

## 摘要

林業及自然保育署屏東分署(以下簡稱屏東分署)自94年起持續執行銀合歡移除後復育造林工作，配合國土綠網復育造林串連恆春半島國土保育網絡系統，並分別於104~106年、107~109年、110~112年委辦相關生態效益評估計畫，本計畫接續112年之前期計畫，執行銀合歡分布更新、銀合歡移除樣區生態監測、宣導私有地及國有林租地收購銀合歡等工作。

銀合歡分布圖資更新方面，本計畫以110-112年拍攝之航照影像為底圖，採人工判釋搭配現地勘查校正，共繪製24幀圖幅，銀合歡分布面積計4,069公頃。不同於106年之前期計畫採用遙測影像光譜分析的方式銀合歡分布區域，本計畫判釋使用的圖資為航測及遙測分署最新的熊鷹無人機所拍攝的影像，具更好的影像解析度；判釋原則亦參考航測及遙測分署110年報告之建議，將銀合歡覆蓋率分為1-30%、31-70%、71-100%等三個級別。

恆春半島各單位銀合歡移除作業之成果彙整及比較方面，本計畫蒐集恆春半島各機關發包的銀合歡清除相關共計有54個標案。綜合比較108年至114年各機關執行銀合歡移除方法，大致可分為(1)帶狀栽植造林(搭配機具防除)、(2)帶狀植栽造林與施打藥劑、(3)一次性砍除或人工擇伐、(4)人工擇伐與施打藥劑、(5)植栽撫育(刈除萌生的銀合歡)等5類，以帶狀栽植造林(搭配機具防除)施作面積最大。

銀合歡移除區域生態監測及復育造林效益分析方面，共監測9個樣區：歷史樣區(1個)；一次性砍除樣區(3個)；全面移除造林樣區(5個)，監測結果分述如下：

植物監測調查記錄64科169屬203種維管束植物，包含17種特有種、136種原生種、48種歸化種以及2種栽培種，原生種(含特有種)約佔75.4%，其中於樣區內記錄到《2017臺灣植物維管束紅皮書名錄》評估等級為接近受脅以上之種類有白樹仔、小葉朴與柳葉鱗球花。

各樣區植被狀況大致分成兩種，已完成全面移除作業之樣區，地被層之草本植物更為多樣及優勢；其他樣區則以喬灌木為優勢。依作業方式區別則是帶狀植栽造林樣區維持相近的物種組成與多樣性指數；一次性砍除與全面移除造林樣區在移除作業後，生物多樣性指數皆有上升趨勢，但一

次性砍除因針對銀合歡移除，物種數與所有物種個體數減少幅度皆較全面移除造林樣區小。

動物監測方面，設置紅外線自動相機、自動錄音機及蝴蝶吊網，哺乳類共記錄10科10種，多數為臺灣特有種或特有亞種，部分物種在銀合歡移除後棲地環境開闊度增加而活動頻度。鳥類錄音資料累積逾53萬筆，AI辨識準確度目前有限，但透過大規模取樣，仍有助於偵測過去未曾記錄之物種，若長期監測亦有助於建立物種多樣性基線。蝴蝶記錄2科15種，呈現明顯季節差異，且在鬱閉度較高的樣區多樣性表現較佳，反映棲地結構對群聚組成的影響。

銀合歡移除之生態效益評估方面，移除後樣區植物多樣性指數普遍提升，群落由單一銀合歡轉為多種原生樹種構成，並在撫育刈草的狀態下維持低密度銀合歡。動物監測亦記錄多樣物種與保育類野生動物，部分樣區出現新物種活動跡象。整體而言，銀合歡移除已展現初步生態效益，但森林結構尚未穩定，仍需持續追蹤以確認復育趨勢。

本計畫配合屏東分署112年及113年之銀合歡收購計畫辦理說明會，依序於獅子鄉、滿州鄉、恆春鎮、車城鄉、牡丹鄉及枋山鄉辦理共計6場，累計112人次。亦搭配112年之前期計畫製作之銀合歡移除宣導圖卡，及銀合歡收購說明會上民眾之意見及反饋，整理常見問題，設計銀合歡移除工作宣導學習單，提供屏東分署未來活動宣導使用。

參考本計畫執行成果與經驗，提供後續工作精進建議如下：(1)在銀合歡分布圖的繪製上，面對覆蓋率接近分級界值(30% 或 70%)的情況，建議繪圖團隊應多次討論以達成共識，並透過現場勘查比對影像與現況差異來累積圖判經驗。(2)考量原生種苗源的穩定性、稀缺性以及梅花鹿啃食問題，建議屏東分署長期準備銀合歡移除後造林所需的原生苗木，可優先培育梅花鹿適口性低的種類，除了供轄區使用，亦可提供給其他公部門。(3)生態監測部分，建議持續進行長期動、植物監測以瞭解森林生態系之動態變化：持續追蹤銀合歡再生情形與苗木存活狀況，必要時進行補植；應持續觀察保留之原生樹，評估其作為自然更新母樹的潛力；未來移除作業前應盤點紅皮書受脅植物分布，依據調查結果滾動調整移除計畫區域，以降低對敏感棲地之衝擊；動物監測技術方面，本期嘗試以被動式監測技術搭配AI辨識工具進行鳥種辨識，然而自動錄音機搭配之

SILIC系統經抽驗後多有誤判情形，就算限制辨識標的或調整信心指數門檻，仍無法大幅提高辨識成果的準確性，因此現階段仍須搭配人工辨識校正，不建議直接使用AI辨識的成果進行分析。(4)跨單位合作部分，應持續追蹤恆春半島各單位執行銀合歡移除工作後之銀合歡復發(再生)情形，以瞭解不同施作方式之移除成效；民眾宣導部分亦應持續進行推廣銀合歡移除造林的方式及成效，以維持地方支持。

## 目錄

摘要	i
目錄	iv
表目錄	vii
圖目錄	x
第一章 計畫緣起與背景	1
1.1 計畫緣起	1
1.2 恆春半島銀合歡防治歷程及歷年計畫執行成果	5
第二章 計畫目標及工作執行項目	16
2.1 計畫目標	16
2.2 工作項目	18
2.3 計畫範圍	19
第三章 銀合歡分布圖繪製	20
3.1 工作流程及方法	21
3.2 繪製成果	30
3.3 恆春半島生態敏感區更新及銀合歡移除生態建議回顧	59
3.3.1 移除作業的生物多樣性保育與衝擊減輕評估原則	60
3.3.2 銀合歡移除生態友善建議	66
第四章 恆春半島銀合歡移除方法整理	70
第五章 銀合歡移除區域生態監測	86
5.1 監測規劃	86
5.2 樣區選擇	88
5.2.1 監測方法	91
5.2.1.1 植物監測方法	91
5.2.1.2 陸域動物監測方法	92



5.2.2	資料分析方法 .....	97
5.2.2.1	植物分析項目 .....	97
5.2.2.2	動物資料分析方法 .....	98
5.3	監測調查成果 .....	105
5.3.1	植物監測結果 .....	105
5.3.1.1	氣候與環境因子紀錄 .....	105
5.3.1.2	植物種類與受脅植物 .....	106
5.3.1.3	植物物種組成分析 .....	107
5.3.1.4	植物物種多樣性分析 .....	118
5.3.1.5	植物監測結果綜合討論 .....	130
5.3.2	動物監測成果 .....	139
5.3.2.1	哺乳動物監測結果 .....	140
5.3.2.2	鳥類監測結果 .....	145
5.3.2.3	蝶類監測結果 .....	167
5.3.2.4	動物監測結果小結 .....	169
5.4	銀合歡移除之生態效益評估 .....	170
第六章	銀合歡收購說明會及回饋項目 .....	175
6.1	銀合歡收購說明會 .....	175
6.2	回饋項目 .....	179
第七章	結論與建議 .....	190
7.1	結論 .....	190
7.2	討論與建議 .....	193
第八章	實施進度及查核項目 .....	195
參考文獻	.....	197

附錄一	專顧請益討論紀錄
附錄二	銀合歡分布繪製工作規劃工作會議紀錄
附錄三	銀合歡圖判及現勘紀錄表範例
附錄四	生態監測物種名錄 含歷年保育類及稀有物種
附錄五	六場銀合歡收購計畫說明會簽到表及會議紀錄
附錄六	外來入侵種防治大作戰【認識及移除銀合歡】圖卡
附錄七	學習單【生態偵探：銀合歡入侵事件調查檔案】參考解答
附錄八	期初審查會議紀錄
附錄九	第一次期中審查會議紀錄
附錄十	第二次期中審查會議紀錄
附錄十一	期末審查會議紀錄

## 表目錄

表1.2-1 恆春半島銀合歡擴張與移除大事紀 .....	6
表1.2-2 銀合歡移除工作階段與監測計畫 .....	7
表1.2-3 銀合歡主要分布範圍之原生植群 .....	12
表1.2-4 112年之前期計畫提出適生植物建議 .....	13
表1.2-5 梅花鹿對有效受測77樹種葉片的適口性 .....	14
表1.2-6 112年之前期計畫提出優先保留與栽植建議 .....	14
表3.1-1 繪製範圍24幀熊鷹航拍圖幅之拍攝年度 .....	23
表3.1-2 繪製作業參考資訊 .....	24
表3.1-3 整理航照樹語外觀描述 .....	27
表3.1-4 不同銀合歡覆蓋率判釋說明 .....	27
表3.1-5 交叉複核結果之混淆矩陣示意 .....	28
表3.2-1 現地複查檢核混淆矩陣示意 .....	32
表3.2-2 現地複查檢核經混淆矩陣計算之OA與κ值 .....	32
表3.2-3 本計畫繪製圖幅之銀合歡覆蓋率分級面積 .....	33
表3.3.1-1 生態敏感區類型及銀合歡移除作業建議原則 .....	61
表3.3.2-1 生態議題對應之生態友善工作 .....	69
表3.3.2-2 不同覆蓋度之建議造林方式 .....	69
表4-1 112-113年恆春半島各機關移除銀合歡面積 .....	71
表4-2 114年恆春半島移除銀合歡目標面積 .....	72
表4-3 各機關歷年辦理銀合歡移除工作之金額 .....	72
表4-4 近年恆春半島銀合歡移除作業相關標案及移除作業規範 .....	73
表4-5 各機關移除銀合歡作業方式名詞說明 .....	81
表5.1-1 生態監測樣區之基本資料 .....	86
表5.1-2 監測之樣區類別及說明 .....	87
表5.2-1 本計畫選擇之前期計畫移除區域監測樣區背景資訊 .....	88
表5.2-2 本計畫選擇之新移除區監測樣區背景資訊 .....	88
表5.2-3 銀合歡移除監測樣區暨調查資訊 .....	89

表5.2.1.1-1 植物監測樣區設置方式 .....	91
表5.2.1.2-1 本計畫與前三期計畫動物監測類群規劃比較 .....	93
表5.2.1.2-2 本計畫動物監測類群考量 .....	93
表5.3.1.1-1 樣區環境因子 .....	106
表5.3.1.2-2 樣區內植物紅皮書受脅種類 .....	107
表5.3.1.3-1 AH3樣區植物調查結果 .....	108
表5.3.1.3-2 BS1樣區植物調查結果 .....	109
表5.3.1.3-3 BS4樣區植物調查結果 .....	110
表5.3.1.3-4 BS5樣區作業前植物調查結果 .....	110
表5.3.1.3-5 BS5樣區作業後植物調查結果 .....	111
表5.3.1.3-6 BC1樣區植物調查結果 .....	113
表5.3.1.3-7 BC5樣區植物調查結果 .....	114
表5.3.1.3-9 BC6樣區作業後植物調查結果 .....	114
表5.3.1.3-10 BC7樣區植物調查結果 .....	115
表5.3.1.3-11 BC8樣區植物調查結果 .....	116
表5.3.1.4-1 各樣區不同作業期之多樣性指數(含前期計畫) .....	118
表5.3.1.5-1 監測樣區前後狀況綜合統整 .....	131
表5.3.1.5-2 各樣區銀合歡概況(含前期計畫) .....	133
表5.3.1.5-3 全面移除造林樣區栽植苗木存活率 .....	135
表5.3.1.5-4 林班地範圍全面移除造林苗木存活率 .....	135
表5.3.1.5-5 本計畫與前期計畫之植物紅皮書受脅種類紀錄 .....	137
表5.3.2-1 各樣區器材設置與資料收集狀況 .....	139
表5.3.2.1-1 各樣區野生哺乳動物及貓狗之出現頻率(OI值) .....	141
表5.3.2.2-1 各樣區抽樣檢視的檔案分布狀況 .....	147
表5.3.2.2-2 各作業類型樣區多樣性指標平均值列表 .....	151
表5.3.2.2-3 各樣區多樣性指標隨時間變化的趨勢及斜率 .....	152
表5.3.2.2-4 各鳥種SILIC辨識平均精確度(AP)列表 .....	155
表5.3.2.2-5 未限制辨識標的時不同信心指數門檻時AI與人工辨識物種多 樣性相關性	159

表5.3.2.2-6 限制辨識標的為確定有出現的76鳥種時不同信心指數門檻時 AI與人工辨識物種多樣性相關性 .....	159
表5.3.2.3-1 四季調查各樣區蝴蝶吊網捕捉情形 .....	167
表5.3.2.3-2 四季調查各樣區Hill數概況 .....	168
表6.2-1 一般民眾學習單 .....	180
表6.2-2 簡化版注音學習單 .....	186
表8-1 計畫各階段報告及進度查核項目 .....	196

## 圖目錄

圖1.1-1	國土生態綠網七大行動面向與南部及恆春半島綠網重點任務 .....	3
圖1.1-2	恆春半島的國土生態綠網關注區域及銀合歡分布範圍 .....	4
圖1.2-1	106年、109年之前期計畫樣區分布 .....	10
圖1.2-2	112年之前期計畫生態監測樣區位置以及動植物監測的樣點及穿越線 .....	15
圖2.1-1	本計畫工作目標與恆春半島銀合歡移除工作整體架構之關係 .....	17
圖2.2-1	本計畫工作執行流程 .....	19
圖3-1	繪圖進度規劃 .....	21
圖3.1-1	銀合歡分布圖繪製工作執行流程 .....	22
圖3.1-2	航攝影像(左)及熊鷹航拍影像(右)同一地點之比較 .....	23
圖3.1-3	不同比例尺的可辨識影像差異 .....	25
圖3.1-4	不同銀合歡覆蓋率之紋理影像樣本示意圖 .....	26
圖3.1-5	現地複查補充紀錄表示意圖 .....	29
圖3.2-1	銀合歡影像判釋現勘點位 .....	31
圖3.2-2	本計畫銀合歡影像判釋結果總覽 .....	34
圖3.2-3	銀合歡判釋結果—95172083 .....	35
圖3.2-4	銀合歡判釋結果—95172085 .....	36
圖3.2-5	銀合歡判釋結果—95172093 .....	37
圖3.2-6	銀合歡判釋結果—95172094 .....	38
圖3.2-7	銀合歡判釋結果—95172095 .....	39
圖3.2-8	銀合歡判釋結果—95173098 .....	40
圖3.2-9	銀合歡判釋結果—95164009 .....	41
圖3.2-10	銀合歡判釋結果—95172051 .....	42
圖3.2-11	銀合歡判釋結果—95173049 .....	43
圖3.2-12	銀合歡判釋結果—95173059 .....	44
圖3.2-13	銀合歡判釋結果—95173060 .....	45

圖3.2-14	銀合歡判釋結果—95173069 .....	46
圖3.2-15	銀合歡判釋結果—95173070 .....	47
圖3.2-16	銀合歡判釋結果—95173079 .....	48
圖3.2-17	銀合歡判釋結果—95173080 .....	49
圖3.2-18	銀合歡判釋結果—95173088 .....	50
圖3.2-19	銀合歡判釋結果—95173089 .....	51
圖3.2-20	銀合歡判釋結果—95174088 .....	52
圖3.2-21	銀合歡判釋結果—95174097 .....	53
圖3.2-22	銀合歡判釋結果—95174098 .....	54
圖3.2-23	銀合歡判釋結果—95173007 .....	55
圖3.2-24	銀合歡判釋結果—95173008 .....	56
圖3.2-25	銀合歡判釋結果—95173018 .....	57
圖3.2-26	銀合歡判釋結果—95173028 .....	58
圖3.3-1	結合兩期之銀合歡分布 .....	59
圖3.3.1-1	生態敏感區類型與銀合歡移除建議處理原則 .....	62
圖3.3.1-2	恆春半島生態敏感區類型全覽 .....	63
圖3.3.1-3	恆春半島生態敏感區類型(六鄉鎮).....	64
圖3.3.1-4	恆春半島生態敏感區類型(局部放大).....	65
圖3.3.2-1	銀合歡移除作業生態友善原則 .....	66
圖4-1	各銀合歡移除方式之施作面積 .....	82
圖4-2	銀合歡移除方式之單位面積平均作業費用 .....	83
圖4-3	銀合歡移除方式之單位面積月平均作業費用 .....	84
圖5.1-1	歷年生態監測樣區方法比較 .....	87
圖5.2-1	本計畫監測樣區位置 .....	90
圖5.2.1.1-1	植物樣方位置標示及記錄示意圖 .....	92
圖5.2.1.1-2	每木調查工作示意圖 .....	92
圖5.2.1.2-1	蝴蝶吊網陷阱架設、誘集狀況與種類確認 .....	96
圖5.3.1.3-1	帶狀植栽造林樣區上木層主要樹種重要值指數變化 .....	116
圖5.3.1.3-2	一次性砍除樣區上木層主要樹種重要值指數變化 .....	117

圖5.3.1.3-3	全面移除造林樣區上木層主要樹種重要值指數變化 .....	117
圖5.3.1.4-1	各樣區多樣性指數變化趨勢(含前期計畫).....	119
圖5.3.1.4-2	AH3樹木分布圖(含前期計畫).....	120
圖5.3.1.4-3	BS1樹木分布與數量統計圖(含前期計畫).....	122
圖5.3.1.4-4	BS4樹木分布與數量統計圖(含前期計畫).....	123
圖5.3.1.4-5	BS5樹木分布與數量統計圖 .....	124
圖5.3.1.4-6	BC1樹木分布與數量統計圖(含前期計畫) .....	126
圖5.3.1.4-7	BC5樹木分布與數量統計圖(含前期計畫) .....	127
圖5.3.1.4-8	BC6樹木分布與數量統計圖 .....	128
圖5.3.1.4-9	BC7樹木分布與數量統計圖 .....	129
圖5.3.1.4-10	BC8樹木分布與數量統計圖 .....	130
圖5.3.1.5-1	樣區上木層IVI.....	132
圖5.3.1.5-2	樣區上木層物種組成 .....	132
圖5.3.1.5-3	各樣區銀合歡上木層相對密度與地被層相對覆蓋度變化 ..	134
圖5.3.1.5-4	本計畫與前期計畫之植物紅皮書受脅植物相對位置 .....	138
圖5.3.2.1-1	各樣區自動相機物種累積曲線 .....	142
圖5.3.2.1-2	各樣區哺乳動物組成nMDS圖 .....	145
圖5.3.2.2-1	自動錄音機資料分析流程圖 .....	146
圖5.3.2.2-2	各樣區四季四時段鳥類物種累積曲線 .....	148
圖5.3.2.2-3	BC1(左)與BS5(右)四時段鳥類種豐富度(S)比較 .....	148
圖5.3.2.2-4	各樣區鳥種組成nMDS圖 .....	150
圖5.3.2.2-5	各樣區多樣性隨日期變動的趨勢 .....	152
圖5.3.2.2-6	各樣區物種豐富度(S)季節間的差異 .....	153
圖5.3.2.2-7	各樣區物種豐量(N)季節間的差異 .....	154
圖5.3.2.2-8	辨識表現最佳的第一組鳥種 .....	156
圖5.3.2.2-9	辨識表現較佳的第二組鳥種 .....	156
圖5.3.2.2-10	辨識表現中等的第三組鳥種 .....	157
圖5.3.2.2-11	辨識表現較差的第四組鳥種 .....	157
圖5.3.2.2-12	各樣區ACI月平均變化圖 .....	161



圖5.3.2.2-13	各樣區NDSI月平均變化圖 .....	161
圖5.3.2.2-14	各樣區H月平均變化圖.....	162
圖5.3.2.2-15	帶狀植栽造林樣區ACI、NDSI、H三指數季節間差異 .....	164
圖5.3.2.2-16	全面移除造林樣區ACI、NDSI、H三指數季節間差異 .....	165
圖5.3.2.2-17	一次性砍除樣區ACI、NDSI、H三指數季節間差異 .....	166
圖5.3.2.3-1	各樣區蝶類組成nMDS圖 .....	169
圖5.4-1	歷年各樣區分布 .....	171
圖5.4-2	歷年各樣區之稀有植物及保育類動物分布與道路相對位置 .....	172
圖5.4-3	各樣區多樣性指數之比較 .....	172
圖5.4-4	歷年各樣區銀合歡密度序位 .....	173
圖5.4-5	森林動態循環與樣區擾動後復原示意圖 .....	174
圖6.1-1	銀合歡收購計畫說明會(第一場-獅子鄉)辦理情形 .....	176
圖6.1-2	銀合歡收購計畫說明會(第二場-滿州鄉)辦理情形 .....	176
圖6.1-3	銀合歡收購計畫說明會(第三場-恆春鎮)辦理情形 .....	177
圖6.1-4	銀合歡收購計畫說明會(第四場-車城鄉)辦理情形 .....	177
圖6.1-5	銀合歡收購計畫說明會(第五場-牡丹鄉)辦理情形 .....	178
圖6.1-6	銀合歡收購計畫說明會(第六場-枋山鄉)辦理情形 .....	178
圖8-1	工作實施進度及查核點 .....	195

## 第一章 計畫緣起與背景

### 1.1 計畫緣起

銀合歡(*Leucaena leucocephala*)屬於豆科(Fabaceae)含羞草亞科(Mimosoideae)銀合歡屬(*Leucaena*)植物，有夏威夷型、薩爾瓦多型及祕魯型等三個亞種。銀合歡生理性狀接近先驅樹，耐貧瘠能力強、逆境耐受性高、繁殖適應力強、喜好強光環境生長迅速，1年可開花結果2至3次，每年每平方公尺可以產生15,000至20,000個種子(李昭宗，2003)，全球入侵種資料庫(Global Invasive Species Database, GISD)即將其列為世界百大惡性入侵種之一(吳立心等，2008；Global Invasive Specialist Group ISSG, 2015)。銀合歡原產於中美洲，16世紀時隨著荷蘭及西班牙帝國的船隊，散布到全世界所屬的殖民地，包括位於亞洲的臺灣(陳德順、胡大維，1976)，主要用途為提供牛、羊等家畜的飼料及薪炭材。當初引入的銀合歡主要為夏威夷型，與目前成為入侵種的銀合歡屬於同一品系。

70年代，由於看中銀合歡快速生長的能力，或可符合造紙需求，農業部林業試驗所(以下簡稱林試所)在屏東縣南州、恆春、臺東縣太麻里等地區進行造林樣區種植(陳朝圳、范貴珠，1989)。當時試驗主要目標為可生長為巨木的薩爾瓦多型，以及不同品系之夏威夷型(潘富俊等，1991)。至80年代，銀合歡經濟效益及收穫利用減少，部分銀合歡人工林分未繼續經營而廢棄，同時恆春半島丘陵區瓊麻栽植產業衰退，大量廢耕的瓊麻田逐漸被銀合歡入侵成林(臺灣生物多樣性保育學會，2004)，至103年之入侵面積粗估曾高達6,101公頃(國立屏東科技大學，2017)。這些土地在歷經社經環境變遷後，除造成植被相改變；也讓生物多樣性、森林生態系服務功能下降，更衝擊恆春半島原生熱帶季風林生態系(郭耀綸，2007；王相華，2008)。

國內為害嚴重之外來入侵植物銀合歡，名列林業及自然保育署(以下簡稱林業保育署)公告之「優先防治、長期管理、觀察、監測或評估中之21種入侵種生物」，屬長期管理類別。銀合歡治理相關工作亦列入國土生態保育綠色網絡建置計畫(以下簡稱國土生態綠網)的七

大行動面向之中，其中行動面向2-2「外來入侵種(銀合歡)剷除及生態植被復育」即為屏東銀合歡移除工作賦予新的定位：以回復原生熱帶季風林為目標，強化生物多樣性與生態棲地效益，提昇銀合歡移除後造林的生態功能(行政院農業委員會，2021)。

然而移除外來入侵動植物、保護國內環境生態系統，復育原生樹種及營造生態復育造林串聯生態保育綠色網絡，亟需由各土地管理機關(單位)共同投入辦理。因此，行政院於111年5月核定跨機關「外來入侵種埃及聖鵝、綠鬣蜥與恆春半島銀合歡移除及復育計畫(112-113年)」，以加強恆春半島地區銀合歡移除及復育工作(行政院農業委員會，2022)。

以下分別說明推動本計畫之上位政策「國土生態綠網」與上位計畫「外來入侵種埃及聖鵝、綠鬣蜥與恆春半島銀合歡移除及復育計畫」：

#### (1) 上位政策－國土生態綠網

「國土生態保育綠色網絡建置計畫」(107-110年、111-114年)，由林業保育署統籌，與相關部會共同合作，將國內生態保育實務鏈結，並透過科學、政策、區域等綜合考量，規劃與推動生態保育綠色網絡之建置，推動策略涵蓋七大行動面向(圖1.1-1)，以強化森林、河川、農田、濕地及海岸之串聯與高風險生態環境之韌性，形成重要的生態廊道，促進生態永續發展，以因應氣候變遷帶來的嚴峻衝擊(行政院農業委員會，2018；2021)。未來第三期國土生態保育綠色網絡建置計畫(115-118年)調整成六大面向，與銀合歡移除復育工作相關之「2.生態植被復育與入侵種移除」將調整至「3.生態系復育、生態廊道與棲地串聯」項目中，其關注內容調整為運用在地植被串補縫生態廊道與棲地，近年屏東分署與恆春半島各單位已協力清除大面積銀合歡並復育造林，後續將著重於銀合歡清除後之造林地撫育工作，復育生態系。

為建置國土生態綠網藍圖架構，林業保育署辦理「國土生態綠網藍圖規劃及發展計畫」(財團法人台灣生態公法基金會，2020)，進行關注區域與物種等指引，其中本計畫涉及之陸域關注區域為南三及南四區，指認有(1) 南三區：位於淺山至海岸的森林鑲嵌地景，除低海拔森林關注物種，強調恆春半島特色的海岸及海岸林陸蟹保育；(2) 南四區：目標為移除銀合歡，進行生態造林以恢復熱帶季風林(圖1.1-2)。

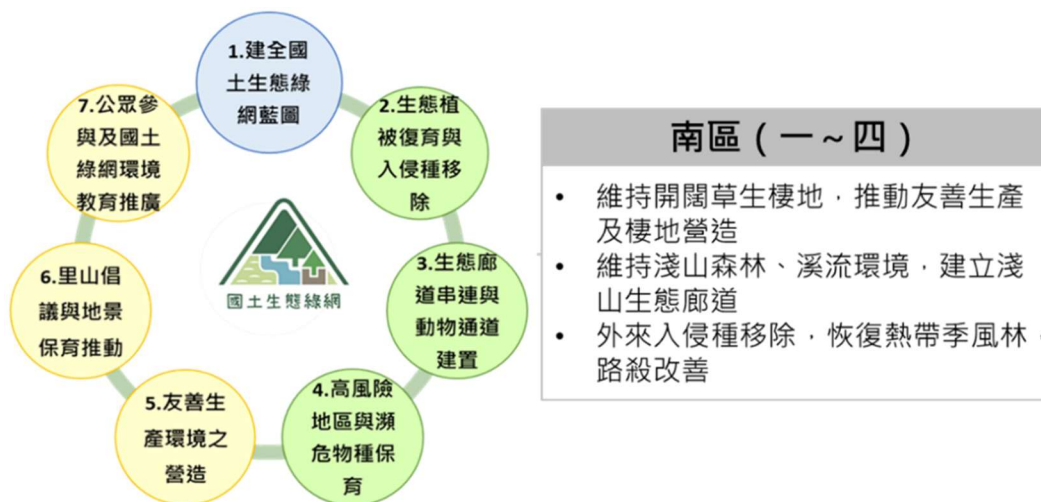
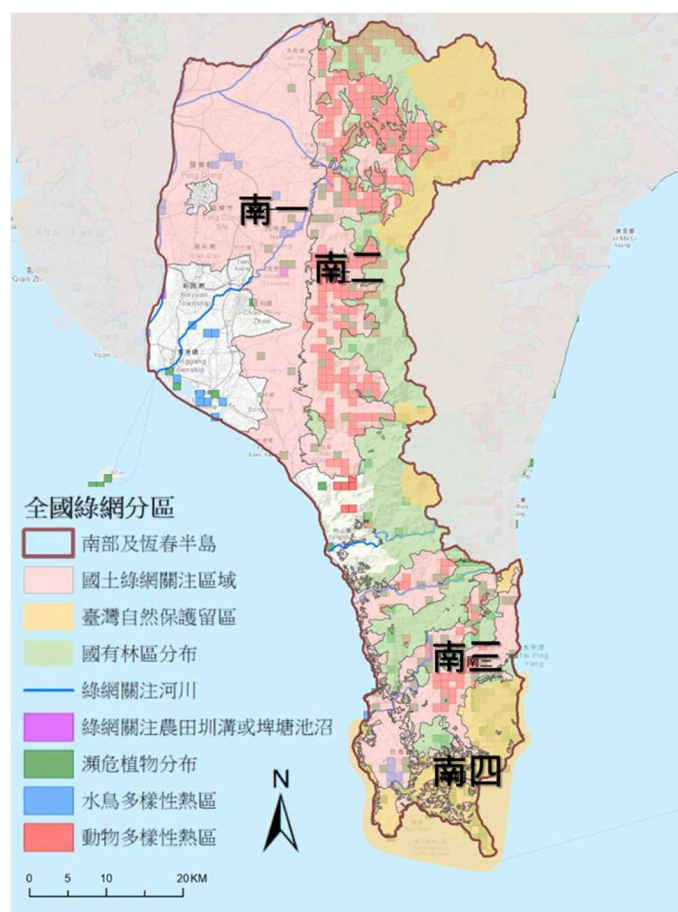


圖 1.1-1 國土生態綠網七大行動面向與南部及恆春半島綠網重點任務

資料來源：財團法人台灣生態工法發展基金會(2020)。

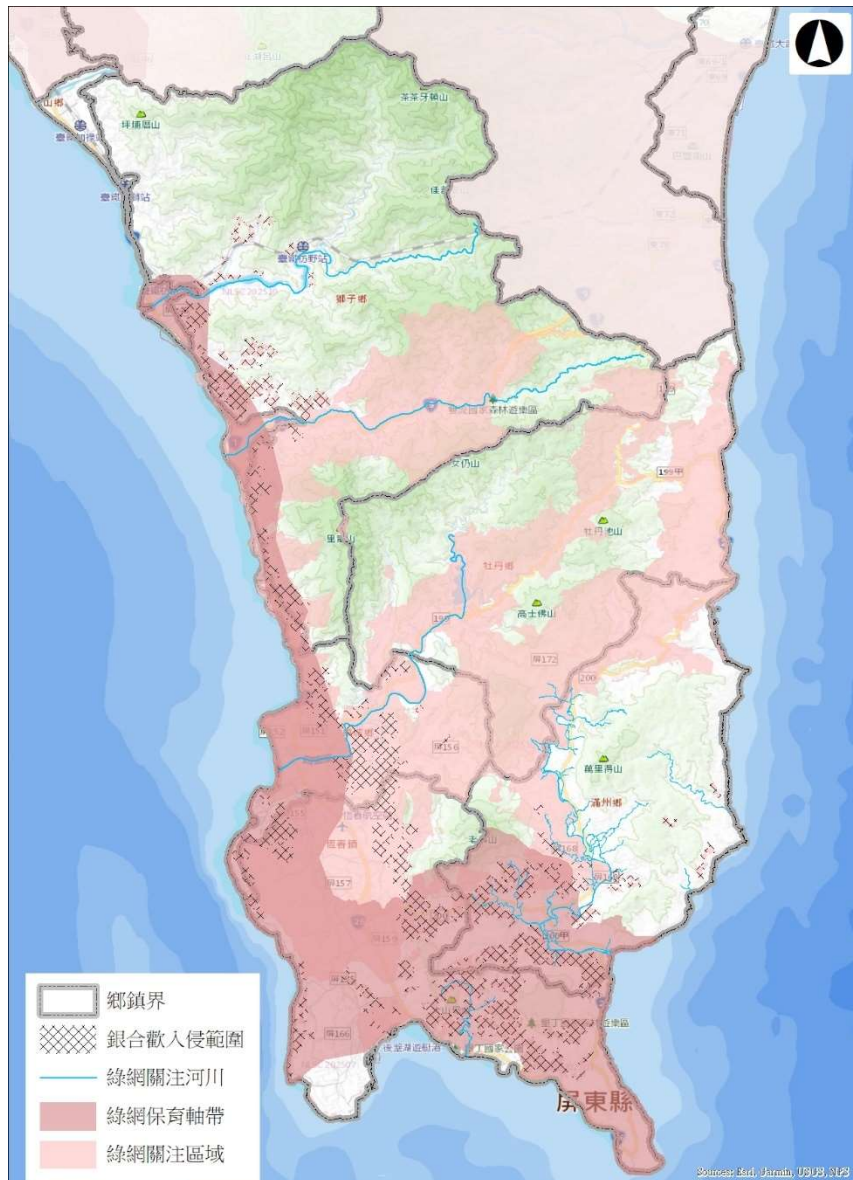


圖 1.1-2 恆春半島的國土生態綠網關注區域及銀合歡分布範圍

資料來源：林業保育署國土生態綠網圖資，本計畫重製。

(2) 上位計畫－外來入侵種埃及聖鸚、綠鬣蜥與恆春半島銀合歡移除及復育計畫

第二期國土生態綠網計畫(111-114年)持續進行生態綠網之維護、建置與擴展，並推動跨區域之綠網串聯，惟此亟需各土地管理機關共同合作，爰此，於111年奉時任行政院蘇院長貞昌指示，整合各入侵種議題，推動為2年期之「外來入侵種埃及聖鸚、綠鬣蜥與恆春半島銀合歡移除及復育計畫(112-113年)」，全力推動外來入侵種移除及復育，

為本計畫之上位計畫，目標為：(1) 執行銀合歡移除復育造林作業、(2) 協助各國公有地經管機關投入防除工作、(3) 收購恆春半島私有(租用)土地之銀合歡，共同維繫原有環境生態系統以及(4) 定期追蹤每年移除成效。

### (3) 上位計畫—強勢外來入侵種移除防治及復育計畫

歷經2年期之「外來入侵種埃及聖鵝、綠鬣蜥與恆春半島銀合歡移除及復育計畫(112-113年)」執行，外來種移除及復育成效可觀，然移除末期難度遽增，為避免前功盡棄，爰研擬次期中長程計畫(114-117)，持續辦理重要外來入侵種移除及移除後撫育作業。除延續112-113年計畫之工作目標之外，將加強民眾宣導教育與持續檢討改進外來入侵種移除策略，並同步評估外來種風險，將具有高風險或嚴重影響生態環境等外來入侵種納入計畫執行內容。期以上述工作成果進一步串聯國土生態綠網，達成國內生物多樣性、碳吸存、水土保持、國土保安及發展農林資材綠色經濟產業等效益。

## 1.2 恆春半島銀合歡防治歷程及歷年計畫執行成果

### (1) 恆春半島銀合歡防治歷程

外來種防治相關政策，從國家永續委員會於90年核定將「外來種之管理」納入生物多樣性推動方案開始，98年之分工協調會後林業保育署之分工為進行林木、雜草、林業用微生物之管理及防除，並陸續進行外來種移除防治相關工作。Chen *et al.* (2012)指出銀合歡會直接影響到物理環境，對闊葉樹的傷害性最強，而且在種子萌發與小苗階段會因為土壤性質不同影響入侵的狀況，銀合歡較偏好弱酸性的土壤，不過在其他狀況也生長的不差，其中在廢耕田的擴散速度每年約為3.55公頃。臺灣的銀合歡自80年代開始在恆春半島入侵擴張，馮郁筑等人(2009)研究恆春半島尖山、關山、後灣與大尖石山地區土地利用變遷對銀合歡入侵之影響，利用遙測與航照圖探討銀合歡分布變化，以71~92年間森林面積消長最大，主要原因為全民造林運動及銀合歡擴散。值得注意的是71~96年間裸露地、道路與建築物明顯增加，有助於形成銀合歡之入侵基地。



屏東分署、屏東縣政府、林業試驗所、墾丁國家公園、國立屏東科技大學(以下簡稱屏科大)等單位，自80年代開始陸續投入銀合歡防治及研究工作(表1.2-1)。屏東分署執掌國有林地內的銀合歡移除，近年來更是結合國、公有地經管機關及民間單位投入防治工作，透過分區階段性移除並復育造林，期望讓土地恢復為恆春半島原生森林植群景觀。

表 1.2-1 恆春半島銀合歡擴張與移除大事紀

年代	時期	說明
16 世紀	銀合歡 引進臺灣	荷蘭及西班牙人為牛、羊等家畜飼料及薪炭材所用，隨船隊傳入臺灣，當初引入的銀合歡主要為夏威夷型，與目前入侵的銀合歡屬同一品系。(陳德順、胡大維，1976)
70 年代	造林試驗	在屏東縣南州、恆春、臺東縣太麻里等地區進行造林樣區種植。(陳朝圳、范貴珠，1989)
80 年代	入侵擴張 時期	銀合歡經濟效益及收穫利用減少，部分銀合歡人工林分未繼續經營而廢棄，同時丘陵區的瓊麻栽植產業衰退，大量廢耕瓊麻田逐漸被銀合歡入侵取代成林。(臺灣生物多樣性保育學會，2004)
90 年代	銀合歡 防治工作 技術建立	80 年代開始有小規模的移除工作，93-100 年多項銀合歡移除技術研究發表，測試物理性、化學性、生物性防治，其中以移除後造林的森林經營防治整體效益最好。至此已建立銀合歡的移除防治流程，並開始各項移除工作。詳表 1.2-2。
100 年 迄今	恢復原生 林抑制銀 合歡	100 年「墾丁熱帶海岸林植生復舊操作技術手冊」發表，透過棲地內現有的原生樹木(前生樹)，並栽植經過篩選的原生樹，採骨架樹種方法(framework species method) (Forest Restoration Research Unit, 2005)，以加速海岸林植生的樹冠鬱閉及生物多樣性恢復，並達到抑制銀合歡生長、節省經費及撫育作業時間的生態復舊目標。

資料來源：觀察家生態顧問有限公司(2023)。

## (2) 恆春半島銀合歡移除監測歷年計畫

國內銀合歡清除作業發展多年，由前期籌組與試驗、行動開展，至今已進入擴大清除階段(表1.2-2)。屏東分署協同研究單位投入大量工作研究恆春半島銀合歡移除的方式，並評估區位(地形、水土保持需求等)及銀合歡在該區森林的比例等因子，採用全面造林、帶狀移除造林、複層林下植栽造林等多種方式進行銀合歡的移除造林工作。

表 1.2-2 銀合歡移除工作階段與監測計畫

階段	民國年	銀合歡移除階段工作與目標	民國年	試驗與監測計畫
籌組與試驗	91	林務局多次召開銀合歡防治會議，並由屏東林管處陸續執行銀合歡移除、新植造林及撫育工作	91	銀合歡優勢林造林更新試驗(恆春事業區第 34 林班)
	93	為因應不同生育環境及銀合歡入侵程度的差異，進行因地制宜而有不同的銀合歡移除復育造林之作業方法	93	更新樹種密植試驗(恆春事業區第 34 林班)
			93	完成「劣化生態系復育—外來樹種入侵對生態系之影響」計畫，顯示銀合歡抑制效果佳
			97	進行「銀合歡砍除更新造林對於銀合歡入侵抑制之影響」，評估三種伐除作業方式成效，說明機械式大面積的翻土移除，對於銀合歡抑制非常有效
行動開展	103	擬訂「恆春半島外來入侵種銀合歡移除復育造林」，於 104 年進行全面性銀合歡移除後造林復育工作，協調各國、公有地管理機關並擴及私有土地輔導防治工作並每年召開防治會議	104-106	進行「銀合歡移除復育之生態效益評估」計畫，配合 103 年擬定之「恆春半島外來入侵種銀合歡移除復育造林」，進行銀合歡清除監測
	106	完成銀合歡入侵較為嚴重之國有地、海岸林及道路兩側的銀合歡移除造林階段目標	107-109	延續前期監測計畫，進行「恆春半島銀合歡移除復育造林生態廊道串連及效益評估」
擴大清除	110 迄今	行政院核定「國土生態保育綠色網絡建置計畫(111-114 年)」，以國有林地為軸帶，移除入侵外來種、保護生態系統，從點、線、面復育造林串聯恆春半島國土保育網絡系統	110-112	進行「恆春半島銀合歡移除友善環境復育造林生態監測及效益評估」，配合 110 年新擬銀合歡清除規劃，進行銀合歡清除成效監測
	111	行政院核定「外來入侵種埃及聖鵝、綠鬣蜥與恆春半島銀合歡移除及復育計畫(112-113 年)」 行政院核定「強勢外來入侵種移除防治及復育計畫(114-117 年)」		

資料來源：國立屏東科技大學森林系(2017、2020)；觀察家生態顧問有限公司(2023)。

屏東分署於93年委託屏科大完成「劣化生態系復育—外來樹種入侵對生態系之影響」，建議在造林同時，應先種植低伏的草生植物，以阻止或延緩銀合歡種子的萌生；以及應設立永久樣區，長期監測銀



合歡之生長特性與當地環境關係。98年完成「銀合歡砍除更新對於銀合歡入侵後抑制之影響」，發現機械式大面積的翻土移除，對於銀合歡抑制非常有效，卻也提醒對當地的水土保持有短暫性的影響，建議透過定期的撫育，多年之後就可抑制銀合歡的出現。

103年提出「恆春半島外來入侵種銀合歡移除復育造林」計畫，重點清除銀合歡入侵較為嚴重之國有地、海岸林及道路周邊，進入行動開展階段：由國有林地為主體進行整治計畫，協同各國、公有地經管機關有效投入防治工作，並擴及私有土地之輔導，每年至少召開1次會議討論及規劃追蹤移除成效(朱育儀等，2017)。此時期配合銀合歡清除作業，執行監測計畫，包含106年之「銀合歡移除復育之生態效益評估」(以下簡稱106年之前期計畫)、109年之「恆春半島銀合歡移除復育造林生態廊道串連及效益評估」(以下簡稱109年之前期計畫)、110-112年之「恆春半島銀合歡移除友善環境復育造林生態監測及效益評估」(以下簡稱112年之前期計畫)，為本計畫監測工作的前期計畫，各前期計畫之監測工作成果摘述如下：

(a) 106年：銀合歡移除復育之生態效益評估

(i) 設置永久監測樣區及植群、土壤及動物調查

從不同的區位(海岸、山區)、銀合歡移除方式、不同造林年份著手，評估各銀合歡移除復育樣區之生態效益，該次監測工作，共進行34區造林樣區(0.05ha)及10區(0.09ha)對照區之木本(0.05或0.09ha)、地被(0.001ha)調查。該工作發現不同銀合歡移除復育方式的生態效益價值均高於未移除銀合歡的林相2至5倍，顯示移除銀合歡並進行復育造林可顯著提高生態系統服務功能。並建議應建立生態廊道，促進生物多樣性的恢復和維持。監測樣區位置如圖1.2-1。

(ii) 建立林木生長及立木環境資料庫

利用3年的動態監測樣區調查資料，分析造林木的成活率、生長量及銀合歡的抑制情形。並根據分析結果建議採用多種造林作業方式，並增加刈草除蔓的次數，以確保植被的健康生長和銀合歡的持續控制。

(iii) 遙測影像分析

進行大尺度的遙測影像分析，包括土地利用類型分類及銀合歡變遷分析，產出恆春半島銀合歡分布圖資(以下簡稱106年銀合歡分布圖)，為「外來入侵種埃及聖鵝、綠鬣蜥與恆春半島銀合歡移除及復育計畫(112-113年)」的基礎圖資。

(iv) 教育訓練與研究發表

室內課程之授課內容包含了無人飛行載具(UAV, Unmanned Aerial Vehicle)運用於生態效益評估現況探討、UAV機型介紹及基本操作課程及UAV航測影像處理軟體等。在室外課程部分，主要以UAV實際飛行及影像拍攝實務訓練及UAV影像處理及實際運用。

(b) 109年：恆春半島銀合歡移除復育造林生態廊道串連及效益評估

(i) 利用UAV無人機建立銀合歡復育地分布

利用無人機進行偵測，取得銀合歡分布數據，提供伐除區域的排序依據。

(ii) 探討生態廊道串聯淺山至海岸功能之可能性

- 透過地景指標與碎形維度的分析，探討生態廊道串連的可行性：依地景指標與碎形維度結果顯示，移除銀合歡導致銀合歡棲地的減少、乃至破碎化，增加了生態廊道串聯的可能性。
- 對廊道進行動植物現況資源監測、分析及生物多樣性監測：結果顯示，多樣性有所提升，特定指標物種的數量增長顯著，生態環境逐步改善。監測樣區位置如圖1.2-1。
- 以地景生態學角度切入潛在生態廊道之可行性：分析結果支持潛在生態廊道的可行性，碎形維度與地景指標共同證明生態連結的有效性。
- 分析地景結構，評估潛在生態廊道的可行性及其生態功能：碎形維度結果指導下的伐採順序有效提升了復育工

作效率，銀合歡移除後生態環境顯著改善。

(iii) 評選10種指標物種及監測標準作業流程

選擇2種生態棲息環境之物種如人工林之於大冠鷲、鳳頭蒼鷹、白鼻心等，銀合歡林之於臺灣刺鼠等為指標物種。

(iv) 講座、生態手冊及搭配之教案

針對9年級同學在「自然與科技領域」議題中，對外來種入侵議題有基本認識，含教材及實地觀察，設計一份生態資源手冊，讓受眾能接收正確知識，與建立相關監測方式之概念，提升民眾對於公家單位執行業務之信任度。

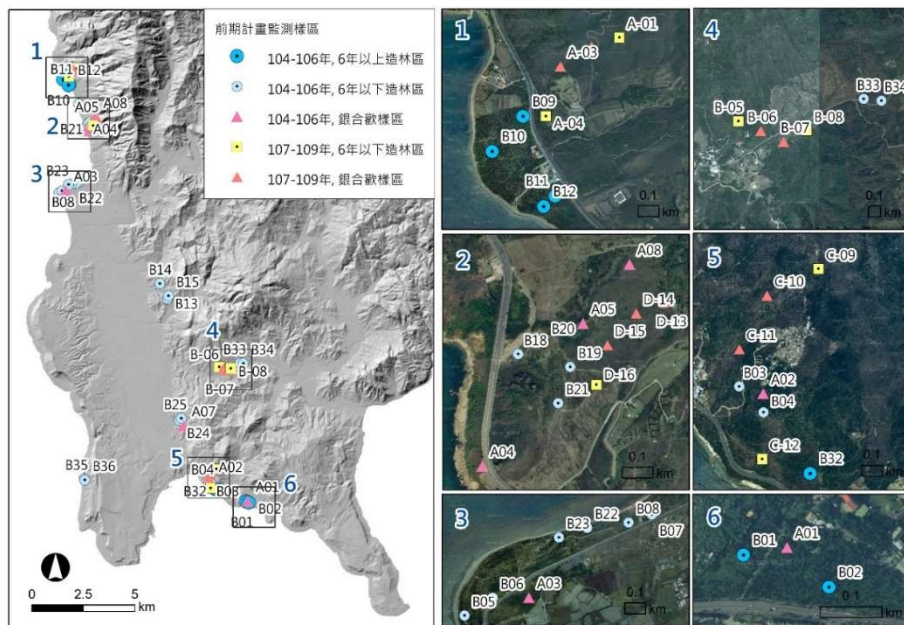


圖 1.2-1 106 年、109 年之前期計畫樣區分布

資料來源：郭家和等(2018)。

(c) 112年：恆春半島銀合歡移除友善環境復育造林生態監測及效益評估

(i) 針對恆春半島銀合歡之移除規劃與原生植被復育工作，提出恆春半島六類環境與區位造林復育目標，蒐集恆春半島原生森林的地景分布、植群類型與主要植物組成資訊(表1.2-3)，

建置恆春半島生態情報圖，標繪生態敏感區範圍並提出銀合歡移除作業生態友善原則。

- (ii) 建議適生植栽共181種(表1.2-4)，並考量多數原生樹種並未有對應之採種、育苗經驗，以及梅花鹿可能啃食苗木(表1.2-5)的情況，另篩選建議短期可優先育苗的物種(表1.2-6)，其中先驅性樹種因具結實率高且小苗生長速度快的特性，可評估採種子直播的方式處理，事先於結實季節規劃採種作業
- (iii) 銀合歡移除後動植物生態監測工作，共執行16處木本及地被調查，及16處紅外線自動相機、蝙蝠音頻偵測、定點計數、穿越線、蝴蝶吊網等方式，以哺乳類(中大型哺乳類、翼手目)、鳥類、蝶類為監測目標類群。樣區位置如圖1.2-2。

組間比較方面，造林後5~6年間持續進行撫育及砍除銀合歡作業可有效抑制銀合歡再生。植群組成來看，自然森林樣區因海拔較高與帶狀植栽樣區組成有明顯差異，而帶狀植栽造林樣區內又因主要造林樹種差異導致組內變異大。造林監測綜整不同造林年期各樣區之銀合歡密度，移除作業後之造林地在撫育期每年刈草，上木層銀合歡密度維持<8%；撫育期過後無人為介入，大部分樣區仍維持較低的銀合歡密度(<10%)。

中大型哺乳類動物的調查結果，雖然移動能力強，其行為在反應棲地狀態上可能較物種本身紀錄更敏感，但有許多因子會影響數據的客觀性，仍需檢視資料內容以排除可能的誤差資訊。

- (iv) 以監測樣區銀合歡林、一次性砍除與全面移除造林作業前之數據，估算碳匯效益。由於刈除後的銀合歡殘材會優先堆置於保護帶內，大部分刈除的碳存量仍都保留於林地之中，未來將形成腐植質、轉換為「黃碳」(土壤固碳)，而非完全減損。
- (v) 促進公眾參與工作，辦理兩場次活動。第一場次之邀請對象為對生態議題較活躍的社區及團體，提供跨單位平臺討論。

第二場次則邀請縣府及恆春半島六個鄉公所共同參與，分享與討論銀合歡去化再利用及銀合歡移除後造林的方法。

表 1.2-3 銀合歡主要分布範圍之原生植群

環境	區位	植群型	物種
山區森林	東側	南仁山至佳樂水、豬老東山、墾丁臺地、社頂之陰濕溪谷或山麓、低海拔丘陵或臺地	榕楠林型(蘇鴻傑, 1985) 大葉楠、香楠、土楠、白榕、雀榕、大榕、豬母乳、白肉榕、澀葉榕、菲律賓榕、九丁榕、蘭嶼落葉榕、茄苳、咬人狗、欖仁舅、皮孫木、水冬瓜、山龍眼、鵝掌柴、樹杞、大葉樹蘭、筆筒樹、臺灣苦槠、印度苦槠、山菜豆、交力坪鐵色、九芎、幹花榕、構樹、山黃麻、烏心石舅
		出風鼻至佳樂水一帶，海岸附近臺地或山坡	大頭茶-青楊梅型(蘇鴻傑, 1985) 大頭茶、青楊梅、土樟、光葉柃木、魯花樹、恆春石斑木
		佳樂水溪谷海拔 60-160 公尺	蚊母樹型(張焜標、張耀聰, 2000) 蚊母樹、小葉木犀、薄葉玉心花
	西側	里龍山海拔 435-480m 中坡或下坡	石朴-土楠型(葉慶龍, 2002) 石朴、櫟、土楠
海岸林	半落葉或落葉林	鵝鑾鼻半島西部、社頂、龍仔埔、南仁山塊西側	半落葉混淆林型(蘇鴻傑, 1985) 無患子、白雞油、山黃麻、克蘭樹、黃豆樹、黃荊、白匏子、羅氏鹽膚木、恆春皂莢、蟲屎、九芎、臺灣樂樹、血桐、咬人狗、山柚、過山香、內荖子、月橘、烏柑仔、厚殼樹、破布子、山菜豆、食茱萸、土樟、珊瑚樹、稜果榕、小葉桑、構樹、枯里珍
		赤牛嶺至大山母山一帶	土樟-內荖子型(蘇鴻傑, 1985) 土樟、內荖子、山欖、紅柴、山柚、烏柑仔、大頭茶、魯花樹、白樹仔
		墾丁臺地西、北、南側，赤牛嶺、大山母山、門馬羅山、大小尖山、墾丁往港口、下老佛山之東北與東南坡大、小尖山突出之山峰岩壁	土樟-內荖子型(葉慶龍, 1994) 內荖子、土樟、黃荊
		白沙瀾溪、石牛溪溪谷、低地一帶	有刺灌叢(蘇鴻傑, 1985) 刺裸實、烏柑仔、雀梅藤、魯花樹、小刺山柑、紅柴、山欖
			黃豆樹-克蘭樹型(蘇鴻傑、蘇中原, 1988) 黃豆樹、克蘭樹、恆春皂莢、棟、欖仁
	高位珊瑚礁	墾丁至鵝鑾鼻、關山臺地珊瑚礁	隆起珊瑚礁植群(蘇鴻傑, 1985) 山欖、紅柴、大葉山欖、鐵色、象牙樹、毛柿、魯花樹、月橘、火筒樹、山豬枷、榕樹、白榕、白樹仔、枯里珍、黃心柿
		墾丁臺地海拔 200-320m 之珊瑚礁岩	黃心柿-毛柿-茄苳型(邱文良, 1982) 黃心柿、毛柿、茄苳
		南仁灣及香蕉灣一帶珊瑚礁岩	棋盤腳樹-蓮葉桐型(邱文良, 1982) 棋盤腳、蓮葉桐
草生環境		鵝鑾鼻向北延至南仁灣、九棚一帶向風坡	林投過渡型(邱文良, 1982) 林投
		香蕉灣沙地	臨海灌木植物帶(張惠珠等, 1985) 白水木、草海桐、白花苦藍盤、林投、毛苦參、土沉香、黃槿、繖楊、臭娘子
		香蕉灣	臨海珊瑚礁植物帶(張惠珠等, 1985) 水芫花、山豬枷
		社頂牧草地	竹節草型、白茅型、決明型、相思樹型(吳秋燕, 2000) 竹節草、蠅翼草、煉莢豆、乾溝飄拂草、卵型飄拂草、地毯草、白茅、單穗水蜈蚣、雷公根、一枝香、爵床、海金沙



表 1.2-4 112 年之前期計畫提出適生植物建議

分區	環境條件 (300 m↓)	植被復育 目標	適生植物(先驅)	適生植物
1a. 西側 山區森林	森林	半落葉或落葉 闊葉林	密花白飯樹*、野桐、雙 節山螞蝗*、山芙蓉#	山樣子、破布烏、恆春厚殼樹**、小刺山柑*、刺裸實*、軟毛柿*、土密樹*、粗糠柴、 扛香藤、紫黃、多花油柑、海南厚殼桂、內芩子、小梗木薑子、紅柴#、棟#、盤龍木、 山素英、山柚*、臺灣海桐#、山黃梔、過山香*、烏柑仔*、小葉朴、樟#、臺灣朴樹、 黃荊*、黃蓮木#、相思樹#、青剛櫟#、楓香#、樟葉槭#、樟#、疏脈赤楠#、山芙蓉#、六 翅木#
1b. 東側 山區森林	內陸山區	榕楠林	構樹、山黃麻	筆筒樹、水冬瓜、江某*、山菜豆、破布烏、杜英、茄苳**、南仁鐵色、野桐、臺灣栲、 印度栲#、海南厚殼桂*、大葉楠、香楠、九芎#、烏心石舅、大葉樹蘭、菲律賓榕、白 榕*、水同木、澀葉榕、九丁榕、雀榕、幹花榕、島榕、樹杞*、皮孫木、山龍眼、欖 仁舅#、咬人狗、恆春紅豆樹#、高士佛赤楠#、疏脈赤楠#、六翅木#、恆春山枇杷#、墨點 櫻桃#、臺灣梭羅木#
	近海山區	熱帶風衝矮林	野桐	杜英、魯花樹*、蚊母樹、土樟#、青楊梅、小葉木犀、恆春石斑木、薄葉玉心花、光葉 柃木*、大頭茶*、恆春山枇杷#
2a. 關山- 大坪頂海 岸林	近海山區	落葉闊葉林	野桐、克蘭樹#、黃荊*	山樣子、武靴藤、破布烏、小刺山柑*、山柑、刺裸實*、扛香藤、多花油柑、魯花樹、 土樟#、九芎#、猿尾藤、柘樹、盤龍木、腺果藤、恆春風藤、翼核木、華茜草樹、烏柑 仔*、山埔姜、印度鞭藤、海欖果#、欖仁#
	西側高位珊 瑚礁地形	高位珊瑚礁林	血桐*	恆春哥納香、淡綠葉衛矛、瓊崖海棠#、軟毛柿#、象牙柿#、黃心柿、毛柿**、枯里珍、 裏白巴豆、鐵色**、白樹仔*、菲律賓銀頭果、魯花樹、火筒樹、紅柴**、白榕*、榕、 雀榕、山豬枷、樹杞、臺灣海桐#、山黃梔、月橘、止宮樹、大葉山欖#、山欖、山棕、 囊稈竹、海欖果#、銀葉樹#、欖仁#
2b. 墾丁 海岸林	內陸山區	半落葉或落葉 闊葉林	羅氏鹽膚木、血桐*、野 桐、白匏子、蟲屎、棟 #、構樹、小葉桑、克蘭 樹#、山黃麻、黃荊*	山菜豆、破布子、破布烏、厚殼樹、小刺山柑*、珊瑚樹**、刺裸實*、欖仁、枯里珍、 白樹仔*、黃豆樹、恆春皂莢、魯花樹、土樟#、內芩子、九芎#、紅柴**、稜果榕、白雞 油#、山柚*、雀梅藤、過山香*、月橘*、烏柑仔*、食茱萸、臺灣欒樹、無患子、山欖、 大頭茶、咬人狗、黃連木#、樟葉槭#
	高位珊瑚礁 地形	高位珊瑚礁林	血桐*	蘿芙木、小刺山柑、瓊崖海棠#、象牙柿#、黃心柿、毛柿**、枯里珍、茄苳#、裏白巴豆、 鐵色**、白樹仔*、魯花樹、蓮葉桐、棋盤腳#、火筒樹、紅柴**、白榕*、榕、山豬枷、 過山香*、月橘、止宮樹、大葉山欖#、山欖、海欖果#、福木#、銀葉樹#
3. 西側 農田與建 成地區	平地森林	榕楠林	野桐、血桐*、棟**、構 樹、臭娘子、黃荊*	水冬瓜、破布烏、杜英、茄苳**、紅柴#、菲律賓榕、白榕*、澀葉榕、九丁榕、稜果榕、 雀榕、島榕、過山香*、無患子、水黃皮#、楓香#、樟#、山芙蓉#、欖仁#
4. 草生 植被	海岸沙地	沙地植被	雙花蟛蜞菊、馬鞍藤、濱刀豆、濱豇豆、海埔姜、文珠蘭、海濱莎、濱刺麥、芻蒿草	
	海岸珊瑚礁	珊瑚礁灌叢	白水木#、貓鼻頭木藍、毛苦參、草海桐#、水芫花、黃槿#、繖楊#、山豬枷、烏芙蓉、葛塔德木、臭娘子、林投	
	近海山地	近海山地灌叢	細葉銀頭果、野牡丹、臺灣海棗、林投、扭鞘香茅、白背芒、月桃	
	牧草地環境	放牧草地	海金沙、爵床、雷公根、生毛將軍、一枝香、煉莢豆、鵝鑾鼻決明、華野百合、假地豆、蠅翼草、圓葉兔尾草、 金錦香、青楊梅、乾溝飄拂草、卵形飄拂草、單穗水蜈蚣、刺子莞、仙茅、竹節草、白茅	

註：粗體及符號「\*」代表為優勢種(建議配置數量較多的物種)、「#」代表屏東處 112 年育苗樹種

表 1.2-5 梅花鹿對有效受測 77 樹種葉片的適口性

適口性	平均啃食率	植物種類列舉
第一級	100%	枯里珍、青芋麻、白榕、澀葉榕、稜果榕、咬人狗、血桐、江某、山黃麻等 9 種
第二級	99-50%	番仔林投、白雞油、大葉山欖、蟲屎、皮孫木、黃心柿、山柚、月橘、臺灣假黃楊、瓊楠、火筒樹、長葉芋麻、臺灣樂樹、皮孫木、無患子等 29 種
第三級	49-10%	鐵色、樹青、土楠、柿葉茶茱萸、裏白巴豆、茄苳、白匏子、九芎、小梗木薑子等 20 種
第四級	9-1%	毛柿、小芽新木薑子、軟毛柿、九節木、土樟等 14 種
第五級	0%	紅柴、樹杞、海州常山、厚殼樹、梧桐、白樹仔、石苓舅、大葉楠、臺灣山桂花、粗糠柴、臺灣梭羅樹、假酸漿等 12 種

資料來源：葉定宏等(2021)。

表 1.2-6 112 年之前期計畫提出優先保留與栽植建議

配置數量	建議優先保留與栽植植物
較多 (先驅樹種/ 30%以上)	血桐*、野桐、白匏子*、構樹*、棟*、雙節山螞蝗*、臭娘子、黃荊*、蟲屎*、小葉桑、密花白飯樹*、克蘭樹*
中等 (具有茂密樹冠幅、具有動物傳播種子吸引力)	江某、茄苳、恆春厚殼樹*、白榕*、雀榕、欖仁*、杜英*、大葉楠*#、香楠、海南厚殼桂*、紅柴*#、菲律賓榕、稜果榕*、樹杞*#、過山香*、山欖、山棕
較少(稀有、其他樹種)	例如：淡綠葉衛矛、山樣子、恆春皂莢等

\* 植物樣區監測有調查到之原生植物。

# 梅花鹿平均啃食率低於 9%樹種(適口性第五級、第四級)(葉定宏、郭耀綸、林照松，2021)。

註 1：建議優先保留、栽植樹種，以快速成林、具有茂密寬大樹冠遮蔽雜草光線、具有野生動物傳播種子吸引力的樹種為原則。

註 2：建議配置比例：10~30 種，密度 1 株/4m<sup>2</sup>。



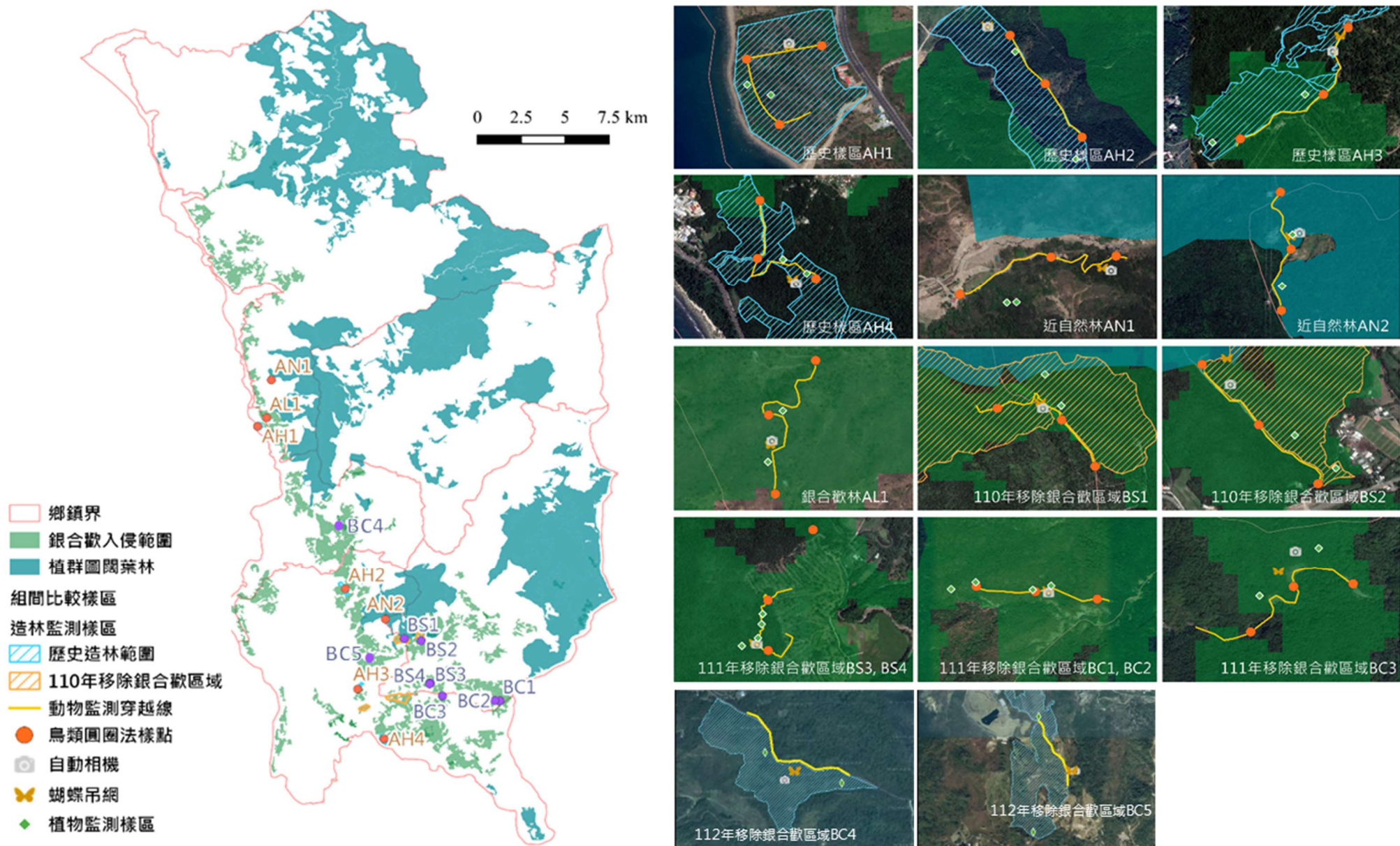


圖 1.2-2 112 年之前期計畫生態監測樣區位置以及動植物監測的樣點及穿越線

資料來源：觀察家生態顧問有限公司(2023)。



## 第二章 計畫目標及工作執行項目

### 2.1 計畫目標

承第1.1節計畫緣起所述，本計畫呼應林業保育署「國土生態綠網」七大行動面向的2-2「外來入侵種(銀合歡)剷除及生態植被復育」，目標透過UAV航攝影像精進影像判釋銀合歡分布狀況之精度、落實銀合歡移除作業監測，以回饋銀合歡剷除與回復熱帶季風林原生植被的策略方向。並依據比較結果提供屏東分署未來執行參考、強化公私協力以增加各層面各單位之銀合歡移除工作參與度，以回饋行政院「外來入侵種埃及聖鵝、綠鬣蜥與恆春半島銀合歡移除及復育計畫」之「區位劃分與執行策略—針對私人所有或使用權/國公有地」推動工作，整體架構之關係如圖2.1-1所示，本計畫各項目標分述如下：

#### (1) 銀合歡分布

為提升銀合歡移除工作之效益，需正確掌握銀合歡的分布狀況。本計畫除利用高解析度之航攝影像判釋銀合歡分布，進一步產出生態敏感區圖資，亦同步蒐整移除作業方式資訊，提供屏東分署規劃銀合歡移除工作參考。

#### (2) 生態監測

銀合歡移除工作需以持續累積資料進行比對，才能評估其成效，並同步調整造林、撫育等管理方式。本計畫配合屏東分署移除進執行動植物調查，持續累積監測資料，並根據調查成果初步評估復育造林效益，進一步比較不同造林方式之成效。

#### (3) 宣導並鼓勵私有地主與林農投入銀合歡移除工作

為促進民眾參與銀合歡移除工作，本計畫將協助屏東分署辦理銀合歡移除收購說明會，亦將設計銀合歡防除學習單，提供學校老師教學或分署辦理活動使用，期透過教育方式，讓更多民眾更瞭解清除銀合歡的目的、協力移除銀合歡。

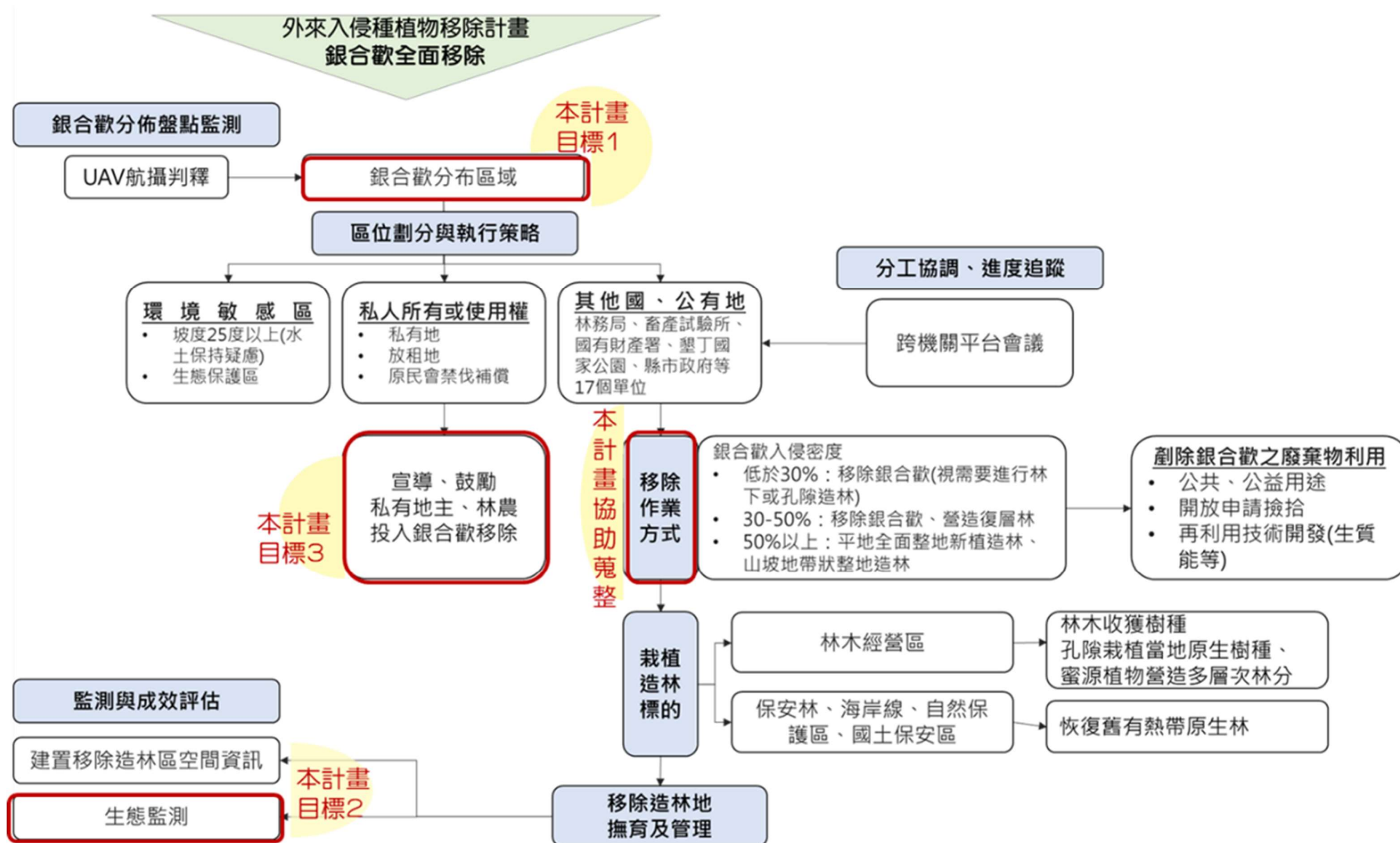


圖 2.1-1 本計畫工作目標與恆春半島銀合歡移除工作整體架構之關係

資料來源：行政院農業委員會(2022)；行政院農業委員會林務局屏東林區管理處，本計畫整理。

## 2.2 工作項目

本計畫工作規劃流程如圖2.2-1，工作項目說明如下：

- (1) 更新恆春半島銀合歡分布區域：繪製恆春半島六鄉鎮範圍內之銀合歡移除區域，共24圖幅。判釋工作包含：
  - (a) 資料收集與圖資整合，包括現有銀合歡分布資料及影像圖資整理，做為銀合歡影像判釋參考資訊。
  - (b) 參照航測及遙測分署判釋方式，進行銀合歡分布初判與分級，依銀合歡覆蓋率區分為三等級(1-30%、31-70%、71-100%)。
  - (c) 現地勘查校對，針對初判區域逐張圖幅抽樣，現場確認修正初判結果。
  - (d) 依據現場勘查校對結果，修正銀合歡分布圖，產出GIS圖層檔(shp檔)。
  - (e) 參考繪製結果及現勘紀錄資訊，更新112年之前期計畫繪製之恆春半島生態敏感區圖資。
- (2) 協助彙整及比較恆春半島各單位銀合歡移除作業之成果

收集及彙整近年恆春半島各機關銀合歡移除作業方式，協助比較優缺點，以提供未來移除參考。
- (3) 進行銀合歡移除區域生態監測及復育造林效益分析
  - (a) 112年之前期計畫樣區作業後之監測，進行植物1季次、動物4季次調查。
  - (b) 配合屏東分署113年移除銀合歡進度，擇定具代表性之監測點各2處，進行植物2季次、動物5季次調查；配合114年移除作業進度，進行植物1季次、動物1季次調查。
  - (c) 依據監測結果，評估銀合歡移除前後，對當地動、植物之影響，並分析不同環境之復育造林地，於銀合歡移除後動、植物棲地利用變化。

#### (4) 宣導銀合歡移除之收購及相關辦法

於恆春半島六鄉鎮(枋山鄉、獅子鄉、牡丹鄉、車城鄉、滿州鄉、恆春鎮)辦理至少各一場次，宣導推廣銀合歡收購計畫，共計6場次。

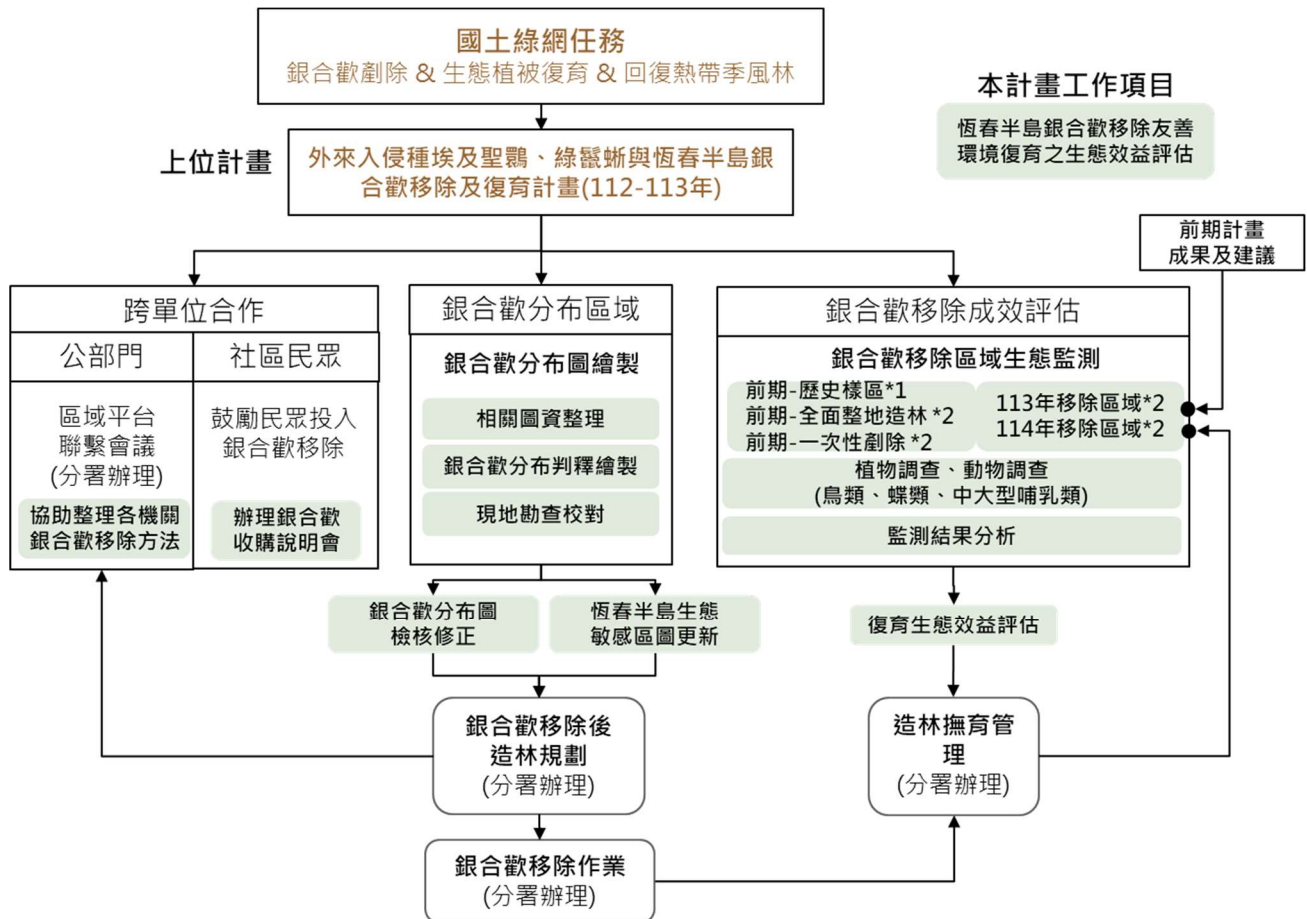


圖 2.2-1 本計畫工作執行流程

### 2.3 計畫範圍

本計畫工作範圍以恆春半島六鄉鎮為主，依屏東分署年度銀合歡移除區域擇定監測樣區。

### 第三章 銀合歡分布圖繪製

為落實「外來入侵種埃及聖鵝綠鬣蜥與恆春半島銀合歡移除及復育計畫」之恆春半島銀合歡移除的任務，需掌握銀合歡的分布狀況，以利後續移除規劃，因此建置準確的銀合歡分布圖資，亦是銀合歡移除任務不可或缺的一環。

在106年之前期計畫中，曾以大尺度的遙測影像分析針對衛星影像產出恆春半島銀合歡分布圖資，然而其解析度較低，對於零星分布之銀合歡覆蓋區域易出現低估之情形。而由於上位計畫訂定工作在即，在未有其他細緻圖資的情況下簡易採用此圖資制定移除銀合歡範圍之基礎。

112年之前期計畫於擇定調查樣區的現勘過程中，發現有5處預定移除造林區域並非銀合歡優勢林相，而是以原生樹種為主的落葉林或有刺灌叢，因此回報屏東分署，重新修訂清除範圍，顯示銀合歡移除工作之擬定與效益，仍有持續精進之空間。

110年行政院農業委員會林務局農林航空測量所(現農業部林業及自然保育署航測及遙測分署，以下簡稱航遙分署)以航攝影像為基礎，再搭配春夏季熊鷹無人機航拍之正射影像與現地勘查進行圖資校正，協助屏東分署更新滿州鄉部分區域之銀合歡分布資訊(以下簡稱110年滿州地區銀合歡分布圖)，亦以熊鷹無人機影像分別與航射影像及衛星影像判釋結果比較，以前者差距較小(行政院農業委員會林務局農林航空測量所，2021)。本計畫「更新恆春半島銀合歡分布區域」工作項目主要為延續航遙分署110年工作，更新恆春半島銀合歡分布圖。繪製之影像底圖由屏東分署提供，24幀圖幅中除2幀判釋無銀合歡分布外，已全數繪製完成，並依繪製結果更新112年之前期報告中提供之恆春半島生態敏感區域圖資。

為妥善研擬本工作項目執行流程及規劃工作安排，本計畫於112年11~12月間分別諮詢林業試驗所森林經營組、航遙分署及宜蘭大學森林及自然資源學系鍾智昕博士，請教其航測資料運用、製圖作業流程規劃經驗及建議，並於113年1月31日與屏東分署工作會議討論，相關諮詢及工作會紀錄參閱附錄一及附錄二。本計畫繪圖工作流程及方法詳下節，進度規劃如圖3-1。





圖 3-1 繪圖進度規劃

### 3.1 工作流程及方法

參考航遙分署之作業流程，本計畫銀合歡分布圖繪製工作流程詳圖3.1-1)，各項目分述如下：

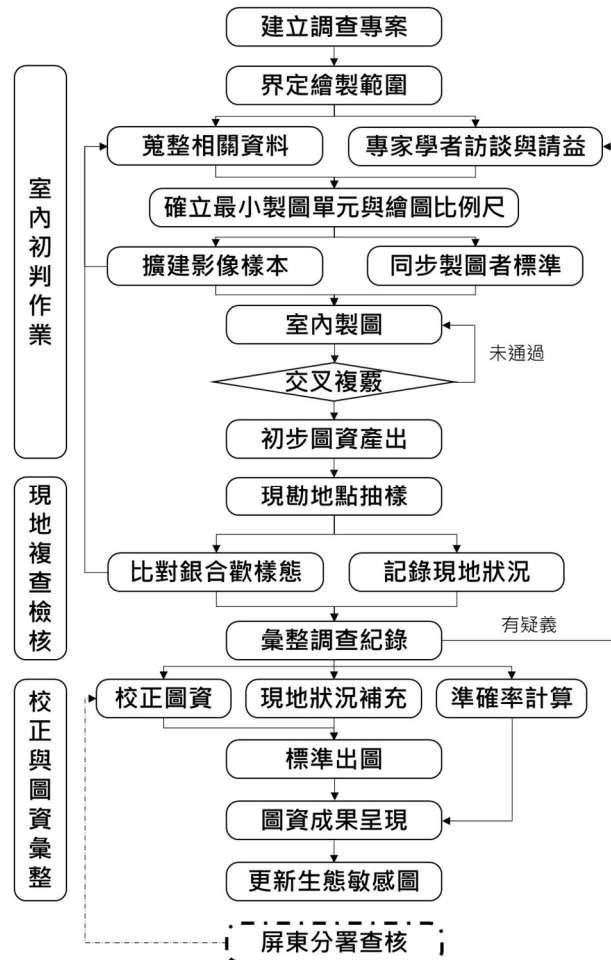


圖 3.1-1 銀合歡分布圖繪製工作執行流程

### (1) 界定繪製範圍及圖資整備

本計畫使用底圖為屏東分署提供，係由航遙分署產製之正射影像，以「熊鷹號定翼無人機」搭載Phase One量測型光學感測器相機執行航拍任務，並完成正射化作業之單一圖幅影像，格式為標籤影像檔案格式(Tag Image File Format; tiff)，包含紅、綠、藍三色波段，圖幅大小為2700×2800平方公尺，地面解析度(GSD)為10公分，相較過去航攝影像有更高的影像解析度(圖3.1-2)。本計畫繪製之24幀熊鷹航拍圖幅，圖幅編號及拍攝年度詳表3.1-1。

### (2) 室內初判作業

經界定範圍後，除蒐集範圍內相關資訊，亦向遙測與影像判讀領域專家學者諮詢，於確立適合的最小製圖單元與繪圖尺度後，同步增

建銀合歡樣貌影像樣本與繪圖者對於銀合歡的認知，建立初步圖資。

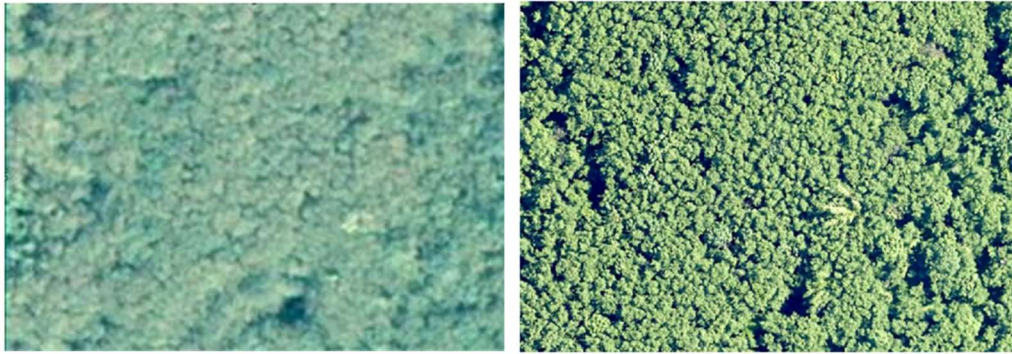


圖 3.1-2 航攝影像(左)及熊鷹航拍影像(右)同一地點之比較

圖片來源：行政院農業委員會林務局農林航空測量所(2021)。

表 3.1-1 繪製範圍 24 幀熊鷹航拍圖幅之拍攝年度

圖幅編號	拍攝年度	圖幅編號	拍攝年度	圖幅編號	拍攝年度
95164009	110	95173028	110	95174097	111
95172051	110	95173049	110	95174098	111
95172083	110	95173059	110	95173069	112
95172085	110	95173060	110	95173070	112
95172093	110	95173098	110	95173079	112
95172094	110	95173007	111	95173080	112
95172095	110	95173008	111	95173088	112
95173018	110	95174088	111	95173089	112

#### (a) 相關資料蒐整

為確保繪圖成員對銀合歡之紋理、外觀有一定程度的理解，以及尋找銀合歡可能擴張之地點，本計畫蒐整相關圖資與參考文獻內容(表3.1-2)，作為繪製作業的參考圖資。

#### (b) 專家學者訪談與請益

為研擬銀合歡分布圖繪製之執行流程及工作規劃，本計畫於112年11~12月間分別諮詢(1) 航遙分署退休的任達先生、自航遙分署調任林試所的森林保護組傅淑瑋助理研究員及森林經營組王韻皓助理研究員，(2) 航遙分署影像應用科蔡家銘先生，(3) 宜蘭大學森林及自然資源學系鍾智昕博士，請教關於航測資料運用、製圖作業流程規劃之經驗及建議。綜整諮詢建議：由於銀合歡外



觀具多種變化，包含不同生長期(發芽期、展葉期、落葉期、莢果成熟期)，間距不同時之葉型亦不相同(散生、聚集、與他種鑲嵌)，繪圖人員應多加熟識其變化類型，建議建立紋理影像樣本供參考，以確立繪圖人員之間之評價一致。專家學者諮詢紀錄摘整於附錄一。亦於113年1月31日與屏東分署進行工作會議討論，原則上同意以0.04公頃為最小製圖單元，其中墓園雖常為銀合歡分布區域，然因墓園會有民眾不定期清理，銀合歡數量變化大，因此僅標示墓園但不進行判釋，會議紀錄摘整於附錄二。

表 3.1-2 繪製作業參考資訊

資料名稱	作者/資料來源	提供資訊
106 年銀合歡分布圖	國立屏東科技大學森林系，2020。恆春半島銀合歡移除復育造林生態廊道串連及效益評估。行政院農業委員會林務局屏東林區管理處。	106 年之前期計畫成果：106 年總面積 5491 公頃之銀合歡範圍.shp
110 年滿州地區銀合歡分布圖	行政院農業委員會林務局農林航空測量所，2021。應用航照影像判釋恆春半島銀合歡之分布區域。	滿州地區銀合歡分布區域繪製成果.shp 輔助檢視不同銀合歡覆蓋率紋理影像樣本
內政部國土測繪中心土地利用圖	內政部國土測繪中心	套疊不同利用類型，尋找銀合歡可能分布之區域
林業保育署林班地範圍	林業及自然保育署	參考林班地內人造林物種，以進行林相樣貌排除
外來入侵物種銀合歡族群擴散模擬之研究	呂明倫，2016。外來入侵物種銀合歡族群擴散模擬之研究。航測及遙測學刊，21(2)，65-74。	參考銀合歡擴張趨勢或擴張高風險區的研究預測，尋找銀合歡可能擴張之地點
航照樹語	鄧國禎，2015。航照樹語。行政院農業委員會林務局農林航空測量所。	參考各樹種航拍之樹冠紋理
福衛冬季影像	航測及遙測分署(2019-2023)	冬季落葉樹種分布區域

### (c) 確立最小製圖單元與繪圖比例尺

經諮詢本計畫專顧鍾博士建議設定繪圖比例為1:1000，描繪在此比例尺下可判釋銀合歡的範圍，創建初步圖資，如圖3.1-3所示，並於工作會議確認繪圖之最小製圖單元原則上為0.04公頃(詳附錄二)。

然而無論是過去的航攝影像或本計畫使用之熊鷹航拍圖，均為自空中垂直向下拍攝的圖像，其缺點為其影像所記錄之觀測物體大多為樹冠層，樹冠下的資訊難以得知(林莉萍等，2014)。由於影像圖先天限制，本計畫描繪範圍以樹冠層可判釋銀合歡為主。

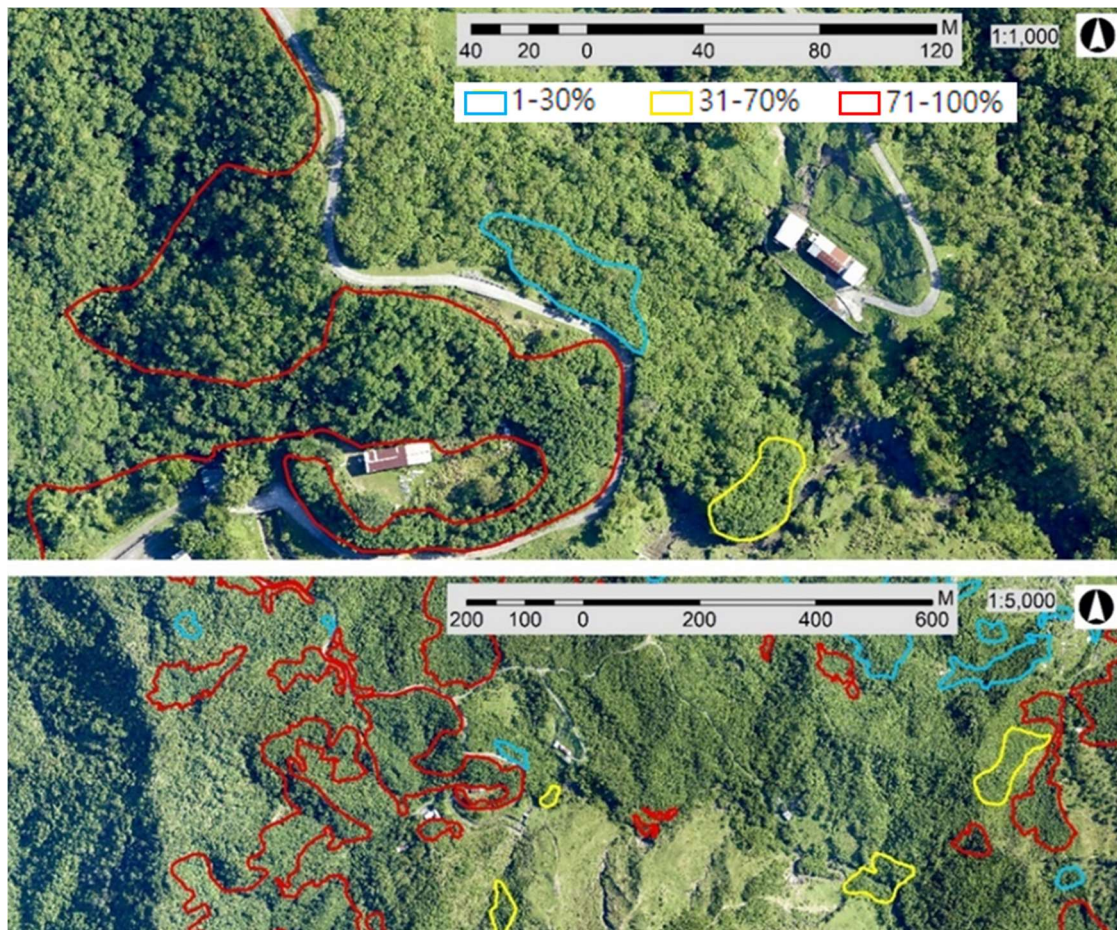


圖 3.1-3 不同比例尺的可判識影像差異

註：框線顏色代表不同等級銀合歡覆蓋率，紅：71%-100%，黃：31%-70%，藍：1%-30%。  
圖片來源：行政院農業委員會林務局農林航空測量所，2021。應用航照影像判釋恆春半島銀合歡之分布區域。本計畫再製。

#### (d) 擴增與建立銀合歡影像樣本

由於銀合歡樹冠樣貌較多樣，考量作業分工及確立標準性，本計畫參考《航照樹語》(鄧國禎，2015)中恆春半島之樹種樹冠外觀描述(表3.1-3)，銀合歡之航拍樹冠輪廓為不規則形。由於其葉形為羽狀複葉，航拍之樹梢呈半透明狀，當其與鄰近樹木之間距不同時，葉形開展狀況會影響樹梢堆疊的密集程度，進而使透明度有深淺變化。並延用屏東分署及航遙分署協助屏東分署擬訂之繪圖原則，將銀合歡覆蓋率(銀合歡樹冠密度)分為三級(1%-30%、31%-70%、71%-100%)，並建立不同級距的銀合歡覆蓋率之紋理影像樣本(圖3.1-4)，並搭配現地勘查校對，有疑慮之處將



透過專家顧問諮詢或與屏東分署討論，滾動式檢討修正，以提升繪圖品質的一致性與準確度。

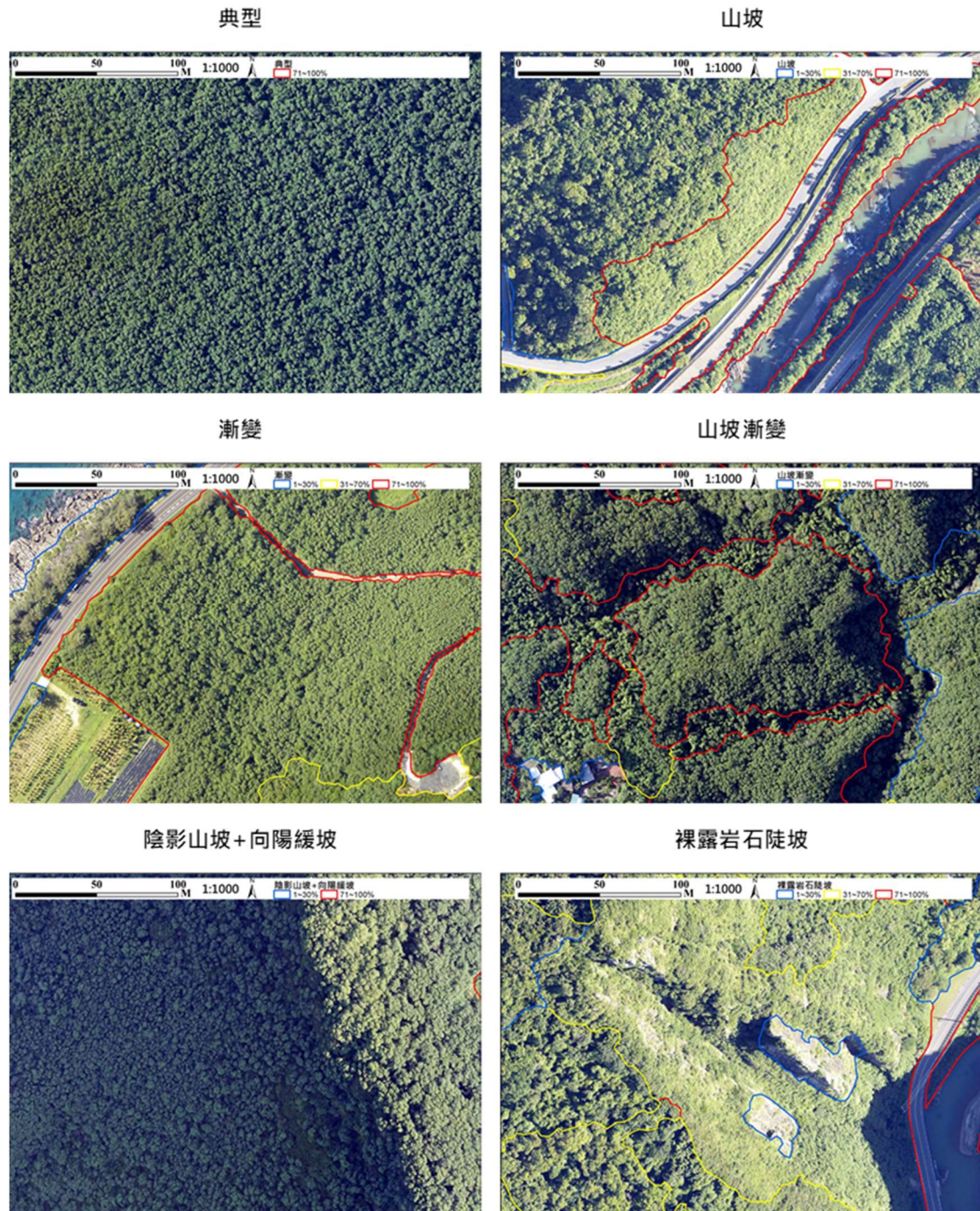


圖 3.1-4 不同銀合歡覆蓋率之紋理影像樣本示意圖

註：框線顏色代表不同等級銀合歡覆蓋率，紅：71%-100%，黃：31%-70%，藍：1%-30%。

表 3.1-3 整理航照樹語外觀描述

樹種	樹冠輪廓	樹冠邊緣	樹冠表面	樹梢	枝葉層	其他描述
銀合歡	不規則形	全緣	非連續 單冠結構	樹梢圓角且冠層 頂葉呈半透明	質地平滑	
相思樹	不規則形	鈍鋸齒	非連續 多冠結構	樹梢圓角且冠層 頂葉呈不透明	質地平滑	明度偏低
茄苳	圓形	全緣	連續 單冠結構	樹梢圓角且冠層 連身呈不透明	質地粒狀	
苦楝	不規則形	全緣	連續 單冠結構	樹梢圓角且冠層 頂葉呈不透明	質地條狀	
長尾桫	不規則形	鈍鋸齒	非連續 多冠結構	樹梢細銳且冠層 連身呈不透明	質地粗糙	明度偏低
白雞油	不規則形	全緣	非連續 多冠結構	樹梢圓角且冠層 頂葉呈不透明		樹冠間分離
錫蘭 橄欖	圓形	纖毛狀	連續 單冠結構	樹梢平展且冠層 頂葉呈不透明	質地條狀	
椰子	大型葉		連續 單冠結構	樹梢平展且冠層 頂葉呈半透明		主脈明度高

資料來源：鄧國禎(2015)。

#### (c) 影像判釋與圈繪數化

本計畫參考航遙分署作業流程與製圖原則，繪圖人員可透過已建立之銀合歡影像樣本或本身對銀合歡瞭解之資訊，執行影像判釋作業。繪製人員以ArcGIS地理資訊軟體操作，依照銀合歡特徵樣態，主觀判釋影像中銀合歡分布之位置並進行圈繪數化，再依照框選範圍內銀合歡與其他樹種混淆狀況將覆蓋率分為1%-30%、31%-70%、71%-100%三個級別(表3.1-4)。

表 3.1-4 不同銀合歡覆蓋率判釋說明

銀合歡覆蓋率	判釋原則
1%-30%	1. 銀合歡零星出現，以其他樹種為優勢之森林環境 2. 銀合歡小樹或小苗，以草本植物優勢的荒地或廢耕地
31%-70%	銀合歡與其他樹種混生，且不易判斷何者較為優勢
71%-100%	銀合歡為純林或僅有少數其他樹種混生其中



(f) 室內交叉複核

依影像判釋與圈繪數化結果，每幀圖幅於銀合歡覆蓋率<1%(無銀合歡)、1%-30%、31%-70%、71%-100%四個級別中分層隨機取樣，各取100個樣點做為複核點位，由其他繪圖人員執行查核。並以複核結果建立混淆矩陣(confusion matrix)(表3.1-5)、計算整體準確度(Overall Accuracy; OA)與Kappa值( $\kappa$ )。準確率之計算公式及說明如下：

$$OA = P_o = \frac{\sum \text{混淆矩陣對角線數值}}{\text{總樣本數}}$$

$$P_e = \frac{\sum (\text{混淆矩陣行總計} \times \text{混淆矩陣列總計})}{(\text{總樣本數})^2}$$

$$\kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

算式中， $OA=P_o$ 為圖判一致樣本佔整體的比例， $OA$ 數值越高時，則表示覆蓋率判釋誤判比率越低； $P_e$ 為各覆蓋率分級判釋結果與複核結果一致之期望值加總；Kappa值( $\kappa$ )描述影像分類之誤差性，同時考慮漏授及誤授因素。 $\kappa$  數值介於0 至 1 之間， $\kappa$ 值越大則表示判釋準確度越高，代表不同人員的判釋結果越一致。

Kappa值( $\kappa$ )之解讀及說明如下：

$\kappa=0.81-1.00$ ：幾乎完美的一致性       $\kappa=0.21-0.40$ ：低度一致性  
 $\kappa=0.61-0.80$ ：顯著一致性                 $\kappa=0-0.20$ ：輕微一致性  
 $\kappa=0.41-0.60$ ：中等一致性                 $\kappa<0$  一致性差

若未通過室內複核標準，繪圖人員將進行小組討論，檢討不一致的情況，以確保內部繪圖標準一致性，並重新修訂該圖幅。

表 3.1-5 交叉複核結果之混淆矩陣示意

銀合歡覆蓋率		繪圖分類				行總計
		71-100%	31-70%	1-30%	<1%	
複核檢核	71%-100%	99	14	2		115
	31%-70%	1	81	1		83
	1%-30%		4	97	2	103
	<1%		1		98	99
列總計		100	100	100	100	400

## (2) 現地勘查：複查檢核

通過室內交叉複核的圖幅，現勘人員於勘查工作前，再次依四個級別的覆蓋率做分層隨機取樣，各取若干樣點做為現地複查點位，並根據複查結果建立混淆矩陣，評估整體準確度，以確保成品繪製品質。

除了計算準確率用的現勘點位，本計畫於現勘過程若發現良好眺望點或特殊植被類型，將另增加記錄補充，以累積現地植被資訊，作為繪圖人員判釋銀合歡影像紋理之比對參考，亦累積對於非銀合歡樹種冠層樣貌的判釋經驗，藉以提升繪圖人員圖判資料之準確率。補充點位記錄的項目包含：1.優勢樹種 2.伴生樹種 3.銀合歡比例 4.座標點位 5.圖幅編號 6.航拍圖&拍攝年份 7.熊鷹照片名稱 8.現勘照片 9.拍攝方位 10.註記。盡量呈現現地植被狀況(如移除、道路兩側管理維護、廢耕地被銀合歡入侵等)或樹種之結構組成(銀合歡覆蓋率等級及混生物種)，供後續圖資校正與資訊補充。現地複查之補充紀錄如圖 3.1-5，紀錄表詳附錄三。

## (3) 校正與圖資彙整

現地勘查後將依現地調查紀錄微調修正圖幅，並將圖資與現況不同的資訊補充註記，例如現地銀合歡已被清除。若現勘點位準確率未能達查核標準，繪圖人員將再進行小組討論，檢討可能的問題，並重新修訂該圖幅。圖資校正與現況資料補充完成後，將提送屏東分署安排現勘查核作業，於最終校正完成後，更新生態敏感圖，供屏東分署作為移除規劃使用。

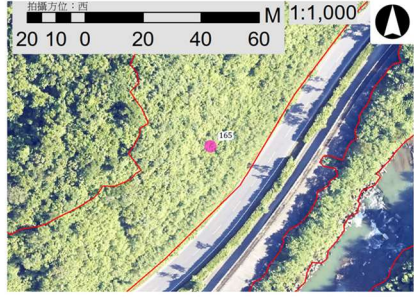

調查人員	蔡佳育、鄧信彥	熊鷹照片	現場照片
調查日期	113 年 11 月 28 日		
座標 97X	226261		
座標 97Y	2447108		
幅圖編號	95172093		
航拍圖檔名/拍攝年份	AFASI_95172051/110 年拍攝		
銀合歡覆蓋率	71-100%		
優勢樹種	銀合歡		
伴生樹種	無		
註記	165 號	拍攝方位	西

圖 3.1-5 現地複查補充紀錄表示意圖

### 3.2 繪製成果

本計畫已繪製完成之圖幅累計24幀，全數完成。現地勘查點地點分布如圖3.2-1，其中95172085、95172095兩幀圖幅判釋無銀合歡分布(銀合歡覆蓋率<1%)(圖3.2-2)，推測可能因其地理位置落在墾丁國家公園範圍內之生態保護區，受人為干擾程度極小，環境濕度較高，原生之木本植物如欖仁舅、相思樹等生長狀況良好，現勘記錄到之物種數亦較多，為近自然林環境，因此銀合歡不易入侵拓殖。增加的銀合歡範圍與呂明倫(2016)的研究吻合：距離已存在之族群越近、坡度越陡、與森林邊緣越近、與道路越近，則越容易導致銀合歡的擴張。

餘22幀有繪製有銀合歡分布之圖幅，但在現勘時發現現況與圖幅影像不同的情形，大致歸類有：(1) 原繪製範圍之銀合歡已被移除或正在執行移除作業、(2) 原繪製範圍之銀合歡已移除但銀合歡再次入侵(銀合歡植株高度與密度改變)、(3) 土地利用型態改變(農地廢耕後被銀合歡入侵、轉變為光電板而完全無銀合歡等)。

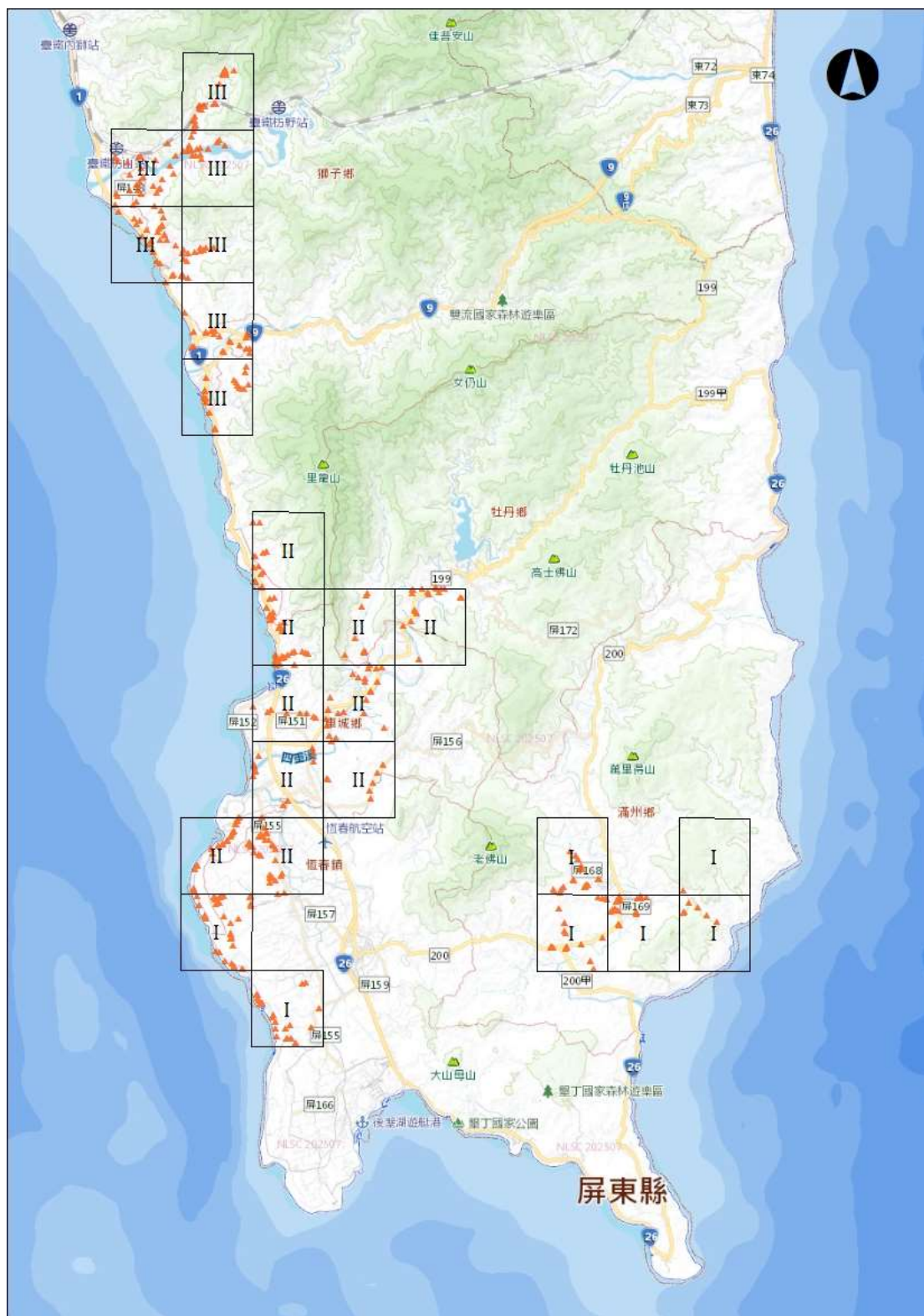


圖 3.2-1 銀合歡影像判釋現勘點位

註：I-第一次期中報告完成圖幅，II-第二次期中報告完成圖幅，III-期末報告完成圖幅。



現地複查之準確率以計算OA與κ值評估，以圖幅編號95173028之現地複查檢核成果為例(表3.2-1)，計算之OA為0.95、κ為0.93，參照前面κ值之解讀：顯示圖判結果與現地狀況一致性高。計畫範圍之24圖幅之OA值如表3.2-2，普遍高於90%以上，而複查之資訊已於室內作業中全數修正。

表 3.2-1 現地複查檢核混淆矩陣示意

圖幅編號 95173028 銀合歡覆蓋率		繪圖分類				行總計
		71-100%	31-70%	1-30%	<1%	
現勘檢核	71-100%	10				10
	31-70%		9			9
	1-30%		1	10	1	12
	<1%				9	9
列總計		10	10	10	10	40

表 3.2-2 現地複查檢核經混淆矩陣計算之 OA 與 κ 值

圖幅	OA	κ	圖幅	OA	κ	圖幅	OA	κ
95172083	0.83	0.79	95173049	1.00	1.00	95173089	0.88	0.85
95172085	1.00	1.00	95173059	0.90	0.87	95174088	0.97	0.96
95172093	1.00	1.00	95173060	0.93	0.91	95174097	0.96	0.95
95172094	1.00	1.00	95173069	1.00	1.00	95174098	0.95	0.92
95172095	1.00	1.00	95173070	0.92	0.90	95173007	0.97	0.95
95173098	0.90	0.87	95173079	1.00	1.00	95173008	1.00	1.00
95164009	1.00	1.00	95173080	1.00	1.00	95173018	0.90	0.87
95172051	0.91	0.89	95173088	0.81	0.76	95173028	0.95	0.93

統計各圖幅銀合歡覆蓋率分級面積詳表3.2-3，其中1%-30%約有816公頃、31%-70%約有1,295公頃、71%-100%約有2,069公頃，總計4,069公頃。

銀合歡分布圖繪製結果詳圖3.2-2~圖3.2-26，每張左圖為不同銀合歡覆蓋率對應在航照圖之分布位置，右圖則為與106年之前期計畫範圍相比之變化情形。

表 3.2-3 本計畫繪製圖幅之銀合歡覆蓋率分級面積

圖幅編號	本計畫判釋銀合歡覆蓋率分級面積(ha)				106 年判釋 覆蓋面積
	1-30%	31-70%	71-100%	小計	
95172083	0.23	5.38	47.82	55.12	85.65
95172085	-	-	-	0	19.83
95172093	24.53	15.24	24.08	69.86	183.90
95172094	7.29	15.78	28.93	52.64	103.65
95172095	-	-	-	0	11.90
95173098	39.00	41.98	128.15	212.05	65.11
95164009	10.61	33.53	27.21	68.64	15.13
95172051	94.31	70.05	86.83	262.20	20.77
95173049	40.45	19.69	85.46	148.22	103.86
95173059	46.49	42.46	91.04	178.35	94.05
95173060	132.98	74.77	28.7	237.67	26.56
95173069	10.09	25.19	68.85	121.65	126.58
95173070	4.89	49.67	50.39	107.61	198.89
95173079	5.43	10.44	63.02	78.89	23.48
95173080	5.77	17.52	130.10	153.92	410.74
95173088	81.47	77.69	150.50	309.58	152.13
95173089	31.46	79.38	54.35	167.56	86.96
95174088	30.87	144.39	64.99	228.43	64.63
95174097	95.04	169.00	130.63	308.09	105.96
95174098	7.18	67.37	43.42	109.88	23.77
95173007	19.99	104.67	72.72	178.40	62.87
95173008	18.01	57.42	135.88	209.69	162.66
95173018	37.22	98.41	327.36	462.95	196.46
95173028	72.86	74.02	174.95	347.81	87.30
總計	816.17	1295.58	2069.71	4069.21	2432.84

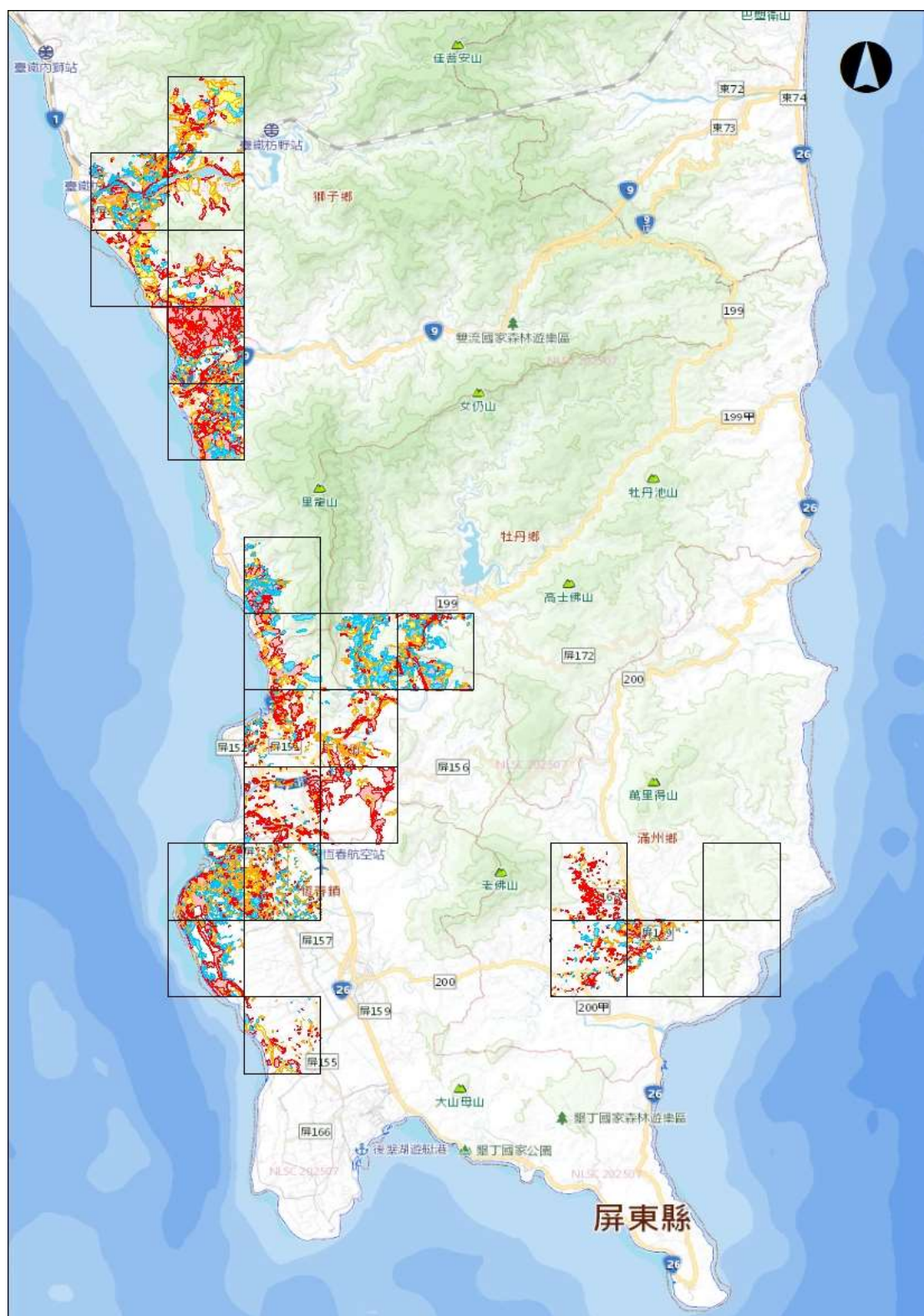
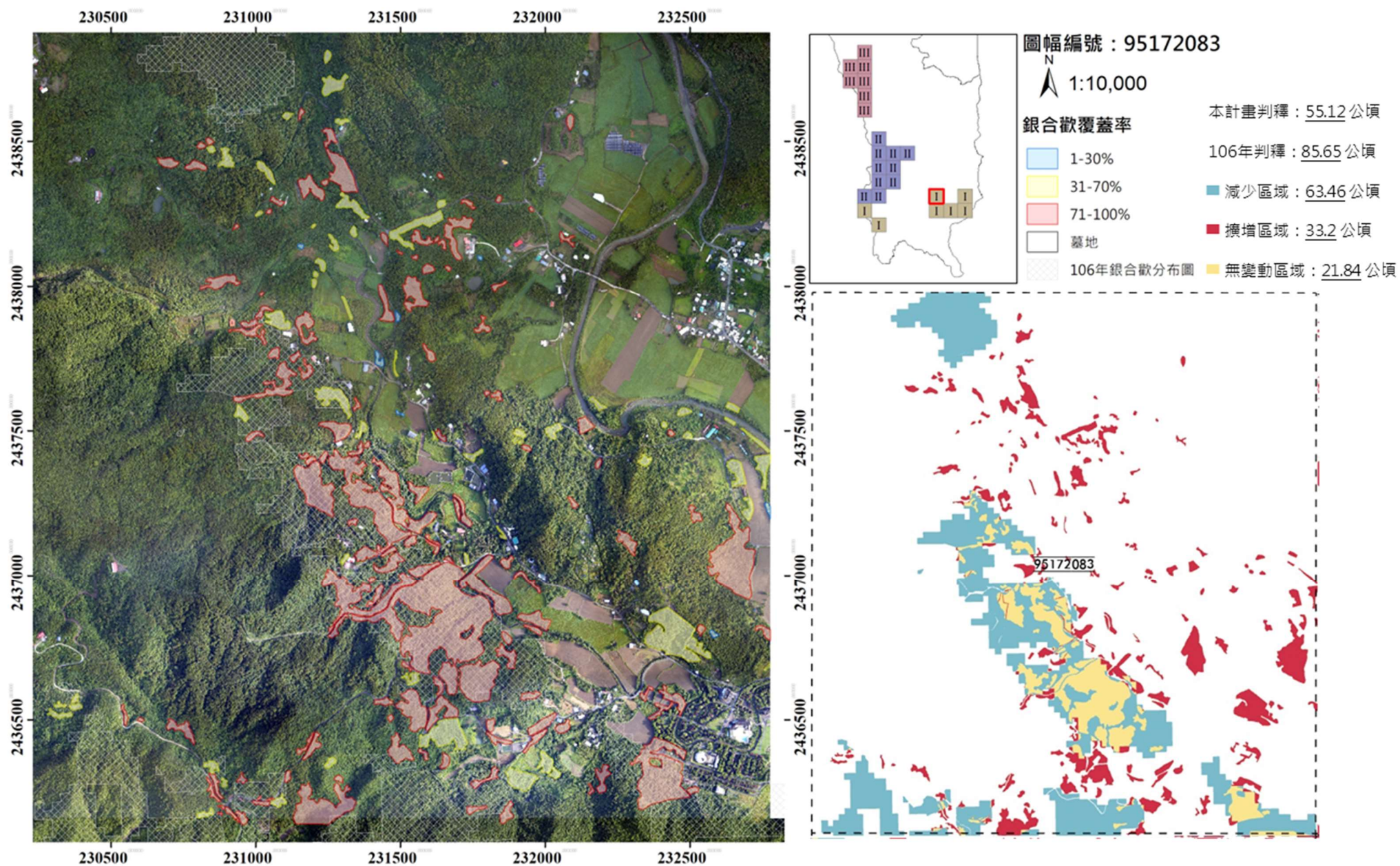


圖 3.2-2 本計畫銀合歡影像判釋結果總覽







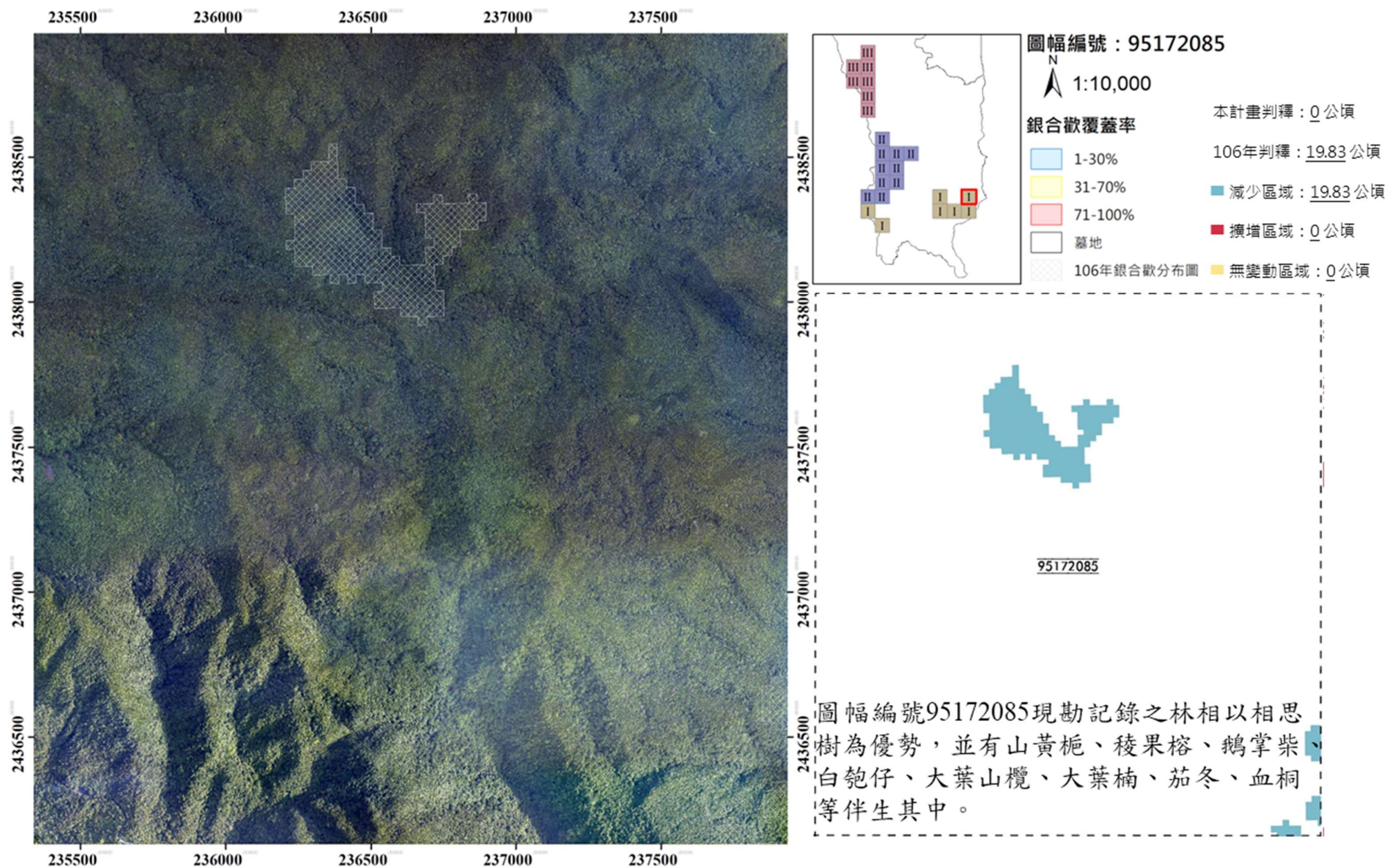


圖 3.2-4 銀合歡判釋結果—95172085



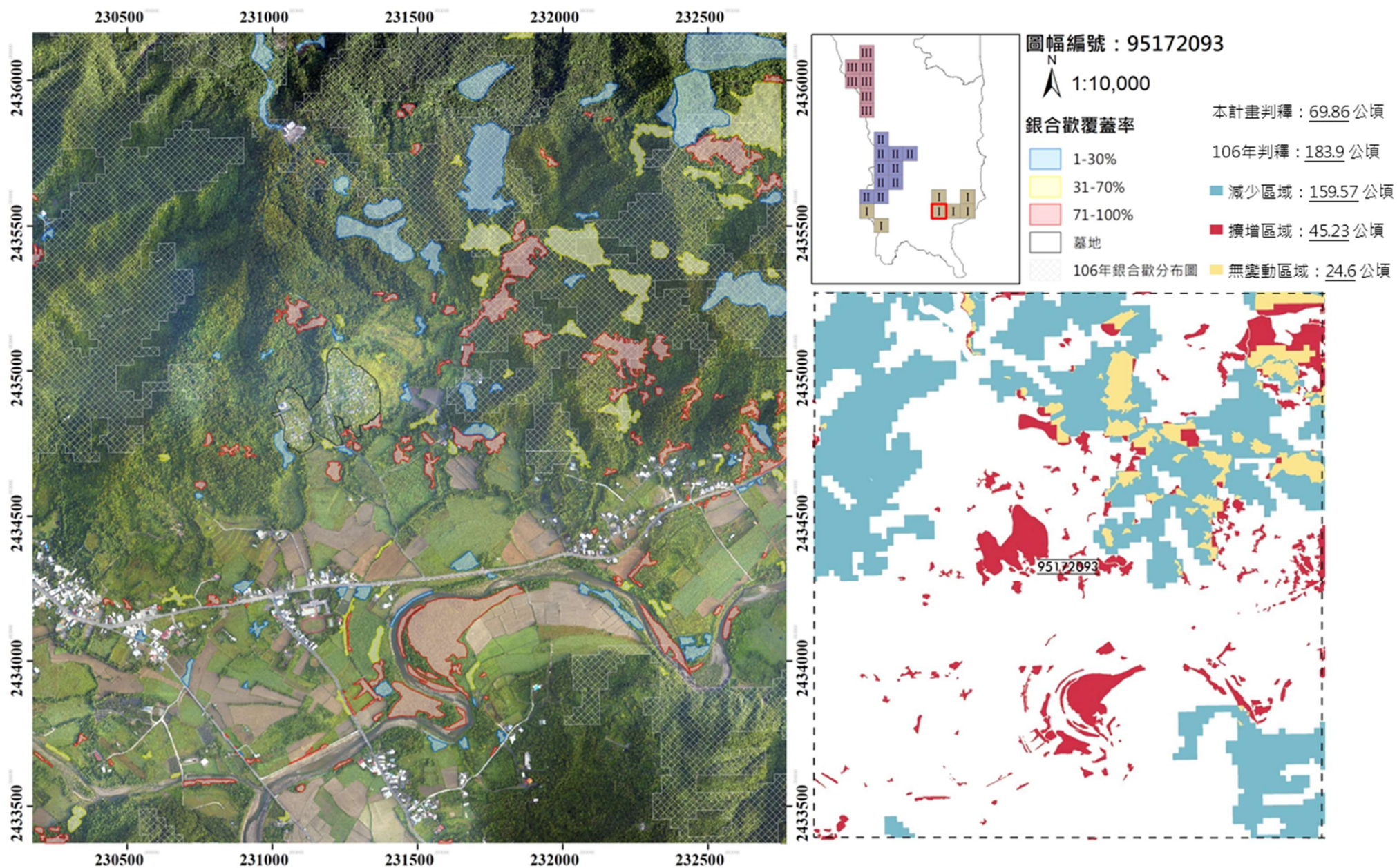


圖 3.2-5 銀合歡判釋結果—95172093



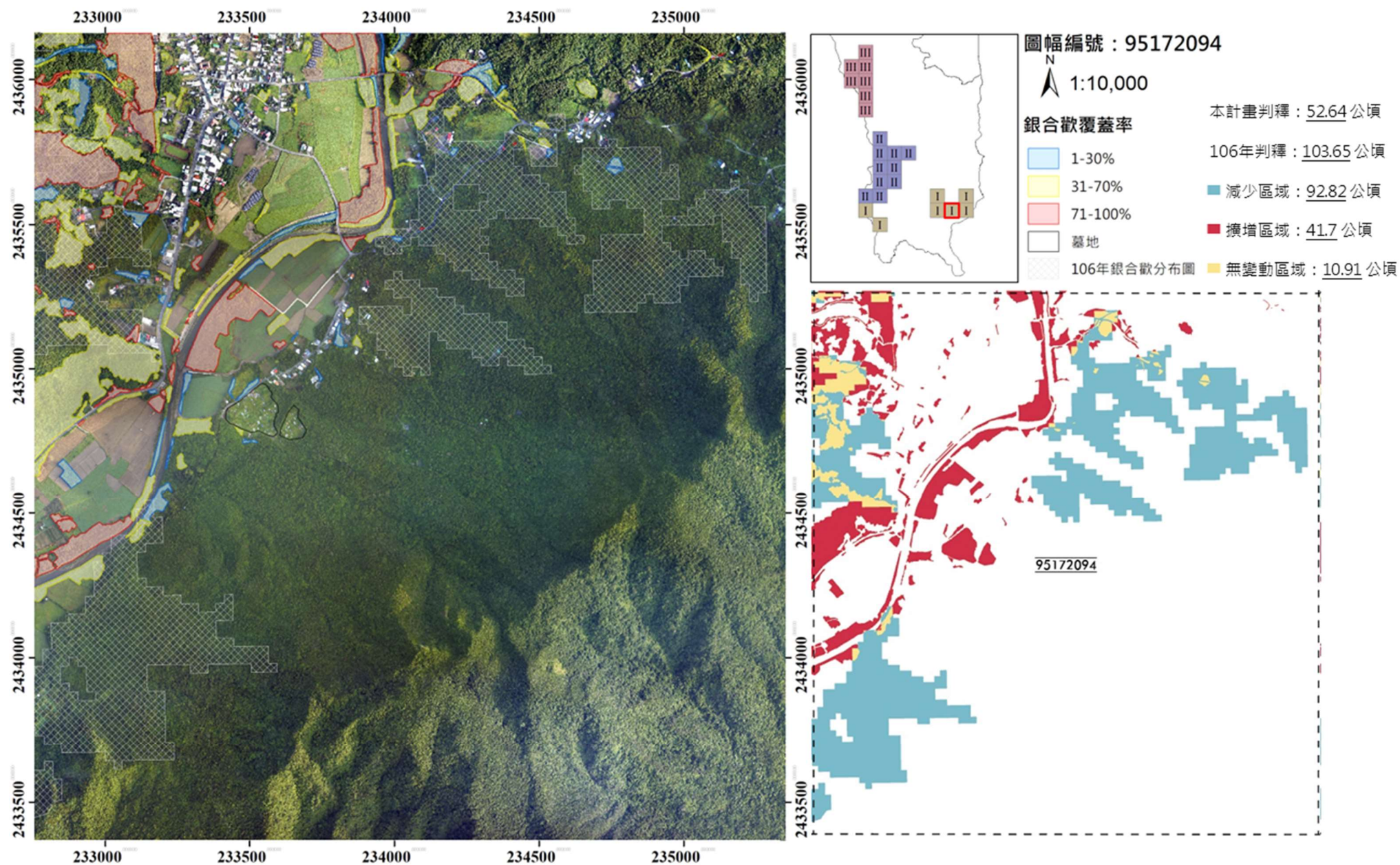


圖 3.2-6 銀合歡判釋結果—95172094



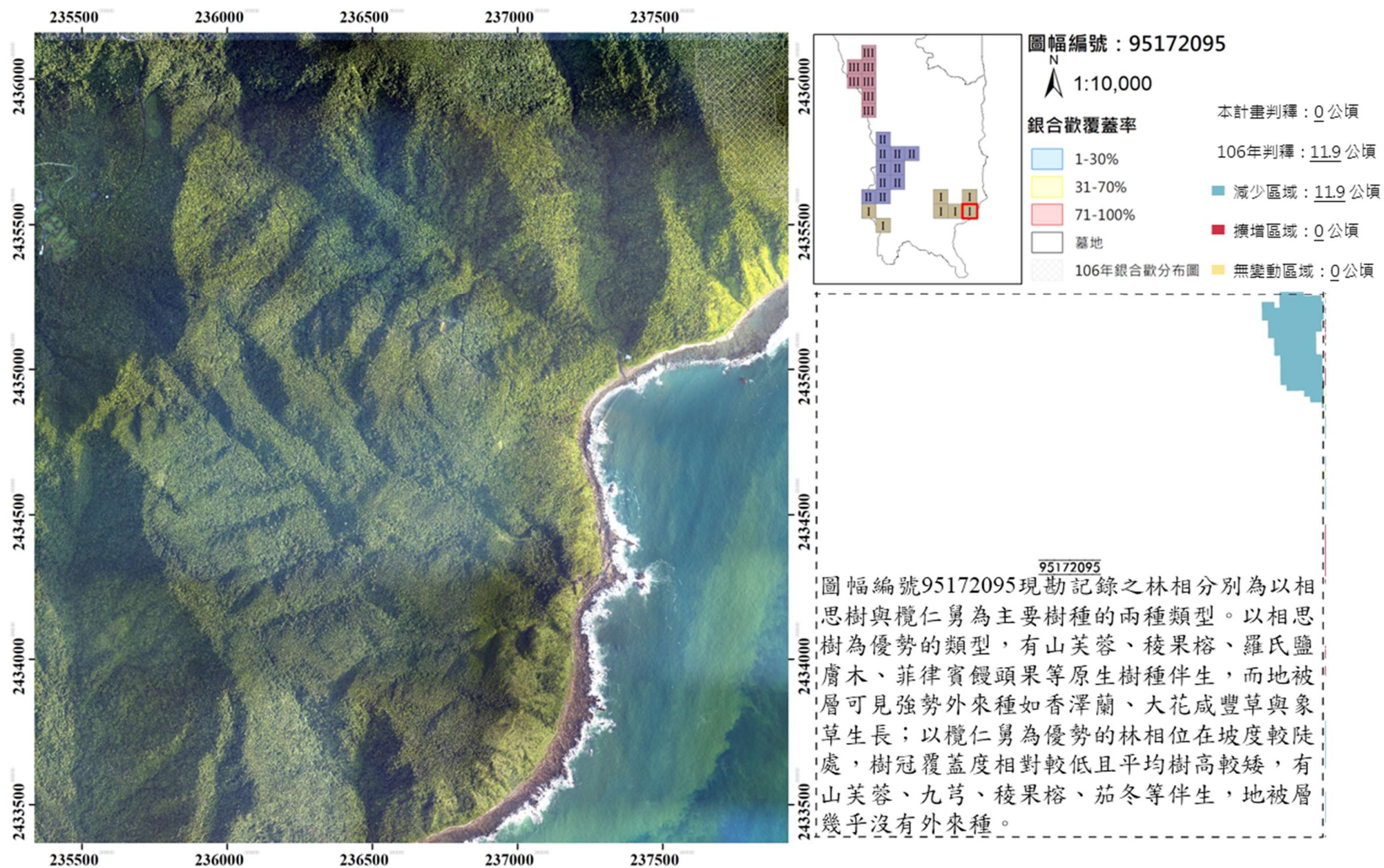


圖 3.2-7 銀合歡判釋結果—95172095



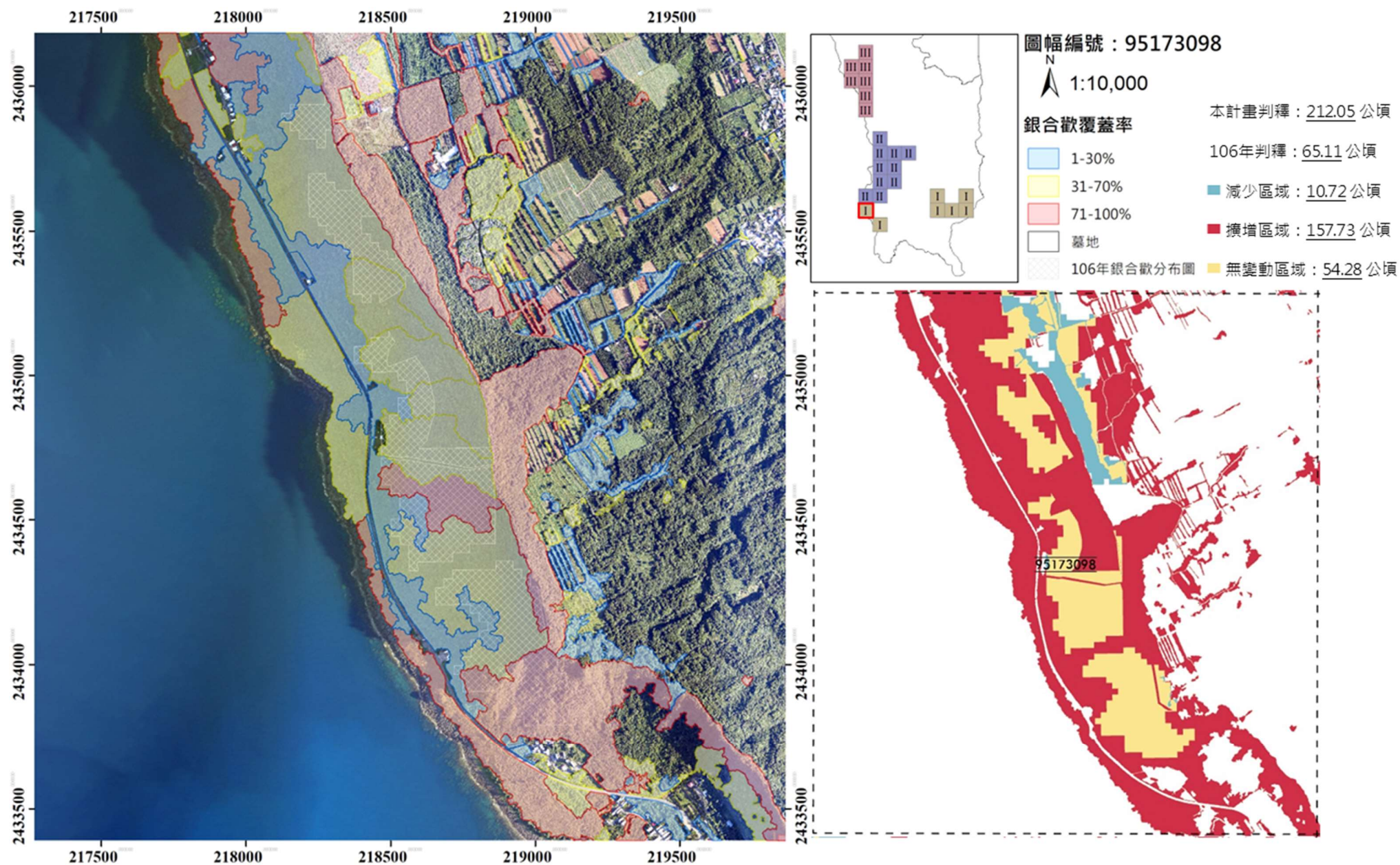


圖 3.2-8 銀合歡判釋結果—95173098



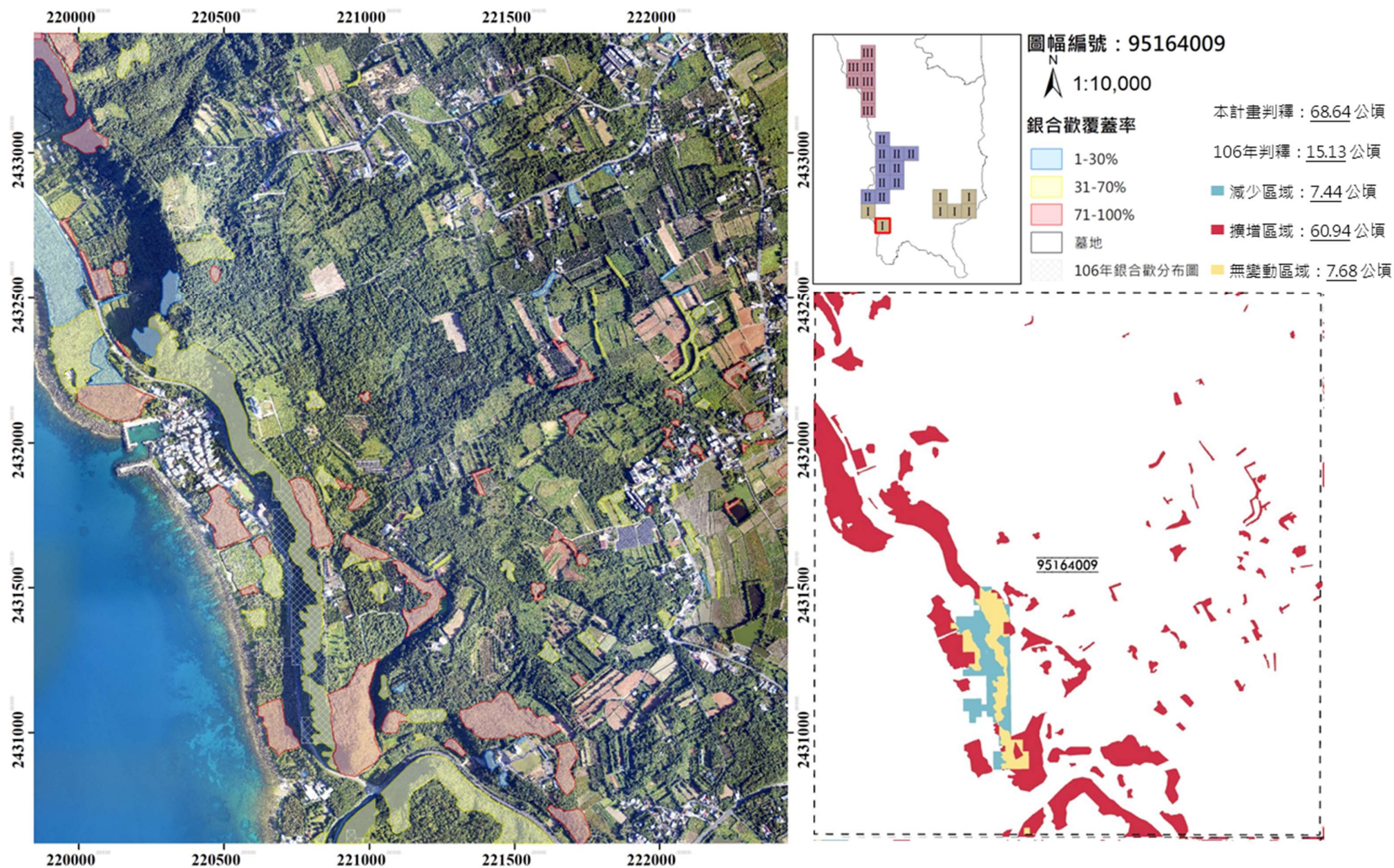


圖 3.2-9 銀合歡判釋結果—95164009



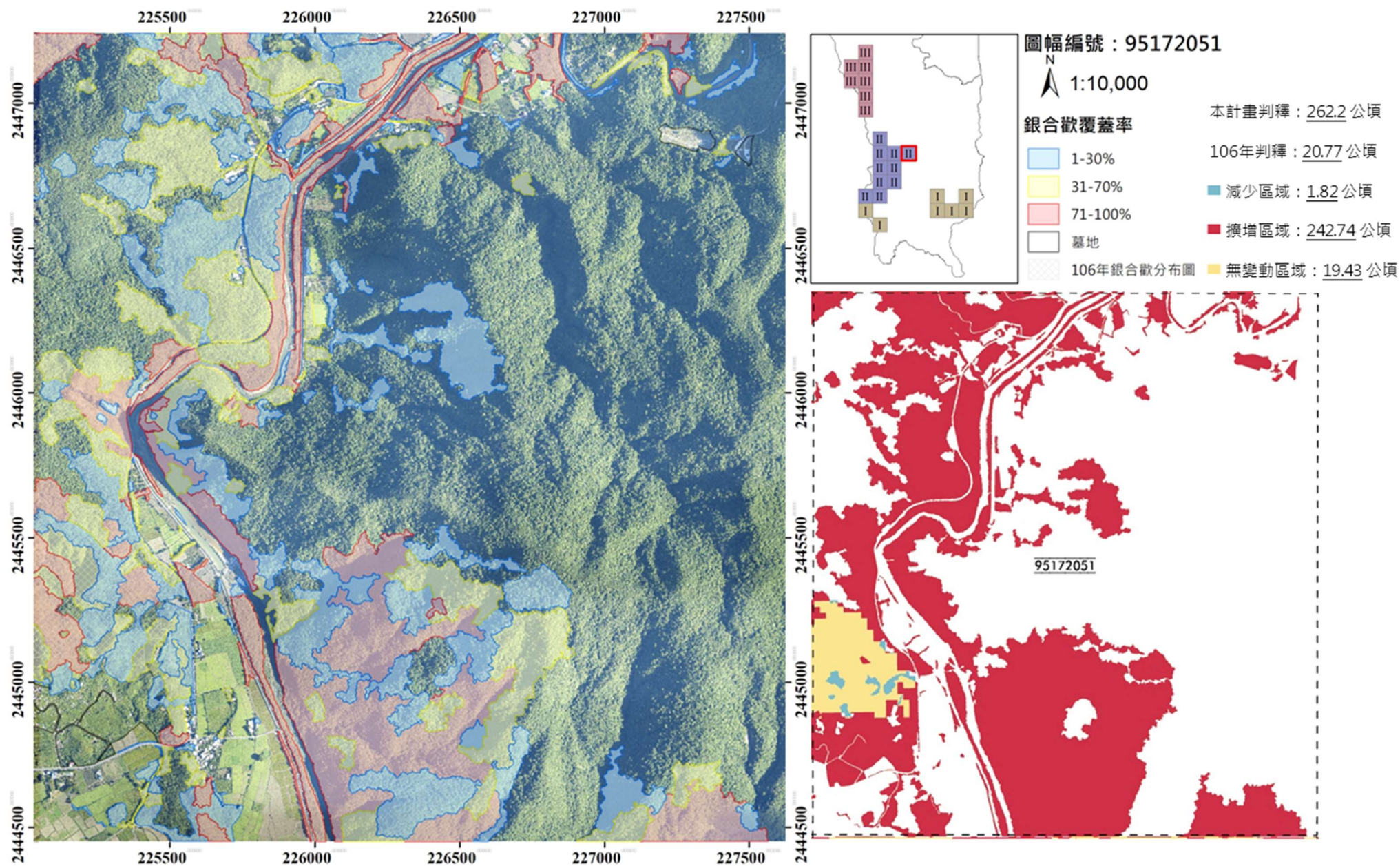


圖 3.2-10 銀合歡判釋結果—95172051



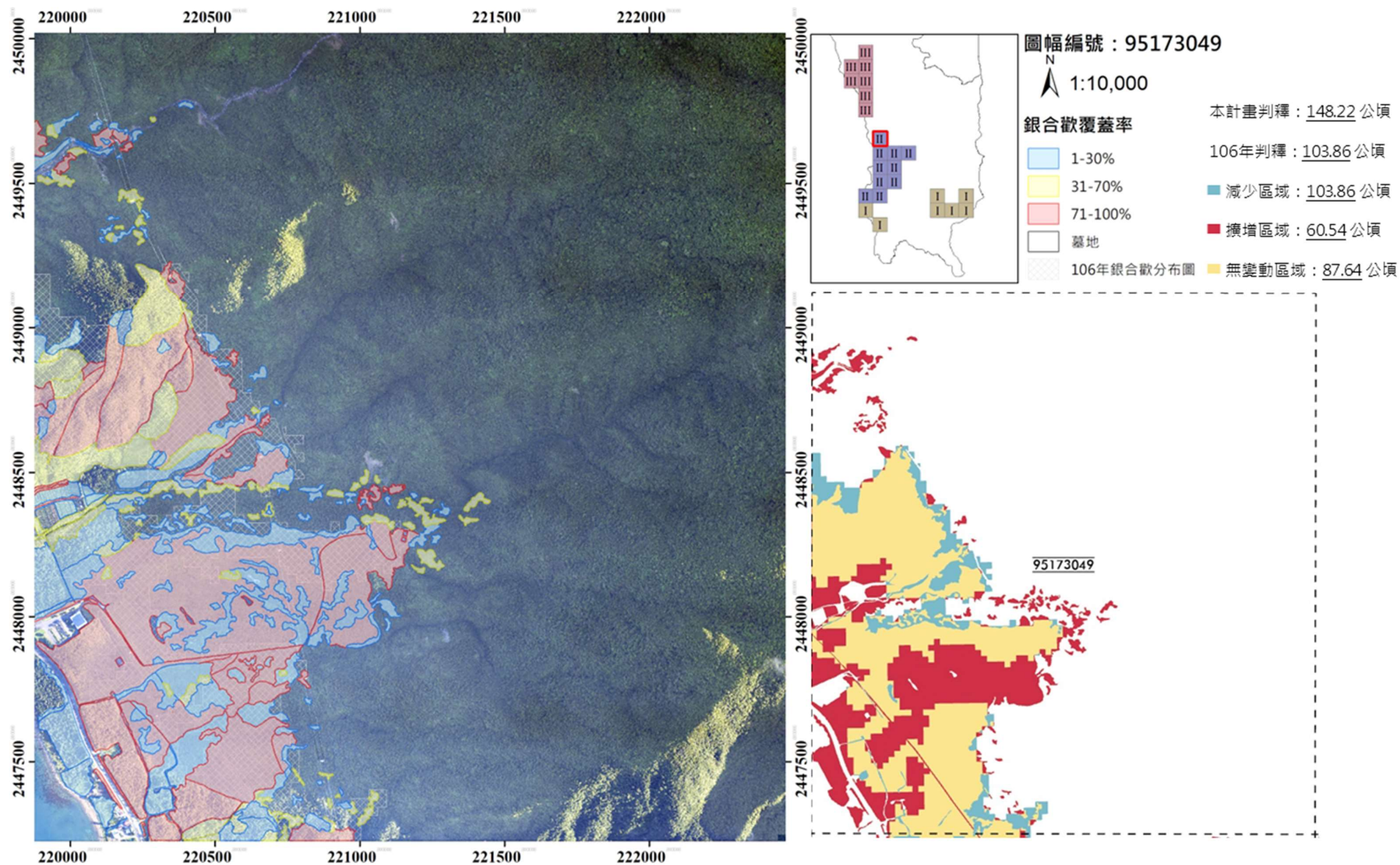


圖 3.2-11 銀合歡判釋結果—95173049



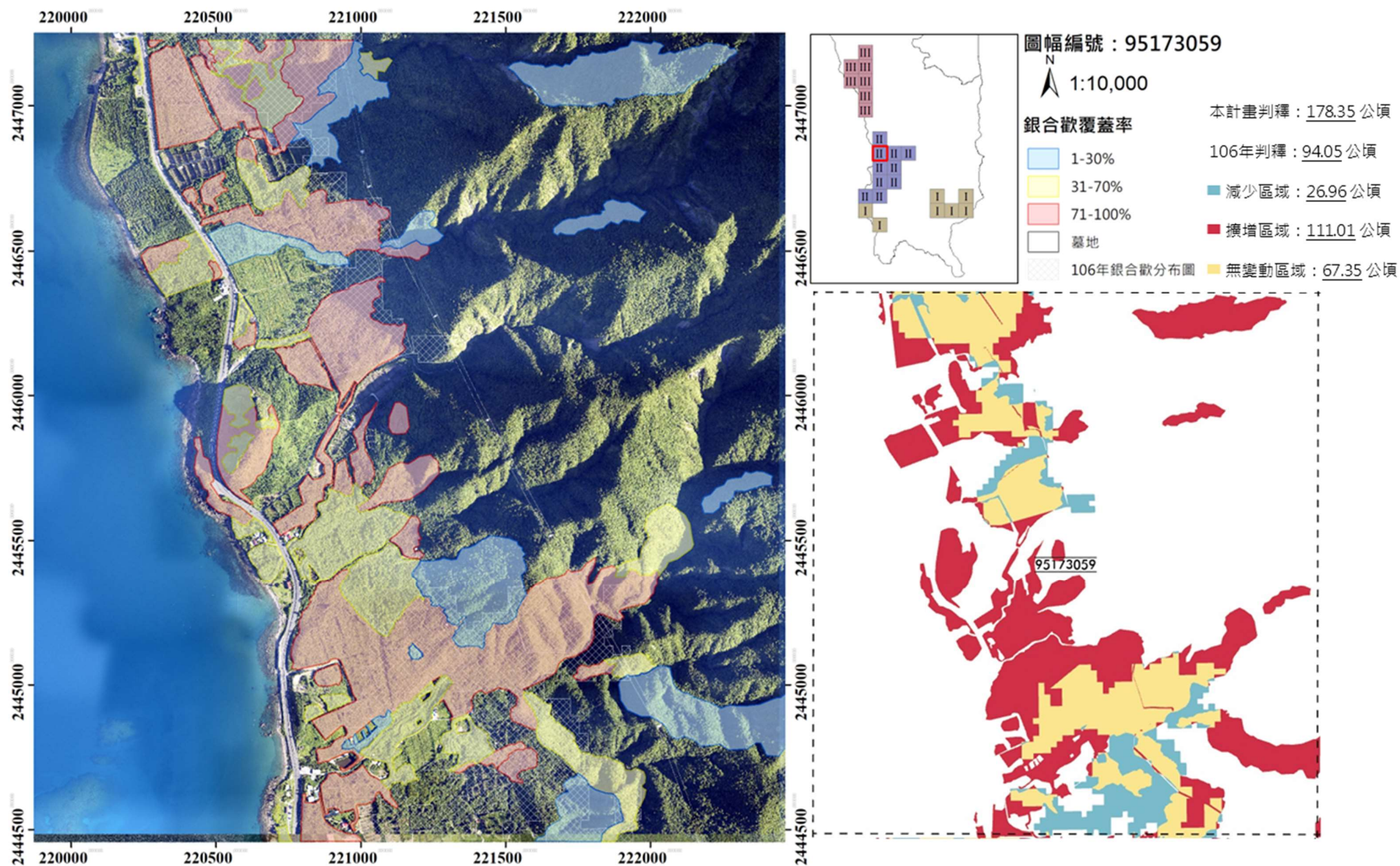


圖 3.2-12 銀合歡判釋結果—95173059



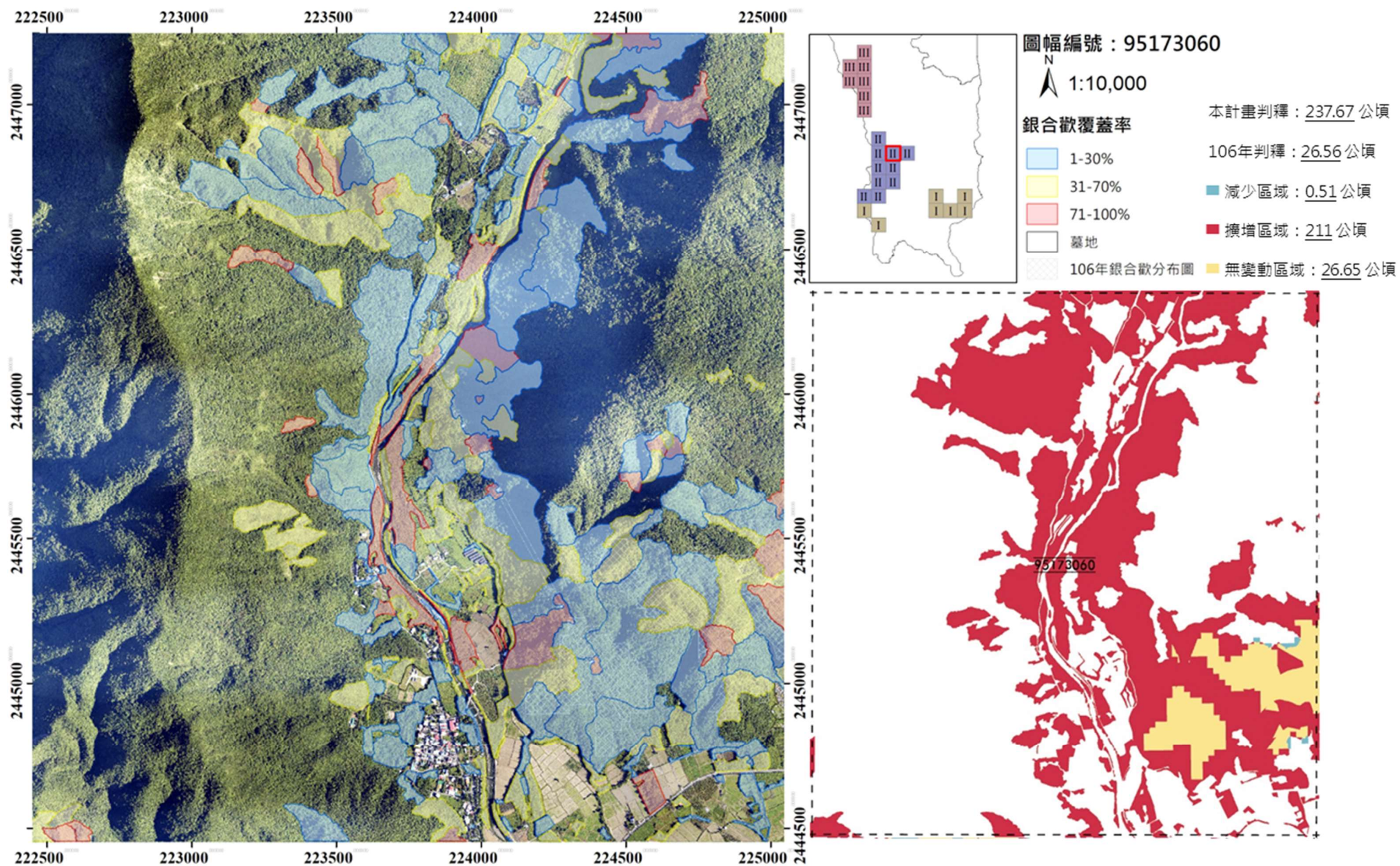


圖 3.2-13 銀合歡判釋結果—95173060



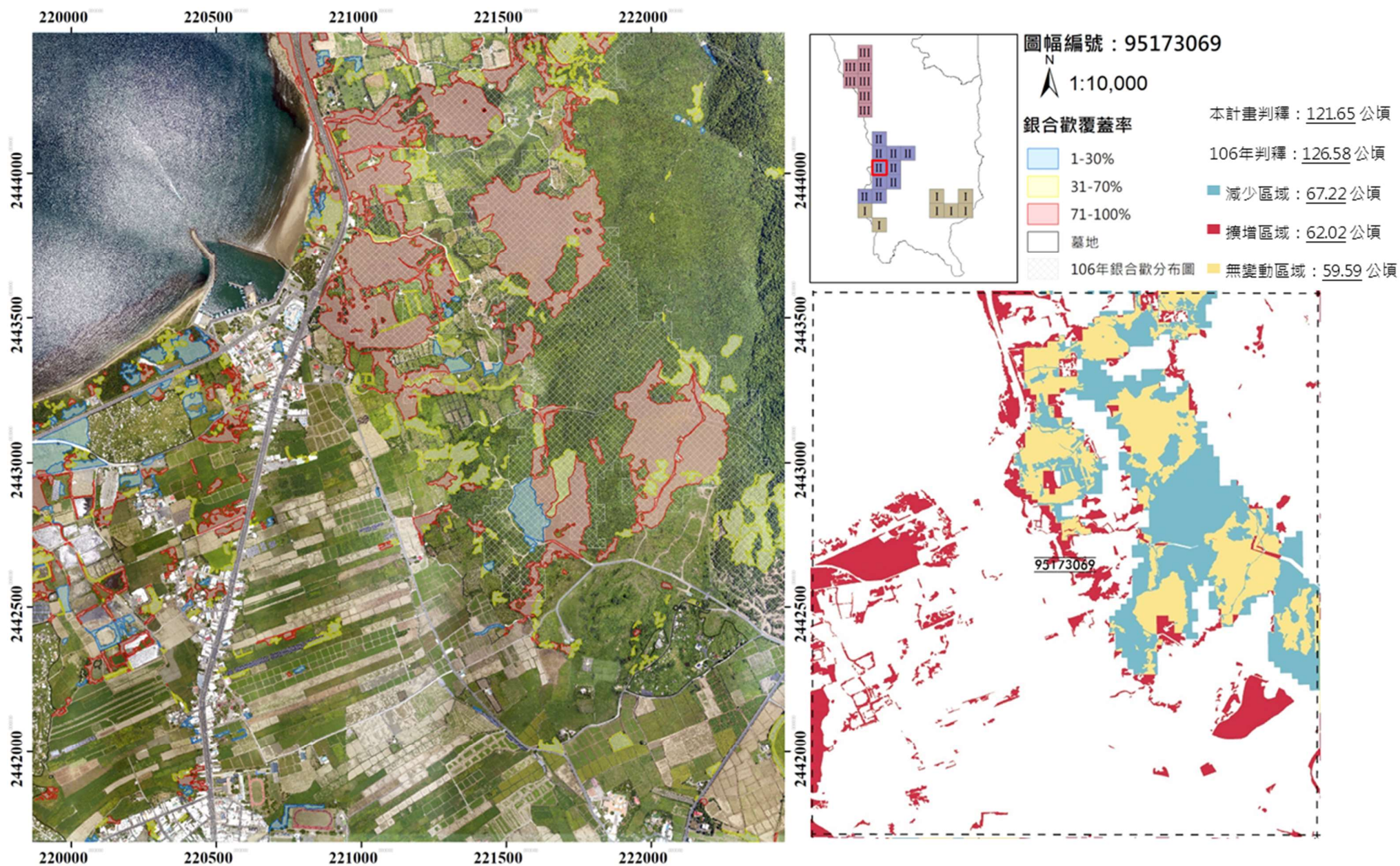


圖 3.2-14 銀合歡判釋結果—95173069



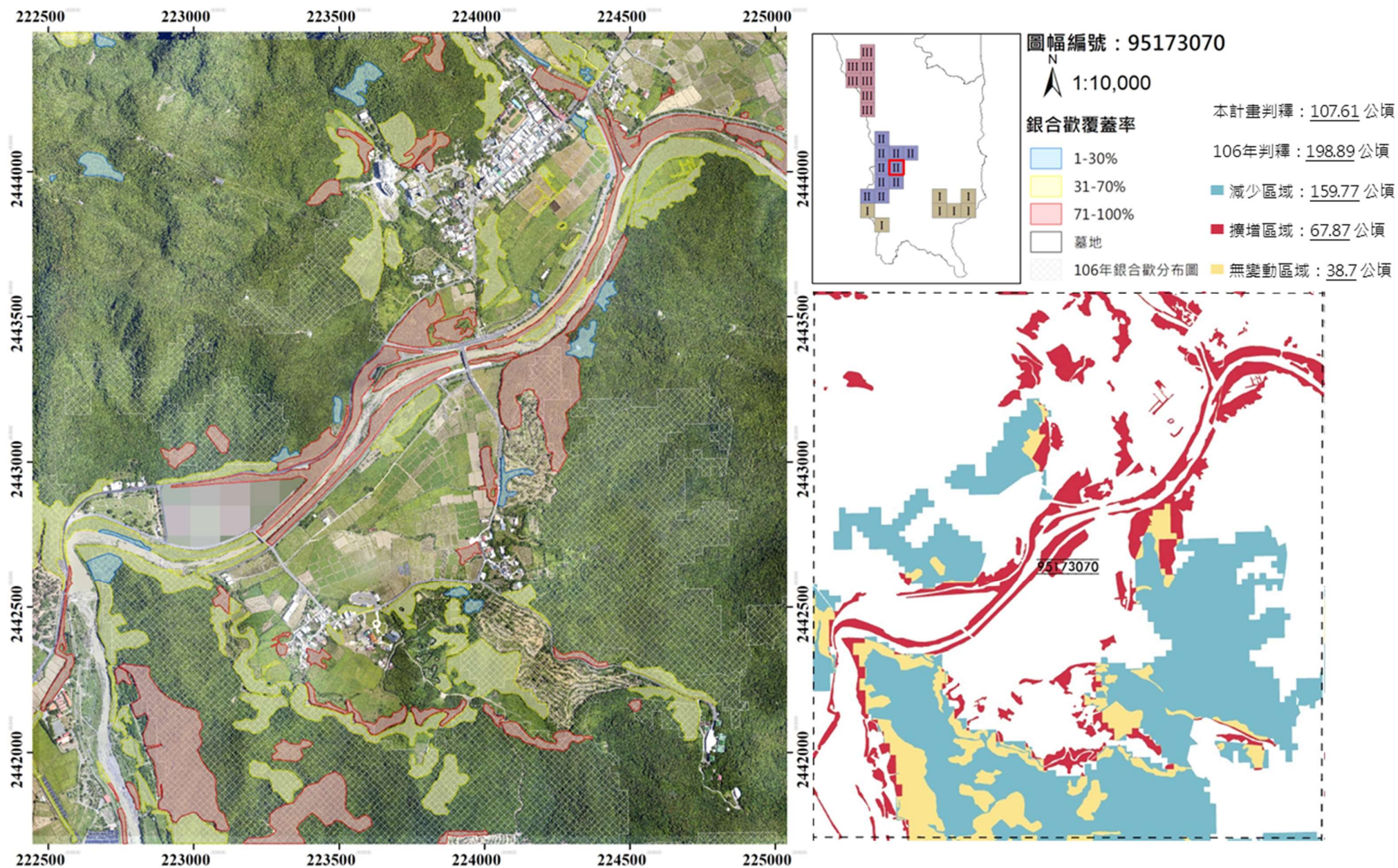


圖 3.2-15 銀合歡判釋結果—95173070



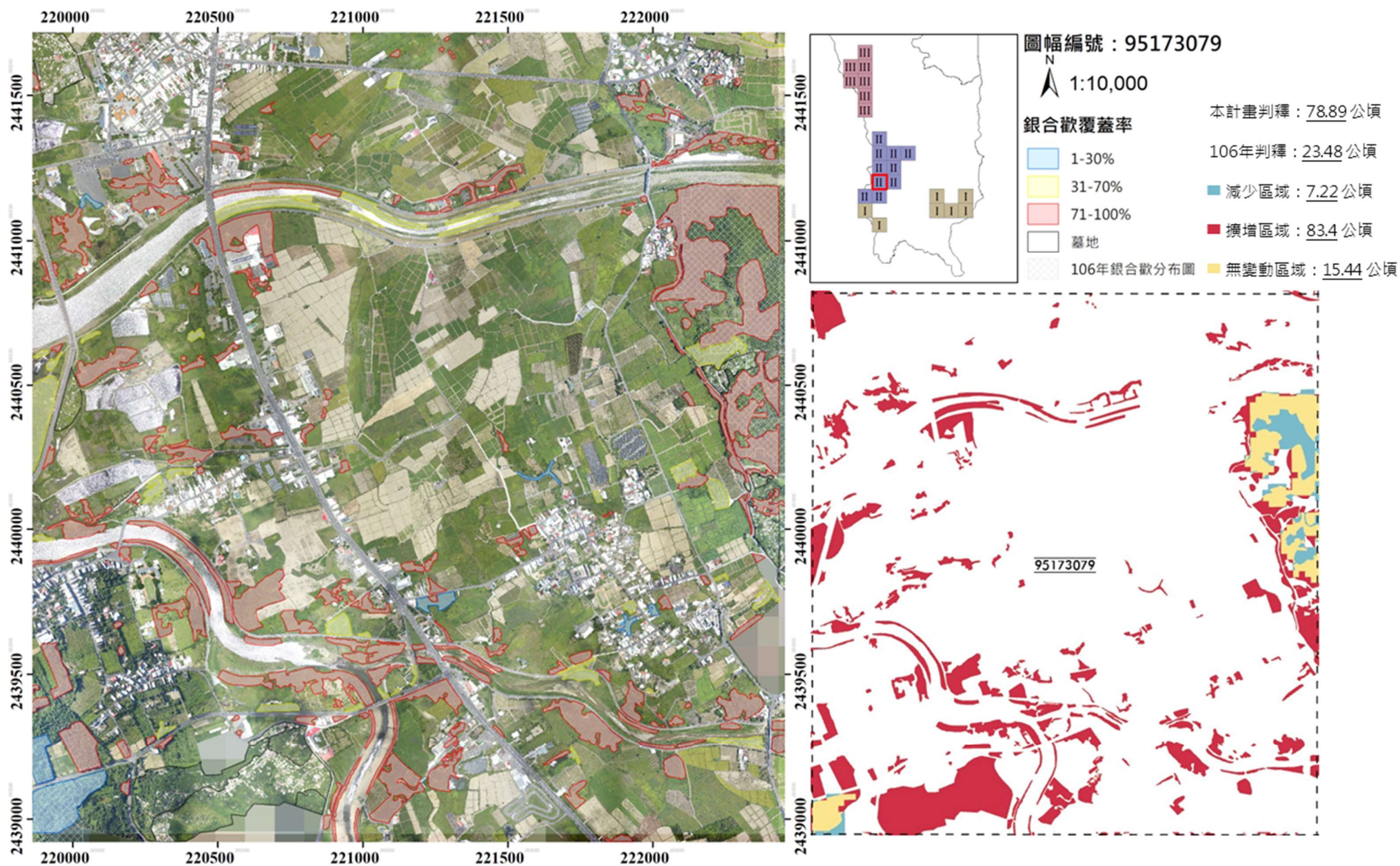


圖 3.2-16 銀合歡判釋結果—95173079



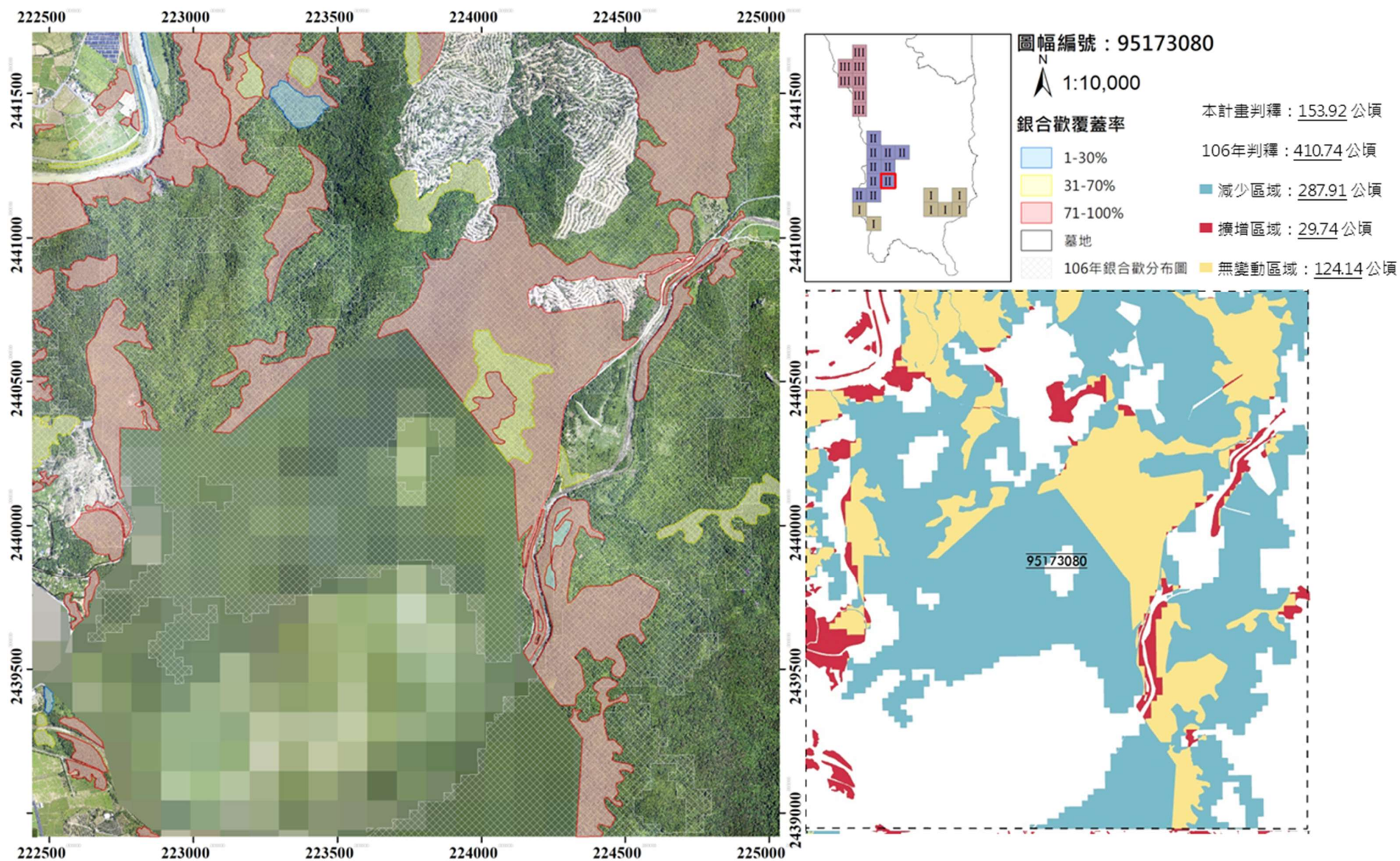


圖 3.2-17 銀合歡判釋結果—95173080



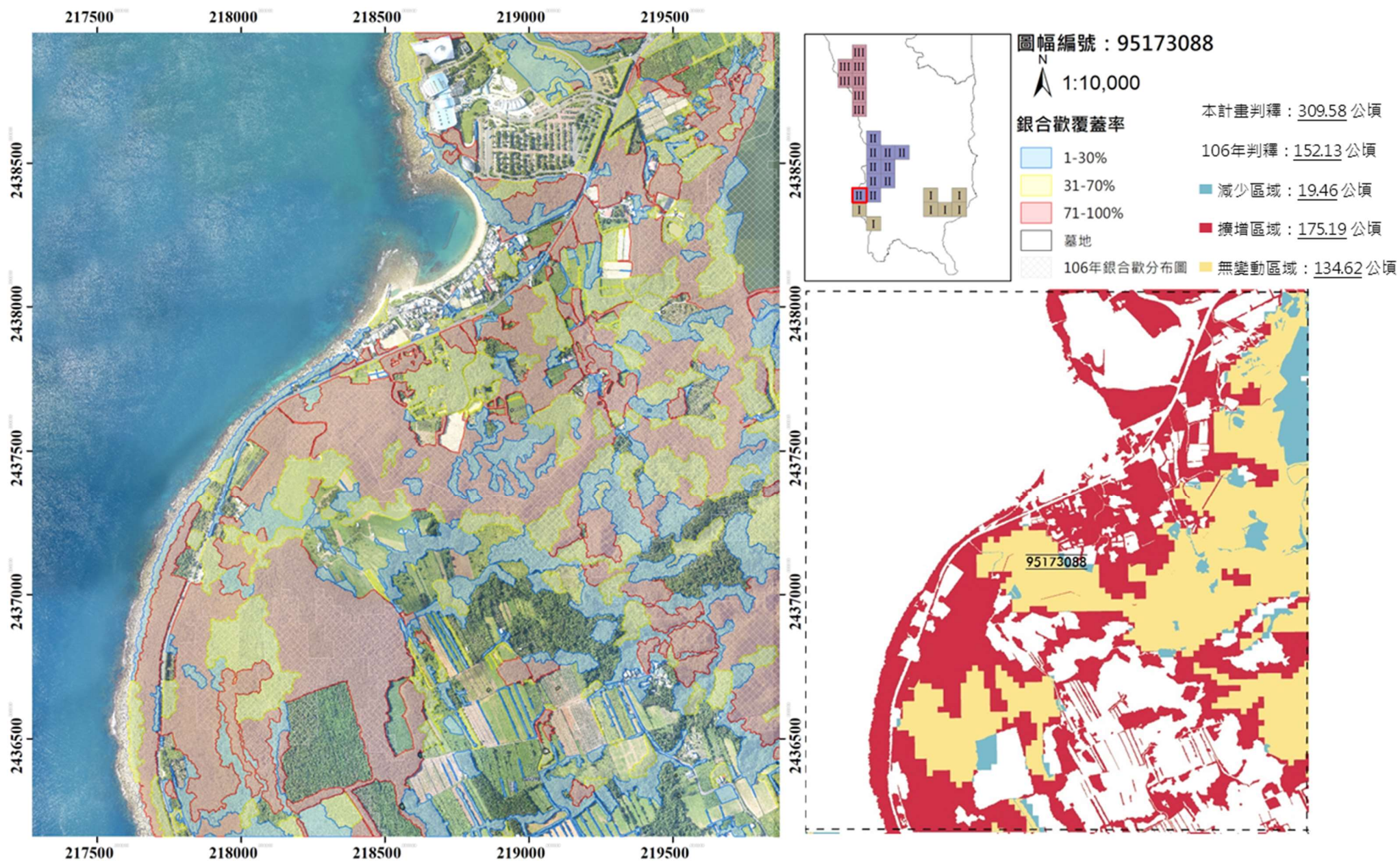


圖 3.2-18 銀合歡判釋結果—95173088



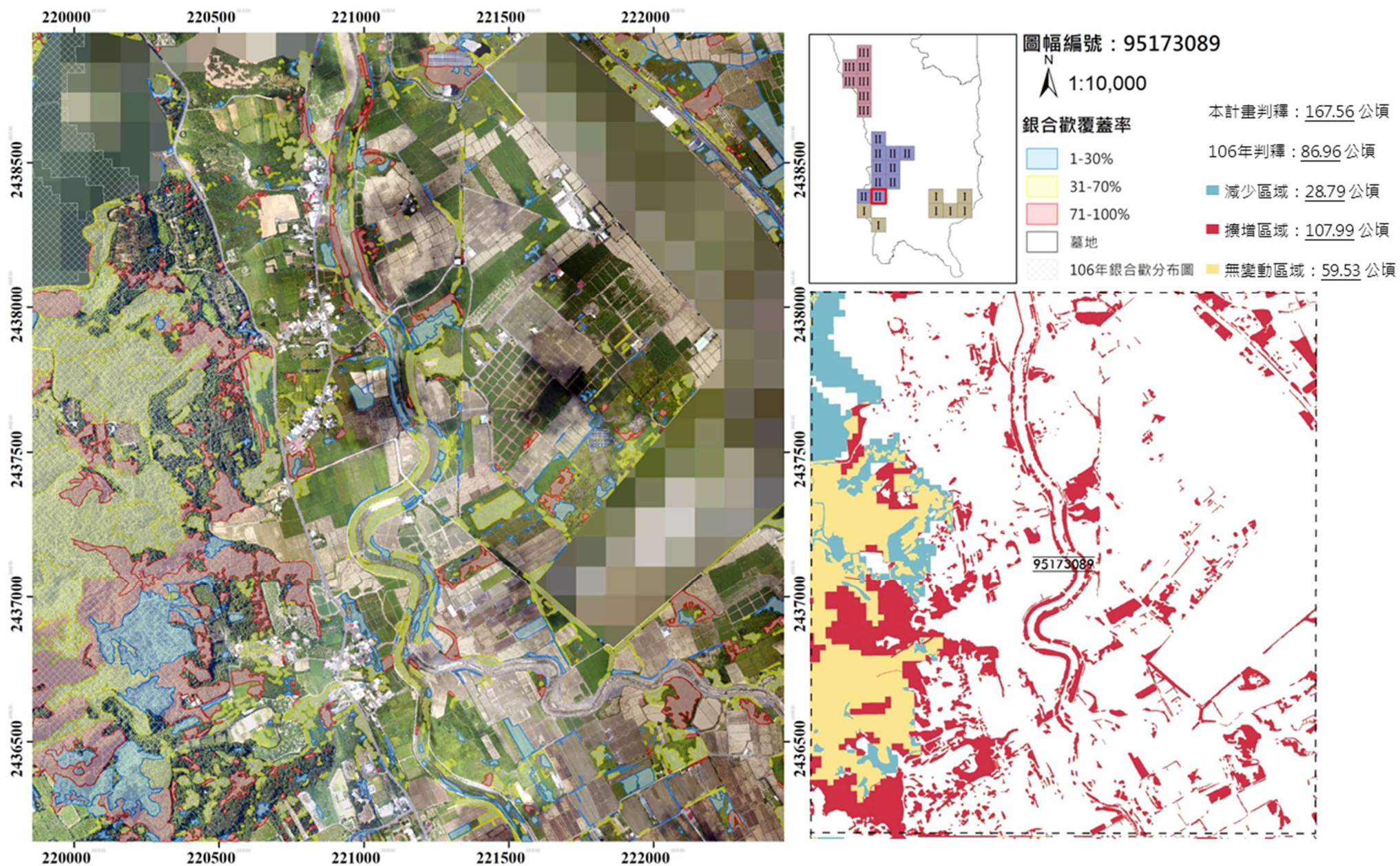


圖 3.2-19 銀合歡判釋結果—95173089



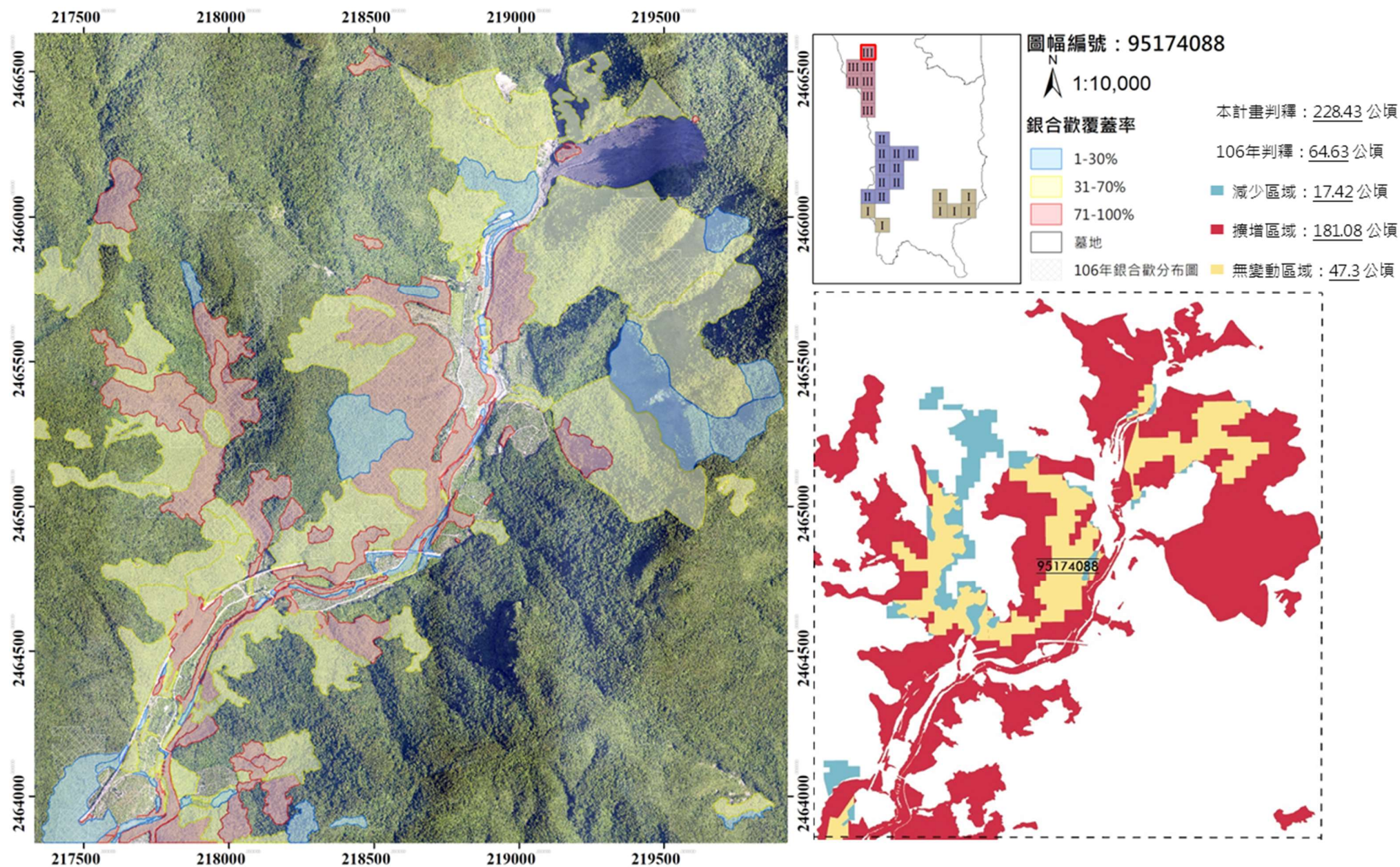


圖 3.2-20 銀合歡判釋結果—95174088



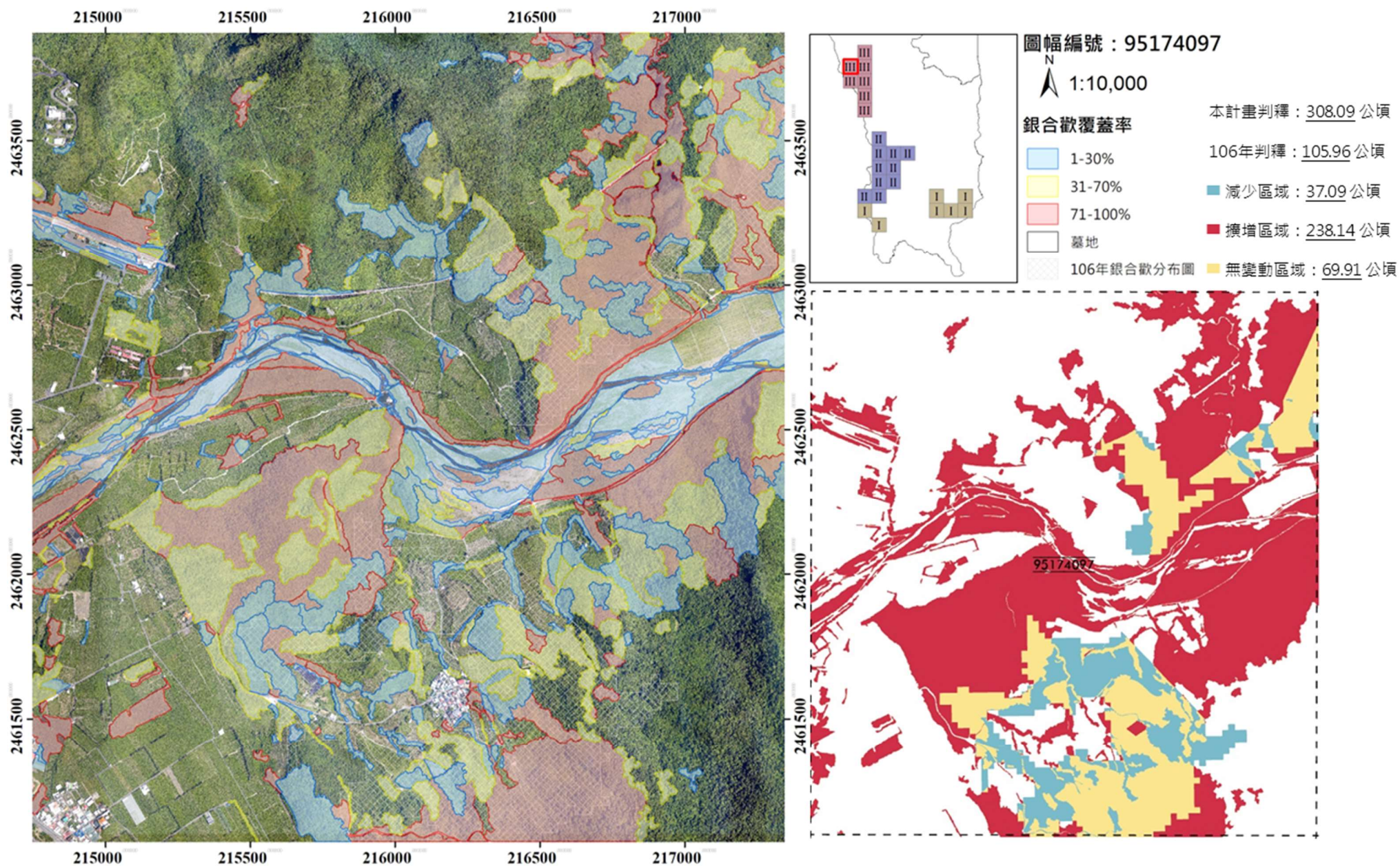


圖 3.2-21 銀合歡判釋結果—95174097



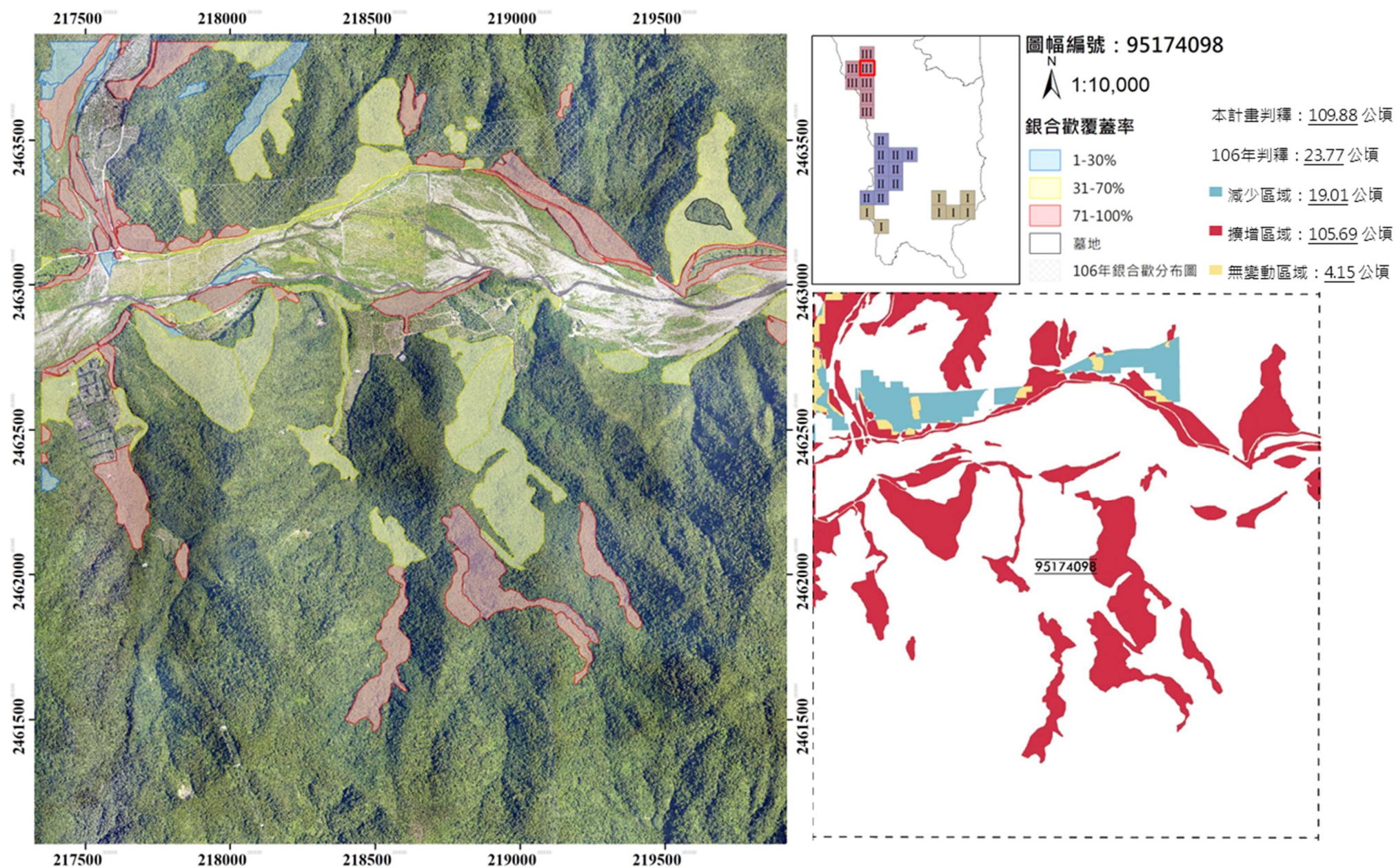


圖 3.2-22 銀合歡判釋結果—95174098



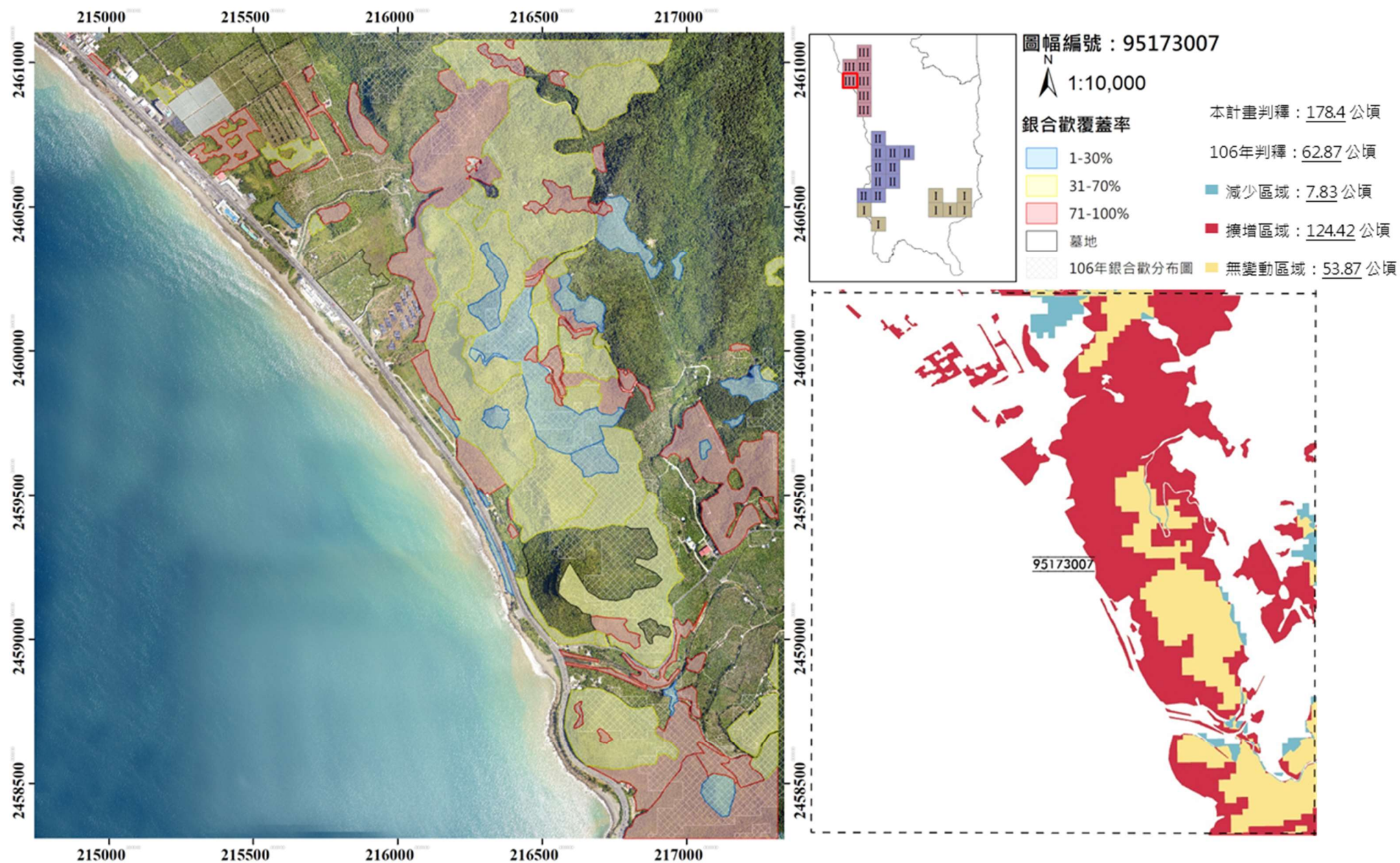


圖 3.2-23 銀合歡判釋結果—95173007



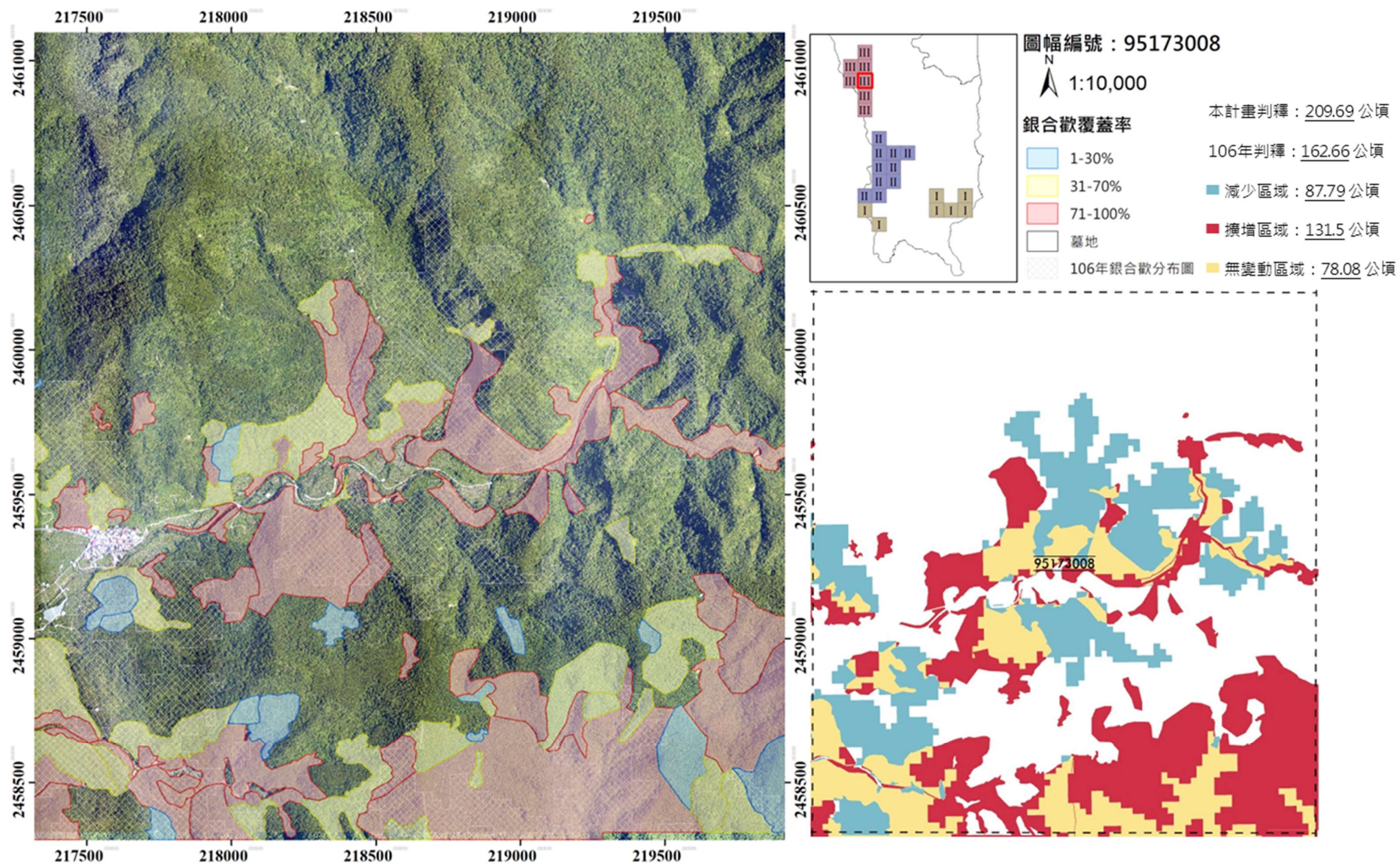


圖 3.2-24 銀合歡判釋結果—95173008



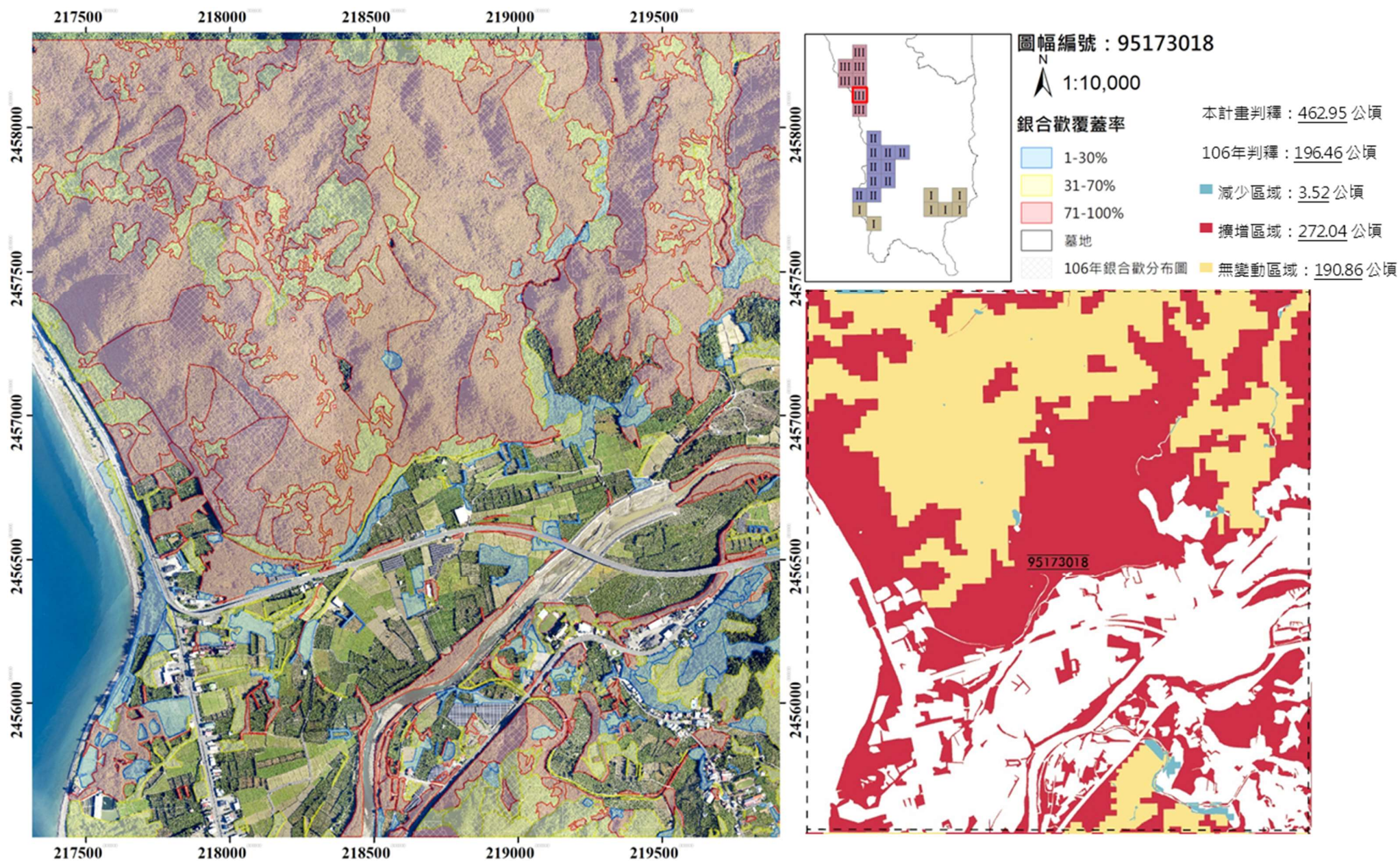


圖 3.2-25 銀合歡判釋結果—95173018



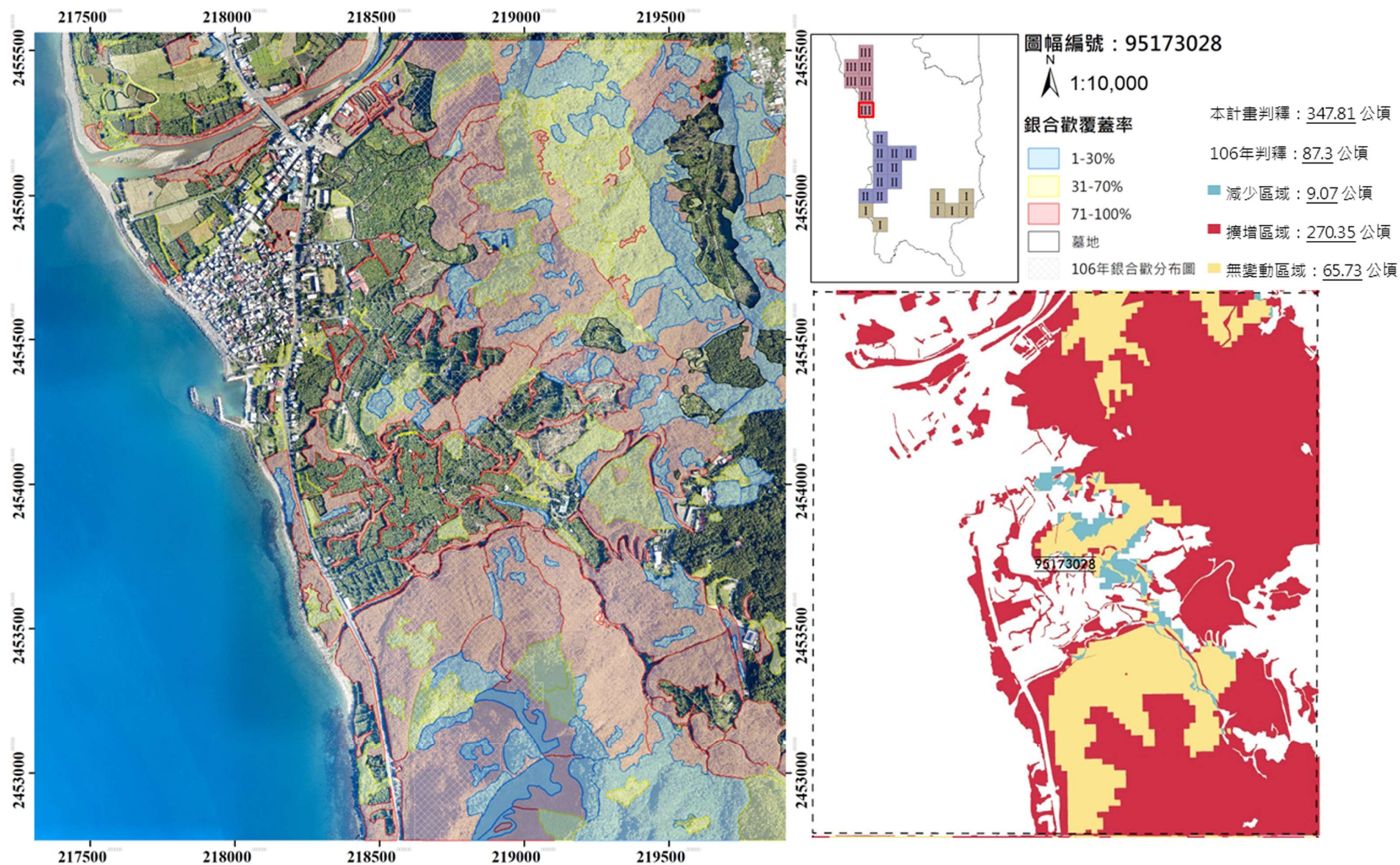


圖 3.2-26 銀合歡判釋結果—95173028



### 3.3 恆春半島生態敏感區更新及銀合歡移除生態建議回顧

銀合歡移除區位規劃須綜合不同因素進行評估，「外來入侵種埃及聖鵝、綠鬣蜥與恆春半島銀合歡移除及復育計畫(112-113年)」與「強勢外來入侵種移除防治及復育計畫(114-117年)」已排除環境敏感區(法定生態保護區、坡度大有水土保持風險的山坡地)以及公務單位無法使用的私有地，以銀合歡覆蓋比例、林班地分區決定移除造林的作業方式。在112年之前期計畫中已整理現有的執行流程中加入生物多樣性觀點，提出生態敏感課題的衝擊減輕原則，建議移除銀合歡林的優先性，提供屏東分署銀合歡移除工作的決策參考。本計畫接續前述圖資，依照第3.2節繪製之24圖幅，套疊更新之銀合歡分布範圍於其中(圖3.3-1)。



圖 3.3-1 結合兩期之銀合歡分布

### 3.3.1 移除作業的生物多樣性保育與衝擊減輕評估原則

外來入侵種銀合歡的移除，釋出棲地空間供原生動植物群聚得以回復，對生物多樣性的維護具有明顯正面效益。回顧幾處銀合歡林生態監測，銀合歡林仍有部分原生植被或微棲地功能，具有棲地連結、遮蔽性(能給予動物安全感而加以利用)(國立屏東科技大學森林系，2020；觀察家生態顧問有限公司，2020)，有一定程度的生態功能，動物會在林內棲息、覓食或利用銀合歡林移動。另一方面，恆春半島也有多種稀有、特殊物種，南端為墾丁國家公園、多處學術或民間團體指認之生態關注區，與銀合歡分布區重疊，因此，銀合歡林的移除過程很可能會對某些物種造成影響。故在移除規劃上，生態敏感區盤點成果對計畫範圍之生態環境資訊、關注生態議題及移除造林工作上，應具有廣泛瞭解及掌握度，並分析相關性，以及銀合歡移除作業的潛在影響，為移除、造林工作提出實務規劃的方法策略，增益整體入侵種移除與生態系回復的成果。

#### (1) 生態敏感區內銀合歡移除的原則建議

本項工作目的是提出生態敏感區與銀合歡分布範圍重疊時，移除作業規劃執行的評估及現地作業生態友善原則。在112年之前期計畫中完成之生態敏感圖層，從兩個因子評估銀合歡入侵與銀合歡移除作業對於敏感棲地、物種的效應：

##### (a) 銀合歡入侵的(潛在)生態威脅

當生態敏感範圍遭到銀合歡入侵，並考慮未來高擴張風險下，銀合歡排擠及取代優勢原生植物群聚，造成棲地劣化、受脅物種族群下降或消失的負面衝擊。銀合歡擴張對於森林、草地植物是高度競爭壓力，威脅程度高。利用植被的物理結構棲地、遮蔽，對植物種類(作為食物、居住場所等)無專一性的動物，銀合歡威脅相對較低。

##### (b) 銀合歡移除作業的生態衝擊

移除銀合歡的移除樹木、壓輾土壤、整地等操作造成關注物種死亡，棲地特性改變的生態衝擊。對於固著生長的植物、移動能力低、活動範圍小的動物(例如：陸蟹)，銀合歡移除作業的生



態衝擊程度高。相對來說，移動能力強的鳥類、哺乳類等，可利用周邊鑲嵌的森林或替代性棲地，移除作業期可以移動避難，移除銀合歡的生態影響低。

以上述2個評估因子排列組合得到4種生態敏感區類型(I-IV)(圖3.3.1-1)，可連結生態敏感區的指認與銀合歡移除的生態友善規劃，各類型包含內容以及銀合歡移除的生態友善原則詳表3.3.1-1。

表 3.3.1-1 生態敏感區類型及銀合歡移除作業建議原則

類型		說明與案例	銀合歡移除原則
I	高威脅高衝擊	a. 法定生態保護區(國家公園陸域生態保護區、重要濕地) b. 學術或民間團體指認重要棲地(紅皮書受脅植物重要棲地) c. 重要的植物群聚 ● 原始海岸林 ● 低海拔原始森林	➤ 個案評估移除急迫性，潛在影響，提出移作作業的衝擊減輕方式 ➤ 外圍可一併評估移除，建立隔離帶
II	低威脅高衝擊	a. 物種移動性低、棲地依賴性高的物種 ● 陸蟹熱點 b. 紅皮書受脅植物重要棲地 ● 易危等級以上物種 c. 隔離的小面積(近)自然棲地，缺少替代性棲地 ● 龍鑾潭周邊樹林(候鳥及草原性猛禽利用)	➤ 現地確認生態課題是否存在與重要性 ➤ 目標物種或植被衝擊減輕措施 ➤ 一次性砍除銀合歡方式進行移除，盡可能不全面移除，並配合考量銀合歡密度進行方案選擇
III	低威脅低衝擊	a. 物種移動性高，移除時期有替代性棲地 ● 良好森林區位(森林性動物棲地) ● 遷移性猛禽過境驛站 ● 渡冬蝶谷 b. 位在銀合歡分布範圍內或邊界，移除不直接擾動的敏感棲地，須預防作業時衍生影響 ● 關注獨流溪(國土生態綠網關注區域) ● 重要濕地 ● 森林性湖沼	➤ 分區、分批次移除 ➤ 保留原生樹木、樹林或樹島 ➤ 避開過境、渡冬敏感時期 ➤ 劃設作業迴避範圍
IV	高威脅低衝擊	a. 環境與銀合歡偏好棲地近似，易受銀合歡入侵的草地灌叢受脅植物棲地	➤ 多為有經常性經營管理之私有地，現階段暫時不需以生態原因介入執行銀合歡移除 ➤ 如有移除銀合歡的必要，以一次性砍除銀合歡方式，不擾動草地灌叢，並在移除後評估回復營造草地灌叢棲地

註：

1. 法定保護區不在外來入侵種埃及聖鸛、綠鬣蜥與恆春半島銀合歡移除及復育計畫(112-113 年)與強勢外來入侵種移除防治及復育計畫(114-117 年)的移除範圍，暫不列入。
2. 未出現在銀合歡分布範圍的敏感區不列入表格中，例如：紅皮書受脅植物重要棲地(特有生物保育中心)。
3. 紅皮書受脅植物為《2017 臺灣維管束植物紅皮書名錄》評估受脅等級為易危以上之種類。

		移除造林作業 的生態衝擊	
		高	低
銀合歡入侵造成 的(潛在)生態威脅	高	I 高威脅高衝擊 專案評估	IV 高威脅低衝擊 暫不移除
	低	II 低威脅高衝擊 生態課題現地確認、 標的物種、棲地衝 擊減輕措施	III 低威脅低衝擊 避開敏感時期 分區移除

圖 3.3.1-1 生態敏感區類型與銀合歡移除建議處理原則

生態敏感區類型中，第IV類高威脅低衝擊的草生地棲地數量稀少，經檢視不同年度空照圖，並未發現銀合歡入侵情況，因此類型之敏感區多是私有牧草地，管理者會定期清理樹木，維持草生地。從生態敏感區圖資指認出4種類型的空間分布，與銀合歡分布圖層疊合，作為各類型區位的銀合歡移除方式、生態友善原則的參考(圖3.3.1-2、圖3.3.1-3、圖3.3.1-4)。經過諮詢專家，建議第IV類無須以入侵種防治的生態保育理進移除銀合歡，後續以I-III類進行評估討論。



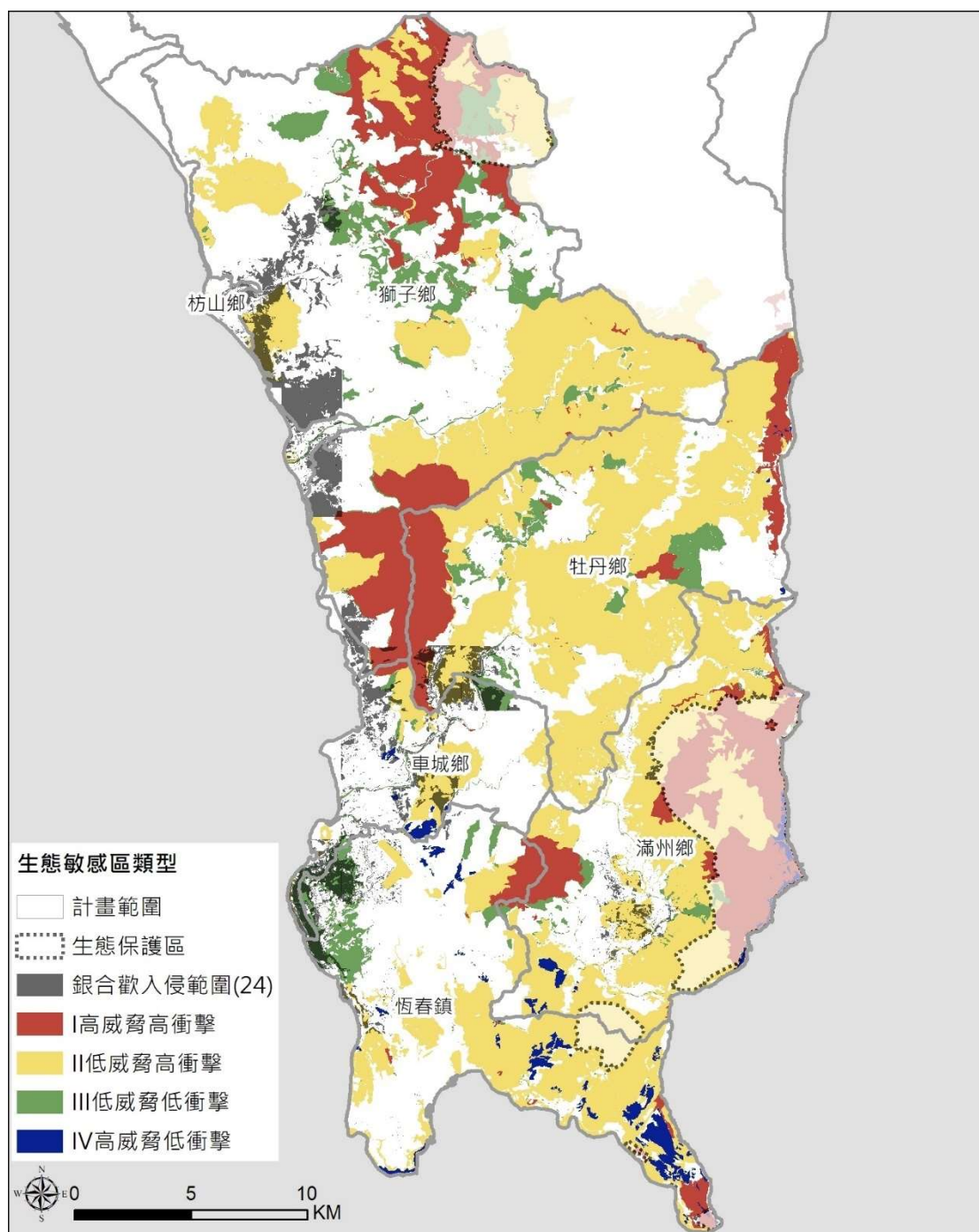


圖 3.3.1-2 恆春半島生態敏感區類型全覽

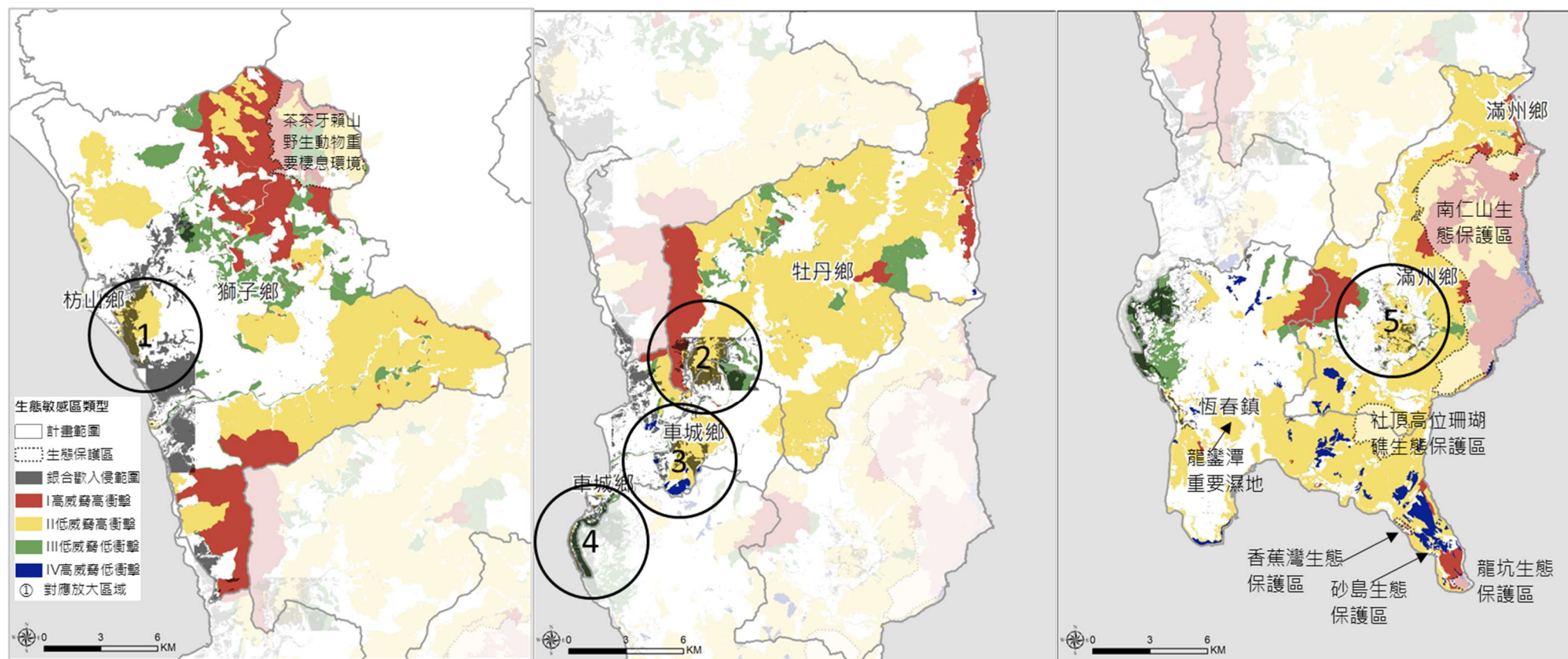


圖 3.3.1-3 恆春半島生態敏感區類型(六鄉鎮)



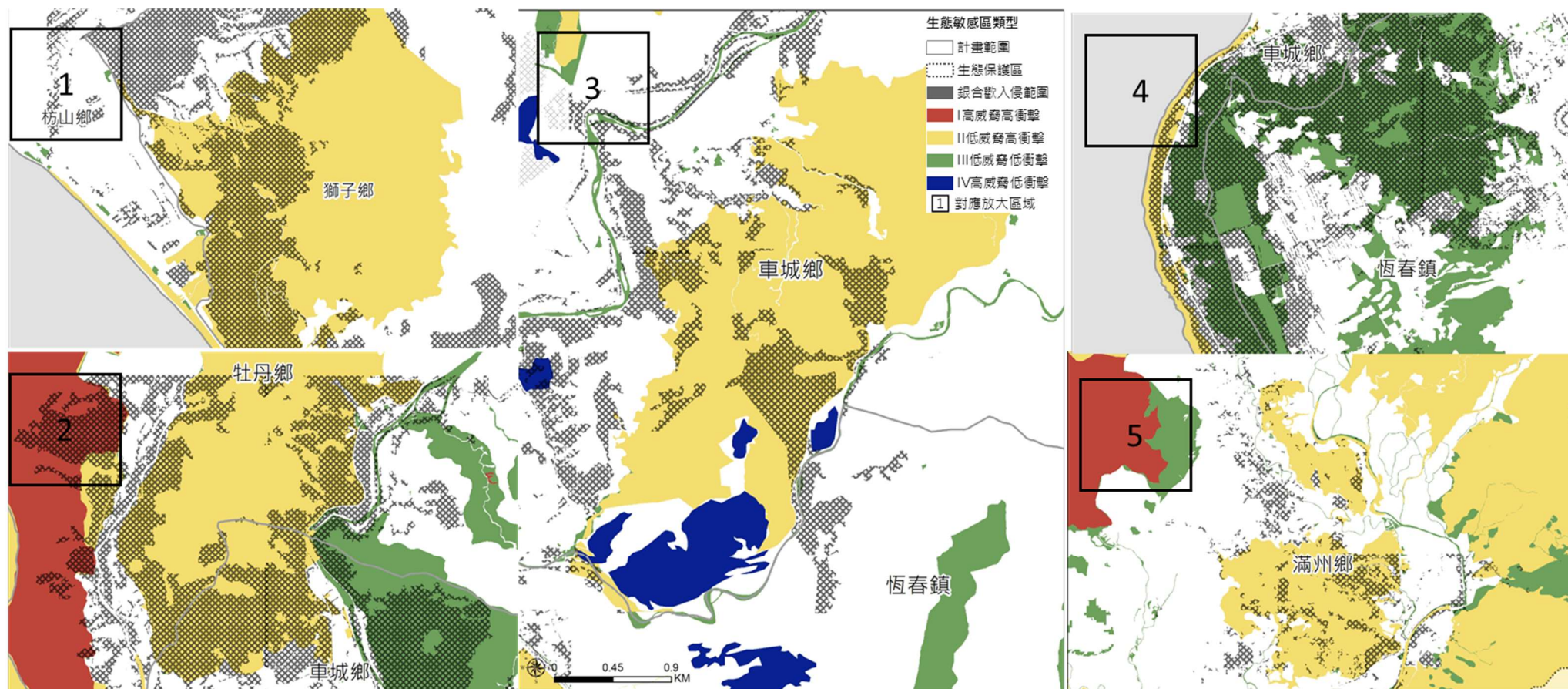


圖 3.3.1-4 恆春半島生態敏感區類型(局部放大)

### 3.3.2 銀合歡移除生態友善建議

#### (1) 銀合歡移除作業生態友善原則

前一節彙整恆春半島生態敏感區指認，以及銀合歡移除作業的生物多樣性保育與衝擊減輕原則，初擬銀合歡移除工作生態友善原則，提供恆春半島銀合歡整體移除計畫參考(圖3.3.2-1)。

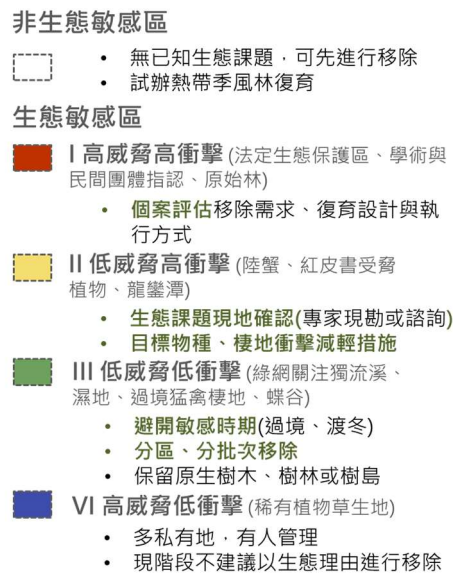


圖 3.3.2-1 銀合歡移除作業生態友善原則

#### (2) 生態敏感區的銀合歡移除優先性

從維護生物多樣性、減少生態衝擊的角度，在生態敏感區範圍內銀合歡移除的優先性原則：

- 生態敏感區I-III類型，考量生態敏感區之移除作業建議，優先選擇威脅程度高且低生態衝擊之區位，建議的移除優先性順序由高至低為：I. 高威脅高衝擊(優先進行專案評估) > III. 低威脅低衝擊 > II. 低威脅高衝擊。
- 銀合歡造成重要植物群聚、棲地的明顯劣化，且移除具有正面效益，建議列為優先移除。紅皮書受脅植物分布的草地與灌叢棲地(類型IV. 高威脅低衝擊)容易控制銀合歡移除作業



的擾動，建議優先移除。受到銀合歡入侵的海岸原始林，須要人為移除銀合歡，避免劣化，因移除作業可能對森林造成明顯影響干擾，故建議專案辦理，進行評估、監測，移除方式需要精確的處理銀合歡移除及抑制再生，可能需要不同於一般銀合歡移除作業的方式進行。

- (c) 生態敏感區外圍可優先移除，或與生態敏感區同時期移除，建立隔離帶，減少銀合歡入侵生態敏感區危害的機率。

### (3) 個案評估方式說明

依上述原則，列舉恆春半島幾個生態敏感地點說明移除優先性評估原則，或需配合其他合適的處理方式。因部分範圍位在國家公園內部，需要依權屬單位進入跨單位平臺討論。

#### (a) 二塊重要的海岸原始林(I高威脅高衝擊)

香蕉灣海岸林、關山毛柿林，研究報告指出都有銀合歡入侵的狀況，香蕉灣海岸林已由墾丁國家公園管理處與屏科大合作移除銀合歡，並進行栽植復育試驗。關山毛柿林建議可進行專案評估銀合歡移除方式。

#### (b) 陸蟹熱區(II低威脅高衝擊)

恆春鎮的幾處陸蟹熱區內部或鄰近的銀合歡林，因為銀合歡移除作業會對陸蟹棲地及族群造成明顯衝擊，且需要考慮水(海)陸域連結性，建議預先諮詢專家，評估移除及棲地復原方式(圖3.3.1-3、圖3.3.1-4，4號標示區)。

#### (c) 龍鑾潭西側銀合歡林(III低威脅低衝擊)

這個區域樹林(大部分是銀合歡林)提供濕地候鳥、草原性猛禽夜間或暫棲的場所，從地景特性看，這區樹林面積小且周邊缺少其他森林，短時間內移除會造成濕地候鳥、草原性猛禽可利用的棲息樹林大量消失，建議能分幾個區域分次移除。移除作業對鳥類的擾動較大，作業時間儘可能避開候鳥停留的敏感期。

#### (4) 生態敏感區圖資的使用及詮釋提醒

生態敏感區是蒐集現有資料彙整而成，受限於很多生態資訊未公開發表在文獻、資料庫，或已發表但無空間資訊，生態敏感區圖上未標示的區域很可能是資訊空缺，不一定沒有生態議題敏感性。

另一方面，由於圖資在小尺度時可能有空間誤差，加上環境隨時間的變遷，生態敏感區圖層在某些狀況下可能不夠精確。建議在銀合歡移除預定案核定前進行現場勘查，可一併邀請熟悉該區域生態的專家學者，現地確認棲地、稀有受脅物種的實際分布位置及現況，或者以個案或年度銀合歡移除預定案為單位辦理說明會交流生態課題資訊，以修正銀合歡移除案的辦理方式。

#### (5) 銀合歡移除生態友善建議

在移除作業中需考量對生物多樣性的衝擊，參考112年之前期計畫已整理針對森林保育類動物、過境猛禽、候鳥、渡冬蝶谷、紅皮書受脅植物、陸蟹熱區、獨流溪及外來種長腳捷山蟻等生態議題時應注意之生態友善工作方式，整理如表3.3.2-1。

#### (6) 對應不同銀合歡覆蓋度分級之移除建議

在過去移除作業中僅有單一分布範圍，屏東分署執行移除工作，會先進行勘查，銀合歡覆蓋率31%以上者採全面移除造林，1-30%採一次性砍除。現在已有如3.2節中更精確的資料，建議可依表3.3.2-2調整銀合歡移除辦法，並搭配前述生態敏感區範圍內銀合歡移除的優先性原則做細緻的移除工作規劃。



表 3.3.2-1 生態議題對應之生態友善工作

生態議題	生態友善工作建議
森林保育類動物	<p>➤ 掌握銀合歡林周邊的棲地類型、動物潛在移動路徑等資訊，規劃適當的移除區域、動線與季節。</p> <p>避免一次性大面積移除，分階段移除，特別是位於動物重要移動空間的區域，以維持棲地連結功能。</p> <p>清除動線可從較不適的棲地往優良棲地移動，引導動物往功能較佳的空間遷移。</p>
過境猛禽 過境驛站 棲地	<p>➤ 避開春、秋過境期(約3月至5月及9月至10月)進行移除，減少干擾。</p> <p>避免一次性大面積移除銀合歡林，保留部分林地供猛禽暫棲及覓食。</p> <p>建議諮詢相關研究人員，掌握猛禽棲地利用資訊，納入移除規劃。</p>
龍鑾潭候鳥棲地	<p>➤ 評估鳥類利用需求，尤其考量候鳥(冬候鳥與過境鳥)利用季節長(9月至5月)。</p> <p>規劃分區與階段性移除，保有一定面積的樹林，提供鳥類休息與遮蔽。</p>
渡冬蝶谷	<p>➤ 移除前一年的紫斑蝶越冬期(11月至隔年3月)進行觀察，確認移除區位沒有明顯的越冬群聚。</p> <p>若確認無越冬群聚，在隔年越冬期前完成移除。</p> <p>移除後可栽種適地蜜源植物，加速食物來源恢復。</p>
紅皮書受脅植物棲地	<p>➤ 在規劃階段進行植物勘察，標定並圖畫原生植被與稀有植物分布區塊，作為減輕擾動的依據。</p> <p>針對紅皮書受脅植物生長區域，可設置圍籬保護或以選擇性砍除取代大範圍整地。</p> <p>若無法避免直接衝擊，則應將受脅植物移植至周邊同質性棲地。</p> <p>規劃稀有植物復育計畫，進行採種與繁殖，並在移除後的造林區進行復育栽植。</p>
海岸林陸蟹熱區	<p>➤ 諮詢專家現勘，研擬減輕措施。</p> <p>慎選機具，避免過度輾壓棲地。</p> <p>迴避陸蟹繁殖季夜間施工(恆春半島主要在6月至10月)。</p> <p>避免阻斷陸蟹繁殖遷移路徑，並保護溪溝與樹棲型陸蟹棲息的原生樹木。</p> <p>妥善處理工程垃圾，避免吸引陸蟹靠近而造成死亡風險。</p>
獨流溪及洄游魚蝦	<p>➤ 以流域為單位盤整，規劃干擾最小且再入侵可能性最低的移除作業。</p> <p>避免同時擾動太多區域，保留水域生物族群循環恢復的能力。</p> <p>採取抑制揚塵、保留濱溪原生植被、避免土砂沖入河川、避免機具輾壓溪床等措施。</p> <p>考慮從上游往下游清除銀合歡，並定期巡視下游河岸是否有新苗出現。</p>
外來種長腳捷山蟻(黃狂蟻)擴散	<p>➤ 移除後新引入的植栽需謹慎檢驗，確保無黃狂蟻或其他入侵性螞蟻。</p> <p>針對移除造林區域進行蟻類監測，評估黃狂蟻入侵的情形及嚴重程度。</p>

表 3.3.2-2 不同覆蓋度之建議造林方式

覆蓋度	建議移除造林方式
1-30%	一次性移除銀合歡(視需要進行林下或孔隙造林)
31-70%	一次性移除銀合歡、營造複層林
71-100%	平地全面移除造林、山坡地帶狀栽植造林

## 第四章 恆春半島銀合歡移除方法整理

為解決銀合歡入侵擴散造成之生態浩劫，屏東分署邀請恆春半島各公部門共同移除銀合歡，定期召開銀合歡移除復育造林平臺會議，參與討論的公部門包含墾丁國家公園管理處、國有財產署南區分署(以下簡稱國產署南區分署)、屏東縣政府、國防部三軍聯訓基地指揮部、交通部公路局南區養護工程分局、農業部林業試驗所恆春研究中心、畜產試驗所恆春分所(現為畜產試驗所南區分所，以下簡稱畜試所南區分所)、台灣電力公司第三核能發電廠(以下簡稱台電核三廠)、恆春鎮公所、枋山鄉公所、車城鄉公所、滿州鄉公所、獅子鄉公所、牡丹鄉公所等單位。

依111年5月行政院核定之「外來入侵種埃及聖鵝、綠鬣蜥與恆春半島銀合歡移除及復育計畫(112-113年)」，林業保育署、林業試驗所、畜產試驗所、墾丁國家公園管理處、國有財產署、國防部、屏科大、台電核三廠及屏東縣政府，應分別於112年及113年分年共同移除850公頃及820.2公頃，各機關111年至113年已移除銀合歡之面積如表4-1。依113年7月行政院核定之「強勢外來入侵種移除防治及復育計畫(114-117年度)」，112-113年目標完成移除國公有林1,423.34公頃，至113年底移除國公有林銀合歡目標區域共移除1,583.2公頃；因此114年恆春半島銀合歡移除相關工作將著重於復育造林後的撫育作業，以及辦理補助私有地銀合歡移除申請，詳表4-2。



表 4-1 112-113 年恆春半島各機關移除銀合歡面積

單位：公頃

機關名稱	112 年成果					113 年成果				112-113 年合計
	111 年 先行完成 面積	移除再利 用面積	移除復育 造林面積	監控面積 (無銀合歡)	112 年 小計	移除再利 用面積	移除復育 造林面積	監控面積 (無銀合歡)	113 年 小計	各機關執行 面積小計
林業及自然保育署 屏東分署	57.10	20.28	28.08	33.59	<b>139.05</b>	101.50	17.55	83.70	<b>202.75</b>	<b>341.80</b>
林業試驗所	-	20.50	-	-	<b>20.50</b>	-	-	-	<b>0.00</b>	<b>20.50</b>
畜產試驗所	2.00	240.40	1.20	-	<b>243.60</b>	104.20	103.80	-	<b>208.00</b>	<b>451.60</b>
內政部營建署墾丁 國家公園管理處	13.00	-	34.00	94.00	<b>141.00</b>	-	27.00	-	<b>27.00</b>	<b>168.00</b>
財政部國有財產署	10.81	51.44	67.80	14.16	<b>144.21</b>	-	69.53	0.06	<b>69.59</b>	<b>213.80</b>
國防部軍備局	3.00	-	58.00	113.90	<b>174.90</b>	-	125.00	-	<b>125.00</b>	<b>299.90</b>
教育部國立屏東科 技大學	1.00	-	5.00	-	<b>6.00</b>	-	10.70	-	<b>10.70</b>	<b>16.70</b>
經濟部台灣電力股 份有限公司第三核 能發電廠	13.10	10.11	4.50	-	<b>27.71</b>	19.50	19.49	-	<b>38.99</b>	<b>66.70</b>
屏東縣政府	0.90	0.20	0.10	-	<b>1.20</b>	-	3.00	-	<b>3.00</b>	<b>4.20</b>
合計	<b>100.91</b>	<b>342.93</b>	<b>198.68</b>	<b>255.65</b>	<b>898.17</b>	<b>225.20</b>	<b>376.07</b>	<b>83.76</b>	<b>685.03</b>	<b>1,583.20</b>

資料來源：農業部林業及自然保育署屏東分署，114 年 5 月。

表 4-2 114 年恆春半島移除銀合歡目標面積

單位：公頃

工作項目	機關(單位)	目標面積	備註
銀合歡移除造林作業	林業保育署屏東分署	5.0	
銀合歡移除、造林及撫育作業	林業保育署屏東分署	70.0	
	國防部	144.0	
	經濟部(台電核三廠)	48.0	
	畜產試驗所(南區分所)	25.0	
	財政部國有財產署	73.5	
	內政部墾丁國家公園管理處	100.0	
	教育部(國立屏東科技大學)	15.0	屏東分署補助辦理
	屏東縣政府	7.0	屏東分署補助辦理

資料來源：農業部(2024)。

本計畫蒐集近年恆春半島各機關發包的銀合歡清除相關標案，自108年起至114年8月止共計有54個標案，各機關歷年投入之資源如表4-3，並進一步整理各標案的銀合歡移除作業規範，以比較各機關執行方法的差異，提供屏東分署跨單位溝通協調參考資訊。整理資訊包含工作項目(標案名稱)、銀合歡清除面積、銀合歡移除方式、移除後新植補植的樹種、栽植密度、撫育刈草方式、是否保留自生原生樹苗、是否有相關監測研究計畫等資訊，詳表4-4，其中各機關移除銀合歡作業方式名詞說明整理如表4-5。

表 4-3 各機關歷年辦理銀合歡移除工作之金額

單位：萬元

機關名稱	招標年度							總額
	108	109	110	111	112	113	114	
農業部林業及自然保育署屏東分署	885	2,112	1,198	498	4,900	1,837	1,585	13,015
農業部畜產試驗所南區分所					2,323	4,384	402	7,109
國防部				53	1,954	3,885	38	5,930
屏東縣政府						3,717	1,190	4,907
財政部國有財產署南區分署					2,695	885		3,580
墾丁國家公園管理處	101	40	89	509	840	653		2,232
台灣電力股份有限公司第三核能發電廠				1,259				1,259
國立屏東科技大學					176	345		521
農業部林業試驗所					112			112
合計	986	2,152	1,287	2,319	13,000	15,706	3,215	38,665



表 4-4 近年恆春半島銀合歡移除作業相關標案及移除作業規範

年度	標案名稱	得標廠商	決標金額(萬元)	執行月數	作業面積(ha)	移除方式 (說明詳表 4-5)	保留原生樹木	清除後經營	移除後植生 新植/補植/種子撒播/苗木來源	新植密度(株/ha)	撫育頻度	保留自生小苗	其他工項	平均作業費用(萬元/ha)	搭配相關監測研究計畫
農業部林業及自然保育署屏東分署															
108	108 年環 2 暨環 3 號屏東縣滿州鄉射麻里段新植造林工作	禾順企業行	554.0	31	12.5	帶狀栽植造林	有	造林植生	1. 機關供苗：木麻黃、臺灣海桐、相思樹、臺灣樹蘭、黃連木、海欖果、克蘭樹、繖楊。	2,000	刈草 3 年，分別為 2 次、4 次、4 次	有	造林地銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭、刺軸含羞木與無根藤時，應至基部刈除	44.3	「恆春半島銀合歡移除復育造林生態廊道串連及效益評估」委託研究計畫 執行單位：國立屏東科技大學(107~109)
	108 年環 4 號屏東縣恆春鎮大平頂段新植造林工作	宏睿工程行	331.0	33	6.7				1. 機關供苗：相思樹、光臘樹、黃槿、臺灣海桐、大葉山欖、海欖果、克蘭樹、木麻黃及 黃連木、毛柿、苦楝、繖楊及臺灣樹蘭 2. 如有直撥相思樹種子之需求，應併同辦理。	2,500	刈草 3 年，分別為 2 次、5 次、5 次。			49.4	
109	109 年環 4 暨環 5 號屏東縣滿州鄉射麻裡段新植造林工作	永盛林業有限公司	580.0	32	10.2	帶狀栽植造林	有	造林植生	1. 機關供苗：相思樹、恆春厚殼樹、臺灣樹蘭、茄苳、黃槿、欖仁、苦楝、黃連木、臺灣海桐、大葉山欖、克蘭樹、繖楊及海欖果。 2. 新植作業應配合撒播相思樹或克蘭樹等種子。	2,500	刈草 3 年，分別為 2 次、4 次、4 次。	有	造林地銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭、刺軸含羞木與無根藤時，應至基部刈除	56.9	無
	109 年環 6、環 7、環 8 暨環 10 號屏東縣滿州鄉射麻裡段及恆春事業區第 37 林班新植、營造複層林造林工作	向陽山觀事有限公司	583.0	32	11.3				1. 機關供苗：相思樹、恆春厚殼樹、臺灣樹蘭、海欖果、光臘樹、苦楝、黃連木、臺灣海桐。 2. 新植作業應配合撒播相思樹或克蘭樹等種子。	2,000	刈草 3 年，分別為 2 次、4 次、4 次。			51.6	
	109 年環 9 暨環 11 號恆春事業區第 33 林班新植及營造複層林造林工作	禾順企業行	590.0	32	12.3				1. 機關供苗：相思樹、水黃皮、克蘭樹、毛柿、海欖果、大葉山欖、臺灣海桐、恆春厚殼樹、繖楊、恆春山枇杷及臺灣樹蘭 2. 新植作業應配合撒播相思樹或克蘭樹等種子	2,000	刈草 3 年，分別為 2 次、4 次、4 次。			48.0	
	109 年環 1、環 2 暨環 3 號屏東縣滿州鄉射麻裡段及恆春事業區第 29 林班新植造林工作	永盛林業有限公司	359.0	32	6.7				1. 機關供苗：相思樹、恆春厚殼樹、臺灣樹蘭、海欖果、光臘樹、苦楝、黃連木、臺灣海桐 2. 新植作業應配合撒播相思樹或克蘭樹等種子	2,500	刈草 3 年，分別為 2 次、4 次、4 次。			53.6	
110	110 年環追 1 號恆春事業區第 32、37 及 38 林班外來入侵種銀合歡移除工作	三石林業有限公司	214.0	3	72	一次性砍除	有	無	無	無	無	無	造林地銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭、刺軸含羞木與無根藤時，應至基部刈除	3.0	恆春半島銀合歡移除友善環境復育造林生態監測及效益評估 執行單位：觀察家生態顧問有限公司（110~112）
	110 年環 5 暨環 8 號屏東縣滿州鄉射麻裡段及恆春事業區第 37 林班新植、營造複層林造林工作	向陽山觀事有限公司	694.0	32	13	帶狀栽植造林	有	造林植生	1. 機關供苗：相思樹、黃槿、臺灣樹蘭、海欖果、烏柏、苦楝、克蘭樹、臺灣海桐、恆春厚殼樹及其他樹種 2. 新植作業應配合撒播相思樹或克蘭樹等種子	2,000	刈草 3 年，分別為 2 次、4 次、4 次。	有	造林地銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭、刺軸含羞木與無根藤時，應至基部刈除	53.4	

年度	標案名稱	得標廠商	決標金額(萬元)	執行月數	作業面積(ha)	移除方式(說明詳表 4-5)	保留原生樹木	清除後經營	移除後植生 新植/補植/種子撒播/苗木來源	新植密度(株/ha)	撫育頻度	保留自生小苗	其他工項	平均作業費用(萬元/ha)	搭配相關監測研究計畫
	110 年環追 2 號恆春事業區第 32、33 及 38 林班外來入侵種銀合歡移除工作	永耀林業有限公司	290.0	3	103.3	一次性砍除	有	無	無	無	無	無		2.8	
111	111 年環變 1、環變 2、環變 5 號暨環變 15 號外來入侵種銀合歡移除及造林撫育工作	禾順企業行	498.0	29	14.56	一次性砍除(環變 1,環變 2,環變 5): 14.56ha 刈草及補植(環變 15): 6.2ha	有	無	1. 機關供苗: 相思樹、光臘樹、黃槿、臺灣海桐、大葉山欖、海欖果、克蘭樹、木麻黃、毛柿、苦楝、繖楊及臺灣樹蘭及其他樹種 2. 配合撒播相思樹或克蘭樹等種子	2,500	刈草 3 年, 分別為 3 次、4 次、4 次。	有	造林地銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭、刺軸含羞木與無根藤時, 應至基部刈除	24.0	恆春半島銀合歡移除友善環境復育造林生態監測及效益評估 執行單位: 觀察家生態顧問有限公司(110~112)
112	112 年銀 5 暨銀 6 號屏東縣車城鄉四重溪段新植造林工作	永盛林業有限公司	880.0	18	16	帶狀栽植造林	有	造林植生	1. 機關供苗: 相思樹、臺灣海桐、克蘭樹、黃連木、茄苳、欖仁、恆春厚殼樹及其他樹種 2. 配合撒播相思樹或克蘭樹等種子	2,000	刈草 3 年, 分別為 2 次、4 次、4 次。	有	造林地銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭、刺軸含羞木與無根藤時, 應至基部刈除	53.4	恆春半島銀合歡移除友善環境復育造林生態監測及效益評估(執行單位: 觀察家生態顧問有限公司, 110~112)
	112 年銀 8 號屏東縣恆春鎮山腳段新植造林工作	永盛林業有限公司	789.0	30	10.9				1. 機關供苗: 相思樹、臺灣樹蘭、烏柏、台灣海棗、欖仁、木麻黃及其他樹種 2. 配合撒播相思樹或克蘭樹等種子					72.4	
	112 年銀 1-3 號恆春事業區第 37 林班及屏東縣恆春鎮鵝鑾鼻段新植、營造複層林造林工作	向陽山景觀事業有限公司	919.0	18	16.7				1. 機關供苗: 相思樹、臺灣樹蘭、海欖果、烏柏、苦楝及其他樹種 2. 配合撒播相思樹或克蘭樹等種子					55.0	
	112 年銀 7 號屏東縣車城鄉四重溪段新植造林工作	禾順企業行	897.0	18	16.4				1. 機關供苗: 相思樹、臺灣海桐、克蘭樹、黃連木、茄苳、欖仁、恆春厚殼樹及其他樹種 2. 配合撒播相思樹或克蘭樹等種子					54.7	
	112 年銀 9、銀 12 暨銀 13 號屏東縣恆春鎮山腳段新植造林工作	禾順企業行	889.0	18	15.2				1. 機關供苗: 2.相思樹、臺灣樹蘭、烏柏、土樟、欖仁、木麻黃及其他樹種 2. 配合撒播相思樹或克蘭樹等種子					58.5	
	112 年環 1 號營造複層林造林及銀 14、銀 15 號銀合歡砍除工作	永盛林業有限公司	526.0	17	19.7				1. 機關供苗: 黃槿、蓮葉桐、欖仁、繖楊、草海桐、木麻黃、水黃皮及其他海岸樹種 2. 配合辦理撒播相思樹或克蘭樹等種子	3,000	刈草 3 年, 分別為 2 次、4 次、4 次。			26.7	
113	113 年環 1、環 2 暨環 3 號新植、營造複層林工作	禾順企業行	456.0	30	7.67	帶狀栽植造林	有	造林植生	1. 機關供苗: 相思樹、臺灣樹蘭、黃連木、烏柏、海欖果 2. 配合撒播相思樹或克蘭樹等種子	2,000	刈草撫育 3 年, 分別為 2 次、4 次、4 次。	有	造林地銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭、刺軸含羞木與無根藤時, 應至基部刈除	59.5	恆春半島銀合歡移除友善環境復育之生態效益評估(執行單位: 觀察家生態顧問有限公司, 112~114)
	113 年銀 4 號、環 4-環 7 號恆春事業區第 36、37 林班撫育工作	永盛林業有限公司	976.0	42	16.8	一次性砍除(環 4): 16.8ha 刈草及補植(環 5, 環 6, 環 7): 17.06ha			1. 機關供苗: 黃槿、欖仁、烏柏、相思樹、瓊崖海棠、黃心柿、臺灣樹蘭、苦楝、毛柿、港口木荷、大葉山欖、海欖果、克蘭樹、繖楊、恆春山枇杷、欖仁舅、銀葉樹、蘭嶼蘋婆 2. 配合撒播相思樹或克蘭樹等種子		刈草撫育 4 年, 分別為 4 次、4 次、3 次、3 次。			28.8	
	113 年國變 10 號獅子鄉耶美須段、外獅段移除銀合歡復育造林撫育工作	國森行	140.0	30	2.08	帶狀栽植造林			1. 機關供苗: 相思樹、黃連木等。		刈草撫育 3 年, 分別為 2 次、3 次、3 次。			67.3	無



年度	標案名稱	得標廠商	決標金額(萬元)	執行月數	作業面積(ha)	移除方式 (說明詳表 4-5)	保留原生樹木	清除後經營	移除後植生 新植/補植/種子撒播 /苗木來源	新植密度(株/ha)	撫育頻度	保留自生小苗	其他工項	平均作業費用(萬元/ha)	搭配相關監測研究計畫
	113 年銀追 1 號恆春事業區第 32 林班造林地銀合歡移除工作	向陽山景觀事業有限公司	117.0	2	33	一次性砍除	有	無（原為造林地）	無	無	無	無	造林地銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭、刺軸含羞木與無根藤時，應至基部刈除	3.5	無
	113 年銀追 2 號潮州事業區第 23、31、32 林班銀合歡移除工作	國森行	148.0	2	29.63									5.0	
114	114 年銀 1 號恆春事業區第 34 林班營造複層林造林工作	禾順企業行	384.0	32	5	帶狀栽植造林	有	造林植生	1.機關供苗。 2.相思樹、臺灣樹蘭、海欖果、烏柏、苦楝、恆春山枇杷、克蘭樹、草海桐、黃槿及其他樹種 3. 配合撒播相思樹或克蘭樹等種子	2500	刈草撫育 3 年，分別為 2 次、4 次、4 次。	有	造林地銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭、刺軸含羞木與無根藤時，應至基部刈除	76.8	恆春半島銀合歡移除友善環境復育之生態效益評估(執行單位：觀察家生態顧問有限公司，112～114)
	114 年環 1 號恆春事業區第 34 林班營造複層林造林工作	永盛林業有限公司	155.0	32	2	帶狀栽植造林	有	造林植生	1.機關供苗。 2.相思樹、臺灣樹蘭、海欖果、烏柏、苦楝、恆春山枇杷、克蘭樹、黃槿、草海桐及其他樹種 3. 配合撒播相思樹或克蘭樹等種子	2500	刈草撫育 3 年，分別為 2 次、4 次、4 次。	有	造林地銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭、刺軸含羞木與無根藤時，應至基部刈除	77.5	恆春半島銀合歡移除友善環境復育之生態效益評估(執行單位：觀察家生態顧問有限公司，112～114)
	114 年銀 8-10 號(原 111 年環 12-14 號)恆春事業區第 36 林班造林地撫育工作	永盛林業有限公司	295.0	31	7.55	植栽撫育，刈草及補植	有	造林植生	1.機關供苗。 2.相思樹、臺灣樹蘭、海欖果、烏柏、苦楝、黃槿、臺灣海桐、大葉山欖、大葉欖仁及其他樹種	2500	刈草撫育 3 年，分別為 3 次、3 次、3 次。	有	造林地銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭、刺軸含羞木與無根藤時，應至基部刈除	39.0	無
	114 年銀 2-7 號(原 112 年銀 1-3 號及 111 年環變 3、環變 6、環變 7 號)恆春事業區第 37 林班及屏東縣恆春鎮鵝鑾鼻段造林地撫育工作	向陽山景觀事業有限公司	751.0	19	28.64	植栽撫育，刈草及補植	有	造林植生	1.機關供苗。 2.相思樹、黃槿、臺灣樹蘭、海欖果、烏柏、苦楝、克蘭樹、臺灣海桐、恆春厚殼樹、大葉山欖、大葉欖仁、繖楊、欖仁舅、恆春山枇杷、黃連木及其他樹種	2000	刈草撫育 2 年，分別為 3 次、3 次。	有	造林地銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭、刺軸含羞木與無根藤時，應至基部刈除	26.2	無
農業部林業試驗所															
112	恆春研究中心轄管試驗林銀合歡移除作業	新旺企業社	112.0	3	20.5	人工擇伐	有	無	無	無	無	無	無	5.5	有其他相關試驗研究
農業部畜產試驗所南區分所															
112	112 年銀合歡伐除作業	好林居科技股份有限公司	1867.0	6	270.204	[施作區 1] 伐除策略(1)： 18.8ha 伐除策略(3)：11.2ha (不處理) 合計：30ha (伐除 18.8ha)  [施作區 2] 伐除策略(1)：184.3 ha 伐除策略(2)：7.5 ha	有	放牧	無	無	無	無	抑制銀合歡放牧試驗之圍籬搭設：銀合歡砍伐後，將採行生物防治方法進行萌藥抑制試驗，配合機關需求，於指定位置搭設圍籬。 [施作區 1] 設牛隻	6.9	植群調查： 施作區 1：10 網格 施作區 2：45 網格 施作區 3：15 網格 每個網格 0.2ha

年度	標案名稱	得標廠商	決標金額(萬元)	執行月數	作業面積(ha)	移除方式 (說明詳表 4-5)	保留原生樹木	清除後經營	移除後植生 新植/補植/種子撒播 /苗木來源	新植密度 (株/ha)	撫育頻度	保留自生小苗	其他工項	平均作業費用 (萬元/ha)	搭配相關監測研究計畫
						伐除策略(3)：8.4 ha (不處理) 合計 200.2ha (伐除 191.8ha)  [施作區 3] 伐除策略(1)： 9.6ha 伐除策略(2)：5.2 ha 伐除策略(3)： 25.2 ha (不處理) 合計 40.004ha (伐除 14.8ha)  伐除策略說明： 策略(1):人工擇伐+施打藥劑，保留原生樹種。 策略(2):人工擇伐+施打藥劑，保留原生樹種，其間沿等高線每清除 7 m 需保留 3 m 銀合歡留存帶。 策略(3): 不處理							圍籬 1 座。 [施作區 2] 設置羊隻圍籬 1 座、牛隻圍籬 2 座、牛隻簡易圍籬 1 座。 [施作區 3] 無設置圍籬。		
112	112 年籠仔埔地區銀合歡伐除作業	好林居科技股份有限公司	456.0	2	15	人工擇伐+施打藥劑	有	放牧	無	無	無	無	抑制銀合歡試驗之圍籬搭設：配合南區分所銀合歡萌藥防除規劃，於指定施作區位完成舊有圍籬拆除及新圍籬搭設。	30.4	畜產試驗所恆春分所轄區內銀合歡分布調查及清除規劃設計監工計畫(執行單位：國立屏東科技大學，112)
113	113 年銀合歡防除作業	好林居科技股份有限公司	4384.0	9	208	帶狀栽植造林(人工擇伐＋施打藥劑，或立枯)	有	造林植生	1. 廠商購置苗木。 2. 分區評估合宜之植生復育方式，篩選 10 種以上適宜恆春半島種植生長且野生動物較不喜食之原生林木，須同時包含先驅、陽性及耐陰樹種，於雨季期間完成 100 公頃「移除帶」之混合林木。 3. 種子直播或種苗栽植造林，其中混播先驅樹種數量應佔 30%。 4. 綠籬：評估篩選適宜恆春半島種植生長且野生動物較不喜食之綠籬種類至少 2 種，配合雨季期間進行栽植。	未說明	1 次	有	112 年已伐除區域：依據執行區域既有劃設網格，以人力巡檢並紀錄銀合歡根株萌蘗及小苗生長情形，並以物理或化學方式再次進行該區域內萌藥防治及小苗清除。 抑制銀合歡試驗之圍籬搭設 抑制試驗圍籬防鏽處理	21.1	113 年銀合歡防除監工及植群調查(執行單位：國立屏東科技大學，113)
114	114 年度銀合歡移除造林後撫育及外來入侵種植物防除採購案	昭悅科技有限公司	401.7	7	133.8	1. 針對 113 年度新植苗木 118.8 公頃進行撫育工作。 2. 針對防除施作重點區域進行外來入侵種植物防除，包含機關轄下主場區、次場區及公園路大溪巷等 3 處周邊，共計 15 公頃。	有	未說明	1. 廠商購置苗木。 2. 補植樹種：小葉厚殼樹、石朴、小刺山柑、菲律賓賓饅頭果、細葉饅頭果、雨傘仔、烏柑仔、九芎、白樹仔、山柚、裏白巴豆、柘樹、過山香、黃荊、紅仔珠、北仲、魯花樹、月橘，總計 18 種。	未說明	2 次	有	1.以物理或化學方式中止外來入侵種植物生長，不得使用重機具連根刨除，原生樹種一律保留、不得砍伐，至少執行 2 次。 2. 前項外來入侵種植物包含銀合歡、銀膠菊、香澤蘭、小花蔓澤蘭、馬櫻丹及含羞草屬植物，防除時間為目標物種開花前，以避免種子飄散，包含成株及小苗。	3.5	114 年度銀合歡移除造林後撫育及外來入侵種植物防除監工服務採購案 (執行單位：國立屏東科技大學，114)



年度	標案名稱	得標廠商	決標金額 (萬元)	執行月數	作業面積 (ha)	移除方式 (說明詳表 4-5)	保留原生樹木	清除後經營	移除後植生 新植/補植/種子撒播 /苗木來源	新植密度 (株/ha)	撫育頻度	保留自生小苗	其他工項	平均作業費用 (萬元/ha)	搭配相關監測研究計畫
墾丁國家公園管理處															
108	108 年度墾丁國家公園關山地區銀合歡整治勞務工作	穀倉原藝企業社(獨資)	101.0	6	10.53	帶狀栽植造林及一次性砍除：10ha 植栽撫育(鵝鑾段 1467 地號(福蓉飯店前方))：約 0.5387ha	有	造林植生	1. 臺灣海桐、黃槿、海欖果、繖楊、欖仁、臭娘子，由廠商購 3,000 株。 2. 業主另備 17,000 株(未說明種類)	每株苗木間距約 3 公尺且交錯栽植	2 次，含中耕除草及外來種植物清除	有	作業區域之小花蔓澤蘭、香澤蘭、銀膠菊等外來入侵植物應清除	10.1	無
109	109 年度「墾丁國家公園關山地區造林撫育」勞務工作	瘋允工程企業有限公司	40.0	6	10	人工擇伐：檳榔路(屏 161)周邊 13 筆地號，全面砍除萌蘗之銀合歡 植栽撫育及補植：龍水泉段 625-11 地號造林區域撫育及補植			機關備有約 2,000 株苗木，得標廠商應至指定苗圃取苗木。		3 次，含中耕除草及外來種植物清除			4.0	
110	110 年度「墾丁國家公園關山地區造林撫育勞務工作」	長明土木包工業(獨資)	89.0	8	12.5387	人工擇伐、植栽撫育及補植(龍水泉段 625-11 地號造林區)：10ha 植栽撫育(鵝鑾段 1467 地號(福蓉飯店前方))：約 0.5387ha			機關備有約 6,000 株苗木，得標廠商應至指定苗圃取苗木。		4 次，含中耕除草及外來種植物清除			7.1	
111	111-113 年度「墾丁國家公園關山地區造林撫育工作」勞務工作	愛種樹股份有限公司	509.0	35	23.265	帶狀栽植造林：22.265ha 植栽撫育：約 1.26ha			機關備有約 30,000 株苗木，得標廠商應至指定苗圃取苗木。		每年 6 次，含中耕除草及外來種植物清除			21.9	
112	112-114 年度「墾丁國家公園關山地區造林撫育工作」勞務工作(第二期)	宣品數位工程股份有限公司	840.0	35	30.3	帶狀栽植造林			機關備有約 80,000 株苗木，得標廠商應至指定苗圃取苗木。		每年 6 次，含中耕除草及外來種植物清除			27.7	112-114 年度墾丁國家公園蛾類多樣性調查鑑定暨其應用於銀合歡移除造林地評估
113	113-115 年度「墾丁國家公園船帆石及龜山等地區造林撫育勞務工作」	禾順工程行	653.0	31	25.83	帶狀栽植造林(鵝鑾段 200 地號) (含人工擇伐、植栽撫育及補植)			機關備有約 6,000 株苗木，得標廠商應至指定苗圃取苗木。		每株苗木間距約 2.5 公尺且交錯栽植			第一年 3 次，第二年 4 次、第三年 4 次，含中耕除草及外來種植物清除	
台灣電力股份有限公司第三核能發電廠															
111	核三廠銀合歡移除及復育造林	玖發園藝有限公司	1259.0	37	36	帶狀栽植造林	有	1. 造林植生 2. 設置光電板 3. 未來可能設置廠房	依林業及保育署苗圃實際配撥種類	2,000	刈草撫育 3 年，分別為 2 次、4 次、4 次	有	銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭及刺軸含羞木須併同割草工作割除	35.0	無
屏東縣政府															
112	恆春半島銀合歡移除及復育造林勞務採購開口契約(國 1)	國森行	940.0	5	26	帶狀栽植造林	有	造林植生	機關供苗或廠商購置苗木。棟樹、相思樹、欖仁、毛柿、黃槿、大葉山欖當地原生造林樹種。	2,500	刈草撫育 1 次	有	造林地發現銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭、刺軸含羞木與無根藤時，應刈除至基部。	36.2	無
	恆春半島銀合歡移除及復育造林勞務採購(國 2)	永盛林業有限公司	812.0	10	22.68									35.8	

年度	標案名稱	得標廠商	決標金額(萬元)	執行月數	作業面積(ha)	移除方式(說明詳表 4-5)	保留原生樹木	清除後經營	移除後植生 新植/補植/種子撒播 /苗木來源	新植密度(株/ha)	撫育頻度	保留自生小苗	其他工項	平均作業費用(萬元/ha)	搭配相關監測研究計畫
	恆春半島銀合歡 移除及復育造林 勞務採購(國 3)	玠霖行	943.0	10	26.32									35.8	
113	恆春半島銀合歡 移除及復育造林 勞務採購(國 4)	國森行	885.0	9	25									35.4	
國防部(含陸軍司令部及海軍司令部)															
111	111 年龍勤營區 銀合歡清除及清 運採購	珈暘 企業 有限 公司	53.0	6	0.8	人工擇伐（一次性砍除）	未註 明	無	無	無	無	無	無	66.3	無
112	海口山訓場外來 種移除及復育案	天然 興業 有限 公司	413.0	9	12	帶狀栽植造林	有	造林植生	1. 廠商購置苗木。 2. 植栽樹種以該地區原生物種為主，如：相思樹、臺灣樹蘭、黃槿、欖仁、臺灣海桐、黃連木、海欖果、光臘樹、苦楝、鐵色、克蘭樹、恆春山枇杷及恆春厚殼樹。另新植前乙方應評估選定成活率較優之適宜植栽樹種。 3.如機關通知需配合辦理撒播相思樹或克蘭樹等種子。	2,000	刈草 4 次 (8~11 月，每月乙次)	有	造林地銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭、刺軸含羞木與無根藤時，應至基部割除。	34.4	無
	赤牛嶺訓場外來 種移除及復育案	瑞信 企業 行	416.0	8	8									52.0	
	埔墘訓場外來種 移除及復育案	新旺 企業 社	386.0	8	8									48.3	
	南勢湖訓場外來 種移除及復育案	雄青 淞有 限公 司	382.0	8	8									47.8	
	十八灣訓場外來 種移除及復育案	新旺 企業 社	357.0	6	8									44.6	無
113	三軍聯訓基地訓 場外來種移除及 復育	鼎商 科技 有限 公司	3885.0	8	125	帶狀栽植造林	有	造林植生	1. 廠商購置苗木。 2. 以該地區原生物種為主，如:相思樹、臺灣樹蘭、黃槿、欖仁、臺灣海桐、黃連木、海欖果、光臘樹、苦楝、鐵色、克蘭樹、恆春山枇杷及恆春厚殼樹。另新植前乙方應評估選定成活率較優之適宜植栽樹種，並至少 3 種類以上，以增加生態多樣性，	2,000	刈草 4 次	有	造林地銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭、刺軸含羞木與無根藤時，應至基部割除	31.1	無
114	114 年龍勤營區 銀合歡清運及處 理案	嘉修 工程 有限 公司	38.0	12	6.04	人工擇伐	未註 明	無	無	無	無	無	無	6.3	無
財政部國有財產署南區分署															
113	113 年恆春半島 銀合歡人工防除 計畫	恆達 工程 有限 公司	1815.0	12	108.212	人工擇伐＋施打藥劑 立枯(銀合歡覆蓋度低於 60%或難施作人工擇伐的 地號)	有	無	無	無	無	無	竣工前兩個月內，須以人力巡檢全部防除區域，紀錄銀合歡根株萌蘗及小苗生長情形，並以物理或化學方式再次進行區域內銀合歡萌蘗防治及小苗清除	16.8	113 年恆春半島國有土地銀合歡分布調查及清除規劃設計監工案（執行單位：國立屏東科技大學，113～114)



年度	標案名稱	得標廠商	決標金額(萬元)	執行月數	作業面積(ha)	移除方式 (說明詳表 4-5)	保留原生樹木	清除後經營	移除後植生 新植/補植/種子撒播 /苗木來源	新植密度(株/ha)	撫育頻度	保留自生小苗	其他工項	平均作業費用(萬元/ha)	搭配相關監測研究計畫
113	113 年恆春半島銀合歡機具防除及植生復育計畫	昭悅科技有限公司	1902.0	12	120.4359	機具防除(帶狀栽植造林)+施打藥劑	有	部分造林植生 (88.9318 ha)	1. 機關供苗或廠商購置苗木。 2. 可使用種子直播或是栽植樹苗的模式，栽植恆春半島地區原有生長之原生樹種樹苗或藤本種類。 3. 植生復育樹種之選擇在同一地點應同時包含速生樹種及相對較陰性樹種種類，廠商需於服務建議書中提具預計進行植生復育之種類，植生復育準備期程和預定施作規劃，並提供佐證文獻資料說明選擇樹種之耐陰性及於恆春半島的分布區域。 4. 單一地段號面積超過 5 公頃時，除非推斷為受梅花鹿干擾區域，否則植生復育種類需至少包含 10 種以上樹種，數量每公頃需達 2,000 株以上，以增加植生復育的生物多樣性。	1,500 ~2,000	定期撫育，每月填具植生復育施作統計表及植生復育施作紀錄表	有	1. 依據「移除銀合歡復育造林水土保持處理、維護及臨時防減災措施」作業。 2. 竣工前，須以人力巡檢已防除區域，記錄銀合歡根株萌蘗及小苗生長情形，並以物理或化學方式再次進行區域內銀合歡萌蘗防治及小苗清除。 3. 依據 112~113 年畜試所銀合歡防除作業植生復育的經驗，若需植生復育地區有梅花鹿出沒痕跡，須選擇不易受梅花鹿取食之樹種栽植。	15.8	113 年恆春半島國有土地銀合歡分布調查及清除規劃設計監工案（執行單位：國立屏東科技大學，113~114)
114	114 年恆春半島國有土地新植造林撫育作業	永盛林業有限公司	1190.0	9	102.78	112 年-113 年銀合歡移除區，植栽撫育及補植刈草除蔓過程一併清除外來入侵種	未註明	造林植生	1. 苗木補植以現場原有行、株距補植。 2. 補植苗木須使用實生苗。 3. 新植或補植之苗木除特殊規定外，皆須有多樣之種類，於驗收時於 0.01 公頃，即 10m × 10m 範圍內需有至少 4 種不同種類苗木，1 公頃內需有至少 10 種不同種類苗木。 4. 因應各地段特殊環境及植相狀況，其他規範： a. 車城鄉下四庄段與恆春鎮茄湖段因位於海岸高坡地易缺水乾旱，需以草本地被來幫助苗木遮蔭和減少水分蒸發，因此第一次刈草除蔓可僅施作於苗穴邊 30 cm 範圍，不須全區刈除，第二次刈草除蔓工作維持全區地被高度於 50~100 cm，但兩次刈草除蔓作業仍須將外來入侵種全部防除。 b. 恆春鎮山腳段迎風面因受東北季風吹拂和冬季乾旱，使得苗木存活率普遍較低且苗木樹冠易被強風吹折，因此於第二次刈草工作，須維持地被高度介於 50~100 cm，以保護苗木免受風害；迎風面共 16.023 公頃位置如圖 2，僅需維持苗木密度 1000 株/公頃，以耐旱樹種如相思樹、黃荊優先，承攬廠商可與監工單位確認迎風面位置，其餘位置仍需達苗木密度 2000 株/公頃。 c. 恆春鎮山腳段有觀察到梅花鹿活動蹤跡，補植樹種須包含建議之不受梅花鹿青睞之恆春半島原生造林樹種至少 5 種。 d. 恆春鎮鵝鑾段之植被良好，刈草工作只需將苗穴邊 30 cm 範圍地被清除以利苗木生長並防除外來入侵植物。 e. 恆春鎮萬里桐段、鵝鑾段鄰近海岸，補植苗木以海岸樹種如黃槿、欖仁、臭娘子、土沉香等樹種優先。	2000	刈草撫育 2 次	有	1. 林地內銀合歡、銀膠菊、小花蔓澤蘭、香澤蘭、馬纓丹及刺軸含羞草、無根藤等外來入侵種須併同刈草工作清除，於防除銀合歡和刈草工作時不可砍除天然原生植物(如相思樹、紅柴、構樹、克蘭樹、月橘、過山香等)。 2. 廠商應依農業部核准登記之使用範圍使用嘉琳塞或其他種類之除草劑，倘有違反遭罰應自行負擔罰款及相關損害賠償，廠商於購買除草劑時應依規定登記購買劑量，於每月施工月報亦須提出每月除草劑之使用量及使用區域地段號，對於實施化學抑制之施工人員須於施作前實施教育訓練，於施作過程亦須配戴必要之護具，避免口鼻吸入或傷口碰觸。	11.8	114 年恆春半島國有土地銀合歡移除後新植造林撫育作業設計監工計畫（執行單位：國立屏東科技大學，114)

年度	標案名稱	得標廠商	決標金額(萬元)	執行月數	作業面積(ha)	移除方式 (說明詳表 4-5)	保留原生樹木	清除後經營	移除後植生 新植/補植/種子撒播 /苗木來源	新植密度 (株/ha)	撫育頻度	保留自生小苗	其他工項	平均作業費用 (萬元/ha)	搭配相關監測研究計畫
國立屏東科技大學															
112	112 年國立屏東科技大學保力林場營造複層林造林案	恆大營造有限公司	176.0	8	5	1. 帶狀栽植造林 2. 補植依現場原有行、株距補植	有	造林植生	1. 廠商購置苗木。 2. 造林樹種：相思樹、水黃皮、克蘭樹、毛柿、海欖果、大葉山欖、臺灣海桐、苦楝、繖楊、紫黃、鐵色及臺灣樹蘭。	2500	4 次	有	本案除造林苗木外，造林地內天然生苗木(如相思樹、山欖、黃連木、月橘、血桐、構樹、臺灣海桐、臺灣樹蘭等)應避免誤傷，如由廠商自行架標示用竹者，得併入成活率計算。	35.2	無
113	113 年國立屏東科技大學保力林場營造複層林造林案 1 式	永盛業有限公司	345.0	6	10.7	1. 帶狀栽植造林 2. 補植依現場原有行、株距補植	有	造林植生	1. 廠商購置苗木。 2. 造林樹種：相思樹、水黃皮、毛柿、大葉山欖、臺灣海桐、樟樹、黃連木、苦楝、繖楊、紫黃、鐵色及臺灣樹蘭。	2000	4 次	有	栽植區內如相思樹、大葉山欖、紫黃、黃連木、月橘、血桐、構樹、臺灣海桐、臺灣樹蘭等天然生小苗(須有廠商自行架標示用竹)，得併入成活率計算。	32.2	無



表 4-5 各機關移除銀合歡作業方式名詞說明

移除作業方式	說明	各機關施工規範摘錄								
		農業部 林業及自然保育署 屏東分署	農業部 林業試驗所	農業部 畜產試驗所 南區分所	墾丁國家公園 管理處	台灣電力股份 有限公司第三 核能發電廠	屏東縣政府	國防部	財政部國有財產署南區分署	國立屏東科技大學
帶狀栽植造林	銀合歡密度大於30%，坡度大，全面移除可能導致嚴重土壤沖蝕或水土保持災害時，以帶狀方式移除銀合歡進行造林，間隔留下銀合歡保留帶穩定土壤、遮蔭、防風，等待移除帶樹木長大，再把銀合歡保留帶砍除，進行造林。	以橫坡方式整地造林為原則，每10公尺栽植帶，留有2-5公尺保護帶，栽植帶全面刈除銀合歡(得以機械整理)，銀合歡殘材整齊堆置於保護帶內，保護帶銀合歡為減少結實量，截幹至1.5公尺高。		以人工擇伐，伐除銀合歡，保留原生樹種，其間沿等高線每伐除7m需保留3m銀合歡留存帶。	隔離帶寬3公尺。作業區域以全面式整地方式進行，其銀合歡移除後應放於隔離帶作為防風牆使用。本整治地被應保留所有原生植物或自生新苗。	移除銀合歡(得以機械整理)，以每10公尺為栽植帶，留有2-3公尺保護帶(含殘材堆置)，銀合歡截幹至1.5公尺高。	本案整地採全面刈除銀合歡(得以機械整理)。銀合歡殘株可視現場盛行風向整齊堆置成寬度5公尺之保護帶，並保留寬度10公尺之栽植帶。	整地移除外來種(得以機械整理)，以每10公尺為栽植帶，留有2-5公尺保護帶(含殘材堆置)，保護帶內銀合歡為減少結實量，截幹至1.5公尺高。(保護帶：沿橫波設置寬度2米到3米，該處雜樹及銀合歡不挖除而是截幹)。山坡地區域，設保護帶依橫向方式堆置，以減緩雨水冲刷力道、維持水土保持	留存帶施作的方式為，沿等高線方向刨除7m寬範圍內的銀合歡，若有原生樹種需保留，再沿等高線保留3m寬範圍內包括銀合歡的所有植物，做為水土保持、林地遮陰及防風籬。	以橫坡方式整地造林為原則，得按地形以順坡整地造林，並應於低窪處作適當之排水措施，避免排水不良造成積水情形。造林地銀合歡以外之原生長樹木皆保留(造林木栽植位置如緊鄰原生樹木，以調整苗木株行距，留存原生樹木為原則)，砍除之殘枝、草蔓類應堆積整齊排列於草列，並將枝桠砍落集中於列間，堆成帶狀，務求整齊。
一次性砍除/人工擇伐	以人工選擇性砍除銀合歡(擇伐)，留下其他非銀合歡樹木自然復育。	銀合歡密度在30%以下時使用，銀合歡應刈除至基部。造林地雜木小苗及天然林木皆應保留(林地內大型木質藤本應保留)	伐區內銀合歡應全數伐除，但天然更新及其他林木應予保留，不可伐除。		以人工選擇性砍除銀合歡(擇伐)，留下其他非銀合歡樹木自然復育。			修剪規定：修剪需連根刨除。修剪後之樹木及草屑，由乙方整理後運出營區處理，不得放置營內。	坡度30°以下，銀合歡覆蓋度高於60%、地段號面積小於0.5公頃的銀合歡分布區域以人工擇伐的模式防除。	
機具防除	使用重機具連同銀合歡根部一併挖除。	栽植帶全面刈除銀合歡得以機械整理				移除銀合歡得以機械整理	整地面刈除銀合歡得以機械整理	整地移除外來種得以機械整理	使用重機械如挖土機、推土機、壓路機等須人員駕駛的機具施作，施作時須將銀合歡連根刨起，並集中堆置在設計的區域，適用於平緩且銀合歡覆蓋度>60%，銀合歡分布土地>0.5ha之處。	
施打藥劑(砍除後施打藥劑)	以人工選擇性砍除銀合歡(擇伐)，並於銀合歡基部施打嘉磷塞原液，以化學抑制方式防止銀合歡萌藥。			人工砍除銀合歡之殘存根株需小於10cm並以物理或化學方式防止萌藥，前述物理或化學方式須經機關同意。					1. 伐除後之銀合歡根株須在樹幹靠根部處注射嘉磷塞原液2-4ml，注射時須至少在樹幹兩邊相對位置，樹幹大於10cm截距者，則至少要注射相對4個方位位置，此為化學抑制方式防止銀合歡萌藥產生，需於伐除根株後立即施行。 2. 為確保不發生外溢、蒸乾、雨水稀釋等情況，保障藥效能充分發揮，建議廠商於處理後封閉注入口。	
立枯(未砍除直接施打藥劑)	於銀合歡基部施打嘉磷塞原液，以化學抑制方式使銀合歡植株枯亡。								銀合歡覆蓋度低於60%、或人工擇伐施作區內微地形崎嶇陡峭或有人為設施難以使用人工擇伐時，僅在銀合歡樹幹基部靠根部處注射嘉磷塞原液2-4ml，以化學抑制方式，中止其生長及產生萌藥。	

綜合比較108年至114年各機關執行銀合歡移除方法，大致可分為(1)帶狀栽植造林(搭配機具防除)、(2)帶狀栽植造林與施打藥劑、(3)一次性砍除(或人工擇伐)、(4)人工擇伐與施打藥劑、(5)植栽撫育(含刈除萌生的銀合歡)等5類，以帶狀栽植造林(搭配機具防除)施作面積最大(圖4-1)，主要實施單位有屏東分署、國防部、屏東縣政府、墾丁國家公園管理處；施作面積次大的為人工擇伐與施打藥劑，主要實施單位有畜試所南區分所及國產署南區分署。

銀合歡移除作業面積

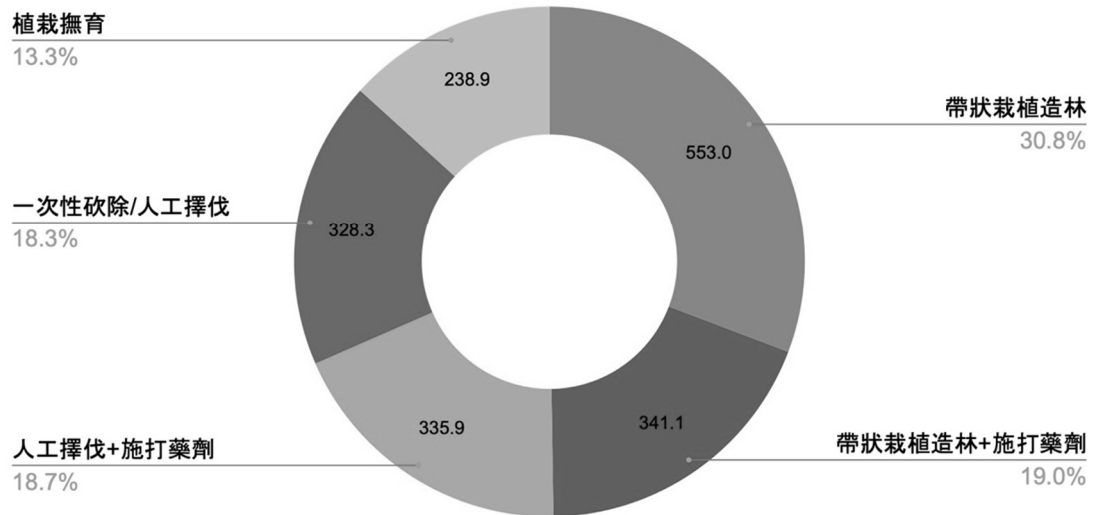


圖 4-1 各銀合歡移除方式之施作面積

依標案之決標金額概略估算5類移除方法的單位面積平均作業費用，以帶狀栽植造林(搭配機具防除)的計畫案單位面積平均費用最高(圖4-2)，其次為人工擇伐與施打藥劑、一次性砍除或人工擇伐。考量大部分標案的帶狀栽植造林工作包含植栽撫育期，相較於人工擇伐或施打藥劑的作業期程較長，有些撫育作業長達30個月以上，有些撫育作業僅數個月，可能導致撫育作業期較長的作業方式，其單位面積平均作業費用較高，因此再將標案區分是否「包含1年以上植栽撫育期」，並參考標案執行月數計算「單位面積月平均作業費用」，修正計算如圖4-3，可知有「1年以上植栽撫育期」者的月平均作業費用，較未包含「1年以上植栽撫育期」者為低，且約略接



近僅執行「植栽撫育」的標案。顯示帶狀栽植造林方法的主要作業費用集中於第一年的銀合歡移除及造林，爾後的撫育作業(刈草及補植)作業費用相對較低。

銀合歡移除平均作業費用

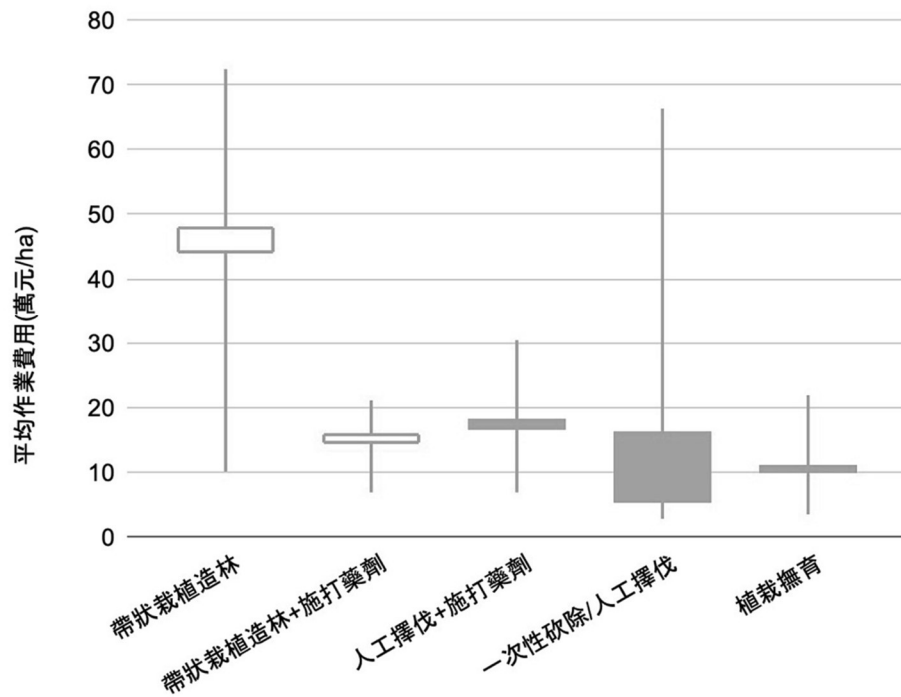


圖 4-2 銀合歡移除方式之單位面積平均作業費用

銀合歡移除每月平均作業費用

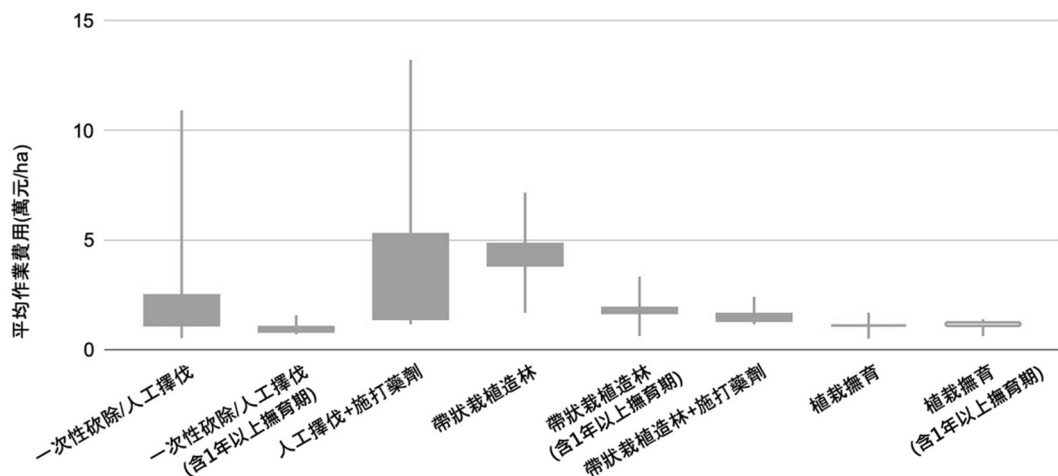


圖 4-3 銀合歡移除方式之單位面積月平均作業費用

本計畫執行過程亦曾訪談執行銀合歡移除的單位，蒐集執行經驗及意見回饋，以提供屏東署後續推動相關工作參考，綜合整理施工規範及訪談結果如下：

- (1) 銀合歡移除方式：大部分單位參考屏東分署的建議，採帶狀栽植造林(搭配機具防除)及一次性砍除(人工擇伐)，如畜試所南區分所、墾丁國家公園管理處、台電核三廠、屏東縣政府、國防部，經驗上比較能有效清除銀合歡。少數單位是參考林業試驗所的建議，在砍除過程搭配施打藥劑，或直接施打藥劑使銀合歡立枯，可以有效抑制銀合歡再次萌生的情形，減輕後續再刈除銀合歡的工作量，如畜試所南區分所、國產署南區分署。
- (2) 銀合歡移除後經營管理：大部分單位參考屏東分署的建議，若為帶狀栽植造林，在砍除銀合歡後搭配造林植生；若為一次性砍除，則無特別管理。部分單位在移除銀合歡後會搭配其業務工作，如台電核三廠搭配設置光電板及規劃後續電廠除役所需之廠房；畜試所南區分所搭配放牧牛羊啃食銀合歡，可有效抑制銀合歡生長，但無法完全根除。
- (3) 造林苗木種類：若進行造林植生，苗木種類皆採用原生植物，其中畜試所南區分所與國產署南區分署參考林試所建議選用梅花鹿不偏好的植物種類，避免苗木被梅花鹿啃食，可持續觀察監測其成效。
- (4) 造林苗木來源：除由屏東分署苗圃供苗、部分單位向屏東分署申請苗木或由單位所轄苗圃供苗(如台電核三廠、屏東縣政府及墾丁國家公園管理處)以外，大部分單位之苗木來源為契約內由廠商自行購置。然因造林所需之苗木數量大，且部分指定之原生種在市場上苗源較少，先跟苗圃契作苗木需要育苗時間且風險高(廠商競標不一定能得標)，導致最後栽植的苗木種類仍以少數幾種為主，種原也可能是來自全臺各地，而非南部地區。建議屏東分署準備長期所需苗木種類，提供相關單位造林或補植使用。



- (5) 銀合歡移除後的監測或研究工作，由於移除銀合歡的經費來源為各單位之主管機關自行籌措，若主管機關本身無相關研究經費支應，則無相關監測或研究工作。有搭配相關監測或研究計畫的單位僅有屏東分署、林業試驗所、畜試所南區分所、墾丁國家公園管理處。
- (6) 執行過程面臨挑戰：由於大部分單位職掌並非生態及造林專業，在發包及監工過程中常有疏漏，造林經驗不足、無法判斷適合栽植的季節及撫育頻度，導致苗木存活率低；常遇到民眾無法理解砍除樹林的原因、部分長官不瞭解移除銀合歡的目的及意義為何，難以從生態角度做回應。希望未來能盡量由熟悉相關業務的單位協助承攬清除及造林工作。

## 第五章 銀合歡移除區域生態監測

### 5.1 監測規劃

本計畫監測目標以銀合歡移除範圍為主，針對不同移除操作的區域(山區－複層－帶狀栽植造林、一次性砍除、全面移除造林)，挑選道路(200縣道)南北兩側地點，持續進行生態監測。監測樣區包含帶狀栽植造林樣區1處、一次性砍除樣區4處、全面移除造林樣區4處，共計9處，樣區資訊詳表5.1-1。

由於銀合歡移除方式及屏東分署執行移除造林作業預定案名稱，常有用字不同但意義類似的名詞，本計畫為避免用詞混淆，茲統一使用名詞，作業方式及樣區類別說明詳表5.1-2。

表 5.1-1 生態監測樣區之基本資料

類別	樣區	地點	作業方式 <sup>a</sup>	造林 年期 <sup>b</sup>	座標 X <sup>c</sup>	座標 Y <sup>c</sup>	植物 選點	動物 選點
帶狀 栽植 造林	AH3	恆春鎮鼻仔頭	105 年山區－複層 －帶狀栽植造林	9	225058	2431702	V	V
	BS1	滿州鄉永靖村	110 年一次性砍除	-	227720	2434840	V	V
一次 性 砍 除	BS3	滿州鄉永靖村	111 年一次性砍除	-	229198	2432090		V <sup>d</sup>
	BS4	滿州鄉永靖村	111 年一次性砍除	-	229161	2432015	V	
	BS5	滿州鄉港口村	113 年一次性砍除	-	231443	2432165	V	V
	BC1	滿州鄉港口村	111 年全面移除造林	3	233165	2430965	V	V <sup>d</sup>
全面 移除 造林	BC2	滿州鄉港口村	111 年全面移除造林	3	232883	2430987		
	BC5	車城鄉溫泉村	112 年全面移除造林	2	225733	2433265	V	V
	BC6	恆春鎮鼻仔頭	113 年全面移除造林	1	225033	2431373	V	V
	BC7	恆春鎮南灣里	114 年全面移除造林	0	226555	2428993	V	V
	BC8	恆春鎮墾丁里	114 年全面移除造林	0	227121	2428740	V	V

註：

- 帶狀栽植造林區在移除後造林時採用的操作方式。造林監測樣區則標示本計畫配合移除後造林的操作方式。
- 截至樣區調查(114)年度止。
- 座標系統為 TWD97 二度分帶座標。
- 因銀合歡林面積不足，動物監測僅能設置一樣區，故動物樣區分別以 BS3/4 及 BC1/2 命名。

表 5.1-2 監測之樣區類別及說明

銀合歡移除作業方式	樣區代號	說明
帶狀栽植造林	AH* H: history	銀合歡密度大於 30%，坡度大，全面移除可能導致嚴重土壤沖蝕或水土保持災害時，以帶狀方式移除銀合歡進行造林，間隔留下銀合歡保留帶穩定土壤、遮蔭、防風，等待移除帶樹木長大，再把銀合歡保留帶砍除，進行造林。
一次性砍除	BS S: selected	林中的銀合歡密度在 30%以下時使用，以人工選擇性砍除銀合歡(擇伐)，留下其他非銀合歡樹木自然復育。
全面移除造林	BC C: complete	銀合歡密度大於 30%，位在平原、海岸或土地坡度小，無水土保持疑慮時，以機具移除銀合歡及根部，以有效防止樹頭萌蘖再生的移除方法。

註\*：本計畫僅有前期對照組 AH 樣區採用此作業方式。前期計畫生態監測調查設有(1)組間比較樣區 A 及(2)造林監測樣區 B，本計畫沿用前期計畫代號。

監測頻度則根據112年之前期計畫樣區、113年銀合歡移除作業、114年銀合歡移除作業區別，以下分別說明植物與動物調查季次：(1) 前期計畫樣區移除作業後之監測，累計植物1季次、動物4季次。(2) 配合113年屏東分署移除銀合歡進度，於移除作業前進行植物及動物監測。並在移除作業後，累計植物1季次、動物4季次。(3) 配合114年屏東分署移除銀合歡進度，於移除作業前進行植物及動物監測。

樣區設置則參考112年之前期計畫建議，本計畫採每樣區2個植物樣方、1部自動相機蒐集哺乳動物監測、1部自動錄音機蒐集鳥鳴監測、3個蝴蝶吊網，調查頻度及方法與歷年前期計畫之比較整理如圖5.1-1。樣區選擇與動植物監測方法詳述如下節。

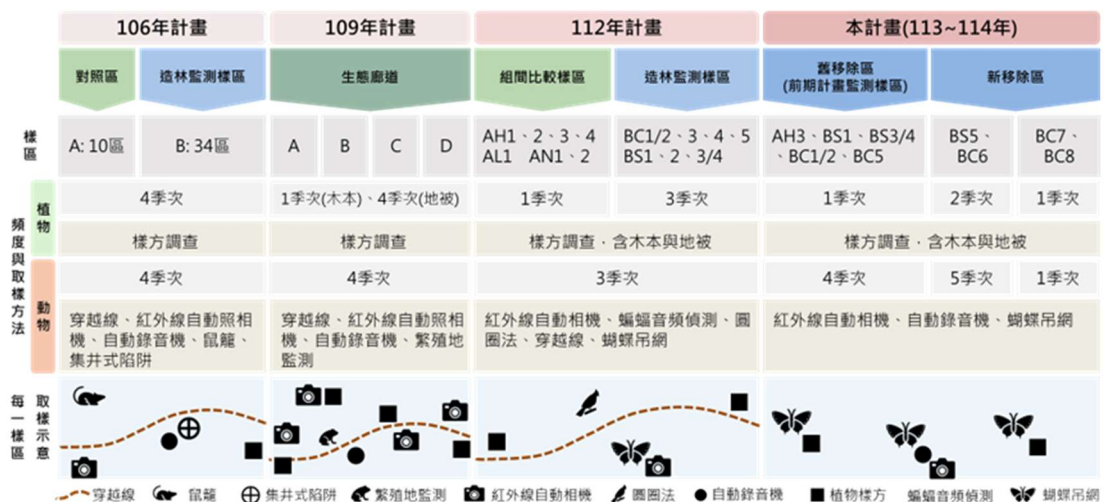


圖 5.1-1 歷年生態監測樣區方法比較



## 5.2 樣區選擇

本計畫(113~114年)為前期計畫(104~106年、107~109年、110~112年)之延續，並且因應行政院自110年起加速剷除銀合歡政策，進行銀合歡清除之歷史區域及新清除區域之監測(詳第1.2節)。本計畫著重於持續監測銀合歡移除、造林後之長期林相變化。監測調查包含9處，分別為歷史樣區：AH3；一次性砍除樣區：BS1、BS3/4、BS5；全面移除造林樣區：BC1/2、BC5、BC6、BC7、BC8，其中BC7及BC8樣區由於監測器材設置時間與伐除作業的時程接近，所收集到的資料相對較少。調查之前期計畫樣區與新設樣區資訊詳表5.2-1、表5.2-2，各樣區資料及調查時間詳表5.2-3，樣區位置詳圖5.2-1。

表 5.2-1 本計畫選擇之前期計畫移除區域監測樣區背景資訊

造林方式	樣區編號 (銀合歡移除年份)	簡述	現況優勢樹種
山區－複層－帶狀栽植造林	AH3(105 年)	恆春鎮鼻仔頭：主要栽植樹種為相思樹、月橘，樣區內栽植樹木穩定生長，銀合歡小苗數量較多。	相思樹、月橘
一次性砍除	BS1(110 年)	滿州鄉永靖村：銀合歡與原生刺灌叢混生。	相思樹、烏柑仔
	BS4(111 年) 動物：BS3/4	滿州鄉永靖村：近門馬羅山：銀合歡與原生刺灌叢混生，銀合歡小苗更新的數量非常少。許多上木樹皮有被動物磨損脫落的痕跡，地面也有大量的排遺，樣區外偶有聽聞其叫聲。	黃荊、過山香
全面移除造林	BC1(111 年) 動物：BC1/2	滿州鄉港口村：銀合歡優勢林，樣區內之上木樹皮有被動物磨損脫落的痕跡，地面有許多梅花鹿的排遺。	海欖果、木麻黃、相思樹、月橘
	BC5(112 年)	恆春鎮山腳里：近垃圾掩埋場，銀合歡與原生刺灌叢混生。	相思樹、月橘、北仲、恆春厚殼樹

表 5.2-2 本計畫選擇之新移除區監測樣區背景資訊

造林方式	樣區編號 (銀合歡移除年份)	簡述	現況優勢樹種
一次性砍除	BS5(113 年)	滿州鄉港口村：樣區位於高位珊瑚礁平坦處腹地、藤本覆蓋高，上木多倒伏生長，地面多有獼猴、梅花鹿排遺，受啃食影響、地被層稀少。	克蘭樹
全面移除造林	BC6(113 年)	恆春鎮鼻仔頭：具有造林痕跡，藤本覆蓋高，許多上木樹皮有被動物磨損脫落的痕跡，受啃食影響、地被層稀少。移除作業後栽植相思樹	月橘
	BC7(114 年)	恆春鎮南灣里：銀合歡優勢，地被多啃食行為，樹冠覆蓋度低。	銀合歡
	BC8(114 年)	恆春鎮墾丁里：銀合歡、香澤蘭優勢，地被多啃食行為，多溝壑。	銀合歡

表 5.2-3 銀合歡移除監測樣區暨調查資訊

樣區	地點	銀合歡移除 作業方式	移除 年度	植物 樣方	TWD97 二度分帶座標		植物調查		動物調查			
					X	Y	第 1 次	第 2 次	第 1 季次	第 2 季次	第 3 季次	第 4 季次
AH3	恆春鎮鼻仔頭	帶狀植栽造林	105	AH3-1	224941	2431635	113/03/14	-	113/03/26-	113/06/04-	113/10/16-	113/12/17-
				AH3-2	225174	2431768	113/05/30	-	113/03/27	113/06/05	113/10/17	113/12/18
BS1	滿州鄉永靖村	一次性 砍除	110	BS1-1	227742	2434791	113/03/13	-	113/03/26-	113/06/04-	113/10/16-	113/12/17-
				BS1-2	227697	2434888	113/03/13	-	113/03/27	113/06/05	113/10/17	113/12/18
BS3/4	滿州鄉永靖村	一次性 砍除	111	BS4-1	229137	2432002	113/05/29	-	113/03/27-	113/06/05-	113/10/17-	113/12/18-
				BS4-2	229185	2432028	113/05/29	-	113/03/28	113/06/06	113/10/18	113/12/19
BS5	滿州鄉港口村	一次性 砍除	113	BS5-1	231616	2432199	113/03/12	113/12/17	113/03/27-	113/06/05-	113/10/17-	113/12/18-
				BS5-2	231270	2432131	113/03/12	113/12/17	113/03/28	113/06/06	113/10/18	113/12/19
BC1/2	滿州鄉港口村	全面移除造林	111	BC1-1	233198	2430973	113/05/29	-	113/03/27-	113/06/05-	113/10/17-	113/12/18-
				BC1-2	233132	2430957	113/05/29	-	113/03/28	113/06/06	113/10/18	113/12/19
BC5	恆春鎮山腳里	全面移除造林	112	BC5-1	225751	2433655	113/05/30	-	113/03/26-	113/06/04-	113/10/16-	113/12/17-
				BC1-2	233132	2430957	113/05/29	-	113/03/27	113/06/05	113/10/17	113/12/18
BC6	恆春鎮鼻仔頭	全面移除造林	113	BC6-1	225066	2431300	113/03/11	113/08/22	113/03/26-	113/06/04-	113/10/16-	113/12/17-
				BC6-2	225000	2431447	113/03/11	113/08/22	113/03/27	113/06/05	113/10/17	113/12/18
BC7	恆春鎮南灣里	全面移除造林	114	BC7-1	226472	2428935	114/04/24	-	114/6/24-	-	-	-
				BC7-2	226638	2429051	114/04/24	-	114/6/25			
BC8	恆春鎮墾丁里	全面移除造林	114	BC8-1	227088	2428419	114/04/25	-	114/6/24-	-	-	-
				BC8-2	227154	2428521	114/04/25	-	114/6/25			

註：112 之前期計畫生態監測調查設有(1)組間比較樣區 A 及(2)造林監測樣區 B，本計畫沿用前期計畫代號。其中 AH (History，歷史)為 109 年以前歷史復舊造林區域、BS (Selected，擇伐)為一次性砍除區域、BC(Complete，全面)為全面移除造林區域。

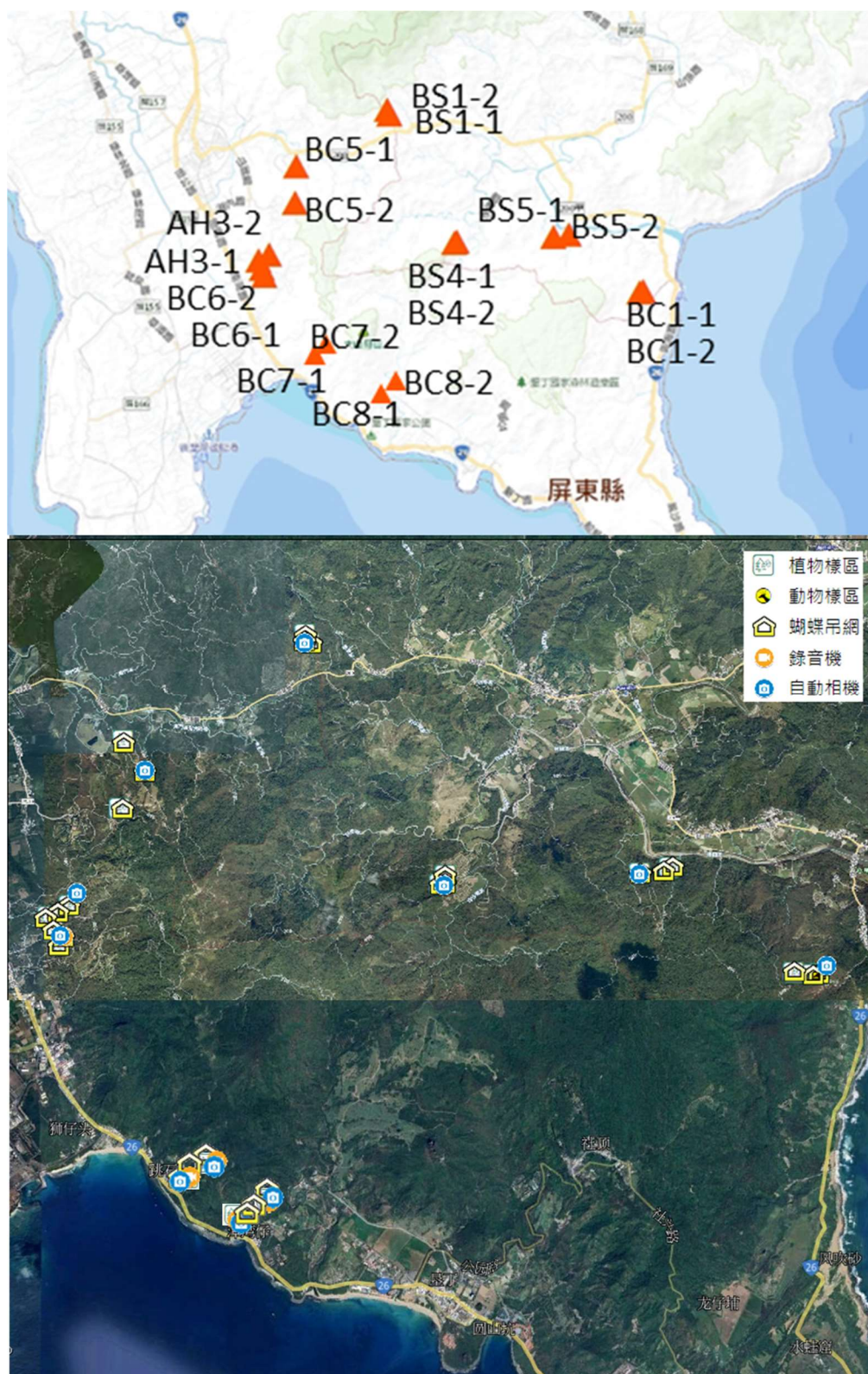


圖 5.2-1 本計畫監測樣區位置



## 5.2.1 監測方法

### 5.2.1.1 植物監測方法

本計畫延續112年之前期計畫監測方法進行調查，設置20m × 20m(分為4小區)之上木樣方，並在其中心點設置4m × 4m(分為4小區)的地被樣方。上木與地被植物皆於該樣方範圍內進行調查，地被植被記錄藤本、草本、胸徑不足1cm木本植物之覆蓋度(表5.2.1.1-1)。

植物監測包含5處112年之前期計畫既有樣區，以及113-114年新移除區各2處，每處設置2個植物樣方，共計9處/18個植物樣方。其中既有樣區之5處進行1次複查，113年新移除的區域2處，每處進行移除前、後共2次調查，114年新移除的區域2處，每處進行1次移除前調查。

表 5.2.1.1-1 植物監測樣區設置方式

計畫	參考文獻	造林監測樣區		銀合歡林 對照樣區
		上木	地被	
106、109 年計畫	第四次全國森林資源調查報告(行政院農業委員會林務局，2015)	固定樣區，每一樣方25m×20m(4小區)	隨機取樣，5個1m×1m樣方	固定樣區，每一樣方30m×30m(9小區)
112 年計畫	臺灣現生天然植群圖集(邱祈榮等，2009)	固定樣區，每一樣方20m×20m(4小區)	固定樣區，每一樣方4m×4m(4小區)	同左
本計畫	同 112 年計畫	同 112 年計畫	同 112 年計畫	-

為利於後續監測正確找到樣方地點，本計畫新設置監測樣方四個角落與中心點各釘一樣區桿做為標記(頂端則使用鮮豔噴漆或警示帶標示)，並記錄樣區中心點之TWD97二度分帶座標(圖5.2.1.1-1)。調查記錄樣方內胸高直徑(DBH)達1cm之木本植物種類、胸徑數值與位置，並掛牌標示，(預定清除之銀合歡不掛牌)。DBH未達1cm之木本植物、草本及藤本植物則記錄其種類及覆蓋度(圖5.2.1.1-2)，植物種類名錄依照TaiCOL(Chung & Shao, 2024)建立。



圖 5.2.1.1-1 植物樣方位置標示及記錄示意圖

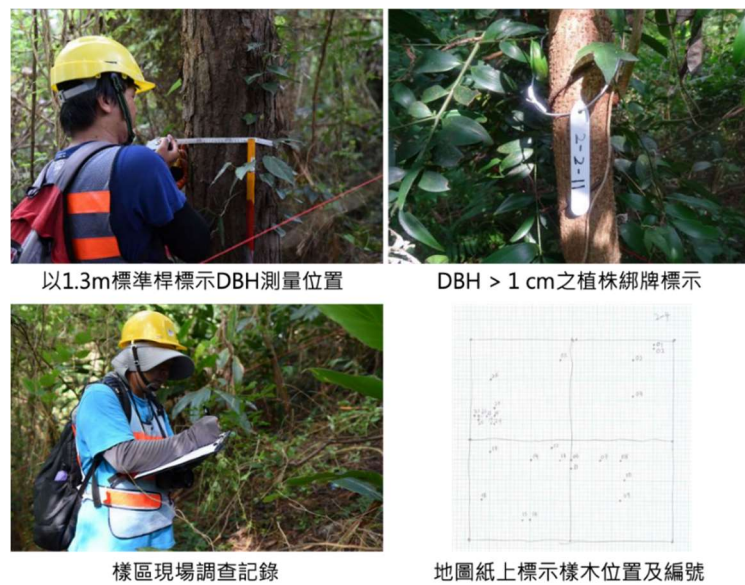


圖 5.2.1.1-2 每木調查工作示意圖

### 5.2.1.2 陸域動物監測方法

112年之前期計畫曾針對銀合歡移除造林的效益評估，以多個物種類群作為指標。但受限於空間、時間尺度有限之影響，不同造林期、試驗組的動物組成資料尚不足以反饋造林成效。

近年受惠於科技發展，被動式監測設備軟硬體的成本降低，加上AI自動辨識的技術建立與逐步推廣，讓長期生態監測的可行性大幅提升。被動式監測設備具備可日夜工作、能標準化不同調查樣點調查頻度、人力資源需求低且對監測地點干擾少的特性，故能提升監測成果

的品質及資料蒐集密度，在相同的時間間隔中獲取更穩定、豐富的資料。AI自動辨識技術部分，大量影像及聲音資料已有機會透過物種自動辨識系統改善後端資料檢視效率。本計畫以長期監測為目標，規劃各項被動式監測設置，以期透過長期系統性的資料收集，尋求較高生態效益的經營管理模式。

銀合歡移除造林之生態效益評估，為本計畫重要目標之一，指標物種或類群的選定，是為生態監測執行的起始。本計畫在動物調查類群選擇方面，與106年、109年及112年之前期計畫略有差異。本計畫檢視前三期調查成果，考量「森林環境變化」為監測目標，並以長期監測之操作，初步規劃以哺乳類(中大型哺乳類)、鳥類及蝶類為監測目標類群(表5.2.1.2-1)，監測類群挑選的主要考量說明如表5.2.1.2-2。

表 5.2.1.2-1 本計畫與前三期計畫動物監測類群規劃比較

計畫	動物調查類群選擇
106 年之前期計畫	哺乳類、鳥類、兩棲類、爬蟲類(上述類群含自動錄音監測)、蝶類
109 年之前期計畫	哺乳類、鳥類(上述類群含紅外線自動相機、自動錄音監測)兩棲類、爬蟲類
112 年之前期計畫	中大型哺乳類(紅外線自動相機監測)、翼手目(音頻偵測)、鳥類(圓圈法)、蝶類(穿越線、吊網陷阱)
本計畫	中大型哺乳類(紅外線自動相機監測)、鳥類(自動錄音監測)、蝶類(吊網陷阱)

表 5.2.1.2-2 本計畫動物監測類群考量

物種類群	選擇	方法	物種類群與調查方法選擇說明
哺乳類 (中大型)	○	紅外線自動相機	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 採用紅外線自動相機監測，具有可降低對動物的干擾減少誤差、減少資料收集所需人力時間和經費、長時間不中斷的進行記錄、提高對隱密和夜行性物種的發現機率、提供高品質的標準可量化影像資料優點，因此適合作為長期監測使用工具。</li> <li>● 109 年成果指出，動物行為在銀合歡林和人造林有行為差異。</li> <li>● 112 年計畫成果指出，因樣區外圍環境類型、人為擾動程度中大型哺乳動物物種數與 OI 值等資料尚無法呈現帶狀植栽造林樣區的造林回復狀態。</li> <li>● 透過動物行為模式的拆分，可看出動物在自然林的活動類型確較歷史樣區及銀合歡樣區豐富。</li> <li>● 規劃透過長期資料累積，增加動物活動狀況的取樣，期望藉此看出不同操作區域間的差異。</li> </ul>



物種類群	選擇	方法	物種類群與調查方法選擇說明
哺 乳 類 (翼手目)	X	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 106、109 年前期計畫並未將蝙蝠納入監測標的，112 年前期計畫嘗試將蝙蝠納入監測標的。</li> <li>● 其成果顯示，調查範圍內整體蝙蝠種類、音頻數均少，加上季節影響，造成不易解讀不同移除作業方式產生的影響。此外，國外蝙蝠可進行自動錄音機監測，蒐集大量資料，並透過超音波 AI 自動辨識來降低後端資料處理的工作量，但國內蝙蝠自動辨識尚未有公開可用的系統輔助。故在此考量下，本計畫不納入翼手目監測。</li> </ul>
鳥 類	O	自動錄音機	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 106 年計畫在各類銀合歡移除造林區與對照區(銀合歡林)相比，種類數均較為豐富；第二期計畫由生物多樣性分析結果顯示，銀合歡移除造林區與對照區相比較，顯示銀合歡移除造林區增加植群多樣性，且對於鳥類之族群數量有顯著提升</li> <li>● 112 年計畫顯示，季節影響鳥類組成大於植被移除方式，然不排除此結果乃受限於僅透過人力進行現場調查下有限的取樣努力量，故本計畫規劃透過被動式監測器材之設置，以全日每 6 分鐘記錄 1 分鐘的頻度持續取樣，增加取樣覆蓋率，並透過較長時間的資料收集，期望藉此看出不同操作區域間的差異。</li> </ul>
爬蟲類	X	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 參考 106 年計畫，爬蟲類在銀合歡移除造林區與對照區(銀合歡林)相比，種類數大多較為豐富。但從物種面來看，多數物種在棲地利用上可同時利用森林、草地灌叢環境，而不少種類數量少，可能與部分爬蟲類調查偵測率不高有關。以反應森林環境變化為監測目標，鳥類及蝶類是更理想的標的類群，經評估不納入爬蟲類監測。</li> </ul>
兩棲類	X	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 參考 109 年計畫，計畫區域沒有穩定水域棲地，暫時性的降雨或微棲地對兩棲類利用影響更大，監測結果在各樣區間兩棲類種類數上也沒有明顯差異。</li> </ul>
蝶 類	O	吊網陷阱	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 蝴蝶大多為植食性，且多數蝶種對寄主植物具有專一性(寡食性、單食性)。這種生態特性使之容易反應植被環境的差異或變化。</li> <li>● 蝴蝶生態研究較為完整，在臺灣多數蝶種的生活史、分布等生態資訊均已被相當程度的研究。</li> <li>● 參考 106 年計畫成果，也指出木本植物與陸域動物多樣性指標間具有顯著性正相關。</li> <li>● 蝴蝶生活史較短，有機會透過小範圍誘集陷阱反應因林業操作造成之森林環境的短期變化</li> <li>● 考慮長期操作的一致性，透過增加單一樣區內被動式吊網陷阱數量進行蝶類監測。</li> </ul>

### (1) 中大型哺乳類

本計畫預定於每樣區各架設1部自動相機，會勘查樣區內獸徑分布，並同時考量後續可能之樹木移除及新植作業範圍，選擇適當架設位置。舊移除樣區之自動相機優先選取前期架設位置附近之獸徑或周邊相似環境的位置，以減少因架設位置調整造成取樣條件與前期差異

過大的情形。裴家麒(2006)提出大部分的物種在800個自動相機工作小時內都會被記錄到，因此各樣區應該至少收集1,000個相機工時的資料，以求物種紀錄的完整性。考量架設現場可能遭遇各類器材、環境或動物造成的狀況，因此本計畫自動相機於架設後，除因環境條件變動或其他情形導致該處不適合設置相機拍攝外，自動相機於設置確定後便不會移動，直至期末才會將器材撤回。

## (2) 鳥類

本計畫採用Wildlife Acoustics公司的全頻譜型(full spectrum)自動排程錄音機(如Song Meter SM4、Micro)，於每樣區架設1部自動錄音機，共計架設9部。錄音機的架設參考前人研究的架設準則(Pieretti *et al.*, 2015; Mammides *et al.*, 2017; Izaguirre & Ramírez-Alán, 2018)，將自動排程錄音機的高度架設於距離地面約1.5公尺的樹上，並採用Microsoft WAVE(.wav)無壓縮的聲音檔案格式。為了資料能夠涵蓋人耳可聽頻率範圍(20至20,000Hz)錄音機的收錄音頻(Sample Rate)，並將聲波正負震動頻率完整錄製，將sample rate設定為超過人耳可察覺最高音頻的兩倍，選擇44.1khz並關閉過濾頻率設定以完整錄製收錄音頻設定內的完整聲音檔案。

關於錄音頻度，本計畫以鳥類為主要目標聲景(soundcape)類群，其主要活躍時間為日間及晨昏，初步規劃以每6分鐘取樣1分鐘(錄音覆蓋率16.7%)作為後續自動錄音排程的取樣設置。張博翔(2020)在聲音指數的研究指出，以取樣與密集錄音的所有指數的5個百分位數差異不顯著的比例作為取樣代表性，錄音取樣方法的代表性隨錄音覆蓋率(每小時錄音的比例)降低而降低，在不同的棲地聲景中，錄音頻度對代表性的影響也有所差異，但該研究指出覆蓋率超過6.7%後，取樣代表性就沒有太大的變化，顯示在特定聲景分析時，越高的覆蓋率未必未有代表性，因此可考量目標聲景類群，並在錄音覆蓋率與電池續航力間求取平衡。由於每日的不同時段可能具有不同發聲物種群聚，該研究將整日聲景切分為不同群集，分別為日出與日落前後1.5小時黎明與黃昏時段的暮光群集、白天時段的日光群集、夜晚時段的暗夜群集，檢視不同錄音覆蓋率以及每小時錄音頻度在各時間群集聲景的代表性變化，其中以每6分鐘取樣1分鐘(錄音覆蓋率16.7%)在日光群

集及暮光群集皆有高取樣代表性，皆有9成以上的取樣代表性，針對暗夜群集的代表性亦有皆近9成，故本計畫規劃以此錄音取樣頻度(每6分鐘取樣1分鐘)作為長期監測的設置。

### (3) 蝶類

前期調查結果發現，因蝶類移動能力佳，穿越線所得之結果易受樣區周邊多樣之棲地與環境條件影響，不易單純呈現小範圍因伐林或造林造成之棲地變動的影響。本期計畫考量吊網陷阱可針對小範圍誘集的特性，且長期執行可降低人為操作差異，預計僅採用吊網誘集法，針對偏好於林下活動、喜吸食腐果類的蝶種進行調查。前期計畫於每處樣區僅設置1處吊網，但可能因為每個陷阱設置的微棲地差異而導致誘捕效果不佳，參考國際上誘捕的建議，採樣單元由一組3到5個誘餌陷阱組成 (Freitas *et al.*, 2014)，故於本計畫中規劃於每樣區各設置3個吊網陷阱。架設位置配合植物樣區設置，透過陷阱內部設置之腐果吸引成蝶前來覓食(圖5.2.1.2-1)。每次調查懸掛一個工作天，每天檢視陷阱捕捉狀況並記錄所採集到的種類與數量。



圖 5.2.1.2-1 蝴蝶吊網陷阱架設、誘集狀況與種類確認



## 5.2.2 資料分析方法

本計畫針對植物及動物之分析項目分述如下：

### 5.2.2.1 植物分析項目

#### (1) 植物樣區資料分析

利用統計樣區內調查數據，木本植物計算密度、頻度及優勢度，再藉由資料進行轉換計算出重要值指數(IVI, importance value index)，草本植物則計算各物種之相對覆蓋度，再藉由資料進行轉換計算出重要值(IV, importance value)，重要值指數與重要值之計算方式依照前期計畫計算方式，說明如下。

木本植物之重要值指數(IVI) = (相對頻度+相對密度+相對優勢度)/3

草本植物之重要值(IV) = (相對頻度+相對優勢度)/2

相對頻度 = (某一物種出現的樣區數/所有物種出現的樣區數)\*100

相對密度 = (某一物種的株數/所有樣區內全部物種之株數)\*100

木本植物之相對優勢度 = (某一物種的胸高斷面積/所有樣區內全部物種之胸高斷面積)\*100

草本植物之相對優勢度 = (某一物種的覆蓋度/所有樣區內全部物種之覆蓋度)\*100

#### (2) 植物多樣性指標

##### (a) Simpson多樣性指數( $\lambda$ )

Simpson 多樣性指數考慮物種數量和各物種的豐量(abundance)，表示在無限大小的群落中，隨機取樣的兩個個體屬於不同物種的機率。數值介於0~1之間，「1」代表無限多樣性，而「0」則是無多樣性。該指數對稀有物種所起的作用較小，而普遍物種所起的作用較大，因此需要較大的樣本數。計算公式如下， $S$ 表示群落中總物種數， $n_i$ 代表某物種個體數， $N$ 代表所有物種個體數。

$$\lambda = 1 - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

(b) Shannon-Wiener 多樣性指數( $H'$ )

Shannon-Wiener 多樣性指數可同時反應一群落中物種的豐富度與均勻度。當群落中只有一個族群存在時，該指數達最小值 0；當群落中有兩個以上的族群存在，且每個族群的個體數量相等時，該指數達到最大值  $\ln S$ ，簡而言之，物種數愈多、個體數愈平均時數值愈高。計算公式如下， $S$  表示群落中總物種數， $n_i$  代表某物種個體數， $N$  代表所有物種個體數， $\ln$  為採數學常數  $e$  為底的對數。

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N}\right) \ln \left(\frac{n_i}{N}\right)$$

(c) Pielou 均勻度指數(Pielou's evenness index,  $J$ )

Pielou 均勻度指數表示群落物種組成的均勻程度，數值介於 0~1 之間，1 代表所有物種都有相同的個體數，有最大的均勻度；反之，若物種組成只有一種，則指數為 0。計算公式如下，公式中  $H'$  為前述 Shannon-Wiener 多樣性指數， $S$  則為群落中總物種數， $\ln$  為採數學常數  $e$  為底的對數。

$$J = \frac{H'}{\ln S}$$

### 5.2.2.2 動物資料分析方法

(1) 哺乳類：紅外線自動相機拍攝成果分析

紅外線自動相機資料分析採用動物相對豐度指標  $OI\_3(1hr)$ ，本指標為古馥宇(2018)修正自原被廣為利用的標準化活動指標  $OI$ (Occurrence Index, 國立屏東科技大學野生動物保育研究所, 2003)，新指標與絕對族群量估計值的相關係數略高於原始  $OI$ ，且在相同動物豐度下變異量較原始  $OI$  低(古馥宇, 2018)，且因不需辨識個體，在操作與計算的便捷性上有優勢。其計算公式如下：

$$OI = (\text{一物種在該樣點的有效影片或照片總數量} / \text{該樣點的相機總工作時}) * 1000 \text{ 小時}$$

其中樣點的相機工作時數是指相機開機後至最後1張照片拍攝時間之間的間隔時間，以小時為計算單位，樣點總工作時數則是各次工作時數的加總；有效照片定義如下(古馥宇，2018)：(a) 自第一張動物照片起1小時內所有同物種的照片皆不計算，超過1小時之後的第一張同物種照片計算為第二張有效照片，並由此張照片起1小時內的所有同物種照片皆不計算，依此類推；(b) 不分辨個體，亦不計算同一張照片內之個體數。

本計畫延續前期作法，比較各樣區間物種OI值的差異，並從自動相機影像判讀動物狀態或行為，整理成競爭、繁殖育幼、覓食、領域行為等四項，對比動物僅移動行經拍攝地點，呈現具前述行為模式的有效影像數並轉換成OI值，嘗試比較各區域動物行為模式是否有差異。若個別行為資料量不足，則僅比較移動以及移動以外之各類行為是否有差異。

## (2) 鳥類：自動錄音機資料分析

### (a) 物種資料辨識及分析

#### (i) 物種辨識與檢視

自動錄音機長時間錄音會產生巨量的音檔資料，本計畫擬透過AI辨識系統「生物音智慧辨識與標記系統」(Sound Identification and Labeling Intelligence for Creatures/以下簡稱SILIC)輔助，辨識及標記野外回收音檔中以鳥類為主的物種資訊，後續再經人工抽樣檢視物種辨識的正確性，將無正確辨識的物種篩除，最後產出各樣區之物種參考名錄，以協助檢視各樣區可辨識的物種的多樣性。農業部生物多樣性研究所吳世鴻副研究員於2019年啟動計畫，利用開放資料庫的音檔資料累積建置了SILIC系統，該系統目前已可辨識臺灣257種陸域野生動物的聲音，包含鳥類213種、蛙類32種、哺乳類11種、爬蟲類1種，且具一定程度辨識率，截至目前已有包含嘉義大學、東華大學、屏科大、高雄市野鳥學會、林業試驗所等學術單位、政府機關及民間團體用來分析錄音資料。



(ii) 抽樣檢視與物種自動辨識準確率評估

環境中的各類型聲音皆有可能影響辨識結果，而各樣區之環境條件皆有不同，加上鳥類及其他包含哺乳動物、兩棲爬行動物或節肢動物等非目標類群不同時段發出聲音的狀況也可能有很大的差異，因此考量後續分析目的為鳥類鳴叫狀況的分析，資料將檢視依樣區、季節、時段分層取樣，將全日時段劃分為清晨(日出至8am)、日間(10am至2pm)、黃昏(4pm至日落)、夜間(7pm至0am)共4時段。考量人工抽樣檢視需要耗費大量人力及時間，本計劃先隨機選取2樣區，進行每月、每時段各5次的抽樣檢視，以抽樣的人工物種辨識結果繪製每季不同時段的物種累積曲線，決定其他樣區每季應檢視的檔案數量。人工抽樣檢視時會將檔案中所有出現且可辨別種類的鳥類叫聲進行標記，檢視所得的鳥種資料與自動辨識的成果比較得到辨識成果真陽性(true positive, TP)、偽陽性(false positive, FP)、真陰性(true negative, TN)及偽陰性(false negative, FN)標記的數量，TP為正確辨識的樣本；FP有標記但為誤判為其他物種的樣本；TN代表正確預測的負樣本；FN為有該物種出現但沒有成功辨識的樣本。關於真陰性(true negative, TN)的資料，考量本分析係以實際有物種出現的每一聲音片段為樣本，此條件下各物種準確度分析時，TN僅可呈現系統正確排除非目標物種的狀況，缺乏對無聲音的單純背景片段的考量，因此無法代表辨識模型的負樣本，加上實際情況下TN數量通常遠大於TP、FP、FN，可能會干擾整體準確度的判斷，故在此不計算TN，改透過準確率(precision, P)與召回率(recall, R)以及平均精確度(average precision, AP)評估AI辨識的參考價值。

個別物種辨識的準確率(precision, P)與召回率(recall, R)，兩者公式如下：

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

以上述兩指標繪製各物種驗證標記的PR曲線以評估AI在各物種辨識的表現，並計算平均精確度(average precision, AP)作為

整體綜合表現的參考指標，平均精確度即為PR曲線的曲線下面積 (area under curve, AUC)，公式如下：

$$AP = \int_{r=0}^1 p(r)dr$$

#### (b) 聲景多樣性分析

考量自動錄音資料量龐大，人為標記及處理的成本甚高，因此許多研究開始透過分析錄音檔案的聲景資訊，來呈現現地動物群聚的多樣性。自然環境中的聲音多樣且複雜，依發出的來源大致可區分成三類：生物聲音(Biophony)、地理環境聲音(Geophony)、與人造聲音(Anthrophony)(Krause, 1987)，各類聲音隨著時間共同在地景中的配置構築成所謂的聲景(Soundscape)。聲景指數是量化聲景不同面向特徵的方法，包含量化聲音的能量比例、量化特定頻率間的能量或是量化頻率間的多樣性等(張博翔，2020)，然而各類聲景指數與生物多樣性的相關聯程度不一，Alococer *et al.*(2022)的回顧性文章指出聲音熵值(Acoustic entropy,  $H$ )、標準化聲景指數(Normalized difference soundscape index, NDSI)、聲音複雜度指數(Acoustic complexity index, ACI)為相對較適合作為生物多樣性指標的指數，故本計畫選擇使用前列指數，檢視各樣區之聲景多樣性差異。以下便針對各指數做進一步說明：

##### (i) 聲音熵值( $H$ )

聲音熵值試圖以單一指數量化聲音檔案中能量在時間與頻率兩個面向上的分散程度 (Sueur *et al.*, 2008)，透過熵值衡量聲音資料中能量分散、混亂的情形，熵值越高表示能量分布越不平均、越難以預測。其數值介於0-1之間，單一頻率且能量沒隨時間變化的聲音才有可能極接近0 (Sueur *et al.*, 2008)，值越接近1則代表聲音能量在空間與時間軸的分布越分散，可反映聲音多樣性越高。聲音熵值為時間熵值與頻譜熵值的乘積，下面針對時間熵值與頻譜熵值的計算方式分別說明：

$$H = H_t \times H_f$$

##### ● 時間熵值(Temporal entropy, $H_t$ )

將一個聲音檔案分成 $n$ 個時間為 $t$ 的時間段，時間長度為 $t$ 的計算單位為 $x(t)$ ，定義 $i^2$ 為-1，時間 $x(t)$ 的訊號經過Hibert轉換分析得出訊號能量 $X_H(t)$ ，最後加總得到 $\xi(t)$ 振幅輪廓(amplitude envelope)：

$$\xi(t) = x(t) + iX_H(t)$$

振幅輪廓 $\xi(t)$ 的機率質量函數 $A(t)$ (probability mass function)為：

$$A(t) = \frac{|\xi(t)|}{\sum_{t=1}^n |\xi(t)|}$$

接著應用Shannon-Wiener多樣性指數，以時間單位當作物種的資訊，物種總數為 $n$ ，每一物種的數量比例則以 $A(t)$ 代表。Shannon-Wiener多樣性指數的最大值取決於類別的數量，也就是 $\log_2 n$ ，此處 $\log$ 底數選擇2並不影響時間熵值Shannon多樣性指數的計算。最後將整體變異量除 $\log_2 n$ 讓指數值介於0-1之間(Sueur *et al.*, 2008)。

$$H_t = - \frac{\sum_{t=1}^n A(t) \times \log_2 A(t)}{\log_2 n}$$

當數值越接近1，表示聲音檔案中的能量在時間上越分散，較接近隨機雜訊或多種無出現規律的聲音能量；當數值越接近0時，代表聲音檔案中的能量在時間的分布越不一致，可能為少數且音量穩定的聲音。

● 頻譜熵值(Spectral entropy,  $H_f$ )

為一種衡量聲音頻譜均勻度的指標，將一個聲音檔案的頻率分成 $E$ 個，藉由傅立葉轉換計算每一個單一頻率 $i$ 具有的相對能量 $Y_i$ 。以Shannon多樣性概念計算Shannon頻譜熵值(Shannon spectral entropy)  $-\sum_{i=1}^E Y_i \times \log_2[Y_i]$ ，再除以Shannon頻譜熵值理論的最大值 $\log_2 E$ 使指數數值在0-1之間，當數值越接近1，表示聲音檔案中的各個頻率擁有越均等的相對能量；數值越接近0時，則表示聲音檔案中不同頻率間的能量越不一致(Sueur *et al.*, 2008)。

$$H_f = - \frac{\sum_{i=1}^E Y_i \times \log_2[Y_i]}{\log_2 E}$$



(ii) 標準化聲景指數(Normalized difference soundscape index, *NDSI*)

標準化聲景指數主要用來計算聲景中生物聲音和人造聲音相對的貢獻量。將頻率範圍在1kHz至2kHz間的聲音視為人造聲音(anthropophony)，以 $\alpha$ 表示其能量；將頻率範圍在2kHz至8kHz間的聲音視為生物聲音(biophony)，以 $\beta$ 表示其能量。*NDSI*指數便是計算生物聲音能量減掉人造聲音能量( $\beta - \alpha$ )，在全部頻率(1kHz~8kHz)中能量所佔的比例(Kasten *et al.*, 2012)。

$$NDSI = \frac{\beta - \alpha}{\beta + \alpha}$$

(iii) 聲音複雜度指數(Acoustic complexity index, *ACI*)

聲音複雜度指數主要是考慮頻率和能量在微細的時間變化，可以反映出聲景的複雜程度。將一個聲音檔案分成 $m$ 個時間段，每個時間段 $j$ 有固定的長度，亦即 $j$ 為每次計算的時間單位(temporal step)。再將每個時間段 $j$ 分成 $n$ 個微細時間小段，每個時間小段 $k$ 有固定的長度(以頻率解析度FFT size為512為例，在每個頻帶約為86.13Hz(=44100/512)時，時間小段的長度為0.02321秒)。將聲音檔案的頻率分成 $q$ 個頻率段(frequency bin)，針對每一個頻率段 $i$ 計算每一個時間段 $j$ 中的每個小時間段 $k$ 的聲音強度 $I_k$ ，再將前後兩個時間小段強度的變化量 $|I_k - I_{k+1}|$ 累加起來後，除以這個時間段中所有時間小段聲音強度的總和，以得到此單一頻率段 $i$ 中單一時間段 $j$ 的 $ACI_j$ 值， $ACI_j$ ：

$$ACI_j = \frac{\sum_{k=1}^n |I_k - I_{k+1}|}{\sum_{k=1}^n I_k}$$

累加單一頻率段所有時間段的 $ACI_j$ ，得到此單一頻率段 $i$ 的 $ACI$ 值， $ACI_i$ ：

$$ACI_i = \sum_{j=1}^m ACI_j$$

再將所有頻率段得到的變異量 $ACI_i$ 累加得到 $ACI_{total}$ ，作為表示整體聲音頻率和能量複雜度的 $ACI$ 值：

$$ACI_{total} = \sum_{i=1}^q ACI_i$$

ACI指數值沒有一定的範圍，數值越大代表此聲音檔案各頻段能量隨時間的變化越大。此指數最初是發展用來**量化鳥類群集聲景複雜程度的指數**(Pieretti *et al.*, 2011)，後續研究發現此指數也可應用在其他類群，並且可用來量化整體聲景在時空上的複雜程度(Izaguirre *et al.*, 2018；Ross *et al.*, 2018)。而研究指出ACI指數為相對穩定的指數，是否過濾掉聲音檔案中之低頻資料對ACI指數數值的影響並不顯著(Hyland *et al.*, 2023)，因此本計畫分析此指數時不會對錄音檔案做額外過濾處理。

錄音檔案以R Studio軟體(v 2024.12.1+563)透過Soundscape Ecology套件(v1.3.3)計算聲景指數數值(ACI、NDSI及H)。

將所取得的錄音檔案透過先以Quantile-Quantile plot (Q-Q plot)檢視各樣區的各指數資料分布情形，Q-Q plot為一種圖形檢驗法，用來描述樣本資料與對應常態母體的資料情形，將標準化後資料的分位數與常態分布的分位數一起繪製，常態分布的分位數會構成一條直線，透過檢視樣本資料與直線的偏離情形及程度判識資料的常態性，資料若非常態分布，後續分析則採用無母數統計。確認資料分布後，為評估各指數是否有機會呈現像區內環境或物種的活動變化情形，透過Mann-Kendall test (Mann, 1945；Kendall, 1975)確認各指數資料是否有隨時間或季節的變化趨勢，若發現時序資料的趨勢顯著，透過Theil-Sen 斜率推估法計算趨勢的斜率，再用Kruskal-Wallis test(K-W test)分析季節間各指數是否存在顯著差異，並以Dunn's test檢視季節間差異顯著的組合，後續再嘗試比較作業樣區在作業前後各指數的變動趨勢是否與時序變化的趨勢相異。

最後再整合人工查驗檔案所記錄的鳥種數，與各聲景指數進行相關性的檢測，瞭解各聲景指數與物種多樣性之間的關聯性，以提供未來監測結果分析與判識上的參考。

#### (4) 蝶類吊網陷阱成果分析

針對在各樣區蝶類吊網陷阱取得之物種及數量等資料估算生物多樣性，本計畫規劃使用Hill數(Hill number)作為指標，比較樣區間的差異。在其公式中， $S$ 代表物種的總數， $p_i$ 表示第 $i$ 個物種的相對豐度，而 $q$ 則是Hill數的位階，反映了評估多樣性的特定方式。相較於其他指標，Hill數更能全面地反映生態系統的多樣性，其將常用的多樣性指標做一個統合，當 $q=0$ ，則 ${}^0D$ 為物種數 $S$ ；當 $q=1$ ( $q$ 逼近於1)，則 ${}^1D$ 為Shannon指標之指數 $\exp(H)$ ；當 $q=2$ ，則 ${}^2D$ 為Simpson指標之倒數 $1/\lambda$ (Chao *et al.*, 2014)。公式如下：

$${}^qD = \left( \sum_{i=1}^S p_i^q \right)^{\frac{1}{1-q}}, \quad q \in R$$

### 5.3 監測調查成果

#### 5.3.1 植物監測結果

本計畫共調查9個樣區(表5.2-3)，包含歷史樣區AH3；一次性砍除樣區BS1、BS3/4、BS5；全面移除造林樣區BC1/2、BC5、BC6、BC7及BC8。調查頻度配合銀合歡移除作業：(1) 已執行銀合歡移除之前期計畫樣區包含AH3(105年)、BS1(110年)、BS4(111年)、BC1(111年)與BC5(112年)，於移除作業後累計1次調查資料；(2) BS5與BC6樣區位於113年移除區，分別於移除作業前、後各調查1次；(3) BC7與BC8位於114年移除區，於移除作業前調查1次。

##### 5.3.1.1 氣候與環境因子紀錄

依據中央氣象局恆春氣象站之資料顯示，89年至99年恆春地區年平均降雨量約2,000mm，降雨月份多集中於6月~11月，這些月份的降雨量約占全年雨量之87%，主要降雨的因素為梅雨季及颱風之降雨；10月至隔年4月為東北季風盛行的季節，東北季風盛行往往會造成此處區域較為乾燥，整體年均溫為25.4°C。最冷的月份落在1月，平均氣溫20.9°C；8月則為最熱的月份，平均氣溫28.4°C，為典型乾濕季分明之季風氣候。樣區調查記錄之環境因子詳表5.3.1.1-1。



表 5.3.1.1-1 樣區環境因子

樣區	植物樣方	海拔(m)	坡向(°)	坡度(°)	含石率(%)	平均樹高(m)	冠層覆蓋度(%)	灌木層覆蓋度(%)	地被層覆蓋度(%)
AH3	AH3-1	40	90	18	5	6	50	8	46
	AH3-2	76	260	5	5	8	45	0	85
BS1	BS1-1	145	57	22	5	4	47	32	92
	BS1-2	162	120	15	40	5.5	55	35	30
BS3/4	BS4-1	107	90	17	10	4	20	55	15
	BS4-2	104	135	12	10	6	50	15	45
BS5	BS5-1	22	90	30	20	5.5	15	48	16
	BS5-2	68	350	10	20	6.5	62	29	4
BC1/2	BC1-1	44	49	11	5	8	5	5	70
	BC1-2	46	35	20	0	3	5	30	60
BC5	BC5-1	91	34	25	1	2.5	2	0.1	80
	BC5-2	169	0	10	40	8	25	2	70
BC6	BC6-1	57	355	13	5	5	23	71	16
	BC6-2	27	10	25	5	6.5	47	39	8
BC7	BC7-1	62	292	17	10	5	65	40	25
	BC7-2	95	0	20	1	7	55	30	10
BC8	BC8-1	40	22.5	25	1	7	10	42.5	10
	BC8-2	55	30	20	5	7	21.5	9	3.3

註：112 之前期計畫生態監測調查設有(1)組間比較樣區 A 及(2)造林監測樣區 B，本計畫沿用前期計畫代號。其中 AH (History，歷史)為 109 年以前歷史復舊造林區域、BS (Selected，擇伐)為一次性砍除區域、BC(Complete，全面)為全面移除造林區域。

### 5.3.1.2 植物種類與受脅植物

本計畫調查共記錄64科169屬203種維管束植物。依生長習性區分，共計46種喬木、43種灌木、28種藤本與86種草本植物；依植物區系區分則包含17種特有種、136種原生種、48種歸化種以及2種栽培種，整體原生種(含特有種)約佔75.4%，完整植物名錄詳附錄四。

特有植物包含柳葉鱗球花、小葉朴、白樹仔、雙節山螞蝗、疏花魚藤、內芩子、黃肉樹、小芽新木薑子、菱葉捕魚木、恆春風藤、臺灣何首烏、雨傘仔、翼核木、三葉崖爬藤、細葉麥門冬、烏葉竹以及恆春月桃，共計17種。比對《2017臺灣維管束植物紅皮書名錄》(以下簡稱植物紅皮書)評估等級為接近受脅等級以上種類，樣區內共記錄3種(表5.3.1.2-2)，包含白樹仔(易危)、小葉朴(接近受脅)以及柳葉鱗球

花(接近受脅)。

表 5.3.1.2-2 樣區內植物紅皮書受脅種類

科名	中名	植物紅皮書 評估等級	學名	記錄樣區
大戟科	白樹仔	易危	<i>Gelonium aequoreum</i>	BC5、BC6、BC7、BC8
大麻科	小葉朴	接近受脅	<i>Celtis nervosa</i>	BS1、BC5
爵床科	柳葉鱗球花	接近受脅	<i>Lepidagathis stenophylla</i>	AH3、BS3/4、BS5、BC5、BC6、BC7

### 5.3.1.3 植物物種組成分析

樣區記錄物種最多者為一次性砍除作業後之BS5樣區(70種)，其次為全面移除造林作業後之BC6樣區(66種)。整體植被多以喬灌木為優勢，但已完成全面移除作業之BC1/2、BC5及BC6樣區，植被則以地被層之草本植物更為多樣及優勢。原生種比例以銀合歡移除作業前之BS5樣區最高(90.2%)，已完成銀合歡移除作業之樣區則大致以較早執行移除作業之樣區有較高原生種比例。

銀合歡方面，AH3樣區與已完成移除作業的BS1、BS3/4、BS5、BC1/2、BC5與BC6樣區，上木層之銀合歡優勢度低或無紀錄；地被層皆有自樹頭萌蘖或有小苗萌發的狀況。而BC7與BC8樣區則在移除作業前調查到在上木層極具優勢的銀合歡；雖有記錄地被層之小苗，但重要值低，非主要優勢種類。以下描述各樣區調查結果：

#### (1) AH3

此區域於105年移除造林，造林苗木樹齡約9年。記錄共計10種83株上木(表5.3.1.3-1)，IVI值最高為相思樹(50.00)、其次依序為月橘(15.20)、構樹(8.45)及欖仁(7.40)。上木以相思樹數量最多，樹木分布位置詳圖5.3.1.4-1。上木層主要為造林樹種(相思樹、月橘、欖仁)，並有原生樹種(如構樹)自生於其中。銀合歡雖於上木層僅調查到1株胸徑小於10cm的幼樹，卻於地被層佔有最高的IV值，推測土壤種子庫中仍有許多銀合歡，需注意後續銀合歡生長潛勢。

表 5.3.1.3-1 AH3 樣區植物調查結果

上木層	胸徑級(cm)			數量 (株)	上木 IVI	地被層	相對覆蓋度	地被 IV
	1~3	3~10	>10					
相思樹*		22	24	46	50.00	銀合歡	17.24	13.75
月橘*	4	8	2	14	15.20	香澤蘭	15.97	10.55
構樹		7	2	9	8.45	槍刀菜	15.92	10.53
欖仁*			4	4	7.40	山素英	8.56	8.13
克蘭樹*		3		3	4.18	小刺山柑	4.90	6.94
棟			1	1	3.82	月橘	5.92	6.16
蟲屎			2	2	3.28	卵葉鱗球花	6.54	5.83
土密樹			1	1	3.11	三角葉西番蓮	2.74	5.22
木麻黃*		1	1	2	2.64	盤龍木	2.64	5.17
銀合歡		1		1	1.92	密花白飯樹	4.85	4.99
合計	4	42	37	83	100.00	武靴藤	3.27	4.20
*造林樹種						弓果黍	3.30	2.93
						竹葉草	4.02	2.65
						構樹	1.45	2.65
						土密樹	1.57	2.07
						過山香	0.23	2.04
						扛香藤	0.04	1.30
						海金沙	0.55	0.92
						陸生珍珠茅	0.18	0.73
						一枝香	0.03	0.65
						雞屎藤	0.02	0.65
						蓮子草	0.02	0.65
						野牽牛	0.02	0.65
						大花咸豐草	0.02	0.65
						合計	100.00	100.00

## (2) BS1

此區域為銀合歡移除作業後再次調查，記錄共計22種231株上木(表5.3.1.3-2)。IVI值最高為相思樹(25.15)，其次為烏柑仔(10.82)、黃荊(8.65)、九芎(7.50)。上木以烏柑仔為最多，銀合歡有18株小樹，於上木層及地被層優勢度低，樣區樹木分布位置詳圖5.3.1.4-2。

## (3) BS3/4

此區域為銀合歡移除作業後再次調查，植物調查範圍位於BS4樣區(以下簡稱BS4樣區)，共記錄15種76株上木(表5.3.1.3-3)。IVI值最高之物種為黃荊(26.11)，其次為過山香(18.14)及紅柴(7.60)。上木以黃荊為最多，銀合歡小樹有3株，於上木層及地被層優勢度低，樣區樹木分布位置詳圖5.3.1.4-3。



(4) BS5

此區域於113年執行銀合歡移除，本計畫於移除作業前、後各調查1次。

移除作業前共調查17種179株上木(表5.3.1.3-4)。IVI值最高為銀合歡(33.66)，其次依序為克蘭樹(16.34)、粗糠柴(9.38)及蟲屎(7.87)。上木以銀合歡最多，樣區樹木分布位置詳圖5.3.1.4-4。地被層多以藤本植物為優勢(扛香藤、疏花魚藤、海金沙)，未調查到銀合歡小苗。

移除作業後共調查16種90株上木(表5.3.1.3-5)，樹木數量減少約一半，主要為銀合歡被移除，樣區樹木分布位置詳圖5.3.1.4-4。原次優勢的克蘭樹變為最優勢樹木(IVI值24.13)，其次為粗糠柴(14.49)及蟲屎(11.67)。地被層則有銀合歡小苗萌發。

表 5.3.1.3-2 BS1 樣區植物調查結果

上木層	胸徑級(cm)			數量 (株)	上木 IVI	地被層	相對覆蓋度	地被 IV
	1~3	3~10	>10					
相思樹		2	19	21	25.15	槍刀菜	39.21	25.16
烏柑仔	16	26		42	10.82	弓果黍	8.36	7.36
黃荊	3	16	4	23	8.65	北仲	7.58	6.96
九芎	2	6	5	13	7.50	小刺山柑	5.14	6.54
過山香	8	16		24	7.29	扛香藤	9.77	6.47
土密樹	6	16	1	23	7.18	過山香	5.87	6.11
北仲	8	12		20	6.44	山素英	5.42	5.88
密花白飯樹	8	8		16	5.57	三角葉西番蓮	2.36	5.15
銀合歡	7	11		18	4.65	海金沙	3.80	5.08
白雞油	1	1	3	5	3.78	大花咸豐草	2.34	4.34
雙節山螞蝗	2	3		5	2.12	烏柑仔	3.68	4.22
紅柴		2	1	3	1.98	銀合歡	2.03	4.19
小刺山柑	2	2		4	1.89	盤龍木	1.74	4.04
番石榴	1	2		3	1.33	香澤蘭	2.17	2.67
月橘	1	2		3	1.30	小花蔓澤蘭	0.25	1.71
小葉朴		2		2	0.79	隱鱗藤	0.13	1.65
粗糠柴		1		1	0.70	黃荊	0.12	0.85
軟毛柿		1		1	0.58	艾納香	0.02	0.80
山黃梔		1		1	0.58	印度牛膝	0.01	0.80
山柚	1			1	0.56	合計	100.00	100.00
魯花樹	1			1	0.55			
菱葉捕魚木	1			1	0.55			
合計	68	130	33	231	100.00			

表 5.3.1.3-3 BS4 樣區植物調查結果

上木層	胸徑級(cm)			數量 (株)	上木 IVI	地被層	相對覆蓋度	地被 IV
	1~3	3~10	>10					
黃荊		14	8	22	26.11	香澤蘭	27.96	20.84
過山香	2	17	1	20	18.14	黃荊	14.14	10.99
紅柴		2	1	3	7.60	輪葉孳生花	10.08	9.94
相思樹			1	1	7.28	腺果藤	14.00	9.94
月橘	1	6		7	7.25	過山香	3.70	7.73
粗糠柴		1	3	4	6.60	海金沙	4.21	6.03
小刺山柑	1	4		5	6.04	紅柴	6.05	5.97
銀合歡		3		3	4.31	雙花擬耳草	4.74	5.31
山柚		3		3	4.28	小刺山柑	5.10	4.51
北仲		2		2	3.04	美洲闊苞菊	3.93	3.93
烏柑仔		2		2	2.86	銀合歡	0.38	3.13
山黃梔			1	1	2.00	千根草	1.16	2.54
白雞油		1		1	1.57	含羞草	1.16	2.54
細葉饅頭果		1		1	1.55	高雄卷柏	0.96	2.44
小芽新木薑子		1		1	1.36	馬纓丹	1.14	1.55
合計	4	57	15	76	100.00	地毯草	0.78	1.37
						相思樹	0.50	1.23
						合計	100.00	100.00

表 5.3.1.3-4 BS5 樣區作業前植物調查結果

上木層	胸徑級(cm)			數量 (株)	上木 IVI	地被層	相對覆蓋度	地被 IV
	1~3	3~10	>10					
銀合歡		65	23	88	33.66	小刺山柑	21.93	19.59
克蘭樹		3	9	12	16.34	扛香藤	23.68	18.74
粗糠柴	1	10	8	19	9.38	疏花魚藤	10.11	11.95
蟲屎			8	8	7.87	海金沙	12.92	11.63
月橘	1	8		9	5.47	翼核木	6.01	6.45
小刺山柑	14	1		15	4.88	腺果藤	7.28	5.36
黃荊		4	3	7	4.81	盤龍木	3.80	5.35
九芎		1	3	4	3.80	華茜草樹	7.08	5.26
密花白飯樹		1	1	2	2.21	細葉麥門冬	3.36	5.13
軟毛柿		1	1	2	2.11	倒吊蓮	0.07	3.49
滿福木	2	1		3	2.02	鷓鴣	3.13	3.29
山柚		2		2	1.80	紅柴	0.40	1.93
過山香	2			2	1.72	雨傘仔	0.24	1.84
相思樹	2	1		3	1.26	合計	100.00	100.00
紅柴		1		1	0.90			
柘樹		1		1	0.89			
華茜草樹		1		1	0.88			
合計	22	101	56	179	100.00			

表 5.3.1.3-5 BS5 樣區作業後植物調查結果

上木層	胸徑級(cm)			數量 (株)	上木 IVI	地被層	相對覆蓋度	地被 IV
	1~3	3~10	>10					
克蘭樹		1	10	11	24.13	小刺山柑	34.76	25.19
粗糠柴	1	9	8	18	14.49	海金沙	20.91	19.83
蟲屎			8	8	11.67	倒吊蓮	9.23	7.74
小刺山柑	14	1		15	8.02	扛香藤	4.44	6.91
黃荊		3	4	7	7.54	粗糠柴	3.88	6.63
月橘		8		8	7.50	馬來鐵線蕨	6.59	6.42
九芎		1	3	4	5.39	香澤蘭	4.91	5.58
銀合歡		1	2	3	3.44	印度牛膝	4.79	5.52
密花白飯樹		1	1	2	2.92	翼核木	2.55	4.40
軟毛柿		1	1	2	2.81	鷓鴣菜	2.55	2.84
山柚		2		2	2.44	盤龍木	1.79	2.46
紅柴	1	1		2	2.41	銀合歡	1.79	2.46
過山香	2			2	2.32	細葉麥門冬	1.56	2.34
相思樹	1	2		3	2.03	腺果藤	0.26	1.69
滿福木	1	1		2	1.70	合計	100.00	100.00
柘樹		1		1	1.20			
合計	20	33	37	90	100.00			

#### (5) BC1/2

此區域為111年全面移除造林示範區。本計畫於銀合歡移除作業後再次調查，植物樣方位於BC1樣區(以下簡稱BC1樣區)，共記錄4種28株上木(表5.3.1.3-6)。IVI值最高樹種為海欖果(41.22)，其次為木麻黃(28.00)。地被層之銀合歡優勢度低，以馬蹄金為最優勢。樣區內之相思樹苗木因多數尚未達可記錄的胸徑標準，僅記錄苗木樹種及分布位置，樣區樹木分布位置詳圖5.3.1.4-5。

#### (6) BC5

此區域於112年執行銀合歡移除作業，本計畫於移除作業後進行調查，共記錄7種32株上木(表5.3.1.3-7)，IVI值最高為相思樹(46.31)，其次為月橘(12.43)，上木以相思樹為最多。林下地被以蓮子草覆蓋度最高，銀合歡小苗優勢度低。因多數新植海欖果苗木尚未達可記錄的胸徑標準，僅記錄苗木樹種及分布位置，樣區樹木分布位置詳圖5.3.1.4-6。

#### (7) BC6

此區域於113年執行銀合歡移除，本計畫於移除作業前、後各調



查1次。

移除作業前，共記錄14種429株上木(表5.3.1.3-8)。IVI值最高者為銀合歡(51.23)，其次為月橘(13.50)，上木以銀合歡為最多，樣區樹木分布位置詳圖5.3.1.4-7。地被層以槍刀菜為最優勢，亦有銀合歡小苗，但優勢度較低。

移除作業後，共記錄11種86株上木(表5.3.1.3-9)。原次優勢的月橘變為最優勢樹木(IVI值43.02)，樹木數量減少至原先的兩成左右，樹冠覆蓋度大幅減少，使地被植物更容易受光，並以銀合歡最優勢(IV值20.15)，槍刀菜次之(18.24)，地被層覆蓋度與物種數皆相對移除作業前增加。新植苗木以相思樹為主，因多數苗木尚未達可記錄的胸徑標準，僅記錄苗木樹種及分布位置，樣區樹木分布位置詳圖5.3.1.4-7。

#### (8) BC7

此區域於114年執行銀合歡移除，本計畫於移除作業前調查，共記錄11種614株上木(表5.3.1.3-10)。以銀合歡佔有絕對優勢(IVI值65.29)，且上木數量遠超過其他樹種，樹木分布位置詳圖5.3.1.4-8。地被層以槍刀菜為最優勢，亦有銀合歡小苗，但優勢度相對較低。

#### (9) BC8

此區域於114年執行銀合歡移除，本計畫於移除作業前調查，共記錄11種297株上木(表5.3.1.3-11)。以銀合歡佔有絕對優勢(IVI值59.54)，且上木數量遠超過其他樹種，樹木分布位置詳圖5.3.1.4-9。地被層之槍刀菜相對覆蓋度非最高，但考量相對頻度後，IV值為最高(28.71)，其次為香澤蘭(27.95)，亦有銀合歡小苗，但優勢度低。

表 5.3.1.3-6 BC1 樣區植物調查結果

上木層	胸徑級(cm)			數量 (株)	上木 IVI	地被層	相對覆蓋度	地被 IV
	1~3	3~10	>10					
海欖果	3	15		18	41.22	馬蹄金	27.83	17.34
木麻黃			2	2	28.00	美洲闊苞菊	14.34	10.59
相思樹		4	1	5	18.72	短葉水蜈蚣	11.08	8.28
月橘		2	1	3	12.06	海金沙	9.78	7.63
合計	3	21	4	28	100.00	黃荊	10.12	7.12
						銀合歡	1.20	4.71
						相思樹	3.70	4.59
						香澤蘭	3.57	4.53
						紅柴	3.62	3.86
						甜根子草	5.79	3.58
						藿香薊	0.13	2.80
						馬纓丹	2.48	2.61
						長穗木	0.85	2.48
						竹葉草	0.84	2.47
						林投	1.76	2.25
						酢漿草	0.12	2.11
						垂果瓜	0.10	1.42
						白花草	0.10	1.42
						銀膠菊	0.07	1.40
						北仲	1.28	1.32
						瑪瑙珠	0.49	0.93
						爬藤藤	0.39	0.88
						弓果黍	0.08	0.73
						密毛小毛蕨	0.05	0.71
						千根草	0.05	0.71
						輪葉孳生花	0.05	0.71
						雙花擬耳草	0.05	0.71
						月橘	0.04	0.71
						含羞草	0.04	0.70
						地毯草	0.02	0.69
						合計	100.00	100.00

表 5.3.1.3-7 BC5 樣區植物調查結果

上木層	胸徑級(cm)			數量 (株)	上木 IVI	地被層	相對覆蓋度	地被 IV
	1~3	3~10	>10					
相思樹			10	10	46.31	蓮子草	44.71	26.90
月橘		2	2	4	12.43	弓果黍	16.42	10.48
北仲	2	4		6	10.47	長穗木	10.59	8.32
恆春厚殼樹		4		4	10.41	大花咸豐草	4.64	7.62
黃荊	1	3		4	10.21	銀合歡	5.64	5.85
滿福木		3		3	7.20	槍刀菜	4.59	4.57
小刺山柑		1		1	2.97	海金沙	1.80	3.18
合計	3	17	12	32	100.00	香澤蘭	1.70	3.12
						北仲	1.61	3.08
						馬纓丹	1.29	2.92
						野牽牛	0.69	2.62
						三角葉西番蓮	1.86	2.45
						雙花擬耳草	0.18	2.36
						印度牛膝	0.09	2.32
						烏柑仔	0.34	1.69
						小刺山柑	0.29	1.66
						毛西番蓮	0.22	1.62
						菜藥藤	0.09	1.56
						一枝香	1.30	1.41
						柔毛艾納香	0.88	1.20
						柳葉鱗球花	0.65	1.08
						滿福木	0.16	0.84
						過山香	0.12	0.82
						含羞草	0.07	0.79
						大黍	0.03	0.77
						山素英	0.03	0.77
						合計	100.00	100.00

表 5.3.1.3-9 BC6 樣區作業後植物調查結果

上木層	胸徑級(cm)			數量 (株)	上木 IVI	地被層	相對覆蓋度	地被 IV
	1~3	3~10	>10					
月橘	17	25	4	46	43.42	銀合歡	29.35	20.15
小刺山柑			1	1	11.83	槍刀菜	31.01	18.24
相思樹		5		5	8.10	毛西番蓮	14.95	10.90
粗糠柴	8			8	7.78	山麻	5.71	7.65
土密樹	5	2		7	7.44	三角葉西番蓮	3.27	4.38
過山香	6			6	5.70	相思樹	1.66	3.57
克蘭樹		4		4	4.47	血桐	0.94	3.21
烏柑仔	5			5	4.22	小刺山柑	1.18	2.65
龍眼	1	1		2	3.66	盤龍木	1.11	2.61
黃花夾竹桃		1		1	1.90	大葉山螞蝗	0.47	2.29
滿福木	1			1	1.48	短葉黍	1.37	2.05
合計	43	38	5	86	100.00	棟	1.36	2.05
						土密樹	1.02	1.88



上木層	胸徑級(cm)			數量 (株)	上木 IVI	地被層	相對覆蓋度	地被 IV
	1~3	3~10	>10					
						卵葉鱗球花	0.97	1.86
						一枝香	0.79	1.77
						蟲屎	0.36	1.55
						香澤蘭	0.18	1.46
						月橘	0.83	1.10
						金腰箭	0.71	1.04
						武靴藤	0.54	0.96
						蘆利草	0.54	0.96
						薄葉艾納香	0.47	0.92
						過山香	0.35	0.86
						印度牛膝	0.33	0.85
						大花咸豐草	0.25	0.81
						多花油柑	0.08	0.73
						野牽牛	0.08	0.73
						兔尾草	0.04	0.70
						弓果黍	0.03	0.70
						恆春厚殼樹	0.02	0.69
						山素英	0.02	0.69
						合計	100.00	100.00

表 5.3.1.3-10 BC7 樣區植物調查結果

上木層	胸徑級(cm)			數量 (株)	上木 IVI	地被層	相對覆蓋度	地被 IV
	1~3	3~10	>10					
銀合歡	75	420	49	544	65.29	槍刀菜	70.34	47.29
北仲	14	11		25	7.79	山素英	5.71	11.95
月橘	2	11		13	5.52	烏柑仔	5.67	7.38
烏柑仔	7	2		9	5.03	北仲	7.35	5.19
木麻黃	1		2	3	4.13	柳葉鱗球花	3.19	4.62
黃荊		7	1	8	3.28	銀合歡	2.12	4.09
滿福木	3	1		4	3.23	印度牛膝	0.43	3.24
小刺山柑	2	1		3	2.42	三角葉西番蓮	0.07	3.06
密花白飯樹	1	2		3	1.70	紅柴	1.95	2.49
粗糠柴		1		1	0.82	過山香	1.79	2.41
紅柴	1			1	0.80	武靴藤	0.74	1.88
合計	106	456	52	614	100.00	小刺山柑	0.29	1.66
						盤龍木	0.29	1.66
						白樹仔	0.04	1.53
						卵葉鱗球花	0.03	1.53
						合計	100.00	100.00

表 5.3.1.3-11 BC8 樣區植物調查結果

上木層	胸徑級(cm)			數量 (株)	上木 IVI	地被層	相對覆蓋度	地被 IV
	1~3	3~10	>10					
銀合歡	3	155	62	220	59.54	槍刀菜	35.80	28.71
月橘	3	14	1	18	8.56	香澤蘭	42.39	27.95
過山香	8	7	1	16	8.14	烏柑仔	10.08	7.74
北仲	5	6		11	6.31	賽山藍	1.80	7.66
烏柑仔	3	7		10	5.13	長穗木	5.27	5.34
小刺山柑	11	1		12	4.46	卵葉鱗球花	1.50	4.81
掌葉蘋婆			1	1	2.18	印度牛膝	1.13	3.27
黃荊	1	2		3	1.91	過山香	0.18	2.79
滿福木	2	1		3	1.84	北仲	0.18	2.79
恆春厚殼樹		2		2	1.06	武靴藤	0.52	1.61
密花白飯樹	1			1	0.86	馬纓丹	0.52	1.61
合計	37	195	65	297	100.00	小刺山柑	0.20	1.45
						金午時花	0.20	1.45
						銀合歡	0.17	1.44
						山素英	0.06	1.38
						合計	100.00	100.00

#### (10) 樣區上木層變化

本計畫納入112年前期計畫調查資料進行比對監測樣區上木層樹木的重要值指數變化(圖5.3.1.3-1~圖5.3.1.3-3)。帶狀植栽造林樣區AH3，兩次調查間隔約3年，整體無明顯變化。一次性砍除樣區與全面移除造林樣區，銀合歡重要值指數皆明顯下降，且全面移除造林樣區之上木層無銀合歡留存。銀合歡移除後，大部分留存之原生樹種重要值指數有上升趨勢，且優勢樹種也轉變為原生樹木，因此初步判斷森林有恢復的跡象，然而BC1與BC5樣區因新植之海欖果與相思樹造成重要值指數增加幅度較大，可持續監測並累積資料佐證移除地區是否朝原生林相發展。

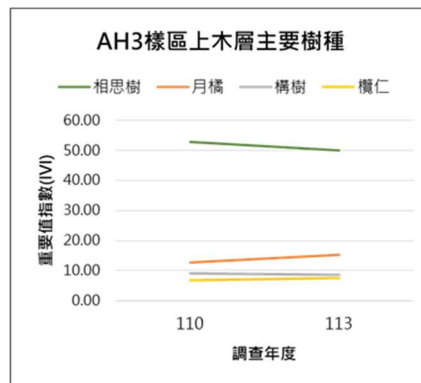


圖 5.3.1.3-1 帶狀植栽造林樣區上木層主要樹種重要值指數變化

註：僅呈現依照重要值指數排序佔前 80%之樹種。

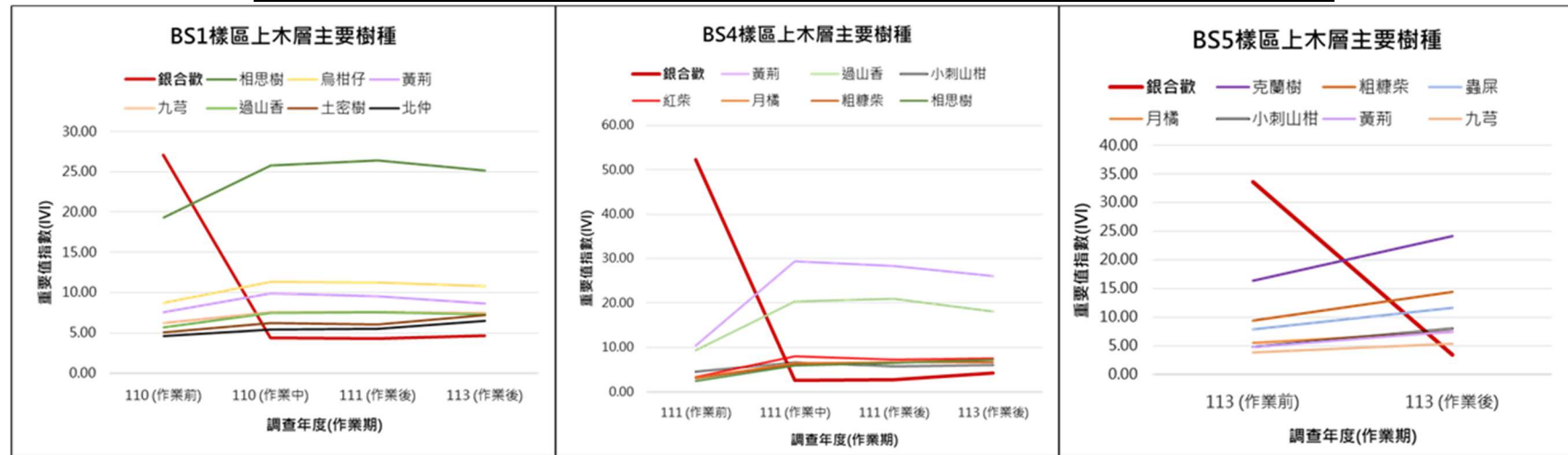


圖 5.3.1.3-2 一次性砍除樣區上木層主要樹種重要值指數變化

註：僅呈現依照重要值指數排序佔前 80%之樹種。

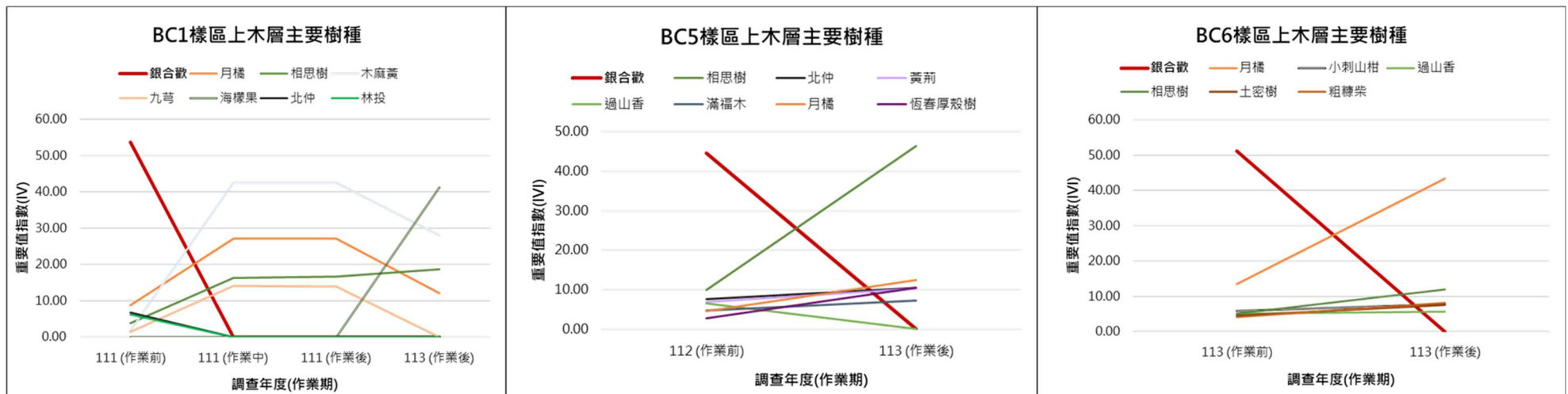


圖 5.3.1.3-3 全面移除造林樣區上木層主要樹種重要值指數變化

註：僅呈現依照重要值指數排序佔前 80%之樹種。



### 5.3.1.4 植物物種多樣性分析

本計畫延續112年之前期計畫設置樣區，並將前期計畫之資料納入比較，各樣區及不同作業期之多樣性指數詳表5.3.1.4-1，變化趨勢詳圖5.3.1.4-1。

表 5.3.1.4-1 各樣區不同作業期之多樣性指數(含前期計畫)

樣區	調查年度	總物種數 (S)	所有物種 個體數(N)	Simpson ( $\lambda$ )	Shannon-Wiener ( $H'$ )	Pielou's evenness index ( $J$ )
AH3	110	11	86	0.63	1.47	0.61
	113	10	83	0.65	1.47	0.64
BS1	110 (作業前)	21	348	0.78	2.09	0.69
	110 (作業中)	23	228	0.90	2.56	0.82
	111 (作業後)	23	219	0.90	2.56	0.82
	113 (作業後)	22	231	0.90	2.57	0.83
BS4	111 (作業前)	17	470	0.43	1.07	0.38
	111 (作業中)	15	95	0.79	1.97	0.73
	111 (作業後)	15	93	0.78	1.95	0.72
	113 (作業後)	15	76	0.82	2.12	0.78
BS5	113 (作業前)	17	179	0.73	1.90	0.67
	113 (作業後)	16	90	0.89	2.43	0.88
BC1	111 (作業前)	15	275	0.43	1.10	0.41
	111 (作業中)	4	7	0.69	1.28	0.92
	111 (作業後)	4	7	0.69	1.28	0.92
	113 (作業後)	4	28	0.54	1.02	0.74
BC5	112 (作業前)	18	324	0.67	1.72	0.60
	113 (作業後)	7	32	0.81	1.79	0.92
BC6	113 (作業前)	14	429	0.56	1.30	0.49
	113 (作業後)	11	86	0.68	1.66	0.69
BC7	114 (作業前)	11	614	0.21	0.57	0.24
BC8	114 (作業前)	11	297	0.44	1.08	0.45

註：加底色部分為 112 年之前期計畫調查。

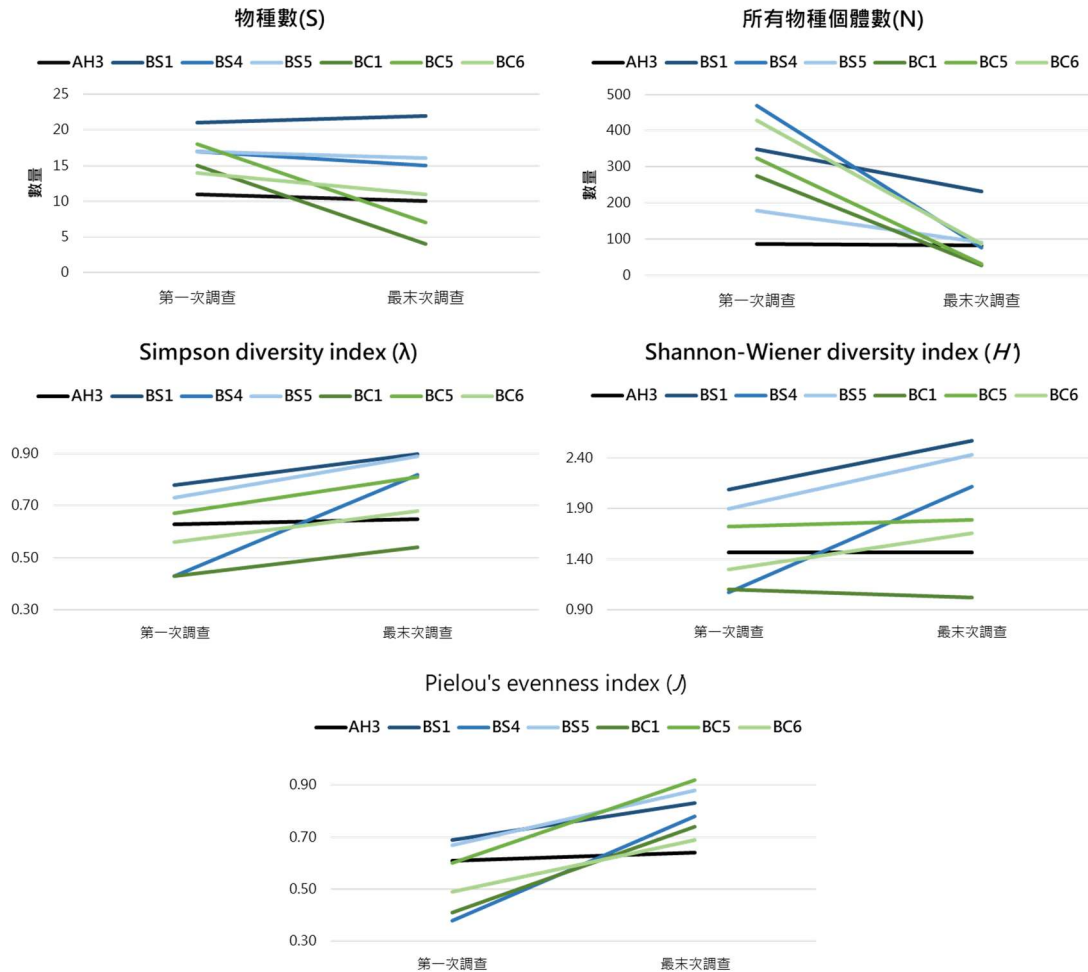


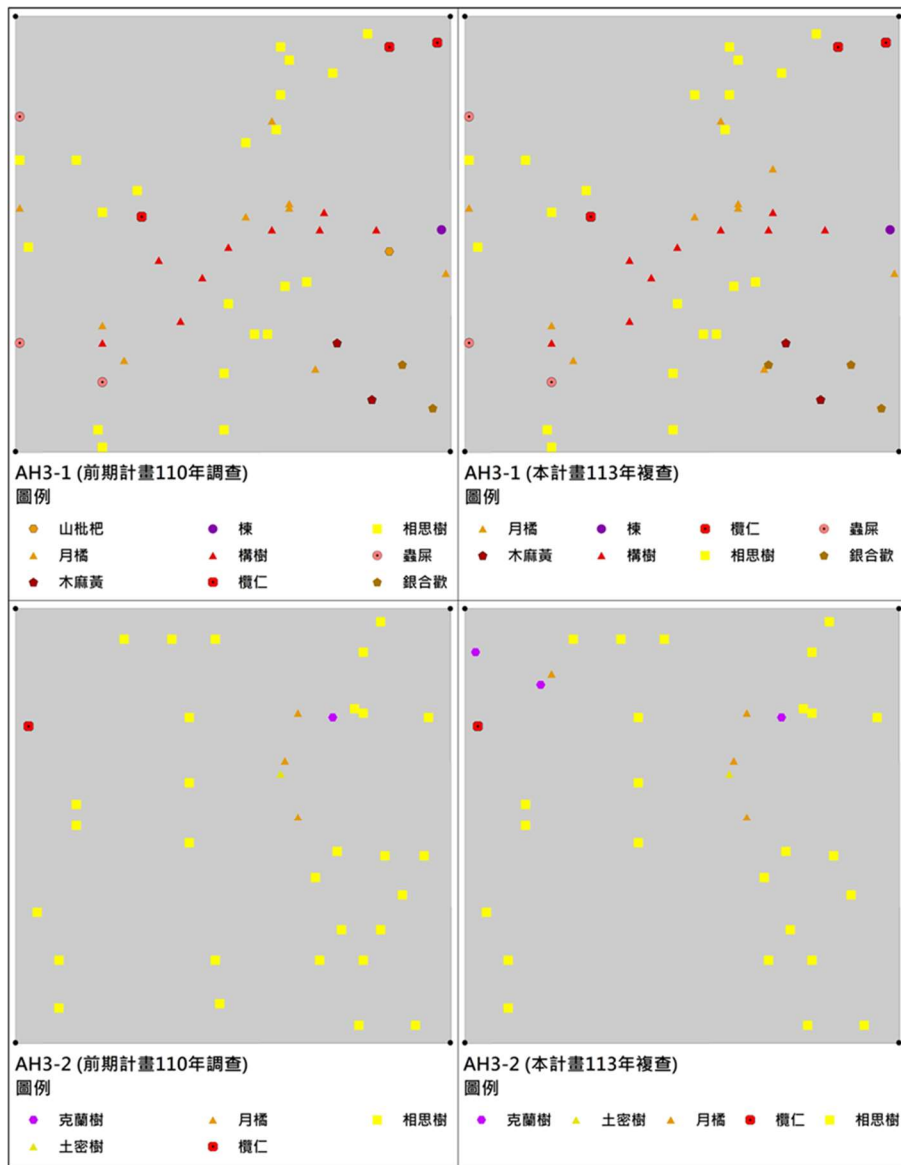
圖 5.3.1.4-1 各樣區多樣性指數變化趨勢(含前期計畫)

註：調查 4 次之樣區以第一次與本計畫調查資料呈現變化趨勢，逐次調查數據詳表 5.3.1.4-1。

整體而言，帶狀植栽造林樣區AH3，維持與110年調查時狀況相近，故各項數值變化小，推測定期撫育作業能有效維持林相穩定，抑制銀合歡再度擴張。一次性砍除與全面移除造林樣區總物種數、所有物種個體數下降，並以全面移除除造林樣區降低幅度較大。兩種移除方式之Simpson多樣性指數( $\lambda$ )與Pielou's均勻度指數( $J$ )皆有上升趨勢，初步判斷銀合歡移除對樣區內之物種組成及林相回復有正面效益。然而，Shannon-Wiener多樣性指數( $H'$ )於全面移除造林樣區些微降低，顯示移除作業對整體林相影響大，需要時間逐步恢復並等待新植苗木茁壯以營造原始林相複層樣貌，方可使 $H'$ 再度回升。

帶狀植栽造林樣區AH3雖物種及樹木數量減少(圖5.3.1.4-2)，但整體變化幅度小，多樣性指數無下降趨勢。而由表5.3.1.3-1樣區調查

結果中可見樹徑1~3公分之小樹僅有4株月橘，需要持續關注原生樹種更新以及是否有銀合歡再入侵的狀況。



AH3樣區樹木數量統計

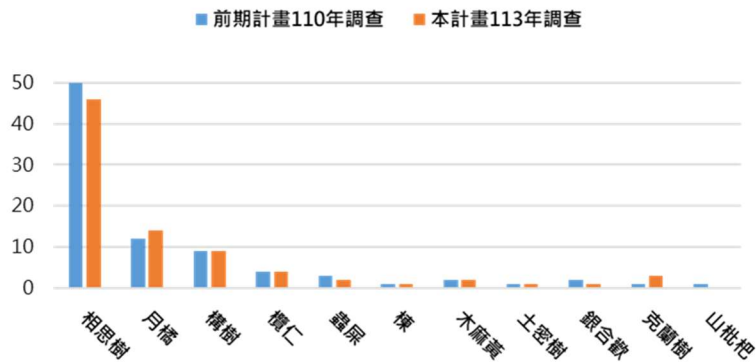


圖 5.3.1.4-2 AH3 樹木分布圖(含前期計畫)



一次性砍除樣區BS1、BS4與BS5針對銀合歡植株進行清除，並保留原生樹種，所以在作業前、後的總物種數(S)變化不大，而所有物種個體數明顯下降。整體趨勢而言，各樣區之Simpson多樣性指數、Shannon-Wiener多樣性指數與Pielou均勻度指數皆較移除作業前高，雖然銀合歡移除後，所有物種個體數減少，但原比例較高的銀合歡消失後，群落分布較為平均，使均勻度相關指數上升。BS1樣區於作業中、後調查到其他原生樹種自然更新，物種數相對移除作業前增加，且整體樹木數量亦些微回升，回復狀況相對較佳(圖5.3.1.4-3)，但銀合歡數量亦增加，後續仍需注意銀合歡族群是否會逐漸擴大。

BS4樣區之多樣性指數於移除作業前為一次性砍除樣區中最低，所有物種個體數集中於少數或單一物種(銀合歡)。參考BS4樣區作業前之調查資料，銀合歡為最優勢之物種(IVI值52.27，其次黃荊之IVI值為10.39)，因此清除銀合歡後多樣性指數有明顯提升。本計畫調查得到之多樣性指數與前期計畫調查結果相似(圖5.3.1.4-4)。

此外，前期計畫進行BS4樣區之作業後調查時，發現造林廠商為清運移除的銀合歡，而闢建作業車道穿越調查樣區，導致樣區有部分原生植株遭清除，使調查記錄之物種及植株數量因人為因素大幅減少。本計畫調查發現，相較於前期計畫作業後調查，靠近作業車路線的部分樹木有死亡或消失的情形，而地被層之銀合歡優勢度下降。此狀況可能與作業車通過樣區有關，後續仍需關注銀合歡是否會再次入侵開闢處。

BS5樣區之大部分銀合歡已砍除，且原生樹種數量與種類幾乎與移除作業前無異，銀合歡則是僅存3棵(圖5.3.1.4-5)。雖銀合歡大部分植株清除使樹冠層覆蓋度降低，地被層的種類與覆蓋度並未因為樹冠開闢而增加，且雖有記錄到銀合歡小苗萌發但數量少，可能原因包含：(1) 因應移除作業與計畫期程安排，移除作業後調查時間為12月，並非生長季期間；(2) 移除作業前、後之調查時間間隔僅9個月，地被層之潛在原生種類尚未建立穩定族群。此外，由於尚未清除之銀合歡皆為胸徑至少3公分之個體，後續仍需關注銀合歡是否會再次擴散而影響原生樹種自然更新。

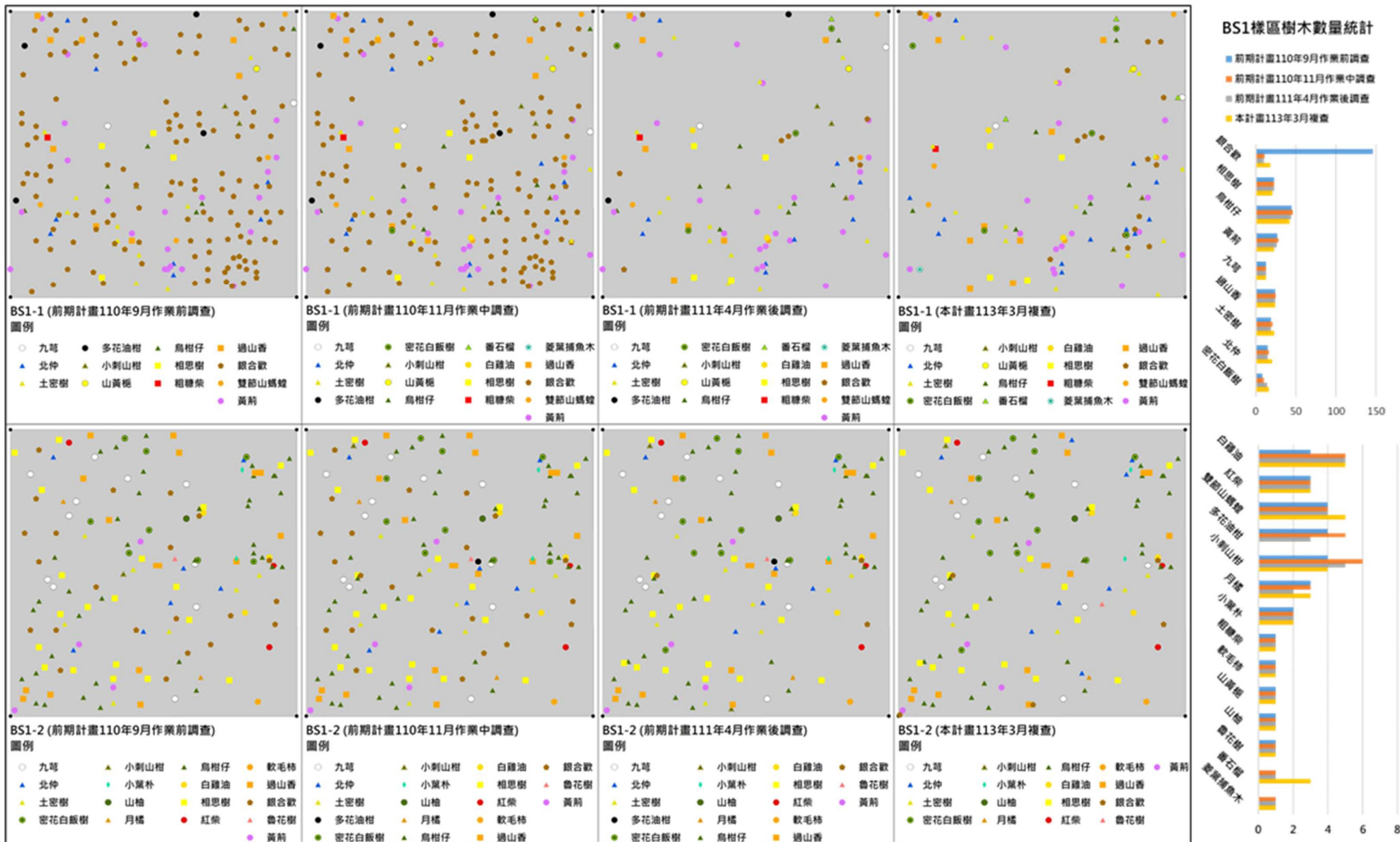


圖 5.3.1.4-3 BS1 樹木分布與數量統計圖(含前期計畫)

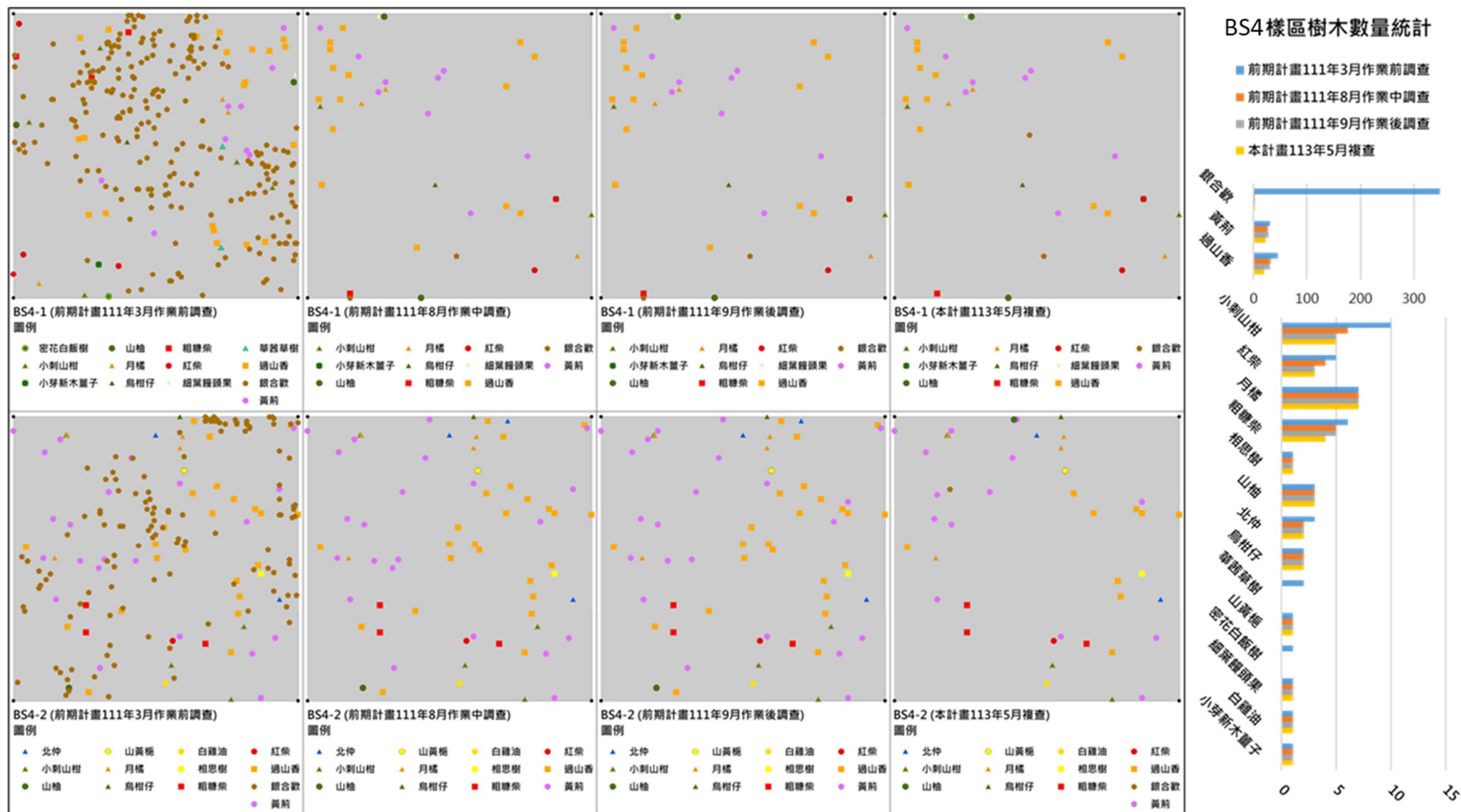
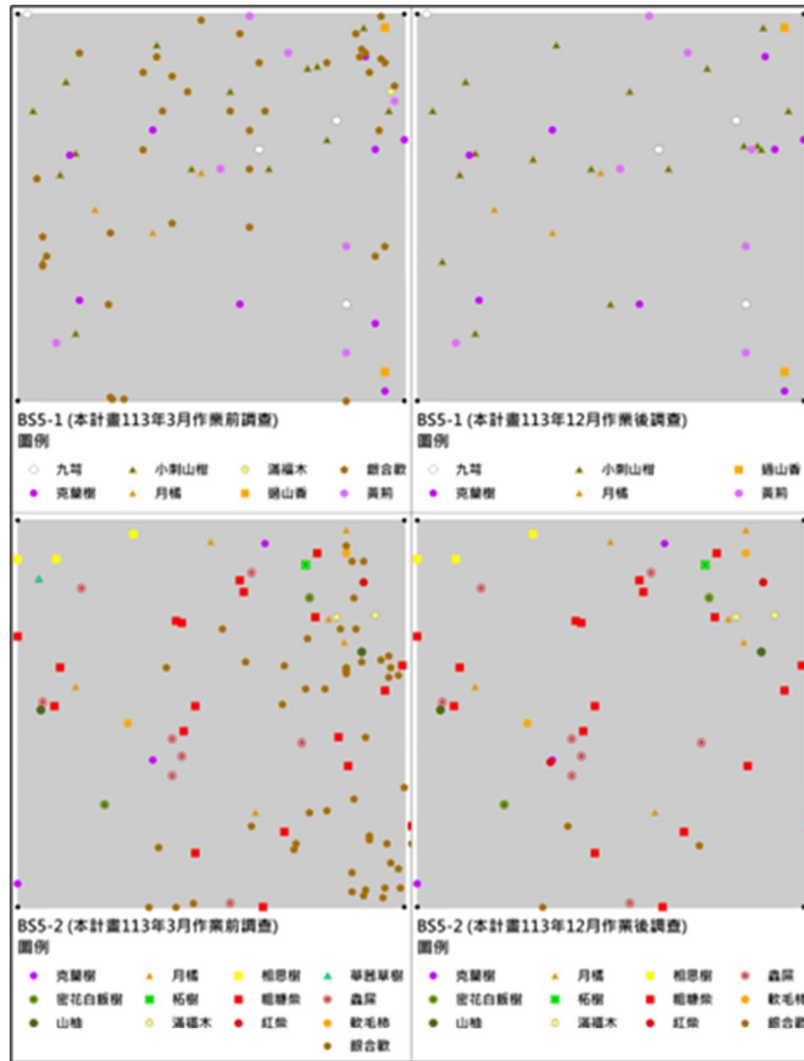


圖 5.3.1.4-4 BS4 樹木分布與數量統計圖(含前期計畫)





BS5樣區樹木數量統計

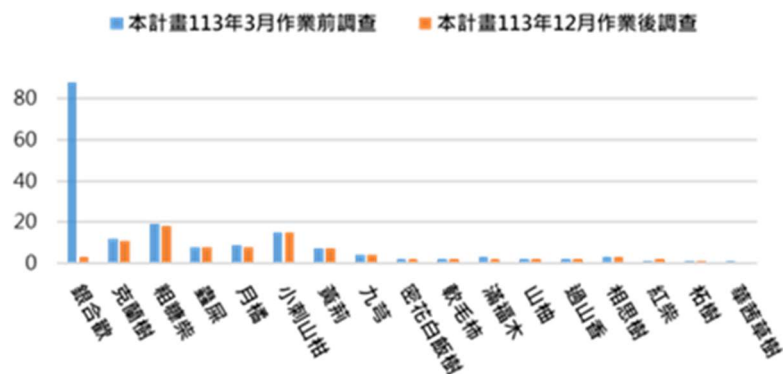


圖 5.3.1.4-5 BS5 樹木分布與數量統計圖

全面移除造林樣區BC1、BC5與BC6，於移除作業後僅保留少數胸徑較大的原生樹種，所以在移除作業前、後物種數與所有物種個體數

皆減少。以整體趨勢而言，各樣區之Simpson多樣性指數、Shannon-Wiener多樣性指數與Pielou均勻度指數皆較移除作業前高，雖然移除作業後，物種數減少，且所有物種個體數大幅減少，但由於優勢度最高的銀合歡移除後，群落分布變得相對分散，而當群落分布的均勻度提升足以抵銷物種數減少的負面影響時，多樣性指數仍會上升。

BC1樣區於全面移除造林樣區中之多樣性指數在移除作業前皆偏低，參考前期計畫調查成果，BC1樣區之銀合歡IVI值為53.77，為上述樣區中數值最高，所有物種個體集中於銀合歡的狀況相對明顯。此外，本計畫調查時，多數相思樹苗木尚未生長至胸徑測量標準，故僅記錄分布位置(圖5.3.1.4-6)，未納入多樣性指數計算之分析；而海欖果苗木胸徑較大且數量較多(IVI值41.22)(表5.3.1.3-6)，亦使群落分布變得不平均，因此整體多樣性指數較前期計畫作業後調查之數值低。

BC5樣區於移除作業前，雖銀合歡為最優勢(IVI值44.53，其次相思樹IVI值為9.93)，仍有多種原生樹木自生，參考前期計畫移除作業前調查結果，除銀合歡的樹種(相思樹、北仲、黃荊、過山香、滿福木、月橘等)之分布相對均勻，其IVI值亦相對接近，故Shannon-Wiener多樣性指數( $H'$ )為全面移除造林樣區中最高。移除作業後，雖然均勻度上升幅度大，但因為 $H'$ 亦會受到物種數減少所影響，所以提升幅度小。此外，本計畫調查時因新植海欖果尚未達可量測標準，故僅將存活之苗木呈現於樹木分布位置(圖5.3.1.4-7)，未呈現於調查成果與分析中。另外，亦發現有部分海欖果苗木死亡，故後續應持續監測苗木狀況，亦須確認當初保留之原生大徑木，是否的確具備成為苗木種原，發揮自然更新之功能。

BC6樣區移除作業後，保留相對較多物種，且群落的均勻度提升，所以Shannon-Wiener多樣性指數上升幅度相對其他全面移除造林樣區大。本計畫調查時因新植相思樹尚未達可量測標準，故僅將存活之苗木呈現於樹木分布位置(圖5.3.1.4-8)，未呈現於調查成果與分析中。此外，亦發現有部分苗木死亡，故後續應持續監測苗木生長情形，亦須確認保留之大徑級月橘與相思樹，是否能成為苗木種原，發揮自然更新之功能。另外，鄰近地區有發現草食動物啃食痕跡與排遺，也需要關注新植苗木是否會因為啃食而影響造林成效。

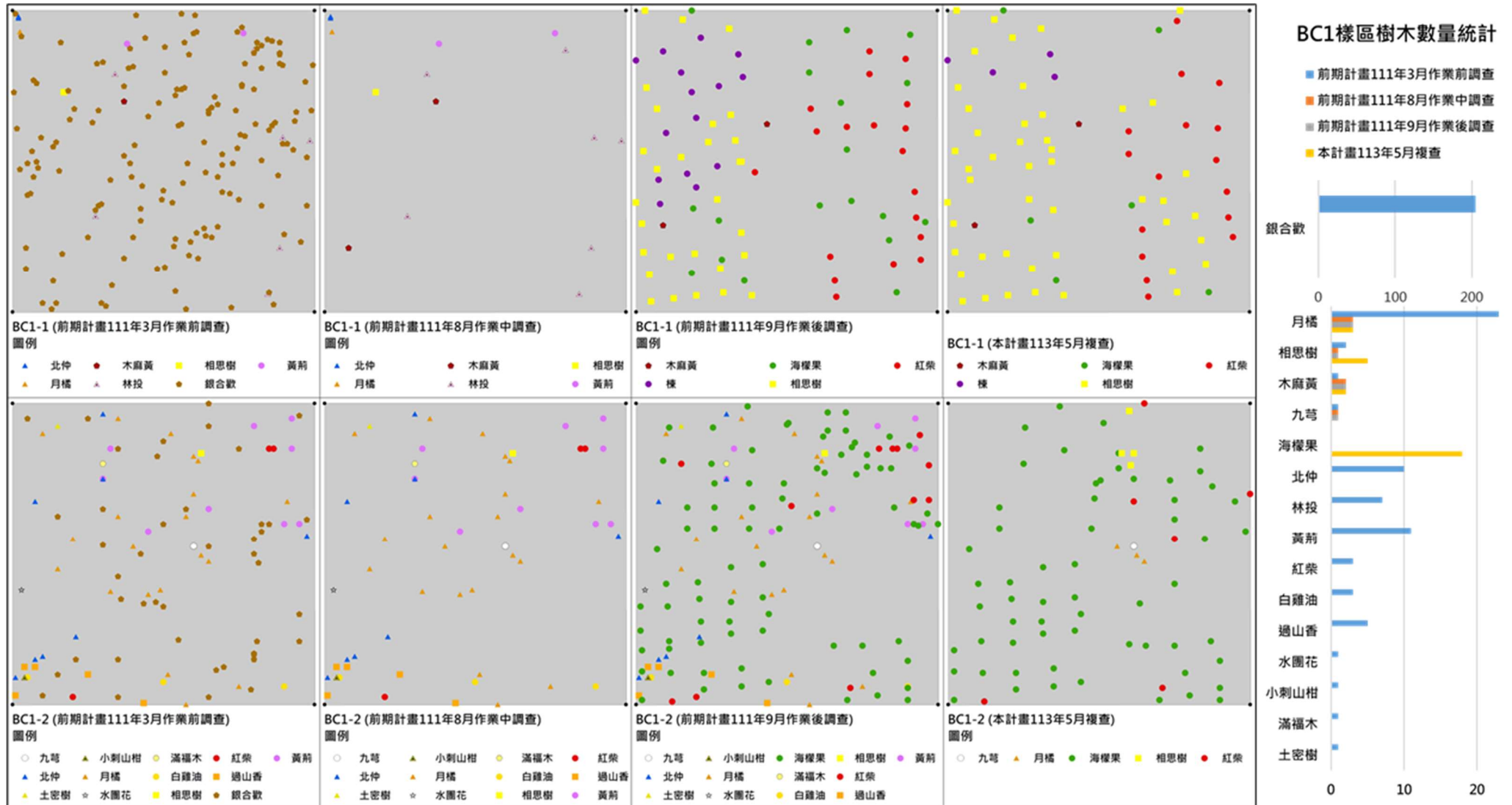


圖 5.3.1.4-6 BC1 樹木分布與數量統計圖(含前期計畫)



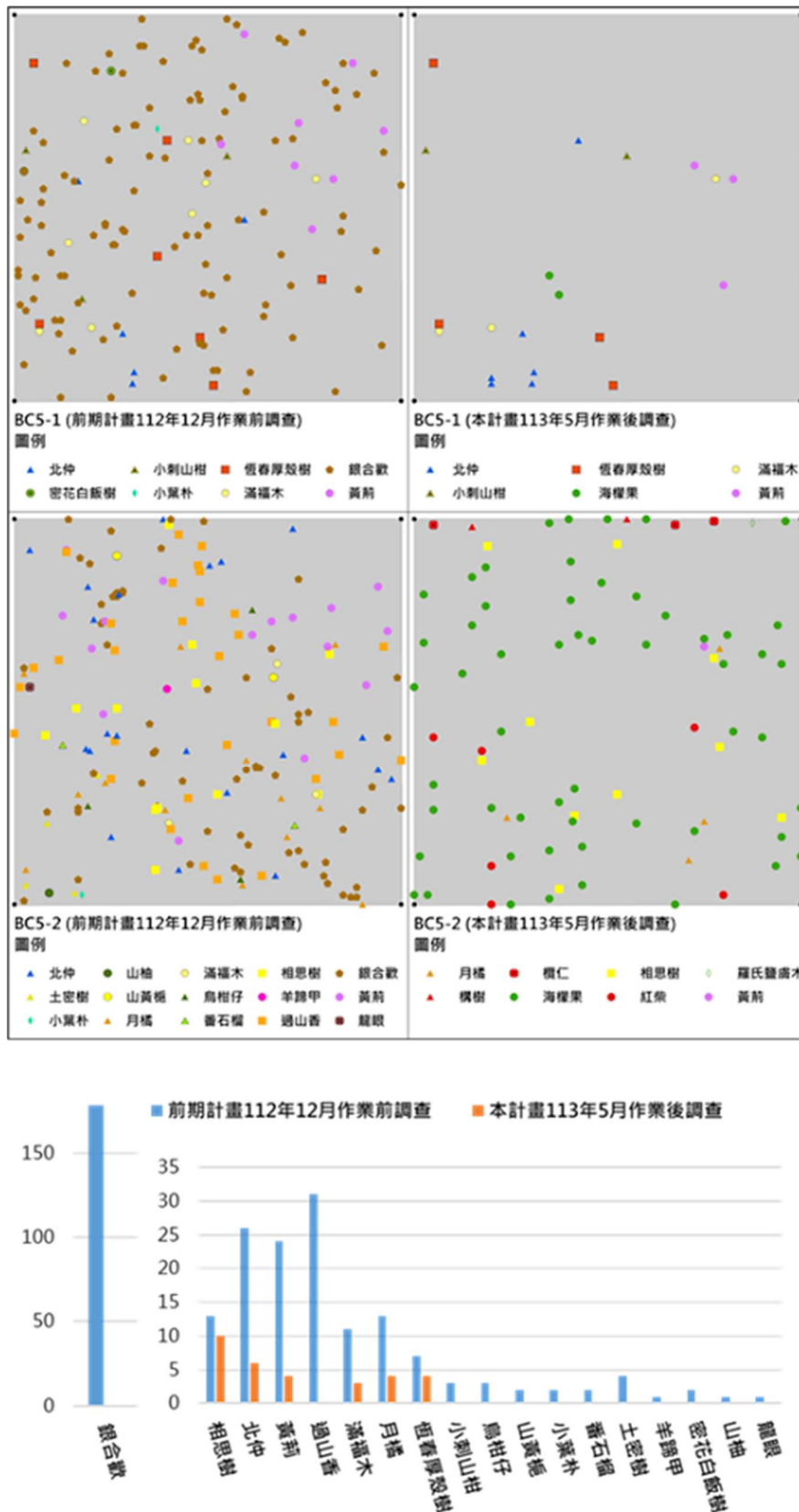
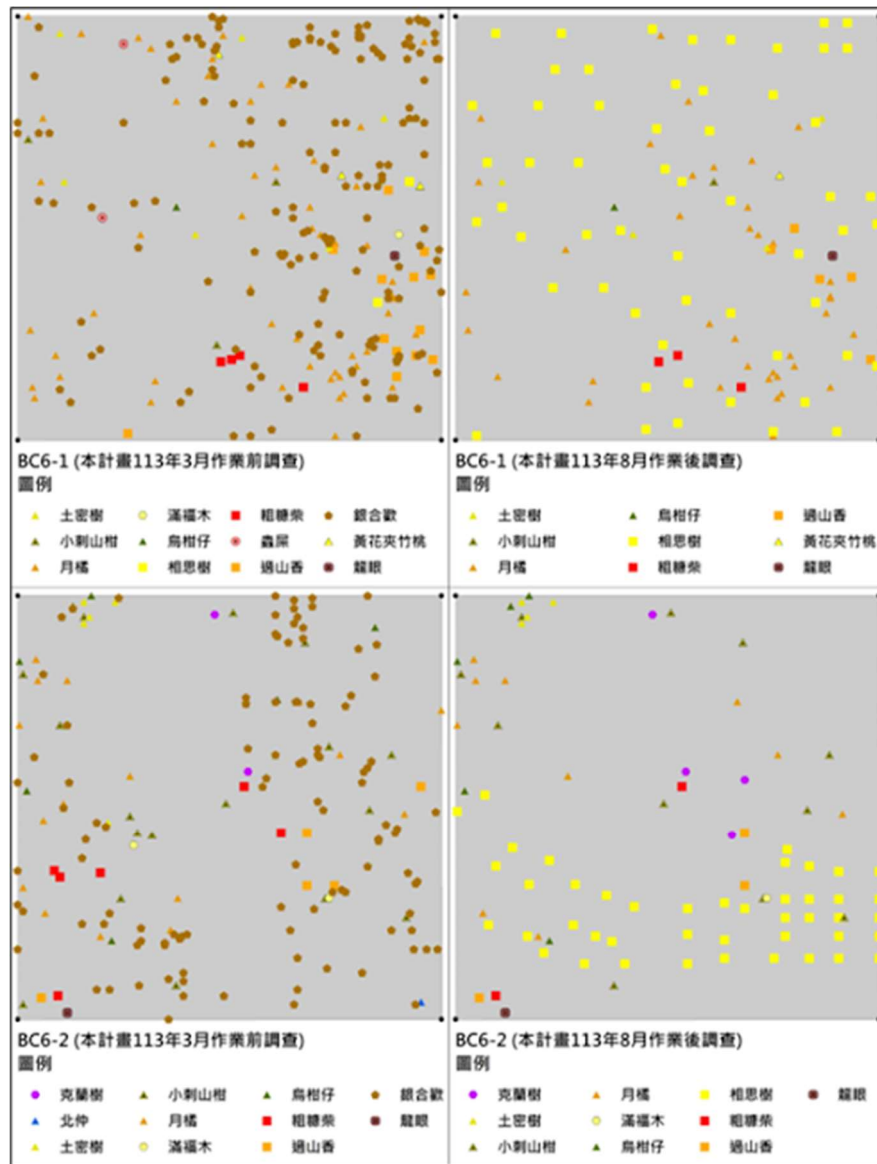


圖 5.3.1.4-7 BC5 樹木分布與數量統計圖(含前期計畫)

註：前期計畫於作業中、後時間點相近，植被變化差異不大，故本計畫調整為移除作業前、後各調查 1 次。



BC6樣區樹木數量統計

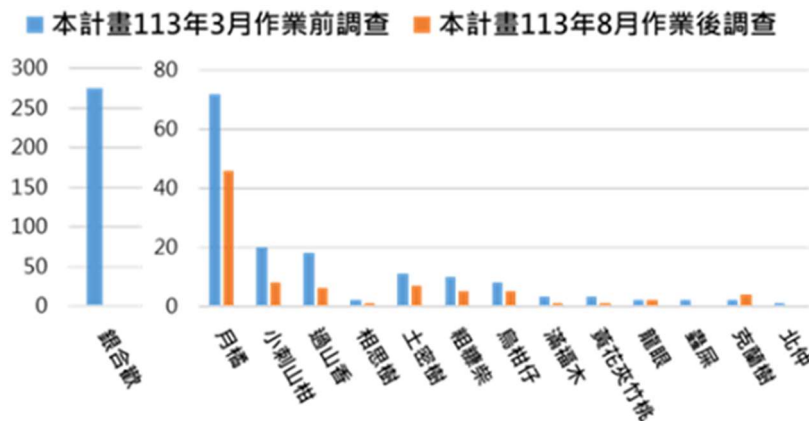


圖 5.3.1.4-8 BC6 樹木分布與數量統計圖

BC7與BC8樣區位於114年銀合歡全面移除造林區域。兩樣區由於銀合歡的優勢程度極高(IVI值分別為65.29與59.54)(圖 5.3.1.4-9、圖 5.3.1.4-10)，故Simpson多樣性指數與Shannon-Wiener多樣性指數偏低，且以BC7之數值為最低。兩樣區皆有銀合歡小苗紀錄，但覆蓋度皆小於1%。在移除作業後亦需持續累積監測資料以及確認保留之大徑級母樹得以達到保存種原與自然更新之功能。

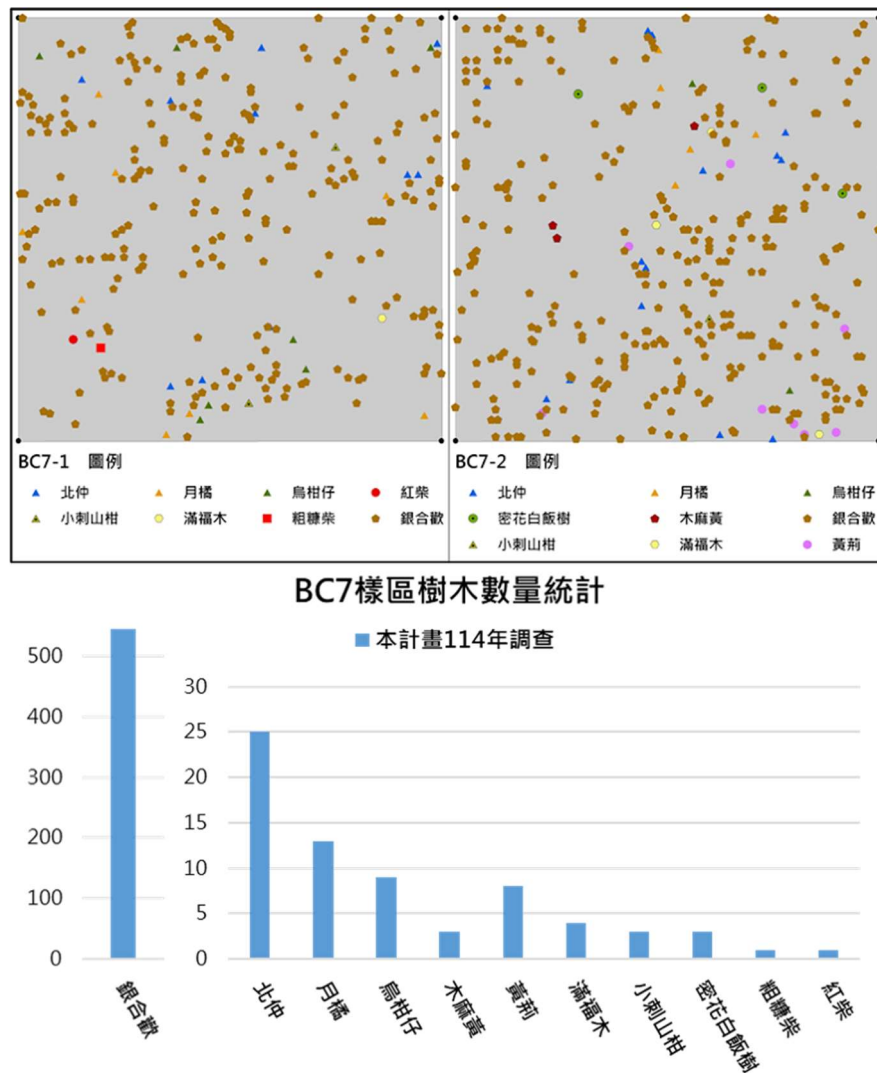


圖 5.3.1.4-9 BC7 樹木分布與數量統計圖



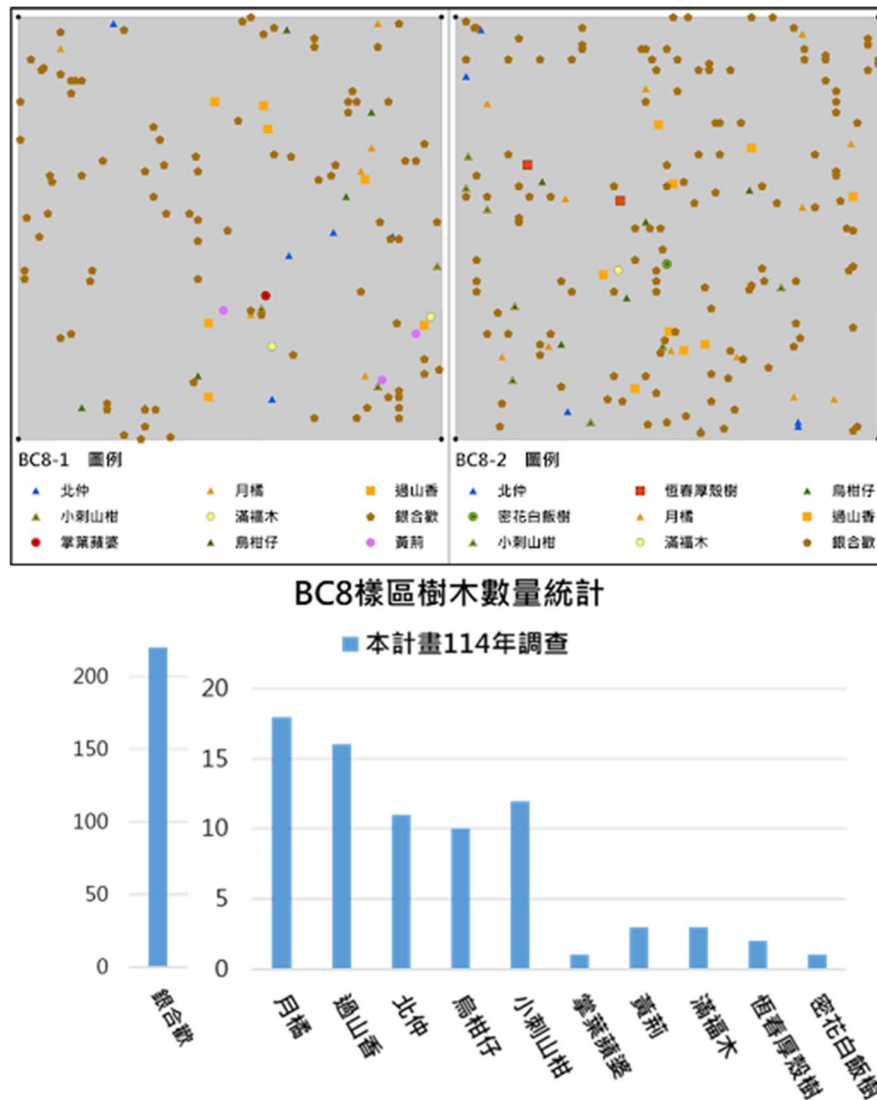


圖 5.3.1.4-10 BC8 樹木分布與數量統計圖

### 5.3.1.5 植物監測結果綜合討論

綜整三種作業方式比較，有定期維護管理的帶狀植栽造林樣區的物種組成與多樣性指數維持與前期計畫數據相似，樣區狀況相對穩定；一次性砍除樣區則因針對銀合歡移除，故物種數(S)與所有物種個體數(N)減少幅度皆較全面移除造林樣區小，而此兩種銀合歡移除方式，都讓樣區內轉為原生樹種優勢，因此初步判斷森林有恢復跡象(表 5.3.1.5-1)。另外，多樣性指數的提升幅度則取決於原先樣區內群落分布的均勻程度，如移除作業前群落分布相對均勻的BS1、BS5與BC5樣區於移除作業後，多樣性指數的提升幅度相對比較小。此外，全面移除造林樣區若栽植單一物種，也會使整體群落分布不均，使優勢度集

中在少數物種，可能會使多樣性指數下降。

表 5.3.1.5-1 監測樣區前後狀況綜合統整

移除方式	物種組成與生物多樣性指數	整體狀況
帶狀植栽造林 AH3	幾乎不變。	兩次調查之上木層皆由相思樹與月橘種優勢；地被層皆由銀合歡小苗、萌蘗與香澤蘭優勢。
一次性砍除 BS1、BS4、BS5	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 針對銀合歡移除。</li> <li>2. 物種數與所有物種個體數減少幅度小。</li> <li>3. 多樣性指數有上升趨勢。</li> <li>4. 銀合歡殘存率&lt;5%。</li> </ol>	上木層原為銀合歡優勢，移除後轉為相思樹、黃荊、克蘭樹等留存之原生樹種優勢，但仍有少量銀合歡殘存；地被層大部分以原生種優勢，但 BS4 因開闢作業車道，整體較為開闊，使香澤蘭在移除後成為最優勢種類。
全面移除造林 BC1、BC5、BC6	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 僅保留大胸徑原生樹種。</li> <li>2. 物種數與所有物種個體數減少幅度大。</li> <li>3. 多樣性指數有上升趨勢。</li> <li>4. 銀合歡殘存率 0%。</li> </ol>	上木層原為銀合歡優勢，移除後轉為留存如月橘或栽植樹如海欖果、相思樹優勢，無銀合歡殘存；地被層則因大型機具進出造成較大擾動，物種組成變動較多，且外來種優勢度增加，其中 BC6 樣區最優勢種類為銀合歡。

註：綜整 112 年之前期計畫調查，僅比較有前後變化之樣區，故 BC7 與 BC8 樣區未納入。

樣區上木層原生種比例方面，加入前期資料加以比對後，銀合歡移除後樣區上木層的自然更新原生種IVI值幾乎都比尚未移除的數值高。若以原生種而言(造林樹種與自然更新原生種IVI值相加)，則所有移除後的樣區皆遠高於尚未移除的數值(圖5.3.1.5-1)。

以樣區物種數而言，銀合歡移除後原生種的比例皆上升，雖然移除樣區最高之BS1原生物種數(20)與近自然林(48)相比仍不達一半數量(圖5.3.1.5-2)，建議可參考表1.2-4適生植物建議，在後續補植更多元的原生種，以促進恢復熱帶季風林。

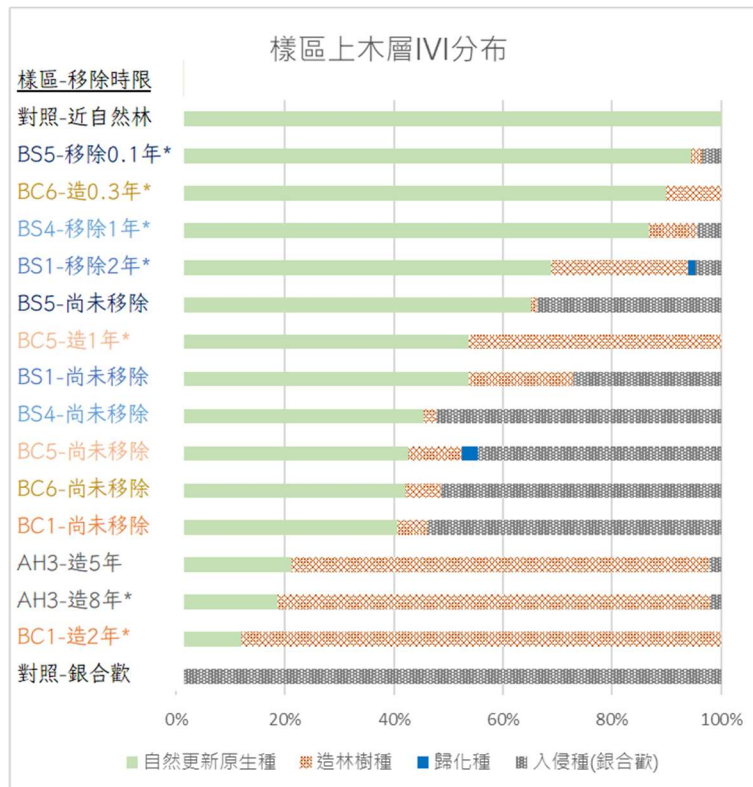


圖 5.3.1.5-1 樣區上木層 IVI

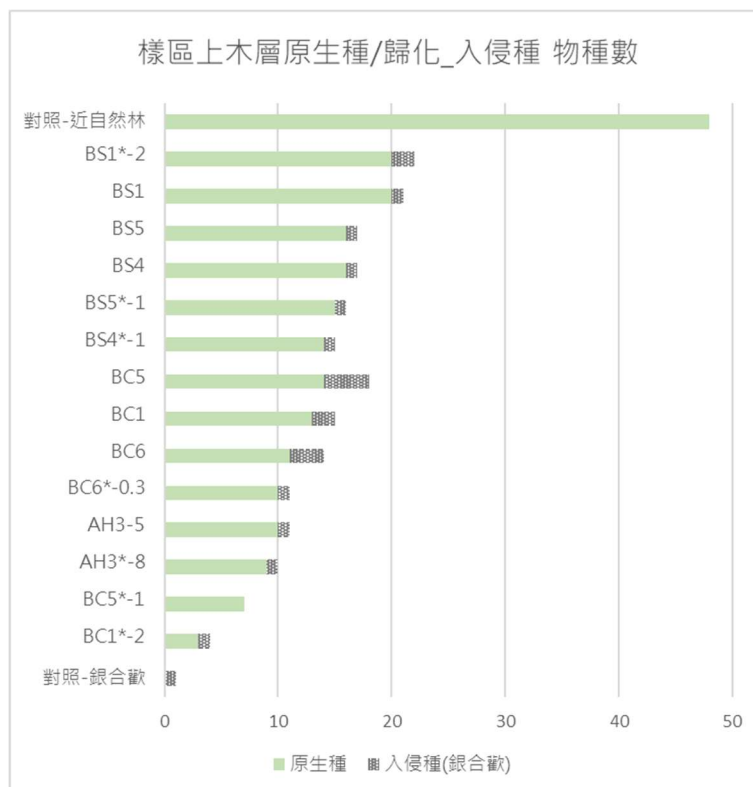


圖 5.3.1.5-2 樣區上木層物種組成



銀合歡方面，本計畫整合112年之前期計畫調查於表5.3.1.5-2與圖5.3.1.5-3。帶狀植栽造林樣區AH3上木層銀合歡數量極少，但地被層之銀合歡最優勢，包含小苗或主幹移除後之樹頭萌蘖，其高度皆小於30公分，推測有定期維護管理，以抑制銀合歡擴散。一次性砍除與全面移除造林樣區之上木層於移除作業前皆以銀合歡最優勢，雖於移除作業後一次性砍除樣區之整體銀合歡殘存率小於5%，但根據BS1與BS4樣區之調查4次之資料，上木層銀合歡數量有些微增長，後續仍須留意其族群是否會持續增長。

表 5.3.1.5-2 各樣區銀合歡概況(含前期計畫)

作業方式	調查年度	樣區	上木層							地被層	
			胸徑級(cm)			株數	殘存率(%)	相對密度(%)	IVI(%)	相對覆蓋度(%)	IV(%)
			1~3	3~10	>10						
歷史造林	110	AH3	-	2	-	2	-	2.33	<b>2.22</b>	25.24	<b>17.38</b>
	113	AH3	-	1	-	1	-	1.20	<b>1.92</b>	17.24	<b>13.75</b>
一次性砍除	110	BS1(作業前)	29	113	4	146	100.00	41.95	<b>27.05</b>	8.80	<b>7.53</b>
	110	BS1(作業中)	10	1	-	11	7.53	4.82	<b>4.40</b>	3.25	<b>5.62</b>
	111	BS1(作業後)	10	-	-	10	6.85	4.57	<b>4.30</b>	2.35	<b>5.34</b>
	113	BS1(作業後)	7	11	-	18	<b>12.33</b>	7.79	<b>4.65</b>	2.03	<b>4.19</b>
	111	BS4(作業前)	10	316	23	349	100.00	74.26	<b>52.27</b>	0.94	<b>2.85</b>
	111	BS4(作業中)	-	2	-	2	0.57	2.11	<b>2.59</b>	7.53	<b>10.63</b>
	111	BS4(作業後)	-	2	-	2	0.57	2.15	<b>2.71</b>	14.18	<b>15.20</b>
	113	BS4(作業後)	-	3	-	3	<b>0.86</b>	3.95	<b>4.31</b>	0.38	<b>3.13</b>
	113	BS5(作業前)	-	65	23	88	100.00	49.16	<b>33.66</b>	-	-
	113	BS5(作業後)	-	1	2	3	<b>3.41</b>	3.33	<b>3.44</b>	1.79	<b>2.46</b>
全面移除造林	111	BC1(作業前)	-	178	27	205	100.00	74.55	<b>53.77</b>	0.38	<b>4.04</b>
	111	BC1(作業中)	-	-	-	-	0.00	-	-	28.84	<b>26.92</b>
	111	BC1(作業後)	-	-	-	-	0.00	-	-	7.63	<b>10.20</b>
	113	BC1(作業後)	-	-	-	-	<b>0.00</b>	-	-	1.20	<b>4.71</b>
	112	BC5(作業前)	13	130	35	178	100.00	54.94	<b>44.53</b>	0.60	<b>3.53</b>
	113	BC5(作業後)	-	-	-	-	<b>0.00</b>	-	-	5.64	<b>5.85</b>
	113	BC6(作業前)	35	185	55	275	100.00	64.1	<b>51.23</b>	1.54	<b>1.72</b>
	113	BC6(作業後)	-	-	-	-	<b>0.00</b>	-	-	29.35	<b>20.15</b>
	114	BC7(作業前)	75	420	49	544	100.00	88.60	<b>65.29</b>	2.12	<b>4.09</b>
	114	BC8(作業前)	3	155	62	220	100.00	74.07	<b>59.54</b>	0.17	<b>1.44</b>

註：加底色部分為 112 年之前期計畫調查。

目前帶狀植栽造林樣區AH3與銀合歡移除作業後的一次性砍除、全面移除造林樣區之上木層皆以原生樹種最優勢(相思樹、海欖果、月橘、克蘭樹)。但本計畫調查時發現全面移除造林樣區內部分新植苗木死亡，建議定期巡視苗木生長情形與銀合歡是否再入侵的狀況，並評

估是否有補植需求。地被層則有2個樣區分別以銀合歡與香澤蘭(外來入侵種)最優勢。雖然地被層之物種組成由於季節性與擾動等因素有較大的變動幅度，但後續仍須關注外來入侵種是否有擴散的情況。

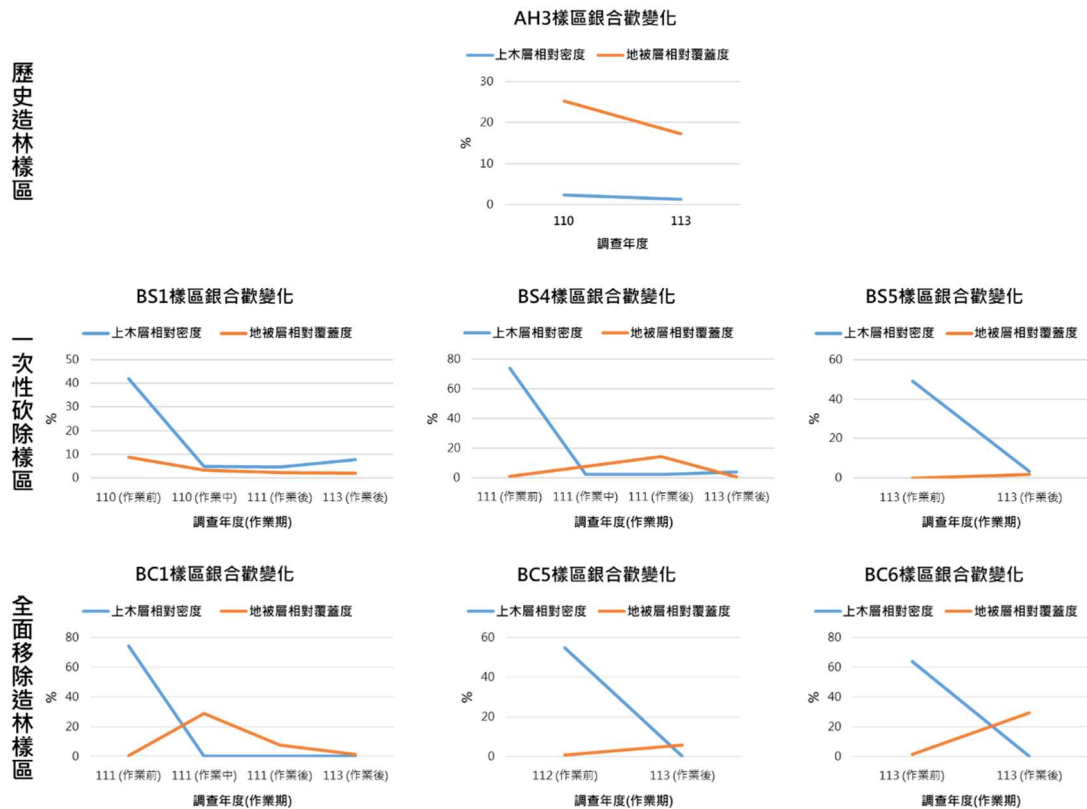


圖 5.3.1.5-3 各樣區銀合歡上木層相對密度與地被層相對覆蓋度變化

註：含 112 年之前期計畫調查資料。

針對銀合歡於上木層與地被層優勢度的關聯性，本計畫彙整112年之前期計畫調查資料與113~114年調查結果整合銀合歡狀況如表 5.3.1.5-1。由於設立樣區選址於進行移除作業的銀合歡分布範圍，於移除作業前上木層記錄之銀合歡上木甚多，地被層則有少量銀合歡小苗(BS5樣區作業前於地被層調查範圍內雖未記錄，但樣區內仍有觀察到銀合歡小苗)。整體而言，上木層之銀合歡優勢度越高，地被層的銀合歡小苗數量通常就越少，但若樹冠層覆蓋度較低(AH3樣區)，地被層之銀合歡優勢度相對較高。

另外，據銀合歡收購說明會(詳附錄五)之枋山鄉場次，永在林業

余廠長的分享：銀合歡生長史可分成種子、小苗、幼樹、成熟植株，移除的最佳時機點為小苗階段，因其種子很常同時大量萌發，此時扎根尚淺，移除作業相對容易，但隨根系茁壯，若未完全移除都有很高機率萌蘖，因此建議銀合歡剛萌芽時就處理，可以減少後續處理的成本。種子同時大量萌發的狀況與植物監測樣區紀錄、調查人員野外觀察經驗相符，但通常發生在森林破空後，故銀合歡移除作業後再針對新生小苗加強移除或許能再進一步提升移除效益。

全面移除造林樣區內栽植之苗木種類包含相思樹、海欖果、紅柴、棟與欖仁。其中BC1樣區以前期計畫之資料為基礎計算。樣區內記錄到最多之苗木為海欖果，其次為相思樹，各樣區栽植苗木狀況詳表5.3.1.5-3，樹木分布圖詳圖5.3.1.4-6~圖5.3.1.4-8。BC6樣區之苗木生存狀況較好，推測原因為苗木新植與移除作業後調查時間間隔短，故較少苗木死亡；BC1樣區則可能因為調查時間間隔長，所以整體存活率較低。由於小苗存活數據僅侷限在樣區裡之紀錄資訊，可能放大死亡率，補充屏東分署之驗收資訊如表5.3.1.5-4。

表 5.3.1.5-3 全面移除造林樣區栽植苗木存活率

樣區	物種	種植株數	存活株數	存活率(%)	物種	種植株數	整體存活率(%)
BC1	海欖果	98	41	41.84	欖仁	3	100.00
	紅柴	28	12	42.86	相思樹	158	72.78
	相思樹	27	15	55.56	紅柴	34	52.94
	棟	14	4	28.57	海欖果	192	51.04
	總計	167	72	43.11	棟	14	28.57
BC5	海欖果	94	57	60.64	總計	401	59.35
	紅柴	6	6	100.00			
	欖仁	3	3	100.00			
	總計	103	66	64.08			
BC6	相思樹	131	100	76.34			

表 5.3.1.5-4 林班地範圍全面移除造林苗木存活率

樣區	移除工作	驗收日期	每公頃栽植株數	驗收存活株數	存活率(%)
BC1		114/9/17	2000	1753	87.65%
BC5	由慈心公司認養施作，規定成活率為 70%以上				
BC6		114/8/11	2500	2035	81.4%



以物種角度切入，欖仁的存活率最高，但因數量僅有3株，無法以此判斷是否為存活率最佳的苗木，種植數量則以海欖果最多，相思樹次之，推測此二種類之苗木來源較穩定。另外，BC5樣區死亡的海欖果苗木主要位在BC5-1；BC5-2則是所有苗木皆存活(圖5.3.1.4-7)，推測原因包含偶發性擾動如天然災害或是有部分區域剛進行補植作業所以苗木狀況較佳等。因此，後續需要更瞭解苗木確切存活率，除持續累積資料，也要進一步取得補植苗木的資訊，以免誤判各種類苗木的成為造林樹種的潛能。

植物紅皮書受脅種類部分，本計畫於113~114年調查到3種，包含白樹仔、小葉朴及柳葉鱗球花；112年之前期計畫則調查到27種(2種瀕危、10種易危、15種接近受脅)，植物紅皮書受脅種類資訊詳表5.3.1.5-5，相對位置詳圖5.3.1.5-4。前期計畫因調查範圍涵蓋近自然林樣區與其他位於車城鄉之帶狀植栽造林樣區，亦記錄位於樣區鄰近地區之植物紅皮書受脅種類個體，故調查到的種類相較於本計畫豐富許多，但也顯示恆春半島之植物紅皮書受脅種類不在少數。其中亦包含繖楊、白樹仔、小葉朴等以恆春半島為主要分布地之種類，若其生長空間被銀合歡佔據，整體族群之生存壓力會增加，因此執行銀合歡移除作業前應確認預定移除範圍內是否有植物紅皮書受脅種類，以利移除規劃進行滾動式調整，讓受脅植物能夠在其原棲地存續。

表 5.3.1.5-5 本計畫與前期計畫之植物紅皮書受脅種類紀錄

物種中名	學名	植物紅皮書 評估等級	區系	生活型
竹柏	<i>Nageia nagi</i>	瀕危	原生	喬木
繖楊	<i>Thespesia populnea</i>	瀕危	原生	喬木
白樹仔*	<i>Gelonium aequoreum</i>	易危	特有	喬木
紫黃	<i>Margaritaria indica</i>	易危	原生	喬木
佐佐木氏灰木	<i>Symplocos sasakii</i>	易危	特有	小喬木
臺灣艾納香	<i>Blumea oblongifolia</i>	易危	原生	草本
鐵色	<i>Drypetes littoralis</i>	易危	原生	喬木
厚葉牽牛	<i>Ipomoea imperati</i>	易危	原生	草質藤本
舌瓣花	<i>Jasminanthes mucronata</i>	易危	原生	木質藤本
南臺灣黃芩	<i>Scutellaria austrotaiwanensis</i>	易危	特有	草本
恆春皂莢	<i>Gleditsia rolfei</i>	易危	原生	喬木
恆春半插花	<i>Hemigraphis primulifolia</i>	易危	原生	草本
臺灣鐵線蓮	<i>Clematis formosana</i>	接近受脅	特有	草質藤本
小葉朴*	<i>Celtis nervosa</i>	接近受脅	特有	喬木
土樟	<i>Cinnamomum reticulatum</i>	接近受脅	特有	喬木
南仁五月茶	<i>Antidesma hiiranense</i>	接近受脅	特有	灌木
水團花	<i>Sinoadina racemosa</i>	接近受脅	原生	喬木
柳葉鱗球花*	<i>Lepidagathis stenophylla</i>	接近受脅	特有	草本
胡麻草	<i>Centranthera cochinchinensis</i>	接近受脅	原生	草本
山樣子	<i>Buchanania arborescens</i>	接近受脅	原生	喬木
河王八	<i>Narenga porphyrocoma</i>	接近受脅	原生	草本
毛柿	<i>Diospyros blancoi</i>	接近受脅	原生	喬木
禾草芋蘭	<i>Eulophia graminea</i>	接近受脅	原生	草本
水楊梅	<i>Homonoia riparia</i>	接近受脅	原生	灌木
短穗毛舌蘭	<i>Trichoglottis rosea</i>	接近受脅	原生	草本
細本葡萄	<i>Vitis thunbergii</i> var. <i>thunbergii</i>	接近受脅	原生	木質藤本

註\*：本計畫與 112 年之前期計畫皆有調查紀錄之物種。

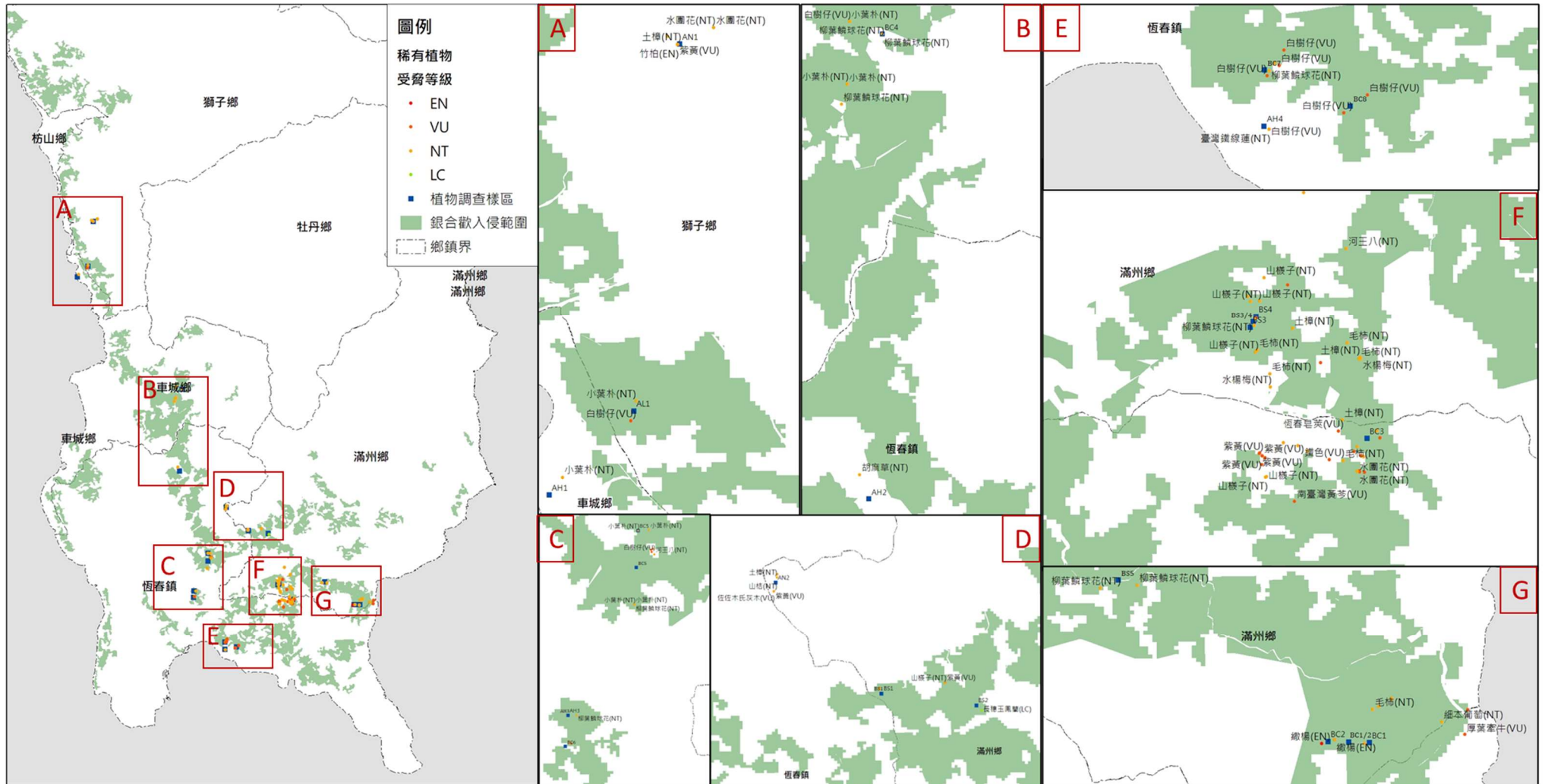


圖 5.3.1.5-4 本計畫與前期計畫之植物紅皮書受脅植物相對位置



### 5.3.2 動物監測成果

本期動物監測項目包含以自動相機監測哺乳類、以自動錄音機監測鳥類以及架設吊網監測蝶類，自動相機與自動錄音機於第1季調查時架設，於第2、3、4季調查時收回影像與錄音資料，其中第3季秋季調查時由於過程遭遇大雨而中斷行程，並於次月再度進行調查，因此器材巡視次數已達四次。蝴蝶吊網則於各季調查時於各樣區設置，於架設1天日後檢視捕捉狀況並回收吊網。第3季第1次調查因雨中斷，因此全部樣區皆採用第2次補充調查所收集之資料。BC7與BC8兩個新樣區的自動錄音機因於4月24日進行設置作業時正逢伐除作業開始，因此架設後便予以拆除，並無獲得錄音資料；自動相機因於樣區場勘時便先行設置，最終記錄到1個月左右之資料。各樣區器材設置與巡視次數以及資料收集狀況詳見表5.3.2-1。

表 5.3.2-1 各樣區器材設置與資料收集狀況

組別	樣區	設置		自動相機		自動錄音機	
		架設時間	巡視次數	有效影像	有效工時	記錄檔案數	有效工時
帶狀 植栽 造林	AH3	2024/3/27	4	322	8546.5	79195	7919.5
一次 性砍 除	BS1	2024/3/27	4	204	6857.7	85036	8503.6
	BS3/4	2024/3/28	5	328	4517.4	70913	7091.3
	BS5	2024/3/28	5	227	3885.3+7055.7 <sup>a</sup>	76599	7659.9
全面 移除 造林	BC1/2	2024/3/28	5	612	10045.9	85089	8508.9
	BC5	2024/3/27	4	186	7023.5	69149	6914.9
	BC6	2024/3/27	5	438	1344.3+8401.4 <sup>b</sup>	73179	7317.9
	BC7	2025/3/18	1	24	866.3	-	-
	BC8	2025/3/18	1	71	865.8	-	-

註<sup>a</sup>：BS5 伐除作業於9月進行，為方便後續分析，將有效工時分別呈現

<sup>b</sup>：BC6 相機於伐除作業中斷拍攝，並於作業完成後重新架設，將有效工時分別呈現

### 5.3.2.1 哺乳動物監測結果

本計畫架設9部紅外線自動相機，共記錄到哺乳動物10科10種(物種數不含無法辨識至種的鼠科與蝙蝠科動物)，包含鹿科的臺灣山羌及梅花鹿、獼猴科的臺灣獼猴、豬科的臺灣野豬、貂科的黃喉貂及鼬獾、靈貓科的白鼻心、獐科的食蟹獐、兔科的臺灣野兔以及松鼠科的赤腹松鼠。其中臺灣獼猴特有種；臺灣山羌、臺灣野豬、黃喉貂、鼬獾、白鼻心、食蟹獐、臺灣野兔及赤腹松鼠8種為特有亞種。

各樣區的紅外線自動相機拍攝資料及出現頻率指數(後簡稱OI值)請詳見表5.3.2.1-1。相機拍攝時程介於113年3月27日至114年6月26日之間，113年度以前作業的各樣區皆已累計超過4500小時之有效工作時數，其中BS3/4由於拍攝角度遭改變、受光線或枝條影響造成大量空拍，導致相機有效工作時數未達5000小時；BS5樣區於113年9月進行伐除作業，架設位置雖未受影響，為方便後續分析比較，便以9月5日器材巡視時為基準，將工作時間區分為移除前及移除後，移除前累積有效工作時數近4000小時，移除後則累積超過7000小時；BC6因應廠商進場進行伐林作業而提早撤離，於伐林作業結束後重新架設，考量伐林作業後相機位置與周邊棲地較作業前變動較大，分析時將作業前後資料分開呈現，因此BC6相機於作業前有效拍攝時數未達2000小時，作業後則超過8000小時；其餘AH3與BC1/2相機之有效工作時數皆超過8000小時。114年度作業的BC7及BC8因應廠商進場進行伐林作業而提早撤離，故有效工時未達900小時。檢視各樣區之物種累積曲線(species accumulation curve, SAC)，可發現各樣區之累積曲線略有不同(圖5.3.2.1-1)，但多數樣區在有效工時超過3000小時後上升趨勢便已緩和，顯示目前所得之資料足以反映哺乳動物紀錄的完整性。

表 5.3.2.1-1 各樣區野生哺乳動物及貓狗之出現頻率(OI 值)

作業類型	帶狀植栽造林	一次性砍除					全面移除造林						
樣區代號	AH3	BS1	BS3/4	BS5		合計	BC1/2	BC5	BC6		BC7	BC8	合計
作業階段	移除後	移除後	移除後	移除前	移除後		移除後	移除後	移除前	移除後	移除前	移除前	
有效工時	8546.5	6857.7	4517.4	3885.3	7055.7		10045.9	7023.5	1344.3	8401.4	866.3	865.8	
臺灣山羌	4	12.4			0.3	4.1	3.5			10.4			2.3
梅花鹿	22	3.5	43.6	14.2	44.9	20.4	23.5	8	2.2	7.3	16.2	68.1	20.9
臺灣野豬	1.2	0.6	0.4	0.3	0.1	0.4	0.5	0.6		2		1.2	0.7
臺灣獼猴	1.4	1.5	17.3	20.8	29.8	13.2	17.3						2.9
黃喉貂	0.1		0.2		0.1	0.1	0.1						0.0
鼬獾		0.1	0.2	2.1	2.7	0.8	0.7	1	1.5	0.7			0.6
白鼻心	4.6	0.6	0.7	1.3	0.6	0.8	1.9	1	0.7	2.9	1.2	1.2	1.5
食蟹獾	1.3	1.5	0.7	1.3	0.9	1.1	11.5	0.3		10.7	8.1	1.2	5.3
臺灣野兔		0.3				0.1							0.0
赤腹松鼠	2.7	6.4	8.4	17.2	13.9	10.7	1.3	13.4	7.4	9.9	1.2	1.2	5.7
鼠科		2.9		1	3.5	1.3	0.1	1.4	1.5	1.3	1.2		0.9
蝙蝠科	0.2		0.4		0.1	0.1	0.1	0.9	0.7	3.8		1.2	1.1
狗	0.2		0.4	0.3		0.2	0.4		0.7	0.4		5.8	1.2
貓			0.2			0.1				0.5		2.3	0.5

註：各相機記錄到 OI 值前 3 名的物種以底色標示。



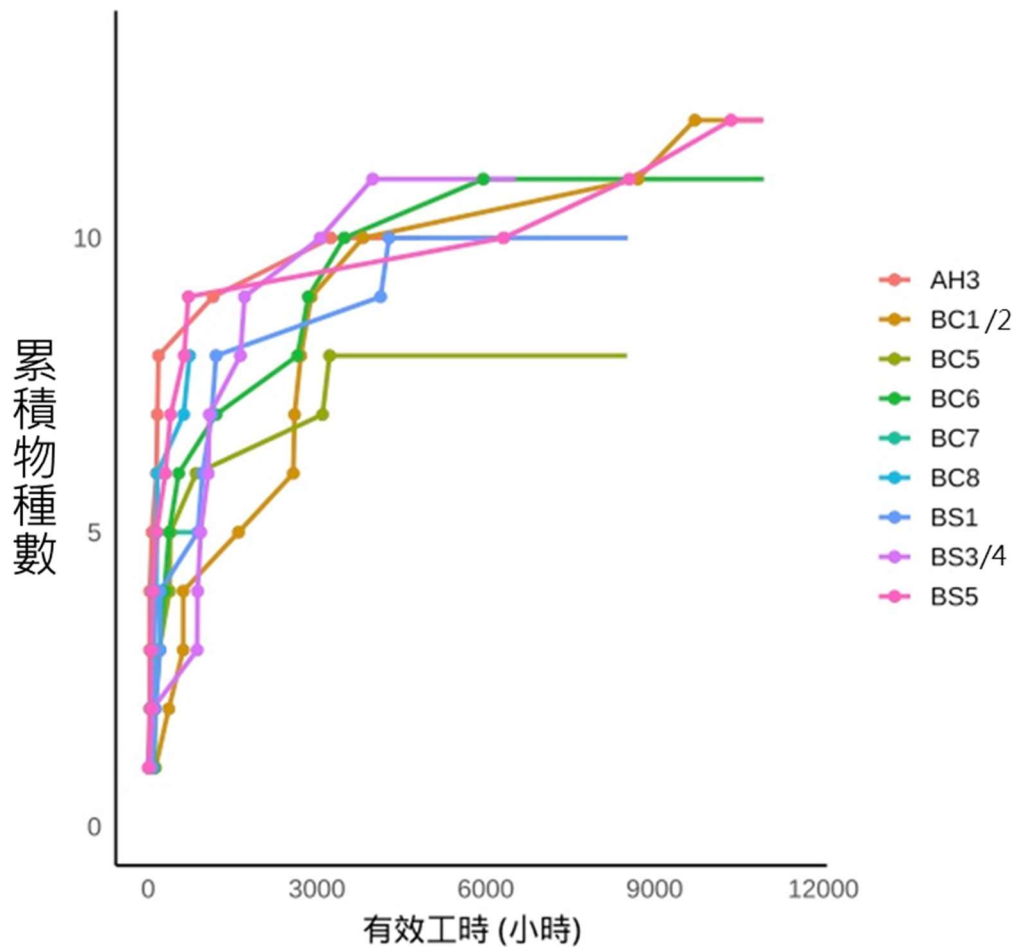


圖 5.3.2.1-1 各樣區自動相機物種累積曲線

各物種中以梅花鹿、白鼻心以及赤腹松鼠分布最廣，在每個樣區每部相機都有記錄到，同時也是整體出現頻度最高的三個物種；食蟹獾亦是各樣區皆有紀錄，其中BC6是在伐林作業後才記錄到；臺灣野豬也是分布很廣，僅有工作時數尚短的BC7未有紀錄。以下針對各樣區中物種的出現頻率概況分別描述：

#### (1) 帶狀栽植造林樣區

AH3樣區中共記錄到8種可辨識至種的哺乳動物，活動頻度排名前3的物種及其OI值依序為梅花鹿(22.0)、白鼻心(4.6)及臺灣山羌(4)，本樣區白鼻心的活動頻度居所有樣區之冠。

#### (2) 一次性砍除樣區

BS1樣區中共記錄到9種哺乳動物，活動頻度排名前3的哺乳動物

及其OI值依序為臺灣山羌(12.4)、赤腹松鼠(6.4)及梅花鹿(3.5)。本樣區臺灣山羌的活動頻度居所有樣區之冠，而臺灣野兔僅在本樣區有紀錄。

BS3樣區中共記錄到8種哺乳動物，活動頻度排名前3的哺乳動物及其OI值依序為梅花鹿(43.6)、臺灣獼猴(17.3)及赤腹松鼠(8.4)，本樣區梅花鹿與黃喉貂的活動頻度居所有樣區之冠。

BS5為113年度執行銀合歡移除的樣區，移除作業前與後皆有資料，移除前樣區中共記錄到7種哺乳動物，活動頻度排名前3的哺乳動物及其OI值依序為臺灣獼猴(21.8)、梅花鹿(21.2)及赤腹松鼠(12.4)，移除作業前本樣區赤腹松鼠活動頻度居所有樣區之冠；移除後共記錄到9種哺乳動物，活動頻度排名前3的哺乳動物及其OI值依序為梅花鹿(44.9)、臺灣獼猴(29.8)及赤腹松鼠(13.9)，移除作業後本樣區臺灣獼猴活動頻度居所有樣區之冠。

### (3) 全面移除造林樣區

BC1/2樣區中共記錄到9種哺乳動物，活動頻度排名前3的哺乳動物及其OI值依序為梅花鹿(23.5)、臺灣獼猴(17.3)及食蟹獐(11.5)，本樣區食蟹獐的活動頻度居所有樣區之冠；BC5樣區中共記錄到6種哺乳動物，活動頻度排名前3的哺乳動物及其OI值依序為赤腹松鼠(13.4)、梅花鹿(9.7)及鼠科動物(1.4)；BC6為113年度執行移除造林的樣區，移除作業前與後皆有資料，惟移除前累積的有效工作時數相對較短。樣區移除作業前共記錄到4種哺乳動物，活動頻度排名前3的哺乳動物及其OI值依序為赤腹松鼠(7.4)、梅花鹿(2.2)及鼬獾(1.5)，其中鼬獾活動頻度居所有樣區之冠；移除作業後共記錄到7種哺乳動物，活動頻度排名前3的哺乳動物與作業前不同，其物種與OI值依序為食蟹獐(10.2)、赤腹松鼠(6.8)及臺灣山羌(6.5)，其中食蟹獐活動頻度居所有樣區之冠。目前記錄到各個舊樣區最優勢的物種與前期大致符合(表5.3.2.1-1)，例如BS1是以臺灣山羌最為優勢。BS3是以梅花鹿最為優勢。各操作類型的樣區間以一次性砍除樣區有較多的哺乳動物物種以及活動。

### (4) 造林作業與哺乳動物活動情形

關於銀合歡移除以及造林作業與野生動物活動情形間的關聯，目前僅有BC6與BS5同時有移除前與移除後的影像紀錄資料。BC6移除

作業後新增了臺灣山羌、臺灣野豬及食蟹獐3物種的紀錄，然因計畫起始時間與移除作業發包時間相近的關係，移除前自動相機的有效工作時數僅有約1344小時，對於移除作業前動物實際活動情形的代表度可能略顯不足，但大致來說，臺灣山羌、梅花鹿、白鼻心、食蟹獐以及赤腹松鼠的新紀錄或活動頻度增加，有可能是因為移除作業後整體環境開闊度大增，因此前列物種可能往少數遮蔽度較高的殘存既有樹林活動，記錄到的動物活動狀況便隨之增加。BS5於移除作業後新增了臺灣山羌、黃喉貂等物種的紀錄，梅花鹿、臺灣獼猴、鼬獾及鼠科動物之活動頻度亦較移除前增加，考量本樣區於移除作業前已累積近4000小時有效工時，作業後有效工時亦超過7000小時，所得資料應具一定程度之代表性，因此判斷移除作業確實可能增加哺乳動物在鄰近未受伐除區域的活動情形。

以非度量多維尺度分析 (Non-metric Multidimensional Scaling, nMDS) 方法，來視覺化並評估不同樣區間哺乳動物群落組成的相似性。進行分析前中篩除無法辨識種類或非哺乳類的紀錄後，產出各樣區的哺乳類OI值矩陣。以 Bray-Curtis 相異度指數 (Bray-Curtis Dissimilarity) 來計算任意兩個樣區間的哺乳類群落組成差異。nMDS 透過迭代運算來尋找最佳的點位排列，最終以二維圖呈現各樣區的空間分佈模式。最後將每個物種的 nMDS 座標點疊加到同一張圖中，以協助判斷是哪些特定物種的群聚，造成了樣區間的分群模式。分析每個樣區各物種的OI值，將BS5、BC6資料依銀合歡伐除作業時間切分為移除前(標示為BS5b與BC6b)及移除後(標示為BS5a與BC6a)，並將同作業類型之平均也納入分析(標示為BS\_ALL及BC\_ALL)。結果顯示，目前三種操作類型的樣區記錄到的主要物種群集皆是以森林與森林邊緣環境活動的物種為主(圖5.3.2.1-2)。而其中全面移除樣區 (BC) 由於BC7、BC8及作業前的BC6記錄到比較多會在人為干擾區出現的家貓、家犬以及會在農墾環境的鼠科動物，導致哺乳動物群聚結構與其他兩類型較為不同，但其中BC1因臺灣獼猴及山羌的紀錄使其群聚結構相對接近AH3。一次性砍除樣區(BS)與帶狀伐除造林樣區(AH)的物族群聚結構相對較相似，其中又以BS3/4與AH3相對接近。

比較BC6與BS5在伐除作業前後群聚狀況的變動，可發現BC6在作業前哺乳動物群聚偏向農墾及人為擾動較頻繁的環境，在伐除作業



後則相對較趨近森林及林緣棲地的群聚；BS5則是在伐除作業前已是森林及林緣棲地的群聚型態，伐除作業後又向AH3再靠近一些。以現有的資料來看，銀合歡伐除與造林作業確實可森林棲地產生正面的效益。

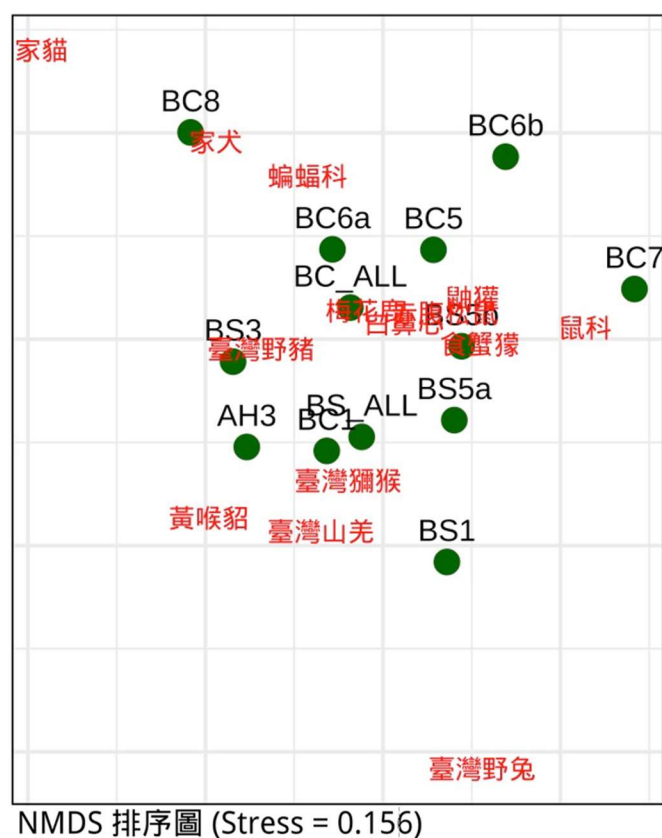


圖 5.3.2.1-2 各樣區哺乳動物組成 nMDS 圖

#### 5.3.2.2 鳥類監測結果

目前自動錄音機於7樣區共記錄539,160筆錄音檔案，雖然少數樣區因器材狀況(包含記憶卡與錄音機匹配性不佳、天候及潮濕造成機器受潮停擺等)導致資料量較少，但作業年度在113年以前的每樣區皆至少收集到280天左右的錄音檔案，最多則有收集到354天的資料，相較於傳統透過人力進行現場定點調查，自動錄音機確實可記錄較長時間尺度的動物活動紀錄。

本計畫自動錄音機資料分析流程如圖5.3.2.2-1，以下分別就人工物種辨識、AI物種辨識及聲景指數三大方向進行說明：

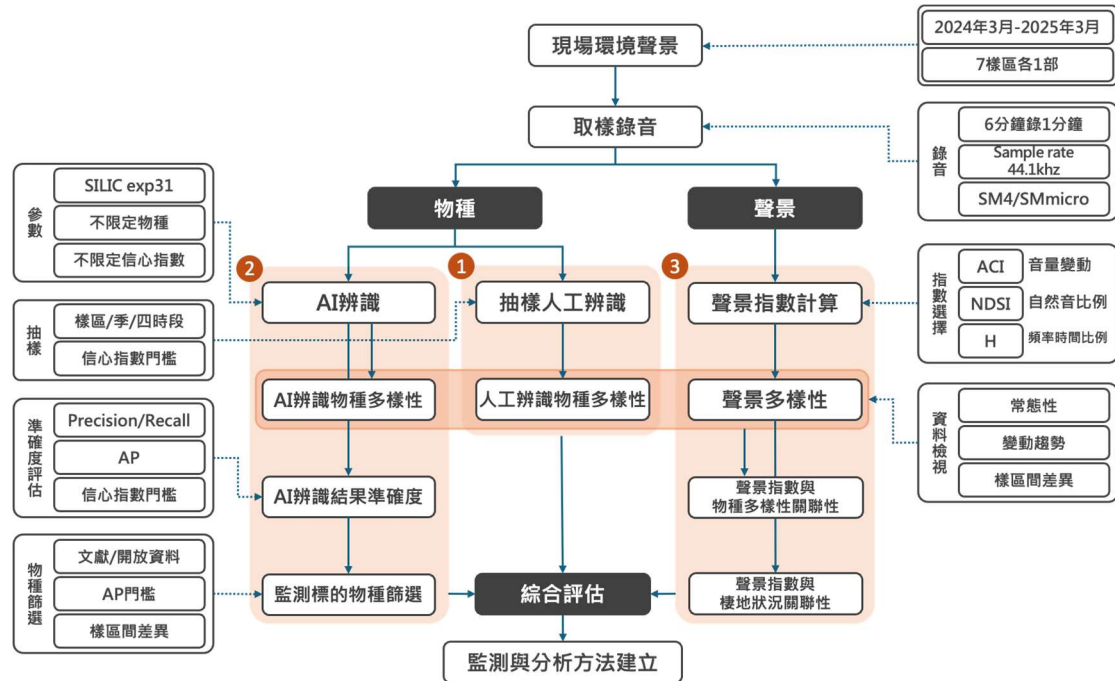


圖 5.3.2.2-1 自動錄音機資料分析流程圖

### (1) 人工物種辨識

#### (a) 先行抽樣資料狀況與後續抽樣標準決定

考量人工抽驗資料相當耗時，因此先針對部分樣區進行較詳細抽驗，透過先行抽驗樣區的資料狀況代表性決定後續其他樣區所要檢視的時段以及應抽樣的次數。期中時已針對AH3第一季(春季)進行抽樣檢視，考量不同移除及造林作業類型，另外選取BC1/2與BS5兩樣區進行每個月各4時段起碼5次的抽樣檢視，BC1/2共檢視336個檔案，BS5則檢視306個檔案(表5.3.2.2-1)。

檢視各樣區各季節4時段的鳥類物種累積曲線，一般來說物種累積曲線上升幅度取決於出現物種豐富度(S)以及活動狀況，樣區間物種累積的狀況差異很大，四季間大致以春季或冬季曲線上升幅度較大，部分樣區如BC1/2的春季在取樣超過30次後曲線上升幅度仍未趨緩，BC6與BS3/4的冬季則是超過10次後曲線上升幅度仍未趨緩，顯示各樣區的鳥類群聚與利用情形有所不同；各時段間則是以清晨跟黃昏曲線上升幅度較大(圖5.3.2.2-2)。部分樣區如BC5、BS1的春、夏、秋三季在取樣超過6-10次後曲線上升

幅度便已趨緩，因此雖然部分樣區需要較高的取樣數量方可較完整呈現實際鳥類群聚情形，但在人力時間資源有限的情況下，後續建議每季起碼抽樣8次以上。根據取樣數量較多的BC1/2跟BS5兩樣區資料檢視全天的4個時段的物種豐富度，兩樣區皆是以清晨最高，並以夜間最低(圖5.3.2.2-3)，因此在人力時間資源有限的情況下，建議優先選擇清晨時段進行抽樣檢視。

表 5.3.2.2-1 各樣區抽樣檢視的檔案分布狀況

	AH3	BC1/2	BC5	BC6	BS1	BS3/4	BS5	總計
SPRING								
DAWN	77	38	8	12	13	8	35	191
DAYTIME	56	39			12	8	34	149
DUSK	60	36			12	8	35	151
NIGHT	12	38			12	8	20	90
SUMMER								
DAWN	13	16	12	9	12	12	16	90
DAYTIME		18			12	13	15	58
DUSK		16			12	13	15	56
NIGHT		14			12	12	15	53
FALL								
DAWN	12	15	12	11	12	12	15	89
DAYTIME		15			3	12	16	46
DUSK		15			3	12	15	45
NIGHT		16			3	12	15	46
WINTER								
DAWN	13	15	12	12	13	12	15	92
DAYTIME		15				12	15	42
DUSK		15				12	15	42
NIGHT		15				12	15	42
總計	243	336	44	44	131	178	306	1282



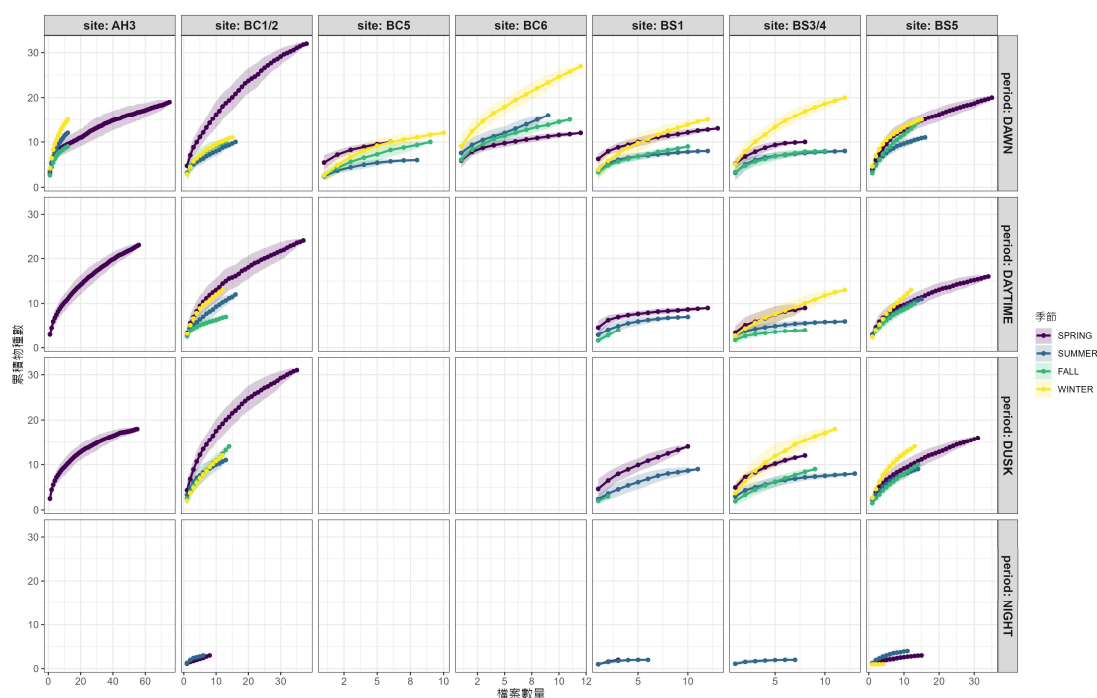


圖 5.3.2.2-2 各樣區四季四時段鳥類物種累積曲線

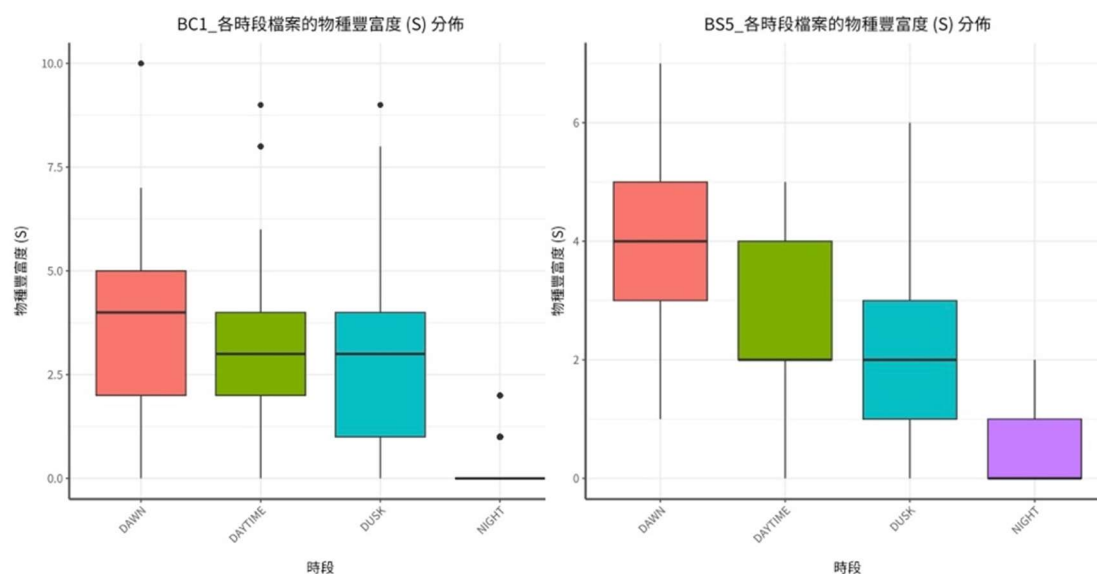


圖 5.3.2.2-3 BC1(左)與 BS5(右)四時段鳥類種豐富度(S)比較

### (b) 各樣區鳥種組成分析

本計畫採用非度量多維尺度分析 (nMDS) 方法，來視覺化並評估不同樣區間鳥類群落組成的相似性。進行分析前，由人工物種辨識的資料中篩除無法辨識種類或非鳥類的紀錄後，產出各

樣區的鳥種與總數量的物種矩陣。以 Bray-Curtis 相異度指數 (Bray-Curtis Dissimilarity) 來計算任意兩個樣區間的鳥類群落組成差異。nMDS 透過迭代運算來尋找最佳的點位排列，最終以二維圖呈現各樣區的空間分佈模式。最後將每個鳥種的 nMDS 座標點疊加到同一張圖中，以協助判斷是哪些特定鳥種的群聚，造成了樣區間的分群模式。

依目前的抽樣資料來看，全面移除造林的BC6與一次性砍除的所有樣區(BS1、BS3、BS5)組成都相當接近，AH3也相距不遠，此群集因翠翼鳩、白腹鸛、黑枕藍鶇及臺灣竹雞這些鳥種與下方的BC1及BC5五色鳥分開；BC1則因記錄到較多空中活動的燕科鳥種以及森林或草生地底層活動的野鴿、頭烏線及臺灣畫眉等鳥種，導致位置偏於右下；BC5則因記錄到遠東樹鶯、鳳頭蒼鷹等鳥種而偏於左下。其他如小彎嘴、紅嘴黑鸛、烏頭翁、赤腹鸛等鳥種於皆普遍活動於各樣區，因此不影響分群(圖5.3.2.2-4)。

透過鳥種群聚反映樣區的棲地條件，可看出各樣區雖大致上都還是以森林為主要棲地，BC5與BC1參雜有較多的長草及灌叢等棲地，其中BC1又擁有更多的開闊地或破空處。考量目前並未針對伐除作業前後進行標準化取樣，加上鳥類活動狀況受季節及物候條件影響，在現階段資料的時間跨度不足的情況下，並不適合進行作業前後鳥類群聚差異的分析。

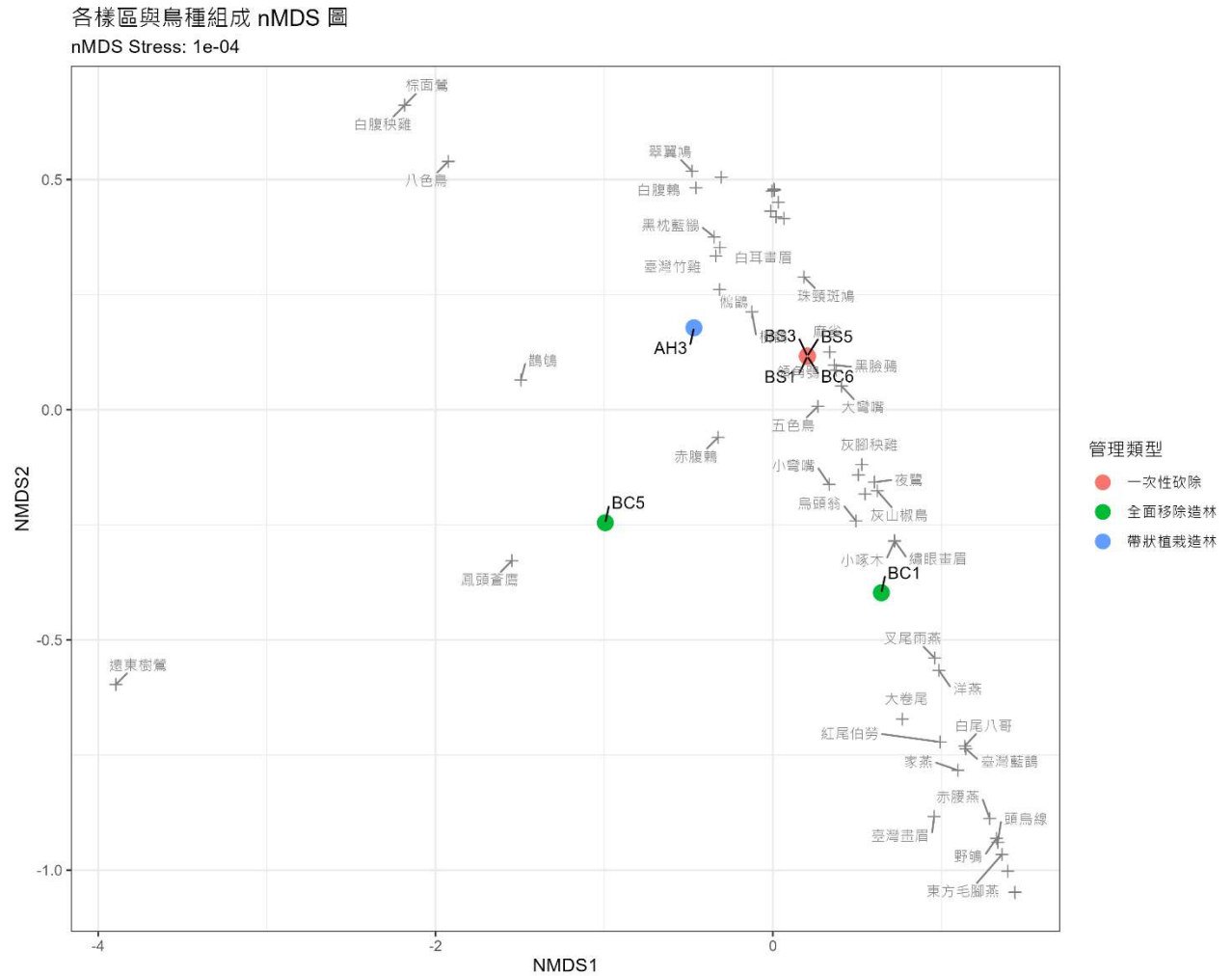


圖 5.3.2.2-4 各樣區鳥種組成 nMDS 圖

### (c) 物種多樣性基線資料

為概略比較樣區及作業類型物種多樣性的狀況，每樣區各取早晨時段4個檔案加總，作為多樣性比較的基礎。比較各作業類型的平均，全面移除造林樣區多樣性指數表現較佳，其次為帶狀植栽造林，一次性砍除樣區居末。單一樣區多樣性數值表現最佳的為BC1，BS5與BC5的多樣性數值表現則相對較差(表5.3.2.2-2)。



表 5.3.2.2-2 各作業類型樣區多樣性指標平均值列表

作業類型	樣區	種豐富度(S) Mean±SD	豐量(N) Mean±SD	Shannon-Wiener 指數(H') Mean±SD
帶狀植栽造林	AH3	3.69 ± 1.78	57.00 ± 49.87	0.71 ± 0.47
一次性砍除	BS1	3.73 ± 2.05	60.01 ± 58.05	0.80 ± 0.52
	BS3	3.23 ± 1.85	42.19 ± 39.17	0.67 ± 0.5
	BS5	2.69 ± 1.39	30.32 ± 42.18	0.56 ± 0.44
	avg	3.22 ± 1.76	44.17 ± 46.47	0.68 ± 0.49
全面移除造林	BC1	3.37 ± 1.92	52.83 ± 44.1	0.68 ± 0.46
	BC5	3.23 ± 1.74	29.9 ± 22.3	0.75 ± 0.52
	BC6	7.26 ± 2.13	144.77 ± 45.72	1.34 ± 0.34
	avg	4.62 ± 1.93	75.83 ± 37.373	0.92 ± 0.44

透過檢視各樣區的物種多樣性包含種物種豐富度(S)、豐量(N)與Shannon-Wiener多樣性指數(H')是否有隨時間、季節或是不同時段而有明確的變化趨勢，作為了解環境與棲地的變動對樣區內物種出現狀況的影響程度的基線資料。分析前季節與時段影響前先以Kolmogorov-Smirnov Test(K-S Test)檢視資料分布的常態性，以利確認後續變異數分析應採用的方式。

先透過Mann-Kendall Test檢視資料隨時間(日期)變化的趨勢的顯著程度，以Theil-Sen斜率推估法計算變化的斜率以人工辨識的物種資料計算物種多樣性S、N及H'。各樣區中一次性砍除樣區BS1、BS3、BS5的多樣性皆有隨時間變化的趨勢，其中BS1跟BS5皆有隨時間下降的情形，H'下降趨勢皆不若S及N(表5.3.2.2-3)；BS3雖趨勢顯著，但可能由於變化斜率很低或資料同時包含不同方向的變動趨勢，導致斜率趨近於0。

表 5.3.2.2-3 各樣區多樣性指標隨時間變化的趨勢及斜率

樣區	多樣性指標	MKtest,p_value	theil_sen_slope	trend_significance
AH3	S	0.3131	0	NS
	N	0.3131	0	NS
	H'	0.3131	0	NS
BS1	S	0.0003	-0.02778	***
	N	0.0003	-0.02778	***
	H'	0.0003	-0.00784	***
BS3	S	0.0043	0	**
	N	0.0043	0	**
	H'	0.0043	0	**
BS5	S	0.0020	-0.00862	**
	N	0.0020	-0.00862	**
	H'	0.0020	-0.00206	**
BC1	S	0.7265	0	NS
	N	0.7265	0	NS
	H'	0.7265	0	NS
BC5	S	0.6293	0	NS
	N	0.6293	0	NS
	H'	0.6293	0	NS
BC6	S	0.3387	0	NS
	N	0.3387	0	NS
	H'	0.3387	0	NS

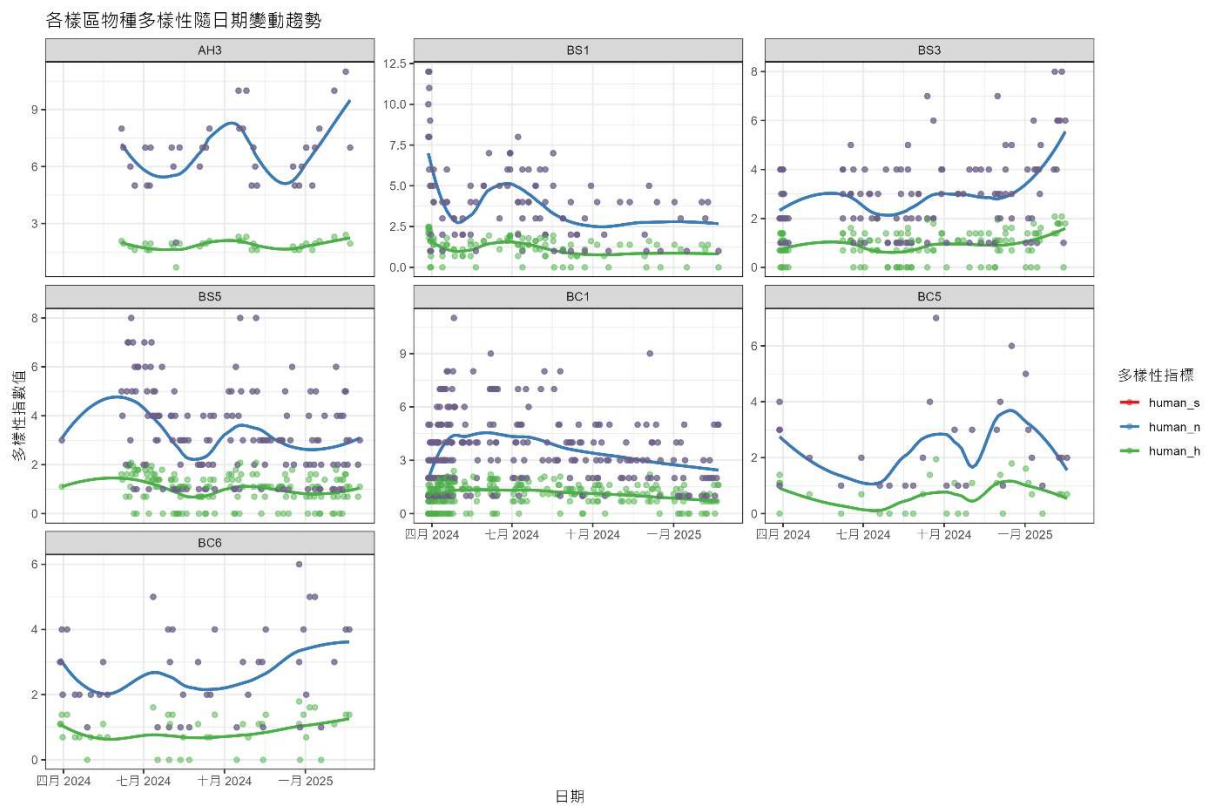


圖 5.3.2.2-5 各樣區多樣性隨日期變動的趨勢

以K-S Test檢視物種三種多樣性指數在季節以及時段的分布是否符合常態，若符合常態便以ANOVA進行變異數分析，若否，則使用K-W test進行分析，比較在季節間或時段間各多樣性指數是否有顯著差異。

以季節為因子時，AH3的多樣性指數均符合常態，在不同季節間沒有顯著差異(ANOVA,  $p>0.19$ )；其餘6樣區的多樣性指數則都非常態分布，在季節間有顯著差異(K-W test,  $p<0.05$ )；以時段為因子時，AH3、BC5及BC6資料量不足無法檢定，其餘BS1、BS3、BS5以及BC1的多樣性指數皆非常態。BS1、BS3、BS5以及BC1的多樣性指數在不同時段間沒有顯著差異( $p>0.4$ )。

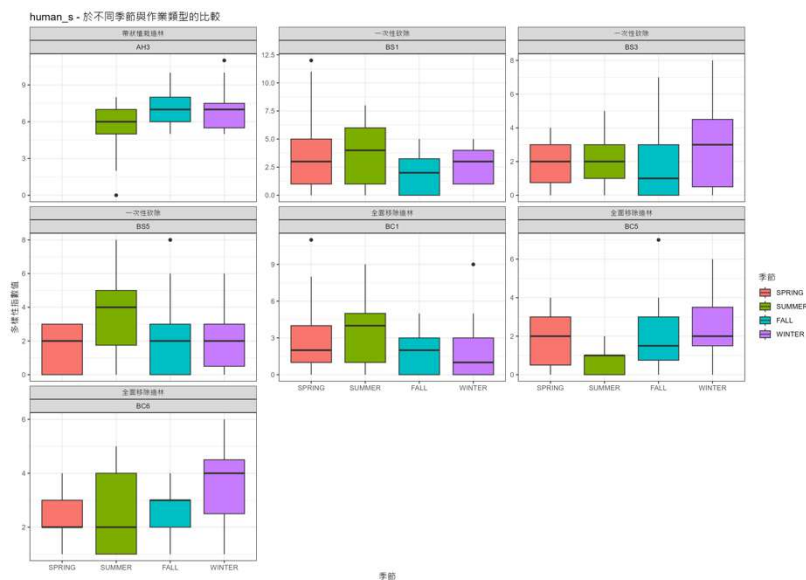


圖 5.3.2.2-6 各樣區物種豐富度(S)季節間的差異



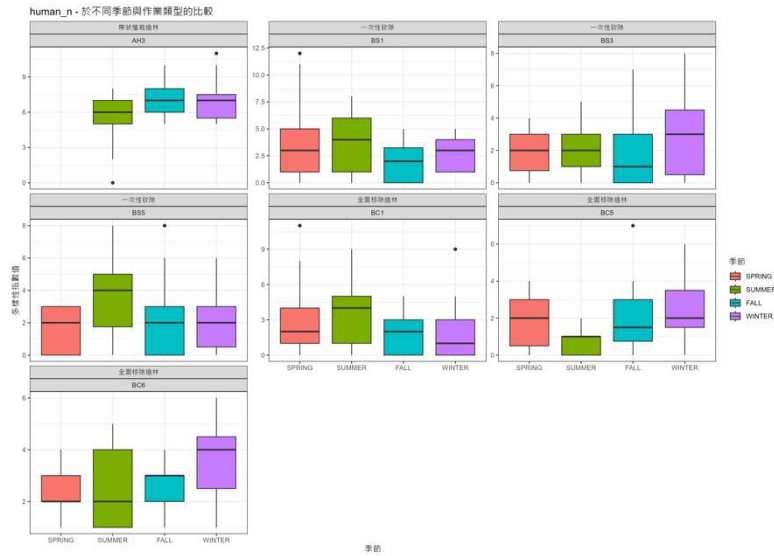


圖 5.3.2.2-7 各樣區物種豐量(N)季節間的差異

## (2) AI物種辨識

### (a) 未限制辨識標的SILIC辨識資料概況

為了解在未設定目標辨識物種篩選的情況下SILIC產出的辨識資料概況，先將各樣區三季的資料進行SILIC的運算。結果於各樣區總共標記了哺乳類5科10種、鳥類60科212種、兩棲類6科32種、爬蟲類1種及狗。檢視各樣區的鳥類辨識情形，BC1/2標記了212鳥種最多，其次為BC6、BS1、BS3/4、BS5，AH3則標記了209種居末。以上原始資料顯示未限制辨識標的的情形下，確實會產生相當大量的誤判情形，因此限制辨識標的以及後續的資料抽查都非常重要，會大幅度影響辨識成果的可參考度。

### (b) SILIC辨識準確度概況

除了原已進行人工物種檢視的BC1及BS5外，其他各樣區參照前節討論之建議，進行每季清晨時段起碼各8次的抽樣檢視，於7樣區共檢視1282個檔案(表5.3.2.2-4)，在SILIC標記的60科206鳥種中，共確認了36科76鳥種，有130鳥種並未實際出現。

檢視所得的鳥種資料與AI辨識成果比較得到真陽性(TP)、偽陽性(FP)及偽陰性(FN)標記的數量。計算個別物種辨識的準確率

(precision, P)與召回率(recall, R)，繪製PR曲線並計算平均精確度(AP)。由於物種資料繁多，為求較清楚地呈現結果，依AP排序將所有物種分成四組(表5.3.2.2-4，圖5.3.2.2-8~11)。辨識表現最佳的第一組中，AP超過0.8的鳥種僅有五色鳥及斯氏繡眼2種，AP在0.5~0.8之間的鳥種包含山紅頭、灰山椒鳥、翠翼鳩、赤腹鵯、大冠鷲、臺灣竹雞、小彎嘴及大赤啄木共8種。

表 5.3.2.2-4 各鳥種 SILIC 辨識平均精確度(AP)列表

第 1 組		第 2 組		第 3 組		第 4 組	
species	AP	species	AP	species	AP	species	AP
五色鳥	0.894	極北柳鶯	0.273	小啄木	0.066	遠東樹鶯	0.017
斯氏繡眼	0.834	黑枕藍鶲	0.267	白腹鵯	0.066	白腹秧雞	0.013
山紅頭	0.751	洋燕	0.264	夜鶯	0.065	黃腹琉璃	0.012
灰山椒鳥	0.670	綠鳩	0.247	灰林鴿	0.063	黃尾鴿	0.010
翠翼鳩	0.656	褐頭鷓鴣	0.243	棕面鶯	0.062	鷹鵯	0.007
赤腹鵯	0.641	黑臉鵯	0.234	大卷尾	0.055	冠羽畫眉	0.007
大冠鷲	0.584	紅尾伯勞	0.217	花嘴鴨	0.055	鵲鴿	0.006
臺灣竹雞	0.545	松雀鷹	0.200	巨嘴鴉	0.054	黃頭扇尾鶯	0.006
小彎嘴	0.536	領角鴉	0.199	頭烏線	0.053	黃嘴角鴉	0.003
大赤啄木	0.514	鳳頭蒼鷹	0.192	黑喉噪眉	0.052	煤山雀	0.003
珠頸斑鳩	0.470	東方黃鸝	0.166	臺灣畫眉	0.043	大彎嘴	0.001
白頭翁	0.467	赤腰燕	0.163	棕沙燕	0.033	小雨燕	0
白耳畫眉	0.455	灰腳秧雞	0.156	野鴿	0.031	白鵲鴿	0
紅嘴黑鵯	0.444	白尾八哥	0.120	白環鸚鵡	0.030	灰頭鷓鴣	0
家燕	0.433	灰喉山椒	0.102	鸚鵡	0.027	南亞夜鷹	0
樹鵲	0.424	黃眉柳鶯	0.100	小卷尾	0.026	紋翼畫眉	0
繡眼畫眉	0.420	黑冠麻鶯	0.092	八色鳥	0.024	斑文鳥	0
樹鵲	0.417	白腰文鳥	0.077	麻雀	0.019	番鵲	0
叉尾雨燕	0.285	東方毛腳燕	0.074	臺灣藍鵲	0.018	綠畫眉	0

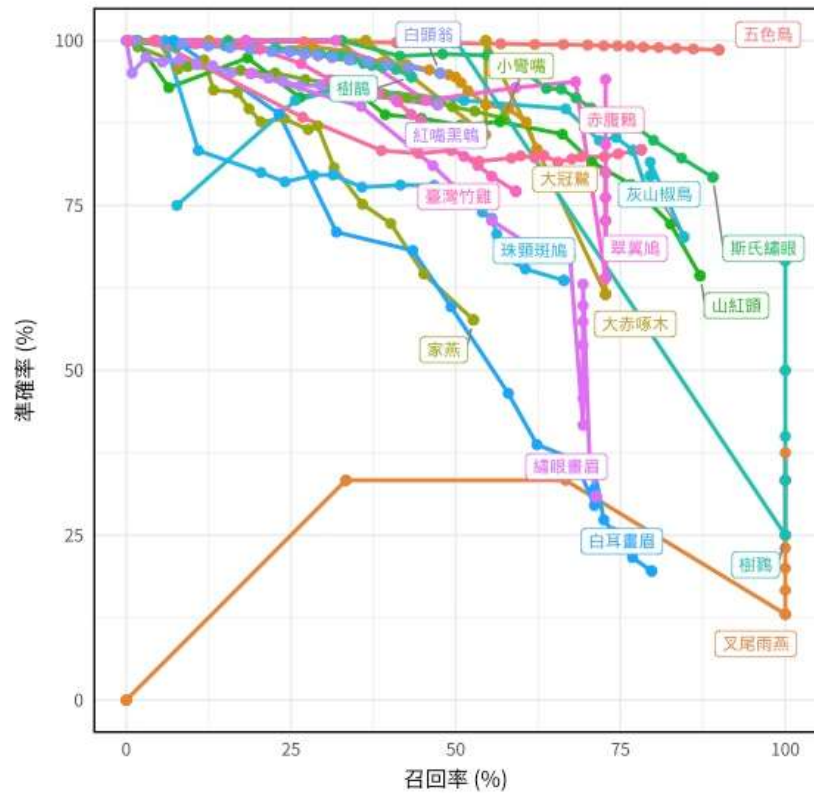


圖 5.3.2.2-8 辨識表現最佳的第一組鳥種

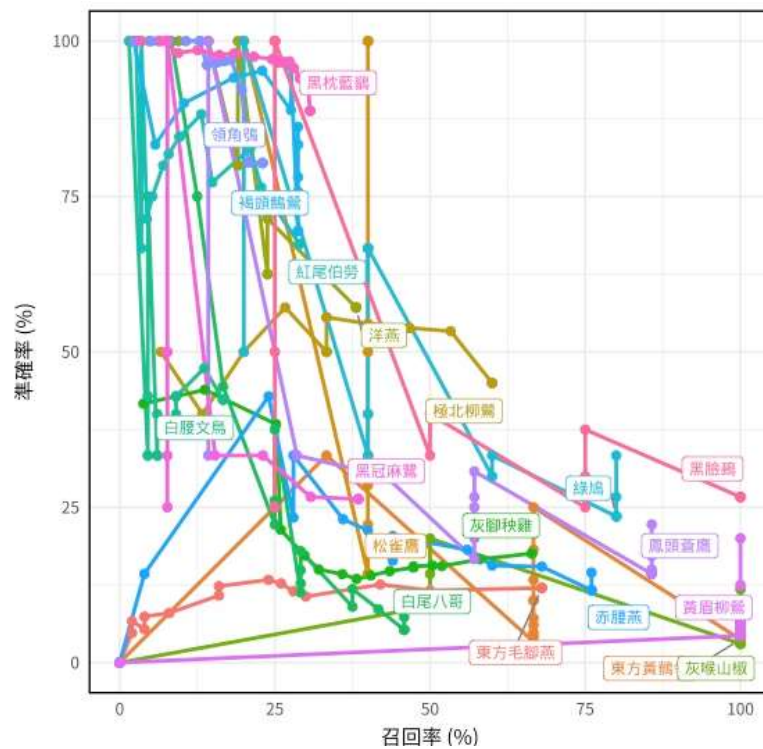


圖 5.3.2.2-9 辨識表現較佳的第二組鳥種



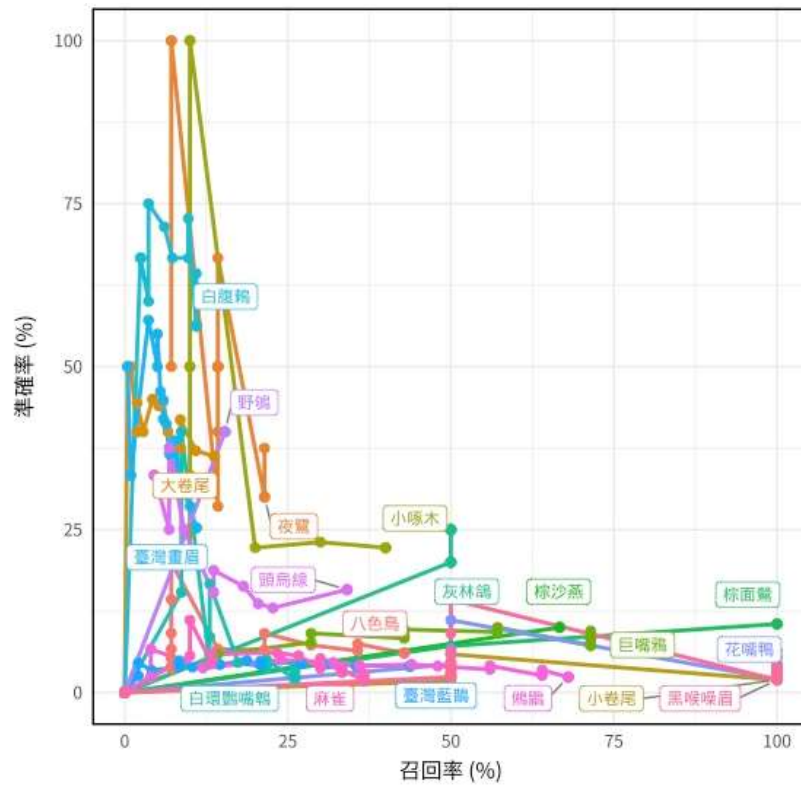


圖 5.3.2.2-10 辨識表現中等的第三組鳥種

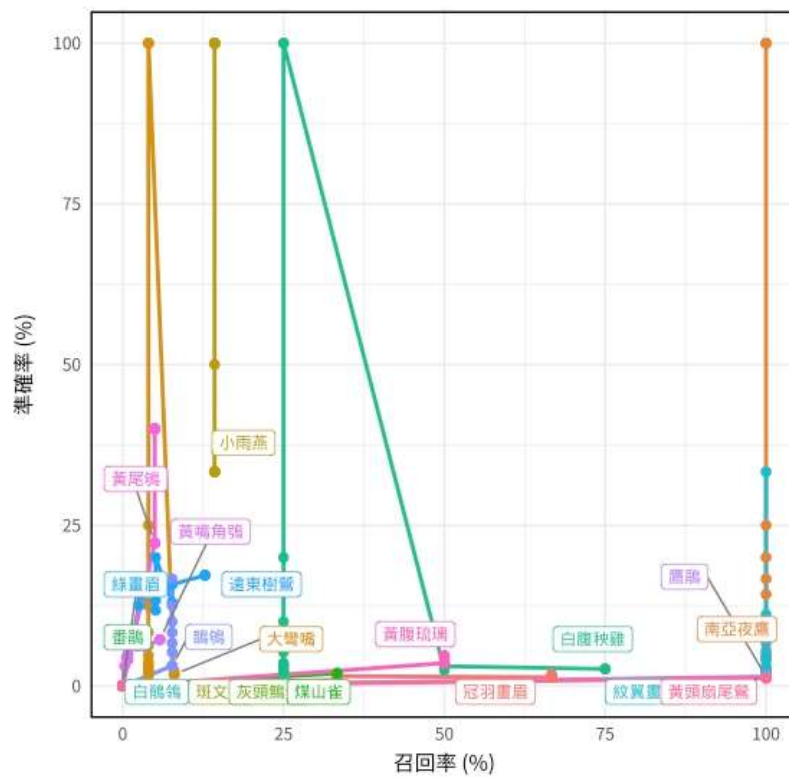


圖 5.3.2.2-11 辨識表現較差的第四組鳥種

目前結果顯示，透過SILIC辨識自動錄音檔雖可自動化處理大量檔案的物種辨識，然而全部被標記的206鳥種中，僅有被確認76種，6成以上的鳥種可能並未實際出現在樣區內，可能因環境背景音干擾大、物種聲音重疊、部分聲音音量太小，加上環境中各種昆蟲發出的聲音頻率多樣且複雜，有很多被辨識成各種叫聲短促或有連續短音的鳥種，導致整體物種辨識的準確度偏低。辨識表現好的物種數太少，並不足以完整反映可能的森林棲地環境變動，因此最後仍需花費大量人力時間查驗辨識成果，方有機會記錄較大時間跨度下物種活動或棲地狀況的連續變化。

另外根據各樣區鳥種累積曲線的狀況，部分樣區即便每季取樣超過30次，累積曲線上升幅度仍未見緩和，顯示長時間及大量的取樣才有機會較完整地記錄樣區內出現的物種。如此高的資料需求量實難以傳統人力調查達成，因此長期系統化的被動式聲學監測便顯得格外重要。

本期新增了一些在前幾期計畫中未有的鳥種紀錄，例如臺灣藍鵲、白環鸚嘴鵯、樹鵲、灰喉山椒鳥、大赤啄木、頭烏線及灰腳秧雞等，根據eBird等開放資料平台可看到周邊區域確實曾有紀錄，但可能因現場調查的頻度不夠高或這些鳥種在調查區域就只有零星活動，導致前期未曾記錄。

#### (c) AI與人工物種辨識多樣性比較

利用SILIC進行物種辨識時，信心指數門檻的設定會影響辨識標記的數量，信心指數門檻越高，將會篩除越多系統判定與學習資料相似度較低的標記，有時會影響聲音出現紀錄較少物種的偵測與其辨識精確度的判斷。為了解AI與人工物種辨識多樣性的相似度，及如何受信心指數門檻調整以及辨識標的限制的影響，將未限制辨識標的種類的AI辨識資料依信心指數依0.1、0.5、0.6、0.7、0.8的門檻篩選後，分別計算三種物種多樣性指數(S、N、H')，運算後再與人工檢視所得的結果做相關性檢驗，結果顯示若不限制辨識標的種類，在信心指數門檻為0.5或0.6時，AI辨識的成果與人工辨識的結果相關性最高，隨信心門檻提高，辨識成果的相關性就越低(表5.3.2.2-5)。

表 5.3.2.2-5 未限制辨識標的時不同信心指數門檻時 AI 與人工辨識物種多樣性相關性

指數_信心門檻	人工辨識_s	人工辨識_n	人工辨識_h
s_0.1	0.27***		
s_0.5	0.32***		
s_0.6	0.28***		
s_0.7	0.19***		
s_0.8	0.11*		
n_0.1		0.27***	
n_0.5		0.29***	
n_0.6		0.22***	
n_0.7		0.11*	
n_0.8		0.07	
h_0.1			0.12*
h_0.5			0.18***
h_0.6			0.20***
h_0.7			0.11*
h_0.8			0.08

表 5.3.2.2-6 限制辨識標的為確定有出現的 76 鳥種時不同信心指數門檻時 AI 與人工辨識物種多樣性相關性

指數_信心門檻	人工辨識_s	人工辨識_n	人工辨識_h
s_0.1	0.36***		
s_0.5	0.29***		
s_0.6	0.15**		
s_0.7	0.14**		
s_0.8	0.13**		
n_0.1		0.32***	
n_0.5		0.26***	
n_0.6		0.15**	
n_0.7		0.08	
n_0.8		0.22***	
h_0.1			0.19***
h_0.5			0.17**
h_0.6			0.12*
h_0.7			0.06
h_0.8			0.05

但目前SILIC在本計劃樣區的辨識狀況來看，平均精確度(AP)達6成以上的僅有包含五色鳥等6鳥種，若未限制辨識標的便可能會產出大量參考價值低落的資料。因此嘗試根據人工物種辨識的



結果去限制辨識標的，僅針對確認有在計劃範圍出現過的76鳥種進行標記，則發現辨識成果相關性最高的門檻降為0.1，而與人工辨識成果的相關性也較未限制標的的0.5信心指數門檻時高(表5.3.2.2-6)，顯示限制辨識標的確實可提高AI辨識成果的參考價值。

#### (d) AI物種辨識局限

目前以SILIC進行鳥種辨識的結果顯示，信心指數門檻的設定會影響辨識標記的數量，雖然調高信心指數門檻可篩除系統判定與學習資料相似度較低的標記，進而降低辨識錯誤的狀況，但同時也可能會減少正確辨識的標記數量，因此調整信心指數門檻無法大幅改善整體辨識表現。而透過限制辨識標的雖可提高辨識成果的參考價值，提高了低信心指數門檻時與實際物種辨識成果的相關性，但改善幅度依舊有限，加上客觀環境的限制，包含環境音或其他類群聲音的干擾、低音量時辨識困難等難以排除的狀況，整體的辨識結果仍需要透過人工查驗方可產出具參考價值的資料，因此便不針對AI物種辨識的成果進行樣區間或操作類型間的資料狀況分析或討論。

### (3) 聲景資料分析

先透過Quantile-Quantile Plot檢視各樣區的各指數資料分布情形，可發現多數樣區的ACI指數僅在中間與較低的數值部分相對較接近常態，但每個樣區皆含有大量極端值或異常值，因此都不符合常態分布(圖5.3.2.2-12)；各樣區的NDSI指數的數值分布情形趨勢相似，曲線兩端尾部皆偏離常態，都不符合常態分布(圖5.3.2.2-13)；各樣區的H指數則對較為符合常態，但多數在右側皆稍微偏離常態(圖5.3.2.2-14)，經K-S Test檢測各樣區y則都不符合常態( $p < 0.01$ )，因此後續分析比較將採無母數統計方法。



圖 5.3.2.2-12 各樣區 ACI 月平均變化圖



圖 5.3.2.2-13 各樣區 NDSI 月平均變化圖

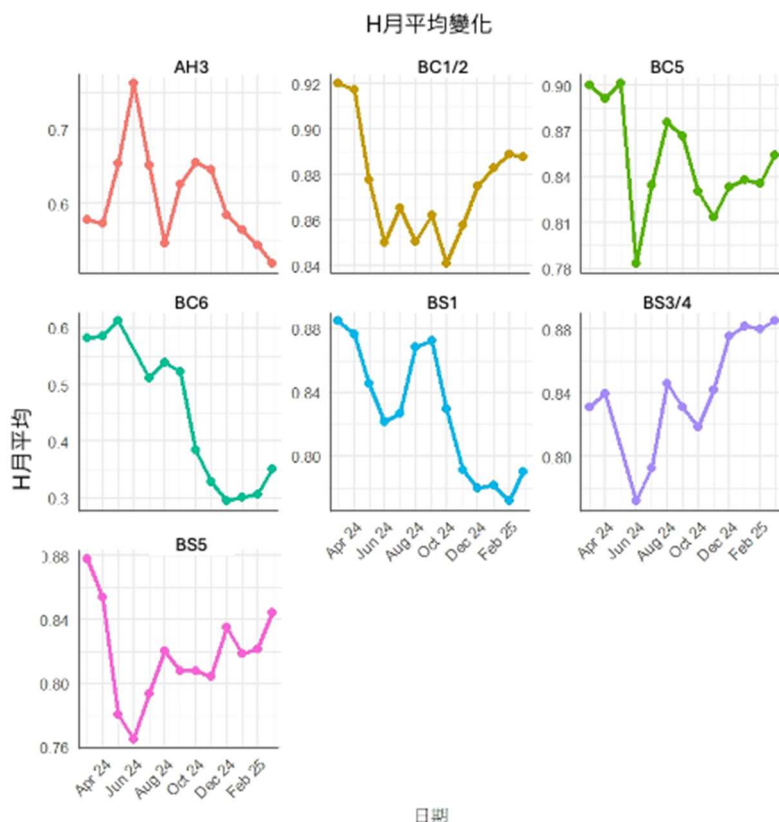


圖 5.3.2.2-14 各樣區 H 月平均變化圖

## (a) 各樣區指數隨時間趨勢

透過Mann-Kendall Test檢視資料隨時間變化的趨勢的顯著程度，再透過Theil-Sen 斜率推估法計算變化的斜率，AH3的ACI顯著隨時間逐漸降低(  $\tau = -0.136$ ,  $p < 0.001$ )，斜率為-0.1447；NDSI則隨時間緩慢增加(  $\tau = -0.0463$ ,  $p < 0.001$ )，斜率為0.0001；H則沒有隨時間線性變動的趨勢(  $\tau = -0.0001$ ,  $p = 0.97$ )。

BC1/2的ACI指數顯著隨時間降低(  $\tau = -0.0174$ ,  $p < 0.001$ )，斜率為-0.0134；NDSI亦隨時間緩慢降低(  $\tau = -0.0108$ ,  $p < 0.001$ )，斜率為-0.0005；H則沒有隨時間線性變動的趨勢(  $\tau = 0.0016$ ,  $p = 0.52$ )。

BC5的ACI指數顯著隨時間降低(  $\tau = -0.101$ ,  $p < 0.001$ )，斜率為-0.2143；NDSI亦隨時間緩慢降低(  $\tau = -0.374$ ,  $p < 0.001$ )，斜率為-0.0043；H隨時間變動的趨勢並不顯著(  $\tau = 0.0022$ ,  $p = 0.48$ )，



斜率為-0.0003。

BC6的ACI指數顯著隨時間增加( $\tau = 0.502, p < 0.001$ )，斜率為2.6331；NDSI亦隨時間緩慢降低( $\tau = -0.21, p < 0.001$ )，斜率為-0.0021；H隨時間變動的趨勢並不顯著( $\tau = -12.41, p = 0.82$ )。

BS1的ACI指數顯著隨時間增加( $\tau = 0.216, p < 0.001$ )，斜率為0.3465；NDSI則隨時間緩慢降低( $\tau = -0.124, p < 0.001$ )，斜率為-0.0011；H隨時間變動的趨勢並不顯著( $\tau = 0.0028, p = 0.3$ )。

BS3/4的ACI指數顯著隨時間降低( $\tau = -0.226, p < 0.001$ )，斜率為-0.404；NDSI則隨時間緩慢降低( $\tau = -0.356, p < 0.001$ )，斜率為-0.0018；H隨時間變動的趨勢並不顯著( $\tau = 0.0038, p = 0.22$ )。

BS5的ACI指數顯著隨時間增加( $\tau = 0.176, p < 0.001$ )，斜率為2.6331；NDSI則隨時間緩慢降低( $\tau = -0.21, p < 0.001$ )，斜率為-0.0021；H隨時間變動的趨勢並不顯著( $\tau = -0.0007, p = 0.82$ )。

由各樣區聲景指數數值變動的趨勢來看，造林作業類型應非主要影響聲景指數變動的因子。以ACI的月平均值變動來看，AH3與其他樣區差異最大，2024年3月開始變已接近高峰，震盪後在5月達到最高點，再幾經震盪後於2025年3月降至最低點。BC1/2、BC5及BS3/4三樣區趨勢相對接近，皆以夏季(7月)有最高的數值，而在冬季及春季最低。BC6、BS1及BS5狀況則是略有出入，但大致以2024年春季最低，接著分別在秋季或夏季達到最高後，在冬季略為下降但仍較2025年春季高。

各樣區NDSI月平均值的變動趨勢相對接近，BC1/2、BC5、BS1、BS3/4及BS5五樣區皆是以夏季(6月)最高，並於秋或冬季最低，2024年及2025年的春季(3月)的數值並沒有差異太大。BC6與前述五樣區之趨勢略為不同，NDSI在9月達到最高，1月降至最低，2025年3月的數值則略低於2024年。AH3的NDSI變化趨勢最為不同，雖然同樣在6月達到最高，但又隨即在8月降至最低，並於10月再度上升至高點，資料擺盪幅度較其他樣區都高。

各樣區H月平均值變化狀況各異，僅有BC5與BS5，以及BC6

與BS1兩組各自有類似的趨勢。BC5與BS5皆是於2024年春季最高，並於6月降至最低，接著再震盪回升；BC6與BS1則是於2024年春季的最高點微幅下降後震盪，在於冬季降至低點。可能由於數值的整體變動幅度不大，各樣區在分析整體時序時皆沒有顯著的趨勢。

#### (b) 各指數季節間差異

各聲景指數在三類型樣區各季的分布狀況如圖5.3.2.2-15~圖5.3.2.2-17。每個樣區的三種指數在季節間都有顯著差異(K-W test,  $p < 0.001$ )，事後檢定(Dunn's test)則呈現各樣區內每個指數在四個季節之間都有顯著的差異( $p < 0.001$ )。因此未來在資料收集時，四季皆應取得足夠的資料方可完整呈現整體的資料狀況，進而檢視變化的趨勢。

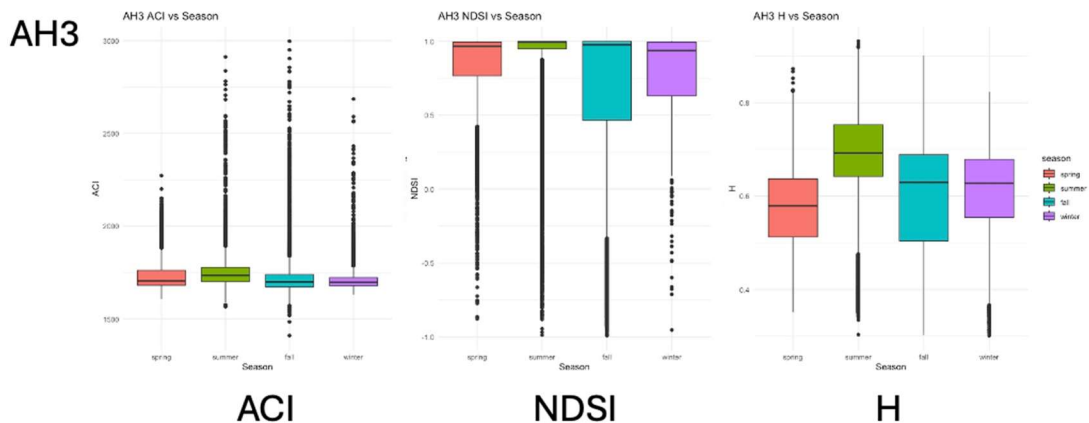


圖 5.3.2.2-15 帶狀植栽造林樣區 ACI、NDSI、H 三指數季節間差異

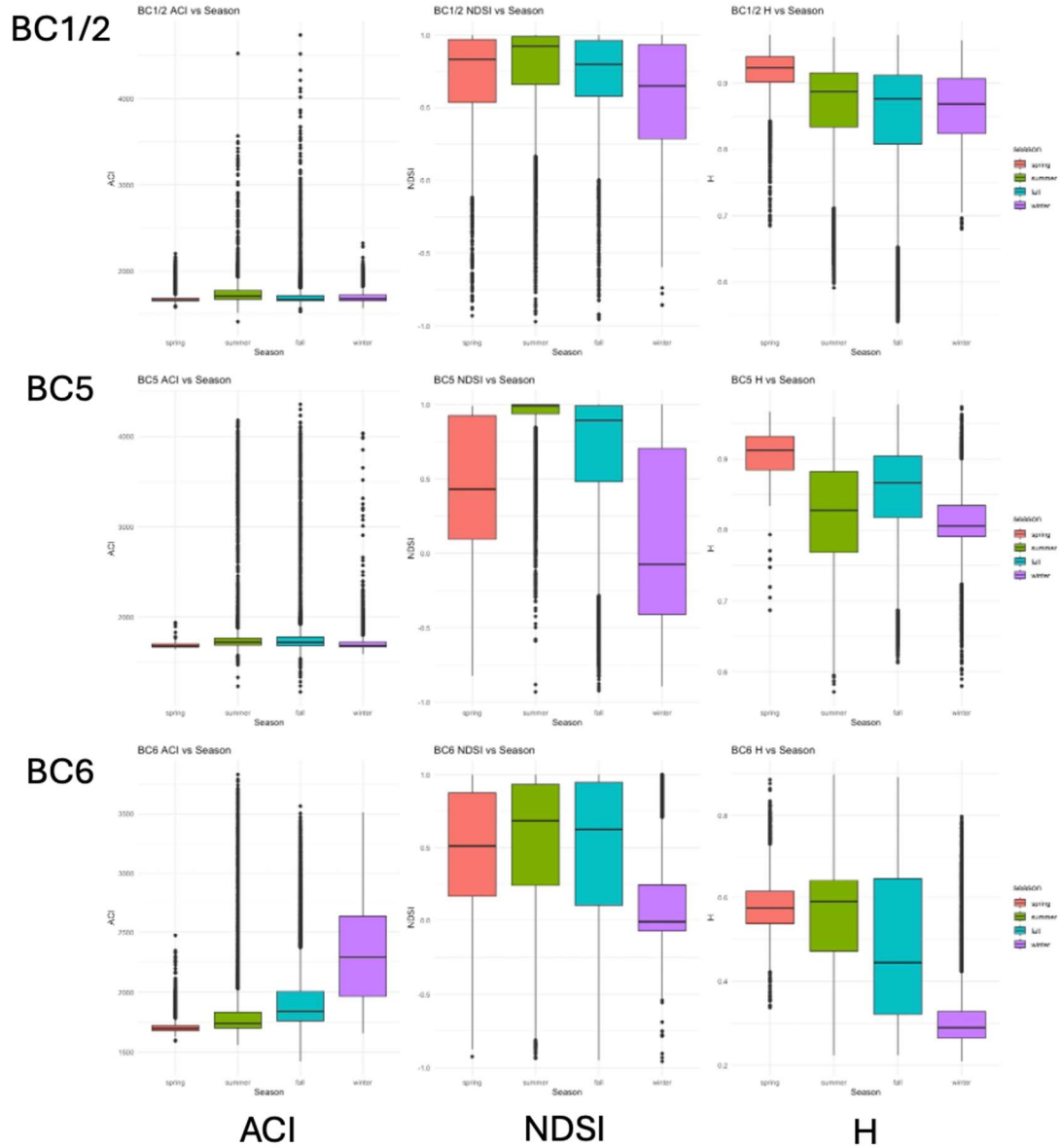


圖 5.3.2.2-16 全面移除造林樣區 ACI、NDSI、H 三指數季節間差異



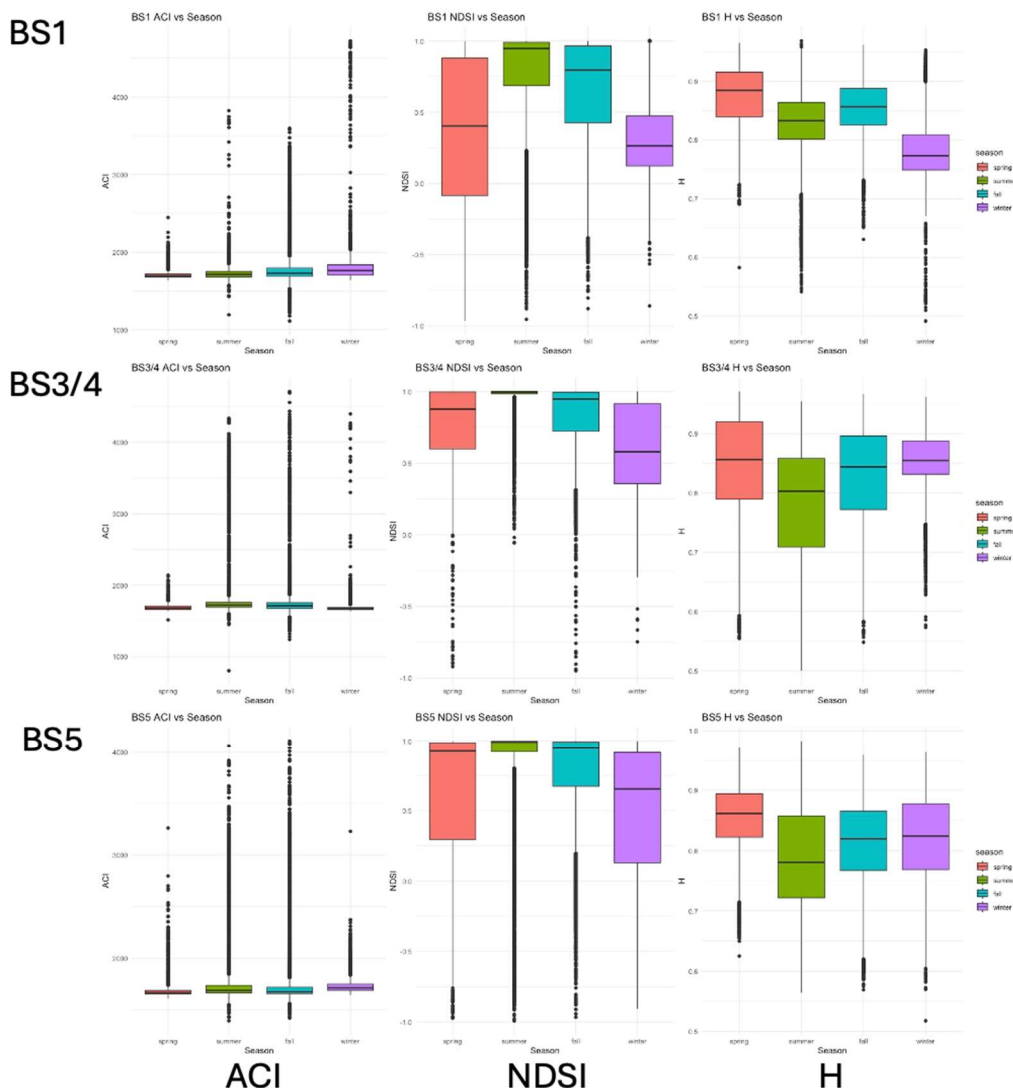


圖 5.3.2.2-17 一次性砍除樣區 ACI、NDSI、H 三指數季節間差異

### (c) 物種多樣性與聲景指數間的關聯性

將人工抽樣檢視所有檔案，依人工物種辨識及SILIC物種辨識的結果分別計算每個長度1分鐘的個別音檔中的物種豐富度(S)、物種豐量(N)與Shannon-Weiner指數( $H'$ )三個物種多樣性指數，再與ACI、NDSI、H三個聲景指數進行Pearson Correlation相關性檢定。結果顯示人工辨識的S、N、 $H'$ 三指數皆與ACI呈現顯著正相關，顯示鳥類物種多樣性高的情況下，聲音音量隨時間變動的幅度確實也比較高。物種豐量與NDSI呈現顯著正相關，與H卻呈現顯著負相關，顯示鳥類鳴叫較熱烈的情況下，自然音確實佔

整體聲景較高的比例，但卻可能包含大量同樣的物種或鳴聲種類導致聲音熵值反而降低。

### 5.3.2.3 蝶類監測結果

目前蝶類吊網捕捉初步共捕獲蝶類2科15種，各樣區四季次之捕捉情形如表5.3.2.3-1。蝶種組成包含蛺蝶科以及粉蝶科，其棲地環境的偏好主要分成兩類：偏好陰暗有遮陰環境的蝶種如長紋黛眼蝶、褐翅蔭眼蝶、曲斑眉眼蝶、小眉眼蝶及藍紋鋸眼蝶，以及偏好林緣或開闊環境的蝶種如：黑脈粉蝶、鱗紋眼蛺蝶、大紅蛺蝶、幻蛺蝶、金鎧蛺蝶、小環蛺蝶及豆環蛺蝶。

表 5.3.2.3-1 四季調查各樣區蝴蝶吊網捕捉情形

季節	物種	帶狀植栽造林	一次性砍除			全面移除造林			總計
		AH3	BS1	BS3/4	BS5	BC1/2	BC5	BC6	
春	切翅眉眼蝶	1							1
	森林暮眼蝶			1					1
	黑脈粉蝶							1	1
	褐翅蔭眼蝶		2	1	1				4
夏 夏(續)	小眉眼蝶			1	1				2
	小環蛺蝶		1						1
	幻蛺蝶							1	1
	曲斑眉眼蝶	1							1
	豆環蛺蝶						1		1
	長紋黛眼蝶	1			1			3	5
	森林暮眼蝶		1						1
	暮眼蝶	3			1		1	4	9
	褐翅蔭眼蝶	1	2				1		4
	藍紋鋸眼蝶				1				1
	鱗紋眼蛺蝶					1			1
秋	大紅蛺蝶	1		1					2
	切翅眉眼蝶	1							1
	金鎧蛺蝶				1				1
	暮眼蝶	1			2				3
	褐翅蔭眼蝶	1			1				2
冬	暮眼蝶	1			1				2
總計		12	6	4	10	1	3	9	45

四季調查結果數量差異很大，春季時僅記錄到4種7隻次；夏季則是記錄到11種27隻次；秋季記錄到5種9隻次；冬季最少，僅記錄到1種2隻次，顯示季節間蝶類活動有明顯差異。檢視各樣區蝶類的Hill數概況，AH3與BS5兩樣區不僅q0最高，q1與q2的數值也都很高，顯示此二樣區物種數量多且豐度的分布相對平均(表5.3.2.3-2)。目前多數樣

區處於造林初期甚至是方才進行銀合歡移除，遮蔽度偏低，而此捕捉狀況較好的兩個樣區現場的鬱閉度相對較高，由於調查時的天候狀況可能影響捕捉效率，如風大時可能使餌料水分較快散逸降低吸引力，或造成吊網大幅度擺動而使蝴蝶不容易進入吊網。

表 5.3.2.3-2 四季調查各樣區 Hill 數概況

操作類型	樣區	q0 (豐富度)	q1 (Shannon)	q2 (Simpson)
帶狀植栽造林	AH3	10	9.12	8
一次性砍除	BS1	4	3.78	3.6
	BS3	4	4	4
	BS5	9	8.71	8.33
全面移除造林	BC1	1	1	1
	BC5	3	3	3
	BC6	4	3.37	3
	BC7	1	1	1
	BC8	0	1	Inf

以非度量多維尺度分析 (nMDS) 方法，來視覺化並評估不同樣區間蝶類群落組成的相似性。目前結果NMDS第一軸大致與開闊度的梯度有關，數值越高開闊度越高，其中位於最右側的BC1僅記錄到偏好於開闊環境活動的鱗紋眼蛺蝶；左側的BS1、BS3/4則記錄有偏好鬱閉林蔭環境的森林暮眼蝶及褐翅蔭眼蝶這類蝶種，整體而言全面移除造林樣區的棲地應較偏向開闊之林緣或草生地環境，一次性砍除樣區林相則相對鬱閉(圖5.3.2.3-1)。由於蝶類活動狀況與季節及物候息息相關，但本計劃調查頻度不高，缺乏在不同季節間與造林作業前後的資料取樣數量，故不適合用作分析蝶類活動與造林作業的關聯，建議未來累積較長時間跨距資料再進行分析與解讀。



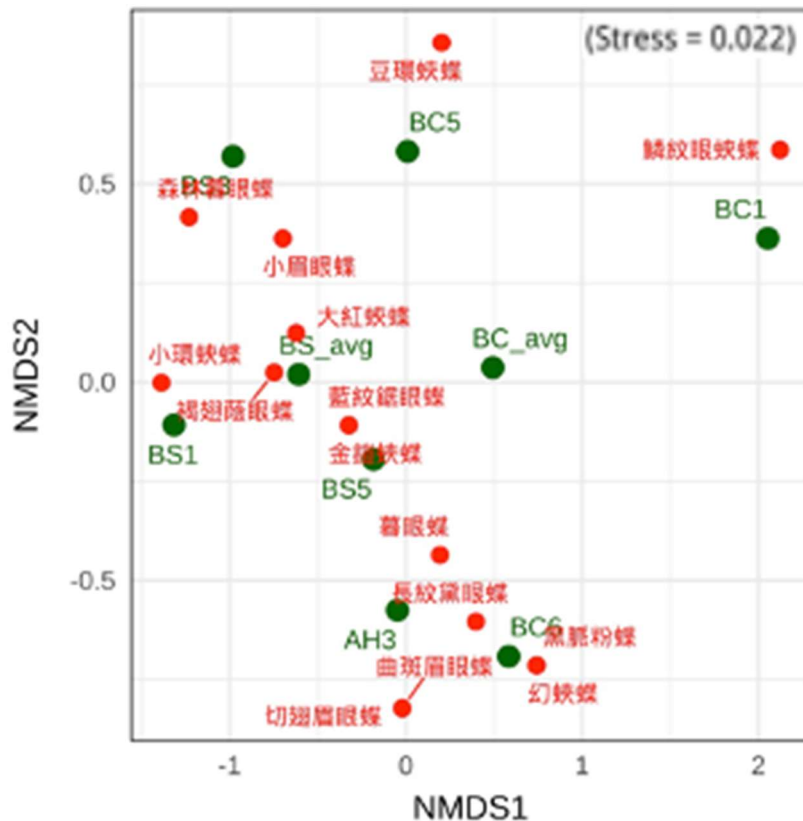


圖 5.3.2.3-1 各樣區蝶類組成 nMDS 圖

### 5.3.2.4 動物監測結果小結

#### (1) 哺乳動物

整體而言，一次性砍除樣區記錄到的哺乳動物物種較全面移除樣區多，而伐除作業對於森林性物種的活動以及群聚組成也有正向的效益，若周邊棲地連結性足夠，可持續觀察不同作業方式在時間尺度拉長後的影響差異。

#### (2) 鳥類

全面移除造林的樣區可能因邊緣效應、棲地類型多，造成鳥類平均多樣性數值較高，若以森林棲地品質的改善為討論目標，建議未來可以評估是否僅取森林性鳥種作為分析標的。BC6於伐除作業後ACI數值明顯高於其他樣區，並於11月達到高峰，NDSI及H則是在12月降至最低，BS5則無如此明確之變動。參考物種多樣性資料，不排除是造林作業大幅度改變棲地狀況，導致鳥種

活動及聲景皆大幅改變。

SILIC系統AI辨識在本計畫區域現階段無法取代人工物種辨識，而考量人工辨識量能，每樣區、每季建議以鳥種較豐的清晨抽樣至少8次為基礎。聲景指數確實具反映樣區間棲地差異之潛力，其中又以ACI與鳥類多樣性間之關聯程度相對較高。

### (3) 蝶類

由於森林伐除與天候條件影響(風)，吊網物種及個體偏少，目前缺乏在不同季節間與造林作業前後的資料取樣數量，故不適合用作分析蝶類活動與造林作業的關聯，需再累計較長時間跨距的資料。

## 5.4 銀合歡移除之生態效益評估

恆春半島銀合歡移除工以回復原生熱帶季風林為目標，期強化生物多樣性與生態棲地效益，提昇銀合歡移除後造林的生態功能。

梳理自106年之前期計畫、109年之前期計畫、112年之前期計畫至本計畫以來的植物及動物監測數據成果，涵蓋範圍北自楓港，南至香蕉灣，西自關山，東至港口，橫跨5鄉鎮，共設置80餘處樣區(圖5.4-1)，累積的監測努力量已具相當規模。

在執行銀合歡移除作業前，移除區域之優勢樹種均為銀合歡。在106年之前期計畫，海岸樣區之銀合歡比例甚至高達80.7%，形成純林的狀態，對原生海岸林植群構成嚴重威脅(國立屏東科技大學森林系，2017)。移除作業後，全面整地的區域之優勢樹種轉變為造林樹種或灌木，如相思樹、海欖果、月橘、小刺山柑、烏柑仔等；一次性砍除區域之優勢樹種則由留存樹種占優勢，如黃荊、相思樹、月橘、克蘭樹、粗糠柴、蟲屎、過山香等。

植物監測顯示(表5.3.1.4-1)，有施工前後數據的7個樣區之Simpson多樣性指數( $\lambda$ )、Shannon-Wiener多樣性指數( $H'$ )及Pielou均勻度指數( $J$ )，除AH3的變化較少、BC1的變化呈拋物線外，其餘5個樣區皆有明顯上升趨勢。雖然銀合歡移除後，總個體數減少，但因銀合歡

比例降低，使群落分布趨於平均，而均勻度相關指數上升。其中BS4樣區上升趨勢最大，代表其植群結構更完整、族群更穩定，除BC1因為調查前正逢梅雨季的大量降雨，似乎排水不及導致苗木有大量淹死的情形，整體而言一次性砍除樣區(BS)的上升趨勢是顯而易見的(圖5.4-3)。

動物監測成果方面，蝴蝶的多樣性與寄主植物種類呈顯著正相關，突顯復育原生植物對昆蟲生態的重要性。其他動物類群的組成差異尚不明顯，可能與監測期短、資料量不足，以及樣區林相雖異但連通性高、動物移動力強有關。紅外線相機資料顯示物種組成具空間分群現象，推測與道路切割(如199、200、200甲縣道)影響棲地連結性有關(圖5.4-2)。

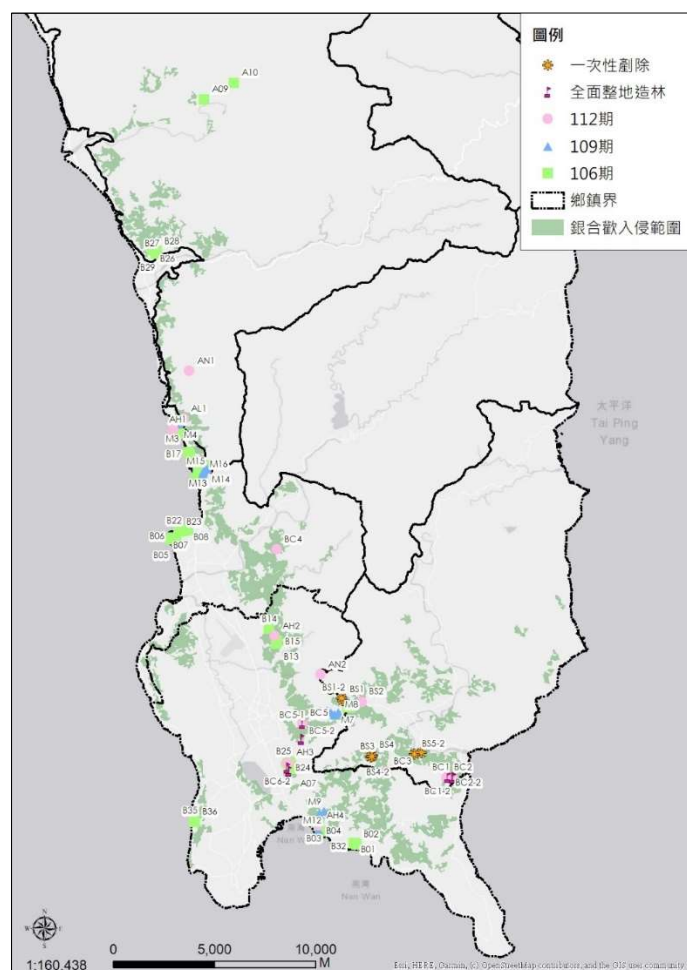


圖 5.4-1 歷年各樣區分布



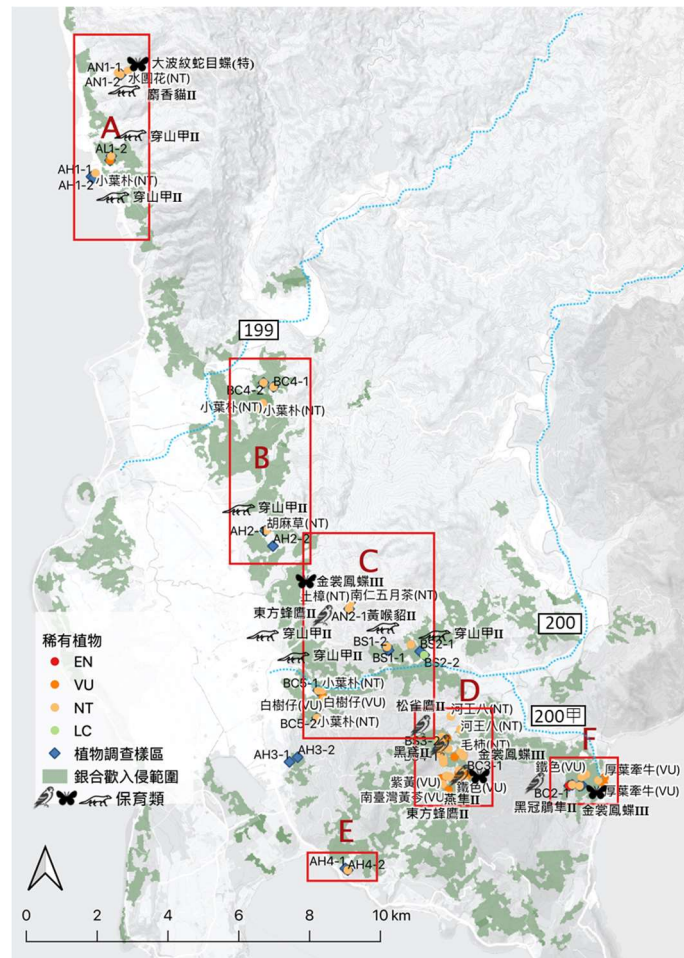


圖 5.4-2 歷年各樣區之稀有植物及保育類動物分布與道路相對位置

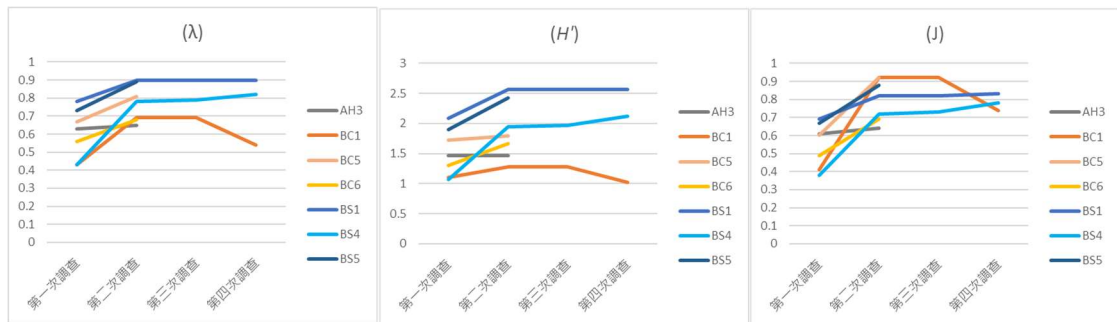


圖 5.4-3 各樣區多樣性指數之比較

進一步分析銀合歡密度(圖5.4-4)，可見撫育期的造林地因有定期刈草，普遍維持低密度銀合歡(<10%)。建議未來可以「銀合歡密度<10%」作為移除後造林抑制銀合歡的成效指標。

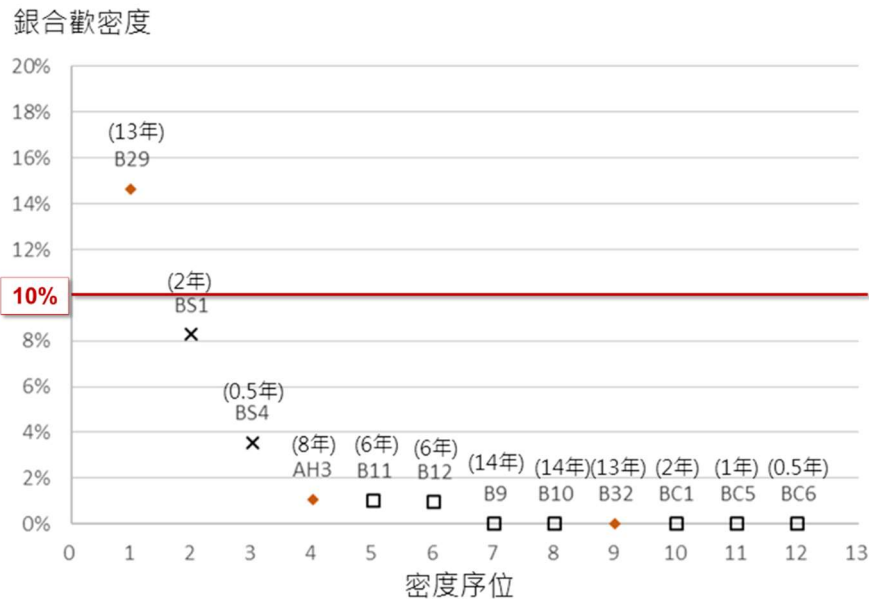


圖 5.4-4 歷年各樣區銀合歡密度序位

銀合歡移除後栽植之原生苗木，包含相思樹、臺灣樹蘭、海欖果、克蘭樹、黃連木等30餘種，樣區記錄到的自生小苗有過山香、白樹仔、月橘、臺灣海棗、紅柴等。屏東分署亦於發包作業規範中鼓勵維管廠商保留原生樹木及自生小苗，以增加在地種原。

動物監測記錄顯示，移除後樣區共記錄哺乳類13種、蝙蝠類10種、鳥類82種、兩爬類28種、蝶類125種，其中包含保育類二級20種與保育類三級7種。檢視同時有移除前與移除後影像紀錄資料的BC6及BS5樣區，BC6樣區銀合歡移除前，主要活動的哺乳類為赤腹松鼠、梅花鹿及鼬獾，移除作業後新增了臺灣山羌、臺灣野豬及食蟹獾3物種的紀錄，其中以食蟹獾活動頻度最高。BS5於銀合歡移除前後的有效工作時數相對較長，移除前主要活動的哺乳類為臺灣獼猴、赤腹松鼠及梅花鹿，移除作業後梅花鹿活動大幅增加，臺灣獼猴、鼬獾的活動頻度亦有所增長，並且新記錄到黃喉貂的活動，然而臺灣野豬、白鼻心及食蟹獾的出現頻度則是小幅下降。然而考量動物的活動可能受到季節、氣候等各項環境因子影響而有週期性的變動，因此建議可以本期所累積之資料作為未來監測比較的基線，進行較長時間尺度的觀察。

整體而言，植物多樣性指數在移除銀合歡後普遍上升，顯示人為

造林撫育可部分彌補移除造成的擾動，並有助森林多樣性提升。然而，目前樣區復原時間仍短，森林結構尚未穩定，仍可能受天災或銀合歡再入侵影響。依據 Halle 等人提出的森林動態循環模型，熱帶森林在擾動後約需3—4年才能形成相對穩定的森林結構(Halle *et al.*, 1978)(圖 5.4-5)，因此造林區是否能如期回復原生熱帶季風林，尚需持續監測，拉長時間軸檢視。

擾動後復原時間(截至114年)：

AH3(9年)

BS1(4年)

BS3/4(3年)

BS5(1年)

BC1/2(3年)

BC5(2年)

BC6(1年)

BC7(0年)

BC8(0年)

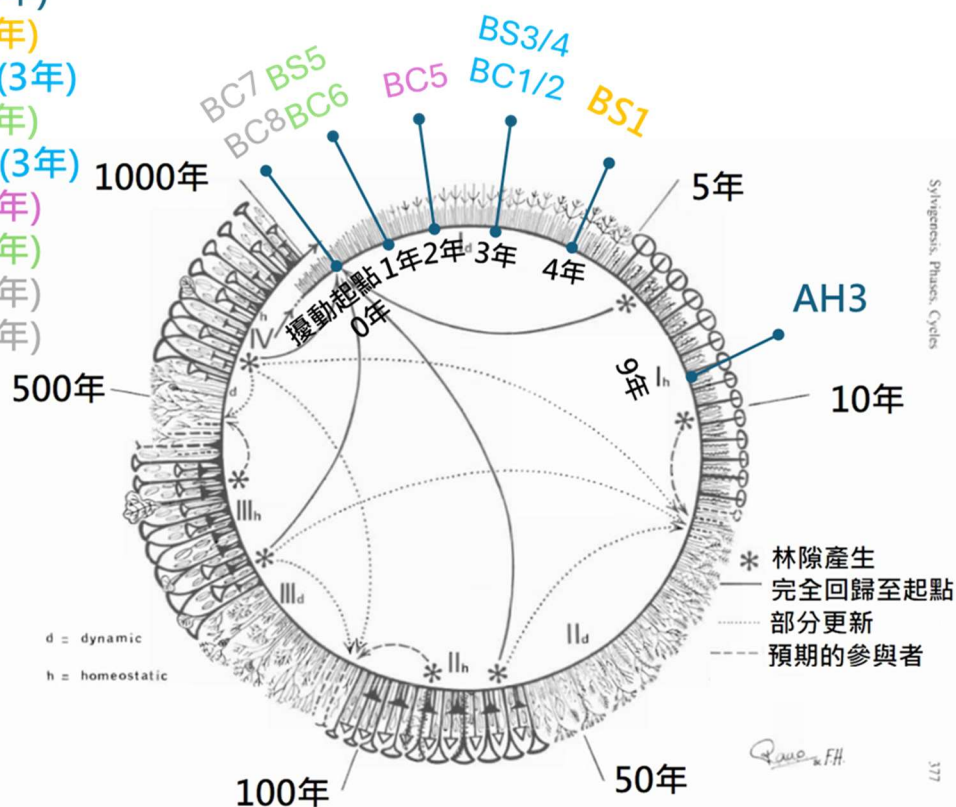


圖 5.4-5 森林動態循環與樣區擾動後復原示意圖

資料來源：Halle *et al.*, 1978，本計畫調整。

## 第六章 銀合歡收購說明會及回饋項目

### 6.1 銀合歡收購說明會

為鼓勵恆春半島私有地主及國有地承租人一起加入移除銀合歡的行動，農業部於112年起辦理為期2年的銀合歡收購計畫。本計畫為加強宣導外，亦藉由辦理說明會蒐集民眾意見，以確保政策內容貼近地方需求。本計畫依照契約要求，於恆春半島六鄉鎮(枋山鄉、獅子鄉、牡丹鄉、車城鄉、滿州鄉、恆春鎮)辦理宣導說明會，宣導推廣銀合歡收購計畫，每鄉鎮至少各一場次，共計6場次。

第一場說明會於112年12月19日於獅子鄉南世村辦理，與會者共計21位，現場民眾提問踴躍，屏東分署與屏東縣府水利處於現場亦即時給予回應，增進民眾對計畫細節的理解(圖6.1-1)。

113年銀合歡年收購機制調整，屏東分署僅辦理國有林承租地最高750公噸銀合歡，於113年8月20-22日間分別完成辦理第二至六場說明會(依先後順序為滿州鄉、恆春鎮、車城鄉、牡丹鄉、枋山鄉)，到場人次累計有91位。會中主要向民眾宣導收購計畫之調整項目外，並邀請收購廠商永在林業公司到場，即時協助個案疑問，並提供收購時會遇到的一些注意事項。枋山場余廠長分享銀合歡移除最佳時機為萌芽期；恆春鎮民眾希望能增加收購地點；車城鄉里長提問多位地主合作是否比較省工？屏東分署回應可推薦優良廠商，永在亦提醒施作時需當場釐清地號分界以免後續糾紛等。

會後觀察，多數民眾已透過前一年度或其他管道獲取收購資訊，對政策基本內容具一定認知，因此更關注後續造林獎勵新制啟動期程等新訊息。(圖6.1-2~圖6.1-6)。會議紀錄及整理七大類型之問答集詳附錄五。

綜合評估，本計畫說明會有效達成三項成效：(1) 持續擴散政策訊息至六鄉鎮，確保目標族群知悉計畫調整；(2) 敬啟即時回應民眾問題，提升參與者對計畫細節與執行流程的理解度；(3) 蒐集具體且可行的在地建議，為後續計畫修正與推動提供參考依據。





圖 6.1-1 銀合歡收購計畫說明會(第一場-獅子鄉)辦理情形



圖 6.1-2 銀合歡收購計畫說明會(第二場-滿州鄉)辦理情形





圖 6.1-3 銀合歡收購計畫說明會(第三場-恆春鎮)辦理情形



圖 6.1-4 銀合歡收購計畫說明會(第四場-車城鄉)辦理情形





圖 6.1-5 銀合歡收購計畫說明會(第五場-牡丹鄉)辦理情形



圖 6.1-6 銀合歡收購計畫說明會(第六場-枋山鄉)辦理情形

## 6.2 回饋項目

為提升銀合歡剷除復育造林工作的公眾溝通宣傳效果，本計畫於銀合歡收購說明會辦理過程，蒐集民眾之意見及反饋建議，參考民眾常見問題及迷思，設計一份銀合歡移除工作宣導學習單，期提供學校老師上課、或屏東分署辦理宣導活動時跟民眾互動使用。

學習單內容以前期計畫製作之銀合歡宣導圖卡(附錄六)為基礎，設定以國小中高年級學生及一般民眾為對象，設計主題「生態偵探：銀合歡入侵事件調查檔案」，以模擬偵探蒐集資訊及線索的情境，配合宣導圖卡，於活動或課程中，藉由問題導引的方式，讓學生或民眾思考及瞭解銀合歡產生的生態課題，進而認同與支持銀合歡剷除生態植被復育工作。學習單設計如表6.2-1。並參照期中審查委員建議，另設計簡化版學習單內容供國小低年級學生使用，如表6.2-2，相關參考解答請參考附錄七。



表 6.2-1 一般民眾學習單

## 生態偵探：銀合歡入侵事件調查檔案

偵探姓名：\_\_\_\_\_ 調查日期：\_\_\_\_年\_\_月\_\_日

任務：調查外來入侵植物—銀合歡—造成的環境危機！

### 檔案一：入侵者特徵

1. 畫出這個入侵者的特徵：

他的葉子長什麼樣子？	他的花長什麼樣子？	他的果實長什麼樣子？

2. 入侵者常出沒在什麼樣的環境（圈出所有你認為對的地方）：

乾旱	明亮	溫暖
潮濕	陰暗	寒冷

3. 入侵者的超能力（圈出所有你認為對的地方）：

生長速度快，很快就能長成一大片樹林	繁殖能力強，可以製造大量種子	再生能力強，砍斷後還能再發芽	毒殺專家，會釋放毒素到土壤中，抑制其他植物生長
-------------------	----------------	----------------	-------------------------

4. 入侵者剛到臺灣時怎麼跟居民互動（圈出所有你認為對的地方）：

提供種子嫩葉，做為牲畜飼料	提供枝條，做為薪炭燃料	當植栽，做為綠籬防風	提供纖維，用來造紙
---------------	-------------	------------	-----------

回饋項目-銀合歡移除工作室導學習單-一般版(p.1)

5. 算算看，銀合歡可能的繁殖速度：
- (a) 每株銀合歡一年可以產生 10,000 顆以上的種子，一片足球場面積的銀合歡樹林大約有 1000 株銀合歡，一年至少會產生\_\_\_\_\_顆種子？
- (b) 在種子在傳播過程中，估計有一半會陣亡，剩下的每顆種子會長出一株銀合歡。上述足球場面積的銀合歡樹林一年所產生的種子，會長成\_\_\_\_\_株銀合歡，是原本銀合歡數量(1000 株)的\_\_\_\_\_倍。

## 檔案二：入侵者傳播路徑

1. 追蹤入侵過程：畫出銀合歡傳播到臺灣的路徑  
提示：原產於\_\_\_\_\_ → 經過：\_\_\_\_\_ → 到達：臺灣



2. 偵探推理：這個入侵者是如何來到臺灣的？  
☐ 自己游泳來的 ☐ 候鳥帶來的 ☐ 人帶來的 ☐ 飛機載來的  
原因：

---

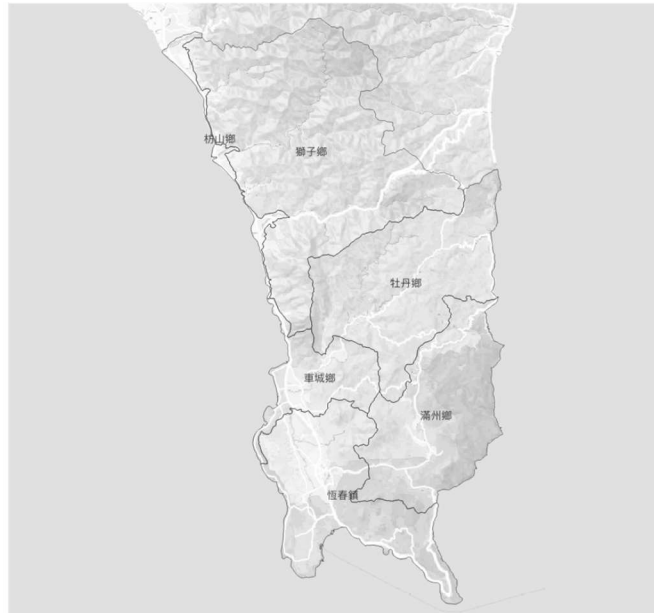
---

---

---

---

3. 目前在恆春半島的入侵範圍：有銀合歡入侵的地方在地圖上塗上顏色



### 檔案三：入侵者危害調查

1. 發現危害：

- ☐ 對植物：\_\_\_\_\_
- ☐ 對土地：\_\_\_\_\_
- ☐ 對生態：\_\_\_\_\_
- ☐ 對農業：\_\_\_\_\_

2. 危害證據：貼上照片或畫出銀合歡入侵前後的环境變化

入侵前	入侵後

3. 目擊者證詞：訪問一位長輩，問他們銀合歡還沒入侵之前，這裡的環境長什麼樣子？

長輩說：

---

---

---

---

#### 檔案四：受害者報告

1. 找出受害者：原始森林變成銀合歡林後，哪些生物不見了？

☐ 原生植物（寫出 3 種）：(1)\_\_\_\_\_ (2)\_\_\_\_\_ (3)\_\_\_\_\_

☐ 原生動物（寫出 3 種）：(1)\_\_\_\_\_ (2)\_\_\_\_\_ (3)\_\_\_\_\_

2. 毒素調查：銀合歡釋放的毒素叫：\_\_\_\_\_

會造成什麼影響：\_\_\_\_\_

3. 受害區域調查：

找找在你家或學校附近，哪裡有銀合歡？

地點：\_\_\_\_\_

數量：大樹\_\_\_\_\_株，小苗\_\_\_\_\_株

環境受害情形：

---

---

---

#### 推理時間

1. 為什麼這麼難防止銀合歡入侵？

---

---

---

---

2. 如果銀合歡繼續蔓延，未來會：

---

---

---

---



3. 應對的方法：

- ☐ 隨手拔除、定期清除銀合歡小苗
- ☐ 種回原生植物
- ☐ 監控銀合歡擴散情形
- ☐ 告訴爸爸媽媽、通報相關單位
- ☐ 放任不管

4. 銀合歡防除宣導：（畫一張宣傳單，主題：阻止銀合歡繼續入侵！）



回饋項目-銀合歡移除工作宣導學習單-一般版(p.5)

### 偵察結論報告

1. 銀合歡入侵造成的危害，最嚴重的三個是：

(a) \_\_\_\_\_

(b) \_\_\_\_\_

(c) \_\_\_\_\_

2. 拯救被銀合歡入侵的區域：我建議大家可以：

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. 給社區的警告信

親愛的鄰居：

銀合歡很可怕，因為...

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. 緊急行動計畫：如果發現有銀合歡，我會：

A 計畫 \_\_\_\_\_

B 計畫 \_\_\_\_\_

C 計畫 \_\_\_\_\_

6. 解決方案

我們應該：


\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

絕對不能：

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



**特別任務：**把這份偵察報告做成海報，召集更多人一起清除銀合歡！


表 6.2-2 簡化版注音學習單



## 生態小偵探學習單：

### 認識銀合歡









 姓名：\_\_\_\_\_
  日期：\_\_\_\_月\_\_\_\_日

 本次任務：

了解銀合歡這個植物，以及它對環境的影響。

一、觀察銀合歡

1. 你覺得它長什麼樣子？（請圈起來）

外觀	葉片	花	果實
			
			

2. 它生長在什麼樣的環境？（請圈起來）

乾燥的	明亮的	溫暖的
潮濕的	陰暗的	寒冷的

回饋項目-銀合歡移除工作宣導-簡化版注音學習單(p.1)

## 二、銀合歡有什麼超能力？

在對的選項打「✓」

- ☐ 長得很快，馬上變成一大片。
- ☐ 能生好多好多種子。
- ☐ 被砍斷還能再長出來。
- ☐ 會釋放毒素，讓別的植物長不大。
- ☐ 會變成魔法樹屋。

## 三、銀合歡如何漂洋過海到臺灣？

1. 它來自世界哪個地區？(在圖上圈起來)



2. 它是怎麼來到臺灣的？

在對的選項打「✓」

- ☐ 小鳥帶來的
- ☐ 人類帶來的
- ☐ 松鼠帶來的
- ☐ 猴子帶來的



四、小小記者訪問（請訪問長輩或鄰居）

1. 我家附近有銀合歡嗎？在哪裡？

他們說：

---

---

---

2. 銀合歡造成了哪些麻煩？

他們說：

---

---

---

五、我們可以怎麼做？

在你覺得可以的方法打「✓」：

☐ 隨手拔除銀合歡小苗

☐ 種回臺灣原生植物

☐ 幫忙大人們一起清除

☐ 放著不管，讓它自己長

## 六、一起恢復原本的森林

請幫下面圖的自然森林塗上顏色。



回饋項目-銀合歡移除工作宣導-簡化版注音學習單(p.4)

## 第七章 結論與建議

### 7.1 結論

本計畫接續前期(104~106年、107~109年、110~112年)銀合歡移除後造林生態效益評估計畫，工作包含更新恆春半島銀合歡分布區域、彙整及比較恆春半島各單位銀合歡移除作業之成果、銀合歡移除區域生態監測及復育造林效益分析、宣導銀合歡移除之收購及相關辦法等內容，摘述結論如下：

#### (1) 銀合歡分布圖繪製更新

為有效執行恆春半島外來種銀合歡的移除任務，掌握其精確分布狀況與制定生態友善的移除策略至關重要。本計畫採用高解析度之熊鷹無人機影像、標準化操作流程、透過室內、現地勘查的交叉複核，計算整體準確度(OA)與Kappa值( $\kappa$ )確保內部繪圖標準的一致性。更新位於恆春半島近西部海岸及局部滿州共24幀圖幅之銀合歡分布範圍。

#### (2) 銀合歡移除生態敏感區更新

本計畫套用重要生態區域、關注物種棲地、保護區、熱點、生態議題等資訊，更新24幀圖幅範圍之銀合歡對應恆春半島的生態敏感區分布。而恆春半島銀合歡分布範圍之生態議題有(a) 森林保育類動物、(b) 過境猛禽過境驛站棲地、(c) 龍鑾潭候鳥棲地、(d) 渡冬蝶谷、(e) 紅皮書受脅植物棲地、(f) 海岸林陸蟹熱區、(g) 關注獨流溪及洄游魚蝦、(h) 外來種長腳捷山蟻(黃狂蟻)擴散，進行銀合歡移除作業規劃應注意相關生態友善工作。

#### (3) 恆春半島各單位銀合歡移除作業方式彙整比較

本計畫蒐集108年起至114年8月止，恆春半島各機關發包的銀合歡清除相關共計有54個標案，各機關歷年投入之資源達38,665萬元。梳理各標案的銀合歡移除作業規範，以比較各機關執行方法的差異，提供分署跨單位溝通協調參考資訊。各機關執行銀合歡移除方法，大致可分為(1)帶狀栽植造林(搭配機具防除)、(2)帶狀植栽造林與施打藥

劑、(3)一次性砍除(或人工擇伐)、(4)人工擇伐與施打藥劑、(5)植栽撫育(含刈除萌生的銀合歡)等5類，以帶狀栽植造林(搭配機具防除)施作面積最大，施作面積次大的為人工擇伐與施打藥劑。

#### (4) 銀合歡移除區域生態監測及復育造林效益分析

本計畫生態監測植物部分調查記錄9個樣區之維管束植物監測資料，包含歷史樣區AH3；一次性砍除樣區BS1、BS3/4、BS5；全面移除造林樣區BC1/2、BC5、BC6、BC7及BC8。共記錄64科169屬203種維管束植物，包含三種植物紅皮書種類：白樹仔(易危)、小葉朴(接近受脅)與柳葉鱗球花(接近受脅)，原生種(含特有種)約佔75.4%。整體植被多以喬灌木為優勢，但已完成全面移除作業之BC1/2、BC5及BC6樣區，植被則以地被層之草本植物更為多樣。

彙整112年之前期計畫調查結果比較移除作業前後差異，帶狀栽植造林樣區維持與前期計畫相近的物種組成與多樣性指數，推測原因為定期維護管理有效抑制銀合歡生長與擴散。一次性砍除樣區針對銀合歡移除，物種數與所有物種個體數減少幅度皆較全面移除造林樣區小。整體而言，兩種移除方式皆讓生物多樣性指數有上升趨勢，但全面移除造林因新植苗木尚未成長茁壯，故仍需關注後續生長狀況。

另外，多樣性指數的提升幅度取決於原本群落分布的均勻程度，移除作業前若群落分布相對均勻，於移除作業後提升幅度相對較小。同理，全面移除造林之新植苗木若為少數或單一物種，會造成整體群落分布不均，反而使多樣性指數下降。

動物監測方面，架設之9部紅外線自動相機，共記錄到10科10種哺乳動物，如臺灣山羌、梅花鹿、臺灣獼猴、食蟹獾等，多數為臺灣特有種或特有亞種。前期延續之樣區皆累計超過4,500小時之有效工作時數，多數樣區在有效工時超過3,000小時後上升趨勢便已緩和，顯示目前所得之資料應足以反映哺乳動物紀錄的完整性。以BS5及BC6為例，在銀合歡移除作業後，數種物種的活動頻度增加，顯示銀合歡伐除及造林作業所產生的棲地變化可能影響哺乳動物活動的區域或出現頻度，進而對森林性哺乳動物群聚組成產生正向的效益，但不同作業方式的影響仍需透過更細緻的試驗設計並且長期的累積方能確認。



9部自動錄音機在各樣區累積了超過53萬筆錄音檔案。相較於傳統的人力調查，自動錄音機的優勢在於能夠長期且連續地蒐集動物活動與鳴叫資訊，為後續的分析提供可靠資料。在樣區中，鳥類多樣性受季節和時間影響，而部分一次性砍伐的樣區則呈現出隨時間逐漸下降的趨勢。目前SILIC系統針對本研究樣區的物種辨識準確率仍偏低，主要受限於學習資料不足以及現場鳴叫與訓練資料存在差異。為提升辨識資料的參考價值，可考慮透過限制辨識目標物種或提高信心指數門檻等方式。然而現階段此系統仍無法完全取代人工辨識。儘管人工智慧辨識存在誤判，但透過大規模取樣，有助於偵測過去未曾記錄的鳥種；長時間的監測亦能建立物種多樣性變化的基線資料。樣區的聲景中，包含大量非目標類群的鳴聲與環境音。因此，未經篩選或處理的聲景指數，僅與物種多樣性有部分相關性。然而，聲景監測仍有潛力成為評估整體棲地條件變動的有力工具。

蝴蝶監測共記錄到 2 科 15 種，依棲地偏好可分為林緣開闊型與遮蔽環境型兩大類。調查結果顯示，不同季節間差異明顯：夏季的物種數與個體數最高，冬季則最低。各樣區比較中，鬱閉度較高的 AH3 與 BS5 捕捉數量表現較佳，顯示棲地結構不僅影響蝶類多樣性，也會影響監測的捕捉效率。未來隨著造林進程與林相的變化，蝶類群聚組成亦可能持續調整。

效益評估方面，移除作業後，全面整地造林區逐漸由相思樹、海欖果、月橘等造林樹種占優勢；一次性砍除區則由留存的原生樹種，如黃荊、克蘭樹、過山香占優勢。植物多樣性指數(Simpson多樣性指數、Shannon-Wiener多樣性指數、Pielou均勻度指數)在移除後普遍上升，反映銀合歡消失後群落分布更為均勻。動物監測結果顯示，蝴蝶多樣性與寄主植物種類呈正相關，突顯復育原生植物對昆蟲的重要性；其他動物群組則因監測時間短、樣區間棲地連通性高，物種組成差異尚不明顯。不過資料顯示哺乳類組成與道路切割呈現空間分群現象。整體而言，移除具生態正向效益，但樣區復原時間仍短，森林結構尚未穩定，是否能恢復原生熱帶季風林，仍需持續監測與長期評估。

#### (5) 銀合歡收購說明會辦理

各銀合歡收購說明會場次皆已辦理完成，依序於獅子鄉、滿州鄉、恆春鎮、車城鄉、牡丹鄉及枋山鄉辦理共計6場次，累計112人次。因112年底辦理場次正值112年收購期結束，民眾提問踴躍，屏東分署與屏東縣府水利處於現場亦即時給予回應，而113年辦理場次時民眾早已經由多種管道獲得收購資訊，問題大多是對於後續造林獎勵新制啟動期程與銀合歡收購計畫如何選擇。會中主辦方即時回覆民眾疑問，並蒐集增加收購地點、地主合作減省施工成本等具體建議，提升民眾對計畫細節之理解度與參與意願。

#### (6) 回饋項目

為提升銀合歡剷除復育造林工作的公眾溝通宣傳效果，本團隊蒐集銀合歡收購說明會上民眾之意見及反饋建議，整理常見問題，設計兩份銀合歡移除工作宣導學習單做為本計畫執行回饋，提供學校教學或配合屏東分署活動使用。

### 7.2 討論與建議

#### (1) 銀合歡分布圖繪製

銀合歡分布圖有助於屏東分署規劃銀合歡移除作業，本計畫使用的熊鷹影較衛星影像清晰許多，以往無法分辨之樹冠等資訊現在已可以辨認，然而由於銀合歡生長速度及對逆境之適應性強悍，導致樹冠外觀多變化，非常考驗繪圖者的圖判能力及經驗，尤其銀合歡覆蓋率在分級臨界值時(接近30%或接近70%)，不同繪圖者判釋結果極可能不同，需要繪圖團隊多次討論共識，以及多搭配現場勘察比對影像與現況的差異，以累積經驗。

#### (2) 銀合歡移除造林作業需搭配充足的原生種苗

由於銀合歡移除後的造林需要栽植大量原生苗木，考量市場上的原生種苗源可能不穩定，且有些原生種在市場上苗源較少，再加上造林區常有梅花鹿啃食苗木的情形，導致雖然初期建議的樹種很多，然最後栽植存活的苗木種類仍是以少數幾種，建議屏東分署能長期準備

銀合歡移除後造林需要的原生苗木，尤其是梅花鹿不喜歡啃食的種類(參考表1.2-4)，除了提供屏東分署轄區造林使用，亦能提供其他協力清除銀合歡的單位使用。

### (3) 銀合歡移除造林之生態監測相關建議

(a) 一次性砍除樣區內仍有調查到銀合歡，建議持續監測銀合歡是否會再次擴散而影響移除成效。

(b) 本計畫調查時發現全面移除造林樣區內部分新植苗木死亡，建議定期巡視苗木生長情形與銀合歡是否有再入侵的狀況，並評估是否有補植需求。

(c) 全面移除造林移除作業區域有些有特地保留原生大徑木，建議持續監測確認保留母樹否能成為苗木種原，發揮自然更新功能。

(d) 執行銀合歡移除作業前建議於預定移除範圍內確認是否有紅皮書受脅植物，以利移除規劃進行滾動式調整，避免誤除，讓紅皮書受脅植物能夠在其原棲地存續。

(e) 本計畫嘗試以被動式監測技術搭配AI辨識工具蒐集與分析鳥類資料，期能降低人為誤差、延長資料蒐集時間以提升效率，然而自動錄音機搭配之SILIC系統經抽驗後多有誤判情形，就算限制辨識標的或調整信心指數門檻，仍無法大幅提高辨識成果的準確性，因此現階段不建議直接使用AI辨識的成果進行分析，尚須搭配人工辨識校正。

(f) 鳥類與聲景皆有鮮明季節變化，未來長期監測應於四季皆取得足夠資料量，確認資料之變動是否週期性變化。若欲比較移除作業的影響，則建議在移除作業前先累積四季的資料做為基線，再與作業後的資料進行比較。

(g) 各時段鳥類物種多樣性皆以清晨最高，若未來監測以特定物種變化為主(非為了記錄樣區內所有物種出現)，考慮器材續航力及資料處理需耗費之人力時間，可將錄音時段優先集中於清晨時段。若考量監測目標為森林環境的變動與恢復，物種分析時可優先針對森林性物種。欲涵蓋完整鳥類物種紀錄需要高頻度取樣，難以透過人工調查的方式達成，因此被動聲學監測系統之發展相當關鍵。





表 8-1 計畫各階段報告及進度查核項目

階段報告	提送日期	進度查核
期初報告	決標次日起 30 日	期初報告 10 份。 工作及進度規劃之初步構想說明
第一次 期中報告	113 年 6 月 20 日	第一次期中報告 10 份。 1.完成判釋銀合歡分布，至少 7 個航空照片圖幅。 2.前期計畫樣區作業後之監測，植物 1 季次、動物至少 2 季次。 3.配合 113 年屏東分署移除銀合歡進度，進行植物及動物監測。 4.於 112 年 12 月 31 日前完成至少一場銀合歡收購說明會。 5.蒐集恆春半島各機關近年銀合歡移除工作相關資料。
第二次 期中報告	114 年 1 月 10 日	第二次期中報告 10 份。 1.完成判釋銀合歡分布，累計至少 14 個航空照片圖幅*。 2.完成前期計畫樣區作業後之監測，累計植物 1 季次、動物 4 季次。 3.配合 113 年屏東分署移除銀合歡進度，進行植物及動物監測。 4.於 113 年 12 月 31 日前累計完成至少六場銀合歡收購說明會。
期末報告	114 年 8 月 31 日	期末報告 10 份。 1.完成判釋銀合歡分布，24 個航空照片圖幅。 2.完成 113 年銀合歡移除區域作業後之監測，累計植物 1 季次、動物 4 季次。 3.配合 114 年屏東分署移除銀合歡進度，進行植物及動物監測。 4.依據監測結果，完成評估銀合歡移除前後，對當地動、植物之影響，並分析不同環境之復育造林地，於銀合歡移除後動、植物棲地利用變化。 5.彙整及比較恆春半島各機關近年銀合歡移除工作差異性。
成果報告	期末報告通過後 30 日內	成果報告及相關資料光碟片(含影像、電子檔、成果報告書 word 與 pdf 檔、各期簡報 power point 與 pdf 檔)15 份。 依期末審查結果修改完竣之成果報告。

\*註：113 年 6 月 20 日提出第一次期中報告後，至 114 年 6 月 30 日前，屏東分署得就已提送完成判釋之圖資，不定期派員抽樣複查判釋準確度(準確度須達 85%)。

## 參考文獻

1. 王相華，2008。墾丁熱帶海岸林植生復舊。林業研究專訊，15(1)，22-24。
2. 古馥宇，2018。台灣水鹿(*Rusa unicolor swinhoii*)之相對族群量指標開發與評估。國立屏東科技大學野生動物保育研究所碩士學位論文。
3. 朱育儀、彭采宸、張智強，2017。恆春半島外來入侵種銀合歡移除復育造林概況。台灣林業，43(1)，35-47。
4. 行政院農業委員會，2018。國土生態保育綠色網絡建置計畫(107-110)(核定本)。
5. 行政院農業委員會，2021。國土生態保育綠色網絡建置計畫(111-114)(核定本)。
6. 行政院農業委員會，2022。外來入侵種埃及聖鸚綠鬣蜥與恆春半島銀合歡移除及復育計畫(112-113 年)(核定本)。
7. 行政院農業委員會林務局，2005。國家植群多樣性調查及製圖計畫。
8. 行政院農業委員會林務局林務局，2015。第四次全國森林資源調查報告。
9. 行政院農業委員會林務局農林航空測量所。2021。應用航照影像判釋恆春半島銀合歡之分布區域。
10. 吳立心、吳文哲、陳玄武、王巧萍，2008。以銀合歡豆象進行銀合歡生物防治可行性評估。臺灣林業，34(4)，31-37。
11. 呂明倫，2016。外來入侵物種銀合歡族群擴散模擬之研究。航測及遙測學刊，21(2)，65-74。
12. 李昭宗，2003。恆春地區銀合歡入侵及擴散之研究。屏東科技大學森林系碩士論文。
13. 李玲玲、林雅玲、黃俊嘉、郭浩志，2007。大鹿林道東線工程之環境監測。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
14. 林莉萍、王正楷、曾義星、朱宏杰，2014。應用空載光達資料估計森林樹冠高度模型及葉面積指數。航測及遙測學刊，19(2)，107-123。
15. 邱祈榮、陳子英、謝長富、劉和義、葉慶龍、王震哲，2009。臺灣現生天然植群圖集。行政院農業委員會林務局。
16. 范慶龍，2021。監督式機器學習於土地覆蓋分類效益之研究，台灣土地研究，24(1)，67-94。
17. 財團法人台灣生態工法發展基金會，2020。國土生態綠網藍圖規劃及發展計畫。行政院農業委員會林務局。
18. 國立屏東科技大學森林系，2017。銀合歡移除復育之生態效益評估。行政院農業委員會林務局屏東林區管理處。
19. 國立屏東科技大學森林系，2020。恆春半島銀合歡移除復育造林生態廊道串連及效益評估。行政院農業委員會林務局屏東林區管理處。
20. 張博翔，2020。運用聲音指數探討長期聲景監測的取樣方法。國立臺灣師範大學生命科學系碩士論文。
21. 張瓊文，1990。白頭翁與烏頭翁鳴聲的分析比較。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。
22. 郭家和、陳建璋、陳朝圳，2018。恆春半島地區銀合歡移除復育造林之生態

- 系服務功能效益評估。國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告，32(3)，199–220。
23. 郭耀綸，2007。入侵樹種銀合歡的生態性狀及管理方案。臺灣博物季刊，26(2)，86–89。
  24. 陳朝圳、范貴珠，1989。恆春地區巨型銀合歡生長與收穫之研究。屏東農專學報，30，66–83。
  25. 陳德順、胡大維，1976。臺灣外來觀賞植物名錄。行政院農業委員會林業試驗所。
  26. 馮郁筑、魏浚紘、陳建璋、陳朝圳，2009。恆春半島尖山、關山、後灣與大尖石山地區土地利用變遷對銀合歡入侵之影響。華岡農科學報，24，69–81。
  27. 楊明德、曾信鴻、洪奕瑾、許鈺群。2020。利用深度神經網路於高光譜影像物件式分類，中華水土保持學報，51(4)，127–139。
  28. 葉定宏、郭耀綸、林照松，2021。台灣梅花鹿取食偏好及磨角行為與墾丁森林稚樹族群變動之關係，台灣林業科學，36(1)，69–86。
  29. 農業部，2024。強勢外來入侵種移除防治及復育計畫(114–117 年度)(核定本)。
  30. 臺灣生物多樣性保育學會，2004。墾丁國家公園範圍內銀合歡防治及原生樹種林下栽植技術之研究(第一年)。墾丁國家公園管理處。
  31. 臺灣植物紅皮書編輯委員會，2017。2017 臺灣維管束植物紅皮書名錄。行政院農業委員會特有生物研究保育中心、行政院農業委員會林務局、臺灣植物分類學會。
  32. 裴家騏，2006。自動相機自動動物監測上之應用與成效分析。利用紅外線自動相機於野生動物調查小型研討會。
  33. 國立屏東科技大學野生動物保育研究所，2003。大武山自然保留區和周邊地區雲豹及其他中大型哺乳動物之現況與保育研究（三）。行政院農業委員會林務局保育研究系列 92-02 號。行政院農業委員會林務局。
  34. 劉小如、官建維，2006。墾丁國家公園烏、白頭翁擴散暨烏頭翁保護區劃設可行性研究(二)。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
  35. 潘富俊、施文君、陳逸銘，1991。新品系銀合歡在不同生育地之四年生長，林業試驗所研究報告季刊，6(1)，27–33。
  36. 鄧國禎，2015。航照樹語。行政院農業委員會林務局農林航空測量所。
  37. 觀察家生態顧問有限公司，2023。恆春半島銀合歡移除友善環境復育造林生態監測及效益評估。行政院農業委員會林務局屏東林區管理處。
  38. Alcocer, I., Lima, H., Sugai, L. S. M., & Llusia, D. (2022). Acoustic indices as proxies for biodiversity: A meta-analysis. *Biological Reviews*, 97, 2209–2236.
  39. Chao, A., Chiu, C. H., & Jost, L. (2014). Unifying species diversity, phylogenetic diversity, functional diversity, and related similarity and differentiation measures through Hill numbers. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45, 297–324.
  40. Chen, J.-C., Chen, C.-T. & Jump, A. (2012). Forest disturbance leads to the rapid spread of the invasive *Leucaena leucocephala* in Taiwan. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 39(B2), 35–40.
  41. Chung, K.-F. & Shao, K.-T. (2024). Catalogue of life in Taiwan. Retrieved from taicol.tw on 2024-12-24.
  42. Forest Restoration Research Unit. (2005). *How to Plant a Forest: The Principles*

- and Practice of Restoring Tropical Forests*. Compiled by Elliott, S., Blakesley, D., Maxwell, J. F., Doust, S., & Suwannaratana, S. Biology Department, Science Faculty, Chiang Mai University, Thailand.
43. Freitas, A. V. L., Iserhard, C. A., Santos, J. P., Carreira, J. Y. O., Ribeiro, D. B., Melo, D. H. A., Rosa, A. H. B., Marini-Filho, O. J., Accacio, G. M., & Uehara-Prado, M. (2014). Studies with butterfly bait traps: an overview. *Revista Colombiana de Entomología*, 40(2), 203–212.
  44. Halle, F., Oldeman, R. A. A. & Tomlinson, P. B. (1978). *Tropical Trees and Forests: An Architectural Analysis*. Springer, Berlin.
  45. Hyland, E. B., Schulz, A., & Quinn, J. E. (2023). Quantifying the soundscape: how filters change acoustic indices, *Ecological Indicators*, 148.
  46. Invasive Species Specialist Group ISSG (2015). The Global Invasive Species Database. Version 2015.1 <<https://www.iucngisd.org/gisd/>> Downloaded on August 27 2025.
  47. Izaguirre, M. I., & Ramírez-Alán, Ó. (2018). Acoustic indices applied to biodiversity monitoring in a Costa Rica dry tropical forest. *J3ea*, 2, 1–1.
  48. Kasten, E. P., Gage, S. H., Fox, J., & Joo, W. (2012). The remote environmental assessment laboratory's acoustic library: An archive for studying soundscape ecology. *Ecological informatics*, 12, 50–67.
  49. Krause, B. (1987). Bioacoustics, habitat ambience in ecological balance. *Whole Earth Review*, 57(472), 14–18.
  50. Mammides, C., Goodale, E., Dayananda, S. K., Kang, L., & Chen, J. (2017). Do acoustic indices correlate with bird diversity? Insights from two biodiverse regions in Yunnan Province, south China. *Ecological Indicators*, 82, 470–477.
  51. Pieretti, N., Duarte, M. H. L., Sousa-Lima, R. S., Rodrigues, M., Young, R. J., & Farina, A. (2015). Determining temporal sampling schemes for passive acoustic studies in different tropical ecosystems. *Tropical Conservation Science*, 8(1), 215–234.
  52. Ross, S. R. J., Friedman, N. R., Dudley, K. L., Yoshimura, M., Yoshida, T., & Economo, E. P. (2018). Listening to ecosystems: data-rich acoustic monitoring through landscape-scale sensor networks. *Ecological Research*, 33, 135–147.
  53. Sueur, J., Pavoine, S., Hamerlynck, O., & Duvail, S. (2008). Rapid Acoustic Survey for Biodiversity Appraisal. *PLoS One*, 3, e4065.