

平地造林碳匯專案計畫書

版本： 3 製作日期： 108 年 2 月 18 日

專案活動所屬之方案型專案	<input type="checkbox"/> 本專案活動屬_____方案型專案之子專案 <input checked="" type="checkbox"/> 不適用
申請單位	○○公司
引用的減量方法和其範疇別	造林與植林碳匯專案活動 範疇別： 14造林與植林
年平均減量/移除量估計值	11,066.26 tCO ₂ -e

目錄

一、專案活動之一般描述

- (一) 專案名稱
- (二) 專案參與機構描述
- (三) 專案活動描述
- (四) 專案活動之技術說明

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
- (二) 適用條件與原因
- (三) 專案邊界內包括的排放源和氣體
- (四) 基線情境之選擇與說明
- (五) 外加性之分析與說明

三、減量/移除量計算說明

- (一) 減量/移除量計算描述
- (二) 減量/移除量計算
- (三) 計入期計算摘要

四、監測計畫

- (一) 應被監測之數據與參數
- (二) 抽樣計畫
- (三) 監測計畫其他要素

五、專案活動期程描述

(一) 專案活動執行期間

(二) 專案計入期

六、環境衝擊分析

七、公眾意見描述

附件

平地造林碳匯專案計畫書

一、專案活動之一般描述

(一) 專案名稱

專案活動名稱：平地造林碳匯專案 活動

版本	日期	修訂內容摘要
1	2016.9.10	新訂
2	2018.2.13	依2017年12月29日環保署第一次初審會議紀錄進行修訂
	2019.2.18	依2019年1月22日環保署第三次初審會議紀錄進行修訂

減量方法範疇別：類別14：造林與植林

(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
○○公司	-	專案執行者

(三) 專案活動描述

1. 專案活動目的

本專案的目的為提升農地利用效率、改善生活環境品質並強化平地之環境機能。專案活動的總體目標期能增加農地在其他用途上的需求，並因應國內2015年7月1日公布施行的「溫室氣體減量及管理法」，為台灣的森林碳匯盡一份心力。而個別目標包括：

- (1)提高專案範圍的生物多樣性。
- (2)推動森林遊樂。
- (3)增加都市近郊綠地環境。

(4)測試植林活動如何產生高品質、可量測、可報告以及可查證的溫室氣體移除量。

(5)建立多目標利用森林，栽種的樹種達18種。

2.專案活動地點及環境描述

(1)專案活動地點

本專案活動的地點位於花蓮縣光復鄉大農大富農場，範圍為○○公司所有之造林地，如圖1及圖2：



圖1、活動位置圖



圖2、活動分布圖

○○公司造林地範圍廣大，排列整齊，藉由實地調查並輔以GIS技術，邊界清楚且基本屬性資料完整。○○公司於花蓮縣光復鄉的造林地面積達993.03公頃，造林地範圍之座標如表2，各造林年度分布圖如圖3及圖4。

表2、平地造林範圍座標

造林地範圍	X	Y
左上	23°41'01"	121°22'19"
右下	23°33'19"	121°28'17"

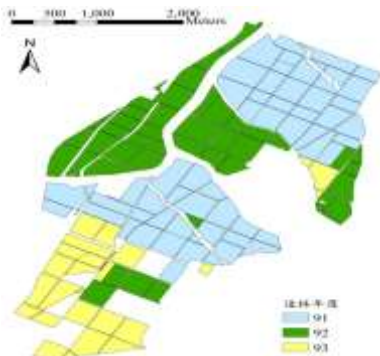


圖3、造林地各造林年度及其分布圖



圖4、造林地各地段分分布圖



照片：造林地現況 (左上)光蠟樹；(左下)台灣欖；(右)楓香

(2)環境描述

根據中央氣象局花蓮光復測站(編號 C0T960)近3年(2015至2017年)氣象資料，年均溫為22.69℃，最高月均溫在7、8月，溫度為28至28.4℃，最低月均溫在1、2月，溫度為15.9至16.8℃。年平均降雨量為2638 mm，最大降雨量在9、10月，最少降雨月份在1、2月。花蓮大農大富農場的土壤類型為典型低鹽基濕潤弱育土 (Typic dystrodepts)，且全區已大部分進行造林，但其周邊的私有土地仍然維持栽種農作物的經營方式，因此造林地及周圍農田，形成了樹林與農地鑲嵌的地景型式。此造林區東側臨海岸山脈，海岸山脈低海拔闊葉林之森林動物可能進入農場棲息，故造林地可能成為森林動物的棲息地，進而成為海岸山脈與中央山脈間物種交流的廊道。2012年全區物種調查資料共記錄到36科70種鳥類、2科4種鼠類、5科78種蝶類、8科29種蜻蜓類、6科10種兩生類及6科11種爬蟲類，且依據農委會公布的台灣保育類野生動物物種，已記錄到的東方蜂鷹、大冠鷲、紅隼、環頸雉、黃嘴角鴉、台灣畫眉、朱鷗等8種鳥類及雨傘節為珍貴稀有保育類動物，而紅尾伯勞為應予保育的動物(葛兆年，2015)。

3.資金來源說明

本專案活動地點自2002年起依「平地造林直接給付及種苗配撥實施要點」及林務局核定之造林撫育計畫書辦理，包括2002-2008年平地景觀造林計畫及2009-2012年綠色造林計畫，補助款每公頃20年共48萬8,000元。其他尚有○○公司之行政管理經費(如人事費)投入。

4.專案活動對永續發展的貢獻

森林經由光合作用吸收並固定大氣中的二氧化碳，是大氣二氧化碳的吸收匯；因此，森林的增加對大氣中二氧化碳濃度產生重要影響，當林木為生長狀態時，可增加對二氧化碳的吸存。另一方面，健全的森林，除具有碳吸存的功能外，亦對生

物多樣性、水源涵養、國土保安、生態旅遊之發展有長遠效益。

5. 預期減量成果：

單年期間	年排放減量/移除量估計值 (單位：公噸CO ₂ 當量)
91年	0
92年	4,646.22
93年	9,519.43
94年	12,249.84
95年	12,816.37
96年	12,643.81
97年	12,479.25
98年	12,308.48
99年	12,139.26
100年	11,973.93
101年	11,802.79
102年	11,634.27
103年	11,463.28
104年	11,296.41
105年	11,127.00
106年	10,959.21
107年	10,788.63
108年	10,622.37
109年	10,451.76
110年	10,284.73
111年	10,118.26
總排放減量/移除量估計值(公噸 CO ₂ 當量)	221,325.30
計入期總年數	20
計入期年平均排放減量/移除量估計值 (公噸CO ₂ 當量)	11,066.26

註：期間為每年1月1日~12月31日

6.若為小規模專案，應論證其專案活動並非屬大規模專案之拆解活動

根據「小規模專案活動拆解評估」方法學工具之定義，若有下列狀況註冊小規模 CDM 專案或申請其他小規模 CDM 專案活動，則提交之小規模 CDM 專案活動被視為大規模專案之拆解活動：

- 有相同之計畫參與人
- 相同之計畫類型與技術/措施；且
- 在過去2年內註冊；且
- 其專案邊界在提交專案邊界的1公里以內

本專案之計畫參與人並無註冊或申請註冊其它小規模專案活動，故本專案不屬於大規模專案之拆解活動。

(四) 專案活動之技術說明

1.技術類型：

植林與森林經營技術，良好的整地、樹種選擇、苗木供應、栽植撫育方式等，可以有效降低植林作業成本，同時讓林木得到最佳的生長環境，提高林地生產力。台糖公司於民國91至93年實施造林面積達993.04公頃，栽植樹種達18種(表1)，以原生種以及陽性樹種為主，以植苗的方式進行栽種。

表1、○○公司花蓮縣光復鄉平地造林樹種與面積

樹種\年	2002	2003	2004	總計(ha)
青楓	0.00	1.67	0.00	1.67
台灣肖楠	0.00	0.00	3.84	3.84
水黃皮	0.00	5.76	0.00	5.76
印度紫檀	7.10	0.00	0.00	7.10
烏柏	0.00	8.25	0.00	8.25
楠木類	6.79	4.35	0.00	11.14
無患子	0.00	2.37	19.72	22.09

樹種\年	2002	2003	2004	總計(ha)
苦楝	0.00	28.95	0.00	28.95
烏心石	22.77	0.00	9.42	32.19
台灣赤楊	42.42	0.00	0.00	42.42
杜英	36.81	0.65	10.71	48.17
樟樹	23.95	15.61	23.08	62.64
楓香	69.97	1.76	9.76	81.49
台灣欒樹	54.55	35.88	5.54	95.97
肉桂類	36.26	50.71	9.70	96.67
茄苳	77.23	35.42	5.16	117.81
台灣檫	72.35	42.36	16.98	131.69
光蠟樹	41.26	83.73	70.19	195.18
總計	491.46	317.47	184.10	993.03

2.具體措施：

(1)栽植：

造林之前先進行整地、翻土並將妨礙造林幼苗生長的雜草全面刈除，以利造林。造林採交錯栽植，每隔6至10排即更換樹種栽植，行距平均3公尺。純林分約佔總造林面積87.2%，樹種混植之林分約佔12.8%。

(2)撫育：

栽植初期，第1-3年每年進行3次的刈草，第4-5年每年進行2次刈草，第6-7年每年施行1次刈草作業，避免雜草影響樹苗成活與生長。另外，為提供林木充足養分，造林第1年施肥2次，第2-6年每年施肥1次，每公頃施用40公斤有機肥料。

(3)火害控制/病蟲害：

為了將火害及病蟲害風險降至最低，林木採混合林方式種植。

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

- 1.造林與植林碳匯專案活動小規模減量方法第3版
- 2.A/R CDM 專案活動的基線現存木質生物量變化不顯著評估工具 (Guidance on conditions under which the change in carbon stocks in existing live woody vegetation are insignificant)
- 3.小規模專案活動拆解評估工具(Assessment of debundling for small-scale project activities)4.0版
- 4.計算 A/R CDM 專案活動測量樣區數工具(Calculation of the number of sample plots for measurements within A/R CDM project activities)2.1.0版

(二) 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. 本減量方法適用濕地以外的造林專案活動(含政府獎勵造林的相關政策)。	○○公司的平地造林區為計畫休耕的蔗田，其參與政府推行的全民造林計畫，於合法平地範圍上進行植林，因此其屬於濕地以外的造林活動。
2. 適用於2000年1月1日以後開始造林的專案活動。	2002年以後開始造林。
3. 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%。	此平地造林採用條狀整地，行距平均3公尺，植列寬度1公尺，估算土壤擾動面積為25%。
4. 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。	隨著產業結構轉型，甘蔗種植不符經濟效益，大部分甘蔗田呈現休耕狀態，在此背景下，造林專案活動不會造成原本農業活動轉移。
5. 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。	植林毗連面積超過0.5公頃，且預估每年碳吸存量小於16,000公噸二氧化碳當量，因此屬於小規模減量專案。

(三) 專案邊界及土地合格性

1. 專案邊界

基於採用的減量方法指引，應明確敘述產生減量/移除設施之範疇界定，並描述為了計算專案排放和基線排放而被納入該專案邊界之排放源/碳匯及溫室氣體，可利用下表表示。

	源/匯	氣體	是否被納入?	說明
基線	地上部生物量	CO ₂	是	若專案活動施行前，地上部樹木及灌木的碳儲存變化不顯著則可忽略不計
	地下部生物量	CO ₂	是	若專案活動施行前，地上部樹木及灌木的碳儲存變化不顯著則可忽略不計
	燃燒木質材料	CO ₂	否	基線情境下不採行焚燒整地，故無此排放情形
CH ₄				
N ₂ O				
專案活動	地上部生物量	CO ₂	是	為專案的主要碳庫
	地下部生物量	CO ₂	是	本碳庫因施行專案而預期增加
	燃燒木質材料	CO ₂	否	本專案在整地時不採行焚燒整地，故無此排放情形
		CH ₄		
		N ₂ O		

2. 土地合格性

專案活動實施前，土地原屬於甘蔗田，因長期耕作地力下降，於休耕後並無林木生長，為非森林地。

3. 分層

專案活動依據造林年度與樹種進行分層，藉由估算各樹種不同林

齡的碳匯量，以增加碳匯估算的準確性。若專案活動期間受自然或人為災害造成森林生物量分布模式改變，分層取樣會進一步修正。

(四) 基線情境之選擇與說明

○○造林地過去因配合政府砂糖產業政策而種植甘蔗，雖然靠近都市，為交通運輸便利、勞力取得方便的良好農用土地，然近年因加入 WTO，受到國外農產品的價格衝擊，甘蔗需求持續降低，不符經濟成本，故推動離蔗政策，減少甘蔗種植量；若轉栽種高經濟作物恐造成與民爭利，再加上近年○○實施人力精簡政策，力求勞力及人事成本的降低，因而選擇休耕。

○○造林地歷經近百年的甘蔗種植，多年來甘蔗為其主要地表植被，就廣義的土壤退化定義而言，農業用地受到物理性干擾如侵蝕、化學性干擾如養分失衡以及生物性干擾如生物多樣性減少等因素，皆會使土壤產生退化的情形，因長期耕作有地力下降的趨勢，又此地屬甘蔗收成欠佳、較為鹽化、貧瘠和排水不良的土地，加上歷經毀林及近百年的甘蔗種植，土壤已缺乏種子庫，且靠近都市易受人為干擾，種種情形皆顯示廢耕後林木生長困難，不利於森林天然更新。故○○花蓮大農大富平地造林地區造林前的基線情境為已廢耕的甘蔗田。

(五) 外加性之分析與說明

依據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」第七條第二項第三款辦理，即溫室氣體每年總減量小於或等於二萬公噸二氧化碳當量者，外加性分析得僅分析法規外加性。

在法規外加性分析方面，根據「土地法」，甘蔗田地目屬於農地，因此不管是維持原甘蔗種植或是轉作其他作物皆合法。此外，加入 WTO 後，因國外農產品的大量進口，使得台灣農業不敵國外價格競爭，政府為了提升農地的利用效率及增加農地

在其他用途上的需求，「農業發展條例」第55條揭示，為確保農業生產資源之永續利用，並紓解國內農業受進口農產品之衝擊，主管機關應對農業用地作為休耕、造林等綠色生態行為予以獎勵。而「平地造林」即屬農委會林務局的一項造林推廣政策，並非強制性政策要求，林務單位依據「平地造林直接給付及種苗配撥實施要點」，鼓勵農民將休耕的農地進行造林外並給予獎勵金。

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) 基線排放(基線溫室氣體淨移除量)

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(Guidance on conditions under which the change in carbon stocks in existing live woody vegetation are insignificant) 來判斷基線木質生物量碳儲存變化是否可假設則為零，否則應加以計算，此時基線溫室氣體淨移除量應等於預計在沒有實施專案活動的情況下之生物量碳儲存變化量。碳匯基線溫室氣體淨移除量計算式如下：

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

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
$\Delta C_{TREE_BSL,t}$	第 t 年時之專案邊界內基線林木生物量碳儲存年變化量	tCO ₂ -e yr ⁻¹

a. 基線林木生物量碳儲存變化

根據劃分的基線碳層，計算各基線碳層的林木生物量碳儲存年變化量之和，即為基線林木生物量碳儲存變化量($\Delta C_{TREE_BSL,t}$)：

$$\Delta C_{TREE_BSL,t} = \sum_{i=1} \Delta C_{TREE_BSL,i,t}$$

式2

參數	定義	單位
$\Delta C_{TREE_BSL,t}$	第 t 年之專案邊界內基線林木生物量碳儲存年變化量	tCO ₂ -e yr ⁻¹
$\Delta C_{TREE_BSL,i,t}$	第 t 年第 i 碳層林木生物量碳儲存變化	tCO ₂ -e yr ⁻¹
<i>i</i>	基線碳層	-
<i>t</i>	專案執行年數	yr

假定一段時間內(第 t1 至 t2 年)基線林木生物量的變化是線性的，基線林木生物量碳儲存量變化($\Delta C_{TREE_BSL,i,t}$)計算如下：

$$\Delta C_{TREE_BSL,i,t} = \frac{C_{TREE_BSL,i,t2} - C_{TREE_BSL,i,t1}}{t2 - t1} \quad \text{式3}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{TREE_BSL,i,t}$	第 t 年時，第 i 碳層林木生物量碳儲存量變化	tCO ₂ -e yr ⁻¹
$C_{TREE_BSL,i,t}$	第 t 年時，第 i 基線碳層林木生物量碳儲存量	tCO ₂ -e
<i>i</i>	基線碳層	-
<i>t1, t2</i>	專案開始後的第 t1 及 t2 年，且 t1 ≤ t ≤ t2	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乘上各樹種造林面積，再利用各樹種含碳率將林木生物量轉化為碳含量，再利用 CO₂與 C 的分子量(44/12)比將碳含量轉換為二氧化碳當量，計算公式如下：

$$C_{TREE_BSL,i,t} = \frac{44}{12} \times \sum_{j=1} (G_{Tree_BSL,i,j,t} \times A_{i,j} \times CF_{TREE_j}) \quad \text{式4}$$

參數	定義	單位
$C_{TREE_BSL,i,t}$	基線情境下，第 t 年時，第 i 碳層林木生物量碳變化量	tCO ₂ -e
$C_{TREE_BSL,i,j,t}$	基線情境下，第 t 年時，第 i 碳層樹種 j 的平均每公頃林木生物量	t.d.m. ha ⁻¹
$A_{i,j}$	基線情境下，第 t 年時，第 i 碳層樹種 j 的總面積	ha

$CF_{TREE, j}$	樹種 j 生物量中的含碳率	tC (t.d.m.) ⁻¹
t	專案執行年數	yr
j	樹種	-
44/12	CO ₂ 分子量與 C 分子量的比值	-

在基線碳儲存變化量估算部分，專案申請者可選擇下列其中一個方法來估算各樹種平均每公頃林木生物量($G_{Tree_BSL, i, j, t}$)：

方法一：生物量方程式法

此方法為透過各樹種的生物量方程式來估算該樹種的單株地上部生物量(Gs)，而各樹種生物量方程式為將測定參數轉化為地上部生物量的回歸方程式，測定參數如胸徑、樹高或林齡等。求得單株地上部生物量後，再利用地下部生物量與地上部生物量比值(R)轉換為全株生物量，再乘上該樹種每公頃株數(N)，即可求得該樹種每公頃林木生物量，計算公式如下：

$$G_{Tree_BSL, i, j, t} = G_{s_BSL, i, j, t} \times (1 + R_{TREE_j}) \times N_{TREE_BSL, i, j} \quad \text{式5}$$

參數	定義	單位
$G_{Tree_BSL, i, j, t}$	基線情境下，第 t 年時，第 i 碳層樹種 j 的平均每公頃林木生物量	t.d.m. ha ⁻¹
$G_{s_BSL, i, j, t}$	基線情境下，第 t 年時，第 i 碳層樹種 j 的單株地上部生物量。此單株地上生物量可透過生物量方程式求得	t.d.m. 株 ⁻¹
R_{TREE_j}	樹種 j 地下部生物量與地上部生物量的比值	-
$N_{TREE_BSL, i, j, t}$	基線情境下，第 t 年第 i 碳層樹種 j 的每公頃株數	株 ha ⁻¹
i	基線碳層	-
j	樹種	-
t	專案執行年數	yr

方法二：生物量擴展係數法

透過測定林木胸高直徑(DBH)、樹高(H)和(或)林齡，查材積表或運用材積公式計算該樹種單株林木樹幹材積，再利用生物量轉換與擴展係數(BCEF)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)將地上生物量轉化為林木全株生物量，再乘上該樹種每公頃株數(N)，即可求得該樹種每公頃林木生物量，計算公式如下：

$$G_{TREE_BSL,i,j,t} = V_{TREE_BSL,i,j,t} \times BCEF_{TREE_j} \times (1 + R_{TREE_j}) \times N_{TREE_BSL,i,j,t}$$

式6

若直接的 BCEF 不可得，可使用生物量擴展係數(BEF)及基本比重(D)相乘得出，如下：

$$BCEF_{TREE_j} = BEF_{TREE_j} \times D_{TREE_j}$$

式7

參數	定義	單位
$G_{Tree_BSL,i,j,t}$	基線情境下，第 t 年時，第 i 碳層樹種 j 的平均每公頃林木生物量	t.d.m. ha ⁻¹
$V_{TREE_BSL,i,j,t}$	基線情境下，第 t 年時，第 i 碳層樹種 j 的單株材積。此材積透過胸高直徑(DBH)、樹高(H)或林齡代入材積方程式或查材積表得來	t.d.m. 株 ⁻¹
$BCEF_{TREE_j}$	樹種 j 的轉換生物量和擴展係數，即將材積(連皮)轉換為地上部生物量之轉換係數	t.d.m. m ⁻³
D_{TREE_j}	樹種 j 的基本比重(連皮)	t.d.m. m ⁻³
BEF_{TREE_j}	樹種 j 的生物量擴展係數，即林木主幹生物量與地上部生物量之轉換係數	-
R_{TREE_j}	樹種 j 地下部生物量與地上部生物量的比值	-
$N_{TREE_BSL,i,j,t}$	基線情境下，第 t 年第 i 碳層樹種 j 的每公頃株數	株 ha ⁻¹
i	基線碳層	-
j	樹種	-
t	專案執行年數	yr

(2)專案排放(實際溫室氣體淨移除量)

專案實施後之碳匯實際溫室氣體淨移除量計算如下：

$$\Delta C_{ACTUAL,t} = \Delta C_{TREE_PROJ,t} - GHG_{E,t} \quad \text{式8}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{ACTUAL,t}$	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
$\Delta C_{TREE_PROJ,t}$	第 t 年之林木生物量的碳儲存量變化	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

a. 專案邊界內林木生物量碳儲存量變化

專案邊界內林木生物量碳儲存量變化($\Delta C_{TREE_PROJ,t}$)計算方式如下：

$$\Delta C_{TREE_PROJ,t} = \sum_{i=1} \Delta C_{TREE_PROJ,i,t} = \sum_{i=1} \frac{C_{TREE_PROJ,i,t2} - C_{TREE_PROJ,i,t1}}{t2-t1} \quad \text{式9}$$

$$C_{TREE_PROJ,i,t} = \frac{44}{12} \times \sum_{j=1} (G_{Tree_PROJ,i,j,t} \times A_{ij} \times CF_{TREE_j}) \quad \text{式10}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{TREE_PROJ,t}$	基線情境下，第 t 年時，專案邊界內林木生物量碳儲存變化	tCO ₂ -e yr ⁻¹
$\Delta C_{TREE_PROJ,i,t}$	第 t 年時，專案邊界內第 i 碳層林木生物量碳儲存變化	tCO ₂ -e yr ⁻¹
$C_{TREE_PROJ,i,t}$	專案情境下，第 t 年時，專案邊界內第 i 碳層林木生物量碳儲存量	tCO ₂ -e
$G_{TREE_PROJ,i,j,t}$	專案情境下，專案邊界內第 i 碳層樹種 j 的平均每公頃林木生物量	t.d.m. ha ⁻³
A_{ij}	專案情境下，第 t 年時，第 i 碳層樹種 j 的總面積	ha
CF_{TREE_j}	樹種 j 生物量中的含碳率	tC (t.d.m.) ⁻¹
i	專案碳層	-
j	樹種	-
$t1,t2$	專案開始後的第 t1 及 t2 年，且 t1 ≤ t ≤ t2	yr

t	專案執行年數	yr
-----	--------	----

專案情境下，專案邊界內各樹種平均每公頃林木生物量 ($G_{TREE_PROJ,i,j,t}$) 計算可採用6.1節的「生物量方程式法」及「生物量擴展係數法」。實際計算時，用字母下標「PROJ」替代式5及式6中的字母下標「BSL」，如用 $G_{TREE_PROJ,i,j,t}$ 替代 $G_{TREE_BSL,i,j,t}$ 。

b. 專案邊界內非二氧化碳之溫室氣體排放量計算

本方法學主要考慮專案邊界內森林火災引起的林木地上部生物質燃燒造成的非二氧化碳溫室氣體排放(即 CH_4 和 N_2O 釋放)。

在事前估計方面，由於無法預測專案邊界內火災發生情況，因此可以不考慮森林火災造成的專案邊界內溫室氣體排放，即 $GHG_{E,t}=0$ 。

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的碳層及各碳層林木地上部生物量數據，計算方法如下：

$$GHG_{E,t}=0.001 \times \sum_{i=1} ABURN_{i,t} \times b_{TREE,i,tL} \times COMF_i \times (EF_{CH_4} \times GWP_{CH_4} + EF_{N_2O} \times GWP_{N_2O}) \quad \text{式11}$$

參數	定義	單位
$GHG_{E,t}$	第 t 年時，專案邊界內由於森林火災導致林木地上生物量燃燒引起的非 CO_2 溫室氣體排放量	$tCO_2\text{-e yr}^{-1}$
$ABURN_{i,t}$	第 t 年時，第 i 碳層的火燒面積	ha
$b_{TREE,i,tL}$	火災發生前，專案最近一次查證時，第 i 碳層的單位面積林木地上部生物量。如果只發生地表火，林木地上生物量未被燃燒，則 $b_{TREE,i,tL}$ 設定為0	$t.d.m. ha^{-3}$
tL	火災發生前，最近一次查證的時間	yr^{-1}
$COMF_i$	第 i 碳層的燃燒指數	-

EF_{CH_4}	CH ₄ 排放係數	g CH ₄ (kg 燃燒的乾物質) ⁻¹
GWP_{CH_4}	CH ₄ 的全球增溫潛勢，預設值為25	-
EF_{N_2O}	N ₂ O 排放係數	g N ₂ O (kg 燃燒的乾物質) ⁻¹
GWP_{N_2O}	N ₂ O 的全球增溫潛勢，預設值為298	-
i	專案碳層，依照第 t 年查證時的分層方式	-
t	專案執行年數	yr
0.001	將 kg 轉化成 t 的常數	-

(3)洩漏排放

根據方法學適用條件，不適用於專案實施可能引起的專案前農業活動的轉移，因此在本方法學下，造林活動不存在潛在洩漏，即 $LK_t = 0$ ，其中 LK_t 為第 t 年專案活動所產生的洩漏排放量。

(4)減量

碳匯之人為溫室氣體淨移除量等於專案活動實際溫室氣體淨移除量減去基線溫室氣體淨移除量再減去洩漏溫室氣體排放量。

$$\Delta C_{FOREST,t} = \Delta C_{ACTUAL,t} - \Delta C_{BSL,t} - LK_t \quad \text{式12}$$

參數	定義	單位
$\Delta C_{FOREST,t}$	第 t 年(指專案活動實施 t 年後)之碳匯人為溫室氣體淨移除量	tCO ₂ -e yr ⁻¹
$\Delta C_{ACTUAL,t}$	第 t 年之碳匯實際溫室氣體淨移除量	tCO ₂ -e yr ⁻¹
$\Delta C_{BSL,t}$	第 t 年之碳匯基線溫室氣體淨移除量	tCO ₂ -e yr ⁻¹
LK_t	第 t 年因洩漏之溫室氣體排放量，根據本方法學的適用條件，專案活動不存在潛在洩漏，因此可視為0	tCO ₂ -e yr ⁻¹

2.所引用之預設數據與參數說明

數據/參數	$D_{TREE,j}$
數據單位	t d.m.m ⁻³
描述	基本比重
數據來源	引用國內已發表的科學文獻
應用的數值	針葉樹0.42 闊葉樹0.56
數據選擇或量測方法和程序	基本比重(Basic Wood Density, D)亦即幹材之絕乾重量與原木去皮材積的比值。根據林裕仁等(2002)測定台灣地區自產材24種，將其分成針葉樹材與闊葉樹材兩大類，其中針葉樹材之基礎木材密度(D)介於0.31-0.55間，平均值為0.42，闊葉樹材則介於0.37-0.77間，平均值為0.56，本研究以分別以0.42及0.56平均值做為針葉樹與闊葉樹的基礎木材密度。
數據用途	應用於公式7
備註	單位符號d.m.為乾重(dry matter)縮寫

數據/參數	$BEF_{TREE,j}$
數據單位	t d.m.(t d.m.) ⁻¹
描述	林木主幹材積與地上部生物量之轉換係數(連皮)
數據來源	引用國內已發表的科學文獻
應用的數值	針葉樹1.23 闊葉樹1.20
數據選擇或量測方法和程序	針葉樹及闊葉樹之生物量擴展係數則採用王兆桓、劉知好(2006)所建立之柳杉及樟樹數值，分別為1.23及1.20。
數據用途	應用於公式7
備註	單位符號d.m.為乾重(dry matter)縮寫

數據/參數	$R_{TREE,j}$
數據單位	t d.m.(t d.m.) ⁻¹
描述	根莖比
數據來源	引用國內已發表的科學文獻
應用的數值	0.234
數據選擇或量測方法和程序	國內相關研究指出，由於人工針葉林以柳杉造林面積為最多，依王子定(1978)、李訓煌(1978)、游漢明(1981)、張峻德(1986)等人的研究根部生物量，

	轉換根莖比為0.280(引自林俊成等人, 1999)。人工闊葉林之根莖比, 依陳財輝、呂錦明(1988)對木麻黃生物量的結果為0.21。相思樹0.30、楓香為0.22(林國銓等, 2009), 木油桐和台灣櫟之根莖比分別為0.21 和0.23(柯淑惠, 2006; 林國銓等, 2007), 顯示樹種間根莖比有差異, 由於本計畫的樹種種類眾多, 因此以上述國內研究將闊葉樹根莖所得比之平均值0.234做為後續分析使用。
數據用途	應用於公式5及公式6
備註	單位符號 d.m.為乾重(dry matter)縮寫

數據/參數	$CF_{TREE,j}$
數據單位	$t C(t d.m.)^{-1}$
描述	碳含量比
數據來源	引用國內已發表的科學文獻
應用的數值	針葉樹0.4821 闊葉樹0.4691
數據選擇或量測方法和程序	國內林木碳含量的研究中, 林裕仁等(2002)取台灣自產材24種加以測定其碳含量, 結果顯示, 台灣自產材碳含量比例平均值, 針葉樹為0.4821, 闊葉樹材為0.4691, 本研究取其值進行估算
數據用途	應用於公式4及公式9
備註	單位符號d.m.為乾重(dry matter)縮寫

(二) 減量/移除量計算

1. 基線排放(基線溫室氣體淨移除量) ($\Delta C_{BSL,i}$)

計畫活動執行前, 專案活動範圍為休耕之蔗田農地, 因長期耕作有地力下降的趨勢, 又屬於鹽化、貧瘠和排水不良的土地, 加上土地已缺乏森林天然更新的種子來源, 且靠近都市易受人為干擾, 導致僅有幾株林木生長。此外, 專案活動前林木的樹冠覆蓋面積預期將小於專案活動結束後的2%, 其符合 CDM 執行理事會提出「基線現存木質生物量變化不顯著評估原則 (Guidance on conditions under which the change in carbon stocks in

existing live woody vegetation are insignificant)」的第二種情境，因此基線淨溫室氣體移除量可假設為零。

2. 專案排放(實際溫室氣體淨移除量) ($\Delta C_{ACTUAL,t}$)

專案實施後之碳匯實際溫室氣體淨移除量計算如下：

$$\Delta C_{ACTUAL,t} = \Delta C_{TREE_PROJ,t} - GHG_{E,t}$$

茲將各項目估算方式說明如下：

(1) 林木生物量儲存量變化($\Delta C_{TREE_PROJ,t}$)

專案活動實施 t 年後，林木生物量碳儲存量變化，依照造林與植林碳匯專案活動小規模減量方法第3版進行估算。其變化為不同年度(t1,t2)及不同樹種之碳儲存變化量，採用方法學式11及式12進行估算。在事前估算及事後估算部分，在專案邊界內林木生物量 ($G_{TREE_PROJ,i,j,t}$)計算部分，採用式6的「生物量擴展係數法」。

在事前估算方面，主幹材積計算的公式上，根據陳莉坪(2008)國有林事業區的樣區調查資料中永久樣區的闊葉樹種林齡及單位面積蓄(材)積量建立二項式，得到下表所列樹種的林齡單位面積蓄(材)積通式：

樹種	林齡蓄(材)積式	R ²	資料筆數	林齡
台灣尚楠	$V = 0.1199 x^2 + 1.709 x - 1.6085$	0.78	35	2~42
光臘樹	$V = -0.1252x^2 + 9.4946x - 2.5847$	0.82	39	4~43
台灣櫟	$V = -0.0865x^2 + 8.7043 x - 6.9744$	0.79	38	1~46
楓香	$V = -0.0847 x^2 + 7.8118 x - 1.7869$	0.83	39	2~40
樟樹	$V = -0.0783 x^2 + 8.7989 x - 6.1127$	0.85	47	1~47
台灣赤楊	$V = -0.0739 x^2 + 8.8729 x - 2.73$	0.79	42	3~49
相思樹	$V = -0.0831 x^2 + 11.16 x - 8.9012$	0.88	39	5~53
其他闊葉樹	$V = -0.0548 x^2 + 8.3202 x - 0.0329$	0.86	318	1~53

註：V 表單位面積(公頃)蓄積量；x 表林齡。

因此欲估算不同時間點(t2,t1)及不同樹種之碳儲存量，各樹種的 D、BEF、R、CF 為固定值，蓄(材)積 V 將隨林齡改變。以

台灣尚楠為例，面積為3.84 ha，D 為0.54，BEF 為1.23，R 為0.28，CF 為0.4857，各樹種生物量轉換係數詳見附件表2-1。台灣尚楠林齡為1年(西元2005年)時，x(林齡)=1帶入材積式，則每公頃材積蓄積量如下：

$$V_{TREE} \times N_{TREE} = 0.1199 x^2 + 1.709 x - 1.6085 = 0.2204(\text{m}^3/\text{ha})$$

再利用式4計算林木(台灣尚楠)生物量碳儲存量：

$$C_{TREE_{i,j,t}} = 44/12 \times G_{TREE_{i,j,t}} \times A_{ij} \times CF_{TREE_j} \text{ (式4)}$$

$$\text{其 } G_{TREE_{i,j,t}} = V_{TREE_{i,j,t}} \times D_{TREE_j} \times BEF_{TREE_j} \times (1 + R_{TREE_j}) \times N_{TREE_{i,j,t}} \text{ (式6及式7)}$$

因此，

$$C_{TREE_{i,j,t}} = 44/12 \times V_{TREE_{i,j,t}} \times N_{TREE_{i,j,t}} \times D_{TREE_j} \times BEF_{TREE_j} \times (1 + R_{TREE_j}) \times A_{ij} \times CF_{TREE_j}$$

$$= 44/12 \times 0.2204 \times 0.54 \times 1.23 \times (1 + 0.28) \times 3.84 \times 0.4857$$

$$= 44/12 \times 0.3456 = 1.2672 \text{ (tCO}_2\text{-e)}$$

以此類推台灣尚楠後續林齡，以及其他樹種的生物量碳儲存量，詳見附件表2-2~2-5。各年份各樹種累積生物量碳儲存量及二氧化碳儲存量如下表。

	2002年栽植	2003年栽植	2004年栽植	總計	年生物量碳儲存量	年生物量二氧化碳儲存量
栽植面積	491.46	317.47	184.10	993.03		
2003年	1266.00	-	-	1266.00	1266.00	4,646.22
2004年	2951.59	908.26	-	3859.85	2593.85	9,519.43
2005年	4616.80	2091.55	489.33	7197.68	3337.83	12,249.84
2006年	6264.05	3258.87	1166.96	10689.88	3492.20	12,816.37
2007年	7890.59	4411.77	1832.70	14135.06	3445.18	12,643.81
2008年	9499.72	5548.64	2487.04	17535.40	3400.34	12,479.25

2009年	11088.48	6671.36	3129.37	20889.21	3353.81	12,308.48
2010年	12658.77	7777.64	3760.50	24196.91	3307.70	12,139.26
2011年	14210.47	8869.74	4379.35	27459.56	3262.65	11,973.93
2012年	15741.53	9946.95	4987.10	30675.58	3216.02	11,802.79
2013年	17254.69	11007.71	5583.28	33845.68	3170.10	11,634.27
2014年	18747.54	12054.48	6167.17	36969.19	3123.51	11,463.28
2015年	20222.36	13084.85	6740.02	40047.23	3078.04	11,296.41
2016年	21677.24	14101.22	7300.65	43079.11	3031.88	11,127.00
2017年	23113.68	15101.41	7850.18	46065.27	2986.16	10,959.21
2018年	24530.22	16087.13	8387.60	49004.95	2939.68	10,788.63
2019年	25928.51	17057.31	8913.51	51899.33	2894.38	10,622.37
2020年	27306.60	18012.68	9427.94	54747.22	2847.89	10,451.76
2021年	28666.69	18952.24	9930.67	57549.60	2802.38	10,284.73
2022年	30007.55	19877.60	10421.47	60306.62	2757.02	10,118.26

註1：面積單位：ha、生物量碳儲存量單位：t C、生物量二氧化碳儲存量單位：tCO₂-e。

註2：年生物量碳儲存量為當年度生物量碳儲存量扣除上年度生物量碳儲存量。

在事後估算方面，在各樣區所測得各樹種之胸高直徑、樹高(或)林齡，查材積表或運用材積公式計算每株林木樹幹材積，再透過測定樣區各樹種的林分密度及運用式4與式6來計算專案邊界內林木生物量碳儲存量變化。

(2) 專案邊界內非二氧化碳之溫室氣體排放量計算($GHG_{E,t}$)

在事前估計方面，由於無法預測專案邊界內火災發生情況，因此可以不考慮森林火災造成的專案邊界內溫室氣體排放，即 $GHG_{E,t}=0$ 。

3. 洩漏排放(LK_i)

○○公司早年密集種植甘蔗，然而隨著產業結構轉型，甘蔗需求降低，蔗田面積已逐年下降，近年因加入世界貿易組織(WTO)，在價格競爭的衝擊下，甘蔗種植不符經濟效益，在離蔗政策確立後，○○公司釋出1.5萬公頃的休耕蔗田，因此將蔗

田用地轉變為森林地，並不會導致基線活動轉移到計畫範圍外進行，故不需要對洩漏情況進行估計，即 $LK_t = 0$

4.減量(碳匯人為溫室氣體淨移除量)($\Delta C_{FOREST,t}$)

碳匯之人為溫室氣體淨移除量等於專案活動實際溫室氣體淨移除量減去基線溫室氣體淨移除量再減去洩漏溫室氣體排放量，如式12。

$$\Delta C_{FOREST,t} = \Delta C_{ACTUAL,t} - \Delta C_{BSL,t} - LK_t$$

各項目估算結果如下節所示。

(三) 計入期計算摘要

單年期間	基線溫室氣體淨移除量 ($\Delta C_{BSL,t}$)	實際溫室氣體淨移除量 ($\Delta C_{ACTUAL,t}$)	洩漏排放 (LK_t)	碳匯人為溫室氣體淨移除量 ($\Delta C_{FOREST,t}$)
2002年	0	0	0	0
2003年	0	4,646.22	0	4,646.22
2004年	0	9,519.43	0	9,519.43
2005年	0	12,249.84	0	12,249.84
2006年	0	12,816.37	0	12,816.37
2007年	0	12,643.81	0	12,643.81
2008年	0	12,479.25	0	12,479.25
2009年	0	12,308.48	0	12,308.48
2010年	0	12,139.26	0	12,139.26
2011年	0	11,973.93	0	11,973.93
2012年	0	11,802.79	0	11,802.79
2013年	0	11,634.27	0	11,634.27
2014年	0	11,463.28	0	11,463.28
2015年	0	11,296.41	0	11,296.41
2016年	0	11,127.00	0	11,127.00
2017年	0	10,959.21	0	10,959.21
2018年	0	10,788.63	0	10,788.63

2019年	0	10,622.37	0	10,622.37
2020年	0	10,451.76	0	10,451.76
2021年	0	10,284.73	0	10,284.73
2022年	0	10,118.26	0	10,118.26
總量 (公噸 CO ₂ 當量)	0	221,325.3	0	221,325.3

註：期間為每年1月1日~12月31日

四、監測計畫

(一) 應被監測之數據與參數

1. 監測參數

數據/參數	$A_{i,j}$
數據單位	ha
描述	第i碳層樹種j的總面積
使用數據來源	GIS量測
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	○○公司栽植樹種與面積之記錄資料
將被採用的量測方法和步驟之描述	專案活動開始進行時利用GIS進行分層面積量測，申請減量額度查證時核對原始數據，若面積改變則進行修正，並請查驗機構於查證時確認。
將被應用的QA/QC步驟	收集的相關數據應保存至計入期結束後兩年
備註	應用於公式4及公式10

數據/參數	DBH
數據單位	cm
描述	胸高直徑
使用數據來源	實測資料
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	
將被採用的量測方法和步驟之描述	抵換專案註冊前及申請減量額度查證前進行監測。
將被應用的QA/QC步驟	收集的相關數據應保存至計入期結束後兩年
(QA/QC程序)	

備註	應用於公式5及公式6以計算出單株林木地上部生物量或單株材積
----	-------------------------------

數據/參數	H
數據單位	m
描述	樹高
使用數據來源	實測資料
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	
將被採用的量測方法和步驟之描述	抵換專案註冊前及申請減量額度查證前進行監測。
將被應用的QA/QC步驟	收集的相關數據應保存至計入期結束後兩年
備註	應用於式5及式6以計算出單株林木地上部生物量或單株材積

數據/參數	$N_{TREE,i}$
數據單位	株數(ha) ⁻¹
描述	林分密度，即第i碳層樹種j的每公頃株數
使用數據來源	實測資料
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	
將被採用的量測方法和步驟之描述	抵換專案註冊前及申請減量額度查證前進行監測。
將被應用的QA/QC步驟	收集的相關數據應保存至計入期結束後兩年
備註	應用於式5及式6

2. 監測單位與權責

監測計畫之研擬由○○公司花東區處農場課負責，而後委託專業團隊協助進行調查，例如：林業技師、大專院校森林科系、生態調查公司、工程顧問公司等，監測所需的工具及儀器由調查團隊負責，並由調查團隊完成監測數據之計算與分析，提交相關報告，報告書與原始數據則交由農場課保留存查。

(二)抽樣計畫

抽樣方式參照 A/R CDM 專案活動樣區取樣數計算工具 (Calculation of the number of sample plots for measurements within A/R CDM project activities)，其公式如下：

$$n = \frac{N \times t_{VAL}^2 \times (\sum_i w_i \times s_i)^2}{N \times E^2 + t_{VAL}^2 \times \sum_i w_i \times s_i^2}$$

參數	定義	單位
n	估算專案邊界內生物量所需之樣區數	無單位
N	專案邊界內可能之總樣區數(即取樣空間或母體)	無單位
t _{VAL}	在所需信賴區間，自由度無限大的雙尾 t 值	無單位
w _i	分層 i 的面積權重(即分層 i 面積除以專案面積)	無單位
s _i	分層 i 生物量的標準差預估值	t dm 或 t dm/ha
E	專案邊界內估算生物量的容許誤差範圍(即信賴區間的一半)	t dm 或 t dm/ha
i	1,2,3,...專案邊界內預估生物量的分層	

樣區設置採用20公尺×20公尺之方形樣區。分層方式則依據造林年度與各樹種估算材積式，共分為17個分層。各分層之標準差參考自林業試驗所(2012)「綠色造林試驗監測計畫」計畫之期末報告，各樹種之標準差如下表所示，若為文獻中沒有調查的樹種以各樹種平均帶入：

	平均值	標準差
台灣肖楠	37.47	15.33
光臘樹	32.39	15.42
台灣檫	15.21	6.23

楓香	41.73	15.09
樟樹	30.45	3.19
台灣赤楊	41.55	0
其他闊葉樹	37.47	15.33

經估算 n 值等於37，各分層取樣數以下列公式計算，結果如下表所示：

$$n_i = n \times \frac{w_i \times s_i}{\sum_i w_i \times s_i}$$

	91	92	93
台灣尚楠	-	-	0.15
光臘樹	2.24	4.54	3.81
台灣檫	1.59	0.93	0.37
楓香	2.85	0.07	0.40
樟樹	0.14	0.09	0.13
台灣赤楊	0.00	-	-
其他闊葉樹	10.00	7.20	2.49

又每個分層至少設置一個樣區，調整後之樣區數如下，共46個樣區。

	91	92	93
台灣尚楠	-	-	1
光臘樹	2	5	4
台灣檫	2	3	1
楓香	3	1	1
樟樹	1	1	1
台灣赤楊	1	-	-
其他闊葉樹	10	7	2



照片：樣區監測 (左上)樣區定位；(左下)圍樣區；(右上)測樹木胸高直徑；(右下)測樹高

(三) 監測計畫其他要素

1. 品質控制和品質保證(QA/QC)：如IPCC土地利用、土地利用變化與林業良好做法指導所述，監測要求通過品質保證/品質控制計畫實施品質保證(QA)和品質控制(QC)安排。這種計畫應成為專案檔的一部分，涵蓋以下所述各項程式：**(a)** 收集可靠的實際測量結果；**(b)** 核驗用於收集實地資料的方法；**(c)** 核驗資料登錄和分析技術；**(d)** 資料保持和存檔。這一點特別重要，對於專案活動也是如此，因為專案活動的時間尺度也比電子資料存檔的技術改進所涉時間尺度長得多。這幾點對於專案活動十分重要。
2. 確保可靠實地測量結果的程序：通過實地測量收集可靠資料是品質保證計畫中的重要一步。負責測量工作的人應接受實地資料收集和分析工作的全面培訓。良好的做法是為實地測量的每一步驟制訂標準操作程式(SOP)，這種操作程式應貫徹始終。這些操作程式詳細說明實地測量的各個步驟，載有關於核查方面的文件工作的規定，使以後的實地人員能夠核對以前的結果，並與以前一致的方式再次進行測量。為確保能夠收集和保持可靠的實地資料，良好的做法是確保：**(a)** 實地隊伍的成員充分瞭解所有程式並認識到盡可能準確收集資料的重要性；**(b)** 實地隊伍在需要的情況下在實地設定試驗地塊，並測量所有相關的部分，使用標準操作程式估算測量誤差；**(c)** 檔應列出實地隊伍全體人員的姓名，專案負責人應證實實地隊伍受過培訓；**(d)** 新的工作人員接受適足的培訓。
3. 核查實地資料的收集情況的程序：為了核實證據設置的地塊和進行了測量，良好的做法是以每10個地塊為一組獨立地進行重新測量，並比較測量結果。與最初測量結果相比，重新測量應達到下列品質指標：**(a)** 漏算或多算的數目：樣區內無

誤差；(b)樹木種屬：無誤差；(c)DBH： $<\pm 0.1\text{cm}$ 或1%，取其中數值較大者；(d)高： $<\pm 5\%$ ；(e)圓形地塊直徑/方形地塊邊長： $<\pm 1\%$ 水準方向(角度調整)。

4. 在實地工作結束時，應獨立核對10-20%的樣區。這個階段收集的實地資料應與原始資料比較。發現誤差，應予糾正和記錄。所有發現的誤差均應與複驗的所有樣樣區的百分比表示，以估計測量誤差。

五、專案活動期程描述

(一) 專案活動執行期間

專案執行年限為20年。

起始與結束日期為2003年1月1日~2022年12月31日。

(二) 專案計入期

本專案為林業類型專案，計入期為：

二十年，不展延。

專案計入期為2003年1月1日~2022年12月31日。

六、環境衝擊分析

即評估專案的施行可能對當地生態環境產生的影響。假使專案活動的施行，可能對當地生態環境產生重大負面影響，則必須對該負面影響進行進一步的分析與評估。

(一) 範圍轉移造成的衝擊

○○造林地因配合政府砂糖產業政策而種植甘蔗，近年因加入 WTO，甘蔗需求持續降低，不符經濟成本，故推動離蔗政策，

減少甘蔗種植量，因此鮮少有範圍轉移的衝擊。

(二)對自然生態系的影響

1.樹種選擇之影響

為避免林相單一化，專案栽植的樹種達18種，以台灣原生樹種為主，少數如印度紫檀雖為外來種，但屬於政府推廣之獎勵造林樹種，依據林務局於100年回覆民眾之書函，印度紫檀已引進台灣超過60年，歷經地區適應性造林，木材生產力評估等程序，已漸為馴化種，因此對環境衝擊小。

2.對水文環境的影響

受到全球氣候變遷影響，許多國家冀希借助造林增進土地的公益功能，包括調節氣溫、改善水文環境及減緩環境惡化等。在平地造林對水文影響方面，專案造林地範圍內有嘉農溪、河內溪與大和溪等溪流經過，盧惠生(2009)進行花蓮光復區大富農場平地造林(即專案造林地)與緊鄰果園及草地等不同土地利用型的土壤入滲測定，結果為造林地表層土壤最終入滲率遠超過花蓮地區100年機率年降雨強度，平地造林地不會有漫地流(何頓氏地表逕流)，而果園與草生地地表層土壤最終入滲率小於25年機率年降雨強度，推估每25年發生漫地流(何頓氏地表逕流)，顯示平地造林可以增加雨水的土壤入滲率，以減少地表逕流，從而減輕豪雨時溪流兩岸淹水程度，因此廢耕農田轉變為林地能增加保水量，減緩豪大雨時溪流洪峰流量，進而減緩洪水災情發生。

七、公眾意見描述

戴興盛等(2013)於大農大富平地森林園區(即專案造林地)鄰近七個社區進行問卷調查，以瞭解附近居民對平地造林專案活動的看法，其研究共獲得705位受訪民眾問卷。由受訪社區民眾對生態系服務功能重要性看法發現，社區居民對調節氣候、碳儲存及淨化空氣「調節功能」所認同的重要性為最高(同意程度為4.52)，其次為生態系中提供食物、藥物提煉、木材等的「供給功能」(4.46)及提供環境教育、藝術美學與育樂等方面「文化功能」(4.43)，最後則為所提供棲息地與維護基因多樣性等「支持功能」(4.25)。受訪社區民眾中有六成(427人)同意社區居民自行籌款來進行社區生態資源保育工作，而其中213人(32.9%)則認為社區居民捐款為最好的自籌方式；而居民對於參與社區生態補償方式協助社區推動環境友善各項工作有318人(45.1%)感到非常同意與同意。

林國慶等(2008)調查屏東縣、台南縣與花蓮縣之平地造林戶，專家學者、縣市政府、林務局與林管處，對於提擬提昇農民平地造林所得之各項經營管理方案，分為林木之副產物利用、林地之多元使用、林木之管理、林木之移植、建立碳吸存交易機制與企業認養林木制度等六大要項之認知程度與看法，提出造林獎勵政策之配套措施與政策建議以供政府參考，重要意見包含：

- a. 透過教育輔導使造林農妥善利用林木之副產物以增加收益
- b. 碳交易市場機制之建立可以有效增加造林農民所得宜儘速規劃實施
- c. 碳排放企業認養造林制度可以有效增加造林農民所得宜儘速規劃實施。

附件

應檢附之文件包含：

- 一、專案執行相關單位基本資料(附表)
- 二、引用減量方法之適用性
- 三、外加性說明附件
- 四、事前推估減量之背景資訊
- 五、監測計畫之背景資訊
- 六、公開說明會照片與會議紀錄

附件1、專案執行相關單位基本資料

表1、專案執行相關單位基本資料

申請單位			
單位名稱	○○公司		
統一編號			
單位地址			
聯絡人		聯絡電話	
電子郵件		傳真號碼	

實際減量單位			
單位名稱	○○公司		
統一編號			
單位地址			
聯絡人		聯絡電話	
電子郵件		傳真號碼	

附件2、基線資訊

表2-1、各樹種生物量碳儲存量相關本土係數

樹種	BD	BEF	R	CF
台灣肖楠	0.54	1.23	0.28	0.4857
光蠟樹	0.73	1.2	0.234	0.4683
台灣檫	0.73	1.2	0.23	0.4766
楓香	0.56	1.2	0.22	0.4691
樟樹	0.37	1.2	0.234	0.47
台灣赤楊	0.47	1.2	0.234	0.462
台灣欒樹	0.56	1.2	0.234	0.4691
印度紫檀	0.58	1.2	0.234	0.4702
肉桂類	0.56	1.2	0.234	0.4691
杜英	0.56	1.2	0.234	0.4691
茄苳	0.65	1.2	0.234	0.4678
烏心石	0.52	1.2	0.234	0.4751
楠木類	0.46	1.2	0.234	0.4745
水黃皮	0.56	1.2	0.234	0.4691
青楓	0.56	1.2	0.234	0.4691
苦楝	0.54	1.2	0.234	0.4663
烏柏	0.56	1.2	0.234	0.4691
無患子	0.56	1.2	0.234	0.4691

BD：基礎木材密度(t d.m./m³)

BEF：林木主幹材積與地上部生物量之轉換係數(連皮)(無單位)

R：根莖比(t.d.m/t.d.m)

CF：碳含量比(tC/t.d.m)

表2-2、依據各樹種材積通式計算各林齡每公頃材積蓄積量

年樹種	肖楠	光臘樹	台灣檫	楓香	樟樹	台灣赤楊	其他闊葉樹
1	0.22	6.78	1.64	5.94	2.61	6.07	8.23
2	2.29	15.90	10.09	13.50	11.17	14.72	16.50
3	4.60	24.77	18.36	20.89	19.58	23.22	24.76
4	7.15	33.39	26.46	28.11	27.83	31.58	33.03
5	9.93	41.76	34.38	35.15	35.92	39.79	41.29
6	12.96	49.88	42.14	42.03	43.86	47.85	49.56
7	16.23	57.74	49.72	48.75	51.64	55.76	57.82
8	19.74	65.36	57.12	55.29	59.27	63.52	66.09
9	23.48	72.73	64.36	61.66	66.74	71.14	74.36
10	27.47	79.84	71.42	67.86	74.05	78.61	82.62
11	31.70	86.71	78.31	73.89	81.20	85.93	90.89
12	36.17	93.32	85.02	79.76	88.20	93.10	99.15
13	40.87	99.69	91.56	85.45	95.04	100.13	107.42
14	45.82	105.80	97.93	90.98	101.73	107.01	115.68
15	51.00	111.66	104.13	96.33	108.25	113.74	123.95
16	56.43	117.28	110.15	101.52	114.62	120.32	132.21
17	62.10	122.64	116.00	106.54	120.84	126.75	140.48
18	68.00	127.75	121.68	111.38	126.90	133.04	148.74
19	74.15	132.62	127.18	116.06	132.80	139.18	157.01
20	80.53	137.23	132.51	120.57	138.55	145.17	165.28

註：每公頃林木主幹材積蓄積量(m³/ha)

表2-3、2002年栽植之各樹種不同林齡生物量碳儲存量

	樹種	印度紫檀	楠木類	烏心石	台灣赤楊	杜英	樟樹	楓香	台灣樂樹	肉桂類	茄苳	台灣檫	光蠟樹	總計
年份	林齡/面積	7.10	6.79	22.77	42.42	36.81	23.95	69.97	54.55	36.26	77.23	72.35	41.26	491.46
2003年	1	23.37	17.88	69.34	82.40	118.15	16.25	157.94	175.09	116.38	286.02	60.51	142.67	1266.00
2004年	2	46.86	35.85	139.01	199.82	236.87	69.56	358.95	351.03	233.33	573.43	372.31	334.58	2951.59
2005年	3	70.32	53.80	208.60	315.20	355.45	121.92	555.44	526.76	350.14	860.50	677.46	521.23	4616.80
2006年	4	93.81	71.77	278.27	428.68	474.18	173.30	747.41	702.70	467.09	1147.91	976.33	702.61	6264.05
2007年	5	117.26	89.71	347.86	540.13	592.76	223.67	934.59	878.42	583.90	1434.97	1268.57	878.74	7890.59
2008年	6	140.75	107.68	417.54	649.54	711.48	273.12	1117.52	1054.36	700.85	1722.38	1554.90	1049.60	9499.72
2009年	7	164.21	125.63	487.13	756.91	830.06	321.56	1296.19	1230.09	817.66	2009.45	1834.59	1215.00	11088.48
2010年	8	187.70	143.60	556.80	862.25	948.78	369.07	1470.08	1406.03	934.61	2296.86	2107.64	1375.34	12658.77
2011年	9	211.18	161.57	626.48	965.68	1067.50	415.59	1639.45	1581.97	1051.55	2584.27	2374.79	1530.43	14210.47
2012年	10	234.64	179.52	696.07	1067.08	1186.08	461.11	1804.30	1757.70	1168.36	2871.33	2635.29	1680.04	15741.53
2013年	11	258.13	197.49	765.74	1166.45	1304.81	505.63	1964.63	1933.64	1285.31	3158.75	2889.52	1824.60	17254.69
2014年	12	281.59	215.43	835.33	1263.78	1423.39	549.22	2120.71	2109.37	1402.12	3445.81	3137.11	1963.70	18747.54
2015年	13	305.07	233.40	905.00	1359.20	1542.11	591.81	2272.00	2285.31	1519.07	3733.22	3378.43	2097.74	20222.36
2016年	14	328.53	251.35	974.59	1452.60	1660.69	633.47	2419.03	2461.03	1635.88	4020.28	3613.47	2226.31	21677.24
2017年	15	352.02	269.32	1044.27	1543.95	1779.41	674.07	2561.28	2636.97	1752.83	4307.70	3842.24	2349.62	23113.68
2018年	16	375.48	287.27	1113.86	1633.27	1897.99	713.74	2699.27	2812.70	1869.63	4594.76	4064.37	2467.88	24530.22
2019年	17	398.96	305.23	1183.53	1720.56	2016.72	752.47	2832.75	2988.64	1986.58	4882.17	4280.23	2580.66	25928.51
2020年	18	422.42	323.18	1253.12	1805.94	2135.30	790.21	2961.44	3164.37	2103.39	5169.24	4489.81	2688.19	27306.60
2021年	19	445.91	341.15	1322.79	1889.28	2254.02	826.95	3085.87	3340.31	2220.34	5456.65	4692.75	2790.67	28666.69
2022年	20	469.40	359.12	1392.47	1970.60	2372.74	862.75	3205.79	3516.25	2337.29	5744.06	4889.42	2887.68	30007.55
註	$BD \times BEF \times (1+R) \times CF =$	0.40	0.32	0.37	0.32	0.39	0.26	0.38	0.39	0.39	0.45	0.51	0.51	

面積單位：ha

生物量碳儲存量單位：tC

表2-4、2003年栽植之各樹種林齡生物量碳儲存量

	樹種	青楓	水黃皮	烏柏	楠木類	無患子	苦楝	杜英	樟樹	楓香	台灣欒樹	肉桂類	茄苳	台灣檫	光蠟樹	總計
年份	林齡/面積	1.67	5.76	8.25	4.35	2.37	28.95	0.65	15.61	1.76	35.88	50.71	35.42	42.36	83.73	317.47
2003年	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2004年	1	5.36	18.49	26.48	11.46	7.61	88.16	2.09	10.59	3.97	115.16	162.76	131.18	35.43	289.52	908.26
2005年	2	10.75	37.07	53.09	22.97	15.25	176.74	4.18	45.33	9.03	230.89	326.32	262.99	217.98	678.97	2091.55
2006年	3	16.13	55.62	79.67	34.47	22.89	265.22	6.28	79.47	13.97	346.47	489.68	394.65	396.64	1057.74	3258.87
2007年	4	21.51	74.20	106.27	45.98	30.53	353.80	8.37	112.95	18.80	462.20	653.23	526.47	571.63	1425.83	4411.77
2008年	5	26.89	92.75	132.85	57.48	38.16	442.28	10.47	145.78	23.51	577.78	816.59	658.12	742.73	1783.25	5548.64
2009年	6	32.28	111.33	159.46	68.99	45.81	530.86	12.56	178.01	28.11	693.50	980.14	789.94	910.38	2129.99	6671.36
2010年	7	37.66	129.89	186.04	80.49	53.44	619.34	14.66	209.59	32.60	809.09	1143.50	921.59	1074.13	2465.63	7777.64
2011年	8	43.04	148.46	212.64	92.00	61.09	707.92	16.75	240.55	36.98	924.81	1307.06	1053.41	1234.00	2791.02	8869.74
2012年	9	48.43	167.04	239.25	103.51	68.73	796.51	18.85	270.87	41.24	1040.53	1470.61	1185.22	1390.41	3105.74	9946.95
2013年	10	53.81	185.60	265.83	115.01	76.37	884.98	20.94	300.54	45.38	1156.12	1633.97	1316.88	1542.93	3409.35	11007.71
2014年	11	59.20	204.18	292.44	126.52	84.01	973.57	23.04	329.56	49.42	1271.84	1797.52	1448.70	1691.78	3702.72	12054.48
2015年	12	64.58	222.73	319.02	138.02	91.64	1062.05	25.13	357.97	53.34	1387.43	1960.88	1580.35	1836.74	3984.98	13084.85
2016年	13	69.96	241.31	345.62	149.53	99.29	1150.63	27.23	385.73	57.15	1503.15	2124.43	1712.17	1978.03	4256.99	14101.22
2017年	14	75.34	259.86	372.20	161.03	106.92	1239.11	29.32	412.88	60.85	1618.73	2287.79	1843.82	2115.64	4517.90	15101.41
2018年	15	80.73	278.44	398.81	172.54	114.57	1327.69	31.42	439.34	64.43	1734.46	2451.35	1975.64	2249.58	4768.14	16087.13
2019年	16	86.11	297.00	425.39	184.04	122.20	1416.17	33.52	465.20	67.90	1850.04	2614.70	2107.30	2379.64	5008.13	17057.31
2020年	17	91.49	315.57	451.99	195.55	129.85	1504.75	35.61	490.44	71.25	1965.76	2778.26	2239.11	2506.02	5237.01	18012.68
2021年	18	96.87	334.13	478.57	207.05	137.48	1593.23	37.71	515.04	74.49	2081.35	2941.62	2370.77	2628.73	5455.22	18952.24
2022年	19	102.26	352.71	505.18	218.56	145.12	1681.81	39.80	538.98	77.62	2197.07	3105.17	2502.58	2747.55	5663.18	19877.60
註	$BD \times BEF \times (1+R) \times CF =$	0.39	0.39	0.39	0.32	0.39	0.37	0.39	0.26	0.38	0.39	0.39	0.45	0.51	0.51	

面積單位：ha

生物量碳儲存量單位：tC

表2-5、2004年栽植之各樹種林齡生物量碳儲存量

	樹種	台灣肖楠	無患子	烏心石	杜英	樟樹	楓香	台灣欒樹	肉桂類	茄苳	台灣檫	光蠟樹	總計
年份	林齡/面積	3.84	19.72	9.42	10.71	23.08	9.76	5.54	9.7	5.16	16.98	70.19	184.1
2003年	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2004年	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2005年	1	0.35	63.30	28.68	34.38	15.66	22.03	17.78	31.13	19.11	14.20	242.70	489.33
2006年	2	3.61	126.90	57.51	68.92	67.03	50.07	35.65	62.42	38.31	87.38	569.17	1166.96
2007年	3	7.24	190.42	86.30	103.42	117.50	77.48	53.50	93.67	57.49	158.99	886.69	1832.70
2008年	4	11.26	254.03	115.12	137.96	167.00	104.25	71.36	124.95	76.70	229.14	1195.26	2487.04
2009年	5	15.63	317.55	143.91	172.46	215.55	130.36	89.21	156.20	95.88	297.72	1494.88	3129.37
2010年	6	20.40	381.16	172.74	207.01	263.20	155.88	107.08	187.49	115.08	364.92	1785.55	3760.50
2011年	7	25.55	444.68	201.53	241.51	309.88	180.80	124.93	218.73	134.26	430.57	2066.91	4379.35
2012年	8	31.08	508.28	230.35	276.05	355.67	205.06	142.79	250.02	153.46	494.65	2339.69	4987.10
2013年	9	36.97	571.89	259.17	310.59	400.49	228.68	160.66	281.30	172.66	557.34	2603.51	5583.28
2014年	10	43.25	635.41	287.96	345.10	444.36	251.68	178.51	312.55	191.84	618.48	2858.02	6167.17
2015年	11	49.91	699.02	316.79	379.64	487.26	274.04	196.38	343.84	211.05	678.15	3103.95	6740.02
2016年	12	56.95	762.54	345.58	414.14	529.27	295.81	214.22	375.08	230.23	736.26	3340.57	7300.65
2017年	13	64.35	826.15	374.40	448.68	570.32	316.92	232.09	406.37	249.43	792.89	3568.59	7850.18
2018年	14	72.14	889.67	403.19	483.18	610.46	337.43	249.94	437.62	268.61	848.05	3787.31	8387.60
2019年	15	80.29	953.27	432.02	517.73	649.59	357.27	267.81	468.90	287.81	901.74	3997.08	8913.51
2020年	16	88.84	1016.80	460.80	552.23	687.81	376.52	285.65	500.15	306.99	953.88	4198.26	9427.94
2021年	17	97.77	1080.40	489.63	586.77	725.14	395.14	303.52	531.44	326.19	1004.54	4390.13	9930.67
2022年	18	107.06	1143.93	518.42	621.27	761.50	413.09	321.37	562.68	345.37	1053.72	4573.05	10421.47
註	$BD \times BEF \times (1+R) \times CF$ =	0.41	0.39	0.37	0.39	0.26	0.38	0.39	0.39	0.45	0.51	0.51	

面積單位：ha

生物量碳儲存量單位：tC

附件3、監測資訊

表3為監測核查於專案範圍內因專案活動而使碳庫中碳儲存變化所蒐集或使用的資料及其資料儲存型式

資料變量	來源	資料單位	測量 / 計算 / 估算	紀錄頻率(年)	監測率	資料儲存	備註
專案活動範圍位置	實地調查/地籍資訊/空中攝影/衛星影像	經緯度	測量	抵換專案註冊前及申請查證前再監測	100%	電子、書面及照片	GPS 可使用於實地調查
各專案活動分層面積	實地調查/地籍資訊/空中攝影/衛星影像/GPS	公頃	測量	同上	100%	電子、書面及照片	GPS 可使用於實地調查
永久取樣樣區位置	專案地圖及專案設計	經緯度	定義	同上	100%	電子及書面	樣區位置用 GPS 紀錄並標記於地圖上
胸高直徑	永久樣區	公分	測量	同上	樣區內每株樹	電子及書面	於樣區內每木胸高直徑調查
樹高	永久樣區	公尺	測量	同上	樣區內每株樹	電子及書面	於樣區內每木樹高調查

林分密度	永久樣區	株數/公頃	測量	同上	樣區內每株樹	電子及書面	計數樣區內林木數量
總二氧化碳	專案活動	公噸二氧化碳當量	計算	同上	全專案資料	電子	根據所有樣區資料及碳庫

附件4、參考文獻

- 王兆桓、劉知妤。2006。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。p.200-215。
- 王瑞閔。2007。台灣國有林森林碳吸存估算方法之探討。國立台灣大學森林環境暨資源學系碩士論文，166頁。
- 林俊成、李國忠、林裕仁。1999。柳杉人工林碳貯存效果與適應成本研究。國立台灣大學農學院實驗林研究報告。13(1):51-60。
- 林務局。2015。台閩地區林業(伐木業)生產成本。行政院農業委員會林務局造林生產組。
- 林國銓、杜清澤、黃菊美。2007。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。
- 林國銓、杜清澤、黃菊美。2009。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。
- 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。
- 柯淑惠。2006。台灣檉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，58頁。
- 陳財輝、呂錦明。1988。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。
- 陳莉坪。2008。台糖平地造林植林碳匯計畫設計文件之研究。國立台灣大學森林環境暨資源學系碩士論文，116頁。
- 雲林縣政府。2011。100年度地方產業發展基金-雲林縣褒忠鄉甘蔗地方特色產業補助計畫，提案計畫書。
- 葛兆年。2015。植樹造林試驗監測計畫－平地造林對水文環境之影響。行政院農業委員會林業試驗所農業發展計畫104年

度成果報告。p. 60-84。

盧惠生。2009。綠色造林試驗監測計畫－平地造林對水文環境之影響98年成果報告。行政院農業委員會林業試驗所農業發展計畫。p.25-29。

UNFCCC,2010, A/R Methodological tool- Calculation of the number of sample plots for measurements within AR CDM project activities Ver 2.1.0.

UNFCCC,2012,Simplified baseline and monitoring methodology for small scale CDM afforestation and reforestation project activities implemented on lands other than wetlands. AR-AMS007 Ver 2.0.

UNFCCC,2013, A/R Small-scale methodology- afforestation and reforestation project activities implemented on lands other than wetlands. AR-AMS007 Ver 3.1.

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, Methodological tool- Assessment of debundling for small-scale project activities Ver 4.0

