	390	0	3,642	26,019	24,010	7,388	1,268,416
2003	739	455	128	771	56,764	9,597	18,282	2,174,351
2004	705	333	0	128	37,968	20,616	12,089	1,572,353
2005	500	342	2	533	35,393	16,649	7,481	1,694,291
2006	587	622	72	252	35,214	17,127	10,931	3,046,946
2007	326	339	1	145	40,253	15,182	11,638	2,864,482
2008	180	465	2	30	36,596	7,140	7,340	2,509,139
2009	158	438	0	760	32,058	7,774	3,690	3,266,805
2010	159	562	6	1,432	19,115	11,933	313	3,326,833
2011	142	370	117	131	27,674	8,216	774	1,875,466
2012	151	378	70	194	37,189	5,971	2,807	1,772,876
2013	170	285	25	400	26,461	7,516	7,817	1,532,111

資料來源：行政院農業委員會林務局之林業統計

中的排放/吸收量作定期審查，以建立清冊可信度。查證過程應做為品質保證(QA)和品質控制(QC)程序的一部分，以促進發展國家溫室氣體清冊的透明度、一致性、可比較性、完整性和準確性。

目前已完成蒐集 IPCC 相關查證方法學，後續將依前開規範及步驟進行相關查證。另配合由行政院環境保護署整合各部會就主管產業提報溫室氣體排放或吸收量，完成估算林業部門 1990 年至 2013 年森林及其他木質生物蓄積量的淨改

變對於溫室氣體減量貢獻，業經 104 年 5 月 6 日、20 日林業、農業部門專家研商會議審議通過，業依委員所提有關在林木生長碳量的計算上應扣除天然災害導致崩塌、伐採收穫面積等意見修正報告數據。

## 5. 特定排放源的重新計算

林業部門溫室氣體清冊中，林地維持林地使用之活動數據主要採自全國森林資源調查數據，過去因僅有第三次全國森林資源調查成果，故主

表 6.2.6 受干擾影響的森林面積與損失材積

年	次數 *	面積 (ha)	林木材積 (m <sup>3</sup> )	竹類 (支)
1990	352	4,031	3,395	0
1991	362	1,125	1,357,423*	163,220
1992	292	401	2,235	20,154
1993	359	1,251	9,944	24,196
1994	441	3,860	5,246	264,490
1995	336	546	1,873	105,600
1996	511	7,519	43,984	6,255,093
1997	305	2,969	14,572	2,330,329
1998	252	1,642	20,233	3,131,407
1999	429	2,440	75,991	2,692,378
2000	272	4,353	103,385	1,966,948
2001	263	1,621	645,328**	252,545
2002	347	742	3,670	35,657
2003	491	800	624	27,448
2004	251	1,006	26,764	394,651
2005	219	3,133	65,112	2,013,673
2006	210	158	2,017	99,200
2007	231	1,049	37,751	257,027
2008	317	284	4,182	26,962
2009	455	5,834	1,563,005***	2,486,573
2010	419	97	5,202	1,608
2011	476	33	1,344	731
2012	445	10	938	0
2013	413	15	1,540	750

資料來源：行政院農業委員會林務局之林業統計

\* 1991 年於南投縣信義鄉及嘉義縣阿里山鄉塔加地地區發生森林大火，範圍延燒約 300 多公頃，致林木損失材積量大。

\*\* 2001 年除丹大、梨山、雪山東峰及陽明山國家公園所發生之五次森林大火外，尚發生 59 次小火警，火災受損面積廣達 395 公頃，森林資源損失慘重。

\*\*\* 2009 年莫拉克風災對臺灣中、南部造成嚴重災害，尤其在高雄、屏東部分地區 3 天內降下超過 2,500 公釐的雨量，產生約 125 萬公噸漂流木，致林木損失材積量大。

要採用該數據，再搭配各年度崩塌地圖層與伐採面積，扣除後得到歷年林地面積。而第四次森林資源調查的成果已於 2015 年整理完成，為提升活動數據（林地面積）準確度，故以兩次森林資源調查之成果修正林地面積。

過去估算清冊時，年生長量是採用文獻數據，取自林務局於 1982 年出版的「臺灣林木資源之生長及枯死」，因現有兩次森林資源調查的

單位面積材積數據，故藉此估算年平均生長量，以更加符合兩次調查間林木生長之狀況。

另外，為提升本土排放係數數值之準確度，蒐集國內相關文獻研究，並於 2015 年 3 月 19 日與 7 月 1 日邀請專家學者召開排放係數之專家諮詢會議與工作委員會，重新商討排放係數之採用方法與數據，以此重新估算碳吸收量。

表 6.2.7 臺灣 1990 至 2013 年林地維持林地之年碳量變化

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	生物量年碳儲存增加量 ( $\Delta C_G$ )	生物量年碳儲存損失量 $\Delta C_L$			碳量變化 ( $\Delta C$ )	二氧化碳量變化
		伐採損失碳量 ( $L_{wood-removals}$ )	新材收穫損失碳量 ( $L_{fuelwood}$ )	干擾損失碳量 ( $L_{disturbance}$ )		
1990	-5,395	142.93	21.25	1.43	-5,229	-19,174
1991	-5,395	96.25	12.47	573.90	-4,712	-17,279
1992	-5,398	77.84	11.80	1.21	-5,308	-19,461
1993	-5,402	49.73	4.62	4.51	-5,343	-19,591
1994	-5,405	42.73	3.28	5.72	-5,353	-19,629
1995	-5,409	43.81	9.08	2.19	-5,353	-19,629
1996	-5,412	45.70	5.19	101.65	-5,259	-19,284
1997	-5,415	29.41	6.08	37.11	-5,343	-19,590
1998	-5,419	31.80	6.98	50.14	-5,330	-19,543
1999	-5,422	36.12	5.35	67.79	-5,313	-19,480
2000	-5,425	33.60	2.75	69.69	-5,319	-19,505
2001	-5,429	24.03	4.03	275.16	-5,126	-18,794
2002	-5,432	39.46	3.95	2.02	-5,387	-19,752
2003	-5,436	51.51	9.78	0.63	-5,374	-19,704
2004	-5,439	43.39	6.47	16.52	-5,373	-19,700
2005	-5,442	42.33	4.00	54.19	-5,342	-19,587
2006	-5,446	60.38	5.85	2.17	-5,377	-19,717
2007	-5,449	58.34	6.23	19.32	-5,365	-19,673
2008	-5,453	48.16	3.93	2.12	-5,398	-19,794
2009	-5,456	57.60	1.97	691.37	-4,705	-17,252
2010	-5,430	57.10	0.17	2.21	-5,371	-19,693
2011	-5,435	37.73	0.41	0.13	-5,397	-19,789
2012	-5,439	38.04	1.50	0.05	-5,400	-19,799
2013	-5,449	32.54	4.18	0.18	-5,413	-19,846

註： $\Delta C = \Delta C_G - (L_{WOOD-REMOVALS} + L_{fuelwood} + L_{disturbance})$ 

表 6.2.8 不確定性分析方法之比較

估算方法	誤差傳遞法	蒙地卡羅分析
適用情況	參數不確定性較小時 各參數不確定性分配需為常態分配 參數間是完全獨立(沒有相關性)	參數不確定性較大時 各參數不確定性分配不需為常態分配 參數間容許有相關性
優點	可用 Excel 等試算軟體計算、計算方便參(變)數	可適用於參(變)數為各種分配適用範圍較廣
缺點	僅適用於常態分配, 適用範圍較窄	需有經驗值才能找出變數的分配情形, 及其中之參數值, 過程通常相當複雜, 需使用統計軟體

表 6.2.9 IPCC 查證方法比較

方法	方法一 其他成果比較法	方法二 更高層級比較法	方法三 直接測量法	方法四 遙測法	方法五 模型法
土地面積	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	不適用	合適	不適用
碳庫					
地上部生物量	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	合適（需要地面數據）	合適（迴歸、生態系及生長模式）
地下部生物量	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	不適用	合適（迴歸、生態系及生長模式）
枯死木	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	不適用	適用（生態系統及調查基準的模式）
枯枝落葉	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	不適用	適用（生態系統及調查基準的模式）
土壤有機物	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	不適用	適用（生態系統及調查基準的模式）
非二氧化碳溫室氣體 Non-二氧化碳	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	不適用	合適（生態系統模式）
排放因子	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	不適用	合適（生態系統模式）
基於活動 / 土地的報告					
林地、草地、農地、其他土地利用	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	合適，特別在辨別土地利用及其之間的轉變	合適，數據密集型，當不允許直接測量或遙測時，可作為替代的方法
造林、再造林、毀林、專案 (project)	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	合適，特別在辨別土地利用及其之間的轉變	不實際

## 6. 改善計畫

(1) 在不確定性分析方面，已蒐集國際估算方法，包含誤差傳遞法及蒙地卡羅分析方法，並就前開 2 種方法之適用情況進行分析比較，初步歸納出誤差傳遞法較為符合我國資料狀況，後續將據以估算。

(2) 查證過程為品質保證 (QA) 和品質控制 (QC) 程序的一部分，以促進發展國家溫室氣體清冊的透明度、一致性、可比較性、完整性和準確性。目前已完成蒐集 IPCC 相關查證方法學，後續將依前開規範及步驟進行相關查證。

### 6.2.2 其他土地轉變為森林

#### 1. 排放源及匯分類的敘述

土地轉變為森林之碳庫 (carbon pool) 與

林地維持林地相同，區分為生物量 (Biomass) (包含地上部及地下部生物量)、死有機質 (Dead organic matter) (包含死木與枯落物)、土壤 (Soils) (包含土壤有機質) 等 3 大類。各類碳庫說明如表 6.2.1 所示。

#### 2. 方法論議題：

(1) 計算方法：

##### A. $\Delta C_B$ 生物量 (Biomass) 碳貯存年變化量

有關生物量碳貯量變化，採用前述整理公式 1 至式 13 計算。

##### B. $\Delta C_{DOM}$ 死有機物質 (Dead organic matter) 碳貯存量變化

採用層級一方法，對於這些碳庫中的碳貯存量變化並不明顯，因此其預設值可假設為零，即投入與損失相抵，因此死有機質碳貯存量變化淨值為零。當國家於報告年間沒有經歷森林類型、

擾動或經營體制的重大轉變，這是個安全的假設。

### C. $\Delta C_{\text{Soils}}$ 土壤 (Soils) 碳貯存量變化

上述假設可同樣應用於土壤碳庫，淨碳儲存變化量為 0。

#### (2) 排放係數 (或轉換係數)

排放係數方面，基本比重 (D)、生物量擴

展係數 ( $BEF_I$ 、 $BEF_R$ )、根莖比 (R) 及碳含量比例 (CF) 採用與林地維持林地相同之數值，如表 6.2.10 所示。

材積生長量則依林俊成等人 (2002)<sup>23</sup> 對全民造林運動碳吸存潛力之評估結果，以樟樹、臺灣檫、相思樹、光臘樹等 4 種樹種之平均生長量做為闊葉林造林材積計算基準，而以肖楠、柳

表 6.2.10 臺灣 1990 至 2013 年土地轉變為林地面積

(單位：公頃)

年	針葉林		針闊葉混淆林		闊葉林		竹林	合計
	林業統計面積	總面積	林業統計面積	總面積	林業統計面積	總面積	林業統計面積	
1990	959	959	67	67	2,696	2,696	161	3,883
1991	1,350	1,350	52	52	3,002	3,002	252	4,656
1992	1,780	1,810	48	78	2,975	3,005	279	5,171
1993	1,481	1,511	0	30	2,999	3,029	303	4,873
1994	1,005	1,035	0	30	3,487	3,518	129	4,712
1995	614	644	0	30	2,832	2,862	112	3,648
1996	1,222	1,252	0	30	3,901	3,931	108	5,321
1997	1,709	1,739	0	30	3,438	3,468	100	5,337
1998	1,441	1,471	0	30	5,978	6,008	70	7,579
1999	1,516	1,547	2	32	6,653	6,683	129	8,391
2000	1,032	1,062	0	30	4,125	4,155	70	5,317
2001	796	826	0	30	4,068	4,098	70	5,024
2002	853	883	4	34	6,556	6,586	71	7,574
2003	492	522	31	61	6,717	6,747	45	7,376
2004	638	668	4	34	4,092	4,122	134	4,958
2005	62	93	0	30	1,477	1,507	57	1,687
2006	59	89	0	30	345	375	5	499
2007	313	343	0	30	818	848	5	1,226
2008	87	117	0	30	426	456	5	609
2009	671	701	0	30	2,595	2,625	1	3,357
2010	250	250	0	0	2,580	2,580	0	2,830
2011	291	291	0	0	6,807	6,807	1	7,099
2012	233	233	0	0	4,732	4,732	0	4,965
2013	424	424	0	0	2,210	2,210	0	2,634

資料來源：行政院農業委員會林務局之林業統計

<sup>23</sup> 林俊成、鄭美如、劉淑芬、李國忠，全民造林運動二氧化碳吸存潛力之經濟效益評估。台灣林業科學 17 (3)：311-321，2002。



杉、杉木等 3 種樹種之平均生長量做為針葉林造林材積計算基準，針闊葉混淆林平均生長量則為針葉林及闊葉林之平均值。竹林的平均生長量則依王義仲（2006）的研究結果，平均每公頃竹稈年生長量為 13.84 公噸。

### （3）活動數據

1992 至 2009 年土地轉變為林地的總面積以第三次森林資源調查到第四次森林資源調查間增加的森林覆蓋面積為主，並搭配林業統計造林資

料輔助林型分類，扣除林業統計 1992-2009 年之造林面積，剩餘增加之面積則視為天然更新，平均分配至各林型計算；其餘年度以林業統計的造林面積為主。各年度土地轉變為林地之面積如下表所示：

### （4）碳吸收量

1990 至 2013 年「其他土地轉變為林地」年碳量變化結果如表 6.2.11，主要隨著新植造林面積的累積，碳吸收量逐年增加，至 2013 年二氧

表 6.2.11 臺灣 1990 至 2013 年土地轉變為森林之年碳量變化

（單位：千公噸二氧化碳當量）

年	生物量年碳儲存增加量 $\Delta C_G$				碳量變化 $\Delta C$	二氧化碳量變化
	針葉林	針闊葉混淆林	闊葉林	竹林		
1990	-3.58	-0.36	-18.66	-2.16	-25	-91
1991	-3.58	-0.36	-18.66	-2.16	-25	-91
1992	-5.77	-0.36	-25.43	-5.53	-37	-136
1993	-8.73	-0.58	-31.67	-9.26	-50	-184
1994	-9.40	-0.46	-40.28	-13.32	-63	-233
1995	-9.42	-0.56	-53.46	-15.05	-78	-288
1996	-9.51	-0.67	-62.26	-14.39	-87	-318
1997	-13.03	-0.77	-81.87	-12.46	-108	-396
1998	-17.65	-0.93	-92.76	-10.07	-121	-445
1999	-20.36	-1.05	-124.15	-6.95	-153	-559
2000	-24.77	-1.21	-147.90	-6.94	-181	-663
2001	-26.76	-1.31	-151.39	-6.37	-186	-681
2002	-28.74	-1.41	-170.32	-5.87	-206	-757
2003	-31.06	-1.53	-206.44	-5.48	-245	-897
2004	-32.44	-1.77	-231.40	-5.15	-271	-993
2005	-35.90	-1.76	-237.66	-5.22	-281	-1,029
2006	-36.14	-1.87	-241.35	-5.05	-284	-1,043
2007	-38.14	-1.97	-249.34	-4.18	-294	-1,077
2008	-40.26	-2.07	-264.85	-3.30	-310	-1,138
2009	-40.40	-2.16	-271.52	-2.77	-317	-1,162
2010	-43.42	-2.24	-290.35	-0.99	-337	-1,236
2011	-40.41	-1.99	-284.04	-0.23	-327	-1,198
2012	-38.26	-1.89	-308.45	-0.16	-349	-1,279
2013	-34.09	-1.71	-297.54	-0.10	-333	-1,223

註：資料總計因小數點取捨，取與各林型加總有些會有差異。

化碳吸收量已達 1,223 千公噸二氧化碳當量。

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

評估不確定性，為計算國家溫室氣體清冊的良好作法之一，有助於確定那些項目及參數需優先進行改善，以便提高未來調查結果或國家清冊的準確性；也用在判斷不同機構（研究）或採用不同方法所作的估計間的一致性程度。產生不確定的來源包含：定義上的不確定性（例如定義不完整、不清楚或錯誤）；來自產生排放或吸收過程的自然變異的不確定性；來自對評估過程（取樣）、測量、使用的方法的不確定性、引用不完整參考資料或來自專家判斷的不確定性等。

目前已完成蒐集 2006 IPCC 指南相關不確定性分析方法學，包含誤差傳遞法及蒙地卡羅分析等 2 種方法（詳細內容見表 6.2.8），後續將視實際資料情況選擇適當方法進行評估。

#### (2) 時間序列一致性

活動數據主要採自全國森林資源調查數據，以兩次資源調查間增加的面積為土地轉變為林地面積，然全國森林資源調查並非每年進行調查，為符合時間序列的一致性，參考 2006 IPCC 指南，以內插法將總面積分配至兩次調查間的年度，另外再搭配歷年林業統計的造林面積分類林型。

### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

查證的定義：「查證指在清冊規劃、發展及完成後，收集可能有助於建立可信度的活動資

料和程序步驟，以供清冊的查證程序使用。」。換言之，「查證（verification）」是對清冊報告中的排放 / 吸收量作定期審查，以建立清冊可信度。查證過程應做為品質保證（QA）和品質控制（QC）程序的一部分，以促進發展國家溫室氣體清冊的透明度、一致性、可比較性、完整性和準確性。

### 5. 特定排放源的重新計算

過去林業部門溫室氣體清冊中，因僅有一次性全國森林資源調查數據，故土地轉變為林地之活動數據是採用歷年林業統計的造林面積。而第四次森林資源調查的成果已於 2015 年整理完成，兩次資源調查間增加的面積視為土地轉變為林地之活動數據（並搭配歷年林業統計的造林面積分類林型），以此重新計算活動數據。

### 6. 改善計畫

- (1) 在不確定性分析方面，已蒐集國際估算方法，包含誤差傳遞法及蒙地卡羅分析方法，並就前開 2 種方法之適用情況進行分析比較，初步歸納出誤差傳遞法較為符合我國資料狀況，後續將據以估算。
- (2) 查證過程為品質保證（QA）和品質控制（QC）程序的一部分，以促進發展國家溫室氣體清冊的透明度、一致性、可比較性、完整性和準確性。目前已完成蒐集 IPCC 相關查證方法學，後續將依前開規範及步驟進行相關查證。

## 參考文獻

1. IPCC, 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventory, 2006.
2. 王兆桓、劉知妤，森林蓄積量與生物量轉換模式之建立，2006 森林碳吸存研討會論文集：200-215，2006。
3. 王兆桓，森林蓄積量與生物量轉換模式之建立 (3/3)，2008。
4. 王義仲、陳周宏，台灣產竹種工藝利用價值之評估 (1)，林產工業 14 (1)：82-4，1995。
5. 王義仲。2006。竹林生物量調查回顧與展望，森林碳吸存研討會論文集：167-188，2006。
6. 呂錦明、陳財輝，桂竹之林分構造及生物量一桶頭一桂竹林分之例。林業試驗所研究報告季刊 7 (1)：1-13，1992。
7. 林俊成、鄭美如、劉淑芬、李國忠，全民造林運動二氧化碳吸存潛力之經濟效益評估。台灣林業科學 17 (3)：311-321，2002。
8. 行政院農業委員會林務局，第三次台灣森林資源及土地利用調查，1995。
9. 林國銓、何淑玲，由生物量推估台灣不同林分之碳儲存量，森林經營對二氧化碳吸存之貢獻研討會論文集：97-108，2005。
10. 林國銓、杜清澤、黃菊美、王巧萍，亞熱帶闊葉林林木粗根生物量和養分含量之估算，臺灣林業科學 21 (2)：155-166，2006。
11. 林國銓、杜清澤、黃菊美，苗栗地區相思樹和木油桐人工林碳和氮累積量及生產量之估算，中華林學季刊 40 (2)：201-218，2007。
12. 林國銓、杜清澤、黃菊美，台東地區相思樹與楓香兩人工林碳累積量，林業研究季刊 31 (3)：55-68，2009。
13. 林國銓、杜清澤、黃菊美，光蠟樹人工林碳貯存量和吸存量之估算，中華林學季刊 43 (2)：261-276，2010。
14. 林國銓、洪富文、游漢明、馬復京，福山試驗林闊葉林生態系生物量與葉面積指數的累積與分布，林業試驗所研究報告季刊 9 (4)：299-315，1994。
15. 林國銓、黃菊美、杜清澤，櫟木人工林造林木碳貯存量和吸存量之估算，國家公園學報 18 (2)：45-58，2008。
16. 林裕仁、王秋嫻、Sara Wu，四種臺灣竹材碳轉換係數之分析，臺灣林業科學 26 (4)：341-355，2011。
17. 林裕仁、劉瓊霏、林俊成，臺灣地區主要用材比重與碳含量測定，臺灣林業科學 17 (3)：291-299，2002。
18. 柯淑惠，台灣櫟人工林生物量及碳儲存量之研究，國立中興大學森林學系碩士論文，台中，2006。
19. 許原瑞、洪昆源、王巧萍、吳孟鈴、邱祈榮，2006 海岸林分生物量調查規劃，2006 年森林碳吸存研討會論文集：217-235，2006。
20. 許原瑞，桉樹類的生物量與碳蓄積量，97 年度森林碳管理研討會論文集：17-29，2008。
21. 陳財輝、呂錦明，苗栗海岸砂丘木麻黃人工林之生長及林分生物量，林業試驗所研究報告季刊 3 (1)：333-343，1988。
22. 陳財輝、許博行、張峻德，四湖木麻黃林分生物量及養分量聚集，臺灣林業科學 13 (4)：325-349，1998。