



【臺北市立美術館「2020 臺北雙年展」作品
《儲回大地的藝術》碳中和複層林營造案】
規劃報告

<https://www.taipeiennial.org/2020>



臺北市林業技師公會

理事 長：顏仁德

總 幹 事：陳阿興（計畫主持人）

中華民國一一零年二月一日

目錄

目錄.....	I
圖目錄.....	II
表目錄.....	III
壹、計畫緣起及目的.....	4
一、計畫緣起.....	4
二、計畫目的.....	5
貳、計畫實施地點概況及林地使用現況.....	6
一、計畫區位置及人文交通狀況.....	6
二、計畫區氣候.....	7
三、林地使用現況.....	8
參、計畫工作項目規劃及執行方法.....	9
一、計畫區森林經營規劃、資源分析及調查.....	9
二、複層林營造規劃.....	20
三、碳吸存推估與監測規劃.....	28
肆、各項工作預定期程.....	33
伍、計畫執行人力.....	34
陸、經費分配與預算明細.....	35
柒、評選意見回覆表.....	36

圖目錄

圖 1 計畫實施地點及周邊人文交通狀態.....	6
圖 2 計畫區之生態氣候圖.....	7
圖 3 計畫區之林相現況.....	8
圖 4 計畫區之海拔分布圖.....	10
圖 5 計畫區之坡度分布圖.....	11
圖 6 計畫區之坡向分布圖.....	12
圖 7 計畫區之水系圖.....	12
圖 8 計畫區之土壤圖.....	13
圖 9 計畫區之樣區位置圖.....	14
圖 10 樣區徑級分布(20 個樣區).....	15
圖 11 計畫區之林地使用分區規劃圖.....	17
圖 12 伐採造林作業區位置圖.....	18
圖 13 小規模塊狀伐採作業位置圖.....	20
圖 14 界木標示.....	21
圖 15 計畫區之造林位置圖.....	23
圖 16 計畫區之撫育作業位置圖.....	27

表目錄

表 1 計畫區之坡度分級及所佔面積.....	10
表 2 計畫區之坡向分級及所佔面積.....	11
表 3 計畫區森林資源現況樣區調查表.....	16
表 4 各規劃區域面積表.....	19
表 5 造林作業之規劃區面積、造林樹種及數量表.....	24
表 6 撫育作業規劃表.....	28
表 7 本計畫所使用之各樹種生物量碳貯存量推估之相關本土轉換係數.....	30
表 8 造林樹種不同林齡之林分蓄積量推估模式.....	31

臺北市立美術館「2020 臺北雙年展」作品 《儲回大地的藝術》碳中和複層林營造案

壹、計畫緣起及目的

一、計畫緣起

臺北市立美術館（北美館）創立於 1983 年，在過去數十年中，北美館不僅促進了臺灣近現代藝術的活絡，也持續與國際當代藝術的脈動同步。「臺北雙年展」從簡單的意義上解讀，是一個有關「當代」藝術安置在某種擴大的「全球社會」的概念裡的手段。這個大轉型歷經了十八年的時間，九屆的「臺北雙年展」就跟這座城市一樣，經歷着一段評估、改變、擴充與成長的時光。長期以來，「臺北雙年展」試圖建立一個聯結本地和國際社群的直接網絡，一個以美學、道德、社會、經濟為共同出發點，不帶任何意識形態或預設立場或既定目標的社群網絡，同時藉由國際性的展覽平臺，積極地從深度、廣度兩方面回應當代藝術之趨勢與潮流，創造雙向溝通的對話機制。

2020 臺北雙年展將以「你我不住在同一個星球上：外交新碰撞」為主題 “You and I don’t live on the same planet”— New Diplomatic Encounters，策展概念強調，當今人類對生態議題有著嚴重的對立是無從掩飾的事實。因此當前情勢已不再只是關於願景（Visions）的衝突，更是關乎認知這個世界「組成特性」的差異。原本的譬喻修辭如今已成既存的事實。標題中的「你和我」揭示了本次策展對於衝突與分歧的關注，但策展人強調，希望能轉化衝突與分歧為具建設性的對話。透過展覽、工作坊、研究計畫，本屆雙年展將轉化美術館成為一個能讓來自不同「星球」觀點交會的新形態外交場域。

基於策展的概念，北美館將地球目前所面臨的全球氣候變遷議題納入策展的概念中，期待藉由二氧化碳減量的實踐、展覽平臺及對話等方式來聯結美學、道德、社會、經濟相互間的關係，展現策展對在地及國際社會的環境維護責任。**計畫將以植林減碳的實踐，實際於策展期間於臺北市近郊之公有林地，進行有計畫性的進行營造複層林，並結合學術單位研究，分析植林後其林地在碳吸存功能的提高效益，並透過工作坊來共同關切人類藝術、環境與生活的共同議題，以實踐本次策展的核心概念。**

二、計畫目的

隨著聯合國氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)及京都議定書(Kyoto Protocol)的提出與生效，讓溫室氣體減量不再只是口號，各國需付出實際的行動，以減緩全球暖化所帶來的危機。在 2005 年起生效的京都議定書第 3.3 條即明白規範 1990 年以後所進行之造林(Afforestation)、再造林(Reforestation)及毀林(Deforestation)之二氧化碳吸收或排放淨值，可併入排放減量值計算，故林業透過造林與再造林活動，在國家溫室氣體減量中扮演關鍵角色。本計畫執行之目的：

1. 在於利用再造林的方式，以小規模林地為範圍，以永續經營為理念，規劃森林經營的作業方法。
2. 結合森林經營專業，進行複層林之營造，並評估森林碳吸存量。
3. 藉由 2020 年雙年展對在地與國際社會的穿透力，宣揚「你我不住在同一個地球上，對於生態環境的維護，必須要有相同的理念，並貢獻心力」。

貳、計畫實施地點概況及林地使用現況

一、計畫區位置及人文交通狀況

本計畫將以臺北市士林區翠山段一小段 81 號之公有地為範圍，計畫區面積為 52.70 ha，其位置如圖 1。

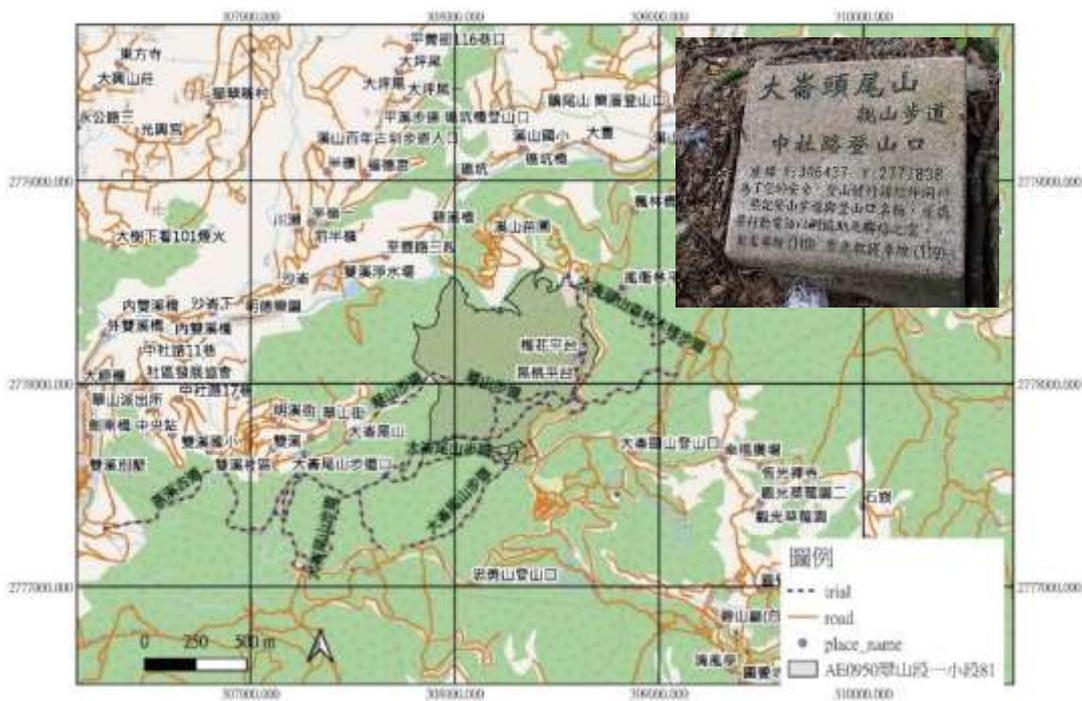


圖 1 計畫實施地點及周邊人文交通狀態

由圖 1 顯示，計畫區鄰近中社路二段，由臺北市可搭乘捷運至士林站，轉公車 255 或 255(區)至「大崙頭尾山親山步道口」下車，即可到達計畫區。計畫區內有三條步道穿越其間，包括：

1. 大崙頭尾山親山步道：該步道由計畫區北面之萬溪產業路開始穿越計畫區，可前進大崙頭山，大崙尾山為內湖地區最高山脈，可眺望外雙溪、陽明山，全程 5.4 Km。
2. 翠山步道：為一條自然步道，因步道地屬於士林區翠山里，因此命名為翠山步道，由翠山步道出發，可以銜接串連鄰近的碧溪步道、大崙頭山森林木棧道、大崙尾山登山步道，再經由中社步道繞回中社路二段。

3. 碧溪步道：為「大崙頭尾山親山步道」路線之一，由太陽廣場出發穿越計畫區可行至碧山露營區附近，沿線並設置梅花平臺、黑桃平臺及方塊平臺。三條自然步道由臺北市政府維護管理，以碎石枕木及木棧道組成，步道坡度平緩，因位處公路沿線且為各遊憩區之邊緣地帶，交通可及性與遊客使用密度相對較高，屬於一般健行步道等級。步道沿途設有觀景臺、瞭望臺，可供休憩觀景，行走其間可享受山林清境之美及吸收森林潔淨的空氣。

二、計畫區氣候

本計畫區位於臺北市士林區，本區於氣候上屬亞熱帶型氣候(圖 2)，年均溫 23.4℃，年降雨量約為 3,186.5 mm，每年 3 月至 12 月為特濕期(Perhumid)，而翌年 1 月至 2 月為相對潮濕期(Period of Relative Humid)。

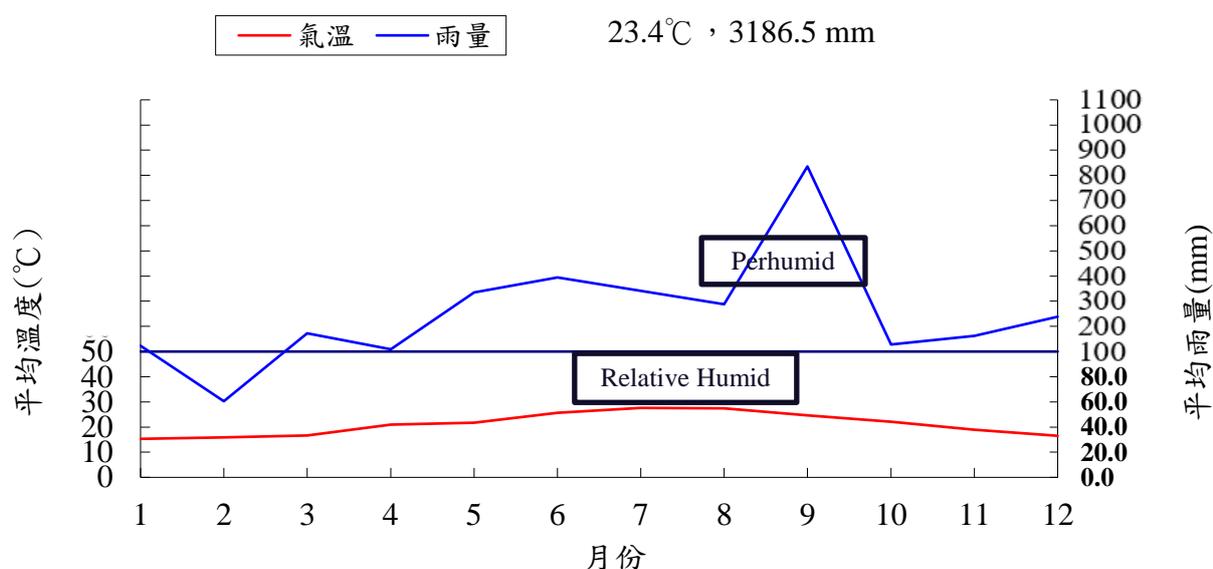


圖 2 計畫區之生態氣候圖

三、林地使用現況

計畫區之林地依據林業試驗所 2019 年臺北市林地整體發展建議委託專業服務案之調查及最新的航空照片判釋顯示，區內為早期曾為開發造林及農作之林地，現已逐步演替為覆蓋良好地闊葉樹林，屬於非保安林坡度 35 度以下且覆蓋度 70% 以上之林地，林型屬於改造天然林，因其為演替初期之林相，林地內 5 cm 以上林木密度推估約 1,660 株/ha，樣區內樹種以山紅柿(*Diospyros morrisiana*)、小葉杞(*Ardisia quinquegona*)、茜草樹(*Randia canthioides*)及鵝掌柴(*Schefflera octophylla*)為優勢，樹種平均分布，因株數密度高，樹型呈現細高狀態，超過 50% 之樣木直徑介於 5-15 cm，而胸高直徑小於 5 cm 之苗木數量僅約佔 1/6，林地透空性不足，地被植物更新不佳，碳吸存能力較差。

另依據嘉義大學於 2019 年針對大崙頭山林地所進行之樣區調查，其植物社會組成無明顯差異，上層優勢主要以大明橘(*Myrsine seguinii*)、豬腳楠(*Machilus thunbergii*)、山紅柿及鵝掌柴等組成。中層鵝掌柴、燈稱花(*Ilex asprella*)、大明橘、茜草樹等等為主要優勢。灌木層以燈稱花、鵝掌柴及糊樗(*Ilex formosana*)等為主要優勢。地被層受林冠鬱閉度影響，鬱閉度高以鬼抄羅(*Gymnosphaera podophylla*)、小月桃(*Alpinia intermedia*)及日本山桂花(*Maesa japonica*)等植物組成；鬱閉度低者以芒萁(*Dicranopteris pedata*)、燈稱花等為優勢。

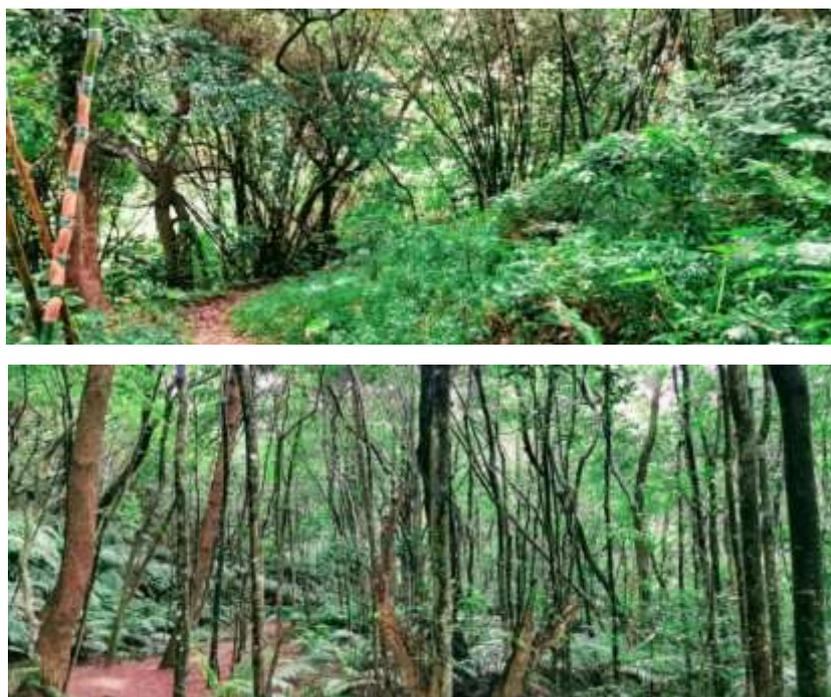


圖 3 計畫區之林相現況

參、計畫工作項目規劃及執行方法

為營造計畫區兼具有生產性與景觀性之複層林林相，提升計畫區之碳吸存能力，本計畫將使用友善環境方式以小規模塊狀伐採作業進行整地造林，以原生樹種之臺灣肖楠(*Calocedrus formosana*)、楓香(*Liquidambar formosana*)及相思樹(*Acacia confusa*)進行撫育性造林，以營造複層林林相，而所採用之造林樹種苗木由林業相關機關提供，若造林樹種之苗木供應不足時，得以適地適木之原生樹種補足之。

計畫主要工作項目包括：

1. 計畫區之分析、調查與規劃。
2. 複層林營造規劃。
3. 碳吸存推估與監測規劃，並完成實際造林工作。

各工作項目之執行方法分述如下：

一、計畫區森林經營規劃、資源分析及調查

本計畫將以計畫區(52.70 ha)作為經營規劃範圍，且針對計畫區進行小面積伐採造林作業以營造複層林，為適當規劃伐採作業區之空間位置，以 20 m × 20 m 之數位高程資料及相關地理資料圖層，進行計畫區之氣象、地形、水文分析，並設置地面調查樣區，進行森林資源量化與質化資料之盤點調查。

(一)計畫區之基地分析

本計畫以 2019 年之航空影像、數位高程資料及相關之地理圖資，進行計畫區之海拔高、坡度、坡向、水系、地質及土壤分布資料之分析，其結果分述如下。

1. 地形分析

計畫區海拔高度範圍約 150-450 m，高低差約 300 m，屬於低海拔山區地形如圖 4；坡度介於 0-55% 之間，大部分地區屬於二級坡與三級坡，佔總面積 86.87%，坡度分布表，如圖 5 與表 1 所示。

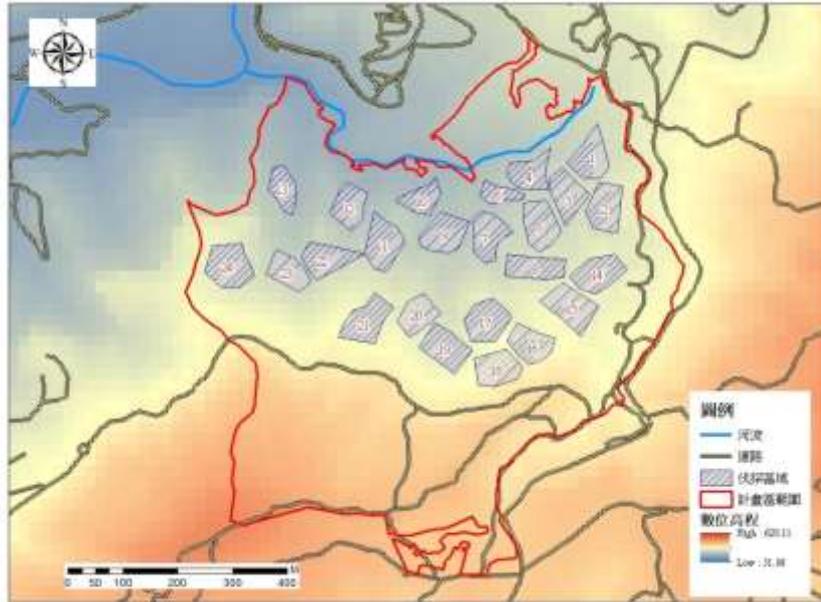


圖 4 計畫區之海拔分布圖

表 1 計畫區之坡度分級及所佔面積

坡地分級	坡度	面積(ha)	百分比(%)
一級坡	小於 5%	0.5	0.87
二級坡	5%-15%	11.0	20.84
三級坡	15%-30%	34.8	66.03
四級坡	30%-40%	6.0	11.31
五級坡	40%-55%	0.5	0.94
六級坡	大於 55%	0	0.00
總計		52.7	100.00

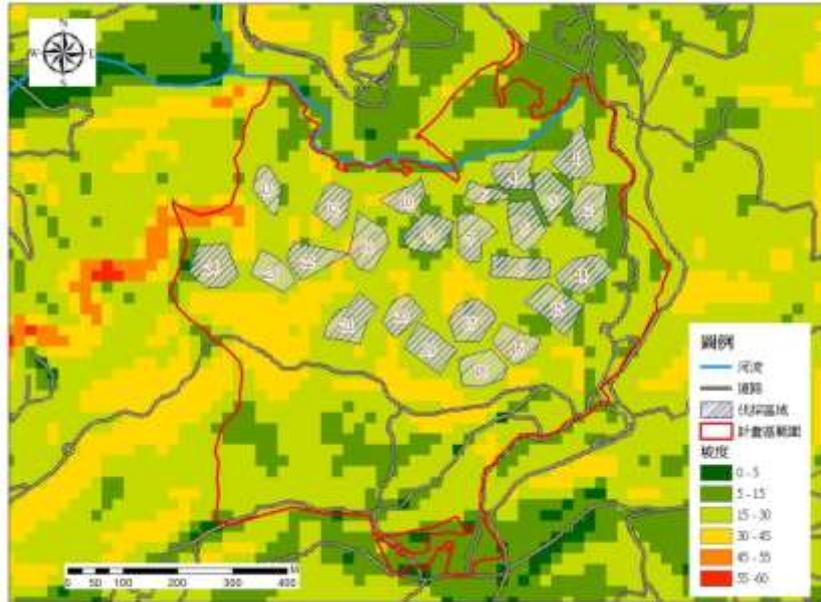


圖 5 計畫區之坡度分布圖

本計畫區之坡向以東北向所佔面積最大(18.7 ha，佔 35.52%)，西北坡及西向次之，分別為 11.51 ha 及 8.32 ha，如表 2 與圖 6 所示。

表 2 計畫區之坡向分級及所佔面積

坡向	面積(ha)	佔全區百分率(%)
北向	0	0.00
東北向	18.7	35.52
東向	6.6	12.43
東南向	3.3	6.21
南向	2.6	4.86
西南向	3.3	6.31
西向	7.7	14.55
西北向	10.6	20.12
總計	52.7	100.00

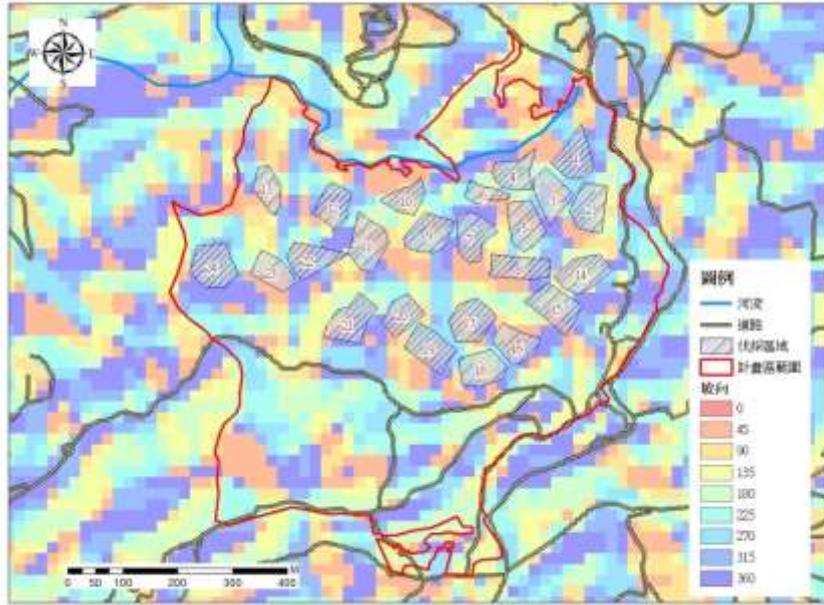


圖 6 計畫區之坡向分布圖

2. 水系

計畫區屬於內雙溪支線流域，其流域經計畫區北處流向內雙溪，如圖 7 所示。

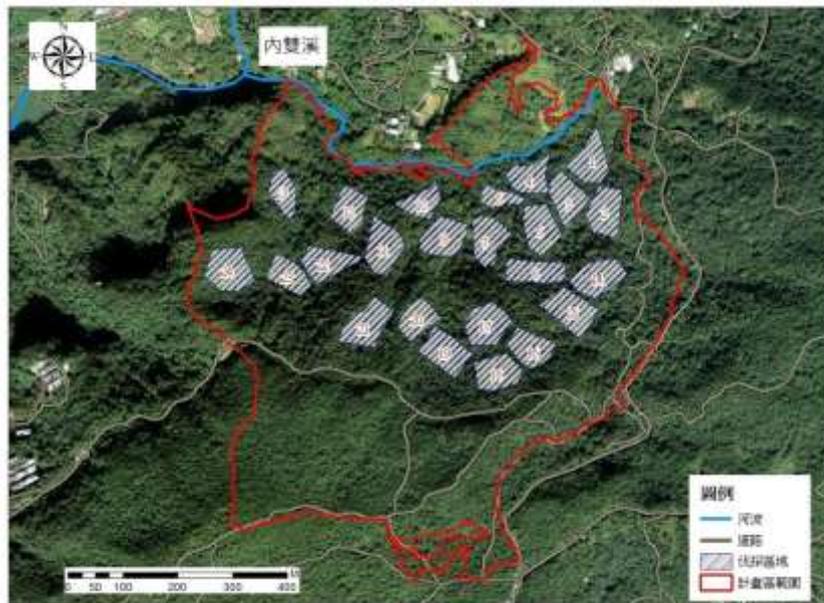


圖 7 計畫區之水系圖

3.地質及土壤

計畫區內屬於古老之沉積岩，於雙溪河床為大寮層可見由厚層塊狀砂岩和頁岩或砂岩、頁岩互層所組成，而主要土壤以幼黃壤土為主如圖 8。



圖 8 計畫區之土壤圖

(二) 計畫區森林資源現況調查

本計畫以施業區(伐採區域)10.02 ha 進行作業面積之 10%進行取樣，取樣總面積為 1 ha，本區現狀屬次生林地，為有效掌握目前林分狀況，於施業前已進行施業範圍內森林資源調查，樣區面積以 0.05 ha 進行立意取樣，共計 20 個樣區其位置如圖 9，其中伐採造林區 13 個樣區，對照區(未伐採)7 個樣區，調查項目包括：樹種、胸徑及樹高，樣區分析內容包括樹種組成及林分結構分析，以供為伐採作業之參考。

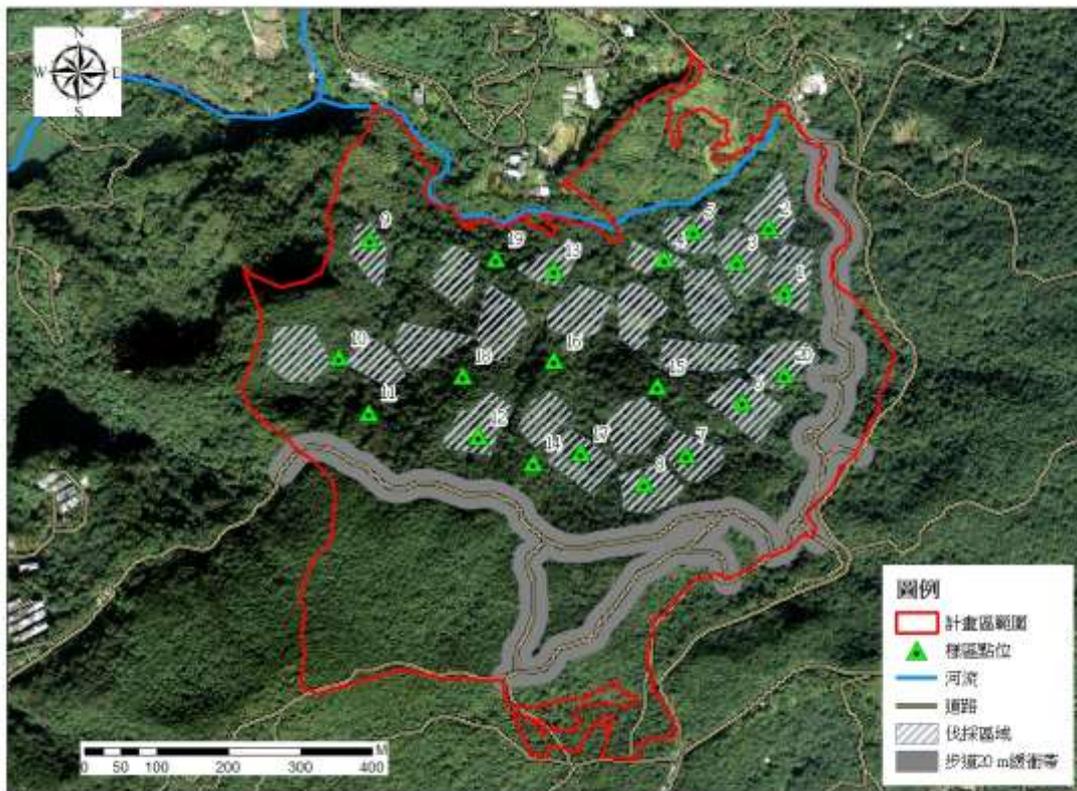


圖 9 計畫區之樣區位置圖

經由本次調查發現計畫區內有少數草生地，推測為過去於計畫區內有崩塌導致有小面積草生地出現，而樹種組成以大明橘、豬腳楠及鵝掌柴等為優勢木，燈及茜草樹等為次優勢木，灌木層以燈稱花、鵝掌柴等為主要樹種。地被因受林冠鬱閉度之影響，鬱閉度高之區域以鬼桫欏為優勢樹種；鬱閉度低之區域以芒萁 (*Dicranopteris pedata*) 為優勢。在計畫區進行調查後結果顯示其胸徑多數以 5-10 cm 之林木組成，胸徑大於 25 cm 者為少數，而林木平均胸徑約為 11.75 ± 6.54 cm、樹高約為 6.54 ± 1.84 m、平均每公頃蓄積量約為 96.18 m^3 如表 3，其林分結構分析如圖 10。

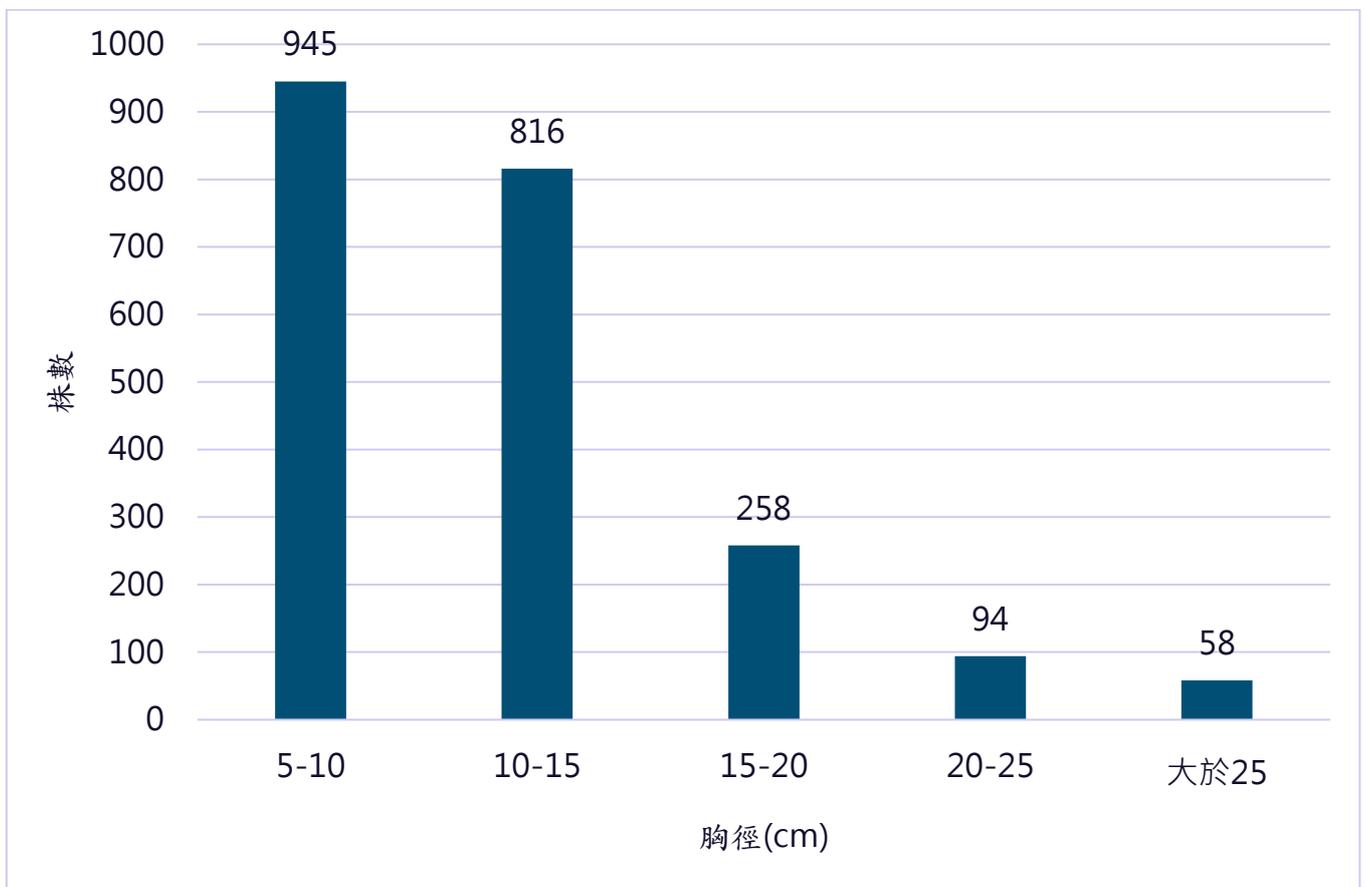


圖 10 樣區徑級分布(20 個樣區)

表 3 計畫區森林資源現況樣區調查表

樣區編號	樣區位置(TWD 97 坐標) X、Y		林型	平均胸徑(cm)	平均樹高 (m)	每公頃株數	蓄積量(m ³ /ha)
1	308551	2778270	闊葉次生林	10.70±5.21	5.98±1.01	2,160	81.88
2	308529	2778360	闊葉次生林	11.58±5.89	6.03±1.30	2,200	81.40
3	308485	2778310	闊葉次生林	11.56±5.28	6.15±1.33	2,060	81.67
4	308383	2778310	草生地				
5	308424	2778350	闊葉次生林	12.21±4.94	6.58±1.12	2,400	91.77
6	308492	2778110	闊葉次生林	12.41±4.38	6.11±1.77	2,280	99.55
7	308413	2778040	闊葉次生林	10.56±5.78	6.10±1.50	1,920	80.93
8	308355	2778000	闊葉次生林	10.39±4.72	5.94±1.11	2,160	97.56
9	307974	2778340	闊葉次生林	11.52±4.93	7.9±1.57	2,220	99.21
10	307931	2778170	闊葉次生林	11.10±4.13	7.35±1.10	2,140	83.93
11	307973	2778100	闊葉次生林	12.86±5.26	7.71±1.73	2,160	110.01
12	308125	2778060	闊葉次生林	13.08±4.32	6.74±1.23	1,880	113.11
13	308229	2778300	闊葉次生林	10.38±4.39	7.44±1.60	2,200	103.27
14	308201	2778030	闊葉次生林	12.12±4.02	5.14±1.06	2,060	86.9
15	308374	2778130	闊葉次生林	10.91±4.90	6.16±1.49	2,300	99.71
16	308230	2778170	闊葉次生林	11.13±5.43	6.08±1.18	2,100	100.16
17	308270	2778030	闊葉次生林	13.68±5.21	7.90±1.80	2,140	111.65
18	308103	2778150	闊葉次生林	12.47±5.65	5.41±1.75	2,100	84.62
19	308150	2778310	闊葉次生林	12.95±4.39	6.19±1.42	2,360	101.64
20	308551	2778150	闊葉次生林	11.57±5.54	7.26±1.62	2,400	118.41
合計				11.75±6.54	6.54±1.84	2,180	96.18

註：平均值±標準差

(三)林地使用規劃

本計畫以提升森林的碳吸存為規劃理念，配合森林資源之現況及環境周遭環境，計畫區(52.70 ha)之土地使用規劃，係透過地理資訊系統(Geographic Information Systems, GIS)以本區之步道系統、地文及水文資料，進行環域分析(Buffer analysis)及套疊分析(Overlay analysis)，將林地坡度屬於 1~3 級坡之處規劃為複層林規劃區，屬於 4~5 級坡及溪流、步道兩旁將之 20 m 的緩衝帶列為景觀林區，本計畫可供規劃複層林營造之面積為 30.11 ha 如圖 11，而本計畫將採用小面積塊狀伐採方式，共規劃 24 個伐採造林作業區其總面積為 10.02 ha 如圖 12 與表 4。

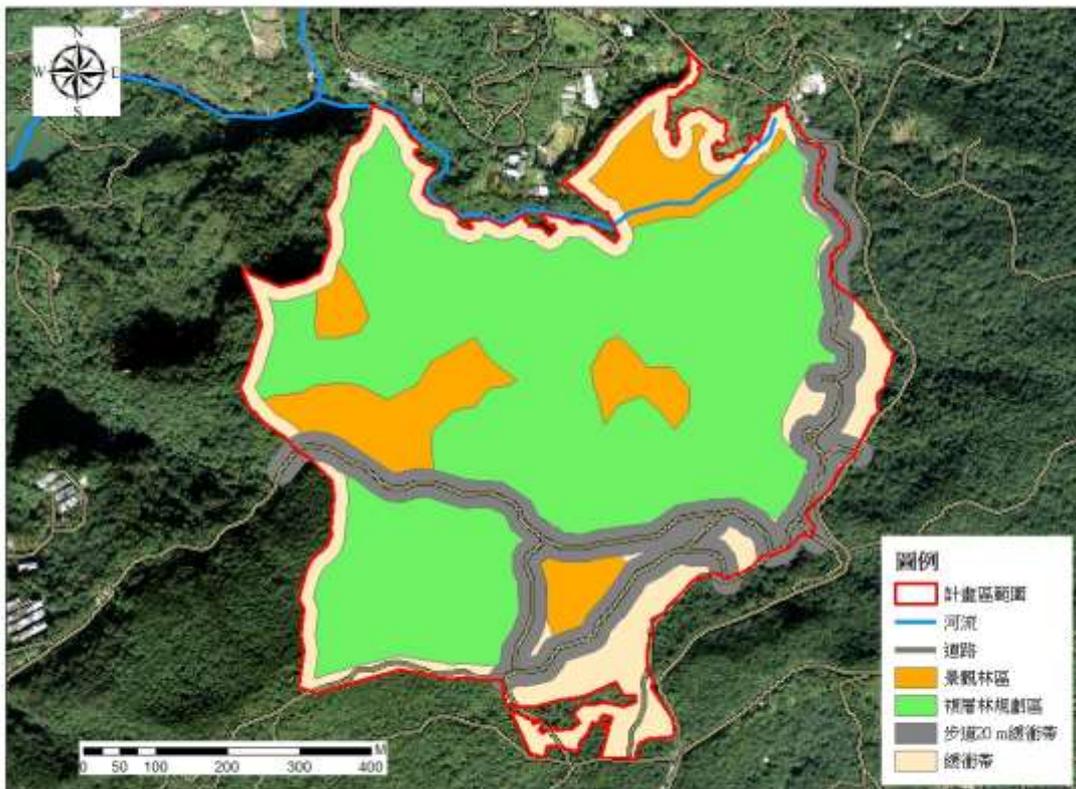


圖 11 計畫區之林地使用分區規劃圖

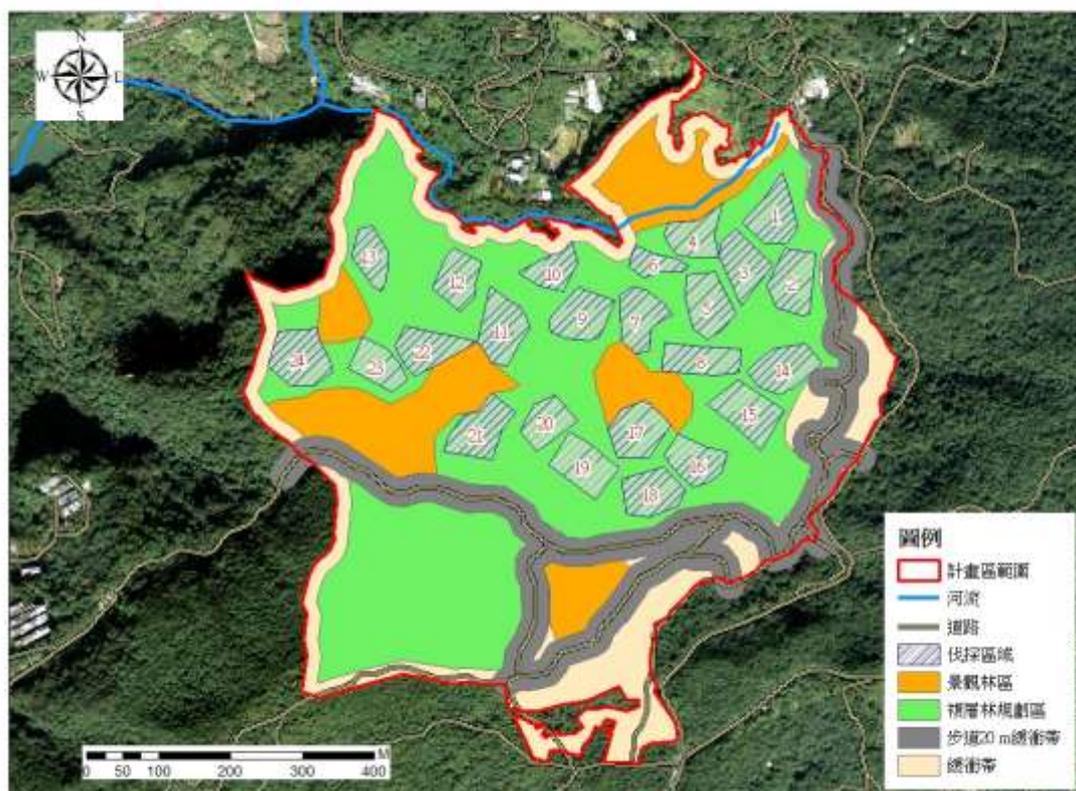


圖 12 伐採造林作業區位置圖

表 4 各規劃區域面積表

編號	經營規劃區(林班)	面積(ha)	平均坡度	實際作業區編號	面積(ha)
1	複層林規劃區	30.11	20.84±4.10	1	0.43
				2	0.47
				3	0.42
				4	0.37
				5	0.46
				6	0.20
				7	0.43
				8	0.41
				9	0.46
				10	0.29
				11	0.51
				12	0.37
				13	0.30
				14	0.46
				15	0.5
				16	0.39
				17	0.48
				18	0.44
				19	0.47
				20	0.35
				21	0.50
				22	0.42
				23	0.35
				24	0.54
小計		30.11	---	---	10.02
2	景觀林區	6.63	27.24±7.49	---	---
3	緩衝帶	15.96	---	---	---
合計		52.70	---	---	---

二、複層林營造規劃

本計畫複層林之營造規劃以固定成本達到最高經濟效益之造林撫育作業面積，並於計畫執行期間內選擇最佳之造林季節進行小規模塊狀伐採及撫育作業，施業過程將提供造林地植樹活動之影音紀錄資料，於臺北市美術館舉辦美術聯展期間，針對植林減碳議題提供宣導題材。

(一)小規模塊狀伐採作業

由於本計畫規劃之作業方式為小規模塊狀伐採作業，因此以複層林規劃區域(30.11 ha) 選擇面積約為 10.02 ha (24 處小規模塊狀作業區域) 作為本次計畫複層林林相營造之伐木、整地、造林及撫育作業，為減低伐採作業對生態環境之衝擊，以未伐採區域(20.09 ha) 作為各伐採列區之緩衝區，以複層林規畫區之面積計算，其伐採面積比率為 33.28% (緩衝區之面積比例為 66.72%)，伐採列區位置如圖 13。伐採列區之伐木作業，針對具有珍貴稀有樹種或胸徑大於 25 cm 以上者在不影響造林木生長時應於保留，以增加林地樹種的多樣性。

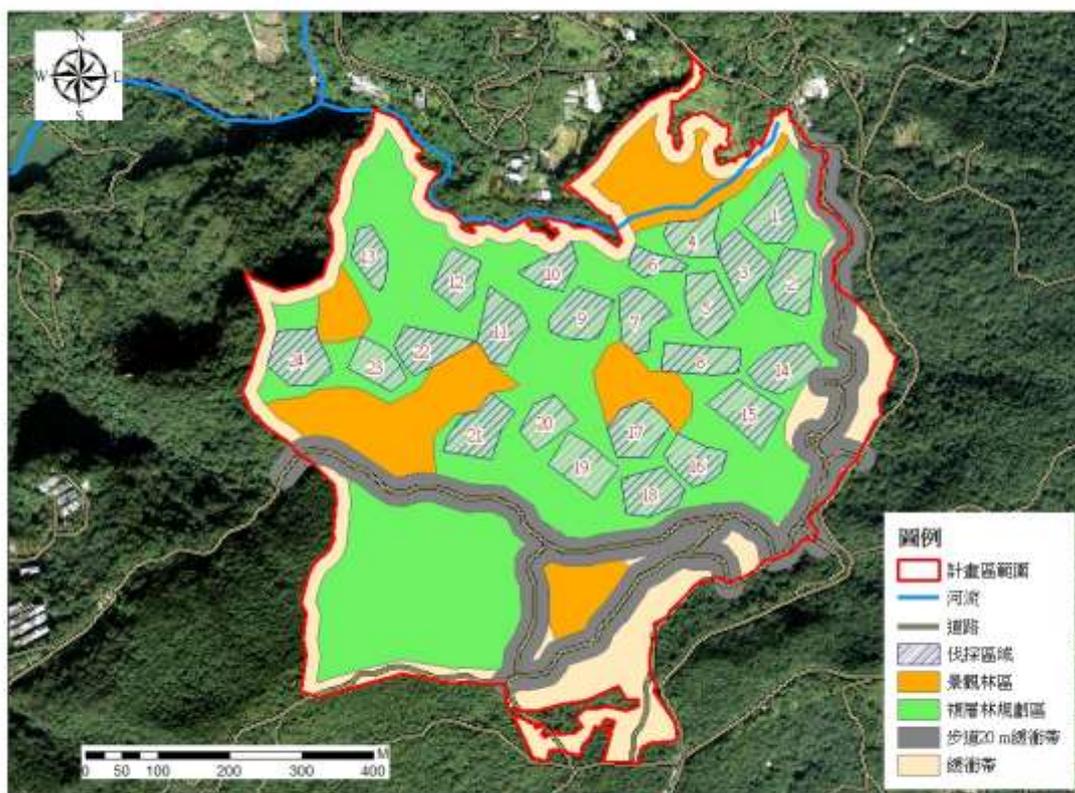


圖 13 小規模塊狀伐採作業位置圖

伐木、整地、造林及撫育作業規劃分述如下:

1. 伐採列區位置之定位及界木標示:

利用高精度工程測繪儀(RTK)、高解析度航測影像及掌上型雙星定位儀，進行伐採列區之界木及複層林營造規劃區域邊界之定位，並以噴漆方式進行界木標示，以利伐採列區之邊界及伐木、整地、造林及撫育面積及位置之確認，如圖 14。



圖 14 界木標示

2. 整地作業

由於計畫區之伐木對象為小徑木之次生林樹種林木，不具有利用價值，為減少作業成本，會將伐倒木進行分段(1-1.5 m)處理，並堆置於現場及緩衝帶，以維持水土保持。為有利於造林作業，本計畫將沿等高線以橫坡步道方式，進行造林整地。整地作業程序如下：

- (1)以橫坡方式整地造林為原則，但如遇空地內陡坡或殘林過多，致整地困難時，經林業技師監工人員核實後，始得按地形以順坡整地造林。
- (2)橫帶造林整地工作：橫帶開設每隔 2-3 m 設一橫帶，植帶寬度 1.5 m 以上，遺留地被高度不得超過 10 cm、樹頭高度不得超過 20 cm；列間帶寬度 1.5 m 以下，如整地時伐除竹木過多，無法按規定進行整地或植列內遇樹頭或岩石或保留木，無法按規定株距栽植時，得酌量增減尺度，遺留地被及樹頭高度 30 cm 以下，伐除之竹、林木、枝芽整齊堆放於植列兩旁及林地之自然暗溝中，以增加推積木對水土保持之功能。(3)砍除之草、木頭須整齊堆置排於植列兩旁，另竹類砍除後，須放倒整齊堆置排於植列兩旁及林地自然暗溝中。

3. 林木伐採作業程序

- (1)伐採列區之邊界經確認後，於伐採列區內伐除所有非保留木，經確認之珍貴稀有樹種或徑級大於 25 cm 以上確有保留價值之林木，不得砍除。
- (2)疏伐順序：自林分之下坡向嶺線方向依序伐採。
- (3)伐倒前準備：倒木方向之地表如有突起物、灌叢、根株或岩塊等障礙物時，應先清除，以免危險及倒木損傷。
- (4)砍伐完成後的立木不搬出利用，且樹頭作業應低於 20 cm 以下，並將枝條及殘材妥善排列整齊。

(二)造林作業

1.造林樹種選擇與造林密度

(1) 造林樹種選擇

樹種之選擇應適地適木，並以目前林務局規劃列為國產材之樹種，本計畫選定之主要造林樹種以臺灣肖楠、相思樹、楓香等本土樹種；有關造林樹種將視現場環境及林務局提供苗木之情況進行彈性調整。

(2) 造林密度

依據本計畫規劃之伐採作業位置及面積，進行造林作業，造林規劃總面積約為 10.02 ha，造林密度為每公頃 1,000 株，而因考量苗木會有自然枯死之風險，因此將造林苗木總株數之 20%作為預留株數，以每公頃 1,200 株進行造林，造林位置及樹種配置如圖 15 及表 5。

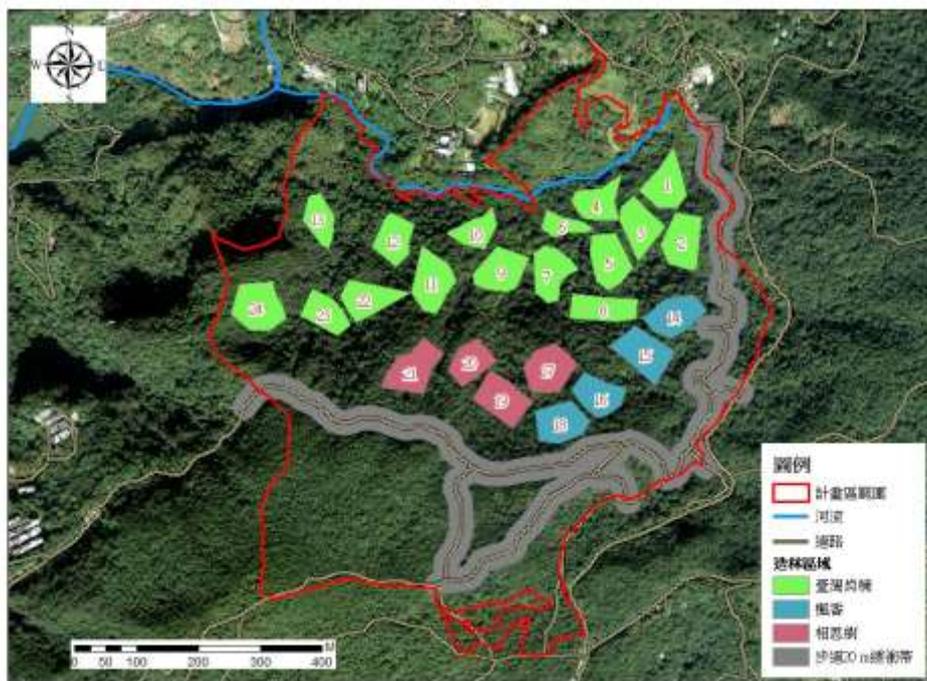


圖 15 計畫區之造林位置圖

表 5 造林作業之規劃區面積、造林樹種及數量表

造林作業之規劃區編號	面積(ha)	造林樹種 株數(含 20% 自然枯死)*	造林數量(含 20% 自然枯死)
1	0.43	臺灣肖楠	516
2	0.47	臺灣肖楠	564
3	0.42	臺灣肖楠	504
4	0.37	臺灣肖楠	444
5	0.46	臺灣肖楠	552
6	0.2	臺灣肖楠	240
7	0.43	臺灣肖楠	516
8	0.41	臺灣肖楠	492
9	0.46	臺灣肖楠	552
10	0.29	臺灣肖楠	348
11	0.51	臺灣肖楠	612
12	0.37	臺灣肖楠	444
13	0.30	臺灣肖楠	360
14	0.46	楓香	552
15	0.50	楓香	600
16	0.39	楓香	468
17	0.48	相思樹	576
18	0.44	楓香	528
19	0.47	相思樹	564
20	0.35	相思樹	420
21	0.50	相思樹	600
22	0.42	臺灣肖楠	504
23	0.35	臺灣肖楠	420
24	0.54	臺灣肖楠	648
合計	10.02	共計臺灣肖楠 7,716 株；楓香 2148 株； 相思樹 2,160 株	12,024

*註：造林樹種會再以現場環境進行調整，且若苗木不足部份以該區環境適合之原生樹種進行栽植。

2. 造林季節

造林季節，依據計畫區之生態氣候圖分析結果，本區造林宜於初春苗木休眠甦醒之前，其造林季節以 12-3 月為佳，最晚宜在梅雨季結束之前完成出栽作業；理想之苗木出栽天氣為陰天且土壤濕潤時。本計畫預定於 2 月中旬開始進行造林。

3. 苗木規格

苗木規格應配合樹種特性、造林地環境等，因地制宜來綜合考量，而一般苗木應以苗高 >50 cm 或地徑 >0.60 cm 為佳。

4. 新植苗木標準程序

- (1) 苗木栽植及樹種配置方式：苗木由廠商向林業相關機關申請提供，苗木搬運則委由廠商處理。
- (2) 於橫帶上栽植，株行距約 2 ± 0.2 m。
- (3) 在袋苗運往造林地前務須充分灌水，並避免強日曝曬，搬運時不得破壞袋內土壤，並損壞苗木。
- (4) 如障礙木過多，無法按規定行距整地或植列內遇樹頭或岩石或保留木，無法按規定株距栽植時，得酌量增減尺度，但每公頃栽植株數不得少於規定栽植株數。
- (5) 栽植後於每株苗木旁豎立長度 100 cm 以上竹（木）片標誌，寬 3 ± 1 cm，厚 1.5 ± 0.5 cm，若為圓柱形直徑 2 ± 0.5 cm，出土竹(木)片末端噴紅色油漆 5 ± 1 cm 環繞竹(木)片明顯標示，以示植株記號，並用繩或帶將苗木與標示桿於適當位置適度捆綁，以使苗木挺立。

(三)撫育作業

依據本計畫造林作業之位置及面積作為撫育作業之位置及面積，撫育作業面積約為 10.02 ha，而造林後需適時實施刈草、除蔓等撫育作業，並適度清理非造林目標樹種或與經營目標相衝突之稚樹；一般經濟林於出栽後 6 年內實施刈草除蔓，各年度可依序實施 3、3、2、2、1、1 次，且應特別注意避免損傷栽種之苗木。當造林苗木逐漸鬱閉時，即應適時予以修枝或適度疏伐等中後期撫育，以調整林分結構、增進森林健康。若為遊憩景觀林及環境保育林，則造林後之撫育作業頻度及方式，則應配合經營目標彈性實施。其關於撫育作業之刈草、除蔓、修枝作業如下。

1.刈草

苗木出栽後，應在苗木受雜草抑制之前實施刈草，其頻度在剛出栽時較高，之後依年度減少，也可參酌苗木與雜草二者之生長高度與競爭關係進行調整，同時須特別注意機械除草時切勿傷及苗木，形成刈傷，以免影響後續苗木之存活、生長、良好形質。刈草標準如下：

- (1)刈草須依照原種植之橫行或縱行，順等高線，水平條割。
- (2)刈草須儘量砍伐，並將植列所割雜草整齊堆移於列間草帶內。
- (3)造林地內一切雜草及其他間作物、竹類等應悉數砍除，不得留存，竹類砍除後並堆置排列整齊於雜草堆積帶上。
- (4)樹苗及竹(木)片如遭遇蔓藤纏繞必須清除蔓藤連根拔除，傾斜之苗木及竹片，應即予扶直，竹片並插深牢固。
- (5)植穴內除草時並應隨時加以培土，俾免苗木根部裸露出土面。
- (6)小灌木須鋸斷橫放成行於雜草堆積帶上，所留根株不得超出 20 cm。

而本年度刈草作業預定於 5 月、7 月以及 10 月前各執行一次，並依實際需求進行調整。

2.除蔓

剛出栽之苗木經常受林地蔓藤攀爬，不僅阻擋苗木之光合作用，亦常造成苗木彎曲，嚴重影響苗木之存活與生長，因此有必要於第一時間內完全連根剷除蔓藤，其頻度於出栽後各年度依序實施 3、3、2、2、1、1 次為原則，同時可依造林地之環境、苗木大小、蔓藤種類及數量等進行調整。而本年度除蔓作業預定於 5 月、7 月以及 10 月前各執行一次，並依實際需求進行調整。

3.修枝

苗木造林後須實施修枝，特別是當造林目的為經濟用材時，更有必要修枝以養成良好形質，同時避免死節及腐節等發生，以提高林木之利用價值。修枝宜儘早實施、一般應在枝徑小於 5 cm 內進行，修枝之高度宜同時對樹種、冠幅、鬱閉度、養成目標等綜合考量。修枝之位置應考量樹幹與枝修之接合部位組織，以傷口最小、切口平整、癒合最快為原則。就大崙頭山造林地而言，栽植臺灣肖楠之永續林木區應於出栽後 2 年每年均實施乙次條枝，以養成優良形質。而根據本計畫之撫育作業規劃位置及面積如下圖 16、表 7 所示。

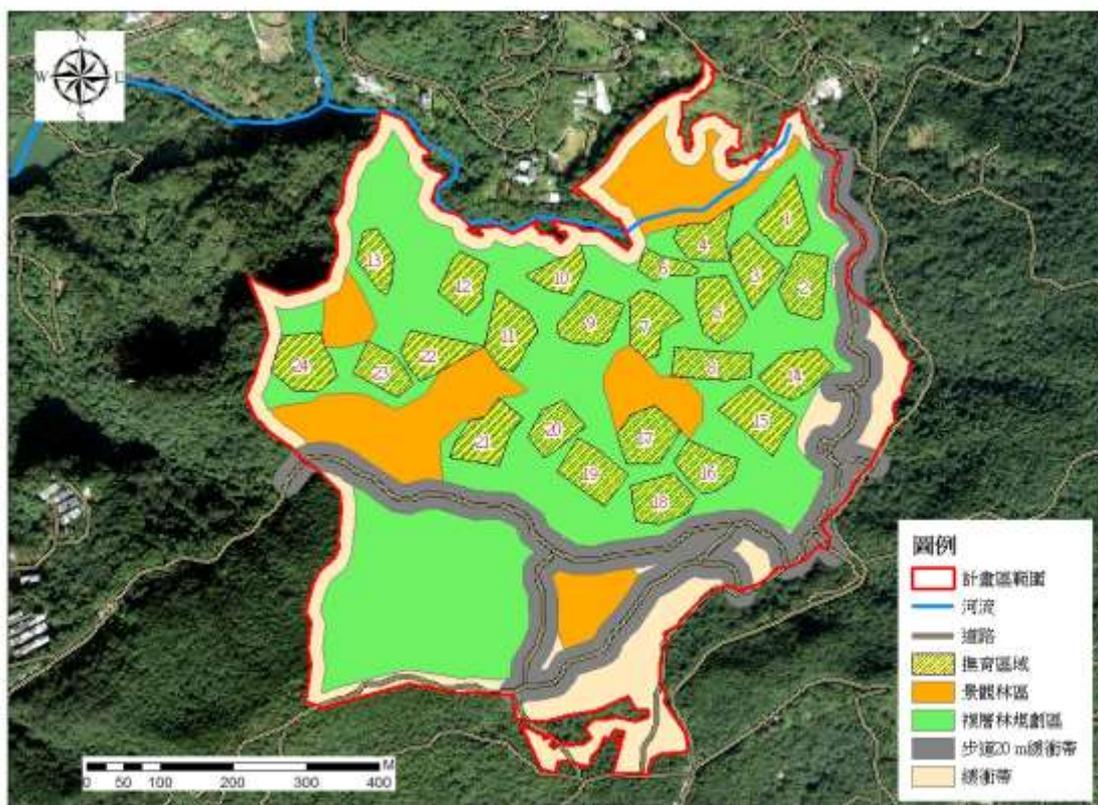


圖 16 計畫區之撫育作業位置圖

表 6 撫育作業規劃表

年度(民國)	撫育位置:	撫育作業別(次數)	撫育面積 (ha)	備註
	撫育作業區域編號			
110	1-24	刈草*3(5月、7月、10月)、 除蔓*3(5月、7月、10月)	10.02	
111	1-24	刈草*3、除蔓*3	10.02	
112	1-24	刈草*2、除蔓*2、修枝*1	10.02	
113	1-24	刈草*2、除蔓*2、修枝*1	10.02	
114	1-24	刈草*1、除蔓*1、修枝*1	10.02	
115	1-24	刈草*1、除蔓*1、修枝*1	10.02	
總計			60.12	

有關詳細之複層林營造成果將依採購契約於 110 年 5 月 31 日提出「複層林營造成果報告書」。

三、碳吸存推估與監測規劃

「2020 臺北雙年展」展覽活動所產生的碳排放量，經藝術家推估約為 390 公噸二氧化碳排放量。本計畫係以次生林之林相改良作業，透過伐木更新手段，藉由造林木的生長，提升森林的碳匯功能。本計畫係以政府間氣候變遷小組(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)及環保署所通過之 AR-AMS0001 小規模減量方法-造林與植林碳匯專案活動之森林碳吸存量推估方法及本土樹種之生物量擴展係數，進行複層林經營區之碳吸存量推估，以瞭解植樹造林對雙年展所排放之 390 ton 二氧化碳進行碳中和(平衡)之貢獻，並評估達成碳中和目標之林木生長大約期限。

本計畫碳排放量除「2020 臺北雙年展」展覽活動所產生的 390 ton 碳排放量外，加入作業之伐倒木的碳排放量及施工作業中產生之碳排放，並估算達到因舉辦雙年展所產生之碳排放量平衡之年限，推估方式分述如下：

(一)碳排放量之估算

為了合理推估植林的碳中和成效，本計畫將伐木造林作業所產生之碳排放量(伐倒木與施工所造成之碳排放)及伐倒木之碳排放量一併納入雙年展碳排放量中，為此次活動之碳總排放量(碳中和量)，其計算公式如(式 1)。

$$(C_{\text{展覽活動之碳排放}} + C_{\text{伐倒木之碳排放}} + C_{\text{伐木造林作業之碳排放}}) = C_{\text{總碳排放}} \text{-----(式 1)}$$

式 1 之 $C_{\text{展覽活動之碳排放}}$ ：為「2020 臺北雙年展」展覽活動所產生的碳排放量； $C_{\text{伐倒木之碳排放}}$ ：為伐倒木之碳排放量； $C_{\text{伐木造林作業之碳排放}}$ ：為複層林營造作業之碳排放量。

雙年展碳排放量由主辦單位自行聘請專家評估約為 390 ton。

伐倒木因不搬出使用，置放於林間自然腐朽而排放碳量，其碳排放量係以伐採之材積量乘以木材絕乾比重再乘以木材之碳含量百分比即可得之。

伐木造林作業所造成之碳排放量，係指營造複層林期間所使用之油料量，計算基準以 1 公升汽油燃燒產生 2.2 Kg CO₂ 計算之。

(二)碳吸存量及碳貯存量之估算

林木因具有光合作用能力，能藉由光合作用固定大氣中之 CO₂，達到碳匯(Carbon sink)功能，林木連年生長量所轉換之碳量稱之為碳吸存量(Carbon sequestration)，而林木生長的累積蓄積量所轉之碳量稱之為碳貯存量(Carbon storage)。

本計畫將以生物量擴展係數法，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(式 2 至式 4)，後續根據 IPCC 規範的計算公式，由林分材積生長估算生物量增加所致的碳庫變化，和樹種的「地上部材積與生物量轉換係數(BCEF)」、「地下部生物量與地上部生物量比例(R)」、「碳含量轉換係數(CF)」三項參數有關，亦即將林分每公頃「樹幹材積年淨生長量」乘以[BCEF×(1+R)×CF]即能算出其每公頃每年的碳變化量。其中 BCEF 亦可以用地上部生物量擴展係數(Biomass Expansion Factor, BEF)與基礎密度(D)相乘而得，或 BCEF×(1+R)亦可利用全株與幹材材積比率「擴展係數」(Expansion Factor, EF)與基礎密度(D)相乘而得(式 5 至式 7)，其係數表如表 7。

$$V_{\text{臺灣肖楠}} = 0.0000944 \times D^{1.9947405} \times H^{0.65969} \text{-----}(式 2)$$

$$V_{\text{楓香}} = 0.00008626 \times D^{1.8742} \times H^{0.8671} \text{-----}(式 3)$$

$$V_{\text{相思樹}} = 0.0002045 \times D^{1.4366684} \times H^{0.8480426} \text{-----}(式 4)$$

註：V：為該樹種單株樹幹材積(m³)；D為林木胸徑；H為林木樹高

$$\sum_{i=1}^n C = V \times BCEF \times (1+R) \times CF \text{-----}(式 5)$$

$$\sum_{i=1}^n C = V \times BEF \times D \times (1+R) \times CF \text{-----}(式 6)$$

$$\sum_{i=1}^n C = V \times EF \times D \times CF \text{-----}(式 7)$$

註：C：單株碳貯存量(噸株)；V：單株樹幹材積(m³)；D為基礎密度(g/cm³)(樹幹絕乾重量/樹幹生材體積)；地上部生物量擴展係數(Biomass Expansion Factor, BEF)；地上部材積與生物量轉換係數(BCEF)為 BEF×D；地下部生物量與地上部生物量比例(R)；CF：碳含量轉換係數。

表 7 本計畫所使用之各樹種生物量碳貯存量推估之相關本土轉換係數

樹種	D	BEF	R	CF
臺灣肖楠	0.54	1.23	0.28	0.4857
楓香	0.56	1.20	0.21	0.4691
相思樹	0.77	1.24	0.24	0.4717
其他闊葉林	0.56	1,20	0.21	0.4691

註: D: 基礎密度(g/cm³)(樹幹絕乾重量/樹幹生材體積)；BEF: 地上部生物量擴展係數；R: 地下部生物量與地上部生物量比例；CF: 碳含量轉換係數

由式 5 至 7 可計算單株林木之碳貯存量，進而加總全部造林林木之碳貯存量，即為造林區之新植造林碳貯存量，而透過總碳排放扣除新植造林之碳貯存量後，所剩餘之碳量即為抵減之碳排放。本計畫將完成長期之碳吸存推估，故透過文獻資料所得造林面積之單位面積平均年生長量(次生林與新植人工林)進行每年碳吸存量計算，即可了解造林後可抵減多少碳排放。

$$C_{\text{總碳排放}} - C_{\text{新植造林總碳貯存量}} = C_{\text{碳移除量}} \text{-----}(式 8)$$

$C_{\text{總碳排放}}$ ：為碳總排放量； $C_{\text{新植造林總碳貯存量}}$ ：為新植造林之總碳貯存量； $C_{\text{減移除量}}$ ：為本計畫未來還需移除之碳量。

$$C_{\text{次生林年碳吸存量}} = V_{\text{次生林單位面積平均年生長量}} \times A \times BCEF \times (1+R) \times CF \text{-----}(\text{式 9})$$

$$C_{\text{新植造林年碳吸存量}} = V_{\text{新植造林平均年生長量}} \times A \times BCEF \times (1+R) \times CF \text{-----}(\text{式 10})$$

$$C_{\text{碳移除量}} = (C_{\text{次生林年碳吸存量}} + C_{\text{新植造林年碳吸存量}}) \times n \text{-----}(\text{式 11})$$

$C_{\text{次生林年碳吸存量}}$ ：為次生林年碳吸存量； $V_{\text{次生林單位面積平均年生長量}}$ ：為次生林單位面積平均年生長量； D 為基礎密度(g/cm^3)(樹幹絕乾重量/樹幹生材體積)；地上部生物量擴展係數(Biomass Expansion Factor, BEF)；地上部材積與生物量轉換係數(BCEF)為 $BEF \times D$ ；地下部生物量與地上部生物量比例(R)，CF：碳含量轉換係數； $C_{\text{新植造林年碳吸存量}}$ ：為新植造林年碳吸存量； $V_{\text{次生林單位面積平均年生長量}}$ ：為次生林單位面積平均年生長量； $V_{\text{新植造林平均年生長量}}$ ：為新植造林平均年生長量； A 為面積； $C_{\text{減移除量}}$ ：為本計畫未來還需移除之碳量。

為推估造林樹種未來之單位面積之林分蓄積量，陳莉坪(2008)曾諄對國有林事業區人工林之樣區資料建立臺灣肖楠、楓香及相思樹之以林齡為獨立變數之林分單位蓄積量之推估模式如表 8，可供計畫區造林木未來碳貯存量之推估。

表 8 造林樹種不同林齡之林分蓄積量推估模式

樹種	推估模式	R^2	樣區數	推估林齡範圍
臺灣肖楠	$V=0.1199A^2 + 1.709A - 1.6085$	0.78	35	2-42
楓香	$V=-0.0847A^2 + 7.8118A - 1.7869$	0.83	39	2-48
相思樹	$V=-0.0831A^2 + 11.16A - 8.9012$	0.88	39	5-53

註: V : 單位面積之林分蓄積量(m^3/ha)； A : 林齡

透過式 9 與式 10 即可計算出每年可吸收之碳吸存量，兩者相加後除以 n 年即可了解本次計畫目標於複層林營造後幾年可達本計畫之碳中和目標。未來除可針對現階段規劃之位置進行撫育外，亦可於其他空間進行撫育，使其他區域碳吸存能力增加，而撫育過程中，疏伐之林木以及造林成林後收穫之林木都具備碳中和之效果，若能收穫，騰出之土地即可再持續進行新的造林規劃，使其碳中和能力更加完備。

(三) 監測規劃

本計畫碳吸存之長期監測規劃，未來可配合臺北市立美術館之展覽期程，於計畫區 52.70 ha(含造林面積 10.02 ha)留存木 2 年進行 1 次樣區複查，取得林木之生長量，進行碳吸存量之計算，而造林木於各小規模塊狀伐採作業區域設置小樣區，每年進行苗木生長量之量測，且進行碳吸存量之計算，亦可驗證本計畫推估之碳吸存量是否有達到預定之碳吸存量。

有關詳細之碳吸存預估計算結果，將依採購契約於 110 年 11 月 30 日前提出「期末報告書(含複層林營造碳吸存推估與監測規劃書)」。

肆、各項工作預定期程

重要工作項目	預定進度											
	2020年	2021年										
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
● 複層林營造規劃報告書	■											
● 計畫區森林資源調查	■	■										
● 計畫區基礎資料分析	■	■										
● 計畫區經營規劃	■	■										
● 複層林營造成果報告書			■	■	■	■	■	■	■	■		
● 小規模塊狀伐採作業-界木標示		■	■									
● 小規模塊狀伐採作業-伐木作業		■	■	■								
● 造林作業			■	■	■	■						
● 撫育作業						■	■	■		■	■	■
● 期末成果報告書									■	■	■	■

伍、計畫執行人力

	工作項目	單位	人數
1	負責本計畫規劃及執行	臺北市林業技師公會	1
2	協助本計畫執行	臺北市林業技師公會 國立屏東科技大學 中華造林事業協會	6
3	現況調查及分析、複層林營造規劃、複層林營造碳吸存推估與監測規劃	國立屏東科技大學	7
6	小規模塊狀伐採作業、造林作業、撫育作業	中華造林事業協會	12
合計			26

陸、經費分配與預算明細

<p style="text-align: center;">臺北市立美術館 「2020 臺北雙年展」作品《儲回大地的藝術》碳中和複層林營造案 詳細價目表</p>						
項次	工作項目	單位	數量	單價(元)	經費(元)	備註
1	現況調查及分析	ha	10	45,000	450,000	樣區調查每一個樣區面積為 0.05 ha，取 20 個。
2	複層林營造規劃	式	1	200,000	200,000	含相關施作規範
3	複層林營造碳吸存推估與監測規劃	式	1	300,000	300,000	推算碳吸存量及規畫監測
4	複層林營造	ha	10	245,000	2,450,000	含疏伐、整地、造林及撫育 2 次等作業。
5	雜支	式	1	160,000	160,000	器材、油料、租車、設備損耗、文具耗材、報告書印製等
6	稅什費	式	1	368,700	368,700	稅捐、利潤、管理費、保險費等。
	合計（新臺幣）				3,928,700	元整

柒、期初審查意見回覆表

<p>A 委員</p> <ol style="list-style-type: none">1. 第 6 頁位置圖 4、5 應為 1、2。2. 大崙頭(尾)山之名稱是否為正確名稱，請釐清。3. 保安林區為法定用語，計畫範圍內若無伐定保安林區，應另定名。4. 8 個複層林經營規劃區內又分列實際作業區 1-24 區，兩種區劃宜分別編號，以利說明及後續經營管理使用。5. 請補充系統取樣的方法。6. 第 17 頁表 4 每公頃株數，其面積誤植。7. 塊狀皆伐或疏伐？已存形質不差木是否保留？如以每年生長量 94 立方米，是否能達到碳中和？8. 疏伐何時結束？與新植作業同時進行？9. 第 20、21 頁疏伐作業殘材與樹頭的處理如何？暗溝、植溝請說明。10. 樹種是機關提供或廠商規劃？中間是否有競合？選擇邏輯與理由宜在規劃	<ol style="list-style-type: none">1. 參照委員意見修正，已將位置圖進行修正，如本期報告書 P6 所示。2. 謝謝委員意見，經計畫團隊現勘計畫區內告示牌，已確認名稱係為大崙頭尾山，於本期報告中統一修正名稱。3. 謝謝委員意見，參照委員之建議，已將報告中保安林區一詞統一更正為緩衝帶，如 P17、18 之圖中所示。4. 參照委員之建議，已經複層林經營規劃區內所列之實際作業區進行編號，詳細內容如 P18、19 之圖 12 及表 4，後續經營管理規劃詳見 P20-28。5. 本計畫針對計畫區森林資源調查係採用 0.05 ha 之立意取樣，其中包含伐採造林區 13 個樣區，對照區(未伐採)7 個樣區，共計 20 個調查樣區。6. 原報告中每公頃株數係為筆誤，已參照委員意見進行修正，詳見本期報告 P16 之表 3。7. 塊狀區域內形質佳、胸徑大的樹木會保留，其蓄積量會於後續報告書中扣除。8. 依不同區塊疏伐後新植，爾後再進行下個區塊。9. 本案未留設植溝，殘材整齊堆放倚靠樹頭或堆放於暗溝，詳細作業規劃請參照本期報告 P22。10. 原則上係由機關提供，但其樹種與數量有初步與大地處及相關單位了解。
--	---

<p>報告書中補充。</p> <p>11.第 29 頁碳吸存量的長期追蹤調查其頻率請在後續計畫中補充。是否可配合雙年展，每兩年進行監測?</p> <p>12.第 27 頁刈草除蔓的次數與時程，請釐清。</p>	<p>11.有關碳吸存量的長期追蹤調查其頻率之規劃，詳見本期報告中 P31 內文敘述。</p> <p>12.三次，作業期程亦將依契約內容修正。</p>
<p>B 委員</p>	
<p>1. 第 10 頁分區的依據請說明。</p> <p>2. 若規劃為小面積皆伐，與大面積疏伐在碳中和上的概念不同，未透過本案經營的林地是否可以納入碳吸存量的計算?其論述方式宜再思考。</p> <p>3. 第 17 頁依伐採的數量（碳排放）多少年可以補回?</p> <p>4. 初步計畫調查 20 樣區與後續 24 個伐採區如何對應?是否設有後續對照組?可對照疏伐後對保留木的影響，且也可以作為環境或作業說帖，消除疑慮。</p> <p>5. 第 17 頁初步調查，建議補充平均胸徑、樹高與標準差、徑級分布。</p> <p>6. 第 28 頁式 1 應為碳排放，非碳吸存。</p> <p>7. 第 28 頁表 8 可根據樹種進行調整，碳量估算與樹種有關係，後續評估宜針對樹種區分。</p>	<p>1.詳細分區依據，請參照本期報告 P17-19 之內文說明。</p> <p>2.配合委員意見辦理，已於本期報告 P29-31「碳吸存量及碳貯存量之估算」一節中說明。</p> <p>3.有關詳細之碳吸存預估計算結果，將依採購契約於 110 年 11 月 30 日前提出「期末報告書（含複層林營造碳吸存推估與監測規劃書）」進行呈現。</p> <p>4.本計畫以伐採區域 10.02 ha 進行作業面積之 10%進行取樣，取樣總面積為 1 ha，樣區面積以 0.05 ha 進行，其中伐採造林區 13 個樣區，對照區(未伐採)7 個樣區。</p> <p>5.參照委員意見，以補充平均胸徑、樹高與標準差、徑級分布等相關資料，詳見本期報告 P15-16。</p> <p>6.參照委員意見，已於本期報告中修正，詳見本期報告 P29。</p> <p>7.遵照委員意見，已於本期報告中說明本計畫各樹種推估碳量所使用之參考係數，詳見 P30 表 7 所示。</p>

<p>8. 碳排放與吸存量計算應參考碳匯方法學。</p> <p>9. 監測項目、如何做?可參酌環保署碳計算之規範。</p>	<p>8.參照委員之意見，已於本期報告中參考碳匯方法學規劃碳排放與吸存量之計算方式。</p> <p>9.遵照委員意見，監測規劃詳見本期報告書 P31 內文說明。</p>
<p>C 委員</p>	
<p>1. 第 9 頁：內雙溪 20 公尺緩衝帶距離夠嗎?</p> <p>2. 樣區 4 草生地是不是需再調整作業方式?</p> <p>3. 第 20 頁：整地作業區再修改及說明。</p> <p>4. 肖楠、相思、楓香在不同規劃區的種植方式如何?24 處疏伐區是不是其中可營造不同景觀?</p> <p>5. 造林行株距 2 公尺是不是太密?</p> <p>6. 種植方式應清楚列明，此為日後驗收依據。</p>	<p>1.緩衝帶之設置距離係以 20 公尺為基礎，然實際距離會再依現場實際作業狀況進行調整。</p> <p>2.草生地之作業方式，係於造林前以刈草除蔓進行整地。</p> <p>3.參照委員意見已進行修正，詳見本期報告 P22 之內文說明。</p> <p>4. 原則上各區以純林方式處理。表列內容會再依實際情況調整。</p> <p>5.造林行株距係以 2 公尺為基礎，然實際距離會再依現場實際作業狀況進行調整。</p> <p>6.參照委員意見，造林作業之種植及撫育方式詳見本期告 P23-28 內容說明。</p>
<p>D 委員</p>	
<p>1. 種植方式是否有樹種競爭?樹種選擇是否多樣化、選擇輪伐期不同。樹種配置需跟現場配合。依伐區地理條件、栽種樹種、坡向及土層狀態規劃。</p>	<p>1.原則上各區以純林方式處理。表列內容會再依各區實際情況調整。</p>

<p>2. 刈草次數及時間請釐清。</p>	<p>2. 刈草次數為 3 次，於 5、7、10 月進行，已配合委員意見於報告中敘明，詳見本期報告 P28 之表 6。</p>
<p>E 委員</p>	<p>1. 謝謝委員意見，未來新植樹種將會依現場作業實際狀況進行滾動式修正。</p>
<p>1. 關於新植樹種選擇，補充說明大地處已有研究 20 種適生樹種，惟本案亦考量作業期間苗木可取得的種類與數量，將再與廠商依實際情況滾動式修正。</p>	<p>2. 計畫團隊將配合大地處後續規畫協助辦理。</p>
<p>2. 關於某委員所詢本次作業僅於 10 公頃範圍，餘 14 公頃未有疏枝等作為，是否能納入碳吸存區塊計算，大地處補充說明：因受北美館本案的預算限制，大地處長期目標也希望全區均有預算處理，後續長期監測及經營計畫俟本案成果移交大地處後，再規畫研議。</p>	<p>3. 謝謝委員意見，參照委員之建議，已將報告中保安林區一詞統一更正為緩衝帶，如 P17、18 之圖中所示。</p>
<p>3. 保安林區是否再調整名稱。</p>	<p>4. 遵照委員意見，伐採作業規劃如經確認之珍貴稀有樹種或徑級大於 25 cm 以上確有保留價值之林木，將不予以伐除。</p>
<p>4. 作業區內的一定胸徑以上樹木保留。</p>	