

環境部溫室氣體自願減量專案計畫書格式

(第1.0版)

一、自願減量專案計畫書格式說明

- (一)本格式旨在協助專案申請者完成自願減量專案計畫書(以下簡稱專案計畫書)。
- (二)業者欲向本部提出自願減量專案註冊,及請查驗機構進行專案計畫書確證時,應依本部最新版格式提出完整的專案計畫書格式撰寫。
- (三)若專案計畫書內任何一章節不適用於該專案,應於該章節說明理由。
- (四)在專案計畫書中有關年份或期間之描述,請以民國年展現。
- (五)在專案計畫書中的數值表示方式,包括用於計算排放減量的數值,應以國際標準格式來表示,例如1,000表示一千和1.0表示一。使用重量單位時,為確保報告內容的透明和清晰,應註明其相當的國際標準單位(例如公噸、公升)和定額規範(例如千萬、百萬),並以科學記號表示較大的數值,(例如一百萬等於 10^6 ,以及十億等於 10^9)。
- (六)在專案計畫書中以經緯度座標標記專案執行地點時,請以實際減量發生之工廠(廠)公司、或機構(關)之大門所在位置之座標為主。請參考二萬五千分之一地形圖、五千分之一航照圖、或具有GPS定位功能之電子設備,針對其大門正中央所在位置進行座標定位,並以TM2(二度分帶投影坐標)-TWD97(1997台灣大地基準)格式填寫。倘以TM2-TWD67格式進行定位,應以下列公式轉換為TM2-TWD97格式填寫。倘TWD67座標為(X67, Y67),則TWD97座標依下列公式計算: TWD97座標:($X97 = X67 + 828$, $Y97 = Y67 - 207$);另,若專案類型屬移除類型,除中心點位置,請提出專案邊界定位座標。

二、專案計畫書涵蓋內容說明

(一)專案計畫書應包含下列資料：

- | | |
|-----------|----------------|
| (1)專案活動描述 | (2)減量方法描述及應用說明 |
| (3)外加性分析 | (4)減量計算說明 |
| (5)監測計畫 | (6)專案活動期程描述 |
| (7)環境衝擊分析 | (8)公眾意見描述 |

(二)申請者於撰寫參與機構時，應一併說明減量額度之分配比例，惟請注意減量額度之核發係以1公噸為單位，後續通過額度審核時，如依分配比例劃分有小數位情形，將由主要申請者說明應如何處理，以整數核發、合計不超過核定量為原則。

(三)專案申請者應提送完整的專案計畫書，連同相關附件，交予本部審查通過之查驗機構確證該專案活動。

自願減量專案計畫書封面應包含下列資訊：

中都濕地公園紅樹林植林專案計畫書	
版本：_____	製作日期：_____年__月__日

申請單位	○○公司
引用之減量方法 (版次)	紅樹林植林
減量方法範疇別	B-12 農業及土地利用
年平均減量估計值	43.83 t CO ₂ eq

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、減量計算說明

- (一)減量計算描述
- (二)減量計算
- (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

中都濕地公園紅樹林植林專案計畫書

一、專案活動之一般描述

(一) 專案名稱

專案活動名稱：中都濕地公園紅樹林植林專案。

版本與修訂紀錄：

表 1 版本與修訂紀錄摘要

版本	日期	修訂內容摘要

減量方法範疇別：類別 B-12 農業及土地利用。

(二) 專案參與機構描述

撰寫參與機構時，應一併說明減量額度之分配比例；請注意減量額度之核發係以1公噸為單位，後續通過額度審核時，如依分配比例劃分有小數位情形，將由主要申請者說明應如何處理，以整數核發、合計不超過核定量為原則。

表 2 專案參與機構描述

參與機構名稱	參與單位性質	角色說明
國立中興大學生命科學系	教學研究機構	專案開發者與執行者
輔仁大學學校財團法人輔仁大學景觀設計學系	教學研究機構	專案合作者與執行者
中冶環境造形顧問有限公司	私人企業	執行者
科技部	政府部門	專案補助者

(三) 專案活動描述

一 專案活動目的

本專案對高雄中都濕地公園進行紅樹林復育之植林。總體目標期望是透過紅樹林之植林，增加高雄中都濕地公園在紅樹林生態系統服務上之價值，並因應 2023 年 2 月 15 日公布之《氣候變遷因應法》第四條，國家溫室氣體長期減量目標為 2050 年 (中華民國 139 年) 達成溫室氣體淨零排放，運用紅樹林吸收二氧化碳的能力，為區域環境溫室氣體排放量問題發揮「調適」功能。個別目標如下：

- (1) 運用景觀設計強化植物對碳吸存功能的成效；
- (2) 提供四種紅樹植物的研究模場；
- (3) 提出調整公園區內紅樹林經營管理模式；
- (4) 強化環境教育；
- (5) 依 IPCC 公布之研究方法執行調查工作。

一 專案活動地點：

(1) 專案活動地點

本專案活動地點為高雄市三民區中都濕地 (圖1) 的「紅樹林生態保護區」(圖2)。中都濕地是依據高雄市政府擬訂的「中都地區工業區都市重劃案」第 42、68 期重劃。重劃區的規劃範圍包含公 1、公 4、公 5 用地以及文中、文小預留地，總面積為 12.6 公頃 (圖3)；而中都濕地之面積為 11.6 公頃。

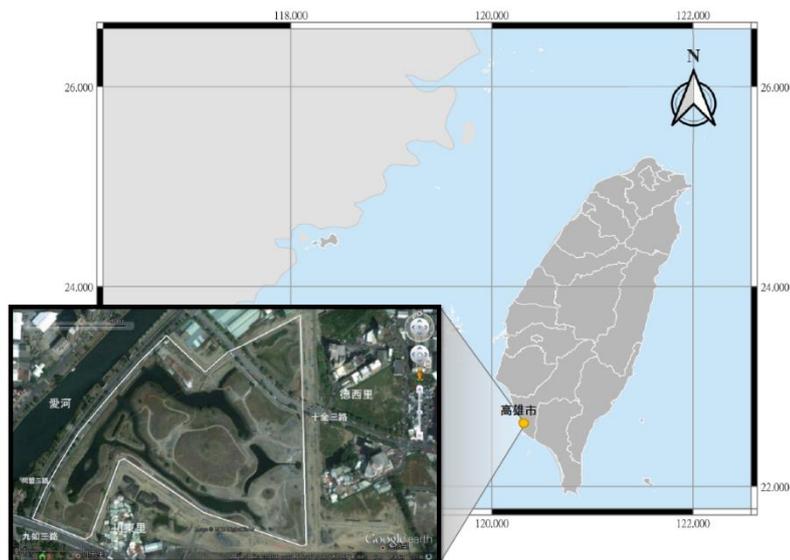


圖 1 專案活動位置圖

中都濕地公園的規劃設計是以重建高雄市紅樹林生態系統為原則。其中，園區內所規劃之植栽區域分為「入口印象區」、「海岸林植被區」、「耐鹽性水生植被觀測區」，以及本專案活動之「紅樹林生態保護區」等四區(圖2)。而圍繞於中都濕地內中央島的水域泥灘地即為紅樹林栽植復育地。

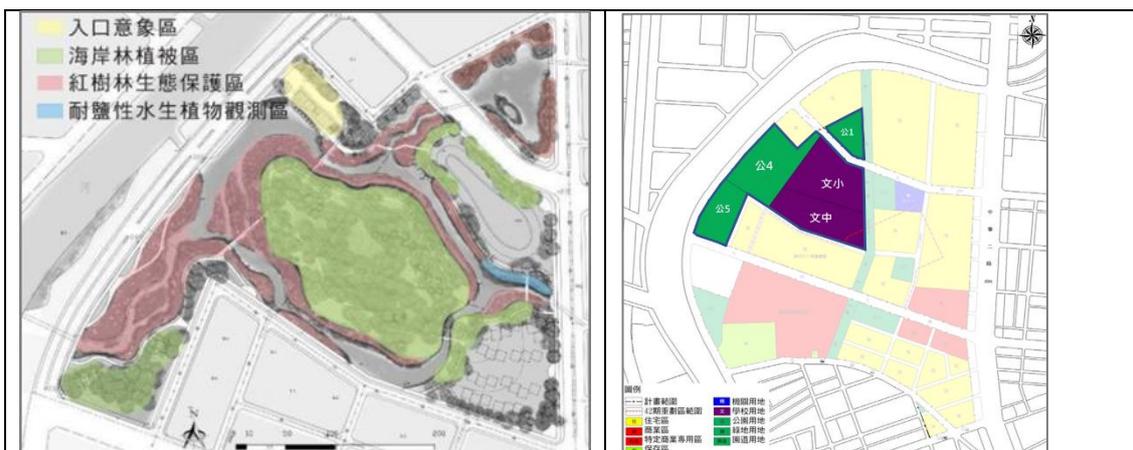


圖 2 植栽分區配置圖

資料來源：中冶環境造形顧問有限公司

圖 3 高雄中都地區都市計畫圖

資料來源：高雄市政府(2008)，本專案再製

(2) 環境描述

本專案活動地點高雄市，屬熱帶季風氣候，全年平均較臺南以北的副熱帶季風氣候更為溫暖，同時也因地處台灣南部，相較於台灣其它城市之旱季更明顯。雨季為每年 5 月至 9 月，降下全年 90% 雨量；冬季平均每月僅 3 天降雨，為旱季。

高雄臨海區原為潟湖與海灣地形，是臺灣紅樹林最重要的生長地之一，包含水筆仔 (*Kandelia obovata* Sheue, Liu & Young)、五梨朥 (*Rhizophora stylosa* Griff.)、海茄苳 (*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh) 以及欖李 (*Lumnitzera racemosa* Willd.)、細蕊紅樹 (*Ceriops tagal* (Perr.) C. B. Robinson) 及紅茄苳 (*Bruguiera gymnorhiza* (L.) Lamk.) 等六種紅樹林樹種。明清時期，先民以「港」來稱呼愛河的各個河段。早年愛河中游被稱為「龍水港」，其周邊埤塘密佈，河的南側

是茂密的紅樹林，也就是現在的中都濕地公園（圖4、5）。隨著日治時期填海造地、港口碼頭的建設以及 1950年代後快速的都市發展，使原先生長於河口及濱海的紅樹林逐漸消失。

中都濕地所在區域於民國 44年被規劃為工業區，基地原為合板工廠，工廠旁有貯木池（圖6）與愛河銜接，利於透過愛河將木材運送至基地內（圖7）。後合板工廠撤離，貯木池成為一荒廢水域。由於中都濕地距離愛河出海口僅約2.5 公里處，公園內主要河道與愛河有兩處水閘門相連接，因此濕地之水文與水質主要受愛河影響，公園內河道的漲退潮高低落差與亦愛河相同，形成泥灘地環境。「中都濕地公園」之規劃設計以重建高雄市紅樹林生態系統為原則，藉由愛河與海水連接之環境條件，復育已然消失的紅樹林生態及海岸林帶，營造成適合候鳥的棲息環境。本專案活動地點為高雄市三民區中都濕地（圖1）的「紅樹林生態保護區」（圖2）。中都濕地是依據高雄市政府擬訂的「中都地區工業區都市重劃案」第 42、68 期重劃。重劃區的規劃範圍包含公 1、公 4、公 5 用地以及文中、文小預留地，總面積為 12.6 公頃（圖3）；而中都濕地之面積為 11.6 公頃。



圖 4 日治二萬分之一台灣堡圖-明治版 (中研院人社中心地理資訊科學研究專題中心，2023)



圖 5 1942-日治二萬五千分之一地形圖-昭和修正版 (中研院人社中心地理資訊科學研究專題中心，2023)



圖 6 1959年林商號合板股份有限公司廠房內的貯木池 (國家文化資料庫，1975)



圖 7 貯木池與愛河銜接。1951年漂浮於愛河上的木材 (高雄歷史博物館)

一 資金來源說明：

高雄市政府投入新台幣30億元，辦理中都土地重劃，案於2009年6月完成細部計畫，高雄市政府工務局計劃再闢建「中都濕地」新台幣1.1億元的工程。2019年國科會學術補助計畫「氣候變遷下人工濕地植物發揮「調適」功能之研究-

以高雄中都濕地公園紅樹林碳吸存功能為例」，研究經費共計 585,000 元。

— 專案活動對永續發展的貢獻：

健康的生態系統能夠提供健全的「生態系統服務」(Ecosystem Services)，包含「支持」、「供給」、「調節」及「文化」等功能。紅樹林生態系統服務與聯合國在 2015 年所提出的 17 項永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs) 中，對 13 項 SDGs 具有貢獻；其中與 4 項 SDGs 有密切的相關性，包含 SDG 12 責任消費與生產、SDG 13 氣候行動、SDG 14 永續海洋與保育和 SDG 15 陸域生態 (Bimrah et al. 2022)。

本專案活動於高雄中都濕地公園進行紅樹林復育之植林，其專案活動所產生之「紅樹林生態系統服務」功能，如下：(1)「支持」，提供作為鳥類棲地；(2)「調節」，紅樹林經由光合作用所吸收並固定大氣中二氧化碳屬於自然碳匯 (carbon sink)、防止水土流失、淨化水質、可容納約 50,000 m³ 的蓄水量發揮滯洪與蓄洪功能；(3)「文化」，提供人們自然的育教娛樂場所並助於身心健康。因此可提供下列貢獻，包含：SDG 13 氣候行動，其次為 SDG 3 健康與福祉、SDG 4 優質教育、SDG 6 淨水與衛生、SDG 11 永續城鄉等目標。

(四) 專案活動之技術說明

1. 實施技術

實施技術分為兩部分，包含植林與紅樹林經營技術、量測計畫技術。

(1) 植林與紅樹林經營技術

植林與紅樹林經營技術，包含樹種選擇、苗木來源、栽植撫育等。紅樹林生態系由於和一般陸域生態系不同，栽植前應先考量生育地特性，如：樹種、溫度、底土、水文、鹽度等。本專案於 2011 年至 2013 年實施造林，分別在種植初期、完工後三年及五年至現場觀察並記錄生長狀況。2018 年 6 月至現場觀察，紅樹林生長穩定。其中，2011 年中都濕地開園階段栽植復育紅樹植物為水筆仔、五梨跤、海茄苳以及欖李等四種。為提高中都濕地內進行復育種植的紅樹植物及其伴生植物對環境的適應性及存活率，以幼苗進行栽植並建立了試種、換種機制。栽植完工與公園保固期間，承攬廠商需觀察、判斷幼苗存活情形進行補植或更換。由於中都濕地公園之定位為生態公園，但建成之後經營管理方式是以都市公園的方式執行。2019 年 9 月底現場進行調查時，水筆仔因部分苗木來自臺灣北部，氣候因素生長不佳，僅存 5 株。

(2) 量測計畫技術

專案需培訓量測人員，以操作抽樣、檢測環境因子之程序。

2. 具體措施

實施技術分為兩部分，包含植林與紅樹林經營技術、量測計畫技術。

(1) 植栽

2011 年中都濕地開園階段栽植復育紅樹植物為水筆仔、五梨跤、海茄苳以及欖李等四種 (表 3)。栽植方式為胎生苗直插 (直播) 法，苗木高度皆選擇大於等於 20 公分之健壯苗木，栽植密度為每平方公尺 5 株 (照片記錄，詳見附件 4-2)。

表 3 紅樹苗木來源與生長狀況表

樹種	栽植日期	苗木來源	栽植數量	苗木規格	栽植密度	栽植與生長狀況
水筆仔	2011年1月22日	臺北淡水河出海 口	280	$h \geq 20\text{cm}$	5 株/m ²	全數枯死-初期 施工栽植
	2013年1月22日	高雄援中港濕地	30	$h \geq 20\text{cm}$		生長良好-高雄 鳥會補植
五梨跤	2011年1月22日	屏東大鵬灣	800	$h \geq 20\text{cm}$	5 株/m ²	全數枯死-初期 施工栽植
	2013年7月30日	台南四鯤鯓	45	$h \geq 20\text{cm}$		存活18 株-高雄 鳥會補植
海茄苳	2011年1月22日	屏東大鵬灣	1200	$h \geq 20\text{cm}$	5 株/m ²	生長良好-初期 施工栽植
欖李	2011年1月22日	屏東大鵬灣	1600	$h \geq 20\text{cm}$	5 株/m ²	生長良好-初期 施工栽植

(2) 補植與換種

觀察、判斷幼苗存活情形，視生長情況、遇有植株死亡或缺漏則予以補植與換種(表3)。五梨跤與水筆仔紅樹林苗木種植時間為 2011年 1月 22日，栽植後三周後具有苗幹白化枯乾、幼葉掉落現象，分別於同年 2月 10日以及 2月 13日全數枯萎死亡，故公園開闢階段並無再栽植此兩種植物，而補植生長良好的欖李及海茄苳。

表 4 第一次調查-種植初期記錄 (2011.01.22-02.22)

樹種	栽植日期	苗木來源	樹苗生長狀況	
水筆仔	2011年1月22日	臺北淡水	2011年2月13日	全數死亡
五梨跤	2011年1月22日	屏東大鵬灣	2011年2月10日	全數死亡
海茄苳	2011年1月22日	屏東大鵬灣	存活率高、生長良好	
欖李	2011年1月22日	屏東大鵬灣	存活率高、生長良好	

表 5 第二次調查-完工三年後記錄 (2014.03.05)

樹種	種植類型	栽植日期	地點	株樹	樹苗生長狀況
水筆仔	補植	2012年11月	生態小島	300	存活率100%
	試種	2012年11月	桑科榕屬島前	30	
五梨跤	試種	2013年7月30日		45	存活率40%
海茄苳	新植	2013年8月8日		5	存活率80%
		2011年1月種植迄今復育成效佳，存活率100%			
欖李	2011年1月種植迄今復育成效佳，存活率100%				

表 6 第三次調查-完工後五年記錄 (2016.01.22)

樹苗生長狀況			
樹種	種植階段	第五年生長記錄	生長狀況
水筆仔		80-100 公分	良好
五梨跤	補植後存活	氣根向外生長，支持根明顯茁壯	良好
海茄苳	20公分胎生苗	1.9 公尺	良好

欖李	20公分胎生苗	1.4 公尺	良好
----	---------	--------	----

(3) 撫育

栽植初期施用肥料。

(4) 經營管理方式

中都濕地公園之定位為生態公園，但建成之後經營管理方式是以都市公園的方式執行。園區之經營管理由高雄市政府工務局養護工程處四維養護工程隊辦理，管理主要以紅樹植物為主，中央大島及桑科榕屬島復育則長期以都市公園草坪修剪的方式執行。

(5) 量測計畫技術

為了量化碳吸存量，本專案於園內設置三處樣站進行抽樣，採樣期間自2019年9月至2020年6月。環境因子之檢測，則分為水質與營養鹽地分析（檢測數據詳見，附件4-1）

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. 環境部「紅樹林植林」小規模減量方法學(版本)
2. UNFCCC CDM「小規模拆解評估規範」(第4.1版) (“Assessment of debundling for small-scale project activities ,Version 04.1”)

(二) 適用條件與原因

本專案活動符合環境部「紅樹林植林」小規模減量方法學(版本)，表7 陳列本專案活動符合減量方法的每項適用性條件，以證明減量方法之選擇，其證明文件放置附件3「引用減量方法之適用性」中。

表 7 適用條件與原因表

項次	減量方法之適用條件	本專案活動之適用原因
1.	專案起始時間不得早於西元2000年1月1日。其專案邊界之土地或海域權屬清晰，具有土地所有權證明或經主管機關核可之使用證明文件。	專案活動於2009年規劃，2011年以後開始造林。土地權屬清晰，屬於高雄市政府。
2.	本方法學之專案活動適用於紅樹林棲地之植林。濱海濕地之劣化紅樹林棲地，其劣化紅樹林棲地是指植被狀況無法同時滿足樹密度每公頃 ≥ 1050 株且鬱閉度 (crown cover) ≥ 0.20 之條件。	中都濕地區域在1950年前原有紅樹林，由於都市發展而使紅樹林逐漸消失，屬於劣化紅樹林棲地。
3.	專案活動不得違反國家相關法律、法規、政策措施，且應符合相關技術規範。	本專案活動符合相關技術規範。
4.	專案區域內 (project area)，臺灣原生紅樹林樹種之種植面積應逾90%；若非臺灣原生紅樹林樹種之種植面積超過 10%，則專案活動不得導致專案區域之水文、上下坡相連之濕地區域水文之變化。	本專案之專案邊界種植超過 90% 之紅樹林樹種，符合適用條件。
5.	專案活動後專案邊界內所引起的土壤擾動不得使土壤有機碳變動大於10%。	專案活動後管理主要以紅樹植物為主，但並未引起超過專案土壤有機

項次	減量方法之適用條件	本專案活動之適用原因
		碳10%以上的變化。
6.	專案活動所種植之紅樹林樹種須為臺灣原生樹種，並配合環境條件選用合宜樹種。	2011年中都濕地開園階段栽植復育紅樹種類為水筆仔、五梨跤、海茄苳以及欖李等四種紅樹林樹種，皆為臺灣原生樹種，並配合高雄環境條件選用。
7.	專案活動不得採取人為引火焚燒方式對林地進行清除或管理。	本專案活動並無採用引火焚燒方式對林地進行清除或管理，符合適用條件。
8.	專案活動不得移除地表植株、枯落物、樹根、枯木。	本專案活動前主要為泥灘地環境，並保留既有大喬木。
9.	專案活動不會造成專案開始前農漁業活動的變更。	本專案活動前主要為泥灘地環境，不會造成專案開始前農漁業活動的變更。

(三) 專案邊界

1. 專案邊界

專案執行之地點高雄中都濕地公園，經緯度座標 (TWD97, TM2) 為 176706.59, 2505321.16。其規劃區域範圍為公 1、公 4、公 5 公園用地，以及周邊文中、文小學校預定地，土地產權屬於高雄市政府。專案邊界為「紅樹林生態保護區」。其「專案前邊界」採用全球衛星定位系統 (GPS) 進行標記；「專案後邊界」以科學性之實地調查進行，並輔以空拍攝影繪製之方式進行標記(圖 8)。「專案後邊界」之總面積 11,535 平方公尺，其誤差未超過「專案前邊界」總面積 12,100 平方公尺的 $\pm 5\%$ (表 8)。

表 8 專案邊界內

樹種	面積(平方公尺)	
	專案前邊界	專案後邊界
水筆仔	400	17.00
五梨跤	1,500	61.00
海茄苳	3,200	6,420
欖李	7,000	5,037
總計	12,100	11,535

註:「專案前邊界」係指專案設計與開發階段所訂定之計畫實施專案活動之邊界；「專案後邊界」係指專案活動之實際實施、監測所確認以及專案查核的專案邊界。

2. 分層採樣分析法

由於本專案活動前之基線專案邊界主要為泥灘地環境，且無顯著分布不均之情況，所以並無進行「專案事前分層」。基於本方法學之目的，分層現象主要取決於造林及經營管理計畫；因此，「專案事後分層」是依據植栽之樹種分層。

3. 土地合格性

專案活動實施前，主要土地屬於泥灘地僅有少數大型喬木，符合劣化紅樹林棲地「無法同時滿足樹密度每公頃 ≥ 1050 株且鬱閉度 (crown cover) ≥ 0.20 之條件」；佐證資料如圖 8 重劃前衛星影像圖，以及國家級別的紀錄資料「變更高雄市原都市計畫區 (三民區部分) 中都地區工業區及第四十二期重劃區主要計畫書 (第一階段)」。

4. 碳庫計算項目

依據引用方法，地上部及地下部生物量為必須計入之項目；由於枯落物並非主要受影響之碳庫，因此考量保守性只計算地上部、地下部生物量 (紅樹林植物體之生物量) 及土壤有機碳庫。由於枯木可視監測困難的程度，由專案申請者自選；因此，本專案並無計入 (表9)。

表9 碳庫計算項目

	碳庫	氣體	是否被納入?	說明
基線	地上部生物量 (aboveground biomass)	CO ₂	是	為專案活動影響的主要碳庫。但若專案活動實施前，地上部生物量之碳儲量變化不顯著則可忽略不計。
	地下部生物量 (belowground biomass)	CO ₂	是	碳儲量預計會受專案活動的實施而增加。但若專案活動實施前，地下部生物量之碳儲量變化不顯著則可忽略不計。
	枯落物 (Litter)	CO ₂	否	因為專案活動不會降低枯落物的堆積率，故保守性作法是將此碳庫排除在基線核算之外。
	枯木 (Dead wood)	CO ₂	否	基於保守性原則選擇不計入。
	土壤有機碳 (Soil organic carbon)	CO ₂	是	碳儲量預計會受專案活動的實施而增加。但若專案活動實施前，土壤有機碳之碳儲量變化不顯著則可忽略不計。
專案活動	地上部生物量 (above-ground biomass)	CO ₂	是	為專案活動影響的主要碳庫。
	地下部生物量 (below-ground biomass)	CO ₂	是	碳儲量預計會受專案活動的實施而增加。
	枯落物 (Litter)	CO ₂	否	因為專案活動不會降低枯落物的堆積率，故保守性作法是將此碳庫排除在專案核算之外。
	枯木 (Dead wood)	CO ₂	否	基於保守性原則選擇不計入。
	土壤有機碳 (Soil organic carbon)	CO ₂	是	碳庫中的碳儲量可能會受專案活動的實施而增加。

5. 碳庫計算項目

依據引用方法，溫室氣體排放源分為三部分，分別為自然火災、海岸濕地土壤及化石燃料使用的排放 (表10)。

表10 溫室氣體排放項目

	來源	氣體	是否被納入?	說明
專案	紅樹林生物量	CO ₂	否	生物量燃燒所產生的 CO ₂ 排放量已被計入碳儲量變化之中。

活動		CH ₄	是	受火災燃燒木質生物量而導致 CH ₄ 釋出，若無自然火災則可不計入。
		N ₂ O	是	受火災燃燒木質生物量而導致 N ₂ O 釋出，若無自然火災則可不計入。
	土壤排放	CO ₂	否	CO ₂ 排放量已被計入碳儲量變化之中。
		CH ₄	是	海水水體鹽度 < 18 的情境 ¹ 應計入，則當次測量海水水體鹽度 ≥ 18 的情境則可不計入。
		N ₂ O	是	專案期施以高營養鹽、肥料等，或低潮時海水水體達到 ≥ 中度優養化等級 ² ，則當次測量應計入，若水體為低營養鹽的情境或未達條件則可不計入。
	化石燃料	CO ₂	是	專案活動作業中，車輛運輸和機具設備移動是潛在的主要排放源。
		CH ₄	否	在專案中，並非主要的排放源。
		N ₂ O	否	在專案中，並非主要的排放源。

此外，應依據「一、(四) 專案活動之技術說明」所提供的描述，提出專案邊界內的流程圖以完全地描述專案活動。流程圖要包括設備、系統和該節所述的質量流和能源流。尤其是，流程圖要描繪出專案邊界內的排放源和溫室氣體，以及監測的數據和參數。

(四) 基線情境之選擇與說明

基線情境³為專案活動實施前的土地使用方式。重劃前中都地區位於高雄愛河之中下游，在 1950 年之前具有紅樹林。於民國 44 年此區域被規劃為工業區作為合板工廠並具有貯木池，隨後工廠撤離，貯木池亦成為荒廢的泥灘地水域。規劃區域範圍為公 1、公 4、公 5 公園用地，以及周邊文中、文小學校預定地，在重劃前為工業區、泥灘地、水泥住宅與道路。此區域難以自然恢復紅樹林生態系統，並符合劣化紅樹林棲地之條件。本專案活動之「紅樹林生態保護區」的基線情境主要為荒廢之泥灘地水域，並以國家級別的紀錄資料「變更高雄市原都市計畫區(三民區部分)中都地區工業區及第四十二期重劃區主要計畫書(第一階段)」的「重劃區變更計畫圖」(圖 9) 作為佐證土地利用方式及情況。

¹ 依據 IPCC 《對 2006 國家溫室氣體清冊的 2013 補充指南：濕地》(2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands)，設定海水水體鹽度 18 的標準。

² 優養化指數計算方式為 $(E) = [\text{化學需氧量}] \times [\text{無機氮}] \times [\text{活性磷酸鹽}] / 4500 \times 10^6$ 。其中， $E \leq 3.0$ 為輕度優養化； $3.0 < E \leq 9.0$ 為中度優養化； $E > 9.0$ 為重度優養化。化學需氧量、無機氮及活性磷酸鹽單位為 mg/L。

³ 所謂基線情境，即未執行抵換專案時，所採用的某一種技術或執行方案。



圖 8 重劃前衛星影像圖

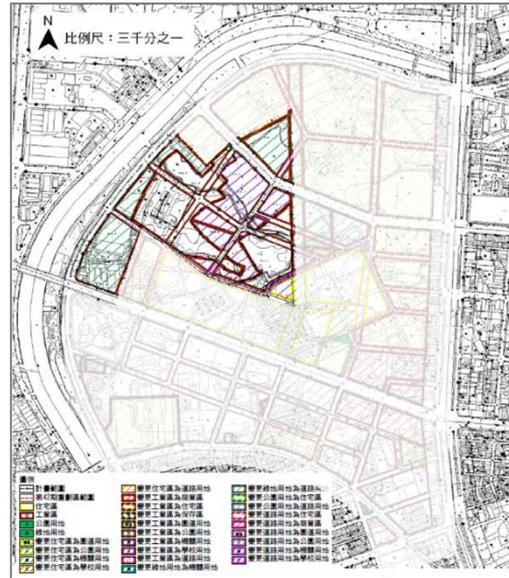


圖 9 重劃區變更計畫圖

資料來源：高雄市政府 (2008)，本專案再製

(五) 外加性之分析與說明

依據環境部抵換專案制度小規模減量方法對外加性之規範，需符合法規外加性及障礙分析四擇一（投資障礙、技術障礙、普遍性障礙或其他障礙）。而依據 2018 年 12 月 27 日環境部公布的「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，即符合「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」，專案得僅分析法規外加性，且得免除環境衝擊分析及公眾意見。

本專案活動符合國家現有的任何法律、法規、政策措施，及相關技術規範。截止至 2023 年 8 月，國內法規並未對造林與植林要求進行溫室氣體排放減量/移除量技術，得構成法規外加性。

三、減量計算說明

(一) 減量計算描述

1. 所引用減量方法之公式描述

本專案所使用之計算公式，是依據「紅樹林植林」（版本）減量方法中所提供的計算方法。由於本專案不計入枯木碳庫，因此枯木參數省略計算。

(1) 基線排放（碳匯之基線溫室氣體淨移除量）

依據「估算 A/R CDM 專案活動中喬木和灌木的碳儲量和碳儲量變化（版本 04.2）」（Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities）之方法學工具，當專案之基線情境符合條件時，可將基線中樹木之碳儲量計為零。由於本專案符合條件，因此計為零。

(2) 專案排放（碳匯之專案溫室氣體淨移除量）

(a) 專案溫室氣體淨移除量計算公式

專案實施後，專案邊界內受專案活動而產生的專案溫室氣體淨移除量，即專案所增加之碳匯量。其估算方式為專案邊界內各碳庫中碳儲量之總和（即，專案邊界內碳庫在 t 年內的碳儲量總變化， $\Delta C_{p,t}$ ）扣除受專案活動而產生的非 CO_2 溫室氣體排放量 ($\text{GHG}_{E,t}$) 以及在專案邊界內使用化石燃料的排放量 ($\text{GHG}_{\text{fuel},t}$)。

$$\Delta C_{ACTUAL,t} = \Delta C_{P,t} - GHG_{E,t} - GHG_{fuel,t} \quad \text{式2}$$

(t 年間實際溫室氣體淨移除量
= t 年間專案所有碳庫碳儲量總變化量
- t 年間專案非 CO₂ GHG 排放量
- t 年間專案化石燃料排放量)

參數	定義	單位
$\Delta C_{ACTUAL,t}$	t 年間實際溫室氣體淨移除量	t CO ₂ eq
$\Delta C_{P,t}$	t 年間所有碳庫碳儲量的總變化	t CO ₂ eq
$GHG_{E,t}$	t 年間由於實施 A/R 專案活動，在專案邊界內增加的非 CO ₂ GHG 排放量；並將「專案前」之估算設為零	t CO ₂ eq
$GHG_{fuel,t}$	t 年內由於實施 A/R 專案活動，在專案邊界內使用化石燃料的排放量。參照 CDM AR-Tool05 「A/R CDM 專案活動中與化石燃料燃燒有關的溫室氣體排放量估算工具」	t CO ₂ eq

a.1. 專案溫室氣體淨移除量計算公式

依據所選定之碳庫，計算各專案 (PRO) 碳庫層之紅樹林碳儲量的年度總變化量，即為專案紅樹林碳儲量年變化量 ($\Delta C_{MangrovePRO,t}$)。

$$\Delta C_{P,t} = \Delta C_{MangrovePRO,t} \quad \text{式2-1}$$

(t 年間專案所有碳庫碳儲量總變化量 = t 年間專案紅樹林碳儲量年變化量)

$$= \Delta B_{MangrovePRO,t} + \Delta C_{DWPRO,t} + \Delta SOC_{PRO,t} \quad \text{同式1}$$

(= t 年間專案紅樹林生物碳儲量年變化量

+ t 年間專案紅樹林枯木碳儲量年變化量

+ t 年間專案紅樹林土壤有機碳儲量年變化量)

參數	定義	單位
$\Delta B_{MangrovePRO,t}$	t 年之專案紅樹林生物碳儲量年變化量	t CO ₂ eq
$\Delta C_{DWPRO,t}$	t 年之專案枯木碳儲量年變化量	t CO ₂ eq
$\Delta SOC_{PRO,t}$	t 年之專案土壤有機碳儲量年變化量	t CO ₂ eq
t	專案執行之年份，t=1, 2, 3...	yr

a.1.1. 專案生物碳儲量年變化量計算公式

依據所選定之碳庫、劃分之碳庫層與樹種面積，計算各專案 (PRO) 碳庫層之紅樹林生物碳儲量年總變化量，即為專案紅樹林生物碳儲量年變化量

($\Delta B_{MangrovePRO,t}$)，以式1-1-1來估算單位面積紅樹林生長碳儲量年變化量

($\Delta B_{PRO,i,j,t}$)。

$$\Delta B_{MangrovePRO,t} = \sum_{ij} (A_{PRO,i,j,t} \times \Delta B_{PRO,i,j,t}) \times 44/12 \quad \text{同式1-1}$$

(t 年間專案紅樹林生物碳儲量年變化量

$$= \sum_i \text{碳庫層 } j \text{ 樹種 } t \text{ 年 (面積} \times \text{單位面積紅樹林植物碳儲量年變化量)} \times 44/12)$$

$$\Delta B_{PRO,i,j,t} = (\Delta B_{TREEAB,i,j,t} \times CF_{TREEAB,i,j,t} + \Delta B_{TREEBB,i,j,t} \times CF_{TREEBB,i,j,t})$$

$$+ (\Delta B_{SHRUBAB,i,j,t} \times CF_{SHRUBAB,i,j,t} + \Delta B_{SHRUBBB,i,j,t} \times CF_{SHRUBBB,i,j,t}) \quad \text{同式1-1-1}$$

(i 碳庫層 j 樹種第 t 年單位面積紅樹林植物碳儲量年變化量

= (紅樹林喬木地上部生物量平均年生長量×紅樹林喬木地上部有機碳含量百分比
 +紅樹林喬木地下部生物量平均年生長量×紅樹林喬木地下部有機碳含量百分比)
 + (紅樹林灌木地上部生物量平均年生長量×紅樹林灌木地上部有機碳含量百分比
 +紅樹林灌木地下部生物量平均年生長量×紅樹林灌木地下部有機碳含量百分比))

參數	定義	單位
$\Delta B_{Mangrove_{PRO,t}}$	t年之專案紅樹林生物量碳儲量年變化量	t CO ₂ eq
$A_{PRO,i,j,t}$	t年之專案第i碳庫層j樹種面積	ha
$\Delta B_{PRO,i,j,t}$	t年之專案第i碳庫層樹種j之單位面積紅樹林生長之碳儲量年變化量	t C ha ⁻¹ yr ⁻¹
ΔB_{AB}	紅樹林地上部平均年生長量(乾重)	t d.m. ha ⁻¹
CF_{AB}	紅樹林地上部有機碳含量百分比	%
ΔB_{BB}	紅樹林地下部平均年生長量(乾重)	t d.m. ha ⁻¹
CF_{BB}	紅樹林地下部有機碳含量百分比	%
44/12	有機碳含量之二氧化碳當量轉換係數	-
i	碳庫層, i = 1, 2, 3...	-
j	紅樹林樹種, j = 1, 2, 3...	-
t	專案執行年份, t=1, 2, 3...	yr

a.1.2. 專案土壤碳儲量年變化量計算公式

依方法學提供專案申請者兩個子公式($aSOC_{i,t}$ 或 $dSOC_{i,j,t}$)及估計值(EF_{Soils}),以計算土壤有機碳儲量年變化量($\Delta SOC_{BSL,t}$)。

本專案選擇使用估計值($aSOC_{i,t}$)。

$$\Delta SOC_{PRO,t} = \sum_{ijt} A_{PRO,i,j,t} \times (aSOC_{i,j,t}) \times 44/12 \quad \text{式1-3}$$

(t年間專案土壤有機碳儲量年變化量

$$= \sum_i \text{碳庫層 } j \text{ 樹種 } t \text{ 年面積} \times (\text{紅樹林自源性土壤碳儲量年變化量}) \times 44/12)$$

參數	定義	單位
$\Delta SOC_{PRO,t}$	t年間之專案土壤有機碳儲量年變化量	t CO ₂ eq
$A_{PRO,i,j,t}$	第t年之專案第i碳庫層j樹種的面積	ha
$aSOC_{i,t}$	第t年紅樹林自源性土壤碳儲量年變化量	t C ha ⁻¹ yr ⁻¹
44/12	有機碳含量之二氧化碳當量轉換係數	-

(b) 專案邊界內非二氧化碳之溫室氣體排放量

非二氧化碳之溫室氣體排放量分為兩部分,自然火災及海岸濕地土壤排放。

$$GHG_{E,t} = \sum_{it} (GHG_{FF_TREE,t} + GHG_{SED,i,t}) \quad \text{式2-2}$$

(t年間基線非CO₂GHG排放量

$$= \sum_i \text{碳庫層 } t \text{ 年(林木地上部燃燒非CO}_2\text{GHG排放量}$$

+海岸濕地土壤非CO₂GHG排放量))

參數	定義	單位
----	----	----

$GHG_{E,t}$	t年內由於實施 A/R 專案活動，在專案邊界內增加的非 CO ₂ GHG 排放量；並將「專案前」之估算設為零	t CO ₂ eq
$GHG_{FF_TREE,t}$	第 t 年之受火災所引起的林木地上部生物量燃燒，並造成非二氧化碳溫室氣體排放	t CO ₂ eq yr ⁻¹
$GHG_{SED,i,t}$	第 t 年之第 i 碳庫層海岸濕地土壤排放量	t CO ₂ eq yr ⁻¹

b.1. 自然火災

$$GHG_{FF_TREE,t} = 0.001 \times \sum_{i,t} \{ A_{SPF,i,t} \times b_{TREE,i,tL} \times COMF_i \times (EF_{CH_4} \times GWP_{CH_4} + EF_{N_2O} \times GWP_{N_2O}) \} \quad \text{式2-2-1}$$

(第 t 年林木地上部燃燒非 CO₂ GHG 排放量

$$= 0.001 \times \sum_i \text{碳庫層, 第 t 年} \{ \text{燃燒面積} \times \text{單位面積林木地上部生物量} \times \text{燃燒係數} \\ \times (\text{甲烷排放係數} \times \text{甲烷溫暖化潛勢} + \text{氧化亞氮排放係數} \times \text{氧化亞氮溫暖化潛勢}) \}$$

參數	定義	單位
$GHG_{FF_TREE,t}$	第 t 年之受火災所引起的林木地上部生物量燃燒，並造成非二氧化碳溫室氣體排放	t CO ₂ eq yr ⁻¹
$A_{SPF,i,t}$	第 t 年之第 i 碳庫層所發生的燃燒面積	ha
$b_{TREE,i,tL}$	火災發生前，專案最近一次查證時，第 i 碳庫層的單位面積林木地上部生物量。如果只發生地表火，林木之地上部生物量未受燃燒，則設 $b_{TREE,i,t}$ 為零	t d.m·ha ⁻¹
tL	火災發生前，最近一次查證時間	-
$COMF_i$	第 i 碳庫層的燃燒係數 (combustion factor)	-
EF_{CH_4}	CH ₄ 排放係數	g CH ₄ (kg 燃燒的乾物質) ⁻¹
EF_{N_2O}	N ₂ O 排放係數	g N ₂ O (kg 燃燒的乾物質) ⁻¹
GWP_{CH_4}	CH ₄ 的全球溫暖化潛勢，依 IPCC 之 GWP 估計值	-
GWP_{N_2O}	N ₂ O 的全球溫暖化潛勢，依 IPCC 之 GWP 估計值	-
i	基線碳庫層，i = 1, 2, 3...	-
t	專案執行年份，t = 1, 2, 3...	yr
0.001	單位轉換值，將公斤 (kg) 轉為噸 (t) 的常數	-

b.2. 海岸濕地土壤

$$GHG_{SED,i,t} = A_{i,t} \times (GHG_{CH_4,i,t} \times GWP_{CH_4} + GHG_{N_2O,i,t} \times GWP_{N_2O}) \quad \text{式3-2-2}$$

(第 t 年海岸濕地土壤非 CO₂ GHG 排放量

= 第 t 年面積 × (CH₄單位面積排放量 × CH₄全球溫暖化潛勢
+ N₂O 單位面積排放量 × N₂O 全球溫暖化潛勢))

參數	定義	單位
$GHG_{SED,i,t}$	第 t 年之第 i 碳庫層之海岸濕地土壤排放量	t CO ₂ eq yr ⁻¹
$A_{i,t}$	第 t 年之第 i 碳庫層之土地面積	ha
$GHG_{CH_4,i,t}$	第 t 年之第 i 碳庫層之 CH ₄ 排放量	t ha ⁻¹ yr ⁻¹
$GHG_{N_2O,i,t}$	第 t 年之第 i 碳庫層之 N ₂ O 排放量	t ha ⁻¹ yr ⁻¹
GWP_{CH_4}	CH ₄ 的全球溫暖化潛勢，依 IPCC 之 GWP 估計值	-
GWP_{N_2O}	N ₂ O 的全球溫暖化潛勢，依 IPCC 之 GWP 估計值	-
i	基線碳庫層，i = 1, 2, 3...	-
t	專案執行年份，t = 1, 2, 3...	yr

(c) 專案活動中化石燃料所產生的二氧化碳排放量

專案活動中，使用化石燃料之車輛運輸及機具設備是重要的二氧化碳潛在排放源。排放來源包括移動式及固定式兩種類型：移動式排放類型如卡車、拖拉機等；而固定式排放類型，如鏈鋸等可攜式設備和水泵 (water pumps) 等固定設備。

$$GHG_{fuel,t} = \sum_{j=1}^J ET_{FC,j,t} \quad \text{式2-3}$$

(t 年間專案化石燃料排放量 = \sum_{jt} 第 t 年 j 類車輛/
機具設備化石燃料二氧化碳排放量)

$$= \sum_{f=1}^F FC_{FC,f,j,t} \times EF_{CO_2,f} \times NCV_f \quad \text{(直接法) 式2-3-1}$$

(= $\sum_{\substack{\text{燃料類型總數 } F \\ \text{燃料類型 } f=1}}^{\text{燃料類型總數 } F}$ 車輛/機具設備類型 j 消耗的燃料類型 f 量 × 燃料淨熱值)

參數	定義	單位
$GHG_{fuel,t}$	t 年間由於實施 A/R 專案活動，在專案邊界內使用化石燃料的排放量	t CO ₂ eq
$ET_{FC,j,t}$	第 t 年之 j 類車輛/機具設備其化石燃料燃燒所產生的二氧化碳排放量	t CO ₂ eq yr ⁻¹
j	車輛/機具設備之類型	-
J	車輛/機具設備之類型總數	-
$FC_{FC,f,j,t}$	第 t 年，車輛/機具設備類型 j 消耗的燃料類型 f 量	質量或體積單位 yr ⁻¹
$EF_{CO_2,f}$	燃料類型 f 的二氧化碳排放係數	t CO ₂ / GJ
NCV_f	燃料類型 f 的淨熱值	GJ/質量或體積

(3) 洩漏排放

依據本方法學之適用條件之第9點，專案活動的實施不會引起專案前農漁業活動之轉移，因此不考慮農漁業活動轉移所造成之排放。專案活動中運輸工具與燃油機械已歸類於專案排放源，因此本方法學下，造林活動不具潛在洩漏，即 LKt = 0，其中 LKt 為第 t 年專案活動所產生的洩漏排放量。

(4) 減量

專案活動所產生之人為溫室氣體淨移除量即人為溫室氣體之減量，等於專案碳匯量(專案溫室氣體淨移除量)扣除基線碳匯量(基線溫室氣體淨移除量)以及洩漏所產生之溫室氣體排放量。

$$\Delta C_{AR,t} = \Delta C_{ACTUAL,t} - \Delta C_{BSL,t} - LK_t \quad \text{式4}$$

(紅樹林植林專案溫室氣體淨移除量

= t年間實際溫室氣體淨移除量- t年間基線溫室氣體淨移除量- t年間洩漏溫室氣體排放量)

參數	定義	單位
$\Delta C_{AR,t}$	第 t 年之人為溫室氣體淨移除量	t CO ₂ eq
$\Delta C_{ACTUAL,t}$	第 t 年之碳匯的實際溫室氣體淨移除量	t CO ₂ eq
$\Delta C_{BSL,t}$	t 年(未實施專案活動)之碳匯的基線溫室氣體淨移除量	t CO ₂ eq
LK_t	第 t 年之洩漏所產生之溫室氣體排放量，依據本方法學適用條件可視為零	t CO ₂ eq

2. 所引用之預設數據與參數說明

數據與參數表1

數據/參數	$\Delta B_{PRO,i,j,t}$	
數據單位	t C ha ⁻¹ yr ⁻¹	
描述	t 年之基線第 i 碳庫層樹種 j 之單位面積紅樹林生長之碳儲量年變化量	
數據來源	海洋委員會112年委託計畫：海洋碳匯盤查暨溫室氣體減量方法研析及評估《臺灣紅樹林碳匯測量標準作業程序》	
應用的數值	植被類型	$\Delta B_{PRO,i,j,t}$
	水筆仔 <i>Kandelia obovata</i>	23.96
	海茄苳 <i>Avicennia marina</i>	11.62
	五梨跤 <i>Rhizophora stylosa</i>	15.75
	欖李 <i>Lumnitzera racemosa</i>	12.35
	本專案引用《臺灣紅樹林碳匯測量標準作業程序》表5	
數據選擇或量測方法和程序	依據《臺灣紅樹林碳匯測量標準作業程序》， $\Delta B_{PRO,i,j,t}$ 引用之估計值「各生物量計算法包含，使用異速生長方程式估計的冠層、樹幹及粗根生物量乾重，和使用土壤採集器直接取樣並計算的細根生物量乾重」。	
數據用途	應用於公式1-1	
備註	-	

數據與參數表2

數據/參數	$aSOC_{i,t}$
-------	--------------

數據單位	t C ha ⁻¹ yr ⁻¹	
描述	t 年內專案邊界中土壤有機碳儲量的變化量	
數據來源	海洋委員會112年委託計畫：海洋碳匯盤查暨溫室氣體減量方法研析及評估《臺灣紅樹林碳匯測量標準作業程序》	
應用的數值	植被類型	$aSOC_{i,t}$
	水筆仔 <i>Kandelia obovata</i>	1.11
	海茄苳 <i>Avicennia marina</i>	1.20
	五梨跤 <i>Rhizophora stylosa</i>	1.70
	欖李 <i>Lumnitzera racemosa</i>	1.01
	本專案引用《臺灣紅樹林碳匯測量標準作業程序》表9	
數據選擇或量測方法和程序	依據《臺灣紅樹林碳匯測量標準作業程序》， $aSOC_{i,t}$ 引用之「估計值為臺灣本土研究數據，採用增減法測量並加總地上部枯落物及地下部死細根分解後剩餘的不易分解的有機碳，作為紅樹林對土壤碳埋藏的貢獻，五梨跤及欖李之地下部死細根分解由水筆仔及海茄苳之平均值作推算 (Chou et al. 2022)」。	
數據用途	應用於公式1-3	
備註	-	

數據與參數表3

數據/參數	$EF_{CO_2,f}$
數據單位	t CO ₂ / GJ
描述	燃料類型 f 的二氧化碳排放係數
數據來源	環境部國家溫室氣體登錄平台「溫室氣體排放係數管理表 6.0.4版」
應用的數值	項目 Gas/Diesel Oil 的 CO ₂ 排放係數 2.6060 (KgCO ₂ /L)
數據選擇或量測方法和程序	-
數據用途	應用於公式3-3-1
備註	-

(二) 減量計算

所引用減量方法之公式描述

本專案所使用之計算公式，是依據「紅樹林植林」減量方法學(版本)中所提供的計算方法。由於本專案不計入枯木破庫，因此枯木參數省略計算。

(1) 基線排放(碳匯之基線溫室氣體淨移除量)

依據「估算 A/R CDM 專案活動中喬木和灌木的碳儲量和碳儲量變化(版本 04.2)」(Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities) 之方法學工具，當專案之基線情境符合條件時，可將基線中樹木之碳儲量計為零。由於本專案符合條件，因此計為零。

以2021年為例，該年間基線溫室氣體淨移除量：

$$\Delta C_{BSL,t} = 0$$

(2) 專案排放(碳匯之專案溫室氣體淨移除量)

(a) 專案溫室氣體淨移除量計算公式

專案實施後，碳匯之專案溫室氣體淨移除量，以第十年(即2021單年內)為舉例，計算如下：

$$\begin{aligned} \Delta C_{ACTUAL,t} &= \Delta C_{P,t} - GHG_{E,t} - GHG_{fuel,t} && \text{式3} \\ &= 62.86 \text{ (2021年專案生物量碳庫及專案土壤碳儲量年變化量之二氧化碳淨移除量總和)} \\ &\quad - 0 \text{ (2021年專案非二氧化碳溫室氣體排放量)} \\ &\quad - 0 \text{ (2021年專案化石燃料排放量)} \\ &= 62.86 \text{ t CO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

a.1. 專案溫室氣體淨移除量計算公式

以2021單年內專案生物量碳庫及專案土壤碳儲量年變化量之二氧化碳淨移除量總和為例，依據所選擇之碳庫，計算各專案(PRO)碳庫層之紅樹林碳儲量的年度總變化量，即為專案紅樹林碳儲量的年變化量($\Delta C_{Mangrove_{PRO,t}}$)。專案邊界內碳庫在t年內的碳儲量總變化($\Delta C_{P,t}$)計算方式同基線溫室氣體淨移除量式1，並將公式中代表基線情境之縮寫"BSL"替換為專案情境之縮寫"PROJ"。

$$\begin{aligned} \Delta C_{P,t} &= \Delta C_{Mangrove_{PRO,t}} && \text{式3-1} \\ &= \Delta B_{Mangrove_{PRO,t}} + \Delta C_{DW_{PRO,t}} + \Delta SOC_{PRO,t} && \text{同式1} \\ &= \text{專案紅樹林生物量碳儲量的年變化量} 56.87 \\ &\quad + \text{專案單位面積紅樹林枯木碳儲量年變化量} 0 \\ &\quad + \text{土壤有機碳儲量年變化量} 5.99 \\ &= 62.86 \text{ t CO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

a.1.1. 專案生物量碳儲量年變化量計算公式

以2021單年內專案紅樹林生物量碳儲量的年變化量為例，依據所選定之碳庫、劃分之碳庫層與樹種面積，計算各專案(PRO)碳庫層之紅樹林生物量碳儲量的年度總變化量，即為專案紅樹林生物量碳儲量的年變化量($\Delta B_{Mangrove_{PRO,t}}$)，並以式1-1來估算。

$$\begin{aligned} \Delta B_{Mangrove_{PRO,t}} &= \sum_{ij} (A_{PRO,i,j,t} \times \Delta B_{PRO,i,j,t}) \times 44/12 && \text{同式1-1} \\ &= (0.0017 \text{ (水筆仔公頃)} \times 23.96 \text{ (水筆仔單位面積紅樹林植物碳儲量年變化量)} + \\ &\quad 0.0061 \text{ (五梨跤公頃)} \times 12.35 \text{ (五梨跤單位面積紅樹林植物碳儲量年變化量)} + \\ &\quad 0.6420 \text{ (海茄苳公頃)} \times 11.62 \text{ (海茄苳單位面積紅樹林植物碳儲量年變化量)} + \\ &\quad 0.5037 \text{ (欖李公頃)} \times 15.75 \text{ (欖李單位面積紅樹林植物碳儲量年變化量)}) \times 44/12 \\ &= 56.87 \text{ t CO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

不同年份紅樹林碳儲量年變化量資料須由紅樹林生長曲線推估。因為本土紅樹林生長曲線尚缺，因此依照臺灣海茄苳紅樹林樹齡10年和40年的生物碳儲年變化量估算(賴榮一2021; Lin et al. 2023)。將臺灣不同樹齡的海茄苳紅樹林除以單位面積樹密度，標準化單位面積樹密度為1 m²，樹齡10年的碳吸存量為17.03 t C tree⁻¹ yr⁻¹、40年為8.96 t C tree⁻¹ yr⁻¹、100年為5.32 t C tree⁻¹ yr⁻¹、120年為5.58 t C tree⁻¹ yr⁻¹(賴榮一2021; Lin et al 2023)。由紅樹林樹齡與碳吸存速率的趨勢可發現，如本專案邊界的紅樹林單位面積樹密度1.5 m²的情況下，10-40年間紅樹林每年約吸存0.99 t CO₂eq ha⁻¹ yr⁻¹，樹齡到55年後碳吸存量才會持平。因此，依照保守估計本專案前10年紅樹林碳吸存量每年遞增6.29 t CO₂e ha⁻¹ yr⁻¹，第11年至40年每年遞減0.99 t CO₂eq ha⁻¹ yr⁻¹。

a.1.2. 專案土壤碳儲量年變化量計算公式

依方法學提供專案申請者兩個子公式 ($aSOC_{i,t}$ 或 $dSOC_{i,j,t}$) 及估計值 (EF_{Siols})，以計算土壤有機碳儲量的年變化 ($\Delta SOC_{BSL,t}$)。

本專案使用估計值 ($aSOC_{i,t}$)。

$$\begin{aligned} \Delta SOC_{BSL,t} &= \sum_{ijt} A_{PRO,i,j,t} \times (aSOC_{i,j,t}) \times 44/12 && \text{式1-3} \\ &= (0.0017 \text{ (水筆仔公頃)} \times 1.11 \text{ (水筆仔自源性土壤碳儲量年變化量)} \\ &+ 0.0061 \text{ (五梨跤公頃)} \times 1.01 \text{ (五梨跤自源性土壤碳儲量年變化量)} \\ &+ 0.6420 \text{ (海茄苳公頃)} \times 1.2 \text{ (海茄苳自源性土壤碳儲量年變化量)} \\ &+ 0.5037 \text{ (欖李公頃)} \times 1.7 \text{ (欖李自源性土壤碳儲量年變化量)}) \times 44/12 \\ &= 5.99 \text{ t CO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

(b) 專案邊界內非二氧化碳之溫室氣體排放量

非二氧化碳之溫室氣體排放量分為兩部分，自然火災及海岸濕地土壤排放量。本專案執行期間之內並無發生自然火災，且經由現地監測計畫並無達到海岸濕地土壤排放條件，因此專案邊界內非二氧化碳之溫室氣體排放量為零。

$$\begin{aligned} GHG_{E,t} &= \sum_{it} (GHG_{FF_TREE,t} + GHG_{SED,i,t}) && \text{式3-2} \\ GHG_{E,t} &= 0 \end{aligned}$$

(c) 專案活動中化石燃料所產生的二氧化碳排放量

專案活動中，使用化石燃料之車輛運輸及機具設備是重要的二氧化碳潛在排放源。排放來源包括移動式及固定式兩種類型：移動式排放類型如卡車、拖拉機等；而固定式排放類型，如鏈鋸等可攜式設備和水泵 (water pumps) 等固定設備。本專案執行期間，於2011年以及2013年有使用柴油貨車運輸紅樹林幼苗 (表11)，屬於移動式排放源。CO₂ 排放係數 2.6060 (KgCO₂/L)⁴引用環境部國家溫室氣體登錄平台「溫室氣體排放係數管理表6.0.4版」中項目 Gas/Diesel Oil。因此，2011年及2013年專案活動中化石燃料所產生的總二氧化碳排放量為0.15 t CO₂eq。以2011年專案活動中化石燃料所產生的二氧化碳排放量為例，計算如下。

$$\begin{aligned} GHG_{fuel,t} &= \sum_{j=1}^J ET_{FC,j,t} && \text{式3-3} \\ &= \sum_{f=1}^F FC_{FC,f,j,t} \times EF_{CO_2,f} \times NCV_f && \text{(直接法) 式3-3-1} \\ &= (34.09 + 10.58) \text{ (L)} \times 2.6060 \text{ (KgCO}_2\text{/L)} \times 10^{-3} \\ &= 0.1507 \approx 0.15 \text{ CO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

表11 車輛運輸之油量

樹種	栽植日期	苗木來源	地點	來回總距離 (公里)	油量 (升)
水筆仔	2011年1月22日	臺北淡水河出海口	高雄中都	344 × 2 = 688	34.09
五梨跤	2013年7月30日	台南四鯤鯓	濕地	53.4 × 2 = 106.8	10.58
總計					57.85

(3) 洩漏排放

依據本方法學之適用條件之第9點，專案活動的實施不會引起專案前農漁業活動之轉移，因此不考慮農漁業活動轉移所造成之排放；而專案活動中運輸工

⁴ IPCC 2006年柴油 CO₂排放係數為20.2 (kgC/GJ)

20.2 × 碳氧化因子 1 × (44/12) × 1000 = 74,100

74,100 × 4186.8 × 10⁻⁹ × 10⁻³ = 3.10E⁻⁰⁴

3.10E⁻⁰⁴ × 熱值8400.00 (Kcal/L) = 2.6060 (KgCO₂/L) = EF_{CO₂,f} 排放係數

具與燃油機械已歸類於專案排放源，因此本方法學下，造林活動不具潛在洩漏，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

專案活動所產生之人為溫室氣體淨移除量即人為溫室氣體之減量，等於專案碳匯量(專案溫室氣體淨移除量)扣除基線碳匯量(基線溫室氣體淨移除量)以及洩漏所產生之溫室氣體排放量。

$$\Delta C_{AR,t} = \Delta C_{ACTUAL,t} - \Delta C_{BSL,t} - LK_t \quad \text{式4}$$

$$= 62.86 - 0 - 0 = 62.86 \text{ t CO}_2\text{eq}$$

(三) 計入期計算摘要

單年期間	基線移除量 (公噸 CO ₂ eq)	專案活動移除量 (公噸 CO ₂ eq)	洩漏量 (公噸 CO ₂ eq)	總移除量 (公噸 CO ₂ eq)
2011年	0	0-0.12=-0.12	0	-0.12
2012年	0	6.29	0	6.29
2013年	0	12.57-0.03=12.54	0	12.54
2014年	0	18.86	0	18.86
2015年	0	25.14	0	25.14
2016年	0	31.43	0	31.43
2017年	0	37.72	0	37.72
2018年	0	44.00	0	44.00
2019年	0	50.29	0	50.29
2020年	0	56.57	0	56.57
2021年	0	62.86	0	62.86
2022年	0	61.87	0	61.87
2023年	0	60.88	0	60.88
2024年	0	59.89	0	59.89
2025年	0	58.90	0	58.90
2026年	0	57.91	0	57.91
2027年	0	56.92	0	56.92
2028年	0	55.93	0	55.93
2029年	0	54.94	0	54.94
2030年	0	53.95	0	53.95
2031年	0	52.96	0	52.96
總計	0	920.33	0	920.33

註：從2011年至2031年21年間，年平均移除量估計值為 $920.33/21 = 43.83 \text{ t CO}_2\text{eq}$ 。2011年及2013年分別扣除該年專案活動中化石燃料所產生的二氧化碳排放量 0.12及0.03。

四、量測計畫

(一) 應被量測之數據與參數

以下表格為本專案活動於監測期間所需要監測的數據和參數，分別描述了如何實際收集，並提供詳細具體的資訊。

1. 本專案需記錄並提供資料以佐證水體不會排放 CH_4 以及 N_2O ，量測數據詳

見附件4-1 樣區檢測點潮位基本資料。

2. 量測參數

數據/參數	$A_{i,j,t}$
數據單位	ha
描述	第 t 年之第 i 碳庫層的 j 樹種面積
數據來源	GIS 測量
應用的數值	由○○公司栽種之樹種與面積紀錄
量測方法和程序	專案活動開始時，以 GIS 進行分層面積測量，於申請減量額度查證時核對數據，若面積或樹種改變應進行修正，並請查驗機構於查證時確認
量測頻率	應至少於三至五年監測一次，且應於每次查證時皆要有相關監測資料
QA/QC 程序	資料應至少保存至計入期結束後兩年
數據用途	以計算專案溫室氣體淨移除量，包含使用於式1及式 3-1-1
備註	-

(二) 採樣計畫

參照《濱海藍碳—紅樹林、鹽沼、海草床碳儲量及碳排放係數評估計方法》(Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows)、《臺灣紅樹林碳匯測量標準作業程序》之研究方法執行調查工作。採樣調查對象為2011年高雄市政府栽種以及2013年社團法人高雄市野鳥學會補植之四種紅樹樹苗(當時栽植規格為 $h \geq 20\text{cm}$ 苗木)，現階段四種紅樹平均高度為1.4 - 1.6公尺，水筆仔最低為1.2公尺，海茄苳最高可達2.1公尺，2019年9月底現場進行現地調查時，由於水筆仔僅存5株，因此並未針對水筆仔做調查。在計算使用層級2之係數。於公園內針對紅樹林植物設置三處樣站(圖10，分別為海茄苳調查站(22°38'51.07"N120°17'08.13"E)、欖李調查站(22°38'49.70"N120°17'08.42"E)、五梨跤的調查站(22°38'48.55"N120°17'03.89"E)，時間起自2019年09月01日至2020年6月30日止。

1. 樣區劃設

三處樣站分別劃設樣區為海茄苳(5 m x 2 m)、欖李(5 m x 2 m)及五梨跤(20 m x 1 m)。

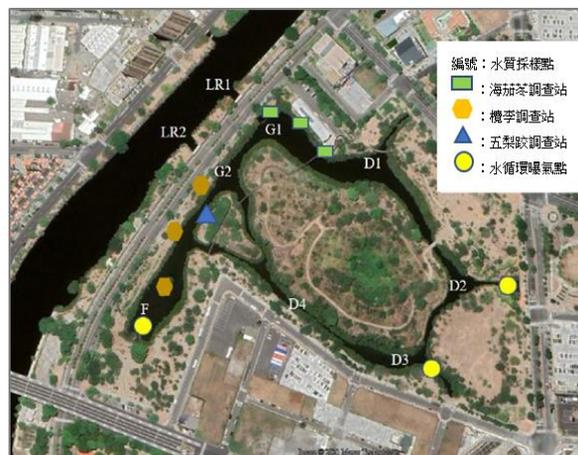


圖 10 調查樣區位置圖

2. 採樣時間

採樣期間自2019年9月至2020年6月，四種紅樹採樣均採集4次樣本。4次溫度資訊參考中央氣象局高雄氣象站所提供之氣溫資料。分別於秋季(第1次: 2019年9月26-27日)、冬季(第2次: 2020年1月21-22日)、春季(第3次: 2020年4月27-28日)、夏季(第4次: 2020年7月23-24日; 8月31-9月1日)、冬季(重複: 2020年12月16日)，考慮愛河潮汐帳退潮、天氣以及人員調配等因素進行採樣與相關數據調查，調查結束後前往國立中興大學生命科學系實驗室與貴儀中心進行研究分析。

3. 環境因子

現地監測的環境因子⁵分別為(a)水質；(b)營養鹽。其中水質使用多參數綜合水質儀，於滿潮前1個小時測量每個樣站水體溫度(Temperature)、鹽度(Salinity)、溶氧量(Dissolved oxygen, DO)及酸鹼值(pH)實驗期間各月平均氣溫及雨量值，取自中央氣象局高雄氣象站；營養鹽分析於各樣站現場以不透光褐色瓶採集，保冷帶回中興大學實驗室分析。

(三) 量測計畫其他要素

1. 專案活動之監測

專案申請者須對專案執行期間所有專案活動進行量測或文字紀錄與說明，專案活動主要包含如：造林與植林、林地管理，以及與溫室氣體排放有關之活動進行監測與紀錄。

- (a) 造林與植林：種源選擇、育苗、整地方式、存活率、試種、補植等；
- (b) 林地管理：撫育、病蟲害防治等；
- (c) 災害：毀林、颱風等。

2. 量測頻率

專案樣區的量測頻率為至少三至五年監測一次，且每次查證時皆須要有資料。應依據紅樹林樹種的生物學特性，於撰寫專案設計文件確定樣區的定期量測頻率。

3. 精準度要求：

- (a) 碳儲量和碳儲量變化參照 A/R CDM 「估算 A/R CDM 專案活動中喬木和灌木的碳儲量和碳儲量變化」(Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities) 之精準度要求。
- (b) 所有使用於估算之數據與係數，其精度之優先順序應由高至低的層級(Tier)⁶，依序為 Tier 3 主要碳庫的詳細調查、定期測量或模型計算；Tier 2 國家特定資料的關鍵係數；Tier 1 使用 IPCC 預設的排放係數。

五、專案活動期程描述

(一) 專案活動執行期間

專案執行期限為 20 年。專案活動的「起始日」，係指本專案之減量措施已完成發包簽約之造林實施日期。

⁵ 樣區檢測點潮位基本資料，詳見附件4-1。

⁶ 參照 2006 IPCC NIR 指南、2013 IPCC NIR 濕地補充指南及內政部營建署濕地碳匯作業的三種估算層級。

專案執行期限	20年
起始與結束日期	2011年起至 2031年

(二) 專案計入期

專案「計入期」是指專案活動相對於基線情境額外產生溫室氣體減排量的時間區間，專案計入期以完成註冊日後(審議會通過)起計算。

計入期	20年
是否延展	不延展
起始與結束日期	2011年起始 2031年結束

六、環境衝擊分析

對於環境衝擊分析，本專案評估了專案活動的實施對於當地生活環境、自然生態環境、社會經濟與人文環境以及景觀等四個項目的環境影響。假使專案活動的實施，可能造對上述四個項目造成重大之衝擊，則必須對衝擊進一步分析與評估。

項目	子項目	影響階段		影響程度	影響說明
		施工	完成		
生活環境	空氣汙染	√		--	施工時可能會造成塵土飛揚
	水質影響	√		-	在施工階段可能會影響水質
			√	+	紅樹林具有淨化水質之功能
	噪音影響	√		-	施工期間可能會造成輕微噪音
自然生態環境	水文			×	水文主要受愛河所影響
	土壤		√	++	提高碳匯量
	生物多樣性	√		--	施工可能會影響原棲息於荒廢水域之物種，進而降低生物多樣性
			√	+	不同功能多樣性的生態區塊，有助於提高生物多樣性
	鳥類		√	++	可作為鳥類棲息地
	生態		√	++	原環境主為泥灘地，除了美化與綠化環境，亦重現河川棲地的面貌與紅樹林環境
社會與人文環境	土地利用	√		-	在造林期間，栽植人員進出對沿線住家會造成輕微影響
			√	+	更有效的規劃了土地利用空間
	文化史蹟		√	++	重現愛河溪流生態與人文歷史
	社會結構		√	+	社區、學校、NGO 與企業參與經營管理，透過發展夥伴關係建立社區認同與凝聚向心力
	環境意識		√	++	具紅樹林展示教育性質，有助於提升環境意識
景觀	景觀美質		√	++	提高環境美感

註：+代表正面影響；-代表負面影響，符號由少到多代表影響性由輕度到重度；×無顯著影響。

七、公眾意見描述

「文化高雄：中都濕地」公聽會。於民國 99 年 1 月 12 日(星期二) PM

14：00 在高雄市議會1樓中型會議室舉辦「文化高雄：中都濕地」公聽會。

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

附表、專案執行相關單位基本資料

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

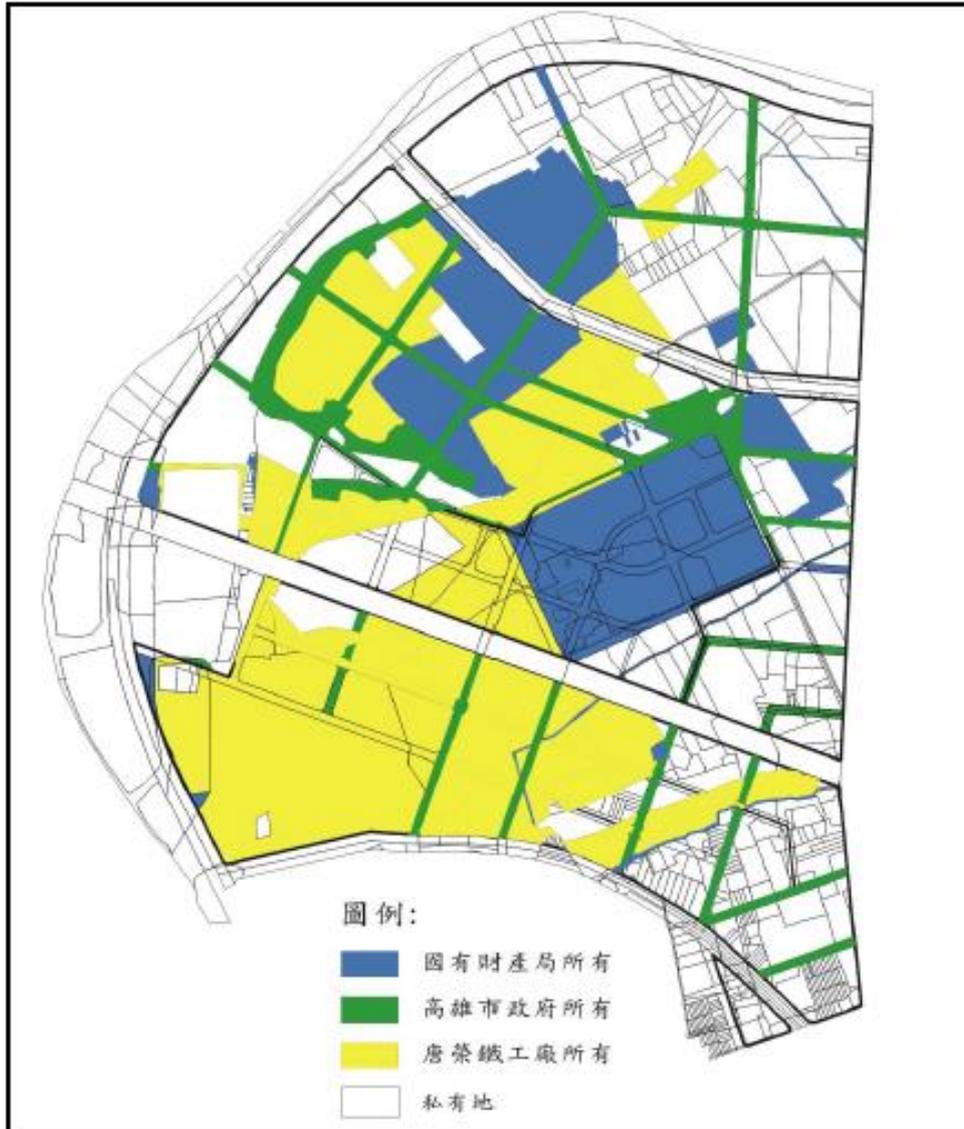
實際減量單位			
單位名稱			
統一編號			
單位地址			
聯絡人		聯絡電話	
電子郵件		傳真號碼	

註：實際減量單位與申請單位相同者免填

附件2、引用減量方法之適用性

附件2-1 土地所有權屬

所有權人	面積 (公頃)	比例 (%)
中華民國	10.3172	15.84
高雄市	7.0756	10.87
唐榮公司	20.6191	31.66
其他私有地	27.1063	41.63
合計	65.1182	100.00

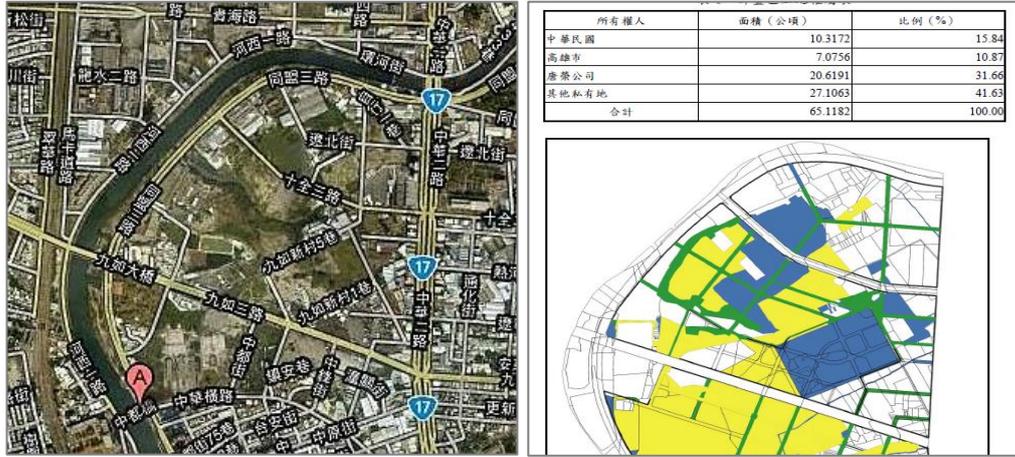


附圖 1 土地所有權屬示意圖

(高雄市政府，2008)

附件3、外加性說明附件

- (1) 由於長期人為活動因素，導致專案邊界內紅樹林植被達到劣化之狀況條件難且難以自然恢復，符合「生態條件障礙」。



附圖 2 專案執行前

- (2) 量測計畫之技術，包含抽樣與環境因子檢測等，都必須額外培訓量測人員，因此符合「技術障礙」。



附圖 3 量測人員進行紅樹林水質採樣培訓

附件4、量測計畫之背景資訊 - 專案活動量測資料

附件4-1 樣區檢測點潮位基本資料

	溫度	鹽度	導電度	溶氧	溶氧%	酸鹼值pH	濁度
G1	27.9	15.6	22.5	2.56	32.5	7.53	10.2
	28.7	18.6	29.8	1.64	20.9	7.51	7.5
	28.8	18.7	30	1.99	25.9	7.57	7.1
G2	29.6	22.4	35.2	2.14	28.1	7.51	5.6
	30	25.6	39.8	2.15	32.4	7.54	5.4
	29.8	23.7	37.1	1.6	20.9	7.53	4.3
LR1	27.6	10.1	17.03	1.84	23.1	7.64	10.2
	27.6	10.3	17.27	1.4	18.6	7.65	10.3
	27.3	9.2	15.72	1.51	18.6	7.64	9.8
LR2	27.9	11	18.54	2.22	28	7.62	11.1
	27.8	10.7	18.07	1.84	23.3	7.61	9.4
	28.1	11.7	19.6	0.45	4.9	7.58	9.9
F	28.9	40	37	3.08	40	7.56	4.8
	28.9	29.8	36.8	2.33	29.8	7.54	5.4
	29.3	31.6	38.8	2.41	31.6	7.59	12.5
D1	29.9	25.1	39	4.54	60.1	7.6	3.4
	29.7	24.1	37.7	4.33	57.8	7.59	3.2
	29.6	24.2	38.1	3.91	53.5	7.57	3.3
D2	31	25	39.5	2.11	28.5	7.42	7.9
	31	24.8	39	1.99	26.8	7.44	6.7
	31	23.7	37.1	2.14	28.5	7.42	7
D3	30.8	25.6	40	2.78	37.2	7.45	4
	30.9	25.5	40	2.69	36	7.47	4.1
	31	25.6	40.2	2.45	33	7.44	4
D4	30.2	25.5	40	1.5	20.1	7.41	3.1
	30.2	25.5	39.9	1.59	21	7.42	3.3
	30.3	25.6	40.1	1.49	19.9	7.4	3.1

	溫度	鹽度	導電度	溶氧	溶氧%	酸鹼值pH	濁度
G1	31.8	26.2	40.6	5.87	80.2	7.78	8
	31.9	25.8	40.1	6.18	83.9	7.76	7.8
	31.6	25.7	39.9	5.61	76.3	7.78	9.1
G2	31.1	25.2	39.2	5.38	72.5	7.7	3.6
	31.2	25.6	39.7	5.33	72.3	7.75	4.9
	31.3	26.2	40.6	5.12	69.5	7.76	4.7
LR1	30.8	18.3	29.3	3.88	52.9	7.66	9.2
	29.3	17.3	28.1	3.23	43	7.68	6.7
	30.7	18.4	29.9	2.53	54	7.63	9.3
LR2	31	15.4	25	5.08	68.6	7.68	8.5
	30.7	15.4	25	3.39	40.5	7.69	9
	30.7	15.6	25.4	3.04	40.7	7.66	8
F	32.6	26.7	41.1	2.6	63.1	7.6	8.4
	32.4	25.8	40	5.47	75.5	7.77	14.2
	32.5	26.5	40	5.26	73.3	7.68	16.6
D1	32	25.1	38.6	5.09	69.6	7.62	5.3
	32	24.4	38.4	5.03	68.5	7.63	4.2
	31.9	24.3	38.4	4.93	67	7.62	3.9
D2	32.2	25.2	39.1	5.82	80.1	7.7	9.8
	32.3	25.5	39.4	6.14	84.3	7.68	11.2
	32.2	25.4	40.1	7.25	99.6	7.67	9.5
D3	32.2	25.4	39.6	5.22	71.3	7.71	14.3
	32.2	25.3	40.1	5.26	72.1	7.71	15.9
	32.2	25.4	39.9	4.93	67.7	7.7	16.9
D4	32.2	27	42.1	4.11	56.5	7.56	15.1
	32.2	27	42	4.1	56.2	7.56	16.3
	32.1	27.1	42.1	3.89	53.5	7.58	17.8

2019 秋季樣區檢測點高潮位基本資料

2019 秋季樣區檢測點低潮位基本資料

	溫度	鹽度	導電度	溶氧	溶氧%	酸鹼值pH	濁度
G1	25.7	15	44.7	3.78	46.4	7.82	4
	25.7	15.5	44.8	3.86	47.1	7.83	12.2
	25.7	15.8	44.6	3.64	44.5	7.82	3.4
G2	25.8	15.7	38.6	2.52	30.6	7.69	7.9
	25.8	17.4	38.7	2.94	36.1	7.72	9.6
	25.8	14	38.6	3.65	44.6	7.74	8.5
LR1	25.9	6.4	32.7	4.09	50.3	7.73	8.4
	26	6.4	32.4	4	49.1	7.73	7.1
	25.9	6.2	32.6	4.41	54.2	7.74	4.1
LR2	25.9	6.9	32.8	3.84	47.8	7.71	3.7
	26.1	7	32.2	3.97	48.8	7.72	3
	26.1	7	32.2	4.42	53.6	7.72	6.3
F	26.14	16.8	28.1	10.94	153.6	8.31	9
	26.19	16.8	27.9	10.25	143.3	8.34	11.7
	26.19	16.8	28.1	10.66	142.3	8.33	10.7
D1	26.2	26.9	43.3	3.71	45.8	7.8	14
	26.1	27.1	43.1	3.7	45.8	7.79	13.8
	26.2	27.3	42.7	3.71	45.8	7.81	13.8
D2	26.9	21.3	35.6	5.55	69.6	7.85	9.1
	26.8	22	35.9	5.56	69.7	7.84	9.1
	27	22.2	35.7	5.56	69.5	7.88	9.2
D3	26.3	21.9	34.9	3.57	43.9	8.09	13.1
	26.3	22	35.1	3.53	43.7	8.11	13.1
	26.3	21.9	34.6	3.53	43.9	8.13	13
D4	26.3	24.2	37.8	7.06	87.7	7.93	13.2
	26.4	24.1	38.1	7.05	87.4	7.89	12.5
	26.4	24	38.1	7.02	87.1	7.93	12.7

	溫度	鹽度	導電度	溶氧	溶氧%	酸鹼值pH	濁度
G1	25.5	24.7	38.8	3.84	46.5	7.71	8
	25.4	24.9	39.1	3.58	42.7	7.69	3
	25.3	25.2	39.5	3.48	42.2	7.69	2.4
G2	27.1	24.3	38.1	5.33	67	7.79	6.3
	27	23.9	37.6	4.87	61.1	7.77	6
	26.6	22.2	35.2	4.98	61.5	7.67	4
LR1	24.4	18.2	29.3	3.48	42.2	7.68	12.3
	24.6	18.6	30	3.45	41.4	7.65	13.4
	24.9	17.9	28.9	2.96	35.6	7.56	7
LR2	24.8	19.2	30.8	3.17	35.6	7.65	8.5
	24.8	18.9	30.5	2.95	38.2	7.65	8.2
	24.8	19.5	31.3	2.82	35.6	7.63	11.4
F	28.8	26.9	41.6	11	143.1	8.18	28
	29.2	26.9	41.7	11.2	146.1	8.18	20.3
	27.7	26.9	41.7	9.42	119.7	8.12	13.3
D1	25.5	24.7	39.2	2.05	25.6	7.57	10.1
	25.6	24.6	38.4	1.99	24.6	7.58	10.4
	25.6	24.7	38.6	1.96	24.2	7.57	10.3
D2	26.4	22.1	34.8	2.7	33.7	7.57	7.8
	26.4	21.5	34.6	2.66	33	7.58	7.9
	26.4	21.3	34.5	2.59	32.5	7.57	10.3
D3	24.7	18.7	25.4	1.88	22.6	7.78	20.8
	24.6	18.3	26.5	1.87	25.1	7.84	20.9
	24.6	17.7	25.5	1.9	22.7	7.84	21.2
D4	25.1	22.1	34.9	5.08	61.4	7.8	10.1
	25.1	22.3	35.1	5.13	62.7	7.84	10.2
	25.1	22.4	35	5.17	62.8	7.86	10.3

2019 冬季樣區檢測點高潮位基本資料

2019 冬季樣區檢測點低潮位基本資料

	溫度	鹽度	導電度	溶氧	溶氧%	酸鹼值pH	濁度
G1	28.3	27.3	42.3	5.87	75.4	7.87	9.3
	28.3	28	43.2	5.65	74.8	7.87	10.6
	28.4	29.7	45.6	5.77	74.4	7.87	8.8
G2	28.5	30	46	5.82	75	7.83	8
	28.2	28.5	44	5.37	69.1	7.8	8.5
	28.2	29.2	44.9	5.74	73.6	7.87	8.9
LR1	28.4	29.1	44.8	10.69	138.9	8.16	8.1
	28.5	29.3	45.1	10.05	133.4	8.15	5.8
	27.8	29.5	45.4	10.81	138.4	8.17	5.7
LR2	28.9	29.5	45.2	12.16	158.1	8.24	4.6
	28.8	29.5	45.4	12.09	157	8.24	4.8
	28.6	29.4	45.2	12.21	157.1	8.25	7.9
F	29	28.4	43.7	5.89	77.2	7.84	25.6
	29	28.6	44	5.84	76.6	7.85	26.7
	28.9	28.6	44.1	6.14	81.1	7.87	33.7
D1	28.3	26.3	43.3	7.21	88.6	7.97	13.1
	28.4	27	43.4	7.08	83.8	7.98	13
	28.4	27.4	42.8	6.93	83.1	7.98	13.2
D2	27.7	14.3	19.9	10.81	133.1	7.84	8.9
	27.7	13.8	18.7	10.58	132.1	7.83	8.8
	27.7	14.7	19.58	10.46	131.8	7.83	8.6
D3	29	27.9	43	6.25	82	7.95	9.3
	29	28	42.2	6.26	83.5	7.95	9.3
	28.9	28.1	42.6	6.2	85.2	7.96	9.3
D4	28.5	27.1	42.2	4.15	53.6	7.82	6
	28.5	27.1	42.1	4.77	58.6	7.84	5.9
	28.4	27.1	42.2	4.66	56.3	7.83	5.9

2020 春季樣區檢測點高潮位基本資料

	溫度	鹽度	導電度	溶氧	溶氧%	酸鹼值pH	濁度
G1	32.9	22.2	34.9	4.66	65.5	7.55	14.4
	32.8	22.1	34.8	4.69	65.3	7.56	13.1
	32.9	21.9	34	4.62	65.6	7.57	13
G2	33.4	21	33.2	4.06	57	7.58	15.1
	33.3	22.2	34.9	3.05	42.9	7.55	11.7
	33.3	22.9	35.9	3.81	53.2	7.6	10.8
LR1	32.5	12.8	21.1	3.26	45.7	7.93	10.4
	32.9	14.6	24.1	3.25	45.3	7.99	11.7
	32.9	14.1	23	3.24	45.1	7.96	10
LR2	33.1	13.6	22.7	4.8	66.9	7.58	9.3
	33	14.4	23.5	5.08	70.9	7.56	9.1
	33.2	14.6	23.8	4.18	58.3	7.53	10.2
F	34.3	22.6	35.4	2.58	36.2	7.29	7.6
	34.3	22.5	35.3	2.57	36.2	7.3	7.5
	34.2	22.6	35.4	2.55	35.9	7.32	7.4
D1	32.1	21.2	33.8	3.15	43.2	7.38	9.9
	32.5	21.1	33.7	3.55	48.8	7.49	8.1
	33	21.3	32.9	4	55.9	7.57	7.6
D2	31	14.6	24.1	4.23	56.9	7.69	12
	30.5	13	21.7	4.06	54.1	7.69	11.3
	30.5	12.2	20.4	3.84	51.1	7.71	11.1
D3	31.8	17.8	28.9	1.06	14.5	7.67	19.6
	31.7	18.9	30.4	0.57	7.8	7.6	18
	31.8	18.4	29.7	0.7	9.6	7.62	17.9
D4	31.8	21.9	34.9	2.95	40.4	7.53	7.3
	31.9	21.9	34.7	2.89	39.4	7.55	7.6
	32	22	35	2.74	37.4	7.56	8.6

2020 夏季樣區檢測點高潮位基本資料

	溫度	鹽度	導電度	溶氧	溶氧%	酸鹼值pH	濁度
G1	30.4	28.7	43.7	11.91	158.6	8.29	14.5
	30.2	29	44.5	12.33	124.9	8.26	15.4
	30.1	27.6	42.6	5.52	151.4	8.3	15
G2	29.4	29.6	45.2	5.4	72.3	7.82	4.1
	29.5	29.5	45.3	5.05	70.4	7.85	4
	29.5	29.7	45.3	11.4	66.2	7.9	9
LR1	30.2	27.8	42.8	18.14	240.5	8.63	7.8
	30.3	29.2	43.5	14.97	198.4	8.53	8.4
	30.2	27.7	42.7	18.77	249.9	8.63	7.2
LR2	29.8	27.7	42.7	18.34	241	8.67	11
	30	28	43.2	19.47	257.1	8.64	8
	29.7	27.9	43.2	19.47	240	8.63	9
F	30.6	30.1	46	6.9	91.8	8.05	35.5
	30.4	30	46.2	4.05	51	8.03	37.5
	30.4	30	46.1	3.99	53.1	7.99	37.1
D1	30.8	28.8	41.2	16.84	229.4	8.55	16.6
	30.8	27.6	42	16.79	228.2	8.57	16.7
	30.8	29.5	41.7	16.85	230.1	8.59	16.6
D2	31.4	25.4	40	15.92	217.9	8.61	15.6
	31.4	25.5	40.2	15.99	217.8	8.61	15.3
	31.4	25.5	40.2	16.04	216.9	8.62	14.3
D3	29.7	26.3	41.2	7.67	96	8.44	8.5
	29.7	26.3	41.2	7.5	96	8.43	8.6
	29.7	26.3	41.2	7.44	95.7	8.41	8.8
D4	29.7	28.6	42.7	7.96	102.7	8.43	11.4
	29.7	28.7	43	7.96	105.1	8.43	11.4
	29.7	28.6	42.7	7.96	105.1	8.44	11.5

2020 春季樣區檢測點低潮位基本資料

	溫度	鹽度	導電度	溶氧	溶氧%	酸鹼值pH	濁度
G1	33.2	23.2	36.3	4.83	67.9	7.53	12.6
	33	23.8	37.1	5.39	73.9	7.66	11.5
	33.1	24.1	37.5	5	69.8	7.71	13.6
G2	34.2	20.2	31.9	6.38	89.3	7.89	10.4
	34.3	20.3	32	5.63	82.6	7.81	7.2
	34.4	20.2	32	5.64	80.3	7.85	4.7
LR1	34	17	27.4	9.48	133.9	8.02	11
	34	17.4	27.9	9.06	128.5	8.09	8.7
	34	17.4	27.9	8.81	124.8	8.03	6.4
LR2	35.6	14	22.8	16.74	243.6	8.62	18.6
	35.6	13.8	22.6	17.91	277.4	8.71	18.4
	35.8	13.9	22.8	19.62	287.4	8.69	14.4
F	36.1	22.5	35.1	11.88	168.4	8.21	43.5
	37	21.8	34.2	7.91	112.7	8.23	36.9
	37.2	22.1	34.6	12.09	173.3	8.21	15.8
D1	33.8	17.2	27.3	7.23	107.1	7.62	6.3
	33.8	16.9	27.4	7.6	107.6	7.65	6.2
	33.8	16.8	27.2	7.86	110.5	7.66	5.8
D2	33.5	11.9	20.7	6.95	95	7.86	6.4
	33.6	11.4	21.3	6.42	88.3	7.87	6
	33.5	12.8	22.6	6.48	89.6	7.85	6.6
D3	33.7	16.7	26.6	8.93	125.6	7.89	7.9
	33.7	16.9	25.7	8.45	114.4	7.87	7.8
	33.8	16.8	25.4	8.67	122	7.82	7.7
D4	34	19.6	32	5.45	77	7.62	11.6
	34	19.7	31.9	5.45	76.9	7.59	11.6
	34	19.7	31.7	5.11	72.2	7.63	11.7

2020 夏季樣區檢測點低潮位基本資料

附件4-2 植林紀錄

2011年1月22日	
五梨跤試種(賴榮一攝)	水筆仔試種(賴榮一攝)
	
2011年2月22日	2011年2月13日
欖李復育生長良好(賴榮一攝)	海茄荖復育生長良好(賴榮一攝)
	
2014年3月5日	2014年3月5日
欖李復育生長良好(崔景攝)	海茄荖復育生長良好(賴榮一攝)
	

2016年1月22日

欖李生長良好(賴榮一攝)



海茄苳生長良好(賴榮一攝)



五梨跤生長良好(賴榮一攝)



水筆仔生長良好(賴榮一攝)



附件4-3 本專案及國際研究紅樹林二氧化碳移除量

樹種及碳庫	文獻原始單位	標準單位 (t C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	參考資料
水筆仔 <i>Kandelia obovata</i> 植物體碳庫	23.96 t C ha⁻¹ yr⁻¹	23.96	林幸助與陳冠宇 (2023)
海茄苳 <i>Avicennia marina</i> 植物體碳庫	11.62 t C ha⁻¹ yr⁻¹	11.62	林幸助與陳冠宇 (2023)
五梨跤 <i>Rhizophora stylosa</i> 植物體碳庫	15.75 t C ha⁻¹ yr⁻¹	15.75	林幸助與陳冠宇 (2023)
欖李 <i>Lumnitzera race- mosa</i> 植物體碳庫	12.35 t C ha⁻¹ yr⁻¹	12.35	林幸助與陳冠宇 (2023)
水筆仔 <i>Kandelia obovata</i> 土壤碳庫	1.11 t C ha⁻¹ yr⁻¹	1.11	林幸助與陳冠宇 (2023)
海茄苳 <i>Avicennia marina</i> 土壤碳庫	1.20 t C ha⁻¹ yr⁻¹	1.20	林幸助與陳冠宇 (2023)
五梨跤 <i>Rhizophora stylosa</i> 土壤碳庫	1.70 t C ha⁻¹ yr⁻¹	1.70	林幸助與陳冠宇 (2023)
欖李 <i>Lumnitzera race- mosa</i> 土壤碳庫	1.01 t C ha⁻¹ yr⁻¹	1.01	林幸助與陳冠宇 (2023)
水筆仔 <i>Kandelia obovata</i> 植物體碳庫	19.3-21.5 t d.m. ha ⁻¹ yr ⁻¹	9.02-10.05 ⁷	Khan et al. 2009
海茄苳 <i>Avicennia marina</i> 植物體碳庫	4.80 t C ha ⁻¹ yr ⁻¹	4.80	Kathiresan et al. 2013
<i>Rhizophora mucro- nata</i> 植物體碳庫	2.75 t C ha ⁻¹ yr ⁻¹	2.75	Kathiresan et al. 2013
熱帶混生海草床 土壤碳庫	1.62 t C ha ⁻¹ yr ⁻¹	1.62	IPCC 2013

註：粗體字為本專案採用之估計值

⁷ 植物體有機碳含量百分比參考林幸助等 (2023) 《臺灣紅樹林碳匯測量標準作業程序》



附圖 4 高雄中都濕地公園公聽會
(高雄市議會公共關係室，2010)

參考文獻

1. Bimrah, K., Dasgupta, R., Hashimoto, S., Saizen, I., & Dhyani, S. (2022). Ecosystem services of mangroves: A systematic review and synthesis of contemporary scientific literature. *Sustainability*, *14*(19), 12051.
2. Kathiresan, K., Anburaj, R., Gomathi, V., & Saravanakumar, K. (2013). Carbon sequestration potential of *Rhizophora mucronata* and *Avicennia marina* as influenced by age, season, growth and sediment characteristics in southeast coast of India. *Journal of coastal conservation*, *17*, 397-408.
3. Khan, M. N. I., Suwa, R., & Hagihara, A. (2009). Biomass and aboveground net primary production in a subtropical mangrove stand of *Kandelia obovata* (S., L.) Yong at Manko Wetland, Okinawa, Japan. *Wetlands Ecology and Management*, *17*, 585-599.
4. 高雄市政府 (2008)。變更高雄市原都市計畫區 (三民區部分) 中都地區工業區及第四十二期重劃區主要計畫書 (第一階段)
5. 中研院人社中心地理資訊科學研究專題中心 (2023)。「1942-日治二萬五千分之一地形圖 (昭和修正版)」圖層預覽。
https://gis.sinica.edu.tw/showwmts/index.php?s=kaohsiung&l=JM25K_1942
6. 中研院人社中心地理資訊科學研究專題中心 (2023)。「日治二萬分之一台灣堡圖-明治」。<https://gissrv4.sinica.edu.tw/gis/kaohsiung.aspx>
7. 國家文化資料庫 (1975)。1959年林商號合板股份有限公司廠房內的貯木池。
https://nrch.culture.tw/view.aspx?keyword=%E8%A8%98%E6%86%B6%E5%BA%AB&s=630534&id=0005028932&proj=MOC_IMD_001
8. 高雄市議會公共關係室 (2010)。縣市合併應重視水域系統整治之整合。
https://www.kcc.gov.tw/News_Content.aspx?n=47&s=2238
9. 林幸助、陳冠宇 (2023)。《臺灣紅樹林碳匯測量標準作業程序》。