

---

AR-TMS0002

小規模減量方法

---

加強森林經營碳匯專案

Carbon Sink Project for Improved Forest Management

版本 01.0

範疇別：B-11 林業

---

-目錄-

I. 減量方法提案緣起及背景 .....	1
II. 既有減量方法差異說明 .....	2
III. 減量方法計算式設計概念 .....	6
IV. 小規模減量方法 .....	7
1. 介紹 .....	7
2. 範疇、適用條件及生效日 .....	7
2.1 範疇 .....	7
2.2 適用條件 .....	8
2.3 生效日 .....	8
3. 名詞定義 .....	8
4. 專案邊界及土地合格性 .....	9
5. 外加性 .....	10
6. 基線移除或排放 .....	11
7. 專案移除或排放 .....	14
7.1 專案林分生物量碳儲存變化量 .....	15
7.2 專案邊界內收穫林產品之碳儲存變化量 .....	16
7.3 收穫搬出材積運輸之碳排放量 .....	18
7.4 專案邊界內非二氧化碳溫室氣體排放量 .....	19
8. 洩漏排放 .....	20
9. 淨移除量 .....	20
9.1 預設數據與參數說明 .....	21
10. 監測方法 .....	28
10.1 應監測之數據與參數說明 .....	29
附表 .....	33
引用文獻 .....	34

## I. 減量方法提案緣起及背景

森林可經由光合作用吸收並固定大氣中之二氧化碳，透過造林與加強森林經營可增加對大氣二氧化碳之吸收與儲存效益。依據京都議定書第3.3及3.4條規範，新植造林（Afforestation）、再造林（Reforestation）及加強森林經營（Improved Forest Management, IFM），其額外增加之碳吸存量可併入排放減量值。依據第四次全國森林資源調查報告，臺灣森林覆蓋面積約為陸域面積之60.71%，對國家溫室氣體減量具有一定比例貢獻，在淨零12項關鍵戰略之自然碳匯中，藉由「增加森林面積」、「加強森林經營」及「提升國產材利用」等三大策略，可達成森林增匯之目標。加強森林經營，即改善既有森林經營措施，以永續經營或提高生產量之手段以達成生產與保育並濟之目的，其中包含（1）森林保護和保育：保護現有森林免於毀林或退化，從而維持或增強其吸收二氧化碳能力。（2）實踐永續森林經營：實施保證森林資源永續利用、維持森林健康和活力、增強生物多樣性之林業活動。（3）增加碳儲存量：通過各種林業技術，例如：修枝、疏伐、延長輪伐期、改變經營目標等，增加森林生態系統中之碳儲存量，提高森林生長率、森林密度和生物量等。

加強森林經營碳匯專案已在各國發展，並廣泛流通於自願性碳市場，專案所對應之減量方法亦隨著各國適用狀況而變化，本減量方法為針對既有森林，鼓勵投入加強森林經營措施、促進收穫林產品生產利用，以提升我國森林碳匯效益，實現淨零排放目標。本減量方法為參考「造林與植林碳匯專案活動」（AR-TMS0001）、查證碳標準（Verified Carbon Standard, VCS）、日本國內抵換制度（J-Credit）等三項標準化指南內容，並參照我國林業發展現況與各情境之適用性進行調整所建立，以落實森林經營所產生之淨碳移除量符合可量測、可報告及可驗證（Measurable, Reportable, Verifiable, MRV），並促進國內森林經營永續發展和利用。

## II. 既有減量方法差異說明

表一、本減量方法與既有減量方法差異比較表

差異說明	本減量方法 【AR-TMS0002/加強森林經營碳匯專案】	既有減量方法 【AR-TMS0001/造林與植林碳匯專案活動 (ver 1.0)】
出處		現行溫室氣體自願減量方法學
涉及之減量措施	森林經營	造林/再造林
(1) 適用條件	<p>1. <b>【符合森林定義】</b> 以聯合國糧農組織 (FAO) 對森林之定義：即面積在 0.5 公頃以上，樹高 5 公尺以上、樹冠覆蓋率 10% 以上，或於生育地之林木成熟後符合前述條件。<u>專案土地於註冊申請前須符合森林定義。</u></p> <p>2. <b>【適用範疇】</b> 適用於實施加強森林經營措施之森林，不適用位於重要濕地和以竹林經營為主之土地。</p> <p>3. <b>【土壤擾動相關規範】</b> 專案採行之加強森林經營措施須符合森林經營及水土保持相關規範要求。</p> <p>4. <b>【專案規模內容】</b> 專案每年溫室氣體淨移除量應小於或等於 20,000 公噸二氧化碳當量 (tCO<sub>2</sub>e)，且整個專案淨移除量需為正值。</p> <p>5. <b>【申請註冊前已實施之措施】</b> 註冊申請日前 3 年內實施之各項加強森林經營措施，得列入為專案情境。</p>	<p>1. 依照聯合國清潔發展機制 (CDM) 造林及再造林專案活動執行於「濕地以外」(含政府獎勵造林的相關政策)，其濕地類別包括潮間帶濕地及水庫邊緣的季節性氾濫區域。</p> <p>2. 參照 CDM 對造林專案小規模減量方法學的規範，專案活動之植林毗連面積應大於 0.5 公頃 (ha)，且年平均減量/移除量應小於 16,000 公噸二氧化碳當量 (tCO<sub>2</sub>e)。</p> <p>3. 適用於 2000 年 1 月 1 日以後開始造林的專案活動。</p> <p>4. 平地造林土壤擾動面積不能超過 40%，而山坡地造林不能超過 33%。</p>
(2) 專案邊界	<p>1. <b>【專案邊界範圍】</b> 專案邊界指<u>實施專案活動之地理位置、專案活動邊界範圍，以及具有控制權之排放源和碳匯。可為不同分散之土地。</u></p> <p>2. <b>【土地合格性】</b> 專案申請者應提出以下資料，證明邊界範圍、土地合格性及為土地權利關係人 (土地所有權人或使用權人)： (1) 證明專案土地利用於註冊申請前符合森林定義。 (2) 證明專案活動實施土地非位於</p>	專案申請者提供證明文件及非森林地的定義，因 2000 年以前的空間資料解析度及取得較困難，對造林及再造林專案活動沒有嚴格的定義。

差異說明	本減量方法 【AR-TMS0002/加強森林經營碳匯專案】	既有減量方法 【AR-TMS0001/造林與植林碳匯專案活動 (ver 1.0)】
	<p>重要濕地範圍內。</p> <p>(3) 申請註冊日前3年內實施之各項加強森林經營措施，應提供森林經營相關資料與記錄等，及證明措施執行起始日期及對應基線情境之資料。</p> <p>(4) 提供地籍資料並附記土地邊界之TWD97 TM2坐標，如土地權屬證書、地籍圖、土地清冊、所有權人登記或效期內租約等。</p>	
(3) 基線移除或排放 (含基線排放計算式)	<p>1. 基線情境為未實施專案活動前原已存在之土地使用或經營狀態。</p> <p>2. 專案註冊申請日前3年內實施之措施，應提供相關資料經認定後方得列入為專案情境，逾3年之措施應認定為基線情境。</p> <p>3. 基線移除或排放，為基線情境下於專案邊界範圍內，碳庫之碳儲存變化量總和。</p> <p>4. 基線調查可依基線情境選擇<u>歷史基線</u>或<u>動態基線</u>方式以預估基線移除或排放量。歷史基線採用過去歷史資料預估；動態基線則於專案活動實施時於專案範圍內設立具代表性之對照樣區進行監測。</p> <p>5. <math>\Delta C_{BSL,t} = \Delta C_{FR\_BSL,t}</math> 將第t年之基線移除量 (<math>\Delta C_{BSL,t}</math>) 設定為第t年專案邊界內基線淨移除年變化量 (<math>\Delta C_{FR\_BSL,t}</math>)。【考量基線灌木、枯死木及枯落物之碳儲存變化量不大，因此以保守方式得忽略不計】</p> <p>6. 【基線收穫林產品】 林分收穫於國內森林經營過程中並不具有一定之模式或規律性，視木材利用、林分生長狀態、經營目標、經濟成本效益等因素而異，故基線收穫林產品推估困難，因此不納入計算。</p>	<p>1. 主要參酌 AR-AMS0007 之基線排放方法，另依日本 J-Credit 制度植林減量方法學 (F0-002) 之<u>碳庫計算僅考量地上部及地下部生物量的碳儲存變化量</u>。</p> <p>2. <math>\Delta C_{BSL,t} = \Delta C_{TREE\_BSL,t}</math> 【考量基線灌木、枯死木及枯落物之碳儲存變化量不大，因此將其碳儲存變化量設定為零。參照 CDM 執行理事會提出的「基線現存木質生物量變化不顯著評估原則」來判斷基線生物量碳儲存變化是否可假設為零，否則應加以計算。】</p>
(4) 專案移除或排放 (含專案排放計算式)	<p>1. 專案邊界內碳庫之碳儲存變化量，主要考量林分生物量 (<math>\Delta C_{FR\_P,t}</math>) 及收穫林產品之碳儲存變化量 (<math>C_{HWP\_P,t}</math>)，並減去運輸 (<math>E_{CO_2,P,t}</math>) 及因火災造成之非二氧化碳溫室氣體</p>	<p>1. 主要參酌 AR-AMS0007 之專案排放方法，但在溫室氣體排放方面，因國內造林、再造林及森林經營過程大部分不採行焚燒，若專案活動無此行為，計算時以零排放計算。</p>

差異說明	本減量方法 【AR-TMS0002/加強森林經營碳匯專案】	既有減量方法 【AR-TMS0001/造林與植林碳匯專案活動 (ver 1.0)】
	<p>排放量 (GHG<sub>E,t</sub>)。</p> <p>2. <math>\Delta C_{AT,t} = \Delta C_{FR,P,t} + C_{HWP,P,t} - E_{CO_2,P,t} - GHG_{E,t}</math>  <b>【考量專案活動期間灌木、枯死木、枯落物及土壤有機碳之碳儲存變化量不大，因此以保守方式得忽略不計】</b></p> <p>3.對於專案事前估算，由於無法預測專案邊界內之火災或其他自然災害發生情況，因此專案邊界內非二氧化碳溫室氣體排放，即 <u>GHG<sub>E,t</sub>得忽略不計</u>，如實際發生則需計算。</p> <p>4. <b>【專案收穫林產品計算方式】</b>  在專案期間，收穫林產品是碳匯來源之一。在永久性及保守性之考量下，收穫林產品之碳儲存，僅採計林產品生產後 40 年仍留存之碳儲存量。  <math>C_{HWP,P,t} = C_{STEM,P,t} \times SF_{BT}</math>  <math>C_{STEM,P,t} = \sum_j (V_{FR,P,j,t} \times D_j) \times CF \times 44/12</math></p> <p>5. <b>【收穫搬出材積運輸之碳排放量】</b>  收穫搬出材積運輸過程中，交通工具之碳排放量應計入專案排放。申請者應收集伐採地點至集散地之距離和收穫搬出材積總重量等相關資料，以碳足跡係數計算排放量。  <math>E_{CO_2,P,t} = \sum (W_{P,t} \times d_{P,t} \times EF_{CO_2}) \times 10^{-3}</math></p>	<p>2. <math>\Delta C_{ACTUAL,t} = \Delta C_{TREE\_PROJ,t} - GHG_{E,t}</math>  <b>【考量專案活動期間灌木、枯死木、枯落物及土壤有機碳的碳儲存變化量不大，因此以保守方式不計，並詳細說明各項目的計算方法】。</b></p>
(5) 監測方法/參數	<p>1. <b>【監測頻率】</b>  專案申請者應提供森林經營監測計畫，並於專案查證前至少執行一次監測工作。</p> <p>2. <b>【監測方法】</b>  專監測計畫之方法可參照已公開發表或正式出版森林碳匯調查及監測相關手冊或指南說明，或其他公開認證之調查方式。</p> <p>3. <b>【監測計畫項目】</b>  森林經營監測計畫應包含：調查項目與範圍、監測工作人員、碳匯估算方法、測量參數、調查規劃、樣區設置、調查工具、標準作業程序</p>	<p>1.主要參照 AR-AMS0007 (Ver3.1) 監測頻率為專案註冊前及申請查證前再進行監測。收集的相關數據應至少保存至最後一次核發減量額度後 2 年。</p> <p>2.採用國內普遍使用於森林資源資源調查及森林經營的監測作法，樣區設置大小調整為 10 m×10 m 或 20 m×20 m 的正方形樣區。</p> <p>3.列出應監測及預設數據與參數，其中預設數據與參數說明彙整國內相關文獻資料(如木材密度、林木主幹生物量與地上部生物量之轉換係數、生物量的含碳率、生物量方程</p>

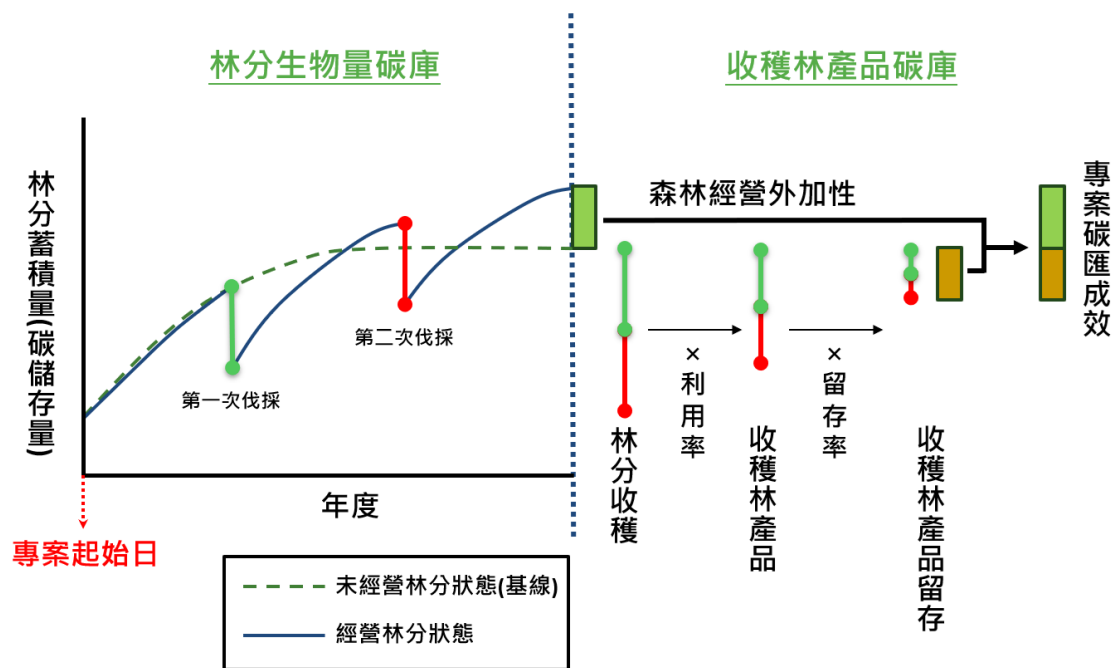
差異說明	本減量方法 【AR-TMS0002/加強森林經營碳匯 專案】	既有減量方法 【AR-TMS0001/造林與植林碳匯專 案活動 (ver 1.0)】
	<p>(SOP)、品質保證(QA)及品質控制(QC)程序和結果。</p> <p>4.【資料保存程序】 所有監測過程中蒐集之數據及QA/QC資料，皆須以電子或紙本方式保存至最後一次核發減量額度後2年。</p>	<p>式、立木材積方程式或立木材積表等)。</p>

### III. 減量方法計算式設計概念

表二、本減量方法計算式設計概念

項目	計算式	說明及參採來源
基線移除量 ( $\Delta C_{BSL,t}$ )	$\Delta C_{BSL,t} = \Delta C_{FR\_BSL,t}$	參酌 AR-TMS0001，將第 t 年之基線移除量 ( $\Delta C_{FR\_BSL,t}$ ) 設定為第 t 年專案邊界內基線淨移除年變化量。
專案移除量 ( $\Delta C_{AT,t}$ )	$\Delta C_{AT,t} = \Delta C_{FR\_P,t} + C_{HWP\_P,t} - E_{CO_2,P,t} - GHG_{E,t}$	參酌 AR-TMS0001 之專案方法，專案移除量 ( $\Delta C_{AT,t}$ ) 僅考量林木地上部及地下部生物量之碳儲存變化量 ( $\Delta C_{FR\_P,t}$ )。另在經營過程中如有收穫林分，應計算收穫林產品之碳儲存量 ( $C_{HWP\_P,t}$ ) 及收穫搬出材積運輸之排放量 ( $E_{CO_2,P,t}$ )。非二氧化碳溫室氣體排放方面，由於無法事先預測專案邊界內之火災發生情況，因此暫不考慮森林火災造成之專案邊界內非二氧化碳溫室氣體排放，即 <u><math>GHG_{E,t}</math></u> 得忽略不計，如實際發生則需計算。
專案淨移除量 ( $\Delta C_{NET,t}$ )	$\Delta C_{NET,t} = \Delta C_{AT,t} - \Delta C_{BSL,t}$	執行專案移除量減基線移除量之淨值。





圖一、加強森林經營減量方法設計概念圖，假設專案期間有兩次伐採為例（碳庫主要分為林分生物量及收穫林產品兩部分。林分生物量碳庫為藉實施加強森林經營措施，使林分碳儲存量高於基線情境；收穫林產品碳庫為藉由林分收穫並製成林產品，而增加林產品碳固定效益）

## IV. 小規模減量方法

### 1. 介紹

下表為本減量方法重要特性：

表三、減量方法重要特性

減量專案一般用法	透過森林經營增加碳匯量
溫室氣體減量類型	移除型

### 2. 範疇、適用條件及生效日

#### 2.1 範疇

引用本減量方法專案，主要透過加強森林經營措施以增加碳儲存量。

## 2.2 適用條件

- (1) 實施加強森林經營碳匯專案土地於註冊申請前須符合森林定義。
- (2) 本減量方法不適用位於重要濕地和以竹林經營為主之土地。
- (3) 本減量方法適用於實施加強森林經營措施之森林。
- (4) 專案採行之加強森林經營措施須符合森林經營及水土保持相關規範要求。
- (5) 專案每年溫室氣體淨移除量應小於或等於20,000公噸二氧化碳當量(tCO<sub>2</sub>e)，且整個專案淨移除量需為正值。
- (6) 註冊申請日前3年內實施之各項加強森林經營措施，得列入為專案情境。

## 2.3 生效日

生效日係以113年10月28日「環境部溫室氣體抵換專案及自願減量專案審議會第8次會議」決議審核通過為準。

## 3. 名詞定義

- (1) **重要濕地 (Important Wetland)**：依據濕地保育法對重要濕地定義為：「指具有生態多樣性、重要物種保育、水土保持、水資源涵養、水產資源繁育、防洪、滯洪、文化資產、景觀美質、科學研究及環境教育等重要價值，經評定及公告之濕地」。
- (2) **森林 (Forest)**：依據聯合國糧農組織 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) 對森林定義為：「面積在0.5公頃以上，樹高5公尺以上，樹冠覆蓋率10%以上，或於生育地之林木成熟後符合前述條件」。
- (3) **加強森林經營 (Improved forest management, IFM)**：指以林木經營為主並採取特定森林經營作法，透過調整和管控森林組成和結構、樹種更新、林分撫育或復育及其他育林和撫育措施等，以促進森林生長、提高林木品質與產量，並增強森林碳吸存能力及其他生態系服務功能發揮，包括間植、刈草、林分密度管理、疏伐、修枝、收穫及其他森林經營措施等。
- (4) **碳庫 (Carbon pool)**：森林內植物吸收二氧化碳後，將碳儲存的地方。包括林分生物量、林產品、枯死木、枯落物、土壤有機質。
- (5) **地上部生物量 (Aboveground biomass)**：指土壤以上所有活的林木之生物量，包括莖、殘幹 (Stump)、枝、樹皮、果實、種子和葉。
- (6) **地下部生物量 (Belowground biomass)**：指林木活根的所有生物量，但不包括難以從土壤有機質或枯落物中區分出來的細根 (即直徑小於2公釐細根得忽略不計)。

- (7) **枯死木 (Dead Wood)**: 除枯落物外所有的非活木質生物量，枯死木包括：直立、橫躺在地面上，或在土壤中直徑大於或等於10公分的枯倒木、死根和殘幹。
- (8) **枯落物 (Litter)**: 所有直徑大於2公釐的非活生物量及直徑小於枯死木所定義最小直徑 (10公分)、在礦質或有機質土壤上已死亡的及各種程度腐朽狀況的所有非活生物量，包括：土壤類型所定義的枯落物層及在礦質或有機質土壤中的活細根。
- (9) **土壤有機質 (Soil organic matter, SOM)**: 指土壤內所含的有機物質，由處於不同分解階段的植物和動物體殘渣、土壤生物的細胞和組織、以及土壤生物合成的物質所組成的。
- (10) **收穫林產品 (Harvest wood product, HWP)**: 以森林中收穫的林木材料，所生產製成之各類林產品。
- (11) **碳儲存變化量 (Carbon stocks change)**: 專案邊界內所選碳庫的碳儲存狀態於不同年度間的變化量，該變化量即為基線或專案碳移除量。

#### 4. 專案邊界及土地合格性

本減量方法的專案邊界乃指專案參與機構所規劃之實施專案活動的地理位置、專案活動邊界範圍，包含在執行加強森林經營措施前後，其具有控制權之溫室氣體排放源及碳匯。同一專案範圍可為不同分散之土地，各土地毗鄰面積皆須大於0.5公頃。在註冊申請專案時，申請者應提出以下資料證明專案邊界範圍、土地合格性及為土地權利關係 (土地所有權或使用權) 人。

- (1) 應提供可辨識地況之正射影像圖判別土地利用，並檢附拍攝日期時間，證明專案土地利用於註冊申請前符合森林定義。
- (2) 證明專案活動實施土地非位於重要濕地範圍內。
- (3) 註冊申請日前3年內實施之各項加強森林經營措施，應提供註冊申請日前之森林經營相關資料與紀錄等，及證明措施執行起始日期與對應基線情境之資料。
- (4) 應提供專案邊界內所有土地地籍資料並附記邊界之TWD97 TM2 (1997臺灣大地基準二度分帶坐標) 地理坐標，如土地權屬證明書、地籍圖、土地清冊、所有權人登記或效期內租約等文件，以證明為土地權利關係人。
- (5) 專案邊界內森林經營活動的碳庫計算包括地上部及地下部生物量；專案期間內的收穫林產品碳庫亦可納入計算；枯死木、枯落物及土壤有機質等碳庫則不予計算，如表四。

表四、專案邊界內森林經營活動的碳庫選擇

碳庫	是否選擇	說明
地上部生物量	是	森林經營活動的主要碳庫。
地下部生物量	是	森林經營活動的主要碳庫。
枯死木、枯落物及土壤有機質	否	森林經營活動中枯死木和地表枯落物之碳儲存變化量不大，並採取土壤擾動最小為原則。森林經營措施須符合森林法及水土保持法之相關法規要求，且不得發生其他土地利用型態變化。基於保守性和成本有效性原則，枯死木、枯落物及土壤有機質之碳移除量得忽略不計。
收穫林產品	是/否	專案實施者應提供足以證明木材收穫與買賣之相關合法證明資料進行舉證，並於官方認可之林產品追溯系統登載。

- (6) 專案邊界內之溫室氣體排放源計算項目為收穫材積搬出運輸之化石燃料碳排放及林木生物質燃燒，若專案執行無林分收穫搬出或發生火災則得忽略不計。

表五、專案邊界內的溫室氣體排放源計算項目

溫室氣體	排放源	是否選擇	說明
CO <sub>2</sub>	化石燃料	是	收穫材積搬出過程中，交通工具燃燒化石燃料所產生的碳排放量，應計入專案排放中。
CH <sub>4</sub>	林木生物質燃燒	是	森林經營過程中，由於木本(植被)生物質燃燒導致 CH <sub>4</sub> 釋出。
N <sub>2</sub> O			森林經營過程中，由於木本(植被)生物質燃燒導致 N <sub>2</sub> O 釋出。

註：林木生物質燃燒導致之CO<sub>2</sub>排放，將反映於林分碳儲存量減少，故不重複扣除。

## 5. 外加性

根據環境部於民國 112 年 10 月 12 日公佈之「溫室氣體自願減量專案管理辦法」，減量專案符合溫室氣體每年排放量總減量小於或等於 20,000 公噸二氧化碳當量者，外加性得僅分析法規外加性。

## 6. 基線移除或排放

本減量方法之基線情境為未實施專案前原已存在的土地使用或經營狀態。於專案註冊申請日前3年內實施之各項加強森林經營措施，應提供註冊申請日前森林經營資料、紀錄、措施執行起始日期、對應基線情境等證明，經認定後方得列入為專案情境，逾3年之措施應認定為基線情境。

所謂基線移除或排放，為基線情境下於專案邊界範圍內，碳庫之碳儲存變化量總和。

$$\Delta C_{BSL,t} = \Delta C_{FR\_BSL,t} \quad \text{式 1}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{BSL,t}$	第 t 年，基線移除或排放量	tCO <sub>2</sub> e yr <sup>-1</sup>
$\Delta C_{FR\_BSL,t}$	第 t 年，專案邊界內基線淨移除年變化量，即林分生物量碳儲存量的年變化量	tCO <sub>2</sub> e yr <sup>-1</sup>

基線調查可依基線情境選擇歷史基線或動態基線方式以預估基線移除或排放量。

歷史基線方式，即藉由與專案範圍適用的歷史生長及收穫資料、具可信度的生長量或生物量調查研究報告、數據資料進行預估。

動態基線方式，則於專案活動實施時於專案範圍內設立具代表性的對照樣區（即維持原有狀態）並進行監測，方式可參照以下步驟：

- (1) 於專案邊界內保留與專案範圍實施前，具有相似林型結構組成且兩者毗連之基線範圍，再從基線範圍中透過無偏倚、具代表性的取樣（例如森林資源調查數據）劃定動態基線對照樣區，以代表在無專案活動實施下的基線情境。
- (2) 監測參數和資料項目必須和其他專案監測樣區一致，且符合監測方法規範。
- (3) 關於監測計畫之方法和規範，可參照已公開發表或正式出版森林碳匯調查及監測相關手冊或指南說明，或其他調查方式。

本減量方法主要考慮基線林分生物量碳庫的碳儲存變化量。當專案邊界內林分生物量呈現不均質狀態時，則宜採取分層取樣分析法。然而，如為均質狀態時，可採簡單隨機取樣（不需分層，亦可視為分層取樣僅有一層，即  $i=1$ ）。

將專案區域內分為 1 至  $i$  層區域後，各別調查每一分層生物量碳儲存年變化量並加總，即為專案區域內的基線碳儲存年變化量，計算公式如下：

$$\Delta C_{FR\_BSL,t} = \sum_i \Delta C_{FR\_BSL,i,t} \quad \text{式 2}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{FR\_BSL,i,t}$	第 $t$ 年，專案邊界內第 $i$ 分層之林分生物量碳儲存年變化量	tCO <sub>2</sub> e yr <sup>-1</sup>
$i$	分層	-

假定一段時間內（第  $t_1$  至  $t_2$  年），基線林分生物量碳儲存的變化為線性，基線林分生物量碳儲存年變化量計算公式如下：

$$\Delta C_{FR\_BSL,i,t} = \frac{C_{FR\_BSL,i,t_2} - C_{FR\_BSL,i,t_1}}{t_2 - t_1} \quad \text{式 3}$$

參數	定義	單位
$C_{FR\_BSL,i,t}$	基線情境下，專案邊界內第 $i$ 分層第 $t$ 年之林分生物量碳儲存量	tCO <sub>2</sub> e
$t_1$ 、 $t_2$	專案實施第 $t_1$ 及 $t_2$ 年	yr

林分生物量碳儲存量推估係將林分生物量轉化為碳含量，再利用 CO<sub>2</sub> 分子量與 C 原子量的比值將碳含量轉換為二氧化碳當量（ $C_{FR\_BSL,i,t}$ ）。如採分層取樣時，為各分層之每公頃林分生物量（ $G_{FR\_BSL,i,t}$ ），乘上面積（ $A_{BSL,i}$ ），利用含碳率（CF）將林分生物量轉化為碳含量，再利用 CO<sub>2</sub> 分子量與 C 原子量的比值將碳含量轉換為二氧化碳當量，計算公式如下：

$$C_{FR\_BSL,i,t} = G_{FR\_BSL,i,t} \times A_{BSL,i} \times CF \times \frac{44}{12} \quad \text{式 4}$$

參數	定義	單位
$G_{FR\_BSL,i,t}$	基線情境下，專案邊界內第 $i$ 分層第 $t$ 年每公頃林分生物量	t d.m. ha <sup>-1</sup>

$A_{BSL,i}$	基線情境下，專案邊界內第 i 分層的面積	ha
CF	含碳率	-
t	專案實施第 t 年	yr
$\frac{44}{12}$	CO <sub>2</sub> 分子量與 C 原子量的比值	-

專案申請者可依照現況，選擇以下兩種方法其中之一估算每公頃林分生物量 ( $G_{FR\_BSL,i,t}$ ):

#### 方法一：使用生物量推估模式

透過專案內各樹種的生物量推估模式，估算各樹種的單株生物量 ( $G_{SFR\_BSL,i,j,t}$ )。各樹種生物量推估模式一般以生物量 ( $G_{SFR\_BSL,i,j,t}$ ) 為應變數 (Dependent variable)，胸高直徑 (DBH)、樹高 (H) 和/或林齡 (Age) 等為自變數 (Independent variable)，以迴歸分析法建立單株生物量的推估模式。總和樣區中所有林木單株全株生物量後即可求得樣區之生物量，再以樣區面積換算為每公頃林分生物量，計算公式如下：

$$G_{FR\_BSL,i,t} = \sum_i \left( \sum_j \left( \sum G_{SFR\_BSL,i,j,t} \right) \div A_{PLOT,i} \right) \quad \text{式 5}$$

若應變數為地上部生物量，可利用地下部生物量與地上部生物量比值 ( $R_j$ ) 轉換為全株生物量。

$$G_{SFR\_BSL,i,j,t} = G_{saFR\_BSL,i,j,t} \times (1 + R_j) \quad \text{式 6}$$

參數	定義	單位
$G_{SFR\_BSL,i,j,t}$	基線情境下，專案邊界內第 i 分層 j 樹種第 t 年時之單株生物量。此單株生物量可透過樣區調查及生物量推估模式求得	t d.m. tree <sup>-1</sup>
$G_{saFR\_BSL,i,j,t}$	基線情境下，專案邊界內第 i 分層 j 樹種第 t 年時之單株地上部生物量。此單株地上部生物量可透過樣區調查及地上部生物量推估模式求得	t d.m. tree <sup>-1</sup>
$R_j$	j 樹種地下部生物量與地上部生物量的比值	-

$A_{PLOT,i}$	第 i 分層取樣樣區面積	ha
--------------	--------------	----

## 方法二：使用材積及生物量轉換與擴展係數（生物量擴展係數法）

透過取樣並測定林木胸高直徑 (DBH)、樹高 (H) 和/或林齡 (Age)，運用材積表或材積推估模式計算該樹種 (j) 單株林木樹幹材積，利用生物量轉換與擴展係數 (BCEF) (附表 1) 將林木樹幹材積轉化為林木地上部生物量，再利用地下部與地上部生物量比值 (R) 將地上生物量轉化為林木全株生物量，總和樣區中所有林木全株生物量後即可求得樣區之生物量，再以樣區面積換算為每公頃林分生物量，計算公式如下：

$$G_{FR\_BSL,i,t} = \sum_i \left( \sum_j \left( \sum \left( V_{FR\_BSL,i,j,t} \times BCEF_j \times (1+R_j) \right) \div A_{PLOT,i} \right) \right) \quad \text{式 7}$$

若直接的生物量轉換與擴展係數 (BCEF) 不可得，可使用生物量擴展係數 (BEF) 及木材密度 (D) 相乘得出，如下：

$$BCEF_j = BEF_j \times D_j \quad \text{式 8}$$

參數	定義	單位
$V_{FR\_BSL,i,j,t}$	基線情境下，專案邊界內第 i 分層 j 樹種第 t 年之單株林木樹幹材積	$m^3 \text{ tree}^{-1}$
$BCEF_j$	j 樹種生物量轉換和擴展係數，即將材積轉換為地上部生物量之轉換係數	$t \text{ d.m. } m^{-3}$
$BEF_j$	j 樹種生物量擴展係數，即林木主幹生物量與地上部生物量之轉換係數	-
$D_j$	j 樹種木材密度	$t \text{ d.m. } m^{-3}$

## 7. 專案移除或排放

在專案計入期間，專案邊界內碳庫之碳儲存變化量，主要考量林分生物量 ( $\Delta C_{FR\_P,t}$ ) 及收穫林產品之碳儲存變化量 ( $C_{HWP\_P,t}$ )，並減去收穫搬出材積運輸 ( $E_{CO_2,P,t}$ ) 及因火災造成之非二氧化碳溫室氣體排放量 ( $GHG_{E,t}$ )。



專案實施後之碳匯實際溫室氣體淨移除量計算如下：

$$\Delta C_{AT,t} = \Delta C_{FR,P,t} + C_{HWP,P,t} - E_{CO_2,P,t} - GHG_{E,t} \quad \text{式 9}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{AT,t}$	專案活動實施第 t 年後之淨移除量	tCO <sub>2</sub> e yr <sup>-1</sup>
$\Delta C_{FR,P,t}$	第 t 年之林分生物量的碳儲存變化量	tCO <sub>2</sub> e yr <sup>-1</sup>
$C_{HWP,P,t}$	第 t 年專案邊界內收穫林產品之留存碳儲存量	tCO <sub>2</sub> e
$E_{CO_2,P,t}$	專案活動實施第 t 年，收穫搬出材積運輸之碳排放量	tCO <sub>2</sub> e
$GHG_{E,t}$	專案活動實施第 t 年，因火災而增加之 CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O 溫室氣體排放量	tCO <sub>2</sub> e

### 7.1 專案林分生物量碳儲存變化量

專案邊界內，各分層林分生物量碳儲存變化量之和，即為專案林分生物量碳儲存變化量 ( $\Delta C_{FR,P,t}$ )。假定一段時間內 (第 t<sub>1</sub> 至 t<sub>2</sub> 年) 專案林分生物量的變化為線性，專案林分生物量碳儲存變化量 ( $\Delta C_{FR,P,i,t}$ ) 之計算公式如下：

$$\Delta C_{FR,P,t} = \sum_i \Delta C_{FR,P,i,t} = \sum_i \frac{C_{FR,P,i,t2} - C_{FR,P,i,t1}}{t2 - t1} \quad \text{式 10}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{FR,P,t}$	專案情境下，專案邊界內第 t 年之林分生物量碳儲存的年變化量	tCO <sub>2</sub> e yr <sup>-1</sup>
$\Delta C_{FR,P,i,t}$	專案情境下，專案邊界內第 i 分層第 t 年之林分生物量碳儲存的年變化量	tCO <sub>2</sub> e yr <sup>-1</sup>

在林分生物量碳儲存量估算方面，主要將專案各分層之每公頃林分生物量 ( $G_{FR,P,i,t}$ )，乘上面積 ( $A_{P,i}$ )，利用含碳率 (CF) 將林分生物量轉化為碳含量，再利用 CO<sub>2</sub> 分子量與 C 原子量的比值將碳含量轉換為二氧化碳當量，計算公式如下：

$$C_{FR,P,i,t} = G_{FR,P,i,t} \times A_{P,i} \times CF \times \frac{44}{12} \quad \text{式 11}$$

參數	定義	單位
$C_{FR,P,i,t}$	專案情境下，第 i 分層第 t 年之林分生物量碳	tCO <sub>2</sub> e

	儲存量	
$G_{FR\_P,i,t}$	專案情境下，第 i 分層第 t 年之每公頃林分生物量	t d.m. ha <sup>-1</sup>
$A_{P,i}$	專案情境下，第 i 分層總面積	ha

專案情境下，專案邊界內各樹種每公頃林分生物量依照現況可選擇 6.1 節「生物量推估模式法」及「生物量擴展係數法」其中一個方法來估算，並應改為使用「專案監測樣區」之數據資料進行計算。實際計算時，用字母下標「P」替代式 5、式 6 及式 7 中的字母下標「BSL」，如用  $G_{FR\_P,i,t}$  替代  $G_{FR\_BSL,i,t}$ 。

## 7.2 專案邊界內收穫林產品之碳儲存變化量

在專案期間，收穫林產品是碳匯來源之一，在永久性及保守性的考量下，收穫林產品的碳儲存，僅採計林產品生產後 40 年仍留存未被廢棄的碳儲存量。國產材絕大部分以製材（Saw Wood）與圓木（Round Wood）利用為主，可納入碳儲存量計算；如做為短期使用之如紙製品、木屑等短生命週期產品，碳儲存時間短，故不列入專案收穫林產品碳儲存計算。

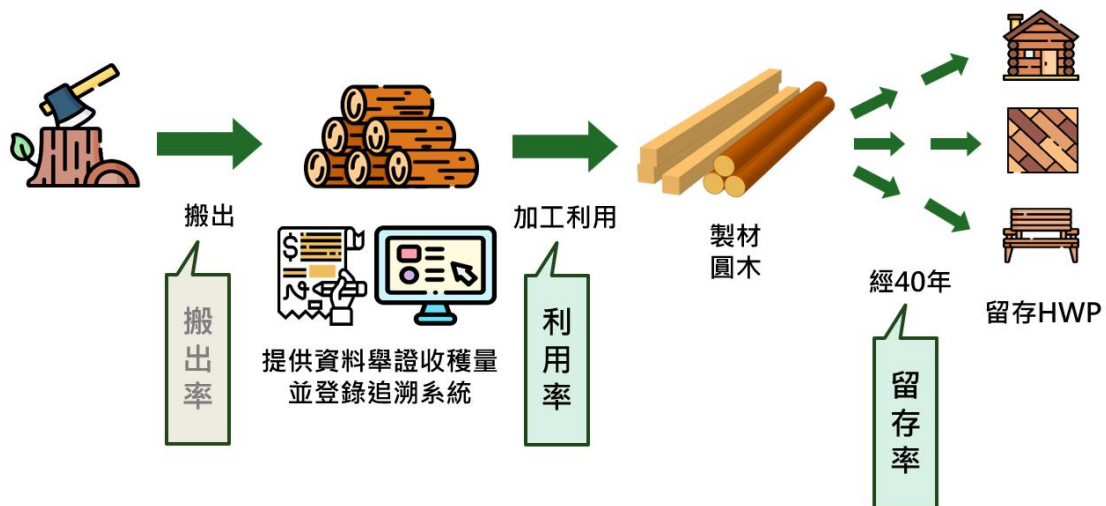
本方法學的收穫林產品碳儲存變化量，參考 J-Credit 制度森林經營活動方法學（FO-001 Ver.5.1）、GPG-LULUCF（IPCC, 2003）及 IPCC 2019 修訂報告關於收穫林產品之計算方式，定義收穫林產品碳儲存類型和決定適用之預設相關係數，採用以下公式計算：

$$C_{HWP\_P,t} = C_{STEM\_P,t} \times SF_{BT} \quad \text{式 12}$$

專案活動收穫林產品之碳儲存量，可採用預估或實際搬出材積量計算，惟申請核發減量額度或查證時僅可採用實際搬出材積量。搬出材積量利用木材密度（D）及含碳率（CF）將搬出材積量轉化為碳含量，再利用 CO<sub>2</sub> 分子量與 C 原子量之比值將碳含量轉換為二氧化碳當量，計算公式如下：

$$C_{STEM\_P,t} = \sum_j (V_{FR\_P,j,t} \times D_j) \times CF \times \frac{44}{12} \quad \text{式 13}$$

參數	定義	單位
CA <sub>STEM_P,t</sub>	專案情境下，專案邊界內第 t 年之收穫林分材積碳儲存量。	tCO <sub>2e</sub>
SF <sub>BT</sub>	<p>收穫林產品最終儲存率，表示各類型收穫林產品經 40 年後之最終儲存率，為收穫林產品木材利用率 <math>(1-WW_{ty}) \times</math> 留存率 <math>(OF_{ty})</math>，相關係數如附表 2 所示。</p> <p>收穫林產品之留存率 <math>(OF_{ty})</math> 為根據 IPCC 之一階指數衰減函數，代入收穫林產品之半衰期 (IPCC, 2019) 以專案計入期最長時間 40 年推算得之。</p>	%
V <sub>FR_Pj,t</sub>	<p>j 樹種第 t 年之總搬出材積量，分為<u>事前預估</u>及<u>實際搬出材積量</u>。</p> <p>事前預估搬出材積量可依據專案伐採計畫、林分蓄積量調查、採取許可證等資料計算。此外，在轉換為碳儲存量時須考慮用材及薪材等<u>利用材積與立木材積之換算比率</u>，可依據附表 2 提供之針葉樹和闊葉樹造林木用材搬出係數計算，即<u>預估值</u> <math>\times</math> <u>搬出率</u>。</p> <p>實際搬出材積量應提供足以證明木材收穫與買賣之相關合法證明資料進行舉證，並於官方認可之林產品追溯系統登載。</p> <p>因製材與圓木類型收穫林產品利用率差異甚大，專案申請者於申請核發減量額度時應以實際林產品生產類別採用適當之利用率計算；若申請者於申請核發額度的時尚未確認林產品用途，則以較低之製材類型計算收穫林產品碳儲存量。</p>	m <sup>3</sup>



圖二、收穫林產品計算示意圖（收穫木材搬出後，以資料證明搬出材積量並登錄於官方林產品追溯系統；將木材加工製成具永久性之收穫林產品，從而延長林產品之碳固定效益）

### 7.3 收穫搬出材積運輸之碳排放量

在專案期間，若有林分伐採收穫活動時，搬出過程使用交通工具運輸之碳排放量，應計入專案排放中。另運輸之 CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 排放量小，故參照 CDM 發布之「Project and leakage emissions from transportation of freight」工具書得忽略不計。

專案申請者應收集伐採地點至集散地之距離和收穫搬出材積總重量等相關資料，並依實際運輸情境，選擇環境部最新公告之碳足跡排放係數（參附表 3），計算收穫搬出材積運輸之碳排放量。相關計算公式如下：

$$E_{CO_2, P_t} = \sum (W_{P_t} \times d_{P_t} \times EF_{CO_2}) \times 10^{-3} \quad \text{式 14}$$

參數	定義	單位
$W_{P_t}$	專案活動實施第 t 年，收穫搬出材積之總重量	t
$d_{P_t}$	專案活動實施第 t 年，伐採地點至集散地之距離	km
$EF_{CO_2}$	環境部最新公告之不同車種及燃油類型之碳足跡排放係數	kg CO <sub>2</sub> e/tkm

#### 7.4 專案邊界內非二氧化碳溫室氣體排放量

對於專案事前估算，由於無法預測專案邊界內之火災或其他自然災害發生情況，或如只發生地表火，林分地上部生物量未被燃燒，可以不考慮災害造成之專案邊界內非二氧化碳溫室氣體排放量，即  $GHG_{E,t}$  得忽略不計。由於本方法學公式採計林分生物量變化計算碳匯，林分碳儲存損失將反映於生物量監測結果中，故收穫或火災所引起之二氧化碳排放量已被計入碳儲存變化量中，不重複計算扣除。

非二氧化碳溫室氣體排放之增加量，只考慮森林火災導致森林地上生物量燃燒引起之  $CH_4$  和  $N_2O$  排放量增加。在事後估算方面，專案邊界內非二氧化碳溫室氣體排放估算採用森林火災發生前，最近一次查證時劃分之分層及各分層林分地上部生物量數據。根據 CDM AR-Tool 08 工具，計算方法如下：

$$GHG_{E,t} = \sum_i (A_{BURN,i,t} \times b_{FR,i,tL} \times COMF_i) \times (EF_{CH_4} \times GWP_{CH_4} + EF_{N_2O} \times GWP_{N_2O}) \times 10^{-3}$$

式 15

參數	定義	單位
$GHG_{E,t}$	專案邊界內第 t 年時，由於森林火災導致林分地上部生物量燃燒引起之非二氧化碳溫室氣體排放量	tCO <sub>2</sub> e
$A_{BURN,i,t}$	第 i 分層第 t 年時，森林火災之火燒面積	ha
$b_{FR,i,tL}$	森林火災發生前，專案最近一次監測核查時，第 i 分層單位面積林分地上生物量	t d.m. ha <sup>-1</sup>
tL	離火災發生前最近一次專案監測核查時間，即距專案活動開始以後之年數	yr
$COMF_i$	第 i 分層燃燒指數 (Combustion factor for stratum)，採用 CDM 方法學預設值，18 年 (含) 以上之熱帶森林為 0.32	-
$EF_{CH_4}$	專案 CH <sub>4</sub> 排放係數，優先採用專案實施區當地或鄰近地區之調查資料，如無法取得時改採用 CDM 方法學預設值 4.7	kg CH <sub>4</sub> (t 燃燒乾物質) <sup>-1</sup>
$GWP_{CH_4}$	CH <sub>4</sub> 之全球增溫潛勢，依環境部公告之最新	-

	數據為準	
$EF_{N_2O}$	專案 $N_2O$ 排放係數，優先採用專案實施區當地或鄰近地區之調查資料，如無法取得時改採用 CDM 方法學預設值 0.26	$kg N_2O$ (t 燃燒乾物質) <sup>-1</sup>
$GWP_{N_2O}$	$N_2O$ 之全球增溫潛勢，依環境部公告之最新數據為準	-

## 8. 洩漏排放

根據本方法學適用條件，專案邊界於活動實施前須已是森林，不會引起專案前既有活動轉移，因此專案活動不存在潛在洩漏，即  $LK_t$  可忽略不計，其中  $LK_t$  為第  $t$  年專案活動所產生之洩漏排放量。

## 9. 淨移除量

森林經營碳匯專案活動產生之專案減排量等於專案碳儲存變化量 ( $\Delta C_{AT,t}$ )，減去基線碳儲存變化量 ( $\Delta C_{BSL,t}$ )，如下：

$$\Delta C_{NET,t} = \Delta C_{AT,t} - \Delta C_{BSL,t} \quad \text{式 16}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{NET,t}$	第 $t$ 年專案淨移除量	$tCO_2e yr^{-1}$
$\Delta C_{AT,t}$	第 $t$ 年專案淨碳儲存變化量	$tCO_2e yr^{-1}$
$\Delta C_{BSL,t}$	第 $t$ 年基線淨碳儲存變化量	$tCO_2e yr^{-1}$

## 9.1 預設數據與參數說明

預設之數據與參數說明，包括可使用之預設值，或只需要一次性測定即可確定之參數和資料。

數據/參數	$G_{SFR\_BSL,i,j,t}$ ( $G_{SaFR\_BSL,i,j,t}$ )
數據單位	t d.m. tree <sup>-1</sup>
應用公式編號	5、6
描述	基線情境下，專案邊界內第 i 分層 j 樹種第 t 年時之單株（地上部）生物量；可透過測定參數（如胸高直徑、樹高或林齡等），利用推估模式轉換為單株林木生物量。
數據來源	數據來源優先選擇次序： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 現有的、當地的或相似生態條件下 j 樹種資料</li> <li>2. 專案申請者可參考國內相關文獻自行建立 j 樹種生物量推估模式</li> <li>3. 國內已發表之其他區域 j 樹種研究報告及相關文獻資料模式</li> <li>4. 其他跨樹種之廣域推估模式</li> </ol>
量測程序（如有）	採用現有資料或直接測定
備註	單位符號 d.m. 為乾重（dry matter）縮寫

數據/參數	$V_{FR\_BSL,i,j,t}$
數據單位	m <sup>3</sup> tree <sup>-1</sup>
應用公式編號	7
描述	第 t 年時，（第 i 分層）j 樹種單株林木主幹材積；材積方程式或材積表是根據一個或多個林木測定參數（如胸徑、樹高或林齡等）代入 <u>立木材積式</u> 或對應 <u>立木材積表</u> 所得數值。
數據來源	數據來源優先選擇次序： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 現有的、當地的或相似生態條件下 j 樹種資料</li> <li>2. 專案申請者可參考國內相關文獻自行建立 j 樹種立木材積式</li> </ol>

	<p>3. 國內已發表之其他區域 j 樹種研究報告及文獻資料模式</p> <p>4. 依《國有林林產物處分作業要點》之立木材積形數計算</p>
量測程序(如有)	採用現有資料或直接測定
備註	

數據/參數	$A_{BSL,i}$
數據單位	ha
應用公式編號	4
描述	基線情境下，第 i 分層的總面積。
數據來源	地面面積量測儀器實地量測、地理資訊系統 (Geographic Information Systems, GIS) 空間資訊量測或遙感監測資料
量測程序(如有)	採用現有資料或實地測定，一次性測定
備註	

數據/參數	$A_{PLOT,i}$
數據單位	ha
應用公式編號	5、7
描述	基線及專案情境下，第 i 分層取樣樣區面積。
數據來源	實地量測或地理資訊系統 (GIS) 量測
量測程序(如有)	採用現有資料或實地測定，一次性測定
備註	



數據/參數	CF
數據單位	% 或 tC (t d.m.) <sup>-1</sup>
應用公式編號	4、11、13
描述	含碳率，用於將生物量轉換為碳含量。
數據來源	數據來源優先選擇次序： 1. 現有的、當地的或相似生態條件下的樹種資料 2. 國內已發表之其他區域的樹種研究報告及相關文獻資料數據 3. 若無上述相關資料，則採用附表1資料
量測程序（如有）	採用現有資料或預設值
備註	

數據/參數	R <sub>j</sub>
數據單位	無單位
應用公式編號	6、7
描述	根莖比（root-to-shoot ratio），j樹種林木地下部生物量與地上部生物量之比。
數據來源	數據來源優先選擇次序： 1. 現有的、當地的或相似生態條件下 j 樹種資料 2. 國內已發表之其他區域 j 樹種研究報告及相關文獻資料數據 3. 若無上述相關資料，則採用附表1資料
量測程序（如有）	採用現有資料或預設值
備註	

數據/參數	BCEF <sub>j</sub>
數據單位	t d.m. m <sup>-3</sup>
應用公式編號	7、8
描述	j 樹種生物量轉換和擴展係數，即將材積（連皮）轉換為地上部生物量之轉換係數。
數據來源	數據來源優先選擇次序： 1. 現有的、當地的或相似生態條件下 j 樹種資料 2. 國內已發表之其他區域 j 樹種研究報告及相關文獻資料數據 3. 若無上述相關資料，則採用附表1資料
量測程序（如有）	採用現有資料或預設值
備註	

數據/參數	BEF <sub>j</sub>
數據單位	無單位
應用公式編號	8
描述	j 樹種生物量擴展係數，即林木主幹生物量與地上部生物量之轉換係數（連皮）(biomass expansion factor)，用於將樹幹生物量轉換為地上部生物量。
數據來源	數據來源優先選擇次序： 1. 現有的、當地的或相似生態條件下 j 樹種資料 2. 國內已發表之其他區域 j 樹種研究報告及相關文獻資料數據 3. 若無上述相關資料，則採用附表1資料
量測程序（如有）	採用現有資料或預設值
備註	

數據/參數	D <sub>j</sub>
數據單位	t d.m. m <sup>-3</sup>
應用公式編號	8、13
描述	j 樹種木材密度 (Basic Wood Density, D)，即林木主幹材之絕乾重量與原木材積的比值，用於將樹幹材積轉換為樹幹生物量。
數據來源	數據來源優先選擇次序： 1. 現有的、當地的或相似生態條件下 j 樹種資料 2. 國內已發表之其他區域 j 樹種研究報告及相關文獻資料數據 3. 若無上述相關資料，則採用附表1資料
量測程序 (如有)	採用現有資料或預設值
備註	單位符號d.m.為乾重 (dry matter) 縮寫

數據/參數	SF <sub>BT</sub>
數據單位	%
應用公式編號	12
描述	收穫林產品最終儲存率，表示各類型收穫林產品經 40 年後之最終儲存率，為收穫林產品木材利用率 (1-WW <sub>ty</sub> ) × 留存率 (OF <sub>ty</sub> )，相關係數如附表 2 所示。 $SF_{BT} = (1 - WW_{ty}) \times OF_{ty}$ 留存率 (OF <sub>ty</sub> ) = $e^{(-\ln(2) * BT / LT_{ty})}$ 其中，BT = 40 年，以專案計入期最長時間 40 年計算之； LT <sub>ty</sub> = 收穫林產品損壞半衰期，參照 IPCC (2019) 之基準為 35 年。
數據來源	數據來源優先選擇次序： 1. 專案實施區當地之監測調查資料 2. 當地或附近區域林產品種類數據 3. 國內已發表之各研究報告或國家統計數值 4. 若無上述相關資料，則採用附表 2 資料

量測程序 (如有)	採用現有資料或預設值
備註	各項係數可依最新 IPCC 係數與國內研究進行調整。

數據/參數	$EF_{CO_2}$
數據單位	kg CO <sub>2</sub> e/tkm
應用公式編號	14
描述	不同車種及燃油類型之碳足跡排放係數
數據來源	依環境部公告之最新數據為準
量測程序 (如有)	採用預設值
備註	

數據/參數	$COMF_i$
數據單位	無單位
應用公式編號	15
描述	第 i 分層燃燒指數 (針對每個植被類型)
數據來源	數據來源優先選擇次序： 1. 現有的、當地的或相似生態條件下的資料 2. 國內已發表之其他區域研究報告及相關文獻資料數據 3. 若無適用之本土性數據，則可採用 CDM 方法學預設值，18年 (含) 以上之熱帶森林為0.32
量測程序 (如有)	採用現有資料或預設值
備註	

數據/參數	$GWP_{CH_4}$
數據單位	無單位
應用公式編號	15
描述	CH <sub>4</sub> 全球增溫潛勢
數據來源	依環境部公告之最新數據為準
量測程序 (如有)	採用預設值
備註	

數據/參數	$EF_{CH_4}$
數據單位	kg CH <sub>4</sub> (t 燃燒乾物質) <sup>-1</sup>
應用公式編號	15
描述	專案 CH <sub>4</sub> 排放係數
數據來源	<p>CH<sub>4</sub> 排放係數資料來源優先選擇次序為：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 專案實施區當地的調查資料</li> <li>2. 相鄰地區相似條件下之調查資料</li> <li>3. 若無適用之本土性數據，則可採用 CDM 方法學預設值 6.8</li> </ol>
量測程序 (如有)	採用現有資料或實地調查或預設值
備註	

數據/參數	$GWP_{N_2O}$
數據單位	無單位
應用公式編號	15

描述	N <sub>2</sub> O 全球增溫潛勢
數據來源	依環境部公告之最新數據為準
量測程序 (如有)	採用預設值
備註	

數據/參數	EF <sub>N<sub>2</sub>O</sub>
數據單位	kg N <sub>2</sub> O (t 燃燒乾物質) <sup>-1</sup>
應用公式編號	15
描述	專案 N <sub>2</sub> O 排放係數
數據來源	N <sub>2</sub> O 排放係數資料來源優先選擇次序為： 1. 專案實施區當地的調查資料 2. 相鄰地區相似條件下之調查資料 3. 若無適用之本土性數據，則可採用 CDM 方法學預設值 0.2
量測程序 (如有)	採用現有資料或實地調查或預設值
備註	

## 10. 監測方法

專案申請者應提供森林經營監測計畫，並於專案查證前至少執行一次監測工作。監測計畫之方法可參照已公開發表或正式出版森林碳匯調查及監測相關手冊或指南說明，或其他公開認證之調查方式。監測計畫於報告書中應包含下列項目：

- (1) 調查項目與範圍：以最新之正射影像圖，說明監測調查主體與其範圍邊界。若與專案邊界不同，則需檢附專案與調查邊界正射影像圖，並說明不同之原因。專案區域內之監測調查方式與碳匯估算方法應具一致性。
- (2) 監測工作人員：應編列監測團隊人員之名單，監測計畫主持人、品質管控人員、現場調查人員及資料分析人員，並說明監測人員負責工作項目與應

具備之技術要求與資格。

- (3) 碳匯估算方法：說明估算森林碳儲存量之方法依據與估算方法，並列舉估算方法所需之現場調查工作項目及需要測量之參數。
- (4) 測量參數：包括樹木之直接測量數據和生長量推估模式中之變數，且基線與專案情境採用之各參數項及碳儲存量計算公式須保持一致。其中如採用歷史資料或公開發表之預設數據與參數，須說明資料（如木材密度、林木主幹生物量與地上部生物量之轉換係數、生物量之含碳率、生物量推估模式、立木材積式或立木材積表等）來源並說明可代表現地調查之適用性。
- (5) 調查規劃：說明估算碳匯所需調查採用之方法，採用每木普查或立木抽樣調查者，則須檢附立木相對位置相關圖資；採用樣區調查者，則須說明取樣方法、樣區規格、樣區數量等，並於正射影像圖檢附樣區設置位置。
- (6) 樣區設置：樣區依照森林類型採用不同方式進行取樣，其調查之樣區以具代表性為原則。
- (7) 調查工具：說明調查量測所需之調查工具，包含儀器、工具、設備及分析軟體，並說明適用性與使用方式。
- (8) 調查標準作業程序（Standard Operation Procedure, SOP）：應包含現場作業流程與各項資料蒐集之操作技術步驟，並說明調查品質控制（Quality Control, QC）程序，包含現場檢驗與事後檢驗。執行完畢後須檢附現場調查工作證明之相關文件與QC作業結果，並在必要時修正異常值。
- (9) 品質保證（Quality Assurance, QA）程序：應說明調查所採用資料品質稽核標準之容許度（Tolerance）與資料品質目標（Data Quality Objectives, DQO）之參考依據，並檢附稽核結果通過比例，及QA作業資料處理之相關資料。
- (10) 資料保存程序，包括電子文件之更新：所有監測過程中蒐集之數據，包括QA/QC資料，皆須以電子檔或紙本方式保存，且保存至最後一次核發減量額度後2年。

### 10.1 應監測之數據與參數說明

專案申請者需對下列參數進行監測。

數據/參數	$A_{P,i}$
數據單位	ha
應用公式編號	11
描述	專案情境下，第 i 分層之總面積

數據來源	實地量測、地理資訊系統 (GIS) 量測或遙感監測資料
量測程序	取得邊界座標並計算面積
監測頻率	應於申請查證前進行監測
QA/QC 程序	收集相關數據至少保存至最後一次核發減量額度後 2 年
備註	

數據/參數	DBH / H
數據單位	cm / m
應用公式編號	5、6、7、11
描述	胸高直徑 / 樹高
數據來源	實地量測
量測程序	專案邊界範圍內之樣區/每木調查
監測頻率	應於申請查證前進行監測；得於專案註冊前進行基線調查
QA/QC 程序	收集相關數據至少保存至最後一次核發減量額度後 2 年
備註	

數據/參數	$V_{FR\_P,j,t}$
數據單位	$m^3$
應用公式編號	13
描述	j 樹種第 t 年之總搬出材積量
數據來源	實地量測



量測程序	木材檢尺
監測頻率	收穫搬出後及申請查證前進行監測
QA/QC 程序	收集相關數據至少保存至最後一次核發減量額度後 2 年
備註	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 因製材與圓木類型收穫林產品利用率差異甚大，專案申請者於申請核發額度時應以實際林產品生產類別採用適當之利用率計算；若申請者於申請核發額度的時尚未確認林產品用途，則以較低之製材類型計算收穫林產品碳儲存量。</li> <li>2. 實際搬出材積量應提供足以證明木材收穫與買賣之相關合法證明資料進行舉證，並於官方認可之林產品追溯系統登載。</li> </ol>

數據/參數	$W_{Pt}$
數據單位	t
應用公式編號	14
描述	第 t 年時，收穫搬出材積運輸之總重量
數據來源	實地量測
量測程序	地磅量測或以搬出材積換算
監測頻率	於收穫木材裝載搬出後經地磅量測或登錄搬出材積後
QA/QC 程序	收集相關數據至少保存至最後一次核發減量額度後 2 年
備註	

數據/參數	$d_{Pt}$
數據單位	km
應用公式編號	14

描述	第 t 年時，伐採地點至集散地之距離
數據來源	地理資訊系統 (GIS) 量測或遙感監測資料
量測程序	將起點和目的地之座標或地址代入系統中，計算運輸路徑距離
監測頻率	於運輸作業完成後
QA/QC 程序	收集相關數據至少保存至最後一次核發減量額度後 2 年
備註	

數據/參數	$A_{BURN,i,t}$
數據單位	ha
應用公式編號	15
描述	第 t 年時，第 i 分層森林火災之火燒面積
數據來源	實地量測、地理資訊系統 (GIS) 量測或遙感監測資料
量測程序	取得邊界座標並計算面積
監測頻率	於每次火災發生後、地被復育前進行監測
QA/QC 程序	收集相關數據至少保存至最後一次核發減量額度後 2 年
備註	

附表 1、各林型根莖比 (R)、含碳率 (CF)、生物量轉換和擴展係數 (BCEF)、生物量擴展係數 (BEF) 及木材密度 (D) 資料

林型	根莖比 (R)	含碳率 (CF)	生物量轉換和擴展係數 (BCEF)	生物量擴展係數 (BEF)	木材密度 (D)
人工針葉林	0.22	0.4821	0.51	1.27	0.41
人工闊葉林	0.24	0.4691	0.92	1.40	0.56
人工針闊混淆林 (含竹木混淆林)	0.23	0.4756	0.72	1.34	0.49

註：本表為 2022 年國家溫室氣體清冊報告數據，專案計算時應引用國家溫室氣體排放清冊最新版數據為準。

附表 2、HWP 各項係數 (預設值)

種類	類別	搬出率	(1-WW <sub>ty</sub> ) 利用率 <sup>a</sup>	OF <sub>ty</sub> 留存率 <sup>b</sup>	SF <sub>BT</sub> 最終儲存率 <sup>a×b</sup>
製材	針葉樹	70 %	50 %	45 %	22.5 %
	闊葉樹	50 %	45 %		20.25 %
圓木	針葉樹	70 %	90 %		40.5 %
	闊葉樹	50 %	90 %		40.5 %

註：

- 各項係數可依最新 IPCC 係數與國內研究進行調整。於申請額度核發時，專案申請者若能出具收穫林產品 (HWP) 不同階段之實際值之相關證明文件，得採用實際值計算 HWP 碳儲存量。
- 搬出率及利用率參考財政部公告「製材業原物料耗用通常水準」、廠商訪談結果資料及 IPCC 分類項目等內容，於 113 年 7 月 31 日依「自願減量方法學收穫林產品 (HWP) 計算係數」專家諮詢會議結論採用。

附表 3、環境部公告之碳足跡係數

係數名稱	數值	單位	年份
營業大貨車 (柴油)	1.31 E <sup>-1</sup> kgCO <sub>2e</sub>	延噸公里 (tkm)	2022
營業小貨車 (柴油)	5.87 E <sup>-1</sup> kgCO <sub>2e</sub>		
營業小貨車 (汽油)	6.83 E <sup>-1</sup> kgCO <sub>2e</sub>		

註：專案計算時應引用環境部公告之最新版碳足跡數據為準。

## 引用文獻

1. 行政院環境保護署（環境部）。2019。造林與植林碳匯專案活動。AR-TMS0001。
2. J-クレジット。2024。森林經營活動方法論 FO-001 ver 5.1。
3. Improved Forest Management Methodology Using Dynamic Matched Baselines From National Forest Inventories. VCS Methodology VM0045.
4. IPCC, 2003, Good practice guidance for land use, land-use change and forestry.
5. IPCC, 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 12: Harvested Wood Products.
6. CDM TOOL12, Methodological tool: Project and leakage emissions from transportation of freight.

-----

## 減量方法資料

---

版次	日期	修訂記錄
01.0	113 年 10 月 28 日	「環境部溫室氣體抵換專案及自願減量專案審議會第 8 次會議」決議審核通過。

---