

竹林經營碳匯專案計畫書(應用範例)

○○林業生產合作社竹林經營碳匯專案計畫書

版本： 1 製作日期： 113 年 9 月 3 日

申請單位	○○林業生產合作社
引用之減量方法 (版次)	竹林經營碳匯專案小規模減量方法第1版
減量方法範疇別	B-11 林業
年平均減量估計值	102.01 tCO ₂ e yr ⁻¹

-目錄-

一、專案活動之一般描述	1
(一)專案名稱	1
(二)專案參與機構描述	1
(三)專案活動描述	1
(四)專案活動之技術說明	5
二、減量方法適用性及外加性分析描述	6
(一)專案活動採用之減量方法	6
(二)適用條件與原因	6
(三)專案邊界內包括的排放源和氣體	8
(四)基線情境之選擇與說明	10
(五)外加性之分析與說明	10
三、減量/移除量計算說明	11
(一)減量/移除量計算描述	11
(二)減量/移除量計算	13
(三)計入期計算摘要	25
四、監測計畫	25
(一)應被監測之數據與參數	25
(二)抽樣計畫	28
(三)監測計畫其他要素	31
五、專案活動期程描述	32
(一)專案活動執行期間	32
(二)專案計入期	32
六、環境衝擊分析	32
七、公眾意見描述	32
八、引用文獻	33

○○林業生產合作社竹林經營碳匯專案計畫書

一、專案活動之一般描述

(一)專案名稱

專案活動名稱：○○林業生產合作社竹林經營碳匯專案

減量方法範疇別：「類別11：林業」

版本	日期	修訂內容摘要
1	113.9.3	新撰寫

(二)專案參與機構描述

參與機構名稱	參與單位性質	角色說明
○○林業生產合作社	-	專案執行者

(三)專案活動描述

1.專案活動目的

本專案位處○○市隸屬於農業部林業及自然保育署○○分署第○○林班內之蔴竹林地，由於當地土壤貧瘠及伐採利用、經濟活動轉型等因素下，蔴竹林遂荒廢至今。

若能透過良善的竹林經營管理模式，改善當地叢生竹林荒廢問題外，亦鼓勵竹農或地主透過竹林經營額外獲得之碳匯量，帶動地方社區對於竹林經營之共識，共同發展竹產業是本專案活動的主要目的。伐採收穫之竹材，若能充分加以利用於建築、戶外公共休閒娛樂結構設施等方面，取代高耗能之建材，對於地方環境永續、社區發展及產業經濟活絡，將是未來可期之發展。

2.專案活動描述

(1)專案活動地點

本專案活動地點位處○○市隸屬於農業部林業及自然保育署○○分署第○○林班內之蔴竹林地，約5 ha 的蔴竹林地，以2年內或最新的高解析之航遙測影像，對租地所轄之專案活動邊界內之竹種、竹林分布情形，產製出

竹林分布圖。藉由實地竹林資源調查並輔以無人機技術，蒐集荊竹林現況資料並清楚界定邊界範圍。本專案荊竹林範圍座標如表1及專案活動位置如圖1。

表 1 荊竹林範圍座標(採用 TWD97 TM2 地理坐標)

荊竹林範圍	X	Y
左下	192117	2528107
右上	192317	2528586

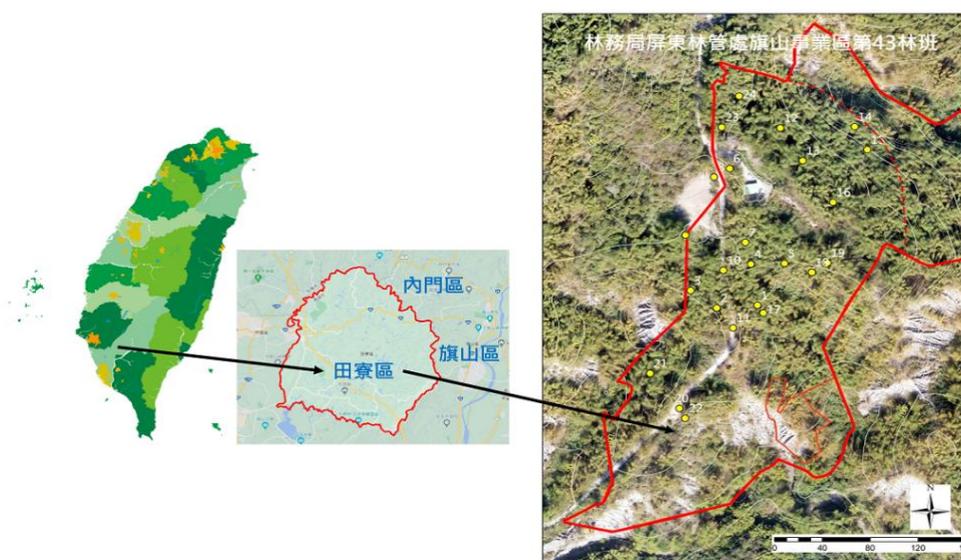


圖 1. 專案活動位置圖

(2) 環境描述

專案活動地點海拔高度介於97至144 m 之間，年平均降雨量約在1,500至1,800 mm，區域內降雨分佈不均，雨季多集中於6-9月，主要以梅雨及西南氣流造成之午後雷陣雨，另尚有颱風及熱帶性低氣壓所帶來之豪雨；年平均氣溫約為23-25°C，年平均濕度約在73-79%，氣候型態屬熱帶氣候，冬季(10月至翌年)為乾燥期。

專案地點土地貧瘠，可耕面積有限，土壤屬砂頁岩非石灰性新沖積土，呈灰色至灰棕色，蓄水力及排水力差，因土壤質地黏重，乾季時土壤堅硬雨季濕滑。本專案地點的土壤型態屬於砂頁岩非石灰性新沖積土，土壤貧瘠，○○林業生產合作社於父執輩租賃土地後，餘二十年未經營此片荊竹林地，叢生竹多呈現密叢生長型態，竹稈間競爭過於激烈，導致竹叢內各稈大小不

均勻，成竹品質不佳，易受蟲害侵擾，產生弱稈，其枯倒竹約占整體竹林的一半以上。

3. 專案活動對永續發展的貢獻

本專案活動是透過竹林經營模式，逐年逐面積伐採更新竹林，調整竹林整體結構直至竹林結構穩定，每年伐採收穫之幼竹與成竹比例相等。以下透過環境、社會與經濟三個面向分析本專案活動對永續發展的貢獻。

在環境生態方面，竹林持續更新，伐除枯老廢竹將有助於提升竹林固碳能力外，更能穩定本案所在之砂頁岩土壤之邊坡地區及預防森林火災；在社會發展方面，本案由○○林業生產合作社申請，竹林經營模式可提供穩定的就業機會，提升當地居民的生活水準和社會福利。此外，推廣竹林經營知識，也有助於提升社區成員的能力和自給自足的可持續發展意識；在產業經濟方面，當地竹產業已沒落，但對於建構戶外大型竹結構之產業而言，竹材是綠色環保資材，蔴竹更於早年用於建材，若能逐年產出良好蔴竹材，並充分加以利用，將可帶動地方經濟發展與活絡。

4. 預期減量成果：

預期減量成果如下：

表 2. 專案活動預期減量成果

專案活動年排放減量/移除量估計值(tCO₂e)

年度 \ 參數	年排放減量/移除量估計值($\Delta C_{NET,t}$) (tCO ₂ e)
第 1 年	240.31
第 2 年	240.31
第 3 年	240.31
第 4 年	240.31
第 5 年	240.31
第 6 年	32.86
第 7 年	32.86
第 8 年	32.86
第 9 年	32.86
第 10 年	32.86
第 11 年	32.86
第 12 年	32.86
第 13 年	32.86
第 14 年	32.86
第 15 年	32.86
總排放減量/移除量估計值 (tCO ₂ e)	1530.15
計入期總年數	15
年均排放減量/移除量估計值 (tCO ₂ e yr ⁻¹)	102.01

(四)專案活動之技術說明

(1)相關文獻說明

正常竹林在發育過程中，當林分未達鬱閉或立竹密度尚未達過密狀態，個體之生長應屬逢機，即呈常態分布(呂錦明、陳財輝，1992)，因此正常之竹林經營，當林分生產力屆至最大值，應即伐採老竹，調整林分密度，留存適齡之健壯母竹，以紓解高林分密度所引起之競爭(高毓斌、張添榮，1989)。

「叢生型」的竹林，竹材過熟會在林地自然腐敗，因叢生竹具高鬱閉度及排他之特性，易造成純林化現象。再者，竹林缺乏管理，老化竹根與地下莖於土壤中形成空隙使水分無法停留，導致水分不易滲入至土壤，竹叢面積越大其每叢密度越低，枯死比例越高，胸徑及竹高亦隨竹叢面積之增加而增加(陳財輝，2011)，也因此，叢生竹林更需清雜撫育整理。

依據臺南市山坡地竹林資源調查與土地管理之研究訪談顯示，龍崎農戶傳統以5~6年作為長枝竹及蔴竹林(叢生型竹林)之輪伐期，在正常經營管理方式下，竹林可維持較高的發筍與更新能力，管理者僅需於皆伐後至新竹初成林期間施以較高頻度之撫育除蔓工作，採伐後之竹林地即可在1、2年內恢復成林；竹林如逾6年生以上者，發筍能力顯著降低、老竹亦多乾枯死亡，易形成大量枯死竹桿殘存於林下之情形(葉銘哲等，2016)。

再者，屏東林區管理處委託之研究報告顯示，蔴竹林之伐採強度對於新竹萌發數目有其影響，伐採強度為100%(皆伐)，隔年之新竹萌發數目增加約為25.5%；伐採強度為50%(擇伐)，隔年之新竹萌發增加數目約為55.6%(羅凱安，2020)。於浙江臨安舉辦的竹林生態與經營學術論壇中，叢生竹集約經營和豐產定向培育理論初步研究(楊宇明等，2009)提到，叢生竹進行散生化經營，改善叢生竹林成竹質量不佳之情況，主要概念透過竹林經營活動(撫育作業、立竹密度調整及維護竹林健康)，改善竹叢空間結構與竹叢內竹稈間距不致於過密，使材用竹林，各稈齡竹比例均勻分布。本專案活動綜合上述蔴竹林(叢生型竹林)經營之研究為基礎，以竹林更新撫育為主。

(2)具體措施

A.伐採更新方式：在專案活動範圍，除裸露地外，將蔴竹林分布面積分為5個區域，如圖2，逐年以皆伐方式更新1個區域。

B.竹叢空間結構調整：皆伐後至新成林之叢生竹林，清理伐採風倒竹、病蟲竹及老竹，使竹叢有足夠之空間與光線進行生長，亦可避免病蟲害發生。

C.竹叢內竹稈間距不致於過密：竹叢內稈齡結構逐年調整幼竹與成竹比為1:1，於發筍期進行伐密留疏，伐弱留強之措施，避免竹稈過於密集與歪斜，改善成竹品質。

D.撫育：於伐採後至成林期間，對更新後之蔴竹林進行除蔓、清除枯倒竹等工作。

於專案執行第5年時，完成整體蔴竹林伐採更新之結構調整作業，於專案執行第6年起，整體竹林叢數與稈數結構趨於目標林分結構，逐年逐面積伐採更新亦持續進行。伐採更新後，依照前人研究結果，推估蔴竹林合理萌發率與蓄積量，進行蔴竹林伐採更新後整體目標稈數與結構調整。



圖 2. 蔴竹林伐採更新範圍

二、減量方法適用性及外加性分析描述

(一)專案活動採用之減量方法

竹林經營碳匯專案小規模減量方法第1版

(二)適用條件與原因

表 3. 適用條件與原因

減量方法適用條件	本專案活動適用原因
1. 本減量方法適用於以竹林為主之竹林經營專案，實施專案應符合竹林	專案活動邊界內之竹林鬱閉度高，竹類佔林分 75%以上，林分密度達每公

<p>定義、範疇與土地合格性之要求。</p>	<p>頃 10,816 culm (含枯死竹)以上，竹林毗鄰面積大於 0.1 ha，竹林內罕見樹高超過 6 m 以上之喬木。竹稈平均竹高 16.8-17.4 m 及竹稈平均胸徑 8.39-8.9 cm 之竹林。地主父執輩於三十年前租下此地時，就已經是蔴竹林地。本專案活動符合減量方法學對其範疇、竹林定義與土地合格性之要求，符合規範。</p>
<p>2. 專案邊界內的喬木，除基於森林保護之必要措施外，不得伐除。</p>	<p>專案邊界內罕見樹高超過 6 m 以上之散生喬木。</p>
<p>3. 專案期間的土壤管理，除經營上之必要外(如病株移除等)，不採用深翻根株之方式。</p>	<p>專案活動以收穫竹稈為主要經營模式，為使竹稈品質較佳，進行相關經營措施，因此，本專案活動符合此規範。</p>
<p>4. 專案期間允許竹林經營相關措施，其措施須符合竹林經營及水土保持相關規範要求。</p>	<p>專案活動之竹林經營措施符合竹林經營和水土保持相關規範要求。</p>
<p>5. 專案活動平均每年溫室氣體淨移除量應小於或等於二萬(20,000)公噸二氧化碳當量(tCO₂e)，且專案淨移除量需為正值。</p>	<p>專案活動預估每年碳吸存量小於二萬(20,000)公噸二氧化碳當量(tCO₂e)，符合國內微型規模抵換專案之規範，且專案淨移除量為正值。</p>

(三)專案邊界內包括的排放源和氣體

1.專案邊界

依照方法學之專案邊界是指專案申請者實施竹林經營活動地理範圍，包括竹產品生產地點(伐採竹稈時之竹林地)。經營活動可在不同分散土地進行，各竹林地毗鄰面積皆應大於0.1公頃。

本專案2017年航空正射影像圖，如圖3顯示，除裸露地外，皆為蔴竹林地。

透過實地竹林現勘，發現枯倒老廢竹比例占整體竹林半數以上，又因蔴竹



圖 3. 專案邊界 2017 年航照圖

側枝具倒鉤刺，經營管理不易，整體竹林如圖4顯示，呈現荒廢狀態。



圖 4. 專案邊界竹林現勘狀態

專案邊界內叢生竹林經營基線和專案活動碳庫計算項目，如表4、表5。竹產品碳庫是指專案邊界內收穫竹材產製之竹產品進行計量或監測。本專案邊界內叢生竹林經營活動之基線和專案碳庫計算項目如下：

表 4. 專案邊界內叢生竹林經營活動之基線碳庫計算項目

基線碳庫	氣體	是否選擇	說明
地上部生物量	CO ₂	是	本專案為超過5年以上未伐採經營之竹林，符合CDM方法學現存木質生物量變化不顯著及保守性原則得忽略不計。

地下部生物量	CO ₂	否	依照減量方法，不予計算。
枯死竹、枯落物及土壤有機碳	CO ₂	否	依照減量方法，不予計算。
竹產品	CO ₂	是/否	依照減量方法，若有竹材伐採情況，應提供資料納入計算。本專案為超過5年以上未伐採經營之竹林，無收穫竹材，收穫竹產品碳儲存量得忽略不計。

表 5. 專案邊界內叢生竹林經營活動之專案碳庫計算項目

專案碳庫	氣體	是否選擇	說明
地上部生物量	CO ₂	是	本專案依照減量方法，事前估算竹林地上部碳儲存變化量。
地下部生物量	CO ₂	否	依照減量方法，不予計算。
枯死竹、枯落物及土壤有機碳	CO ₂	否	依照減量方法，不予計算。
竹產品	CO ₂	是	本專案依照減量方法，事前估算竹林伐採收穫之竹材加工利用碳儲存量。

專案邊界內溫室氣體排放源的計算項目為收穫竹材搬出運輸之化石燃料碳排放及林分生物質燃燒。由於無法預測專案邊界內的火災發生情況，因此暫不考慮火災造成之專案邊界內非二氧化碳溫室氣體排放，如表6

表 6. 專案邊界內叢生竹林溫室氣體排放源計算項目

排放源	溫室氣體	情境	是否選擇	說明
化石燃料	CO ₂	專案情境	是	本專案依減量方法估算收穫竹材從竹林地搬至竹材集散地，交通運輸工具燃燒化石燃料產生的 CO ₂ 排放量。

2. 土地合格性

依減量方法之土地合格性，需提供證明文件，證明於專案活動起始前5年至今，其土地利用狀態已是竹林。本專案提供2017年航遙測影像(圖3)，證明本專案土地於專案活動起始日前土地已是蔴竹林地，且未進行任何竹林經營活動。亦符合「竹林經營碳匯專案小規模減量方法第1版」對竹林的定義，即毗鄰面積大於0.1 ha，成竹高度大於2 m 及竹稈胸徑大於2 cm，以竹類為主的植物群落。散生型竹林，竹類佔林分50%以上；叢生型竹林，竹類佔林分20%以上。

(四) 基線情境之選擇與說明

本專案活動之叢生竹林位處○○市隸屬於農業部林業及自然保育署○○分署第○○林班內，由於當地土壤貧瘠及伐採利用、經濟活動轉型等因素下，竹林荒廢至今，其竹林整體結構以4年生以上之生物量最高、且隨齡級遞減而減少，其竹林明顯出現生長衰退現象(陳財輝等，2012)，符合本方法學竹林經營之要件。

以2017年航空正射影像圖(圖3)顯示，除裸露地外，皆為蔴竹林地，透過實地竹林現勘，發現枯倒老廢竹比例占整體竹林半數以上，因蔴竹側枝具倒鉤刺，經營管理不易，整體竹林呈現荒廢狀態(圖4)。依照減量方法，本專案基線為超過5年以上未伐採經營之竹林狀態。

(五) 外加性之分析與說明

基線情境為專案活動實施前的竹林狀態。依據112年10月12日環境部公布的「溫室氣體自願減量專案管理辦法」第8條第2項第3款辦理，即自願減量專案之溫室氣體每年排放量總減量小於或等於二萬(20,000)公噸二氧化碳當量(tCO₂e)，專案計畫書之外加性分析得僅分析法規外加性。

法規外加性分析方面，本專案之竹林經營活動，例如：除蔓、撫育等，沒有違反目前任何相關法規之要求，此外，森林法雖定義森林為林地及其群生竹、木之總稱，但於第三章森林經營與利用章節，尚未對竹林經營方式有任何強制規範或說明。因此，竹林經營碳匯專案具備法規外加性。

三、減量/移除量計算說明

(一)減量/移除量計算描述

1.所引用減量方法之公式描述

(1)基線移除(基線溫室氣體淨移除量)

基線情境為專案活動下計入期間未執行本減量方法之情境，即為專案活動實施前的土地使用方式，表示在基線情境下，專案邊界內所選碳庫儲存量變化之和。

根據專案邊界內竹林經營活動的碳庫選擇部分論述，主要考慮基線竹林地上部生物量及收穫竹產品之碳儲存變化量。對於專案邊界竹林地內的少量散生木，基線情境和專案情境都不進行計量監測。

此外，基於保守性原則，不考慮基線情境下可能發生火災引起生物量燃燒造成的溫室氣體排放，基線碳匯量計算方法如下：

$$\Delta C_{BSL,t} = \Delta C_{BM_BSL,t} + \Delta C_{HBP_BSL,t} \quad \text{式 1}$$

依照方法學基線排放之計算，本專案之基線為超過5年以上未伐採經營之竹林，其基線碳儲存量會隨時間增加而逐年下降，符合 CDM 方法學考量生物量變化不顯著及保守性原則得忽略不計。

參數	定義	單位
$\Delta C_{BSL,t}$	第 t 年(指未實施專案活動)之碳匯基線溫室氣體淨移除量	tCO ₂ e yr ⁻¹
$\Delta C_{BM_BSL,t}$	第 t 年之專案邊界內基線林木生物量碳儲存的年變化量	tCO ₂ e yr ⁻¹
$\Delta C_{HBP_BSL,t}$	第 t 年之專案邊界內基線收穫竹產品之碳儲存變化量	tCO ₂ e yr ⁻¹

(2) 專案移除(實際溫室氣體淨移除量)

在竹林經營專案活動期間，專案邊界內所選碳庫的碳儲存變化量(專案情境下，主要考量竹林生物量、收穫竹產品之碳儲存變化量及收穫搬出竹材的運輸碳排放量，減去專案活動引起的非二氧化碳溫室氣體排放量，計算方式如下：

$$\Delta C_{AT,t} = \Delta C_{P,t} - E_{CO_2-P,t} - GHG_{E,t} \quad \text{式 2}$$

$$\Delta C_{P,t} = \Delta C_{BM-P,t} + \Delta C_{HBP-P,t} \quad \text{式 3}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{AT,t}$	第 t 年(指專案活動實施 t 年後)之碳匯實際溫室氣體淨移除量	tCO ₂ e yr ⁻¹
$\Delta C_{P,t}$	第 t 年實行專案活動時，專案邊界內所選碳庫之碳儲存年變化量	tCO ₂ e yr ⁻¹
$GHG_{E,t}$	專案活動實施 t 年後，因施行專案而增加之非二氧化碳溫室氣體排放量	tCO ₂ e yr ⁻¹
$\Delta C_{BM-P,t}$	第 t 年實行專案活動時，專案邊界內竹林生物量之碳儲存變化量	tCO ₂ e yr ⁻¹
$\Delta C_{HBP-P,t}$	第 t 年實行專案活動時，專案邊界內收穫竹產品之碳儲存變化量	tCO ₂ e yr ⁻¹
$E_{CO_2-P,t}$	第 t 年，收穫搬出竹材的運輸碳排放量	tCO ₂ e yr ⁻¹
t	1, 2, 3, 4...，專案活動開始以後的年數	yr

(3) 洩漏排放

依據「竹林經營碳匯專案小規模減量方法第1版」的適用條件，專案邊界於活動實施前須已是竹林，不會引起專案前既有活動的轉移，因此專案活動不存在潛在洩漏，故洩漏排放可忽略不計。

(4)減量

竹林經營碳匯專案活動產生的專案減排量等於專案碳儲存變化量，減去基線碳儲存變化量，如下式：

$$\Delta C_{NET,t} = \Delta C_{AT,t} - \Delta C_{BSL,t} \quad \text{式 4}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{NET,t}$	第 t 年專案減排量	tCO ₂ e yr ⁻¹
$\Delta C_{AT,t}$	第 t 年專案碳儲存變化量	tCO ₂ e yr ⁻¹
$\Delta C_{BSL,t}$	第 t 年基線碳儲存變化量	tCO ₂ e yr ⁻¹
t	1, 2, 3, 4 ...，專案活動開始以後的年數	yr

2.所引用之預設數據與參數說明

專案活動所引用之預設數據與參數，皆於各方程式下方進行解釋與說明，包括使用之預設值，或一次性測定即可確定的參數和資料。

(二)減量/移除量計算

1.基線移除(基線溫室氣體淨移除量)

(1)基線竹林生物量碳儲存變化量

專案邊界內竹林在專案活動實施前之竹林狀態，依據提出之2017年航遙測影像及竹林現勘狀態圖(圖3、圖4)，證明符合本方法學定義竹林之土地合格性。專案活動實施前此叢生竹林處於老化荒廢狀態，依照方法學基線移除計算，符合超過5年以上未伐採經營之竹林定義，基線情境亦為成熟穩定階段，符合 CDM 方法學考量現存木質生物量變化不顯著及保守性原則得忽略不計。惟為求精確，仍建議於專案執行前以現地調查資料作為基線設定估算原則。

(2) 基線收穫竹材產品的碳儲存變化量

當竹林處於經營狀態時，有竹材伐採情況，竹材中的碳以竹產品的形式儲存，而不是立即排放到大氣中；依照減量方法基線竹產品計算，若竹林有竹材伐採情況，應提供資料納入計算；超過5年以上未伐採經營之竹林，應提供相關資料佐證。本專案基線情境為超過5年以上未伐採經營之竹林，無收穫竹材，竹產品碳儲存量將忽略不計。

(3) 基線土壤有機碳儲存變化量

基線情境下，估算竹林土壤有機碳儲存變化量；竹林土壤有機碳儲存量雖多，但每年的變化量不大，其土壤碳儲存量長期保持穩定，即可忽略不計。基於保守性和成本有效性原則，忽略不計。

(4) 基線排放總計

$$\Delta C_{BSL,t} = \Delta C_{BM_BSL,t} + \Delta C_{HBP_BSL,t} = 0 + 0 = 0$$

2. 專案移除(實際溫室氣體淨移除量)

(1) 專案活動竹林生物量碳儲存變化量

依據減量方法之專案生物量計量方式，將竹林經營分為結構調整及結構穩定等2種不同階段分別進行計算。在結構調整階段，竹林經營活動對竹林的稈數、平均竹徑、竹齡結構等會發生明顯的變化。竹林進行結構調整起始時間為專案活動起始時間，結構調整所需時間，視竹生長類別、竹林初始林分狀況及竹林經營措施而定。在結構穩定階段，其竹林地上生物量通過新竹發育和老竹採伐達到動態平衡狀態，因此將結構穩定階段的碳儲存變化量得忽略不計。

a. 專案竹子地上生物量碳儲存變化量

專案邊界內，竹林生物量碳儲存年變化量，即為專案竹林生物量碳儲存變化量($\Delta C_{BM_P,t}$)。假設專案時間內(第 t_1 至 t_2 年)竹林生物量呈線性變化，專案竹林生物量碳儲存變化量($\Delta C_{BM_P,t}$)。計算公式如下：

$$\Delta C_{BM_P,t} = \frac{C_{BM_P,t2} - C_{BM_P,t1}}{t2 - t1} \quad \text{式 5}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{BM_P,t}$	第 t 年實行專案活動時，專案邊界內竹林生物量碳儲存的年變化量	tCO ₂ e yr ⁻¹
t1, t2	專案開始後的第 t1 及 t2 年，且 t1 ≤ t ≤ t2	yr
t	1, 2, 3, 4...，專案活動實施的年數	yr

此方法由於跨竹種廣域型模式之不確定性較大，建議採用區分 j 竹種的推估模式進行。竹林生物量碳儲存量估算方面，主要將 j 竹種每公頃竹林生物量(G)乘以專案竹林面積(A)，再利用 j 竹種含碳率(CF)將竹林生物量轉化為碳含量，再利用 CO₂ 與 C 的分子量比值將碳含量轉換為二氧化碳當量，計算公式如下：

$$C_{BM_P,t} = \sum_j (G_{BM_P,j,t} \times A_{P,j} \times CF_j) \times \frac{44}{12} \quad \text{式 6}$$

參數	定義	單位
$C_{BM_P,t}$	專案情境下，第 t 年，專案邊界內，竹林生物量碳儲存量	tCO ₂ e yr ⁻¹
$G_{BM_P,j,t}$	專案情境下，第 t 年，j 竹種平均每公頃竹林生物量	t d.m. ha ⁻¹
$A_{P,j}$	專案情境下，j 竹種總面積	ha
CF_j	j 竹種的含碳率	%
j	竹種	-
t	1, 2, 3, 4...，專案活動實施的年數	yr
$\frac{44}{12}$	CO ₂ 分子量與 C 分子量的比值	-

專案情境下，專案邊界內竹林實施經營活動之狀態。竹林生物量碳儲存變化量估算方面，主要將j竹種每公頃竹林生物量變化量(ΔG)乘上j竹種種植面積(A)，再利用j竹種含碳率(CF)將竹林生物量轉化為碳含量，再利用CO₂與C的分子量比值將碳含量轉換為二氧化碳當量，即為基線竹林生物量碳儲存變化量($\Delta C_{BM_P,t}$)。計算公式如下：

$$\Delta C_{BM_P,t} = \sum_j (\Delta G_{BM_P,j,t} \times A_{P,j} \times CF_j) \times \frac{44}{12}$$

$$= \sum_j \left(\frac{G_{BM_P,j,t2} - G_{BM_P,j,t1}}{t2 - t1} \right) \times A_{P,j} \times CF_j \times \frac{44}{12} \quad \text{式 7}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{BM_BSL,t}$	專案情境下，第t年之專案邊界內，竹林生物量碳儲存的年變化量	tCO ₂ e yr ⁻¹
$\Delta G_{BM_P,j,t}$	專案情境下，第t年j竹種每公頃竹林生物量變化量	t d.m. ha ⁻¹ yr ⁻¹
$G_{BM_P,j,t}$	專案情境下，第t年，j竹種平均每公頃竹林生物量	t d.m. ha ⁻¹
$A_{P,j}$	專案情境下，j竹種總面積	ha
CF_j	j竹種的含碳率	%
j	竹種	-
t	1, 2, 3, 4...，專案活動實施的年數	yr
$\frac{44}{12}$	CO ₂ 與C分子量的比值	-

專案情境下，專案邊界內各竹種平均每公頃竹林生物量，選擇「稈數預估法」來估算j竹種平均每公頃竹林生物量($G_{BM_P,j,t}$)。此方法為透過現地調查各竹齡單稈平均重量(W_s)、含水率(MC)、j竹種每公頃稈數(N_1)及結構調整後之j竹種每公頃稈數(N_2)之相關數據。計算公式如下：

$$G_{BM_P,j,t} = \sum_i \sum_y [W_{S_P,i,j,y,t} \times (1 + MC_{j,y})^{-1} \times N_{P,i,j,y,t}] \times 10^{-3} \quad \text{式 8}$$

參數	定義	單位
$G_{BM_P,j,t}$	專案情境下，第 t 年，j 竹種每公頃竹林生物量	t d.m. ha ⁻¹
$W_{S_P,i,j,y,t}$	專案情境下，第 t 年，i 分層 j 竹種 y 竹齡單稈平均重量	kg culm ⁻¹
$MC_{j,y}$	y 竹齡 j 竹種的含水率	%
$N_{P,i,j,y,t}$	專案情境下，第 t 年，i 分層 j 竹種 y 竹齡每公頃稈數(量)	culm ha ⁻¹
10^{-3}	將 kg 轉為 ton	-
i	分層	-
j	竹種	-
y	依竹齡分為幼竹及成竹(4 年生以上)兩類	-
t	1, 2, 3, 4...，專案活動實施的年數	yr

現勘本專案之叢生竹林調查資料顯示，蔴竹林每公頃約有 208 clump，平均每叢約有 52 culm，每叢活竹與枯死竹比例約為 1:1.05，因此，整體蔴竹林每公頃蓄積量約有 10,816 culm，幼竹與成竹的比例約為 21:79。竹冠密度在 60-75%以上，整體竹林呈現相當程度的均質狀態。

綜合前述蔴竹林(叢生型竹林)經營之研究為基礎，以竹林更新撫育為主，每年更新 1/5 總面積之蔴竹林，竹林結構調整為幼竹與成竹之比例 1:1，5 年後完成蔴竹林結構調整，並依照前人研究結果，推估蔴竹林合理萌發率與蓄積量，依照現勘調查之各竹齡單稈平均重量(W_s)、含水率(MC)及竹林結構調整前後各竹齡竹稈推估枝數(N_1 、 N_2)，即可求得 j 竹種每公頃竹林生物量變化量(ΔG)。根據現勘結果推估每公頃活竹稈數 5,276 culm，幼竹約有 1,108

culm，成竹約有 4,168 culm，若以目前蓄積量每公頃 10,816 culm 為蔴竹林結構穩定階段之狀態，其結構穩定階段幼竹約有 5,408 culm，成竹約有 5,408 culm。根據式 7 及式 8，計入期 15 年期間每年估算如下：

表 7 叢生竹林之各竹齡竹稈重量、含水率、結構調整前後之稈數以及生物量

竹齡	WS _{P,i,j,y,t} (kg)	(1+MC _{j,y}) ⁻¹ (%)	N _{P,y,j,t1} (culm) 結構調整階段	N _{P,y,j,t2} (culm) 結構穩定階段	10 ⁻³	ΔG _{BM_P,j,t} (t d.m. ha ⁻¹)
幼竹	41.60	187.26	1,108	5,408	0.001	95.53
成竹	45.50	176.71	4,168	5,408	0.001	31.93
合計	127.46 (t d.m. ha ⁻¹)					

數據來源：由本團隊現地調查所得

將 j 竹種每公頃竹林生物量(G)乘上每年更新 1/5 之 j 竹種總面積(A)，再利用 j 竹種含碳率(CF)將竹林生物量轉化為碳含量，再乘上用 CO₂ 與 C 的分子量比值將碳含量轉換為二氧化碳當量，即為專案竹林生物量碳儲存變化量(ΔC_{BM_P,t})。

$$\begin{aligned}
 \Delta C_{BM_P,t} &= \sum_{j=1} (\Delta G_{BM_P,j,t} \times A_{P,j} \times CF_j) \times \frac{44}{12} \\
 &= \sum_{j=1} \left(\frac{G_{BM_P,j,t2} - G_{BM_P,j,t1}}{t2 - t1} \right) \times A_{P,j} \times CF_j \times \frac{44}{12} \\
 &= (127.46 \times 1/5 \times 5 \times 0.46) \times \frac{44}{12} \\
 &= 214.98 \text{ (tCO}_2\text{e)}
 \end{aligned}$$

表 8 專案活動期間生物量碳儲存變化量

年度 \ 參數	ΔG _{BM_P,j,t} (t d.m. yr ⁻¹)	ΔC _{BM_P,t} (tCO ₂ e yr ⁻¹)
第 1 年	127.46	214.98
第 2 年	127.46	214.98
第 3 年	127.46	214.98
第 4 年	127.46	214.98
第 5 年	127.46	214.98
第 6 年	0	0
第 7 年	0	0

第 8 年	0	0
第 9 年	0	0
第 10 年	0	0
第 11 年	0	0
第 12 年	0	0
第 13 年	0	0
第 14 年	0	0
第 15 年	0	0
合計	1,074.90	

數據來源：由本團隊估算

(2) 專案收穫竹產品的碳儲存變化量

收穫竹產品是竹林經營項目的主要碳匯來源，收穫竹產品不包括竹筍。本減量方法的竹產品碳儲存變化量，參考 GPG-LULUCF(IPCC, 2003) 中定義收穫林產品的碳儲存類型和對於林產品半衰期的研究，採用下述公式計算：

$$\Delta C_{HBP_BSL,t} = C_{ABM_P,t} \times BPP_{av,j,BL} \quad \text{式 11}$$

$$C_{ABM_P,t} = \sum_j (GA_{BM_P,t} \times A_{P,cj} \times CF_j) \times \frac{44}{12} \quad \text{式 12}$$

本專案活動依照下列方法來估算收穫 j 竹種平均每公頃竹林地上部生物量($GA_{BM_P,t}$)，如下：

$$GA_{BM_P,t} = \sum_i \sum_y [WS_{P,i,j,y,t} \times (1 + MC_{j,y})^{-1} \times N_{P,j,y,t}] \times 10^{-3} \quad \text{式 13}$$

根據公式 13 估算 j 竹種平均每公頃竹林地上部生物量($GA_{BM_P,t}$)，現勘調查資料 $MC_{j,y} = 76.71\%$ $WS_{P,i,j,y,t} = 45.50 \text{ kg culm}^{-1}$ ，再將公式 13 所估算出之數值帶入公式 12 中，依據減量方法當收穫竹產品 20 年後最終儲存率 $BPP_{av, 蒴竹} = 14.54\%$ ，每年伐採後依比例計算之成竹(79%)，估算竹產品之碳匯如下：

【專案前 5 年】收穫竹產品碳儲存變化量估算

依現勘調查資料，蒴竹林約有 208 clump/ha，每叢活竹與枯死竹比例約為 1:1.05，推估每公頃活竹稈數 5,276 culm。於結構調整期間，每年收穫 1/5 總

面積之蔴竹林，即每年收穫 1 ha，依照幼竹與成竹比例，約有 79%為成竹，約有 4,168 culm，再依照前述成竹之單枝竹稈重(W_s)及含水率(MC)進行收穫竹產品生物量估算。 $CF_j = 0.46$ (本團隊調查)

$$\begin{aligned} GA_{BM_P,t} &= \sum_i \sum_y [W_{S_P,i,j,y,t} \times (1 + MC_{j,y})^{-1} \times N_{P,j,y,t}] \times 10^{-3} \\ &= 45.50 \times (1.7671)^{-1} \times 4168 \times 10^{-3} \\ &= 107.32 \text{ (t d.m.)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CA_{BM_P,t} &= \sum_j (GA_{BM_P,t} \times A_{P,cj} \times CF_j) \times \frac{44}{12} \\ &= 107.32 \times 1 \times 0.46 \times \frac{44}{12} \\ &= 181.01 \text{ (tCO}_2\text{e)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CHBP_{P,1} &= CA_{BM_BSL,t} \times BPP_{av,蔴竹} \\ &= 181.01 \times 14.54\% \\ &= 26.32 \text{ (tCO}_2\text{e)} \end{aligned}$$

【專案第 6-15 年】收穫竹產品碳儲存變化量估算

於結構穩定之階段，以目前蔴竹林蓄積量每公頃 10,816 culm 為蔴竹林結構穩定階段之狀態，每年收穫 1/5 總面積之蔴竹林，即每年收穫 1 ha，依照結構穩定之幼竹與成竹比例，約有 50%為成竹，約有 5,408 culm，再依照前述成竹之單稈平均重(W_s)及含水率(MC)進行收穫竹產品生物量估算。

$$\begin{aligned} GA_{BM_P,t} &= \sum_i \sum_y [W_{S_P,i,j,y,t} \times (1 + MC_{j,y})^{-1} \times N_{P,j,y,t}] \times 10^{-3} \\ &= 45.50 \times (1.7671)^{-1} \times 5408 \times 10^{-3} \\ &= 139.25 \text{ (t d.m.)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CA_{BM_P,t} &= \sum_j (GA_{BM_P,t} \times A_{P,cj} \times CF_j) \times \frac{44}{12} \\ &= 139.25 \times 1 \times 0.46 \times \frac{44}{12} \\ &= 234.87 \text{ (tCO}_2\text{e)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CHBP_{P,6} &= CA_{BM_BSL,t} \times BPP_{av,蔴竹} \\ &= 234.87 \times 14.54\% \\ &= 34.15 \text{ (tCO}_2\text{e)} \end{aligned}$$

【專案 15 年】林產品碳儲存變化量總估算

$$\begin{aligned}\Delta C_{HBP_P,t} &= C_{HBP_P,1} \times 5 + C_{HBP_P,6} \times 10 \\ &= 26.32 \times 5 + 34.15 \times 10 \\ &= 131.60 + 341.50 \\ &= 473.10 \text{ (tCO}_2\text{e)}\end{aligned}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{HBP_P,t}$	第 t 年時，專案情境竹產品碳儲存的年變化量	tCO ₂ e yr ⁻¹
$C_{ABM_P,t}$	專案情境下，第 t 年，專案邊界內，收穫竹材生物量碳儲存量	tCO ₂ e yr ⁻¹
$GA_{BM_P,t}$	專案情境下，第 t 年，j 竹種平均每公頃收穫竹材生物量	t d.m. ha ⁻¹
$A_{P,cj}$	專案情境下，j 竹種收穫面積	ha
$N_{P,j,y,t}$	專案情境下，第 t 年，收穫 i 分層 j 竹種 y 竹齡每公頃稈數(量)	culm ha ⁻¹
$WS_{P,i,j,y,t}$	專案情境下，第 t 年，i 分層 j 竹種 y 竹齡單稈平均重量	kg culm ⁻¹
$MC_{j,y}$	y 竹齡 j 竹種的含水率	%
CF_j	j 竹種的含碳率	%
y	竹齡，以成竹(4 年生以上)為主	-
$BPP_{av,j,BL}$	收穫 j 竹種竹產品之最終儲存率 $BPP_{av,j,BL} = \sum_{ty} [BPP_{ty,j} \times (1 - BW_{ty}) \times OF_{ty}]$ $OF_{ty} = e^{(-BL * \ln(2) / HL_{ty})}$ 當收穫竹產品 20 年後最終儲存率推估如下： $BPP_{av,桂竹} = 0.1164 = 11.64\%$	%

	$BPP_{av,孟宗竹} = 0.2812 = 28.12\%$ $BPP_{av,蔴竹} = 0.1454 = 14.54\%$ $BPP_{av,長枝竹} = 0.0911 = 9.11\%$	
t	1, 2, 3, 4..., 專案活動實施的年數	yr
$\frac{44}{12}$	將 C 轉換為 CO ₂ 的分子量比值	-

(3) 收穫搬出竹材的運輸碳排放量

依據「竹林經營碳匯專案小規模減量方法第1版」，在專案期間，若竹林有伐採收穫時，從竹林地搬出至竹材集散地，所使用交通運輸工具產生的二氧化碳排放量，應計入專案排放中。專案申請者應提供竹林地運輸至竹材集散地之距離和收穫搬出總重量等相關資料，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，估算其收穫搬出竹材的碳排放量。計算公式如下：

$$E_{CO_2,P,t} = W_{BM_P,j,t} \times \Sigma(D_{BM_P,t} \times EF_{CO_2}) \times 10^{-3} \quad \text{式14}$$

根據公式14，本專案最近竹材集散地距離40km，營業大貨車(3.5公噸以上/柴油)碳足跡排放係數為0.131 kgCO₂e/tkm，概略估算如下。

【專案前5年】

$$\begin{aligned}
 E_{CO_2,P,t1} &= W_{BM_P,j,t1} \times \Sigma(D_{BM_P,t} \times EF_{CO_2}) \times 10^{-3} \\
 &= (45.5 \times 4168 \times 10^{-3}) \times 40 \times 0.131 \times 10^{-3} \\
 &= 189.64 \times 40 \times 0.131 \times 10^{-3} \\
 &= 0.99(\text{tCO}_2\text{e})
 \end{aligned}$$

【專案6-15年】

$$\begin{aligned}
 E_{CO_2,P,t6} &= W_{BM_P,j,t6} \times \Sigma(D_{BM_P,t} \times EF_{CO_2}) \times 10^{-3} \\
 &= (45.5 \times 5408 \times 10^{-3}) \times 40 \times 0.131 \times 10^{-3} \\
 &= 246.06 \times 40 \times 0.131 \times 10^{-3} \\
 &= 1.29(\text{tCO}_2\text{e})
 \end{aligned}$$

參數	定義	單位
$E_{CO_2_P,t}$	專案情境下，第 t 年，收穫搬出竹材的運輸碳排放量	$tCO_2e\ yr^{-1}$
$W_{BM_P,j,t}$	專案情境下，第 t 年，j 竹種收穫總竹材鮮重	ton
$D_{BM_P,t}$	專案情境下，第 t 年，竹材至竹材集散地之距離	km
EF_{CO_2}	環境部最新公告之車種及碳足跡排放係數， 以下數值提供參考(113 年公告)： 營業小貨車(3.5 公噸以下/汽油)：0.683 營業小貨車(3.5 公噸以下/柴油)：0.587 營業大貨車(3.5 公噸以上/柴油)：0.131	$kgCO_2e/tkm$
10^{-3}	將 kg 轉為 ton	-

(4) 專案土壤有機碳儲存量變化

依據「竹林經營碳匯專案小規模減量方法第1版」之適用條件，規範竹林經營活動之土壤管理，除經營上的需要(如病株移除等)外不採用深翻根株之方式，預期專案活動土壤擾動強度(面積比例、頻度)不會大於基線情境，因此不需考慮土壤有機碳庫。

(5) 專案邊界內非二氧化碳溫室氣體排放量

依據「竹林經營碳匯專案小規模減量方法第1版」對於專案事前估計，由於無法預測專案邊界內的火災發生情況，因此可以不考慮森林火災造成的專案邊界內非二氧化碳溫室氣體排放。

(6) 專案實際溫室氣體淨移除量

依據公式2及公式3及收穫搬出竹材的運輸碳排放量，計入期15年期間專案實際溫室氣體淨移除量估算如下：

參數 年度	竹林生物量 碳儲存變化 ($\Delta C_{BM_P,t}$) A	收穫竹產品 碳儲存變化 ($\Delta C_{HBP_P,t}$) B	收穫搬出竹 材運輸碳排 放量 ($E_{CO_2_P,t}$) C	專案非二氧 化碳溫室氣 體排放量 ($GHG_{E,t}$) D	總計 ($\Delta C_{AT,t}$) A+B-C-D
第 1 年	214.98	26.32	0.99	-	240.31
第 2 年	214.98	26.32	0.99	-	240.31
第 3 年	214.98	26.32	0.99	-	240.31
第 4 年	214.98	26.32	0.99	-	240.31
第 5 年	214.98	26.32	0.99	-	240.31
第 6 年	0	34.15	1.29	-	32.86
第 7 年	0	34.15	1.29	-	32.86
第 8 年	0	34.15	1.29	-	32.86
第 9 年	0	34.15	1.29	-	32.86
第 10 年	0	34.15	1.29	-	32.86
第 11 年	0	34.15	1.29	-	32.86
第 12 年	0	34.15	1.29	-	32.86
第 13 年	0	34.15	1.29	-	32.86
第 14 年	0	34.15	1.29	-	32.86
第 15 年	0	34.15	1.29	-	32.86
合計	1530.15				

3. 洩漏排放

依據「竹林經營碳匯專案小規模減量方法第1版」的適用條件，專案邊界於活動實施前須已是竹林，不會引起專案前既有活動的轉移，因此專案活動不存在潛在洩漏，故洩漏排放可忽略不計。

(三)計入期計算摘要

$$1. \text{減量(人為溫室氣體淨移除量)} \Delta C_{\text{NET},t} = \Delta C_{\text{AT},t} - \Delta C_{\text{BSL},t}$$

依據公式4，計入期15年期間每年人為溫室氣體淨移除量估算如下：

表 9 專案活動期間人為溫室氣體淨移除量(tCO₂e)

年度 \ 參數	基線溫室氣體淨 移除量 ($\Delta C_{\text{BSL},t}$) A	實際溫室氣體 淨移除量 ($\Delta C_{\text{AT},t}$) B	洩漏排放 C	總計 ($\Delta C_{\text{NET},t}$) B-A-C
基線	0	0	-	0
第 1 年	-	240.31	-	240.31
第 2 年	-	240.31	-	240.31
第 3 年	-	240.31	-	240.31
第 4 年	-	240.31	-	240.31
第 5 年	-	240.31	-	240.31
第 6 年	-	32.86	-	32.86
第 7 年	-	32.86	-	32.86
第 8 年	-	32.86	-	32.86
第 9 年	-	32.86	-	32.86
第 10 年	-	32.86	-	32.86
第 11 年	-	32.86	-	32.86
第 12 年	-	32.86	-	32.86
第 13 年	-	32.86	-	32.86
第 14 年	-	32.86	-	32.86
第 15 年	-	32.86	-	32.86
合計	1530.15			

四、監測計畫

(一)應被監測之數據與參數

專案執行期間需對下列參數進行監測。

數據/參數	A_{Pj}
數據單位	ha
應用的公式編號	6、7
描述	專案情境下，j竹種總面積
數據來源	實地量測或地理資訊系統(GIS)量測
量測程序	可採用已公開發表或正式出版竹林資源調查及監測相關手冊或指南說明，或GPG LULUCF中描述的步驟
監測頻率	專案註冊前進行竹林資源調查及申請查證前進行監測
QA/QC 程序	收集之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	$A_{P,cj}$
數據單位	ha
應用的公式編號	12
描述	專案情境下，j竹種收穫的面積
數據來源	實地量測或地理資訊系統(GIS)量測
量測程序	可採用已公開發表或正式出版竹林資源調查及監測相關手冊或指南說明，或GPG LULUCF中描述的步驟
監測頻率	使用此計算方式時及專案申請查驗前
QA/QC 程序	收集之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	$WS_{P,i,j,y,t}$
-------	------------------

數據單位	kg culm ⁻¹
應用的公式編號	8、13
描述	專案情境下，第 t 年，i 分層 j 竹種 y 竹齡單稈平均重量
數據來源	實地量測
量測程序	可採用已公開發表或正式出版竹林資源調查及監測相關手冊或指南說明
監測頻率	專案註冊前進行竹林資源調查及申請查證前進行監測
QA/QC 程序	收集之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	$N_{P,i,j,y,t}$
數據單位	culm ha ⁻¹
應用公式編號	8
描述	i 分層 j 竹種 y 竹齡每公頃稈數(量)
數據來源	實地量測
量測程序	可採用已公開發表或正式出版竹林資源調查及監測相關手冊或指南說明
監測頻率	專案註冊前進行竹林資源調查及申請查證前進行監測
QA/QC 程序	收集之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	$N_{P,j,y,t}$
數據單位	culm ha ⁻¹

應用公式編號	13
描述	收穫 j 竹種 y 竹齡每公頃釋數(量)
數據來源	實地量測
量測程序	可採用已公開發表或正式出版竹林資源調查及監測相關手冊或指南說明
監測頻率	專案註冊前進行竹林資源調查及申請查證前進行監測
QA/QC 程序	收集之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	$MC_{j,y}$
數據單位	%
應用的公式編號	8、13
描述	j 竹種 y 竹齡的含水率
數據來源	實地量測
量測程序	可採用已公開發表或正式出版竹林資源調查及監測相關手冊或指南說明，或 GPG LULUCF 中描述的步驟
監測頻率	專案註冊前進行竹林資源調查及申請查證前進行監測
QA/QC 程序	收集之數據至少保存至最後一次核發減量額度後 2 年
備註	

(二)抽樣計畫

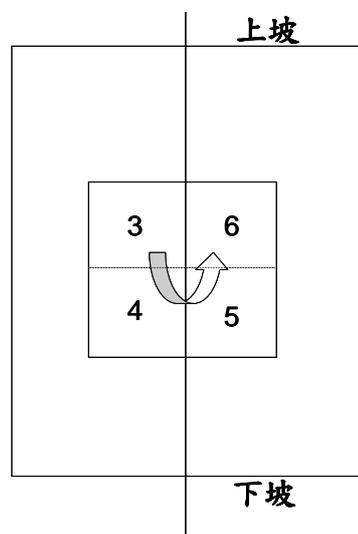
1. 確認專案邊界與竹林調查面積

在樣區設置與調查前，利用地號或座標申請 2 年內或最新的高解析之航遙測影像(航照正射影像圖、衛星影像圖、無人機(UAV)或空載光達(LiDAR)

正射影像圖)，對地籍範圍內：竹種、竹林分布情形，產製出竹林分布圖。並配合其他GIS相關資訊：道路、地形圖等進行調查規劃。竹林分布區域需要在調查區域地圖中明確標示出來，即使竹林分布區域不相連，亦應逐一計算每區塊竹林面積，最後加總計算整體竹林地面積。

2.樣區分層、大小與數量

依照減量方法，在進行竹林資源調查時，建議以專案邊界範圍內林分狀態(如林冠覆蓋率等)分為不同區域，即分層取樣。當專案邊界範圍內之林分呈現相當程度的均質狀態時，亦可直接採簡單隨機取樣(不需分層，分層取樣可視為僅有一層，即 $i=1$)。將專案邊界範圍內分為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總和並加總，即為專案碳儲存年變化量。目測選取不同鬱閉程度之竹林進行調查，設置0.01 ha (長12.8 m x 寬7.8 m)的長方形樣區，樣區中心設垂直(寬)與平行(長)坡面方向之兩條樣線，並依現勘坡度修正其樣區長邊，如下圖5。樣區設置後，需詳細記錄樣區的行政位置、編號和樣區中心點的GPS座標及樣區林分結構等相關調查資訊。



竹林樣區面積為0.01公頃，並沿樣區中心線及假想之中心垂直線劃分為4個象限，編號依序為3、4、5、6，分別就各象限之竹類予以記錄。

圖5. 竹林樣區與調查方式說明

本專案活動的地點位於○○市隸屬於農業部林業及自然保育署○○分署第○○林班內之蔴竹林地內，約5 ha的蔴竹林地，林班內目測選取不同鬱閉程度的竹林，隨機進行調查，共調查24個0.01 ha(長12.8 m x 寬7.8 m)的長方形樣區，並依現勘坡度修正其樣區長邊，進行竹林現況調查，其整體竹林竹叢數量約208 clump/ha，每叢活竹與枯死竹比例約為1:1.05，活

竹稈數約有 5,276 culm/ha，枯死稈數約有 5,540 culm/ha，推估竹林蓄積量 10,816 culm/ha，竹叢間距平均 6.3-6.9 m，活竹稈平均胸徑 8.39-8.9cm，活竹稈平均竹高 16.8-17.4m，竹冠密度在 60-75%以上，整體竹林呈現相當程度的均質狀態，其整體竹林現況資源調查與座標資訊如表 10 所示。

表 10 樣區之座標(採用 TWD97 TM2 地理坐標)位置坡度及海拔高度

樣區編號	X_97	Y_97	海拔(m)	坡度(°)	竹冠密度(%)
1	192271	2528327	124	26	90
2	192237	2528324	124	29	80
3	192215	2528340	131	19	85
4	192265	2528365	133	23	90
5	192293	2528366	140	13	75
6	192246	2528453	143	23	80
7	192260	2528385	143	33	90
8	192233	2528445	141	26	60
9	192210	2528391	136	0	50
10	192242	2528359	129	15	45
11	192251	2528306	128	0	60
12	192288	2528491	142	20	45
13	192307	2528461	130	27	50
14	192350	2528493	114	7	50
15	192361	2528472	116	20	60
16	192333	2528423	133	10	40
17	192276	2528320	116	12	85
18	192316	2528358	132	37	70
19	192329	2528367	140	12	35
20	192207	2528231	116	4	60
21	192182	2528263	97	22	60
22	192212	2528222	115	4	60
23	192239	2528491	144	23	65
24	192253	2528520	141	22	60

(三) 監測計畫其他要素

1. 監測時間與次數

監測計畫應於申請查證前進行，提供相關數據，以查證竹林碳庫之碳儲存變化量及專案移除量。竹林監測調查週期為 3-5 年，監測調查完成前，避免進行伐採作業。

2. 品質控制和品質保證(QC/QA)

調查與監測時建議採取下列措施，確保調查品質：

- (1) 建議應有竹林或相關專業領域之監測團隊和管理人員，並建立階層的分工與職責。
- (2) 調查作業前須對監測團隊進行培訓，確保調查方法之一致性及使用工具及設備之統一。
- (3) 調查表格須使用同一個紀錄表格，其使用的單位與紀錄必須一致(如：重量單位為kg，直徑單位為cm，測量竹高單位為m，重量單位紀錄至小數點第 1 位，長度單位紀錄至小數點第 1 位)。
- (4) 調查期間應交叉檢查和重點查核。
- (5) 量測儀器與工具須每 5 年進行檢查與校正，確保量測數據確實可靠。
- (6) 確保資料蒐集與篩選的準確性，並在必要時修正異常值。

3. 精密度要求

參照 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, 2013) 之精密度要求。

4. 監測結果與紀錄

監測過程收集之資料與數據，皆須以電子檔或紙本方式保存相關資料，保存至最後一次核發減量額度後 2 年。

五、專案活動期程描述

(一)專案活動執行期間

專案起始日為民國113年1月1日。

(二)專案計入期

專案為林業類型專案，計入期15年。

時間為民國114年1月1日至民國129年12月31日。

六、環境衝擊分析

依據「溫室氣體自願減量專案管理辦法」第8條第2項，溫室氣體每年排放量總減量小於或等於二萬(20,000)公噸二氧化碳當量(tCO₂e)者，得免除環境衝擊分析及公眾意見調查。

七、公眾意見描述

依據「溫室氣體自願減量專案管理辦法」第8條第2項，溫室氣體每年排放量總減量小於或等於二萬(20,000)公噸二氧化碳當量(tCO₂e)者，得免除環境衝擊分析及公眾意見調查。

八、引用文獻

1. 王仁、陳財輝、張華洲、鍾欣芸、李宗宜、劉瓊霏 (2009) 惠蓀林場和石棹孟宗竹林分結構及地上部生物量和碳儲存量。林業研究季刊 31(4)：17-26。
2. 行政院農業委員會林務局 (2009) 第四次全國森林資源調查事業區外地面樣區設置與調查工作手冊。行政院農業委員會林務局。50 頁。
3. 行政院農業委員會林務局 (2009) 第四次全國森林資源調查事業區外地面樣區設置與調查工作查驗規範。行政院農業委員會林務局。4 頁。
4. 行政院農業委員會林務局 (2015) 第四次森林資源調查報告。行政院農業委員會林務局。79 頁。
5. 行政院環境保護署 (2019) 造林與植林碳匯專案活動。AR-TMS0001。
6. 呂錦明、陳財輝 (1992) 桂竹林分構造及生物量-桶頭一桂竹林分之例。林業試驗所研究報告季刊 7(1)：1-13。
7. 李佳、顧蕾、朱瑋強、施擁軍、計葳、鄭軼楓 (2018) 浙江省安吉縣 CCER 竹林經營碳匯交易專案經濟效益分析。浙江農林大學學報 35(4)：581-588。
8. 李隆恩、林裕仁、顏添明 (2016) 蔴竹(*Bambusa stenostachya*)地上部生物量模式及碳貯存量之推估。台灣林業科學 31(1)：37-47。
9. 楊宇明、楊漢奇、石明、王娟 (2009) 叢生竹集約經營和豐產定向培育理論初步研究。竹林生態與經營學術論壇論文集：35-43。
10. 國家發展和改革委員會(2015)竹林經營碳匯項目方法學。AR-CM-005-V01。
11. 林俊成、陳溢宏、林裕仁 (2017) 竹林加工業之國內原竹需求及流向分析。林業研究專訊 24(4)：62-64。
12. 林裕仁、劉怜均 (2024) 竹林資源調查手冊。林業叢刊 304 號。
https://www.tfri.gov.tw/News_Content4.aspx?n=7500&s=32538。
13. 紀怡嘉 (2008) 臺灣中部地區桂竹林生物量與碳貯存量之研究。國立中興大學森林學研究所碩士學位論文。
14. 趙兵、陳京華、王宏 (2019) 福建順昌縣國有林場毛竹林可持續經營碳會計

- 量。世界竹藤通訊 17(6)：25-30。
15. 孫百寬 (2012) 麻竹與孟宗竹林分結構及碳貯存量推估之研究。國立中興大學森林學研究所碩士學位論文。
 16. 孫百寬、陳滄婷、顏添明、李隆恩 (2013) 臺灣中部地區孟宗竹林不同經營強度林分性態值、地上部生物量及碳貯存量之比較。林業研究季刊 35(1)：23-32。
 17. 陳財輝、廖天賜、鍾一榮、王仁 (2014) 高雄六龜與台南白河兩地麻竹林之林齡結構與生物量比較。林業研究季刊 36(4)：263-272。
 18. 陳財輝、劉瓊霏、王仁 (2015) 台北五股與台南龍崎綠竹林之林分結構與生物量。林業研究季刊 37(3)：209-218。
 19. 陳財輝、鍾欣芸、汪大雄、林信輝 (2009) 石門水庫集水區桂竹林之生長及生物量。中華林學季刊 42(4)：519-527。
 20. 陳惠芳 (2015) 估算臺灣竹林碳匯之研究—以臺東縣延平鄉桂竹林為例。國立嘉義大學管理學院生物事業管理學系暨研究所碩士論文。
 21. 馮豐隆 (2004) 森林測量學。國立中興大學森林學系教材。276 頁
 22. 黃裕星 (2011) 臺灣竹類資源調查、利用及新技術開發。林業研究專訊 18(1)：1-2。
 23. 葉銘哲、鍾智昕、林謙佑、林奐宇 (2016) 台南市山坡地竹林資源調查與土地管理之研究。台灣林業科學 31(3)：257-69。
 24. 廖天賜 (2013) 桂竹林經營作業法對林分動態變化之研究。行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列。
 25. 劉怡宏、林政融、顏添明 (2011) 應用不同方法推估桂竹人工林生物量之比較。林業研究季刊 41(3)：203-215。
 26. 顏添明 (2011) 竹林碳移除潛力探討。林業研究專訊 18(1)：19-22。
 27. 顏添明 (2013) 主要台灣經濟竹種碳儲備及異速模式的建立。行政院國家科學委員會計畫 計畫編號：NSC101-2313-B005-015-MY2。

28. 羅凱安、葉政翰 (2020) 屏東林管處轄區竹林資源永續經營與收穫作業技術改進之研究。屏東林區管理處委託計畫 計畫編號：Po108BM。
29. 竹材產業與技術諮詢中心 (2021) <https://www.bambootw.net/index.php>。
30. Charlotte King, Pablo van der Lugt, Trinh Thang Long, Li Yanxia (2021) Integration of Bamboo Forestry into Carbon Markets. INBAR Working Paper.
31. Chen, T. H., D. H. Wang and S. Wang (2016) The trend of growth characteristics of Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) forests under an unmanaged condition in central Taiwan. Taiwan J For Sci 31(2): 75-78。
32. INBAR (2019) A Manual for Bamboo Forest Biomass and Carbon Assessment. International Bamboo and Rattan Organization Technical Report (Auditors: Bao Huy, Trinh Thang Long.).
33. IPCC (2003) Good practice guidance for land use, land-use change and forestry.
34. Li, L. E., Y. J. Lin and T. M. Yen (2016) Using allometric models to predict the aboveground (*Bambusa stenostachya*) and estimate its carbon storage. Taiwan Journal Forest Science 31(1): 37-47.
35. Lin, Y. J., C. H. Wang and S. Wu (2011) Analyzing carbon conversion factors of four species of taiwanese bamboo. Taiwan Journal of Forest Science 26(4): 341-355.
36. Petrova, S.H., Swails, E., Netzer, M., S.M. and Brown, S. (2010). Manual Technical Issues Related to Implementing REDD plus Programs in Mekong Countries. Winrock International, p.109.
37. Yen, T. M., Y. J. Ji and J. S. Lee (2010) Estimating biomass production and carbon storage for a fast-growing makino bamboo (*Phyllostachys makinoi*) plant based on the diameter distribution model. Forest Ecology and Management 260: 339–344.