
AR-TMS0001

小規模減量方法

造林碳匯專案

Carbon Sink Project for Forestation

版本 02.0

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	7
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	7
2.3 生效日	8
3. 名詞定義	8
4. 專案邊界及土地合格性	9
4.1 土地合格性證明	9
4.2 碳庫及排放源選擇	9
5. 外加性	10
6. 基線移除或排放	10
6.1 基線林木生物量碳儲存變化量	11
6.2 基線土壤有機質碳儲存變化量	13
7. 專案移除或排放	14
7.1 專案活動林木生物量碳儲存變化量	14
7.2 專案活動土壤有機質碳儲存變化量	15
7.3 專案非二氧化碳溫室氣體排放量計算	15
8. 洩漏排放	16
9. 淨移除量	16
9.1 預設數據與參數說明	16
10. 監測方法	21
10.1 應監測之數據與參數說明	22
附件 1、造林專案碳儲存量變化量不顯著評估原則	24
附件 2、碳庫及溫室氣體排放顯著性檢測	25
附表 1、各樹種係數表	26
附表 2、燃燒指數表	27
減量方法修訂紀錄	27
參考文獻	28

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，是大氣二氧化碳之自然碳匯；森林面積或生物量增加、減少，會改變其儲存之二氧化碳，並對大氣中二氧化碳濃度產生重大影響。造林可增加碳吸收與儲存量，在國家溫室氣體減量中扮演關鍵角色。依據第四次全國森林資源調查報告，覆蓋臺灣土地面積超過六成之森林資源，對國家溫室氣體減量具有一定比例貢獻。由於森林資源具碳吸存、碳保存與碳替代的效果，在各國規劃之2050年淨零排放目標中，森林碳匯(Carbon Sink)被視為是一項負碳排技術(Negative Emission Technologies, NETs)而倍受各國重視，可藉由增加森林面積及加強森林管理來達成。

造林與植林碳匯專案活動小規模減量方法(AR-TMS0001)於108年4月24日經「行政院環境保護署溫室氣體減量成效認可審議會第10次會議」審核通過，但於適用條件解讀、基線及專案之排放或移除量計算與監測方法規範等仍有可精進之處，因此針對原先通過之減量方法，進一步檢視與修正，以利未來造林自願減量專案操作。

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	本次減量方法修改 {造林碳匯專案/ Carbon Sink Project for Forestation}	既有減量方法 {AR-TMS0001/造林與植林碳匯專 案活動}
出處		AR-TMS0001 ver. 01.0
涉及之減量措施	造林	造林與植林
(1) 適用條件	<ol style="list-style-type: none"> 【修改適用對象】 本減量方法不適用位於政府所公告重要濕地之土地，且專案不包含竹林造林。 【修改造林適用條件】 專案邊界土地於造林活動開始前6年內皆為非森林地。惟森林地如因災害造成裸露或木竹覆蓋未達森林定義，以及外來入侵種移除之復育造林專案，得適用本方法學，而不受6年之限制。 【新訂專案適用條件】 專案地點不得同時與其他執行中之專案地點重複，且專案須於造林作業完成日（以現場完工照片、作業紀錄或驗收日期界定，且不含後續補植）起3年內提出註冊申請。 【修改移除量適用範圍】 專案造林作業毗鄰面積應大於0.5公頃，年平均溫室氣體淨移除量應小於或等於20,000公噸二氧化碳當量（tCO₂e），且整個專案淨移除量須為正值。 	<ol style="list-style-type: none"> 本減量方法適用濕地以外的造林專案活動（含政府獎勵造林的相關政策）。 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%。 適用於2000年1月1日以後開始造林的專案活動。 專案活動不會造成專案開始前農業活動（如作物種植及放牧等）的轉移。 專案活動之植林毗連面積應大於0.5公頃，且年平均減量/移除量應小於16,000公噸二氧化碳當量。
(2) 專案邊界	<ol style="list-style-type: none"> 【專案邊界範圍】 專案邊界乃指參與者規劃實施活動之<u>地理位置</u>、<u>專案活動邊界範圍</u>，以及具有控制權之排放源和碳匯。 【修改土地合格性要求】 	<ol style="list-style-type: none"> 專案邊界範圍及土地合格性 土地合格性分析主要參照CDM執行理事會提出的土地合格性分析步驟，如非森林地的定義及專案申請者可提供的

	<p>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：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 提供地籍資料及土地邊界 TWD97 TM2 坐標，如土地權屬證明、地籍圖、土地清冊、所有權人登記或效期內租約等。 (2) 提供專案活動實施土地非位於重要濕地範圍內之相關證明文件。 (3) 提供可辨識地況之正射影像，或其他土地現狀相關資料、現場照片等為佐證資料。 (4) 基線情境若為受災害所致為非森林地之區域時，應提擬相關之因應防範措施。 (5) 專案活動為外來入侵種移除復造林專案者，須提供相關資料證明基線情境。 <p>3. 【土壤有機質碳庫改為可選】 碳匯變化主要來自地上部及地下部生物量，土壤有機質碳庫變化則視基線情境而異，惟多數情況下變動幅度有限，因此採<u>選擇性</u>計入。</p> <p>4. 【修改移除量適用範圍】 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年平均排放量總減量小於或等於 20,000 公噸二氧化碳當量者，屬微型規模專案得僅分析法規外加性及免除環境衝擊分析與公眾意見調查。</p>	<p>證明文件類型，但本減量方法考量 2000 年以前的空間資料的解析度且取得可能較困難，因此沒有像 CDM 對造林及再造林專案活動進行嚴格的定義。</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. 碳匯變化計算項目 碳匯變化主要來自地上部及地下部生物量，並考量枯死木、枯枝落葉及土壤有機碳不是主要碳庫，因此以保守性方式只計算地上部及地下部生物量。 3. 溫室氣體釋放源的計算項目 參照 AR-AMS0007 (Ver3.1)。 4. 定義基線情境及證明專案活動具有外加性 參照 2018 年 12 月 27 日環保署公布的「溫室氣體抵換專案管理辦法修正草案總說明」對外加性描述進行修正。 5. 層級分析 參照 AR-AMS0007 (Ver3.1)。
--	--	---

<p>(3) 基線移除或排放 (含計算式)</p>	<p>$\Delta C_{BSL,t} = \Delta C_{TREE_BSL,t} + \Delta C_{SOC_BSL,t}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 基線情境為實施專案前原已存在之土地使用或經營狀態。基線移除或排放 ($\Delta C_{BSL,t}$)，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。本方法學中為林木生物量 ($\Delta C_{TREE_BSL,t}$)，或林木生物量及土壤有機質 ($\Delta C_{SOC_BSL,t}$) 之總和。 2. 基線情境如為外來入侵種或濫墾地，其基線淨移除量及移除外來入侵種或農作物之排放量忽略不計。 3. $\Delta C_{TREE_BSL,t} = \sum_i \Delta C_{TREE_BSL,i,t}$ 各基線分層之林木生物量碳儲存年變化量總和，即為基線林木生物量碳儲存變化量 ($\Delta C_{TREE_BSL,t}$)。 4. 【基線土壤有機質碳儲存變化】 $C_{SOC_BSL,i,t} = C_{Soil_BSL,i,t} \times BD_{BSL,i,t} \times Dep \times (1 - RC_{BSL,i,t}) \times 10000$ 土壤有機質碳儲存的變化需較長時間反映，多數情況下變動幅度有限，且可能缺乏資料或無法推估基線變化。由專案申請者選擇是否計入，若納入採計時須於專案活動開始前提供基線資料。 	<p>$\Delta C_{BSL,t} = \Delta C_{TREE_BSL,t}$</p> <p>【考量基期灌木、枯死木及枯落物碳儲存變化量不大，因此沒有計入，並補充可應用 CDM 執行理事會提出的「基線現存木質生物變化量不顯著評估原則」】</p>
<p>(4) 專案移除或排放量 (含計算式)</p>	<p>$\Delta C_{AT,t} = \Delta C_{TREE_P,t} + \Delta C_{SOC_P,t} - GHG_{E,t}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 碳庫主要考量林木生物量碳儲存之變化量 ($\Delta C_{TREE_P,t}$)，並評估因火災產生非二氧化碳溫室氣體 (CH_4、N_2O) 之排放量 ($GHG_{E,t}$)。 2. 【土壤有機質碳庫變化】 如土壤有機質碳儲存量為專案監測的一部分，需評估基線和專案情境下之<u>土壤有機質碳儲存量是否會發生變化</u> ($\Delta C_{SOC_P,t}$)，選擇是否計入專案碳匯移除量。 3. 專案活動各溫室氣體排放源之計算項目可參照 VCS VM0047 方法學預設，另當總專案排放量小於總減量額度 5% 時忽略不計。 	<p>$\Delta C_{ACTUAL,t} = \Delta C_{TREE_PROJ,t} - GHG_{E,t}$</p> <p>【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】</p>

	<p>4. 對於專案事前估算，由於無法預測火災或其他自然災害發生情況，因此專案非二氧化碳溫室氣體排放，即 <u>GHG_{E,t}得忽略不計</u>，如實際發生則需計算。</p> <p>5. 洩漏排放為原有土地農牧活動轉移至邊界外開墾，進而產生森林砍伐之碳損失。若專案涉及既有農牧活動時，申請者須說明是否具洩漏情事。產生洩漏時，可參考黃金標準 (Gold Standard) 之造林/再造林方法學公式，以受影響土地面積及生物量碳儲存量變化進行計算。</p>	
--	--	--

<p>(5) 監測方法/參數</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 【監測頻率】 專案申請者應提供監測計畫，尚未進行者可採預計規劃方式撰寫，如實際執行狀況異動時應具體說明。專案查證前至少執行一次監測工作。 2. 【監測方法】 專案監測計畫方法可參照林業試驗所已公開發表之《森林碳匯調查及監測手冊》，或其他相關手冊或指南說明，或公開認證之調查方式。 3. 【監測計畫項目】 專案監測計畫應包含：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（Standard Operation Procedure, SOP）、品質保證（Quality Assurance, QA）及品質控制（Quality Control, QC）程序和結果。 4. 【資料保存程序】 專案減量措施紀錄（執行項目、日期）及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>主要參照 AR-AMS0007 (Ver3.1)，且監測頻率為專案註冊前及申請查證前再進行監測。</p> <p>(1) 監測計畫：監測計畫應提供收集所需的相關數據，以供查證（Verification）碳庫之碳儲存變化及、專案排放和洩漏排放量。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) 監測專案實施：提供並記錄相關資訊於抵換專案計畫書中，可採用國內普遍使用於森林資源資源調查及森林經營管理的監測作法。另可參照政府間氣候變遷專家小組（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）的土地使用、土地使用改變與林業之良好作法指南（Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF-GPG）。</p> <p>(3) 精密度要求：可參照依 A/R CDM 專案活動的林木及灌木碳儲存與變化估算工具（Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities）之精密度要求。</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
(1) 基線移除量 ($\Delta C_{BSL,t}$)	$\Delta C_{BSL,t} = \Delta C_{TREE_BSL,t} + \Delta C_{SOC_BSL,t}$	參酌 AR-TMS0001 之基線計算方式，基線移除量視土壤有機質計算與否，為林木生物量碳儲存變化量 ($\Delta C_{TREE_BSL,t}$)，或林木生物量碳儲存變化量及土壤有機質碳庫變化量 ($\Delta C_{SOC_BSL,t}$) 之和。
(2) 專案移除量 ($\Delta C_{AT,t}$)	$\Delta C_{AT,t} = \Delta C_{TREE_P,t} + \Delta C_{SOC_P,t} - GHG_{E,t}$	參酌 AR-TMS0001 之專案方法，專案移除量 ($\Delta C_{AT,t}$) 僅考量林木生物量碳儲存之變化量 ($\Delta C_{TREE_P,t}$)，土壤有機質碳庫 ($\Delta C_{SOC_P,t}$) 可選擇是否計入。 非二氧化碳溫室氣體排放方面，由於無法事先預測火災發生情況，因此暫不考慮森林火災造成之專案非二氧化碳溫室氣體排放，即 $GHG_{E,t}$ 得忽略不計，如實際發生則需計算。
(3) 專案淨移除量 ($\Delta C_{NET,t}$)	$\Delta C_{NET,t} = \Delta C_{AT,t} - \Delta C_{BSL,t} - LK_t$	執行專案移除量減去基線移除量及洩漏排放之淨值。

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	透過造林以增加森林碳匯。
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

引用本減量方法之減量專案，主要透過栽植喬木、復育林地及進行撫育（如除草、修枝等）以增加碳儲存量之專案，不涉及經濟伐採後造林活動。

2.2 適用條件

1. 本減量方法不適用位於政府所公告重要濕地之土地，且專案不包含竹林造林。
2. 專案邊界土地於造林活動開始前 6 年內皆為非森林地。惟森林地如因災害造成裸露或木竹覆蓋未達森林定義，以及外來入侵種移除之復育造林專案，得適用本方法學，

而不受 6 年之限制。

3. 專案地點不得同時與其他執行中之專案地點重複。
4. 專案須於造林作業完成日（以現場完工照片、作業紀錄或驗收日期界定，且不含後續補植）起 3 年內提出註冊申請。
5. 專案造林作業毗鄰面積應大於 0.5 公頃，年平均溫室氣體淨移除量應小於或等於 20,000 公噸二氧化碳當量 (tCO₂e)，且整個專案淨移除量須為正值。

2.3 生效日

生效日係以 114 年 9 月 19 日「環境部溫室氣體抵換專案及自願減量專案審議會第 21 次會議」決議審核通過為準。

3. 名詞定義

- (1) **森林 (Forest)**：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。
- (2) **非森林地 (Non-forest)**：本方法學中指不符合上述森林定義之土地。
- (3) **造林 (Forestation)**：藉由人為栽種或播種，使該土地之地上植被達到森林定義之門檻。造林樹種之選擇得參考農業部公告之獎勵造林樹種表所列，惟不得種植經政府機關列為專案移除之外來入侵種植物。
- (4) **災害 (Disaster)**：如崩塌、森林火災、病蟲害等影響木竹生長及森林覆蓋之事件。
- (5) **外來入侵種 (Invasive Alien Species)**：指被引入到其過去或現在自然分佈範圍之外的物種，其引入和/或擴散會威脅到生物多樣性者。本方法學所指之外來入侵種，係指被政府機關列入專案移除計畫之外來入侵種植物。
- (6) **碳庫 (Carbon Pool)**：森林內植物吸收二氧化碳後，將碳儲存的地方。包括林木生物量、林產品、枯死木、枯落物、土壤有機質。
- (7) **地上部生物量 (Aboveground Biomass)**：指土壤以上以乾重表示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。
- (8) **地下部生物量 (Belowground Biomass)**：指林木之活根生物量，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 公釐細根忽略不計）。
- (9) **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。
- (10) **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各種程度腐朽狀況的所有生物量，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細根。
- (11) **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、以及土壤生物合成之物質所組成。
- (12) **碳儲存變化量 (Carbon Stocks Change)**：專案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

4.1 土地合格性證明

本減量方法之專案邊界乃指專案參與者所規劃實施專案活動之地理位置、專案活動邊界範圍，包含在執行減量措施後，其具有控制權之溫室氣體排放源及碳匯。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) 提供專案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) 地理坐標，如土地權屬證明、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。
- (2) 提供專案活動實施土地非位於重要濕地範圍內之相關證明文件，可至政府設立之圖資查詢平台(如國土測繪圖資服務雲、環境敏感區單一窗口查詢平台、內政地理資訊圖資雲整合服務平台等)或函文至相關主管機關查詢。
- (3) 提供可辨識地況之正射影像圖判別各時間點之土地利用，並檢附日期時間；或提供其他土地現狀相關資料、現場照片等，證明專案土地於註冊申請前符合本方法學適用條件。
- (4) 基線情境若為受災害所致為非森林地之區域時，應於專案計畫書中提擬相關之因應防範措施。
- (5) 專案活動為外來入侵種移除復育造林專案者，須提供造林前土地現狀相關資料，證明基線為外來入侵種之情境

4.2 碳庫及排放源選擇

- (1) 造林碳匯專案碳庫計算包括地上部、地下部生物量；土壤有機質碳庫可選擇是否計入，而枯死木及枯落物碳庫則不予計算，如表四。

表四、碳庫選擇項目

碳庫	是否選擇	說明/解說
地上部生物量	是	為專案之主要碳庫
地下部生物量	是	為專案之主要碳庫
枯死木及枯落物	否	「枯死木」與「枯落物」碳庫屬於非活體碳儲存，其碳素以有機殘體形式暫時儲存於林地中，惟因其穩定性低、受分解與氣候條件影響大，且監測不易、成本較高，故本方法學依據保守性與成本效益原則，選擇不納入碳庫計算範圍。
土壤有機質	可選擇	土壤有機質碳儲存變化視基線情境而異，惟多數情況下變動幅度有限。故依保守性與成本效益原則，本方法學允許申請者選擇是否納入碳庫計算。

- (2) 專案內林木生物質燃燒可參照本方法學第7.3節之說明進行計算，若專案執行無發生火災則忽略不予計算。專案各溫室氣體排放源之計算，如表五。

表五、專案之溫室氣體排放源及溫室氣體種類

排放源	溫室氣體種類	是否列入	說明
林木生物質燃燒（自然或人為因素所致）	CO ₂	否	因燃燒導致的碳儲存量減少，將反應於碳儲存量變化監測結果中。
	CH ₄	是	整地或造林活動過程中，由於木本（植被）生物質燃燒導致 CH ₄ 釋出。
	N ₂ O	是	整地或造林活動過程中，由於木本（植被）生物質燃燒導致 N ₂ O 釋出。
含氮肥料排放	CO ₂	否	詳備註。
	CH ₄	否	詳備註。
	N ₂ O	是	造林撫育過程中，由於施用含氮肥料導致土壤釋出 N ₂ O。
化石燃料燃燒	CO ₂	否	詳備註。
	CH ₄	否	詳備註。
	N ₂ O	否	詳備註。

備註：專案溫室氣體排放源可參照 VCS VM0047 方法學顯著性檢測（如附件 2），當總專案排放量小於總減量額度 5%時忽略不計。

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，屬微型規模專案得僅分析法規外加性及免除環境衝擊分析與公眾意見調查。

6. 基線移除或排放

本減量方法之基線情境為實施專案活動前原已存在之土地使用或經營狀態。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。

專案申請者應評估基線原土地利用狀態，在沒有實施專案活動下，其碳庫碳儲存量是否會產生重大變化。可參照附件 1 之造林專案碳儲存量變化量不顯著評估原則，來判斷基線生物量碳儲存變化量是否可忽略不計，否則應加以計算。另基線情境如為外來入侵種或濫墾地，其基線淨移除量及移除外來入侵種或農作物之排放量忽略不計。

此時基線溫室氣體淨移除量應視土壤有機質計算與否，等於在沒有實施專案活動的情況下之生物量碳儲存變化量，或生物量碳儲存變化量及土壤有機質碳儲存變化量之總和。基線移除量計算式如下：

$$\Delta C_{BSL,t} = \Delta C_{TREE_BSL,t} + \Delta C_{SOC_BSL,t} \quad \text{式 1}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{BSL,t}$	基線第 t 年（指未實施專案活動下）之移除或排放量	tCO ₂ e yr ⁻¹
$\Delta C_{TREE_BSL,t}$	基線第 t 年之林木生物量碳儲存年變化量，可根據基線	tCO ₂ e yr ⁻¹

	情境評估其變化量是否得忽略不計	
$\Delta C_{SOC_BSL,t}$	基線第 t 年之土壤有機質碳庫年變化量，可根據基線情境評估是否得忽略不計	tCO ₂ e yr ⁻¹

6.1 基線林木生物量碳儲存變化量

基線林木生物量碳儲存變化量為根據劃分之基線分層，計算各基線分層之林木生物量碳儲存年變化量總和，即為基線林木生物量碳儲存變化量 ($\Delta C_{TREE_BSL,t}$)：

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

參數	定義	單位
$\Delta C_{TREE_BSL,i,t}$	基線情境下，第 i 分層第 t 年之林木生物量碳儲存年變化量	tCO ₂ e yr ⁻¹
t	專案執行年數	yr

假定一段時間內（第 t₁ 至 t₂ 年）基線林木生物量碳儲存變化為線性，基線林木生物量碳儲存年變化量 ($\Delta C_{TREE_BSL,t}$) 計算公式如下：

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

參數	定義	單位
$C_{TREE_BSL,i,t}$	基線情境下，第 i 分層第 t 年之林木生物量碳儲存量	tCO ₂ e
t ₁ 、t ₂	專案開始後第 t ₁ 及 t ₂ 年	yr

在林木生物量碳儲存量估算方面 ($C_{TREE_BSL,i,t}$)，主要將各樹種每公頃林木生物量 ($G_{TREE_BSL,i,j,t}$)，乘上各樹種面積 ($A_{i,j}$)，利用各樹種含碳率 (CF_j) 將林木生物量轉化為碳含量，再利用 CO₂ 與 C 原子量比值 (44/12) 將碳含量轉換為二氧化碳當量，計算公式如下：

$$C_{TREE_BSL,i,t} = \sum_j (G_{TREE_BSL,i,j,t} \times A_{i,j} \times CF_j) \times \frac{44}{12} \quad \text{式 4}$$

參數	定義	單位
$G_{TREE_BSL,i,j,t}$	基線情境下，第 i 分層 j 樹種第 t 年每公頃林木生物量	t d.m. ha ⁻¹
$A_{i,j}$	基線情境下，第 i 分層 j 樹種面積	ha
CF_j	j 樹種之含碳率	-
j	樹種	-
$\frac{44}{12}$	CO ₂ 分子量與 C 原子量之比值	-

專案申請者可依照現況，選擇下列其中之一估算各樹種每公頃林木生物量 ($G_{TREE_BSL,i,j,t}$)：

方法一：使用生物量推估模式

透過專案內各樹種之生物量推估模式，估算各樹種之單株生物量 ($G_{S_BSL,i,j,t}$)。各樹種生物量推估模式一般以生物量 ($G_{S_BSL,i,j,t}$) 為應變數 (Dependent variable)，測定參數如胸高直徑 (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之推估模式。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木生物量，計算公式如下：

$$G_{Tree_BSL,i,j,t} = (\sum GS_{BSL,i,j,t}) \div A_{PLOT,i} \quad \text{式 5}$$

若應變數為地上部生物量，可再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。

$$GS_{BSL,i,j,t} = Gsa_{BSL,i,j,t} \times (1 + R_j) \quad \text{式 6}$$

參數	定義	單位
$GS_{BSL,i,j,t}$	基線情境下，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 ⁻¹
$Gsa_{BSL,i,j,t}$	基線情境下，第 i 分層 j 樹種第 t 年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 ⁻¹
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 _{j}) 將林木樹幹材積轉化為林木地上部生物量，再利用地下部生物量與地上部生物量比值 (R_j) 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木生物量，計算公式如下：

$$G_{TREE_BSL,i,j,t} = \sum (Vs_{BSL,i,j,t} \times BCEF_j \times (1+R_j)) \div A_{PLOT,i} \quad \text{式 7}$$

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

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

參數	定義	單位
$Vs_{BSL,i,j,t}$	基線情境下，第 i 分層 j 樹種第 t 年之單株林木樹幹材積。此材積可透過胸高直徑 (DBH)、樹高 (H) 或林齡 (Age) 代入材積推估模式或查材積表得來	m ³ 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 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 d.m. m ⁻³

6.2 基線土壤有機質碳儲存變化量

土壤有機質碳儲存變化視基線情境而異，需較長時間反映出不同土地利用狀態及活動的影響，惟多數情況下變動幅度有限，且可能缺乏歷史資料或無法推估基線土壤有機質碳儲存變化量。本方法學允許申請者選擇是否納入碳庫計算。

根據專案適用條件，若基線情境之土地利用處於穩定狀態，假設土壤有機質碳儲存量已達穩定，其變化量很小得忽略不計。如基線情境符合附件造林專案碳儲存量變化量不顯著評估原則，第(4)或(5)條件之一，表示該土地呈現退化或受擾動頻繁，而導致生物量減少或週期性損失。因此土壤有機質碳庫可能也會因輸入來源減少流失、受到頻繁擾動而不穩定或儲存量很小，基於保守性和成本有效性原則，其變化量同樣得忽略不計。另實務操作上如有添加客土混合進行土壤改質之行為時，應以改質完成後之有機質儲存量為基線情境。

本方法學之土壤有機質碳儲存量計算參酌 Verified Carbon Standard (VCS) VMD0004 之計算公式，用於估算基線和專案情境下之土壤有機質碳儲存量。各項土壤分析可參考 AL-TMS0001 《改進農業土壤管理方法學》所列方法，或其他已公開發表、官方正式出版相關手冊或指南說明，並於專案活動開始前提供基線資料。計算公式為：

$$C_{SOC_BSL,i,t} = C_{Soil_BSL,i,t} \times BD_{BSL,i,t} \times Dep \times (1 - RC_{BSL,i,t}) \times 10000 \quad \text{式 9}$$

參數	定義	單位
$C_{SOC_BSL,i,t}$	基線情境下，第 i 分層第 t 年土壤有機質碳儲存量	t C ha ⁻¹
$C_{Soil_BSL,i,t}$	基線情境下，第 i 分層第 t 年之土壤有機質碳含量（土壤定義為顆粒大小 < 2 mm）	g C g ⁻¹
$BD_{BSL,i,t}$	基線情境下，第 i 分層第 t 年之土壤容積密度	g cm ⁻³
Dep	土壤樣本採集深度，本方法學中以 0.3m 計算	m
$RC_{BSL,i,t}$	基線情境下，第 i 分層第 t 年之土壤含石率	g g ⁻¹ 或 cm ³ cm ⁻³
10000	面積單位換算係數	

總和第 i 分層土壤有機質之碳儲存量，並轉換為二氧化碳當量，即為基線土壤有機質碳庫儲存量，計算公式為：

$$C_{SOC_BSL,t} = \sum_i (C_{SOC_BSL,i,t} \times A_i) \times \frac{44}{12} \quad \text{式 10}$$

參數	定義	單位
$C_{SOC_BSL,t}$	基線情境下，第 t 年之土壤有機質碳儲存量	t CO ₂ e
A_i	第 i 分層之總面積	ha
$\frac{44}{12}$	CO ₂ 分子量與 C 原子量之比值	-

7. 專案移除或排放

在專案計入期間，專案碳庫之碳儲存變化量，主要考量林木生物量碳儲存年變化量 ($\Delta C_{TREE_P,t}$)，並評估因火災產生非二氧化碳溫室氣體 (CH_4 、 N_2O) 之排放量 ($GHG_{E,t}$)。如土壤有機質碳儲存量為專案監測的一部分，專案申請者需評估基線和專案情境下土壤有機質碳儲存量是否會發生變化 ($\Delta C_{SOC_P,t}$)。專案溫室氣體排放源可參照 VCS VM0047 方法學顯著性檢測 (如附件 2)，當總專案排放量小於總減量額度 5% 時忽略不計。

專案實施後之碳匯實際溫室氣體淨移除量計算如下：

$$\Delta C_{AT,t} = \Delta C_{TREE_P,t} + \Delta C_{SOC_P,t} - GHG_{E,t} \quad \text{式 11}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{AT,t}$	專案活動實施第 t 年之淨移除量	t CO ₂ e yr ⁻¹
$\Delta C_{TREE_P,t}$	第 t 年之林木生物量碳儲存之年變化量	t CO ₂ e yr ⁻¹
$\Delta C_{SOC_P,t}$	第 t 年之土壤有機質碳儲存之年變化量	t CO ₂ e yr ⁻¹
$GHG_{E,t}$	專案活動實施第 t 年，因火災而增加之 CH ₄ 、N ₂ O 溫室氣體排放量	t CO ₂ e

7.1 專案活動林木生物量碳儲存變化量

專案各分層林木生物量碳儲存變化量總和，即為專案林木生物量碳儲存之變化量 ($\Delta C_{TREE_P,t}$)。假定一段時間內 (第 t₁ 至 t₂ 年) 專案林木生物量變化為線性，計算方式如下：

$$\Delta C_{TREE_P,t} = \sum_i \Delta C_{TREE_P,i,t} = \sum_i \frac{C_{TREE_P,i,t_2} - C_{TREE_P,i,t_1}}{t_2 - t_1} \quad \text{式 12}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{TREE_P,t}$	專案情境下，第 t ₁ 至第 t ₂ 年間之林木生物量碳儲存年變化量	t CO ₂ e yr ⁻¹
$\Delta C_{TREE_P,i,t}$	專案情境下，第 t ₁ 至第 t ₂ 年間之林木生物量碳儲存年變化量	t CO ₂ e yr ⁻¹

在林木生物量碳儲存量估算方面，主要將專案各分層之每公頃林木生物量 ($G_{TREE_P,i,j,t}$)，乘上面積 ($A_{P,i,j}$)，利用含碳率 (CF_j) 將林木生物量轉化為碳含量，再利用 CO₂ 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：

$$C_{TREE_P,i,t} = \sum_j (G_{TREE_P,i,j,t} \times A_{P,i,j} \times CF_j) \times \frac{44}{12} \quad \text{式 13}$$

參數	定義	單位
$C_{TREE_P,i,t}$	專案情境下，第 t 年之第 i 分層林木生物量碳儲存量	tCO ₂ e
$G_{TREE_P,i,j,t}$	專案情境下，第 t 年之第 i 分層 j 樹種每公頃林木生物量	t d.m. ha ⁻¹
$A_{P,i,j}$	專案情境下，第 i 分層 j 樹種總面積	ha

專案情境下各樹種每公頃林木生物量 ($G_{TREE_P,i,j,t}$) 計算可採用第 6.1 節之「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 $G_{TREE_P,i,j,t}$ 替代 $G_{TREE_BSL,i,j,t}$ 。

7.2 專案活動土壤有機質碳儲存變化量

雖然造林事前整地活動會擾動土壤，可能使土壤有機質碳儲存量在整地後於短時間內流失，但經造林後會隨著林木生長、植物根系和枯落物分解等輸入，土壤有機質碳儲存量會逐漸增加，最終趨於穩定。由於土壤有機質碳儲存變化視基線情境而異，由專案申請者評估專案活動是否會造成土壤有機質碳儲存量發生變化，選擇是否納入碳庫計算。

專案情境下土壤有機質碳儲存量 ($C_{SOC_P,t}$) 計算可採用第 6.2 節之式 9 及式 10 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 9 及式 10 中的字母下標「BSL」。實施專案活動後，假定一段時間內（第 t_1 至 t_2 年）土壤有機質碳儲存量變化為線性，土壤有機質碳儲存變化量 ($\Delta C_{SOC_P,t}$) 計算如下：

$$\Delta C_{SOC_P,t} = \frac{C_{SOC_P,t_2} - C_{SOC_P,t_1}}{t_2 - t_1} \quad \text{式 14}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{SOC_P,t}$	第 t 年之土壤有機質碳儲存變化量	t CO ₂ e yr ⁻¹
t_1 、 t_2	專案開始後第 t_1 及 t_2 年	yr

7.3 專案非二氧化碳溫室氣體排放量計算

本方法學主要考慮森林火災引起的林木地上部生物質燃燒所產生之非二氧化碳溫室氣體排放（即 CH₄ 和 N₂O 釋放）。

在事前估計方面，由於無法預測火災或其他自然災害發生情況，或如只發生地表火，林木地上部生物量未被燃燒，可以不考慮災害造成之專案非二氧化碳溫室氣體排放量，即 $GHG_{E,t}$ 得忽略不計。

在事後估算方面，專案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木地上部生物量數據，計算方法如下：

$$GHG_{E,t} = \sum_i A_{BURN,i,t} \times b_{TREE,i,tL} \times COMF_i \times (EF_{CH_4} \times GWP_{CH_4} + EF_{N_2O} \times GWP_{N_2O}) \times 10^{-3} \quad \text{式 15}$$

參數	定義	單位
$GHG_{E,t}$	第 t 年時，因森林火災導致林木地上部生物量燃燒引起之非二氧化碳溫室氣體排放量	t CO ₂ e
$A_{BURN,i,t}$	第 i 分層第 t 年時，森林火災之火燒面積	ha
$b_{TREE,i,tL}$	火災發生前，專案最近一次查證時，第 i 分層之單位面積林木地上部生物量	t d.m. ha ⁻¹
tL	火災發生前，最近一次查證時間，即距專案活動開始	yr

	以後的年數	
COMF _i	第 i 分層燃燒指數 (Combustion factor for stratum)，採用 CDM 方法學預設值，詳見附表 2	-
EF _{CH4}	專案 CH ₄ 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 ₄ (t 燃燒乾物質) ⁻¹
GWP _{CH4}	CH ₄ 之全球增溫潛勢，依環境部公告之最新數據為準	-
EF _{N2O}	專案 N ₂ O 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 ₂ O (t 燃燒乾物質) ⁻¹
GWP _{N2O}	N ₂ O 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

洩漏排放之定義為將專案土地原有農牧業活動移轉，於專案邊界外土地進行開墾行為，進而發生森林砍伐之碳損失。因此在既有農牧業活動之土地執行專案時，申請者須說明專案是否具洩漏情事。至於農牧業活動如移轉至非森林覆蓋土地，如農地、放牧地、草地等，則可將洩漏排放 (LK_t) 視為 0。

若有因造林專案活動而轉移產生之洩漏時，洩漏排放 (LK_t) 可參考黃金標準 (Gold Standard) Afforestation – reforestation GHG emissions reductions & sequestration methodology 中之公式，以受影響土地面積及生物量碳儲存量變化進行計算。

9. 淨移除量

專案淨移除量等於專案活動實際溫室氣體淨移除量 (ΔC_{AT,t}) 減去基線溫室氣體淨移除量 (ΔC_{BSL,t}) 以及洩漏排放量 (LK_t)，如下：

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

參數	定義	單位
ΔC _{NET,t}	第 t 年之專案淨移除量	t CO ₂ e yr ⁻¹
ΔC _{AT,t}	第 t 年之專案淨碳儲存變化量	t CO ₂ e yr ⁻¹
ΔC _{BSL,t}	第 t 年之基線淨碳儲存變化量	t CO ₂ e yr ⁻¹
LK _t	第 t 年之專案洩漏量	t CO ₂ e yr ⁻¹

9.1 預設數據與參數說明

預設數據與參數說明，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。

數據與參數表 1

數據/參數	A _{PLOT,i}
應用公式	5、7
數據單位	ha
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	採用現有資料或實地測定，一次性測定
備註	-

數據與參數表 2

數據/參數	D_j
應用公式	8
數據單位	$t\ d.m.\ m^{-3}$
描述	j 樹種木材密度 (Basic Wood Density, D)，亦即林木幹材之絕乾重量與原木材積之比值，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為 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之資料
量測程序	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

數據與參數表 3

數據/參數	BEF_j
應用公式	8
數據單位	無單位
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為 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之資料
量測程序	採用現有資料或預設值
備註	-

數據與參數表 4

數據/參數	$BCEF_j$
應用公式	7、8
數據單位	$t\ d.m.\ m^{-3}$
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為 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之資料計算
量測程序	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

數據與參數表 5

數據/參數	R_j
應用公式	6、7
數據單位	無單位
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值。
數據來源	數據來源優先選擇次序為 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之資料
量測程序	採用現有資料或預設值
備註	-

數據與參數表 6

數據/參數	CF_j
應用公式	4、13
數據單位	% 或 $tC (t.d.m.)^{-1}$
描述	含碳率 (carbon fraction of dry matter)，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為 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之資料
量測程序	採用現有資料或預設值
備註	-

數據與參數表 7

數據/參數	$G_{S_BSL,i,j,t}$ 、 $G_{sa_BSL,i,j,t}$
應用公式	5、6
數據單位	$t.d.m. tree^{-1}$
描述	基線情境下，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為 1. 現有的、當地的或相似生態條件下j樹種資料 2. 專案申請者可參考國內相關文獻自行建立當地j樹種林木生物量之推估模式 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 4. 其他跨樹種之廣域推估模式
量測程序	採用現有資料或直接建立
備註	單位符號d.m.為乾重 (dry matter) 縮寫

數據與參數表 8

數據/參數	$V_{S_BSL,i,j,t}$
應用公式	7
數據單位	$m^3 tree^{-1}$
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）代入立木材積式或對應立木材積表所得數值。
數據來源	數據來源優先選擇次序為 1. 現有的、當地的或相似生態條件下j樹種資料 2. 專案申請者可參考國內相關文獻自行建立當地之j樹種立木材積式 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 4. 以立木材積形數0.45計算
量測程序	採用現有資料或直接建立
備註	-

數據與參數表 9

數據/參數	Dep
應用公式	9
數據單位	m
描述	土壤樣本之採集深度
數據來源	現場實地記錄之採集深度或本方法學預設深度
量測程序	土壤有機質碳庫之採樣深度應集中在根系生物量和有機物輸入集中之土壤上層部分，具體深度取決於土壤類型和生態環境，通常在 0.2 ~ 1 公尺之間。本方法學中預設以 0.3 公尺計算，計入期中採用之土壤採樣深度應保持不變。
備註	-

數據與參數表 10

數據/參數	$COMF_i$
應用公式	15
數據單位	無單位
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為 1. 現有的、當地的或相似生態條件下之資料 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，如附表2
量測程序	採用現有資料或預設值
備註	-

數據與參數表 11

數據/參數	EF_{CH_4}
應用公式	15
數據單位	$kg\ CH_4\ (t\ 燃燒乾物質)^{-1}$
描述	CH ₄ 排放係數
數據來源	CH ₄ 排放係數資料來源優先選擇次序為： 1. 專案實施區當地之調查資料 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
量測程序	採用現有資料或預設值
備註	-

數據與參數表 12

數據/參數	GWP_{CH_4}
應用公式	15
數據單位	無單位
描述	CH ₄ 之全球增溫潛勢
數據來源	依環境部公告之最新數據為準
量測程序	採用預設值
備註	-

數據與參數表 13

數據/參數	EF_{N_2O}
應用公式	15
數據單位	$kg\ N_2O\ (t\ 燃燒乾物質)^{-1}$
描述	N ₂ O排放係數
數據來源	N ₂ O排放係數資料來源優先選擇次序為： 1. 專案實施區當地之調查資料 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
量測程序	採用現有資料或預設值
備註	-

數據與參數表 14

數據/參數	GWP_{N_2O}
應用公式	15
數據單位	無單位
描述	N ₂ O之全球增溫潛勢
數據來源	依環境部公告之最新數據為準
量測程序	採用預設值
備註	-

10. 監測方法

專案申請者應提供監測計畫，確證時若尚未進行專案活動者，可採預計規劃之方式撰寫監測計畫，如實際執行狀況發生異動時，應檢附具體說明；已進行專案活動計畫者，則應於監測報告書中檢附以下項目相關文件。監測計畫方法可參照農業部林業試驗所已公開發表之《森林碳匯調查及監測手冊》，或其他相關手冊、指南說明，或公開認證之調查方式，並於專案查證前至少執行一次監測工作。

監測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，並說明不同的原因。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。如預計編定之人員與實際作業不同時，則需檢附說明。
- (3) 碳匯估算方法：說明估算森林或土壤有機質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。如計算方法異動時，則需檢附說明。
- (4) 測量參數：包括樹木或土壤有機質之直接測量數據，以及林木生物量推估模式中的變數，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。其中如採用歷史調查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、生物量含碳率、生物量推估模式、立木材積式、立木材積表、土壤有機質碳儲存量等）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。若採用其他林業調查方式者，則須檢附取樣設計及方式之依據。如調查規劃異動時，則需檢附說明。
- (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，若調查方式採普查則免說明此項。如樣區規格或設置異動時，則需檢附說明。
- (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。如預計使用之工具與實際調查不同時，則需檢附說明。
- (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，包括電子文件更新：專案減量措施紀錄（執行項目、日期）及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

數據與參數表 15

數據/參數	A_i 、 $A_{P,ij}$
應用公式	4、10、13
數據單位	ha
描述	第i分層（j樹種）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	取得邊界坐標並計算面積
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	-

數據與參數表 16

數據/參數	DBH / H
應用公式	5、6、7、13
數據單位	cm / m
描述	胸高直徑 / 樹高
數據來源	實地測量
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	-

數據與參數表 17

數據/參數	C_{Soil}
應用公式	9
數據單位	$g\ C\ g^{-1}$ （顆粒粒徑<2 mm）
描述	土壤有機質碳含量
數據來源	實地採樣和實驗室測定的結果
量測程序	乾燒法、燃燒失重法或重鉻酸鹽氧化滴定法檢測
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	

數據與參數表 18

數據/參數	BD
應用公式	9
數據單位	g cm^{-3}
描述	單位體積土壤樣本之容積密度，容積密度等於採樣之土壤顆粒乾重除以採土環體積
數據來源	實地採樣和實驗室測定的結果
量測程序	實地採集已知體積之土壤樣本，烘乾後秤重計算得出
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	單位符號d.m.為乾重（dry matter）縮寫

數據與參數表 20

數據/參數	RC
應用公式	9
數據單位	g g^{-1} 或 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$
描述	採樣樣本中之土壤含石率
數據來源	實地比對和實驗室測定的結果
量測程序	實地比對土壤含石率對照圖，或採樣秤重計算得出
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	收集之相關數據至少保存至最後一次核發減量額度後 2 年
備註	

數據與參數表 21

數據/參數	$\Delta\text{BURN}_{i,t}$
應用公式	15
數據單位	ha
描述	第t年時，第i分層森林火災之火燒面積
數據來源	地面量測、地理資訊系統（GIS）量測或遙感監測資料
量測程序	取得邊界坐標並計算面積
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	-

附件 1、造林專案碳儲存量變化量不顯著評估原則

在特定情形下，森林碳庫儲存量之變動幅度極微，經評估可視為不具顯著性者，得免列入溫室氣體排放或移除量之計算。專案申請者得提出符合以下任一項條件之證明文件（例如：調查資料、影像資料），經審核同意得忽略不計基線情境林木之碳移除變化量：

- (1) 專案活動實施作業及栽植林木，不影響基線情境現存林木生長之相關證明或說明；
- (2) 專案執行期間內，基線林木蓄積量少於專案期滿森林蓄積量 2% 相關證明；
- (3) 專案執行期間內，基線林木樹冠覆蓋率少於專案期滿森林樹冠覆蓋率 10%；
- (4) 基線情境於至少 10 年現存林木生物量增長停滯或負成長之相關證明；
- (5) 專案執行 10 年以上期間，基線情境受到外力（如食草動物嚙食、自然災害、人為因素等），導致林地地上生物量週期性固定變化或下降等相關證明。

註：證明文件須具備相關影像照片資料、書面證據或調查證明，以證明人為活動或土地退化會導致現存林木生物量增長停滯或下降。例如：活動總體強度/嚴重性/頻率/面積、此類活動導致之現存林木狀態、基線情境下之生物量年收穫量和年生長量資料等。

附件 2、VCS VM0047 Version 1.1 碳庫及溫室氣體排放顯著性檢測

本附件用於判定可選擇之碳庫與溫室氣體排放源 (Es) 之顯著性，若所有 Es 的總影響 (以 tCO₂e 計算) 低於該專案預期碳移除與碳減量總和的 5%，則可視為微乎其微 (de minimis) 並排除於計算之外，詳請參見步驟 1 (公式 A1)。若選擇之碳庫與排放源之總影響超過 5%，則請參見步驟 2 (公式 A2)，以判定哪些特定的碳庫與溫室氣體排放源必須納入計算。

步驟 1：Es 之總影響計算

$$CSR = \frac{\sum Es}{CR} \times 100 \quad \text{式 A1}$$

參數	定義	單位
CSR	總顯著性比例	%
CR	專案計入期間之淨碳移除與碳減量總和	tCO ₂ e
Es	專案溫室氣體排放量與選擇碳庫碳儲存之減少量總和	tCO ₂ e
s	第 1、2、3、.....、s 專案溫室氣體排放源 (不包括洩漏) 和可選擇碳庫碳儲存之減少量	-

- (1) 若 $CSR < 5\%$ ，則所有排放源均視為微乎其微；
- (2) 若 $CSR \geq 5\%$ ，則進行步驟 2，以確定哪些碳庫的減少量和溫室氣體排放源必須納入計算。

步驟 2：計算個別 Es 之顯著性

對於每個排放源，計算其對於碳庫減少量與溫室氣體排放源總和 (Es) 之相對影響 (RC_{Es})。

$$RC_{Es} = \frac{Es}{\sum Es} \quad \text{式 A2}$$

參數	定義	單位
RC_{Es}	每個排放源 s 對專案及洩漏溫室氣體排放與選擇碳庫減少量總和之相對影響	-

- (1) 按照 RC_{Es} 最大至最小的順序排列各 Es；
- (2) 從最大的 RC_{Es} 開始加總累計，當總和等於或超過 0.95 時停止；
- (3) 加總(2)中所有達到或超過 0.95 之溫室氣體排放源與碳庫減少量；
- (4) 其餘排放源(構成最後 0.05 之排放源)均可不納入，但這些排放源的總影響(CSR)也須小於 5%；若無，則繼續增加納入計算之溫室氣體排放源，直到滿足條件為止。

附表 1、各樹種根莖比 (R)、含碳率 (CF)、生物量擴展係數 (BEF) 及木材密度 (D)

樹種	根莖比 (R)	含碳率 (CF)	生物量擴展係數 (BEF)	木材密度 (D)
針葉樹				
臺灣杉	0.22	0.48	1.27	0.32
臺灣肖楠	0.22	0.49	1.27	0.54
杉木	0.22	0.48	1.27	0.31
香杉	0.22	0.48	1.27	0.42
柳杉	0.22	0.49	1.27	0.36
其他針葉樹	0.22	0.48	1.27	0.42
闊葉樹				
相思樹	0.24	0.47	1.40	0.77
臺灣欖	0.24	0.48	1.40	0.73
大葉桃花心木	0.24	0.47	1.40	0.50
小葉桃花心木	0.24	0.47	1.40	0.58
烏心石	0.24	0.47	1.40	0.55
牛樟	0.24	0.46	1.40	0.39
樟樹	0.24	0.47	1.40	0.51
楓香	0.24	0.49	1.40	0.49
苦楝	0.24	0.47	1.40	0.54
光蠟樹	0.24	0.47	1.40	0.73
黃連木	0.24	0.45	1.40	0.68
毛柿	0.24	0.46	1.40	0.68
杜英	0.24	0.44	1.40	0.51
青剛櫟	0.24	0.48	1.40	0.73
赤皮 (櫟)	0.24	0.47	1.40	0.73
栓皮櫟	0.24	0.47	1.40	0.76
長尾尖櫟	0.24	0.45	1.40	0.54
香楠	0.24	0.45	1.40	0.48
大葉楠	0.24	0.45	1.40	0.51
紅楠	0.24	0.45	1.40	0.57
白千層	0.24	0.46	1.40	0.64
木麻黃	0.24	0.47	1.40	0.67
其他闊葉樹	0.24	0.47	1.40	0.58

註 1、本附表 1 提供之係數，根莖比 (R) 及生物量擴展係數 (BEF) 引自 2025 年國家溫室氣體清冊報告；含碳率 (CF) 及木材密度 (D) 引自趙國容《水土保持樹種固碳能力與儲碳潛力計算資料庫之建置》計畫成果報告，以及林裕仁等(2002)台灣地區主要用材比重與碳含量測定。

註 2、本附表 1 僅提供造林樹種之各項係數供申請者參考，專案計算時應引用最新版數據為準，或自行測定取得。

附表 2、燃燒指數 (依照 CDM A/R Methodological Tool-08 提供之預設值) (針對每個植被類型)

林型	平均林齡 (年)	預設值
熱帶森林	3-5	0.46
熱帶森林	6-10	0.67
熱帶森林	11-17	0.50
熱帶森林	18 年 (含) 以上	0.32
溫帶森林	所有	0.45

減量方法修訂紀錄

版次	日期	修訂記錄
01.0	108 年 4 月 24 日	「行政院環境保護署溫室氣體減量成效認可專案審議會第十次會議」決議審核通過。
02.0	114 年 9 月 19 日	「環境部溫室氣體抵換專案及自願減量專案審議會第 21 次會議」決議審核通過。 <ol style="list-style-type: none"> 減量方法名稱由「造林與植林碳匯專案活動」修正為「造林碳匯專案活動」 修正範疇、適用條件、專案邊界及土地合格性、基線移除或排放、專案移除或排放、洩漏排放與監測方法。 新增「附件 1、造林專案碳儲存量變化量不顯著評估原則」、「附件 2、VCS VM0047 Version 1.1 碳庫及溫室氣體排放顯著性檢測」、「附表 1、各樹種根莖比 (R)、含碳率 (CF)、生物量擴展係數 (BEF) 及木材密度 (D)」與「附表 2、燃燒指數」。

參考文獻

- 林裕仁、劉瓊霏、林俊成 (2002) 台灣地區主要用材比重與碳含量測定。台灣林業科學 17 (3) : 291-299。
- 農業部林業試驗所 (2025) 森林碳匯調查與監測手冊。臺北市：農業部林業試驗所。
- 趙國容 (2019) 水土保持樹種固碳能力與儲碳潛力計算資料庫之建置。108 年度創新研究計畫。計畫編號：108 保發-10.1-保-01-06-001(40)。
- 環境部氣候變遷署 (2025) 2025 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告。第六章土地利用、土地利用變化及林業部門(CRT Sector 4)：6-6。臺北市：環境部氣候變遷署。
- 環境部氣候變遷署 (2019) AR-TMS0001 造林與植林碳匯專案活動 Ver 1.0。臺北市：環境部氣候變遷署。
- 環境部氣候變遷署 (2025) AL-TMS0001 改進農業土壤管理方法學 Ver 1.0。臺北市：環境部氣候變遷署。
- Gold Standard (2024) Methodology for afforestation/reforestation (A/R) GHGs Emission Reduction & Sequestration Ver 2.1.
- UNFCCC (2011) A/R Methodological tool- estimation of non-CO2 GHG emissions resulting from burning of biomass attributable to an A/R CDM project activity Ver 4.0.0.
- UNFCCC (2015) A/R Methodological tool- estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities Ver 4.2.
- UNFCCC (2015) A/R Small-scale methodology- afforestation and reforestation project activities implemented on lands other than wetlands. AR-AMS0007 Ver 3.1.
- Verified Carbon Standard (2023) VMD0004 Estimation of stocks in the soil organic carbon pool (CP-S) Ver 1.1.
- Verified Carbon Standard (2025) VM0047 Afforestation, Reforestation, and Revegetation Ver 1.1.