農業部林業及自然保育署

我國低海拔陸域生態系服務價值評估架構研析計畫擴充案

Evaluation Framework of Ecosystem Services for Low-altitude Terrestrial Ecosystems in Taiwan(Expansion Plan)

結案報告書

主持人：錢玉蘭

協同主持人：林幸助

顧問：吳珮瑛、柏雲昌

研究助理：林蕙萱、郭晴茜、楊芷瑄、

蔣芃琳、吳佳蓉

受託單位：國立臺北大學

日期：中華民國115年3月

摘要

本計畫接續前一年度以國土生態綠網關注區為計畫範疇，本年度主要針對臺灣低海拔陸域的森林生態系，依據前期完成的生態系服務價值評估架構，進一步研析森林生態系服務價值 ESV（ecosystem service value，以下簡稱 ESV）實證評估方法、以及如何將生態系服務價值 ESV 納入臺灣環境經濟整合帳的途徑與方法。

我國森林生態系服務相關帳表，本計畫參考 SEEA-EA 建議之架構編製，分別為以描述生態系面積為目的規模帳、以描述生態系特徵為目的條件帳、統計生態系服務的流量之實物帳、統計生態系服務價值的流量之貨幣帳、融入生態系壽命概念之資產帳等 5 大帳表。根據前期計畫已完成我國低海拔生態系類型分類，將我國森林生態系 7 大林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工闊葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林與竹林）納入，初步完成我國森林生態系帳表之架構，其中 2024 年臺灣森林生態系-貨幣帳架構，為本計畫推估森林生態系之工作項目。

本計畫推估之 2024 年森林生態系服務價值，分為供給、調節與維持、文化等三大類，其中：供給服務包括木材供給服務、野生動物/植物和其他生物量 2 項，每年全臺森林生態系供給服務價值共 1.5 億元。調節與維持服務包括共全球氣候調節服務-碳儲存服務、全球氣候調節服務-碳吸存服務、空氣過濾服務、土壤與沉積物保留服務-土壤流失控制服務、土壤與沉積物保留服務-山體滑坡減緩服務、水資源淨化服務、水流調節服務-基線流量維持服務、水流調節服務-高峰流量減緩服務、授粉服務等 9 項，每年全臺森林生態系調節與維持服務價值共 1.3 兆~3.2 兆元。文化服務包括遊憩服務、視覺舒適服務、教育/科學與研究服務、精神/藝術與象徵性服務等 4 項，每年低海拔森林生態系文化服務之交換價值約 358 億元、福利價值約 914 億元。

本計畫推估之 2024 年臺灣森林生態系服務價值與現有數據情況

帳項/海拔		現有調查數據能否區分 7 類林型	總計（千元/年）	單位面積價值（千元/公頃）
供給服務			**149,842**	**0.075**
木材供給服務	低	√	62,722	0.072
	中高		81,512	
	全臺		144,234	
野生動物、植物和其他生物量供給服務	低	X	2,439	0.03
	中高		3,169	
	全臺		5,608	
調節與維持			**1,347,188,373~ 3,241,776,555**	**674.074~ 1,622.044**
全球氣候調節服務 -碳儲存服務 [1]	低	X	4,477,755 ~ 170,035,282	5.152 ~ 195.644
	中高		5,819,168 ~ 220,973,195	
	全臺		10,296,923 ~ 391,008,477	
全球氣候調節服務 -碳吸存服務 [1]	低	X	2,834,353~ 107,629,823	3.261~ 123.840
	中高		3,683,447~ 139,872,769	
	全臺		6,517,800~ 247,502,592	
空氣過濾服務	低	√	25,423,978	29.253
	中高		33,040,306	
	全臺		58,464,284	
土壤與沉積物保留服務 -土壤流失控制服務	低	√	91,404,143	105.170
	中高		118,786,321	
	全臺		210,190,464	
土壤與沉積物保留服務 -山體滑坡減緩服務	低	X	885,988	1.019
	中高		1,151,406	
	全臺		2,037,394	
水資源淨化服務	低	僅能區分闊葉林與針闊混合林	398,348	0.458
	中高		517,682	
	全臺		916,031	
水流調節服務 -基線流量維持服務	低	√	1,949,142	2.243
	中高		2,533,052	
	全臺		4,482,194	
水流調節服務 -高峰流量減緩服務	低	√	453,130,776 ~1,003,995,642	521.375~ 1,155.204
	中高		588,876,344 ~1,304,765,233	
	全臺		1,042,007,121 ~2,308,760,875	

帳項/海拔		現有調查數據能否區分 7 類林型	總計（千元/年）	單位面積價值（千元/公頃）
授粉服務	低	X	5,338,454~8,007,681	6.142~9.214
	中高		6,937,708~10,406,562	
	全臺		12,276,162~18,414,243	
文化服務（僅包含低海拔）[2]			**35,760,646~91,461,182**	**41.146~105.236**
遊憩服務	交換價值	X	9,066,079	10.431
	福利價值		23,187,342	26.680
視覺舒適服務	交換價值		9,066,079	10.431
	福利價值		23,187,342	26.680
教育、科學與研究服務	交換價值		8,965,345	10.316
	福利價值		22,929,705	26.383
精神、藝術與象徵性服務	交換價值		8,663,142	9.968
	福利價值		22,156,793	25.494

註：1.若需引用本計畫之全球氣候調節服務價值，建議參考表 6-9「2024 年我國森林碳儲存服務價值評估結果」與表 6-10「2024 年我國森林碳吸存服務價值評估結果」；表中森林碳儲存服務價值根據中碳價格定義（國內減碳成本、歐盟碳交易價格、全球碳社會成本）。

2.文化服務之交換價值為受訪者至森林旅遊地之時間支出成本（SEEA-EA 則是對森林遊憩效益的定義），福利價值為受訪者至森林旅遊地獲得之遊憩淨效益，為消費者剩餘概念。

資料來源：本計畫估算整理。

目錄

目錄.....I

圖目錄.....IV

表目錄.....VII

第 I 篇、緒論

第一章、緒論.....1-1

第一節、計畫緣起與動機.....1-1

第二節、我國森林生態帳之生態功能項目確定流程.....1-3

第三節、計畫目的.....1-8

第四節、研究範疇.....1-8

第五節、工作內容、研究方法與實施步驟.....1-10

第六節、研究報告之章節架構.....1-16

第二章、森林生態系服務項目及臺灣低海拔森林生態系現況.....2-1

第一節、我國低海拔生森林生態系類型分類.....2-1

第二節、低海拔森林生態現況.....2-2

第三章、國內外森林生態系服務價值實證評估結果彙整.....3-1

第一節、森林生態系評估方法簡介.....3-1

第二節、國外森林生態系價值評估之實證文獻彙整.....3-5

第三節、我國森林生態系服務價值之實證評估結果彙整.....3-7

第 II 篇、「環境經濟整合帳-核心架構」（SEEA-CF）與「環境經濟整合帳-生態帳」（SEEA-EA）之編製邏輯與帳表關係

第四章、釐清「環境經濟整合帳」與「環境經濟整合帳-生態帳」之間的關係.....4-1

第一節、簡介「環境經濟整合帳-生態帳（SEEA-EA）」之編製邏輯與帳表架構.....4-2

第二節、簡介「環境經濟整合帳-核心架構（SEEA-CF）」之編製邏輯與帳表架構.....4-15

第三節、分析「環境經濟整合帳-核心架構」與「環境經濟整合帳-生態帳」之間的關係.....4-27

第四節、簡介「環境經濟整合帳-生態帳」編製邏輯.....4-33

第 III 篇、建構我國低海拔森林生態系（國土生態綠網）之生態系服務市場價值的評估框架與估算方法

第五章、森林生態系之供給服務.....5-1
第一節、生物量供給-木材供給.....5-1
第二節、野生動物、植物和其他生物量供給.....5-12

第六章、森林生態系之調節與維持服務 6-1
第一節、全球氣候調節服務.....6-3
第二節、空氣過濾服務.....6-16
第三節、土壤與沉積物保留服務.....6-25
第四節、水資源淨化服務.....6-38
第五節、水流調節服務.....6-47
第六節、授粉服務.....6-59

第 IV 篇、我國低海拔森林生態系文化服務之實證評估

第七章、環境經濟整合帳-生態帳（SEEA-EA）森林生態系之文化服務與評估方法.....7-1
第一節、SEEA EA 對生態系文化服務的定義、分類與範疇....7-1
第二節、遊憩服務.....7-3
第三節、視覺舒適服務.....7-6
第四節、教育，科學與研究服務.....7-10

第八章、抽樣設計、問卷設計與敘述性統計 8-1
第一節、抽樣設計.....8-1
第二節、森林生態系文化服務評估方法之理論.....8-9
第三節、問卷調查流程及問卷設計.....8-11
第四節、調查資料敘述性分析.....8-20

第九章、森林生態系文化服務價值之實證推估 9-1
第一節、旅行成本模型實證推估.....9-1
第二節、國家森林遊樂區.....9-7
第三節、平地森林園區.....9-22
第四節、自然步道.....9-35
第五節、文化服務總價值 （含遊憩價值）.....9-63

第 V 篇、結論

第十章、結論與建議.....10-1
第一節、研究成果彙整.....10-1
第二節、我國編製森林生態帳之中長程研究建議.....10-17
第三節、森林生態系服務價值評估資料限制與未來研究建議.10-19
第四節、環境經濟整合帳-生態帳之森林生態系管理政策建議10-31

參考文獻.....R-1
附表一、國外森林生態系服務價值推估相關文獻 附表一-1
附表二、國內森林生態系服務價值推估相關文獻 附表二-1
附表三、2024 年 10 處國家森林遊樂區遊憩效益-福利價值估算結果
.....附表三-1
附表四、2024 年 10 處國家森林遊樂區遊憩效益-交換價值估算結果
.....附表四-1
附表五、2024 年 3 處平地森林園區遊憩效益-遊憩價值估算結果.附表五-1
附表六、2024 年 3 處平地森林園區遊憩效益-交換價值估算結果.附表六-1
附表七、2024 年 58 處自然步道遊憩效益-福利價值估算結果.....附表七-1
附表八、2024 年 58 處自然步道遊憩效益-交換價值估算結果.....附表八-1
附錄一、期初工作會議記錄.....附錄一-1
附錄二、滿月圓森林遊樂區實地探勘.....附錄二-1
附錄三、新寮瀑布步道實地探勘.....附錄三-1
附錄四、大農大富平地森林園區實地探勘 附錄四-1
附錄五、八仙山森林遊樂區實地探勘.....附錄五-1
附錄六、農業部林業試驗所林主任秘書俊成專家訪談記錄 附錄六-1
附錄七、農業部林業及自然保育署森林產業組訪談會議記錄 附錄七-1
附錄八、第一次專家諮詢會議紀錄.....附錄八-1
附錄九、國土生態綠網森林生態系服務價值評估問卷 附錄九-1
附錄十、第二次專家諮詢會議紀錄.....附錄十-1
附錄十一、期中審查會議之回覆.....附錄十一-1
附錄十二、期末審查會議之回覆.....附錄十二-1

圖目錄

圖 1-1 森林生態帳表預計估算 ES 篩選流程圖 1-6
圖 1-2 國土生態綠網關注區域 1-9
圖 1-3 研究流程圖 1-15
圖 2-1 植被垂直帶與水平帶對應示意圖 2-3
圖 4-1 我國綠色國民所得帳演進過程 4-1
圖 4-2 臺灣綠色國民所得帳分工（2024 年起） 4-15
圖 4-3 天然投入、產品與殘餘的實物流量 4-17
圖 4-4 SEEA-CF 帳表架構 4-21
圖 4-5 SEEA-CF 與 SEEA-EA 帳表內容異同 4-28
圖 6-1 全球氣候調節服務碳實物量之計算範疇 6-4
圖 6-2 社會生態系統（土壤保留服務） 6-27
圖 6-3 森林生態系水質取樣系統 6-41
圖 6-4 降雨循環流程圖 6-49
圖 6-5 來自森林的授粉服務價值（針對農作物） 6-60
圖 6-6 我國東方蜂全臺潛在棲地範圍 6-63
圖 6-7 我國以森林為棲地之東方蜜蜂分布圖 6-65
圖 6-8 我國以森林為棲地之東方蜜蜂覓食範圍 6-65
圖 6-9 我國農地（旱地與果樹）面積分布。 6-66
圖 6-10 可被森林東方蜜蜂服務到的旱地與果樹分布圖。 6-67
圖 8-1 72 處森林旅遊地分布點 8-1
圖 8-2 國家森林遊樂區之遊客人數統計 8-3
圖 8-3 平地森林遊樂園區之遊客人數統計 8-4
圖 8-4 旅遊需求的消費者剩餘 8-10
圖 8-5 問卷調查執行流程 8-11
圖 8-6 計畫行為理論 8-13
圖 8-7 雙界二元開放選擇誘導支付方式 8-17

表目錄

表 1-1 我國低海拔陸域生態系之主要生態系類型 1-4
表 1-2 低海拔森林生態系服務（排除目前生態帳不適宜與不確定編列的項目） 1-7
表 1-3　4 處森林旅遊地的特徵與重要性 1-12
表 1-4 專家學者出席名單 1-13
表 2-1 生態綠網關注區內各土地利用類型之面積與占比 2-2
表 2-2 台灣植被垂直分布對應海拔、氣候 2-5
表 2-3 低海拔森林生態系 72 處樣區主要動植物種類 2-7
表 3-1 自然環境資源的價值評估方法 3-3
表 3-2 國內森林生態系相關調查數據文獻 3-9
表 4-1 生態系規模帳（以面積為單位） 4-6
表 4-2 生態系條件帳 4-7
表 4-3 生態系服務實物帳-供給表 4-8
表 4-4 生態系服務貨幣帳-供給表 4-11
表 4-5 生態系資產貨幣帳 4-14
表 4-6 SEEA 經濟帳的基本序列 4-20
表 4-7 實物供給使用表（通用形式） 4-23
表 4-8 實物資產帳之通用架構（以實物為單位） 4-24
表 4-9 國家於環境保護的支出表（以貨幣為單位） 4-25
表 4-10 環境稅收表（依稅收類型） 4-26
表 4-11 SEEA-CF 與 SEEA-EA 帳表的結合應用（舉例） 4-33
表 4-12 選用生態系服務的首版（2021 年）邏輯鏈（綠底為屬森林生態系服務且有邏輯鏈的項目） 4-35
表 5-1　2024 年森林主產物產值統計 5-4
表 5-2 各林型主要樹種單位面積蓄積 5-5
表 5-3 第四次森林資源調查 6 類林型材積 5-6
表 5-4 按材積拆分用材（針葉樹）價值 5-7
表 5-5 按材積拆分用材（闊葉樹）價值 5-8
表 5-6 按材積拆分薪材價值 5-9
表 5-7 按材積拆分枝梢材價值 5-9
表 5-8 按材積拆分後的 7 類林型木材供給服務價值 5-10
表 5-9 我國木材供給服務價值評估資料需求差異 5-11
表 5-10　2024 年森林副產物生產量值統計結果 5-13
表 5-11 我國野生動物、植物與其他生物量供給服務價值評估資料需求差異 5-14
表 6-1 我國與森林生態系較有關之調節與維持服務 6-1
表 6-2 IPCC 對碳庫的定義 6-5
表 6-3 碳儲存與碳吸存的差異 6-7

表 6-4 碳儲存服務範例 6-8
表 6-5 第四次森林資源調查樹木碳儲存量 6-9
表 6-6 全臺森林不同深度土壤碳儲存量調查成果 6-9
表 6-7 2023 年臺灣森林樹木碳儲存量計算 6-11
表 6-8 2024 年不同折現率下之碳社會成本現值 6-12
表 6-9 2024 年我國森林碳儲存服務價值評估結果 6-13
表 6-10 2024 年我國森林碳吸存服務價值評估結果 6-14
表 6-11 我國森林全球氣候調節服務價值評估之資料蒐集精進需求 6-15
表 6-12 我國空氣污染物分類 6-17
表 6-13 我國樹木空氣過濾實物量之相關研究匯整 6-18
表 6-14 我國森林資源滯塵價值評估相關參數之資料來源 6-19
表 6-15 我國森林空氣淨化服務價值評估之相關研究彙整 6-19
表 6-16 我國森林生態系針葉林空氣淨化能力推估 6-21
表 6-17 2024 年我國森林空氣過濾服務價值評估結果 6-22
表 6-18 我國森林空氣過濾服務價值評估資料需求差異 6-24
表 6-19 造成土壤侵蝕與土壤保留的因子與範例 6-26
表 6-20 我國森林土壤流失控制服務相關研究匯整 6-28
表 6-21 土壤流失控制能力評估資料來源 6-30
表 6-22 我國土地利用與山體滑坡之相關研究匯整 6-30
表 6-23 國外森林山體滑坡減緩服務價值評估之相關研究匯整 6-31
表 6-24 2004 年土石流災害家戶損失調查範疇 6-32
表 6-25 2024 年我國森林土壤流失控制服務價值評估結果 6-35
表 6-26 2024 年我國森林山體滑坡減緩服務價值評估結果 6-35
表 6-27 我國土壤與沉積物保留服務價值評估資料需求差異 6-37
表 6-28 水資源淨化服務、水流調節服務與水源涵養之定義彙整 6-40
表 6-29 我國森林集水區雨水與溪流水化學性質比較之相關研究彙 6-43
表 6-30 福山試驗林雨水、穿落水、幹流水及溪水養分平均年通量 6-43
表 6-31 我國事業及污水下水道系統水污染防治費氨氮收費辦法 6-44
表 6-32 2024 年我國森林（僅闊葉林）水資源淨化服務價值評估結果 .6-45
表 6-33 我國土壤與沉積物保留服務價值評估資料需求差異 6-46
表 6-34 我國森林水源涵養量推估成果之彙整 6-50
表 6-35 日本扁柏林冠層截留比例與日降雨量的關係 6-52
表 6-36 森林水流調節服務實物量之推估 6-52
表 6-37 我國自來水廠 2024 年購入原水、清水的數量與價格 6-53
表 6-38 2024 年我國各類林型基線流量維持服務價值評估結果 6-56
表 6-39 2024 年我國各類林型高峰流量減緩服務價值評估結果 6-56
表 6-40 我國土壤與沉積物保留服務價值評估資料需求差異 6-58
表 6-41 荷蘭農作物對傳粉者的依賴級距 6-61
表 6-42 荷蘭各類生態系對傳粉者的宜居程度 6-62
表 6-43 仰賴蜜蜂傳粉作物的年產值（2024 年） 6-67
表 6-44 2024 年我國森林授粉服務價值評估結果 6-70

表 6-45 我國森林授粉服務價值評估資料需求差異 6-72
表 8-1 海拔 800 公尺以下國家森林遊樂區之基本資料 8-2
表 8-2 我國平地森林園區之基本資料 8-4
表 8-3 自然步道基本資料 8-5
表 8-4 低海拔森林旅遊地問卷抽樣份數 8-8
表 8-5 森林生態系服務重要性評分表 8-15
表 8-6 CVM 雙界二元選擇詢價模式-起始金額組別 8-20
表 8-7 受訪者之年齡、性別與職業交叉表（n=400） 8-21
表 8-8 受訪者之環境意識與行為（n=400） 8-23
表 9-1 小客車行駛高速公路收費方式 9-2
表 9-2 我國低海拔國家森林遊樂區有效問卷之受訪人數、旅遊地選填數、以及資料筆數 9-7
表 9-3 我國低海拔國家森林遊樂區受訪者之交通方式與主要活動 9-8
表 9-4 我國低海拔國家森林遊樂區受訪者對林相與基礎設施之勾選結果 9-10
表 9-5 我國低海拔國家森林遊樂區受訪者對景觀特徵與步道鋪面之勾選結果 9-11
表 9-6 我國低海拔國家森林遊樂區受訪者之社經資料 9-13
表 9-7 我國低海拔國家森林遊樂區受訪者之環境意識與行為（n=90） 9-15
表 9-8 國家森林遊樂區受訪者旅遊次數頻率、旅遊成本、所得與年齡 9-17
表 9-9 國家森林遊樂區之變數說明 9-18
表 9-10 國家森林遊樂區計次截斷模型之實證推估結果 9-21
表 9-11 我國低海拔平地森林園區有效問卷之受訪人數、旅遊地選填數、以及資料筆數 9-23
表 9-12 我國低海拔平地森林園區受訪者之交通方式與主要活動 9-23
表 9-13 我國低海拔平地森林園區受訪者對林相與基礎設施之勾選結果 9-25
表 9-14 我國低海拔平地森林園區受訪者對景觀特徵與步道鋪面之勾選結果 9-25
表 9-15 我國低海拔平地森林園區受訪者之社經資料 9-27
表 9-16 我國低海拔平地森林園區受訪者之環境態度與行為（n=44） ..9-29
表 9-17 我國低海拔平地森林園區受訪者旅遊次數頻率、旅遊成本、所得與年齡 9-31
表 9-18 平地森林園區之變數說明 9-32
表 9-19 平地森林園區計次模型之實證推估結果 9-34
表 9-20 我國低海拔自然步道有效問卷之受訪人數、旅遊地選填數、以及資料筆數 9-36
表 9-21 我國低海拔自然步道受訪者之交通方式與主要活動 9-39
表 9-22 我國低海拔自然步道受訪者對林相與基礎設施之勾選結果 9-44
表 9-23 我國低海拔自然步道受訪者對景觀特徵與步道鋪面之勾選結果 9-49

表 9-24 我國低海拔自然步道受訪者之社經資料 9-54
表 9-25 我國低海拔自然步道受訪者之環境態度與行為（n=266）.....9-56
表 9-26 我國低海拔自然步道受訪者旅遊次數頻率、旅遊成本、所得與年齡.....9-58
表 9-27 自然步道之變數說明 9-59
表 9-28 自然步道計次截斷模型之實證推估結果 9-62
表 9-29 2024 年森林生態系文化服務總價值 9-63
表 10-1 2024 年臺灣森林生態系-規模帳架構（單位：公頃）.....10-2
表 10-2 2024 年臺灣森林生態系-條件帳架構.....10-3
表 10-3 2024 年臺灣森林生態系-實物帳架構.....10-4
表 10-4 2024 年臺灣森林生態系-貨幣帳架構（單位：千元/年）.....10-5
表 10-5 2024 年臺灣森林生態系-資產貨幣帳架構.....10-7
表 10-6 全臺、低海拔與中高海拔森林生態系面積 10-9
表 10-7 森林生態系服務項目之說明 10-9
表 10-8 2024 年臺灣森林生態供給、調節與維持服務價值評估資料使用詳情.....10-10
表 10-9 本計畫推估之 2024 年臺灣森林生態系-貨幣價值（單位：千元/年）.....10-14
表 10-10 臺灣森林生態系供給與調節服務價值評估資料精進建議.....10-27
表 10-11 臺灣森林生態帳評估資料建議負責單位 10-32

第一章 緒論

第一節、計畫緣起與動機

臺灣位處熱帶及亞熱帶交界，本島南北縱長 394 公里，東西最大寬度 144 公里，南北縱向中央山脈高山林立，由海拔 3,000 多公尺遞降至海岸，多變地形與氣候造就豐富的地景與生物多樣性，也提供各種生態系服務。

但聯合國政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change，IPCC）則指出在氣候變遷下，極端氣候導致各地降雨頻率與降雨分佈改變，致使乾旱、暴雨、熱浪與寒流、森林野火等災害出現頻率與嚴重程度皆持續增加，也致使全球各地生物多樣性遭受極大的威脅（IPCC，2021）。

我國為因應 2050 年全球淨零趨勢，積極進行能源轉型，期望以再生能源取代化石能源。但在非核家園的政策之下，再生能源增加量不足以取代核能除役的能源缺口，致使政府相關決策單位僅能以增加燃煤與天然氣發電，補足能源缺口，因此引發國內民眾與環保團體非常關切空氣污染對國民健康的危害。此外，台灣再生能源集中於陸上太陽光電與離岸風電，前者需要龐大土地，而後者需要龐大資金。未來為加速發展太陽光電預計需移轉現有土地利用型態，將使棲地破碎化風險提昇，因而增加生物多樣性的脆弱度。

臺灣永續發展必須兼顧生態環境、經濟、社會三個面向，其中健康的生態環境更是經濟與社會面向的基礎。農業部林業及自然保育署（以下簡稱林業保育署）自 2018 年推動「國土生態保育綠色網絡建置計畫」（簡稱國土生態綠網），修補臺灣淺山平原破碎的棲地，提升生態系與在地社區的韌性與調適力。目前已初步完成國土生態綠網的生態資料盤整，除了目前各類法定保護區與國有森林串連成中央山脈保育軸以外，也涵括丘陵、溪流、淺山、平原、海岸與離島等重要生態系。

其中以都市、農地為主的淺山、平原及海岸地區估計有六成保育動物生

存其中，也是多數人生活的環境，多數土地為私有土地，其中許多土地因承受農地劣化、都市開發壓力而導致棲地流失，不僅阻礙野生物的生存擴散，也減損既有的生態系服務價值。為使國人充分瞭解地海拔陸域地區各類型生態系所提供的生態系服務價值，讓民眾在進行各種土地利用與移轉時，能夠考量經濟利益之外，也能權衡生態系服務價值的損失，將有助於加強土地明智利用的動機，達到能源安全、國土保安及國家永續發展的多重目標。

是故，本計畫團隊已於前期計畫透過專家諮詢會議完成台灣低海拔陸域生態系之生態類型分類界定，國土綠網關注區涵蓋之陸域生態系，包括森林生態系、農業生態系、濕地生態系、其他生態系等四種類型，再向下分層為生態系分項與細項，並與國際自然保護聯盟（International Union for Conservation of Nature，IUCN）《全球生態系類型學 2.0 版》生態系功能群對照；亦界定出各類型生態系中各生態系服務項目的『共識矩陣』，以利後續評估我國低海拔陸域生態系的生態系服務價值;並統整我國陸域生態系之服務項目分成供給、調節與維持、文化等三大類，建立各生態系服務價值之估算內容與估算模式；並實證估算我國貢寮與花蓮水梯田之生態服務價值，同時亦建立我國生態系服務貨幣帳之理論架構與估算模式。

本年度針對國土生態綠網中之森林生態系，依據前期完成之低海拔陸域生態系服務價值評估架構，研析森林生態系之生態系服務價值（ecosystem service value，ESV）之實證評估方法與實證推估森林 ESV，並研擬將森林 ESV 納入環境經濟整合帳之途徑與方法。

第二節、我國森林生態帳之生態功能項目確定流程

本計畫在前期計畫中，已完成我國低海拔生態系類型(包括森林生態系）分類，本年度則篩選我國森林生態系服務項目共 15 項。流程說明如下：

一、界定我國森林生態系之生態類型

（一）首先需要瞭解主要生態系的類型、地點與面積，因此需要利用「生態綠網圖資」。但是生態綠網圖資並沒有生態系類型的資料，僅有地理分區的資料，因此要結合「國土利用圖資」中之土地利用型態，加以區分出主要的生態系類型。

（二）透過地理資訊系統套疊生態綠網關注區與國土利用分類系統的圖資，再選取與生態綠網生態類型相關之土地利用分類項目，估算綠網主要生態系類型之面積；

（三）召開 2 次專家諮詢會議，界定生態綠網主要生態系類型與細項，國土綠網關注區涵蓋之陸域生態系，包括森林生態系、農業生態系、濕地生態系、其他類別生態系等四種類型，再向下分層為生態系分項與細項，並與 IUCN《全球生態系類型學 2.0 版》生態系功能群對照。

所完成的國土生態綠網之四種主要生態類型劃分請參見表 1-1，其中低海拔（800 公尺以下）生態系的森林生態系包括針葉林、闊葉林、針闊混合林、竹林等 4 個分項，各分項又再細分為天然林與人工林，其中竹林主要以人工為主，故我國低海拔森林生態系共可分為上述 7 類。

表 1-1 我國低海拔陸域生態系之主要生態系類型

生態系	生態系分項	生態系細項		IUCN 生態系功能群（Ecosystem Functional Group）
森林	針葉林	針葉林	天然	T1.3 熱帶/亞熱帶山地雨林
			人工	T7.3 造林地
	闊葉林	闊葉林	天然	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林
			人工	T7.3 造林地
	針闊混合林	針闊混合林	天然	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林
			人工	T7.3 造林地
	竹林	竹林	人工	T7.3 造林地
農業	果園	果樹	慣行	T7.3 造林地
			有機友善	T7.3 造林地
		茶園	慣行	T7.3 造林地
			有機友善	T7.3 造林地
	旱田	蔬菜雜糧	慣行	T7.1 農地
			有機友善	T7.1 農地
	水田	水田	慣行	F3.3 水稻田
			有機友善	F3.3 水稻田
		水梯田	慣行	F3.3 水稻田
			有機友善	F3.3 水稻田
	鹽田	鹽田		F3.2 人工湖泊濕地
	魚塭	魚塭		F3.4 魚塭
濕地	內陸濕地	河川（含濱溪綠帶）		F1.1 上游常流河、F1.2 下游常流河、F1.4 上游間歇溪流、F1.5 下游間歇溪流
		湖泊（含草澤）		F2.2 小型永久淡水湖泊
	人工濕地	蓄水池（池塘、埤圳）		F3.2 人工湖泊濕地
		農田水圳		F3.5 水圳溝渠、F3.1 大型水壩
	海岸濕地	感潮帶林草澤		MFT1.3 沿海鹽沼與蘆葦灘
		泥灘地（潮間帶）		MFT1.3 沿海鹽沼與蘆葦灘
		岩礁		MT1.1 岩岸
其他*	半鬱閉林地	灌木林		T7.3 造林地
	開闊棲地	草生地、牧草地		T7.2 牧草地與田地
		待成林地		T7.3 造林地
		其他森林利用土地		T7.3 造林地
		墓地		T7.5 半自然草生牧地及廢耕地
		公園綠地		T7.4 都市生態系
		荒地		T7.5 半自然草生牧地及廢耕地
		惡地		-
	裸露地	崩塌地		-

註：*林業保育署內部討論之分類項目。

資料來源：本計畫製表。

二、篩選我國森林生態系服務項目

由於國際上對生態系服務分類至今未有一致認同的分類方式，因此環境經濟整合帳-生態帳（system of environmental-economic accounting- ecosystem accounting, SEEA-EA），參考包括上述與其他分類系統、及專家諮詢後，建立「選用生態系服務的參考列表（the reference list of selected ecosystem service）」。

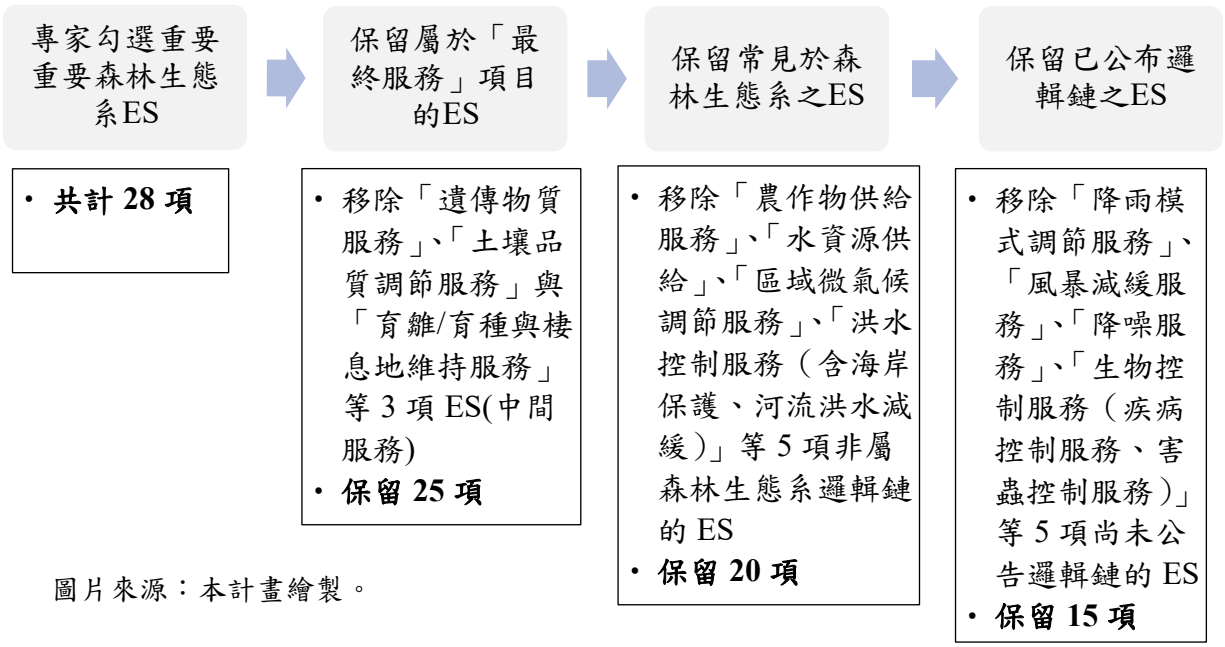
（一）首先根據前一年度經由第二次專家諮詢會議徵詢相關領域專家，勾選確認我國森林生態系含有的 28 項生態系服務項目，彙整至表 1-2，其中環境經濟整合帳（System of Environmental-Economic Accounting, SEEA）生態系服務功能項目分為三大類:「供給」、「調節與維持服務」、「文化」。

（二）各項森林生態系服務項目，依其是否可提供人類效益，又分為「生態系最終服務（final ecosystem services）」、「生態系中間服務（intermediate ecosystem services）」兩大類：生態系最終服務是指服務使用者為經濟單位（產業、政府或家戶）的服務項目，每一最終生態系服務皆代表一項處於生態系資產與經濟單位間的流量;生態系中間服務則是無法直接提供給人類效益的服務項目，但與生態系最終服務供給有關的生態系服務。

（三）屬於中間服務的項目有「遺傳物質服務」、「土壤品質調節服務」、「育雛、育種、攝食與棲息地維持服務」等 3 項；而無法完全被歸類可能是中間服務或最終服務的有「降雨模式調節服務（穩定降雨量）」、「區域（微尺度與中尺度）氣候調節服務（微氣候調節）」、「土壤與沉積物保留服務-土壤流失控制服務」、「水資源淨化服務-營養素的保留與分解」、「水資源淨化服務-其他污染物的保留與分解」、「水流調節服務-基線流量維持服務（水源涵養）」、「授粉服務、生物控制服務-害蟲控制服務」等 8 項；其他 17 項皆屬最終服務。

（三）由於本計畫估算我國森林生態系之目的係以編製生態帳為目標，故以SEEA EA 建議使用「邏輯鏈（logic chain）[1]」界定生態系服務與效益的範疇；有助於在量化每項生態系服務流量前，釐清生態系服務的供給者是誰、使用者是誰、產生的效益為何，有助生態帳表編製者能了解不同生態系服務的差異。邏輯鏈說明的內容皆採用通例，而各國可針對特殊狀況修改或新增邏輯鏈的內容；SEEA EA 建議將現有邏輯鏈視為帳表編製的起點或基礎，再逐步完備生態帳。

因此，針對前期計畫勾選之 28 項森林生態系服務，經過 114 年 8 月 19 日招開第一次專家諮詢會初步決議：由於我國首次編製森林生態帳，建議遵循國際目前的生態帳編製原則，同時為了符合首次編製森林生態帳的可操作性與國際接軌需求，優先選擇其中屬於最終服務、已有公告價值鏈，且常見於森林的生態系服務項目進行估算，最終保留 15 項 ES 如表 1-2 所示，篩選過程圖。



圖片來源：本計畫繪製。

圖 1-1 森林生態帳表預計估算 ES 篩選流程圖

[1] 詳請參見表 4-12 之 2021 年正式發佈的首版邏輯鏈，聯合國僅公告表中生態系服務項目之邏輯鏈，尚未涵蓋的生態系服務待聯合國未來陸續更新。

表 1-2 低海拔森林生態系服務（排除目前生態帳不適宜與不確定編列的項目）

SEEA 生態系服務功能項目			是否屬於本計畫森林生態系服務評估範疇	排除該服務之原因 ✧ 中間服務 ・非森林生態系邏輯鏈
供給	生物量供給	農作物供給服務	X	・屬「農地生態系」邏輯鏈
		木材供給服務		
		野生動物、植物和其他生物量供給服務		
	遺傳物質服務		X	✧ 中間服務（暫無此服務邏輯鏈）
	水資源供給		X	・屬「淡水、海洋與地下水生態系」邏輯鏈
調節與維持	全球氣候調節服務	碳吸存		
		碳儲存		
	降雨模式調節服務		X	暫無此服務邏輯鏈
	區域（微尺度與中尺度）氣候調節服務		X	・屬「都市生態系與牧地生態系」邏輯鏈
	空氣過濾服務			
	土壤品質調節服務		X	✧ 中間服務（暫無此服務邏輯鏈）
	土壤與沉積物保留服務	土壤流失控制服務		
		山體滑坡減緩服務		
	水資源淨化服務	保留與分解營養素	X	✧ SEEA 建議根據實際情況定義中間或最終服務；故本計畫研究後定為中間服務。
		保留與分解其他污染物		
	水流調節服務	基線流量維持服務		
		高峰流量減緩服務		
	洪水控制服務	海岸保護	X	・屬「海岸附近的陸域與淡水生態系」邏輯鏈
		河流洪水減緩		
	風暴減緩服務			暫無此服務邏輯鏈
	降噪服務			
	授粉服務			
	生物控制服務	疾病控制服務	X	暫無此服務邏輯鏈
		害蟲控制服務		
	育雛、育種、攝食與棲息地維持服務			✧ 中間服務（受益者為所有生態系）
文化	遊憩相關服務			
	視覺舒適服務			
	教育、科學與研究服務			
	精神、藝術與象徵性服務			

註：灰底：列入計算項目；白色：中間服務或暫無此服務邏輯鏈。資料來源：本計畫整理。

第三節、計畫目的

今年度計畫將延續與完備去年研究成果，完備台灣低海拔陸域生態系服務價值之理論架，以及實證推估我國森林生態系涵蓋之針葉林、闊葉林、針闊混合林、竹林等分項之生態系服務價值。具體研究目的如下：

1、釐清聯合國「環境經濟整合帳-核心架構」（System of Environmental-Economic Accounting-Central Framework，SEEA-CF）」與「環境經濟整合帳-生態帳」（system of environmental-economic accounting-ecosystem accounting，SEEA-EA）」之間關係；

2、探討編製我國「森林系生態帳」之各帳表架構（規模帳、條件帳、生態系服務實物帳、生態系服務貨幣帳、生態系服務資產帳）之所需參數與國內是否有相關資料，以及相關資料的品質；

3、確認本計畫前期已完成之我國低海拔之各主要森林生態系類型之主要生態系服務項目，瞭解實證評估各類型森林生態系服務項目之所需參數與國內是否有相關資料，以及相關資料的品質；

4、利用效益移轉法與 TCM 問卷調查法，實證估算我國低海拔之各主要森林生態系之社會文化、經濟、環境（含生態）的總合價值。

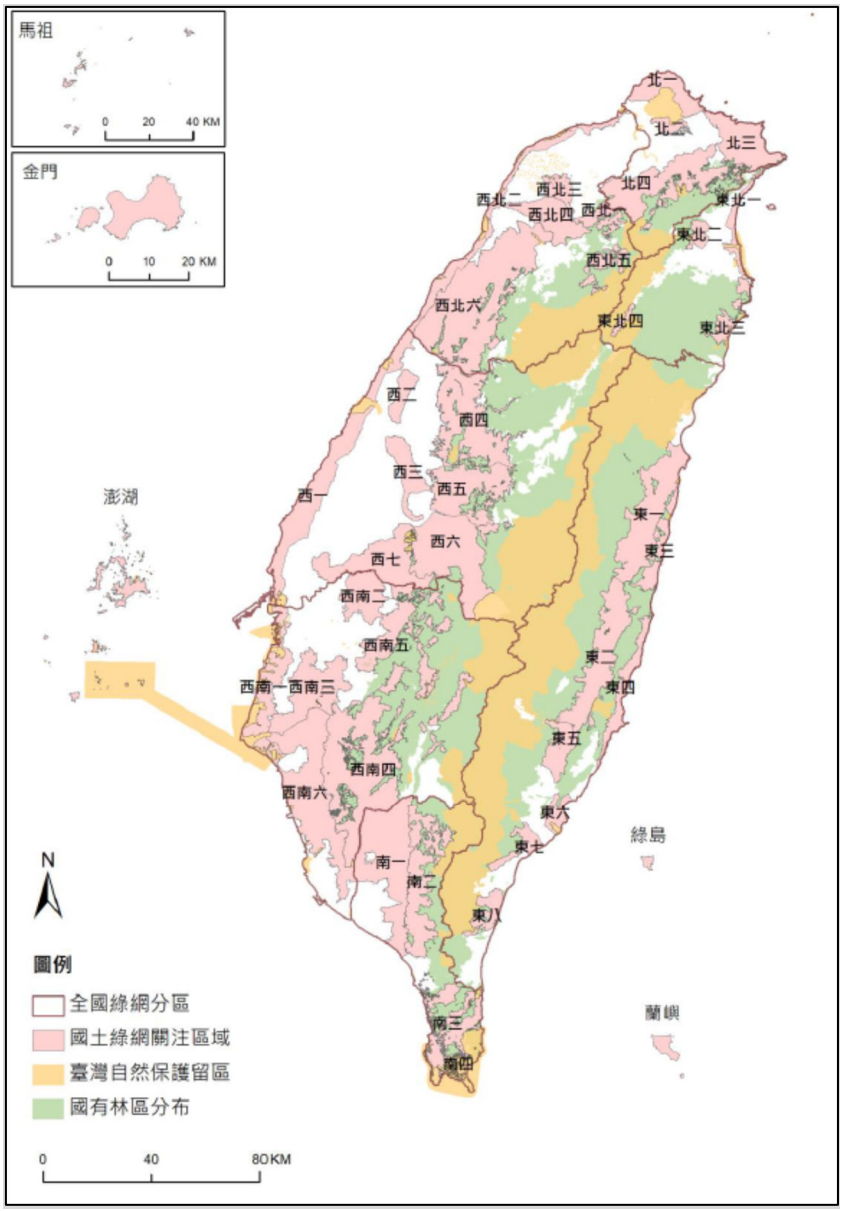
5、規劃設計與編製我國「森林生態系之生態系服務貨幣帳」。

第四節、研究範疇

本計畫的研究範疇為台灣本島低海拔（海拔 800 公尺含以下）陸域生態系之平地及低海拔山區（圖 1-2 中粉紅色之國土綠網關注區範圍）。由於本研究團隊在前期已完成國土生態綠網之四種主要生態類型劃分（參見表 1-1），以及完成農業生態系之細項「水梯田」生態系服務價值的兩處個案評估。今年 114 年度的研究範疇為表 1-1 中的森林生態系（灰階部分）。

因國內森林生態系服務相關調查數據，幾乎沒有區分海拔與天然或人工林，經第一次專家諮詢會討論，森林生態系服務價值推估範圍調整：

- ✓ 「供給」、「調節與維持」服務：全臺森林面積、低海拔與中高海拔森林面積。
- ✓ 「文化」服務：因時間與經費有限下，無法重新進行問卷調查，故推估範圍仍為低海拔森林面積。



圖片來源：行政院農業委員會林務局(2020)。

圖 1-2 國土生態綠網關注區域

第五節、工作內容、研究方法與實施步驟

一、研究方法

（一）文獻分析法

本研究藉由系統性蒐集彙整與研究內容相關之國內外政府研究報告、國際組織與知名智庫出版品與專書、學術期刊等，加以掌握本研究主題之研究成果與最新發展。回顧內容包括但不限於以下：

1、環境經濟整合帳（SEEA）設計及運作機制，釐清「環境與經濟帳整合帳-生態帳（SEEA-EA）」（規模帳、條件帳、生態系服務實物帳、生態系服務貨幣帳、生態系服務資產帳）與「環境經濟整合帳-核心架構（SEEA-CF）」之間關係，並了解森林生態系服務價值如何納入「森林生態帳」的帳表系統。

2、蒐集彙整國內低海拔陸域森林生態系之動植物主要物種、族群數量與分佈變化、相關保育問題；

3、研析低海拔陸域森林生態系之生態功能、生態系服務項目、以及各項生態系服務之評價方法。

4、蒐集彙整國內外文獻中有關森林生態系之各項生態系服務價值的實證評估結果。

（二）實地探勘

為設計森林遊樂區之旅遊需求調查問卷，本研究針對國家森林遊樂區、平地森林園區、以及自然步道等三種不同類型之森林遊樂區進行實地探勘，瞭解當地森林景觀與環境、基礎設施、景觀特徵、步道鋪面、生態環境等現況；同時也觀察與詢問當日訪客對園區的旅遊體驗。實地探勘地點為以下：（1）滿月圓國家森林遊樂區，（2）大農大富平地森林園區，（3）新寮瀑布自然步道，（4）八仙山國家森林遊樂區（詳細實地探勘紀錄參見附錄二、三、四、五）。

本計畫現勘場域主要是根據近年遊客人數以及景觀特徵豐富度作為選址依據。考量滿月圓國家森林遊樂區近年來遊客人數位居第二，僅次於太平山國家森林遊樂區。加上，園區內除了具有壯麗的瀑布景觀之外，亦具備完善的遊憩設施與動線規劃，並且擁有豐富的生態資源。本研究為觀察森林遊樂區在高遊憩承載情境下之設施配置、動線規劃等遊憩體驗特性，故將其列為本次國家森林遊樂區現勘之首要場域。

此外，多數國家森林遊樂區較少提供遊客過夜之住宿場域。因此，為補足住宿供給面向的觀察，本研究另選定具住宿設施之八仙山國家森林遊樂區進行現勘，以進一步了解森林遊樂區在遊憩設施規劃上的多元性，以及遊客停留時間與遊憩型態差異之發展現況。

在平地森林園區方面，大農大富平地森林園區為東部地區具代表性的平地森林遊憩據點。雖其景觀特徵相對於其他平地森林園區較為單一，但園區以完善的自行車道路線與螢火蟲季活動聞名。加上，園區具備多元的步道鋪面類型，使到訪的遊客可享受多樣的步行遊憩體驗。故本研究預期透過現勘，掌握其遊憩設施之動線設計如何配合遊客之遊憩需求，並觀察其森林遊憩發展之現況。

自然步道方面，則考量新寮瀑布步道位於宜蘭縣近郊，具交通便利的優勢。步道入口處也設有公廁、停車場等基本的遊憩設施。步道沿線除了具備溪谷景觀之外，也規劃觀景平台、瀑布步道與吊橋，呈現多樣地景特徵以及遊憩體驗。因此，綜合其交通便利性與景觀特徵多樣性，新寮瀑布步道可作為本計畫了解步道動線規劃以及多元景觀特徵影響遊客遊憩體驗的實際參照。

表 1-3　4 處森林旅遊地的特徵與重要性

實地探勘地點	共有特徵	獨有特徵	重要性
滿月圓 森林遊樂區	•涼亭椅 •露天休憩椅 •停車場 •廁所	•多元景觀特徵 •遊憩設施齊全	•多元且具代表性景觀特徵：瀑布、各類林型（針葉林、闊葉林與竹林） •遊憩設施齊全，利於提升民眾遊憩體驗 •遊客人數多，為具代表性之森林遊憩場域
大農大富 平地森林園區	•觀景平台 •橋 •闊葉林	•多元步道鋪面 •自行車道與螢火蟲季活動	•步道鋪面類型多元，可比較不同鋪面條件下的步行環境特性 •遊憩體驗活動豐富，如自行車道、螢火蟲季
新寮瀑布 自然步道		•吊橋	•兼具水域及森林的自然景觀特徵，如瀑布、溪流與闊葉林等景觀要素 •具完善的遊憩設施規劃，如：吊橋、步道規劃
八仙山 國家森林遊樂區		•宗教建築 •山屋／過夜設施	•園區內有住宿場域，可觀察多元的遊憩型態 •保存林業發展的文化遺址，兼具自然遊憩與文化資源價值

資料來源：本計畫彙整。

（三）專家諮詢

1、學者：招開兩次專家諮詢會議，出席學者名單參見表1-4；第一次會議確認森林生態系主要動、植物物種與分布情形、對保育政策的建議，協助釐清實證估算森林生態系服務價值之相關參數的資料來源與資料精細程度（會議記錄參見附錄八）；第二次討論森林生態系服務價值納入「環境經濟整合帳-生態帳（SEEA-EA）」之途徑與方法（會議記錄參見附錄十）。

2、訪談政府主管單位：農業部林業試驗所林主任秘書俊成（訪談記錄參見附錄六），討論目前我國現有各項森林生態系服務項目調查數據可採用的資料情況；以及農業部林業及自然保育署森林產業組，討論森林生態系供給服務價值評估選用之數據來源，與估算森林生態系供給服務相關內容及建議（訪談記錄參見附錄七）。

表 1-4 專家學者出席名單

時間/順序	服務單位/職稱	姓名
2025 年 8 月 19 日/第一次	國立臺灣大學森林環境暨資源學系教授	丁宗蘇
	國立宜蘭大學森林暨自然資源學系助理教授	林奐宇
	國立臺灣大學森林環境暨資源學系副教授	林政道
	國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所助理教授	林大利
	生物多樣性研究所生態系經營組副研究員	陳宛均
2026 年 1 月 29 日/第二次	中央研究院經濟研究所兼任研究員	蕭代基
	清華大學環境與文化資源學系教授	闕雅文
	南臺科技大學國際企業系助理教授	朱美琴
	中華經濟研究院能源與環境研究中心研究員兼副主任	劉哲良
	中華經濟研究院第三研究所副研究員兼副所長	洪志銘

資料來源：本計畫整理。

（四）非市場財貨之效益評估方法

彙整國內外文獻中對各類生態系之評價成果，分析比較後，歸納彙整未來可能採行之效益評估方法，以及採行效益移轉時可選用的相關文獻。

三、研究步驟與流程

步驟 1、彙整分析我國森林生態系現況，研析森林生態系提供之各種生態功能、生態系服務項目及特性；

步驟 2、彙整森林生態系服務價值評價之理論基礎與估算模式；

步驟 3、回顧國際環境經濟整合帳（System of Economic Environmental Accounting, SEEA）設計及運作機制；釐清「環境經濟整合帳-生態帳（SEEA -EA）」（規模帳、條件帳、實物帳、貨幣帳、資產帳）與「環境經濟整合帳-核心架構（SEEA-CF）」之間關係；

步驟 4、透過專家諮詢會確認本計畫前期已完成之我國低海拔之各主要森林生態系類型之主要生態系服務項目，瞭解實證評估各類型森林生態系服務項目之所需參數與國內是否有相關資料，以及相關資

料的品質，以規劃設計我國森林生態帳之帳表架構；

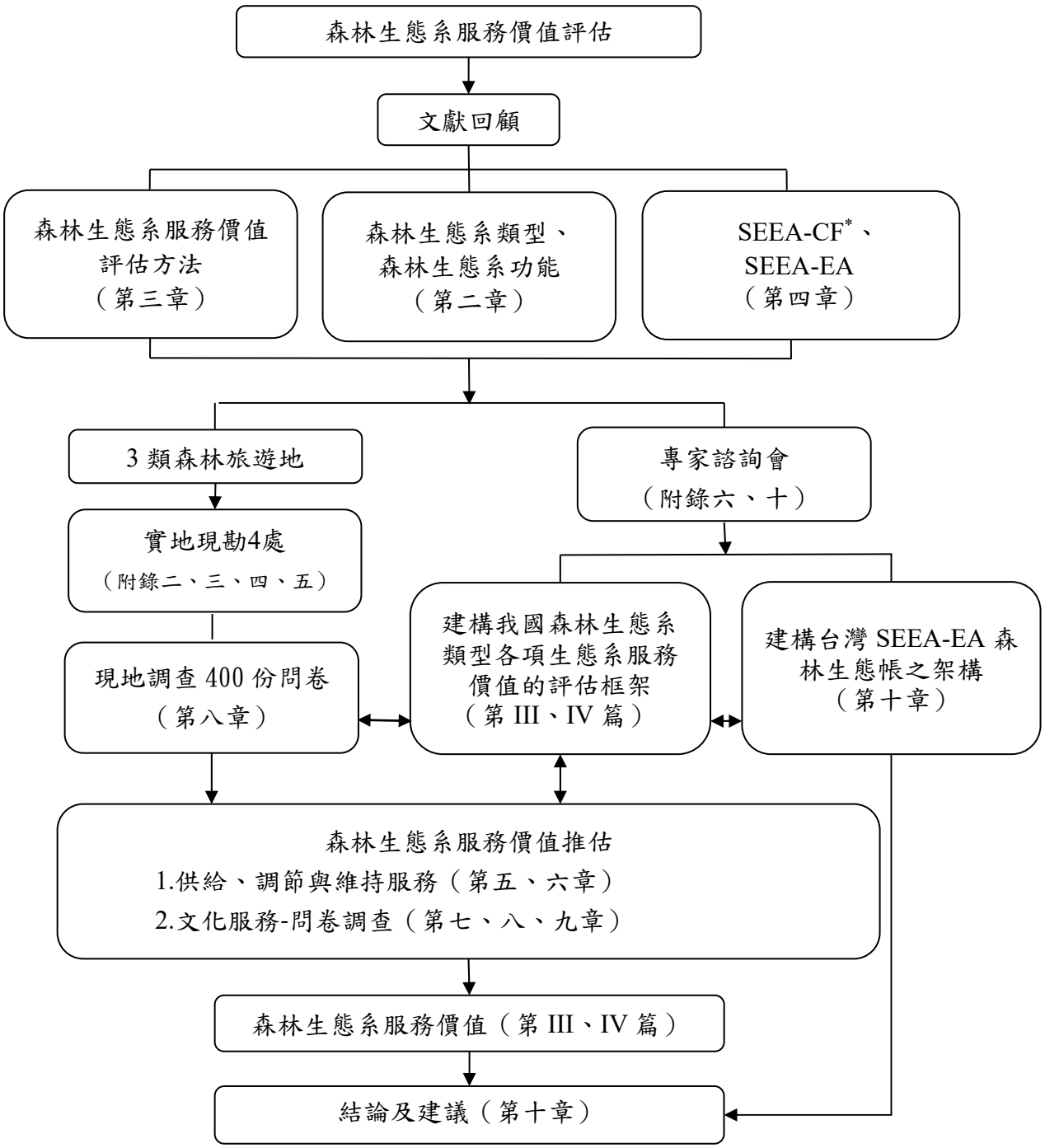
步驟 5、文獻回顧國內外近年有關森林生態系服務價值實證推估的文獻，作為本計畫若採行效益移轉方法推估森林 ESV 之資料基礎；

步驟 6、國有森林旅遊地區涵蓋之 3 類森林旅遊地（國家森林遊樂區、平地森林園區、自然步道），挑選 4 處進行實地現勘，並根據我國森林生態系特質，調整社會經濟調查項目、方式、內容評估指標等，提出調查規劃，含抽樣設計與問卷設計，以現地問卷訪談方式進行 400 份問卷調查；

步驟 6、建構我國森林生態系類型各項生態系服務價值的評估框架；

步驟 7、實證推估我國各類型森林生態系之生態系服務價值，以編製我國「森林生態系之生態系服務貨幣帳」；

步驟 8、總結研究成果，並針對森林生態系服務價值評估與帳表建構提出未來研究與政策建議。



註：*SEEA-CF 為環境經濟整合帳-核心架構（System of Environmental-Economic Accounting-Central Framework）。

圖片來源：本計畫繪製。

圖 1-3 研究流程圖

第六節、研究報告之章節架構

本報告分為 V 篇共十章。

第 I 篇 緒論	第一章 計畫緣起與動機、前期計畫成果、研究目的、工作內容、研究方法與實施步驟、章節架構
	第二章 森林生態系服務項目及臺灣低海拔森林生態系現況
	第三章 國內外森林生態系服務價值實證評估結果彙整
第 II 篇 「環境經濟整合帳-核心架構」（SEEA-CF）與「環境經濟整合帳-生態帳」（SEEA-EA）之編製邏輯與帳表關係	第四章 釐清「環境經濟整合帳」與「環境經濟整合帳-生態帳」之間的關係
第 III 篇 建構我國低海拔森林生態系（國土生態綠網）之生態系服務市場價值的評估框架與估算方法	第五章 森林生態系供給服務之生態功能（木材供給、以及野生動植物與其他生物量供給）、生態系服務價值估算模式、資料需求、實證評估結果
	第六章 森林生態系調節與維持服務之生態功能、生態系服務價值估算模式、資料需求、實證評估結果
第 IV 篇 我國低海拔森林生態系文化服務之實證評估	第七章 環境經濟整合帳-生態帳（SEEA-EA）森林生態系之文化服務與評估方法
	第八章 抽樣設計、問卷設計與敘述性統計
	第九章 森林生態系文化服務價值之實證推估
第 V 篇 結論	第十章 結論與建議

第二章、森林生態系服務項目及臺灣低海拔森林生態系現況

本章第一節介紹我國低海拔生森林生態系類型分類；第二節簡介低海拔森林生態現況，與各森林生態系類型的分布與面積、主要樹種分布、主要動物種類等。

第一節、我國低海拔森林生態系類型分類

本計畫團隊在前期計畫中，已完成我國低海拔生態系類型分類，研究步驟摘要如下：

一、首先需要瞭解主要生態系的類型、地點與面積，因此需要利用「生態綠網圖資」。但是生態綠網圖資並沒有生態系類型的資料，僅有地理分區的資料，因此要結合「國土利用圖資」中之土地利用型態，加以區分出主要的生態系類型。

二、透過地理資訊系統套疊生態綠網關注區與國土利用分類系統的圖資，再選取與生態綠網生態類型相關之土地利用分類項目，估算綠網主要生態系類型之面積；

三、召開 2 次專家諮詢會議，界定生態綠網主要生態系類型與細項，國土綠網關注區涵蓋之陸域生態系，包括森林生態系、農業生態系、濕地生態系、其他類別生態系等四種類型，再向下分層為生態系分項與細項，並與 IUCN《全球生態系類型學 2.0 版》生態系功能群對照。

所完成的國土生態綠網之四種主要生態類型劃分請參見表 1-1，其中低海拔（800 公尺以下）生態系的森林生態系包括針葉林、闊葉林、針闊混合林、竹林等 4 個分項，各分項又再細分為天然林與人工林，其中竹林主

要以人工為主，故我國低海拔森林生態系共可分為上述 7 類。

第二節、低海拔森林生態現況

一、各森林生態系類型的分布與面積

本計畫透過地理資訊系統套疊「生態綠網關注區」與「國土利用分類系統」的圖資，再選取與生態綠網生態類型相關之土地利用分類項目（參見表 2-1），其中與本計畫之低海拔森林生態系之估算範圍則主要為針葉林、闊葉林、竹林、針闊葉混淆林等四種（參見表 2-1 灰階部分），總面積約 543,600 公頃，占生態綠網關注區面積約 40.6%，占全台灣總面積則約為 14%。

表 2-1 生態綠網關注區內各土地利用類型之面積與占比

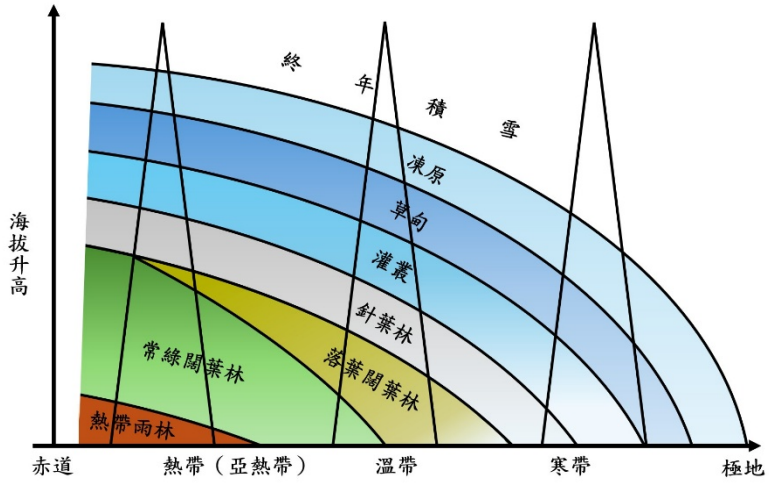
國土利用分類系統 土地利用名稱	關注區		國土利用分類系統 土地利用名稱	關注區	
	面積 (公頃)	占比		面積 (公頃)	占比
水田	66,033	4.9%	河川	43,311	3.2%
旱田	156,327	11.7%	水庫	6,573	0.5%
果園	152,811	11.4%	湖泊	383	0.03%
水產養殖	28,139	2.1%	蓄水池	8,428	0.6%
針葉林	7,305	0.5%	公園綠地廣場	5,592	0.4%
闊葉林	423,611	31.7%	鹽業及相關設施	406	0.03%
竹林	69,568	5.2%	濕地	341	0.03%
針闊葉混淆林	5,153	0.4%	草生地	21,064	1.6%
竹闊葉混淆林	37,963	2.8%	灘地	6,474	0.5%
竹針葉混淆林	139	0.01%	崩塌地	3,492	0.3%
竹針闊葉混淆林	29	0.002%	礁岩	1,972	0.1%
待成林地	1,751	0.1%	灌木林	522	0.04%
其他森林利用土地	113	0.01%			

註：1.表中各土地利用項目之面積是利用套疊「國土利用圖層」與「生態綠網關注區圖層」加以估算之。
2.灰階部分是森林相關之土地利用項目。
3.「其他森林利用土地」定義為伐木跡地、苗鋪、防火線及土場等其他森林利用之土地。

資料來源：本計畫自行套疊與計算。

二、各森林生態系類型的主要樹種分布

山區植被的垂直分布會受到海拔高度、流域與集水區、濕度、季風等因素影響。其中海拔高度之所以影響植被分布，是由於氣溫隨高度上升而垂直遞減（山區每上升 100 公尺，氣溫約下降 0.6 度），而各地又因溼度不同導致溫度下降狀況不一致；濕度越高時，溫度下降速度較慢。在台灣，因季節與濕度的因素，山區每上升 100 公尺，平均溫度約下降 0.308~0.698 度（林奐宇等，2022）；因此山區會呈現與氣候帶相似氣溫環境，進而影響植被分布；而植被類型垂直分布呈現帶狀分布的情形，與植被類型水平分布與受緯度影響溫度相類似（參見圖 2- 1）。



圖片來源：本計畫重繪引用賴明洲（2001）。

圖 2- 1 植被垂直帶與水平帶對應示意圖

台灣除恆春半島外，多數地區座落在亞熱帶水平區帶上。山地與平地海拔落差近 4,000 公尺，因此溫差約 20 度，是影響植群分佈最主要的因子（林奐宇等，2022）；於台灣中央山脈頂部未達雪線，因此植被垂直帶譜（山區隨海拔梯度變化而出現的植被分層）並不完整（賴明洲，2001）。台灣植被垂直分布對應氣候、海拔，參考邱清安等（2008）整理之臺灣潛在植群形

相分類，參見表 2-2，其中群系綱為在熱量境制[1]（thermal regime）與水分境制（moisture regime）影響下，由優勢生長型所形成的植群分類系統，表中分為寒原與森林兩類；群系亞綱為分類熱量氣候帶與山嶽地景位置；群系組則為優勢植被葉片的物候與形態；群系則列出優勢分類群，可用於反映植群外貌與環境概況。

本計畫範圍之低海拔森林生態系，界定在海拔 800 公尺以下，依海拔區分，則為表 2-2（灰階部分）中之群系綱（在熱量與水分境制條件下的優勢生長型）的常綠闊葉樹，其中氣候帶屬亞熱帶-涼段，位置約座落在台灣中部海拔 500-1,200 公尺，主要的樹種為楨楠屬、臺灣雅楠、瓊楠、栲屬、大頭茶、黃杞、薯豆、柯屬（石櫟屬），500 公尺以下則氣候帶屬亞熱帶-熱段（即副熱帶季風氣候中的夏季）時，樹種主要為大葉楠、茄苳、咬人狗、榕屬、樟樹、相思樹。

[1] 熱量境制（thermal regime）是指一個地方的溫度隨時間的變化狀況，而水分境制（moisture regime）則是指該地方的土壤或環境中的水分含量隨時間的變化情況。此兩種境制皆是生態系統中的重要環境因子，影響著植物的生長、分布以及土壤特性。

表 2-2 台灣植被垂直分布對應海拔、氣候

群系綱		群系亞綱					群系組	群系
優勢生長型		熱量氣候帶			山嶽地景位址	於台灣中部之約略海拔	優勢植群之葉片	優勢分類群
寒原	灌叢	寒帶	亞寒帶		高山	>3,600m	常綠針葉–常綠闊葉混交矮盤灌叢	香青、玉山杜鵑
森林	落葉闊葉樹、常綠闊葉樹、針葉樹	溫帶	冷溫帶	上段	亞高山	3,100-3,600m	常綠針葉純林	台灣冷杉
				下段		2,500-3,100m	常綠針葉混交林（少量闊葉樹）	台灣鐵杉、台灣雲杉
			涼溫帶		上屬山地	1,800-2,500m	常綠針葉–常綠落葉闊葉混交林	檜屬、臺灣杉、巒大杉、赤柯、 昆欄樹、長尾尖栲、新木薑子屬、槭屬
			暖溫帶		中屬山地	1,200-1,800m	常綠闊葉混交林（少量針葉樹）	錐果櫟、赤皮、木荷、木薑子屬、新木薑子屬、臺灣肖楠、臺灣黃杉
	常綠闊葉樹	熱帶	亞熱帶	涼段	下屬山地	500-1,200m	常綠闊葉混交林	楨楠屬、臺灣雅楠、瓊楠、栲屬、大頭茶、黃杞、薯豆、柯屬
				熱段	丘陵/低地	<500m	常綠闊葉混交林、半常綠闊葉混交林（參雜落葉闊葉樹）	大葉楠、茄苳、咬人狗、榕屬、樟樹、相思樹

資料來源：引用自邱清安等（2008）。

三、各森林生態系類型的主要動物、植物種類

由於目前本計畫森林生態系包括的針葉林、闊葉林、針闊混合林、竹林等 4 個分項，範圍較大且不容易直接辨識出範圍，故採用林業保育署管轄的森林遊樂區、平地森林園區、自然步道等 3 種類型（屬本計畫低海拔陸域範圍的共 72 處），參考林業保育署所屬台灣山林悠遊網、農業部林業及自然保育署屏東分署、農業部林業及自然保育署嘉義分署、健行筆記等網頁資料，整理各樣區有被記錄到的主要動植物種類，並以序號區別各處在台灣本島的分布位置，序號 1-20 為北部、21-34 為中部、35-57 為南部、58-72 為東部，依序整理至表 2-3。

根據表 2-3 的動植物紀錄：

（1）北部較常出現的動物台灣獼猴、五色鳥、山羌、翠鳥、鉛色水鶇等；植物則為蕨類(如筆筒樹、山蘇、闊葉樓梯草)、楠木類（包括大葉楠、香楠、紅楠、烏心石等）、殼斗科植物（如青剛櫟、毬子櫟、烏來柯等）、樟科植物（如樟樹、牛樟、台灣肖楠等）、柳杉（人工林主要樹種）、九芎、鵝掌柴(又名鴨腳木、江某)、薯豆、相思樹、姑婆芋、桂竹。

（2）中部較常出現的動物有五色鳥、綠繡眼、台灣藍鵲、綠繡眼、大冠鷲、竹雞、白頭翁、紅嘴黑鵯、黑枕藍鶲、斯文豪氏赤蛙、莫氏樹蛙、紅紋鳳蝶；植物則有相思樹、姑婆芋、山蘇、筆筒樹、其他蕨類如腎蕨、鱗蓋蕨等出現次數較低）血桐、楠木類（如香楠、大葉楠等）、殼斗科植物（如青剛櫟、小西氏石櫟等）、鴨腳木、九芎、月桃、無患子、柳杉。

（3）南部較常出現的動物有五色鳥、台灣獼猴、大冠鷲、紅嘴黑鵯、斯文豪氏攀蜥、繡眼畫眉、紫斑蝶等；植物則有相思樹、姑婆芋、月桃、龍船花、殼斗科、山蘇、血桐、九芎、光臘樹。

（4）東部較常出現的動物有五色鳥、台灣藍鵲、大冠鷲、紅嘴黑鵯、竹雞、黑枕藍鶲、樹鵲、綠繡眼、烏頭翁、朱鸝；植物則有樟樹、楓香、九芎、

相思樹、光臘樹、筆筒樹、姑婆芋。

從上列亦可觀察各網頁記錄到的動植物數據（2019～2026 年），以鳥類最多，尤其是五色鳥與綠繡眼；哺乳類則是台灣獼猴最常見。植物則常見有闊葉林的代表樹種的楠木類（如香楠）、殼斗科（如青剛櫟）、樟樹、楓香，與相思樹、九芎、光臘樹這類常見於低海拔人工林或次生林的優勢先驅物種，以及常出現在林下潮濕環境的姑婆芋、月桃等；雖然分成北、中、南、東 4 區觀察，可發現台灣本島低海拔的動植物種類差異不大，或許這份紀錄資料能再細分成不同季節的觀察資料，應可更細緻的找出各區域的動植物差異。

表 2-3 低海拔森林生態系 72 處樣區主要動植物種類

序號	名稱	區域	動物	植物
1	金瓜寮魚蕨步道	新北市坪林區	溪哥、苦花、石斑；蝌蚪、豆娘、蟬、蝴蝶、人面蜘蛛	竹林、杉木、野薑花、蕨類（如，筆筒樹、山蘇、沙欐、垂葉書帶蕨、觀音座蓮、廣葉鋸齒雙蓋蕨、腎蕨、烏蕨、粗毛鱗蓋蕨）
2	桶後越嶺步道	新北市烏來區	魚蟹、蜻蜓等水生昆蟲；五色鳥、翠鳥、鉛色水鶇等	蕨類與蘭科植物，水腳鴨秋海棠、芒草
3	內洞國家森林遊樂區	新北市烏來區	內留鳥、冬候鳥、過境鳥；台灣紫嘯鶇、台灣藍鵲；台灣獼猴、山羌、台灣鼴鼠；台灣馬口魚、石磧、蝦類、蟹類	柳杉、牛樟、烏心石、大葉楠、山紅柿、稜果榕、大葉楠
4	滿月圓國家森林遊樂區	新北市三峽區	鳥類 50 多種，蟾蜍、蛇和昆蟲種類	殼斗科、桑科、台灣肖楠、樟樹、大葉楠、香楠、楓香、青楓、柳杉、杉木、琉球松、相思樹
5	哈盆越嶺步道	新北市烏來區	台灣鏟頷魚、台灣石賓、台灣馬口魚等、樹蛙、澤蛙；蝴蝶、蛾類、蜥蜴與蛇蹤，鳥類以留鳥為主有部份候鳥、台灣獼猴、山羌等	大葉楠樹、稜果榕、白肉榕、青剛櫟、九芎、山龍眼、鵝掌柴、水冬瓜、獼猴桃、紅楠、烏來柯、薯豆、山紅柿、杜英、台灣黃杞、蕨類(如鳥巢蕨、書帶蕨等)
6	東眼山國家森林遊樂區	桃園市復興區	台灣畫眉、紅山椒鳥、黃山雀、棕面鶯、紅頭山雀、白頭翁、繡眼畫眉、五色鳥、白耳畫眉、冠羽畫眉、竹雞、藪鳥、台灣小鶯、綠繡眼、山紅頭等；盤谷蟾蜍、澤蛙、莫氏樹蛙、梭德氏赤蛙、褐樹蛙、腹斑蛙、斯文豪氏赤蛙、翡翠樹蛙等；南蛇、龜殼花、臭青母、赤尾鮐、斯文豪氏攀蜥等	柳杉、杉木、紅檜、香杉、台灣杉、樟樹、香楠、紅楠、大葉楠、山黃麻、青剛櫟、光臘樹、九芎 、薯豆、青楓、江某、楊梅、流蘇、台灣山枇杷、山芙蓉、華八仙花、紅花八角、牛奶榕、蓪草、山蘇花、筆筒樹、台灣杜鵑、西施花、秋海棠、闊葉樓梯草、姑婆芋、倒地蜈蚣、卷柏以及蕨類、蕈類植物等
7	東滿步道	桃園市復興區；新北市三峽區	台灣獼猴	柳杉

表 2-3 低海拔森林生態系 72 處樣區主要動植物種類

序號	名稱	區域	動物	植物
8	福巴越嶺道 國家步道	新北市烏來區；桃園市復興區	白耳畫眉、冠羽畫眉、藪雀、鳥、繡眼畫眉、赤腹山等；盤氏紅頭山雀、白尾句鳥古蟾蜍、梭德氏赤蛙、莫子、黑樹蛙等、鍬形蟲、石龍台灣金龜子、蟬、蝶類、熊、水鹿、帝雉、山羌	檜木、台灣扁柏、台灣山毛櫸林等。闊葉林包括紅楠、香楠、毽子櫟、青剛櫟、昆欄樹、薯豆、台灣紅榨槭、黃杞、白花八角、森氏紅淡比、西施花、狹瓣華八仙、台灣瘤足蕨、玉山箭竹
9	聖母登山步道	宜蘭縣礁溪鄉	魚蝦、台灣獼猴、老鷹、松鼠、竹雞、蝶類及蛇	九芎、大葉楠、山龍眼、台灣山香圓、江某、紅淡比、伏石蕨、巢蕨、闊葉樓梯草、柏拉木、苦苔苣、山馬蘭、小葉樓梯草、鴨腳秋海棠、生根卷柏、雞屎樹、七葉一枝花、墨點櫻桃、野牡丹、角桐草、長葉木薑子、三斗石櫟、台灣肖楠造林、紅楠、毽子櫟、金平氏冬青、冷清草、箭竹
10	礁溪跑馬古道	新北市坪林區；宜蘭縣礁溪鄉、頭城鎮	樹蛙、夜間飛鼠、赤腹鷹、大冠鷹、竹雞；昆蟲及蝶類	桂竹、筆筒樹、山蘇、抱樹石葦、大頭茶、山櫻花、相思樹、穗花山柰、森氏紅淡比
11	林美石磐步道	宜蘭縣礁溪鄉	腹斑蛙、斯文豪氏赤蛙、面天樹蛙、貢德氏赤蛙、日本樹蛙等；昆蟲、爬蟲、山窗螢、樹皮蟋蟀、環紋琵螂、竈馬、蜘蛛等	蕨類、樓梯草、筆筒樹、樹杞等，楓香林、竹林
12	九寮溪自然步道	宜蘭縣大同鄉	螢火蟲、蝴蝶、台灣獼猴、赤尾青竹絲、褐樹蛙、翠鳥、台灣大蝗、山豬等、蜻蜓、蝴蝶、白鼻心、苦花魚、溪哥等	紅檜、烏心石、野薑花、台灣水龍骨、闊葉樓梯草、柚葉藤、稜果榕等
13	拳頭姆自然步道	宜蘭縣三星鄉	褐頭鷦鶯、白頭翁、大捲尾、樹鵲、五色鳥、班文鳥等；蝴蝶、蜘蛛、昆蟲、蜥蜴、蛇等。	烏心石、廣葉鋸齒雙蓋蕨、熱帶鱗蓋蕨、烏毛蕨等、台灣肖楠、大葉雀榕、烏來柯、相思樹、大頭茶等
14	松羅步道	宜蘭縣大同鄉	鼎脈蜻蜓、無霸勾蜓、青帶鳳蝶、石牆蝶、數鳥、山頭紅、朱鸝、蝴蝶及鳥類、台灣鯝魚	苧麻、水冬瓜、水同木、山蘇、抽葉藤、毬蘭、石藻、山蘇等
15	鳩之澤自然步道	宜蘭縣大同鄉	台灣彌猴、野豬、赤腹松鼠、白鼻心等；紫嘯鶇、大冠鷲、樹鵲、翠鳥、畫眉、五色鳥、樹鵲、台灣藍鵲、綠簑鷺、紅枕藍鸝、紅嘴黑鵯、小剪尾、鉛色水鶇、山頭紅等；昆蟲與蛙類	腎蕨、水麻、樓梯草、冷清草、咬人貓、筆筒樹、變葉懸鉤子、大葉楠、楓香、牛奶榕等
16	新寮瀑布步道	宜蘭縣南澳鄉	紫嘯鶇、鉛色水鶇、白鶺鴒、小剪尾、朱鸝、松鼠、台灣獼猴、大赤鼯鼠、山豬魚蝦、蜻蜓、豆娘、鳳蝶、斯文豪氏赤蛙、柑橘鳳蝶、短腹幽螅、薄翅蜻蜓、無尾鳳蝶、台灣紫嘯鶇、鉛色水鶇、台灣獼猴等	樟科、殼斗科植物、大葉楠、牛乳榕、蕨類、耐蔭植物、藤蔓及附生植物

表 2-3 低海拔森林生態系 72 處樣區主要動植物種類

序號	名稱	區域	動物	植物
17	蘇花古道：大南澳越嶺段	宜蘭縣南澳鄉	穿山甲、山羌、紅紋鳳蝶、姬雙尾蝶，鳥類有台灣藍鵲及青背山雀，冬天有留鳥紅隼、雕頭鷹（蜂鷹）	大葉楠、九芎、大冇榕（豬母乳）、樹杞、牛奶榕、長梗紫麻、華八仙、冷清草、月桃
18	朝陽步道	宜蘭縣蘇澳鎮	五色鳥、樹鵲、大冠鷲、紅嘴黑鵯、盤古蟾蜍、褐樹蛙等	樟科、殼斗科、大頭茶、桂竹林、梅樹、九節木、江某、楓香、海金沙、光蠟樹、山香圓、牛奶榕、樹杞、桂竹、軟毛柿、楊梅、雙面刺、薯榔等
19	南澳古道	宜蘭縣南澳鄉	山羌、白鼻心、長鬃山羊、台灣野豬、麝香貓、白面鼯鼠、南澳毛蟹	烏心石、杜英、榕楠、台灣山龍眼、江某、領垂豆、魚藤、棕葉狗尾草、烏毛蕨、 淡竹葉、半邊羽裂鳳尾等、伏石蕨、垂葉書帶蕨、山蘇花、苧麻、姑婆芋、山棕、月桃、九芎等
20	太平山國家森林遊樂區	宜蘭縣大同鄉	台灣黑熊、黃喉貂、白鼻心、食蟹獴、山羌、台灣山羊、台灣獼猴、大赤鼯鼠、荷氏白面鼯鼠、帶紋松鼠、水鹿、野豬、台灣獼猴及山羌、綠啄木、鳳頭蒼鷹、白頭鶇、藍腹鷴、日式樹蛙、莫氏樹蛙、腹斑蛙、呂氏攀蜥、菊池氏龜殼花等	桂竹、相思樹、山黃麻、江某、大葉楠楓香、榕樹、構樹、昆欄樹、烏心石、銳葉新木薑子、臺灣紅榨槭、杉木、紅檜、台灣肖楠等、太平山櫻花、台灣杜鵑、台灣鐵杉、巒大杉、紅檜、台灣扁柏、台灣二葉松等；亦有毛地黃、苔蘚及蕨類等
21	鳥嘴山登山步道	苗栗縣泰安鄉	常見鳥類有繡眼畫眉、綠畫眉、白耳畫眉，五色鳥、竹雞、山椒鳥等	柳杉、櫧櫟類跟楠櫧類植物、青楓、台灣櫸木、黃杞、山棕、黃藤、鵝掌柴、水冬瓜、冷水麻、樓梯草、冷清草、火炭母草、馬蘭、杜若、鱗毛蕨、台灣水龍骨
22	冬瓜山登山步道	苗栗縣泰安鄉	赤腹松鼠、五色鳥、繡眼畫眉、竹雞、台灣藍鵲及各類昆蟲	山毛櫸、九芎、竹林、姑婆芋、山蘇、黃藤
23	東卯山步道	臺中市和平區	褐帶蛾、黑胸帶蛾、平頭大鍬形蟲、台灣長臂金龜等	栓皮櫟樹林、二葉松、青剛櫟、脈葉木藍、俄氏柿、絨山白蘭、車桑子、血藤、蕨類（萬年松）
24	唐麻丹山步道	臺中市和平區	小啄木、黑枕藍鶲、頭烏線、鉛色水鶇、小剪尾、台灣間爬岩鷚、台灣鏟頷魚	台灣二葉松
25	德芙蘭步道	臺中市和平區	飛鼠、黑熊、山羌、山鹿、長鬃山羊、百步蛇、赤尾青竹絲等	蕨類、血藤、五葉松針葉樹
26	八仙山國家森林遊樂區	臺中市和平區	灰喉山椒、畫眉、翠鳥、台灣藍鵲及赤腹山雀、莫氏樹蛙、白頷樹蛙、面天樹蛙、艾氏樹蛙、斯文豪氏赤蛙、拉都希氏赤蛙、長腳赤蛙、盤古蟾蜍、紅紋鳳蝶、大鳳蝶、小青斑蝶、黑端豹紋蝶、淡黃蝶、大端黑螢、小紅胸黑翅螢、赤腹櫛角螢，山窗螢、台灣霧社血斑天牛	二葉松、台灣五葉松、肖楠、杉木及殼斗科植物。桂竹、孟宗竹、緋寒櫻、紅楠、青剛櫟、小葉赤楠、香桂林、柳杉、瘤足蕨、稀子蕨、苔蘚、水龍骨科、禾葉蕨科、膜蕨科植物、蘭花(如紋星蘭、阿里山豆蘭、倒吊蘭、蜘蛛蘭等)、紅檜、扁柏巨木

表 2-3 低海拔森林生態系 72 處樣區主要動植物種類

序號	名稱	區域	動物	植物
27	桃源里森林步道	彰化縣彰化市	大冠鷲、鳳頭蒼鷹、灰面鵟鷹、赤腹鷹、五色鳥、白頭紋翁、綠繡眼、紫斑蝶、紅紋鳳蝶、大紅紋鳳蝶等	相思樹、血桐、土密樹、構樹、朴樹、榕樹、茄苳、菲律賓榕、姑婆芋、羅漢松、油杉、竹柏、台灣五葉松、台灣二葉松、茶樹、印度紫檀、黃連桂花、鳳凰木、烏心石、牛樟、黃連木、九節木、月橘、龍船花、風藤、三葉崖爬藤、扛香藤、山菅蘭、小月桃、密毛毛蕨、半邊羽裂鳳尾蕨、熱帶鱗蓋蕨等
28	清水岩央中山棧道（嶺坪灣）群	彰化縣社頭鄉、田中鎮	大鳳蝶、淡黃蝶、淡小紋青斑蝶、五色鳥、綠繡眼、繡眼畫眉、山紅頭、台灣大 灣台煌、鍬形蟲、獨角仙、沖繩紅騷蟬、斯文豪氏攀蜥、端紅小灰蝶、琉璃紋鳳蝶、紫斑蝶、紅紋鳳蝶、小埔里紅弄蝶、台灣單帶弄蝶、鳳頭蒼鷹、大冠鷲、灣小和藍鵲、黑枕藍鶲、紅鳩、烏、白腰文鳥、灰鶺鴒、白眉畫眉、小彎嘴畫眉、紅嘴黑鵯、繡眼畫眉、白耳畫眉、小卷尾、五色鳥	相思樹、馬拉巴栗、金烏赫蕉、馬櫻丹、小花蔓澤蘭、鴨腳木、血桐、鹽膚木、軟毛柿、龍葵、臺灣欖、竹、莿竹、龍船花、香楠、血桐、烏桕、鴨腳木、千年桐、牛奶榕、無患子、觀音座蓮、腎蕨和咬人狗、圓葉布勒德藤、榕樹、樟樹、相思樹、楓香、鴨腳木、白匏子、野桐、血桐、軟毛柿、楓香及無患子
29	麒麟山森林步道	彰化縣田中鎮；南投縣名間鄉	老鷹、松鼠、竹雞、大鳳蝶、紅嘴黑鵯、綠繡眼、白頭翁、蟬等	臺灣欖、相思樹、香楠、鴨腳木、血桐、山黃麻、白木白、朴樹、楓香、白匏子、小梗木薑子、粗糠柴、九節木、野牡丹、龍船花及蔓性之酸藤、海金沙、三角葉西番蓮、毛柿、山黃梔、菊花木、猿尾藤、酸藤、盤龍木及扛香藤
30	坑內坑森林步道	彰化縣二水鄉	白頭翁、綠繡眼、珠頸斑鳩、五色鳥、紅嘴黑鵯、黑枕藍鶲、繡眼畫眉、山紅頭、樹鵲、大冠鷲	黃金風鈴木、鴨腳木、稜果榕、樹杞、香楠、水錦樹、柚子花、野牡丹、華八仙花、方骨消、花紅豔、龍船花、臺灣山桂花等
31	龍過脈森林步道	雲林縣林內鄉	斯氏紫斑蝶、端紫斑蝶、圓翅紫斑蝶、八色鳥	九芎、香楠、白匏子、相思樹、龍眼、芒果、無患子、杜英、茄苳、白玉蘭、鳳仙花、七里香、麻竹、秋海棠、月桃、蕨類
32	二崙自然步道	雲林縣二崙鄉	紅脈熊蟬、臺灣騷蟬、繡眼畫眉、白頭翁、紅鳩、綠繡眼、黑枕藍鶲、蟻獅、珠頸斑鳩、蜥蜴、土撥鼠、松鼠	竹林、果樹、七里香、龍船花、月桃、苦楝、榕樹、樟樹、構樹、月橘、光蠟樹、金龜樹、文竹、海芒果、菟絲花、雞母珠、木麻黃、稜果榕、黃花夾竹桃、蓖麻、大葉合歡等
33	九九峰森林步道	南投縣草屯鎮	台灣藍鵲、黑枕藍鶲、藍腹鷴、東方蜂鷹、五色鳥、台灣彌猴、台灣野山羊、鬣獼等	月桃、血桐、山棕、荔枝、山黃麻、白匏子、土肉桂、無患子、光臘樹、烏心石、台灣欖、血藤、竹林、紫花藿香薊、咸豐草等
34	溼水森林步道	南投縣魚池鄉	梭德氏赤蛙、莫氏樹蛙、艾氏樹蛙、中國樹蟾、貢德氏赤蛙等；白痣珈蟌、猩紅蜻蜓等 45 種蜻蛉類；鉛色水鶇、五色鳥、紅嘴黑鵯、樹鵲、黃尾鴝、黃鶺鴒等	桃實百日青、小西氏石櫟、臺灣榕、山月桃、山紅柿、鴨腳木、筆筒樹及金狗毛蕨等

表 2-3 低海拔森林生態系 72 處樣區主要動植物種類

序號	名稱	區域	動物	植物
35	鰲鼓濕地森林園區	嘉義縣東石鄉	黑翅鳶、魚鷹、黑面琵鷺、長腳鷸（高蹺鴴）、反嘴長腳鷸（反嘴鴴）、白腰杓鷸（大杓鷸）、鸕鷀、琵嘴鴨、赤頸鴨、尖尾鴨、裡海燕鷗、鷺鷥林、家燕夜棲、彩鷸蜻蜓、紅胸熊蟬、薄翅蜻蜓、高頭蝠等	台灣海棗、黃槿、白千層、木麻黃、欖李、海茄苳、裸花鹼蓬（鹽定）等
36	獨立山步道	嘉義縣竹崎鄉	玉帶鳳蝶、此外還有紅紋鳳蝶、柑橘鳳蝶、大鳳蝶、紅嘴黑鷴、白頭翁、繡眼畫眉等	榆科、桑科、樟科、台灣二葉松老樹、王爺葵、龍船花、冇骨消、龍眼、相思樹、杉木、麻竹與桂竹林
37	土匪山步道	嘉義縣番路鄉	黑翅細鼫、鹿子蛾、煙管蝸牛、幽蟌、鳳頭蒼鷹、過山刀等	樓梯草、全緣卷柏、麻竹、扁穗莎草、黃藤果、倒地蜈蚣、蕨類、台灣油點草、姑婆芋、巒大秋海棠、檳榔樹、紫花霍花薊、茶園、油茶樹、玉蜂蘭、龍船花、中國毛杯菌、山棕等
38	里美避難步道	嘉義縣阿里山鄉	大冠鷲、冠羽畫眉、竹雞、白頭翁、白尾鴝、灰喉山椒鳥、小彎嘴、過山刀、茶斑蛇、斯文豪氏攀蜥、印度蜓蜥、玉帶鳳蝶、青帶鳳蝶、大琉璃紋鳳蝶、大紅紋鳳蝶、銀紋淡黃蝶、水青粉蝶、眼紋擬蛺蝶等	三斗石櫟、黃杞、菲律賓楠、烏心石、紅皮、鵝掌柴、樹杞、山龍眼、山香圓、水錦樹、山棕、獅子尾、長果藤、柚葉藤、臺灣山蘇花、大黑柄鐵角蕨、垂葉書帶蕨、黃藤、血藤等
39	關仔嶺碧雲寺–水火同源登山步道	臺南市白河區	小紫斑蝶、黃蝶、金鳳蝶、烏鴉鳳蝶、無尾白紋鳳蝶、姬小紋青斑蝶、小紫斑蝶、八色鳥、紅嘴黑鷴、白頭翁、綠繡眼等	竹林、相思樹、南洋杉、山椒、山芙蓉、豔紫荊、蛇莓、葶藶、蛇根草、光風輪、風車草、匙葉鼠麴草、紫背草、穗花木蘭、白眼花、馬鞭草、簇生鬼傘、全緣卷柏、裂葉艾納香
40	關仔嶺大凍山步道	臺南市白河區	竹鳥、冠羽畫眉、白耳畫眉等	紅鴨跖草、中國穿鞘花、三奈、火炭母草、大武牛尾菜、短角冷水麻、早田氏爵床、粗毛小米菊、毛果油點菜、稀見明萼草、台灣附地草、密刺菽藪、皺桐、龍柏、楓香、二葉松、櫸、樟樹、台灣肖楠、梅樹等
41	崁頂步道	臺南市白河區	五色鳥、綠繡眼、畫眉、昆蟲	_
42	崁頭山步道	臺南市東山區	蝴蝶、蜘蛛、蝸牛、蛙類、爬蟲類、鳥類與哺乳類等	木本植物、草本植物、藤本植物、蕨類植物與苔類植物，穗花蛇菰、蜘蛛抱蛋
43	鎮南宮步道	臺南市六甲區	無尾鳳蝶、青帶鳳蝶、玉帶鳳蝶、玉帶蔭蝶、淡青長尾波紋小灰蝶、琉璃波紋小灰蝶、孔雀蛱蝶、紅后負蝗、眶台灣騷鼫、長圓金蛛、黑面天樹蟾蜍、日本樹蛙、臺灣草蛙、斯文豪氏攀蜥、竹雞、樹蜥、麗紋石龍子、白頭鶫、翠鳥、小喙木翁、紅嘴黑鷴、五色鳥、大冠鷲、黑鳶等	檬桉林、蓮花、相思樹、黃槐樹、光臘樹、鐵刀木、山珠豆、水丁香、巴拉草、美洲含羞草、銅錢草、大花咸豐草等

表 2-3 低海拔森林生態系 72 處樣區主要動植物種類

序號	名稱	區域	動物	植物
44	鈕鼎步道	臺南市南化區	獨角仙、古納氏草蜥、史丹吉氏蝎虎、紅嘴黑鵯、白三線蝶、小紫斑蝶、斯氏紫斑蝶、台灣琉璃小灰蝶、黃帶枯葉蝶、琉球青斑蝶、雌紅紫蛺蝶、台灣單帶蛺蝶、眼紋擬蛺蝶、玉帶蔭蝶、黃褐挵蝶、微小灰蝶、棘蛛、大銀腹蛛、伊貝鹿蛾、橄蝗、菊紋虎天牛等	月橘樹、光臘樹、木棉，柚木、血桐、山黃麻、白匏子、咬人狗、閉鞘薑、山芙蓉、含羞草、蔓花生、月桃、槍刀菜、龍船花、姑婆芋、小杜若、豆芫菁、耳葉鴨跖草、鬱金、毛果油點草、玉峰蘭等
45	龍麟山步道	臺南市南化區；高門雄市內區	鳥類、昆蟲、台灣獼猴	芒果、龍眼、相思樹、月桃、野薑花、姑婆芋、咬人狗、血桐、無患子、構樹、牛奶榕、雀榕、山黃麻、杜虹、九芎、山芙蓉、羅氏鹽膚木、山柚
46	六義山步道	高雄市甲仙區	鳳蝶科、粉蝶、小灰蝶科、台灣野生鹿	相思林、樟樹林、油桐花、桃花心木、黑心石、梅樹、桂竹、江某、無患子、月桃等
47	藤枝國家森林遊樂區	高雄市桃源區	大玉帶黑蔭蝶、黑樹蔭蝶、雌褐蔭蝶、細蝶、琉球青斑蝶、端紫斑蝶、斜紋天蛾、枯葉蝶、烏鴉鳳蝶、黃豹天蠶蛾、大綠目天蠶蛾、紅目天蠶蛾、長尾水青蛾、皇蛾、軟毛褐金龜、台灣爺蟬、路易士角葫蘆鍬形蟲、長角大鍬形蟲、人面蜘蛛、冠肩斑銀腹蛛、紅胸窗螢、白耳畫眉，深山黃鶯、白尾鴝、紋翼畫眉、黃山雀、深山竹雞、白面鼯鼠、臺灣山羌、臺灣獼猴、臺灣黑熊等	藤枝秋海棠、臺灣秋海棠、出雲山秋海棠、武威山秋海棠、巒大秋海棠、倒地蜈蚣、墨點櫻桃、柳杉、雲杉、臺灣杉、扁柏、紅檜、山櫻、杜鵑、稀子蕨、廣葉鋸齒雙蓋蕨、魚鱗蕨、瓦氏鳳尾蕨、臺灣瘤足蕨
48	美濃雙溪樹木園步道	高雄市美濃區	淡黃蝶、朱鸝、八色鳥、紅嘴黑鵯、黑枕藍鶲等	菲律賓欖仁、雷君木、巴西橡膠樹、大葉蘇白豆、菲律賓木薑子、緬甸鐵木、非洲菜豆樹等、龍腦香科（Dipterocarpaceae）植物、香椿類、大葉桃花心木、雷君木
49	美濃靈山登山步道	高雄市美濃區	竹林、小葉欖仁、大葉欖仁、莢蝶花、莿竹、土密樹、閉鞘薑、龍船花、巴西鳶尾花、麵包樹等	臺灣獼猴、赤腹松鼠、多線南蜥、竹節蟲、五色鳥、紫斑蝶等
50	尾寮山登山步道	高雄市茂林區縣；高雄市三民區鄉	穿山甲、朱鸝、藍腹鷴、林鵰、大冠鷲、鵂鶹、臺灣藍鵲、斯文豪氏攀蜥、雨傘節、帶紋赤蛇、眼鏡蛇、龜殼花、高身鏟頷魚、粗首鱲、短吻虎、山豬、台灣彌猴等	殼斗科植物，短尾葉石櫟、柳葉石櫟、錐果櫟、長尾栲、臺灣栲、印度栲及星刺栲、台灣麟球花、槍刀草、金腰箭、蟛蜞菊、地膽草、荷蘭荳草、相思樹、含羞草、昭和草、山黃麻次生林林相、荔枝樹、油桐等

表 2-3 低海拔森林生態系 72 處樣區主要動植物種類

序號	名稱	區域	動物	植物
51	林後四林平地森林園區	屏東縣潮州鎮	小雲雀、田鷚	茄冬、杜英、蘭嶼肉豆蔻、水黃皮、台灣欒樹、紅花鐵刀木、黃連木、雨豆樹、苦楝、印度紫檀、大葉桃花心木、樟樹、毛柿、黃心柿、樹蘭、桂花、朱槿、茉莉花、羅漢松、月橘、矮仙丹、春不老、金露花、古里珍、日本女貞、含笑花、臺灣樹蘭、黃梔花、大王仙丹花、無患子、青剛櫟、羅望子、大頭茶、破布子、台灣櫸、珊瑚樹、水柳、台灣光臘樹、南美假櫻桃、雀榕、芒果、楊梅、錫蘭橄欖、龍眼、蘋婆、番石榴、鐵冬青、流蘇、鵝掌柴、克蘭樹、火筒樹、土樟、土沉香、穗花棋盤腳、棋盤腳、易生木、蘭嶼樹杞、欖仁、榔榆、臺灣野牡丹藤、過山香、長果月橘、龍船花、月桃等
52	浸水營步道	屏東縣春日鄉	繡眼畫眉、白耳畫眉、藍腹鷴、橿鳥、黃嘴角鴞、熊　刺、鷹、林鵰、臺灣長尾鼩、豬、穿山甲、斯氏紫斑蝶、小紫斑蝶、小紋青斑蝶、圓翅紫斑蝶	九芎、檸檬桉、長穗木、香澤蘭、臺灣胡麻花、紅楠、阿里山根節蘭、肉穗野牡丹、山素英、南洋杉欒、瘤足蕨、赤色毛花蘭、摺疊羊耳蒜、凹葉越橘；昆欄樹、臺灣穗花杉、大武杜鵑、巨葉花遠志、柳葉石櫟、波緣葉櫟、浸水營石櫟等
53	雙流國家森林遊樂區	屏東縣獅子鄉	拉氏清溪蟹、黃灰澤蟹、日本樹蛙、褐樹蛙、短腹幽、紫嘯鶇、鉛色水鶇、翠鳥、台灣彌猴、穿山甲、野豬、棕簑貓等	殼斗科、桑科、樟科、殼斗科植物、白榕、幹花榕、茄苳、大葉楠、石朴、臺灣栲、小西氏石櫟等
54	里龍山自然步道	屏東縣獅子鄉	台灣獼猴、白鼻心；藍腹鷴、翎角鴞、黃嘴角鴞、陸蟹、小山蝦	卵葉鱗球花、菊花木、絹毛莧、龍葵、明萼草、高士佛澤蘭、中原氏鬼督郵、台灣穗花杉
55	高士佛步道	屏東縣牡丹鄉	大紅紋鳳蝶、紫斑蝶、黑脈樺斑蝶、琉球青斑蝶、三線蝶、淡紫粉蝶、眼紋擬蛺蝶、斯文豪氏攀蜥等	大頭茶林、大武蜘蛛抱蛋、小金石榴、高士佛澤蘭、九重葛、火焰木、相思樹、月桔、九芎樹、皮孫木、細葉麥門冬、有山黃梔、小梗木薑子、山柚、 軟毛柿、粗糠柴、山桔、細葉饅頭果、石朴、米碎柃木、過山香、南仁五月、白鶴蘭等
56	石門山步道	屏東縣牡丹鄉	台灣獼猴、眼紋擬蛺蝶、鳥類、昆蟲、爬蟲、哺乳類動物	白榕、青鋼櫟、姑婆芋、蕨類、相思樹、野牡丹、蕈類、含羞草等
57	墾丁國家森林遊樂區	屏東縣恆春鎮	紅尾伯勞及赤腹鷹，秋冬季有黃鸝、椋鳥科、鶇科等	白榕、咬人狗、毛柿及茄苳、銀葉板根、茄苳
58	撒固兒步道	花蓮縣花蓮市	台灣獼猴、蝴蝶、蜥蜴、蛇、鳥類、蝌蚪、青蛙、溪蝦、魚類	海棠、牽牛花、橢圓線蕨、長葉腎蕨、觀音座蓮、筆筒樹
59	佐倉步道	花蓮縣秀林鄉	鳥類、蝴蝶	相思樹、豔紫荊等

表 2-3 低海拔森林生態系 72 處樣區主要動植物種類

序號	名稱	區域	動物	植物
60	鯉魚山步道群	花蓮縣壽豐鄉	端紅粉蝶、豹斑蝶、石牆蝶、蛺蝶、黑翅螢、紅胸黑翅螢、紋胸黑翅螢、蓬萊短角窗螢、細身鋸角螢、螢火蟲、五色鳥、山紅頭、台灣藍鵲、大冠鷲、鳳頭蒼鷹、台灣松雀鷹、灰面鷲、林鵰、八色鳥、黑枕藍鶲、黃嘴角鴞、黃腹琉璃	光臘樹、台灣泡桐、樟樹、楓香、桉樹、山櫻、油桐、野牡丹等
61	池南國家森林遊樂區	花蓮縣壽豐鄉	小鸊鷉、棕背伯勞、大卷尾、灰鶺鴒、藍磯鶇、山紅頭、烏頭翁、五色鳥、盤古蟾蜍、莫氏樹蛙、橙端粉蝶、青鳳蝶、紅珠鳳蝶	台灣山蘇花、光蠟樹、樟樹、風藤、山桂花、山黃麻、姑婆玉、月桃、山櫻花等
62	月眉山步道	花蓮縣壽豐鄉	赤腹鷹、褐頭鷦鶯、山豬、獼猴、大冠鷲、五色鳥、頭烏線、台灣野豬、莫氏樹蛙、艾式樹蛙、食蛇龜，各種蝶類、昆蟲等	蓪草、五節芒、果樹、九芎、台灣山茶、大頭茶、菊花木、山葛、蕨類
63	大農大富平地森林園區	花蓮縣光復鄉	小白鷺、五色鳥、小彎嘴畫眉、綠繡眼、烏頭翁、樹鵲、紅嘴黑鵯、竹雞、環頸雉等	光臘樹、台灣櫸、楝樹、樟樹、楓香、烏桕、杜英等
64	富源國家森林遊樂區	花蓮縣瑞穗鄉	紫嘯鶇、鉛色水鶇、河烏、翠鳥、台灣畫眉、小彎嘴畫眉、竹雞、黑枕藍鶲、台灣藍鵲、樹鵲、五色鳥、灰喉山椒、黃山雀、青背山雀、黃腹琉璃鳥、白耳畫眉、冠羽畫眉、野鴿、黃尾鴝、灰鶺鴒等	九芎、黃藤、猴歡喜、澀葉榕、水同木
65	虎頭山步道	花蓮縣瑞穗鄉	大冠鷲、烏頭翁、紅嘴黑鵯、綠斑鳩、五色鳥、朱鸝、黑枕藍鶲、頭烏線、竹雞等	孟宗竹、油桐、梅花、楓香、桂竹、樟樹、魚藤、阿勃勒、杜英、無患子等
66	八通關越道：鹿鳴吊橋段	花蓮縣卓溪鄉	頭烏線、大彎嘴、五色鳥、小卷尾、紅嘴黑鵯、小啄木、朱鸝等	蕈類、山棕、桐花
67	安通越嶺道：西段	花蓮縣玉里鎮	箭環蝶、大冠鷲、五色鳥、朱鸝、山紅頭等。	桂竹林、釘地蜈蚣、普拉特草、水鴨腳秋海棠
68	麻荖漏步道	臺東縣成功鎮	斯文豪氏赤蛙、蝶、短腹幽蟌、小陸蟹、食蟹蒙、山豬、飛鼠	筆筒樹、蕨類、姑婆芋、水晶蘭、毬蘭、海棠、馬蘭、大葉楠、茄冬、澀葉榕、牛樟、白榕等
69	都蘭山步道	臺東縣東河鄉	斑蝶、粉蝶、小灰蝶科蝴蝶、樹蔭蝶等蛺蝶科；綠繡眼、繡眼畫眉、紅嘴黑鵯及烏頭翁、藍腹鷴及竹雞覓食；台灣獼猴、山羌、白鼻心、嚙齒類及蛇類等	台灣水龍骨、石吊蘭、金蟬蘭、假酸漿、九芎、鵝掌藤、姑婆芋、柚葉藤、玉山紫金牛、咬人狗、樟科、阿里山根節蘭、黃藤、台灣蘆竹、一條線蕨、覆葉石松、台灣香蘭、山肉桂等
70	鯉魚山步道	臺東縣臺東市	大卷尾、烏頭翁、樹鵲、綠繡眼、蟬、蜻蜓、蝴蝶	榕樹、樟樹、欖仁、木棉、茄苳等；盤龍木、山素英
71	知本國家森林遊樂區	臺東縣卑南鄉	台灣蝴蝶蘭	紅嘴黑鵯、黑枕藍鶲、繡眼畫眉、樹鵲、朱鸝、候鳥：赤腹鷹、灰面鵟鷹

表 2-3 低海拔森林生態系 72 處樣區主要動植物種類

序號	名稱	區域	動物	植物
72	大武觀海步道	臺東縣大武鄉	烏頭翁、紅嘴黑鵯、樹雀、五色鳥、赤腹鷹、灰面鵟鷹、蜂鷹、綠斑鳳蝶、黑點粉蝶、青帶鳳蝶、青帶鳳蝶、鍬形蟲、天牛、台灣大蝗、斯文豪氏攀蜥、南蛇、赤尾青竹絲等	相思樹、血桐、銀合歡、九芎、台灣白匏仔、台灣光臘樹、台灣樹蘭、台灣海桐、土樟、台灣海棗等

資料來源：健行筆記，2026（水火同源登山步道(碧雲火泉步道)）；太平山森林遊樂園區，2025（太平山森林遊樂區）；農業部林業及自然保育署屏東分署，2016（林後四林平地森林遊樂園區）；農業部林業及自然保育署嘉義分署，2016（鰲鼓濕地森林園區）；其他皆彙整自台灣山林悠遊網，2025。

參考文獻

~~台灣山林悠遊網網頁，2025。景點一覽。2025 年 4 月 16 日擷取自：https://recreation.forest.gov.tw/Forest/Query。~~

健行筆記，2026。水火同源登山步道(碧雲火泉步道)。2026 年 2 月 23 日擷取自：https://hiking.biji.co/index.php?q=trail&act=detail&id=1084。

太平山森林遊樂園區，2025。認識太平山：自然生態。2026 年 2 月 23 日擷取自：https://tps.forest.gov.tw/TPSWeb/wSite/ct?xItem=3016&ctNode=236&mp=1。

林奐宇、陳建帆、黃婉如，2022 年。「台灣森林植群調查與成果的應用」。『林業研究專訊』，29 卷，2 期，6-13。

農業部林業及自然保育署屏東分署，2016。林後四林平地森林遊樂園區：物種解說。2026 年 2 月 23 日擷取自：https://pingtung.forest.gov.tw/0000143。

農業部林業及自然保育署嘉義分署，2016。鰲鼓濕地森林園區：生態資源。2026 年 2 月 23 日擷取自：https://chiayi.forest.gov.tw/0000322。

邱清安、林鴻志、廖敏君、曾彥學、歐辰雄、呂金誠、曾喜育，2008 年。「臺灣潛在植群形相分類方案」。『林業研究季刊』，30 卷，4 期，89-112。

賴明洲，2001 年。「台灣植被分佈論（下）」。『台灣林業雙月刊』，27 卷，4 期，20-31。00

第三章、國內外森林生態系服務價值實證評估結果彙整

本章第一節簡介森林生態系評估方法，第二節彙整國外森林生態系價值評估之實證文獻，第三節彙整我國森林生態系服務價值之實證評估結果、以及國內現有森林生態系相關調查數據文獻情況說明。

第一節、森林生態系評估方法簡介

各國在估算全國森林生態系服務價值時，主要使用文獻中已利用市場價值法、替代市場價值法、假設市場價值評估法、旅行成本法等價值評估方法（參見表 3-1、附表一、附表二）估算出的數據，透過效益移轉法推估至全國的森林面積。

自然環境資源所提供的生態系服務一般會影響相關市場財貨，如木材供給、農產品及生態旅遊的品質、數量與價格，也影響相關的非市場財貨，如全球氣候調節、水資源淨化及洪氾控制等的品質與數量。

一、生態系服務項目之評價方法

各項生態系服務多屬於非市場財貨（non-market goods），亦即在市場上沒有直接流通買賣，因此評價方法可依據其所提供的效益有無市場分為四大類，以下簡述四大類方法的本質，而各大類方法下常見的價值評估方法彙整於表 3-1。

1、市場價值評估法（market valuation method，MVM）

若自然環境資源所提供的效益項目存在市場，則利用受自然環境資源改變所影響之市場財貨價格與數量變動的資訊，來推估自然環境變化的成本與效益。

2、替代市場價值評估法（surrogate market valuation method）

屬間接方法（indirect method），因想衡量的環境品質並不存在直接的

市場，故利用觀察消費者在市場上消費與自然環境資源所提供有關財貨的行為，來推估自然環境數量或品質變化所產生的福利變動，多應用於推估使用價值。

3、假設市場價值評估法（contingent valuation method，CVM）

或稱假設評價法、假設估價法，屬直接方法（direct method），因自然環境資源所提供的效益項目無直接或替代市場，係利用問卷建立一個假設性市場，設計問題並直接詢問消費者在此假設市場內對環境品質改善所願意支付的最大金額，稱為願付價格（willingness to pay，WTP），或對環境品質惡化所願意接受的最小賠償金額，稱為願受價格（willingness to accept，WTA），其後再進一步推估自然環境數量或品質變化的經濟效益。

4、效益移轉法（benefit transfer method， BTM ）

當非市場財貨評價計畫執行的時間、經費、人物力都不足使用，以上3類種評價方法時，經常會採用 BTM。所謂 BTM 是指將採行以上 3 類方法進行評價之「原始研究點（study site）」的評價結果，移轉至目前需要進行非市場財貨評價之「政策研究點（policy site）」。

採行 BTM 時要留意原始研究點與政策研究點所評估的非市場財貨要盡可能類似，包括非市場財貨（例如某項生態系服務）屬性、提供方式、財貨數量或品質變化方向、以及財貨所在地點之自然環境條件（例如氣候、地形、水文、土壤、生態等）、人文社經濟條件（例如所得、物價、文化、環境財貨偏好、族群、政治等）。因為過去有關生態系服務評價的研究成果多集中於歐美先進國家，而其在自然環境與人文社經條件上都與台灣差異較大，使用 BTM 方法時需特別謹慎。此外，文獻上有關非市場財貨之評價方法不斷地演進，所以研究者需檢視是國內研究條件，採取最適切的方法。

表 3-1 自然環境資源的價值評估方法

評估法名稱	常見方法
市場價值評估法（market valuation method）	產值變化法（changes in production value） 所得變化法*（change in income） 替換成本法（replacement cost） 預防性支出法**（preventative expenditure） 重置成本法（relocation cost）
替代市場價值評估法（surrogate market valuation method）	旅行成本法（travel cost method，TCM）、 特徵資產價值法（hedonic price method）、 特徵工資法（hedonic wage method） 生產函數法（production function method）
假設市場價值評估法（contingent market valuation method）	假設評價法（contingent valuation method，CVM） 假設行為法（contingent behavior method，CBM） 聯合分析法（conjoint analysis method，CAM） 選擇實驗法（choice experiment method，CEM）
效益移轉法（benefit transfer method，BTM）	單位效益移轉法（unit value transfer） 函數移轉法（benefit function transfer） 統合分析法（meta analysis，MA）

註：*亦稱人力資本法（human capital approach）。
**亦稱稱趨避成本（averting expenditure）、防禦性支出（defensive expenditure）、迴避成本（avoidance cost）

資料來源：本計畫彙整自 Shrestha＆Loomis（2001）；Barton（2002）、Wilson＆Hoehn（2006）；蕭代基等（2002）；吳珮瑛等（2009）。

二、本節小結

各類方法在理論與實務應用上並無優劣之分但各有優點與限制，需視研究者欲評估自然環境資源的特性與研究經費而定。其中 CVM 因為能夠推估非使用價值，不受現有資料限制，且能推估自然環境未來變化後的價值，是目前文獻廣為應用的方法。但如何透過問卷設計建立一個可以令人信服的假設性市場，包括：充分描述遊憩地點的特徵、適當訊息的提供、合理支付工具的選擇、問卷題目的清晰程度與調查抽樣設計、問卷實際進行前是否有試訪或焦點團體討論的步驟、問卷回收率是否具母體代表性、

資料的計量推估模型是否嚴謹、研究結果的解釋是否合理等，皆對 CVM 的有效性與可靠性有很大影響，必須謹慎行事。同時，針對 CVM 改進與各類新方法在文獻中持續被提出來，研究者需要持續關心相關方法的最新發展，方能由眾多方法中選出最適合研究主題的推估方法。

此外，運用上述三類方法評價各類棲地生態系服務價值經常需要花費相當多的經費與時間，當研究者因人力物力時間無法採用上述方法對濕地生態系統服務進行評價時，在實務操作上有時會將文獻中某一原始研究在某地區（研究點，study site）某環境財貨的價值評估成果引用至自己的研究區域（政策點，policy site）相同或相類似的環境財貨，文獻上稱之為效益移轉法（benefit transfer method, BTM）。應用 BTM 時，研究點環境財貨的選定會決定政策點環境財貨之效益推估的可信度與效度，故研究者需選擇與政策點擁有相似背景的研究點為前提，若二者沒有足夠令人信服的相似之處，則不建議使用 BTM。

尤其文獻中許多有關自然環境資源所提供效益的研究皆為先進國家的實證結果，在選擇進行效益移轉的原始研究時，首先必須留意原始研究的嚴謹度，包括環境品質基準、評估方法、樣本大小、模型分析假設、計量設定、研究結論等；其次留意原始研究評估之自然環境資源的類型與數量、氣候與條件、受該自然環境影響人口數、基本經濟原則與市場條件、個人所得、財產權、土地價格、社會組織、以及文化背景等盡可能相類似。

第二節、國外森林生態系價值評估之實證文獻彙整

本計畫以關鍵字（forest ecosystem services values）在 Science Direct、google scholar 搜尋與森林生態系服務價值評估高度相關的文獻 （詳見附表一）；發現極少數文獻能對森林生態系服務項目的所有項目價值進行推估，目前僅 Brander et al.（2024）透過整合生態系統服務估值資料庫（ecosystem services valuation database, ESVD），彙整全球所有生態系服務價值估算的相關文獻，並以效益移轉法推估全球各種生態系的各項生態系服務價值。多數文獻僅推估「供給」或「調節與維持服務」單一項目的森林生態系服務價值，主要利用市場價值評估法（Kiran et al, 2011；Aymeric Ricome et al, 2014；Sidibé et al., 2014；Feketéné Ferenczi et al.,2023；Solikin et al., 2019；Tilahun et al., 2016）與效益移轉法，包括單位效益移轉法（Lal et al, 2019；Sidibé et al., 2014）與統合分析法（Kreye et al.,2014）。

而文化服務主要估算「遊憩」與「視覺舒適」等兩項森林生態系服務項目，最常採用問卷訪談的方式，透過替代市場價值評估法，包括 TCM（Mayor et al.，2007；Pirikiya et al.，2016；SM Limaei et al.， 2014；Sohrabi et al.，2009 ；Alessandro et al.，2023；Willis and Garrod，1991），以及假設市場價值評估法，包括 CVM（Mayor et al.，2007；Jetter and Paine，2004；Adamowicz et al.，1998）、CEM 推估（Brander et al.，2018；Adamowicz et al.，1998；Lehtonen et al.，2003；Mohd Rusli et al.，2023；Meyerhoff et al.，2009；Upton et al.，2012；Czajkowski et al.，2014；Dhakal et al.，2017；Filyushkina et al.，2017）等獲得相關估算數據。

檢視上述文獻可觀察到，國外在推估森林生態系服務價值時，仍以研究區域的單一項生態系服務價值，多至四項進行評估。雖然其中有憑藉 ESVD 資料庫推估全球森林生態系服務價值（Brander et al.，2024），透過資料庫的大量文獻數據，以效益移轉方式快速獲得各項價值，但要回推到單一國家特定區域的森林生態系服務價值時，仍須考量該資料庫中文獻之

研究點數據，與欲推估之政策點的環境是否相似；其他文獻在推估森林生態系服務價值時，仍根據研究區域的環境特徵，以現地採樣、問卷調查等方式，採用較細緻的方法蒐集研究資料。若以效益移轉法估算，也鮮少採用國外數據，如 Kreye et al.（2014）利用統合分析法推估美國佛羅里達州、明尼蘇達州水質淨化服務價值時，選用的仍是美國國內的相關文獻數據。

因此，本計畫在推估我國森林生態系服務各項價值時，考量地理、林相景觀、樣區面積、動植物分布等差異，優先以我國現有調查數據為主，若有急迫的必要，方會考慮參考輔以 ESVD、InVEST model 等資料庫，原則不建議引用國外文獻數據。

第三節、我國森林生態系服務價值之實證評估結果彙整

針對國內的森林生態系服務價值評估文獻，本研究透過 google scholar、華藝線上圖書館、政府研究資訊系統等進行搜尋（詳見附表二）；其中與本計畫最相近的是，林業保育署委託林俊成（2018）進行臺灣森林生態系服務價值評估計畫，研究範圍為屬於國有林的森林，推估 6 項森林生態系服務，包括全球氣候調節服務（森林碳吸存）、空氣過濾服務（空氣淨化）、土壤與沉積物保留服務（土砂流失防治）、水資源淨化服務-基線流量維持服務（森林水資源涵養）、遊憩相關服務（森林遊憩、環境教育）、育雛/育種與棲息地維持服務（生物多樣性）等，所有相關數據幾乎皆為國內現有調查數據，但本計畫要推估的森林生態系服務項目有 15 項，表示還有 9 項仍需從其他文獻或政府統計資料庫搜尋。

從附表二可觀察到，國內在推估森林生態系服務價值時，除了透過問卷訪談的方式獲得民眾對森林生態系服務的願付價值的文獻（王美娟等，2022；吳俊賢等，2006；余家斌等，2017；陳至瑩等，2012；陳宛君等，2010；林彥妤等，2020；曾芝慧與李明聰，2008）外，其他透過效益移轉法進行估算的文獻（邱祈榮與林俊成，2017；王怡平等 2017；Lin et al.，2021；國立中興大學，2018；謝敬華等，2018），其估算項目皆離不開前段提及的 6 項森林生態系服務項。最主要的原因可能在於林俊成（2018）所估算的項目，是利用已公開的國家調查數據，相較於自行實地調查森林相關數據，採用國家公開資料的獲取成本較低，亦較省時。

然而，本計畫的研究範圍為低海拔 800 公尺以下森林生態系，且在針葉林、闊葉林、針闊混合林、竹林等 4 種林類下，再區分天然林與人工林，竹林僅有人工林，總共 7 個細分類森林生態系，所需的數據較目前已知的文獻或現有政府數據更繁細。故本計畫首先搜尋國內森林生態系相關調查數據文獻後，透過召開第一次專家諮詢會（會議紀錄請參見附錄六），請益專家學者與林業保育署是否還有其他相關的森林生態系數據後，將目前獲

得的調查數據文獻統整至表 3-2。

根據表 3-2 的調查數據文獻顯示，目前僅有木材供給服務、野生動物/植物和其他生物量供給、全球氣候調節服務、空氣過濾服務、土壤與沉積物保留服務、水資源淨化服務、水流調節服務等 7 項有實地調查數據，可供後續透過效益移轉法推估國內森林生態系服務價值時之選擇，但這些調查數據文獻皆有一共通的特點，即未區分海拔高度及天然林或人工林，因此在專家諮詢會決議：

（1）暫時不處理海拔是否為 800 公尺以下的限制，並且，該地調查數據文獻僅有天然林者，先暫時將天然林與人工林視為相似的林相，待後續有經費時在補足這些資料。

（2）又上列其中 3 項服務在 SEEA 生態帳中又再細分，分別是土壤與沉積物保留服務(含土壤流失控制服務、山體滑坡減緩服務)、水資源淨化服務(含保留與分解營養素、保留與分解其他污染物)、水流調節服務(基線流量維持服務、高峰流量減緩服務)，此 3 項的細項推估所需的資料，仍須進一步釐清，現行的資料是否可滿足作為推估我國森林生態系服務價值時的需求。

由於本計畫已透過面訪問卷，將文化服務包含的遊憩相關服務、視覺舒適服務、教育/科學與研究服務、精神/藝術與象徵性服務等 4 項服務，以現地調查的方式，直接詢問受訪者的願付價格。

是故，目前確定資料不足的為授粉服務；又本計畫目的為編製我國森林生態帳，為避免重複計算（不估算中間服務），與進行全球接軌下（不計算非森林生態系與未公告邏輯鏈的項目），且在相關數據足夠情況下，至多估算 15 項。

表 3-2 國內森林生態系相關調查數據文獻

<table>
<tr><th>序號</th><th>生態服務功能</th><th>作者（年代）</th><th>研究地點</th><th>評估方法</th><th>取樣來源</th><th>研究成果</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td>木材供給服務</td><td rowspan="2">農業部林業及自然保育署（2025）</td><td rowspan="2">臺灣本島</td><td rowspan="2">實地調查</td><td rowspan="2">林業保育署統計數據</td><td rowspan="2">年報中統計了 2024 年我國針葉林、闊葉林以及竹林的木材採伐量與生產量的資料以及森林副產物生產量，統計資料如下表所示：
• 木材採伐量與生產量
<table><tr><th>林相種類</th><th>針葉林</th><th>人工闊葉林</th><th>竹林</th></tr><tr><td>採伐量</td><td>1,647.77（立方公尺）</td><td>796.07（立方公尺）</td><td>969,717 (支)</td></tr><tr><td>生產量</td><td>16,907.61（立方公尺）</td><td>5,788.72（立方公尺）</td><td>1,051,630 (支)</td></tr></table>• 森林副產物生產
<table><tr><th>產物種類</th><th>竹筍</th><th>愛玉子</th><th>樹葉類</th><th>樹實類</th></tr><tr><td>產量（公斤）</td><td>15,210</td><td>-</td><td>800</td><td>85,100</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>野生動物、植物和其他生物量供給</td></tr>
<tr><td>2</td><td>木材供給服務</td><td>邱立文等（2015）</td><td>臺灣本島</td><td>實地調查</td><td>林業保育署統計資料</td><td>第四次全國森林資源調查成果中統計不同林型的面積，如下表所示：
<table><tr><th>林相類型</th><th>面積（公頃）</th></tr><tr><td>天然針葉林</td><td>206,133</td></tr><tr><td>人工針葉林</td><td>92,670</td></tr><tr><td>天然闊葉林</td><td>1,301,229</td></tr><tr><td>人工闊葉林</td><td>1,24,759</td></tr><tr><td>天然針闊混合林</td><td>118,408</td></tr><tr><td>人工針闊混合林</td><td>52,913</td></tr><tr><td>竹林</td><td>132,572</td></tr></table></td></tr>
</table>

表 3-2 國內森林生態系相關調查數據文獻

<table>
<tr><th>序號</th><th>生態服務功能</th><th>作者（年代）</th><th>研究地點</th><th>評估方法</th><th>取樣來源</th><th>研究成果</th></tr>
<tr><td>3</td><td>木材供給服務</td><td>林業及自然保育署（2024）</td><td>臺灣本島</td><td>實地調查</td><td>林業保育署統計資料</td><td>第四次森林資源調查報告中，將林型面積分為闊葉樹林型、針葉樹林型、針闊葉樹混淆林、竹木混淆林、竹林以及待成林地，面積分別為 1,469,898、299,216、171,346、112,549、114,900 以及 29,181（公頃）。</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4</td><td>木材供給服務</td><td rowspan="2">農業部林業及自然保育署（2024）</td><td rowspan="2">臺灣本島</td><td rowspan="2">實地調查</td><td rowspan="2">林業保育署統計數據</td><td rowspan="2">資料統計 2024 年平均各分署森林主副產物市價，如下表統計：<table>
<tr><th>產品項目</th><th>種類</th><th>平均市價（元/立方公尺）</th></tr>
<tr><td rowspan="4">國產針葉原木</td><td>扁柏</td><td>101,361</td></tr>
<tr><td>紅檜</td><td>77,854</td></tr>
<tr><td>杉木 2</td><td>3,995</td></tr>
<tr><td>柳杉 2</td><td>3,660</td></tr>
<tr><td rowspan="5">國產闊葉原木</td><td>牛樟</td><td>100,160</td></tr>
<tr><td>柯椎類</td><td>2,573</td></tr>
<tr><td>楠類 1</td><td>2,794</td></tr>
<tr><td>雜木</td><td>2,407</td></tr>
<tr><td>相思木</td><td>3,823</td></tr>
<tr><td rowspan="3">竹類</td><td>孟宗竹</td><td>90</td></tr>
<tr><td>桂竹</td><td>376</td></tr>
<tr><td>莿竹</td><td>153</td></tr>
<tr><td rowspan="2">森林副產物</td><td>香菇</td><td>69,200</td></tr>
<tr><td>愛玉子</td><td>73,000</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>野生動物、植物和其他生物量供給</td></tr>
<tr><td>5</td><td>野生動物、植物和其他生物量供給</td><td>農業部（2024）</td><td>臺灣本島</td><td>實地調查</td><td>農業部統計資料</td><td>根據農業部統計資料，段木香菇與木耳 2024 年產量分別為 129,383（公斤）以及 2,155,812（公斤）。</td></tr>
</table>

表 3-2 國內森林生態系相關調查數據文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
6	野生動物、植物和其他生物量供給	何政坤等（2018）	未說明	實地調查	自行栽培	金線蓮栽培 11 個月達收穫期時，每株苗平均約為 5（克）重，當時的天然栽培市場價格金線連鮮品價格為 10 （元/克），得出若在 0.02 公頃放置 100 籃框，每藍可栽植 84 株，共可收益 378,000（元）。
7	野生動物、植物和其他生物量供給	巫建成等（2020）	埔里鎮	實地調查	訪談資料	1. 臺灣金線連 訪談過程中了解臺灣金線連產量，每年每公頃產量約為 147（公斤），價格採用天然栽培市場價格 10,000（元/公斤），林地總收入為 1,470,000（元/年-公頃）。 2. 段木香菇 74,000（公斤）木頭可以在兩年間生產 780（公斤）乾香菇，平均產量為 4.36（公斤/年-公頃），段木香菇單價為 3,000（元/公斤），林地總收入為 13,075.92（元/年-公頃）。 3. 林下養蜂 平均每年每公頃林地可養殖 30 箱蜂箱，每箱可獲得 20（公斤）的蜂蜜。
8	野生動物、植物和其他生物量供給	陳芬蕙等（2023a）	南投縣	實地調查	林試所試驗資料	根據 2015 與 2016 年的調查資料，平均每箱的蜂蜜量分別為 45.7 以及 21.3（公斤/箱），蜂蜜價格兩年皆為 1,000（元/公斤）。
9	野生動物、植物和其他生物量供給	陳芬蕙等（2023b）	高雄市	實地調查	調查資料	在 2 公頃山茶經營面積下，平均每年春夏茶可採收 1,000 斤，並可製作成 200 斤的茶葉，茶葉每斤售價為 3,000（元）。
10	野生動物、植物和其他生物量供給	龔冠寧等（2021）	六龜試驗林	實地調查	調查資料	統計 2015~2019 年間平均可產出 1,371（公斤）的山茶，單位面積產量為 12（公斤/公頃），山茶標售價於 2020 年為 3,600（元/公斤）。

表 3-2 國內森林生態系相關調查數據文獻

<table>
<tr><th>序號</th><th>生態服務功能</th><th>作者（年代）</th><th>研究地點</th><th>評估方法</th><th>取樣來源</th><th>研究成果</th></tr>
<tr><td>11</td><td>野生動物、植物和其他生物量供給</td><td>郭礎嘉等（2019）</td><td>花蓮縣</td><td>實地調查</td><td>試驗資料</td><td>在面積 90（平方公尺）林下試驗區共收成 122.8（公斤）的山藍，去除枝條可得 98.7（公斤）的原料，製錠後可得 9.7 公斤的藍錠，藍錠市價落在每公斤 800~1,200 元。</td></tr>
<tr><td>12</td><td>野生動物、植物和其他生物量供給</td><td>陳芬蕙（2023c）</td><td>花蓮縣</td><td>實地調查</td><td>試驗資料</td><td>調查數據為栽種三年後所獲得的產銷資料，天仙果根的產量為 7,500（公斤）、莖的產量為 10,000（公斤）。自產自銷價格，根與莖分別為 300、250（元/公斤）；收購價則分別為 200、150（元/公斤）</td></tr>
<tr><td>13</td><td>野生動物、植物和其他生物量供給</td><td>陳永春（1955）</td><td>未說明</td><td>未說明</td><td>未說明</td><td>文中提及絞股藍全年乾品產量約為 1,200~1,600（公斤/公頃）。</td></tr>
<tr><td>14</td><td>全球氣候調節服務</td><td>環境部（2025）</td><td>臺灣本島</td><td>實地調查</td><td>環保署統計資料</td><td>2025 年我國溫室氣體排放清冊報告中統計 2023 年的各部會溫室氣體排放情形，其中林業部門碳移除量為 21,726 千公噸二氧化碳當量，當中 2023 年土地轉變為林地移除量，各林相變化量如下表所示 ：
<table>
<tr><th colspan="5">碳移除量(千公噸二氧化碳當量)</th></tr>
<tr><th>針葉林</th><th>針闊葉混淆林</th><th>闊葉林</th><th>竹林</th><th>總移除量</th></tr>
<tr><td>-32.9</td><td>-0.4</td><td>-459.2</td><td>0</td><td>-492.5</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>15</td><td>全球氣候調節服務</td><td>Procton et al.（2025）</td><td>全球</td><td>文獻資料</td><td>森林碳匯市場交易價格</td><td>參考王怡平等（2017）計算森林碳吸存效益所選用的文獻資料，2024 年整體森林碳匯市場交易價格為 6.34（美元/1 公噸 C）。</td></tr>
<tr><td>16</td><td>全球氣候調節服務</td><td>顏如玉（2014）</td><td>臺灣本島</td><td>文獻資料</td><td>過往森林永續經營計畫</td><td>文獻整理各項公共建設計畫書的折現率獲得二手資料，過去森林永續經營計畫折現率是採 2.73%。</td></tr>
</table>

表 3-2 國內森林生態系相關調查數據文獻

<table>
<tr><th>序號</th><th>生態服務功能</th><th>作者（年代）</th><th>研究地點</th><th>評估方法</th><th>取樣來源</th><th>研究成果</th></tr>
<tr><td>17</td><td>空氣過濾服務</td><td>巫向評等（2017）</td><td>臺灣本島</td><td>單位效益移轉</td><td>文獻資料</td><td>文獻引用過往研究對滯塵量的調查數據，分別乘上臺灣第四次森林資源調查的各林型森林面積推估全台的滯塵量，經加總平均後得出針葉林、闊葉林以及針闊混淆林的吸收粒狀污染物能力分別為 3,807,464、6,695,171 以及 1,484,645（公噸/年）。文獻根據中國廣東鼎湖山森林的生態系服務研究的價值資料，減少 1 公噸粉塵價值約為 799 元，來估算滯塵量的價值效益。</td></tr>
<tr><td>18</td><td>空氣過濾服務</td><td>許博行等（2011）</td><td>台中市</td><td>實地調查</td><td>試驗資料</td><td>研究評估不同平地造林樹種對於空氣污染物的淨化能力，當中氣狀汙染物包含 NO_2^-、NO_3^-以及 SO_4^{2-}，有害空氣污染物包含 F^-以及 Cl^-，若離子淨輸入量小於 0，代表葉片以吸收離子為主，輸入量皆大於 0，表示樹冠層的淋洗淋溶作用大於葉片吸收離子的作用。以下為不同樹種的淨離子輸入量（公斤/公頃）：
<table>
<tr><th>樹種</th><th>F^-</th><th>Cl^-</th><th>NO_2^-</th><th>NO_3^-</th><th>SO_4^{2-}</th></tr>
<tr><td>烏心石</td><td>0.04</td><td>2.68</td><td>-3.32</td><td>10.59</td><td>4.05</td></tr>
<tr><td>白千層</td><td>0.39</td><td>65.42</td><td>-2.29</td><td>11.84</td><td>59.05</td></tr>
<tr><td>相思樹</td><td>0.46</td><td>92.76</td><td>-0.3</td><td>16.87</td><td>27.11</td></tr>
<tr><td>樟樹</td><td>0.23</td><td>21.77</td><td>2.19</td><td>29.2</td><td>14.95</td></tr>
<tr><td>茄苳</td><td>0.08</td><td>23.14</td><td>-2.75</td><td>19.67</td><td>6.53</td></tr>
<tr><td>臺灣櫸</td><td>0.17</td><td>6.77</td><td>-3.31</td><td>10.83</td><td>11.09</td></tr>
<tr><td>無患子</td><td>0.03</td><td>0.06</td><td>-3.12</td><td>5.09</td><td>0.75</td></tr>
<tr><td>白千層</td><td>0.58</td><td>62.93</td><td>0.23</td><td>5.2</td><td>39.69</td></tr>
<tr><td>水黃皮</td><td>0.19</td><td>6.87</td><td>2.86</td><td>2.98</td><td>7.26</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>19</td><td>空氣過濾服務</td><td>鄭景鵬等（2019）</td><td>溪頭試驗林</td><td>實地調查</td><td>試驗資料</td><td>研究調查孟宗竹的成熟葉、枯損葉、老熟葉以及幼葉各自的滯塵量，估算出平均滯塵量為 1.3796（公斤/公頃），硫化物截流量為 0.013（公斤/公頃）。</td></tr>
</table>

表 3-2 國內森林生態系相關調查數據文獻

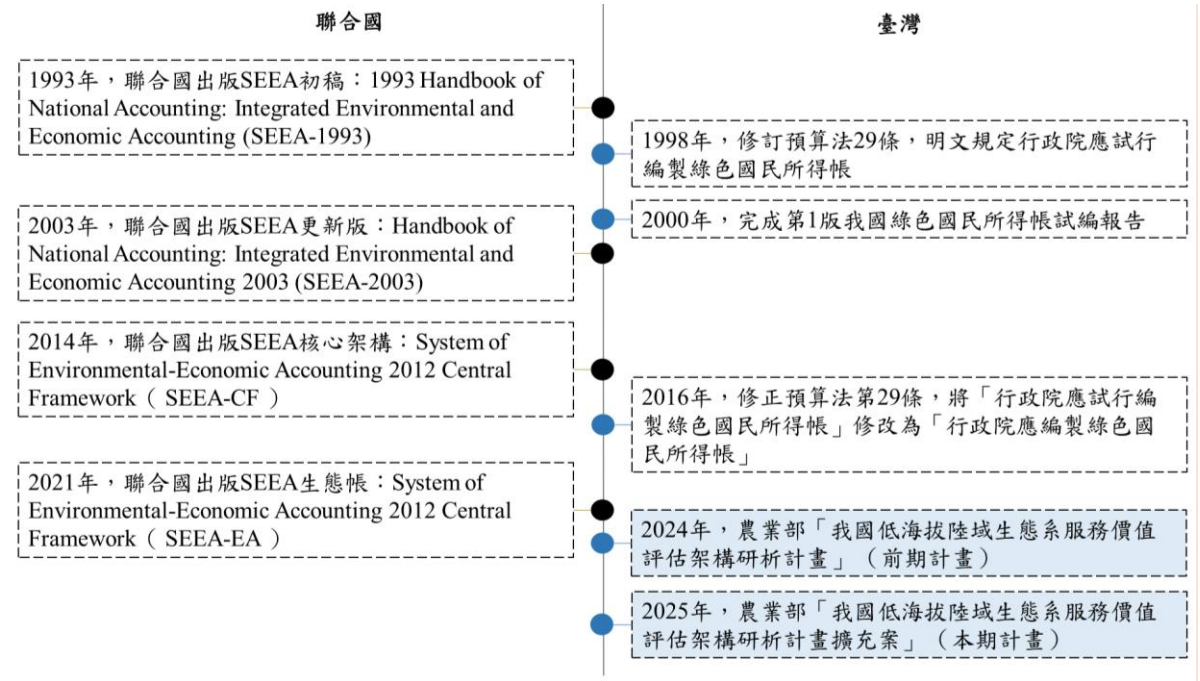
<table>
<tr><th>序號</th><th>生態服務功能</th><th>作者（年代）</th><th>研究地點</th><th>評估方法</th><th>取樣來源</th><th>研究成果</th></tr>
<tr><td>20</td><td>空氣過濾服務</td><td>環境部（2023）</td><td>臺灣本島</td><td>法規制定</td><td>環境部公告費率</td><td>空污防制費公告污染物種類涵蓋硫氧化物、氮氧化物以及粒狀污染物等項目，繳交費率則是依照防制區等級而有所不同。</td></tr>
<tr><td>21</td><td>土壤與沉積物保留服務</td><td>林昭遠等（2020）</td><td>太麻里試驗林、六龜試驗林</td><td>實地調查</td><td>試驗資料</td><td>推估太麻里試驗林與六龜試驗林平均土壤流失量與分布趨勢，兩地區每平方公尺平均土壤流失量分別為 6、4.4（毫米/年）。</td></tr>
<tr><td>22</td><td>土壤與沉積物保留服務</td><td>吳炤緯等（2025）</td><td>六龜試驗林</td><td>實地調查</td><td>試驗資料</td><td>區分對照區、中層疏伐以及下層疏伐區域，比較台灣杉不同林地管理方式的土壤流失量差異，參照未進行疏伐作業的對照區的土壤流失量為 75.8（公斤/公頃,年）。</td></tr>
<tr><td>23</td><td>土壤與沉積物保留服務</td><td>張俊斌等（1999）</td><td>台南縣</td><td>實地調查</td><td>試驗資料</td><td>調查不同管理方式的刺竹林地，分別為實施皆伐後不做任何處理、保留原始林相、地上部間伐以及皆伐後栽植植被，保留原始林相的土壤流失量為 331.5（公噸/公頃）。</td></tr>
<tr><td>24</td><td>土壤與沉積物保留服務</td><td>經濟部水利署（2024）</td><td>臺灣本島</td><td>實地調查</td><td>水利署統計資料</td><td>資料分別呈現水庫清淤經費與泥沙處理量，經換算後該年度平均清淤成本為 65（元/立方公尺）。</td></tr>
<tr><td>25</td><td>水資源淨化服務</td><td>陳朝圳等（2006）</td><td>臺灣本島</td><td>實地調查</td><td>調查資料</td><td>調查統整臺灣森林四季的平均日蒸發散量，如下表所示：
<table>
<tr><th>季節</th><th>平均日蒸發散量(毫米)</th></tr>
<tr><td>春</td><td>6.04</td></tr>
<tr><td>夏</td><td>3.63</td></tr>
<tr><td>秋</td><td>4.47</td></tr>
<tr><td>冬</td><td>3.05</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>26</td><td>水資源淨化服務</td><td>農業部農村發展及水土保持署（2023）</td><td>臺灣本島</td><td>法規制定</td><td>水保署水土保持法規彙編</td><td>報告內區分不同開發情形集水區之逕流係數，各區逕流係數如下所示：
<table>
<tr><th>集水區狀況</th><th>陡峻山地</th><th>山嶺區</th><th>丘陵地或森林</th><th>平坦耕地</th><th>非農業使用</th></tr>
<tr><td>無開發整</td><td>0.75~0.90</td><td>0.70~0.80</td><td>0.50~0.75</td><td>0.45~0.60</td><td>0.75~0.95</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

表 3-2 國內森林生態系相關調查數據文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
						地區之逕流係數 / 開發整地區整地後之逕流係數：0.95 / 0.90 / 0.90 / 0.85 / 0.95~1.00
27	水資源淨化服務	台灣自來水公司（2025）	臺灣本島	實地調查	台灣自來水公司統計資料	台灣自來水公司 2024 年售水平均單位成本為 13.54 元（元/度），售水平均單位成本涵蓋原水、淨水、供水、業務、管理、財務及其他營業費用。
28	水流調節服務	經濟部水利署（ 2024）	臺灣本島	實地調查	水利署統計資料	水庫更新維護資料涵蓋更新維護工程件數及改善成本費用，該年度的平均維護改善成本為 3,197,404（元/件）。

第四章 釐清「環境經濟整合帳-核心架構」與「環境經濟整合帳-生態帳」之間的關係

1993 年，聯合國出版環境經濟整合帳初稿 SEEA-1993（United Nations，1993），此文件為各國提供一個通用架構，係以國民會計制度（System of National Accounts，簡稱 SNA）或稱為「國民所得帳體系」、「國民所得帳」）為基礎加以描述環境與經濟間的關係。1998 年，我國修訂預算法 29 條，明文規定行政院應試行編製綠色國民所得帳，2000 年，我國完成第 1 版我國綠色國民所得帳試編報告，而後按年編製，用會計帳表反應經濟活動對環境的影響，目前我國『綠色國民所得帳』編製報告最新公開成果已更新至 2022 年（行政院主計總處，2023）。2003 年，聯合國發佈修正版 SEEA-2003（United Nations，2003），2014 年發佈「環境經濟整合帳-核心架構（SEEA-CF）」（United Nations et al.，2014），2016 年，我國修正預算法第 29 條，將「行政院應試行編製綠色國民所得帳」修改為「行政院應編製綠色國民所得帳」。聯合國與我國綠色國民所得帳演進過程如圖 4-1 所示。



圖片來源：本計畫繪製。

圖 4-1 我國綠色國民所得帳演進過程

本計畫響應的是 2021 年聯合國出版「環境經濟整合帳-生態帳(SEEA-EA)」(United Nations et al.，2021)，該報告補足了 SEEA-CF 未提及到有關生態系服務帳表的編製方式，但不論是 SEEA-CF 或 SEEA-EA 皆以描述環境與經濟間的關係為目的，故本章內容將釐清此兩個帳表之帳表架構與編製邏輯的異同之處，以利後續研擬將森林生態系服務價值納入環境經濟整合帳之途徑與方法。

本章分四節，第一節將先簡介 SEEA-EA 的五大核心帳表，因其與森林生態系服務評估有直接相關。第二節簡介 SEEA-CF 之編製邏輯與帳表架構，並檢視我國從 2000 年起就按年編製之綠色國民所得帳的涵蓋範疇。第三節進一步比較 SEEA-CF 與 SEEA-EA 間的關係，以利本計畫了解森林生態系服務價值估算的範疇與現有的「綠色國民所得帳」有何異同。第四節簡介「環境經濟整合帳-生態帳」編製邏輯，此為本計畫後續界定我國森林生態系服務價值評估項目篩選之重要依據。

第一節、簡介「環境經濟整合帳-生態帳」之編製邏輯與帳表架構

在編製我國森林生態系服務相關帳表前，需先了解與其相關的國際準則或建議，本計畫參考聯合國 2021 年發佈「環境與經濟帳_生態帳」的五大核心帳表（United Nations et al.，2021），以下分別透過編製邏輯與帳表架構介紹之。

一、編製邏輯

在簡介實際的帳表前，先介紹 SEEA-EA 的發展脈絡：SEEA-EA 是在 SEEA-CF 之後發佈的，是為了補足生態系服務相關的帳表，追蹤生態系面積、特徵、服務實物流量與貨幣價值的變化，以至於在一些決策過程中，帳表編製的成果可以作為決策判斷的依據，用量化的資料輔助使用者理解生態系的價值。在進入帳表前，需先了解以下幾個 SEEA-EA 重要的編製邏輯。

1、將三維空間簡化為二維空間

編製生態帳的第一步，是將生態系簡化為二維空間，根據「生物多樣性公約（convention on biological diversity，CBD）」對生態系的定義，生態系係一動態綜合體，該動態綜合體包含植物、動物與微生有機物群落，以及植物、動物與微生有機物群落作為功能性單元與非生命環境之交互作用。由定義可知，生態系在現實生活中是一個三維立體的空間，但在編製生態帳時，會將這個複雜的三維空間簡化為二維，所減少的維度為垂直空間（即海拔/高程的部分），最後，二維的生態帳可以以地圖或表格的方式呈現。

2、生態系分類

為使全球生態系分類有一致性，SEEA-EA 建議使用 IUCN 全球生態系類型學 2.0 版(Global Ecosystem Typology v2.0)，這一版的分類共分為六層，聯合國建議各國以該版分類的第一層至第三層為基礎，發展各國的生態系分類。根據前期（2024 年度）計畫成果，我國已確定會將我國生態系分類與 IUCN 全球生態系類型學 2.0 版的第三層對接。

陸域生態系的分類會與土地利用（land use）或土地覆蓋（land cover）有關，這裡的土地利用與土地覆蓋的差異在於是否是已開發地區，若是已開發地區（即有人為干預）的地區，會以其土地利用類型作為陸域生態系的劃分方式（例如：都市、農地、牧地）；若是未開發地區，會以土地覆蓋類型劃分生態系類型（例如：天然針葉林、天然闊葉林與天然針闊混合林）。

3、生態系服務分類

生態系服務指來自於「生態系對經濟和人類活動的效益」所產生的貢獻，效益（benefits）指最終是由人類及社會使用或享受的商品與服務。也就是說，若缺少了生態系服務的概念，則無法理解生態系的價值，更遑論評估其價值。為使各國的生態帳帳項有一致性，SEEA-EA 建立了一個「選用生態系服務的參考列表（the reference list of selected ecosystem service）」，共 33 項生態系服務，將其分為三大類：供給服務（9 項）、調節與維持服

務（20 項）、文化服務（4 項）。

4、生態系服務邏輯鏈

如前所述，生態系服務價值的評估不會是憑空發生的，需先釐清生態系提供了什麼樣的服務，人類及社會如何從這些服務中得到效益等問題，因此 SEEA-EA 公佈了許多項服務的「邏輯鏈（logic chain） 」（詳述於本章第四節），用以界定生態系服務與效益的範疇，協助各國了解不同生態系服務的差異，該版本為 2021 年正式發佈的首版，聯合國表示未來會陸續更新尚未涵蓋的生態系服務。

5、生態系壽命

SEEA-EA 的生態系都有壽命，而此壽命是一個假設，各國可依生態系情況而定。在計算生態系服務價值時，通常是評估一個生態系一年內所提供的生態系服務的價值，此處不會涉及生態系壽命的問題。但當我們需評估生態系「資產」價值時，則需有壽命的概念，此時會將生態系視為一個可以連年提供服務的資產，當人類或社會過度使用生態系時，可能會造成生態系壽命減少，即等到某一年生態系就無法再繼續提供相應的服務，人類與社會的福祉也會因此降低，因此加入壽命的概念會讓生態系的資產價值被評估得更加精準，亦能有助於使用者了解生態資產並非取之不盡用之不竭的。

二、帳表架構

SEEA-EA 可分為核心帳與主題帳，核心帳共有 5 個：生態系規模帳、生態系條件帳、生態系服務實物帳、生態系服務貨幣帳與生態系資產帳，核心帳可適用各種生態系類型。主題帳則是聚焦於特定的主題，其架構與核心帳的架構有所差異，SEEA-EA 涉及的主題帳包含：生物多樣性帳（物種帳、棲地與空間帳、基因層級的生物多樣性帳）、氣候變遷帳（碳帳與其他氣候變遷相關主題帳）、海洋帳、都市帳等。

本計畫的森林生態系服務價值評估生態系服務貨幣帳的範疇，生態系

服務貨幣帳屬於核心帳，以下對核心帳的帳表架構進行簡介，詳情說明可參考前期計畫第六章。

1、生態系規模帳（ecosystem extent account）

生態系規模帳以描述生態系面積為目的，SEEA-EA 提供的生態系規模帳範本如表 4-1 所示，帳表內容包含了生態系分類、生態系的面積、會計期間以及會計期間生態系面積增加或減少的類別。

2、生態系條件帳（ecosystem condition account）

生態系條件帳以描述生態系特徵為目的，SEEA-EA 提供的生態系條件帳範本如表 4-2 所示，帳表內容包含了指標名稱、指標統計值、指標統計單位及會計期間，且需將指標按「生態系條件類型學」進行分類。

3、生態系服務實物帳（ecosystem services flow account-physical）

生態系服務實物帳從實物的角度統計生態系服務的流量，SEEA-EA 提供的生態系服務實物帳範本如表 4-3，帳表內容包含生態系服務名稱、量測單位、實物值與會計期間，不同服務的實物量測單位不同。

4、生態系服務貨幣帳（ecosystem services flow account-monetary）

生態系服務貨幣帳從貨幣的角度統計生態系服務的流量，實物帳因各服務的量測單位不一，故無法直接相加，貨幣帳因皆以貨幣為單位，因此可將各服務的貨幣價值相加，獲得一會計期間內生態系服務的總價值。SEEA-EA 提供的生態系服務貨幣帳範本如表 4-4 所示，帳表內容包含了生態系服務名稱、貨幣單位、貨幣值與會計期間。

5、生態系資產帳（ecosystem asset account-monetary）

生態系資產帳融入了生態系壽命的概念（例如：80~100 年），透過連年記錄生態系服務流量，預測未來生態系可提供的服務流量及其價值，使用淨現值法獲得生態系資產價值。SEEA-EA 生態系資產帳範本如表 4-5 所示，帳表內容包含了生態系資產名稱、貨幣單位、貨幣值與會計期間。

表 4-1　生態系規模帳（以面積為單位）

	選擇之生態系類型（以 IUCN 全球生態系類型學 2.0 版(Global Ecosystem Typology v2.0)第三層分類為基礎）											
領域	陸地					淡水			海洋			
生物群系	T1 熱帶-亞熱帶森林		T2 溫帶-寒帶森林與林地		T7	F1	…	FM1	M1	…	MFT1	
選擇的 EFG	熱帶-亞熱帶低地雨林	…	…	…	衍生半天然牧場與舊田	永久性高地溪流		間歇開啟/封關的湖泊與潟湖	海草床	…	沿海鹽沼與蘆葦床	
	T1.1	…	…		T7.5	F1.1		FM1.3	M1.1	…	MFT1.3	總計
期初規模												
規模增加												
受管理的擴張												
不受管理的擴張												
規模減少												
受管理的縮減												
不受管理的縮減												
規模淨變動												
期末規模												

註：原始資料翻譯自 United Nations et al.（2021）。

資料來源：本計畫引用自錢玉蘭等（2024）。

表 4-2　生態系條件帳

生態系條件類型學類型	變數		生態系類型		
	描述	度量單位	期初值	期末值	變動量
物理狀態	變數 1				
	變數 2				
化學狀態	變數 3				
組成狀態	變數 4				
	變數 5				
結構狀態	變數 6				
功能狀態	變數 7				
地景與海景特徵	變數 8				

註：原始資料翻譯自 United Nations et al.（2021）。

資料來源：本計畫引用自錢玉蘭等（2024）。

表 4-3　生態系服務實物帳-供給表

供給		量測單位	選擇之生態系類型（以 IUCN 全球生態系類型學 2.0 版(Global Ecosystem Typology v2.0)第三層分類為基礎）											總計
			陸地					淡水			海洋			
			T1 熱帶-亞熱帶森林		T2 溫帶-寒帶森林與林地		T7	F1	…	FM1	M1	..	MFT1	
			熱帶-亞熱帶低地雨林	…	…	…	衍生半天然牧場與舊田	永久性高地溪流		間歇開啟/封關的湖泊與瀉湖	海草床	..	沿海鹽沼與蘆葦床	
			T1.1	…	…		T7.5	F1.1		FM1.3	M1.1	..	MFT1.3	
選用生態系服務（參考列表）														
供給服務														
生物量供給服務	農作物供給服務													
	放牧生物量供給服務													
	牲畜供給服務													
	水產養殖供給服務													
	木材供給服務													
	野生魚類與其他自然水生生物量供給服務													
	野生動物、植物和其他生物量供給服務													
遺傳物質服務														
水資源供給														
其他供給服務														

調節與維持服務													
全球氣候調節服務													
降雨模式調節服務													
區域(微尺度與中尺度)氣候調節服務													
空氣過濾服務													
土壤品質調節服務													
土壤與沉積物保留服務													
固體廢棄物整治服務													
水資源淨化服務													
水流調節服務													
洪水控制服務													
風暴減緩服務													
降噪服務													
授粉服務													
生物控制服務													
育雛/育種（nursery population）與棲息地維持服務													
其他調節與維持服務													

文化服務													
遊憩相關服務													
視覺舒適服務													
教育、科學與研究服務													
精神、藝術與象徵性服務													
其他文化服務													

註：原始資料翻譯自 United Nations et al.（2021）。

資料來源：本計畫引用自錢玉蘭等（2024）。

表 4-4 生態系服務貨幣帳-供給表

		選擇之生態系類型（以 IUCN 全球生態系類型學 2.0 版(Global Ecosystem Typology v2.0)第三層分類為基礎）										居民生態系資產總供給	來自非居民生態系資產的供給-進口	生態系服務總供給	總供給
		陸地					淡水			海洋					
		T1 熱帶-亞熱帶森林		T2 溫帶-寒帶森林與林地		T7	F1	…	FM1	M1	…	MFT1			
供給		熱帶-亞熱帶低地雨林	…	…	…	衍生半天然牧場與舊田	永久性高地溪流		間歇開啟/封閉的湖泊與潟湖	海草床	…	沿海鹽沼與蘆葦床			
		T1.1	…	…		T7.5	F1.1		FM1.3	M1.1	…	MFT1.3			
選用生態系服務（參考列表）															
供給服務															
生物量供給服	農作物供給服務														
	放牧生物量供給服務														
	牲畜供給服務														
	水產養殖供給服務														
	木材供給服務 野生魚類與其他自然														

務	水生生物量供給服務															
	野生動物、植物和其他生物量供給服務															
遺傳物質服務																
水資源供給																
其他供給服務																
調節與維持服務																
全球氣候調節服務																
降雨模式調節服務																
區域（微尺度與中尺度）氣候調節服務																
空氣過濾服務																
土壤品質調節服務																
土壤與沉積物保留服務																
固體廢棄物整治服務																
水資源淨化服務																
水流調節服務																
洪水控制服務																
風暴減緩服務																
降噪服務																
授粉服務																

生物控制服務															
育雛/育種（nursery population）與棲息地維持服務															
其他調節與維持服務															
文化服務															
遊憩相關服務															
視覺舒適服務															
教育、科學與研究服務															
精神、藝術與象徵性服務															
其他文化服務															
總供給															

註：原始資料翻譯自 United Nations et al.（2021）；生態系服務的列表僅供參考，可適時調整。
資料來源：本計畫引用自錢玉蘭等（2024）。

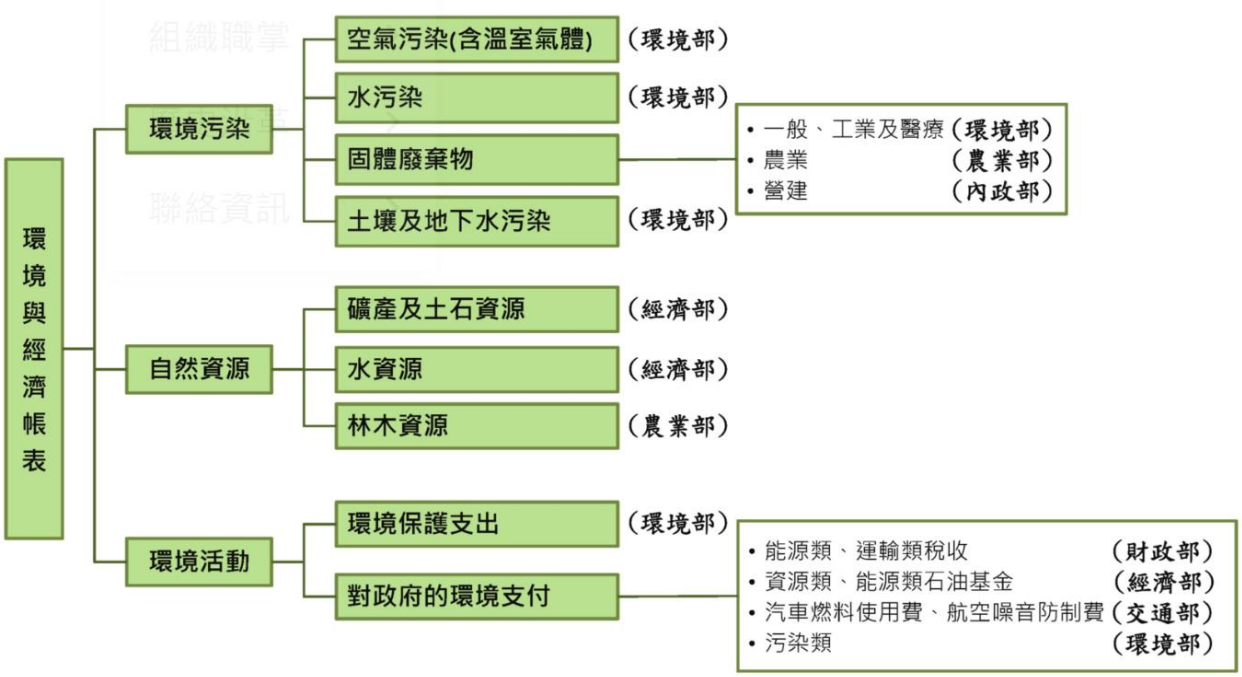
表 4-5　生態系資產貨幣帳

	選擇之生態系類型（以 IUCN 全球生態系類型學 2.0 版(Global Ecosystem Typology v2.0)第三層分類為基礎）											
領域	陸地					淡水			海洋			
生物群系	T1 熱帶-亞熱帶森林		T2 溫帶-寒帶森林與林地		T7	F1	…	FM1	M1	…	MFT1	
選擇的 EFG	熱帶-亞熱帶低地雨林	…	…	…	衍生半天然牧場與舊田	永久性高地溪流		間歇開啟/封關的湖泊與潟湖	海草床	…	沿海鹽沼與蘆葦床	總計
	T1.1	…	…		T7.5	F1.1		FM1.3	M1.1	…	MFT1.3	
期初價值												
生態系增強												
生態系退化												
生態系轉換												
轉化後增加												
轉化後減少												
其他生態系資產量的變動												
災難性損失												
重新評估												
重新估價												
淨值變化												
期末價值												

註：原始資料翻譯自 United Nations et al.（2021）；資料來源：本計畫引用自錢玉蘭等（2024）。

第二節、簡介「環境經濟整合帳-核心架構（SEEA-CF）」之編製邏輯與帳表架構

我國從 2000 年起就依循聯合國環境與經濟整合帳（ United Nations，1993）的建議，行政院主計總處按年編製我國綠色國民所得帳，自 2024 年起綠色國民所得帳將以分工模式編製，分工模式可參考圖 4-2，「環境污染排放帳」由環境部、農業部、內政部分別編製，「自然資源資產帳」由經濟部與農業部分別編製，「環境活動帳」由環境部、財政部、經濟部與交通部分別編製（中華民國統計資訊網，2025b）。



圖片來源：環境部（2025b）。

圖 4-2 臺灣綠色國民所得帳分工（2024 年起）

本計畫森林生態系相關帳表屬聯合國 SEEA-EA 的範疇，而生態帳是為補足 SEEA-CF 未提及的有關生態系的部分。本計畫欲釐清 SEEA-EA 與 SEEA-CF 間的關係，因此本節對 SEEA-CF 的編製邏輯與帳表架構進行介紹，以利於下一節比較這兩者間的異同。

一、編製邏輯

我國綠色國民所得帳未涵蓋 SEEA-CF 建議的所有帳表，然我國綠色國民所得帳依循 SEEA-CF 的主要編製邏輯，因此在介紹帳表架構前，先介紹幾個我國綠色國民所得帳與 SEEA-CF 相符的「帳表目的」與「帳表使用原則」。

（一）帳表目的

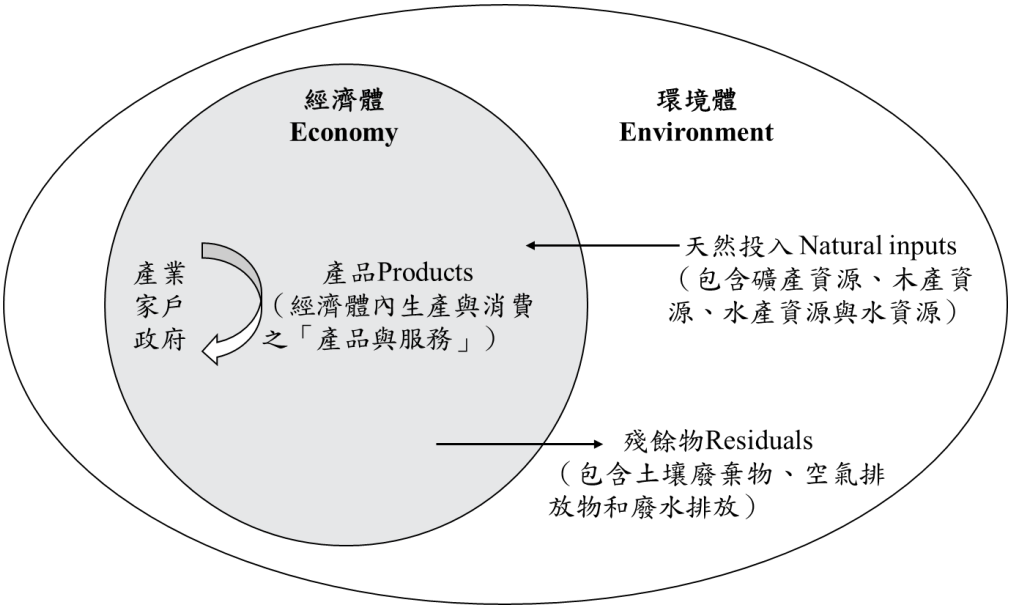
從圖 4-2 可以看出我國綠色國民所得帳可分為三大部分：「環境污染排放帳」、「自然資源資產帳」與「環境活動帳」，雖與 SEEA-CF 的帳表相比仍有較不符合之處（例如帳表帳項的設計），然這三大部分的帳表都符合 SEEA-CF 帳表的目的：描述環境與經濟間的關係、描述與環境有關的經濟活動與交易。

1、描述環境與經濟體間的關係

我國綠色國民所得帳，係以聯合國環境與經濟帳（SEEA-CF）為基礎，編製綠色國民所得帳出發點之一為：描述環境與經濟體間的關係。由圖 4-2 所示，可以看出目前我國綠色國民所得帳可分為三大部分：「環境污染排放帳」、「自然資源資產帳」與「環境活動帳」，其中前兩個帳表都與圖 4-3 有關，圖 4-3 可解釋為何我國綠色國民所得帳需包含「環境污染排放帳」與「自然資源資產帳」。

綠色國民所得帳的「環境污染排放帳」與「自然資源資產帳」可對應圖 4-3 中的兩個部分：（1）天然投入：經濟體會使用來自環境體中的自然資源，例如礦產、木材或水資源，這部分可對應我國綠色國民所得帳的「自然資源資產帳」，礦產與水資源由經濟部負責，林木資源由農業部負責。（2）殘餘物：經濟體活動過程會有產品產生，亦會有殘餘物（即廢棄物）產生，這部分可對應我國綠色國民所得帳的「環境污染排放帳」，根據我國廢棄物的法規，各類廢棄物有相對應的權責機關，環境污染排放帳的編製大致亦以此分工，農業廢棄物帳表由農業部負責，營建廢棄物帳表由內政部負責，

其餘一般廢棄物、工業廢棄物、醫療廢棄物、空氣污染、水污染、土壤及地下水污染的帳表目前由環境部負責（如圖 4-2）。



註：原始資料翻譯自 United Nations et al.（2014）。
圖片來源：本計畫引用自錢玉蘭等（2024）。

圖 4-3 天然投入、產品與殘餘的實物流量

2、描述與環境有關的經濟活動與交易

SEEA-CF 除了嘗試利用帳表描述圖 4-3 外，亦嘗試利用帳表描述「與環境有關的經濟活動與交易」，這部分可對應臺灣綠色國民所得帳的「環境活動帳」。環境活動帳可評估經濟資源是否被有效使用以降低環境壓力，亦可用以比較不同環境政策之效益。

環境活動共有 2 大類型：環境保護、資源管理。「環境保護」指以預防、減少或消除「環境污染與退化」為主要目的之活動，例如：廢棄物源頭減量與處理；空氣污染預防、減量或消除；受污染土壤與地下水之處理；噪音預防與降低；生物多樣性與地景保護；自然資源（空氣、水、土壤及地下水）品質監測；環境保護研究；環境教育或相關行政工作等。「資源管理」指以維持天然資源存量、防止資源耗盡為主要目的之活動，例如：減少天然資源開採（天然資源之復育、再利用、回收與替代）；恢復天然資源存量（天然資源存量之增加或儲值）；天然資源管理（監測、控制與資料蒐

集）；生產用於管理或保護天然資源之產品或服務。

SEEA-CF 環境活動帳最主要的兩類帳表為：「環境保護支出帳（environmental protection expenditure accounts，EPEA）」與「環境商品與服務部門統計（environmental goods and services sector，EGSS）」，其中 EPEA 又可分為生產表、供給使用表、國家支出表、以及融資情形等四張表格。目前我國綠色國民所得帳的「環境保護支出」，較屬於 SEEA-CF 的 EPEA 國家支出表，我國由環境部負責；我國綠色國民所得帳的「對政府的環境支付」屬於 SEEA-CF 的「其他與環境有關交易的帳表」（不屬於 EPEA 或 EGSS），我國由環境部、財政部、經濟部與交通部分別編製分工編製。

（二）帳表使用原則

SEEA-CF 的各項帳表皆係以 SNA 原則為基礎建立的，以使其可與既有的國民所得帳有兼容性，因此，即便各國在 SEEA-CF 的帳表帳項設計上會有所差異，仍會在以下的帳表使用原則上有所統一，因以下使用原則係 SEEA-CF 所強調的、關鍵的帳表使用原則。

1、「供給使用守恆原則」與「投入產出守恆原則」

SEEA-CF 建議用「實物供給使用表」描述圖 4-3 的互動關係，因此「實物供給使用表」會包含天然投入、產品與殘餘物這 3 個帳項。「實物供給使用表」係聯合國在 SNA 的「貨幣供給使用表（the monetary supply and use table，MSUT）」的基礎上增加「進入環境的流量」及「來自環境的流量」欄位，「實物供給使用表」與 MUST 相同，帳表皆滿足兩個重要的守恆原則：「供給使用守恆原則」與「投入產出守恆原則」。

供給使用守恆原則（the supply and use identity）係指在帳表中，天然投入、產品與殘餘物的總供給量皆會等於這三項各自的總使用量。投入產出守恆原則（input-output identity）係指環境體流入經濟體的流量僅有兩類最終流向，其一為回到環境體中，其二為累積於經濟體中。舉例而言，石油流入企業後，在扣除能源消耗、貯存或被用於製成非能源產品（例如石

油可用於製造塑膠）後，剩下的量皆會被排放至環境體中。

2、期初存量與期末存量之等式

期初存量與期末存量之等式主要應用在「環境資產帳」，等式為：期末存量=期初存量+存量增加-存量減少，環境資產帳可分為實物帳與貨幣帳，我國綠色國民所得帳最新公佈版的自然資源資產帳皆以環境資產實物帳為主（行政院主計總處，2023），故理論上都需要符合期初存量與期末存量之等式。

若未來編製環境資產貨幣帳需要多考慮一個帳項：存貨價值重估。因SEEA-CF 認為貨幣帳的貨幣價值會因評估方式改善而變動，因此設立「存貨價值評估」這一欄位係為提供這類變動在帳表上有專屬的欄位，這樣的變動造成環境資產貨幣帳的等式為：期末存量=期初存量+存量增加-存量減少+/-存貨價值重估。

3、經濟帳之基本序列等式

由於「環境活動帳」並非以 SNA 的 MUST 為基礎建立的，亦非描述環境資產的變化，故上述等式皆無法適用在「環境活動帳」中，環境活動帳採用的是衡量經濟活動表現的平衡式，這些平衡式屬於經濟學既有的一些原則，如表 4-6 所示，平衡式匯整如下：

A. 附加價值毛額=產出-中間消耗。

B. 附加價值淨額（經折耗調整）=附加價值毛額 - 固定資本消耗（consumption of fixed capital）- 折耗（depletion）。

C. 國內生產淨額（經折耗調整）=GDP - 固定資本消耗 - 折耗。

D. 營業剩餘（operating surplus）= 附加價值毛額 - 員工報酬（compensation of employees）-稅（taxes）+ 補貼（subsidies）。

E. 淨營業剩餘（經折耗調整）= 營業剩餘 - 固定資本消耗 - 折耗。

F. 國民淨所得（經折耗調整）= GNI - 固定資本消耗 - 折耗。

G. 儲蓄（saving）=可支配所得（disposable income）- 最終消費支出（final consumption expenditure）

H. 淨儲蓄（經折耗調整）= 儲蓄- 固定資本消耗 - 折耗。

I. 淨貸款（net lending）= 儲蓄- 資產支出。

J. 淨借款（net borrowing）=資產支出-儲蓄。

其中，資產支出是指用於生產或非生產資產之取得與處分的金額，或用於金融資產與金融負債交易的金額。

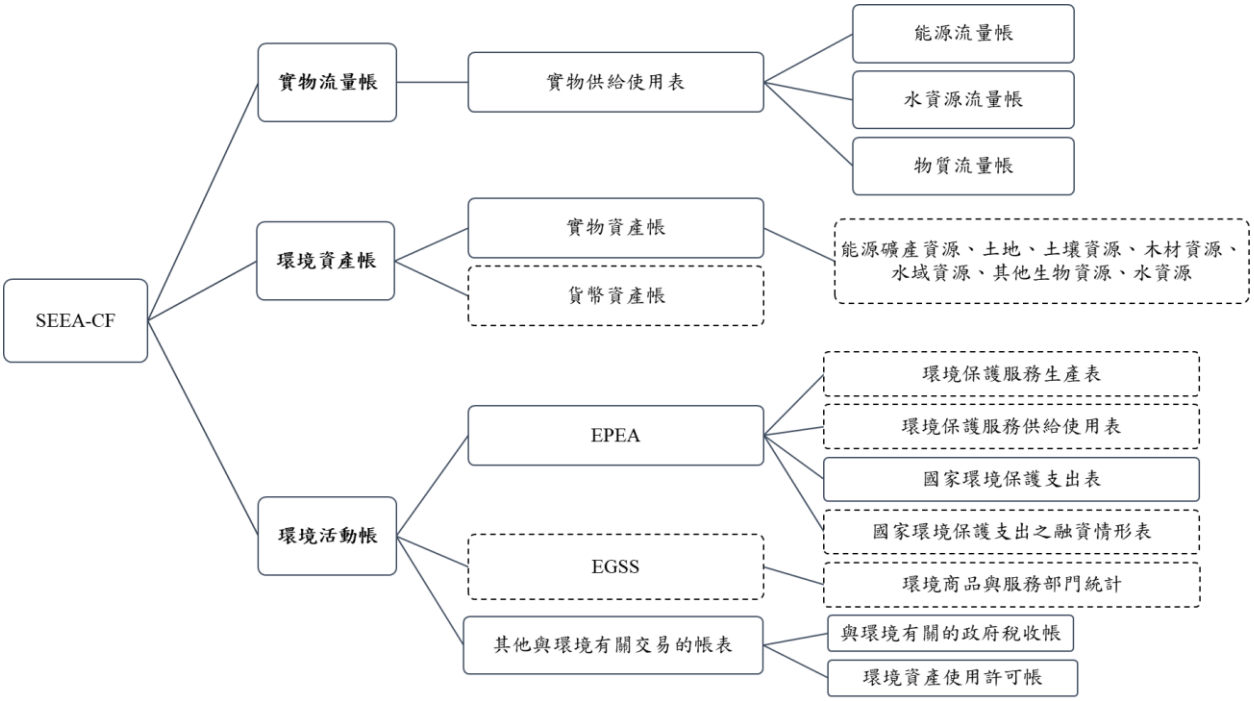
表 4-6 SEEA 經濟帳的基本序列

生產帳（如供給使用表）	
主要帳項	產出、中間消耗、固定資本消耗、折耗
平衡項目/總量	附加價值毛額、附加價值淨額（經折耗調整）、 國內生產毛額、國內生產淨額（經折耗調整）
收入分配與使用帳	
主要帳項	員工報酬、稅、補貼、利息、租金、最終消費支出、 固定資本消耗、折耗
平衡項目/總量	淨營業剩餘（經折耗調整）、 國民淨所得（經折耗調整）、 淨儲蓄（經折耗調整）
資本帳	
主要帳項	生產或非生產資產之取得與處分
平衡項目/總量	淨貸款/淨借款
金融帳	
主要帳項	金融資產與金融負債交易
平衡項目/總量	淨貸款/淨借款

註：原始資料翻譯自 United Nations et al.（2014）。
資料來源：本計畫引用自錢玉蘭等（2024）。

二、帳表架構

由於前期計畫已詳述 SEEA-CF 的帳表細節，本節僅為方便下一節的內容而進行簡單的帳表架構回顧，若需了解更多帳表細節，可參考前期計畫第五章。SEEA-CF 的帳表架構如圖 4-4 所示。



圖片來源：本計畫修改自錢玉蘭等（2024）。

圖 4-4 SEEA-CF 帳表架構

1、實物流量帳

SEEA-CF 建議的實物供給與使用表如表 4-7 所示，如前所述實物供給使用表是以 SNA 的 MUST 為基礎，因此滿足「供給使用守恆原則」與「投入產出守恆原則」。會分為能源、水資源與物質三項子系統係根據單位區分，例如這三項的子系統單位分別為：焦耳、立方公尺與公噸。

2、環境資產帳

雖 SEEA-CF 環境資產帳分為「實物資產帳」與「貨幣資產帳」，然我國綠色國民所得帳目前仍以編製實物資產帳為主[1]，SEEA-CF 建議的環境資產實物帳如表 4-8 所示，如前所述，期末存量=期初存量+存量增加-存量減少。

3、環境活動帳

[1] 雖我國綠色國民所得帳折耗帳係以貨幣為單位，然 SEEA 2012 CF 已不建議編製折耗帳。

比較圖 4-2 與圖 4-4，可知 SEEA-CF 的環境活動帳包含 5 類帳表，而截止 2024 年我國共編製其中的兩類，這兩類屬於 SEEA-CF EPEA 下的國家於環境保護的支出表（如表 4-9）以及「其他與環境有關交易的帳表」下的「與環境有關的政府稅收帳」（如表 4-10），如前所述，這兩類帳表皆遵循表 4-6 經濟帳基本序列的平衡式。

表 4-7 實物供給使用表（通用形式）

供給表

項目	產品及殘餘物		累積	來自他國的流量	來自環境的流量	總額
	產業產品生產（含家戶）、殘餘物產生，產業依 ISIC 分類	家戶產生的殘餘物	產業（依 ISIC 分類）			
天然投入					來自環境的流量（含天然資源殘餘物）	天然投入總供給
產品	產出（含回收再利用產品之銷售）			進口		產品總供給
殘餘物	1. 產業產生的殘餘物（含天然資源殘餘物） 2. 處理後產生的殘餘物	由家戶最終消費產生的殘餘物	1. 既有資產的報廢與拆除 2. 受控掩埋場的排放	來自他國的殘餘物	從環境中回收的殘餘物	殘餘物總供給
總供給						

使用表

項目	產品的中間消耗、天然投入的使用、殘餘物的收集	最終消費	累積	至他國的流量	至環境的流量	總額
	產業（依 ISIC 分類）	家戶	產業（依 ISIC 分類）			
天然投入	天然投入的消耗 1. 用於生產的天然投入 2. 天然資源殘餘物					天然投入總使用
產品	中間消耗（含回收再利用產品之購買）	家戶最終消費支出（含回收再利用產品之購買）	資本形成總額（包含庫存的變動）	出口		產品總使用
殘餘物	廢棄物與其他殘餘物的收集與處理（含受控掩埋場的累積）		在受控掩埋場的廢棄物累積	送至他國的殘餘物	流入環境的殘餘物 1. 直接來自產業和家戶（包含天然資源殘餘物和掩埋場排放） 2. 處理後產生的殘餘物	殘餘物總使用
總使用						

註：原始資料翻譯自 United Nations et al.（2014）；資料來源：本計畫引用自錢玉蘭等（2024）。

表 4-8 實物資產帳之通用架構（以實物為單位）

	能源 礦產資源	土地 （含森林地）	土壤資源	木材資源		水域資源		
				人工	天然	人工	天然	水資源
期初存量	○	○	○	○	○	○	○	○
存量增加								
存量成長	X	◎	土壤形成 土壤沉積	成長	自然 成長	成長	自然 成長	降水 回流
新存量開發	○	X	X	X	X	X	◎	◎
重新評估後存量增加	○	○	◎	◎	◎	◎	○	◎
重分類	○	○	○	○	○	○	○	X
存量增加（總計）								
存量減少								
開採量	開採量	X	土壤開採	拔除	拔除	收穫	總捕獲量	抽取
存量天然損失	X	X	侵蝕	天然 損失	天然 損失	正常 損失	正常 損失	蒸發 蒸散量
災難性損失	◎	◎	◎	○	○	○	○	◎
重新評估後存量減少	○	○	◎	◎	◎	◎	○	◎
重分類	○	○	○	○	○	○	○	X
存量減少（總計）								
期末存量	○	○	○	○	○	○	○	○

註：原始資料翻譯自 United Nations et al.（2014）；表中「○」表示與基本形式命名方式一致；「X」表示不適用；「◎」表示該項數量不顯著或在個別資產帳上很少被獨立出來。

資料來源：本計畫引用自錢玉蘭等（2024）。

表 4-9　國家於環境保護的支出表（以貨幣為單位）

	使用者						
	產業						
	環境保護服務生產者		其他生產者	家戶	一般政府	NPISH 為家庭服務的非盈利組織	總計
	專業生產者	非專業與自營生產者					
支出所屬產品類型							
環境保護服務							
中間消耗	NI	4,000	3,400				7,400
最終消耗				2,970	1,800		4.770
固定資本形成總額	NI		100				100
							關聯性產品
中間消耗	NI		200				200
最終消耗							
固定資本形成總額	NI						
							調適性商品
中間消耗	NI						
最終消耗				600			600
固定資本形成總額	NI						
特徵性活動的資本形成	2,100	2,500					4,600
未列入上述的環境保護轉移支付							
來自他國與流入他國的環境保護資金移轉淨額						200	200
國家於環境保護之總支出	**2,100**	**6,500**	**3,700**	**3.570**	**2,000**		**17,870**

註：原始資料翻譯自 United Nations et al.（2014）。反灰部分表定義上無效，NI 表非屬計算範疇，NPISH 為 non-profit institutions serving households 之縮寫。資料來源：本計畫引用自錢玉蘭等（2024）。

表 4-10 環境稅收表（依稅收類型）

環境稅類型	稅收類型						總計
			所得稅				
	產品稅	其他生產稅	企業	家戶	其他現行稅	資本稅	
能源稅	10,800	1,500				300	12,600
碳稅	4,600						4,600
運輸燃料稅	4,700						4,700
其他能源稅	1,500	1,500				300	3,300
運輸稅	2,600	800			1,400	100	4,900
污染稅	400	500			200		1,100
資源稅	200	400			300		900
環境稅收總額	**14,000**	**3,200**			**1,900**	**400**	**19,500**
非環境稅	79,000	15,400	23,000	74,000	5,800	1,600	198,800
稅收總額	**93,000**	**18,600**	**23,000**	**74,000**	**7,700**	**2,000**	**218,300**
環境稅占比（%）	*17.7*	*20.8*	*0.0*	*0.0*	*32.8*	*25.0*	*9.8*

資料來源：本計畫翻譯自 United Nations et al.（2014）。

第三節、分析「環境經濟整合帳-核心架構」與「環境經濟整合帳-生態帳」之間的關係

SEEA-EA 與 SEEA-CF 有相同與不同之處，相同點在於兩者都是在描述環境與經濟之間的互動關係，且皆依循 SNA 會計準則；不同點在於 SEEA-EA 與 SEEA-CF 在架構上彼此互補。

一、SEEA-EA 與 SEEA-CF 相同之處

1、描述環境與經濟之間的互動關係

SEEA-CF 提供的概念、定義與分類，有助於以下項目的核算：(1) 實物流量：來自環境的天然投入與排放至環境的殘餘物流量，例如，水、能源、空氣排放與固體廢棄物；(2) 環境交易與移轉，例如環境稅、環境補貼以及環境保護支出；(3) 個別環境資產，例如能源礦產資源、土地、木材、水域資源、土壤與水資源等七項。

SEEA-EA 則針對生態系核算制定了五個帳表：(1) 生態系規模帳：記錄生態系面積與面積變化；(2) 生態系條件帳：以生物與非生物的特徵作為指標，量測生態系品質；(3) 生態系服務實物帳：量化與記錄會計期間內生態系所提供的服務；(4) 生態系服務貨幣帳：使用貨幣單位記錄生態系提供的服務價值；(5) 生態系資產帳：記錄生態系於會計期間內的價值變動。

綜上，不論 SEEA-CF 與 SEEA-EA 帳表內容為何，皆以描述環境與經濟間的關係為目標，這是兩者的第一個相同之處。

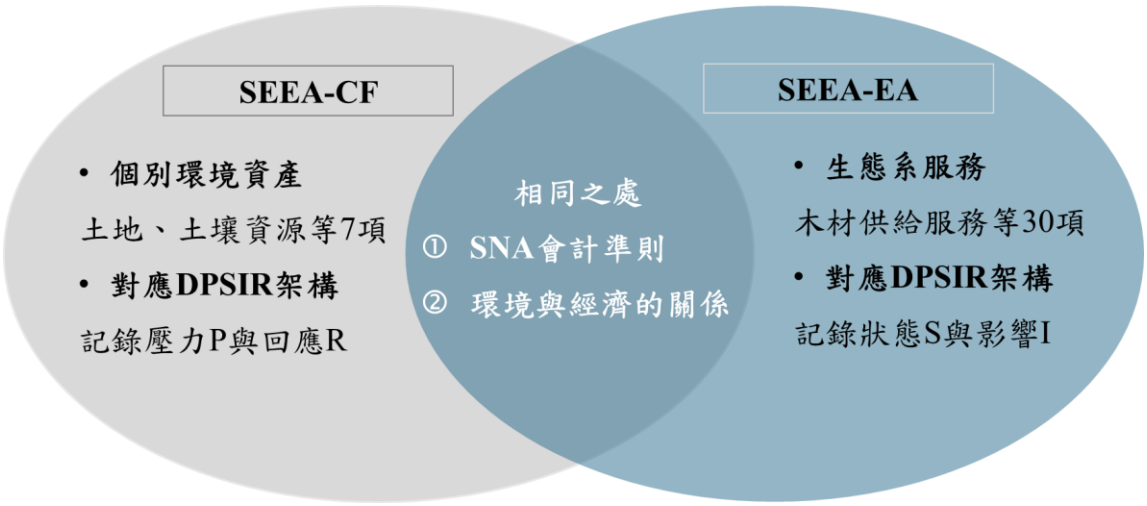
2、依循 SNA 會計準則

SEEA 期待環境與經濟帳可與既有之國民所得帳相容，又因國民所得帳皆依循 SNA 會計準則編製，故不論是 SEEA-CF 與 SEEA-EA，皆是在 SNA 會計準則之基礎上設計其帳表架構，以利其與國民所得帳具有相容性

與一致性，這是兩者的第二個相同之處。

二、SEEA-EA 與 SEEA-CF 互補之處

如圖 4-5 所示，SEEA-EA 與 SEEA-CF 間有相同之處外，亦具有互補關係，並運用相同會計準則建立了一套描述環境與經濟間的架構。兩者間的互補性可從兩個面向解釋：(1)對環境資產的定義；(2)資料覆蓋面向，依照 European Environment Agency（1999）提出的「驅動力-壓力-狀態-影響-回應（driving force-pressure-state-impact-response, DPSIR）」的架構。



圖片來源：本計畫彙整自 United Nations et al.（2021）。

圖 4-5 SEEA-CF 與 SEEA-EA 帳表內容異同

1、對環境資產之定義

SEEA-CF 與 SEEA-EA 架構中的環境資產不同，但存在關聯性。SEEA-CF 的環境資產由個別環境資產組成，例如，能源礦產資源、土地、木材、水域資源、土壤與水資源等七項，挑選這些個別資產係因其皆可投入經濟活動中使用。SEEA-EA 的環境資產帳則聚焦於生態系資產，換句話說，SEEA-EA 是聚焦於個別的資產如何共同運作。承上，個別環境資產帳（SEEA-CF）、生態系資產帳（SEEA-EA）與生態系服務帳（SEEA-EA）間存有高度相關性，例如木材資源（SEEA-CF）、森林生態系（SEEA-EA）與木材供給服務（SEEA-EA）間存在高度相關性。

SEEA-CF 記錄個別資產，SEEA-EA 的帳表則涵蓋這些資產所在的環境與系統。例如，SEEA-CF 記錄木材資源，而 SEEA-EA 帳表則記錄森林生態系，森林生態系不僅提供木材生物量，還提供多種生態系服務，相同的例子還有 SEEA-CF 記錄魚類資源，而 SEEA-EA 記錄海洋或淡水生態系。

同一會計期間與地點，SEEA-EA 記錄生態系資產實物上的存量變化，應與 SEEA-CF 中記錄的個別環境資產存量變化一致。例如，若 SEEA-EA 記錄某區域從森林轉變為耕地，則木材資源（SEEA-CF 的個別環境資產帳）存量在資產帳戶中會相應地減少。

計算 SEEA-CF 個別資產的資源價值時，計算的是屬 SNA 生產邊界內可使用的資源所產生的效益，例如，從環境中開採或獲取的礦產、能源、木材、漁業等資源的價值，故這些資源的貨幣價值則與從環境中獲得的礦產、能源、木材、漁業的價值有關。而 SEEA-EA 的計算範圍更廣泛，包含了一系列的生態系服務，該計算範疇不僅包含 SNA 生產（SNA production），亦同時涵蓋空氣過濾、水資源調節與休閒相關服務。

2、資料覆蓋面向

DPSIR 架構常用於衡量與分析環境與經濟間的關係。SEEA-EA 與 SEEA-CF 對應 DPSIR 架構中的面向不同，SEEA-EA 記錄的內容對應 DPSIR 架構中「狀態（state）」與「影響（impact）」。因此，在描繪環境狀態與人類經濟活動的影響時，SEEA-EA 比 SEEA-CF 記錄地更完整，例如連年編製 SEEA-EA 生態帳即可看出生態系類型變動、生態系資產條件的變化以及生態系服務的變動。

SEEA-CF 記錄的內容對應 DPSIR 架構中「壓力（pressures）」與「回應（responses）」。壓力的描述體現於：SEEA-CF 會透過量測實物流量（例如，用水、能源使用、空氣污染與固體廢棄物排放）與自然資源存量與使用，呈現經濟活動對環境與生態系造成的壓力。回應的描述體現於：SEEA-

CF 會透過環境稅收與補貼、環境保護支出與環境商品與服務部門(EGSS)的帳表紀錄，呈現政府對環境議題的回應。

在帳表資料層級上，SEEA-CF 的資料層級通常屬於國家層級（the national level)，而 SEEA-EA 的資料層級通常屬於次國家層級(sub-national levels)，且 SEEA-EA 更仰賴詳細的空間資料與模型的使用。因此，若要將 SEEA-CF 與 SEEA-EA 的資料進行比較，需要先將 SEEA-CF 資料根據空間劃分。例如，如果想要連結 SEEA-CF 的殘餘物流量與 SEEA-EA 的生態系條件帳的資料，則需要現將原屬於國家層級的殘餘物流量拆解成次國家層級的殘餘物流量，才能與 SEEA-EA 的生態系條件帳資料相連結，因為後者屬於次國家層級的資料。不建議將 SEEA-EA 的資料整合成國家層級後再與 SEEA-CF 比較，因這會忽略國家中各區域間的差異性。

無論是 SEEA-CF 還是 SEEA-EA，皆無法單獨提供一套完整分析環境與經濟關係的資訊；但二者結合解讀時，就能建構面向多元且資訊一致的資料。以下內容將詳細介紹兩個帳表間相關性。

三、SEEA-EA 與 SEEA-CF 之差異

SEEA-CF 以實物流量記錄環境流量（如水、能源、溫室氣體排放與固體廢棄物)，此架構定義了三種類型的流量：天然投入、產品和殘餘物流量，以下從這三類型流量，以及實物供給與使用表的角度介紹其與 SEEA-EA 的差異。

1、天然投入

SEEA-CF 指出「天然投入是從所在環境中移出、作為經濟生產過程的一部分，或直接用於生產的所有實物投入」。定義通常涵蓋了一系列有助於農、林、漁業等產出的供給服務，但該定義範圍有以下需注意的差異：

- SEEA-CF 的天然投入包括礦產、能源資源、土壤資源，以及可再生能源（如太陽能、風能）的投入。這些投入在 SEEA-EA 中不屬於生態系

服務的範疇，而屬於非生物流量的紀錄。

- SEEA-CF 僅記錄未經人工培育或管理的投入，即僅記錄天然投入，因為人工培育的生物資源發生於經濟體內部，天然投入包括木材、水生（例如魚類）及其他生物資源的投入；而在 SEEA-EA 中，供給服務可以分成天然供給量與人工供給量的記帳方式。
- SEEA-CF 的天然投入通常不包括營養物質、碳、氮等其他元素，但這些元素與 SEEA-EA 部分調節和維持服務具有相關性，例如，全球氣候調節和水質淨化服務的情況。
- SEEA-CF 所定義自然資源殘餘物流量，是指被開採或收成後立即回返環境的自然資源流量。例如，捕撈時會將廢棄的漁獲再丟回海里，或林業在伐木時的廢棄殘餘物等。在 SEEA-EA 中，供給服務的總量是未扣除自然資源殘餘物流量，SEEA-CF 天然投入的總量也是未扣除自然資源殘餘物流量前的值，因此兩筆紀錄的意涵是相似的。

2、產品

SEEA-EA 不會記錄發生在經濟體內的「產品實物流量」，但在概念上，對 SNA 效益有貢獻的最終生態系服務流量，可以連結於「產品實物流量」。例如，生物量供給服務可連結於食物或其他將生物量作為投入的產品。這樣的連結可以用來開發「足跡（footprints）」，或有助於了解生態系服務如何體現在市場商品與服務中。

3、殘餘物

SEEA-CF 指出殘餘物流量是「機構與家戶在生產、消費或累積過程中，捨棄、排放或釋放的固體、液體和氣體物質以及能量」。這些實物流量不會直接在 SEEA-EA 中被記錄，卻可間接體現於：（1）反映環境承受壓力的、可用作評估生態系條件的代理變數；（2）生態系資產接收、儲存或處理相關殘餘物，所提供的生態系服務流量，例如，樹木吸收的懸浮微粒

量為衡量空氣過濾服務的指標。

4、實物供給與使用表

SEEA-EA 的生態系服務流量帳的架構源自 SEEA-CF 中實物供給與使用表（PSUT）的設計，但有以下三項差異：

第一，SEEA-CF 中，PSUT 僅有一欄代表環境體，SEEA-EA 生態系服務流量帳有多個欄位代表環境體，每個欄位皆代表一個不同的生態系類型。

第二，PSUT 中的流量有：天然投入、產品與殘餘流。其中，SEEA-CF 定義的天然投入與 SEEA-EA 的生態系服務有相關性，但 SEEA-CF 中的天然投入的僅與供給服務相關，調節與維持服務以及文化服務則未包括在內。

第三，SEEA-CF 比較是從個別環境資產的角度與國家層級的角度衡量環境資產，缺乏環境資產間的互動關係，亦無法描述空間尺度較小的生態系。然而，SEEA-EA 不僅可從次國家層級編製帳表，其成果亦可以地圖方式呈現，除此之外，生態帳還增加了中間服務（intermediate services）的概念，這能反映生態系資產間的相互關係。

四、SEEA-EA 與 SEEA-CF 結合應用

如前所述，SEEA-CF 與 SEEA-EA 皆在描述環境與經濟間的關係，因此兩個系統的帳表可以結合使用。例如表 4-11 共彙整 4 個案例：(1)SEEA-CF 統計來自環境的天然投入的實物流量時，會統計天然木材資源的實物流量，這與 SEEA-EA 統計的生態系木材供給服務相對應；(2) SEEA-CF 會統計殘餘物流量（懸浮微粒流量與氮過量），一方面，這可與 SEEA-EA 的某些特定生態系服務流量相對應（空氣過濾與水質淨化）；另一方面，SEEA-CF 殘餘物流量也可代表環境壓力，與 SEEA-EA 生態系條件帳的內容有關；(3) SEEA-CF 中的環境稅與補貼、環境保護支出可以反映政府於環境保護議題的財政支出，將其與 SEEA-EA 生態系條件帳變化相連結，

即可追蹤政府環境政策對生態系的影響；(4) SEEA-CF 個別環境資產的貨幣價值（如木材資源）與 SEEA-EA 的生態系資產帳（如森林生態系）的貨幣價值之間會存在關聯。

表 4-11 SEEA-CF 與 SEEA-EA 帳表的結合應用（舉例）

應用實例		對應的架構	對應的內容	對應的帳表
項次	內容			
1	天然木材資源的投入	SEEA-CF	天然投入的實物流量	實物供給使用表
	生態系木材供給服務流量	SEEA-EA	生態系服務流量	生態系服務實物帳
2	懸浮微粒流量與氮過量	SEEA-CF	殘餘物的實物流量	實物供給使用表
	空氣過濾服務、水質淨化服務	SEEA-EA	生態系服務流量指標 環境壓力	生態系服務實物帳 生態系條件帳
3	追蹤政府環境保護議題的財政支出成效	SEEA-CF	環境稅與補貼、環境保護支出	環境活動帳 環境保護支出帳
		SEEA-EA	條件指標	生態系條件帳
4	當耕地變成森林，生態系資產帳記錄生態系轉換，木材存量增加	SEEA-CF	個別環境資產帳價值	貨幣資產帳
		SEEA-EA	生態系轉換	生態系資產帳

資料來源：本計畫彙整自 United Nations et al.（2021）。

第四節、簡介「環境經濟整合帳-生態帳」編製邏輯

第五章開始本計畫將依序介紹供給、調節與維持等服務之價值評估方法，在進入第五章前需先強調「環境經濟整合帳-生態帳」一些重要邏輯，以利使用者理解本計畫價值評估的脈絡。

一、SEEA-EA 對生態系服務評估的範疇定義

SEEA-EA 旨在量化生態系服務的貢獻，使決策者易於理解其價值並納入決策考量中。SEEA-EA 對生態系服務的定義為：「生態系對經濟與人

類活動所貢獻的效益」，而效益（benefits）的定義為：「最終由人類社會使用或享受的商品與服務」（United Nations et al.，2021）；此兩者定義尤為關鍵，因其清楚說明生態帳對其納入紀錄之生態系服務的範疇。由此定義可知：生態系服務不包含生態系對「環境」本身的效益，而限縮於生態系對「經濟與人類活動」的效益。此外，因效益僅包括為人類社會使用或享受的商品與服務，且商品與服務多具有價值，故效益應以正面效益為主，**而不計算生產商品與服務對生態系的負面影響。**

二、SEEA-EA 之生態系服務參考列表

SEEA-EA 為避免生態系服務項目重複計算的問題，製定了「選用生態系服務參考列表（the reference list of selected ecosystem service）」，將生態系服務分為三大類：「供給」、「調節與維持服務」、「文化」。SEEA-EA 建議編製生態帳時需使用「邏輯鏈（logic chain）」（參見表 4-12）界定生態系服務與效益的範疇，旨在協助各國了解不同生態系服務的差異（United Nations et al.，2021）。

表 4-12 選用生態系服務的首版（2021 年）邏輯鏈（綠底為屬森林生態系服務且有邏輯鏈的項目）

生態系服務	常見的生態系類型	決定供給的因素		決定使用的因素	生態系服務潛在的實物指標	效益	主要使用者與受益者
		生態面	社會面				
農作物供給服務	農地	土壤肥力，尤其是化學狀態（例如土壤有機碳、養分）；氣候；水資源供給；授粉；遺傳學	農業生產過程中不同階段的管理；採收實務；影響土壤品質的空氣污染	對生物量的需求（例如:對食物的需求）	人工種植植物（例如:小麥）的總噸數，這可作為一種替代指標	農作物（例如:採收的小麥）。（SNA 效益）	農業生產者（包含家戶與自給生產）
放牧生物量供給服務	牧地	土壤肥力;氣候;水資源供給;遺傳學	農業生產過程中不同階段的管理	對生物量的需求（例如:對作為食物牲畜的需求）；農業實務	放牧生物量總噸數	牲畜與其產品（例如:肉、奶、蛋、羊毛）。（SNA 效益）	農業生產者（包含家戶與自給生產）
木材供給服務	森林與林地	土壤肥力；氣候；水資源供給;木材蓄積量及組成；遺傳學	森林管理；採收實務	對木材的需求	採收木材的生物量總噸數	採收的木材。（SNA 效益）	林業生產者（包含家戶）
野生魚類與其他自然水生生物量供給服務	以海洋與淡水為主	生物量存量與組成；尤其是結構狀態（例如:營養組成數、捕撈死亡率與永續捕撈產值間的比率）與化學狀態（例如:溫度、pH、優氧化、鹽度）	存量管理實物；採收實務	對水生生物量的需求	採收水生產品的總噸數	採收的水生產品。（SNA 效益）	漁業（包含家戶直接消費與遊憩釣魚）
野生動物、植物和其他生物量供給服務（排除水生與木材產品）	許多生態系類型	生態系規模與條件;生物量存量；氣候	生態系管理	對「天然」產品的需求	採收生物量的總噸數	採收產品。（SNA 效益或非 SNA 效益）	家戶與企業
水資源供給	淡水、海洋與地下水生態系	水資源存量的品質與數量	流域管理實務	對水資源（依不同品質分）的需求	水資源（依不同品質分）的立方公尺	經濟與社會消費使用的水資源。（SNA 效益）	供水設施、家戶直接消費與其他使用者（例如農民）

表 4-12 選用生態系服務的首版（2021 年）邏輯鏈（綠底為屬森林生態系服務且有邏輯鏈的項目）

生態系服務	常見的生態系類型	決定供給的因素		決定使用的因素	生態系服務潛在的實物指標	效益	主要使用者與受益者
		生態面	社會面				
全球氣候調節服務	以森林、林地與灌木生態系為主，亦包含草地、農地、濕地與海洋生態系	生態系類型與條件，尤其是結構狀態(例如:樹木覆蓋密度與森林年齡)；大氣碳濃度	生態系管理；溫室氣體排放	氣候變遷的脆弱度（暴露性、敏感性與適應性）	保留（封存與儲存）的碳與其他溫室氣體的噸數	透過降低溫室氣體濃度而減少的氣候變遷程度與負面影響。(非 SNA 效益)	由政府代表全體社會（全球的個人、家庭與企業）的消費
區域（微尺度與中尺度）氣候調節服務	以都市生態系（針對人類）與牧地（針對牲畜）為主	周圍環境大氣條件；植被種類與品質；水體現況	生態系管理；都市規劃實務	人類與動物相較於植被與藍色基礎設施的空間位置	在炎熱日子裡，溫度下降超過 5°C 的家戶數量	被改善的生活條件與經濟生產。(非 SNA 效益)	家戶與企業
空氣過濾服務	以森林與林地為主	植被類型與條件，尤其是功能狀態（例如:葉面積指數）與化學狀態（例如:環境污染濃度）	生態系管理；區域類型；空氣污染排放量	行為反應；受空氣污染影響的人與大樓的位置與數量	吸收的污染物噸數(按污染物種類分)（例如:PM10;PM2.5）	因空氣污染濃度降低，健康改善的效益與對大樓損害降低的效益。(非 SNA 效益)	家戶與產業（透過降低對大樓的損害）
土壤與沉積物保留服務 -土壤流失控制服務 -山體滑坡減緩服務	許多生態系類型	拓撲(Topology)；地質與土壤類型；植被類型與條件，尤其是結構狀態（例如:植被覆蓋的河岸）、降雨形態	生態系管理	對農業與木材生物量的需求；受沉積風險影響的受管理水體的位置；受山體滑坡風險影響的人員與建築的位置	土壤保留的噸數；山體滑坡風險減少的房產數量	土壤穩定性:下游沉積物的減少；山體滑坡風險的減少。(非 SNA 效益)	家戶與企業
固體廢棄物整治服務	許多生態系類型， 以農地為主	土壤條件，尤其是微生物	生態系管理	固體廢棄物排放的種類與數量	固體廢棄物整治噸數	廢棄物替代處置方案負面影響的減少。(非 SNA 效益)	企業(包含家戶與自給生產)

表 4-12 選用生態系服務的首版（2021 年）邏輯鏈（綠底為屬森林生態系服務且有邏輯鏈的項目）

生態系服務	常見的生態系類型	決定供給的因素		決定使用的因素	生態系服務潛在的實物指標	效益	主要使用者與受益者
		生態面	社會面				
水資源淨化服務	許多生態系，以淡水、海洋、植被相關生態系為主	生態系類型與條件；微生物與藻類的組成；化學狀態（例如:氮濃度與磷濃度）	水體污染物排放的地點、類型與量體	不同使用者對清潔水資源的需求	污染整治噸數，按污染物類型（養分與其他污染物）區分。	因水污染濃度降低，帶來改善健康狀況的效益或水處理成本減少的效益。（非 SNA 效益）	家戶與企業
水流調節服務 -基線流量維持服務 -高峰流量減緩服務	在河岸帶與上游地區中的陸域與淡水生態系	植被與土壤的規模與條件（例如:水的滲透率）；降雨形態	生態系管理	一年中不同時間的供水需求（基準流量維持）；現有生產資產規模與房產位置（尖峰流量緩解）	提供相同服務所需水庫（或其他形式貯存）的容量（立方公尺）	人類使用或防洪所需的其他形式蓄水需求的減少。（非 SNA 效益）	家戶與企業
海岸保護服務	海岸線系統	植被規模與條件；沿海邊緣的其他特徵（例如珊瑚礁、沙洲和沙丘）；環境氣候因素	生態系管理	現有生產資產（例如:防洪堤與堤防）的規模；房產位置	屬於風險降低類別的房產數量	洪水的負面影響或頻率的減少。（非 SNA 效益）	房產所有者或居住者-家戶、企業與政府
河流洪水減緩服務	在河岸帶的陸域與淡水生態系	河岸植被的規模與條件；環境氣候因素	生態系管理	現有生產資產（例如:防洪堤與堤防）的規模、房產位置	屬於風險降低類別的人員與大樓數量	洪水負面影響的減少。（非 SNA 效益）	房產所有者或居住者-家戶、企業與政府
授粉服務	農地周遭的各類生態系（如森林），亦包含都市花園	野生授粉昆蟲的數量（豐富度）與位置	生態系管理	受益於野生授粉作物的位置	農作物授粉面積，依農作物類型區分	對替代授粉方式（包括付費授粉服務）需求的減少。（SNA 效益）	農地生態系、農業最終生產（包含家戶與自給生產）、家戶
育雛/育種與棲息地維持服務	所有生態系	物種層面的多樣性；豐富度；生態群落條件	生態系管理	對「依賴於育雛/育種與棲地服務的生物量」的需求	「依賴於育雛/育種與棲地服務的生物量」的存量	生態系服務的持續供給。（非 SNA 效益）	所有生態系統，最終為社會各產業

表 4-12 選用生態系服務的首版（2021 年）邏輯鏈（綠底為屬森林生態系服務且有邏輯鏈的項目）

生態系服務	常見的生態系類型	決定供給的因素		決定使用的因素	生態系服務潛在的實物指標	效益	主要使用者與受益者
		生態面	社會面				
遊憩相關服務	許多生態系	規模與條件;標誌性地標或物種的存在;結構狀態;地景與海景特徵(例如都市綠地百分比、至開放綠地的距離）	生態系管理，包括可獲得支援的設施	休閒場所可及性；使用者位置；戶外休閒需求	訪問次數與時長（小時）	身心健康與享受。(非 SNA 效益）	家戶、旅遊與戶外休閒服務業
視覺舒適服務	許多生態系	地景環境與條件(例如:結構狀態、地景與海景特徵）	地景管理	住宅與辦公大樓的選址與設計；對於居住在綠色/藍色區域中的需求	擁有自然景觀/位於綠色/藍色區域附近的房產數量	房產的增值，SNA 效益。心理健康、享受。(非 SNA 效益）	家戶
教育、科學與研究服務	許多生態系	規模與條件;標誌性地標或物種的存在;結構狀態;地景與海景特徵	生態景點的可及性	教育政策、研究重點與資金	以教育、科學和研究為目的的訪問次數	智力增長、知識與理解的進步。（非 SNA 效益）	教育與研究機構

註：此表未涵蓋所有生態系服務，聯合國會陸續更新。

資料來源：本計畫翻譯自 United Nations et al. （2021）。

「邏輯鏈」是一項使生態系服務與效益邊界應用具有一致性的工具。邏輯鏈目的在於提供一個標準框架，以利記錄與個別生態系服務有關的描述與量測。一個邏輯鏈反應了一個生態系資產所提供的生態系服務的一系列資訊，包含哪個經濟單元使用了此項生態系服務，將其作為一項生產投入或消費，以致所來帶的 SNA 及非 SNA 效益此版本為 2021 年正式發佈的首版，聯合國表示未來會陸續更新尚未涵蓋的生態系服務。目前尚未被涵蓋的生態系服務有 9 項，包括：牲畜供給服務、水產養殖供給服務、遺傳物質服務、降雨模式調節服務、土壤品質調節服務、風暴減緩服務、降噪服務、生物控制服務、精神／藝術／象徵性服務。

表中「SNA 效益」或「非 SNA 效益」，分別表示此項服務項目的商品與服務是被包含或不被包含在「國民會計制度」 」之生產邊界中。SNA 與 SEEA 相同點在於：兩者皆是為了各國建立具有一致性的國家帳表而設立的；不同點在於：SNA 著重於統計「經濟體活動」，而 SEEA 試圖想要把「環境與經濟體間的互動關係」體現在帳表中。

第五章 森林生態系之供給服務

本章介紹森林生態系之兩項供給服務，「生物量供給-木材供給」、「野生動物、植物和其他生物量供給」。

第一節、生物量供給-木材供給

SEEA-EA 將生態系服務之木材供給服務（wood provisioning services）定義為：有助於人工或天然的樹木、或其他木質生物量成長的生態系貢獻，且這些被經濟單元取得而進行各種使用，包含木材生產與生質能源。此項服務不包含非木材森林產品（United Nations et al.，2021）。

一、生態功能說明

由表 4-12 可知「木材供給服務」、「野生動物、植物與其他生物量供給服務」與森林供給有關，此兩項皆屬於生物量供給服務（biomass provisioning services）。生物量供給服務係指生態系對國民會計制度效益（SNA benefits）的貢獻，該貢獻以食物、飼料、纖維或能量產出的形式，被經濟單元生產或消費。SNA 效益的定義為：國際會計制度之生產範疇所包含的商品與服務。為與 SNA 的範疇一致，生態帳中生物量供給服務計算範疇，應包含來自農業、森林、以及漁業中「維持生計的生產（subsistence production）」，因此，不論是生長於森林的非木材產品，還是生長於後院的菜蔬，皆屬於該計算範疇。

SNA 將採收的生物量分為人工型與天然型，此區分方式係基於何種經濟單元（生態系或人）管理或主導了生物量的生長；SEEA-EA 對人工型與天然型的區分方式則比照 SNA。在天然生產的過程中，所有被採收的生物量皆視為生態系貢獻，例如天然林的木材，此時生態系服務的統計量即為所採收生物量的總數量。此外，所採收的生物量可能跨越不同的會計期間（會計期間通常為一年），因為生長期間可能超過一各年度，但在統計的時間點上是以採收或取得該資源當下的會計年度為準，而不考慮生長過程所跨越的年度。

在人工生產過程中，當生態系供給與人類或經濟活動（例如：勞動力、生產資產）合作時，會出現聯合生產（joint production）的模式。聯合生產的經濟單元活動可分為兩個部分：「與生物量生長有關的活動（例如：施肥、殺蟲）」與「與生物量採收有關的活動」，生態系的貢獻則發生於採收的時候。人工生產的脈絡可能非常複雜，因人類活動的參與程度差異可以很大：不同產品生長與採收時程也可能有很大的差異，而相同產品亦可能產生不同的效益。不論人工生產的脈絡多麼複雜，生態帳的核心工作就是辨認出生態系的貢獻，有兩個方法可協助辨認出生態系的貢獻：（1）用總採收生物量（gross biomass harvested）代表生態系的貢獻；（2）將生態系貢獻拆分成不同的類型計算，例如拆分為養分、水、土壤保持、授粉等貢獻。

遇到以下情況時，方法（1）會高估生態系的貢獻，因為當人工生產是以高集約方式進行時，顯示人為貢獻較高，此時總採收生物量與生態系貢獻可能有顯著差距（Cerilli *et al.*, 2020）；又當人們採取增加肥料、改良種子品種、增強管理等措施，皆顯示人為貢獻較高。由於在實務上很難精確估算生態系對總採收生物量的具體貢獻為何，故當資料不足時，不論是否有人為投入或集約管理，通常還是會用總採收生物量代表生態系貢獻。

但是 SEEA-EA 建議人工生產類型需要蒐集更多的資訊，以提高評估生態系貢獻的精確度，例如：（1）蒐集集約型、粗放型、有機型三種情景下總採收生物量的差異；（2）甚至可區分不同生物量類型或不同生態系特徵（例如：土壤特徵、氣候帶）的量測方法；（3）蒐集土壤肥力、土壤水分有效性、或肥料使用等資料，這些資料都有助於增加生態系貢獻估算的精精確度。

方法（2）旨在將生態系貢獻拆分成更細的生態系服務項目，以直接量測生態系貢獻，例如將生態系對生物量供給的貢獻分成養分、水、土壤與授粉，將這些細項加起來，即可量測出生態系貢獻。方法（1）也有包含到這些服務，例如授粉，但授粉屬中間服務，故僅估算被經濟單元所使用的最終產品即可。

由表 4-12 可知，木材供給的主要使用者與收益者為林業生產者或維持生計之自給者，而木材供給服務的實物指標為「採收木材生物量的總噸數」。

木材供給的效益屬於 SNA 效益。根據 SNA 效益的定義，森林木材供給服務的計算除了包含森林中所有林業生產者的採收量以外，且需包含家戶維持生計生產（subsistence production）的木材採收量。因此，我國計算森林木材供給服務流量時，並非蒐集我國森林生態系各林相生長中的樹木資料，而是蒐集森林生態系在一個會計期間（通常為一年）內被採收的木材生物量總公噸數。

二、林業保育統計年報

木材的市場價格受供給與需求影響。森林木材供給量會受到生態面與社會面因素而影響，生態面因素包括森林生態系的土壤肥力、氣候、水資源供給、木材蓄積量與組成、遺傳學等，而社會面因素則包括森林經營管理策略與砍伐、收取、獲得木材的方式等。

不同木材具有不同的市場價格，我國農業部林業保育署建置了「木材市價資訊系統[1]」，提供不同樹種的市場價格；可將國產針葉林再細分至扁柏、紅檜、香杉、台灣杉、松類等，但該系統並未區分人工與天然木材價格（可能由於我國木材多以人工林為主），亦無統計同類型樹種採收量（我國稱採伐量），故無法直接將樹木價格乘以樹木採伐量加以估木材供給服務價值。

生態系服務貨幣帳旨在連年更新生態系服務價值，故本計畫在蒐集資料時，會優先以連年更新的政府公開報告書為主，例如：「林業保育統計年報」屬於前述連年更新之公開報告，且揭露了全國木材產值資料。本計畫彙整 2024 年「林業保育統計年報」中森林主產物產值如表 5-1，該表資料由林業保育署各地區分署、各林業有關機關、直轄市及各縣（市）政府提供。

[1] https://woodprice.forest.gov.tw/Summary/Q_SummarySingleWoodPrice.aspx

表 5-1　2024 年森林主產物產值統計

類別			產值（千元/年）[2]
木材 [1]	用材	針葉樹	99,188
		闊葉樹	23,257
	薪材		3,142
	枝梢材		4,976
竹			13,671
總計			144,234

註 1：木材種類定義，參考彰化縣政府農業處（2014），彰化縣森林主產物砍伐生產。薪材指針、闊葉各級木胸高直徑（連皮）在 20 公分直徑及以下之林木。枝梢材指天然林木針、闊葉樹各級木末徑未滿 20 公分，材長未滿 2 公尺；人工造林針葉樹各級木末徑未滿 6 公分。

註 2：產值價格為木材砍伐後第一次售出之價格。

資料來源：2024 年「林業保育統計年報」（農業部林業及自然保育署，2025a）。

結合「林業保育統計年報」資訊，本計畫彙整森林木材供給服務價值估算公式如式（5-1）：

$$V_WP = \sum_{i=1}^{n} \mathrm{V}_WP_i \qquad (5\text{-}1)$$

式中，V_WP = 森林生態系木材供給服務之總價值（$\$NT/yr$）；

V_WP_i = 林業保育統計年報第i類森林主產物年產值（$\$NT/yr$），

i = 用材、薪材、枝梢材、竹;

綜上，我國森林 2024 年木材供給服務價值即為表 5-1 各類森林主產物年產值之總額：約 1.44 億新臺幣/年。

本計畫團隊於 2025 年 11 月 4 日拜訪農業部林業及自然保育署森林產業組，洽詢將木材供給根據 7 大林型拆分的可能作法，森林產業組建議根據第四次森林資源調查**各類林型蓄積量比例**加以拆分木材供給服務價值。本計畫採納該項建議，第四次森林資源調查提供的材積資料如表 5-2 所示，具體拆分步驟如下：

表 5-2　各林型主要樹種單位面積蓄積[2]

	樣區數	材積（m^3/ha）	標準誤差（m^3/ha）
天然林			
針葉樹林型	241	499.65	31.08
鐵杉林	67	606.86	72.44
冷杉林	47	426.94	49.63
雲杉林	13	657.48	64.23
天然檜木林	37	746.63	93.52
天然松類	70	271.04	24.39
其它針葉林	7	379.48	122.26
針闊葉樹混淆林	113	486.28	39.20
闊葉樹林型	2,073	198.95	4.07
人工林			
針葉樹林型	153	318.05	18.58
檜木人工林	26	320.43	49.64
肖楠人工林	4	86.18	32.35
松類人工林	29	296.31	25.26
杉木人工林	17	222.57	25.99
柳杉人工林	72	388.89	37.43
臺灣杉人工林	3	258.11	56.92
其它人工針葉林	2	230.71	111.09
針闊葉樹混淆林	75	287.77	25.57
闊葉樹林型	135	147.66	15.83
台灣櫸人工林	7	193.15	152.34
樟樹人工林	5	76.60	27.85
相思樹人工林	65	171.06	27.25
光臘樹人工林	7	147.35	18.79
其它闊葉人工林	51	146.20	17.52
竹林			
單桿狀竹	230	14,929 支	3,261
叢生狀竹	296	10,618 支	3,914
竹木混淆林	314	67.1	14.06
合計	3,648	227.9	4.6

資料來源：農業部林業及自然保育署（2024）。

步驟一：計算各類林型材積占比。第四次森林資源調查了天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工闊葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林

[2] 蓄積是指一整片的森林總量，材積是針對特定樹種的量測；建議應用砍下來的材積比例推估，而不是生長的材積，因缺少各林型材積量數據，造成本計畫推估之天然林木材供給價值異常高。

6 類林型的單位面積材積，本計畫依式（5-2）將單位面積材積乘上林型面積，獲得總材積，再分別計算出 6 類林型材積占比，計算結果如表 5-3 所示。

$$V_T_i = D_T_i \times A_i \quad (5\text{-}2)$$

式中，V_T_i = 第 i 類林型總材積（m^3）；

D_T_i = 第 i 類林型單位面積材積（m^3/ha）；

A_i = 第 i 類林型面積（ha）

i = 天然針葉林、人工針葉林、
天然闊葉林、人工闊葉林、
天然針闊混合林、人工針闊混合林;

表 5-3　第四次森林資源調查 6 類林型材積

林型	單位面積材積 [1]（m^3/ha）	林型面積 [2]（ha）	總材積 [3]（m^3）	材積占比 [4]
天然針葉林	500	205,725	102,790,496	22%
人工針葉林	318	90,031	28,634,360	6%
天然闊葉林	199	1,256,000	249,881,200	54%
人工闊葉林	148	91,585	13,523,441	3%
天然針闊混合林	486	115,093	55,967,424	12%
人工針闊混合林	288	52,333	15,059,867	3%
總計		1,810,767	465,856,788	100%

註 1：單位面積材積資料來自農業部林業及自然保育署（2024）。
註 2：林型面積來自農業資料開放平臺（2025）。
註 3：總材積=單位面積材積×林型面積。
註 4：材積占比=（各類林型總材積/6 類林型材積總計）×100%。
註 5：灰階為政府資料，非灰階為本計畫推估資料。

步驟二：依材積拆分用材價值。由表 5-3 可知，「林業保育統計年報」已將用材拆分成針葉林與闊葉林，本計畫需將針葉林依照材積比例分為：天然針葉林、人工針葉林與針闊混合林中的針葉林，拆分公式如式（5-3），結果如表 5-4 所示。同理，闊葉林亦需再拆分為天然闊葉林、人工闊葉林與針闊混合林中的闊葉林，拆分公式如式（5-4），結果如表 5-5 所示。

$$V_MC_i = P_VC_i \times V_MC \qquad (5\text{-}3)$$

式中，V_MC_i＝第i類林型用材（針葉樹）價值（NT/yr）；

P_VC_i＝第i類林型針葉樹材積占比（%）；

V_MC＝用材（針葉樹）總價值（NT/yr）

i＝天然針葉林、人工針葉林、

天然闊葉林、人工闊葉林、

天然針闊混合林、人工針闊混合林;

表 5-4　依材積拆分用材（針葉樹）價值

林型	總材積[1]（m^3）	不同林型針葉樹材積[2]（m^3）	不同林型針葉樹材積占比[3]	不同林型用材（針葉樹）價值[4]（千元/年）
天然針葉林	102,790,496	102,790,496	62%	61,074
人工針葉林	28,634,360	28,634,360	17%	17,013
天然闊葉林	249,881,200	-	0%	-
人工闊葉林	13,523,441	-	0%	-
天然針闊混合林	55,967,424	27,983,712	17%	16,627
人工針闊混合林	15,059,867	7,529,934	5%	4,474
總計	465,856,788	166,938,502	100%	99,188

註 1：總材積=單位面積材積×林型面積，單位面積材積資料來自農業部林業及自然保育署（2024），林型面積來自農業資料開放平臺（2025）。

註 2：假設（1）天然針葉林與人工針葉林僅提供針葉樹木材供給服務；（2）天然闊葉林與人工闊葉林不提供針葉樹木材供給服務；（3）天然針闊混合林與人工針闊混合林的材積 50%來自針葉樹。

註 3：不同林型針葉樹材積占比=（各類林型針葉樹材積/針葉樹總材積）×100%。

註 4：用材（針葉樹）價值=用材（針葉樹）總價值（參表 5-1）×不同林型針葉樹材積占比。

註 5：灰階為政府資料，非灰階為本計畫推估資料。

$$V_MB_i = P_VB_i \times V_MB \qquad (5\text{-}4)$$

式中，V_MB_i＝第i類林型用材（闊葉樹）價值（NT/yr）；

P_VB_i＝第i類林型闊葉樹材積占比（%）；

V_MB＝用材（闊葉樹）總價值（NT/yr）

i＝天然針葉林、人工針葉林、

天然闊葉林、人工闊葉林、

天然針闊混合林、人工針闊混合林;

表 5-5　依材積拆分用材（闊葉樹）價值

林型	總材積[1]（m^3）	不同林型闊葉樹材積[2]（m^3）	不同林型闊葉樹材積占比[3]	不同林型用材（闊葉樹）價值[4]（千元/年）
天然針葉林	102,790,496	-	0%	-
人工針葉林	28,634,360	-	0%	-
天然闊葉林	249,881,200	249,881,200	84%	19,442
人工闊葉林	13,523,441	13,523,441	5%	1,052
天然針闊混合林	55,967,424	27,983,712	9%	2,177
人工針闊混合林	15,059,867	7,529,934	3%	586
總計	465,856,788	298,918,287	100%	23,258

註 1：總材積=單位面積材積×林型面積，單位材積資料來自農業部林業及自然保育署（2024），林型面積來自農業資料開放平臺（2025）。

註 2：假設（1）天然針葉林與人工針葉林不提供闊葉樹木材供給服務；（2）天然闊葉林與人工闊葉林僅提供闊葉樹木材供給服務；（3）天然針闊混合林與人工針闊混合林的材積 50%來自闊葉樹。

註 3：不同林型闊葉樹材積占比=（各類林型闊葉樹材積/闊葉樹總材積）×100%。

註 4：不同林型用材（闊葉樹）價值=用材（闊葉樹）總價值（參表 5-1）×不同林型闊葉樹材積占比。

註 5：灰階為政府資料，非灰階為本計畫推估資料。

步驟三：依材積拆分薪材價值。本計畫依第四次森林資源調查 6 類林型的材積調查結果，依式（5-5）拆分薪材價值，拆分結果參見表 5-6。

$$V_F_i = P_V_i \times V_F \quad (5\text{-}5)$$

式中，V_F_i = 第i類林型薪材價值（NT/yr）；

P_V_i = 第i類林型材積占比（%）；

V_F = 薪材總價值（NT/yr）

i = 天然針葉林、人工針葉林、
天然闊葉林、人工闊葉林、
天然針闊混合林、人工針闊混合林;

表 5-6　依材積拆分薪材價值

林型	總材積[1]（m^3）	材積占比[2]	不同林型薪材價值[3]（千元/年）
天然針葉林	102,790,496	22%	693
人工針葉林	28,634,360	6%	193
天然闊葉林	249,881,200	54%	1,686
人工闊葉林	13,523,441	3%	91
天然針闊混合林	55,967,424	12%	378
人工針闊混合林	15,059,867	3%	102
總計	465,856,788	100%	3,142

註 1：總材積=單位面積材積×林型面積，單位材積資料來自農業部林業及自然保育署（2024），林型面積來自農業資料開放平臺（2025）。

註 2：材積占比=（各類林型材積/總材積）×100%。

註 3：拆分後的薪材價值=薪材總價值（參表 5-1）×材積占比。

註 4：灰階為政府資料，非灰階為本計畫推估資料。

步驟四：依材積拆分枝梢材價值。本計畫依第四次森林資源調查 6 類林型的材積調查結果，依式（5-6）拆分枝梢材價值，拆分結果參見表 5-7。

$$V_S_i = P_V_i \times V_S \qquad (5\text{-}6)$$

式中，V_S_i = 第i類林型枝梢材價值（NT/yr）；

P_V_i = 第i類林型材積占比（%）；

V_S = 枝梢材總價值（NT/yr）

i = 天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工闊葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林;

表 5-7　依材積拆分枝梢材價值

林型	總材積[1]（m^3）	材積占比[2]	不同林型枝梢材價值[3]（千元/年）
天然針葉林	102,790,496	22%	1,098
人工針葉林	28,634,360	6%	306
天然闊葉林	249,881,200	54%	2,669
人工闊葉林	13,523,441	3%	144
天然針闊混合林	55,967,424	12%	598
人工針闊混合林	15,059,867	3%	161
總計	465,856,788	100%	4,976

註 1：總材積=單位面積材積×林型面積，單位材積資料來自農業部林業及自然保育署（2024），林型面積來自農業資料開放平臺（2025）。

註 2：材積占比=（各類林型材積/總材積）×100%。

註 3：拆分後的枝梢材價值=枝梢材總價值（參表 5-1）×材積占比。

註 4：灰階為政府資料，非灰階為本計畫推估資料。

步驟五：彙整 7 類林型木材供給服務價值拆分後的成果。因表 5-1 已將竹材獨立出來，故生態帳可直接使用「林業保育統計年報」竹材價值，而其餘 6 類林型則依照步驟一至步驟四所得結果進行加總，加總公式如式（5-7），彙整拆分後的成果參見表 5-8。

$$V_WP_i =; V_MC_i + V_MB_i + V_F_i + V_S_i \qquad (5\text{-}7)$$

式中，V_WP_i = 第 i 類林型木材供給服務價值（NT/yr）；

V_MC_i = 第 i 類林型用材（針葉樹）價值（NT/yr）；

V_MB_i = 第 i 類林型用材（闊葉樹）價值（NT/yr）；

V_F_i = 第 i 類林型薪材價值（NT/yr）；

V_S_i = 第 i 類林型枝梢材價值（NT/yr）

i = 天然針葉林、人工針葉林、
天然闊葉林、人工闊葉林、
天然針闊混合林、人工針闊混合林;

表 5-8　依材積拆分後的 7 類林型木材供給服務價值

林型	木（竹）材供給服務價值（千元/年）
天然針葉林	62,865
人工針葉林	17,512
天然闊葉林	23,796
人工闊葉林	1,288
天然針闊混合林	19,780
人工針闊混合林	5,322
竹林	13,671
總計	144,234

註：6 類林型木材供給服務價值來自表 5-4 至表 5-7 加總之結果，竹材供給服務價值來自表 5-1。

四、研究限制與未來研究建議

木材供給服務價值係使用林業保育連年統計之成果，且該成果直接揭露服務價值，故研究限制較少，唯目前木材供給之分類未依 7 大林型分類，而是依照用材、薪材、枝梢材分類。本計畫參考森林產業組之建議，試依照材積將木材供給服務進行拆分，拆分過程與假設可見表 5-4 至表 5-7。

若未來期望凸顯 7 大林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工闊葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林與竹林）木材供給之差異，建議林業保育統計年報可新增這 7 項分類，以利與生態帳連結。若林業及自然

保育署認為依材積拆分雖有誤差，但此誤差仍在可接受範圍內，則可採納本計畫上述拆分方法。將資料需求彙整如表 5-9，以利了解現有資料與理想資料的差距。

表 5-9 我國木材供給服務價值評估資料需求差異

現有資料	理想資料
臺灣木材供給產值	臺灣 7 大林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工闊葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林與竹林）木材供給產值

資料來源：本計畫編製。

第二節、野生動物、植物和其他生物量供給

SEEA-EA 將生態系服務「野生動物、植物和其他生物量供給服務（wild animals, plants and other biomass provisioning services）」也定義為生物量供給範疇，生物量供給估算的注意事項可參考前一節的說明。惟需特別留意本計畫將森林生態系的「林下經濟」視為此項服務的估算範疇。

此外，SEEA-EA 提到：部分生物量供給會與文化服務有關，例如在森林遊樂區內，會發生捕獵或採收蔬果等行為，若這些獵物或農產品最終有部分被保留下來並有消費行為，則需將此部分納入生物量供給服務價值的估算中，而另外部分則納入文化服務價值的估算中。

一、 生態功能說明

「野生動物、植物與其他生物量供給服務」係統計野生動植物與其他生物量被經濟單元取得、進行各種使用的貢獻。包含了非木材森林產品及與狩獵、誘捕、生物勘探有關的服務，但不包含野生魚類與其他自然水生生物量供給服務。

如表 4-12 可知，許多生態系類型都與此功能有關，依我國現況，我國森林與此項生態功能較有關的為「森林副產品生物量供給」，森林副產品即為此功能定義中的「非木材森林產品」。108 年 04 月 18 日，農業部發布「林下經濟經營使用審查作業要點」，用以積極推動適地發展林下經濟政策，以振興山村經濟並提升林農營林意願（第一點）。申請人需依該要點申請核准從事林下經濟經營，才能培育森林副產品。

為避免種植森林副產品造成破壞林地的現象，林業試驗 105 年受託辦理「林下經濟永續經營可行性之研究」，盤點適合種植的林下作物（農業部林業試驗所，2019），最後「林下經濟經營使用審查作業要點」統整公布了可申請培育的森林副產品（第二點附件一），分別為：「段木香菇與木耳」、「臺灣金線連」、「森林蜂產品」、「臺灣山茶」、「馬藍」、「天仙果」、「竹笙」、「絞股藍」與「臺灣白及」共 9 項。

二、林業保育統計年報

本計畫於 2025 年 8 月 19 日召開第一次專家諮詢會議，因上述林下作物仍屬於推動階段，尚未有統計資料，故專家建議本計畫將「林業保育統計年報」中的森林副產品納入此項服務。本計畫評估該森林副產品亦符合 SEEA-EA「野生動物、植物和其他生物量供給服務」之定義，屬於森林里非木材供給生物量，故採納專家之建議，將林業保育統計年報森林副產品產值納入此項服務。蒐集彙整 2024 年森林副產品產值如表 5-10 所示：

表 5-10 2024 年森林副產物生產量值統計結果

類別	生產量值（千元/年）
竹筍類	533
愛玉子	--
其他灌藤類	--
菌類	--
樹脂類	--
樹皮類	--
樹葉類	88
樹實類	4,987
草類	--
其他	--
總計	**5,608**

資料來源：農業部林業及自然保育署（2025a）。

三、生態系服務價值評估公式與估算結果

結合「林業保育統計年報」資訊，本計畫彙整野生動物、植物與其他生物量供給價值之估算公式如下：

$$V_WA = \sum_{i=1}^{n} \mathrm{V}_WA_i \quad (5\text{-}8)$$

式中，V_WA = 森林生態系野生動物、植物與其他生物量供給之總價值（$\$NT/yr$）；

V_WA_i = 林業保育統計年報第i類森林副產物年產值（$\$NT/yr$），$i = 1,...,n$；

綜上，我國森林 2024 年野生動物、植物與其他生物量供給價值即為表 5-10 各類森林主產物年產值之總額：約 560 萬新臺幣/年。

四、研究限制與未來研究建議

此兩項服務使用林業保育連年統計成果，且該成果直接揭露服務價值，故研究限制較少。惟部分的林下作物因處於推動階段尚無統計資料，建議未來可於政府公開報告中連年更新「林下經濟經營容許的品項」的年產值，以利編製生態帳。將資料需求彙整如表 5-11，以利了解現有資料與理想資料的差距。

表 5-11 我國野生動物、植物與其他生物量供給服務價值評估資料需求差異

現有資料	理想資料
臺灣森林副產物產值	臺灣 7 大林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工闊葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林與竹林）森林副產物產值
無	臺灣 7 大林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工闊葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林與竹林）森林林下經濟作物產值

資料來源：本計畫編製。

第六章 森林生態系之調節與維持服務

前期計畫由我國專家勾選 13 項與森林較有關的調節服務如表 6-1 所示，與表 4-12 SEEA-EA 的首版邏輯鏈相對應後，發現：(1) 針對「區域（微尺度與中尺度）氣候調節服務」，簡稱「微氣候調節」，SEEA-EA 欲強調的並非森林生態系，而是都市生態系與牧地。(2) 針對「降雨模式調節服務」、「土壤品質調節服務」、「風暴減緩服務」、「降噪服務」、「生物控制服務」5 項服務，聯合國都尚未公告建議的相對生態系（聯合國表示會陸續彙整公告）；(3)「育雛/育種與棲息地維持服務」屬於 SEEA-EA 定義的中間服務，其價值已被其他項服務納入計算，若再次計算恐違反 SNA 不可重復計算之準則。因此本計畫建議在實證推估我國森林生態系服務價值時，先以表 6-1 灰階部分顯示之目前較明確與森林有關的 6 項調節服務為主，包含「全球氣候調節服務」、「空氣過濾服務」、「土壤與沉積物保留服務（含土壤流失控制服務、山體滑坡減緩服務）」、「水資源淨化服務」、「水流調節服務（含基線流量維持服務、高峰流量減緩服務）」、「授粉服務」。

本章各節將介紹此 6 項森林生態系之調節與維持服務，內容包括說明各項生態服務之生態功能，生態系服務價值之估算公式與資料需求，以及實證評估結果。

表 6-1　我國與森林生態系較有關之調節與維持服務

項目	服務名稱	SEEA-EA 2021 建議與森林生態系連結的生態系
1	全球氣候調節服務 global climate regulation services	以森林、林地、灌木生態系為主，亦包含草地、農地、濕地、海洋生態系
2	降雨模式調節服務 rainfall pattern regulation services	聯合國未公告邏輯鏈
3	區域（微尺度與中尺度）氣候調節服務； 微氣候調節 local (micro and meso) climate regulation services	以都市生態系(針對人類)與牧地(針對牲畜)為主。
4	空氣過濾服務 air filtration services	以森林與林地為主

項目	服務名稱	SEEA-EA 2021 建議與森林生態系連結的生態系
5	土壤品質調節服務 soil quality regulation services	聯合國未公告邏輯鏈
6	土壤與沉積物保留服務 soil and sediment retention services	許多生態系類型
7	水資源淨化服務 water purification services	許多生態系，以淡水、海洋與植被相關生態系為主
8	水流調節服務 water flow regulation services	在河岸帶與上游地區中的陸域與淡水生態系
9	風暴減緩服務 storm mitigation services	聯合國未公告邏輯鏈
10	降噪服務 noise attenuation services	聯合國未公告邏輯鏈。
11	授粉服務 pollination services	許多生態系，以農地周遭區域為主，亦包含都市花園
12	生物控制服務 biological control services	聯合國未公告邏輯鏈
13	育雛/育種與棲息地維持服務 nursery population and habitat maintenance services	所有生態系（屬於中間服務）

註：以上 13 項調節服務為前期計畫經專家學者勾選之森林生態系較重要調節與維持服務。灰階項目為目前 SEEA-EA「生態系服務參考列表」中，聯合國有明確公告為森林生態系服務項目者。

資料來源：本計畫匯整自 United Nations et al.（2021）。

第一節、全球氣候調節服務

SEEA-EA 將「全球氣候調節服務（global climate regulation services）」定義為：係有助於減少大氣中溫室氣體濃度的生態系貢獻，且是透過除碳、碳吸存的方式，此項服務也有助於調節大氣與海洋的化學組成。。

一、生態功能說明

生態帳中全球氣候調節服務旨在量測生態系在減緩氣候變遷所作的貢獻，生態系對全球氣候調節服務的貢獻體現於：生態系可減少大氣中溫室氣體的濃度（主要是碳濃度）、穩定氣候，進而減少氣候變遷對人類帶來的損害。

（一）國外文獻回顧

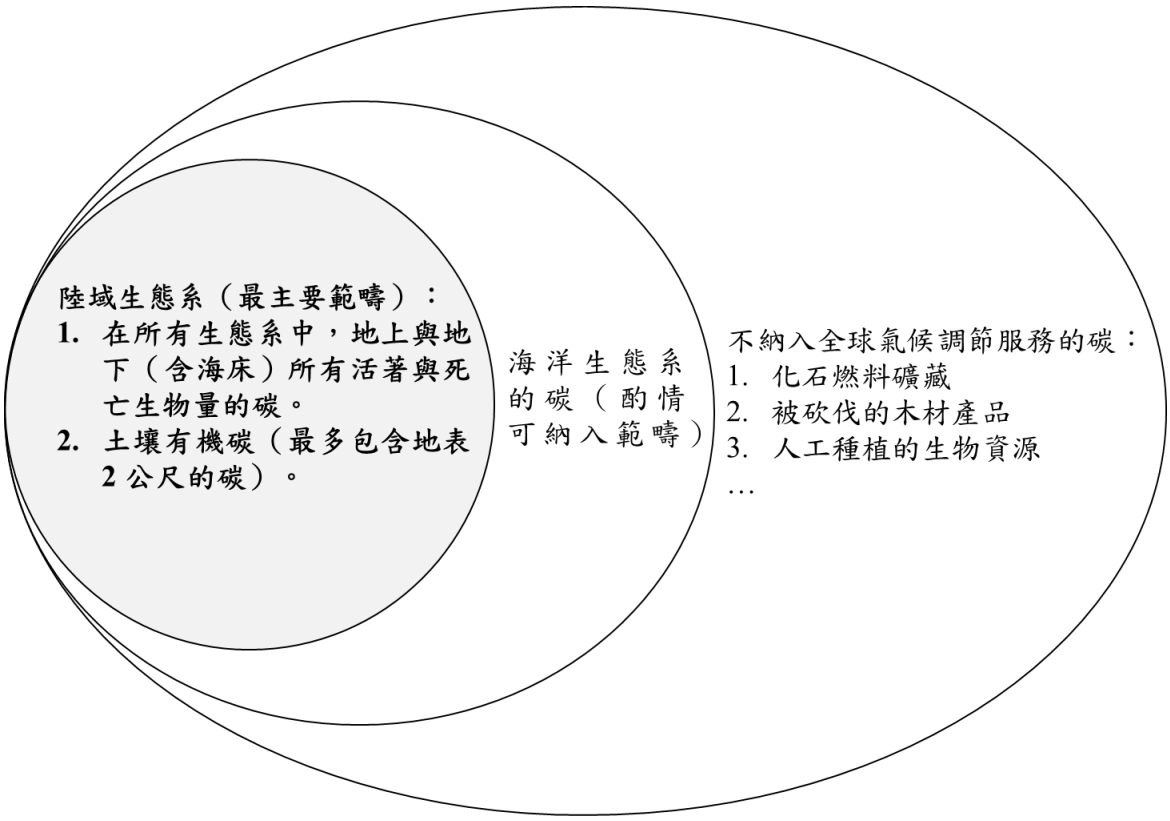
1、全球氣候調節服務之計算範疇

聯合國生態帳全球氣候調節服務以「碳存量」及「碳存量的變動量」的記錄為基礎。理想上，應記錄生態帳編製區內各類生態系中在生物量（地上及地下）、殘骸（debris）、土壤與沉積物中的碳存量，甚至酌情可包含海洋生態系中的期初碳存量與期末碳存量。碳存量的變動量一方面可反應碳從大氣中的移除，另一方面也可反應碳存量的流失，許多因素可造成這類的變動，例如：伐木、林地復育、泥炭地[1]轉化為農業生產（綠色和平，2022）、有機物的自然分解、野火影響等。用於推導碳儲存的量測範疇通常為：（1）在所有生態系中，地上與地下（含海床）所有活著與死亡生物量的碳存量，（2）土壤有機碳，對於泥炭地或富含有機碳土壤，最多僅包含儲存於地表以下 2 公尺的碳，淡水、海洋、地下生態系中的無機碳則不屬於計算範疇。在以上量測範疇內，對於單一生態系而言，當碳存量為零，即表示沒有碳可被儲存，此時可提供的全球氣候調節服務為零。

[1] 「泥炭地」（peatland）為介於草本植物與褐煤間的有機濕地土壤，被發現具有較大的儲碳潛力，有數據表明：泥炭地雖僅佔地球陸地表面的 3%，卻儲存約 33%碳（高達 886 億公噸）。

全球氣候調節服務的量測無需記錄所有碳存量及其變動，因該服務的範疇限縮於生物碳（biocarbon），例如我們不需要記錄化石燃料礦藏、使用化石燃料過程的碳排放量、或者大氣中碳的累積量的相關資料。SEEA-EA 羅列了 3 類不算在全球氣候調節服務之碳儲存量測範疇中的碳儲存：（1）化石燃料礦藏（fossil fuel deposits），因為礦藏不屬於生態系資產；（2）被砍伐的木材產品，因被砍伐後，木材不再屬於生態系的一部分，而是碳被儲存在產品中（例如：房屋與家居），此產品被視為經濟體的一部分；（3）人工種植的生物資源（例如：農作物與牲畜），因其輪作週期較短，其所儲存的碳亦不算在碳儲存的量測範疇中。

綜上，本計畫根據聯合國生態帳的建議將全球氣候調節服務碳實物量之計算範疇彙整如圖 6-1 所示。為方便使用者理解陸域生態系碳庫的計算範疇，本計畫再補充 IPCC 對碳庫的定義，如表 6-2 所示（環境部，2025a）。



圖片來源：本計畫彙整自 United Nations et al.（2021）。

圖 6-1 全球氣候調節服務碳實物量之計算範疇

表 6-2　IPCC 對碳庫的定義

碳庫		說明
生物量（biomass）	地上部生物量（aboveground biomass）	土壤以上所有活的木本和草本之生物量，包括莖、殘幹（Stump）、枝、樹皮、種子和葉 註：如果森林下層植被占地上部生物量碳庫的比例較小時，可不列入計算，但在整個調查期間中應有一致性的處理
	地下部生物量（belowground biomass）	活根的全部生物量。由於僅憑經驗要將直徑低於 2 公釐的細根與土壤有機質或枯落物加以區分是相當困難的，因此建議直徑低於 2 公釐的細根不列入計算
死有機質（dead organic Matter）	枯死木（dead wood）	除枯落物外的所有非活的木質生物量，枯死木包括: 直立的、橫躺在地面上的或者在土壤中直徑大於或等於 10 公分的枯倒木、死根和殘幹
	枯落（litter）	所有直徑大於 2 公釐（因要與土壤有機物區分） 的非活的生物量及直徑小於枯死木所定義的最小直徑（10 公分）、在礦質或有機質土壤上已經死亡的及各種程度的腐朽狀況的所有非活的生物量，包括: 土壤類型所定義的枯落物層及在礦質或有機質土壤中的活細根（最小直徑應低於地下部生物量所規定）
土壤（soils）	土壤有機（soil organic matter）	係指達到所選擇深度之礦質土壤的有機碳，包括: 土壤中之活和死的細根與有機質、不能憑經驗區分而直徑小於 2 公釐（建議值） 的根及死有機質。土壤深度預設值為 30 公分

資料來源：本計畫引用自環境部（2025a）。

2、陸域生態系碳實物量之細分類（碳儲存與碳吸存）

承上，陸域生態系的「碳存量」與「碳存量的變化」係全球氣候調節服務量測的重點。而在 SEEA-EA 中，碳存量有個專有名詞:「碳儲存（carbon retention）」; 而碳存量的變化亦有專有名詞:「碳吸存（carbon sequestration）」。

起初全球氣候調節服務以計算碳吸存為主，直到 2021 年 10 月，聯合國統計司發佈了「SEEA-EA 全球氣候調節服務的處理方式與這項服務為氣候政策提供資訊的潛力」（United Nations Statistics Division，2021），此份文

件提到在計算全球氣候調節服務時應同時計算生態系的碳儲存與碳吸存服務。

過去的生態帳僅計算碳吸存，後來造成一些實務上的困難，例如：計算生態系淨碳吸存時可能面臨有負值的問題，即生態系排放的 CO_2 大於吸收的 CO_2，而此負值與會計準則相悖。為解決負值的問題，2003 年版的 SEEA-EA 建議將大氣視為一種可提供吸收碳排功能的資產;此方法亦存在缺陷，首先是這似乎在鼓勵 CO_2 排放，因為大氣可吸收的 CO_2 越多，就越有價值，其次是它違反了生態帳的計算範疇，因大氣屬於非生物，生態帳不包含非生物的部分。

為解決上述出現困難，後出現了 SEEA 界所熟知的碳儲存計算法，此方法的出現是為強調生態系提供的服務是「避免碳釋放」的服務，也就是碳儲存服務。對氣候政策制定者而言，碳儲存的計算方式提供了以下正確的資訊：如果生態系失去碳（例如樹木被砍伐），生態系的碳儲存服務就會降低；碳儲存量較高的生態系價值不會被低估，例如：已於均衡成長狀態下的熱帶雨林，呼吸作用率往往高於光合作用率，碳吸存量也可能因此為零或呈現負值，透過 SEEA 碳儲存量之算式，可鼓勵持續保留不砍伐，或砍伐後再造林的永續經營方式，並輔以相關研究結果作為未來森林經營效益判斷的參考依據。

（1）碳儲存服務

碳儲存服務反應生態系累積與保留碳的能力，例如：生態系提供了「避免碳排放至大氣」的服務。因此當生態系所持有的碳儲存量減少（例如：森林轉化為耕地），生態系所提供氣候調節服務數量也會減少；反之亦然，當生態系所持有的碳儲存量增加，則生態系所提供的氣候條件服務數量增加。

透過記錄會計期初的生態系碳儲存量（例如：期初碳儲存量），即可量化全球氣候調節服務中的「碳儲存」部分。碳儲存量可視為服務流量的

代理指標，類似於倉儲公司用庫存量來量化可提供的倉儲服務。

（2）碳吸存服務

全球氣候調節服務中的「碳吸存量」反應生態系將碳從大氣中移除的能力。在量測碳吸存量時有一假設：只量測預期會被生態系資產內可「長期」儲存的碳，被吸存但預期不被長期儲存的碳（例如農作物），則不算在此項服務量測範疇內。

雖原則上應盡可能同時關注生態系的碳儲存量與碳吸存量，但在實務上則會根據生態系現況而著重於不同的量測重點。當生態系現況較穩定時，應以碳儲存量的量測為主；但當生態系現況很明確是處於碳儲存擴張或衰減階段時，則碳吸存量則是量測的重點。

綜上，碳吸存量與碳儲存量之間存在關聯。大多數情況下，任何一年的碳吸存量都只占碳儲存量的一小部分。本計畫將彙整碳儲存量與碳吸存量的差異如表 6-3 所示。

表 6-3　碳儲存與碳吸存的差異

項目	碳儲存	碳吸存
SEEA-EA 英文原文	carbon retention	carbon sequestration
定義	反應生態系累積與保留碳的能力	反應生態系將碳從大氣中移除的能力
量測方式	(1)在所有生態系中，地上與地下（含海床）所有活著與死亡生物量的碳存量； (2)土壤有機碳存量（最多包含地表 2 公尺的碳）	(1)在所有生態系中，地上與地下（含海床）所有活著與死亡生物量碳存量的變化量； (2)土壤有機碳存量的變化量（最多包含地表 2 公尺的碳）
對應單位	公噸 CO_2	公噸 CO_2/年
流量/存量	存量	流量
相類似的名詞	碳匯、碳存量、碳保留	碳封存、碳存量變化量、碳移除

資料來源：本計畫彙整自 United Nations Statistics Division（2021）。

由表 6-3 可知，碳儲存量是存量的概念，而本計畫要計算的是森林生態系一年提供的服務價值，是流量的概念。為反應碳儲存服務的重要性，

United Nations Statistics Division（2021）提供了碳儲存服務最簡單的計算模式：(1)估算生態系的碳儲存量；(2)將其乘以合適的碳儲存單價；(3)將該值乘以資本還原因子（Capital Recovery Factor, CRF）。如表 6-4 所示，假設資本還原因子[2]為 5%，會計期間 t0（例如 2020 年）的期初碳儲存量為 10 公噸 C，假設價格為 1$/公噸 C，2020 年碳儲存服務流量價值為 10*1*0.05=0.5 美元，當 t1（例如 2023 年）碳儲存量增加至 11 公噸 C，那麼 2023 年的碳儲存服務流量價值為 11*1*0.05=0.55 美元。

表 6-4　碳儲存服務範例

項目	t0	t1
存量（tonne C）	10	11
碳價（$/tonne C）	1	1
碳儲存服務估算價值（$）	0.50	0.55

註：資本還原因子為 5%。

資料來源：本計畫翻譯自 United Nations Statistics Division（2021）。

（二）國內文獻回顧

由 United Nations Statistics Division（2021）的建議可知，計算我國森林全球氣候調節服務時，需分成「碳儲存服務價值評估」與「碳吸存服務價值評估」，以下也分這兩項進行國內資料的蒐集。

1、碳儲存服務

過去全球氣候調節服務皆以碳吸存服務為主，碳儲存服務是近年來聯合國建議要納入的，故國內相關文獻較少，僅能根據 SEEA-EA 的定義蒐集相關資料。由聯合國的建議可知，森林碳儲存實物量的計算可分成：(1)森林地上與地下所有活著與死亡生物量的碳存量；(2)地表以下最多 2 公尺土壤有機碳存量。

森林地上地下生物量（活著）的碳存量可參考第四次森林資源調查的樹木碳儲存量成果（農業部林業及自然保育署，2024），如表 6-5 所示，將

[2] 資本還原因子（Capital Recovery Factor, CRF）公式=$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}$，$i$=利率，$n$=森林可存活年數。

森林樹木總碳儲存量轉化為二氧化碳（CO_2）為 75,428 萬公噸 CO_2。

表 6-5　第四次森林資源調查樹木碳儲存量

林型	CO_2 儲存量（萬公噸）	占比
針葉樹林型	15,627	21%
針闊葉樹混淆林	10,361	14%
闊葉樹林型	46,899	62%
竹林	1,463	2%
竹林混淆林	1,078	1%
總計	75,428	100%

註：第四次森林資源調查期間為 2008 年~2014 年，假設上表可反應 2014 年森林樹木期末碳儲存量。

資料來源：本計畫引用自農業部林業及自然保育署（2024）。

除森林地上地下活著的生物量碳存量外，死亡生物碳存量與土壤碳存量需要計算，本計畫參考黃群智等（2024）針對全臺森林不同深度之土壤碳匯的調查成果，其土壤碳匯與本計畫的碳儲存概念一致。該研究共彙整我國歷年來 52 項國內森林土壤相關研究、調查及分析資料，作為推估森林土壤碳匯的推估依據，這 52 項資料涵蓋時間落在 1992~2024 年，成果彙整參見表 6-6。由於 SEEA-EA 認為土壤有機碳可算至地下 2 公尺，故本計畫挑選表 6-6 中 0～150 的公分森林土壤的碳儲存量，約為 1,111 百萬公噸 CO_2e。而枯枝落葉層亦屬於死亡生物量範疇，故也納入森林碳儲存量的計算範疇，約為 96.4 百萬公噸 CO_2e。

表 6-6　全臺森林不同深度土壤碳儲存量調查成果

類別	碳儲存量	
	單位：百萬公噸碳	單位：百萬公噸 CO_2 e
森林枯枝落葉層	**26.3**	**96.4**
0-30 公分森林土壤	132	484
0-50 公分森林土壤	188	690
0-100 公分森林土壤	283	1,038
0-150 公分森林土壤	**303**	**1,111**

註：SEEA-EA 認為土壤有機碳可算至地下 2 公尺。

註：該成果立基於 52 項土壤相關資料，這些文獻發布時間落在 1992~2024 年。

資料來源：黃群智等（2024）。

2、碳吸存服務

《2025 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告》第六章土地利用、土地利用變化及林業部門，記載了我國森林的年碳移除量淨值（僅國有林），最新公告的年份為 2023 年，碳移除量淨值為 21,726 千公噸 CO_2e（環境部，2025a）。由於溫室氣體排放清冊統計的碳移除量與本計畫碳吸存服務概念一致，且該報告書連年更新，故本計畫選擇參考該公開報告書的數值。

惟需注意，根據 SEEA-EA 定義，森林碳吸存的量測可分為：（1）森林地上與地下所有活著與死亡生物量的碳存量變化；（2）地表以下最多 2 公尺土壤有機碳存量變化。然溫室氣體排放清冊僅統計活著生物量的碳存量年變化量，將「死亡生物量碳存量變化」與「土壤有機碳存量變化」皆假設為零。故森林碳吸存的實物量本計畫亦只能涵蓋到森林活著生物量的碳存量變化。

二、 生態系服務價值估算過程

結合國內外文獻回顧結果，本計畫評估我國森林生態系之全球氣候調節服務價值時分為兩部分：（1）碳儲存服務價值，（2）碳吸存服務價值，以下詳述評估過程：

$$V_CR = (Q_{acr} + Q_{dcr} + Q_{scr}) \times R_{cr} \times P_{cr} \quad (6\text{-}1)$$

式中，V_CR = 我國森林生態系碳儲存服務價值（新臺幣/公噸二氧化碳當量）;

Q_{acr} = 森林活著的生物量碳儲存量（公噸二氧化碳當量）;

Q_{dcr} = 森林死有機物質的碳儲存量（公噸二氧化碳當量）;

Q_{scr} = 森林地下2公尺內的土壤碳儲存量（公噸二氧化碳當量）;

R_{cr} = 資本還原因子 (%);

P_{cr} = 碳價（新臺幣/公噸二氧化碳當量）;

（一）碳儲存服務價值評估過程

步驟一：計算森林生態系地上、地下活著生物量之碳儲存量。本計畫參考第四次森林資源調查的樹木碳儲存量成果，2014 年森林樹木碳儲存量為 754,280,000 公噸 CO_2（農業部林業及自然保育署，2024）。由於本計畫森林生態帳的會計期間為 2024 年，而表 6-5 的成果調查時間

為 2014 年。森林每年都會透過碳吸存服務將空氣中 CO_2 儲存至森林生態系中，造成森林生態系的碳儲存量增加，另外森林土地利用類型若變更為非林地或森林樹木遭到砍伐，都會造成森林生態系的碳儲存量減少，因此需了解森林樹木碳存量從 2014 至 2024 年的變化淨值。本計畫參考了環境部（2025a）每年統計的我國森林樹木碳移除量的淨值，此碳移除量與本計畫的碳吸存量概念一致，且表 6-7 的碳吸存量皆已扣除每年森林的碳排放量，為淨值的概念，在會計帳表中 2024 年臺灣森林樹木期初 CO_2 儲存量等於 2023 年臺灣森林樹木期末 CO_2 儲存量，經本計劃推估約為 951,284,000 公噸。

表 6-7　2023 年臺灣森林樹木碳儲存量計算

年份	CO_2 儲存量（公噸）	CO_2 吸存量（公噸/年）
2014 年臺灣森林樹木期末碳儲存量	**754,280,000**	**-**
2015 年臺灣森林樹木碳吸存量（淨值）	-	21,900,000
2016 年臺灣森林樹木碳吸存量（淨值）	-	21,926,000
2017 年臺灣森林樹木碳吸存量（淨值）	-	21,961,000
2018 年臺灣森林樹木碳吸存量（淨值）	-	21,984,000
2019 年臺灣森林樹木碳吸存量（淨值）	-	21,917,000
2020 年臺灣森林樹木碳吸存量（淨值）	-	21,905,000
2021 年臺灣森林樹木碳吸存量（淨值）	-	21,851,000
2022 年臺灣森林樹木碳吸存量（淨值）	-	21,834,000
2023 年臺灣森林樹木碳吸存量（淨值）	-	21,726,000
2023 年臺灣森林樹木期末碳儲存量	**951,284,000**	**-**

註：2014 年樹木期末碳儲存量參考自農業部林業及自然保育署（2024），2015 年~2023 年樹木碳吸存量參考環境部（2025a），2023 年臺灣森林樹木期末碳儲存量=2014 年臺灣森林樹木期末碳儲存量+2015 年至 2023 年總碳吸存量。

步驟二：蒐集森林死亡有機質與地下 2 公尺土壤有機碳儲存量。黃群智等（2024）根據 1992~2024 年共 52 項與土壤有關的研究推估出森林枯枝落葉層與森林地下 0～1.5 公尺的土壤碳匯，分別為 96,400,000 公噸 CO_2 與 1,111,000,000 公噸 CO_2，本計畫引用此兩個數字作為 2024 年森林死亡有機質與地下 2 公尺土壤有機碳儲存量。

步驟三：將森林碳儲存量加總，並乘上資本還原因子。將步驟一與步驟二成

果加總，即可得到森林生態系 2024 年的碳儲存量為 2,158,684,000 公噸 CO_2。本計畫參考 2024 年甲類第 9 期（20 年期）中央政府建設公債最高得標利率約 1.59%（中華民國中央銀行全球資訊網，2024）。

步驟四：計算出碳儲存服務價值。全球氣候調節服務之碳價選擇，本計畫分別以（1）國內產業之單位減碳成本，採用我國現行碳費費率每公噸二氧化碳當量台幣 300 元，此碳費價格為初期考量產業界承受度之定價，難以完全反映全球氣候調節服務之真實價值；（2）國際碳減量成本，採用歐盟碳交易價格，根據國際碳行動夥伴（International Carbon Action Partnership（ICAP）, 2025）統計之 2024 年均值為每公噸二氧化碳當量台幣 2,242 元（70.07 美元）；（3）全球排碳造成之碳社會成本，採用美國美國環境保護署（EPA，2023）評估 2024 年社會碳成本[3]在折現率 1.5%下之每公噸二氧化碳當量台幣 11,392 元（表 6-8），等三種碳價進行估算。將步驟二算出之森林碳儲存總量乘上資本還原因子，再乘上碳價，得到我國 2024 年森林碳儲存服務價值位於 103~ 3,910 億新台幣/年。

表 6-8　2024 年不同折現率下之碳社會成本現值

年份/折現率	2.5%	2.0%	1.5%
2024	128 美元	208 美元	356 美元[4]

資料來源：EPA（2023）。

（二）碳吸存服務價值之評估過程

森林生態系之碳吸存服務價值評估公式參見式（6-2），具體估算步驟說明如下：

[3] 由於高折現率是以假設未來人類更富有，且未來損害的價值會隨著時間推移而大幅縮小；而低折現率 (如 3% 或更低)則是認為未來世代福祉與當前世代同等重要，即使氣候損害可能發生在很久以後。採用高折現率將使減碳成本發生在未來，利益發生在當代，故美國 EPA 採取低折現率，反應當前社會對減碳的急迫性，故計畫選擇美國 EPA 推估 SCC 時最低的折現率 1.5%，以反映我國當前對減碳政策的積極與決心。

[4] 2024 年美元兌台幣平均匯率約 1: 32（https://www.ntd24.tw/美元/2024）。

$$V_CS = (Q_{acs} + Q_{dcs} + Q_{scs}) \times P_{cs} \quad (6\text{-}2)$$

式中，V_{cs} = 我國森林生態系碳吸存服務價值（新臺幣/公噸二氧化碳當量);

Q_{acs} = 森林活著的生物量碳吸存量（公噸二氧化碳當量/年）;

Q_{dcs} = 森林死有機物質的碳吸存量（公噸二氧化碳當量/年）;

Q_{scs} = 森林地下2公尺內的土壤碳吸存量（公噸二氧化碳當量/年）;

P_{cs} = 碳價（新臺幣/公噸二氧化碳當量);

步驟一：計算森林生態系碳吸存量。本計畫假設 2024 年碳吸存量與 2023 年相同，故參考環境部（2025a）公告 2023 年臺灣森林樹木碳吸存量（淨值）21,726,000 公噸 CO_2e，作為本計畫森林生態系碳吸存量參考依據。

步驟二：計算出碳吸存服務價值。全球氣候調節服務之碳價選擇，本計畫分別以（1）國內產業之單位減碳成本，採用我國現行碳費費率每公噸二氧化碳當量台幣 300 元，此碳費價格為初期考量產業界承受度之定價，難以完全反映全球氣候調節服務之真實價值（2）國際碳減量成本，採用歐盟碳交易價格之 2024 年均值每公噸二氧化碳當量台幣 2,242 元(3)全球排碳造成之碳社會成本，採用美國環境保護署(EPA，2023）評估 2024 年社會碳成本 在折現率 1.5%下之每公噸二氧化碳當量台幣 11,392 元（表 6-8），等三種碳價進行估算。將步驟二算出之森林碳儲存總量乘上資本還原因子，再乘上碳價，得到我國 2024 年森林碳吸存服務價值位於 65~2,475 億新台幣/年。

三、生態系服務價值之實證估算結果

森林全球氣候調節服務分為森林碳儲存服務與森林碳吸存服務，碳儲存服務依式(6-1)估算得出我國 2024 年森林生態系碳儲存服務價值約 103~3,910 億新台幣/年(參見表 6-9)。碳吸存服務依式(6-2)估算得出我國 2024 年森林生態系碳吸存服務約 65~2,475 億新臺幣/年（參見表 6-10）。

表 6-9　2024 年我國森林碳儲存服務價值評估結果

類別	碳儲存量（公噸 CO_2）	資本還原因子[4]	3 種碳價[5]估算之森林碳儲存服務價值[6]（千元/年）		
			我國現行碳費	歐盟碳交易價格	全球碳社會成本
活著的生物量碳儲存量[1]	951,284,000	1.59%	4,537,625	33,911,182	172,308,735
死有機物質的碳儲存量[2]	96,400,000		459,828	3,436,448	17,461,202
地下 2 公尺內的土壤碳儲存量[3]	1,111,000,000		5,299,470	39,604,706	201,238,541
碳儲存服務小計	**2,158,684,000**		10,296,923	76,952,335	391,008,477

註 1：採用農業部林業及自然保育署（2024）第四次森林資源調查成果的樹木 CO_2 儲存量，再根據環境部（2025a）2015~2023 年之 CO_2 儲存變化量調整成 2024 年之樹木 CO_2 儲存量。

註 2：採用黃群智等（2024）估算出全臺森林枯枝落葉層的碳儲存量。

註 3：採用黃群智等（2024）估算出全臺森林 0-1.5 公尺地下土壤的碳儲存量。

註 4：資本還原因子（Capital Recovery Factor, CRF）之利率，採用 2024 年甲類第 9 期（20 年期）中央政府建設公債最高得標利率 1.59%（中華民國中央銀行全球資訊網，2024），代入 CRF 公式計算，森林可存活年數為 20~100 年時 CRF 皆為 1.59%。

註 5：碳價使用 300~11,392NT/tonne CO_2估算，300NT/tonne CO_2 e 參考我國碳費徵收之一般費率。11,392NT/tonne CO_2參考美國環境保護署評估 2024 年在折現率 1.5%下二氧化碳的社會成本（EPA，2023）；歐盟碳交易 2024 年均價約 2,242NT/tonne CO_2 e。

註 6：服務價值=碳儲存量×資本還原因子×碳價。

表 6-10 2024 年我國森林碳吸存服務價值評估結果

類別	碳吸存量（公噸 CO_2/年）	3 種碳價[2]估算之森林碳吸存服務價值[3]（千元/年）		
		我國現行碳費	歐盟碳交易價格	全球碳社會成本
活著的生物量碳吸存量[1]	21,726,000	6,517,800	48,709,692	247,502,592
死有機物質的碳吸存量	--	--	--	--
地下 2 公尺內的土壤碳吸存量	--	--	--	--
碳吸存服務小計	**21,726,000**	**6,517,800**	**48,709,692**	**247,502,592**

註 1：採用環境部（2025a）公告 2023 年的林地碳移除量（淨值）。

註 2：碳價使用 300~11,392NT/tonne CO_2估算，300 NT/tonne CO_2 e 參考我國碳費徵收之一般費率；11,392 NT/tonne CO_2參考美國環境保護署評估 2024 年在折現率 1.5%下二氧化碳的社會成本（EPA，2023）；歐盟碳交易 2024 年均價約 2,242 NT/tonne CO_2e。

註 3：服務價值=碳吸存量×碳價。

四、研究限制與未來研究建議

本計畫研究限制與對應的 3 點研究建議如下：

1、建議探討森林不同林型的碳儲存服務之差異

本計畫原先想要將森林生態系分為 7 類林型（天然/人工針葉林、天然/人工闊葉林、天然/人工針闊混合林、竹林），分別推估各類林型的全球氣候調節服務價值，然因受限目前碳儲存資料無法區分 7 類林型，故僅能推估全臺森林總碳儲存服務價值。

若未來欲依此 7 類林型建置森林生態帳，建議未來有研究可針對以上 7 類森林不同林型探討碳儲存量之差異。

2、建立連年更新森林土壤碳匯調查成果

本計畫採用黃群智等（2024）估算出全臺森林 0-1.5 公尺地下土壤的碳匯資料作為參考依據，然而該成果係基於國內 1992 年~2024 年 52 項土壤相關研究或資料，使用模型推估出的結果。

由於氣候變遷造成的強降雨較多，土壤有機質流失較快，建議未來有更多森林土壤碳匯調查研究，若有連年更新之森林土壤土壤碳匯調查成果，則有利於連年更新森林全球氣候調節服務價值之估算結果。

3、建議增加對死亡有機物與土壤碳吸存量之調查

SEEA-EA 建議生態系碳吸存量應涵蓋：活的生物量碳吸存量、死有機物質的碳吸存量、地下 2 公尺內的土壤碳吸存量，而本計畫目前參考「國家溫室氣體排放清冊報告」（環境部，2025a），該報告僅提供活著的生物量碳吸存量，假設其餘兩項碳吸存量皆為 0，預計有低估之疑慮。

將以上 3 點資料需求彙整如表 6-11，以利了解現有資料與理想資料的差距。

表 6-11 我國森林全球氣候調節服務價值評估之資料蒐集精進需求

現有資料	理想資料
臺灣森林碳儲存量	臺灣天然針葉林碳儲存量 臺灣人工針葉林碳儲存量 臺灣天然闊葉林碳儲存量 臺灣人工闊葉林碳儲存量 臺灣天然針闊混合林碳儲存量 臺灣人工針闊混合林碳儲存量 臺灣竹林碳儲存量
臺灣 1992 年~2024 年土壤研究推估出的森林土壤碳匯資料	臺灣每年的森林土壤碳匯資料
用活著的生物量碳吸存量代表森林碳吸存量	用活著的生物量碳吸存量、死有機物質的碳吸存量、地下 2 公尺內的土壤碳吸存量代表森林碳吸存量

資料來源：本計畫編製。

第二節、空氣過濾服務

SEEA-EA 將空氣過濾服務（air filtration services）定義為：有助於過濾空氣污染物的生態系貢獻；透過生態系統組成，特別是能夠減緩污染物危害的植物加以沉積、吸收、固定與儲存污染物。

一、生態功能說明

森林除了有除碳、固碳的功能，亦有過濾空氣污染物的功能。植物將空氣污染物從大氣中移除的機制包括三種（林業試驗所育林組，2018）：

（1）物理攔截，當空氣污染物之粒徑大小約 0.2~70.4 ㎛，葉面能夠透過物理攔截空氣污染物；葉面的生理特徵（例如：粗糙程度）、化學特徵（例如：臘含量）與葉表皮結構（例如：厚度）皆會影響物理攔截的能力，因此不同樹種有不同的攔截能力。

（2）葉片氣孔吸收，當污染物粒徑小於 0.2 ㎛或屬於氣狀污染物時，污染物容易透過葉片的氣體交換過程，從氣孔進入植物體內，進而成為養分被植物利用。

（3）降雨吸收，當發生降雨時：隨著雨水經過樹冠，樹體的養分與雨水中的化學成分會進行交換，樹體的部分養分會進入雨水中，而溶於雨水中的空氣污染物也可進入植物體中，此外，原先附著在葉面的粉塵與其他污染物亦會溶解至雨水中，最後進入土壤。

（一）國外文獻回顧

SEEA-EA 專家學者未針對此服務另撰寫相關技術報告，故本計畫參考 United Nations et al.（2021）邏輯鏈（詳見表 4-12）對此服務之建議估算其實物流量，邏輯鏈建議此服務實物量應為：森林生態系吸收的污染物噸數（依污染物種類分類）。

（二）國內文獻回顧

根據我國「空氣污染防制法施行細則」，臺灣空氣污染物分類如表 6-

12，包含氣狀污染物（9 種）、粒狀污染物（8 種）、衍生性污染物（2 種）、有害空氣污染物（14 種）、異味污染物與其他經中央主管機關公告之物質。

表 6-12 我國空氣污染物分類

項次	類別	污染物名稱
1	氣狀污染物	硫氧化物（SO_2 及 SO_3 合稱為 SO_x）；一氧化碳（CO）；氮氧化物（NO 及 NO_2 合稱為 NO_x）；碳氫化合物（CxHy）；氯化氫（HCl）、二硫化碳（CS_2）；鹵化烴類（$CmHnX_x$）；全鹵化烷類（CFCs）；揮發性有機物（VOCs）
2	粒狀污染物	總懸浮微粒；懸浮微粒；細懸浮微粒；落塵；金屬燻煙及其化合物；黑煙；酸霧；油煙
3	衍生性污染物	光化學煙霧；光化學性高氧化物
4	有害空氣污染物	氟化物；氯氣（Cl_2）；氨氣（NH_3）；硫化氫（H_2S）；甲醛（HCHO）；含重金屬之氣體；硫酸、硝酸、磷酸、鹽酸氣；氯乙烯單體（VCM）；多氯聯苯（PCBs）；氰化氫（HCN）；戴奧辛及呋喃類（Dioxins 及 Furans）；致癌性多環芳香烴；致癌揮發性有機物；石綿及含石綿之物質
5	異味污染物：指具有氣味，足以引起厭惡或其他不良情緒反應之污染物	
6	其他經中央主管機關公告之物質	

資料來源：環境部（2019）。

本計畫蒐集彙整國內樹木空氣過濾實物量有關之研究（參見表 6-13），目前研究樹種多為闊葉林或竹林，我國針葉林空氣淨化服務相關研究成果較少。此外，國內樹木空氣淨化服務研究多以都市林木為主，本計畫認為用都市林木代表森林林木之空氣淨化服務較不恰當，因都市林木多位於交通量與人流量皆較高的都市區，意味著空氣污染濃度較高，測出來都市林木吸收的空氣污染噸數自然較高。反觀森林多位於交通人流較少的區位，空氣污染濃度本身就比較低，可吸收的空氣污染噸數自然較低。若用都市林木空氣過濾的能力代表全臺森林空氣過濾的能力，恐有高估之虞。

王秋嫻等（2020）的研究雖仍以都市林木為研究對象，唯其在陽明山（遠離交通熱區）設置了一組對照組，本計畫認為可用該對照組資料來代表我國闊葉林吸收粒狀污染物的能力。本計畫未找到全臺竹林空氣過濾服

務相關研究，故參考鄭景鵬等（2019）孟宗竹林之相關研究，該研究未提資料蒐集的時間，本計畫假設為一年。陳千佩與劉瓊霰（2014）研究地區為平地造林區，且其係透過蒐集林外雨之雨水與穿落水來計算樹木的空氣過濾能力，然 SEEA-EA 需符合 SNA 不能重複計算的原則，在本計畫「水資源淨化服務」一項，即是透過比較林外雨之雨水與流出森林生態系之水資源化學性質的差異來評估森林水資源淨化服務的能力，因此污染物可溶於雨水的部分將算在水資源淨化服務中，此節的空氣過濾服務僅計算不溶於水的部分：即粒狀污染物（滯塵服務）。

表 6-13　我國樹木空氣過濾實物量之相關研究匯整

文獻	研究樹種	對應林相	粒狀污染物 (t/ha/yr)	調查期間	調查地點	調查方法
王秋嫻等（2020）	茄苳	闊葉林	1.7	2014 年 2 月~2016 年 4 月	陽明山（交通流量小）	震蕩灰塵脫離植物體、淋洗、烘乾、稱重
	榕樹		1.9			
	樟樹		0.9			
	台灣欒樹		0.5			
	茄苳	闊葉林	2.4		台北車站（交通流量大）	
	榕樹		2.8			
	樟樹		0.9			
	台灣欒樹		0.5			
	茄苳	闊葉林	2.6		嘉義市（交通流量大）	
	榕樹		3.6			
	樟樹		2.2			
	台灣欒樹		0.3			
鄭景鵬等（2019）	竹林	竹林	0.001	未說明（假設為某一年）	孟宗竹林	
陳千佩與劉瓊霰（2014）	光蠟樹	闊葉林	0.048	2012 年 3 月~2013 年 10 月	屏東林後四林園區	比較林外雨雨水與穿落水化學性質之差異
	印度紫檀		0.016			
	茄苳		0.045			
	苦楝		0.013			
	桃花心木		0.059			
	臺灣櫸		0.023			

註：灰階是本研究選用的參數來源（王秋嫻等，2020；鄭景鵬等，2019）。
資料來源：本計畫彙整。

上述提到目前國內欠缺臺灣針葉林空氣過濾服務之相關研究，巫向評與柳婉郁（2017）在評估我國森林滯塵服務價值時，則引用中國大陸闊葉林與針葉林滯塵能力之相關研究，本計畫彙整巫向評與柳婉郁（2017）使用的參數（參見表 6-14）。

表 6-14 我國森林資源滯塵價值評估相關參數之資料來源

林型	項目	參數	資料來源
針葉林	滯塵能力	33.2 公噸/公頃	羅傳秀等 (2005)
	面積	301,003 公頃	農業部(2016a)[5]
		299,779 公頃	農業部(2016b)[6]
闊葉林	滯塵能力	10.2 公噸/公頃	羅傳秀等 (2005)
	面積	1,433,843 公頃	農業部 (2016a)
		1,542,026 公頃	農業部(2016b)
針闊混合林	滯塵能力	21.7 公噸/公頃	針葉林與闊葉林取平均
	面積	172,186 公頃	農業部 (2016a)
		171,954 公頃	農業部(2016b)

資料來源：巫向評與柳婉郁（2017）。

除巫向評與柳婉郁（2017）外，林俊成（2018）亦評估了森林空氣過濾服務價值，本計畫將這兩位學者使用的價值評估成本彙整如表 6-15。巫向評&柳婉郁（2017）引用中國廣東削減粉塵成本：799 元/公噸，而林俊成（2018）以我國政府固定污染源各項措施的減量成本為基礎推估出懸浮微粒的單位防治成本：15,611 元/公噸。

表 6-15 我國森林空氣淨化服務價值評估之相關研究彙整

文獻	價值評估使用之成本	價格	年份	成本參考依據
林俊成（2018）	懸浮微粒的單位防治成本	15,611 元/公噸	2016 年	以行政院環保署提供之最新各污染物（懸浮微粒）之單位減量成本為基礎，每年以污染整治業平減指數進行調正
巫向評與柳婉郁（2017）	削減粉塵的成本	799 元/公噸	2016 年	羅傳秀等（2005）推估之中國廣東鼎湖山森林與旅遊生態服務功能使用之削減粉塵成本

資料來源：本計畫彙整。

[5] 第四次森林資源調查。
[6] 104 年林業統計數據。

二、 生態系服務價值估算過程

結合國內外文獻回顧結果，本計畫將我國森林空氣過濾服務價值評估公式彙整如式（6-3），根據公式，將具體估算步驟說明如下：

$$V_AF = (\sum_{i=1}^{n} Q_i \times A_i) \times P_{af} \quad (6\text{-}3)$$

式中，V_AF = 森林生態系空氣過濾服務價值（NT /yr）；

Q_i = 第i種林型吸收粒狀污染物的能力（tonne / ha /yr）；

i = 第i類林型，$i = 1,2,\ldots,m$ ；

A_i = 第i種林型的面積（ha）；

P_{af} = 粒狀污染物防治成本（NT /tonne）

步驟一：計算闊葉林吸收空氣污染物的能力。本計畫參考王秋嫻等（2020）在陽明山測出 4 種闊葉樹的滯塵能力（茄苳/榕樹/樟樹/台灣欒樹）（參見表 6-13），將 4 種闊葉樹的滯塵能力取平均值，用以代表我國天然闊葉林與人工闊葉林吸收空氣污染物的能力，取平均後得到闊葉林吸收空氣污染物的能力為：1.25 公噸/公頃/年（1.25=（1.7+1.9+0.9+0.5）/4）。

步驟二：計算針葉林吸收空氣污染物的能力。本計畫假設我國天然針葉林與人工針葉林的滯塵能力相等。針葉林因與空氣接觸面積較大，其攔截粒狀污染物能力通常高於闊葉林，若用闊葉林的數值代表針葉林的滯塵服務，恐有低估之疑慮。因本計畫未能找到我國針葉林空氣過濾服務的相關研究，故參考中國大陸學者羅傳秀等（2005）估算針葉林與闊葉林滯塵能力的結果（參見表 6-14），中國大陸針葉林滯塵能力為：33.2 公噸/公頃/年，闊葉林滯塵能力為：10.2 公噸/公頃/年，推估出針葉林滯塵能力約為闊葉林滯塵能力的 3.23 倍（3.23=33.2/10.2）。因此將我國闊葉林於步驟一所得之 1.25 公噸/公頃/年，乘上 3.23，推估出我國針葉林的滯塵能力約為 4.06 公噸/公頃/年（4.06=1.25×3.23），推估過程參見表 6-16。

表 6-16 我國森林生態系針葉林空氣淨化能力推估

闊葉林		針葉林相/闊葉林空氣過濾能力		針葉林	
空氣淨化能力	推估過程	係數	推估過程	空氣淨化能力	推估過程
1.25（t/ha/yr）	王秋嫻等（2020）陽明山 4 種闊葉樹滯塵能力取平均值	3.25	羅傳秀等(2005)針葉林滯塵能力/闊葉林滯塵能力	4.06（t/ha/yr）	1.25*3.25

註：假設臺灣針葉林、闊葉林種植/生長密度與大陸一樣。
資料來源：本計畫彙整。

步驟三：計算針闊混合林吸收空氣污染物的能力。本計畫假設我國天然針闊混合林與人工針闊混合林的滯塵能力相等。假設針闊混合林中 50%為針葉林，50%為闊葉林，故針闊混合林滯塵能力為針葉林與闊葉林滯塵能力取平均，即將步驟一與步驟二之結果取平均，估算出我國針闊混合林吸收粒狀污染物的能力為：2.66 公噸/公頃/年（2.66=（1.25+4.06）/2）。

步驟四：計算竹林吸收空氣污染物的能力。本計畫參考鄭景鵬等（2019）孟宗竹林的研究，用孟宗竹林滯塵能力代表我國竹林滯塵能力，如表 6-13 為 0.001 公噸/公頃/年。

步驟五：計算各類林型面積。本計畫套疊第四次森林資源調查全島森林林型分布圖（農業資料開放平臺，2025），算出 7 類林型面積：天然針葉林 205,725 公頃；人工針葉林 90,031 公頃；天然闊葉林 1,256,000 公頃；人工闊葉林 91,585 公頃；天然針闊混合林 115,093 公頃；人工針闊混合林 52,333 公頃；竹林 187,808 公頃。

步驟六：蒐集粒狀污染物防治成本。國內森林滯塵服務價值評估的研究共有兩篇，一篇引用中國大陸之削減粉塵的成本（巫向評與柳婉郁，2017），另一篇根據我國政府對空氣污染減量各項措施的成本進行推估（林俊成，2018），本計畫認為林俊成（2018）的粒狀污染物單位減量成

本更適用於我國森林，故最後引用 15,611 元/公噸作為本計畫粒狀污染物防治成本。再根據中華民國統計資訊網（2025a）提供之消費者物價指數調整為 2024 年之價格[7]：17,557 元/公噸。

步驟七：估算我國森林空氣過濾服務價值。將步驟一~步驟四所得的 7 類林型吸收空氣過濾服務的能力，分別乘上步驟五 7 類林型的面積，再乘上步驟六粒狀污染物的防治成本，可獲得 7 類林型空氣過濾服務價值，加總這 7 類林型的計算結果，即可獲得我國森林 2024 年空氣過濾服務價值評估結果：585 億新臺幣/年。

三、生態系服務價值之實證估算結果

森林空氣過濾服務依式 6-3 估算得出我國 2024 年服務價值約為：585 億新臺幣/年，估算結果彙整如表 6-17。

表 6-17 2024 年我國森林空氣過濾服務價值評估結果

林型分類	面積[1]（公頃）	空氣過濾能力[2]（公噸/公頃/年)	防治成本[3]（新臺幣/公噸）	空氣過濾服務價值[4]（千元/年）
天然針葉林	205,725	4.06		14,664,439
人工針葉林	90,031	4.06		6,417,568
天然闊葉林	1,256,000	1.25		27,564,619
人工闊葉林	91,585	1.25	17,557	2,009,957
天然針闊混合林	115,093	2.66		5,364,951
人工針闊混合林	52,333	2.66		2,439,453
竹林（含混淆林）	187,808	0.001		3,297
總計	1,998,575			58,464,284

註 1：林型面積來自本計畫套疊第四次森林資源調查全島森林林型分布圖（農業資料開放平臺，2025）。

註 2：空氣過濾能力闊葉林參考王秋娟等（2020）；針葉林以羅傳秀等 (2005)成果為依據，間接推估我國針葉林空氣過濾能力；針闊混合林取闊葉林與針葉林平均值；竹林參考鄭景鵬等（2019）。

註 3：防治成本參考林俊成（2018），再經中華民國統計資訊網（2025a）消費者物價指數調整為 2024 年價格。

註 4：服務價值=面積×空氣過濾能力×防治成本。

[7] 2016 年消費者物價指數：95.86；2024 年消費者物價指數：107.81。

四、研究限制與未來研究建議

本計畫研究限制與對應的研究建議如下，共有 4 點：

1、建議探討不同地區人工與天然闊葉林空氣過濾能力之差異

本計畫只找到 4 種闊葉樹：茄苳、榕樹、樟樹、台灣欒樹滯塵能力研究成果（王秋嫻等，2020），將這四種取平均用以代表我國闊葉林的滯塵能力。然王秋嫻等（2020）研究成果僅能代表陽明山闊葉樹，我國不同地區闊葉林的滯塵能力應該有所差異。此外，本計畫因未找到比較人工闊葉林與天然闊葉林空氣過濾能力的差異，故假設這兩者空氣過濾能力一致。

建議未來有研究可以探討我國不同地區闊葉林空氣過濾能力的差異，並探討人工闊葉林與天然闊葉林的空氣過濾能力是否有差異。

2、建議探討不同地區人工與天然針葉林空氣過濾能力之差異

本計畫未找到國內針葉林滯塵能力的研究，唯透過羅傳秀等 (2005)針葉林與闊葉林滯塵能力的研究，可了解到中國大陸針葉林滯塵能力約為闊葉林的 3.25 倍，故本計畫將國內闊葉林的滯塵能力（王秋嫻等，2020）乘上 3.23，用以代表我國針葉林的空氣過濾服務。此外，本計畫因未找到比較人工針葉林與天然針葉林空氣過濾能力的差異，故假設這兩者空氣過濾能力一致。

建議未來有研究可以探討我國不同地區針葉林空氣過濾能力的差異，並探討人工闊葉林與天然針葉林的空氣過濾能力是否有差異。

3、建議探討不同地區人工與天然針闊混合林空氣過濾能力之差異

本計畫未找到國內針闊混合林滯塵能力的研究，唯假設針闊混合林中針葉林與闊葉林面積的占比分別為 50%與 50%，因此將闊葉林滯塵能力與針葉林滯塵能力取平均，用以代表我國針闊混合林的空氣過濾服務，然而針闊混合林的比例可能並非各占 1/2，且人工針闊混合林與天然針闊混合林可能亦有差別。

建議未來有研究可以探討我國不同地區針闊混合林空氣過濾能力的差異，並探討人工針闊混合林與天然針闊混合林的空氣過濾能力是否有差異。

4、建議探討不同地區竹林空氣過濾能力之差異

本計畫只找到溪頭孟宗竹林滯塵能力的研究成果（鄭景鵬等，2019）用以代表我國闊葉林的滯塵能力。然鄭景鵬等（2019）研究成果僅能代表溪頭的孟宗竹林，我國不同地區竹林的滯塵能力可能有所差異。此外，本計畫未能於鄭景鵬等（2019）的文章中找到資料調查的時間，故假設其調查期間為一年，此假設可能會造成誤差。

建議未來有研究可以探討我國不同地區竹林空氣過濾能力的差異。

將以上 4 點的資料需求彙整如表 6-18，以利了解現有資料與理想資料的差距。

表 6-18 我國森林空氣過濾服務價值評估資料需求差異

現有資料	理想資料
臺灣陽明山闊葉林滯塵能力	臺灣不同地區天然闊葉林空氣過濾能力 臺灣不同地區人工闊葉林空氣過濾能力
臺灣陽明山闊葉林滯塵能力 中國大陸針葉林滯塵能力與闊葉林滯塵能力之比	臺灣不同地區天然針葉林空氣過濾能力 臺灣不同地區人工針葉林空氣過濾能力
臺灣陽明山闊葉林滯塵能力 中國大陸針葉林滯塵能力與闊葉林滯塵能力之比 假設我國針闊混合林 50%為針葉林、50%為闊葉林	臺灣不同地區天然針闊混合林空氣過濾能力 臺灣不同地區人工針闊混合林空氣過濾能力
臺灣溪頭孟宗竹林滯塵能力	臺灣不同地區竹林空氣過濾能力

資料來源：本計畫編製。

第三節、土壤與沉積物保留服務

SEEA-EA 將「土壤與沉積物保留服務（soil and sediment retention services）」分為：土壤流失控制服務（soil erosion control services）與山體滑坡減緩服務（landslide mitigation services）。「土壤流失控制服務」的定義為：有助於減少土壤流失（沉積）與支持環境利用（例如：農業活動與水資源供給）的生態系貢獻，植被的穩定作用特別有這類的貢獻。「山體滑坡減緩服務」的定義為：有助於減緩或避免土壤、岩石或雪大規模移動（浪費）造成人類健康安全、建築與基礎設施潛在損害的生態系貢獻，植被的穩定作用特別有這類的貢獻。

一、 生態功能說明

土壤不僅對農林業之生物量生產很重要，也與下列議題很有關系：水質調節、氣候調節、作為多種人類活動與基礎設施的載體或地理檔案庫等，土壤還有豐富的生物多樣性，可為人類健康提供直接與間接的效益，因此土壤保留是一項重要的調節服務。

（一）國外文獻回顧

土壤與沉積物保留服務（以下簡稱土壤保留）的量化與價值評估過程較為複雜，Burkhard et al.（2019）針對此項服務發佈了討論文件，旨在釐清這項服務的定義、流量量測與價值評估方法，以下對這份文件進行整理。

土壤保留是一個與土壤物質移動相反的過程，土壤保留可減少土壤的移動，使土壤保留在原來的位置。如表 6-19，許多自然或人為因素會影響土壤保留，其中人類造成之土地使用與土地覆蓋的改變（land use and land cover change，LULCC）是最重要的因素之一。當土地利用變化造成土壤裸露、缺乏植被保護時，土壤侵蝕就較易發生。除土地利用與管理措施外，以下因素也會影響土壤保留：氣候（降雨量與風速）、有機質含量、地形（坡度與長度）、土壤類型與質地、地質/基岩等。

表 6-19 造成土壤侵蝕與土壤保留的因子與範例

因子	土壤侵蝕	土壤保留
土地使用改變	森林砍伐、農業集約化 地景同質化	植樹造林 引入土壤保護實務 增加地景異質性
植被	單一栽培	植被結構與覆蓋、地表覆蓋、葉面積、植被垂直結構
氣候變遷	氣候狀況改變、降雨強度增加 乾旱事件、極端事件增加 冰川動態增加	對植被生長的間接影響 降雨強度降低
土壤	土壤結構不良、土壤機械擾動 土壤可蝕性高	土壤整體穩定度、 有機物質豐富度、土壤可蝕性低
土地降級	土壤條件改變、極端火災事件	----
自然保育	----	增加物種豐富度、綠色基礎設施

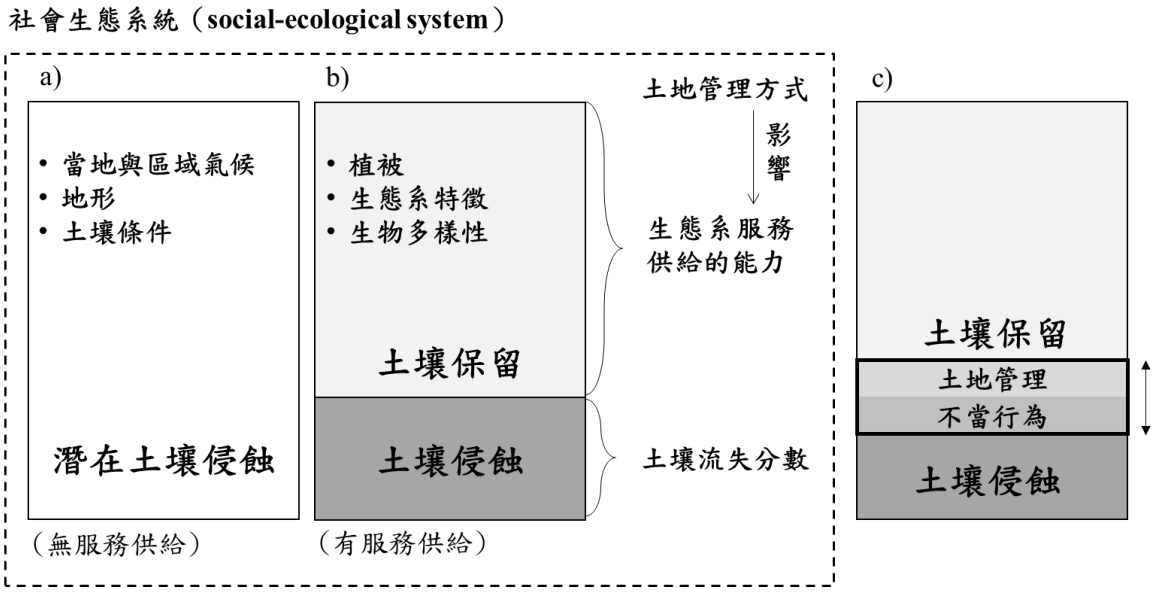
資料來源：Nearing and Hairsine（2010）；Morgan and Nearing（2016）。

土壤保留量的量測主要與兩個環境過程有關：(1) 由水造成的土壤侵蝕（與降雨、植被覆蓋有關）；(2) 由風造成的土壤侵蝕（與風速、風向及植被結構有關）。實務上，冰也會造成土壤侵蝕，但因這種狀況影響的地區面積較小且非人為造成，所以由冰造成的土壤侵蝕暫時忽略不計。此外，因目前尚缺乏探討由風造成的土壤侵蝕的相關生態系服務，故目前較常用的評估方法以「由水造成的土壤侵蝕」為主。

土壤保留評估與土壤侵蝕評估息息相關，因土壤保留旨在減緩土壤侵蝕帶來的負面影響。土壤保留其實是一項跨生態系的服務，影響範圍不會局限在一個生態系中，例如河流上游的土壤沉積會影響河流下游的土壤沉積以及周圍的生態系。若要在一個給定的空間尺度中評估，聯合國建議採用社會生態系的互動關係來了解一個生態系提供的土壤保留服務（參見圖 6-2）。

從避免負面影響的角度評估土壤保留服務時，圖 6-2 的社會生態系統是常用的評估架構。(a) 若生態系不提供土壤保留服務時，推估潛在的土壤侵蝕量；(b) 是評估，透過估算土壤實際侵蝕量為潛在土壤侵蝕的比例（此比例與此生態系防止土壤侵蝕的能力有關），加以推估土壤保留量；(c) 說明生態系土壤保留服務可能會受「較永續土地管理」與「較不當實務行

為」的影響（土地管理會帶來正面影響，是社會生態系統的一項假設）。



圖片來源：本計畫翻譯自 Burkhard et al. (2019)。

圖 6-2 社會生態系統（土壤保留服務）

在避免衝擊評估法（avoided impact assessments）的脈絡下，量化生態系土壤保留服務有 2 大步驟:(1)決定特定空間範圍內的潛在土壤流失量。土壤流失量可以透過實驗的方法量測，但通常多使用模型的方法評估，潛在土壤流失函數的影響因子與土壤條件、氣候及地形有關。(2) 評估生態系服務可減少潛在土壤流失量的比例；降雨強度、逕流與風速的潛在減少量，是目前常用於評估潛在土壤流失量比例的相關指標。

（二）國內文獻回顧

SEEA-EA 將「土壤與沉積物保留服務」又分為「土壤流失控制服務」與「山體滑坡減緩服務」，以下分別介紹與這兩項有關的國內文獻。

1、土壤流失控制服務

「土壤流失控制服務」為本計畫從 SEEA-EA 報告書中「soil erosion control services」(United Nations et al.，2021）翻譯之用語，國內研究相關用語包含：土壤沖蝕（吳炤緯等，2025；張俊斌，1999）、土壤流失（林昭遠等，2020）、土砂流失防治（林俊成，2018）等。森林強調的是服務，所以有控制，若非森林生態系服務評估研究，通常不會加上控制或防治。

本計畫彙整我國森林土壤流失控制服務相關研究如表 6-20 所示，吳炤緯（2025）的研究雖係以實際監測的方式量測土壤流失量，然其研究範圍僅包含人工針葉林，且屬於針對個別樣區的研究，用以代表全國森林土壤流失控制服務較不適合；林昭遠等（2020）亦屬於個別樣區研究，且無法於文章中查閱到調查期間的資料；張俊斌（1999）較不適用的原因除了亦屬於個別樣區研究外，其複層植被混雜 28 種植物，這 28 種植物是砍伐掉刺竹後進行人工種植的，而量測期間為人工種植後近一年的時間，其根系尚未深入土壤，引用該數值恐有低估我國森林土壤流失控制服務的疑慮。因此，本研究選擇了林俊成（2018）的研究成果，因其範圍涵蓋了全國森林而非個別樣區，且使用的是修正版通用土壤流失公式（RUSLE）[8]，所套疊的網格最小解析度 20m，研究成果顯示我國森林平均土砂保留量為 519 公噸/公頃/年，土砂流失防治價值約為 92,575 百萬元。

表 6-20 我國森林土壤流失控制服務相關研究匯整

文獻	研究樹種	對應林相	研究方法	可參考之研究成果	調查期間	調查地點
吳炤緯等（2025）	臺灣杉（人工林）	針葉林	通用土壤公式結合實際監測	中層疏伐[1]土壤流失量為：89.4kg/ha/yr；下層疏伐[2]土壤流失量為：85.6kg/ha/yr；對照組（人工林）土壤流失量為：75.8kg/ha/yr	2020 年 12 月 4 日 ~2022 年 10 月 4 日	農業部林業試驗所六龜研究中心
林昭遠等（2020）	臺灣杉（人工林）	針葉林	通用土壤公式結合衛星影像	六龜試驗林地平均土壤流失量為 4.4mm/yr；太麻里試驗林地平均土壤流失量為 6mm/yr	未說明	農業部林業試驗所六龜研究中心與太麻里研究中心
林俊成（2018）	全臺森林		使用修正型通用土壤流失公式，以網格資料（20m）分析計算土壤流失	平均保持土砂量為 519t/ha/yr。 土砂流失量約 70%留在河床，30%流入水庫。	圖層資料分布於 1996~2008 年	全臺森林面積

[8] 修正版通用土壤流失公式（RUSLE）是通用土壤流失公式（USLE）修正後的第三版本，並已取代 USLE 公式。RUSLE 強調使用者可透過控制多種輸入資料來幫助該公式適用於不同情景，輸入的背景資料可分 7 類：（1）氣候及位置資料；（2）植物資料；（3）田間操作資料；（4）地形資料；（5）土壤資料；（6）殘株資料；（7）其他有關資料（林俐玲與胡自健，1996）。

文獻	研究樹種	對應林相	研究方法	可參考之研究成果	調查期間	調查地點
			量，再乘上泥沙遞移率，獲得土砂流失防治總量	河道減淤效益為112.5 元/m^3，水庫減淤效益為 350 元/m^3。1 公噸土砂容重約 0.7m^3。	不同年份，假設為2008 年	
張俊斌（1999）	刺竹林	竹林	實際監測	泥砂沖蝕量：331.5t/ha/yr	1998 年 9 月~1999 年 7 月	臺南縣六甲鄉烏山頭水庫上游之紅泉坑頭小集水區內
	複層植被（人工栽植）	混合 28 種植被		泥砂沖蝕量：25.5t/ha/yr		
	裸露坡面	無		泥砂沖蝕量：127.5t/ha/yr	1998 年 7 月~1999 年 7 月	

註 1：中層疏伐為先選取生長勢強且幹型良好的優勢木作為未來木，再砍除對未來木具高度競爭力的鄰近木。

註 2：下層疏伐以移除林內的被壓木及枯立木為主。

資料來源：本計畫編製。

本計畫採用林俊成（2018）計算出的森林每公頃平均表土流失量：519 公噸/公頃/年，作為我國森林土壤流失控制能力的參考來源。該成果係根據 RUSLE 比較「森林表土流失量」與「裸露地表土流失量」，將二者相減，獲得森林每公頃表土流失量，兩者流失量皆依照式 6-4 進行計算，將林俊成（2018）各係數資料來源彙整如表 6-21，因林俊成（2018）採用網格資料計算，故標註各係數網格大小。

$$Q_SE = R \times K \times L \times S \times C \times P \qquad (6\text{-}4)$$

式中，Q_SE = 平均土壤流失控制能力（$tonne / ha / yr$）；

R = 年平均降雨沖蝕指數（10^6焦耳-毫米/公頃-小時-年）；

K = 土壤沖蝕指數（公噸-公頃-小時-年/10^6焦耳-毫米-公頃-年）；

L = 坡長因子；

S = 坡度因子；

C = 覆蓋與管理因子；

P = 水土保持處理因子；

表 6-21 土壤流失控制能力評估資料來源

係數（網格大小）	名稱	資料來源
R（40m）	年平均降雨沖蝕指數	水土保持局（2005）水土保持手冊
K（40m）	土壤沖蝕性指數	水土保持局（2005）水土保持手冊
L（20m）	坡長因子	內政部全臺 20m 解析度數值地形資料
S（20m）	坡度因子	內政部全臺 20m 解析度數值地形資料
C（20m）	覆蓋與管理因子	依不同土地覆蓋類型，因子介於 0~1 水土保持局（2005）水土保持手冊
P（20m）	水土保持處理因子	依不同土地覆蓋類型，因子介於 0~1 水土保持局（2005）水土保持手冊

資料來源：林俊成（2018）。

2、山體滑坡減緩服務

「山體滑坡減緩服務」為本計畫從 SEEA-EA 報告書中「landslide mitigation services」（United Nations et al.，2021）翻譯之用語，國內研究相關用語包含：邊坡崩塌、土石流、山坡地災害（張長義與蔡博文，1998）、坡地崩壞（蔡秉諭等，2008）等。經文獻蒐集，本計畫發現國內尚未有森林山體滑坡減緩服務價值評估相關研究，然過去已有研究發現不同的土地利用會影響山體滑坡的風險（張長義與蔡博文，1998；蔡秉諭等，2008；曹鼎志，未知），相關研究彙整如表 6-22 所示。

表 6-22 我國土地利用與山體滑坡之相關研究匯整

文獻	研究目的	研究方法	可參考之研究成果	調查期間	調查地點
張長義與蔡博文（1998）	探討土地利用與山坡地災害間的關係。（土地利用形態分為：竹林與原始林、檳榔、梅樹、茶、旱作河道、崩塌地與其他）	利用航空照片與崩塌地資料庫判識土地利用類別，後使用地理資訊系統與皮爾遜相關分析進行研究	檳榔、旱作與茶園的土地利用方式與崩塌地面積有關	1996 年 8 月	賀伯颱風發生時，災情較嚴重的 4 個集水區：豐丘、同富、隆華國小、神木村六鄰
蔡秉諭等（2008）	探討土地公坑集水區內土石崩塌災害發生的原因	文獻回顧、現場踏勘、居民訪談	道路開闢、森林區林木被砍伐等土地利用的改變，是造成崩塌災害可能原因之一	2008 年	台中市大坑地區土地公坑溪集水區
曹鼎志等	不同土地利用規	定量風險分	合理的土地使用計	1989 年	中崙風景特

文獻	研究目的	研究方法	可參考之研究成果	調查期間	調查地點
（未知）	劃於土石流導致製損失值差異	析	畫可以降低土石流造成的經濟損失	~2009 年	定區

資料來源：本計畫編製。

根據 SEEA-EA 邏輯鏈（表 4-12）可知，評估森林山體滑坡減緩服務價值需要先了解若沒有森林覆蓋，山體滑坡風險會增加多少，因山體滑坡風險增加而帶來的災害損失則可以間接反應出森林生態系山體滑坡減緩服務價值。由於本計畫未從國內搜尋到比較有無森林覆蓋而帶來的山體滑坡發生風險差異的研究，故改參考國外相關文獻，如表 6-23 所示。由於 Brander et al.（2018）的研究地點為阿扎爾自治共和國，與臺灣相隔較遠，且其研究成果係以「村落」為單位，恐其村落形式與我國有較大差異，故本計畫認為較不適用。本計畫最後採用 Grima et al.（2020）的研究成果：非森林覆蓋區發生山體滑坡的可能性約為森林覆蓋區的 5.81 倍，採用該成果係因其調查期間超過一年，且並非基於未來的假設情景下估算出的結果，而是基於過去的統計資料，另外該研究調查地點為安地斯山脈，而我國森林亦以中央山脈為主，加上目前未找到更適合之研究成果，未來若有相關本土研究，可考慮將其替代以符合我國森林現況。

表 6-23 國外森林山體滑坡減緩服務價值評估之相關研究匯整

文獻	研究目的	研究方法	可參考之研究成果	調查期間	調查地點
Grima et al.（2020）	探討兩種土地覆蓋類型（有森林覆蓋與沒有森林覆蓋）的山體滑坡事件發生的頻率是否有差異	結合社經濟資料、地理統計資料、公共與私人基礎設施資料、土地利用資料與山體滑坡易發性的資料	非森林覆蓋區發生山體滑坡的可能性約為森林覆蓋區的 6 倍（581%）	2013 年~2017 年	安地斯山脈（Andes）
Brander et al.（2018）	建立一個可反應森林山體滑坡減緩服務價值的地圖，並預測未來土地利用改變可能發生的狀況	結合統計、確定性模型、脆弱度模型與 InVEST 模型	假設 2015~2035 年森林覆蓋率下降 18%，預測每年每個村因山體滑坡受損的房屋數量約為 2.79 棟	2015 年~2035 年	阿扎爾自治共和國（Adjara）

資料來源：本計畫編製。

已知若沒有森林生態系，山體滑坡風險會增加至 5.81 倍，因此若能知道在現有森林覆蓋情況下的山體滑坡災害損失，則可用災害損失乘上 5.81，獲得沒有森林覆蓋情況下山體滑坡可能造成的損失，兩個損失的差值即可間接反映出現有森林生態系山體滑坡減緩服務價值。

本計畫最後採用李秋憙（2006）計算出的 2004 年土石流損失家戶損失共計 325,470,000 新臺幣/年。選用該成果的原因如下：（1）過往文獻多以統計某個特定災區/特定事件進行統計，此類資料無法反應全年的土石流災害損失，而李秋憙（2006）考量了 2004 年所有的土石流災害及其災區（災區如表 6-24），在時間與空間上皆較具代表性；（2）SEEA-EA 強調山體滑坡減緩服務的主要受益者為家戶與企業，李秋憙（2006）正是將災區家戶與商店的損失都納入考量；（3）公開資料庫所統計的災害損失種類較少，且多未計算具體損失金額，例如僅公開傷亡人數或道路受損長度，然李秋憙（2006）以問卷調查的方式，統計了災民的避難成本、土地損失、建築物結構損失、建築物內裝損失、建築物清理及修復成本、交通設備損失、所得損失、其他資產損失、醫療損失等多類災害損失，較具代表性。

表 6-24 2004 年土石流災害家戶損失調查範疇

2004 年實際災害	2004 年土石流災區	2004 年土石流災區受災戶數	問卷調查地點	問卷調查樣本數
敏督利颱風、七二水災、艾利颱風、海馬颱風	新竹縣尖石鄉	40	新竹縣尖石鄉	40
	新竹縣五峰鄉	50	新竹縣五峰鄉	50
	台中縣和平鄉	338	台中縣和平鄉	148
	南投縣仁愛鄉	143	南投縣仁愛鄉	62

資料來源：李秋憙（2006）。

二、 生態系服務價值估算過程

結合國內外文獻回顧結果，本計畫將我國森林土壤與沉積物保留服務價值評估公式分為：土壤流失控制服務價值評估公式（如式 6-5）與山體滑坡減緩服務價值評估公式（如式 6-6），根據以上公式，將具體估算步驟說明如下：

$$V_SE=\sum_{i=1}^{n}Q_SE_i\times A_i\times SDR_r\div B\times P_r+\sum_{i=1}^{n}Q_{sei}\times A_i\times SDR_w\div B\times P_w \quad (6\text{-}5)$$

式中，V_SE = 森林生態系土壤流失控制服務價值（NT /yr）

Q_SE_i = 第i種林型土壤流失控制能力（$tonne\ /\ ha\ /\ yr$）；

i = 第i類林型，$i=1,2,\ldots,n$;

A_i = 第i種林型的面積（ha）；

SDR_r = 70%, 為土砂流入河床的百分比；

SDR_w = 30%, 為土砂流入水庫的百分比；

B = 1.43($tonne/m^3$），土壤容重，意即每公噸土砂體積為0.7m^3;

P_r = 124(NT/m^3），河道減淤效益；

P_w = 386(NT/m^3），水庫減淤效益；

$$V_LM=L\times T \quad (6\text{-}6)$$

式中，V_LM = 森林生態系山體滑坡減緩服務價值（NT / yr）；

L = 有森林覆蓋情形下山體滑坡損失（NT / yr）；

T = 無森林覆蓋情形下山體滑坡事件發生可能性的變化量。

（一）土壤流失控制服務價值評估過程

步驟一：蒐集國內相關文獻，彙整如表 6-20 所示，最後選擇採用林俊成（2018）研究成果：（1）我國森林平均土壤流失控制能力為 519 公噸/公頃；（2）土砂流失量約 70%留在河床，30%流入水庫；（3）河道減淤效益為 112.5 元/m^3，水庫減淤效益為 350 元/m^3；（4）1 公噸土砂體積約 0.7m^3。

步驟二：假設 2024 年我國森林土壤流失控制服務與 2018 年相同，而土砂流失防治價值根據消費者物價指數（中華民國統計資訊網，2025a）調整為 2024 年的價值[9]，河道減淤效益為 124 元/m^3，水庫減淤效益為 386 元/m^3。

步驟三：計算各類林型面積。本計畫套疊第四次森林資源調查全島森林林型分布圖（農業資料開放平臺，2025），算出 7 類林型面積：天然針葉林 205,725 公頃；人工針葉林 90,031 公頃；天然闊葉林 1,256,000 公頃；人工闊葉林 91,585 公頃；天然針闊混合林 115,093 公頃；人工針闊混合林 52,333 公頃；竹林 187,808 公頃。

步驟四：評估土壤流失控制服務價值。本計畫因資料受限，假設各類林型平均土壤流失控制能力相等，依照式（6-5），將平均土壤流失控制能力乘

[9] 2018 年消費者物價總指數為 97.76，2024 年消費者物價總指數為 107.81。

上各類林型面積，再分別乘上河床與水庫的 SDR 土砂遞移率，接著除以土壤容重與減淤效益，即可獲得最後我國森林土壤與沉積物保留服務價值評估結果：2,101 億新臺幣/年。

（二）山體滑坡減緩服務價值評估過程

步驟一：蒐集國內相關文獻，彙整如表 6-22 所示，發現國內尚無森林山體滑坡減緩服務相關研究，故改蒐集國外研究，最後選擇採用 Grima et al.（2020）之研究成果：若無森林覆蓋，山體滑坡風險將為有森林覆蓋的 5.81 倍，即失去森林覆蓋會增加 5.81 倍的山體滑坡事件發生的可能性。因此本計畫假設我國若無森林覆蓋，山體滑坡事件會增加 5.81 倍，且災害損失金額會等比增加。

步驟二：蒐集國內與山體滑坡災害家戶與企業損失金額有關之統計，最後採用李秋憙（2006）之統計成果：2004 年因土石流災害帶來的家戶損失約為 3.25 億新臺幣/年。再根據消費者物價指數（中華民國統計資訊網，2025a）將 2004 年家戶損失金額調整為 2024 年的價值 4.23 億新臺幣/年[10]。本計畫假設我國在 2024 年的森林覆蓋度現況下，山體滑坡事件帶來的災害損失約為 4.23 億新臺幣/年。

步驟三：本計畫假設若 2024 年我國無森林覆蓋，災害損失將增加 5.81 倍，因此將步驟二災害損失金額（4.23 億新臺幣/年），乘上 5.81，即可反應出我國森林生態系 2024 年山體滑坡減緩服務價值：20 億新臺幣/年。

三、生態系服務價值之實證估算結果

森林土壤與沉積物保留服務分為土壤流失控制服務與山體滑坡減緩服務，土壤流失控制服務依式 6-5 估算得出我國 2024 年森林生態系土壤流失控制服務價值約為：2,101 億新台幣/年，估算結果彙整如表 6-25。山體滑坡減緩服務依式 6-6 估算得出我國 2024 年森林生態系山體滑坡減緩服務約為 20 億新臺幣/年，估算結果彙整如表 6-26。

[10] 2004 年消費者物價總指數為 82.84，2024 年消費者物價總指數為 107.81。

表 6-25 2024 年我國森林土壤流失控制服務價值評估結果

林型分類	面積[1]（公頃）	土壤流失控制能力[2]（公噸/公頃/年)	減淤效益[3]（新臺幣/公噸）	土壤流失控制服務價值[4]（千元/年）
天然針葉林	205,725	519	河道減淤效益為 124 元/m^3，水庫減淤效益為 386 元/m^3	21,636,132
人工針葉林	90,031			9,468,575
天然闊葉林	1,256,000			132,093,728
人工闊葉林	91,585			9,632,010
天然針闊混合林	115,093			12,104,350
人工針闊混合林	52,333			5,503,870
竹林（含混淆林）	187,808			19,751,799
總計	1,998,575			210,190,464

註 1：林型面積來自本計畫套疊第四次森林資源調查全島森林林型分布圖（農業資料開放平臺，2025)。

註 2：土壤流失控制能力參考林俊成（2018)。

註 3：減淤效益參考林俊成（2018)，再經中華民國統計資訊網（2025a）消費者物價指數調整為 2024 年價格。

註 4：服務價值評估公式參考林俊成（2018)，服務價值=面積×土壤流失控制能力×70%（流入河床的比例）×0.7（土壤容重）×河道減淤效益+面積×土壤流失控制能力×30%（流入水庫的比例）×0.7（土壤容重）×水庫減淤效益。

表 6-26 2024 年我國森林山體滑坡減緩服務價值評估結果

項目	數值
2004 年山體滑坡災害損失金額（元/家戶/年）	570,000
2004 年山體滑坡災戶總數（家戶/年）	571
2004 年山體滑坡災害損失總金額（元/年）	325,470,000
2024 年消費者物價指數/2004 年消費者物價指數	1.3
預估 2024 年山體滑坡災害損失總金額（元/年）-有森林覆蓋情形下[1]	423,574,610
預估 2024 年山體滑坡災害損失總金額（元/年）-無森林覆蓋情形下[2]	2,460,968,485
2024 年有無森林生態系之山體滑坡災害損失差額（山體滑坡減緩服務價值）	2,037,393,875

註 1：假設 2024 年山體滑坡災害情形與 2004 年相同。

註 2：假設我國失去森林覆蓋後山體滑坡災害發生的可能性與 Grima et al.（2020）的安地斯山脈相同，會增加 5.81 倍，且假設災害損失金額亦增加 5.81 倍。

四、研究限制與未來研究建議

本計畫研究限制與對應的研究建議如下，共有 4 點：

1、建議探討不同林型土壤流失控制服務之差異。

目前土壤流失控制量全臺皆用「519 公噸/公頃/年」這個數值，然林俊成（2018）已算出不同事業區（占全臺灣森林面積 77%）[11]之「單位面積土砂流失防治量」，可以看出不同事業區提供之土壤流失控制服務存在差異。根據 RUSLE 公式（式 6-4）的各係數可知，降雨、土壤衝蝕性指數、坡長、坡度、覆蓋與管理因子及水土保持處理因子皆會影響不同林型的土壤流失控制能力。

建議未來能有更細緻的網格資料可反應我國不同林型各係數差異，以利進一步釐清我國森林 7 類林型土壤流失控制服務之差異。

2、建議探討我國若無森林覆蓋，山體滑坡事件發生的可能性會如何改變。

目前假設無森林覆蓋後山體滑坡事件會增加 5.81 倍係參考國外研究成果，然而我國的降雨、地形、地貌、林型等特性與國外森林會存在差異，然目前尚未找到國內可適用之類似成果，故今年度仍需引用國外研究成果。

建議未來有研究探討我國不同程度的森林覆蓋度下，山體滑坡事件發生的機率與損害程度。

3、建議探討我國無森林覆蓋後，山體滑坡事件與損失金額的關係。

山體滑坡年災害金額使用的是 2004 年的統計成果，本計畫假設 2024 年的山體滑坡災情會與 2004 年類似，此亦為可能造成較大誤差之假設，由於資料限制，本計畫僅能先透過消費者物價指數調整，先採用此較具參考價值之數值。本計畫假設災害損失金額會於災害發生可能性同比增長，即山體滑坡事件若增加 5.81 倍，山體滑坡事件帶來之損失亦增加 5.81 倍，然而當山體滑坡事件大幅增加時，可能會面臨救災系統崩潰、傷亡人數大

[11] 我國森林事業區指國家依據森林法管理的國有林區域（農業部林業及自然保育署，2025b）。

量增加的情形，恐災害影響範圍、影響時程與災害損失金額皆會大幅增加，遠高於 5.81 倍，然因資料受限之緣故，本計畫仍以 5.81 倍保守估計。

建議未來有研究能探討當失去不同程度森林覆蓋時，山體滑坡事件發生與損害金額的關係。

4、建議探討我國山體滑坡災害對企業（例如工廠）的損失災害金額。

李秋憙（2006）之問卷設計僅統計家戶與家戶自營商店的損失，工廠類的災害損失並未納入，然 SEEA-EA 認為應將企業一併納入，說明工廠類應該納入計算，而本計畫因資料受限未能將其納入，此乃本項服務可能被低估的原因之一。

建議未來有研究可以探討我國山體滑坡災害對工廠的損失災害金額。

將以上 4 點的資料需求彙整如表 6-27，以利了解現有資料與理想資料的差距。

表 6-27 我國土壤與沉積物保留服務價值評估資料需求差異

現有資料	理想資料
臺灣平均單位土壤流失控制量	臺灣 7 種不同林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工針葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林、竹林）平均單位土壤流失控制量
安地斯山脈非森林覆蓋區發生山體滑坡的可能性約為森林覆蓋區的 5.81 倍	臺灣若失去不同程度森林覆蓋，山體滑坡事件發生的可能性會如何改變
臺灣 2004 年山體滑坡災情統計 假設山體滑坡損失金額與事件發生可能性等比增加	我國失去不同程度森林覆蓋後，山體滑坡事件與損失金額的關係
臺灣山體滑坡災情統計（家戶）	臺灣山體滑坡災情統計（家戶+企業）

資料來源：本計畫編製。

第四節、水資源淨化服務

SEEA-EA 將「水資源淨化服務」（water purification services）定義為：透過生態系組成來分解、去除水中營養素與污染物，能夠減緩人類使用資源造成損失與健康危害；亦即有助於恢復與維持地表水與地下水之化學條件的生態系貢獻。

一、生態功能說明

不同的生態系服務分類法對水資源淨化服務的定義不同，許多生態學家採納一種較簡化的定義為：生態系的水資源淨化係指透過微生物、藻類與植物的作用，或其它生態系過程（例如：過濾、封存與儲存），將污染物從水中移除的服務。

（一） 國外文獻回顧

SEEA-EA 針對此生態系服務項目，彙整了專家會議討論的過程，有助於使用者了解水資源淨化服務的定義、實物流量及價值化的內容。故本計畫參考 La Notte et al.（2019）發佈的「Accounting for the water purification ecosystem service（水資源淨化服務核算）」，進行國外文獻回顧。

水資源淨化服務與人類福祉與生態系健康對水資源品質的需求有關。不同使用方式對應的水質標準不同，例如：飲用水、家用水、遊憩活動用水、農業用水等。而維護自然棲地、水資源相關生態系、以及水生生物多樣性，都有助於提供良好的水質；反之，一些破壞水質的行為多半是透過影響水質中的微生物（例如病原體、大腸菌落）特徵達成。此外，人類的農業生產活動、一般廢棄物與工業廢棄物之處理行為，也會影響水體中的沉積物、營養物、有機物及金屬的正常含量，使水質惡化，進而影響人類的福祉及生態系的健康。

水資源淨化可發生在土壤、地下水、濕地、河流、湖泊、河口或海岸與海洋環境中，而不同生態系會參與在水資源淨化服務的不同過程中，例如：與水循環有關的運輸與轉化過程會影響河流流域中污染物的走向；而土壤中的真菌與細菌可分解溶於水的化學物及有機物；森林、天然林地與濕地則在減緩水流移動而促進生物過程上扮演重要的角色；某些特定植物具有吸收有毒物質的能力，從而改善水質；土壤與地下水中的微生物則透

過降解病原體來改善水質。

在評估空間尺度較大之生態系時的實物流量時，常選用氮儲存（nitrogen retention）作為量化水資源淨化之實物流量的指標。氮儲存係指將氮從水系統中除去的過程，此項指標較具代表性是因為氮（與磷）過量是目前水生生態系普遍存在的問題，這導致藻類生物量過度增長，從而導致生態系優氧化。La Notte et al.（2019）指出「水文與生物地球化學流域模型（hydrological and biogeochemical catchment models，HBCM）」可用來評估與水有關的水生生態系服務，HBCM 模型將污染源、污染位置、水文過程與路徑都納入考量，並且可預測土地使用、管理與氣候變遷對水質的影響，此外尚有許多模型可使用，例如 SWAT（soil and water assessment tool）、InVEST 等。由於 SEEA-EA 的文件中並未提供具體公式，大部分列舉的模型都仰賴地理資訊系統，對資料、時間與專業能力的要求很高，且許多模型都不是專門提供給森林生態系使用，本研究採用中國廣西省壯族自治區統計局（SBGZAR，2019）評估森林水資源淨化服務價值的具體公式。

（二）國內文獻回顧

SEEA-EA 的調節服務中，與森林水有關的有兩項：「水資源淨化服務」與「水流調節服務」，而「水資源淨化服務」又可分為「營養素的保留與分解」與「其他污染物的保留與分解」；「水流調節服務」又可分為「基線流量維持服務」與「高峰流量減緩服務」；而國內對森林生態系又有「水資源涵養」與「水源涵養」等用語，因此本計畫彙整表 6-28。從表 6-28 可知，除吳俊賢等（2004）認為森林生態系涵養水源價值應包含「改善水質」之價值外，其餘研究所定義之水源涵養價值皆與 SEEA-EA 之「水流調節服務」定義相近（United Nations et al.，2021；陸象豫與孫銘源，2020；王怡平與邱祈榮，2017）。綜上可知，我國森林水源涵養之原始定義與 SEEA-EA 水流調節服務較為有關，根據 SEEA-EA 對水資源淨化服務之定義，本計畫會以「森林水化學條件」為關鍵字蒐集此項服務之相關文獻。

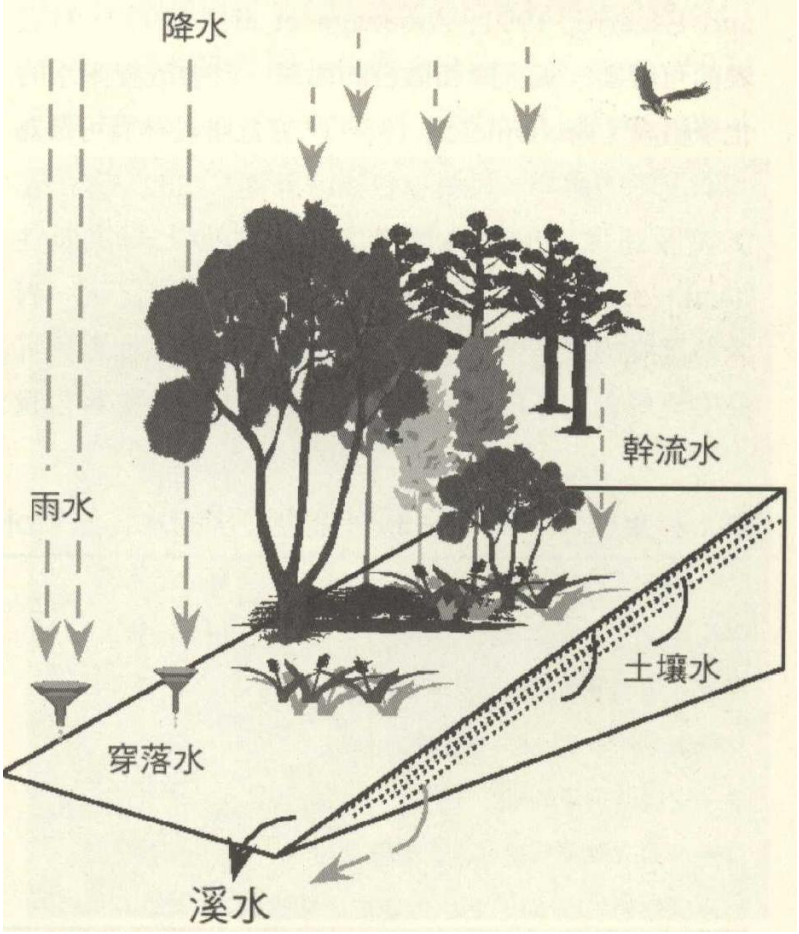
表 6-28 水資源淨化服務、水流調節服務與水源涵養之定義彙整

參考文獻	名詞	名詞解釋
United Nations et al.（2021）	水資源淨化服務（營養素的保留與分解）	有助於恢復與維持地表水和地下水**化學條件**的生態系貢獻，且係透過能夠減緩對人類使用與健康危害的生態系組成來分解、去除**營養素/污染物**
	水資源淨化服務（其他污染物的保留與分解）	
	水流調節服務（基線流量維持服務）	有助於調節河川水流、地下水位與湖水位的生態系貢獻。此貢獻是來自於生態系吸收、儲存水資源，且在**乾旱的季節/時期**能透過蒸發來逐漸釋放水資源，從而確保規律的水流
	水流調節服務（高峰流量減緩服務）	有助於調節河川水流、地下水位與湖水位的生態系貢獻。此貢獻是來自於生態系吸收、儲存水資源，且能減緩**洪水或其他與水有關的極端事件**所帶來的影響的能力
陸象豫與孫銘源（2020）	水資源涵養	通常是指集水區能夠微調流量的時間分布及其大小，並在無降雨的時期仍能維持溪流一定的流量
王怡平與邱祈榮（2017）	水源涵養、水資源涵養	降雨期間滲入土壤孔隙中之雨水，在無降雨時緩慢釋放出的水量
吳俊賢等（2004）	涵養水源	增加集水區之低流量或基流量並調節流量在時間上之分布。（陸象豫，1996）
	森林涵養水源價值	是一種生態價值，也是一種非消耗性利用價值，主要包括增加有效水量價值、**改善水質價值**、及調節逕流價值。（Hou，1995）

資料來源：本計畫編製。

承上，我國森林生態系水質研究屬於森林水化學研究範疇，如圖 6-3 所示，森林生態系水質取樣通常會分為 5 類：雨水、穿落水、幹流水、土壤水、溪水（劉瓊霰，2001）。以金恆鑣等（2003）的研究為例，為探討福山天然闊葉林生態系對降水水化學的交互作用，連續 5 年檢測樣區雨水、穿落水、幹流水、土壤水及溪水的化學性質，該研究蒐集之雨水則為未經過森林生態系之雨水；穿落水則為經過樹木冠層且未達土壤之雨水；幹流水透過將集水管環繞在樹幹上之方式蒐集；土壤水以埋置土壤水杯於森林

土壤中之方式蒐集；溪流水則透過森林集水區量水堰上方設置取樣器的方式蒐集，分析的化學性質包含：pH、電導度、凱氏氮、陽離子（Ca，Mg，K，Na，NH_4）、陰離子（NO_3，Cl，SO_4，PO_4，HCO_3）。



圖片來源：劉瓊霏（2001）。

圖 6-3 森林生態系水質取樣系統

由於本計畫目的在於估算森林生態系服務價值，故本計畫將聚焦在圖 6-3 中雨水與溪水的水化學差異，因本計畫認為雨水的化學性質可代表水資源「進入」森林生態系時的狀態，而溪水的化學性質則可代表水資源「離開」森林生態系時的狀態，這兩者的差異即可視為係因森林生態系而發生之改變，故本計畫將穿落水、幹流水與土壤水都視為森林生態系內部之水文交互作用，在評估森林水資源淨化服務價值時，僅參考過往我國針對森林雨水與溪水化學性質比較之研究成果（參見表 6-29）。

SEEA-EA 雖在定義上將「水資源淨化服務」分為「保留與分解營養

素」與「保留與分解其他污染物」，然本計畫水資源淨化服務價值評估不會將這兩項分開計算，而是合併計算，原因如下：(1)「保留與分解營養素」與「保留與分解其他污染物」共用一條邏輯鏈(可參考表 4-12)，說明聯合國生態帳現亦無法區分這兩項；(2)根據聯合國專家 La Notte et al.（2019）之建議，水資源淨化服務之實物量通常為氮儲存量，因氮（與磷）過量係目前水生生態系優氧化的問題。本計畫認為森林氮儲存功能同時產生了兩種效益，一種為樹木將吸收雨水中的氮元素作為養分吸收，另一種效益與此有關，正因森林生態系將氮元素作為養分吸收，故流出森林生態系的水資源氮含量減少了，避免了處理氮過量（廢水）的問題。生態帳之原則在於計算生態系對人類與社會之效益，而非生態系對自身之效益。對森林生態系而言，被樹木吸收的養分屬於對生態系自身的效益（意即「保留與分解營養素」屬於「木材供給」之中間服務)，唯有流出森林之水資源才能被經濟體所使用，因此本計畫在評估森林生態系之水資源淨化服務價值時，實物量計算會聚焦於森林雨水與溪水中氮元素含量的差異，再使用「將氮從水資源中移除的成本」評估水資源淨化服務價值。

過往森林水質的探討多聚焦於森林對雨水酸鹼度的影響，且多聚焦於雨水與穿落水之比較，本計畫僅蒐集到兩篇同時追蹤森林生態系雨水與森林集水區溪流水化學性質的研究，如表 6-29 所示。本計畫最後採用金恆鑣等（2003）之研究成果，選擇之原因如下：(1) 研究期間長達 5 年，較具有代表性；(2) 研究成果為通量單位：公斤/每年/公頃，方便本計畫用森林面積推估此項服務之年實物流量；(3) 氨氮已被我國「事業及污水下水道系統水污染防治費收費辦法」新增為徵收對象之一，然硝酸根離子 NO_3^- 尚未被列入，且金恆鑣等（2003）之研究成果亦顯示森林生態系雨水與森林集水區溪流水中的硝酸根離子濃度沒有明顯差異（如表 6-30)。黃正良等（2012）之研究成果仍有可參考之處，人工杉木屬於人工針葉林，人工杉木之溪流水 NO_3^- 濃度小於天然闊葉林，說明天然闊葉林分解該離子濃度的能力高於人工針葉林，故本計畫若將天然闊葉林吸收銨根離子的能力直接

適用在人工針葉林上，則有高估的疑慮。針葉林與闊葉林對雨水化學性質影響的差異不僅於此，過去已有研究闊葉林可中和酸雨，然針葉林不但不能中和酸雨，還能將非酸性的雨水酸化（King et al.，1994）。因此，在我國尚未有針葉林生態系對雨水與溪流水氮元素（銨根離子或硝酸根離子）的比較研究前，本計畫無法將天然闊葉林之成果適用於針葉林或竹林上，今年度森林水資源淨化服務以計算闊葉林水資源淨化服務為主。

表 6-29 我國森林集水區雨水與溪流水化學性質比較之相關研究彙整

參考文獻	研究林型	可供本研究參考之研究成果	研究時間	研究地點
金恆鑣等（2003）	天然闊葉林	進入森林的雨水中以銨根離子（NH_4^+）形式存在的氮元素輸入量為 9.4kg/ha/yr，輸出量為 1.4kg/ha/yr；硝酸根離子（NO_3^-）濃度沒有明顯差異	1994 年 7 月~1999 年 6 月	福山試驗林（20x20m 之樣區）
黃正良等（2012）	人工杉木與天然闊葉林	同樣的降雨條件下，人工針葉林溪流水的硝酸根離子（NO_3^-）濃度皆大於天然闊葉林溪流水的 NO_3^-濃度	2001 年 1 月~2004 年 12 月	蓮花池研究中心 4 號及 5 號集水區

資料來源：本計畫編製。

表 6-30 福山試驗林雨水、穿落水、幹流水及溪水養分平均年通量

	雨水	穿落水	幹流水	溪水
		單位：kg/ha/yr		
Na	29.5	36.6	4.6	51.8
K	17.3	47.9	16.5	3.5
Ca	11.1	22.7	6.8	48.7
Mg	5.6	11.5	2.0	16.1
NH_4-N	9.4	6.8	0.9	1.4
Cl	66.6	68.7	15.8	36.8
NO_3-N	7.5	5.6	0.4	6.0
SO_4-S	27.8	28.6	3.6	21.2
HCO_3	10.6	50.9	47.6	344.7
有機氮	5.2	12.4	1.2	1.3

資料來源：金恆鑣等（2003）。

事業及污水下水道系統水污染防治費收費辦法自民國 95 年發布以來，歷經多次修正，最新一次修正為 2025 年 3 月 31 日，且新增氨氮、鋅、錫為徵收項目，其中氨氮屬於 SEEA-EA 水資源淨化服務實物量計算之範疇，

因其含有氮元素。氨氮徵收費率如表 6-31 所示，因環境部擔憂該徵收費率將對產業產生較大衝擊，故分六年逐步調整至徵收全額，本計畫將參考我國氨氮之全額徵收費率（80 新臺幣/公斤）為此項服務價值評估之依據。

表 6-31 我國事業及污水下水道系統水污染防治費氨氮收費辦法

徵收項目			氨氮
費率（新臺幣/公斤）	施行日期	發布日	0
		2026 年 1 月 1 日	40
		2027 年 1 月 1 日	50
		2028 年 1 月 1 日	60
		2029 年 1 月 1 日	65
		2030 年 1 月 1 日	75
		2031 年 1 月 1 日	80

資料來源：環境部（2025）。

二、 生態系服務價值估算過程

結合國內外文獻回顧結果，本計畫將我國森林水資源淨化服務價值評估公式整理如式（6-7），根據公式，將具體估算步驟說明如下：

$$V_WPP = (Q_{rn} - Q_{sn}) \times A_b \times P_{wp} \qquad (6\text{-}7)$$

式中，V_WPP = 森林水資源淨化服務價值（NT/yr);

Q_{rn} = 闊葉林林外雨水銨根離子平均年通量（kg/ha/yr）；

Q_{sn} = 闊葉林集水區溪水銨根離子平均年通量（kg/ha/yr）;

A_b = 闊葉林面積（ha）；

P_{wp} = 我國事業及污水下水道系統氨氮污染防治費率（NT/kg）；

步驟一：蒐集國內比較森林雨水與集水區溪流水水質比較之研究，彙整如表 6-29 所示，最後選擇採用金恆鑣等（2003）研究成果：天然闊葉林水資源（雨水）輸入 NH_4^+平均通量為 9.4 公斤/公頃/年，水資源（集水區溪流水）輸出 NH_4^+平均通量為 1.4 公斤/公頃/年，說明天然闊葉林儲存 NH_4^+的能力為輸入量減輸出量：8 公斤/公頃/年。假設人工闊葉林水質淨化能力與天然闊葉林能力相等，針葉林與竹林因存在研究缺口故今年度僅評估闊葉林水資源淨化服務價值。

步驟二：蒐集將銨根離子從污水中去除之費用，最後參考環境部（2025）事業及污水下水道系統水污染防治費收費辦法氨氮之全額徵收費率：80 新臺幣/公斤。

步驟三：假設我國針闊混合林中 50%為針葉林、50%為闊葉林，以此計算我國森林總闊葉林面積，再將闊葉林面積乘上銨根離子儲存能力（8 公斤/公頃/年），再乘上氨氮徵收費率（80 新臺幣/公斤），即可獲得 2024 年我國森林（僅闊葉林）水資源淨化服務價值：約 9.2 億新臺幣/年。

三、生態系服務價值之實證估算結果

森林（僅闊葉林）水資源淨化服務依式 6-7 估算得出我國 2024 年服務價值約為：9.2 億新臺幣/年，估算結果彙整如表 6-32。

表 6-32 2024 年我國森林（僅闊葉林）水資源淨化服務價值評估結果

林型分類	面積[1]（公頃）	氨氮儲存能力[2]（公斤/公頃/年)	氨氮徵收費率[3]（新臺幣/公斤）	水資源淨化價值[4]（千元/年）
天然針葉林	205,725	8	80	--
人工針葉林	90,031			--
天然闊葉林	1,256,000			803,840
人工闊葉林	91,585			58,614
天然針闊混合林	115,093			36,830
人工針闊混合林	52,333			16,747
竹林（含混淆林）	187,808			--
總計	1,998,575			916,031

註 1：林型面積來自本計畫套疊第四次森林資源調查全島森林林型分布圖（農業資料開放平臺，2025）。
註 2：氨氮儲存能力參考金恆鑣等（2003），假設 2024 年闊葉林氨氮儲存能力與 2003 年相同。
註 3：氨氮徵收費率參考環境部（2025）。
註 4：因資料不足，今年度假設針葉林與竹林水資源淨化價值為零；假設人工闊葉林水資源淨化能力與天然闊葉林相同；假設針闊混合林 50%為闊葉林、50%為針葉林。

四、研究限制與未來研究建議

本計畫研究限制與對應的研究建議如下，共有 3 點：

1、建議增加針葉林與竹林水資源淨化能力研究。

目前因資料不足，未將針葉林與竹林之水資源淨化能力納入評估範疇，故目前假設針葉林與竹林之水資源淨化服務價值為零。

建議未來增加對針葉林與竹林水資源淨化能力之研究，以利補齊針葉林與竹林水資源淨化服務價值。

2、建議探討不同地區闊葉林水資源淨化能力。

目前因資料不足，假設人工闊葉林與天然闊葉林之水資源淨化能力相同，且假設福山試驗林（20×20m 樣區）的研究成果可以代表全臺闊葉林水資源淨化能力。

建議未來增加我國不同地區闊葉林水資源淨化服務之研究，以利減少此項假設帶來的誤差。

3、建議定期更新、追蹤森林雨水與溪水水化學條件。

本計畫採納之研究成果來自 1994 年 7 月~1999 年 6 月森林的降雨資料（金恆鑣等，2003），距今已經逾 20 年，現因氣候變遷，降雨形態已然發生改變，用 20 年前之研究代表現況，亦有造成誤差之疑慮。

建議定期更新、追蹤試驗區雨水與溪水水化學條件，以利充分掌握森林生態系水資源淨化服務變化趨勢。

將以上 3 點的資料需求彙整如表 6-33，以利了解現有資料與理想資料的差距。

表 6-33 我國土壤與沉積物保留服務價值評估資料需求差異

現有資料	理想資料
臺灣福山試驗林天然闊葉林水資源淨化能力研究（追蹤比較雨水與溪流水氮或磷平均年通量）	1、樣區擴大，涵蓋臺灣森林不同土壤類型 2、林型種類擴大，涵蓋臺灣 7 種林型 3、建議擴大研究營養成分，目前多為氮元素，建議擴大到磷元素 4、因氣候變遷對降雨影響較大，故經費條件許可下，建議定期更新、追蹤試驗區雨水與溪水水化學條件，以利充分掌握森林生態系水資源淨化服務變化趨勢

資料來源：本計畫編製。

第五節、水流調節服務

SEEA-EA 針對生態系「水流調節服務」（water flow regulation services）包含基線流量維持服務（baseline flow maintenance services）與高峰流量減緩服務（peak flow mitigation services）。「基線流量維持服務」指生態系有助於調節河川水流、地下水位與湖水位的生態系貢獻，此貢獻是來自於生態系吸收、儲存水資源，且在乾旱的季節/時期能透過蒸發來逐漸釋放水資源，從而確保規律的水流。「高峰流量減緩服務」則強調生態系能減緩洪水或其他與水有關的極端事件所帶來影響的能力。高峰流量減緩服務會與河流洪水減緩服務一起提供洪水防護的效益。

一、生態功能說明

（一） 國外文獻回顧

森林生態系會影響地表逕流與水流的時間與強度。部分森林生態系就像海綿一樣，透過根莖系統攔截降雨並吸收水分。森林中多孔的土壤與碎屑皆可儲存水，而後會緩慢地聚集成為地表水與地下水。森林生態系透過此像海綿般的過程，一方面可補充地下水，維持基線流量，另一方面可在暴雨或洪水期間降低峰值流量（Southern Forests for the Future，2025）。

根據 SEEA-EA 的邏輯鏈（表 4-12）可知，森林降雨形態、水的滲透率會影響「水流調節服務」的供給，而這項服務實物量的量測，通常以提供相同服務所需水庫（或其他形式貯存）的容量來表示，量測單位通常為 m^3。SBGZAR（2019）計算森林生態系水流調節服務的方法，與 SEEA-EA 上述方法相似，以森林生態系涵養的水資源實物量（m^3），乘上興建等容量水庫成本[12]，估算得生態系水流調節服務價值。

[12] 水庫具有多種功能，依據設計目的與地理環境而有不同主要功能與附加功能。主要功能包括：供水、防洪、灌溉、發電、水力（穩定河川基流量）；附加功能包括：生態保育（維持濕地與水域生態棲地）、休閒遊憩、景觀與觀光、航運、水質管裡（透過分層取水、排洪設計加以控制供水品質）等。

（二） 國內文獻回顧

森林水流調節能力可體現在森林以下的特性：(1) 森林樹冠可截留雨水，延緩降水直接到達地面的時間；(2) 樹木之根及枯枝落葉可增加土壤空隙率而增加土壤滲透水量，有助於減緩地表逕流之尖峰流量；(3) 樹冠遮蓋可減少地表之蒸發等（李三畏，1982)。由於 SEEA-EA 將水流調節服務分為「基線流量維持服務」與「高峰流量減緩服務」，基線流量維持服務強調的是森林有助於在乾旱時期逐漸釋放水資源，從而確保規律水流的能力，而高峰流量減緩服務強調的是森林能減緩洪水所造成負面衝擊的能力，故以下分別對這兩項服務進行文獻回顧：

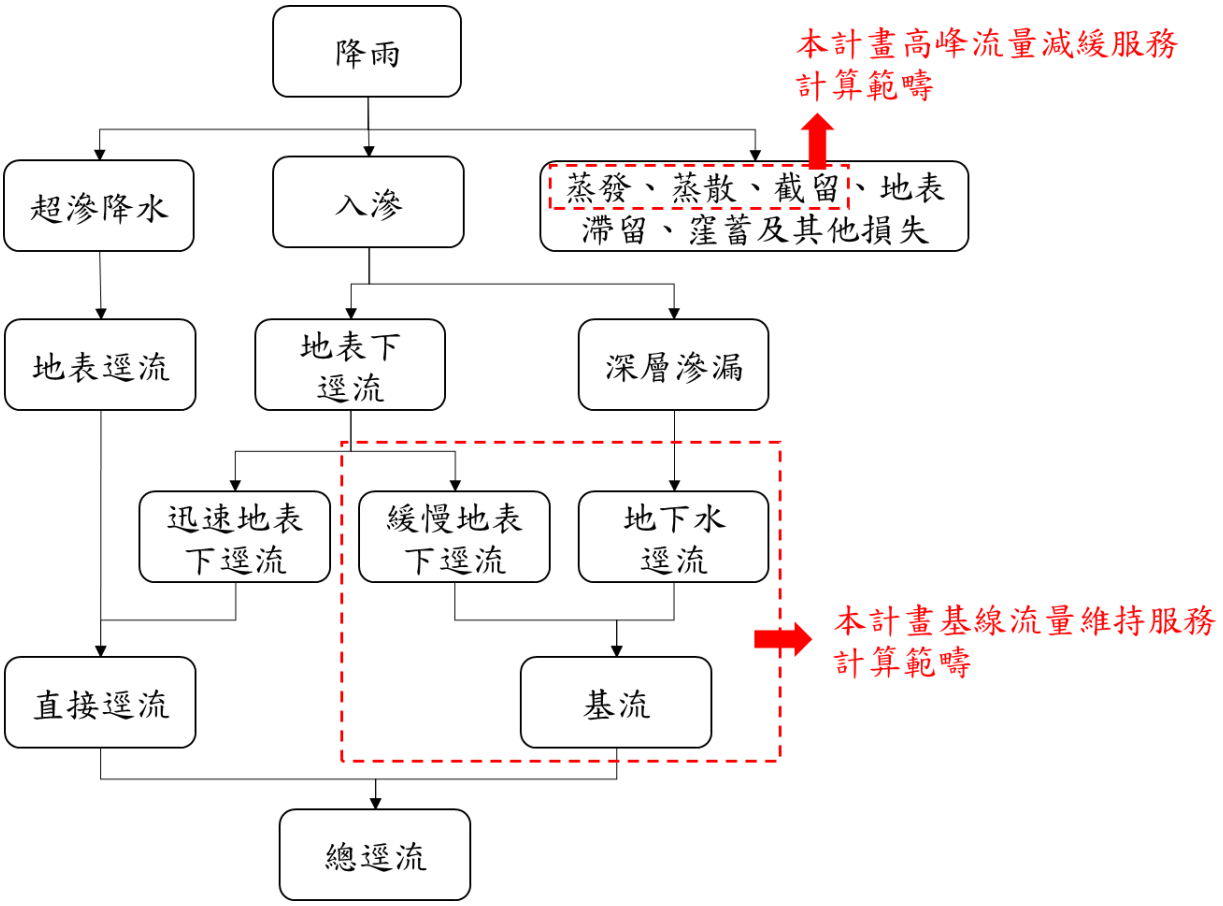
1、基線流量維持服務

森林生態系基線流量維持服務指森林生態系有助於調節河川水流、地下水位與湖水位的生態系貢獻。此貢獻是來自於生態系吸收、儲存水資源，且在乾旱的季節/時期確保規律的水流（United Nations et al.，2021)。

雖然森林基線流量維持服務是指森林在旱季提供水資源的服務，但森林的特性在旱期並不利於水資源的儲存，而是在洪水期儲備水源，以備旱期使用。森林生態系相較於其他生態系在旱期更不利於水資源儲存的原因如下：(1) 森林冠層有截留雨水之功效，而在旱期的弱降雨中，幾乎 100% 的降雨皆會被樹冠層阻截，此種情景不利於土壤在旱期使用水資源；(2) 旱期樹木的根系仍需吸收土壤裡的水分，故相較於其他生態系，森林生態系在旱期消耗水的能力可能更高（陳清勁，1975)。雖已有研究證明將森林樹木砍伐後，可以增加地表逕流量，從而增加旱期的河川基流量，伐木後一年基流量可增加降雨量的 20%（林淵霖與林國銓，2015)，但同時也會增加洪水期的河川基流量，並且增加土壤流失的風險，故砍伐樹林並非增加森林基線流量維持服務的合理選項。

降雨循環流程圖如圖 6-4 所示，由該圖可知森林生態系基流的範疇，基流不包含森林蒸發散、冠層截留、地表滯留、窪蓄及其他損失，亦不包

含地表逕流與迅速地表下的逕流，森林生態系的基線流量包含的是緩慢地表下逕流與地下水逕流。換言之，雖暴雨可帶來大量降雨，然只有可真正保留下來的基線流量才象徵著森林提供規律水資源的能力，所以在計算此項服務實物量時會將直接逕流排除，只計算基流的部分。



圖片來源：引用自陳尉平等（2000），本計畫重繪並自行加入框線區分基流範圍。

圖 6-4 降雨循環流程圖

國內計算森林水源涵養量的研究不少（陸象豫，2017；林俊成，2018；國立中興大學，2018；謝敬華與柳婉郁，2018），彙整結果如表 6-34，從表可以看出森林水源涵養量占總降雨之 5%~25%。由於國立中興大學(2018)、謝敬華與柳婉郁（2018）採用的是「全臺」平均之蒸發散率與逕流率，無法突出森林生態系之優勢，恐有低估的可能，故本計畫不採用這兩篇研究成果，林俊成（2018）之引用成果雖基於集水區研究，然因其基於水文平衡收支法，即森林水源涵養量=森林降雨量-蒸發散量-逕流量，鑒於本計畫需將水流調節服務拆分為「基線流量維持服務」與「高峰流量減緩服務」，

又從圖 6-4 可知，入滲到森林土壤之部分水資源因下滲速度較快，會被歸納為直接逕流，入滲到森林土壤之水資源僅有「緩慢下滲」與「深層滲漏」的部分屬於基線流量，故水文平衡收支法有高估基線流量的可能，本計畫亦不參考水文平衡收支法之成果。

基於聯合國生態帳對「基線流量維持服務」的定義，本計畫最後參考陸象豫（2017）的研究成果：森林生態系水源涵養量約占降雨之 21%。陸象豫（2017）不僅資料時間超過 20 年，且該研究之水源涵養量計算的是基線流量，即僅包含較深層的次地表逕流或地下水逕流，較符合本項服務的計算範疇。

表 6-34　我國森林水源涵養量推估成果之彙整

參考文獻	推估方法	推估結果	推估資料來源
陸象豫（2017）	基流分離法（變動斜率法）	森林水源涵養量約為降雨量之 21%	分析 1975 年~1999 年 46 場暴雨事件後，蓮花池 5 號集水區的平均基流量（蓮花池以天然闊葉林為主）
林俊成（2018）	水文平衡收支法	森林水源涵養量為降雨量之 25%	從文獻回顧得知集水區枯、豐水期水源涵養量介於 19~30%之間，取平均值 25%計算
國立中興大學（2018）	水文平衡收支法	森林水源涵養量為降雨量之 6.36%	利用全臺年降雨、年蒸發散與年逕流量計算，年蒸發散占年降雨量的 25.36%，年逕流率則約占年降雨量的 68.28%
謝敬華與柳婉郁（2018）	水文平衡收支法	森林水源涵養量約為降雨量之 5.12%	利用全臺年降雨、年蒸發散與年逕流量計算，年蒸發散占年降雨量的 22.86%，年逕流率則約占年降雨量的 72.02%

註：本計畫選用陸象豫（2017）研究成果為基線流量計算依據，因水文平衡收支法未扣除「迅速地表下徑流」（參圖 6-4 基線流量計算範疇），有高估之疑慮。
資料來源：本計畫編製。

2、高峰流量減緩服務

森林高峰流量減緩服務聚焦在森林具有減緩洪水或其他與水有關的極端事件所帶來的影響的能力（United Nations et al.，2021）。森林生態系對洪水調節作用有：（1）樹冠對雨滴之截阻作用；（2）雨滴落至樹幹可達

到延長雨水流出之作用；(3) 森林之蒸散作用與蒸發作用；(4) 森林地表枯枝落葉與森林土壤孔隙有助於地表水入滲，減少地表逕流（陳清勁，1975)。

生態帳需符合 SNA 之會計準則，在計算上需避免重複計算，雖以上有 4 類森林生態系對洪水調節之作用，然（2）與（4）的部分已經被基線流量維持服務納入計算，故此處排除（2）與（4）的範疇。由圖 6-4 可知，直接逕流無法被森林生態系保留，而基流的部分已被算在基線流量維持服務中，唯有「蒸發散、冠層截留、地表滯留、窪蓄及其他損失」未被計算過，且這個部分恰能與上述（1）與（3）之洪水調節作用相對應，因此本計畫在評估高峰流量減緩服務價值時，會聚焦在森林冠層截留能力與森林生態系的蒸發散作用。

為了解福山天然闊葉林冠層截留效果，林登秋等（1996）於 1994 年共蒐集 53 次該區闊葉林內雨與林外雨之雨量，認為森林冠層截留量=林外雨量-林內雨量，最後分析資料結果顯示冠層截留量約占總降雨量之 11.1%。然而冠層截留量仍有一部分會緩慢由樹枝傳至樹幹流至地面，陳清勁（1975）指出，當冠層截留量約降雨量 20%，其中 5%由樹葉樹枝蒸發至大氣中，而 15%仍回到地面；意即冠層截留量僅有 1/4（25%=5%/20%）不會回到地面上。本計畫採用林登秋等（1996）冠層截留量 11.1%再乘上由陳清勁（1975）推算出 25%的結果，可知森林冠層截留並蒸發至大氣的雨量約占總降雨之 2.78%（2.78%=11.1%×25%)。

承上，本計畫假設冠層截留量占總降雨量 11.1%，然而該占比可能隨著降雨量的變化而有差異，然本計畫未找到國內探討我國森林冠層截留量與降雨強度的關係，唯陳清勁（1975）指出在日本奧多摩地方的扁柏林的研究追蹤了日降雨強度與冠層截留量的關係，如表 6-35 所示，可以看出當降雨階級改變時，冠層截留量占降雨的比例亦會發生改變。

表 6-35　日本扁柏林冠層截留比例與日降雨量的關係

日降雨階級（mm）	林外雨量（mm）	林內日雨量（mm）	冠層截留量（mm）	冠層截留量占降雨比例
0~3	1.3	0.6	0.7	53.8%
3~6	4.0	2.5	1.5	37.5%
6~10	7.8	5.5	2.3	29.5%
10~20	14.2	10.3	3.9	27.5%
20~40	28.2	21.2	7	24.8%
40~100	55.5	43.4	12.1	21.8%
100 以上	100.8	80.1	20.7	20.5%

資料來源：資料引用自陳清勁（1975），本計畫補充冠層截留量相關欄位。

森林蒸發散量（evapotranspiration）可分為蒸發量與蒸散量，蒸發（evaporation）指的是地表水分之蒸發作用，蒸散（transpiration）指的是森林植物根部吸收土壤水分上昇以作葉部之蒸散作用（陳清勁，1975）。鄭皆達等（2002）發現針葉樹與闊葉樹蒸散量差不多，約占總降雨之 20%~30%，本計畫採用鄭皆達等（2002）的研究成果，森林生態系蒸散量取 20%~30% 的平均，為 25%。

本計畫將我國森林生態系基線流量維持服務與高峰流量減緩服務實物量之推估結果彙整如表 6-36，可知基線流量維持服務實物量約為降雨量之 21%，高峰流量減緩服務實物量約為降雨量之 27.78%。

表 6-36　森林水流調節服務實物量之推估

類別	意涵	推估比例	推估依據
基線流量維持服務實物量	森林生態系在暴雨後可保留的基線流量，有利於在旱期維持規律水資源	約為降雨量之 21%	陸象豫（2017）
高峰流量減緩服務實物量	森林冠層截留後被蒸發至大氣中之降雨量，有助於減緩暴雨流量	約為降雨量之 2.78%	陳清勁（1975）；林登秋等（1996）
	森林生態系蒸發散之降雨量，有助於減緩暴雨流量	約為降雨量之 25%	鄭皆達等（2002）

資料來源：本計畫編製。

根據基線流量維持服務的意涵，其基線流量有助於旱期水資源的利用，該水資源屬於未淨化前的河川水，本計畫參考我國自來水廠 2024 年購入原水的價格，如表 6-37，因其他類包含清水價格，然清水係經淨化之水源，

較河川水資源更加，納入清水價格恐有高估疑慮。故本計畫僅參考北區、中區與南區購入原水的價格：1.2 元/立方公尺、0.9 元/立方公尺、1.0 元/立方公尺（臺灣自來水股份有限公司，2025）。

表 6-37　我國自來水廠 2024 年購入原水、清水的數量與價格

機關別	項目	統計值
北區水資源分署	原水量（千立方公尺）	398,178
	金額（千元）	481,758
	價格（元/立方公尺）	1.2
中區水資源分署	原水量（千立方公尺）	712,259
	金額（千元）	665,414
	價格（元/立方公尺）	0.9
南區水資源分署	原水量（千立方公尺）	566,907
	金額（千元）	560,508
	價格（元/立方公尺）	1.0
其他	原、清水量（千立方公尺）	8,953
	金額（千元）	19,147
	價格（元/立方公尺）	2.1

資料來源：資料引用自臺灣自來水股份有限公司（2025），本計畫補充價格欄位。

根據高峰流量減緩服務之意涵，其減緩暴雨流量之作用類似於滯洪池的概念，因為每個滯洪池的單位蓄水量總成本差異相當大，且單位成本受土地成本影響較大，林蕙萱等（2025）彙整我國多個滯洪池造價，並將其分為不含、包含土地之滯洪池單位蓄水量成本，本計畫參考其研究成果（採中位數）：不含土地成本的滯洪池單位蓄水量成本（＄NT／公噸）約為 460 元。此外，高峰流量實物量之估算需要 2024 年最高單次雨量，本計畫從交通部中央氣象署（2024）可知，2024 年僅有以下 5 個測站下過大豪雨：基隆、鞍部、阿里山、玉山、嘉義。本計畫再從交通部中央氣象署（2026）逐個調查 5 個測站 2024 年最大日降雨量：基隆（408mm）、鞍部（480mm）、阿里山（904mm）、玉山（416mm）、嘉義（481mm），故 2024 年單次最高日雨量為 904mm。

二、生態系服務價值估算過程

結合國內外文獻回顧結果，本計畫將我國森林水流調節服務價值評估公式分為：森林基線流量維持服務價值評估公式（如式 6-8）與森林高峰流

量減緩服務價值評估公式（如式 6-9），根據以上公式，將具體估算步驟說明如下：

$$V_BS = P \times A_i \times 10 \times S_b \times C_{bs} \qquad (6\text{-}8)$$

式中，V_BS = 森林基線流量維持服務價值（$\$NT/yr$）；

P = 年暴雨降雨量（mm）；

A_i = 各林型面積（ha），$i = 1,...,n$ ；

10=單位轉化係數；

S_b = 基線流量占總降雨的比例（%）；

C_{bs} = 水之影子價格（$\$NT/\text{m}^3$）。

$$V_PS_i = P \times A_i \times 10 \times (S_t + S_e) \times C_{ps} \qquad (6\text{-}9)$$

式中，V_PS_i = 森林高峰流量減緩服務價值（$\$NT/yr$）；

P = 全年單次降雨最大值（mm）；

A_i = 各林型面積（ha），$i = 1,...,n$ ；

10=單位轉化係數；

S_t = 森林冠層雨水截留量（排除流至樹幹與地面部分）占總降雨的比例（%）；

S_e = 森林蒸發散量占總降雨的比例（%）；

C_{ps} = 滯洪池單位蓄水成本（$\$NT/\text{m}^3$）。

（一）基線流量維持服務價值評估過程

步驟一：蒐集國內相關文獻，了解基線流量的定義，最後選擇採用陸象豫（2017）研究成果：森林生態系（蓮花池 5 號集水區）水源涵養量（基線流量）約占降雨之 21%。

步驟二：假設蓮花池 5 號集水區的研究成果可適用於全臺森林，且假設 2024 年我國森林基線流量維持服務與 2017 年相同，而基線流量維持服務價格採用臺灣自來水股份有限公司（2025）2024 年北、中、南區原水購入平均價格：1 元/m^3（1=（1.2+0.9+1）/3）。

步驟三：參考交通部中央氣象署（2024），我國 2024 年降雨資料為：2,135.9mm/年，又參考洪致文（2009）指出我國總降雨約一半來自颱風季的降雨，本計畫假設我國年暴雨降雨量為總降雨量之 50%，即為 1,068mm/年，再用林型面積乘上年暴雨降雨量獲得各林型年暴雨降雨總量。

步驟四：各林型年暴雨降雨總量，乘上步驟一降雨量之 21%，獲得各林型 2024 年基線流量維持服務之實物量，再乘上步驟二原水購入價格 1 元/m^3，即可獲得各林型 2024 年基線流量維持服務價值：約 45 億新臺幣/年。

（二）高峰流量減緩服務價值評估過程

步驟一：蒐集國內相關文獻，釐清在不違反 SNA 重複計算之原則下，高峰流量減緩服務實物量為（1）冠層截留量（排除流至樹幹與地面部分）與（2）森林生態系較非森林生態系增加之蒸發散量。

步驟二：蒐集估算森林冠層截留量之方法，參考林登秋等（1996）之研究成果：冠層截留量約為降雨量之 11.1%，又參考陳清勁（1975）指出冠層截留量中約 25%不會隨樹幹流至地面，本計畫將 11.1%乘上 25%，得到冠層截留量（排除流至樹幹與地面部分）約占降雨量之 2.78%。

步驟三：蒐集估算森林生態系較非森林生態系增加之蒸發散量。參考鄭皆達等（2002）的研究成果，針葉林與闊葉林蒸發散量約占總降雨之 20%~30%，本計畫取平均 25%。

步驟四：將步驟二與步驟三加總，可知我國森林高峰流量減緩服務實物量約占降雨之 27.78%(27.78%=2.78%+25%)，乘上交通部中央氣象署(2026)2024 我國 5 個測站(下過大豪雨)最高單次日降雨量範圍：408~904mm，即可獲得各林型此服務之年實物量範圍。

步驟五：估算高峰流量減緩服務價值。參考林蕙萱等（2025）彙整我國多個滯洪池造價，本計畫參考其研究成果（採中位數）：不含土地成本的滯洪池單位蓄水量成本（＄NT／公噸）約為 460 元。將步驟四所得之年實物量分別乘上 460，即可獲得各林型 2024 年高峰流量減緩服務價值：10,420~23,088 億新臺幣/年。

三、生態系服務價值之實證估算結果

森林水流調節服務分為基線流量維持服務與高峰流量減緩服務，基線流量維持服務依式 6-8 估算得出我國 2024 年森林生態系基線流量維持服務價值約為：45 億新台幣/年，估算結果彙整如表 6-38。高峰流量減緩服務依式 6-9 估算得出我國 2024 年森林生態系高峰流量減緩服務約為 23,088 億新臺幣/年，估算結果彙整如表 6-39。

表 6-38 2024 年我國各類林型基線流量維持服務價值評估結果

林型分類	面積[1]（公頃）	年暴雨降雨量[2]（立方公尺）	基線流量實物量[3]（立方公尺/年）	基線流量維持服務價值[4]（千元/年）
天然針葉林	205,725	2,197,040,138	461,378,429	461,378
人工針葉林	90,031	961,486,065	201,912,074	201,912
天然闊葉林	1,256,000	13,413,452,000	2,816,824,920	2,816,825
人工闊葉林	91,585	978,082,008	205,397,222	205,397
天然針闊混合林	115,093	1,229,135,694	258,118,496	258,118
人工針闊混合林	52,333	558,890,274	117,366,957	117,367
竹林（含混淆林）	187,808	2,005,695,536	421,196,063	421,196
總計	1,998,575	21,343,781,713	4,482,194,160	4,482,194

註 1：林型面積來自本計畫套疊第四次森林資源調查全島森林林型分布圖（農業資料開放平臺，2025）。

註 2：年暴雨降雨量=年平均降雨量×50%×林型面積，年平均降雨量為 2,135.9mm（交通部中央氣象署，2024）。

註 3：基線流量實物量=年降雨量×21%，21%係參考陸象豫（2017）。

註 4：基線流量維持服務價值=基線流量實物量×1 元/m^3，1 元/m^3 係參考臺灣自來水股份有限公司（2025）北、中、南區原水購入平均價格。

表 6-39 2024 年我國各類林型高峰流量減緩服務價值評估結果

林型分類	面積[1]（公頃）	全年最高單日降雨量範圍[2]（mm）	高峰流量減緩服務實物量[3]（立方公尺/年）	高峰流量減緩服務價值[4]（千元/年）
天然針葉林	205,725	408~904	233,173,652~516,639,661	107,259,880~237,654,244
人工針葉林	90,031		102,043,296 ~ 226,095,931	46,939,916~104,004,129
天然闊葉林	1,256,000		1,423,580,544~3,154,207,872	654,847,050~1,450,935,621
人工闊葉林	91,585		103,804,637 ~ 229,998,510	47,750,133~105,799,314
天然針闊混合林	115,093		130,449,168~289,034,432	60,006,617~132,955,839
人工針闊混合林	52,333		59,315,478 ~ 131,424,491	27,285,120~60,455,266
竹林（含混淆林）	187,808		212,866,095 ~ 471,644,484	97,918,404~216,956,463

林型分類	面積[1]（公頃）	全年最高單日降雨量範圍[2]（mm）	高峰流量減緩服務實物量[3]（立方公尺/年）	高峰流量減緩服務價值[4]（千元/年）
總計	1,998,575		2,265,232,871～5,019,045,380	1,042,007,121～2,308,760,875

註 1：林型面積來自本計畫套疊第四次森林資源調查全島森林林型分布圖（農業資料開放平臺，2025）。

註 2：全年最高單日降雨量參考交通部中央氣象署（2026）。

註 3：高峰流量減緩服務實物量=最高單日降雨量×27.78%，27.78%係根據林登秋等（1996）、陳清勁（1975）、鄭皆達等（2002）研究成果分析而得。

註 4：高峰流量減緩服務價值=高峰流量減緩服務實物量乘上 460 新臺幣/m^3；460 新臺幣/m^3 係參考林蕙萱等（2025）彙整我國多個滯洪池造價中位數。

四、研究限制與未來研究建議

本計畫研究限制與對應的研究建議如下，共有 3 點：

1、建議探討不同地區年暴雨總降雨量之差異。

目前假設 2024 年全臺年暴雨總量為總降雨量 50%（洪致文，2009），且假設各林型沒有差異，然而此假設可能造成誤差。

建議未來可以探討不同地區暴雨量之差異，例如，若能套疊全臺年暴雨降雨量圖層與林型分佈圖層，則可以凸顯出不同林型年暴雨降雨量之差異。

2、建議探討不同林型集水區基線流量占降雨之比例

目前採用陸象豫（2017）基線流量約為降雨量 21%的研究成果，然而該研究成果僅蒐集蓮花池 5 號集水區（天然闊葉林）之資料，本計畫因資料受限，故將該成果適用於全臺各類林型。

建議未來能有不同降雨量分佈地區之不同林型相關研究比較，可增加此服務價值評估之精確度。

3、建議探討不同林型森林冠層雨水截留量之差異

目前採用林登秋等（1996）與陳清勁（1975）之研究成果估算森林冠層雨水截留量，然這兩個研究距今已超 20 年，且未依不同林型分別探討雨水截留量之差異，此外，研究範圍以集水區為主，本計畫假設該集水區研究成果可適用於全臺。

建議未來若能有研究針對全臺不同林型森林冠層雨水截留量之比較研究，便能增加此服務實物量估算之精確度。

將以上 3 點的資料需求彙整如表 6-40，以利了解現有資料與理想資料的差距。

表 6-40 我國土壤與沉積物保留服務價值評估資料需求差異

現有資料	理想資料
全臺年暴雨總降雨量	全臺 7 類林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工針葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林、竹林）年暴雨總降雨量
2017 年蓮花池 5 號集水區（天然闊葉林）基線流量占總降雨量之比例	2024 年 7 類林型集水區（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工針葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林、竹林）基線流量占總降雨量之比例
1996 年闊葉林冠層雨水截留量	2024 年 7 類林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工針葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林、竹林）冠層雨水截留量

資料來源：本計畫編製。

第六節、授粉服務

SEEA-EA 的授粉服務（pollination services）係指野生傳粉者（pollinators）有助於農作物傳粉受精以維持或增加物種之豐富度及/或多樣性的生態系貢獻，且該物種可被經濟單位使用或享受。SEEA-EA 邏輯鏈中說明授粉服務之估算範疇並非以森林生態系為主。

一、生態功能說明

從 SEEA-EA（表 4-12）的邏輯鏈可知，授粉服務涉及許多生態系，主要以農地周遭區域為主，包含都市花園，常以農作物授粉面積作為實物流量之量測指標。SEEA-EA 邏輯鏈中授粉服務之估算範疇，並非以森林生態系為主，然因本研究前期計畫執行期間，專家學者認為授粉服務屬於森林較重要的生態系服務，故本計畫仍嘗試找尋森林生態系與授粉服務的相關性與價值評估模式。

大部分的開花植物需仰賴傳粉者才能結出果實與種子，也有部分可自主授粉或透過風來完成授粉。協助授粉的媒介（傳粉者）包含野生蜂、蜜蜂、其他昆蟲與脊椎動物如蝙蝠；蜜蜂大概為全球 1/3 農作物授粉。依照生產函數法（production function approach），農作物產值與授粉服務的關係如式（6-10）所示，授粉服務與其他投入一樣，會影響農作物的產值，而「傳粉者棲地的可及性」（例如至農地的距離）會影響授粉服務的供給。

$$y = f(x, q(h), k) \qquad (6\text{-}10)$$

式中，　y = 農作物產值；

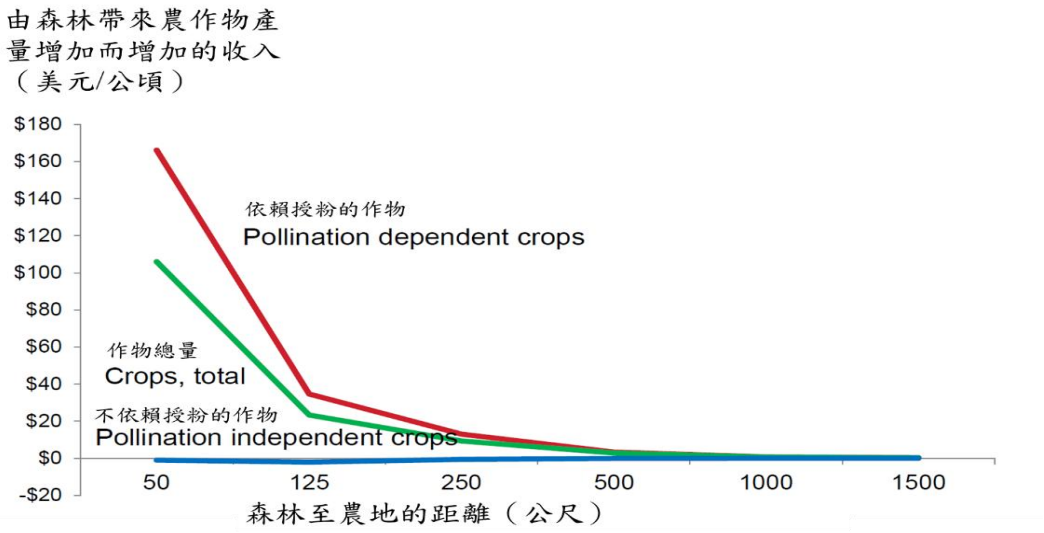
x = 投入與成本的向量；

$q(h)$ = 授粉服務；

h = 傳粉者棲地的可及性；

編製 SEEA-EA 授粉服務的專家除研究授粉對農作物產出的貢獻外，亦發現了「農地與森林的距離」與「森林帶來的農作物產值（美元/公頃」有關，農地與森林的距離越近，森林對其仰賴授粉的農作物產值貢獻越大，

而不仰賴授粉的農作物則不受影響，如圖 6-5 所示（Juha Siikamäki，2018）。



圖片來源：本計畫翻譯自 Juha Siikamäki（2018）。

圖 6-5 來自森林的授粉服務價值（針對農作物）

綜上，雖 SEEA-EA 在計算授粉服務時，多在探討授粉服務與農作物產值間的關聯性，以評估授粉服務的價值，我們可從 Juha Siikamäki（2018）的研究成果中發現森林對授粉服務的貢獻。

（一）國外文獻回顧

因 SEEA-EA 並未提供森林授粉服務的計算公式，而前期計畫所蒐集的 6 國（英國、荷蘭、日本、中國、加拿大與澳洲）生態帳中，發現僅有荷蘭評估了森林生態系授粉服務價值，且公開了計算方式，因此回顧 Statistics Netherlands and WUR (2022) 中記載的方法論。

荷蘭生態帳在計算授粉服務時，不將人工養殖的蜜蜂納入計算範疇，因為授粉服務應指生態系所提供的授粉服務，強調野生生物，包含：野蜂、大黃蜂、蝴蝶與食蚜蠅（hoverflies）。荷蘭對授粉服務的定義，與 SEEA-EA 邏輯鏈一致，以授粉服務對農作物的貢獻為主。

農作物授粉（crop pollination）的提供者係在作物田野（農地）地景周圍的生態系，而非農地本身。野生傳粉者需要農業地景提供充足的資源，這些資源包含適宜的築巢地（例如樹洞或特定的土壤基質）以及充足的花

卉資源（例如花粉與花蜜）。授粉服務的受益者為農業生產者，在量測該服務的實物流量時，以因有授粉服務而「可避免的農作物損失」為指標，通常以公噸為單位；而在評估該服務的價值時，評估的是用替代授粉方式時所需成本，通常以貨幣為單位（Statistics Netherlands and WUR，2022）。

荷蘭授粉服務的生態帳以地圖的方式評估其服務價值，評估過程分別以兩項空間資料為準：「仰賴傳粉者的作物空間分布」與「適合傳粉者居住的生態系分布」。

1、仰賴傳粉者的作物空間分布

此空間分布圖與作物對傳粉者的依賴程度有關，首先需了解各類作物對於傳粉者的依賴程度，其次才能評估若失去授粉服務，預期可能會帶來多少的農業損失。荷蘭生態帳引用 Klein et al.（2007）的研究成果，將荷蘭作物依照其對傳粉者的依賴程度分為 5 個級距，每個級距皆有對應的農作物品項（參見表 6-41）。評估我國生態系授粉服務的貢獻，亦可透過假設農作物失去授粉服務可能會造成多少經濟損失的方式，評估授粉服務的價值。

表 6-41 荷蘭農作物對傳粉者的依賴級距

依賴級距	若無授粉服務 農作物產量 減少百分比	農作物
非常依賴 essential	>90%	櫛瓜、南瓜
大 large	40%~90%	覆盆子、黑莓、其他莓果、一年生果樹、多年生果樹（如梨子、蘋果、櫻桃）、夏季油菜與冬季油菜
中 modest	10%~40%	草莓、茄子、紅醋栗、黑醋栗、夏季油菜、冬季油菜與向日葵
小 little	0%~10%	其他豆類及其他油籽
不依賴 no increase	不減少	其他作物

資料來源：本計畫翻譯自 Klein et al.（2007）。

2、適合傳粉者居住的生態系分布

此分布圖可呈現各個生態系對傳粉者而言是否適合居住？荷蘭利用 Kennedy et al.（2013）的研究成果，將每個生態系對傳粉者而言的宜居程度量化為 0~100 間的值，0 代表非常不適合傳粉者居住，100 代表非常適合傳粉者居住，這個值的計算是利用了生態系的「總築巢量（total nesting）」與「花卉資源可及性（floral resource availability）」來評估一個生態系對傳粉者的宜居程度，荷蘭各生態系對傳粉者的宜居程度與表 6-42 所示。表 6-42 中的落葉林、混合林與針葉林，這三類都屬於森林生態系範疇，可以看出荷蘭的落葉林比混合林與針葉林都更適合傳粉者居住。

表 6-42 荷蘭各類生態系對傳粉者的宜居程度

生態系類型 description ecosystem tpyes	總築巢量與花卉適宜性 Total nesting and floral suitability
荒原	100
落葉林	**89**
天然草地、耕地邊緣	80
混合林	**66**
多年生作物，粗放型	58
草地，粗放型	53
高大草本植物	48
針葉林	**44**
一年生作物，天然或粗放型	41
鹽沼、沼澤與低地泥炭	36
草地	26
海灘、沙地、海岸沙丘	26
休耕地	26
建築用地、基礎建設	0
水域	0

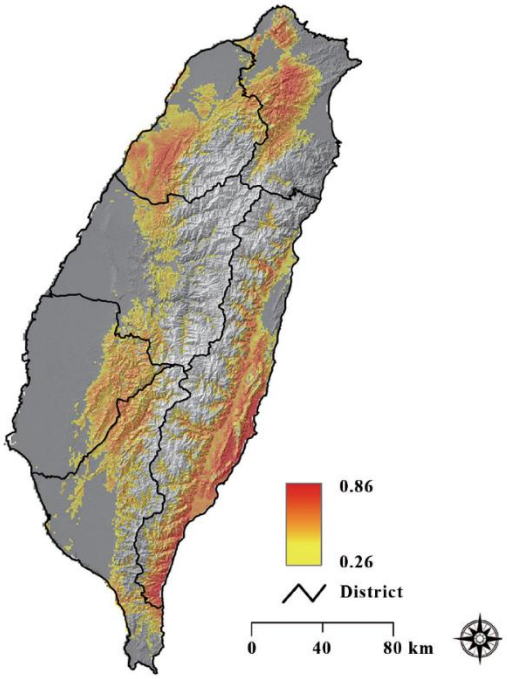
資料來源：本計畫翻譯自 Kennedy et al.（2013）

荷蘭的授粉服務最終會產出兩張地圖，一張是「生態系授粉服務使用圖」，另一張是「生態系授粉服務供給圖」。生態系授粉服務使用圖是基於兩部分的資料：（1）需要授粉服務之作物的空間分布；（2）需要授粉服務之作物與提供授粉服務生態系間的距離。生態系授粉服務供給圖以基於兩部分資料：（1）生態系對傳粉者的宜居程度；（2）需要授粉服務的作物與

宜居生態系間的距離。

（二）國內文獻回顧

目前國內森林生態系授粉服務價值評估研究很少，本計畫找到較具參考價值的文獻為呂明倫等（2019）的研究成果，該研究使用物種分布模型(species distribution model, SDM)，推估東方蜜蜂全臺潛在棲地分布，且發現棲地主要土地使用類別為森林，東方蜜蜂棲地分布如圖 6-6 所示，推估結果為 0~1，代表東方蜜蜂出現的概率，該研究認為當出現概率大於等於 0.26 時，即可認視為東方蜜蜂潛在棲地。



圖片來源：本引用自呂明倫等（2019）。

圖 6-6 我國東方蜂全臺潛在棲地範圍

雖東方蜜蜂為蜜蜂屬下一種，似乎不能代表所有蜜蜂，然由於以下原因，本計畫仍選擇呂明倫等（2019）的研究成果：(1）該研究資料係以全臺灣 217 筆實際觀測到東方蜜蜂之資料為推估依據，使得推估結果具有代表性；(2）進行 SDM 推估時，考量了氣候、地形、土地利用等環境因素，考量因子較為全面；(3）生態帳之授粉服務聚焦在野生傳粉者，唯野生傳粉者屬於生態系貢獻，而東方蜜蜂因其不易馴服之特性，族群大多數皆以

野生為主，較能夠代表野生傳粉者；(4)授粉服務依賴地理資訊系統分析，目前相關研究成果較少，僅該研究可提供相關圖層作為參考依據。

三、 生態系服務價值估算過程

結合國內外文獻回顧結果，本計畫將森林授粉服務公式整理如式 6-11，根據該公式，將具體估算步驟說明如下：

$$V_PS = (A_{ac} / A) \times P \times L \qquad (6\text{-}11)$$

式中，V_PS = 森林東方蜜蜂授粉服務價值（$NT/yr）；

A_{ac} = 以森林為棲地之東方蜜蜂覓食範圍所覆蓋之農地（旱作與果樹）面積（m^2）

東方蜜蜂覓食範圍為1.9km；

A = 我國農地（旱作與果樹）總面積（m^2）；

P = 需要蜜蜂授粉之農作物年產值（$NT/yr）；

L = 無蜜蜂授粉服務可造成之農作物損失（%）

農作物損失約20%~30%；

步驟一：套疊出以森林為棲地之東方蜜蜂分布圖。因本計畫以計算森林生態系授粉服務為主，故需先獲得以森林為棲地之東方蜜蜂分布圖。本計畫使用呂明倫等（2019）東方蜜蜂潛在棲地分布圖，利用 QGIS 軟體套疊「第四次森林資源調查全島森林林型分布圖」(農業資料開放平臺，2025)，取兩個圖層交集，即可得到以森林為棲地之東方蜜蜂分布圖，如圖 6-7，深色部分即為以森林為棲地之東方蜜蜂分布。

步驟二：計算出以森林東方蜜蜂授粉服務範圍。呂明倫等（2019）指出東方蜜蜂平均覓食距離為 1,900m，故本計畫以步驟一所得圖層為中心，1,900m 為半徑，使用 QGIS 畫出以森林為棲地之東方蜜蜂覓食範圍，如圖 6-8，每個圓圈所圈起來的部分，即為以森林東方蜜蜂授粉可服務範圍。



圖片來源：本計畫繪製。

圖 6-7 我國以森林為棲地之東方蜜蜂分布圖。



圖片來源：本計畫繪製。

圖 6-8 我國以森林為棲地之東方蜜蜂覓食範圍。

步驟三：計算我國農地（旱作與果樹）總面積。從國土利用調查成果可知，農業使用土地可分為「農作」、「水產養殖」、「畜牧」與「農業附帶設

施」，而本計畫想要了解的是森林生態系授粉服務對森林周圍農地之貢獻，因此聚焦於「農作」一類，而農作可分為「稻作（代碼 010101）」、「旱作（代碼 010102）」、「果樹（代碼 010103）」與「廢耕地（代碼 010104）」（內政部全球資訊網，2025），因稻作產物皆不需要蜜蜂授粉服務，廢耕地亦無作物產出，故僅需旱作與果樹之面積分布，本計畫使用 QGIS 將屬性資料為旱作與果樹挑選出來後如圖 6-9 所示，顏色較深者為旱作與果樹分布範圍，計算出全臺旱作與果樹面積約為：4,887,249,868m^2。



圖片來源：本計畫繪製。

圖 6-9 我國農地（旱地與果樹）面積分布。

步驟四：計算出被東方蜜蜂（以森林為棲地）服務之農地（旱地與果樹）面積。步驟三已描繪出旱地與果樹的範圍，然本計畫想要知道哪些屬於森林授粉服務可涵蓋的範圍，而步驟二成果可代表以森林為棲地之東方蜜蜂覓食範圍，故用步驟三圖層套疊步驟二圖層，取兩個圖層交集，即為被東方蜜蜂（以森林為棲地）服務之農地（旱地與果樹）範圍，如圖 6-10 中深色部分，使用 QGIS 計算出面積為 2,386,625,615m^2。



圖片來源：本計畫繪製。

圖 6-10 可被森林東方蜜蜂服務到的旱地與果樹分布圖。

步驟五：蒐集仰賴蜜蜂傳粉的農作物年產值資料。本計畫從農業統計資料查詢（2025）找到 2024 年「農產品生產量值統計」，從中下載「雜糧產值」、「特作產值」、「製糖甘蔗產值」、「蔬菜產值」、「菇類產值」、「果品產值」與「花卉產值」共 235 項農產品，本計畫假設排除稻作後的就屬於旱作與果樹，年產值約 2,528 億新臺幣。由於這 235 項並非全都需要蜜蜂傳粉，有的是透過風媒，有的是透過其他非蜜蜂傳粉者，有的不需要授粉，本計畫從 235 項中挑選出 121 項仰賴蜜蜂傳粉的作物，如表 6-43 所示，這些作物可能屬於高度依賴蜜蜂傳粉的作物，也可能屬於中度或低度依賴蜜蜂傳粉的作物，這 121 項農作物 2024 年年產值約為 1,257 億新臺幣。

表 6-43 仰賴蜜蜂傳粉作物的年產值（2024 年）

作物類別	產值（千元新臺幣）	作物類別	產值（千元新臺幣）
蕎麥	52,283	毛豆	3,365,625
花豆	51	豌豆	227,367
紅豆	718,186	甜椒	715,257

作物類別	產值（千元新臺幣）	作物類別	產值（千元新臺幣）
綠豆	2,203	辣椒	773,681
芝麻	350,484	南瓜	2,536,006
棉花	69	佛手瓜	16,995
向日葵	3,518	節瓜(毛)瓜	5,647
油菜子	469	皇帝豆	348,909
茶	8,046,741	扁蒲	239,988
仙草	62,760	絲瓜	1,193,208
紫蘇	320	黃秋葵	273,282
大甲蘭	143	鵲豆(肉豆)	3,062
茉莉	71,446	關刀豆	212
杭菊	109,313	四季豆	1,581,278
油茶	377,151	葡萄柚	126,007
亞麻	2	龍眼	3,218,852
甜菊	2	本地種芒果	1,234,204
羅勒	177,587	改良種芒果	7,767,831
黃梔	14,374	番石榴	6,242,054
葛藤	-	李	504,902
咖啡	661,851	桃	2,104,941
愛玉子	508,931	柿	4,623,241
柴胡	-	蓮霧	3,298,984
山藥	642,674	巨峰葡萄	5,039,261
當歸	1,236	義大利葡萄	10,212
薄荷	14,128	金香葡萄	75,489
黃芩	0	黑后葡萄	159,765
桔梗	-	枇杷	1,231,092
除蟲菊	-	梅	466,576
蘿蔔	737,984	荔枝	5,503,099
胡蘿蔔	792,590	橄欖	38,646
牛蒡	70,901	楊桃	106,056
波羅門蔘	8	梨	5,318,942
甘藍	8,522,795	蘋果	67,272
抱子甘藍	1,224	棗	2,358,406
結球白菜	728,954	番荔枝	-
不結球白菜	3,268,140	百香果	1,422,495
大芥菜	230,995	彌猴桃	5,349
甕菜	1,262,046	人心果	2,517
茼蒿	274,346	酪梨	1,202,484
香芹菜	2,747	楊梅	13,894

作物類別	產值（千元新臺幣）	作物類別	產值（千元新臺幣）
芫荽	125,872	栗	9,806
芥藍	1,101,414	紅龍果	2,793,000
茴香	27,252	番荔枝(大目種)	768,566
吉康菜	28	番荔枝(鳳梨釋迦)	550,679
西瓜	2,220,328	桑	33,522
洋香瓜	1,014,249	菊花	1,209,266
香瓜	964,767	唐菖蒲	126,094
瓜子瓜	-	夜來香	29,581
草莓	2,087,792	大理花	162
食用番茄	4,627,433	滿天星	-
加工番茄	7,149	洋桔梗	287,020
青花菜	998,740	香石竹	74,232
胡瓜	1,685,253	百合	2,175,225
越瓜	53,796	玫瑰	470,176
冬瓜	268,364	滿天星	21,621
苦瓜	1,393,412	火鶴花	386,431
茄子	1,209,388	非洲菊	336,872
長豇(菜)豆	546,538	天堂鳥	103,250
玉蘭花	20,044	文心蘭	567,712
蘭花	6,266,739	**總計**	**125,693,512**

資料來源：2024 年產值資料來自農業統計資料查詢（2025）。

步驟六：推估被森林東方蜜蜂服務到的旱作與果樹農作物產值，且這些作物屬於仰賴蜜蜂傳粉的作物。將步驟四結果除以步驟五結果，可知東方蜜蜂服務的旱作與果樹的面積占全臺旱作與果樹面積的 49%（49%=2,386,625,615/ 4,887,249,868）。本計畫因此假設 121 項仰賴蜜蜂傳粉的作物年產值的 49%可被以森林為棲地的東方蜜蜂服務，故森林東方蜜蜂服務到的農作物產值約為 614 億新臺幣/年（61,380,810,037= 125,693,512,165×49%）。

步驟七：計算以森林為棲地的東方蜜蜂授粉服務價值。步驟六得到森林東方蜜蜂服務到且仰賴蜜蜂作物產值約為 614 億新臺幣/年，這些並非都能算入授粉服務價值，唯有失去東方蜜蜂授粉可能造成的農產值損

失，可算為東方蜜蜂授粉服務的貢獻，即該服務價值。因本計畫未找到國內有研究估算過失去授粉服務將造成多少的農作物損失，故暫且引用美國農業部推估的結果：農作物若得到蜜蜂充分的授粉服務有助於增加 20%~30%的產值（苗栗區農業改良場，2025）。將 614 億新臺幣分別乘上 20%與 30%，得到 2024 年以森林為棲地的東方蜜蜂授粉服務價值約為 123 億~184 億新臺幣/年。

三、生態系服務價值之實證估算結果

依授粉服務價值估算公式，進行上述步驟一至步驟七之估算後，結果如表 6-44 所示，本計畫估算出 2024 年森林授粉服務價值區間為 123 億~184 億新臺幣/年。

表 6-44 2024 年我國森林授粉服務價值評估結果

全臺旱作與果樹面積[1]（m^2）	4,887,249,868
東方蜜蜂覓食範圍涵蓋之旱作與果樹面積[2]（m^2）	2,386,625,615
仰賴蜜蜂傳粉之作物年產量[3]（新臺幣/年）	125,693,512,165
失去授粉服務將造成的農作物損失比例[4]	20%~30%
授粉服務價值（新臺幣/年）	**12,276,162,007~ 18,414,243,011**

註 1：全臺旱作與果樹面積來自本計畫使用 QGIS 將國土利用調查成果屬「旱作（代碼 010102）」與「果樹（代碼 010103）」之面積進行加總。

註 2：本計畫以呂明倫等（2019）全臺東方蜜蜂潛在棲地分布圖為基礎，利用 QGIS 套疊「第四次森林資源調查全島森林林型分布圖」（農業資料開放平臺，2025），算出以森林為棲地之東方蜜蜂潛在棲地，再以棲地為圓心，1,900m 為半徑算出覓食範圍，再套疊全臺旱作與果樹面積分布圖，得到東方蜜蜂覓食範圍涵蓋之旱作與果樹面積。

註 3：從農業統計資料查詢（2025）挑選出 121 項仰賴蜜蜂傳粉之作物 2024 年年產值。

註 4：作物損失比例參考苗栗區農業改良場（2025）。

四、研究限制與未來研究建議

本計畫研究限制與對應的研究建議如下，共有 3 點：

1、建議將研究對象從東方蜜蜂擴增至其他傳粉者

本計畫用東方蜜蜂代表森林所有傳粉者，係因資料受限，然東方蜜蜂僅屬蜜蜂下一類，除東方蜜蜂外還有其他蜂類，除蜜蜂外亦會有其他動物

可協助授粉，用東方蜜蜂代表所有傳粉者會造成森林服務價值被低估的問題。

建議未來有更多研究可以推估森林傳粉者的潛在分布，及其可服務範圍（覓食距離），以增加森林授粉服務價值評估之範疇。

2、建議計算不同農作物失去不同傳粉者時可能的農作物損失比例

本計畫從農業統計資料查詢（2025）挑選出 121 項仰賴蜜蜂傳粉之作物 2024 年年產值，而這 121 項混雜了高度、中度或低度依賴蜜蜂傳粉之作物，依賴程度越高代表失去授粉服務後造成的農作物損失將越大，本計畫將這 121 項對蜜蜂傳粉的依賴程度視為一致，假設失去授粉服務後農作物產值損失比例為 20~30%。

建議未來有更多研究可以將我國農作物對不同傳粉者的依賴程度進行分類，並針對各項分類計算出失去授粉服務後可能造成之農作物損失，以增加未來森林授粉服務價值評估之精準度。

3、建議繪製全臺農作物產值分布圖

本計畫假設每種作物單位面積之產值相同，本計畫算出東方蜜蜂覓食範圍約占全臺旱作與果樹面積之 49%，便假設農作物產值的 49%皆為東方蜜蜂可服務到的範圍，然而在地理空間上，各項作物並非平均分布在農地上，有些地區特別適合種植某項作物，導致產值亦會集中在這些區域，因此農作物產值並非僅與面積大小有關，還可能與土壤、地形、降雨等因素有關。

建議未來能針對依賴傳粉的農作物，繪製出全臺農作物產值分布圖，則更有利於森林授粉服務價值之推估。

將以上 3 點的資料需求彙整如表 6-45，以利了解現有資料與理想資料的差距。

表 6-45 我國森林授粉服務價值評估資料需求差異

現有資料	理想資料
臺灣東方蜜蜂棲地圖層及平均覓食距離	臺灣各類傳粉者棲地圖層及平均覓食距離
美國農作物產值失去蜜蜂授粉後的平均損失比例（所有農作物皆用統一比例）	臺灣農作物產值失去授粉服務後的平均損失比例（依不同農作物及不同傳粉者分類）
假設全臺每種依賴蜜蜂授粉的作物單位面積產值相同	繪製全臺每種依賴不同傳粉者的農作物產值地圖

資料來源：本計畫編製。

第七章、環境經濟整合帳-生態帳（SEEA-EA）森林生態系之文化服務與評估方法

本章第一節首先說明 SEEA EA 對生態系文化服務的定義；第二～四節則分別說明森林生態系之遊憩服務效益、視覺舒適服務效益、教育/科學與研究服務效益。由於 SEEA EA 的提供評估文化服務之旅行成本法、特徵價格法等，與過往文獻採用之推估內涵有所差異，故本章主要整理 SEEA EA 倫敦環境帳小組（London Group on Environmental Accounting）[1]（Oras et al., 2022、2019）提出的推估公式；本計畫推估文化服務之遊憩服務效益採用現地問卷調查蒐集資料，相關方法學、抽樣方式、與推估結果請參見第八、九章。

第一節、SEEA EA 對生態系文化服務的定義、分類與範疇

一、生態系文化服務之定義

United Nations et al.（2021）指出：在人類與生態系間有許多重要的連結，這些連結在特質上不屬於供給服務或調節服務，而可歸於文化服務。文化本身不能算是一種服務，而是一個概括性的標籤，用來概括人類與自然間產生的連結，以及這些連結的動機。文化服務係用來涵蓋體驗型（experiential）、非實物型（non-material）的連結。SEEA EA 對生態系服務的定義為：「生態系對經濟與人類活動的效益」所產生的貢獻。生態帳的文化服務可透過以下兩點界定：(1)首先要先確定該項服務的相關效益為何，因文化服務僅能從「使用者」角度來定義；(2) 文化服務的流量反應了生

[1]成員包括來自德國聯邦統計局（Federal Statistical Office of Germany）（主席）、愛沙尼亞統計局（Statistics Estonia）、義大利國家統計局（Italian National Institute of Statistics）、荷蘭統計局（Statistics Netherlands）、瑞典統計局（Statistics Sweden）、英國國家統計局（the Office of National Statistics of the United Kingdom）、美國經濟分析局（the U.S. Bureau of Economic Analysis）、歐盟統計局（Eurostat）、國際貨幣基金組織（International Monetary Fund，IMF）和聯合國統計司（United Nations Statistics Division，UNSD）的代表。

態系對這些文化效益所產生的貢獻，亦反應了生態系的特徵與品質。

二、生態系文化服務之分類

對生態帳而言，由生態系文化服務的貢獻而帶來文化效益包含兩類：（1）在生態系內進行活動（包含遊憩活動）所帶來的效益；指人類直接接觸與體驗大自然所獲得的效益，此效益被認為是生態系所貢獻，其中也包含人類投入時間與潛在資源（例如設備、旅行）。（2）與生態系或其所包含之生物多樣性間建立文化、精神、藝術或類似互動關係而帶來的效益；此類效益源自各種動機，包含文化與精神上的連結，進而成為某些經濟交易的重點，可反應使用價值與非使用價值，例如捐款給致力於保護與養護生態系的非盈利組織。以上這兩類效益都包含對人類生理與心理健康的益處。

三、生態系文化服務之分類

生態帳文化服務的計算範疇，會排除遠端生態系體驗帶來的效益，例如透過電視、音樂、照片等各類媒介的生態系體驗所帶來的效益，不屬於生態帳表之統計範疇。在上述情況下仍會被納入統計範疇的是直接體驗到生態系特徵與品質的人所使用到生態系效益，例如藝術家、電影製片人等，在一些情況下需付費探勘訪查權（或其他類似權），以確保遠端使用者可以享用生態系貢獻。

基於上述文化服務效益之計算範疇，生態系文化服務的定義為：人類透過生態系品質而感知或瞭解生態系的存在與功能，進而衍生出一系列文化效益。在此定義下，生態系文化服務的意涵包括：（1）可反應提供人類活動空間與活動機會的生態系貢獻；（2）可連接於「被視為人類體驗生態系的流量」；（3）可帶來多種效益，即一個生態系可因不同使用者之不同使用動機而產生不同的文化效益。

四、生態帳中生態系文化服務效益之估算範疇

聯合國生態帳建議使用者編製生態帳時使用「邏輯鏈（logic chain）[2]」界定生態系服務與效益的範疇，並提供了表 4-12 供使用者參考。由表 4-12 可知，文化服務較無特定生態系類型可對應，聯合國生態帳認為許多生態系都與前 3 項文化服務有關，但尚未公告「精神、藝術與象徵性服務」的邏輯鏈，無法確定該項是否可與森林生態系相對應。因此，本計畫在評估森林生態系之將文化服務時，僅聚焦討論「遊憩服務」、「視覺舒適服務」與「教育、科學與研究服務」。

第二節、遊憩服務

SEEA EA 將遊憩服務（recreation-related services）定義為：有助於人類透過直接、現場、實體及體驗的方式與環境互動、使用與享受環境的生態系貢獻，特別是生態系生物之物理特徵與品質帶來的貢獻。此項服務包含當地與非當地的服務（例如：訪客，包含觀光客），而遊憩服務也包括提供休閒釣魚與狩獵。

一、生態功能說明

生態系提供了吸引人進行休閒遊憩活動的環境，生態系遊憩服務被定義為：提供與自然相關觀光、遊憩的機會。由聯合國生態帳邏輯鏈表 4-12 可知，遊憩服務的受益者為家戶與企業（旅遊業等），該服務的實物流量指標為：訪問次數與時長（小時）。森林生態系的規模、標誌性物種或地標、支援性設施等因素皆會影響此服務的供給，而森林遊憩地可及性、森林遊憩需求等因素皆會影響該服務的使用。

[2] 在編製生態帳時，「邏輯鏈（logic chain）」是用以界定各項生態系服務與效益邊界的一致性工具，目的在於提供一個標準框架，以利記錄與個別生態系服務有關的描述與量測。一個邏輯鏈反應了一個生態系資產所提供有關生態系服務的一系列資訊，包含哪個經濟單元使用此項生態系服務作為一項生產投入或消費，進而產生 SNA 及非 SNA 效益。

二、生態系遊憩服務價值之估算模式（包括具體公式）

文獻中常用旅行成本法（travel cost method ，TCM）加以估算生態系之遊憩服務價值，而 TCM 需透過問卷訪談大量遊客以取得遊客個人社經資料、旅遊時間（包括旅行時間、停留時間）、旅遊支出、旅遊地品質等相關資料。

2022 年，愛沙尼亞統計局（Statistics Estonia）、荷蘭統計局（Statistics Netherlands）與塔林理工大學（Tallinn Technical University）聯合在倫敦的工作小組中發表了 SEEA EA 遊憩服務的介紹（Oras et al.，2022）。Oras et al.（2022）指出遊憩服務的末端使用者（當地居民與遊客）為此項服務的受益人，且用「前往遊憩區、步道進行遊憩活動所記錄的旅遊人次」代表此服務。

Oras et al.（2022）同時指出 TCM 雖是最廣泛用於評估生態系遊憩服務價值的方法，但需訪談大量遊憩服務使用者才能進行評估。因此建議使用「時間價值法」，亦即使用遊憩服務所花費時間的貨幣價值加以評估估遊憩服務價值。

評估時間的貨幣成本過去常被應用於運輸領域的成本效益分析，因對運輸領域而言，節省時間是其重要考慮要素之一（Meunier& Quinet，2015）。如今已經有許多研究已量化出「旅行時間的單位成本」與「節省時間的價值」；但然時間貨幣價值的應用並不限縮於運輸領域，亦適用於其他會消耗時間之活動的價值評估，例如生態系遊憩服務價值的評估。

當使用時間價值法評估遊憩服務時，第一步需先確定休閒（非工作）時間的貨幣價值。工作時間的貨幣價值通常與個人所得有關，而評估休閒時間貨幣價值有兩種方法：（1）根據人們對休閒時間價值的主觀評估；（2）以工作時間價值之固定百分比估算，而工作時間價值與所得有關。

綜上，使用時間價值評估法評估我國森林生態系時，可採用式（7-1）。將森林生態系以遊憩為目的之訪問次數乘以遊客出行的平均時數，再乘以

休閒時間的價格，即可估算森林遊憩服務的年總價值。

$$V_{service} = N \times (T_t + T_s) \times P; \quad (7\text{-}1)$$

式中，$V_{service}$ = 森林遊憩服務價值（$\$NT/yr$）；

N = 森林年訪問次數（屬遊憩類）;

T_t = 遊客至森林遊樂區花費在交通上的平均時數（hr）；

T_s = 遊客於森林遊樂區遊憩停留的平均時數（hr）；

P = 休閒（非工作）時間的價格（$\$NT/hr$）。

但利用時間價值法與 TCM 評估森林生態系遊憩價值時，兩者的意涵不同，完成旅遊行為需包含支出時間與金錢，時間價值法僅包括了旅遊時間的貨幣價值，但忽略了旅遊相關之金錢支出，故會低估遊憩效益。

三、文獻中生態系遊憩服務價值估算方式

Oras et al.（2022）估算休閒時間之單位價值係以 Heatco（2006）成本效益分析成果為 4.99 歐元/時為基礎，再加上 1／3 因過去十年 GDP 成長帶來的漲幅，最後以 6.5 歐元/時為遊憩服務價值評估的時間價值。而後又估算人們前往步道（約 1 小時）與在步道花費的時間（約 0.5 小時），共 1.5 小時，最後又蒐集到了步道的年總旅遊次數為 3,297,500，因此將旅遊次數乘以每次花費的時間，再乘以時間價值，即可獲得生態系遊憩服務總價值約 32,151,000 歐元（＝3,297,500*1.5*6.5）。

第三節、視覺舒適服務

SEEA EA 將生態系視覺舒適服務（visual amenity services）定義為：有助於當地生活條件，特別是透過生態系生物物理特徵與品質，提供感官（尤其是視覺）效益的生態系貢獻。此項服務可與其他生態系服務結合，例如：提供舒適價值的遊憩服務與降噪服務。

一、 生態功能說明

回顧前期計畫可知，在英國、荷蘭、日本、中國、加拿大、澳洲這 6 國中，僅荷蘭在計算文化服務時，將美質服務（amenity services）納入價值評估範疇，其餘 5 國皆未計算這項服務，故以下以荷蘭美質服務的價值評估方法（Statistics Netherlands and WUR，2022）為主要參考文獻。

由 SEEA-EA 邏輯鏈（表 4-12）可知，視覺舒適服務之收益者為「家戶」，這項服務的供給與「地景管理」等因素有關，而這項服務的使用與「居住在綠色/藍色區域中的需求」等因素有關，且其效益與「房產增值」有關。

若需理解以上邏輯鏈，需先理解「amenity（美質）」一詞的來源，這裡的美質是引用自不動產領域，在不動產領域中，美質專指為不動產帶來效益且不動產價值因此提升的事物（Statistics Netherlands and WUR，2022）。而邏輯鏈中的綠色/藍色區域（green/blue areas）可對應我國都市計畫與都市設計中之綠色/藍色空間（green/blue space），綠色空間指公園、綠地等基

礎設施，藍色空間指水體、水道等基礎設施。住在綠色空間與藍色空間附近可享受其帶來之效益；而公園、綠地、水體皆可視為生態系的類別，住在這些生態系附近帶來的視覺舒適的效益，即為這項服務之貢獻；而家戶為住在這些生態系附近而願意在購買房屋上多付出的錢，即為這項服務之貨幣價值。

該服務強調的是美質帶來「視覺上」之效益，而荷蘭 2022 年公佈的生態帳該服務使用的是「amenity services（美質服務）」而非「visual amenity services（視覺舒適服務）」。荷蘭在生態帳的技術報告中指出，綠色與藍色空間帶來的美質服務可包含：遊憩效益、視覺美學效益、降噪效益與空氣過濾效益，在計算上應特別注意不能與既有之生態系服務重複計算，例如為避免與遊憩服務重複計算，荷蘭用旅行時間 1 小時為依據，若家戶至遊憩地需於花費 1 小時或以上旅行時間者視為遊憩服務，若家戶至遊憩地花費之旅行時間少於 1 小時者，則視為是至鄰近綠色、藍色空間，屬於美質服務，此外荷蘭強調這項服務只能以貨幣形式呈現，無法統計其實物流量（Statistics Netherlands and WUR，2022）。

綜上，在 SEEA-EA 的脈絡下，森林視覺舒適服務應指森林生態系為居住在森林附近之居民所帶來之效益，尤其指帶來視覺舒適之效益。

二、生態系服務價值之估算公式

荷蘭生態帳之美質服務價值估算使用的特徵價格模型如式 7-2：

$$\ln(WOZ_{iz}) - \ln(WOZ_{jz}) = \sum_{k=1}^{K} \beta_k (X_{izk} - X_{jzk}) + \sum_{c=1}^{C} \beta_c (CANA_{izc} - CANA_{jzc}) + \sum_{d=1}^{D} \beta_d (ONA_{izd} - ONA_{jzd}) + \varepsilon_{ijz}; \quad (7\text{-}2)$$

式中，$\ln(WOZ_{iz}) - \ln(WOZ_{jz})$ = 在郵遞區號前4碼相同的z區內，房屋i與房屋j價值取自然對數的價差；

X = 控製變數的向量，含屋齡、房屋類型、房屋大小、土地面積與租賃狀態;

$CANA_{izc}$ = 虛擬變數，反應房屋i至最近CANA的距離(c區間內）；

ONA_{izd} = 虛擬變數，反應房屋i至最近ONA的距離(d區間內）；

ε_{ijz} = 標準誤差。

式 7-2 中的 CANA 為荷蘭的「具有吸引力自然區的集群（clusters of attractive nature areas）」，ONA 為荷蘭的「其他自然區（other nature areas）」。荷蘭的

CANA 是透過地理資訊系統建立的，可辨識出生態系文化服務的空間位置（Bijker and Sijtsma，2017；De Vries et. al.，2013），而 ONA 係以荷蘭的生態系類別地圖為基礎，其中屬於自然的生態系都被納入 ONA，包含：森林、天然農地與草地、濕地、水體與都市綠地，ONA 的最小單位為一公頃，且每個單位內皆至少有 80%以上是屬於自然的生態系。住宅至 CANA 的區間 c 分為：c=0~500m、500~1,000m、1,000~2,000m、2,000~3,000m、3,000~4,000m、4,000~5,000m、5,000~6,000m；住宅至 ONA 的區間 d 分為：d=0~50m、50~100m、100~150m、150~200m、200~250m、250~300m、300~350m、350~400m、400~450m（Statistics Netherlands and WUR，2022）。本計畫以森林生態系服務價值評估為主，故無需如荷蘭分為 CANA 與 ONA，聚焦在住宅與森林生態系之距離即可，該距離之計算仰賴我國住宅分佈圖與我國森林生態系分佈圖，再採用地理資訊系統計算二者間之距離，最後透過設定相應的區間，將距離化為類別變數（即虛擬變數）。

房屋價格與控制變數的資訊，荷蘭採用荷蘭統計局的房屋存量登記（Statistics Netherlands，2021），使用共 780 萬單戶住宅之房屋價值與其房屋及土地特徵資訊進行計算。因使用的是房屋購買價值，而非租賃價值，故最後計算出之金額為美質服務之資產價值，荷蘭假設生態系壽命為 100 年，折現率 3%，使用淨現值法將資產價值還原為年值，即可算出美質服務之貨幣價值（會計期間為一年）。本計畫亦需蒐集森林附近住宅之房屋價格及其相應之房屋、土地特徵，以利計算。綜上，本計畫將荷蘭的式 7-2 修改為式 7-3，以利本計畫推估森林生態系之美質服務價值。

$$\ln(WOZ_{iz}) - \ln(WOZ_{jz}) = \sum_{k=1}^{K} \beta_k (X_{izk} - X_{jzk}) + \sum_{c=1}^{C} \beta_c (forest_{izc} - forest_{jzc}) + \varepsilon_{ijz}; \qquad (7\text{-}3)$$

式中，$\ln(WOZ_{iz}) - \ln(WOZ_{jz})$ = 在郵遞區號前4碼相同的z區內，房屋i與房屋j價值取自然對數的價差；

X = 控製變數的向量，含屋齡、房屋類型、房屋大小、土地面積與租賃狀態;

$forest_{izc}$ = 虛擬變數，反應房屋i至最近森林生態系的距離(c區間內）；

ε_{ijz} = 標準誤差。

三、生態系視覺舒適服務估算方式

目前較少有國家於生態帳中評估視覺舒適服務價值，荷蘭屬於鮮少有計算該服務之國家，故本計畫以參考荷蘭生態帳公開技術報告所載之方法，將其修正為本計畫森林生態系美質服務可參考之方法。美質服務效益範疇除包含視覺舒適服務效益外，可能亦包含遊憩服務效益、空氣過濾服務效益或降噪效益，式 7-3 仍以計算森林之美質服務價值為主，若需拆分其視覺舒適效益仍受資料限制。若現階段欲先以計算美質服務為主，則需蒐集以下資料：我國森林分佈圖、森林附近住宅分佈圖、房價、房屋特徵及土地特徵之資訊。

第四節、教育，科學與研究服務

SEEA EA 將教育，科學與研究服務（education, scientific and research services）定義為：係有助於人類使用環境，特別是透過生態系生物物理特徵與品質，與環境進行知識互動的生態系貢獻。

由前期計畫可知，英國、荷蘭、日本、中國、加拿大、澳洲等 6 國皆未將此項服務納入生態系價值評估範疇，故本計畫以蒐集其他具有公信力之文件為目標。經蒐集發現，2019 年 10 月，倫敦環境帳小組（London Group on Environmental Accounting）於澳洲墨爾本舉行第 25 屆會議，倫敦環境帳小組係由各國國家統計部及國際機構組成，旨在分享各國發展與推動環境帳之經驗。Oras et al.（2019）於第 25 屆會議中分享了生態系自然科學服務價值評估方法。

本計畫後續將以此份文件作為我國森林生態系此項服務價值評估之參考。

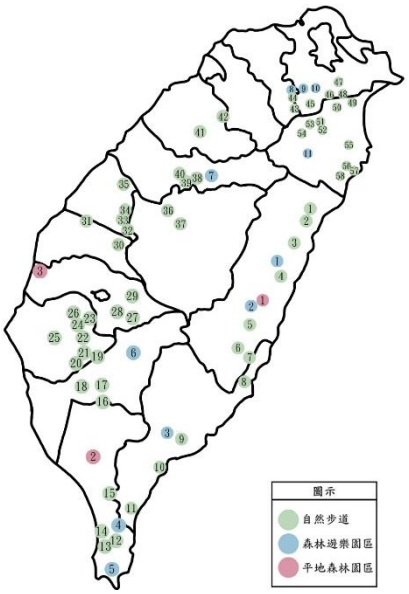
第八章、抽樣設計、問卷設計與敘述性統計

本計畫採用旅行成本法（travel cost method，TCM）加以評估我國低海拔森林生態系提供之文化面生態系服務價值（SEEA 生態帳包括「遊憩相關服務」、「視覺舒適服務」與「教育、科學與研究服務」）。本章第一節首先說明問卷調查訪談對象的抽樣設計，第二節說明森林生態系文化服務評估理論，第三節說明問卷調查流程及問卷設計、試訪後問卷調整、以及起始金額的界定。第四節為統整問卷調查後之敘述性統計資料。

第一節、抽樣設計

一、研究範疇

本計畫評估範疇對象為臺灣本島低海拔（800 公尺以下）森林生態系，包括針葉林、闊葉林、針闊混淆林、竹林；各類又再區分天然林與人工林，而竹林則皆認定為人工林，因此總共 7 個細分類森林生態系。林業保育署管轄下符合 800 公尺以下的森林旅遊地範圍有：11 處國家森林遊樂區、3 處平地森林遊樂區、58 處自然步道等，共 72 處。



資料來源:本計畫繪製。

圖 8-1　72 處森林旅遊地分布點

（一）國家森林遊樂區

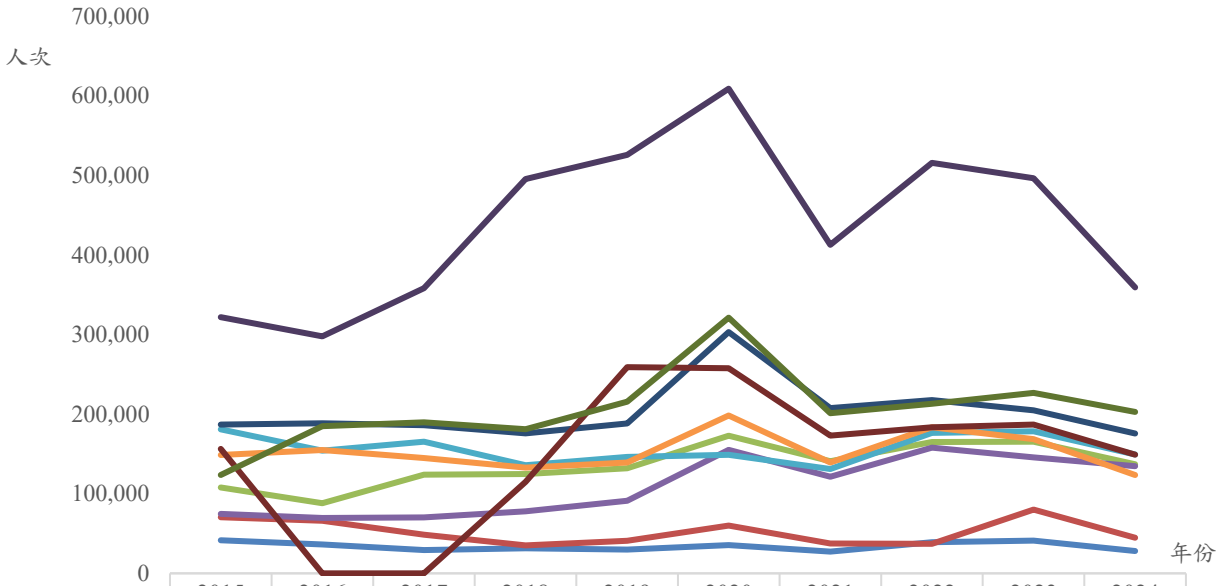
我國國家森林遊樂區數量總計 19 處，其園區範圍皆相當廣泛，海拔跨度幅度也相當大，而本計畫範疇界定為觸及海拔 800 公尺以下的園區，目前共有 11 處，各園區之基本資料參見表 8-1。各園區之遊客人數則根據交通部觀光署觀光統計資料庫（2025），各園區近 10 年（2015～2024）的遊客人數變化參見圖 8-2。

在此 11 處國家森林遊樂區中，位於宜蘭縣的太平山國家森林遊樂區的遊客統計人數最多，其次則為滿月圓國家森林遊樂區及東眼山國家森林遊樂區，遊客人數最少的是花蓮縣的池南國家森林遊樂區。此外，根據遊客人數資料亦可發現，在 2020 年 COVID-19 疫情爆發之初，國家森林遊樂區的旅遊人次出現明顯的增長，而在受到嚴重影響的 2021 年，旅遊人次有明顯下降的情況；在疫情逐漸減緩後，旅遊人次有回升的趨勢，不過在 2023 年後，推測因國人報復性出國的熱潮影響，使旅遊人次再度減少。

表 8-1 海拔 800 公尺以下國家森林遊樂區之基本資料

序號	園區	地點		海拔（公尺）	面積（公頃）
1	內洞國家森林遊樂區	新北市	三峽區	300~1,700	1,439
2	滿月圓國家森林遊樂區		烏來區	230~800	1,191
3	東眼山國家森林遊樂區	桃園市	復興區	650~1,212	916
4	太平山國家森林遊樂區	宜蘭縣	大同鄉	365~2,000	12,930
5	八仙山國家森林遊樂區	台中市	和平區	667~2,938	2,452
6	藤枝國家森林遊樂區	高雄市	桃源區	500~1,804	770
7	雙流國家森林遊樂區	屏東縣	獅子鄉	150~700	1,585
8	墾丁國家森林遊樂區		恆春鎮	200~300	75
9	池南國家森林遊樂區	花蓮縣	壽豐鄉	140~601	169
10	富源國家森林遊樂區		瑞穗鄉	200~750	196
11	知本國家森林遊樂區	臺東縣	卑南鄉	110~650	111

資料來源：本計畫彙整自台灣山林悠遊網（2025）。



	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
池南	41,557	36,346	29,313	31,424	29,917	35,519	27,293	39,098	41,080	27,957
富源	70,527	66,001	48,654	35,110	40,911	60,121	37,504	37,150	80,087	44,647
知本	107,906	88,105	123,980	124,718	132,050	172,901	140,903	165,056	165,441	136,952
雙流	74,670	69,573	70,290	77,839	91,245	155,039	121,287	157,911	145,740	134,651
墾丁	180,914	154,179	165,429	135,876	146,217	148,825	131,075	176,536	178,513	149,407
八仙山	148,606	154,845	144,834	132,817	139,282	198,294	139,200	183,451	168,649	123,526
東眼山	186,850	188,530	186,120	175,891	188,273	303,102	207,680	217,641	204,786	175,671
內洞	156,288	0	0	114,975	259,055	257,782	173,108	183,529	186,828	149,200
滿月圓	123,608	184,868	189,750	181,067	215,762	321,221	201,139	213,044	226,767	202,762
太平山	321,837	297,736	358,329	495,414	525,787	608,895	412,834	515,725	496,330	359,294

註：*2016-2017 年內洞森林遊樂區因 2015 年蘇迪勒颱風造成嚴重損毀，園區關閉直到 2018 年 9 月才重新開放

**藤枝國家森林遊樂區受 2009 年八八風災影響休園，至 2021 年 5 月開園，該年 8 月又因颱風導致連外道路坍方，因常受天災影響而休園，故無確切的遊客人數。

資料來源: 交通部觀光署觀光統計資料庫（2025）；本計畫繪製。

圖 8-2　國家森林遊樂區之遊客人數統計

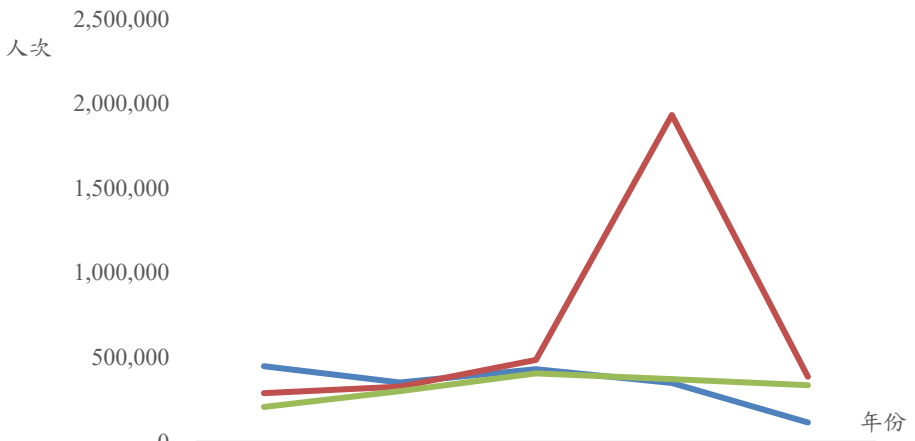
（二）平地森林園區

我國平地森林園區共計 3 處，皆為近年成立的森林旅遊地，占地約 1,000 餘公頃，海拔皆低於 200 公尺，相關資料整理參見表 8-2。此 3 處園區為林業保育署承租台糖公司土地，轉作為平地森林園區，提供大眾近距離接觸森林環境。根據林業保育署提供的遊客統計數量（圖 8-3），前往旅遊的遊客人數較國家森林遊樂區為多，推測可能與交通方便性、免收門票、停車方便等因素有關。

表 8-2 我國平地森林園區之基本資料

序號	平地森林園區	地點	海拔（公尺）	面積（公頃）
1	鰲鼓濕地	嘉義縣東石鄉	5	1,470
2	林後四林	屏東縣潮州鎮	38	1,005
3	大農大富	花蓮縣光復鄉	147~192	1,250

資料來源：本計畫彙整自台灣山林悠遊網（2025）。



	2020	2021	2022	2023	2024
大農大富	447,486	351,121	429,985	348,688	114,694
林後四林	288,105	326,950	485,200	1,933,690	384,930
鰲鼓濕地	206,495	299,821	405,007	371,422	334,746

註：林後四林園區 2023 年為「屏東夏日狂歡祭」的場地，故人數暴增。
資料來源：林業保育署提供數據；本計畫繪製。

圖 8-3　平地森林遊樂園區之遊客人數統計

（三）自然步道

自然步道的數量相當多，共達 120 處，而符合本計畫範疇，共計 58 處，表 8-3 為自然步道之基本資料。惟自然步道因未進行收費，且自然步道常有多處出入口，難以進行計數，目前僅聖母登山步道、佐倉步道、鯉魚山步道群等嘗試使用人流計數器，但常遇故障情況，以致難以取得遊客人數的統計資料。

表 8-3 自然步道基本資料

序號	步道名稱	地點		海拔（公尺）	長度（公里）
1	金瓜寮魚蕨步道	新北市	坪林區	290~300	1
2	桶後越嶺步道		烏來區	450~730	7
3	哈盆越嶺步道		烏來區	450~756	7.5
4	東滿步道	新北市	三峽區	500~1,130	7.36
		桃園市	復興區		
5	福巴越嶺國家步道	新北市	烏來區	430~1,666	18
		桃園市	復興區		
6	聖母登山步道	宜蘭縣	礁溪鄉	400~950	1.6
7	礁溪跑馬古道	新北市	坪林區	250~419	5
		宜蘭縣	礁溪鄉、頭城鎮		
8	林美石磐步道	宜蘭縣	礁溪鄉	200~300	1.7
9	九寮溪自然步道		大同鄉	250~375	3
10	拳頭姆自然步道		三星鄉	150~310	1.3
11	松羅步道		大同鄉	280~400	2
12	鳩之澤自然步道		大同鄉	520~700	1.2
13	新寮瀑布步道		南澳鄉	103~205	1.2
14	蘇花古道：大南澳越嶺段		南澳鄉	100~650	4.1
15	朝陽步道		蘇澳鎮	0~182	2.2
16	南澳古道		南澳鄉	250~350	3.8
17	鳥嘴山登山步道	苗栗縣	泰安鄉	600~1,437	3.3
18	冬瓜山登山步道	苗栗縣	泰安鄉	600~1,200	1.6
19	東卯山步道	臺中市	和平區	791~1,690	6.7
20	唐麻丹山步道	臺中市	和平區	650~1,305	5.1
21	德芙蘭步道	臺中市	和平區	700~1,000	3
22	桃源里森林步道	彰化縣	彰化市	103~140	4.43
23	清水岩(中央嶺、二棧坪、十八彎)步道群	彰化縣	社頭鄉、田中鎮	0~320	4.1
24	麒麟山森林步道	彰化縣	田中鎮；	144~200	1.2
		南投縣	名間鄉		
25	坑內坑森林步道	彰化縣	二水鄉	140~380	2.1
26	龍過脈森林步道	雲林縣	林內鄉	90~200	4.2
27	二崙自然步道		二崙鄉	0~30	4
28	九九峰森林步道	南投縣	草屯鎮	0~485	1.92

表 8-3 自然步道基本資料

序號	步道名稱	地點		海拔（公尺）	長度（公里）
29	澀水森林步道		魚池鄉	500~800	4
30	獨立山步道	嘉義縣	竹崎鄉	543~816	3.5
31	土匪山步道		番路鄉	640~700	0.85
32	里美避難步道		阿里山鄉	550~980	1.6
33	關仔嶺碧雲寺-水火同源登山步道	臺南市	白河區	350~500	1.3
34	關仔嶺大凍山步道		白河區	770~1,241	6.4
35	崁頂步道		白河區	510~530	0.5
36	崁頭山步道		東山區	580~844	3.2
37	鎮南宮步道		六甲區	65~105	0.99
38	鈺鼎步道		南化區	170~430	1.6
39	龍麟山步道	臺南市	南化區	240~530	2.3
		高雄市	內門區		
40	六義山步道	高雄市	甲仙區	350~784	4.35
41	美濃雙溪樹木園步道		美濃區	100~200	1.5
42	美濃靈山登山步道		美濃區	150~476	1.3
43	尾寮山登山步道	高雄市	茂林區	200~1,430	9.3
		屏東縣	高樹鄉、三地門鄉		
44	浸水營步道	屏東縣	春日鄉	72~520	2.7
45	里龍山自然步道		獅子鄉	200~1,050	4.07
46	高士佛步道		牡丹鄉	214~514	2.5
47	石門山步道		牡丹鄉	80~384	1.05
48	撒固兒步道	花蓮縣	花蓮市	65~140	1.35
49	佐倉步道		秀林鄉	70~490	3.95
50	鯉魚山步道群		壽豐鄉	140~601	10.04
51	月眉山步道		壽豐鄉	614~400	3
52	虎頭山步道		瑞穗鄉	160~380	1.985
53	八通關越道：鹿鳴吊橋段		卓溪鄉	250~320	2.7
54	安通越嶺道：西段		玉里鎮	600~910	2.065
55	麻荖漏步道	臺東縣	成功鎮	380~550	1.2
56	都蘭山步道		東河鄉	590~1,190	3.8
57	鯉魚山步道		臺東市	10~80	1.7
58	大武觀海步道		大武鄉	20~40	1.1

資料來源：本計畫彙整自台灣山林悠遊網（2025）。

二、調查對象、有效樣本數與調查方式

（一）母體範疇

針對空間範疇，本計畫研究範疇為台灣本島 800 公尺以下之林業保育署轄下低海拔森林旅遊地，包括 11 處國家森林遊樂區、3 處平地森林遊樂區、

58 處自然步道等，共 72 處樣區。採現地抽樣的方式進行問卷調查，從 72 處樣區首先挑選 28 處森林旅遊地進行訪問，包含 6 處國家森林遊樂區、3 處平地森林園區、及 19 處自然步道；其中基隆市、臺北市、新竹縣、新竹市、嘉義市等 5 縣市無森林旅遊地樣區。

由於欠缺遊客人數數據（目前僅國家森林遊樂區有售票數），將 72 處樣區，區分共有類似與差異的特徵點，如森林植被、景觀特徵、步道鋪面類型、面積與生物多樣性等；每個縣市選取 1~3 處樣區，被選取的樣區進行系統性抽樣 14~15 份問卷（表 8-4）。

針對受訪者範疇，因本計畫問卷涉及詢問受訪者從事旅遊的理由、消費支出、以及對森林生態系保育的願付價值，故以台灣本島之 20 歲至 65 歲，以及 65 歲以上仍有收入的民眾為母體，總計發放 400 份[1]有效問卷（在 95% 信心水準與誤差 4.9%的條件下）。

（二）現地調查樣本地點選擇

森林旅遊地中，有 13 處樣區（2 處國家森林遊樂區及 11 處自然步道）因環境受颱風、地震、落石等因素，處於暫停開放或部分封閉，故可選擇的樣區為 59 處（含 9 處國家森林遊樂區、3 處平地森林園區、47 處自然步道）。此外，考慮各縣市的樣區至少挑選 2 處，加之將地理位置等多方因素納入考量與微調，例如宜蘭縣因其自然步道的總數最多（共 12 處），又鄰近雙北地區，故擇 3 處；花蓮縣則因其土地面積最廣、緯度跨度較大，且涵蓋三種不同的森林旅遊地，故擇 3 處；此外，苗栗縣、高雄市、屏東縣則因考量樣區

[1] 樣本數目的決定需考量準確度（precision level）、可信度（confidence level）和樣本多樣性(degree of variability)等（Israel, 1992）。Cochran (1963)認為可由下式推算樣本數的大小：

$$n_0 = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

上式中 n 表示抽取的樣本數目，Z 與 e 為想達到的顯著值與準確度，p 為關注特徵在母體出現的比例，在 p 值無法確定的情況下通常會假設 p 等於 0.5，而 q 則等於 1-p。

較遠交通便利性相對低及訪員安全因素，皆僅選擇 1 處進行訪問；故在經費與時間限制與上述條件下，總共選擇 28 處樣區進行現地調查(詳見表 8-4)。

（三）各地點之現地調查的抽樣數

各處皆會訪問 14~15 份問卷，考量到尚無官方統計的自然步道遊客人數資料，無法確定其人數多寡，因此分配於此部分的問卷數目較少，每處為 14 份問卷，國家森林遊樂區及平地森林園區則因有明確的遊客人數資料，每處為 15 份。

表 8-4 低海拔森林旅遊地問卷抽樣份數

名稱	區域	問卷份數	調查日期
內洞國家森林遊樂區	新北市烏來區	15	8/17
滿月圓國家森林遊樂區	新北市三峽區	15	6/11、6/12
東眼山國家森林遊樂區	桃園市復興區	15	6/12、8/21
東滿步道	桃園市復興區；新北市三峽區	14	6/22、6/27
聖母登山步道	宜蘭縣礁溪鄉	14	8/2、8/3
九寮溪自然步道	宜蘭縣大同鄉	14	6/24、6/25
新寮瀑布步道	宜蘭縣南澳鄉	14	6/21~6/23
冬瓜山登山步道	苗栗縣泰安鄉	14	6/16、6/20
唐麻丹山步道	臺中市和平區	14	7/4、7/5
德芙蘭步道		14	6/23、6/24
八仙山國家森林遊樂區		15	6/26、6/27
九九峰森林步道	南投縣草屯鎮	14	8/10、8/11
瀧水森林步道	南投縣魚池鄉	14	7/18~7/20
清水岩（中央嶺、二棧坪、十八彎）步道群	彰化縣社頭鄉、田中鎮	14	6/4、6/5、8/2
坑內坑森林步道	彰化縣二水鄉	14	6/14、6/15
龍過脈森林步道	雲林縣林內鄉	14	8/7、8/8
二崙自然步道	雲林縣二崙鄉	14	6/12~6/14
鰲鼓濕地森林園區	嘉義縣東石鄉	14	6/27、6/28
獨立山步道	嘉義縣竹崎鄉	14	6/23、6/24
關仔嶺碧雲寺-水火同源登山步道	臺南市白河區	14	6/20、6/21
關仔嶺大凍山步道		14	6/24
美濃雙溪樹木園步道	高雄市美濃區	14	6/6~6/8
林後四林平地森林園區	屏東縣潮州鎮	15	6/10~6/12
撒固兒步道	花蓮縣花蓮市	14	6/15~6/16
池南國家森林遊樂區	花蓮縣壽豐鄉	15	7/13~7/14
大農大富平地森林園區	花蓮縣光復鄉	15	6/20~6/21
鯉魚山步道	臺東縣臺東市	14	7/6~7/8
知本國家森林遊樂區	臺東縣卑南鄉	15	6/28~6/30
總計		400	-

資料來源：本計畫彙整。

第二節、森林生態系文化服務評估方法之理論

本節主要說明旅行成本法（TCM）的理論基礎，此方法常應用在非市場財貨的價值評估上，分類上 TCM 為替代市場價值評估法。

旅行成本法又名為 Clawson 方法，於 1949 年由 Hotelling 首先提出，並於 1959 年由 Clawson 發展為模型（Pirikiya et al，2016；郭彥廉等，2023），主要用於無法透過一般市場價值進行估值的對象（Solikin，2019）。TCM 會藉由訪客到該地的旅遊次數、花費成本、其他社會經濟變數等資訊，推估受訪遊客對該旅遊地的需求函數，再藉由此需求函數估算遊客至旅遊地遊玩所獲得的消費者剩餘（Consumer surplus，CS），據以推估旅遊地對遊客帶來的遊憩價值（參見圖 8-4）。

此外，根據對應變數（訪問次數）的選擇，旅行成本法又可分為：（1）個人旅行成本法（Individual travel cost method，ITCM），應變數為個別旅遊者至特定地點的年總次數；（2）分區旅行成本法（Zonal travel cost method，ZTCM），以某地區居民到特定地點的平均旅遊次數。雖然 ZTCM 早於 ITCM ，但因 ITCM 較符合個體經濟學中所討論的消費者效用理論，且自變數可考量個別旅遊者之各項社會經濟變數，ITCM 較符合個體經濟學的消費者效用理論，因此文獻多採用 ITCM （Willis and Garrod，1991；Blackwell，2007；Limaei et al，2014；Pirikiya et al，2016；嚴娟娟等，2016；錢玉蘭等，2019），因此使用上愈趨普遍，本計畫分析是以 ITCM 為主。

下述以簡單消費者行為理論說明 TCM，首先假設遊客僅存在單一旅遊地點，若遊客為多重目的旅遊，則需從總旅遊成本中劃分出各地點的旅遊成本，再進行估計。一般而言旅遊成本愈高時，民眾旅遊次數會愈低，而旅遊效用除受到旅遊次數影響外，也受到旅遊品質和其他財貨的影響，而在所得和時間有限的情況下，消費者僅能追求限制條件下的效用最大化。式（8-10）為消費者效用和限制式的數學式，U 為遊客旅遊效用，該效用為旅遊次數

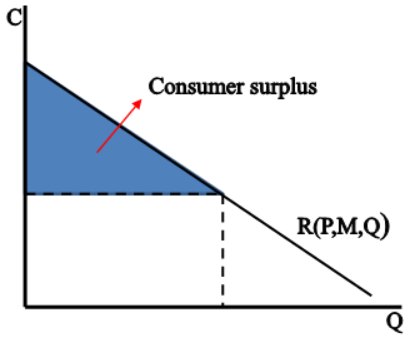
（R）、旅遊地環境品質（Q）和單位價格計算之其他財貨數量（X）的函數。限制式分為所得限制式以及時間限制式，所得限制式假定消費者所得收入皆用於旅遊支出和其他財貨支出，式中M為工作以外的所得收入、w和T_w為工資率和工作時數、P_r為旅遊成本，該成本可再拆解成式（8-11），f為門票支出、P_d為單位距離的旅行成本、d為旅行距離，除考量旅行支出外，旅遊的時間機會成本也需納入考慮，過往多以工資率來計算。時間限制式假定消費者時間皆分配在工作時數和旅遊耗費的時間，式中T_1和T_2分別為至旅遊地點的旅遊時間和在旅遊地點的停留時間。

$$\begin{aligned} &Max\ \ U(R,Q,X) \\ &s.t.\ \ M+w*T_w=X+P_r*R \\ &\quad\ \ T=T_w+(T_1+T_2)*R \end{aligned} \qquad (8\text{-}10)$$

$$P_r=f+P_d*d+w*(T_1+T_2) \qquad (8\text{-}11)$$

求解式（8-10）可獲得式（8-12），該式為消費者旅遊需求函數，再代入相對應的旅遊次數後即可估算遊客的消費者剩餘，見圖 8-4 藍色面積。

$$R^*=R^*(P_r,M,Q) \qquad (8\text{-}12)$$



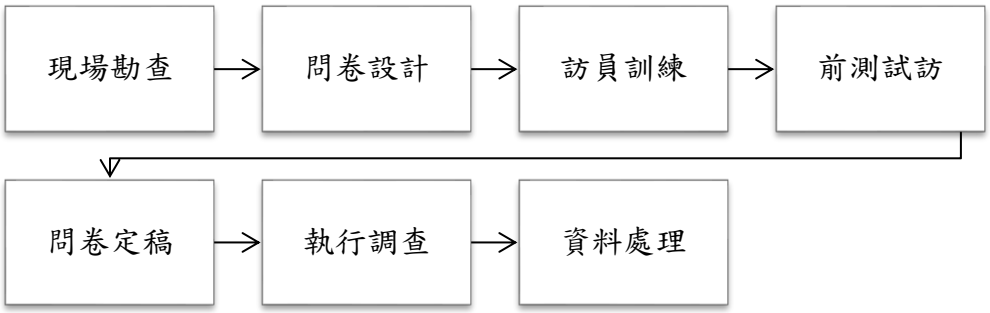
資料來源：本計畫繪製

圖 8-4　旅遊需求的消費者剩餘

第三節、問卷調查流程及問卷設計

一、問卷調查流程

本計畫問卷調查執行流程參考美國海洋暨大氣總署（National Oceanic and Atmospheric Administration，NOAA）之調查準則（survey guidelines）（Arrow et al., 1993），採用如圖 8-5 呈現的流程。故在進行問卷設計前進行現場勘查，在前述 28 處樣區分布區域較多的縣市，包括新北市、宜蘭縣、花蓮縣，各擇 1 處（共 3 處）景觀特徵不同的森林旅遊地進行現場勘查，分別於 2025 年 5 月 1 日前往新北市滿月圓森林遊樂區、5 月 8 日至宜蘭縣新寮瀑布步道、5 月 15 日至花蓮縣大農大富平地森林遊樂區；後續再增加臺中市八仙山森林遊樂區之現場勘查，藉以瞭解當地景觀。現場勘查優點在於能獲得第一手資料，有助於後續的問卷設計、調查與資料處理，現場勘查記錄詳見附錄二～五。



資料來源：本計畫繪製。

圖 8-5　問卷調查執行流程

本計畫問卷設計內容包括五大部分，(1)「國土生態綠網森林生態系」之認知與旅遊體驗，(2) 民眾之環境意識與行為，(3)「國土生態綠網森林生態系」生態系服務重要性評估，(4)「全台低海拔森林生態系資源」之價值評估，(5) 受訪者基本資料。

本計畫於 2025 年 5 月 20 日完成訪員訓練，分別就問卷中的各題組與說明卡進行說明，讓訪員充分理解問卷的設計內涵；接著進行試訪，透過在觀

察受訪者是否理解問卷內容，並依據受訪者反應適當修改問卷內容，上述細項調整完後可開始正式訪問，採用現地面訪方式。

二、問卷設計

（一）「國土生態綠網森林生態系」之認知與旅遊體驗

第一部份「森林生態系之認知與旅遊體驗」共有 6 個問題，1～3 題是了解受訪者曾拜訪過的國家森林遊樂區（今日旅遊地、最喜歡旅遊地、最常去旅遊地，以上三者可能會重覆），並記錄受訪遊客在拜訪各旅遊地時所觀察到的基礎設施、林相、景觀特徵、地景特徵、道路鋪面狀況等；第 4-1 及 4-2 題為假設行為模式之詢問，是了解受訪者在環境品質或旅行成本改變的情況下，旅遊次數的變化情形。其問卷內容如下：

1、請問您去過哪 3 個森林自然步道、森林旅遊地、平地森林園區（不包括國家公園）？

2、請問您是如何得知森林生態系的資訊？

3、請問您在 800 公尺森林生態系的活動經驗？

4-1、請問你每年去今日的這個旅遊地增加 1 次旅遊數，是由與哪個特徵的變動？

4-2、請問今日的森林旅遊地旅行成本提升 10%，您每年旅遊次數變化情況為何？

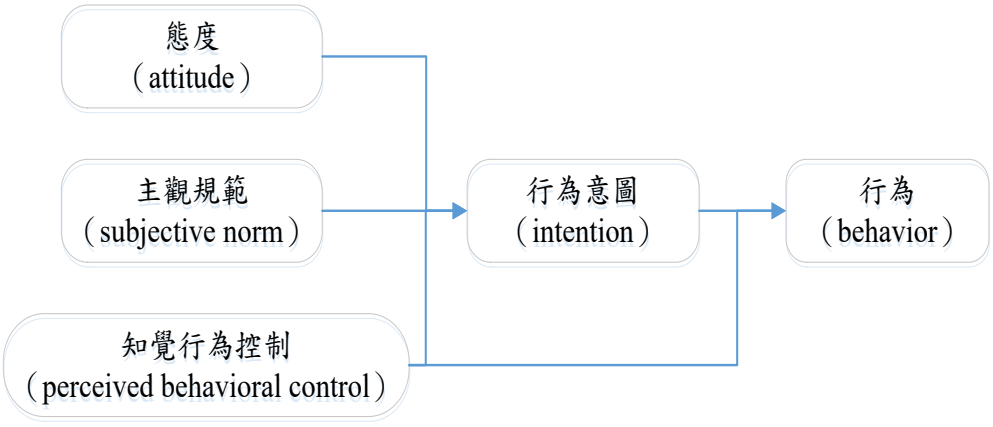
其中，第 3 題的活動經驗詢問內容包含受訪者去過/最常去/喜歡的森林旅遊地、近 3 年的來訪次數、主要交通工具、旅遊金錢支出、交通與停留時間、主要從事活動、沿途看見之景觀、基礎設施、地景特徵，以及步道鋪面等問題；另外，第 4-1 題的假設行為模式問題是了解受訪者的前往意願會受哪些特徵影響；第 4-2 題的假設行為模式問題則會先向受訪者說明假設條件之情境，再請受訪者回覆旅遊次數的增減情況及次數。下述為第 4-2 題假設情境的說明：

4-2、森林生態系旅行成本提升 10%：總旅行成本包括金錢成本（如交通費、門票、食物、紀念品）、時間成本（含前往旅遊處、停留在旅遊處的時間成本）；若前述總旅行成本為 1,000 元，則森林生態系旅行成本提升 10%表示總旅行成本提升為 1,100 元。

（二）民眾之環境意識與行為

民眾環境意識與行為受到許多因素影響，Ajzen 在 1985 年提出計畫行為理論（Theory of Planned Behavior，TPB）並認為民眾行為是受到行為意圖的影響，而影響行為意圖的因素又包括態度、主觀規範與知覺行為控制，另外知覺行為控制也會影響最終行為（參見圖 8-6）。其中，『態度』是個人對行為表現出積極或消極的程度，在態度越積極時，則行為意圖會越明顯；『主觀規範』是個人在採取特定行為時，周遭他人或團體的認同程度，當認同程度愈高，行為意圖會愈高；『知覺行為控制』說明個人從事特定行為時，對所需資源與機會的控制能力知覺，換句話說，即便個人想從事某特定行為，但在資源的缺乏下，會造成該行為無法執行；『行為意圖』為個人執行特定行為的傾向程度（Ajzen，1991）。

基於 TPB 的架構，本研究共設計以態度、主觀規範、知覺行為控制、行為意圖的題目，詢問受訪者對環境的認知、實際行為、他人影響等相關問題。



圖片來源：本計畫繪製。

圖 8-6　計畫行為理論

第二部分的「民眾環境意識與行為」共有 15 個問題，其中第 5~8 題內容包含受訪者對野生動物的生存權利、遺留垃圾的負面影響、捐款及以實際行動保護環境的必要性等方面的態度認同程度；第 9~12 題詢問受訪者是否曾有過摘取植物、觸摸動物、遺留垃圾的行為，及其行為之原因，並詢問當他人有類似行徑時，受訪者的反應為何等主觀規範；第 13~18 題詢問受訪者自身或周遭親友購買環境保護產品及參加環保團體活動的意願及頻率等知覺行為控制；第 19 題則詢問受訪者是否飼養過寵物。

（三）森林生態系服務的重要性評估

問卷第三部分將森林的生態系服務整理成供給、調節與維持和文化三類以讓受訪者短時間內理解，同時透過說明卡 W 說明森林目前擁有的生態系服務，之後再進行重要性評分。受訪者熟悉森林生態系服務後，也會較理解森林在環境中扮演的角色。

同時為建構第四部份之「全台低海拔森林生態系資源」之價值評估的假設性市場，且讓受訪者短時間內熟悉國家重要森林現況，訪談前先以說明卡 A~L 讓民眾理解森林旅遊地分布現況與相關圖片，並提供臺灣北部、中部、南部、東部等較知名的低海拔山區，讓受訪者理解海拔 800 公尺的高度，說明卡 M 透過圓餅圖呈現不同類型的森林生態系面積，面積以闊葉林最多。

在受訪者理解台灣本島森林分佈與類型後，會提供說明卡 N~Q 分別介紹不同林型的特徵，森林生態系的類型會因高度差異而有不同的林相。說明卡 R-V 森林現況介紹，包括面積、類型、範圍與當地特殊景觀。說明卡 W 說明森林提供的生態系服務，此處將生態系服務分成供給、調節與維持、以及文化三類，惟有在生態體系健全的情況下，才能穩定提供生態系服務。

表 8-5 彙整 24 項森林生態系服務項目，包括 4 項供給服務：農作物供給（竹筍）、木材供給、林下經濟作物（段木香菇、金線連等）、遺傳物質（含藥用價值）、水資源供給等。

15 項調節與維持服務：森林碳吸存、微氣候調節、調節土壤品質（增加土壤有機質）、吸附空氣顆粒與灰塵、穩定降雨量、控制土壤流失、減緩土石流、涵養水源、洪氾減緩、減緩風暴（防風林的作用）、隔音與減緩噪音、授粉（維持生物多樣性）、生物控制_疾病控制、生物控制_害蟲控制、育雛／育種／攝食與棲息地維持等。

4 項文化服務：提供休閒遊憩、提供視覺舒適、提供環境教育素材 （教育、科學與研究）、精神及藝術與象徵性等。

問卷中請受訪者對各項生態系服務重要性進行填答，分數界於 1～10 分，分數愈高代表受訪者越重視該項生態系服務，表格如下：

表 8-5 森林生態系服務重要性評分表

服務類別	森林生態系服務	不重要 ⟵ 重要性給分 ⟶ 很重要
供給	農作物供給(竹筍)	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	木材供給	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	林下經濟作物(段木香菇、金線連等)	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	遺傳物質(含藥用價值)	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	水資源供給	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
調節與維持	森林碳吸存	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	微氣候調節	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	調節土壤品質(增加土壤有機質)	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	吸附空氣顆粒、灰塵	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	穩定降雨量	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	控制土壤流失	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	減緩土石流	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	涵養水源	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	洪氾減緩	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	減緩風暴 (防風林的作用)	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	隔音、減緩噪音	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	授粉(維持生物多樣性)	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	生物控制-疾病控制	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	生物控制-害蟲控制	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	育雛、育種、攝食與棲息地維持	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
文化	提供休閒遊憩	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	提供視覺舒適	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	提供環境教育素材 (教育、科學與研究)	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分
	精神、藝術與象徵性	□1□2□3□4□5□6□7□8□9□10 分

資料來源：本計畫繪製。

詢問受訪者對各項生態系服務重要性進行評比的原因有二：(1)瞭解民眾對各項服務的重視程度，(2)重要性分數可作為拆解各項服務之願付價值的權重依據。願付價值的事後拆解可避免各項生態系服務的個別評價，之後再進行總價值彙整的加總偏誤。

(四)「全台低海拔森林生態系資源」之價值評估

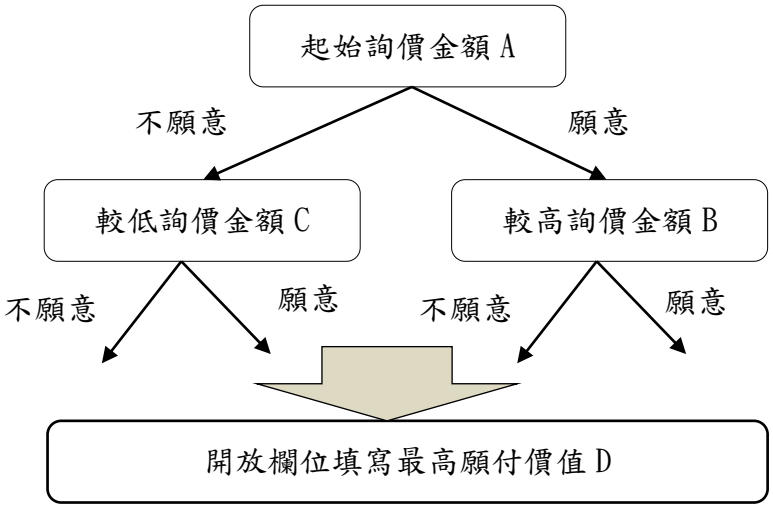
森林提供許多生態系服務，但部分生態系服務屬於非市場財貨，並不存在交易市場，也無法透過市場供需訂價來衡量森林價值。對於此類生態系服務，多透過問卷詢問民眾的願付價值來計算生態系服務價值。在詢問受訪者對研究者欲評估財貨之願付價值前，需替欲評估財貨建構一個假設性市場，當受訪者充分理解市場特性後，再進一步詢問受訪者在此假設市場架構下對財貨的消費意願。

因此受訪者完成前述問題後，對於森林的生態系服務會更瞭解，此時會告知受訪者森林目前遭遇的潛在危機，如果森林的污染破壞持續，則生態系服務功能也將逐漸破壞消失，說明完後會以 CVM 詢問受訪者對森林的價值評估。問卷如此鋪陳與設計目的在讓受訪者瞭解各項生態系服務後，能幫助其填寫保育森林的願付價值。試訪問卷中，CVM 問題直接詢問受訪者對維護全台森林的願付價值。

經過前述森林生態系現況與生態系服務介紹後，受訪者會較理解國內森林旅遊地的分布與欲評估森林生態系的現況，此處會開始進行願付價值的問題填答，作答前會告知受訪者國內森林目前遭遇多種污染破壞，若現有資源持續遭到破壞，則所有森林生態系服務也將消失殆盡。為使森林維持現況，會詢問受訪者是否願意每年支付金額來維護與保育森林生態系現存資源，此金額能直接反應受訪者對森林資源的價值，此種詢問方式是以資源整體價值做為評估標的，而非資源品質或數量上的變化。另一方面過往 CVM 研究發現受訪者對單一非市場財貨的願付價值易落在特定金額附近，在考量全台其他類似非市場財貨的數量下，受訪者仍否願意支付相同金額來保護其他類似

非市場財貨？對此研究調整 CVM 的詢問方式，方式如下：

CVM 詢價方式是採雙界二元開放選擇誘導支付方式，此方式結合封閉式與開放式詢價的優點，受訪者經過二階段思考後，能較理解自身最高的願付價值，見圖 8-7。Tisdell and Wilson（2001）也指出此模式估算的平均願付價值會比單界二元或雙界二元選擇式估算的願付價值結果更具有效性。



圖片來源：本計畫繪製

圖 8-7　雙界二元開放選擇誘導支付方式

首先受訪者作答過程中會先面對兩個不同的起始金額，第一階段起始金額 S 由試訪獲得，第二階段起始金額是依據第一階段是否願意支付給予 2 倍（B=2*A）或折半（C=0.5*A）的起始金額，當受訪者兩個階段完成後，會請其填寫對維護全台森林最高的願付價值 D 元。

請問您每年最高願意支付$__A__元的「資源保育費」以成立森林資源保育基金，使**全台**森林生態系範圍內的森林生態系**維持現況**。

□①願意　　□②不願意　　□③無法確定

再請問您是否願意每年支付$ __B__ 元？ □①願意 □②不願意	再請問您是否願意每年支付$ __C__ 元？ □①願意 □②不願意	請跳答第 21 題

根據前述問題，請問您最高願意支付金額為$__D__元。

（金額為$0 者，跳答第 22 題）

若受訪者第一階段回答無法確定，會請其跳答題目並勾選回答無法確定的原因。若最高願意支付金額為 0 時，會請受訪者填答不願意支付的原因，此題目在偵測受訪者是否為抗議出價，又或者森林資源對受訪者沒有價值，選項「全台森林範圍內的各種資源對我而言沒有任何價值」不屬於抗議出價，因此模型估計上應保留此樣本，若受訪者勾選其他四個選項，皆代表受訪者屬於抗議出價，

21、請問您回答「無法確定」的原因？（可複選，填完跳答第 26 題）

□①需要多一點時間和資訊，才能做出決定
□②對問卷內容感到無聊，希望快一點結束
□③不喜歡採用金錢方式來解決此類問題
□④其他，請說明：_____

22、請問何種原因讓您「不願意支付費用」來保育全台森林的現況？（填完跳答第 26 題）

□①台灣森林資源，對我沒有任何價值
□②台灣森林資源，應由資源使用者（如登山旅遊者、打獵者...）負擔
□③台灣森林資源，應由當地居民負擔
□④台灣森林資源，應由政府負擔____元
□⑤其他，請說明原因：_____

（五）受訪者基本資料

問卷第五部分為受訪者社會經濟資料，包括受訪者性別、年齡、教育程度、職業類型、年所得、地緣關係等問題。

三、前測試訪

試訪目的在瞭解受訪者能否明白問卷所要傳達的訊息，後續再依受訪者反應適當修正容易混淆與不明瞭的題目。再者正式問卷中 CVM 的起始金額需透過試訪獲得。試訪問卷容依序為（1）森林生態系之認知、（2）森林之旅遊體驗、（3）森林生態系服務的重要性評估、（4）民眾環境意識與行為、（5）全台森林資源之價值評估、（6）受訪者基本資料。

訪談前會先向受訪者說明問卷訪談目的，包括委託單位與執行團隊的訊息，為讓受訪者熟悉和回想森林旅遊地的印象，是藉由說明卡 A-L 輔助說明，待說明結束後再開始問卷訪談。前兩部分的森林認知題目類似，皆先詢問是否去過森林旅遊地名稱，以及透過何種管道獲得森林旅遊地的資訊。旅遊體驗在了解受訪者對森林旅遊地的客觀感受，分別詢問今日與過去最喜歡、最常去的旅遊地相關的旅行成本、時間、交通方式、旅遊目的、森林旅遊地的特徵等題目，此資料可用在旅行成本模型的建構，若今日為第一次到全台森林旅遊地，則不用填寫過去最喜歡與常去的題組；又若今日森林旅遊地即為最喜歡或最常去者，則不重覆詢問。

四、問卷定稿

正式問卷內容變動不大，主要進行題目的文字修飾，問卷內容順序亦與試訪相同。正式問卷會將試訪問卷所獲得的起始金額代入正式問卷中。正式問卷中的 CVM 詢價方式是採取雙界二元開放選擇誘導支付方式。

問卷中 CVM 的起始詢價金額是將試訪獲得的開放式金額先依大小排序，試訪金額最小值為 300 元，最大值為 1,500 元。正試問卷第一階段金額是以 300 元為起始值，往後以 100 元開始累加至 10 組金額產生。第二階段的訪問金額則為第一階段訪問金額的減半或加倍，第三階段是請受訪者寫最高金額，表 8-6 為正式問卷所使用的 10 組金額。

表 8-6 CVM 雙界二元選擇詢價模式-起始金額組別

組別	第一階段起始金額 (A)	第二階段 (是否願意支付第一階段起始金額)	
		是(B)	否(C)
1	300	600	150
2	400	800	200
3	500	1000	250
4	700	1400	350
5	800	1600	400
6	900	1800	450
7	1000	2000	500
8	1100	2200	550
9	1300	2600	650
10	1500	3000	750

資料來源：本計畫彙整。

第四節、調查資料敘述性分析

一、問卷基本資料描述

本計畫在台灣本島的每個縣市選取 1~3 處樣區，被選取的樣區進行系統性抽樣 14~15 份問卷，總共選擇 28 處樣區進行現地調查，各處皆訪問 14~15 份問卷，尚無官方統計的自然步道，及問卷抽樣前未獲得遊客人數資料的鰲鼓濕地森林園區，無法確定其人數多寡，每處為 14 份問卷，國家森林遊樂區及平地森林園區每處 15 份；總計問卷面訪 400 份，問卷訪談在 2025 年 06-08 月進行。

表 8-7 為受訪者性別和職業的交叉分析，職業以服務業（18.8%）占比最高、退休（15.3%）居次，數值分配符合台灣目前產業以服務業為導向的現況，同時在高齡化下，退休族群比例也隨之增加。男女性在職業上，仍存在些許差異，從事工業和農漁業的男性比例較多，推測該產業通常需要較多的勞力付出，女性職業則集中在服務業和商業。目前雖男女性皆可入營服役，但軍人仍以男性為主，而家管則以女性為主。

表 8-7 受訪者之年齡、性別與職業交叉表（n=400）

年齡區間	20-29		30-39		40-49		50-59		60-69		70 以上		合計			
性別 / 職業	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	職業 人數總計	職業 %
公務員	2	0	4	0	1	4	3	2	3	1	1	2	14	9	23	5.8
軍人	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0.8
教師	2	3	0	0	0	3	2	3	3	4	3	1	10	14	24	6.0
商業	0	2	0	2	3	3	2	4	5	6	1	1	11	18	29	7.3
工業	1	0	1	2	6	1	6	2	2	2	2	3	18	10	28	7.0
服務業	3	3	3	8	4	5	2	14	11	11	5	6	28	47	75	18.8
金融業	0	1	0	0	2	2	3	4	1	0	0	1	6	8	14	3.5
科技業	1	0	4	1	2	1	5	1	0	0	2	0	14	3	17	4.3
醫療業	0	2	0	1	3	8	2	2	1	0	1	1	7	14	21	5.3
農漁業	0	0	1	0	2	0	1	0	2	0	0	0	6	0	6	1.5
學生	6	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	5	12	3.0
家管	0	0	0	1	0	2	0	8	0	8	0	7	0	26	26	6.5
自由業	0	1	1	0	0	2	1	0	2	5	2	0	6	8	14	3.5
其他	6	1	7	3	1	5	11	2	3	5	3	0	31	16	47	11.8
退休	0	0	0	0	1	1	1	0	15	11	21	11	38	23	61	15.3
年齡人數總計	24	18	22	18	25	37	39	42	48	53	41	33	199	201	400	100

資料來源：本研究彙整。

二、民眾之環境意識與行為

分析問卷中森林旅遊地受訪者的環境意識與行為（表 8-8），表中保留各題在問卷的題號，以利與附錄八的問卷對照。在態度認同題組，96%受訪者認同野生動植物的生存權利是重要的，98%受訪者認同將垃圾遺留在環境會對生態系造成影響，63%的受訪者支持捐款保護環境，但在意捐款後續的金額流向和利用方式，89%受訪者對以實際行動保護環境是值得推廣。

主觀規範題組，受訪者雖擁有良好的環境意識，但仍有半數受訪者到自然環境旅遊時基於好奇心(66%)和現場沒警告標示(18%)、隨手方便(17%)做出摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在自然環境的行為；不曾摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾的受訪者主要理由為會破壞環境（81%）、或會傷害動植物（45%）。當看見其他人的錯誤行為時，僅 55%受訪者表示在人身安全情況下會制止他的行為，44%受訪者則當作沒看到。

知覺行為控制題組，76%受訪者表示親戚或友人曾經購買環境友善產品，53%表示會因此增加自己的購買意願。在受訪者購買環境友善產品頻率上，43%偶爾會買。58%受訪者的親戚或友人有捐款或參加環保團體的現象，40%受訪者表示會因此增加自己捐款的意願。60%受訪者養過寵物。

表 8-8 受訪者之環境意識與行為（n=400）

受訪者之環境意識與行為	人數（人）	百分比（%）
態度認同		
5.您認為維護野生動植物的生存權利是重要的。		
非常不同意	1	0.3
不同意	3	0.8
普通	13	3.3
同意	85	21.3
非常同意	298	74.5
6.您認為遺留垃圾在自然環境會對生態系造成負面影響。		
非常不同意	5	1.3
不同意	0	0
普通	4	1.0
同意	54	13.5
非常同意	337	84.3
7.您認為捐款保護環境是必要的。		
非常不同意	9	2.3
不同意	32	8
普通	106	26.5
同意	143	35.8
非常同意	110	27.5
8.您認為以實際行動（如植樹、淨灘）保護環境是值得推廣的。		
非常不同意	1	0.3
不同意	7	1.8
普通	38	9.5
同意	119	29.8
非常同意	235	58.8
主觀規範		
9.到自然景點旅遊時，您曾摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在當地？		
每次都如此	0	0
常常如此	2	0.5
偶爾如此	12	3
很少如此	86	21.5
不曾有過此種行為	300	75
10.您曾摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在當地的理由為何？		
好奇心	66	66
帶回去給他人觀賞	13	13
現場沒警告標示	18	18
隨手方便	17	17
效法他人行為	16	16
11.您不摘取植物、不觸摸動物、或不遺留垃圾在當地的理由為何？		
我認為會傷害動植物	135	45
我想留在原地給他人觀賞	79	26.3
因為現場有警告標示	41	13.7
我認為會破壞環境	244	81.3
12.您看地其他人摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在當地時，您的反應為何？		
制止他的行為（在人身安全的情況下）	219	54.8
奮不顧身制止他人行為	4	1
當作沒看到	176	44
效法他人行為	1	0.3

表 8-8 受訪者之環境意識與行為（n=400）

受訪者之環境意識與行為	人數（人）	百分比（%）
知覺行為控制		
13.您周遭親戚或友人是否曾購買環境友善產品（如有機產品、無毒作物或資源再利用產品）？		
是	305	76.3
否	95	23.8
14.當親戚或友人購買環境友善產品時，對您有何影響？		
增加購買意願	211	52.8
對我沒影響	188	47.0
降低購買意願	1	0.3
15.您購買環境友善產品的情況？		
每次都買	11	2.8
常常買	66	16.5
偶爾會買	171	42.8
很少買	98	24.5
不曾購買	54	13.5
16.您周遭親戚或友人是否曾參加環保團體、或捐款給環保團體或 NGO？		
是	170	42.5
否	230	57.5
17.當親戚或友人參加環保團體或捐款時，對您有何影響？		
增加參加或捐款意願	160	40
對我沒影響	240	60
降低參加或捐款意願	0	0
18.您是否曾參加環保團體、或捐款給環保團體或 NGO？		
是	121	30.3
否	279	69.8
19.您是否飼養過寵物？		
是	239	59.8
否	161	40.3

資料來源：本研究統計彙整。

第九章、森林生態系文化服務價值之實證推估

本章第一節說明旅行成本模型推估。第二～四節針對國家森林遊樂區、平地森林園區、自然步道等三類森林旅遊地之受訪遊客進行敘述性分析，包括遊客之社經基本資料、對森林旅遊地之環境意識與行為、以及遊憩效益實證推估結果；第五節實證推估文化服務總價值。問卷抽樣分配與樣區選擇說明請見第八章。

第一節、旅行成本模型實證推估

旅行成本模型（travel cost model），也稱遊憩需求模型（recreational demand model），為環境經濟學中經常用以推估非市場財貨（例如各類生態系）遊憩價值。本節首先說明推估旅行成本模型時之旅行成本估算方式、計量模型使用變數、以及實證推估公式；其次也說明福利經濟學與 SEEA-EA 建議之遊憩價值之估算差異。

一、旅行成本估算方式

TCM 常被討論之處是旅行成本的計算，可分成估算旅遊全部成本或旅行的交通成本，而時間機會成本在過往文獻中也有諸多討論。本計畫中的旅行成本為交通費、門票費、和交通時間成本等的加總，而遊客在旅遊地點停留的時間成本在過往文獻中多不考慮，因此本計畫亦不考量停留時間成本。

（一）交通成本

交通成本是以行駛距離與油價加以估算，若車輛有行駛高速公路，會增加「車輛通行費」（過路費）的支出。首先在行駛距離方面，假設受訪者皆採用最短路徑到達森林旅遊地，本計畫利用 Google map 測量受訪者從居住地所在鄉鎮市區公所與森林旅遊地之間的最短距離；但由於森林旅遊地範圍廣

大，在計算上需選取一個固定地點作為共同基準，考量遊客前往森林旅遊地遊玩時多採自駕，故會優先選擇有停車場的地點，又停車場多位於入口附近，因此地點選取是以各森林旅遊地入口做為代表。

問卷中主要交通工具選項中，自用汽機車、租賃汽機車並無法區分車型大小，在此假設自用與租賃汽機車皆為小客車。依據交通部全球資訊網（2025）之 113 年自用小客車使用狀況調查報告，可知小客車平均燃油效率約每公升 11.4 公里。在油價方面，採用油價資訊管理與分析系統（2025）2024 年平均油價。一般小客車較常使用無鉛汽油，故採用 92、95、98 等三種無鉛汽油之年均價每公升約 30.9 元。又根據交通部公路局（2025）統計至 2025 年底，自用小客車中屬電能車僅占 2%，又現行電動車充電單價差異相當大，故本計畫暫不個別估算電動車之交通成本。

若車輛有行駛高速公路，「車輛通行費」依據里程數收費也應納入交通成本，參見表 9-1 小客車的收費方式；里程 20 公里內無須收費，若里程超過 200 公里後，每公里費用為 0.9 元。舉例而言，若 A 車行駛 250 公里，里程收費為（200-20）*1.2+（250-200）*0.9=216+45=261 元。

表 9-1　小客車行駛高速公路收費方式

費率 / 里程	費率（公里/元）
	小型車
每日行駛里程<=20 公里	0
20 公里<=每日行駛里程<=200 公里	1.20
每日行駛里程>200 公里	0.90

資料來源：交通部高速公路局，2025。

交通成本的計算分成兩類，若受訪者在問卷中的交通方式勾選大眾交通工具、遊覽車或其他，會直接依問卷中受訪者填答的費用作為交通成本。若勾選自用汽機車或租賃汽機車，則會透過距離、油價、高速公路行駛里程數

加以估算總費用。交通成本的計算是將行駛公里數除以燃油效率值求出所需油量，再將油量與油價相乘來獲得成本；若車輛有行駛高速公路，則需再計算車輛通行費。租賃汽機車，則以小型車五人座計算，日租費約 1,500～2,600 元，本計畫取平均值每日約 2,050 元計算。

（二）時間成本

人的時間有限，換言之當安排某特定事情時，代表該時段無法從事其他事項或者時間被壓縮，時間限制使得時間成本在 TCM 中引起了諸多討論，同時在運用 TCM 時多會將時間成本納入考量。計算每人的時間機會成本時，原則上應該要以每人的時間價值來計算，但實際操作上發現時間價值不僅因人而異且甚難獲得，故多以工資率為代表，但該以全部工資率或部分工資率估算在過往文獻已有諸多討論。

針對工資率採用方式的討論主要有兩類：其一以 Cesario（1976）提出的 1/3 工資率為代表；其二以全部時薪為代表，係基於旅遊需求是短期決策，而工作是長期決策，故視全部工資率為時間機會成本。本計畫在時間機會成本的計算上，選用第二種方式，透過受訪者選填之全年收入，除上全年工時，換算成時薪計算。

二、旅行成本模型之變數說明

（一）基本社經變數

基本社經變數包括年齡、教育程度、年收入等，問卷中教育程度是分成畢業或肄業兩種情況，若受訪者勾選肄業，則會取該教育年數的一半為代表，舉例而言，國中畢業教育年數為 6+3=9 年，國中肄業教育年數為 6+1.5=7.5 年，所得問題是以級距方式來詢問，此資料處理是取級距上下界數值的平均數來代替，例如當受訪者年薪勾選 30-40 萬，則會以 35 萬作為代表。

（二）環境態度與行為變數

此部分由問卷第二部分的「民眾環境意識與行為」中，根據態度、主觀規範、知覺行為控制等三類題組，透過 3 個變數分別觀察受訪者在環境態度認同程度、環境保護行為執行程度、親友環境保護意識對受訪者主觀規範影響程度上，對受訪者到訪森林旅遊次數的影響。

（三）虛擬變數

計量模型使用的虛擬變數共 11 個，包括從事活動類型的賞鳥或其他 2 項，以及受訪者是否會再去一次今日旅遊地、若旅行成本提升 10%受訪者每年旅遊次數仍不改變等 2 項；又森林林相根據現地調查發現受訪者難以區分天然林與人工林，故將森林景觀中的林相類別由 7 項合併為 4 項；另外，森林特徵為受訪者今日到訪旅遊地時看見的景象，包括基礎設施中的觀景平台、景觀項目中的吊橋、與步道鋪面類型是柏油或水泥素材等 3 項。

（三）其他變數

為將受訪者今日到訪旅遊地時觀察到的各景象項目轉化為累積強度，以便在模型中衡量「數量」或「程度」的影響；首先排除設為前述虛擬變數的森林特徵為受訪者今日到訪旅遊地時看見的景象的 3 項，再分別加總各項特徵，形成 3 個變數分別為（1）除景觀平台之外的受訪者看見的基礎設施項目數量、（2）除吊橋之外的受訪者看見的景觀項目數量、（3）除柏油、水泥之外的步道鋪面類型數量。

四、計次與截斷模型之模型架構

因本計畫問卷為現地調查到訪遊客，訪員無法對未前往該地（旅遊次數為 0）的遊客進行訪問，為非負整數之計次資料（count data），致使資料因產生截斷問題而有高估母體旅遊次數之虞。因此本計畫應用截斷卜瓦松模型

（TP）或截斷負二項模型（TNB）進行分析，並以最大概似法加以推估，降低偏誤的情況。

（一）截斷卜瓦松迴歸模型（Zero-truncated Poisson，TP 模型）

TP 模型則直接將 y_i 定義為>0 的數值，TP 公式如式（9-1）～（9-2）：

$$\Pr(y_i) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{y_i}}{y_i!(1-e^{-\lambda_i})} \qquad (9\text{-}1)$$

$$\mathrm{Var}(y_i) = \lambda_i = \exp(\beta_0 + \sum_{j=1}^{n}\beta_j x_{ij}) \qquad (9\text{-}2)$$

(二) Zero-Truncated NB 模型(TNB 模型)

TNB 模型亦將直接將 y_i 定義為>0，而其與 TP 模型的相異之處則為 TNB 模型修正了 TP 模型中產生的過度離散相關問題，直接將 y_i 定義為>0 的數值，TNB 公式如式（9-3）～（9-5）：

$$\Pr(y_i) = \frac{\Gamma(y_i+\alpha^{-1})(\alpha\lambda_i)^{y_i}[1+\alpha\lambda_i]^{-(y_i+\alpha^{-1})}}{\Gamma(\alpha^{-1})\Gamma(y_i+1)} \times \left(\frac{1}{1-(1+\alpha\lambda_i)^{\alpha^{-1}}}\right) \qquad (9\text{-}3)$$

$$\mathrm{E}(y_i) = \lambda_i = \exp(\beta_0 + \sum_{j=1}^{n}\beta_j x_{ij}) \qquad (9\text{-}4)$$

$$Var(y_i) = \lambda_i + \alpha\lambda_i^2 \qquad (9\text{-}5)$$

五、遊憩效益推估

環境經濟學推估遊憩效益時，一般以旅遊需求函數模型或得之旅行成本之係數值，進而推估遊客的消費者剩餘（consumer surplus，CS），以獲得森林旅遊地提供的福利價值；而 SEEA-EA 則是透過實際之支出成本作為森林旅遊地的遊憩效益，以遊客投入的旅遊時間成本做為交換價值，視為森林旅遊地的遊憩效益。為提供後續政策需求，本計畫將同時

推估上述兩種方法的效益值，下列說明估算旅遊需求之 CS 公式，而 SEEA-EA 之交換價值公式詳見第 7 章第二節公式 7-1。

各類森林旅遊地平均每位遊客的遊憩效益，參考 Alam *et al.,*（2017）估算旅遊需求之 CS 公式如式（9-6）：

$$CS = \int_{TC^0}^{TC^C} Y^*(\mathrm{TC})\,\mathrm{dTC} = -\frac{r}{\beta_{TC}} \quad (9\text{-}6)$$

其中，TC^C 為樣本的平均旅行成本，TC^0 為旅遊次數為 0 的價格，r 為旅遊地的平均遊客人次，β_{TC} 則為模型所推估的總旅行成本係數。為避免因單一年份之突發事件影響遊客人次，國家森林遊樂區、平地森林園區以近五年平均遊客人次計算，自然步道目前尚無遊客統計資料，僅能以本計畫現地問卷調查時統計平日、假日各一日的遊客人次推估。

第二節、國家森林遊樂區

一、有效問卷填答人數與資料筆數統計

針對國家森林遊樂區總計 11 處，本計畫抽取其中 6 處進行現地調查，各抽樣 15 份，總計 90 位受訪者（參見表 9-2 中有✓號者），其中滿月圓與八仙山選填數最多（皆 36 人），東眼山次之（34 人）。此份問卷除針對今日旅遊地又增加 2 題 CBM 問題：（1）詢問受訪者再增加 1 次旅遊時，希望改善今日旅遊地的特徵為何？（2）今日旅遊地旅行成本增加 10%，是否會減少旅遊次數？因此有效問卷 90 份，有效資料筆數為 270 筆（參見表 9-2）。

由於本計畫現地調查三類森林旅遊地共 400 位受訪遊客皆會回答 1～3 個旅遊地（今日旅遊地、過去 3 年最喜歡旅遊地、過去 3 年最常去旅遊地；會有重覆）。總計 400 位受訪遊客中，除富源國家森林遊樂區外，其餘地點皆至少有 1 人填答，填答人數最多的地點為太平山國家森林遊樂區（32 人）。故國家森林園區旅遊地選填數合計 129 筆有效資料。

故本章第一節進行問卷資料之敘述分析時採用旅遊地選填數 219 筆資料，而第二節推估國家森林遊樂區之旅遊成本函數則為上述兩筆資料之合計 399 筆（包含旅遊地選填數 219 筆，CBM 資料筆數 180 筆）。

表 9-2　我國低海拔國家森林遊樂區有效問卷之受訪人數、旅遊地選填數、以及資料筆數

序號	國家森林遊樂區	地點		調查地點	**受訪人數**	旅遊地選填數	資料筆數
1	內洞	新北市	烏來區	✓	**15**	24	54
2	滿月圓		三峽區	✓	**15**	36	66
3	東眼山	桃園市	復興區	✓	**15**	34	64
4	太平山	宜蘭縣	大同鄉		**0**	32	32
5	八仙山	台中市	和平區	✓	**15**	36	66
6	藤枝	高雄市	桃源區		**0**	2	2
7	雙流	屏東縣	獅子鄉		**0**	2	2
8	墾丁		恆春鎮		**0**	13	13
9	池南	花蓮縣	壽豐鄉	✓	**15**	15	45
10	富源		瑞穗鄉		**0**	0	0
11	知本	臺東縣	卑南鄉	✓	**15**	25	55
				總計	**90**	219	399

資料來源：本計畫統計。

二、問卷資料之敘述性分析

（一）國家森林遊樂區之活動經驗

受訪者前往各國家森林遊樂區的交通方式，大多數人（50～100%）自行開車或騎機車前往，且以自用汽機車為主（50～100%），大眾交通工具及遊覽車的受訪者次之（3~50%），而其他的交通方式（如步行、腳踏車等）前往者則最少（僅知本 5%）。受訪者前往旅遊地旅遊的主要活動是休閒遊憩（50～100%），部分受訪者則是賞鳥與賞蝶等（參見表 9-3）。

表 9-3　我國低海拔國家森林遊樂區受訪者之交通方式與主要活動

序號	國家森林遊樂區	旅遊地選填數	交通方式（%）					主要活動（%）		
			自用汽機車	租賃汽機車	遊覽車	大眾交通工具	其他	休閒遊憩	賞鳥賞蝶	其他
1	內洞	24	98	0	0	2	0	94	11	6
2	滿月圓	36	65	0	3	32	0	94	5	15
3	東眼山	34	58	5	6	31	0	98	2	0
4	太平山	32	59	3	31	9	0	94	3	6
5	八仙山	36	88	0	3	9	0	95	14	0
6	藤枝	2	100	0	0	0	0	100	0	0
7	雙流	2	50	0	50	0	0	50	0	50
8	墾丁	13	92	0	0	8	0	92	0	8
9	池南	15	80	13	0	7	0	93	0	13
10	富源	0	-	-	-	-	-	-	-	-
11	知本	25	60	5	16	18	5	100	5	0
總計		219	-	-	-	-	-	-	-	-

註：灰階為有現地調查之樣本地點。
資料來源：本計畫彙整。

（二）國家森林遊樂區之主要特徵

旅遊地特徵包含林相、基礎設施、景觀特徵、步道鋪面等。在林相方面，受訪者認為大部分的旅遊地林相仍以闊葉林為主（26%以上），在東眼山、太平山、八仙山等地則認為針闊混淆林為主（50%以上），此與本計畫範圍界定在低海拔森林生態系有關。但在天然林與人工林之林相區分上，受訪者認為旅遊地中的森林大多為天然林（參見表 9-4）。

在基礎設施方面，因國家森林遊樂區的規劃較完善，故基礎設施亦較為齊全，各地點皆具有露天休憩區、涼亭、停車場、廁所、受訪者服務中心等設施，大多數景點亦有觀景平台、餐廳等（約有 4 成以上受訪者勾選），山屋及露營地等住宿類型的設施則較為少見（僅八仙山、太平山有 3 成受訪者勾選）（參見表 9-4）。

在景觀特徵方面，除藤枝外，其餘旅遊地皆有 3 成以上受訪者勾選眺望遠景，而中、北部旅遊地則較多瀑布、吊橋等。在地質景觀方面，則是以墾丁（46%）、東眼山（39%）等地為主（參見表 9-5）。

在步道鋪面方面，因國家森林旅遊地的範圍較廣，故步道鋪面的類型也較豐富，石質、木質、水泥/柏油鋪面的比例差異較不明顯，無鋪面（如山路、土石路）除雙流外，多在 50%以下（參見表 9-5）。

表 9-4　我國低海拔國家森林遊樂區受訪者對林相與基礎設施之勾選結果

序號	國家森林遊樂區	林相（%）							基礎設施（%）											
		闊葉林		針闊混淆林		針葉林		竹林	露天休憩區		涼亭		停車場	廁所	觀景平台	廟宇、教堂	遊客服務中心	餐廳	山屋	露營地
		天然	人工	天然	人工	天然	人工		椅子	桌子	椅子	桌子								
1	內洞	67	28	22	0	6	6	11	85	93	69	76	89	98	61	0	76	13	2	7
2	滿月圓	77	36	2	2	0	0	2	68	82	53	67	71	68	23	2	45	35	0	2
3	東眼山	33	22	41	30	3	8	3	64	84	64	80	75	75	56	6	69	53	8	13
4	太平山	34	9	50	34	6	16	0	69	63	41	53	72	66	50	3	72	47	31	3
5	八仙山	26	9	73	20	2	8	18	79	89	77	85	86	86	79	62	89	77	36	5
6	藤枝	50	0	100	50	0	0	0	50	100	50	100	50	100	50	0	100	50	0	0
7	雙流	100	0	0	0	0	0	50	50	100	50	0	50	50	0	0	100	0	0	0
8	墾丁	77	31	15	0	0	0	0	31	54	31	46	46	46	38	0	92	15	0	0
9	池南	100	73	7	40	7	0	0	80	73	60	67	80	73	80	73	100	22	7	18
10	富源	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	知本	96	60	11	5	2	0	0	93	89	76	80	85	87	42	13	91	42	13	5

註：灰階為有現地調查之樣本地點。

資料來源：本計畫統計彙整。

表 9-5　我國低海拔國家森林遊樂區受訪者對景觀特徵與步道鋪面之勾選結果

序號	國家森林遊樂區	景觀特徵（%）							步道鋪面（%）			
		橋	吊橋	瀑布	溪流	深潭/湖	眺望遠景	地質景觀	無鋪面	石質鋪面	木質鋪面	水泥/柏油
1	內洞	91	9	100	67	37	46	19	2	72	28	78
2	滿月圓	70	8	97	73	6	30	2	50	48	59	47
3	東眼山	59	9	25	34	6	67	39	14	84	58	61
4	太平山	47	19	38	28	44	63	3	13	72	63	50
5	八仙山	41	29	77	91	5	61	23	35	80	86	38
6	藤枝	0	0	0	0	0	100	0	50	50	50	50
7	雙流	50	50	100	50	0	0	0	100	100	50	50
8	墾丁	0	0	0	8	15	62	46	8	54	54	38
9	池南	0	18	7	67	62	76	2	20	93	80	100
10	富源	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	知本	24	31	60	67	9	36	4	47	71	51	76

註：灰階為有現地調查之樣本地點。

資料來源：本計畫統計彙整。

（三）受訪者基本資料

國家森林遊樂區受訪者以女性（57%）較男性（43%）多。受訪者年齡主要為 40~49 歲（21%）與 60~69 歲（21%），70 歲以上亦有 20%；此符合運動部全民運動署之國民運動現狀調查（2025）結果，40 歲以上從事戶外休閒中健走、散步、爬山等的人口約占 7 成[1]。共同生活人數以 2 人（29%）最多，其次 4 人（22%）、3 人（18%），大致為小家庭的生活型態，5 人以上的較少（參見表 9-6）。

在教育程度方面，受訪者以大學畢業（32%）最多、其次研究所畢業（27%）、高中畢業（19%），大部分受訪者皆具 9 年以上的教育年限（參見表 9-6）。

受訪者年收入主要分布在 40 萬以下（32%），其次 41~50 萬（14%）；受訪者年齡分布在 40～49 歲與 60～69 歲最多皆占 21%、70～79 歲次多占 20%（參見表 9-6）。

受訪者職業類別以服務業為主（17%），其次為家管（12%）及退休（11%），從事軍人（1%）、金融業（1%）與自由業（1%）偏少（參見表 9-6）。

[1] 運動部全民運動署之國民運動現狀調查（2025），從事戶外休閒中健走、散步、爬山等的人口比例 40~49 歲（19%）、50~59 歲（20%）與 60~69 歲（19%），70 歲以上(13%)。

表 9-6　我國低海拔國家森林遊樂區受訪者之社經資料

項目	人數（人）	百分比（%）		人數（人）	百分比（%）
性別	n=90		**所得**		
男	39	43.3	40 萬以下	29	32.2
女	51	56.7	41～50 萬	13	14.4
年紀			51～60 萬	4	4.4
20～29 歲	11	12.2	61～70 萬	5	5.6
30～39 歲	11	12.2	71～80 萬	7	7.8
40～49 歲	19	21.1	81～90 萬	7	7.8
50～59 歲	12	13.3	91～100 萬	8	8.9
60～69 歲	19	21.1	101～110 萬	2	2.2
70 歲～	18	20.0	111～120 萬	2	2.2
同生活人數（含自己）			121～140 萬	2	2.2
1	13	14.4	141～160 萬	3	3.3
2	26	28.9	161～180 萬	1	1.1
3	16	17.8	181～200 萬	1	1.1
4	20	22.2	201 萬以上	6	6.7
5	11	12.2	**職業**		
5 人以上	4	4.4	公務員	5	5.6
教育程度			軍人	1	1.1
小學以下	2	2.2	教師	6	6.7
國中肄業	1	1.1	商業	5	5.6
國中畢業	3	3.3	工業	10	11.1
高中職肄業	3	3.3	服務業	15	16.7
高中職畢業	17	18.9	金融業	1	1.1
專科肄業	1	1.1	科技業	6	6.7
專科畢業	4	4.4	醫療業	9	10.0
大學肄業	3	3.3	農、漁業從業者	0	0.0
大學畢業	29	32.2	學生	5	5.6
研究所肄業	3	3.3	家管	11	12.2
研究所畢業	24	26.7	自由業（律師、會計師）	1	1.1
其他	0	0	其他	5	5.6
-			退休	10	11.1

資料來源：本計畫統計彙整。

（四）受訪者之環境態度與行為

分析問卷中國家森林遊樂區受訪者的環境態度與行為（參見表 9-7），表中保留各題在問卷的題號，以利與附錄八的問卷對照。在環境態度題組，99%受訪者認同野生動植物的生存權利是重要的；99%認同將垃圾遺留在環境會對生態系造成影響；67%支持捐款保護環境；94%認為以實際行動保護環境是值得推廣。

主觀規範題組，81%受訪者表示親戚或友人曾經購買環境友善產品， 66%表示會因此增加自己的購買意願。在購買環境友善產品頻率上，21%受訪者常常購買，49%偶爾會買。49%受訪者的親戚或友人有捐款或參加環保團體的現象，49%受訪者表示會因此增加自己捐款的意願；36%受訪者表示曾參加環保團體；59%受訪者養過寵物。

知覺行為控制題組，受訪者雖擁有良好的環境態度，但仍有部分受訪者到自然環境旅遊時基於好奇心（82%）、現場沒警告標示（14%）、隨手方便（14%）等做出摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在自然環境的行為；而受訪者不曾摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾的主要理由為會破壞環境（78%）、會傷害動植物（56%）；當看見其他人的錯誤行為時，有 64%表示在人身安全情況下會制止他的行為，36%則當作沒看到。

表 9-7　我國低海拔國家森林遊樂區受訪者之環境意識與行為（n=90）

受訪者之環境意識與行為	人數（人）	百分比（%）
態度認同		
5.您認為維護野生動植物的生存權利是重要的。		
非常不同意	0	0
不同意	0	0
普通	1	1.1
同意	17	18.9
非常同意	72	80.0
6.您認為遺留垃圾在自然環境會對生態系造成負面影響。		
非常不同意	1	1.1
不同意	0	0
普通	0	0
同意	8	8.9
非常同意	81	90.0
7.您認為捐款保護環境是必要的。		
非常不同意	1	1.1
不同意	6	6.7
普通	23	25.6
同意	33	36.7
非常同意	27	30.0
8.您認為以實際行動（如植樹、淨灘）保護環境是值得推廣的。		
非常不同意	0	0
不同意	0	0
普通	5	5.6
同意	28	31.1
非常同意	57	63.3
主觀規範		
13.您周遭親戚或友人是否曾購買環境友善產品（如有機產品、無毒作物或資源再利用產品）？		
是	73	81.1
否	17	18.9
14.當親戚或友人購買環境友善產品時，對您有何影響？		
增加購買意願	59	65.6
對我沒影響	31	34.4
降低購買意願	0	0
15.您購買環境友善產品的情況？		
每次都買	3	3.3
常常買	16	17.8
偶爾會買	44	48.9
很少買	17	18.9
不曾購買	10	11.1
16.您周遭親戚或友人是否曾參加環保團體、或捐款給環保團體或 NGO？		
是	44	48.9
否	46	51.1
17.當親戚或友人參加環保團體或捐款時，對您有何影響？		
增加參加或捐款意願	44	48.9
對我沒影響	46	51.1
降低參加或捐款意願	0	0

表 9-7　我國低海拔國家森林遊樂區受訪者之環境意識與行為（n=90）

受訪者之環境意識與行為	人數（人）	百分比（%）
18.您是否曾參加環保團體、或捐款給環保團體或 NGO？		
是	32	35.6
否	58	64.4
19.您是否飼養過寵物？		
是	53	58.9
否	37	41.1
知覺行為控制		
9.到自然景點旅遊時，您曾摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在當地？		
每次都如此	0	0
常常如此	1	1.1
偶爾如此	5	5.6
很少如此	16	17.8
不曾有過此種行為	68	75.6
10.您曾摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在當地的理由為何？		
好奇心	18	81.8
帶回去給他人觀賞	5	22.7
現場沒警告標示	3	13.6
隨手方便	3	13.6
效法他人行為	1	4.6
11.您不摘取植物、不觸摸動物、或不遺留垃圾在當地的理由為何？		
我認為會傷害動植物	38	55.9
我想留在原地給他人觀賞	22	32.4
因為現場有警告標示	11	16.2
我認為會破壞環境	53	77.9
12.您看地其他人摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在當地時，您的反應為何？		
制止他的行為（在人身安全的情況下）	58	64.4
奮不顧身制止他人行為	0	0
當作沒看到	32	35.6
效法他人行為	0	0

資料來源：本計畫彙整。

（五）旅遊次數、旅行成本、所得

大多數受訪者的前往同一地點旅遊的次數較少，旅遊次數為 1~12 次(平均每季前往國家森林遊樂區 1 次)者占樣本多數，共 359 人次（91.6%），且平均旅行成本次高（1,688 元），13~36 次者的平均旅行成本為 1,601 元，37~107 次者為 698 元，108 次以上者最低，為 644 元；在平均所得的部分，前往 1~12 次者的平均所得最高（約 71 萬元），而前往 37 次以上的受訪者平均所得則較低（約 61 萬元及 43 萬元），比對平均年齡，推測前往 37 次以上的受訪者，應屬於退休人口，故平均所得較低（參見表 9-8）。

表 9-8 國家森林遊樂區受訪者旅遊次數頻率、旅遊成本、所得與年齡

旅遊次數（3 年期間）	1~12 次（平均每季去 1 次）	13~36 次（平均每月去 1 次）	37~107 次（平均每月去 2 次）	108 次以上（平均每月去 2 次以上）
人次	359 (91.58%)	17 (4.34%)	4 (1.02%)	12 (3.06%)
平均旅行成本（元/人）	1,688	1,601	698	644
平均所得（萬元）	71.26	68.53	61.25	42.5
平均年齡（歲）	51.5	64.8	72.3	79

註:因 CBM 問卷中有詢問受訪者當成本增加時旅遊次數改變的情況，有部分受訪者會因此減少旅遊次數，故有 7 份問卷之次數為 0。
資料來源：本計畫彙整。

三、模型解釋變數

國家森林遊樂區的變數共 **22** 個，涵蓋受訪遊客三大面向資料：(1) 基本社經資料，(2) 環境態度、主觀規範、以及環保行為，(3) 國家森林遊樂區過去 3 年的旅遊次數、旅遊相關成本、森林特徵的體驗等；(參見表 9-9)。

表 9-9　國家森林遊樂區之變數說明

變數名稱	變數說明	平均值	標準差	最小值	最大值
Y	過去 3 年內前往森林遊樂區的旅遊次數(人次)	9.18	28.43	1	200
age	受訪者年齡(歲)	52.97	16.35	22	87
eduyr	受訪者受教育年限(年)	14.46	3.41	3	18
tc	旅行成本，包含交通費、門票費、交通時間成本(元)	1637.33	1561.54	151	12071
income	受訪者年收入(萬元)	69.9	53.01	20	201
atti	受訪者對環境態度的認同程度(-2~+2 分，值越大代表認同程度越高)	1.72	0.4	0	2
behav	受訪者對環境保護行為的執行程度(-2~+2 分，值越大代表執行程度越高)	1.21	0.31	0.6	2
mixjf	親友對環境保護意識，及其對受訪者主觀規範程度(-1~+1 分，值越大代表影響程度越高)	0.25	0.44	0	1
bird	虛擬變數；若受訪者主要從事的活動為賞鳥，則 bird=1	0.06	0.23	0	1
oa	虛擬變數；若受訪者主要從事的活動為其他(如賞蝶等)，則 oa=1	0.06	0.23	0	1
cb	受訪者今年會再去 1 次今日旅遊地，則 cb=1	0.45	0.5	0	1
same	虛擬變數；若旅行成本提升 10%，受訪者每年旅遊次數仍不改變，則 same=1	0.85	0.36	0	1
broadleaf	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區所看見的森林景觀為闊葉林，則 broadleaf=1	0.95	0.76	0	2
mixed	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區所看見的森林景觀為針闊混淆林，則 mixed=1	0.46	0.57	0	2
conifer	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區所看見的森林景觀為針葉林，則 conifer=1	0.08	0.3	0	2
bamboo	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區所看見的森林景觀為竹林，則 bamboo=1	0.06	0.23	0	1
faci	該森林遊樂區的基礎設施項目數：露天休憩區(桌、椅)、涼亭(桌、椅)、廁所、停車場、遊客服務中心、廟宇、餐廳、山屋、露營地，faci=0-10	5.89	2.23	0	10
observation	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區的設施包含觀景平台，observation =1	0.54	0.5	0	1
bridge_s	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區的景觀包含吊橋，bridge_s=1	0.17	0.37	0	1
geo	該森林旅遊地景觀項目數：小橋、瀑布、溪流、潭、眺望遠景、地質景觀，geo=0-6	2.56	1.25	1	6
way_n	該森林遊樂區步道鋪面類型數（山徑、木質、石質），way_n=0-3	1.61	0.83	0	3
industrial	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區步道鋪面屬柏油、水泥等素材，industrial=1	0.62	0.49	0	1

資料來源:本計畫統計彙整。

三、計次與截斷模型之實證推估結果

表 9-10 為分別用 TP 模型與 TNB 模型推估的結果;TP 模型重要變數 TC、INCOME 皆為顯著，20 項變數為顯著水準 1%以下顯著，顯著水準 5%以下顯著的變數共有 1 項；而 TNB 模型，顯著水準較差，僅 4 項變數為顯著水準 1%以下顯著，且重要變數 TC、INCOME 皆為不顯著。

根據 TP 模型的推估結果（應變數為受訪者旅遊次數）：

(1) 受訪者在國家森林遊樂區看見的林相為闊葉林（BROADLEAF）、針闊混淆林（MIXED）或竹林（BAMBOO）時，會分別降低受訪者旅遊次數 0.3、0.5、2.7 次，顯示此 3 項變數皆會對旅遊次數有負向影響。受訪者看見針葉林（CONIFER）時則會增加旅遊次數 0.2 次，對受訪者旅遊次數有正向影響。

(2) 在森林遊樂區設施方面，受訪者看見森林遊樂區吊橋（BRIDGE_S）時相較於沒看見的受訪者，會降低旅遊次數 0.3 次，顯示此變數會對旅遊次數有負向影響。受訪者有看見觀景平台(OBSERVATION)時，則會增加旅遊次數 0.9 次，顯示此變數會對旅遊次數有正向影響。

(3) 基礎設施如桌椅等（FACI）依受訪者看見的項目數量 （0~10），對受訪者旅遊次數會降低 0~0.4 次，呈負向影響。景觀（GEO）依受訪者看見的項目數量 （0~6），對受訪者旅遊次數會增加 0~0.5 次，呈正向影響。

(4) 道路鋪面類型,受訪者看見的為柏油／水泥等鋪面(INDUSTRIAL)、時會增加旅遊次數 0.7 次，顯示此變數皆會對旅遊次數有正向影響。山徑／木質／石質鋪面(WAY_N)依受訪者看見的項目數量(0~3)，對受訪者旅遊次數會增加 0~1.8 次，亦呈正向影響。

四、遊憩效益推估

（1）福利價值（消費者剩餘）

本計畫利用 TP 模型，對國家森林遊樂區之遊憩效益進行推估平均每位遊客的遊憩效益。在目前森林環境的條件下，每人每年前往國家森林遊樂區的遊憩效益為 16,969 元，2024 年國家森林遊樂區的遊憩效益-福利價值為 138 億元（個別國家森林遊樂區之遊憩效益，詳見附表三）。

（2）交換價值（遊客之時間成本）

利用本計畫問卷調查獲得之遊客來回森林旅遊地之交通時間、停留時間，非工作的時間價格，每小時時間價格以遊客勾選的年所得，換算時薪，分別算出每個森林旅遊地之前述各項平均值後推估；2024 年國家森林遊樂區的總遊憩效益-交換價值為 49 億元（個別平地森林園區之遊憩效益，詳見附表四）。

表 9-10 國家森林遊樂區計次截斷模型之實證推估結果

變數	Zero-Truncated Poisson 模型（TP）		Zero-Truncated NB 模型（TNB）	
	估計值	標準誤差	估計值	標準誤差
INTERCEPT	-11.6705***	0.4954	-7.3186	5.2038
AGE	0.09058***	0.002436	0.04928***	0.009784
EDUYR	-0.05799***	0.008121	-0.05719	0.05499
TC	-0.00013***	0.000022	0.000193	0.00014
CB	0.3218***	0.03704	-0.3122	0.2547
INCOME	-0.00535***	0.000697	-0.0048	0.003673
ATTI	1.3252***	0.07902	0.7898**	0.3062
BEHAV	0.6996***	0.0435	-0.1384	0.2412
MIXJF	-0.9493***	0.07141	0.1087	0.3115
BIRD	1.2607***	0.1113	-0.5047	0.7562
OA	0.1099	0.08406	-0.03048	0.6398
SAME	-0.7766***	0.08465	-0.831	0.3862
BROADLEAF	-0.2997***	0.04959	-0.07844	0.2263
MIXED	-0.488***	0.05715	-0.0294	0.2616
CONIFER	0.2291**	0.0885	1.2655**	0.5846
BAMBOO	-2.6771***	0.2533	-3.4769***	0.9094
FACI	-0.0422***	0.0125	-0.2047***	0.07103
OBSERVATION	0.937***	0.06579	0.4064	0.262
BRIDGE_S	-0.2533***	0.07035	-0.07804	0.3363
GEO	0.09005***	0.02341	0.207	0.1091
WAY_N	0.6069***	0.03854	0.3133	0.1685
INDUSTRIAL	0.7473***	0.0632	1.3285***	0.3148
alpha	-	-	-4.3128	4.8444
n	399		399	
-2LL(full)	4204.5		1377.6	
AIC	4248.5		1423.6	
AICC	4251.2		1426.7	
BIC	4336.3		1514	

註：顯著水準：***為<0.01；**為<0.05；*為<0.1。
INTERCEPT：模型之截距項，代表函數圖形與 y 軸（縱軸）的交點座標。
alpha：其值越大，表示數據的過度離散程度（Overdispersion）越高。
資料來源：本計畫推估彙整。

第三節、平地森林園區

一、有效問卷填答人數與資料筆數統計

針對平地森林園區總計 3 處，本計畫亦抽取 3 處進行現地調查，鰲鼓濕地抽樣 14 份，林後四林、大農大富各 15 份，總計 44 位受訪者（參見表 9-11 中有✓號者），其中林後四林與大農大富最多（皆 17 人），鰲鼓濕地次之（16 人）。此份問卷除針對今日旅遊地又增加 2 題 CBM 問題：（1）詢問受訪者再增加 1 次旅遊時，希望改善今日旅遊地的特徵為何？（2）今日旅遊地旅行成本增加 10%，是否會減少旅遊次數？因此有效問卷 44 份，有效資料筆數為 132 筆（參見表 9-11）。

由於本計畫現地調查三類森林旅遊地共 400 位受訪遊客皆會回答 1～3 個旅遊地（今日旅遊地、過去 3 年最喜歡旅遊地、過去 3 年最常去旅遊地；會有重覆）。總計 400 位受訪遊客中，3 處平地森林園區皆有 2 人填答。故平地森林園區旅遊地選填數合計 6 筆有效資料。

故本章第一節進行問卷資料之敘述分析時採用旅遊地選填數 50 筆資料，而第二節推估平地森林園區之旅遊成本函數則為上述兩筆資料之合計 138 筆（包含旅遊地選填數 6 筆，CBM 資料筆數 88 筆）。

表 9-11　我國低海拔平地森林園區有效問卷之 受訪人數、旅遊地選填數、以及資料筆數

序號	平地森林園區	地點	調查地點	受訪人數	旅遊地選填數	資料筆數
1	鰲鼓濕地	嘉義縣東石鄉	✓	14	16	44
2	林後四林	屏東縣潮州鎮	✓	15	17	47
3	大農大富	花蓮縣光復鄉	✓	15	17	47
			總計	44	50	138

資料來源：本計畫統計。

二、問卷資料之敘述性分析

（一）平地森林園區之活動經驗

受訪者前往各平地森林園區的活動經驗中，大多數人自行開車或騎機車前往，且以自用汽機車為主（68～100%），搭乘遊覽車前往的受訪者次之（13%），而採用其他的交通方式（如步行、腳踏車等）前往者則無（0%）。受訪者前往旅遊地旅遊的主要活動主要是休閒遊憩（91～100%），亦有部分受訪者是賞鳥與賞蝶等（13~30%）（參見表 9-12）。

表 9-12　我國低海拔平地森林園區受訪者之交通方式與主要活動

序號	平地森林園區	旅遊地選填數	交通方式（%）					主要活動（%）		
			自用汽機車	租賃汽機車	遊覽車	大眾交通工具	其他	休閒遊憩	賞鳥賞蝶	其他
1	鰲鼓濕地	16	84	0	15	0	0	91	30	2
2	林後四林	17	100	0	0	0	0	100	0	0
3	大農大富	17	68	13	13	0	0	98	13	2
	總計	50								

註：灰階為有現地調查之樣本地點。

資料來源：本計畫彙整。

（二）旅遊地之主要特徵

旅遊地特徵包含林相、基礎設施、景觀與地景特徵、步道鋪面等。在林相方面，受訪者認為旅遊地林相大部分仍以闊葉林為主，此與本計畫範圍界定在低海拔森林生態系有關。在天然林與人工林之林相區分上，受訪者認為旅遊地中的森林大多為天然林，但在林後四林則認為以人工闊葉林為主（98%）（參見表 9-13）。

在基礎設施方面，因平地森林園區的規劃較完善，故基礎設施亦較為齊全，各地點皆具有露天休憩區、涼亭、停車場、廁所、受訪者服務中心等設施，大多數景點亦有觀景平台、餐廳等（約 2~4 成受訪者勾選），山屋及露營地等住宿類型的設施則較為少見（約 1 成受訪者勾選）（參見表 9-13）。

在景觀特徵方面，多數旅遊地受訪者皆有勾選水域景觀（如：瀑布、溪流、深潭／湖），林後四林以溪流為主（近 7 成受訪者勾選），鰲鼓濕地則以深潭／湖為主（7 成受訪者勾選）。在眺望遠景方面，則是以大農大富（100%）為主（參見表 9-14）。

在步道鋪面方面，因平地森林園區的範圍較廣，故步道鋪面的類型也較豐富，大多是以石質、木質、水泥/柏油鋪面為主，無鋪面（如山路、土石路）則略少一些（多在 30%以下）（參見表 9-14）。

表 9-13　我國低海拔平地森林園區受訪者對林相與基礎設施之勾選結果

序號	平地森林園區	林相（%）							基礎設施（%）											
		闊葉林		針闊混淆林		針葉林		竹林	露天休憩區		涼亭		停車場	廁所	觀景平台	廟宇、教堂	遊客服務中心	餐廳	山屋	露營地
		天然	人工	天然	人工	天然	人工		椅子	桌子	椅子	桌子								
1	鰲鼓濕地	77	43	0	0	0	0	0	32	73	25	32	93	95	43	27	68	20	0	2
2	林後四林	2	98	2	0	0	0	0	77	81	62	57	79	85	21	6	70	17	13	9
3	大農大富	98	100	0	0	0	0	0	70	55	21	40	94	98	26	0	94	19	4	9

註：灰階為有現地調查之樣本地點。

資料來源：本計畫統計彙整。

表 9-14　我國低海拔平地森林園區受訪者對景觀特徵與步道鋪面之勾選結果

序號	平地森林園區	景觀特徵（%）							步道鋪面（%）			
		橋	吊橋	瀑布	溪流	深潭/湖	眺望遠景	地質景觀	無鋪面	石質鋪面	木質鋪面	水泥/柏油
1	鰲鼓濕地	11	0	2	17	70	43	11	21	49	68	57
2	林後四林	38	2	21	68	32	9	6	21	66	34	70
3	大農大富	13	6	15	15	9	100	4	2	4	83	81

註：灰階為有現地調查之樣本地點。

資料來源：本計畫統計彙整。

（三）受訪者基本資料

平地森林受訪者以女性（64%）較男性（36%）多。受訪者年齡主要為 20~29 歲（22%）與 60~69 歲（36%），推測是因為平地森林園區的位置與整體環境，較類似一般的大型森林公園有關，而能吸引年輕與壯年族群。共同生活人數以 2 人（34%）最多，其次 4 人（18%）、5 人（18%），大致為小家庭的生活型態，3 人及 5 人以上的較少（參見表 9-15）。

在教育程度方面，受訪者以大學畢業（39%）最多，高中職畢業（18%）與研究所畢業（18%）次多，大部分受訪者皆具 9 年以上的教育年限（參見表 9-15）。

受訪者年收入主要分布在 40 萬以下（48%），其次 41~50 萬（14%）與 51~60 萬（14%）；受訪者年齡分布在 60～69 歲最多占 36%，其中有一半是退休群（參見表 9-15）。

受訪者職業類別以退休為主（21%），其次為服務業（16%）、再來是商業（11%）與家管（11%），從事公務員、軍人以及農、漁業從業者皆為 0%（參見表 9-15）。

表 9-15　我國低海拔平地森林園區受訪者之社經資料

	人數（人）	百分比（%）		人數（人）	百分比（%）
性別	n=44		**所得**		
男	16	36.4	40 萬以下	21	47.7
女	28	63.6	41～50 萬	6	13.6
年紀			51～60 萬	6	13.6
20～29 歲	10	22.7	61～70 萬	2	4.6
30～39 歲	7	15.9	71～80 萬	2	4.6
40～49 歲	2	4.6	81～90 萬	1	2.3
50～59 歲	8	18.2	91～100 萬	2	4.6
60～69 歲	16	36.4	101～110 萬	0	0
70 歲～	1	2.3	111～120 萬	0	0
同生活人數（含自己）			121～140 萬	0	0
1	5	11.4	141～160 萬	1	2.3
2	15	34.1	161～180 萬	0	0
3	4	9.1	181～200 萬	0	0
4	8	18.2	201 萬以上	3	6.8
5	8	18.2	**職業**		
5 人以上	4	9.1	公務員	0	0
教育程度			軍人	0	0
小學以下	0	0.0	教師	3	6.8
國中肄業	1	2.3	商業	5	11.4
國中畢業	0	0.0	工業	2	4.6
高中職肄業	2	4.6	服務業	7	15.9
高中職畢業	8	18.2	金融業	1	2.3
專科肄業	1	2.3	科技業	2	4.6
專科畢業	7	15.9	醫療業	2	4.6
大學肄業	0	0.0	農、漁業從業者	0	0
大學畢業	17	38.6	學生	3	6.8
研究所肄業	0	0.0	家管	5	11.4
研究所畢業	8	18.2	自由業（律師、會計師）	1	2.3
其他	0	0	其他	4	9.1
-			退休	9	20.5

資料來源：本計畫統計彙整。

（四）受訪者之環境態度與行為

分析問卷中森林旅遊地受訪者的環境態度與行為（表 9-16），表中保留各題在問卷的題號，以利與附錄八的問卷對照。在態度認同題組，98%受訪者認同野生動植物的生存權利是重要的，100%受訪者認同將垃圾遺留在環境會對生態系造成影響，70%的受訪者支持捐款保護環境，但在意捐款後續的金額流向和利用方式，93%受訪者對以實際行動保護環境是值得推廣。

主觀規範題組， 82%受訪者表示親戚或友人曾經購買環境友善產品，55%表示會因此增加自己的購買意願。在受訪者購買環境友善產品頻率上，43%偶爾會買。48%受訪者的親戚或友人有捐款或參加環保團體的現象，39%受訪者表示會因此增加自己捐款的意願。61%受訪者養過寵物。

知覺行為控制題組，受訪者雖擁有良好的環境態度，但仍有少數受訪者到自然環境旅遊時基於好奇心（43%）和現場沒警告標示（29%）、隨手方便（14%）做出摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在自然環境的行為；不曾摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾的受訪者主要理由為會破壞環境（81%）、或想留在原地給他人觀賞（32%）。當看見其他人的錯誤行為時，有 61%受訪者表示在人身安全情況下會制止他的行為，36%受訪者則當作沒看到。

表 9-16　我國低海拔平地森林園區受訪者之環境態度與行為（n=44）

受訪者之環境態度與行為	人數（人）	百分比（%）
態度認同		
1.您認為維護野生動植物的生存權利是重要的。		
非常不同意	0	0
不同意	0	0
普通	1	2.3
同意	9	20.5
非常同意	34	77.3
2.您認為遺留垃圾在自然環境會對生態系造成負面影響。		
非常不同意	0	0
不同意	0	0
普通	0	0
同意	8	18.2
非常同意	36	81.8
3.您認為捐款保護環境是必要的。		
非常不同意	1	2.3
不同意	2	4.6
普通	10	22.7
同意	21	47.7
非常同意	10	22.7
4.您認為以實際行動（如植樹、淨灘）保護環境是值得推廣的。		
非常不同意	1	2.3
不同意	0	0
普通	2	4.6
同意	12	27.3
非常同意	29	65.9
主觀規範		
5.您周遭親戚或友人是否曾購買環境友善產品（如有機產品、無毒作物或資源再利用產品）？		
是	36	81.8
否	8	18.2
6.當親戚或友人購買環境友善產品時，對您有何影響？		
增加購買意願	24	54.6
對我沒影響	20	45.5
降低購買意願	0	0
7.您購買環境友善產品的情況？		
每次都買	1	2.3
常常買	7	15.9
偶爾會買	19	43.2
很少買	12	27.3
不曾購買	5	11.4
8.您周遭親戚或友人是否曾參加環保團體、或捐款給環保團體或NGO？		
是	21	47.7
否	23	52.3
9.當親戚或友人參加環保團體或捐款時，對您有何影響？		
增加參加或捐款意願	17	38.6
對我沒影響	27	61.4
降低參加或捐款意願	0	0
10.您是否曾參加環保團體、或捐款給環保團體或 NGO？		
是	12	27.3
否	32	72.7

表 9-16　我國低海拔平地森林園區受訪者之環境態度與行為（n=44）

受訪者之環境態度與行為	人數（人）	百分比（%）
11.您是否飼養過寵物？		
是	27	61.4
否	17	38.6
知覺行為控制		
12.到自然景點旅遊時，您曾摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在當地？		
每次都如此	0	0
常常如此	1	2.3
偶爾如此	0	0
很少如此	6	13.6
不曾有過此種行為	37	84.1
13.您曾摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在當地的理由為何？		
好奇心	3	42.9
帶回去給他人觀賞	0	0
現場沒警告標示	2	28.6
隨手方便	1	14.3
效法他人行為	0	0
14.您不摘取植物、不觸摸動物、或不遺留垃圾在當地的理由為何？		
我認為會傷害動植物	11	29.7
我想留在原地給他人觀賞	12	32.4
因為現場有警告標示	8	21.6
我認為會破壞環境	30	81.1
15.您看地其他人摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在當地時，您的反應為何？		
制止他的行為（在人身安全的情況下）	27	61.4
奮不顧身制止他人行為	1	2.3
當作沒看到	16	36.4
效法他人行為	0	0

資料來源：本計畫彙整。

（五）旅遊次數、旅行成本、所得

大多數受訪者的前往同一地點旅遊的次數較少，旅遊次數為 1~12 次(平均每季前往平地森林園區 1 次)者占樣本多數，共 105 人（79.6%），且平均旅行成本次高（1,103 元），13~36 次者的平均旅行成本為 426 元，37~107 次者為 180 元，108 次以上者最低，為 123 元；在平均所得的部分，前往 1~12 次者的平均所得最高（58 萬元），而前往 37~107 次以上的受訪者平均所得則較低（20 萬元），比對平均年齡，推測前往 37 次以上的受訪者，應屬於退休人口，故平均所得較低（參見表 9-17）。

表 9-17 我國低海拔平地森林園區受訪者旅遊次數頻率、旅遊成本、所得與年齡

旅遊次數（3 年期間）	1~12 次（平均每季去 1 次）	13~36 次（平均每月去 1 次）	37~107 次（平均每月去 2 次）	108 次以上（平均每月去 2 次以上）
人次	105 (79.55%)	9 (6.82%)	6 (4.55%)	12 (9.09%)
平均旅行成本（元）	1,103	426	180	123
平均所得（萬元）	58.13	41.67	20.0	38.75
平均年齡（歲）	45.2	54.3	67.5	62.3

資料來源：本計畫彙整。

註:因 CBM 問卷中有詢問受訪者當成本增加時旅遊次數改變的情況，有部分受訪者會因此減少旅遊次數，**故有 6 份問卷之次數為 0。**

三、模型解釋變數

平地森林園區的變數共 20 個，涵蓋受訪遊客三大面向資料：(1) 基本社經資料，(2) 環境態度、主觀規範、以及環保行為，(3) 平地森林園區過去 3 年的旅遊次數、旅遊相關成本、森林特徵的體驗等；又平地森林園區沒有針葉林與竹林等 2 項特徵（參見表 9-18）。

表 9-18　平地森林園區之變數說明

變數名稱	變數說明	平均值	標準差	最小值	最大值
Y	過去 3 年內前往森林遊樂區的旅遊次數(人次)	63.35	204.42	1	1095
age	受訪者年齡(歲)	48.19	16.59	21	76
eduyr	受訪者受教育年限(年)	14.84	2.47	7.5	18
tc	旅行成本，包含交通費、門票費、交通時間成本(元)	913.87	1451.3	34	8552
income	受訪者年收入(萬元)	53.33	48.24	20	201
atti	受訪者對環境態度的認同程度 (-2~+2 分，值越大代表認同程度越高)	1.69	0.37	0.67	2
behav	受訪者對環境保護行為的執行程度(-2~+2 分，值越大代表執行程度越高)	1.21	0.29	0.6	1.8
mixjf	親友對環境保護意識，及其對受訪者主觀規範程度(-1~+1 分，值越大代表影響程度越高)	0.2	0.4	0	1
bird	虛擬變數；若受訪者主要從事的活動為賞鳥，則 bird=1	0.14	0.35	0	1
oa	虛擬變數；若受訪者主要從事的活動為其他(如賞蝶等)，則 oa=1	0.01	0.12	0	1
cb	受訪者今年會再去 1 次今日旅遊地，則 cb=1	0.64	0.48	0	1
same	虛擬變數；若旅行成本提升 10%，受訪者每年旅遊次數仍不改變，則 same=1	0.76	0.43	0	1
broadleaf	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區所看見的森林景觀為闊葉林，則 broadleaf=1	1.4	0.51	0	2
mixed	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區所看見的森林景觀為針闊混淆林，則 mixed=1	0.01	0.09	0	1
faci	該森林遊樂區的基礎設施項目數：露天休憩區(桌、椅)、涼亭(桌、椅)、廁所、停車場、遊客服務中心、廟宇、餐廳、山屋、露營地，faci=0-10	4.99	1.81	1	9
observation	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區的設施包含觀景平台，observation =1	0.3	0.46	0	1
bridge_s	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區的景觀包含吊橋，bridge_s=1	0.03	0.17	0	1
geo	該森林旅遊地景觀項目數：小橋、瀑布、溪流、潭、眺望遠景、地質景觀，geo=0-6	1.62	1.08	0	6
way_n	該森林遊樂區步道鋪面類型數（山徑、木質、石質），way_n=0-3	1.14	0.72	0	3
industrial	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區步道鋪面屬柏油、水泥等素材，industrial=1	0.7	0.46	0	1

資料來源:本計畫統計彙整。

四、計次與截斷模型之實證推估結果

表 9-19 為分別用 TP 模型與 TNB 模型推估的結果；TP 模型重要變數 TC 為顯著，14 項變數為顯著水準 1%以下顯著，顯著水準 10%以下顯著的變數共有 1 項；而 TNB 模型，顯著水準較差，僅 5 項變數為顯著水準 1%以下顯著，且重要變數 TC 不顯著。

根據 TP 模型的推估結果（應變數為受訪者旅遊次數）：

(1) 平地森林園區因海拔的關係，林相主要為闊葉林（BROADLEAF）或針闊混淆林（MIXED），相較於未看見闊葉林（BROADLEAF）或針闊混淆林（MIXED）的受訪者，有看見的受訪者旅遊次數會降低 0.5~2 次，顯示此 2 項變數皆會對旅遊次數有負向影響。另根據現場訪問的結果發現，大多數受訪者並非專注於林相類型，加上闊葉林經常出現在較低海拔所以並不稀有。

(2) 在平地森林園區設施方面，到訪者有看見吊橋（BRIDGE_S）、山徑／木質／石質鋪面（WAY_N）會分別增加旅遊次數 1.6、0.2 次，對受訪者旅遊次數皆為正向影響。道路鋪面類型，柏油／水泥等鋪面（INDUSTRIAL）等，對受訪者旅遊次數會降低 0.5 次，呈負向影響。景觀（GEO）依受訪者看見的項目數量 （0~6），對受訪者旅遊次數會降低 0~1.8 次，亦呈負向影響。

五、遊憩效益推估

（1）福利價值（消費者剩餘）

本計畫利用 TP 模型，對平地森林園區之遊憩效益進行推估平地森林園區平均每位遊客的遊憩效益。在目前森林環境的條件下，每人每年前往平地森林園區的遊憩效益為 1,700 元，2024 年平地森林園區的遊憩效益-福利價值為 19 億元（個別平地森林園區之遊憩效益，詳見附表五）。

（2）交換價值（遊客之時間成本）

利用本計畫問卷調查獲得之遊客來回森林旅遊地之交通時間、停留時間，非工作的時間價格，每小時時間價格以遊客勾選的年所得，換算時薪，分別算出每個森林旅遊地之前述各項平均值後推估；2024 年平地森林園區的總遊憩效益-交換價值為 13.7 億元（個別平地森林園區之遊憩效益，詳見附表六）。

表 9-19 平地森林園區計次模型之實證推估結果

變數	Zero-Truncated Poisson 模型（TP）		Zero-Truncated NB 模型（TNB）	
	估計值	標準誤差	估計值	標準誤差
INTERCEPT	0.9103	0.7338	-2.2215	2.4852
AGE	0.03812***	0.004844	0.05827***	0.01367
EDUYR	0.1746***	0.03276	0.2563***	0.08049
TC	-0.00065***	0.000124	-0.000004	0.000222
CB	0.07027	0.07946	0.02905	0.3015
INCOME	0.003757	0.002877	-0.01859*	0.008715
ATTI	-1.0431***	0.1478	-0.9639*	0.4687
BEHAV	0.5971***	0.1457	0.5591	0.3455
MIXJF	-1.1197***	0.2477	-1.6791*	0.6544
BIRD	1.2184***	0.1202	2.0248***	0.5145
OA	-2.6917***	0.5353	-0.09948	1.4612
SAME	0.5275***	0.1971	0.2829	0.486
BROADLEAF	-0.5541***	0.1409	-0.3685	0.4193
MIXED	-2.0792***	0.584	-1.8523	1.6179
FACI	0.02083	0.04291	-0.02255***	0.13
OBSERVATION	-0.3337	0.1563	0.3978	0.5241
BRIDGE_S	1.6723***	0.3831	0.4239	1.0691
GEO	-0.3421***	0.07959	-0.2572	0.2034
WAY_N	0.2048*	0.08918	0.7382***	0.2497
INDUSTRIAL	-0.532***	0.1548	-0.6095	0.3814
alpha	-	-	-0.3486	0.3851
n	117		117	
-2LL(full)	706.2		469.5	
AIC	746.2		511.5	
AICC	754.9		521.2	
BIC	801.4		569.5	

註：顯著水準：***為<0.01；**為<0.05；*為<0.1

INTERCEPT：模型之截距項，代表函數圖形與 y 軸（縱軸）的交點座標。

alpha：其值越大，表示數據的過度離散程度（Overdispersion）越高。

資料來源:本計畫推估彙整。

第四節、自然步道

一、有效問卷填答人數與資料筆數統計

針對自然步道總計 58 處，本計畫抽取其中 11 處進行現地調查，各抽樣 14 份，總計 266 位受訪者（參見表 9-20 中有✓號者），其中獨立山之選填數最多（31 人），水火同源登山步道次之（25 人）。此份問卷除針對今日旅遊地又增加 2 題 CBM 問題：（1）詢問受訪者再增加 1 次旅遊時，希望改善今日旅遊地的特徵為何？（2）今日旅遊地旅行成本增加 10%，是否會減少旅遊次數？因此有效問卷 266 份，有效資料筆數為 798 筆（參見表 9-20）。

由於本計畫現地調查三類森林旅遊地共 400 位受訪遊客皆會回答 1～3 個旅遊地（今日旅遊地、過去 3 年最喜歡旅遊地、過去 3 年最常去旅遊地；會有重覆）。總計 400 位受訪遊客中，除 18 處自然步道外，其餘地點皆至少有 1 人填答，填答人數最多的地點為東卯山步道（10 人）。故自然步道選填數合計 150 筆有效資料。

故本章第一節進行問卷資料之敘述分析時採用旅遊地選填數 416 筆資料，而第二節推估自然步道之旅遊成本函數則為上述兩筆資料之合計 948 筆（包含旅遊地選填數 416 筆，CBM 資料筆數 532 筆）。

表 9-20　我國低海拔自然步道有效問卷之受訪人數、旅遊地選填數、以及資料筆數

序號	步道名稱	地點		調查地點	受訪人數	旅遊地選填數	資料筆數
1	金瓜寮魚蕨步道	新北市	坪林區	-	-	1	1
2	桶後越嶺步道		烏來區	-	-	3	3
3	哈盆越嶺步道		烏來區	-	-	1	1
4	東滿步道	新北市	三峽區	✓	14	18	46
		桃園市	復興區				
5	福巴越嶺國家步道	新北市	烏來區	-	-	0	0
		桃園市	復興區				
6	聖母登山步道	宜蘭縣	礁溪鄉	✓	14	21	49
7	礁溪跑馬古道	新北市	坪林區	-	-	2	2
		宜蘭縣	礁溪鄉、頭城鎮				
8	林美石磐步道	宜蘭縣	礁溪鄉	-	-	15	15
9	九寮溪自然步道		大同鄉	✓	14	16	44
10	拳頭姆自然步道		三星鄉	-	-	0	0
11	松羅步道		大同鄉	-	-	4	4
12	鳩之澤自然步道		大同鄉	-	-	5	5
13	新寮瀑布步道		南澳鄉	✓	14	18	46
14	蘇花古道：大南澳越嶺段		南澳鄉	-	-	1	1
15	朝陽步道		蘇澳鎮	-	-	4	4
16	南澳古道		南澳鄉	-	-	0	0
17	鳥嘴山登山步道	苗栗縣	泰安鄉	-	-	0	0
18	冬瓜山登山步道	苗栗縣	泰安鄉	✓	14	14	42
19	東卯山步道	臺中市	和平區	-	-	10	10
20	唐麻丹山步道	臺中市	和平區	✓	14	14	42
21	德芙蘭步道	臺中市	和平區	✓	14	19	47
22	桃源里森林步道	彰化縣	彰化市	-	-	2	2
23	清水岩(中央嶺、二棧坪、十八彎)步道群	彰化縣	社頭鄉、田中鎮	✓	14	19	47
24	麒麟山森林步道	彰化縣	田中鎮	-	-	4	4
		南投縣	名間鄉				
25	坑內坑森林步道	彰化縣	二水鄉	✓	14	14	42
26	龍過脈森林步道	雲林縣	林內鄉	✓	14	16	44
27	二崙自然步道		二崙鄉	✓	14	14	42
28	九九峰森林步道	南投縣	草屯鎮	✓	14	18	46
29	澀水森林步道		魚池鄉	✓	14	19	47

資料來源：本計畫統計。

表 9-20　我國低海拔自然步道有效問卷之 受訪人數、旅遊地選填數、以及資料筆數（續）

序號	步道名稱	地點		調查地點	受訪人數	旅遊地選填數	資料筆數
30	獨立山步道	嘉義縣	竹崎鄉	✓	14	31	59
31	土匪山步道		番路鄉	-	-	0	0
32	里美避難步道		阿里山鄉	-	-	0	0
33	關仔嶺碧雲寺-水火同源登山步道	臺南市	白河區	✓	14	25	53
34	關仔嶺大凍山步道		白河區	✓	14	21	49
35	崁頂步道		白河區	-	-	1	1
36	崁頭山步道		東山區	-	-	0	0
37	鎮南宮步道		六甲區	-	-	0	0
38	鈺鼎步道		南化區	-	-	0	0
39	龍麟山步道	臺南市	南化區	-	-	0	0
		高雄市	內門區				
40	六義山步道	高雄市	甲仙區	-	-	0	0
41	美濃雙溪樹木園步道		美濃區	✓	14	15	43
42	美濃靈山登山步道		美濃區	-	-	0	0
43	尾寮山登山步道	高雄市	茂林區	-	-	1	1
		屏東縣	高樹鄉、三地門鄉				
44	浸水營步道	屏東縣	春日鄉	-	-	1	1
45	里龍山自然步道		獅子鄉	-	-	0	0
46	高士佛步道		牡丹鄉	-	-	0	0
47	石門山步道		牡丹鄉	-	-	1	1
48	撒固兒步道	花蓮縣	花蓮市	✓	14	15	43
49	佐倉步道		秀林鄉	-	-	3	3
50	鯉魚山步道群		壽豐鄉	-	-	9	9
51	月眉山步道		壽豐鄉	-	-	0	0
52	虎頭山步道		瑞穗鄉	-	-	0	0
53	八通關越道：鹿鳴吊橋段		卓溪鄉	-	-	1	1
54	安通越嶺道：西段		玉里鎮	-	-	1	1
55	麻荖漏步道	臺東縣	成功鎮	-	-	0	0
56	都蘭山步道		東河鄉	-	-	1	1
57	鯉魚山步道		臺東市	✓	14	18	46
58	大武觀海步道		大武鄉	-	-	0	0
總計					266	416	948

資料來源：本計畫統計。

二、問卷資料之敘述性分析

（一）自然步道之活動經驗

受訪者前往各自然步道的活動經驗中，超過 5 成民眾自行開車或騎機車前往，且以自用汽機車為主（54～100％），大眾交通工具及遊覽車的受訪者次之（4~100%），而其他的交通方式（如步行、腳踏車等）前往者則最少。受訪者前往旅遊地旅遊的主要活動主要是休閒遊憩（67～100％）以及賞鳥與賞蝶等（6~100%）。另外，撒固兒步道有部分受訪者是參與環保團體活動（7%）以及學校戶外教學（14%）。學術研究相關活動則無勾選紀錄（參見表 9-21）。

表 9-21　我國低海拔自然步道受訪者之交通方式與主要活動

序號	自然步道	旅遊地選填數	交通方式（%）					主要活動（%）					
			自用汽機車	租賃汽機車	遊覽車	大眾交通工具	其他	休閒遊憩	環保團體活動	學校戶外教學	學術研究	賞鳥賞蝶	其他
1	金瓜寮魚蕨步道	1	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
2	桶後越嶺步道	3	67	0	0	33	0	100	0	0	0	0	0
3	哈盆越嶺步道	1	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
4	東滿步道	18	54	0	33	13	0	100	0	0	0	0	0
5	福巴越嶺國家步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	聖母登山步道	21	88	2	2	8	0	94	0	6	0	6	6
7	礁溪跑馬古道	2	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
8	林美石磐步道	15	93	0	7	0	0	93	0	0	0	0	7
9	九寮溪自然步道	16	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
10	拳頭姆自然步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	松羅步道	4	100	0	0	0	0	75	0	0	0	25	0
12	鳩之澤自然步道	5	80	0	20	0	0	80	0	0	0	0	20
13	新寮瀑布步道	18	87	0	7	0	0	100	0	0	0	0	0
14	蘇花古道：大南澳越嶺段	1	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
15	朝陽步道	4	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
16	南澳古道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	鳥嘴山登山步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

註：灰階為有現地調查之樣本地點
資料來源：本計畫彙整。

表 9-21　我國低海拔自然步道受訪者之交通方式與主要活動（續）

序號	自然步道	旅遊地選填數	交通方式（%）					主要活動（%）					
			自用汽機車	租賃汽機車	遊覽車	大眾交通工具	其他	休閒遊憩	環保團體活動	學校戶外教學	學術研究	賞鳥賞蝶	其他
18	冬瓜山登山步道	14	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
19	東卯山步道	10	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
20	唐麻丹山步道	14	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
21	德芙蘭步道	19	81	0	0	19	0	100	0	0	0	0	0
22	桃源里森林步道	2	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
23	清水岩(中央嶺、二棧坪、十八彎)步道群	19	100	0	0	0	0	98	0	0	0	6	9
24	麒麟山森林步道	4	100	0	0	0	0	75	0	0	0	0	25
25	坑內坑森林步道	14	79	0	0	0	21	100	0	0	0	0	0
26	龍過脈森林步道	16	59	0	0	41	0	100	0	0	0	0	0
27	二崙自然步道	14	100	0	0	0	0	100	0	7	0	0	0
28	九九峰森林步道	18	93	0	0	0	7	93	0	0	0	0	7
29	澀水森林步道	19	81	6	0	0	0	100	0	0	0	6	6
30	獨立山步道	31	100	0	0	0	0	100	0	5	0	0	0
31	土匪山步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	里美避難步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

註：灰階為有現地調查之樣本地點
資料來源：本計畫彙整。

表 9-21　我國低海拔自然步道受訪者之交通方式與主要活動（續）

序號	自然步道	旅遊地選填數	交通方式（%）					主要活動（%）					
			自用汽機車	租賃汽機車	遊覽車	大眾交通工具	其他	休閒遊憩	環保團體活動	學校戶外教學	學術研究	賞鳥賞蝶	其他
33	關仔嶺碧雲寺-水火同源登山步道	25	94	6	0	0	0	100	0	0	0	0	0
34	關仔嶺大凍山步道	21	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
35	崁頂步道	1	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
36	崁頭山步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	鎮南宮步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	缸鼎步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	龍麟山步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	六義山步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41	美濃雙溪樹木園步道	15	93	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
42	美濃靈山登山步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	尾寮山登山步道	1	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
44	浸水營步道	1	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	0
45	里龍山自然步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	高士佛步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	石門山步道	1	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
48	撒固兒步道	15	86	14	0	0	0	91	7	14	0	7	16

註：灰階為有現地調查之樣本地點
資料來源：本計畫彙整。

表 9-21　我國低海拔自然步道受訪者之交通方式與主要活動（續）

序號	自然步道	旅遊地選填數	交通方式（%）					主要活動（%）					
			自用汽機車	租賃汽機車	遊覽車	大眾交通工具	其他	休閒遊憩	環保團體活動	學校戶外教學	學術研究	賞鳥賞蝶	其他
49	佐倉步道	3	67	0	0	0	33	67	0	0	0	33	33
50	鯉魚山步道群	9	100	0	0	0	0	89	0	0	0	22	33
51	月眉山步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	虎頭山步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	八通關越道：鹿鳴吊橋段	1	0	0	100	0	0	100	0	0	0	0	0
54	安通越嶺道：西段	1	100	0	0	0	0	100	0	0	0	100	100
55	麻荖漏步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56	都蘭山步道	1	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
57	鯉魚山步道	18	63	13	0	4	13	100	0	0	0	0	0
58	大武觀海步道	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
總計		416	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

註：灰階為有現地調查之樣本地點
資料來源：本計畫彙整。

（二）旅遊地之主要特徵

旅遊地特徵包含林相、基礎設施、景觀特徵、步道鋪面等。在林相方面，受訪者認為大部分的旅遊地林相仍以闊葉林為主（多占 50%以上），在少數步道如桶後越嶺步道、哈盆越嶺步道、東滿步道、鳩之澤自然步道、東卯山步道以及唐麻丹山步道等地則認為針闊混淆林為主（50%以上），此與本計畫範圍界定在低海拔森林生態系有關。但在天然林與人工林之林相區分上，受訪者認為旅遊地中的森林大多為天然林（參見表 9-22）。

在基礎設施方面，多數自然步道的規劃完善，基礎設施亦較為齊全，具有露天休憩區、涼亭、停車場、廁所、遊客服務中心以及觀景平台等（約有 3 成以上受訪者勾選），山屋、露營地以及餐廳等住宿餐飲類型的設施則較為少見，並在聖母登山步道、東滿步道、水火同源登山步道、獨立山步道、唐麻丹山步道等旅遊地，則具備較完善的相關設施（參見表 9-22）。

在景觀特徵方面，5 成以上旅遊地皆有受訪者勾選眺望遠景，而多數旅遊地則較多橋、吊橋、瀑布與溪流等。在地質景觀方面，則是水火同源登山步道、德芙蘭步道、崁頂步道與八通關越道等地可見（參見表 9-23）。

在步道鋪面方面，因自然步道的數量多，故步道鋪面的類型也較豐富，石質、木質、水泥/柏油鋪面的比例差異較不明顯，無鋪面（如山路、土石路）則多在 50%以下（參見表 9-23）。

表 9-22　我國低海拔自然步道受訪者對林相與基礎設施之勾選結果

序號	自然步道	林相（%）							基礎設施（%）											
		闊葉林		針闊混淆林		針葉林		竹林	露天休憩區		涼亭		停車場	廁所	觀景平台	廟宇、教堂	遊客服務中心	餐廳	山屋	露營地
		天然	人工	天然	人工	天然	人工		椅子	桌子	椅子	桌子								
1	金瓜寮魚蕨步道	100	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
2	桶後越嶺步道	67	0	67	33	67	0	67	33	0	0	0	33	0	67	0	0	0	0	0
3	哈盆越嶺步道	0	0	100	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0
4	東滿步道	30	0	41	28	0	2	7	57	54	30	57	37	76	26	7	24	22	7	7
5	福巴越嶺國家步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	聖母登山步道	65	57	16	0	0	0	45	69	96	59	84	88	90	53	67	29	2	53	18
7	礁溪跑馬古道	50	0	50	0	0	0	0	50	100	50	100	50	50	50	0	50	50	0	0
8	林美石磐步道	73	33	7	7	0	0	0	60	67	33	60	53	67	33	0	7	0	0	0
9	九寮溪自然步道	59	86	0	0	0	0	0	98	30	9	95	77	11	5	0	9	5	0	14
10	拳頭姆自然步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	松羅步道	50	25	25	0	0	0	0	50	25	100	75	0	0	25	0	0	0	0	0
12	鳩之澤自然步道	40	40	60	0	20	20	20	40	40	40	40	40	60	60	0	40	20	0	0

註：灰階為有現地調查之樣本地點
資料來源：本計畫統計彙整。

表 9-22　我國低海拔自然步道受訪者對林相與基礎設施之勾選結果（續）

序號	自然步道	林相（%）							基礎設施（%）											
		闊葉林		針闊混淆林		針葉林		竹林	露天休憩區		涼亭		停車場	廁所	觀景平台	廟宇、教堂	遊客服務中心	餐廳	山屋	露營地
		天然	人工	天然	人工	天然	人工		椅子	桌子	椅子	桌子								
13	新寮瀑布步道	98	26	0	0	0	0	0	87	80	54	72	96	96	63	0	78	4	4	22
14	蘇花古道：大南澳越嶺段	100	100	0	0	0	0	0	0	100	0	100	100	0	100	0	0	0	0	0
15	朝陽步道	50	0	25	0	0	0	25	25	25	0	25	0	50	75	0	0	0	0	0
16	南澳古道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	鳥嘴山登山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	冬瓜山登山步道	100	8	0	0	0	0	0	57	10	7	0	57	12	10	0	10	0	0	31
19	東卯山步道	40	20	60	10	10	10	0	50	90	40	60	80	20	50	20	0	0	0	10
20	唐麻丹山步道	7	7	93	0	0	0	0	12	100	5	5	88	19	100	0	5	7	5	2
21	德芙蘭步道	85	11	13	0	0	0	0	26	100	9	11	100	94	13	0	2	0	0	2
22	桃源里森林步道	50	50	0	0	0	0	0	0	0	50	0	50	100	0	100	0	0	0	0
23	清水岩(中央嶺、二棧坪、十八彎)步道群	83	17	6	0	0	0	28	38	53	4	34	74	85	38	49	32	0	0	0

註：灰階為有現地調查之樣本地點
資料來源：本計畫統計彙整。

表 9-22　我國低海拔自然步道受訪者對林相與基礎設施之勾選結果（續）

序號	自然步道	林相（%）							基礎設施（%）											
		闊葉林		針闊混淆林		針葉林		竹林	露天休憩區		涼亭		停車場	廁所	觀景平台	廟宇、教堂	遊客服務中心	餐廳	山屋	露營地
		天然	人工	天然	人工	天然	人工		椅子	桌子	椅子	桌子								
24	麒麟山森林步道	75	25	0	0	0	0	75	50	100	50	0	25	75	25	50	0	0	0	0
25	坑內坑森林步道	86	50	0	0	0	0	29	45	86	14	10	21	26	19	7	5	0	0	0
26	龍過脈森林步道	100	7	0	0	0	0	84	66	91	39	68	41	52	59	41	2	0	0	0
27	二崙自然步道	50	0	0	7	0	0	100	57	10	2	19	10	19	57	0	10	0	0	0
28	九九峰森林步道	91	20	0	0	0	0	9	22	61	28	11	37	48	39	0	2	2	0	0
29	澀水森林步道	100	2	0	0	0	0	51	11	13	6	6	49	98	9	74	0	17	0	0
30	獨立山步道	63	5	22	24	3	0	14	53	86	19	27	56	63	56	41	12	27	7	3
31	土匪山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	里美避難步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	關仔嶺碧雲寺-水火同源登山步道	75	21	2	2	0	0	6	36	40	36	40	74	72	58	40	15	32	6	13
34	關仔嶺大凍山步道	61	4	8	0	2	0	73	53	92	41	49	16	37	33	0	0	8	0	2
35	崁頂步道	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

註：灰階為有現地調查之樣本地點
資料來源：本計畫統計彙整。

表 9-22　我國低海拔自然步道受訪者對林相與基礎設施之勾選結果（續）

序號	自然步道	林相（%）							基礎設施（%）											
		闊葉林		針闊混淆林		針葉林		竹林	露天休憩區		涼亭		停車場	廁所	觀景平台	廟宇、教堂	遊客服務中心	餐廳	山屋	露營地
		天然	人工	天然	人工	天然	人工		椅子	桌子	椅子	桌子								
36	崁頭山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	鎮南宮步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	缸鼎步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	龍麟山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	六義山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41	美濃雙溪樹木園步道	63	51	0	0	0	0	21	91	2	0	0	21	33	23	7	21	0	2	0
42	美濃靈山登山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	尾寮山登山步道	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0	0	100	0	0	0	0	0
44	浸水營步道	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	里龍山自然步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	高士佛步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	石門山步道	100	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0

註：灰階為有現地調查之樣本地點
資料來源：本計畫統計彙整。

表 9-22　我國低海拔自然步道受訪者對林相與基礎設施之勾選結果（續）

序號	自然步道	林相（%）							基礎設施（%）											
		闊葉林		針闊混淆林		針葉林		竹林	露天休憩區		涼亭		停車場	廁所	觀景平台	廟宇、教堂	遊客服務中心	餐廳	山屋	露營地
		天然	人工	天然	人工	天然	人工		椅子	桌子	椅子	桌子								
48	撒固兒步道	100	21	0	0	0	0	14	12	14	2	7	100	88	88	0	5	5	0	9
49	佐倉步道	100	0	0	0	0	0	0	0	33	0	0	67	33	100	0	0	0	0	0
50	鯉魚山步道群	100	44	0	11	0	0	0	67	78	56	67	100	89	89	11	78	44	0	11
51	月眉山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	虎頭山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	八通關越道：鹿鳴吊橋段	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	安通越嶺道：西段	100	100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100	100	100	0	100	0	100	100
55	麻荖漏步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56	都蘭山步道	100	100	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	100	0	0	0	0	0
57	鯉魚山步道	87	63	2	0	0	0	0	57	96	54	87	7	65	89	59	11	11	7	2
58	大武觀海步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

註：灰階為有現地調查之樣本地點
資料來源：本計畫統計彙整。

表 9-23　我國低海拔自然步道受訪者對景觀特徵與步道鋪面之勾選結果

序號	自然步道	景觀特徵（%）							步道鋪面（%）			
		橋	吊橋	瀑布	溪流	深潭/湖	眺望遠景	地質景觀	無鋪面	石質鋪面	木質鋪面	水泥/柏油
1	金瓜寮魚蕨步道	100	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100
2	桶後越嶺步道	67	33	67	100	33	67	33	33	33	33	100
3	哈盆越嶺步道	100	100	100	100	100	100	0	100	100	100	100
4	東滿步道	74	7	30	41	4	15	17	48	89	24	17
5	福巴越嶺國家步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	聖母登山步道	69	16	65	92	8	73	14	22	76	16	78
7	礁溪跑馬古道	50	0	50	50	0	0	0	0	50	50	50
8	林美石磐步道	53	13	33	80	20	20	13	20	67	13	53
9	九寮溪自然步道	77	0	18	98	0	27	0	0	98	43	75
10	拳頭姆自然步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	松羅步道	75	0	25	50	0	0	0	50	100	25	50
12	鳩之澤自然步道	40	40	0	40	0	40	40	20	60	20	20
13	新寮瀑布步道	76	80	89	98	0	54	2	11	98	15	0
14	蘇花古道：大南澳越嶺段	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	100

註：灰階為有現地調查之樣本地點
資料來源：本計畫統計彙整。

表 9-23　我國低海拔自然步道受訪者對景觀特徵與步道鋪面之勾選結果（續）

序號	自然步道	景觀特徵（%）							步道鋪面（%）			
		橋	吊橋	瀑布	溪流	深潭/湖	眺望遠景	地質景觀	無鋪面	石質鋪面	木質鋪面	水泥/柏油
15	朝陽步道	0	0	25	0	0	75	25	0	50	25	25
16	南澳古道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	鳥嘴山登山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	冬瓜山登山步道	64	7	79	93	24	5	0	26	12	12	93
19	東卯山步道	40	0	0	0	0	100	0	70	60	40	10
20	唐麻丹山步道	2	2	93	93	0	7	0	93	93	95	0
21	德芙蘭步道	98	89	4	2	2	15	89	91	100	9	0
22	桃源里森林步道	50	100	0	0	0	0	0	0	50	50	50
23	清水岩(中央嶺、二棧坪、十八彎)步道群	55	6	6	28	0	43	2	47	38	91	30
24	麒麟山森林步道	25	0	0	0	0	100	25	25	75	50	50
25	坑內坑森林步道	10	5	2	12	29	14	0	14	43	67	71
26	龍過脈森林步道	57	7	14	45	5	66	0	59	64	98	68
27	二崙自然步道	0	100	0	0	7	2	0	93	10	14	7
28	九九峰森林步道	2	4	11	2	2	91	33	52	24	80	22
29	澀水森林步道	85	0	72	85	13	17	0	70	2	91	32

註：灰階為有現地調查之樣本地點
資料來源：本計畫統計彙整。

表 9-23　我國低海拔自然步道受訪者對景觀特徵與步道鋪面之勾選結果（續）

序號	自然步道	景觀特徵（%）							步道鋪面（%）			
		橋	吊橋	瀑布	溪流	深潭/湖	眺望遠景	地質景觀	無鋪面	石質鋪面	木質鋪面	水泥/柏油
30	獨立山步道	78	85	68	81	19	90	7	2	86	85	25
31	土匪山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	里美避難步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	關仔嶺碧雲寺-水火同源登山步道	25	11	9	13	4	83	94	0	70	26	36
34	關仔嶺大凍山步道	2	0	6	8	0	86	8	4	90	6	4
35	崁頂步道	100	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0
36	崁頭山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	鎮南宮步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	缸鼎步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	龍麟山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	六義山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41	美濃雙溪樹木園步道	58	2	28	63	0	0	0	44	74	56	72
42	美濃靈山登山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	尾寮山登山步道	0	0	0	0	0	100	0	100	0	0	100

註：灰階為有現地調查之樣本地點
資料來源：本計畫統計彙整。

表 9-23　我國低海拔自然步道受訪者對景觀特徵與步道鋪面之勾選結果（續）

序號	自然步道	景觀特徵（%）							步道鋪面（%）			
		橋	吊橋	瀑布	溪流	深潭/湖	眺望遠景	地質景觀	無鋪面	石質鋪面	木質鋪面	水泥/柏油
44	浸水營步道	0	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0
45	里龍山自然步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	高士佛步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	石門山步道	100	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0
48	撒固兒步道	56	2	93	63	0	77	7	65	86	58	2
49	佐倉步道	0	0	0	67	0	33	0	67	67	33	33
50	鯉魚山步道群	22	0	0	33	100	44	0	33	89	67	44
51	月眉山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	虎頭山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	八通關越道：鹿鳴吊橋段	0	0	0	0	0	0	100	0	100	0	0
54	安通越嶺道：西段	100	100	100	100	100	100	0	100	100	0	0
55	麻荖漏步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56	都蘭山步道	0	0	0	0	0	100	0	0	100	100	0
57	鯉魚山步道	13	4	7	7	0	100	4	2	100	70	26
58	大武觀海步道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

註：灰階為有現地調查之樣本地點
資料來源：本計畫統計彙整。

（三）受訪者基本資料

自然步道受訪者以男性（54%）較女性（46%）多。受訪者年齡主要為 50~59 歲（26%）與 60~69 歲（27%），70 歲以上亦有 11%，亦接近運動部全民運動署之國民運動現狀調查（2025）結果，50 歲以上從事戶外休閒中健走、散步、爬山等的人口約占 5 成[2]。共同生活人數以 2 人（25%）最多，其次 3 人（22%）、4 人（20%），大致為小家庭的生活型態，1 人及 5 人以上的較少（參見表 9-24）。

在教育程度方面，受訪者以大學畢業（38%）最多，高中職畢業（21%）次多，再來是專科畢業（13%），大部分受訪者皆具 9 年以上的教育年限（參見表 9-24）。

受訪者年收入主要分布在 40 萬以下（35%），其次 51~60 萬（11%）；受訪者年齡分布在 50～59 歲最多占 26%、60～69 歲次多占 27%（參見表 9-24）。

受訪者職業類別以服務業為主（20%），其次為退休（16%）、再來是其他（包含行政、製造業等）（14%），從事軍人（0.8%）與農、漁業從業者（2.3%）偏少（參見表 9-24）。

[2] 運動部全民運動署之國民運動現狀調查（2025），從事戶外休閒中健走、散步、爬山等的人口比例 40~49 歲（19%）、50~59 歲（20%）與 60~69 歲（19%），70 歲以上(13%)。

表 9-24　我國低海拔自然步道受訪者之社經資料

	人數（人）	百分比（%）		人數（人）	百分比（%）
性別			**所得**		
男	144	54.1	40 萬以下	93	35.0
女	122	45.9	41～50 萬	23	8.7
年紀			51～60 萬	30	11.3
20～29 歲	24	9.0	61～70 萬	22	8.3
30～39 歲	25	9.4	71～80 萬	15	5.6
40～49 歲	48	18.1	81～90 萬	13	4.9
50～59 歲	68	25.6	91～100 萬	13	4.9
60～69 歲	73	27.4	101～110 萬	14	5.3
70 歲～	28	10.5	111～120 萬	10	3.8
同生活人數（含自己）			121～140 萬	7	2.6
1	29	10.91	141～160 萬	7	2.6
2	66	24.8	161～180 萬	3	1.1
3	59	22.2	181～200 萬	4	1.5
4	52	19.6	201 萬以上	12	4.5
5	35	13.2	**職業**		
5 人以上	25	9.4	公務員	18	6.8
教育程度			軍人	2	0.8
小學以下	8	3.0	教師	15	5.6
國中肄業	1	0.4	商業	19	7.1
國中畢業	18	6.8	工業	16	6.0
高中職肄業	5	1.9	服務業	53	19.9
高中職畢業	55	20.7	金融業	12	4.5
專科肄業	4	1.5	科技業	9	3.4
專科畢業	34	12.8	醫療業	10	3.8
大學肄業	5	1.9	農、漁業從業者	6	2.3
大學畢業	102	38.4	學生	4	1.5
研究所肄業	2	0.8	家管	10	3.8
研究所畢業	32	12.0	自由業（律師、會計師）	12	4.5
其他	8	3.0	其他	38	14.3
			退休	42	15.8

資料來源：本計畫統計彙整。

（四）受訪者之環境態度與行為

分析問卷中森林旅遊地受訪者的環境態度與行為(表 9-25)，表中保留各題在問卷的題號，以利與附錄八的問卷對照。在態度認同題組，94%受訪者認同野生動植物的生存權利是重要的，97%受訪者認同將垃圾遺留在環境會對生態系造成影響，61%的受訪者支持捐款保護環境，但在意捐款後續的金額流向和利用方式，86%受訪者對以實際行動保護環境是值得推廣。

主觀規範題組，74%受訪者表示親戚或友人曾經購買環境友善產品，48%表示會因此增加自己的購買意願。在受訪者購買環境友善產品頻率上，41%偶爾會買。40%受訪者的親戚或友人有捐款或參加環保團體的現象，37%受訪者表示會因此增加自己捐款的意願。60%受訪者養過寵物。

知覺行為控制題組，受訪者雖擁有良好的環境態度，但仍有半數受訪者到自然環境旅遊時基於好奇心（63%）、效法他人行為（21%）、現場沒警告標示（18%）和隨手方便（18%）做出摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在自然環境的行為；不曾摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾的受訪者主要理由為會破壞環境(83%)、或會傷害動植物(44%)。當看見其他人的錯誤行為時，僅 50%受訪者表示在人身安全情況下會制止他的行為，48%受訪者則當作沒看到。

表 9-25　我國低海拔自然步道受訪者之環境態度與行為（n=266）

受訪者之環境態度與行為	人數（人）	百分比（%）
態度認同		
1.您認為維護野生動植物的生存權利是重要的。		
非常不同意	1	0.4
不同意	3	1.1
普通	11	4.1
同意	59	22.2
非常同意	192	72.2
2.您認為遺留垃圾在自然環境會對生態系造成負面影響。		
非常不同意	4	1.5
不同意	0	0
普通	4	1.5
同意	38	14.3
非常同意	220	82.7
3.您認為捐款保護環境是必要的。		
非常不同意	7	2.6
不同意	24	9.0
普通	73	27.4
同意	89	33.5
非常同意	73	27.4
4.您認為以實際行動（如植樹、淨灘）保護環境是值得推廣的。		
非常不同意	0	0
不同意	7	2.6
普通	31	11.7
同意	79	29.7
非常同意	149	56.0
主觀規範		
5.您周遭親戚或友人是否曾購買環境友善產品（如有機產品、無毒作物或資源再利用產品）？		
是	196	73.7
否	70	26.3
6.當親戚或友人購買環境友善產品時，對您有何影響？		
增加購買意願	128	48.1
對我沒影響	137	51.5
降低購買意願	1	0.4
7.您購買環境友善產品的情況？		
每次都買	7	2.6
常常買	43	16.2
偶爾會買	108	40.6
很少買	69	25.9
不曾購買	39	14.7
8.您周遭親戚或友人是否曾參加環保團體、或捐款給環保團體或 NGO？		
是	105	39.5
否	161	60.5
9.當親戚或友人參加環保團體或捐款時，對您有何影響？		
增加參加或捐款意願	99	37.2
對我沒影響	167	62.8
降低參加或捐款意願	0	0
10.您是否曾參加環保團體、或捐款給環保團體或 NGO？		
是	77	29.0

表 9-25　我國低海拔自然步道受訪者之環境態度與行為（n=266）

受訪者之環境態度與行為	人數（人）	百分比（%）
否	189	71.1
11.您是否飼養過寵物？		
是	159	59.8
否	107	40.2
知覺行為控制		
12.到自然景點旅遊時，您曾摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在當地？		
每次都如此	0	0
常常如此	0	0
偶爾如此	7	2.6
很少如此	64	24.1
不曾有過此種行為	195	73.3
13.您曾摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在當地的理由為何？		
好奇心	45	63.4
帶回去給他人觀賞	8	11.3
現場沒警告標示	13	18.3
隨手方便	13	18.3
效法他人行為	15	21.1
14.您不摘取植物、不觸摸動物、或不遺留垃圾在當地的理由為何？		
我認為會傷害動植物	86	44.1
我想留在原地給他人觀賞	45	23.1
因為現場有警告標示	22	11.3
我認為會破壞環境	161	82.6
15.您看地其他人摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在當地時，您的反應為何？		
制止他的行為（在人身安全的情況下）	134	50.4
奮不顧身制止他人行為	3	1.1
當作沒看到	128	48.1
效法他人行為	1	0.4

資料來源：本計畫統計彙整。

（五）旅遊次數、旅行成本、所得

大多數受訪者前往同一地點旅遊的次數較少，旅遊次數為 1~12 次(平均每季前往自然步道 1 次)者占樣本多數，共 651 人次（70 %），且平均旅行成本次高（990 元），13~36 次者的平均旅行成本為 762 元，37~107 次者為 855 元，108 次以上者最低，為 453 元；在平均所得的部分，前往 37~107 次者的平均所得最高（約 97 萬元），而前往 108 次以上的受訪者平均所得則較低（約 51 萬元），比對平均年齡，推測前往 108 次以上的受訪者，應屬於退休人口，故平均所得較低（參見表 9-26）。

表 9-26 我國低海拔自然步道受訪者旅遊次數頻率、旅遊成本、所得與年齡

旅遊次數（3 年期間）	1~12 次（平均每季去 1 次）	13~36 次（平均每月去 1 次）	37~107 次（平均每月去 2 次）	108 次以上（平均每月去 2 次以上）
人次	651 (70.35%)	74 (8.02%)	41 (4.44%)	157 (17.01%)
平均旅行成本（元）	990	762	855	453
平均所得（萬元）	69.38	72.76	96.56	50.99
平均年齡（歲）	50.4	52.7	56.9	60.6

資料來源：本計畫彙整。

註:因 CBM 問卷中有詢問受訪者當成本增加時旅遊次數改變的情況，有部分受訪者會因此減少旅遊次數，故有 25 份問卷之次數為 0。

三、模型解釋變數

自然步道的變數共 22 個，涵蓋受訪遊客三大面向資料：(1) 基本社經資料，(2) 環境態度、主觀規範、以及環保行為，(3) 自然步道區過去 3 年的旅遊次數、旅遊相關成本、森林特徵的體驗等（參見表 9-27）。

表 9-27　自然步道之變數說明

變數名稱	變數說明	平均值	標準差	最小值	最大值
Y	過去 3 年內前往森林遊樂區的旅遊次數(人次)	58.83	151.01	1	1095
age	受訪者年齡(歲)	52.5	14.16	21	80
eduyr	受訪者受教育年限(年)	14.22	3.16	3	18
tc	旅行成本，包含交通費、門票費、交通時間成本(元)	886.04	1082.25	9	13059
income	受訪者年收入(萬元)	67.82	50.38	20	201
atti	受訪者對環境態度的認同程度 (-2~+2 分，值越大代表認同程度越高)	1.61	0.51	-1	2
behav	受訪者對環境保護行為的執行程度(-2~+2 分，值越大代表執行程度越高)	1.16	0.34	0.4	2
mixjf	親友對環境保護意識，及其對受訪者主觀規範程度(-1~+1 分，值越大代表影響程度越高)	0.16	0.37	0	1
bird	虛擬變數；若受訪者主要從事的活動為賞鳥，則 bird=1	0.02	0.13	0	1
oa	虛擬變數；若受訪者主要從事的活動為其他(如賞蝶等)，則 oa=1	0.03	0.17	0	1
cb	受訪者今年會再去 1 次今日旅遊地，則 cb=1	0.56	0.5	0	1
same	虛擬變數；若旅行成本提升 10%，受訪者每年旅遊次數仍不改變，則 same=1	0.81	0.39	0	1
broadleaf	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區所看見的森林景觀為闊葉林，則 broadleaf=1	0.97	0.57	0	2
mixed	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區所看見的森林景觀為針闊混淆林，則 mixed=1	0.16	0.37	0	2
conifer	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區所看見的森林景觀為針葉林，則 conifer=1	0.01	0.13	0	2
bamboo	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區所看見的森林景觀為竹林，則 bamboo=1	0.24	0.43	0	1
faci	該森林遊樂區的基礎設施項目數：露天休憩區(桌、椅)、涼亭(桌、椅)、廁所、停車場、遊客服務中心、廟宇、餐廳、山屋、露營地，faci=0-10	3.17	1.93	0	9
observation	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區的設施包含觀景平台，observation =1	0.45	0.5	0	1
bridge_s	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區的景觀包含吊橋，bridge_s=1	0.23	0.42	0	1
geo	該森林旅遊地景觀項目數：小橋、瀑布、溪流、潭、眺望遠景、地質景觀，geo=0-6	2.01	1.25	0	6
way_n	該森林遊樂區步道鋪面類型數（山徑、木質、石質），way_n=0-3	1.53	0.83	0	3
industrial	虛擬變數；若受訪者認為該森林遊樂區步道鋪面屬柏油、水泥等素材，industrial=1	0.35	0.48	0	1

資料來源:本計畫統計彙整。

四、計次與截斷模型之實證推估結果

表 9-28 為分別用 TP 模型與 TNB 模型推估的結果；TP 模型重要變數 TC、INCOME 為顯著，17 項變數為顯著水準 1%以下顯著，顯著水準 5%以下顯著的變數共有 2 項；而 TNB 模型，重要變數 TC、INCOME 亦顯著，13 項變數為顯著水準 1%以下顯著，顯著水準 5%以下顯著的變數共有 1 項。故本計畫選擇解釋度較好之 TP 模型進行遊憩效益估算。

根據 TP 模型的推估結果（應變數為受訪者旅遊次數）：

(1) 受訪者在自然步道看見林相為闊葉林（BROADLEAF）、針闊混淆林（MIXED）或針葉林（CONIFER）時，相較於未看見闊葉林、針闊混淆林或針葉林的受訪者，有看見的受訪者旅遊次數會分別降低 0.6、1 與 0.4 次，顯示此 3 項變數皆會對旅遊次數有負向影響。受訪者看到的林相若為竹林（BAMBOO），則會增加旅遊次數 0.5 次，顯示此變數對旅遊次數有正向影響。

(2) 在自然步道設施方面，受訪者有看見觀景平台（OBSERVATION）時會增加旅遊次數 0.3 次，顯示此變數皆會對旅遊次數有正向影響。景觀（GEO）依受訪者看見的項目數量 （0~6），對受訪者旅遊次數會增加 0~1.1 次，亦呈正向影響。

(3) 若受訪者看見吊橋（BRIDGE_S）、柏油／水泥等鋪面（INDUSTRIAL）皆會減少旅遊次數 0.2 次，呈負向影響。

五、遊憩效益推估

因本計畫使用之應變數為 3 年內的旅遊次數，故將現有資料除以 3，得出每年的旅遊次數。由於自然步道缺少遊客人數統計資料，又在經費與時間有限下，本計畫利用 19 處問卷調查地點，分別統計平日、假日各一日的遊客人數，再分別乘以 2024 年有 247 天平日、118 天假日，推估出 19 處的年遊客量，未進行實地問卷調查之自然步道，則以 19 處自然步道之平均人數每年 32,479 人次進行估算。又本計畫範疇中 58 處自然步道中，有 17 處進 3 年內沒有受訪者去過，故無法獲得旅次預測值，為避免低估自然步道之遊憩效益，以 41 處有旅次預測值之平均值每人每年到訪 1.98 次進行估算。

（1）福利價值（消費者剩餘）

本計畫利用 TP 模型，對自然步道之遊憩效益進行推估平均每位遊客的遊憩效益。在目前森林環境的條件下，每人每年前往自然步道的遊憩效益-福利價值為 4,501 元，2024 年自然步道的總遊憩效益為 75 億元（個別自然步道之遊憩效益，詳見附表七）。

（2）交換價值（遊客之時間成本）

利用本計畫問卷調查獲得之遊客來回森林旅遊地之交通時間、停留時間，非工作的時間價格，每小時時間價格以遊客勾選的年所得，換算時薪，分別算出每個森林旅遊地之前述各項平均值後推估；2024 年自然步道的總遊憩效益-交換價值為 28 億元（個別平地森林園區之遊憩效益，詳見附表八）。

表 9-28 自然步道計次截斷模型之實證推估結果

變數	Zero-Truncated Poisson 模型（TP）		Zero-Truncated NB 模型（TNB）	
	估計值	標準誤差	估計值	標準誤差
INTERCEPT	-0.523**	0.1866	-10.2778*	5.8411
AGE	0.01648***	0.00117	0.02268***	0.00743
EDUYR	-0.0096*	0.005623	-0.05503	0.04288
TC	-0.00044***	0.000033	-0.00059***	0.00012
CB	-0.1209***	0.03013	-0.4912***	0.1779
INCOME	0.007556***	0.000466	0.01174***	0.002602
ATTI	0.6728***	0.03413	1.491***	0.2002
BEHAV	-0.2635***	0.02568	-0.454**	0.1835
MIXJF	-0.2681***	0.04414	-0.4655*	0.2771
BIRD	0.3109***	0.09934	0.492	0.703
OA	0.7622***	0.06905	3.0492***	0.6897
SAME	-0.4979***	0.03695	-1.1004***	0.2607
BROADLEAF	-0.5995***	0.03841	-0.5875***	0.2007
MIXED	-0.9886***	0.06157	-1.1865***	0.3194
CONIFER	-0.3787**	0.1273	-1.1719*	0.6568
BAMBOO	0.4734***	0.03584	0.654***	0.2366
FACI	-0.00549	0.008304	0.002227	0.05703
OBSERVATION	0.3378***	0.03138	0.5974***	0.204
BRIDGE_S	-0.2081***	0.03646	-0.681***	0.2099
GEO	0.1818***	0.01345	0.2537***	0.08424
WAY_N	-0.02982	0.02085	0.06606	0.1144
INDUSTRIAL	-0.1975***	0.03663	-0.3476	0.2149
alpha	-	-	-8.2822	5.703
n	948		948	
-2LL(full)	9900.7		3387.5	
AIC	9944.7		3433.5	
AICC	9946.1		3435	
BIC	10046		3539.5	

註：顯著水準：***為<0.01；**為<0.05；*為<0.1

INTERCEPT：模型之截距項，代表函數圖形與 y 軸（縱軸）的交點座標。

alpha：其值越大，表示數據的過度離散程度（Overdispersion）越高。

資料來源:本計畫推估彙整。

第五節、文化服務總價值 （含遊憩價值）

森林生態系文化服務項目包括遊憩、視覺舒適、教育／科學與研究、精神／藝術與象徵性等 4 項；透過現地訪談之旅行成本模型（福利價值）與遊客時間成本（交換價值），僅能推估遊憩使用價值，難以估算非使用價值，故為低估值；國家森林遊樂區 2024 年以福利價值與交換價值推估之遊憩效益分別約 138 億、49 億元，平地森林園區約 19 億、14 億元，自然步道約 75 億、28 億元，故我國低海拔森林生態系之文化服務項目中的遊憩價值，在 2024 年福利價值約 232 億元、交換價值約 91 億元（參見表 9-29）。

視覺舒適、教育／科學與研究、精神／藝術與象徵性等 3 項， 則透過問卷中請受訪者對以上三項森林生態系服務重要性 1~10 分填答時所獲得的分數，擷取其中文化服務項目，遊憩占文化服務約 25.4%，以遊憩價值做為基準值換算，以本章推估出之遊憩價值做為基準值換算，故同樣占比之視覺舒適價值在 2024 年之福利價值與交換價值分別約為 232 億、91 億元，教育／科學與研究則約 229 億、90 億元，精神／藝術與象徵性約為 222 億、87 億元；故 2024 年森林生態系文化服務價值之福利價值約 914 億元、交換價值約 358 億元。

表 9-29　2024 年森林生態系文化服務總價值

文化服務項目	本計畫利用問卷訪談推估之森林旅遊地價值（千元／年）			森林生態系服務項目重要性		以左欄文化服務占比推估之森林生態系文化服務價值（千元／年）	
	森林旅遊地	福利價值	交換價值	問卷填答平均分數	文化服務占比（%）	福利價值	交換價值
遊憩	國家森林遊樂區	13,786,445	4,936,619	9.0	25.4	23,187,342	9,066,079
	平地森林園區	1,922,383	1,369,677				
	自然步道	7,478,514	2,759,783				
視覺舒適			-	9.0	25.4	23,187,342	9,066,079
教育、科學與研究			-	8.9	25.1	22,929,705	8,965,345
精神、藝術與象徵性			-	8.6	24.2	22,156,793	8,663,142
總計			-	35.5	100	91,461,182	35,760,646

註：-表示問卷無法推估該項目之森林生態系服務價值。
資料來源:本計畫推估。

第十章 結論與建議

本計畫旨在建構我國森林生態系服務價值評估理論架構與估算模式。計畫內共有 5 篇 10 章。第 I 篇緒論（第 1～3 章）；第 II 篇「環境經濟整合帳-核心架構」（SEEA-CF）與「環境經濟整合帳-生態帳」（SEEA-EA）之編製邏輯與帳表關係（第 4 章）；第 III 篇建構我國低海拔森林生態系（國土生態綠網）之生態系服務市場價值的評估框架與估算方法（第 5～6 章），第 IV 篇我國低海拔森林生態系文化服務之實證評估（7～9 章）；第 V 篇結論（第 10 章）。本章第一節首先彙整本計畫之研究成果；第二節對我國編製森林生態帳提出未來研究之建議；第三節森林生態系服務價值評估資料限制與未來研究建議；第四節環境經濟整合帳-生態帳之森林生態系管理政策建議。

第一節、 研究成果彙整

一、 我國森林生態系帳表架構

本計畫參考 SEEA-EA 建議之架構編製我國森林生態系服務相關帳表，如表 10-1~10-5，分別為以描述生態系面積為目的規模帳、以描述生態系特徵為目的條件帳、統計生態系服務的流量之實物帳、統計生態系服務價值的流量之貨幣帳、融入生態系壽命概念之資產帳等 5 大帳表。

本計畫將前期計畫已完成我國低海拔生態系類型分類，將我國森林生態系 7 大林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工闊葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林與竹林）納入，初步完成我國森林生態系帳表之架構，其中表 10-4 之 2024 年臺灣森林生態系-貨幣帳架構，為本計畫推估森林生態系之工作項目，各項森林生態系服務項目價值詳見表 10-9。

表 10-1　2024 年臺灣森林生態系-規模帳架構（單位：公頃）

	陸地							
	T1.3 熱帶/亞熱帶山地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T7.3 造林地	
	針葉林		闊葉林		針闊混合林		竹林	
帳項	天然	人工	天然	人工	天然	人工	人工	總計
期初規模								
規模增加								
受管理的擴張（經營管理的面積）								
未管理的擴張（未經營管理的面積）								
規模減少								
受管理的縮減（經營管理的面積）								
不受管理的縮減（經營管理的面積）								
規模淨變動								
期末規模								

表 10-2　2024 年臺灣森林生態系-條件帳架構

SEEA ECT 類型	變數		陸地																				
			T1.3 熱帶/亞熱帶山地雨林			T7.3 造林地			T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林			T7.3 造林地			T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林			T7.3 造林地			T7.3 造林地		
			針葉林						闊葉林						針闊混合林						竹林		
			天然			人工			天然			人工			天然			人工			人工		
	描述	度量單位	期初值	期末值	變動量	期初值	期末值	變動量	期初值	期末值	變動量	期初值	期末值	變動量	期初值	期末值	變動量	期初值	期末值	變動量	期初值	期末值	變動量
物理狀態	變數 1（如：土壤結構）																						
	變數 2（如：可用水量）																						
化學狀態	變數 3（如：空氣污染濃度）																						
組成狀態	變數 4（如：重要物種的存在）																						
	變數 5（如：重要物種的豐富度）																						
結構狀態	變數 6（如：生物量）																						
功能狀態	變數 7（如：初級生產量）																						
地景與海景特徵	變數 8（如：地景破碎性）																						

註：每一生態系類型有 6~10 個變數較佳，且生態系條件類型學（ecosystem condition typology，ECT）的 6 類，每 1 類都要有至少 1 個變數。

表 10-3　2024 年臺灣森林生態系-實物帳架構

帳項	量測單位	陸地							總計
		T1.3 熱帶/亞熱帶山地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T7.3 造林地	
		針葉林		闊葉林		針闊混合林		竹林	
		天然	人工	天然	人工	天然	人工	人工	
供給服務									
木材供給服務									
野生動物、植物和其他生物量供給服務									
調節與維持									
全球氣候調節服務									
空氣過濾服務									
土壤與沉積物保留服務									
水資源淨化服務									
水流調節服務									
授粉服務									
文化服務									
遊憩相關服務									
視覺舒適服務									
教育、科學與研究服務									
精神、藝術與象徵性服務									

表 10-4　2024 年臺灣森林生態系-貨幣帳架構（單位：千元/年）

帳項	陸地							總計
	T1.3 熱帶/亞熱帶山地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T7.3 造林地	
	針葉林		闊葉林		針闊混合林		竹林	
	天然	人工	天然	人工	天然	人工	人工	
供給服務								
木材供給服務								
野生動物、植物和其他生物量供給服務								
調節與維持								
全球氣候調節服務-碳儲存服務								
全球氣候調節服務-碳吸存服務								
空氣過濾服務								
土壤與沉積物保留服務-土壤流失控制服務								
土壤與沉積物保留服務-山體滑坡減緩服務								

帳項	陸地							總計
	T1.3 熱帶/亞熱帶山地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T7.3 造林地	
	針葉林		闊葉林		針闊混合林		竹林	
	天然	人工	天然	人工	天然	人工	人工	
水資源淨化服務								
水流調節服務 -基線流量維持服務								
水流調節服務 -高峰流量減緩服務								
授粉服務								
文化服務（僅包含低海拔）								
遊憩服務								
視覺舒適服務								
教育、科學與研究服務								
精神、藝術與象徵性服務								

表 10-5　2024 年臺灣森林生態系-資產貨幣帳架構

帳項	陸地							總計
	T1.3 熱帶/亞熱帶山地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T7.3 造林地	
	針葉林		闊葉林		針闊混合林		竹林	
	天然	人工	天然	人工	天然	人工	人工	
生態系資產的壽命（推估年）								
期初價值								
生態系增強								
生態系退化								
生態系轉換								
轉化後增加								
轉化後減少								
其他生態系資產量的變動								
災難性損失								
重新評估								
重新估價								
淨值變化								
期末價值								

二、森林生態系服務價值之估算結果

本計畫推估之 2024 年森林生態系服務價值，分為供給、調節與維持、文化等三大類，各項服務提供之效益說明整理至表 10-7，資料使用詳情可參考表 10-8，並將推估結果再根據表 10-6 之不同海拔森林生態系面積比例拆分，整理至表 10-9，其中：

- 供給服務包括木材供給服務[1]、野生動物/植物和其他生物量 2 項，每年全臺森林生態系供給服務價值共 1.5 億元。
- 調節與維持服務包括共全球氣候調節服務[2]-碳儲存服務、全球氣候調節服務-碳吸存服務、空氣過濾服務、土壤與沉積物保留服務-土壤流失控制服務、土壤與沉積物保留服務-山體滑坡減緩服務、水資源淨化服務、水流調節服務-基線流量維持服務、水流調節服務-高峰流量減緩服務、授粉服務等 9 項，每年全臺森林生態系調節與維持服務價值共 1.3 兆~ 3.2 兆元。
- 文化服務包括遊憩服務、視覺舒適服務、教育/科學與研究服務、精神/藝術與象徵性服務等 4 項，每年低海拔森林生態系文化服務價值之交換價值約 358 億元、福利價值約 914 億元。

[1] 材積是針對特定樹種的量測，蓄積是指一整片的森林總量；建議應用砍下來的材積比例推估，而不是生長的材積，因缺少各林型材積量數據，造成本計畫推估之天然林木材供給價值異常高。

[2] 全球氣候調節服務之碳價選擇，本計畫分別以（1）國內產業之單位減碳成本，採用我國現行碳費費率每公噸二氧化碳當量台幣 300 元，此碳費價格為初期考量產業界承受度之定價，難以完全反映全球氣候調節服務之真實價值；（2）國際碳減量成本，採用歐盟碳交易價格，根據國際碳行動夥伴（International Carbon Action Partnership（ICAP）, 2025）統計之 2024 年均值為每公噸二氧化碳當量台幣 2,242 元；（3）全球排碳造成之碳社會成本，採用美國美國環境保護署（EPA，2023）評估 2024 年社會碳成本在折現率 1.5%下之每公噸二氧化碳當量台幣 11,392 元等三種碳價進行估算。若後續有相關單位引用本計畫之全球氣候調節服務價格，建議根據需求參見第六章表 6-9「2024 年我國森林碳儲存服務價值評估結果」與表 6-10「2024 年我國森林碳吸存服務價值評估結果」中，選擇適當的碳價推估出之森林碳儲存服務價值。

表 10-6 全臺、低海拔與中高海拔森林生態系面積

林型分類	低海拔[a]（公頃）(1)	低海拔占全臺同類型森林面積%	中高海拔(全臺減低海拔) (2)=(3)-(1)	中高海拔占全臺同類型森林面積%	全臺森林面積（公頃）[b] (3)
天然針葉林	1,071	0.52%	204,654	99.48%	205,725
人工針葉林	8,779	9.75%	81,252	90.25%	90,031
天然闊葉林	727,963	57.96%	528,037	42.04%	1,256,000
人工闊葉林	39,697	43.34%	51,888	56.66%	91,585
天然針闊混合林	1,562	1.36%	113,531	98.64%	115,093
人工針闊混合林	6,479	12.38%	45,854	87.62%	52,333
竹林（含混淆林）	83,555	44.49%	104,253	55.51%	187,808
總計	869,107	43.49%	1,129,468	56.51%	1,998,575

資料來源：a 低海拔森林面積為本計畫套疊生態綠網關注區與國土利用分類系統的圖資；b 全臺森林林型面積為本計畫套疊第四次森林資源調查全島森林林型分布圖（農業資料開放平臺，2025）；本計畫自行套疊與計算。

表 10-7 森林生態系服務項目之說明

帳項	說明
供給服務	
木材供給服務	提供木材產量的產值
野生動物、植物和其他生物量供給服務	提供非木材森林產品及與狩獵、誘捕、生物勘探等的產值
調節與維持服務	
全球氣候調節服務	植物吸收大氣中 CO_2 合成有機物質，將碳固定在植物與土壤中，降低大氣中 CO_2 濃度的效益
空氣過濾服務	透過植被吸收、阻濾與降低大氣中污染物濃度，如 SO_2、NOx、PM10、PM2.5 等改善空氣品質的效益
土壤與沉積物保留服務	透過植被減緩雨水侵蝕土壤，降低土壤流失的效益；以及透過土壤保留，減少氮、磷等土壤營養物質進入下游水體，可降低下游水體的優養化
水資源淨化服務	透過土壤物理與生化作用，吸附水中污染物、降解與生物吸收等，降低水體污染物濃度及淨化水環境的效益。
水流調節服務 -基線流量維持服務	透過土壤吸收與地形儲存降水，再透過土壤下滲，涵養土壤水分與補充地下水，調節河川流量，增加可利用水資源量的效益
水流調節服務 -高峰流量減緩服務	有助於調節河川水流、地下水位與湖水位的生態系貢獻。這樣的貢獻是來自於森林生態系吸收、儲存水資源，且能減緩洪水或其他與水有關的極端事件所帶來的影響的能力。高峰流量減緩服務會與河流洪水減緩服務一起提供洪水防護的效益
授粉服務	野生傳粉者有助於農作物受精以維持或增加物種豐富度及/或多樣性的生態系貢獻，且該物種可被經濟單位使用或享受
文化服務	
遊憩相關服務	透過參與或親身體驗與森林生態系的互動，因此促進身心健康、森林療育、享受生活等所獲得的效益
視覺舒適服務	森林生態系為人類提供美學體驗與創造精神愉悅所獲得的效益
教育、科學與研究服務	人類透過森林生態系生物物理特徵，與環境進行知識互動，進行科學研究或創建傳統生態知識而獲得的效益
精神、藝術與象徵性服務	人類透過森林生態系具有文化、歷史、美學、神聖或宗教意義等重要性，有助於鞏固民眾的文化認同，並激發民眾透過各種藝術媒介表達自我而獲得的效益

資料來源：Chen et al.,（2024）；Haines-Young（2023）；United Nations et al.（2021）；中國科學院生態環境研究中心（2020）；錢玉蘭等（2025）。

表 10-8　2024 年臺灣森林生態供給、調節與維持服務價值評估資料使用詳情

生態系服務		資料項目		數值	單位	資料時間	資料來源	資料形態
木材供給服務		木材供給產值	森林主產物產值	144,234	千元/年	2024 年	農業部林業及自然保育署（2025）	政府報告
野生動物、植物和其他生物量供給服務		林下作物產值	森林副產物產值	5,608	千元/年			
全球氣候調節服務	碳儲存服務	活著的生物量碳儲存量	樹木 CO_2 儲存量	754,280,000	公噸二氧化碳	2008~2014 年	農業部林業及自然保育署（2024）	政府報告
			2015~2023 年之 CO_2 儲存變化量	197,004,000	公噸二氧化碳	2015~2023 年	環境部（2025）	政府報告
		死有機物質的碳儲存量	全臺森林枯枝落葉層的碳儲存量	96,400,000	公噸二氧化碳當量	1992~2024 年	黃群智等（2024）	政府報告
		地下 2 公尺內的土壤碳儲存量	全臺森林 0-1.5 公尺地下土壤的碳儲存量	1,111,000,000	公噸二氧化碳當量			
		利率	中央政府建設公債最高得標利率（20 年期）	1.59%	無	2024 年	中華民國中央銀行全球資訊網（2024）	政府公告
		碳價	我國現行碳費	0.3	千元/公噸二氧化碳	2024 年	環境部（2024）	政府公告
			歐盟碳交易價格	2.2		2024 年	International Carbon Action Partnership,（2025）	國外報告
			全球碳社會成本	11.3		2024 年	EPA（2023）	國外報告
	碳吸存服務	活著的生物量碳吸存量	2023 年的林地碳移除量（淨值）	21,726,000	公噸二氧化碳當量	2023 年	環境部（2025）	政府報告
		碳價	我國碳費徵收之一般費率	0.3	千元/公噸二氧化碳	2024 年	環境部（2024）	政府公告
			歐盟碳交易價格	2.2		2024 年	International Carbon Action Partnership,	國外報告

生態系服務		資料項目		數值	單位	資料時間	資料來源	資料形態
							（2025）	
			二氧化碳的社會成本	11.3		2024 年	EPA	國外報告
空氣過濾服務		林型面積	第四次森林資源調查全島森林林型分布圖	1,998,575	公頃	2017 年	農業資料開放平臺（2025）	政府公開資料（圖層）
		空氣過濾能力	闊葉林滯塵能力	1.25	公噸/公頃/年	2014 年~2016 年	王秋嫻等（2020）	本土研究
			針葉林滯塵能力比闊葉林的倍數之比	3.25	倍	2005 年	羅傳秀等(2005)	國外研究
			竹林滯塵能力	0.001	公噸/公頃/年	文獻未說明	鄭景鵬等（2019）	本土研究
		防治成本	空氣污染減量各項措施的成本	18	千元/年	2016 年	林俊成（2018）	本土研究
土壤與沉積物保留服務	土壤流失控制服務	林型面積	第四次森林資源調查全島森林林型分布圖	1,998,575	公頃	2017 年	農業資料開放平臺（2025）	政府公開資料（圖層）
		土壤流失控制能力	森林每公頃平均表土流失量	519	公噸/公頃/年	2016 年	林俊成（2018）	本土研究
		減淤效益	河道減淤效益與水庫減淤效益	124（河道）；386（水庫）	新臺幣/公噸			
	山體滑坡減緩服務	過去山體滑坡災損評估	2004 年山體滑坡災害損失總金額	325,470	千元/年	2004 年	李秋憙（2006）	本土研究
		失去森林覆蓋山體滑坡發生可能性的漲幅	非森林覆蓋區發生山體滑坡的可能性與森林覆蓋區之比較	4.81	倍	2013 年~2017 年	Grima et al.（2020）	國外研究
水資源淨化服務		林型面積	第四次森林資源調查全島森林林型分布圖	1,998,575	公頃	2017 年	農業資料開放平臺（2025）	政府公開資料（圖層）
		氨氮儲存能力	天然闊葉林林外雨與集水區銨根離子年平均通量之差	8	公斤/公頃/年	1994 年~1999 年	金恆鑣等（2003）	本土研究
		氨氮徵收費率	事業及污水下水道系統水污	80	新臺幣/公	2025 年	環境部	政府公

生態系服務		資料項目		數值	單位	資料時間	資料來源	資料形態
			染防治費收費辦法氨氮全額徵收費率		斤		（2025）	告
水流調節服務	基線流量維持服務	林型面積	第四次森林資源調查全島森林林型分布圖	1,998,575	公頃	2017 年	農業資料開放平臺（2025）	2025 年
		年暴雨降雨量	年平均降雨量	2,135.90	公釐	2024 年	交通部中央氣象署（2024）	2024 年
			暴雨量占總降雨量之比例	50%	無	2009 年	洪致文（2009）	2009 年
		暴雨時期基線流量占雨量之百分比	天然闊葉林暴雨時期水源涵養量占降雨量之比例	21%	無	1975 年~1999 年	陸象豫（2017）	1975 年~1999 年
		原水價格	北、中、南區原水購入平均價格	1	新臺幣/立方公尺	2024 年	臺灣自來水股份有限公司（2025）	2024 年
	高峰流量減緩服務	林型面積	第四次森林資源調查全島森林林型分布圖	1,998,575	公頃	2017 年	農業資料開放平臺（2025）	政府公開資料（圖層）
		全年最高單日降雨量	下過大豪雨的測站	基隆、鞍部、阿里山、玉山、嘉義	無	2024 年	交通部中央氣象署（2024）	政府報告
			下過大豪雨的測站的最高單日雨量	408~904	公釐	2024 年	交通部中央氣象署（2026）	政府公開資料
		高峰流量減緩量占總降雨之比例	闊葉林冠層雨水截留量占總降雨之比例	11.10%	無	1994 年	林登秋等（1996）	本土研究
			森林冠層雨水截留量未隨樹幹流至地表之比例	25%	無	1975 年	陳清勁（1975）	本土研究
			闊葉林、針葉林蒸發散量占總降雨之比例	25%	無	2002 年	鄭皆達等（2002）	本土研究
		滯洪池平均造價	我國滯洪池造價中位數（不含土地成本）	460	新臺幣/立方公尺	2003 年~2017 年	林蕙萱等（2025）	本土研究
授粉服務		需要授粉作物的農地面積	全臺旱作與果樹面積（國土利用調查）	4,887,249,868	平方公尺	2022~2023 年	農業部提供（圖層）	農業部提供（圖

生態系服務	資料項目		數值	單位	資料時間	資料來源	資料形態
							層）
	以森林為棲地傳粉者可服務的農地面積	我國東方蜜蜂棲地分布、覓食範圍	圖層資料	無	2019 年	呂明倫等（2019）	本土研究（圖層）
		我國森林分布	圖層資料	無	2017 年	農業資料開放平臺（2025）	政府公開資料（圖層）
	需要授粉的農作物產值	農產品生產量值統計	125,693,512	千元/年	2024 年	農業統計資料查詢（2025）	政府公開資料
	失去授粉服務後農作物損失比例	美國農業部推估授粉服務為農作物產值帶來的增幅	20%~30%	無	文獻未說明	苗栗區農業改良場（2025）	國外成果二次引用

資料來源：本計畫彙整。

表 10-9　本計畫推估之 2024 年臺灣森林生態系-貨幣價值（單位：千元/年）

帳項/海拔		陸地							總計	單位面積價值（千元/公頃）
		T1.3 熱帶/亞熱帶山地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T7.3 造林地		
		針葉林		闊葉林		針闊混合林		竹林		
		天然	人工	天然	人工	天然	人工	人工		
供給服務									**149,842**	**0.075**
木材供給服務	低	27,338	7,615	10,348	560	8,601	2,314	5,945	62,722	0.072
	中高	35,527	9,897	13,448	728	11,178	3,008	7,726	81,512	
	全臺	62,865	17,512	23,796	1,288	19,780	5,322	13,671	144,234	
野生動物、植物和其他生物量供給服務	低	因資料受限，目前無法按 7 類林型拆分							2,439	0.03
	中高								3,169	
	全臺								5,608	
調節與維持									**1,347,188,373~ 3,241,776,555**	**674.074~ 1,622.044**
全球氣候調節服務 -碳儲存服務	低	因資料受限，目前無法按 7 類林型拆分							4,477,755 ~ 170,035,282	5.152 ~ 195.644
	中高								5,819,168 ~ 220,973,195	
	全臺								10,296,923 ~ 391,008,477	
全球氣候調節服務 -碳吸存服務	低	因資料受限，目前無法按 7 類林型拆分							2,834,353~ 107,629,823	3.261~ 123.840
	中高								3,683,447~ 139,872,769	
	全臺								6,517,800~ 247,502,592	
空氣過濾服務	低	6,377,028	2,790,765	11,986,844	874,057	2,333,021	1,060,829	1,434	25,423,978	29.253
	中高	8,287,411	3,626,802	15,577,775	1,135,900	3,031,930	1,378,624	1,863	33,040,306	
	全臺	14,664,439	6,417,568	27,564,619	2,009,957	5,364,951	2,439,453	3,297	58,464,284	

帳項/海拔		陸地							總計	單位面積價值（千元/公頃）
		T1.3 熱帶/亞熱帶山地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T7.3 造林地		
		針葉林		闊葉林		針闊混合林		竹林		
		天然	人工	天然	人工	天然	人工	人工		
土壤與沉積物保留服務-土壤流失控制服務	低	9,408,762	4,117,537	57,442,730	4,188,609	5,263,739	2,393,432	8,589,335	91,404,143	105.170
	中高	12,227,370	5,351,038	74,650,998	5,443,401	6,840,611	3,110,438	11,162,464	118,786,321	
	全臺	21,636,132	9,468,575	132,093,728	9,632,010	12,104,350	5,503,870	19,751,799	210,190,464	
土壤與沉積物保留服務-山體滑坡減緩服務	低	因資料受限，目前無法按 7 類林型拆分							885,988	1.019
	中高								1,151,406	
	全臺								2,037,394	
水資源淨化服務	低	--	--	349,561	25,489	16,016	7,282	--	398,348	0.458
	中高	--	--	454,279	33,125	20,814	9,464	--	517,682	
	全臺	--	--	803,840	58,614	36,830	16,747	--	916,031	
水流調節服務-基線流量維持服務	低	200,637	87,804	1,224,934	89,320	112,246	51,039	183,163	1,949,142	2.243
	中高	260,742	114,108	1,591,891	116,077	145,872	66,328	238,033	2,533,052	
	全臺	461,378	201,912	2,816,825	205,397	258,118	117,367	421,196	4,482,194	
水流調節服務-高峰流量減緩服務	低	46,643,398~103,347,137	20,412,452~45,227,590	284,769,025~630,958,821	20,764,786~46,008,251	26,094,683~57,817,630	11,865,300~26,289,783	42,581,131~94,346,429	453,130,776~1,003,995,642	521.375~1,155.204
	中高	60,616,482~134,307,108	26,527,464~58,776,538	370,078,025~819,976,800	26,985,347~59,791,063	33,911,935~75,138,208	15,419,819~34,165,482	55,337,272~122,610,034	588,876,344~1,304,765,233	
	全臺	107,259,880~237,654,244	46,939,916~104,004,129	654,847,050~1,450,935,621	47,750,133~105,799,314	60,006,617~132,955,839	27,285,120~60,455,266	97,918,404~216,956,463	1,042,007,121~2,308,760,875	
授粉服務	低	因資料受限，目前無法按 7 類林型拆分							5,338,454~8,007,681	6.142~9.214
	中高								6,937,708~10,406,562	
	全臺								12,276,162~18,414,243	

帳項/海拔		陸地							總計	單位面積價值（千元/公頃）
		T1.3 熱帶/亞熱帶山地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T1.1 熱帶/亞熱帶低地雨林	T7.3 造林地	T7.3 造林地		
		針葉林		闊葉林		針闊混合林		竹林		
		天然	人工	天然	人工	天然	人工	人工		
文化服務（僅包含低海拔）	交換價值								**35,760,646**	**41.146**
	福利價值								**91,461,182**	**105.236**
遊憩服務	交換價值	因資料受限，目前無法按 7 類林型拆分							9,066,079	10.431
	福利價值								23,187,342	26.680
視覺舒適服務	交換價值								9,066,079	10.431
	福利價值								23,187,342	26.680
教育、科學與研究服務	交換價值								8,965,345	10.316
	福利價值								22,929,705	26.383
精神、藝術與象徵性服務	交換價值								8,663,142	9.968
	福利價值								22,156,793	25.494

註：1.--表示因我國該林型相關服務資料不足，故假設為零。

2.文化服務之視覺舒適服務、教育/科學與研究服務、精神/藝術與象徵性服務等 3 項，根據問卷調查獲得之森林各項生態系服務重要性分數占比推估。

3.本計畫估算文化服務之交換價值與福利價值之概念，分別為受訪者至森林旅遊地之時間支出成本，與受訪者至森林旅遊地獲得之效益（消費者剩餘），若期望我國森林生態帳能接軌 SEEA 則是對森林資源投入的支出為主，而非森林保育效益價值；故在此不將兩項價值加總。

資料來源：本計畫估算整理。

第二節、我國編製森林生態帳之中長程研究建議

2025～2026 年度本計畫工作在於建立我國生態系服務貨幣帳之理論架構與估算模式，基於對各國生態帳編製現況與進度的瞭解，本計畫對編製我國生態帳有以下幾點建議：

1、建議臺灣需盡快開始同步且逐步編製生態系規模帳、生態系條件帳、生態系服務實物帳等工作，方能完善臺灣的生態系服務貨幣帳的編製工作，並進而編製台灣生態系服務資產帳我國逐步完善生態系基礎資料，以利價值評估的範疇逐步擴大且更加精準。

2、由各國「生態系規模帳」的分類、對應面積與占比，可瞭解各國占比最高的生態系為何，可選擇與臺灣生態系分類較相近的國家作為編製生態帳或評估生態價值時的參考。

3、各國編製「生態系條件帳」所選用的監測指標不盡相同，臺灣生態系專家可參考本計畫彙整的各國監測指標與 SEEA-EA 建議的生態系條件類型學分類，進而編製臺灣生態系條件帳。

4、編製國家的「生態系服務貨幣帳」前，建議能先完成編製「生態系服務實物帳」。

5、建議未來可增加對生態系資產價值評估方法的研究。由聯合國的調查結果可知，截止 2024 年，全球僅 7 個國家編製了生態系資產貨幣帳，推測可能的原因是：其為五大核心帳本的最後一個，各國希望先建置前面 4 個帳本，或是因為 SEEA-EA 建議的淨現值法需要較多的假設項，評估難度較大。然而在政策上若需評估生態系類型的轉型造成的影響，例如想要計算農業用地轉成都市用地會造成多少生態系服務價值的損失，則需仰賴生態系資產價值評估的結果，因生態系服務貨幣帳僅計算一個會計期間（例如一年）的服務功能價值，而生態系資產貨幣帳計算的是某一生態系在假設壽命內（例如一百年），可能提供的生態系服務總價值。當農業用地改為都市用地，不僅意味著這塊地將損失了一年度的農作物

生產價值，而是意味著這塊地將不再能提供農作物生產服務，因此，生態系資產價值評估對於此類的影響評估更為重要。

6、生態系服務之價值評估確實是由「生態系服務人類」角度加以評價，若能透過加強民眾之環境與生態教育，使民眾充分理解生態系對生物多樣性與自然演替等交互作用，民眾就更能清楚生態系維護的重要姓，而其保護環境與保育自然資源的意願也會更高；在此情況下，估算出的生態系服務價值的也就越高。未來年度在試編各生態系類型之「生態系服務流貨幣帳」時，需在調查民眾對各類生態系服務之願付價值時，清楚說明自然環境與資源對各種生物與人類的完整價值。

第三節、森林生態系服務價值評估資料限制與未來研究建議

本節針對供給、調節與維持及文化服務價值評估，彙整目前推估時會面臨的資料限制，與未來研究建議，本計畫亦對每項服務的長期理想資料亦羅列了可執行性較高短期資料精進建議，彙整如表 10-8 所示。

一、供給服務

（一）木材供給服務

木材供給服務價值係使用林業保育連年統計之成果，且該成果直接揭露服務價值，故研究限制較少，唯目前木材供給之分類未按 7 大林型分類，而是按照用材、薪材、枝梢材分類。本計畫參考森林產業組之建議，試按照材積將木材供給服務進行拆分，拆分過程與假設可見表 5-4 至表 5-7。

若未來期望凸顯 7 大林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工闊葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林與竹林）木材供給之差異，建議林業保育統計年報可新增這 7 項分類，以利與生態帳連結。若林業及自然保育署認為按材積拆分雖有誤差，但此誤差仍在可接受範圍內，則可採納本計畫第五章第一節的拆分方法。

（二）野生動物、植物和其他生物量供給

此項服務使用林業保育連年統計成果，且該成果直接揭露服務價值，故研究限制較少。惟部分的林下作物因處於推動階段尚無統計資料，建議未來可於政府公開報告中連年更新林下作物的年產值，以利編製生態帳。

二、調節服務

（一）全球氣候調

1、建議探討森林不同林型的碳儲存服務之差異節服務

本計畫原先想要將森林生態系分為 7 類林型（天然/人工針葉林、天然/

人工闊葉林、天然/人工針闊混合林、竹林），分別推估各類林型的全球氣候調節服務價值，然因受限目前碳儲存資料無法區分 7 類林型，故僅能推估全臺森林總碳儲存服務價值。

若未來希望按此 7 類林型建置森林生態帳，建議未來有研究可針對以上 7 類森林不同林型探討碳儲存量之差異。

2、建立連年更新森林土壤碳匯調查成果

本計畫採用黃群智等（2024）估算出全臺森林 0-1.5 公尺地下土壤的碳匯資料作為參考依據，然而該成果係基於國內 1992 年~2024 年 52 項土壤相關研究或資料，使用模型推估出的結果。

由於氣候變遷造成的強降雨較多，土壤有機質流失較快，建議未來有更多森林土壤碳匯調查研究，若有連年更新之森林土壤土壤碳匯調查成果，則有利於連年更新森林全球氣候調節服務價值之估算結果。

3、建議增加對死亡有機物與土壤碳吸存量之調查

SEEA-EA 建議生態系碳吸存量應涵蓋：活的生物量碳吸存量、死有機物質的碳吸存量、地下 2 公尺內的土壤碳吸存量，而本計畫目前參考「國家溫室氣體排放清冊報告」（環境部氣候變遷署，2025），該報告僅提供活著的生物量碳吸存量，假設其餘兩項碳吸存量皆為 0，預計有低估之疑慮。

（二）空氣過濾服務

1、建議探討不同地區人工與天然闊葉林空氣過濾能力之差異

本計畫只找到 4 種闊葉樹：茄苳、榕樹、樟樹、台灣欒樹滯塵能力研究成果（王秋嫻等，2020），將這四種取平均用以代表我國闊葉林的滯塵能力。然王秋嫻等（2020）研究成果僅能代表陽明山闊葉樹，我國不同地區闊葉林的滯塵能力應該有所差異。此外，本計畫因未找到比較人工闊葉林與天然闊葉林空氣過濾能力的差異，故假設這兩者空氣過濾能力一致。

建議未來有研究可以探討我國不同地區闊葉林空氣過濾能力的差異，並探討人工闊葉林與天然闊葉林的空氣過濾能力是否有差異。天然闊葉林空氣過濾能力之差異

2、建議探討不同地區人工與天然針葉林空氣過濾能力之差異

本計畫未找到國內針葉林滯塵能力的研究，唯透過羅傳秀等（2005）針葉林與闊葉林滯塵能力的研究，可了解到中國大陸針葉林滯塵能力約為闊葉林的 3.25 倍，故本計畫將國內闊葉林的滯塵能力（王秋嫻等，2020）乘上3.23，用以代表我國針葉林的空氣過濾服務。此外，本計畫因未找到比較人工針葉林與天然針葉林空氣過濾能力的差異，故假設這兩者空氣過濾能力一致。

建議未來有研究可以探討我國不同地區針葉林空氣過濾能力的差異，並探討人工闊葉林與天然針葉林的空氣過濾能力是否有差異。

3、建議探討不同地區人工與天然針闊混合林空氣過濾能力之差異

本計畫未找到國內針闊混合林滯塵能力的研究，唯假設針闊混合林中針葉林與闊葉林面積的占比分別為 50%與 50%，因此將闊葉林滯塵能力與針葉林滯塵能力取平均，用以代表我國針闊混合林的空氣過濾服務，然而針闊混合林的比例可能並非各占 1/2，且人工針闊混合林與天然針闊混合林可能亦有差別。

建議未來有研究可以探討我國不同地區針闊混合林空氣過濾能力的差異，並探討人工針闊混合林與天然針闊混合林的空氣過濾能力是否有差異。

4、建議探討不同地區竹林空氣過濾能力之差異

本計畫只找到溪頭孟宗竹林滯塵能力的研究成果（鄭景鵬等，2019）用以代表我國闊葉林的滯塵能力。然鄭景鵬等（2019）研究成果僅能代表溪頭的孟宗竹林，我國不同地區竹林的滯塵能力可能有所差異。此外，本計畫未

能於鄭景鵬等（2019）的文章中找到資料調查的時間，故假設其調查期間為一年，此假設可能會造成誤差。

建議未來有研究可以探討我國不同地區竹林空氣過濾能力的差異。

（三）土壤與沉積物保留服務

1、建議探討不同林型土壤流失控制服務之差異。

目前土壤流失控制量全臺皆用「519 公噸/公頃/年」這個數值，然林俊成（2018）已算出不同事業區（占全臺灣森林面積 77%） 之「單位面積土砂流失防治量」，可以看出不同事業區提供之土壤流失控制服務存在差異。根據 RUSLE 公式（式 6-4）的各係數可知，降雨、土壤衝蝕性指數、坡長、坡度、覆蓋與管理因子及水土保持處理因子皆會影響不同林型的土壤流失控制能力。

建議未來能有更細緻的網格資料可反應我國不同林型各係數差異，以利進一步釐清我國森林 7 類林型土壤流失控制服務之差異。

2、建議探討我國若失去森林覆蓋，山體滑坡事件發生的可能性會如何改變。

目前假設失去森林生態系後山體滑坡事件會增加 4.81 倍係參考國外研究成果，然而我國的降雨、地形、地貌、林型等特性與國外森林會存在差異，然目前尚未找到國內可適用之類似成果，故今年度仍需引用國外研究成果。

建議未來有研究探討我國若失去不同程度的森林覆蓋，山體滑坡事件發生的可能性會如何改變。

3、建議探討我國失去森林覆蓋後，山體滑坡事件與損失金額的關係。

山體滑坡年災害金額使用的是 2004 年的統計成果，本計畫假設 2024 年的山體滑坡災情會與 2004 年類似，此亦為可能造成較大誤差之假設，由於資料限制，本計畫僅能先透過消費者物價指數調整，先採用此較具參考價值之數值。本計畫假設災害損失金額會於災害發生可能性同比增長，即山體滑

坡事件若增加 4.81 倍，山體滑坡事件帶來之損失亦增加 4.81 倍，然而當山體滑坡事件大幅增加時，可能會面臨救災系統崩潰、傷亡人數大量增加的情形，恐災害影響範圍、影響時程與災害損失金額皆會大幅增加，遠高於 4.81 倍，然因資料受限之緣故，本計畫仍以 4.81 倍保守估計。

建議未來有研究能探討當失去不同程度森林覆蓋時，山體滑坡事件發生與損害金額的關係。

4、建議探討我國山體滑坡災害對企業（例如工廠）的損失災害金額。

李秋憙（2006）之問卷設計僅統計家戶與家戶自營商店的損失，工廠類的災害損失並未納入，然 SEEA-EA 認為應將企業一併納入，說明工廠類應該納入計算，而本計畫因資料受限未能將其納入，此乃本項服務可能被低估的原因之一。

建議未來有研究可以探討我國山體滑坡災害對工廠的損失災害金額。

（四）水資源淨化服務

1、建議增加針葉林與竹林水資源淨化能力研究。

目前因資料不足，未將針葉林與竹林之水資源淨化能力納入評估範疇，故目前假設針葉林與竹林之水資源淨化服務價值為零。

建議未來增加對針葉林與竹林水資源淨化能力之研究，以利補齊針葉林與竹林水資源淨化服務價值。

2、建議探討不同地區闊葉林水資源淨化能力。

目前因資料不足，假設人工闊葉林與天然闊葉林之水資源淨化能力相同，且假設福山試驗林（20×20m 樣區）的研究成果可以代表全臺闊葉林水資源淨化能力。

建議未來增加我國不同地區闊葉林水資源淨化服務之研究，以利減少此項假設帶來的誤差。

3、建議定期更新、追蹤森林雨水與溪水水化學條件。

本計畫採納之研究成果來自 1994 年 7 月~1999 年 6 月森林的降雨資料（金恆鑣等，2003），距今已經逾 20 年，現因氣候變遷，降雨形態已然發生改變，用 20 年前之研究代表現況，亦有造成誤差之疑慮。

建議定期更新、追蹤試驗區雨水與溪水水化學條件，以利充分掌握森林生態系水資源淨化服務變化趨勢。

（五）水流調節服務

1、建議探討不同地區年暴雨總降雨量之差異。

目前假設 2024 年全臺年暴雨總量為總降雨量 50%（洪致文，2009），且假設各林型沒有差異，然而此假設可能造成誤差。

建議未來可以探討不同地區暴雨量之差異，例如，若能套疊全臺年暴雨降雨量圖層與林型分佈圖層，則可以凸顯出不同林型年暴雨降雨量之差異。

2、建議探討不同林型集水區基線流量占降雨之比例

目前採用陸象豫（2017）基線流量約為降雨量 21%的研究成果，然而該研究成果僅蒐集蓮花池 5 號集水區（天然闊葉林）之資料，本計畫因資料受限，故將該成果適用於全臺各類林型。

建議未來能有不同降雨量分佈地區之不同林型相關研究比較，可增加此服務價值評估之精確度。

3、建議探討不同林型森林冠層雨水截留量之差異

目前採用林登秋等（1996）與陳清勁（1975）之研究成果估算森林冠層雨水截留量，然這兩個研究距今已超 20 年，且未按不同林型分別探討雨水截留量之差異，此外，研究範圍以集水區為主，本計畫假設該集水區研究成果可適用於全臺。

建議未來若能有研究針對全臺不同林型森林冠層雨水截留量之比較研究，便能增加此服務實物量估算之精確度。

（六）授粉服務

1、建議將研究對象從東方蜜蜂擴增至其他傳粉者

本計畫用東方蜜蜂代表森林所有傳粉者，係因資料受限，然東方蜜蜂僅屬蜜蜂下一類，除東方蜜蜂外還有其他蜂類，除蜜蜂外亦會有其他動物可協助授粉，用東方蜜蜂代表所有傳粉者會造成森林服務價值被低估的問題。

建議未來有更多研究可以推估森林傳粉者的潛在分布，及其可服務範圍（覓食距離），以增加森林授粉服務價值評估之範疇。

2、建議計算不同農作物失去不同傳粉者時可能的農作物損失比例

本計畫從農業統計資料查詢（2025）挑選出 121 項仰賴蜜蜂傳粉之作物 2024 年年產值，而這 121 項混雜了高度、中度或低度依賴蜜蜂傳粉之作物，依賴程度越高代表失去授粉服務後造成的農作物損失將越大，本計畫將這 121 項對蜜蜂傳粉的依賴程度視為一致，假設失去授粉服務後農作物產值損失比例為 20~30%。

建議未來有更多研究可以將我國農作物對不同傳粉者的依賴程度進行分類，並針對各項分類計算出失去授粉服務後可能造成之農作物損失，以增加未來森林授粉服務價值評估之精準度。

3、建議繪製全臺農作物產值分布圖

本計畫假設每種作物單位面積之產值相同，本計畫算出東方蜜蜂覓食範圍約占全臺旱作與果樹面積之 49%，便假設農作物產值的 49%皆為東方蜜蜂可服務到的範圍，然而在地理空間上，各項作物並非平均分布在農地上，有些地區特別適合種植某項作物，導致產值亦會集中在這些區域，因此農作物產值並非僅與面積大小有關，還可能與土壤、地形、降雨等因素有關。

建議未來能針對依賴傳粉的農作物，繪製出全臺農作物產值分布圖，則更有利於森林授粉服務價值之推估。

三、文化服務

由於文化服務項目透過替代市場價值評估法推估，又本計畫之研究範圍為低海拔森林生態系，為推估森林生態系對國人之文化服務效益，採用旅行成本法進行現地問卷調查，以全台 72 處低海拔國有林地之森林旅遊地為主進行遊客訪查，然在後續在搜尋整理供給服務，調節與維持服務時，發現國內現有資料並沒有區分森林的海拔、甚至天然林、人工林，為此進行整併與調整，故也不侷限低海拔森林範圍，但採用問卷調查的文化服務，為避免問卷調查期程影響整體進度，已展開問卷調查工作，故本年度之文化服務效益項目的範圍仍以低海拔森林生態系為範圍，難以涵蓋中、高海拔森林生態系。

建議後續研究，可以針對中、高海拔森林生態系進行文化服務效益的推估，亦可參考農業部林業及自然保育署委託國立東華大學（2024），針對『國有林事業區森林生態價值量化模式建立及環境損害賠償研究報告』中，其對低（700 公尺以下）、中（700-2500 公尺）、高（2500 公尺以上）海拔的範圍設定與樣區選擇，該計畫對低海拔高度 800 公尺的界定雖與本計畫不同，但根據本計畫問卷訪談遊客的觀察發現，一般遊客不會很在意海拔高度，反而比較關心當下的體力還能走多遠，故是否需要細分海拔高度也是未來可以討論的方向。

以上為供給、調節與維持及文化服務價值評估之資料限制與未來研究建議，本計畫針對每項服務的長期理想資料亦羅列了可執行性較高短期資料精進建議，彙整如表 10-10 所示。

表 10-10 臺灣森林生態系供給與調節服務價值評估資料精進建議

服務類別	服務名稱	現有資料（更新頻率）	資料精進建議（短期）	長期理想資料
供給	木材供給服務	臺灣木材年產值（每年）	探討拆分森林主產物年產值可能之方案	臺灣 7 大林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工闊葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林與竹林）木材年產值
	野生動物、植物和其他生物量供給	臺灣森林副產品年產值（每年）	（1）探討拆分森林副產品年產值可能之方案 （2）探討蒐集林下作物年產值資料之方案	臺灣 7 大林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工闊葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林與竹林）森林副產品、林下經濟作物年產值
調節與維持	全球氣候調節服務	臺灣森林碳儲存量（每年）	探討拆分森林總碳儲存量可能之方案	臺灣 7 大林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工闊葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林與竹林）碳儲存量
		臺灣 1992 年至 2024 年土壤研究推估出的森林土壤碳匯資料（取決於相關研究發表頻率）	探討連年更新土壤碳匯資料之方案	臺灣每年森林土壤碳匯資料
		用活著的生物量碳吸存量代表臺灣森林碳吸存量（取決於相關研究發表頻率）	挑選一森林樣區，監測森林樣區內死有機物質、地下 2 公尺內之土壤年碳吸存量是否為零	用活著的生物量碳吸存量、死有機物質的碳吸存量、地下 2 公尺內的土壤碳吸存量代表臺灣森林碳吸存量
	空氣過濾服務	臺灣陽明山闊葉林滯塵能力（取決於相關研究發表頻率）	天然闊葉林、人工闊葉林各挑選一樣區，比較其滯塵能力是否有差異	臺灣不同地區天然闊葉林、人工闊葉林、空氣過濾能力
		臺灣陽明山闊葉林滯塵能力；	天然闊葉林、人工闊葉林各挑選一	臺灣不同地區天然針葉林、人工針葉

服務類別	服務名稱	現有資料（更新頻率）	資料精進建議（短期）	長期理想資料
		中國大陸針葉林滯塵能力與闊葉林滯塵能力之比（取決於相關研究發表頻率）	樣區，蒐集滯塵能力相關資料（蒐集資料時間至少 1 年）	林空氣過濾能力
		臺灣陽明山闊葉林滯塵能力；中國大陸針葉林滯塵能力與闊葉林滯塵能力之比；假設臺灣針闊混合林 50%為針葉林、50%為闊葉林（取決於相關研究發表頻率）	天然針闊混合林、人工針闊混合林各挑選一樣區，蒐集滯塵能力相關資料（蒐集資料時間至少 1 年）	臺灣不同地區天然針闊混合林、人工針闊混合林空氣過濾能力
		臺灣溪頭孟宗竹林滯塵能力（取決於相關研究發表頻率）	任意挑選一竹林試驗區，探討其滯塵能力與溪頭孟宗竹林之差異（蒐集資料時間至少 1 年）	臺灣不同地區竹林空氣過濾能力
	土壤與沉積物保留服務	臺灣平均單位土壤流失控制量（取決於相關研究發表頻率）	（1）蒐集資料，計算不同地區平均土壤流失控制量 （2）繪製臺灣平均單位土壤流失控制量地圖 （3）套疊臺灣平均單位土壤流失控制量地圖與 7 類不同林型分佈圖	臺灣 7 種不同林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工針葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林、竹林）平均單位土壤流失控制量
		安地斯山脈非森林覆蓋區發生山體滑坡的可能性約為森林覆蓋區的 5.81 倍（取決於相關研究發表頻率）	挑選一森林樣區，探討失去不同程度森林覆蓋時，山體滑坡事件發生可能性將如何改變	臺灣若失去不同程度森林覆蓋，山體滑坡事件發生的可能性會如何改變
		臺灣 2004 年山體滑坡災情統計；假設山體滑坡損失金額與事件發生可能性等比增加（取	挑選一森林樣區，探討失去不同森林覆蓋時，山體滑坡事件與損失金額的關係	我國失去不同程度森林覆蓋後，山體滑坡事件與損失金額的關係

服務類別	服務名稱	現有資料（更新頻率）	資料精進建議（短期）	長期理想資料
		決於相關研究發表頻率） 臺灣山體滑坡災情統計（家戶）（取決於相關研究發表頻率）	蒐集、統計過去山體滑坡災害對企業造成的損失（蒐集資料時間至少1年）	臺灣山體滑坡災情統計（家戶+企業）
	水資源淨化服務	臺灣福山試驗林天然闊葉林水資源淨化能力研究（追蹤比較林外雨水與溪流水氮或磷平均年通量）（取決於相關研究發表頻率）	（1）天然闊葉林挑選任一樣區，探討其林外雨水與溪流水氮元素及磷元素的年通量與福山試驗林之差異（蒐集資料時間至少1年） （2）除天然闊葉林外，其他6類林型各挑選一樣區，追蹤比較其林外雨水與溪流水氮元素及磷元素的年通量差異（蒐集資料時間至少1年）	（1）樣區擴大，涵蓋臺灣森林不同土壤類型。 （2）林型種類擴大，涵蓋臺灣7種林型。 （3）建議擴大研究營養成分，目前多為氮元素，建議擴大到磷元素。 （4）因氣候變遷對降雨影響較大，故經費條件許可下，建議定期更新、追蹤試驗區雨水與溪水水化學條件，以利充分掌握森林生態系水資源淨化服務變化趨勢
	水流調節服務	全臺年暴雨總降雨量（每年）	（1）蒐集全臺各氣象站年降雨資料、定義暴雨閾值、挑選出各氣象站屬暴雨之資料 （2）繪製全臺暴雨分佈圖 （3）套疊全臺暴雨分佈圖與各林型分佈圖	全臺7類林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工針葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林、竹林）年暴雨總降雨量
		2017年蓮花池5號集水區（天然闊葉林）基線流量占總降雨量之比例（取決於相關研究發表頻率）	（1）重新調查蓮花池5號集水區基線流量占總降雨量之比例（蒐集資料時間至少1年） （2）除天然闊葉林外，其餘6類林	2024年7類林型集水區（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工針葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林、竹林）基線流量占總

服務類別	服務名稱	現有資料（更新頻率）	資料精進建議（短期）	長期理想資料
			型各挑選一樣區，研究暴雨後其基線流量占總降雨量之比例（蒐集資料時間至少 1 年）	降雨量之比例
		1996 年闊葉林冠層雨水截留量（取決於相關研究發表頻率）	（1）7 類林型各挑選一樣區，統計其林外雨量與林內雨量（蒐集資料時間至少 1 年） （2）7 類林型各挑選一樣區，探討其冠層截留雨水總量，與短暫滯留於冠層，後隨樹幹緩慢流入地面的雨水總量（蒐集資料時間至少 1 年）	2024 年 7 類林型（天然針葉林、人工針葉林、天然闊葉林、人工針葉林、天然針闊混合林、人工針闊混合林、竹林）冠層雨水截留量
	授粉服務	臺灣東方蜜蜂棲地圖層及平均覓食距離（取決於相關研究發表頻率）	（1）蒐集臺灣各類傳粉者棲地資料與平均覓食距離 （2）繪製各類傳粉者棲地地圖	臺灣各類傳粉者棲地圖層及平均覓食距離
		美國農作物產值失去蜜蜂授粉後的平均損失比例（所有農作物皆用統一比例）（損失比例取決於相關研究發表頻率，但農作物產值可每年更新）	（1）蒐集全臺農作物產值資料，召開專家諮詢會議，了解各類農作物最依賴的傳粉者為何 （2）各類農作物挑選一樣區，研究失去最依賴傳粉者時，年產值減少的比例	臺灣農作物產值失去授粉服務後的平均損失比例（按不同農作物及不同傳粉者分類）
		假設全臺每種依賴蜜蜂授粉的作物單位面積產值相同（取決於相關研究發表頻率）	（1）蒐集全臺農作物分佈 （2）蒐集各類農作物年產值，繪製全臺各類農作物年產值分佈圖	繪製全臺每種依賴不同傳粉者的農作物產值地圖
文化服務	遊憩	本計畫現地問卷調查全台 72 處低海拔國有林地之森林旅遊地，推估之遊憩效益	本年度之文化服務效益項目的範圍仍以低海拔森林生態系為範圍，未來可擴大至中、高海拔森林生態系	未來可評估文化服務是否需要細分林型種類，因本計畫問卷訪談時發現遊客不易區分天然林與人工林

資料來源：本計畫整理。

第四節、環境經濟整合帳-生態帳之森林生態系帳表政策建議

i. 建議持續推動我國環境經濟整合帳-生態帳編製的研究計畫。我國編製生態帳未來仍需要投入大量的研究工作；本計畫在回顧各國環境經濟整合帳-生態帳時，發現各國生態帳的建置都立基於經年累月的研究基礎上，反觀我國生態帳建置仍處於起步階段，相關基礎科學的資料相對缺乏且沒有系統係整理，因此建議持續推動環境經濟整合帳-生態帳編製的相關研究計畫，以累積生態帳編製的基礎科學資料。

ii. 建議增加我國各部會理解編製環境經濟整合帳-生態帳的重要性。目前行政院主計總處連年更新環境經濟整合帳，建議未來可增加與主計總處的交流，了解環境經濟整合帳-生態帳在推動上所面臨的問題，供生態帳借鑒。此外，目前各部會對環境經濟整合帳的了解較多，而對環境經濟整合帳-生態帳的了解較缺乏，建議未來可增加各部會對環境經濟整合帳-生態帳的認知，以利了解各部會是否已有相關的基礎資料或正進行相關的研究，以利建構較具系統性的生態帳；根據本計畫推估時資料蒐集過程，整理臺灣森林生態帳評估資料建議負責單位至表10-11。

iii. 建議設定我國環境經濟整合帳-生態帳的空間尺度。SEEA-EA建議各國於編製生態帳表前需先界定空間尺度，空間尺度的設立需考量「資料可取得性」與「分析目的」間的平衡。由於本計畫在執行上僅與生態系服務貨幣帳有關，故僅能從個案分析的角度設立空間尺度。但後續森林生態系規模帳、森林生態系條件帳、森林生態系實物貨幣帳、森林生態系資產貨幣帳、以及森林生態系資產帳的建置皆需仰賴空間尺度的設立，建議政府根據政府現有的資料及未來政策分析的需要，先設定一個我國生態帳的空間尺度，該尺度不僅與研究計畫的計算結果的精度有關，亦會影響到未來資料更新的模式。

表 10-11　臺灣森林生態帳評估資料建議負責單位

負責單位	生態系服務		資料項目
農業部林業及自然保育署	所有森林生態系項目需要（規模帳）		森林資源調查全島森林林型分布圖（圖層資料）
	木材供給服務		1.木材供給量 2.木材單位價格
	野生動物、植物和其他生物量供給服務		1.林下作物產量 2.林下作物產值
	全球氣候調節服務	碳儲存服務	1.活著的生物量碳儲存量-樹木 CO_2 儲存量 2.死有機物質的碳儲存量-全臺森林枯枝落葉層的碳儲存量 3.地下 2 公尺內的土壤碳儲存量-全臺森林 0-1.5 公尺地下土壤的碳儲存量
	授粉服務		以森林為棲地傳粉者可服務的農地面積圖層資料
	文化服務	1.遊憩服務 2.視覺舒適服務 3.教育、科學與研究服務 4.精神、藝術與象徵性服務	1.問卷調查 2.遊客之時間成本價值 3.各森林旅遊地之遊客人數
農業部統計處	授粉服務	授粉服務	1.需要授粉作物的農地面積-全臺旱作與果樹面積（國土利用調查） 2.需要授粉的農作物產值-農產品生產量值統計
農業部農村發展及水土保持署	土壤與沉積物保留服務	土壤流失控制服務	1.土壤流失控制能力-森林每公頃平均表土流失量
			2.減淤效益-河道減淤效益與水庫減淤效益
		山體滑坡減緩服務	1.過去山體滑坡災損評-山體滑坡災害損失總金額
			2.無森林覆蓋山體滑坡發生情況下的變化量-森林覆蓋區發生山體滑坡的可能性與森林覆蓋區之比較
農業部農業試驗所	水流調節服務	基線流量維持服務	各林型在暴雨時期水源涵養量（基線流量）占降雨量之比例

負責單位	生態系服務		資料項目	
		高峰流量減緩服務	1.各林型冠層雨水截留量占總降雨之比例 2.各林型冠層雨水截留量未隨樹幹流至地表之比例 3.各林型蒸發散量占總降雨之比例	
環境部	全球氣候調節服務	碳儲存服務	1.森林地上與地下所有活著生物量的碳存量 2.森林地上與地下所有死亡生物量的碳存量 3.地表以下最多 2 公尺土壤有機碳存量。	
		碳儲存服務/碳吸存服務	1.碳費 2.碳交易價格 3.全球/區域碳社會成本	
		碳吸存服務	1.森林地上與地下所有活著生物量的碳存量變化 2.森林地上與地下所有死亡生物量的碳存量變化 3.地表以下最多 2 公尺土壤有機碳存量變化。	
	空氣過濾服務	空氣過濾服務	空氣過濾能力	1.闊葉林滯塵能力 2.針葉林滯塵能力比闊葉林的倍數之比 3.竹林滯塵能力
			防治成本	空氣污染減量各項措施的成本
經濟部水利署	水資源淨化服務		氨氮儲存能力-各林型林外雨與集水區銨根離子年平均通量之差	
			氨氮徵收費率-事業及污水下水道系統水污染防治費收費辦法氨氮全額徵收費率	
	水流調節服務	高峰流量減緩服務	滯洪池單位體積興建成本	
交通部中央氣象署	水流調節服務	基線流量維持服務	年暴雨降雨量	1.年平均降雨量 2.暴雨量占總降雨量之比例
		高峰流量減緩服務	全年最高單日降雨量-統計大豪雨的測站的最高單日雨量	

負責單位	生態系服務		資料項目
交通部觀光數	文化服務		各森林相關旅遊地之遊客人數
臺灣自來水股份有限公司	水流調節服務	基線流量維持服務	原水價格-北、中、南區原水購入平均價格
中央銀行	全球氣候調節服務	碳儲存服務	利率，目前採用中央政府建設公債最高得標利率（20 年期）
農業部生物多樣性研究所	授粉服務		以森林為棲地傳粉者棲地分布、覓食範圍圖層資料的農地面積
苗栗區農業改良場	授粉服務		失去授粉服務後農作物損失比例或授粉服務為農作物產值帶來的變化量

資料來源：本研究彙整。

參考文獻

一、中文

中華民國中央銀行全球資訊網，2024。113 年甲類第 9 期（20 年期）中央政府建設公債開標結果。2026/2/6 擷取自：https://www.cbc.gov.tw/tw/cp-302-175355-c9de0-1.html。

中華民國統計資訊網，2025a。消費者物價基本分類暨項目群指。2025/11/7 擷取自：https://nstatdb.dgbas.gov.tw/dgbasAll/webMain.aspx?sys=100&funid=dgmaine。

中華民國統計資訊網，2025b。綠色國民所得(環境與經濟帳)。2025/08/11 擷取自：https://www.stat.gov.tw/cp.aspx?n=4660。

中國科學院生態環境研究中心，2020。『陸地生態系生產總值（GEP）核算技術指南』。

內政部全球資訊網，2025。土地使用分類系統表。2025/12/2 擷取自：https://ws.moi.gov.tw/001/Upload/OldFile_NLSC/up_page/file/LUI/LUInote95-104.pdf。

王怡平、邱祈榮，2017。「臺灣森林生態系價值估算初探」。『台灣林業』，43 卷，1 期，3-11。

王秋嫻、劉癸君、林晉陞、鄧書麟，2020。「不同區域和季節對行道樹葉片不溶性滯塵量之影響」。『中華林學季刊』，53(3)，105-120。

王美娟、王兆桓、林鴻忠，2022。「森林生態系服務功能效益評估－以太平山為例」。『台灣林業雙月刊』，48 卷，4 期，45-52。

台灣山林悠遊網，2025。2025/04/28 擷取自：https://recreation.forest.gov.tw/。

台灣自來水公司，2025。台水公司現行水價是否合理?。2025/08/22 資料擷取自：https://www.water.gov.tw/ch/Subject/Detail/3765?nodeId=4889。

生態環境部環境規劃院，2020。陸地生態系統生產總值（GEP）核算技術指南。2025/5/26 擷取自：http://www.caep.org.cn/zclm/sthjyjjhszx/zxdt_21932/202010/W020201029488841168291.pdf。

交通部中央氣象署，2024。113 年氣候年報。2025/12/01 擷取自：https://www.cwa.gov.tw/Data/service/notice/download/Publish_20250722161044.pdf。

交通部中央氣象署，2025。每日雨量。2026/1/19 擷取自：https://www.cwa.gov.tw/V8/C/D/DailyPrecipitation.html。

交通部中央氣象署，2026。豪(大)雨特報。2026/01/19 擷取自：https://www.cwa.gov.tw/V8/C/。

交通部公路局，2025。統計查詢網。2025/01/21。擷取自：https://stat.thb.gov.tw/hb01/webMain.aspx?funid=11200&sys=100

交通部全球資訊網，2025。113 年機車及自用小客車使用狀況調查報告。2025/01/21。擷取自：https://www.motc.gov.tw/ch/app/statistics101.jsp?lang=ch&folderName=ch&id=56&parentpath=0%2C6

交通部高速公路局，2025。2025/01/21。擷取自：https://www.freeway.gov.tw/Rate.aspx

交通部觀光署觀光統計資料庫，2025。2025/04/28 擷取自：https://stat.taiwan.net.tw/scenicSpot。

竹下敬司，1993。「樹木根系之崩壞防止機能」。『臺灣林業』，19 卷，2 期，33-38。

行政院主計總處，2023。綠色國民所得帳編製報告（環境與經濟帳）。2025/7/28 擷取自：https://ws.dgbas.gov.tw/001/Upload/463/relfile/11387/230404/all.pdf。

行政院經濟部水利署，2015。102 年水資源概況，水利統計，統計資料指標。2016/10/11 擷取自：http://shihmen.wra.gov.tw/ct.asp?xItem=22922&ctNode=5402&comefrom=lp。

严娟娟、黄秀娟，2016。「基于 TCM 方法的旅行成本测算与游憩价值评估研究以福州国家森林公园为例」。『北京林业大学学报』（社会科学版），15（4），62-67。

何政坤、張淑華、馬復京、許原瑞、陳永修、陳裕文，2018。「森林副產物的友善栽培與永續經營」。『林業研究專訊』，25 卷，4 期，43-47。

余家斌、謝莉蘋、陳奐存，2017。「陽明山國家公園二子坪生態保育費願付價格研究」。『觀光與休閒管理期刊』，5 卷，2 期，13-32。

吳正雄，1993。「樹根力與坡面穩定關係之研究」。『中華水土保持學報』，24 卷，2 期，23-27。

吳俊賢、陳溢宏、鄭美如、黃正良、李國忠，2004。森林涵養水源貨幣價值之研究。2025/11/17 擷取自：https://ws.tfri.gov.tw/001/Upload/OldFile/files/森林涵養水源貨幣價值之研究.pdf。

吳俊賢、劉瓊霰、陳溢宏、陳麗琴、林俊成、鄭美如、許秋雁，2006。「六龜試驗林森林生態系經營經濟效益評估之研究」。『台灣林業科學』，21 卷，2 期，191-203。

吳炤緯、涂富鈞、曾俊偉，2025。「淺談臺灣杉人工林疏伐對水土資源之影響」。『林業研究專訊』，32 卷，3 期，40-47。

呂明倫、黃靜宜、陳志輝、宋一鑫，2019。「應用物種分布模式推估台灣東方蜜蜂之授粉服務」。『台灣林業科學』，34(1)，29-41。

巫向評、柳婉郁，2017。「我國森林資源滯塵價值之研究」。『林業研究季刊』，39 卷，3 期，218-227。

巫建成、林佑儒、柳婉郁，2020。「林下作物之成本效益評估」。『林業研究季刊』，42 卷，2 期，105-118。

李三畏，1982。集水區森林經營與水資源保育。2025/12/01 擷取自：https://swcdis.nchu.edu.tw/AllDataPos/JournalPos/%E7%B7%A8%E8%99%9F33/%E7%AC%AC1%E6%9C%9F/13_01_04.pdf。

李秋憙，2006。「土石流之家戶損失評估」。碩士論文。臺北大學自然資源與環境管理研究所。

林俊成，2018。『臺灣森林生態系服務價值評估』計畫成果報告書。行政院農業委員會林務局 107 年度委託辦理計畫 - tfbc-1070206。

林俐玲與胡自健，1996。「修正版通用土壤流失公式（RUSLE）」。『水土保持學報』，28(2)，83-99。

林奐宇、陳建帆、黃婉如，2022。「台灣森林植群調查與成果的應用」。『林業研究專訊』，29 卷，2 期，6-13。

林彥妤、柳婉郁，2020。「森林遊樂區美景經濟價值評估研究－以惠蓀森林遊樂區為例」。『應用經濟論叢』，108 期，207-246。

林昭遠、曾俊偉、吳炤緯、周品樺，2020。「淺談試驗林疏伐區位優選模式」。『林業研究專訊』，27 卷，6 期，85-91。

林淵霖、林國銓，2015。森林集水區伐木作業與河川流量。2025/12/01 擷取自：https://kmweb.moa.gov.tw/redirect_files.php?theme=knowledgebase&id=599661。

林淵霖、林國銓、杜清澤，2012。「森林集水區雨泥沙」。『林業研究專訊』，26 卷，4 期，68-71。

林登秋、夏禹九、金恆鑣，1996。臺灣東北部天然闊葉林林內降雨及林冠截留之研究。2025/12/01 擷取自：https://www.tfri.gov.tw/News_Content2.aspx?n=7498&s=10107。

林業試驗所育林組、成允聖、陳財輝，2018。「都市林木對空氣污染物的淨化」。『林業研究專訊』，25 卷，5 期，38-40。

林蕙萱、錢玉蘭、林幸助，2025。臺灣西部海岸國家重要濕地濕地洪氾減緩效益。2025 台灣環境與資源經濟學會年會暨學術研討會，新竹：清華大學。

油價資訊管理與分析系統，2025。2025/01/21。擷取自：

https://www2.moeaea.gov.tw/oil111/Gasoline/NationwideAvg
邱立文、黃群修、吳俊奇、謝小恬，2015。「第 4 次全國森林資源調查成果概要」。『臺灣林業』，41 卷，4 期，3-13。
邱祈榮、林俊成，2017。「森林生態系服務面面觀」。『科學發展』，529 期，30-35。
邱清安、林鴻志、廖敏君、曾彥學、歐辰雄、呂金誠、曾喜育，2008。「臺灣潛在植群形相分類方案」。『林業研究季刊』，30 卷，4 期，89-112。
金恆鑣、劉瓊霰、夏禹九、黃正良，2003。「福山天然闊葉林生態系對降水水化學的交互作用」。『台灣林業科學』，8(4)，363-73。
洪致文，2009。從百年氣象資料看台灣降雨的氣候特徵。2026/1/19 擷取自：https://ws.th.gov.tw/002/TH/tjpdf20241015/var/www/html/new_site/05publish/03publishquery/02journal/tj/401060402.pdf。
苗栗區農業改良場，2025。廉價外勞的新市場—蜜蜂授粉。2025/12/8 擷取自：https://www.mdares.gov.tw/ws.php?id=796&print=Y。
國立中興大學，2018。『臺灣國有林地礦區生態損害補償（含社會經濟價值評估）費用案』。行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 106-00-1-08。
國立東華大學，2024。『國有林事業區森林生態價值量化模式建立及環境損害賠償研究結案報告』。農業部林業及自然保育署委託研究計畫系列 tfbk-1110112。
國立臺灣大學生物多樣性研究中心，2006。『台灣的自然資源與生態資料庫 III 農林漁牧』。台北市：行政院農業委員會。
國家教育研究院樂詞網，2021。入滲容量。202504/16 擷取自：https://terms.naer.edu.tw/detail/55884e2e091b4929e00eca856e1eac87/。
張世杰，2022。種樹造林，可以為台灣增加多少森林碳匯？2025/05/13 擷取自：https://www.cet-taiwan.org/node/4187。
張長義與蔡博文，1998。土地利用與環境災害關係之探討。2025/11/6 擷取自：https://scholars.lib.ntu.edu.tw/bitstreams/83942dcb-af3b-4876-840a-0be4bac80c6a/download。
張俊斌、黃俊仁、林信輝，1999。「泥岩刺竹林地不同林相處理之土壤沖蝕與植生入侵研究」。『水土保持學報』，31 卷，4 期，199-213。
許博行、張華洲，2011。『100 年度平地造林不同樹種對淨化空氣汙染物之研究（2/2）』。農業部林業及自然保育署。100-00-5-08。國立中興大學農資學院實驗林管理處。
郭彥廉、龐雅文、張詠晴，2023。「旅遊特徵與旅行成本法-以黑面琵鷺生態展示館與台江國家公園黑面琵鷺賞鳥亭為例」，『綠色經濟期刊』。

9，A1-A13。
郭鴻裕、劉滄棪、朱戩良，2005。「淺談土壤物理性質問題及管理」。『豐年半月刊』，55 卷，21 期，36-39。
郭礎嘉、朱恩良、傅元陽、葉美青，2019。「林下經濟 青出於藍」。『臺灣林業』，45 卷，3 期，51-56。
陳千佩、劉瓊霰，2014。「平地造林對空氣污染物的淨化功能－以屏東林後四林園區為例」。『林業研究專訊』，21(6)，6-10。
陳永春，1995。「台東地區保健作物系列介紹－五葉參之栽培管理與利用」。『臺東區農業專訊』，14 期，18-19。
陳至瑩、張弘毅、管立豪，鄭蕙燕，2012。「自然保護區域之經濟效益分析」。『農政與農情』，240 期，77-80。
陳宛君、林鴻忠、余婷茉，2010。「社區居民及遊客對森林步道之評價－以宜蘭縣新寮瀑布、林美石磐及松羅步道為例」。『中華林學季刊』，43 卷，1 期，55-71。
陳芬蕙、陳裕文、何政坤、許原瑞，2023a。「森林蜂產品的生產：林下養蜂－林下經濟品項作業管理及其效益評估」。『豐年雜誌』，73 卷，7 期，88-92。
陳芬蕙、何政坤，2023b。「臺灣唯一可做為飲用的原生山茶：臺灣山茶－林下經濟作物栽培管理及其效益評估」。『豐年雜誌』，73 卷，4 期，86-91。
陳芬蕙，2023c。「有牛奶味的無花果：天仙果－林下經濟作物栽培管理及其效益評估」。『豐年雜誌』，73 卷，3 期，86-91。
陳尉平、李振誥、陳進發，2000。「由河川流量資料與流量歷線推估中部地區地下水補注量」。『鑛冶：中國鑛冶工程學會會刊』，44(3)，97-110。
陳清勁，1975。論森林調節水量之效能。2025/12/01 擷取自：https://swcdis.nchu.edu.tw/AllDataPos/JournalPos/編號 4/第 1 期/VOL1-1-3.pdf。
陳朝圳、吳守從、江彥鋒，2006。「應用 MODIS 衛星影像推估台灣地區之蒸發散量」。『台灣林業科學』，21 卷，2 期：249-61。
陸象豫，1996。「森林在水土資源保育上之功能」。『台灣林業科學』，11 卷，3 期，333-337。
陸象豫，2011。「坡地土壤流失量估算簡介與植生覆蓋之效益」。『林業研究專訊』，18 卷，4 期，63-66。
陸象豫，2017。以基流量推估森林集水區之水資源涵養功能。2025/12/01 擷取自：https://www.tfri.gov.tw/News_Content2.aspx?n=7498&s=11284。
陸象豫，2021。「植生覆蓋對邊坡穩定的作用」。『林業研究專訊』，28

卷，6 期，60-63。
陸象豫、孫銘源，2020。森林集水區水資源涵養量推估。2025/11/17 擷取自：https://ws.tfri.gov.tw/001/Upload/OldFile/files/專訊_156-3-3.pdf。
曾芝慧、李明聰，2008。「遊客對解說服務願付價格之研究－以福山植物園爲例」。『商業現代化學刊』，4 卷，4 期，29-49。
曾俊偉，2016。「淺談土壤孔隙與水資源涵養之關係」。『林業研究專訊』，23 卷，6 期，84-87。
黃正良、陳明杰、曹崇銘、廖學誠、黃志堅、傅昭憲，2012。「蓮華池試驗集水區杉木人工林及天然闊葉林水化學之比較研究」。『中華林學季刊』，45(1)，67-80。
黃群智、陳昱蓉、陳尊賢、郭鴻裕、黃裕星、夏天恩、謝宇雯、張必輝、羅偉恩、簡靖芳、謝宏鑫、陳怡妏、劉芳萍，2024。森林土壤碳匯基線研究。農業部林業及自然保育署計畫。臺灣水資源與農業研究院。
黃裕銘，2009。「有機質肥料的特性與應用」。『興大農業』，69 期，27-32。
楊啟見、林俊全、鄭遠昌，2016。「泥岩邊坡紋溝發育過程與機制」。『地理學報』，81 期，27-42。
經濟部水利署，2024。水庫安全評估、安全管理及更新維護改善執行成果。2025/08/22 擷取自：https://www.wra.gov.tw/News_Content.aspx?n=2945&s=7397。
經濟部水利署，2024。水庫清淤執行成果。2025/08/22 擷取自：https://www.wra.gov.tw/News_Content.aspx?n=2945&s=7398。
農業統計資料查詢，2025。農產品生產量值統計。2025/12/2 擷取自：https://agrstat.moa.gov.tw/sdweb/public/inquiry/InquireAdvance.aspx。
農業部，2016a。『林業統計年報』。台北市：行政院農業委員會。
農業部，2016b。第四次森林資源調查成果。2025/05/01 擷取自：http://www.forest.gov.tw/0000052。
農業部，2024。農業知識入口網－農漁生產地圖。2025/08/22 擷取自：https://kmweb.moa.gov.tw/theme_list.php?theme=production_map。
農業部，2025。林下經濟經營使用審查作業要點。2025/05/05 擷取自：https://law.moa.gov.tw/LawContent.aspx?id=GL001028。
農業部林業及自然保育署，2024。第四次全國森林資源調查報告。2025/4/14/擷取自：https://www.forest.gov.tw/0002393。
農業部林業及自然保育署，2025a。114 年林業保育統計年報。2025/08/22 擷取自：https://www.forest.gov.tw/0004880。
農業部林業及自然保育署，2025b。第三節森林資源之經營。2025/11/12/

擷取自：https://www.forest.gov.tw/0001262。

農業部林業試驗所，2019。林下經濟種什麼？林試所報給你知！2025/05/05 擷取自：https://www.tfri.gov.tw/News_Content.aspx?n=7495&s=2599。

農業部農村發展及水土保持署，2023。『農村發展及水土保持相關法規彙編』。南投市：農業部農村發展及水土保持署。

農業資料開放平臺，2025。第四次森林資源調查全島森林林型分布圖。2025/11/1 擷取自：https://data.moa.gov.tw/open_detail.aspx?id=E31。

運動部全民運動署，2025。中華民國 114 年運動現況調查結案報告書。執行單位：世新大學。

綠色和平，2022。什麼是泥炭地？發生火災比森林大火更危險！俄羅斯發布泥炭地消防指南。2025/05/12 擷取自：https://www.greenpeace.org/taiwan/update/32342/什麼是泥炭地？發生火災比森林大火更危險！俄羅/。

臺灣自來水股份有限公司，2025。台灣自來水事業統計年報 113 年。2026/1/19 擷取自：https://www.water.gov.tw/ch/AnnualReport/Detail/104551?nodeId=4571。

劉瓊霰，2001。水化學在森林集水區養分循環的角色。2025/11/17 擷取自：https://ws.tfri.gov.tw/001/Upload/OldFile/files/林業研究專訊 8_4_專題_4.pdf。

蔡秉諭、李錦浚、鄭皆達，2008。「集水區內道路闢建對坡地崩壞與溪流環境影響之探討」。『水土保持學報』，40(1)，119-135。

鄭皆達、陳桂如、邱敏農，2002。「臺灣中部森林集水區地下水補注及流出量推估之研究」。『水土保持學報』，34(1)，53-70。

鄭景鵬、曹崇銘、衛強，2019。「溪頭地區孟宗竹林葉面滯塵量之研究」。『國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告』，33 卷，2 期，133-143。

賴明洲，2001。「台灣植被分佈論（下）」。『台灣林業雙月刊』，27 卷，4 期，20-31。

錢玉蘭、林幸助、吳珮瑛、柏雲昌、林蕙萱、郭晴茜、劉凱傑、楊芷瑄、蔣芃琳、陳楷媞，2025。我國低海拔陸域生態系服務價值評估架構研析計畫。農業部林業及自然保育署補助研究計畫。FNCAH-1120111。臺北大學自然資源與環境管理研究所。

錢玉蘭、林幸助、蕭代基、吳珮瑛、林蕙萱、郭騰隆、陳映璇，2019。「105 至 106 年度國家重要濕地社會經濟價值評估計畫（106 至 107 年擴充案）」。營建署城鄉發展分署補助研究計畫。UR-10511。臺北大學自然資源與環境管理研究所。

環境部，2019。空氣污染防制法施行細則。2025/05/26 擷取自：https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=O0020002。

環境部，2023。固定污染源空氣污染防制費收費費率。2025/08/22 擷取自：https://oaout.moenv.gov.tw/Law/LawContent.aspx?id=gL007883。

環境部，2025a。『2025 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告』。台北市：環境部氣候變遷署。

環境部，2025b。帳表架構及權責編製機關。2025/08/11 擷取自：https://www.moenv.gov.tw/information-service/environmental-statistics/b111b0a/3c4379/3515.html。

謝敬華、柳婉郁，2018。「台灣國有森林資源水源涵養經濟效益之評估」。『應用經濟論叢』，104 期，193-239。

顏如玉，2014。「公共建設成本效益分析之社會折現率探討」。『財稅研究』，44 卷，1 期，149-162。

羅傳秀、潘安定、夏麗華，2005。「鼎湖山森林與旅遊生態服務功能的初步評估」。『西北林學院學報』，20 卷，4 期，161-164。

龔冠寧、鄧書麟、陳永修、張坤城、張淇鋒，2021。「六龜試驗林臺灣山茶採收效益與評估」。『林業研究專訊』，28 卷，1 期，32-37。

二、外文

Adamowicz, W., Boxall, P., Williams, M., & Louviere, J., 1998. “Stated preference approaches for measuring passive use values: choice experiments and contingent valuation,” *American Journal of Agricultural Economics*. 80(1):64-75.

Ajzen, I., 1985. “From Intention to Actions: A Theory of Planned Behavior,” in *Action-Control: From Cognition to Behavior*, pp.11-39. Edited by J. Kuhl and J. Beckmann. Heidelberg: Springer-Verlag.

Ajzen, I., 1991. “The Theory of Planned Behavior,” *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 50:179-211.

Alam, M. T., Chowdhury, A., Hossain, M. S., 2017. “Estimating recreational value of the Foy's Lake: an application of travel cost count data model for truncated zeros,” *Journal of Economics Bibliography*. 4 (1), 70-76.

Alessandro, P., De Meo, I., Grilli, G., & Notaro, S., 2023. “Valuing nature-based recreation in forest areas in Italy: An application of Travel Cost Method (TCM),” *Journal of Leisure Research*. 54(1):26-45.

Arrow, K., R. Solow, P. R. Portney, E. E. Leamer, R. Radner, and H. Schuman, 1993, “*Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation*”, Federal Register, 58: 4601-4614

Aymeric, R., Myint, M., & Westerberg, V., 2014. “An economic valuation of sustainable land management through agroforestry in eastern Sudan.” Report to the International Union for Conservation of Nature, Nairobi.

Bijker, R. A., & Sijtsma, F. J., 2017. “A portfolio of natural places: Using a participatory GIS tool to compare the appreciation and use of green spaces inside and outside urban areas by urban residents,” *Landscape and Urban Planning*. 158:155-165.

Blackwell, B., 2007. “The value of a recreational beach visit: An application to Mooloolaba beach and comparisons with other outdoor recreation sites,” *Economic Analysis and Policy*. 37(1), 77-98.

Brander, L. M., de Groot, R., Schägner, J. P., Guisado-Goñi, V., van ’t Hoff, V., Solomonides, S., McVittie, A., Eppink, F., Sposito, M., Do, L., Ghermandi, A., Sinclair, M., & Thomas, R., 2024. “Economic values for ecosystem services: A global synthesis and way forward,” *Ecosystem Services*. 66:101606.

Brander, L. M., Tankha, S., Sovann, C., Sanadiradze, G., Zazanashvili, N., Kharazishvili, D., ... & Arobelidze, N. 2018. “Mapping the economic value of landslide regulation by forests.” Ecosystem Services. 32, 101-109.

Brander, L., Tai, B., & Yeo, B. H., 2018. *Natural Capital Valuation Using*

Primary Data Research Methods in Baleh, Sarawak Heart of Borneo Project. WWF-Malaysia Project Report.

Britannica, T. Editors of Encyclopaedia, 2024. “Ecosystem.” *Encyclopedia Britannica*. https://www.britannica.com/science/ecosystem（Retrieved on April 16, 2025）

Burkhard, B., Guerra, C. A., & Davíðsdóttir, B., 2019. *Discussion Paper 3: Soil Retention (Regulating) Ecosystem Services.* https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/discussion_paper_3_-_soil_retention_final.pdf（Retrieved on July 15, 2025）

Cerilli, S., La Notte, A., Pisani, D., Vallecillo, S., & Tubiello, F. N., 2020. “A sustainability scoreboard for crop provision in Europe,” *Ecosystem Services*. 46:101194.

Cesario, F., 1976. “Value of Time in Recreation Benefit Studies,” *Land Economics.* 52(1):32-41.

Cochran, W. G., 1963. *Sampling Techniques, 2nd Ed*., New York: John Wiley and Sons.

Chen, L., Wei, W., Tong, B., Liu, Y., Liu, Z., Chen, S., Chen, D., 2024. “Long-term terrace change and ecosystem service response in an inland mountain province of China,” *Catena*. 234:107586.

Czajkowski, M., Bartczak, A., Giergiczny, M., Navrud, S., & Żylicz, T., 2014. “Providing preference-based support for forest ecosystem service management,” *Forest Policy and Economics*. 39:1-12.

De Vries, S., Buijs, A. E., Langers, F., Farjon, H., van Hinsberg, A., & Sijtsma, F. J., 2013. “Measuring the attractiveness of Dutch landscapes: Identifying national hotspots of highly valued places using Google Maps,” *Applied Geography*. 45:220-229.

Dhakal, B., Yao, R. T., Turner, J. A., & Barnard, T., 2012. “Recreational users' willingness to pay and preferences for changes in planted forest features,” *Forest Policy and Economics*. 17:34-44.

Ecosystem Services Logic Chains, 2021. https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/documents/EA/seea_ea_online_supplement_ecosystem_services_logic_chains.xlsx（Retrieved on May 2, 2025）

EPA. 2023. EPA Report on the Social Cost of Greenhouse Gases.https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-12/epa_scghg_2023_report_final.pdf.（Retrieved on February 6, 2026）

European Environment Agency. 1999. Environmental indicators: Typology and overview. https://www.eea.europa.eu/publications/TEC25.（Retrieved on

July 21, 2025）
Feketéné Ferenczi, A., Szűcs, I., & Bauerné Gáthy, A., 2023. “Evaluation of the pollination ecosystem service of the honey bee (Apis mellifera) based on a beekeeping model in Hungary,” *Sustainability*. 15(13):9906.
Filyushkina, A., Agimass, F., Lundhede, T., Strange, N., & Jacobsen, J. B., 2017. “Preferences for variation in forest characteristics: Does diversity between stands matter?” *Ecological Economics*. 140:22-29.
Forestry Commission, 2016. *Forest Yield: A Handbook on Forest Growth and Yield Tables for British Forestry.* https://www.forestresearch.gov.uk/publications/forest-yield-a-handbook-on-forest-growth-and-yield-tables-for-british-forestry/（Retrieved on July 15, 2025）
Grima N., Edwards D., Edwards F., Petley D., and Fisher B. 2020. “Landslides in the Andes: Forests can provide cost-effective landslide regulation services.” Science of the Total Environment. 745, 141128.
Haines-Young, R., 2023. *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.2 and Guidance on the Application of the Revised Structure*.https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2023/08/CICES_V5.2_29082023.xls（Retrieved on July 2, 2024）
Heatco, 2006. *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment.* https://trimis.ec.europa.eu/project/developing-harmonised-european-approaches-transport-costing-and-project-assessment（Retrieved on September 1, 2025）
Hou YZ. 1995. Research of forest resource evaluation in China. Beijing, China: China Forestry Publisher.
International Carbon Action Partnership（ICAP）, 2025. *EU Emissions Trading System (EU ETS)*. https://icapcarbonaction.com/en/ets/eu-emissions-trading-system-eu-ets（Retrieved on February 27, 2025）
International Monetary Fund (IMF), 2025. *Implied PPP Conversion Rate.* https://www.imf.org/external/datamapper/PPPEX@WEO/TWN?zoom=TWN&highlight=TWN（Retrieved on February 27, 2025）
Israel, G.D., 1992. Sampling the Evidence of Extension Program Impact. Program Evaluation and Organizational Development, IFAS, University of Florida. PEOD-5.
Jetter, K., & Paine, T. D., 2004. “Consumer preferences and willingness to pay for biological control in the urban landscape,” *Biological Control*. 30(2):312-322.

Juha, S., 2018. *Ecosystem Service Accounting for Development: Valuing Pollination Services.* https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/Presentations/Valuation_Meeting_Bonn/p7_juha_siikamaki_bfn1.pdf（Retrieved on July 2, 2025）

Kennedy, C. M., Lonsdorf, E., Neel, M. C., Williams, N. M., Ricketts, T. H., Winfree, R., ... & Kremen, C., 2013. "A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems," *Ecology Letters*. 16(5):584-599.

King HB, Hsia YJ, Liu CP, Lin TC, Wang LJ, Hwong JL. 1994. Chemistry of precipitation, throughfall, stem flow and streamwater of six forest sites in Taiwan. https://iesn.tfri.gov.tw/News_Content_Table.aspx?n=7801&s=20582&_CSN=2930.（Retrieved on November 18, 2025）

Kiran, G. S., & Malhi, R. K. M., 2011. "Economic valuation of forest soils," *Current Science*. 100(3):396-399.

Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T., 2007. "Importance of pollinators in changing landscapes for world crops," *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 274(1608):303-313.

Kreye, M. M., Adams, D. C., & Escobedo, F. J., 2014. "The value of forest conservation for water quality protection," *Forests*. 5(5):862-884.

Krieger, Douglas J., 2001. "Economic value of forest ecosystem services: A Review." Report to The Wilderness Society, Washington DC.

La Notte, A., Grizzetti, B., Ferrini, S., & Vallesi, S., 2019. *Discussion Paper 5: Accounting for the Water Purification Ecosystem Service.* https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/discussion_paper_5_-_water_purification_final.pdf（Retrieved on July 14, 2025）

Lal, P., Masozera, M., Kayitare, A., Banerjee, O., Cicowiez, M., Wolde, B., Ranjan, A., Alavalapati, J., Lyttek, E., Nguyen, H. T. G., Birur, D., Wieczerak, T., Smith, M., Luong, T., & Oluoch, S., 2020. *Achieving Green Growth through Terrestrial Natural Capital Restoration in Rwanda.*

Lehtonen, E., Kuuluvainen, J., Pouta, E., Rekola, M., & Li, C. Z., 2003. "Non-market benefits of forest conservation in southern Finland," *Environmental Science & Policy*. 6(3):195-204.

Lele, S., 2009. "Watershed services of tropical forests: from hydrology to economic valuation to integrated analysis," *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 1(2):148-155.

Limaei, S. M., Ghesmati, H., Rashidi, R., & Yamini, N., 2014. "Economic

evaluation of natural forest park using the travel cost method (case study: Masouleh forest park, north of Iran)," *Journal of Forest Science*. 60(9):254-261.

Lin, J. C., Chiou, C. R., Chan, W. H., & Wu, M. S., 2021. "Valuation of forest ecosystem services in Taiwan," *Forests*. 12(12):1694.

Mayor, K., Scott, S., & Tol, R. S., 2007. *Comparing the Travel Cost Method and the Contingent Valuation Method: An Application of Convergent Validity Theory to the Recreational Value of Irish Forests*. Economic and Social Research Institute, Ireland.

Meunier, D., & Quinet, E., 2015. "Value of time estimations in cost benefit analysis: the French experience," *Transportation Research Procedia*. 8:62-71.

Meyerhoff, J., Liebe, U., & Hartje, V., 2009. "Benefits of biodiversity enhancement of nature-oriented silviculture: Evidence from two choice experiments in Germany," *Journal of Forest Economics*. 15(1-2):37-58.

Mohd Rusli, Y., Mohd Parid, M., Mukrimah, A., Nitanan Koshy, M., & Faizah, S., 2023. "Public Preferences for a Payment for Ecosystem Services Scheme to Conserve Forest: A Choice Experiment Approach," *International Research Journal of Economics and Management Studies (IRJEMS)*. 2(4):598-606.

Morgan, R. P. C., & Nearing, M. (Eds.), 2016. *Handbook of Erosion Modelling*. John Wiley & Sons.

NBS China, 2021. *Ecosystem Accounts for China.* https://seea.un.org/file/19578/download?token=xlJ-9sD4（Retrieved on January 1, 2025）

NCAVES & MAIA, 2022. *Monetary Valuation of Ecosystem Services and Ecosystem Assets for Ecosystem Accounting: Interim Version 1st Edition.* https://seea.un.org/file/21684/download?token=PQomzG6W（Retrieved on January 1, 2025）

Nearing, M. A., & Hairsine, P. B., 2011. "The Future of Soil Erosion Modelling," in *Handbook of Erosion Modelling*. John Wiley & Sons. pp.389.

Oras, K., Aun, K., Luukas, G., & Ehrlich, Ü., 2022. *Recreation Ecosystem Service: Calculation of the Contributions from Different Ecosystems.* https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/oras.pdf（Retrieved on August 27, 2025）

Oras, K., Ehrlich, Ü., Aun, K., Ronk, A., Luukas, G., Lotman, K., Vaher, K., & Kosk, A., 2019. *Valuation of the Ecosystems Nature Education Service,*

Estonia's Case Study. https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/lg_article_nature_education_as_ecosystem_service_estonia_03_oct.pdf（Retrieved on September 4, 2025）

Pirikiya, M., Amirnejad, H., Oladi, J., Solout, K. A., 2016. "Determining the recreational value of forest park by travel cost method and defining its effective factors," Journal of Forest Science. 62(9), 299-406.

Procton, A., Calderón, C., & Song, J., 2025. "State of the Voluntary Carbon Market: Meeting the Moment: Renewing Trust in Carbon Finance." Report to the Ecosystem Marketplace, Washington DC.

Sidibé, Y., Myint, M., & Westerberg, V., 2014. "An economic valuation of agroforestry and land restoration in the Kelka Forest, Mali." Report to the Economics of Land Degradation Initiative, IUCN, Nairobi.

Sohrabi Saraj, B., Yachkaschi, A., Oladi, D., & Fard Teimouri, S., Latifi, H., 2009. "The recreational valuation of a natural forest park using travel cost method in Iran," *iForest – Biogeosciences and Forestry*. 2(3):85-92.

Solikin, A., Rahman, R. A., Saefrudin, E., Suboh, N., Zahari, N. H., & Wahyudi, E., 2019. "Forest valuation using travel cost method (TCM): Cases of Pahang National Park and Srengseng Jakarta urban forest," *Planning Malaysia*. 17:365-376.

Southern Forests for the Future, 2025. *The Role of Forests in Water Flow Regulation.* https://www.seesouthernforests.org/case-studies/role-forests-water-flow-regulation/（Retrieved on June 27, 2025）

SBGZAR（Statistical Bureau of Guangxi Zhuang Autonomous Region）, 2019. *Guidelines for the Pilot of Natural Capital Accounting and Valuation of Ecosystem Services Project (Draft).* https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/documents/draft_guidelines_for_the_pilot_of_natural_capital_accounting_and_valuation_of_ecosystem_services_project.pdf（Retrieved on June 9, 2025）

Statistics Netherlands and WUR, 2022. *Natural Capital Accounting in the Netherlands – Technical Report.* https://www.cbs.nl/-/media/_pdf/2022/20/nca-nl-technical-report-2022.pdf（Retrieved on July 9, 2025）

Statistics Netherlands, 2021. *Eigendom woningvoorraad.* https://www.cbs.nl/nl-nl/onzediensten/methoden/onderzoeksomschrijvingen/korte-onderzoeksbeschrijvingen/eigendomwoningvoorraad（Retrieved on September 8, 2025）

The U.S. Department of Agriculture (USDA), 2025. *Watershed Services: The*

Important Link between Forests and Water. https://www.fs.usda.gov/ecosystemservices/pdf/Watershed_Services.pdf（Retrieved on April 16, 2025）

Tilahun, M., Damnyag, L., & Anglaaere, L. C., 2016. "The Ankasa Forest Conservation Area of Ghana: Ecosystem service values and on-site REDD+ opportunity cost," *Forest Policy and Economics*. 73:168-176.

Tisdell, C., & Wilson, C., 2001. "Wildlife-based Tourism and Increased Support for Nature Conservation Financially and otherwise: Evidence from Sea Turtle Ecotourism at Mon Repos," *Tourism Economics*. 7:233-249.

United Nations et al. . 2014. System of Environmental-Economic Accounting 2012 Central Framework.https://seea.un.org/content/seea-central-framework.（Retrieved on July 1, 2024）

United Nations et al., 2021. *System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting (SEEA EA).* https://seea.un.org/ecosystem-accounting（Retrieved on January 1, 2025）

United Nations Statistics Division, 2021. *The Treatment of Global Climate Regulation Service in SEEA EA and Its Potential for Informing Climate Policy.* https://www.imf.org/-/media/Files/Conferences/2021/9th-stats-forum/13final-paperbram-edens.ashx（Retrieved on May 19, 2025）

United Nations. 1993. Integrated Environmental and Economic Accounting.https://seea.un.org/content/handbook-national-accounting-integrated-environmental-and-economic-accounting. （Retrieved on August 14, 2024）

United Nations. 2003. Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting 2003.https://seea.un.org/content/handbook-national-accounting-integrated-environmental-and-economic-accounting-2003（Retrieved on February 6, 2026）

Upton, V., Dhubháin, Á. N., & Bullock, C., 2012. "Preferences and values for afforestation: The effects of location and respondent understanding on forest attributes in a labelled choice experiment," *Forest Policy and Economics*. 23:17-27.

Willis, K. G., & Garrod, G. D., 1991. "An individual travel-cost method of evaluating forest recreation," *Journal of Agricultural Economics*. 42(1):33-42.

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

<table>
<tr><th>序號</th><th>生態服務功能</th><th>作者（年代）</th><th>研究地點</th><th>評估方法</th><th>取樣來源</th><th>研究成果</th></tr>
<tr><td>1</td><td>1. 遺傳物質服務
2. 水資源供給
3. 全球氣候調節服務
4. 區域（微觀與中觀）氣候調節服務（微氣候調節）
5. 空氣過濾服務
6. 土壤品質調節服務
7. 土壤流失控制服務
8. 營養素的保留與分解
9. 授粉服務
10. 疾病控制服務
11. 育雛、育種、攝食與棲息地維持服務
12. 遊憩相關服務
13. 教育、科學與研究服務</td><td>Brander et al.（2024）</td><td>全球</td><td>單位效益移轉</td><td>生態系統服務估值資料庫（ESVD）</td><td>整合生態系統服務估值資料庫（ESVD）的實證資料，彙整全球所有生態系服務價值估算的相關文獻，推估全球生態系服務價值評估結果，並將貨幣單位統一轉換為 2020 年價格水平下的國際元（Int.$2020）計價，再將各類別服務的數據匯總得出服務價值的平均估計值，如下表：
<table>
<tr><th colspan="2">森林生態系服務項目</th><th>Int.$2020/公頃-年</th><th colspan="2">森林生態系服務項目</th><th>Int.$2020/公頃-年</th></tr>
<tr><td rowspan="5">供給</td><td>糧食</td><td>76</td><td rowspan="4">支持</td><td>授粉</td><td>260</td></tr>
<tr><td>水</td><td>99</td><td>生物控制</td><td>14</td></tr>
<tr><td>原料材料</td><td>433</td><td>生命週期維持</td><td>19</td></tr>
<tr><td>基因資源</td><td>508</td><td>基因多樣性維護</td><td>6.8</td></tr>
<tr><td>藥用資源</td><td>7</td><td rowspan="5">文化</td><td>美感訊息</td><td>0.0</td></tr>
<tr><td rowspan="6">調節</td><td>裝飾資源</td><td>0.3</td><td>遊憩與旅遊機會</td><td>37</td></tr>
<tr><td>空氣品質</td><td>15</td><td>存在、遺贈價值</td><td>5,795</td></tr>
<tr><td>氣候調節</td><td>748</td><td>文化啟發、藝術與設計</td><td>2.2</td></tr>
<tr><td>極端事件調適（風暴減緩）</td><td>77</td><td>精神體驗</td><td>0</td></tr>
<tr><td>水流調節</td><td>2.5</td><td>教育資訊</td><td>6.9</td></tr>
<tr><td>廢棄物管理</td><td>11</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>侵蝕防治</td><td>47</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>土壤肥力維持</td><td>1.4</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
	精神、藝術與象徵性服務					
2	土壤品質調節服務	Kiran et al（2011）	印度	替換成本法（repalcement cost methods）	現地採樣	透過比較設立保護區前後的土壤有機物質（如：氮、磷、鉀）的變化量，再使用替換成本法評估提升土質需要額外投入養分的成本，或因棲地維護而減少投入的養分成本。評估保護區設立後，對於土壤品質效益增加 388.13（盧比/公頃）。
3	土壤品質調節服務	Aymeric Ricome et al （2014）	蘇丹	替換成本法（replacement cost methods）	現地採樣	蘇丹加達里夫（Gedaref State）當地因為長期單一種植作物以及養分補充不足的因素，造成當地的土壤退化問題嚴重。欲透過永續的土地管理措施，改善當地的環境品質。永續土地管理（Sustainable Land Management ,SLM）的方式為減少農業用地，並在農田種植阿拉伯膠樹（*A. senegal*）、在裸露坡地種植乳香樹（*Boswellia trees*）。 在 SLM 下土壤氮、磷年流失量分別為 0.15（公斤/公頃）、0.19（公斤/公頃），若不採用永續土壤管理的方式下，仍需補償氮、磷流失量每年分別為 1.09（公斤/公頃）、1.04（公斤/公頃），代表在 SLM 的情況下氮、磷流失量減少比例分別為 86%以及 81%，透過永續的土地管理措施，每年可減少氮、磷養分補充的成本為 11.4（蘇丹磅/公頃）。 在 25 年時間範疇之下，避免養分損失帶來的現值（折現率 5%）效益為 161.3（蘇丹磅/公頃）。敏感度分析的結果，在不同折現率下避免土壤養分流失的價值為 2.5%：10、5%：11.4、10%：10.1 （美金/公頃-年）。
4	土壤品質調節服務	Lal et al（2019）	盧安達	單位效益移轉	文獻資料	以創新整合經濟與環境模型（Innovative integrated economic and environmental model, IEEM），結合不同土地利用類型與生態系服務模型，以預測政策變動對經濟的影響與環境改善的效果。 研究先使用基本情境，並將五種政策干預的方式進行比較， 1.「AGROFOR」：增加農林業面積達 111 萬公頃，每增加一公頃農林業土地，樹木與灌木的覆蓋率達 80%以上。 2.「LANDCON」：擴張農田面積將原先的 635,603 公頃擴增 54.2%，提高農業產量。 3.「COMBI12」：農林業面積擴大至 111 萬公頃，耕地面積增加 54.2%。

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
						4.「FERTIRRIG」：增加施肥用量從原先的 32（公斤/年,公頃）提升 134%，增加灌溉面積由原先 102,284 公頃提升 0.6%。 5.「COMBI」：綜合情境「COMBI12」以及「FERTIRRIG」，增加農林業與耕地面積，並提升灌溉與施肥量。 確立情境後使用 INVSET 模型評估五年後碳儲存、養分調節（泥沙輸送率）以及年度與季節性生產水源的供給能力。研究結果發現在「AGROFOR」、「LANDCON」「COMBI12」、以及「COMBI」的情境下，與基準年 2015 年相比，氮與磷的流失量分別減少 75%&72%、0.32&0.33%、74&73%以及 60&59%，在「FERTIRRIG」的情境下則是分別增加 113&115%，推論種植樹木可以保留大部分的氮與磷，改善土壤品質。 不同情境在折現率為 12%的情況下，「COMBI」、「LANDCON」、「COMBI12」以及「FERTIRRIG」效益分別增加 36.4、24.1、23.8 以及 12.8（億美元/年），而「AGROFOR」反而會減損效益達 4 千 7 百萬（美元/年）。
5	土壤品質調節服務	Sidibé et al.（ 2014）	非洲 Mopti Mali 區域的 Kelka 森林	替換成本法、單位效益移轉法	文獻回顧	非洲 Mopti Mali 區域的 Kelka 森林，主要為四種植被類型：Gallery Forest（沿河道生長的森林）、 Savannah Woodland（最多）、Savannah Shrub、Steppe Shrub。由於當地森林資源耗竭情形嚴重，經由世界自然保護聯盟支持社會的環境管理計畫(Community Environmental Management Plans, CEMP)，以重新造林與混農林業的政策與治理的永續土地管理方式。 以避免成本法、替換成本法、市場價格法、與生產變化評估法，評估復育價值，包括木柴供給、碳吸存增加以及土壤濕度等，並估計 25 年內增加的固氮價值。其中影響土壤養分的評估項目為固氮能力，因此當地的相思樹種（ Acacia species）有助於土壤固氮。 因此研究假設混農林業系統中每公頃 100 棵樹木固氮量約 20 公斤，以 25 年樹齡的樹木的計算，每公噸的相思樹（*A.albida*）固氮量 1.32 公斤。再以肥料成本估算相思樹固氮價值，在折現率 2%、5%、10%，固氮價值為 16.7、15.0、5.0（美金/年, 公頃）。

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
6	土壤品質調節服務	Tilahun et al.（ 2016）	非洲迦納 Ankasa 森林保護區	替換成本法	現地採樣	研究地點非洲迦納 Ankasa 森林保護區，旨在評估社區在減少砍伐林木與森林退化造成排放（ Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation ,REDD+）情境下的機會成本。 透過替換成本法評估土壤養分流失量，適中土質健康的氮含量閾值最低為 0.1%，由於研究樣區的氮含量皆超過此閾值，因此研究改採用 0.2%作為評估的標準，使用土壤氮、磷與鉀養分仍需補充的含量，並用肥料價格作為替換成本，得出 Ankasa 保護區的氮流失替換成本為 139.49（美元/公頃），保護區外的氮流失替換成本為 131.18（美元/公頃）。 保護區與區域外的土壤磷與鉀含量皆低於閾值，分別為 10 （毫克/公斤）的閾值以及 100（毫克/公斤）的水準，因此各需要 0.49（美元/公頃）以及 11.79~11.13（美元/公頃）的替換成本，將兩區域的磷與鉀含量提高至閾值以上。 由於氮含量相較閾值高，因此效益以氮肥的價值換算的話總計為 128 萬美元；磷、鉀則需要 65 萬美元將其含量提高至閾值以上。
7	土壤流失控制服務	Brander et al.（2018）	馬來西亞砂拉越（Sarawak ）	選擇實驗法	面訪問卷	汶萊、印尼以及馬來西亞政府簽署《婆羅洲之心（The Heart of Borneo, HoB）》宣言，目的是為了促進區域的綠色經濟與婆羅洲的森林永續發展，由於多數宣言內有 11%面積位於馬來西亞砂勞越（Sarawak ），因此選擇該區作為調查地點。研究採用了市場價格法、土地利用情境模擬、選擇實驗法以及條件評估法等方法學，來評估巴萊（Baleh）流域的生態系服務價值。 （一）InVSET 模型評估 InVSET 模型的評估結果，透過不同土地利用的情境模擬，比較各生態系服務的變化情形，模擬情境的狀況如下所述： 1. 基準情境：土地利用現狀 2. 2030 年經濟發展情境：增加油棕與木材種植區域，以及巴萊水壩掩沒下游的區域。 3. 2030 年綠色經濟情境：與上述的經濟發展情境差異在於油棕與木材皆有通過永續的認證標準。 4. 2030 年保育情境：油棕與人工林從保護區移除，巴萊大壩上游的集水區受到完善的保護。

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
						根據模型模擬的結果，當停止伐木復育森林的情況下，土壤侵蝕量會減少。在保育情境下水源供給服務，由於植被增加而減少逕流量與供水量，卻提升水源涵養能力降低洪氾發生機會。碳吸存在保護情境下變化最為明顯，增加的保護區可提供超過 350（噸/公頃）的碳存量，栽種油棕則會增加 50（噸/公頃）的碳排放量，若是有永續認證的情境下，碳儲量則可達到 50 （噸/公頃）。研究表示在經濟發展的情況下會大幅減少保育物種的棲息地，若土地利用強度減少，則有助於物種數量的增加。 （二）條件評估法 條件評估法研究主要用於分析遊憩效益，假設「情境為假設在巴萊流域設立一個國家公園，地處偏遠但有豐富多樣的生物，您是否有興趣到訪參觀？若有興趣您最高願意支付多少費用在巴萊國家公園 5 日遊的行程當中?」受訪對象以遊客為主，分析得出平均願付價值 290(美元/人)後，再分配給長屋旅遊服務者 40%、當地遊憩旅遊業者 40%，作為旅遊服務供給者從中獲得的效益，剩下的 20%則是歸為遊客從旅遊中獲得的效用，並將分配後的價值乘上推估的造訪次數 3,000 次得出總效益。 （三）市場價格法 用於評估食物供給（如：豬肉）以及原料供給（如：藤條），透過問卷調查平均每戶在豬隻與藤條的收穫量，乘上物品的市場價格以及長屋的居住戶數，得出服務的總價值。水源供給的評估是透過選擇實驗法評估的用水支付意願，再乘上平均家庭用水量以及家庭總數。 （四）避免成本法 碳吸存可視為氣候變遷避免損害成本，計算方式考量因灌木地的碳存量最低，所以研究使用灌木地的碳存量 0.3~1.2（公噸/公頃,年）乘上碳社會成本 62（美元/tCO_2 當量），作為碳吸存生態系服務價值的評估方式。 （五）選擇實驗法 另外，研究透過選擇實驗法調查長屋居民（237 戶）、地方居民（470 戶）與遊客（400 名）對於巴萊流域生態系服務的願付價值，問卷屬性設定長屋居民主要是調查供給服務的屬性，支付方式則是以每月的農產品收入作為詢價工具；地方居民是採用每月的增加的水費，遊客則是使用綠色旅遊費。各類受訪者的平均願付價值如下所示。

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

<table>
<tr><th>序號</th><th>生態服務功能</th><th>作者（年代）</th><th>研究地點</th><th>評估方法</th><th>取樣來源</th><th>研究成果</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>透過上述的各種評價方式的服務效益推估結果，得出巴萊流域各項生態系服務的總價值。
<table>
<tr><th>屬性水準</th><th>地方居民平均每年願付價值(美元/戶,年)</th><th>遊客平均每年願付價值(美元/戶,次)</th></tr>
<tr><td>瀕危物種(稀少-一些)</td><td>122</td><td>36</td></tr>
<tr><td>瀕危物種(稀少-很多)</td><td>216</td><td>63</td></tr>
<tr><td>河流清澈程度(混濁-稍微改善)</td><td>1,043</td><td>61</td></tr>
<tr><td>河流清澈程度(混濁-乾淨)</td><td>1,351</td><td>90</td></tr>
<tr><td>洪氾頻率(時常-減緩)</td><td>132</td><td>29</td></tr>
<tr><td>洪氾頻率(時常-罕見)</td><td>197</td><td>31</td></tr>
<tr><td>森林健全狀態(皆伐-退化)</td><td>211</td><td>26</td></tr>
<tr><td>森林健全狀態(皆伐-原始林相)</td><td>350</td><td>85</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th>屬性水準</th><th>長屋居民平均每年願付價值(美元/戶,年)</th></tr>
<tr><td>野味肉品(有限-足夠)</td><td>572</td></tr>
<tr><td>野味肉品(有限-豐盛)</td><td>570</td></tr>
<tr><td>乾淨水源(取用不易-中等)</td><td>777</td></tr>
<tr><td>乾淨水源(取用不易-易取)</td><td>1,078</td></tr>
<tr><td>道路通行程度(無道路-無鋪面道路)</td><td>1,416</td></tr>
<tr><td>道路通行程度(無道路-鋪面道路)</td><td>2,264</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

<table>
<tr><th>序號</th><th>生態服務功能</th><th>作者（年代）</th><th>研究地點</th><th>評估方法</th><th>取樣來源</th><th>研究成果</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>
<table>
<tr><th>服務項目</th><th>生態系服務</th><th>價格（百萬美元/年）</th></tr>
<tr><td rowspan="3">供給</td><td>食物</td><td>1.06</td></tr>
<tr><td>原料</td><td>0.08</td></tr>
<tr><td>水源</td><td>86.95</td></tr>
<tr><td rowspan="3">調節</td><td>碳吸存</td><td>12.47</td></tr>
<tr><td>洪氾調節</td><td>27</td></tr>
<tr><td>沉積物調節</td><td>26</td></tr>
<tr><td rowspan="2">文化</td><td>物種保育</td><td>21.98</td></tr>
<tr><td>森林保護</td><td>29.60</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>8</td><td>水資源淨化服務</td><td>Kreye et al.
（2014）</td><td>佛羅里達州、明尼蘇達州</td><td>統合分析法</td><td>文獻資料</td><td>
透過統合分析與效益移轉評估佛羅里達州以及明尼蘇達州保育森林對水質保護的效益。
共選用 43 篇參考文獻，共通點為未受影響的淡水資源、估算家戶或者個人的每年願付價值、研究地點為美國以及使用敘述偏好的方式獲得經濟價值，由於資料有限，因此有參考不同類型但具有相似水質保護效益以及土地規畫的水域（如：河岸、綠地、農地與濕地等）文獻數據。
根據研究結果，在效益移轉的結果表示湖泊、溼地與所有水資源研究的數據，效益移轉後相較溪流河川來得高，並且在未有明確規劃的條件下，可能會有高估願付價值的情況發生，下表為效益移轉後的願付價值評估結果：
<table>
<tr><th colspan="4">佛羅里達州水質保護效益移轉結果</th></tr>
<tr><th>資料來源</th><th>計畫形式</th><th>平均願付價值
(美元/戶,年)</th><th>總願付價值
(美元)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">溪流、河川</td><td>徵收保育用地</td><td>2</td><td>105,340</td></tr>
<tr><td>無特定計畫</td><td>44</td><td>2,014,340</td></tr>
<tr><td rowspan="2">濕地、湖泊以及所有水域</td><td>徵收保育用地</td><td>6</td><td>299,460</td></tr>
<tr><td>無特定計畫</td><td>128</td><td>5,878,340</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

<table>
<tr><th>序號</th><th>生態服務功能</th><th>作者（年代）</th><th>研究地點</th><th>評估方法</th><th>取樣來源</th><th>研究成果</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>
<table>
<tr><th colspan="4">明尼蘇達州水質保護效益移轉結果</th></tr>
<tr><th>資料來源</th><th>計畫形式</th><th>平均願付價值
(美元/戶,年)</th><th>總願付價值
(美元)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">溪流、河川</td><td>徵收保育用地</td><td>5</td><td>10,777,576</td></tr>
<tr><td>無特定計畫</td><td>99</td><td>210,693,117</td></tr>
<tr><td rowspan="2">濕地、湖泊以及所有水域</td><td>徵收保育用地</td><td>14</td><td>31,102,216</td></tr>
<tr><td>無特定計畫</td><td>290</td><td>615,255,300</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>9</td><td>授粉服務</td><td>Feketéné Ferenczi et al.（2023）</td><td>匈牙利</td><td>市場價格法（替換成本法）</td><td>效益移轉</td><td>授粉服務的價值推估，可以根據授粉作物的產量變化作為蜜蜂族群授粉功能的評估，透過平均每公頃的產量乘上購買價格、農場面積以及由蜜蜂授粉的產量比例（30~40%），得出授粉提供的產量變化，並推估蜜蜂授粉替農作生產如：向日葵以及油菜籽分別提供 50,270 與 54,000（歐元/百公頃-年）的效益價值。另外，也可透過替換成本法，將蜂蜜產量乘上砂糖每公斤的單位價格，以獲得由天然蜂蜜替換砂糖的價值效益為 18,000（歐元/年）。</td></tr>
<tr><td>10</td><td>生物控制服務</td><td>Jetter and Paine（2004）</td><td>美國加州（洛杉磯、文圖拉郡-Ventura Counties、</td><td>條件評估法</td><td>電訪問卷</td><td>為探討都市居民對都市林業害蟲的管制方式，病蟲害防治的方式分為化學殺蟲劑、生物殺蟲劑以及寄生蜂防治三種，並搭配不同的管理程度（涵蓋樹木處理頻率、控制達成時間以及對環境的影響程度等）以及所需成本，透過方案組合後共得出 48 種情境，並詢問受訪者「如果他們必須支付該計畫指定的成本，他們是否會支持該計畫的實施？」
研究共回收 522 份問卷。評估結果表明受訪者大多數偏好以生物防治的方式管理害蟲問題，其願付價值為 485（美元/年）；首訪者最不偏好採用化學殺蟲劑的方式，願付價值為 23（美元/年）；若以蘇力菌作為殺蟲劑其願付價值為 131（美元/年）。</td></tr>
</table>

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
			河濱郡-Riverside Counties）。			
11	1. 育雛、育種、攝食與棲息地維持服務 2. 遊憩相關服務	Adamowicz et al.（1998）	加拿大亞伯達省	選擇實驗法、條件評估法	郵寄問卷	使用選擇實驗法以及條件評估法，來評估民眾對於林地馴鹿棲地改善計劃的願付價值，並比較兩種方法的評估結果。 分別於條件評估法回收 402 份有效問卷，選擇實驗法回收 355 份有效問卷。條件評估情境是假設透過移除部分土地用於林業活動並限制遊憩的森林管理計畫，使馴鹿數量從目前的 400 隻增加到可存活數量（viable population）600 隻，民眾選擇是否每年願意繳納 1-150 美金區間的稅金，支持這項計畫的詢問方式來完成此次調查。以線性與二次（Quadratic）模型分析結果，對於森林管理計畫分別願意支付 142.82（美元/人,年）以及 140.86（美元/人,年）。 條件評估法的屬性水準項目涵蓋林地馴鹿數量、野化區面積、遊憩限制、林業就業機會、所得稅變動、駝鹿數量以及森林管理協議面積。選擇實驗法效用在線性為 91.84（美元/人,年），二次模型則是 217.83（美元/人,年）。 結果顯示二次模型評估結果更能貼近真實情況；涵蓋替代方案特定常數（Alternative specific constant, ASC）的聯合模型，二次模型的評估結果為 76.7（美元/人,年）。研究方法來說條件評估法可用於評估整體的願付價值，選擇實驗法則是提供消費者不同屬性下的願付價值變化，因此，選擇實驗法可以做為條件評估法的補充研究，了解更多不同屬性變化對受訪者的效用影響程度。

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
12	1. 育雛、育種、攝食與棲息地維持服務 2. 教育、科學與研究服務	Lehtonen et al.（2003）	芬蘭	選擇實驗法、條件評估法	郵寄問卷	藉由選擇實驗法了解芬蘭地民眾對於森林保護計畫的願付價值，並透過成本效益分析不同保護程度的管理計畫執行可行性。研究隨機抽選 3,000 名 15~74 歲區間的芬蘭民眾，當中有 1500 位民眾會收到選擇實驗法問卷，1,500 位民眾則是收到條件評估法的問卷，調查回覆率平均約為 51%。森林保護計畫依照保護面積分成有限、中等與擴張計畫，其面積比例依序為 4%、7%以及 10%。研究設計的屬性包含森林所有者每年獲得的教育資訊的比例、簽訂保育合約的私人森林土地面積比例、森林保護區的面積、處於良好保護水準的生物群落以及瀕危物種數量。 條件評估法的詢價方式，提供現況以及有限或擴張計畫兩種改善情境，請受訪者在現況與其中一個替代方案中做出選擇，並給予改善所需支付的金額，此項調查方法的研究結果，若只考量絕對願意改善方案的民眾，其願付價值為 60（歐元/戶-年），非參數估計模型 （Non-parametric estimation）估計的願付價值則為 80（歐元/戶-年），表示當改善計畫的金額低於 80（歐元/戶-年）會有一半的民眾支持增加保育的管理方案。 選擇實驗評估邊際願付價格的結果，民眾對增加保育區域單位面積的願付價格 4.512（歐元/戶,年）、提供環境資訊與教育森林所有者保育知識其願付價格為 0.293（歐元/戶,年）、瀕危物種數量增加的願付價值為-0.314（歐元/戶,每年）；不同程度的森林管理專案民眾具有不同的願付價格，有限計畫民眾的願付價格為 124（歐元/戶,年），中等計畫的願付價格為 167（歐元/戶,年），擴張計劃則是 223（歐元/戶,年），由此可知民眾隨著對於森林管理的強度增加，願付價格也會比較高。 成本效益分析中，成本是以經濟林轉成保育用地後的木材經濟價值損失，效益則是透過願付價值評估結果推估出個方案的總效益，比較結果表示有限的管理專案較具執行力，說明未來政府管理時仍須考量木材的經濟價值以減緩森林保育對經濟市場的衝擊。

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
13	1. 高峰流量減緩服務（洪氾減緩） 2. 視覺舒適服務 3. 育雛、育種、攝食與棲息地維持服務 4. 遊憩相關服務	Mohd Rusli et al.（2023）	馬來西亞	選擇實驗法	面訪問卷	為探討民眾對於特布山保護區（Gunung Tebu Forest Reserve ,GTFR）的生態系服務給付計畫的偏好與願付價值，研究使用選擇實驗法做為研究方法。其中屬性涵蓋森林地景、洪氾控制、生物多樣性、休閒遊憩以及社區參與等項目，研究共完成 375 份調查問卷。各屬性在不同水準下的願付價格區間為，改善自然景觀 165.7~269.45 （馬來西亞令吉，MYR/人,年）、洪氾控制 151.06~156.67 （MYR/人,年）、提升物種多樣性 125~111.36 （MTR/人,年）、休閒遊憩設施-44.09~7.27（MYR/人,年），最後在社區參與度提升則是 158.99 （MYR/人,年）。 根據研究結果，建議政府若未來要制定管理計畫，可先從受訪者較關注的屬性類別如物種保育以及自然景觀維護為優先改善的管理方向，且須確保民眾所支付的保育費用可專款用於特布山森林保護區的生態旅遊與自然保育管理上。
14	1. 視覺舒適服務 2. 育雛、育種、攝食與棲息地維持服務	Meyerhoff et al.（2009）	德國	選擇實驗法	面訪問卷	透過選擇實驗法評估民眾對於的德國政府推廣森林改善計畫的屬性偏好與願付價值。問卷假設森林 50 年後轉變的情形，以及對生物多樣性帶來的潛在影響，透過向民眾收取森林轉變（forest coversion）基金作為森林改善的資金，請民眾勾選不同轉變情境下的願付價值。研究分別於 Lüneburger Heide（LH）區域共回收 298 份有效問卷，在 Solling and Harz（SH）區域則是回收 316 份。 結果表示考量現況會低估效益值，因此研究最後評估平均總效益時，透過使用巢狀羅吉特模型（Nested logit Model, NL）推估不含替代方案特定常數（Alternative specific constant, ASC）的願付價值評估結果，乘上願意支付的受訪者數量再除以所有受訪者做數值的調整，得出 LH 地區民眾對於森林保護計畫對每人每年的福利效益為 13.26 （歐元/人,年），在 SH 則是 6.47 （歐元/人,年）。 各項屬性之願付價值，LH、SH 對瀕危物種棲地保育分別為 13.7 以及 8.03（歐元/人,年）、森林物種多樣性分別為 10.61、12.47（歐元/人,年）、林分結構（樹齡、樹高）僅 LH 呈現顯著，若林分結構多樣性高的平均願付價值為 6.07（歐元/人,年）；樹種景觀多樣性則是分別為 6.86、4.59（歐元/人,年）。
15	1. 育雛、育種、攝食與棲息地維持服務	Upton et al.（2012）	愛爾蘭	選擇實驗法	問卷調查	探討民眾對於永續森林管理目標的屬性偏好，屬性涵蓋造林地點、樹種林相、生物多樣性保護區設置比例以及休閒遊憩的開放程度等，研究共發放 996 份問卷，抽樣則是由 75 個樣點隨機抽取住戶，並根據性別、年齡與工作等社經背景來分配問卷發放額度與受訪者的選擇。

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
	2. 遊憩相關服務 3. 視覺舒適服務					除了民眾平均願付價格外，亦將受訪者居住地、森林地點與對樹種認知程度分析不同的偏好選擇結果。以人均願付價值，樹種在針葉林轉闊葉林為 20.64（歐元 /人,年），若是針葉轉混合林則是 27.94（歐元 /人,年）。大眾對於生物多樣性保護區的設置比例，在 15%時願付價格為 21.07（歐元 /人,年），30%的願付價格為 32.95（歐元 /人,年），遊憩價值若是開放基本的森林步道為 68.07（歐元/人,年），提供基礎設施與開放步道則是 89.94（歐元 /人,年）。 研究建議在考量大眾的偏好之下，政策應朝向以種植混和林、保留大面積的保護區，伐採的方式則以疏伐為主，並提供基礎的休閒遊憩設施。
16	1. 育雛、育種、攝食與棲息地維持服務 2. 遊憩相關服務 3. 視覺舒適服務	Czajkowski et al.（2014）	波蘭	選擇實驗法	面訪問卷（電腦問卷）	為調查波蘭民眾對森林管理策略的偏好與遊憩情形，研究透過訪問受訪者森林休閒旅遊頻率、到訪不同地點數量，區分不同森林使用程度的受訪者對於森林管理的偏好，此次研究共回收 1,001 份問卷樣本。 願付價格評估結果會受到森林使用程度以及屬性程度的差異而有不同，森林使用者對於各項屬性的願付價值平均來說較非森林使用者來得高。評估結果在保護有價值森林面積價值落在 3.7~8.6(歐元/年,戶)之間、減少森林垃圾為 6.5~9.3（歐元/年,戶）之間、提升森林遊憩設施則是 3.5~5.7（歐元/年,戶）之間。最後研究將改善方案區分成較大程度改善情境以及較小幅度改善情境，對所有受訪者來說效用分別為 24.3（歐元/年,戶）以及 18.5（歐元/年,戶）。
17	遊憩	Mayor et al.（2007）	愛爾蘭	旅行成本法（TCM）；條件評估法（CVM）	面訪問卷	使用 TCM 及 CVM 之問卷問題，透過分析 1,202 份問卷後得出之結果如下:在 TCM 中，計算得出之消費者剩餘（consumer surplus）為每人每次旅遊 2.38 至 5.95 愛爾蘭鎊（約為 91.5-228.78 元新台幣）；在 CVM 中，訪員僅詢問受訪者進入森林之願付價格（Willing to pay, WTP）為何，不討論環境品質改變之要素，而其結果為 1 愛爾蘭鎊（約為 38.45 元新台幣）。 研究團隊認為 TCM 及 CVM 之數據差異主要源於森林在愛爾蘭通常被視為公共財，若引入入場費制度可能會受到民眾抵制，且約有三分之一的受訪者答覆之 WTP 為 0 或抗議性出價（protest bids），因此 TCM 所推估之數據更具可信度。

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
18	遊憩	Pirikiya et al.（2016）	伊朗希德·扎雷森林公園（Shahid Zare Forest Park）	TCM	面訪問卷	利用線性迴歸模型分析 302 份問卷，以了解造訪沙希德·扎雷森林公園之人數會受哪項變數影響。 結果顯示，該地每年之旅遊人次為 72,500 人次，消費者剩餘為每次旅遊 12.53 美元（約 371 元新台幣），休閒價值為每年每公頃 52,558 美元（約 1,556,536 元新台幣）；且旅行成本、距離、家庭收入、教育程度、家庭成員數等五項變數會對旅遊人數造成影響。
19	遊憩	SM Limaei et al.（2014）	伊朗馬蘇萊森林公園（Masouleh forest park）	TCM	面訪問卷	馬蘇萊森林公園每年遊客人數約 2 萬 3 千人， 進行 96 份問卷，結果顯示，遊客之平均旅行成本為 10,000 伊朗里亞爾（Iranian Rials, IRR）（約 11.69 元新台幣）；因該地並無收取門票費，因此民眾對門票費的平均 WTP 為每次 12,500 IRR（約 14.61 元新台幣）；此外，旅行時間（距離）、旅行成本、年齡、教育程度等四項變數對會對遊客造訪率造成影響。

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
20	遊憩	Solikin et al.（2019）	馬來西亞彭亨家園公園（Pahang National Park）、印尼加盛城市森林（Srengseng Urban Forest）	個人旅行成本法（Individual travel cost method, ITCM）	面訪問卷	1.彭亨國家公園門票費為 1 馬來西亞令吉（約 7.6 元新台幣），每年旅遊人數約 147,815 人；彭亨國家公園的消費者剩餘為 783.51 馬來西亞令吉（約 5,956 新台幣），總消費者剩餘為 15,315,269.97 馬來西亞令吉（約 116,419,025 元新台幣）；而旅行成本、年齡、教育程度、收入、訪問次數五項變數對會對遊客造訪率造成影響。 2. 盛聖城市森林門票費為 0.64 馬來西亞令吉（約 4.9 元新台幣），停車費為機車 0.64 馬來西亞令吉、汽車 1.28 馬來西亞令吉（約 9.7 元新台幣），該地旅遊人數為每年 27,096 人；根據分析，盛聖城市森林之消費者剩餘為每人每次 24.32 馬來西亞令吉（約 185 元新台幣），總消費者剩餘益為每年 440,640 馬來西亞令吉（約 3,349,528 元新台幣）；而旅行成本、年齡、職業、性別、遊客滿意度等五項變數對會對遊客造訪率造成影響。

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
21	遊憩	Sohrabi et al.（2009）	伊朗阿巴斯·阿巴德森林公園（Abbas Abad Forest Park）	分區旅行成本法（Zonal travel cost method, ZTCM）	面訪問卷	研究點之海拔為 450-530 公尺，遊客人數為每年 422,000 人，推估之遊憩價值為每公頃 9,000,000 伊朗里亞爾（約 30,150 元新台幣），總價值為 1,266,000,000 伊朗里亞爾 （約 4,241,100 元新台幣）；木材生產價值為每公頃 341,000 伊朗里亞爾（約 1,142 元新台幣）；此外，該研究亦針對門票費用詢問受訪者之支付意願，回答最高之金額為 1000、2000 和 5000 伊朗里亞爾（約 3.35、6.7、16.74 元新台幣）。 研究結果旅遊成本、收入、生態環境資源及旅遊服務等四項變數對會對遊客造訪率造成影響，且若提供充足之大眾運輸設施及住宿場地，則可提高遊客訪問次數及住宿意願。
22	遊憩	Alessandro et al.，2023	義大利普拉托尼馬奧山脈（Pratomagno Massif）、莫雷洛山森林（Monte Morello	ITCM	面訪問卷	三個研究區，分別為普拉托馬尼奧山脈、莫雷洛山森林、特雷特森林，三地之海拔高度為 1,200、500、1,600 公尺；各區之平均遊客數為每年 5,140、18,475、無數據。 分析 603 份問卷後，推估普拉托馬尼奧山脈的消費者剩餘為每次 13.83 歐元（約 466.18 元新台幣），莫雷洛山森林為每次 7.33 歐元（約 247.08 元新台幣），特雷特森林為每次 17.37 歐元（約 585.51 元新台幣）。 此外，結果顯示天然林（特雷特森林）較人造林（普拉托馬尼奧山脈及莫雷洛山森林）更具遊憩價值，而郊區森林較能吸引遊客，但遊客到訪之經濟價值較山區森林低。

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
			Forest）、特雷特森林（Tret Forest）			
23	遊憩	Willis and Garrod（1991）	英國	TCM	面訪問卷	根據研究結果，ZTCM 所推估之遊憩價值為 2,051.5 萬英鎊（約為 973,231,600 元新台幣）； ITCM 則為 335.4 萬英鎊（約為 159,113,760 元新台幣），為 ZTCM 數據之 16.35%，但 ITCM 之結果較接近英國國家審計署（National Audit Office）所推估之價值（1,000 萬英鎊）。 造成 ZTCM 偏誤的原因有二，一為在遊客較少的研究地中，可能出現遠距離區域有零受訪者的情況；二為該模型會忽略除旅行成本之外的其他變數對消費者剩餘造成之影響。
24	視覺舒適服務	Dhakal et al.（2017）	紐西蘭	TCM、CEM	面訪問卷	遊憩效益的經濟評估是採用旅行成本法，森林特徵偏好則是用選擇實驗法，屬性涵蓋林分內的物種多樣性、樹齡組成多樣性、樹木密度、景觀中輻射松（Radiata Pine）的比例以及森林保育管理面積大小。問卷調查共訪問了 259 位健行者以及 336 位登山自行車手。 由於問卷是在森林出口進行訪問，故受訪者到訪森林次數大於零，因此採用零截斷二項式模型（zero truncated binomial ）分析研究結果，以健行者來說森林管理的願付價格為 34.41（紐西蘭元/次），對於登山自行車手來說則是 48.49（紐西蘭元/次），並將願付價值乘以造訪次數得出該森林總遊憩經濟價值 800 萬（紐西蘭元/年）。 另外在選擇實驗法的森林景觀偏好調查結果，不論是健行者或者是登山自行車手，都偏好多樣性的森林景觀，並且偏好也會受社經變數影響，例如是否為當地居民以及高齡受訪者的變數上皆呈現顯著。

附表一 國外森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
25	視覺舒適服務	Filyushkina et al.（2017）	丹麥	CEM	網路問卷	為評估林分結構差異對於民眾休閒遊憩的偏好，研究採用透過選擇實驗法來了解受訪者對於林分結構偏好，共回收 1,226 份有效問卷，並透過旅行距離換算為願付價格。 評估結果民眾對闊葉林的願付價格為 14.48（丹麥幣/次）、混合林 19.92（丹麥幣/次），樹高以不一致高度願付價值為最高 57.4（丹麥幣/次），而在林分間樹種多樣性為 9.08（丹麥幣/次）、林分間樹高多樣性為 9.2（丹麥幣/次）。從評估結果來看，大多偏好多樣性高的森林景觀，因此提供未來森林管理建議可朝向進自然管理的方式，以保存林分內或林分間的樹高或樹種多樣性。

資料來源：本研究整理。

附表二 國內森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
1	1. 供給服務 2. 調節服務 3. 支持服務 4. 文化服務	王美娟等（2022）	宜蘭縣太平山森林生態系	條件評估法	面訪問卷	透過問卷調查了解遊客以及全國民眾對於太平山森林遊樂區服務價值的效益評估。問卷在遊客與全國民眾各回收 385 份有效問卷，分析結果為森林遊樂區內每位遊客對於供給、調節、支持與文化服務功能每人每年的願付價值為 498、659、620、369 元。對於全國民眾來說，平均每人每年對太平山願付價值則為 343、527、487、302 元。 由於全國民眾的抽樣結果當中有 86.39%的受訪者是屬於 18-30 歲之間，因此研究最後採用遊客的價值調查結果來評估太平山森林生態系服務的總價值。 推估方法是參考太平山 2015 年的遊客總數 321,837 人，並取用各項目平均願付價值的中位數，相乘得出每年森林生態系的供給、調節、支持與文化服務價值分別為 160,387、211,994、199,401、118,623 元。
2	1. 直接價值 2. 間接價值 5. 非使用價值	吳俊賢等（2006）	高雄市六龜試驗林	條件評估法	面訪問卷	透過條件評估法的方式，評估六龜試驗林的總經濟價值。研究設計 A、B 兩版本的問卷，用於了解願付價值是否有嵌入偏誤的情況。兩版問卷共同情境為「維護六龜試驗林之森林資源不使其惡化，需要投入額外的人力、物力與財力以保護與經營，因此需要成立專款專用的森林資源維護基金」。A 版問卷是受訪者每年願意支付多少錢，並如何將這筆錢分配到三種不同生態系服務項目（直接、間接以及非使用價值），B 版則是直接詢問受訪者對於各項不同生態系服務的願付價值。 抽樣依照依內政部統計處 2003 年公佈之台閩地區各縣市戶數及人口數統計表之行政區家戶數比例抽出 1,200 人，將高雄縣市與台南縣市的樣本區分為當地民眾，其餘歸類為非當地民眾，研究共回收 458 份有效問卷，當地居民 82 份，非當地居民 376 份。 從全體樣本的評估結果來看，當地民眾在總價值、直接、間接與非使用價值的平均願付價值依序為 108、27、43、45（元/戶,年）；非在地民眾願付價值依序為 344、85、108、129（元/戶,年）。嵌入偏誤的研究結果表示直接詢問總價值與詢問個別價值加總後的結果並無顯著差異。因此，研究推估六龜試驗林總自然資源價值，是將當地與非當地居民各別的平均願付價值，乘上非當地民眾的 553 萬戶

附表二 國內森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
3	1. 遊憩相關服務 2. 育雛、育種、攝食與棲息地維持服務 3. 教育、科學與研究服務	余家斌等（2017）	陽明山二子坪生態遊憩區	條件評估法	面訪問卷	評估方法是採用條件評估法並結合雙界二元選擇模式做為評估方法，詢價的假設情境「請問您前往陽明山國家公園二子坪從事生態觀光或休閒活動，基於使用者付費，每次最高願意支付 60 元的生態保育費，讓陽明山國家公園來運用，此經費是基於保護自然生態多樣性、降低自然資源的消耗，因此將運用於經營生態環境、設施維護（停車場和公廁等等）、與學術研究如：蝴蝶、昆蟲和花木的調查與保育。」調查共回收 483 份問卷。 結果顯示受訪者每次前往陽明山國家公園二子坪從事遊憩活動，對自然保育費用的平均願付價格為 55.2 元，若是以不同生活型態進行區分的話，安居樂業群為 54.8 元、身心保健群 55.7 元、理性享樂群 55.1 元，且不同群體間的願付價值並未有顯著差異，最後建議陽明山國家公園二子坪遊憩區生態保育費可訂定於 50~60 元之間。
4	自然保護區森林生態系服務總保育項目	陳至瑩等（2012）	臺灣本島	條件評估法	問卷調查	透過條件評估法評估台灣不同棲地類型的生態系服務價值。詢價藉由圖卡呈現我國各類自然保護區現狀，與未受保護可能惡化的假想情境，詢問民眾願意支付之金額來換取持續保育的成果。推估我國民眾每年對森林生態系的自然保護區願付價值為 833（元/戶,年），總保育效益為 6,502 百萬元。
5-1	木材供給服務	邱祈榮、林俊成（2017）	臺灣本島	市場價格法	文獻資料	藉由台灣木材供給參考全國林地生產用材、薪材與枝梢材的市場價值，推估我國 2014 年森林木材供給總價值共計 234 百萬元。
6-1	木材供給服務	王怡平等（2017）	臺灣本島	市場價格法	每年林木產品及副產物之年產量與產值	透過參照政府部門統計林木產品與副產物的年產量與產值數據，評估木材供給服務效益，得出 104 年林木生產總價值為 182 百萬元。
6-2	全球氣候調節服務（碳吸存）	王怡平等（2017）	臺灣本島	市場價格法	2009 年第 4 次森林資源調查國有林事業區各林型面積、文獻資料	以 2009 年的林型面積作為基準，扣除崩塌地的面積後，推估木材與薪材損失的材積變化量，得出 2015 年國有林總二氧化碳變化量約為 12.7 百萬噸，再乘上 2014 年森林碳匯市場價格 7.4 美元，換算後得出 2015 年國有林森林碳吸存生態系服務價值約為 26 億元。

附表二 國內森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
5-2	全球氣候調節服務（碳吸存）	邱祈榮、林俊成（2017）	臺灣本島	市場價格法	國家溫室氣體排放清冊、文獻資料	依據國家溫室氣體排放清冊林業部門計算方式，推估 1,539,103 公頃的國有林總固碳量約為 1,188 億噸二氧化碳當量。市場價格則是根據 2013 年森林碳匯市場價格 5.2 美元計算，評價結果森林碳吸存調節服務總效益約為 18 億元，平均每公頃國有林地的碳吸存效益為 1,197 元。
7-1	全球氣候調節服務(碳吸存)	Lin et al.（2021）	臺灣本島	市場價格法	文獻資料	根據聯合國政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）頒布的國家溫室氣體清冊指南，當中的碳吸存計算方式，推估臺灣森林二氧化碳移除量，價格是採用歐洲銀行公告的減碳融資（carbon reduction financing）的影子價格與移除量相乘得出碳吸存效益價值 27,879（百萬元/年）。
7-2	土壤與沉積物保留服務	Lin et al.（2021）	臺灣本島	替代成本法	文獻資料	使用土壤流失方程式（Revised Universal Soil Loss Equation, RUSLE）計算林地與裸露地兩種情境的土壤流失量差異，用於推估林地的水土保持能力，再將林地減少的土壤流失量，乘上泥沙遞移率（Sediment Delivery Ratio, SDR）即可得森林減少的土壤侵蝕量。價值計算是透過河川與水庫疏濬的單位成本，乘上減少土壤侵蝕量，得臺灣森林土壤流失控制服務效益為 92,575（百萬元/年）。
6-3	基線流量維持服務（水源涵養）	王怡平等（2017）	臺灣本島	市場價格法	經濟部水利署水文測站位置、全臺灣集水區圖層、臺灣數值地形模型等圖資	使用退水位曲線位移法並搭配美國地質調查局（U.S. Geological Survey, USGS）所開發的 RORA 作為水源涵養量的計算工具。將經濟部水利署水文測站位置與臺灣集水區圖層以及國有林班界圖層進行套疊，選擇 35 個位於集水區外圍的水文資料，並換算國有林內的集水區面積，求得國有林總水源涵養量約為 104 億噸，再與國有林面積 648,468 公頃相除後得到單位面積水源涵養量 16,084（噸/公頃）。 評估臺灣森林水源涵養服務效益，是採用民生用水以及工業用水的水價加權平均後的 2.6（元/噸），與單位面積水源涵養量相乘後，得出國有林的水源涵養生態系服務價值為 271 億元。

附表二 國內森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
7-3	水資源淨化服務-基線流量維持服務（水源涵養）	Lin et al.（2021）	臺灣本島	市場價格法	文獻資料	臺灣森林水源涵養量可透過降水量扣除森林蒸散量後，乘上林地面積即可得森林水源涵養總量。市場價值則是水源涵養總量乘以工業用水的影子價格 40.81（元/立方公尺）後得出水源涵養服務效益為 557,543（百萬元/年）。
7-4	育雛/育種與棲息地維持服務	Lin et al.（2021）	臺灣本島	單位效益移轉	文獻資料	參考過往國內自然保護區保育效益評估的單位價值，乘上保護區面積，得出臺灣森林的生物多樣性服務價值為 58,535（百萬元/年）。
8	水資源淨化服務-基線流量維持服務（水源涵養）	謝敬華等（2018）	臺灣本島	單位效益移轉	文獻資料	以水文平衡收支法推估台灣國有森林資源水源涵養經濟效益，數據引用經濟部水利署 2008-2013 年均降雨量、逕流量與逕流率，推估每年平均水源涵養總量約 300 億 m^3；蓄水量單價參考水利署 17 座水庫之有效蓄水量、水庫造價費用，及 5 年（2011-2015）平均維護費用等數據，估算每單位蓄水量平均單價約 0.10 元/m^3；故每年涵養水源之經濟效益則約 31 億元。
9	遊憩相關服務	陳宛君等（2010）	臺灣宜蘭縣	條件評估法	面訪問卷	為了解不同森林步道的遊憩效益，透過條件評估方法的方式，假設情境為「拜訪森林步道，享受大自然芬多精，觀賞豐富的動植物，這些自然資源需要大眾的共同維護才能夠永續存在。為維護步道自然景觀及永續發展，請問您每年願意支付資源維護費 A 元，資助當地社區從事森林步道的維護工作嗎？」來詢問受訪者對於新寮、林美石磐以及松羅步道的願付價值。 調查共回收 1,372 份有效問卷，其中 1,081 份遊客有效問卷分別在新寮、林美石磐以及松羅步道依序回收了 395、378、308 份；291 份居民有效問卷分別於中山社區、林美社區以及松羅社區依序回收 78、102、111 份。 每年願付價格的研究結果可見在地居民的願付價格相較遊客來的高，社區居民每人每年的平均願付價值約 1,091 元至 1,490 元之間，遊客則介於 464 至 592 元間。依照步道區分各別的願付價值，中山（中山社區居民、新寮瀑布步道遊客）為 1,333、592（元/人,年）、林美（林美社區居民、林美石磐步道遊客）為 1,091、464（元/人,年）、松羅（松羅社區居民、松羅步道遊客）為 1,490、592（元/人,年）。

附表二 國內森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
6-4	遊憩相關服務	王怡平等（2017）	臺灣本島	旅行成本法	交通部觀光局、農業部林業及自然保育署	透過林務局 18 處國家森林遊樂區之遊客總數與「中華民國國人旅遊狀況調查」的「國人國內旅遊重要指標統計表」之每人每日旅遊平均費用（註：根據交通部觀光署 104 年國人旅遊狀況調查數據，每人每日國內旅遊平均費用約 1,401 元。）相乘，得出 2015 年之森林遊樂服務價值約為 7.2 億元。
5-3	遊憩相關服務	邱祈榮與林俊成（2017）	臺灣本島	旅行成本法	交通部觀光局	我國的森林生態系遊憩價值推估是以觀光局 2014 年統計每人每日旅遊平均費用 1,365 元進行總價值推估，估計結果平均每公頃國有林森林遊樂服務價值約為 4,549 元。
7-5	教育、科學與研究服務、遊憩相關服務	Lin et al.（2021）	臺灣本島	單位效益移轉	交通部觀光局、農業部林業及自然保育署、文獻資料	透過單位效益移轉的方式，參考過往文獻評估台灣民眾在森林遊憩的平均旅遊成本為 1,449（元/人），對環境教育的願付價值約為 106.7（元/人）。森林遊憩人數是參考觀光局統計 2016 年森林旅遊人數，並將旅遊人數以及森林環境教育人數分別乘上對應的價格數據，得出森林遊憩效益約為 8,888（百萬元/年），森林環境教育效益約為 569（百萬元/年），加總後得出總遊憩效益為 9,457（百萬元/年）。
10	視覺舒適服務	林彥妤等（2020）	臺灣南投縣	條件評估法	面訪問卷	為了解惠蓀森林遊樂區遊客對現況視覺舒適服務的願付價值，共回收 223 份有效樣本，研究結果說明惠蓀森林遊樂區遊客每人每年美景價值為 3,246 元，乘上 2016 年惠蓀各月份之遊客人次 182,390 人次，得出惠蓀森林遊樂區之美景總價值共 5.9 億（元/年），排除抗議出價樣本後，得出惠蓀森林遊樂區的美景價值為 6.7 億（元/年）。
11	教育、科學與研究服務	曾芝慧與李明聰（2008）	宜蘭縣福山植物園	條件評估法	面訪問卷	採用條件評估法的封閉式問答，推估民眾參與解說活動之願付價格，支付解說服務之費用主要做為生態保育費用、生態教學費用及解說員薪資等 3 種教育服務之願付價格（元/人）；評估結果將受訪者根據環境態度與行動程度，區分成三個群體自我規範、消極解說、積極勸導。 將支付項目分成生態教學經費、解說員薪資、生態保育經費。不同群體的支付意願有所不同，當中支付意願最高為自我規範族群，願付價格根據支付項目依序為 121、124、133（元/人）； 最低為消極解說族群，願付價格依序為 105、112、113（元/人）；另外，積極勸導的願付價格則依序為 105、112、113（元/人）。故研究建議未來收取的解說費用可落在 100（元/人）。

附表二 國內森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
12	1.木材供給(林木生產) 2.全球氣候調節服務（碳吸存） 3. 水資源淨化服務-基線流量維持服務（水源涵養） 4.土壤與沉積物保留服務(水土保持) 5.遊憩相關服務(森林遊憩) 6. 育雛/育種與棲息地維持服務(生物多樣性)	國立中興大學（2018）	宜蘭蘇澳地區及花蓮和平地區	市場價值法、統合分析法	政府部門相關數據、文獻數據	分別以花蓮和平地區臺灣水泥公司勇士山及宜蘭蘇澳地區信大水泥公司太白山之礦區作為研究區，列出可收取之礦區 6 項生態損害補償項目(以 TEEB 生態系服務項目分類)，兩礦區皆已採礦 20 年，故在假設若不採礦情況下，原本森林至少存在 20 年，且皆為台灣低海拔的天然闊葉雜木林(殼斗科的櫧櫟類、樟科的楠木類、樟樹、木荷、其他天然闊葉混合林等均勻組成)，進行森林生態系估算，說明如下： 1.木材生產，農業部木材資訊市價，以及南投林區管理處 46 筆國有林出租造林地的林木伐採作業成本，包括利用木材利用材積、伐木工資、至最近市場距離等數據，透過多元迴歸分析，估算出每立方公尺平均伐採成本為 1,493 元；20 年間的每公頃木材生產效益約 129,244 元。 2.碳吸存，利用 IPCC (2006)公式推估兩礦區之碳貯量(ton/ha)，進而求得兩礦區之碳吸存量(ton/ha/年)，碳價則分別以國內減碳價格、國際碳交易價格、以及碳社會成本等三個數值估算。勇士山礦區森林年均碳吸存效益範圍值為 44,092 ~869,23 元，太白山則為 50,527~996,126 元。 3.水源涵養，太白山礦區因其地理位置選用位於宜蘭縣的蘇澳與宜蘭氣象觀測站，勇士山礦區選用同樣位於花蓮縣的花蓮氣象觀測站，獲得年平均降雨量，再以行政院經濟部水利署水資源運用實況資料，全臺灣蒸發散率 68.28%以及逕流率 25.36%估算。每年效益約 288,258 元 4.水土保持，同樣採用行政院經濟部水利署水資源運用實況資料，全臺灣蒸發散率 68.28%以及逕流率 25.36%。鄰近研究區的水庫建設費用，並根據造林貸款要點之造林貸款優惠利率 1.25%，以水庫使用壽命 100 年估算每立方公尺蓄水成本約 0.29~1.42 元。 5.森林遊樂效益，以 1977 至 2016 年間的國外文獻 163 篇與國內文獻 37 篇，總計 440 筆數據，透過消費者物價指數，將各文獻幣值調整至 2017 年，透過統合分析法估算，每人每年約 1,828-5,247 元。 6.生物多樣性，利用假設價計值評估法，詢問全國居民對研究區進行復育的一次性願付價格，對勇士山礦區的願付價格為每人 293 元，太白山則為 298 元。

附表二 國內森林生態系服務價值推估相關文獻

序號	生態服務功能	作者（年代）	研究地點	評估方法	取樣來源	研究成果
13	1. 全球氣候調節服務(森林碳吸存) 2. 空氣過濾服務(空氣淨化) 3. 土壤與沉積物保留服務(土砂流失防治) 4. 水資源淨化服務-基線流量維持服務(森林水資源涵養) 5. 遊憩相關服務(森林遊憩、環境教育） 6. 育雛/育種與棲息地維持服務(生物多樣性)	林俊成（2018）	全臺國有森林	效益移轉	行政院環境部(碳吸存量、空氣汙染量)；內政部(土砂流失量)；中央氣象局與水利署(水源涵養量)；交通部觀光署(遊客資料)；農業部林業保育署(陸域保護區面積、)	以現有資料推估全泰森林生態系服務價值： 1.森林碳吸存，碳吸存量參考國家溫室氣體排放清冊數據，碳價採用歐銀碳融資影子價格每公噸 1,302 元 2.空氣過濾，2016 年固定污染源減量單價；總懸浮顆粒（TSP）:15,611 元/公噸，SOx :26,847 元/公噸，NOx:27,397 元/公噸。移動源污染防制減量單價 TSP:47,746 元/公噸，SOx :38,607 元/公噸，NOx:31,281 元/公噸。 3.土壤與沉積物保留服務，價格以避免成本法，利用河川疏浚（112.5 元/立方公尺）及水庫清淤值（350 元/立方公尺）的成本，考量河川泥砂沉澱及輸砂問題，由修正版通用土壤流失公式（Revised Universal Soil Loss Equation，RUSLE）所估算之總土砂流失量，分別計算留在河床上及流入水庫土砂量，分別為 70%留在河床， 30%流入水庫，依此進行計算。 4.水資源淨化服務，工業部門水資源影子價格每立方公尺 40.18 元。 5.遊憩相關服務，每年國內森林旅旅遊、環境教育等遊客支出約 68 億。 6.育雛/育種與棲息地維持服務，全國人民願付價格每年每公頃 79,075 元。

資料來源：本研究整理。

附表三　2024 年 10 處國家森林遊樂區遊憩效益-福利價值估算結果

國家森林遊樂區名稱	每年每人旅次觀察值平均 (1)	每年每人旅次預測值平均 (2)	每年每人 CS (元) (3)	每人每次 CS[1] (元) (4)=(3)/(2)	近 5 年之年均旅客人次 (5)	2024 年遊憩效益(千元) (6)=(4)*(5)
內洞	0.95	1.13	7,308	7,692	232,987	1,792,205
滿月圓	4.65	4.11	35,769		205,999	1,584,6065
東眼山	6.05	6.93	46,538		221,776	1,705,9695
太平山	2.23	0.79	17,154		478,616	3,681,6585
八仙山	2.52	2.66	19,385		162,624	1,250,954
藤枝	0.63	1.83	4,846		0	0
雙流	0.83	1.17	6,385		142,926	1,099,428
墾丁	0.44	1.97	3,385		156,871	1,206,702
池南	1.16	0.47	8,923		34,189	262,995
富源	---	---	---	---	51,902	---
知本	2.6	3.1	20,000	7,692	156,251	1,201,928
全國	2.2	2.4	16,969	7,692	1,844,140	13,786,445

註:1.每人每次 CS=每年每人 CS/每年預測旅次

2.旅行成本係數=-0.00013

資料來源:本計畫彙整。

附表四　2024 年 10 處國家森林遊樂區遊憩效益-交換價值估算結果

國家森林遊樂區名稱	平均來回交通時間（小時）（1）	平均停留時間（小時）（2）	平均時間成本（元/小時）（3）	近 5 年之年均旅客人次（4）	交換價值（元/年）（5）
內洞	2.26	2.49	369	232,987	408,718,029
滿月圓	2.88	3.93	320	205,999	448,912,585
東眼山	2.56	4.98	328	221,776	548,160,049
太平山	6.41	8.05	291	478,616	2,012,991,997
八仙山	2.66	6.42	407	162,624	601,146,924
藤枝	7.00	5.50	213	0	0
雙流	4.50	2.25	100	142,926	96,474,780
墾丁	6.54	4.27	283	156,871	479,802,530
池南	2.45	2.47	429	34,189	72,163,029
富源	---	---	---	51,902	---
知本	3.05	2.28	322	156,251	268,249,168
全國	---	---	---	---	4,936,619,092

註：（1）～（3）皆為本計畫問卷調查統計，取各國家森林遊樂區之變數平均值。

（4）林業及自然保育數統計之遊客人數，取 2020~2024 年之平均值。

（5）交換價值=〔（1）＋（2）〕*（3）*（4）

資料來源:本計畫彙整。

附表五　2024 年 3 處平地森林園區遊憩效益-遊憩價值估算結果

平地森林園區名稱	每年每人旅次觀察值平均 (1)	每年每人旅次預測值平均 (2)	每年每人 CS (元) (3)	每人每次 CS[1] (元) (4)=(3)/(2)	近 5 年之年均旅客人次 (5)	2024 年遊憩效益(千元) (6)=(4)*(5)
鰲鼓濕地	1.16	1.81	1,657	1,429	338,395	483,421
林後四林	0.92	51.76	1,314		683,775	976,821
大農大富	1.49	1.57	2,129		323,498	462,140
全國	1.19	18.38	1,700		1,345,668	1,922,383

註:1.每人每次 CS=每年每人 CS/每年預測旅次

2.旅行成本係數=-0.0007

資料來源:本計畫彙整。

附表六　2024 年 3 處平地森林園區遊憩效益-交換價值估算結果

平地森林園區名稱	平均來回交通時間(小時)	平均停留時間(小時)	平均時間成本(元/小時)	近 5 年之年均旅客人次	交換價值(元/年)
鰲鼓濕地	2.20	2.29	289	338,395	438,874,656
林後四林	1.69	2.12	177	683,775	460,935,804
大農大富	2.52	1.87	331	323,498	469,866,410
全國	---	---	---	---	1,369,676,870

註：（1）～（3）皆為本計畫問卷調查統計，取各平地森林區之變數平均值。

（4）林業及自然保育數統計之遊客人數，取 2020~2024 年之平均值。

（5）交換價值=〔（1）＋（2）〕*（3）*（4）

資料來源:本計畫彙整。

附表七　2024 年 58 處自然步道遊憩效益-福利價值估算結果

序號	自然步道名稱	每年每人旅次觀察值平均 (1)	每年每人旅次預測值平均 (2)	每年每人 CS (元) (3)	每人每次 CS[1] (元) (4)=(3)/(2)	推估之年均旅客人次 (5)	2024 年遊憩效益(千元) (6)=(4)*(5)
1	金瓜寮魚蕨步道	1	0.69	1,568	2,273	32,479	50,933
2	桶後越嶺步道	0.33	1.4	3,182		32,479	103,343
3	哈盆越嶺步道	1	0.67	1,523		32,479	49,457
4	東滿步道	3.3	2.3	5,227		14,272	74,604
5	福巴越嶺國家步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
6	聖母登山步道	1.38	2.6	5,909		114,537	676,809
7	礁溪跑馬古道	1.17	1.41	3,205		32,479	104,081
8	林美石磐步道	1.29	2.16	4,909		32,479	159,444
9	九寮溪自然步道	0.6	1.29	2,932		17,100	50,133
10	拳頭姆自然步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
11	松羅步道	0.42	1.19	2,705		32,479	87,846
12	鳩之澤自然步道	1	1.07	2,432		32,479	78,984
13	新寮瀑布步道	3.56	1.78	4,045		32,674	132,181
14	蘇花古道：大南澳越嶺段	0.67	0.6	1,364		32,479	44,290
15	朝陽步道	0.92	2.77	6,295		32,479	204,476
16	南澳古道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
17	鳥嘴山登山步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
18	冬瓜山登山步道	1.4	1.73	3,932		5,748	22,600
19	東卯山步道	0.7	1.29	2,932		32,479	95,223
20	唐麻丹山步道	1.62	1.88	4,273		15,639	66,820
21	德芙蘭步道	1.14	1.87	4,250		11,674	49,614

附表七　2024 年 58 處自然步道遊憩效益-福利價值估算結果

序號	自然步道名稱	每年每人旅次觀察值平均 (1)	每年每人旅次預測值平均 (2)	每年每人 CS (元) (3)	每人每次 CS[1] (元) (4)=(3)/(2)	推估之年均旅客人次 (5)	2024 年遊憩效益(千元) (6)=(4)*(5)
22	桃源里森林步道	8.33	1.2	2,727	2,273	32,479	88,580
23	清水岩(中央嶺、二棧坪、十八彎)步道群	51.88	3.36	7,636		50,898	388,676
24	麒麟山森林步道	22.75	3.56	8,091		32,479	262,787
25	坑內坑森林步道	77.26	1.82	4,136		11,138	46,071
26	龍過脈森林步道	43.71	3.94	8,955		34,882	312,352
27	二崙自然步道	2.69	2.76	6,273		2,122	13,308
28	九九峰森林步道	1.31	1.98	4,500		9,872	44,424
29	澀水森林步道	4.12	2.36	5,364		8,426	45,194
30	獨立山步道	7.97	2.73	6,205		27,753	172,196
31	土匪山步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
32	里美避難步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
33	關仔嶺碧雲寺-水火同源登山步道	1.49	2.09	4,750		95,894	455,494
34	關仔嶺大凍山步道	34.63	3.96	9,000		45,420	408,782
35	崁頂步道	12	1.58	3,591		32,479	116,630
36	崁頭山步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
37	鎮南宮步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
38	釭鼎步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
39	龍麟山步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
40	六義山步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
41	美濃雙溪樹木園步道	75.07	2.93	6,659		23,546	156,795

附表七　2024 年 58 處自然步道遊憩效益-福利價值估算結果

序號	自然步道名稱	每年每人旅次觀察值平均 (1)	每年每人旅次預測值平均 (2)	每年每人 CS (元) (3)	每人每次 CS[1] (元) (4)=(3)/(2)	推估之年均旅客人次 (5)	2024 年遊憩效益(千元) (6)=(4)*(5)
42	美濃靈山登山步道	-	1.98	4,500		32,479	146,156
43	尾寮山登山步道	0.67	1.79	4,068		32,479	132,131
44	浸水營步道	0.33	1.26	2,864		32,479	93,009
45	里龍山自然步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
46	高士佛步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
47	石門山步道	2	1.15	2,614		32,479	84,889
48	撒固兒步道	4.6	3.64	8,273		82,186	679,902
49	佐倉步道	8.89	2.78	6,318		32,479	205,210
50	鯉魚山步道群	9.11	2.77	6,295	2,273	32,479	204,472
51	月眉山步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
52	虎頭山步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
53	八通關越道：鹿鳴吊橋段	0.67	1.23	2,795		32,479	90,794
54	安通越嶺道：西段	1	0.5	1,136		32,479	36,908
55	麻荖漏步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
56	都蘭山步道	0.33	0.65	1,477		32,479	47,981
57	鯉魚山步道	47.43	2.48	5,636		13,326	75,110
58	大武觀海步道	-	1.98	4,500		32,479	146,157
全國		10.99	1.98	4,501		1,883,796	7,478,514

註:1.每人每次 CS=每年每人 CS/每年預測旅次

2.旅行成本係數=-0.00044

資料來源:本計畫彙整。

附表八　2024 年 58 處自然步道遊憩效益-交換價值估算結果

序號	自然步道名稱	平均來回交通時間(小時)	平均停留時間(小時)	平均時間成本(元/小時)	推估之年旅客人次	交換價值(元/年)
1	金瓜寮魚蕨步道	2.60	3.00	325	32,479	59,112,218
2	桶後越嶺步道	3.53	5.00	500	32,479	138,578,203
3	哈盆越嶺步道	4.00	6.00	425	32,479	138,036,774
4	東滿步道	2.50	4.40	490	14,272	48,293,354
5	福巴越嶺國家步道	---	---	---	32,479	---
6	聖母登山步道	2.38	4.58	364	114,537	290,340,715
7	礁溪跑馬古道	2.80	2.75	488	32,479	87,966,776
8	林美石磐步道	3.63	2.57	404	32,479	81,266,875
9	九寮溪自然步道	2.23	2.23	388	17,100	29,581,625
10	拳頭姆自然步道	---	---	---	32,479	---
11	松羅步道	3.25	2.00	375	32,479	63,943,506
12	鳩之澤自然步道	5.92	2.10	135	32,479	35,165,274
13	新寮瀑布步道	2.06	1.59	246	32,674	29,327,857
14	蘇花古道：大南澳越嶺段	4.00	3.00	425	32,479	96,625,742
15	朝陽步道	3.75	2.88	200	32,479	43,034,994
16	南澳古道	---	---	---	32,479	---
17	鳥嘴山登山步道	---	---	---	32,479	---
18	冬瓜山登山步道	2.25	12.54	266	5,748	22,613,406
19	東卯山步道	3.80	9.75	318	32,479	139,949,801
20	唐麻丹山步道	2.02	4.79	361	15,639	38,422,030
21	德芙蘭步道	2.63	3.65	364	11,674	26,687,500
22	桃源里森林步道	1.50	3.00	288	32,479	42,093,096

附表八　2024 年 58 處自然步道遊憩效益-交換價值估算結果

序號	自然步道名稱	平均來回交通時間(小時)	平均停留時間(小時)	平均時間成本(元/小時)	推估之年旅客人次	交換價值(元/年)
23	清水岩(中央嶺、二棧坪、十八彎)步道群	1.67	2.20	285	50,898	56,227,016
24	麒麟山森林步道	1.16	3.13	344	32,479	47,875,700
25	坑內坑森林步道	1.65	1.50	189	11,138	6,624,988
26	龍過脈森林步道	1.64	2.56	261	34,882	38,241,654
27	二崙自然步道	1.72	1.18	314	2,122	1,930,940
28	九九峰森林步道	2.18	2.75	333	9,872	16,219,650
29	澀水森林步道	2.60	2.65	483	8,426	21,365,253
30	獨立山步道	2.23	12.43	365	27,753	148,536,821
31	土匪山步道	---	---	---	32,479	---
32	里美避難步道	---	---	---	32,479	---
33	關仔嶺碧雲寺-水火同源登山步道	2.84	1.65	352	95,894	151,508,538
34	關仔嶺大凍山步道	1.98	4.12	313	45,420	86,685,306
35	崁頂步道	1.60	4.00	100	32,479	18,188,375
36	崁頭山步道	---	---	---	32,479	---
37	鎮南宮步道	---	---	---	32,479	---
38	釭鼎步道	---	---	---	32,479	---
39	龍麟山步道	---	---	---	32,479	---
40	六義山步道	---	---	---	32,479	---
41	美濃雙溪樹木園步道	2.12	1.61	215	23,546	18,861,655
42	美濃靈山登山步道	---	---	---	32,479	---
43	尾寮山登山步道	4.00	4.00	275	32,479	71,454,330
44	浸水營步道	3.00	4.50	475	32,479	115,707,296

附表八　2024 年 58 處自然步道遊憩效益-交換價值估算結果

序號	自然步道名稱	平均來回交通時間(小時)	平均停留時間(小時)	平均時間成本(元/小時)	推估之年旅客人次	交換價值(元/年)
45	里龍山自然步道	---	---	---	32,479	---
46	高士佛步道	---	---	---	32,479	---
47	石門山步道	1.00	2.00	325	32,479	31,667,260
48	撒固兒步道	1.87	1.58	439	82,186	124,767,773
49	佐倉步道	1.33	1.83	500	32,479	51,425,032
50	鯉魚山步道群	1.62	2.67	422	32,479	58,784,965
51	月眉山步道	---	---	---	32,479	---
52	虎頭山步道	---	---	---	32,479	---
53	八通關越道：鹿鳴吊橋段	10.00	8.00	100	32,479	58,462,634
54	安通越嶺道：西段	4.00	4.00	750	32,479	194,875,445
55	麻荖漏步道	---	---	---	32,479	---
56	都蘭山步道	4.00	0.30	100	32,479	13,966,074
57	鯉魚山步道	2.22	1.14	343	13,326	15,366,907
58	大武觀海步道	---	---	---	32,479	---
全國		---	---	---	---	2,759,783,359

註：（1）～（3）皆為本計畫問卷調查統計，取各個自然步道之變數平均值。

（4）在經費與時間有限下，本計畫利用 19 處自然步道問卷調查地點，分別統計平日、假日各一日的遊客人數，再分別乘以 2024 年有 247 天平日、118 天假日，推估出 19 處的年遊客量，未進行實地問卷調查之自然步道，則以 19 處自然步道之平均人數每年 32,479 人次進行估算。

（5）交換價值=〔（1）＋（2）〕*（3）*（4）

資料來源:本計畫彙整。

附錄一、「我國低海拔陸域生態系服務價值評估架構研析計畫擴充案」期初工作會議

壹、開會時間：中華民國 114 年 3 月 21 日（星期五）下午 3 時 00 分

貳、開會地點：林業及自然保育署保育企劃組 6 樓會議室

參、主持人：陳組長連晃　　**紀錄：**郭晴茜

肆、出席人員：陳連晃組長、沈怡伶副組長、謝小恬科長、陳佳慈視察、錢玉蘭助理教授、林蕙萱博士後研究員、郭晴茜研究助理。

伍、討論事項：「我國低海拔陸域生態系服務價值評估架構研析計畫擴充案」之規劃報告及工作內容確認。

決議：

一、 有關森林生態系樣點選用，可優先考量海拔 800 公尺以下之「國家森林遊樂區」。此外亦可將「平地森林」與「步道」納入樣點選用範疇，雖平地森林非屬林地，然其仍屬國土綠網範疇，因此可評估納入；另步道對生態系遊憩相關服務有其重要性，故亦可納入範疇。林業及自然保育署後續會協助提供海拔 800 公尺以下「國家森林遊樂區」、「平地森林」與「步道」之相關資訊（例如面積、門票費用及遊憩人次統計），以利研究團隊選用合適樣點、提高樣點代表性。

二、 研擬問卷時，國家森林遊樂區內針葉林、闊葉林、竹林之面積分佈差異有時並非影響旅客需求的主要因素，而較有可能受森林遊樂區的特性差異影響，例如園區內是否有瀑布、是否有珊瑚礁等特性差異，林業及自然保育署後續會提供國家森林遊樂區、平地森林與步道之相關特性，以利研究團隊設計問卷。

三、 目前僅有全國針葉林、闊葉林等林相之面積統計資訊，資料尚未細節至森林園區內的林相面積分佈，後續林業及自然保育署

可提供現有最新海拔 800 公尺以下各林相之面積資訊，包含天然林與人工林之面積。

四、 人工林與自然林之定義參考森林資源調查報告所採用之定義。

五、 林業及自然保育署後續會提供人工林主要樹種面積，以利研究團隊了解我國人工林種植樹種之偏好。

六、 有關海拔 800 公尺以下林下作物的種類、面積及產值相關的問題，建議研究團隊後續拜訪「森林產業組」。

七、 有關不同樹種固碳差異等相關問題，建議研究團隊後續拜訪「農業部林業試驗所」。

陸、散會：下午 17 時 00 分

附錄二、森林生態系現勘-滿月圓國家森林遊樂區

一、現勘之參與人員名單

計畫專任博士助理：林蕙萱

計畫兼任碩士助理：楊芷瑄

二、現勘行程表

時間：民國 114 年 5 月 1 日（四）

時間	內容
10:00-	國立臺北大學集合
10:00-11:00	前往新北市三峽區滿月圓國家森林遊樂區
11:00-12:00	午餐
12:00-15:30	滿月圓國家森林遊樂區現勘
15:30-16:30	賦歸

三、滿月圓網頁現況介紹[1]

（一）地點位置與地質

滿月圓國家森林遊樂區（以下簡稱滿月圓）位於新北市三峽區有木里，於大豹溪上游，年均溫約 19 度，年平均相對濕度為 84.5%，距離台北大學車程約 40 分鐘，海拔介於 300～1,700 公尺，面積為 1,438.66 公頃。

地質以砂頁岩為主，以蚋仔溪貫穿園區，河谷坡度陡峭，河床侵蝕與搬運作用旺盛，形成多處瀑布景觀，其中以滿月圓瀑布、處女瀑布最著名。

（二）林相與生物相

滿月圓屬亞熱帶雨林溪谷型森林，主要樹種為人造柳杉林、天然溫帶闊葉林如大葉楠；因滿月圓環境潮濕，亦有多種蕨類生長，如禾葉蕨科的蕨類、膜蕨科的團扇蕨等。

[1]參考農業部林業及自然保育署所屬之台灣山林悠遊網網頁資料。

生物相部分，滿月圓具有豐富兩棲類、蝶類、以及鳥類，如白喉笑鶇、赤腹山雀、台灣松雀鷹、鳳頭蒼鷹、黑鳶、大冠鷲等。

（三）步道介紹

園區中步道共四條：(1) 處女瀑布步道，全長約 900 公尺，以石質鋪面為主，設有木欄杆，瀑布高度約 25 公尺，設有觀瀑台供遊客觀賞瀑布及休憩；(2) 滿月圓瀑布步道全長約 1,210 公尺，沿途設有涼亭、野餐區、觀瀑亭等設施，可供遊客休憩使用；(3) 健行步道則是進入園區後，遊客步行的主要步道，連接售票亭、遊客中心、森林小鋪等主要園區設施，路面以為柏油鋪面為主；(4) 自導式步道周圍的主要樹種為柳杉，部分路段可見到闊葉林，又自導式步道途中與東滿步道相接，可通往東眼山國家森林遊樂區。



圖 1 處女瀑布步道的露天休憩區



圖 2 蚋仔溪景觀

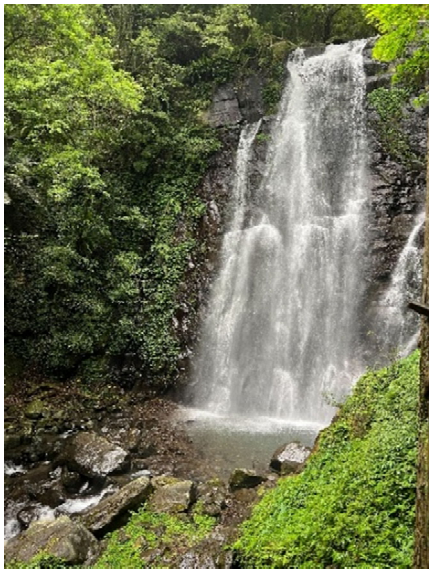


圖 3 處女瀑布景觀



圖 4 柳杉林

圖片來源：本計畫自行拍攝。

（四）交通

前往新北市三峽區的臺北客運一站搭乘 807 號公車，抵達滿月圓第 2 停車場，下車沿蚋仔溪生態步道步行約 30 分鐘即可到達售票站。從三峽啟程到滿月圓的來回班次如下。

平日： 『三峽一站發車時間』05:20、07:00、09:30、12:00、15:00、17:30。 『滿月圓發車時間』06:05、07:45、10:15、12:45、15:45、18:10。
例假日： 『三峽一站發車時間』：06:00、08:30、11:00、14:30、17:30。 『滿月圓發車時間』06:45、09:10、11:45、15:15、18:10。

四、現勘結果

（一）園區森林景觀與環境

滿月圓的步道建置完善，由入口處延伸至森林小舖的健行步道平緩且平坦，樹蔭繁盛，行走於此並不感覺炎熱。經觀察，滿月圓的林相以闊葉林為主，有些許針葉樹種與竹子；滿月圓中的針葉林主要為人造的柳杉林，主要生長於遊客中心後方的山坡地及自導式步道之中。因園區中柳杉林並非經濟林，故僅樹幹下層岔枝有修剪的痕跡，較上層岔枝仍任其生長。

此外，自導式步道，因樹木種類繁多，樹蔭密集，濕度亦較高，故有許多蕨類生長於此。

（二）基礎設施

園內設有多處休憩區、廁所、飲水機、販售處等，且有工作人員協助園區事務。在餐飲服務方面，滿月圓園區中的森林小舖有提供遊客部分餐食充飢，並有販售部份園區紀念品，如物種吊飾、服飾、精釀酒、杯墊等。

（三）景觀特徵

滿月圓的生態展示館則設置於遊客中心處，該處提供生態展示、DIY 手作等環教活動，且當日恰逢賞螢季的活動區間，故有設置集章闖關的環教活動，遊客可藉此增進對生態保育的相關知識。此外，經工作人員的介

紹，園區中所販售的木頭產品皆為日本進口的木材，並非園區中的人工柳杉林。

（四）步道鋪面

滿月圓整體路面以柏油鋪面、石質鋪面及木質鋪面為主，較少無鋪面的地段。

（五）生態環境

在物種方面，雖該處在紀錄中具有相當豐富的物種數量，但因勘查時恰逢5月1日勞動節，園區中遊客人數眾多，雖然仔細觀察與聆聽園中生物活動情況，但可能因為遊客太多而並未觀察到動物的活動情況。



圖 5 滿月圓國家森林遊樂區入口處


圖 6 健行步道環境


圖 7 遊客中心後方木棧道


圖 8 自導式步道環境

圖片來源：本計畫自行拍攝。

附錄三、森林生態系現勘-新寮瀑布步道

一、現勘之參與人員名單

計畫專任博士助理：林蕙萱

計畫兼任碩士助理：楊芷瑄、蔣芃琳

二、現勘行程表

時間：民國 114 年 5 月 8 日（四）

時間	內容
10:00-	國立臺北大學集合
10:00-13:30	前往宜蘭縣冬山鄉新寮瀑布步道
13:30-15:30	新寮瀑布現勘
15:30-	賦歸

三、新寮瀑布網頁現況介紹[1]

（一）地點位置與地質

新寮瀑布步道（以下簡稱新寮步道）位於宜蘭縣冬山鄉，步道全長 1.2 公里，海拔高度 103~205 公尺，步道前 0.9 公里的地勢較為平坦，0.9 公里後地形則較為陡峭。新寮步道中的主要溪流為新寮溪，因此地斷層地形發達，形成多處瀑布景觀。

（二）林相與生物相

在植物方面，該步道以闊葉林為主，沿途可見樟科、殼斗科植物，以及大葉楠與牛乳榕等樹木。因新寮步道的濕氣較重，亦有許多蕨類、耐蔭植物及藤蔓等林下植物生長於此。

在動物方面，新寮步道可見諸多野生動物，鳥類如紫嘯鶇、鉛色水鶇、朱鸝等；哺乳類動物則有台灣獼猴、大赤鼯鼠與山豬等；此外，亦有斯文豪氏赤蛙等台灣特有種棲息於此。

[1]參考農業部林業及自然保育署所屬之台灣山林悠遊網網頁資料。

（三）交通

前往羅東轉運站搭首都客運 281 線公車至仁山植物園站下車，步行 2.2 公里可到達步道入口。

281 線公車： 去程『羅東轉運站發車時間』08:00、11:00、14:00、16:00。 回程『仁山植物園站發車時間』09:00、12:00、15:00、17:00。

四、現勘結果

（一）園區森林景觀與環境

林相以闊葉林為主，且有蕨類生長，環境蓊鬱，但並未見到針葉林及竹林。步道全程步行時間約 1 小時，行進間皆有新寮溪伴隨於步道一側，水質清澈見底，且有指示牌解說新寮溪的物種及其特色，如石斑、溪哥等。

（二）基礎設施

新寮步道的環境設施建置完善，在入口處有設置停車場、洗手間、涼亭，且亦有林業保育署冬山工作站駐紮於此；此步道的停車場有兩處，相距不遠，但因勘查當天恰巧其外圍道路正在施工，因此進入的車輛僅能停在外側停車場，步行約 2 分鐘可抵達入口處。此外，入口處亦有 2 座涼亭，在右側的大型涼亭中，有商家設置誠實商店，販售冰品、飲料等，讓遊客可以自行購買；左側的小涼亭中，則有設置電風扇等設施，惟其可能年久失修，或無電力提供，無法運轉。



圖 1 新寮瀑布步道入口處



圖 2 入口處涼亭

圖片來源：本計畫自行拍攝。

（三）景觀特徵

新寮步道即使在平日也有不少遊客前往，在勘查的過程中，偶遇的遊客人數達十餘人，且皆為 2 人以上的團客。從遊客口中得知該處有第三層瀑布，後與地圖進行比對，推測為舊寮瀑布，舊寮瀑布步道總長為 1.1 公里，而銜接於新舊寮瀑布步道間的步道名則為新舊寮山徑步道，總長約 4 公里。原先規劃在離開前將前往冬山工作站中的生態展示館參觀，但經該處工作人員告知，生態展示館已於數年前關閉，不再營運。



圖 3　第一層瀑布

圖片來源：本計畫自行拍攝。



圖 4　第二層瀑布

（四）步道鋪面

步道路面以石質鋪面為主，多碎石步道及石階，在步行約 15 分鐘處的路段右側可見土石崩落的山壁，且下方有許多崩落後的岩石、木頭堆積。步道中亦有部分路段為木棧道，多設置於瀑布附近的觀瀑平台處，鮮少山徑為無鋪面路段。



圖 5　步道環境

圖片來源：本計畫自行拍攝。



圖 6　步道鋪面-石階



圖 7　土石坍塌處

圖片來源：本計畫自行拍攝。

（五）生態環境

山林間的新寮步道物種亦相當豐富，不僅能聽見此起彼落的鳥鳴聲，更看見白頭翁、白痣珈蟌、熊蜂等物種出沒。



圖 8　白痣珈蟌

圖片來源：本計畫自行拍攝。

附錄四、森林生態系現勘-大農大富平地森林園區

一、現勘之參與人員名單

計畫專任博士助理：林蕙萱

計畫兼任碩士助理：楊芷瑄、蔣芃琳

二、現勘行程表

時間：民國 114 年 5 月 15 日（四）

時間	內容
08:30-	國立臺北大學集合
10:05-14:30	前往大農大富平地森林園區
14:30-16:40	大農大富平地森林園區現勘
16:40-	賦歸

三、大農大富網頁現況介紹[1]

（一）地點位置與地質

大農大富平地森林園區位於花蓮縣光復鄉，園區總面積達 1,250 公頃，為全國第一座平地森林，由於地勢平坦適合各年齡層遊客前來遊玩。

（二）林相與生物相

林保署積極於該園區內推動平地造林，種植將近 20 種的低海拔常見闊葉樹種（如：光臘樹、櫸樹、楓香、茄冬、樟樹、臺灣欒樹...等）。園區內生物種類以鳥類最為豐富（如：大卷尾、環頸雉、烏頭翁、竹雞、黃頭鷺...等）；哺乳動物則有臺灣獼猴、野豬與山羌等；在兩棲爬蟲類中又以螢火蟲聞名。

[1]參考農業部林業及自然保育署所屬之臺灣山林悠遊網網頁資料，以及花蓮分署大農大富平地森林遊樂區簡介。

每年春季例行舉辦「大農大富賞螢趣」的活動，適宜闔家一同前往參與導覽活動。此外，園區透過整合周邊農業資源，規劃景觀農作區結合生態保育觀念，推動友善環境的耕作方式，並串聯周邊社區一同打造永續的環境產業。

（三）交通

搭乘臺灣鐵路東部幹線至鄰近園區之大富站（惟該站目前為無人服務之車站，停靠班次少），再步行約 2.5 公里進入園區。 另可搭乘至臺鐵光復站，再轉搭乘計程車進入園區。

臺灣鐵路東部幹線：
『花蓮往大富－大富站發車時間』
06:30、08:57、13:54、14:25、18:58、20:26、22:14。
『大富往花蓮－大富站發車時間』
06:02、08:39、12:04、16:42、17:38、24:40。

四、現勘結果

（一）園區森林景觀與環境

園區平日的遊客數不多，多數為友人結伴同行，人數約 2~4 人，此次勘查偶遇的總遊客人數約 10 人，多數遊客僅到訪木棧道與裝置藝術步行區，並未前往賞螢活動的步道路線。推測木棧道地面較為平坦且路程短，適合各年齡層的遊客行走，使年長者能在親近自然的過程中，不至增加過多的運動負荷量。

在遊客中心對面即是園區遊憩步行區，該區域的路面以柏油鋪面為主，因到訪日已臨夏季，此次現勘並未見花海景致。步行區中錯落幾處藝術裝置，提供民眾漫步的同時也能欣賞裝置並拍照留作紀念。



圖 1 園區全區路線圖

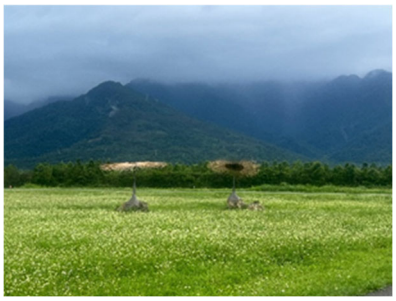


圖 2 園區裝置藝術

圖片來源：本計畫自行拍攝。

（二）基礎設施

大農大富平地森林園區的環境設施完善，停車場與道路廣闊可以容納大型遊覽車與小型汽機車，園區的遊客中心乾淨明亮，中心內設有洗手間、飲水機以及提供民眾休憩的戶外桌椅，當民眾走訪步道前後皆能夠在此得到充分的休息。



圖 3 遊客中心



圖 4 步道入口長椅

圖片來源：本計畫自行拍攝。

（三）景觀特徵

從停車場至木棧道步道區，因步道區周圍有柏油道路，故小型客車能夠直接停於步道附近，對於行動不便長者來說較為友善。在步道入口處設有長椅提供遊客休息，周遭林相以人工闊葉林為主，並未見針葉林或者竹林等其他林相類型。



圖 5 柏油鋪面道路

圖片來源：本計畫自行拍攝。

（四）步道鋪面

1、木棧道步道區

從停車場步行約 10 分鐘即可抵達木棧道步道區，步道全程走完約莫 10~15 分鐘左右，木棧道鋪面平坦易於行走。

2、賞螢活動步道

木棧道區出入口往另一側行走約 5 分鐘，即可抵達賞螢活動的步道路線，步道內並未有明顯的人工鋪面設計，但灑有米糠防止路面因泥濘濕滑而難以行走，行走的過程中也有看到在此設置的定向檢查點，顯示過往有舉辦定向越野相關的活動。



圖 6 木棧道環境



圖 7 賞螢步道環境



圖 8 定向檢查點

圖片來源：本計畫自行拍攝。

（五）生態環境

生物方面觀測到的物種雖未及過往調查種類繁多，推測是由於當時現勘正值午後的緣故，造成較少物種出沒。但仍有觀察到鳥類與兩棲類的出沒蹤跡，鳥類觀察到有大卷尾與烏頭翁穿梭於園區空中，陸地上有黃頭鷺停留於園區草坪內；兩棲類則是在遊客中心後方的生態池中可聽見貢德氏赤蛙、布氏樹蛙的鳴叫聲。



圖 9 生物熱點示意解說牌



圖 10 生態池

圖片來源：本計畫自行拍攝。

附錄五、森林生態系現勘-八仙山國家森林遊樂區

一、現勘之參與人員名單

計畫專任博士助理：林蕙萱

計畫兼任碩士助理：楊芷瑄、蔣芃琳

二、現勘行程表

時間：民國 114 年 11 月 14 日（四）

時間	內容
06:00-	板橋車站集合
06:03-12:00	前往八仙山國家森林遊樂區
12:00-16:00	八仙山國家森林遊樂區現勘
16:00-	賦歸

三、八仙山國家森林遊樂區網頁現況介紹[1]

（一）地點位置與地質

八仙山國家森林遊樂區位於臺中市和平區，面積共達約 2,452 公頃，海拔範疇落差大介於 667~2,938 公尺之間。園區內地景受到十文溪與加保溪的侵蝕，形成峭壁景觀與溪谷地形，並以丘陵地為主。

（二）林相與生物相

園區內具有溪谷及山坡地形，加上海拔落差大，因此林相及生物相豐富多元。代表性植物以針葉樹種為主，如：臺灣二葉松、臺灣五葉松、肖楠、杉木以及殼斗科植物；另外也有蕨類植物以及藤類植物攀附在岩壁與樹木上，豐富的植物相為當地動物重要的食物來源。生物則是有哺乳類、兩棲爬蟲類、鳥類以及昆蟲類等。由於鄰近溪流且無外在人為開發干擾，

[1]參考農業部林業及自然保育署所屬之台灣山林悠遊網網頁資料。

溪流旁可見蛙類與溪澗型鳥類（如：翠鳥、鉛色水鶇以及臺灣紫嘯鶇...等）蹤跡，使八仙山成為當地重要的生態觀察景區。

（三）交通

搭乘臺灣鐵路西部幹線至新烏日站，再轉乘 153 延公車可直接抵達八仙山國家森林園區；前往台鐵臺中站搭乘 269 公車，抵達谷關，再轉乘 850 公車抵達。

1. 台鐵新烏日站轉乘公車：
(1) 去程 153 延『新烏日站往八仙山國家森林遊樂區發車時間』09:35。
(2) 回程 153 延『八仙山國家森林遊樂區往新烏日站發車時間』13:15。
2. 台鐵臺中站轉乘公車：
(1) 去程
850『臺中站往谷關發車時間』06:00、07:20、08:00、09:00、10:00、11:00、13:10、14:00、15:10、16:10、17:30、20:00。
269『谷關往八仙山國家森林遊樂區發車時間』10:00、15:30。
(2) 回程
850『谷關往臺中車站發車時間』06:10、07:15、08:10、10:10、11:20、12:15、13:20、14:45、16:35、17:10、18:15、19:00。
269『八仙山國家森林遊樂區往谷關發車時間』10:35、16:00。

四、現勘結果

（一）園區森林景觀與環境

本次現勘期間遇到遊客數約為 50 人；團客人數約 20 人左右，散客相對較多，多與親友 2~5 人結伴同行。園區的第一停車場前方，即為遊客中心提供園區遊玩指引以及諮詢服務。另外，園區內也有餐廳、住宿場域以及戶外休憩區，可供遊客規劃多日旅遊。

景點方面有天籟步道欣賞溪谷風光，其地勢平緩適合不同年齡層遊客前往走訪。園區最深處可抵達八仙山登山口，適合喜好登山健行遊客到訪攀登。此外，也有展示過往林業開發的歷史遺跡，使遊客親近自然的同時也能了解當地的林業發展文化。



圖 1 園區全區路線圖



圖 2 園區遊客中心

圖片來源：本計畫自行拍攝。

（二）基礎設施

八仙山國家森林遊樂區的遊客中心與主要景點，離入口處開車約莫 10 分鐘的車程即可抵達，但路上的柏油鋪面較不平整，建議可修繕以提升遊玩品質。園區內的環境設施完善，具有第一以及第二停車場，可以容納多台汽機車，提升抵達景點的便利性。遊客中心內設有飲水機、廁所以及休息座椅之外，也有設計新穎的解說看板，有助於遊客休憩的過程中，了解過往的產業文化與當地生態資訊。



圖 3 遊客中心內部



圖 4 遊客休憩區

圖片來源：本計畫自行拍攝。

（三）景觀特徵

園區內除了具有溪谷、闊葉林、針闊混和林與竹林的自然景觀之外，也有過往林業開採的歷史文化景點，多元的景點類型有助於增加遊玩體驗的豐富度。自然生態層面來說，想觀察溪流生態的遊客可步行天籟步道，園區內也設有環境教育中心，推動環境教育活動體驗；想了解當地過往林業發展歷史，可以走訪加保台車站意象、靜海寺以及神社遺址等歷史人文區。

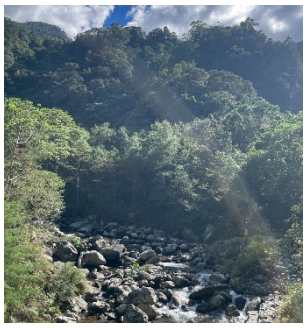


圖 5 溪谷景觀



圖 6 步道周邊林相



圖 7 加保台車站意象

圖片來源：本計畫自行拍攝。

（四）步道環境概述

1、天籟步道

天籟步道為當天最多遊客到訪之處，其步道以平坦的木質鋪面棧道為主，沿途可觀察溪谷生態與欣賞峭壁景致。現勘當天，天籟步道後半段受到邊坡崩塌影響，因此遊客無法抵達步道終點需原路折返。

2、歷史人文區

往園區上方走，途中有涼亭可以休憩，步道主要以石質鋪面為主。穿過第二停車場後即可抵達園區內文化景點核心區域，不同路段鋪面分別為柏油路、木棧道、無鋪面、石質鋪面與水泥鋪面。此處的遊客人數較少，推論可能是因為距離下方的休憩區有段距離，因此遊客數量相對不多。



圖 8 天籟步道

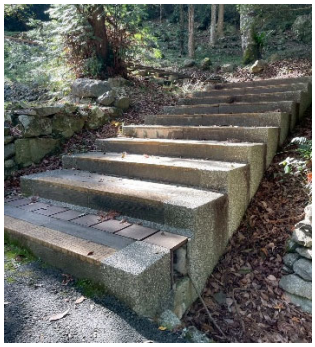


圖 9 水泥鋪面

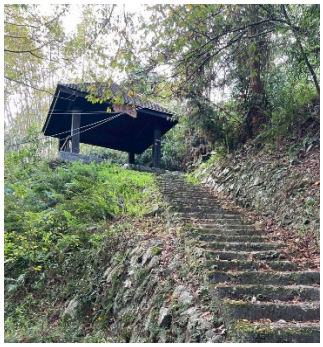


圖 10 石質撲面

圖片來源：本計畫自行拍攝。

（五）生態環境

本次現勘所觀測到的生物多以昆蟲與植物為主，較少見到動物的蹤跡。推論可能是因為到訪的時間為正午天氣較為炎熱，並非動物適宜的出沒時機。行經步道的過程中，除了常見的闊葉林相之外，也觀察到有針葉樹種的分布（如：柳杉、臺灣二葉松、杉木...等）。可見園區內，因海拔落差形成更豐富的林相景觀特徵，有助於增添當地生態環境的棲地多樣性。

此次勘查發現八仙山自然教育中心對面的林地，樹上皆有掛著蝙蝠箱；經了解，過去教育中心與黃金蝙蝠生態館有合作辦理蝙蝠研習課程，透過寓教於樂的方式，讓民眾進一步了解蝙蝠生態習性。由此可知，自然教育中心的設置對於森林遊樂區來說，具備重要環境教育推廣價值。



圖 11 溪邊鳥類解說牌



圖 12 蝙蝠箱

圖片來源：本計畫自行拍攝。

附錄六、農業部林業試驗所主任秘書林俊成
專家訪談記錄

日期：民國 114 年 8 月 15 日（五），下午 14:00-15:30

地點：農業部林業及自然保育署（台北市中正區杭州南路一段 2 號）7 樓會議室

計畫團隊：

臺北大學自然資源與環境管理研究所：臺北大學自然資源與環境管理研究所錢玉蘭助理教授、林蕙萱博士後研究員、郭晴茜專任助理、楊芷瑄兼任助理、蔣芃琳兼任助理、吳佳蓉兼任助理

委託單位：

農業部林業及自然保育署：王怡平科長、謝小恬企劃組科長、陳佳慈企劃組視察

一、森林生態系服務評估範疇

- **錢玉蘭助理教授**：本案旨在建立國家帳表，目前資料較缺乏的情況下，是否有必要於本計畫將森林生態系服務區分為海拔 800 公尺以上與海拔 800 公尺以下？
- **林俊成主任秘書**：當時出於什麼考量將森林生態系評估範疇限縮在海拔 800 公尺以下？
- **陳佳慈企劃組視察**：前期計畫係為聚焦於國土生態綠網的生態系服務價值，故限縮在海拔 800 公尺以下。
- **林俊成主任秘書**：若聚焦在國土生態綠網區，部分生態系服務可能被忽略，例如國土生態綠網區無伐採區（木材供給服務被忽略），因此需先釐清本案預期成果是「計算綠網生態系服務效益」，還是「編製 SEEA 生態帳」？若為編製編製 SEEA 生態帳，則不會限縮在海拔 800 公尺以下。

- **陳佳慈企劃組視察**:本計畫預期成果為編製編製 SEEA 生態帳。
- **林俊成主任秘書**：編製 SEEA 生態帳較無海拔差異，老師無需為區分海拔而建立更多假設項，目前林業統計資料即可滿足評估木材供給服務價值的需求。

二、木材供給服務

- **錢玉蘭助理教授**：天然林是否有木材供給量？
- **林俊成主任秘書**:較少,天然林法規上係禁伐的,唯遇特殊情況,例如森林火災發生時，需進行移除、管理工作。

三、野生動物、植物與其他生物量供給服務量

- **錢玉蘭助理教授**：森林副產物統計資料是否已涵蓋了所有林下經濟項目？
- **林俊成主任秘書**:林下經濟正持續推動,建議老師先以官方統計的森林副產物資料為準，後續再慢慢擴充。

四、全球氣候調節服務

- **錢玉蘭助理教授**：計算森林全球氣候調節服務需各類林型樹種的材積資料，農業部是否有相關資料可提供？
- **林俊成主任秘書**:這部分資料過去皆連結於「國家溫室氣體排放清冊報告」第六章，內有森林各類型的碳吸存量資料。
- **錢玉蘭助理教授**:當初林主秘在計算森林碳吸存時,為何未將土壤碳吸存能力納入？
- **林俊成主任秘書**:土壤每年碳吸存量不高,主要為碳儲存效果,當時亦受資料不足限制，故未將土壤納入評估範疇。
- **郭晴茜專任助理**：聯合國 SEEA 生態帳最新版建議計算生態系

全球氣候調節服務時，不僅需計算「碳封存（carbon sequestration）」，亦需計算「碳保留（carbon retention）」。僅計算碳封存（類似於碳吸存的概念）時，在一些狀況下會低估全球氣候調節服務的價值。想請問林主秘之前的研究是否考量到碳保留概念？

- **林俊成主任秘書**：過去沒有算過碳保留價值，若計畫團隊認為有必要，可試算看看森林碳保留價值。
- **錢玉蘭助理教授**：針對這項服務折現率，是否有統一參考？
- **林俊成主任秘書**：無，若有足夠依據，可自行選擇折現率，或可參考交通部公共建設的折現率。

五、空氣過濾服務

- **錢玉蘭助理教授**：我國空氣污染源種類很多，當初係因資料限制而未全部納入嗎？
- **林俊成主任秘書**：對，生態系服務價值評估受限於資料可取得性，當時已將可取得資料的污染源皆納入評估範疇。台灣對樹木空氣過濾服務的研究以都市公園樹木為主要對象，因其較靠近污染源。相較之下，山上森林的空氣過濾服務相關研究較少，造成無法了解都市公園樹木與山上森林的連結，對於各項服務的研究缺口，老師可彙整於計畫結論與建議中，供未來參考。

六、森林生態系分類

- **郭晴茜專任助理：**本計畫一開始期望將每項服務都依 7 大類森林生態系（天然/人工針葉林、天然/人工闊葉林、天然/人工針闊混合林、竹林）細分其服務差異，然觀察到過去林主秘的研究僅碳吸存服務有將森林生態系細分，其他服務皆未按林型細分，本研究亦發現以如今公開資料水平，較難將每項服務皆區分為 7 類森林生態系。
- **林俊成主任秘書：實務上仍以資料可取得性為優先，若資料無法取得，無需將森林細分為 7 大類，以方便後續資料更新。**

七、水資源淨化服務

- **錢玉蘭助理教授：**是否有各林型的降雨量資料？
- **林俊成主任秘書：**目前降雨量的資料來自於氣象署，然現有測站無法直接反應出各林型降雨量的差異，可能需要透過內插等方法間接推估出各林型的降雨資料，目前仍缺乏這部分資料。
- **林蕙萱博士後研究員：**不同林型的徑流係數會有差別嗎？
- **林俊成主任秘書：**徑流係數與坡度有關，植生狀況可能也會有關係，完整計算過程可參考「水土保持技術規範」。

附錄七、農業部林業及自然保育署森林產業組訪談會議記錄

日期：民國 114 年 11 月 4 日（二），上午 10:00-11:00

地點：農業部林業及自然保育署（台北市中正區杭州南路一段 2 號）1 樓會議室

受訪單位：農業部林業及自然保育署森林產業組王芳簡任技正、蔡宗穎科長、洪鳳栩科員

委託單位：農業部林業及自然保育署企劃組謝小恬科長、陳佳慈企劃組視察

計畫團隊：國立臺北大學自然資源與環境管理研究所林蕙萱博士後研究員、郭晴茜專任助理

壹、 討論綱要：

一、 森林生態系供給服務價值評估選用之數據來源

二、 估算森林生態系供給服務相關內容及建議

貳、 會議記錄：

一、木材供給服務

1、林業保育統計中主產物之資料，來自於伐採者申請許可證時，所填報產量與產值之資料。

2、林業保育統計蒐集用以計算主產物產值之木材價值，署內將該價格定義為木材砍伐後第一次售出的金額，類似於原物料價格，而非後續製成品（例如家具）之價格，故無需乘上製材率。

3、木材供給並非完全來自人工林，天然林亦會有伐採量的統計值，例如屬於「專案採取」或「漂流木」類別之伐採。

4、按 7 類林型面積等比拆分木材供給服務價值之方式較不合理，建議改採用 7 類林型蓄積量等比拆分木材供給服務價值。

5、建議可參考第四次森林資源調查中針闊混合林不同樹種蓄積量的比例，以此推估針闊混合林之木材供給服務價值。

二、 野生動物、植物和其他生物量供給服務

1、林下經濟的9項森林副產品產值目前尚未統計完備，仍處於推動階段。

2、森林副產物的統計資料，來自於農業部向森林副產物所有者收國有林租金時，會要求其填報森林副產物產值。

3、森林副產品的採收僅會出現在人工林，不會出現在天然林。

三、其他

1、林下經濟是一種行為，林下經濟產物即屬於森林副產品範疇。

2、林下經濟目前有限制耕作海拔，唯未來可能會放寬海拔之限制。

參、 會議結束（11:00）

附錄八、「我國低海拔陸域生態系服務價值評估架構研析計畫擴充案」
第一次專家諮詢會議紀錄

一、專家諮詢會議目的

為使國人充分瞭解低海拔陸域各類型生態系所提供的「生態系服務價值（ecosystem service value，以下簡稱 ESV）」，讓民眾在進行各種土地利用與移轉時，除考量經濟利益之外，也能權衡生態系服務（ecosystem service，以下簡稱 ES）的損失，將有助於加強土地明智利用的動機，達到能源安全、國土保安及國家永續發展的多重目標。

國立臺北大學受農業部林業及自然保育署（以下簡稱林業保育署）委託辦理「我國低海拔陸域生態系服務價值評估架構研析計畫擴充案」，接續前一年度以國土生態綠網關注區為計畫範疇，本年度主要針對臺灣低海拔陸域的森林生態系，依據前期完成的 ESV 評估架構，進一步研析森林生態系 ESV 實證評估方法、以及如何將 ESV 納入臺灣環境經濟整合帳的途徑與方法。

討論綱要：

- 低海拔陸域(國土綠網關注區)生態系類型之界定與分類。以環境經濟帳表的生態帳編製為主要目標，確認納入本研究估算 ESV 的森林生態系服務項目。
- 確認國內森林 ESV 評估所需相關資料情形，討論是否已有資料、可能之資料來源，或是適合的替代資料。

二、座談會議程

會議地點：農業部林業保育署 7 樓會議室

會議時間：114 年 8 月 19 日（星期二）下午 02:00

時間	議程	主講人
13:50~14:00	簽到	-
14:00~14:30	專家諮詢會內容說明	國立臺北大學 自然資源與環境管理研究所 計畫主持人 錢玉蘭
14:30～15:30	專家學者評論	受邀之專家學者
15:30～15:50	綜合意見交流	全體與會者
15:50～16:00	總結	國立臺北大學 自然資源與環境管理研究所 計畫主持人 錢玉蘭
16:00	散會	

三、出席人員名單

（一）委託單位

服務單位/職稱	姓名
農業部林業及自然保育署保育企劃組副組長	沈怡伶
農業部林業及自然保育署保育企劃組簡任技正	石芝菁
農業部林業及自然保育署保育企劃組科長	謝小恬
農業部林業及自然保育署保育企劃組科長	吳俊奇
農業部林業及自然保育署保育企劃組視察	陳佳慈
農業部林業及自然保育署保育管理組科長	林其徽
農業部林業及自然保育署保育管理組技士	曾冠瑜

（二）計畫團隊

服務單位/職稱	姓名
國立臺北大學自然資源與環境管理研究所助理教授	錢玉蘭
國立臺灣大學農業經濟學系暨研究所教授	吳珮瑛
私立中國文化大學經濟學系教授	柏雲昌
國立臺北大學博士後研究員	林蕙萱
國立臺北大學專任研究助理	郭晴茜
國立臺北大學兼任研究助理	楊芷瑄
國立臺北大學兼任研究助理	蔣芃琳
國立臺北大學兼任研究助理	吳佳蓉

（三）受邀出席專家學者

服務單位/職稱	姓名
國立臺灣大學森林環境暨資源學系教授	丁宗蘇
國立宜蘭大學森林暨自然資源學系助理教授	林奐宇
國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所助理教授	林大利
生物多樣性研究所生態系經營組副研究員	陳宛均
國立臺灣大學森林環境暨資源學系副教授	林政道（書面）

四、會議紀錄

國立臺北大學 錢助理教授玉蘭：

專家諮詢會內容說明（略）

生物多樣性研究所 陳副研究員宛均：

1. 建議研究團隊可從 TCCIP（臺灣氣候變遷推估與資訊平臺建置）申請有關降雨的資料，資料可細到全臺 1*1 公里空間範圍內的降雨量。
2. 針對森林副產品，現林下經濟仍處推廣、試驗與測試階段，因未達產業規模，故尚未建立含產量的統計資料庫，建議考慮將**竹筍**等，可於現有統計年報獲取的森林副產品納入評估範疇，這部分較無與農糧體系重複計算之疑慮。
3. 因第五次森林資源調查尚未完成，建議本案仍以第四次森林資源調查成果為價值評估依據。

國立宜蘭大學 林助理教授奐宇：

1. 過去林試所研究過集水區，發現森林與裸露地相比，可留住更多可用雨水，若本案未將「水資源供給」與「洪水控制服務」列入評估範疇，是否會造成森林可留住洪峰雨水的功能被低估？
2. 針對森林副產品中的香菇與木耳，部分香菇與木耳作物係於平地溫室栽培，然其太空包材料來自森林生態系的木材或竹屑，這部分太空包具有經濟價值，是否應將其納入森林供給服務評估範疇？
3. 建議向企劃組吳俊奇科長詢問木材供給服務所需之圖層與分佈。
4. 關於樹種滯塵量研究，建議可參考林試所王秋嫻過去相關之研究計畫。
5. 吳老師提到 USLE 公式較不適用於臺灣森林土壤衝蝕之計算，建議可拜訪林試所曾俊偉，過去林試所林莊沛博士曾實際檢測過表土流失量，而非使用 USLE 公式推估，故較有參考價值。
6. （書面建議）樹種價格不因人工、天然或海拔不同有所差異。

國立臺灣大學 丁教授宗蘇：

1. 回應林奐宇老師第一個問題，林老師說的洪峰雨水保留服務應已算在本案「水流調節服務」中。

2. 建議將「區域微氣候調節服務」與「降雨模式調節服務」納入評估範疇，或許可參考第 32 頁本案所列陳朝圳、吳守從、江彥鋒（2006）之研究。

3. 本案天然林無木材供給服務，係考量到我國天然林在法規上禁伐，然實務上部分天然林因屬盜伐或屬漂流木等原因，會以標售方式售出，故建議仍將木材供給服務納入天然林計算範疇。

4. 本案木材供給服務係採用「木材年伐採量」，建議改為「森林生態蓄積量的年增加量」，前者類似於銷售量的概念，後者類似於庫存的概念，我國森林現況係庫存很多，銷售量較低。

5. 本案用「木材市價」乘上「木材年伐採量」，以評估森林木材供給服務價值。然除市價外，木材亦有「山價」，山價未包含木材伐採與運輸等成本，故與市價有較大差距，且木材山價資料較不易取得。

6. 目前段木香菇溫室栽培所使用的太空包，其原料（木粉）多由森林提供，是否可將這部分納入森林供給服務，擔心森林生態系供給服務有被低估之疑慮。

7. 本案計算碳吸存與碳保留量時，建議以國家溫室氣體清冊的資料為基礎。

8. 針對土壤與沉積物保留服務，建議搜尋裸露地與草生地土壤流失量資料，以利將其與有森林覆蓋之情形比較。

9. 針對水質淨化服務，建議將不同森林集水區的水資源濁度差異納入考量，因不同森林的水資源濁度可能不一，水資源濁度會影響其淨化成本，這部分資料可能在農村水保署或林業保育署。

10. 針對空氣過濾服務，建議未來研究或計畫可使用兩類變數進行計算：（1）葉面積指數；（2）各樣空氣污染物分子量與二氧化碳分子量的比值，運用這兩類變數可推估出不同林型之空氣過濾實物量。

11. 針對水流調節服務，建議參考農村水保署與水利署的資料，觀察在降雨後，有森林與無森林覆蓋的集水區水流量隨時間之變化曲線。

12. 建議本案資料需求可分為兩類：「空間資料」與「非空間資料」。

13. 建議本案可列出具體公式，以及每項公式對應的資料需求，以利資料不足時，可適時調整或更換公式。

國立臺灣大學 林助理教授大利：

1. 針對授粉服務，建議可使用以下方法評估授粉服務價值：邀農業與生物系老師、羅列對臺灣重要的授粉者名錄、對應至生物多樣性網路（含各式各類物種資料）、套疊森林圖層、觀察與計算每一網格授粉昆蟲數量或多樣性，以此評估森林授粉服務的價值。上述方法相較於效益移轉國外成果為佳，唯複雜程度較高，可能需新計畫來支援。

2. 針對遊憩相關服務，建議使用 eBird（賞鳥記錄資料庫）提供的資料，包含賞鳥路線、時間、參與人數與消費金額，此類資料可作為遊憩相關服務價值評估之依據。

3. 針對教育科學與研究服務，建議可將「與森林相關的書籍、報道文學、創作、繪本的資料」作為服務價值評估之依據，例如可向出版社或電商平臺（例如博客來）索取與森林相關出版物的銷售狀況。

國立臺灣大學 林副教授政道（書面意見）：

1. 目前依 SEEA EA 原則納入 15 項及排除 13 項生態系服務，依照臺灣的生態環境與現況應為妥適。

2. 森林生態系服務價值會因不同林型、不同海拔可能會有所差異，亦有可能因氣候與環境稍有不同，針葉樹及闊葉樹適合分布區域不同，低海拔多以闊葉樹為主，供給量應有所差異。然目前資料不足，仍待有詳細區分後確認。此外竹林在低海拔應無明顯海拔差異上的不同。

3. 人工針葉林供給服務價值，尚需考量不同齡級、樹種間的差異，建議可搜尋人工林造林年份確認樹齡。

4. 建議向林業保育署造林生產組要相關造林野帳資料，或是使用航遙測照片判釋林地樹種，目前有一些透過衛星遙測資料可計算地上部生物量的方法。可參考近期的回顧研究，例如 Abbas et al. (2020) Approaches of satellite remote sensing for the assessment of above-ground biomass across tropical forests: Pan-tropical to national scales. doi:10.3390/rs12203351 這

篇是回顧熱帶森林的地上部生物量估測。

5. 全球氣候調節服務：各類林木之碳儲存量，建議可納入國家植群圖、森林調查資料與航遙測資料以區分人工、天然林，再計算碳存量。

6. 空氣過濾服務：各類林型吸收各類污染物的能力，建議可詢問臺大森林系張庭維老師，其研究與 VOC 有關。

7. 水資源淨化服務：各林型降雨量，建議整併成森林降雨量即可，因雨量不會因為不同林型有太大差異，此外氣象測站在山區設站點不多，建議以資料來源與 TCCIP 索取網格推估資料，會較容易計算。

8. 各林型蒸散量、逕流量、授粉服務：建議合併成針葉林、闊葉林、針闊葉混合林即可。特別是授粉服務，針葉林多半以風媒為主，計算傳粉者相關資料僅闊葉林或針闊葉混合林較有意義。

林業保育署 石簡任技正芝菁：

1. 認同陳副研究員第二項建議，林下經濟項目可保留，唯建議將過去已穩定連年統計的其他森林副產物（例如竹筍與愛玉子）納入評估範疇。

2. 因生態帳架構原則或資料限制，部分森林服務項目目前無法被計算，建議於本案計畫成果中仍列出所有森林服務項目，以了解未來研究方向。

3. 謝謝林奐宇老師提供的專家資訊，亦回應吳老師對帳表是否可連年更新的疑慮，建議本案以梳理每項服務確切算法與資料出處（國內資料）為優先，暫勿受「資料是否易取得」之限制，若有較多不易取得資料，本署會考量後續是否應投入更多資源以維持生態帳連年更新。

4. 為滿足生態帳帳表之會計制度、避免與其他生態系重複計算，森林生態系服務之計算範疇似被限縮了，擔心造成森林生態系價值被低估、價值評估成果較難滿足政策需求之情形。

5. 今年處於試編階段，若部分服務因資料限制較難算出實際數值，可於報告書中述明已掌握之方法或可能之資料來源。

6. 本案需各機關部會提供之資料，本署可協助發文給各部會，以提高資料蒐集之效率。

林業保育署 吳科長俊奇

過去本署已提供森林資源調查成果供主計總處國民綠色所得帳使用，國民綠色所得帳僅採用森林面積與蓄積相關資訊，無需將林型細分，故建議本計畫亦無需將每項服務皆強行細分為7大類林型，雖在實務上可用圖層套疊的方式切割為7大類林型，然較無如此切割之必要。

林業保育署 沈副組長怡伶：

1. 竹筍、愛玉子與其他林下經濟推動項目皆應納入森林副產品範疇，建議與產業組正式洽談，請產業組提供現有相關統計資料，以利價值評估。
2. 森林資源調查成果可洽詢企劃組吳科長，林業統計成果可洽詢產業組。
3. 建議本案後續針對已挑選出的 15 項森林生態系服務，羅列出每項服務價值評估之計算方式及資料來源，以利本署檢視是否有缺少的項目。
4. 針對木材供給服務：若選用「木材伐採量」，應乘上「山價」較為合理；若選用「市價」，則需將「木材伐採量」先乘上「木材製材率」，再乘上「市價」，其結果才更為合理，而非用「木材伐採量」乘上「市價」。
5. 森林供給服務中，除木材供給服務屬一較成熟產業外，太空包亦屬較成熟之產業，且產值不小。

國立臺灣大學 吳教授珮瑛：

1. 認同石簡任技正第二項建議，本案應於成果報告書中呈現含完整森林生態系服務的表格，並於表中註明已於今年完成價值評估的服務，若為今年度無法評估的服務，亦可表中註明無法評估原因或建議未來研究方向。
2. 針對土壤與沉積物保留服務，建議勿使用臺灣森林土壤流失相關研究成果，特別是使用 USLE（通用土壤流失公式）計算森林土壤流失量的研究成果。因 USLE 係以計算農業土壤流失量為目的之公式，被設計應用於美國中西部地形較平緩之農地，故不適用於我國海拔落差較大之森林。
3. 因本案為首次試編我國森林生態帳，建議於試編階段考量未來資料按年更新之可行性，建議以林業保育署可獲得之例行統計的資料為優先（例如林業統計年報），而非依賴無法連年更新的個別研究成果建立國家帳表，以避免試編後出現連年更新困難之情形。因此，部分森林生態系服

務若合併 7 類森林生態系更有利於未來資料之更新，建議合併計算。

私立中國文化大學 柏教授雲昌：

1. 回應各位對林下經濟與農業生態系計算範疇重疊之疑慮，建議切割方式如下：若林下經濟的產物係直接被消費者消費，則屬於森林生態系範疇，若林下經濟的產物僅作為農產品之投入項，則應屬於農業生態系範疇。

2. 可以理解林業保育署期望民眾更了解森林之價值，然森林生態帳編製的概念與計算樹木的價值不同，樹木的價值可以有很多，卻不見得皆可納入國民綠色所得帳計算範疇，故編製國家帳表時會對評估範疇之界定更加嚴謹。

國立臺北大學 郭專任助理晴茜

1. 聯合國生態帳依循 SNA（國民會計制度）的會計統計原則，其已規範各國在計算木材供給服務時，需以會計期間內實際砍伐下的木材為對象。

2. 過去全球氣候調節服務僅計算碳封存（carbon sequestration）能力，即生態系一年的固碳量，而成年老樹的年固碳量會小於幼樹的年固碳量，若各國都追求年固碳量最大化，似乎在鼓勵各國將老樹砍伐後種小樹，然聯合國並不認同上述做法，故聯合國建議全球氣候調節服務不僅需計算碳封存能力，亦建議同時計算碳保留（carbon retention）能力，碳保留指的是「避免碳排放至環境中」的能力，若將老樹砍下，則代表森林生態系「避免碳排放至環境中」的能力降低了。

3. 回應專家與 貴署對森林價值恐被低估的疑慮：在聯合國生態帳的架構中，編製完「森林生態系服務貨幣帳」後，則可編製「森林生態系資產帳」，本案（森林生態系服務貨幣帳）計算的是森林一年所提供生態系服務之價值，而非森林資產的價值，「森林生態系資產帳」因考量了生態系壽命的概念，故反應的才是森林這個資產的價值，在政策中較常使用的亦為森林生態系資產價值。然若沒有年服務價值之估算，亦無法推估資產價值。

國立臺北大學 錢助理教授玉蘭：

1. 回應林大利老師的建議，本案森林的遊憩相關服務偏向以「隨機抽樣」的方式進行遊客面訪問卷，會比用特定人群(例如：以賞鳥為旅行目的)更能反應母體真實的狀況。

2. 回應林奐宇老師的建議，太空包作為一種農產品生產的投入，可能會被算在農業生態系中，而非森林生態系。

3. 回應吳老師對 USLE 公式的疑慮，本案後續會再進行確認與修改。

4. 回應丁老師建議：(1) 森林雖有降低環境溫度之效益，然生態帳旨在計算生態系對人類與經濟之效益，除非森林內有居民，且有相關資料可提供(過去研究僅聚焦於都市公園林木對居民之效益)，才有辦法估算該效益；(2) 森林蓄積量價值可反應於「全球氣候調節服務」，木材供給服務非以計算「潛在可砍伐木材」為目的，而係以計算會計期間內的「實際砍伐木材」為目的，故不能用蓄積量的增加來計算；(3) 可以理解太空包有其經濟價值，本案會再確認將其納入森林生態系評估範疇之合理性與可行性；(4) 本案較難推估不同林型吸收各項空氣污染物的量，會再蒐集看看是否有相關研究成果。

5. 依聯合國生態帳之規範，生態系服務貨幣帳（本案）應立基於「生態系規模帳」、「生態系條件帳」與「生態系服務實物帳」之上，各國亦依循如此編製順序，然本案為我國首次試編生態帳，目前尚無上述 3 個基礎帳表卻需直接編製生態系服務貨幣帳表，導致本案資料蒐集困難、工作項目繁多。仍謝謝各委員寶貴意見，本案會繼續將帳表資訊梳理得更完整。

伍、會議結論

感謝大家出席本次專家諮詢會議，並對本計畫提供相關建議與評論，後續會納入本計畫參考並再做調整修正。若後續還有相關建議與評論，歡迎與我們團隊聯絡。

陸、散會

會議結束時間：17點02分

附錄九

國土生態綠網森林生態系服務價值評估

問卷調查表

問卷組別：_____

問卷編號：_____

訪員姓名：_____

訪問日期：_____年_____月_____日

居住地點：_____縣／市_____鄉／鎮／市／區

您好！此份問卷由「臺北大學自然資源與環境管理研究所」、「中興大學生命科學系」共同辦理，目的是了解**民眾**對「**森林生態系**」功能認知暨體驗情況，以及評估「國土生態綠網森林生態系」的經濟價值，以提供政府相關單位參考。

您所回答的一切資料僅供研究分析之用，**絕不對外公開或外流（亦不記名）**，請放心作答！

研究團隊

姓名	職稱	單位
錢玉蘭　助理教授	計畫主持人	臺北大學自然資源與環境管理研究所
林幸助　特聘教授	協同主持人	中興大學生命科學系
吳珮瑛　退休教授	顧問	臺灣大學農業經濟研究所
柏雲昌　退休教授	顧問	中國文化大學經濟學系
林蕙萱	博士後研究員	臺北大學自然資源與環境管理研究所
郭晴茜	碩士專任助理	
楊芷瑄、羅　媜 蔣芃琳、陳楷媞 吳佳蓉、林采萱 徐婉珍、衣桂汶 柯雨秀	碩士生 兼任助理	

一、「國土生態綠網森林生態系」之認知與旅遊體驗

以下幾個問題是關於您對「臺灣 800 公尺以下森林生態系」的一般印象及體驗情況。

說明卡：介紹國土生態綠網森林生態系的分布與特色

1、森林旅遊地包括自然步道、森林遊憩區、平地森林園區(不包括國家公園)，請您寫出喜歡或常去的三個地點？

（利用說明卡 A~L 說明台灣各森林旅遊地的位置） **(訪員寫編號)**

□①_____　□②_____　□③_____

2、請問您是如何得知森林旅遊地的資訊？（可複選，依重要性至多選三項）

□①電視廣播　□②報章書籍雜誌　□③網際網路　□④他人轉述　□⑤其他____

3、800 公尺以下森林生態系的活動經驗（當日來回旅遊為主，若有住宿者亦可填答）

	地點	前往森林旅遊地的**主要**交通工具？[註]		*每次平均旅遊金錢支出(多人出遊，請註記人數)	交通時間/停留時間	主要從事何種活動（可複選）		沿途主要看見的森林景觀（至多選 3 項）(說明卡 M~Q)		旅遊地的基礎設施(說明卡 R)		旅遊地景觀特徵(說明卡 S~U)		步道鋪面類型(說明卡 V)	
今日旅遊地	旅遊地編號____ 近 3 年內來過幾次____	①自用汽機車②租賃汽機車③遊覽車④大眾運輸工具⑤電動腳踏車⑥腳踏車⑦走路		交通費：____元 住宿費：____元 食　物：____元 紀念品：____元 門　票：____元 其他(付費接駁車)：____元	(1)交通時間_____小時 (2)森林停留時間_____小時	①休閒遊憩②環保團體活動③學校戶外教學④學術研究⑤賞鳥⑥其他，_____		①闊葉林-天然②闊葉林-人工③針闊混淆林-天然④針闊混淆林-人工⑤針葉林-天然⑥針葉林-人工⑦竹林		①露天休憩區(椅)②涼亭(椅)③露天休憩區(桌)④涼亭(桌)⑤停車場⑥廁所⑦觀景平台⑧廟宇、教堂⑨遊客服務中心⑩餐廳⑪山屋⑫露營地		①橋②吊橋③瀑布④溪流⑤深潭/湖⑥眺望遠景⑦地質景觀		①無鋪面②石質鋪面③木質鋪面④產業道路/水泥/柏油路	
最常去旅遊地	旅遊地編號____ 近 3 年內來過幾次____			交通費：____元 住宿費：____元 食　物：____元 紀念品：____元 門　票：____元 其他(付費接駁車)：____元	(1)交通時間_____小時 (2)森林停留時間_____小時										
喜歡的旅遊地	旅遊地編號____ 近 3 年內來過幾次____			交通費：____元 住宿費：____元 食　物：____元 紀念品：____元 門　票：____元 其他(付費接駁車)：____元	(1)交通時間_____小時 (2)森林停留時間_____小時										

註：交通工具代碼 1、5、6、7 不必填寫交通費。 *有多人時請以受訪者個人平均花費計算。

至今日旅遊地點增加或減少的理由	森林旅遊地類型與名稱		
	A 旅遊地的基礎設施 (說明卡 R)	**B** 旅遊地景觀特徵 (說明卡 S~U)	**C** 步道鋪面類型 (說明卡 V)
4-1 以下哪些特徵會讓你每年**增加 1 次**到今日這個旅遊地？	增加或改善以下哪些你前面沒選的基礎設施（可複選） ①露天休憩區(椅)　⑧廟宇、教堂 ②涼亭(椅)　⑨遊客服務中心 ③露天休憩區(桌)　⑩餐廳 ④涼亭(桌)　⑪山屋 ⑤停車場　⑫露營地 ⑥廁所 ⑦觀景平台	是因為前面沒選的哪一個地景的改變（可複選） ①橋 ②吊橋 ③瀑布 ④溪流 ⑤深潭/湖 ⑥眺望遠景 ⑦地質景觀	是因為前面哪種類型步道鋪面之維護與安全性的提升（可複選） ①無鋪面 ②石質鋪面 ③木質鋪面 ④產業道路/水泥/柏油路

4-2 請問**今日的森林旅遊地旅遊成本提升 10%**，您每年旅遊次數將減少多少次？

總旅遊成本包括金錢成本（如交通費、門票、食物、紀念品）、時間成本（含前往旅遊處所花費的時間）	□每年減少_____次 或 □不變

二、民眾之環境意識與行為

5、您認為維護野生動植物的生存權利是重要的。
□①非常不同意 □②不同意 □③普通 □④同意 □⑤非常同意

6、您認為遺留垃圾在自然環境會對生態系造成的負面影響。
□①非常不同意 □②不同意 □③普通 □④同意 □⑤非常同意

7、您認為捐款保護環境是必要的。
□①非常不同意 □②不同意 □③普通 □④同意 □⑤非常同意

8、您認為以實際行動（如植樹、淨灘）保護環境是值得推廣的。
□①非常不同意 □②不同意 □③普通 □④同意 □⑤非常同意

9、到自然景點旅遊時，您曾摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在當地？（勾選⑤者，跳答第 11 題）
□①每次都如此 □②常常如此 □③偶爾如此 □④很少如此 □⑤不曾有過此種行為

10、請問您曾摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在當地的理由為何？（可複選，填完跳答第 12 題）
□①好奇心 □②帶回去給他人觀賞 □③現場沒警告標示 □④隨手方便
□⑤效法他人的行為

11、請問您不曾摘取植物、不曾觸摸動物、或不曾遺留垃圾在當地的理由為何？（可複選）
□①我認為會傷害動植物 □②我想留在原地給他人觀賞 □③因為現場有警告標示
□④我認為會破壞環境

12、請問看到其他人摘取植物、觸摸動物、或遺留垃圾在當地時，您的反應為何？
□①制止他的行為(在人身安全情況下) □②奮不顧身制止他人行為
□③當作沒看到 □④效法他人的行為

13、請問您周遭親戚或友人是否曾購買環境友善產品（如有機產品、無毒作物或資源再利用產品）？ □①是 □②否

14、請問當親戚或友人在購買環境友善產品時，對您有何影響？
□①增加購買意願 □②對我沒影響 □③降低購買意願

15、請問您購買環境友善產品的經驗？
□①每次都買 □②常常買 □③偶爾會買 □④很少買 □⑤不曾購買

16、請問您周遭親戚或友人是否曾參加環保團體、或捐款給環保團體？
□①是 □②否

17、請問當親戚或友人參加環保團體或捐款時，對您有何影響？
□①增加參加或捐款意願 □②對我沒影響 □③降低參加或捐款意願

18、請問您是否曾參加環保團體、或捐款給環保團體？ □①是 □②否

19、請問您是否飼養過寵物？ □①是 □②否

三、「國土生態綠網森林生態系」生態系服務重要性評估

20、**森林旅遊地**提供各種不同的生態系服務，包括「**供給**」、「**調節與維持**」、與「**文化**」等三大類別。請**依據您個人的認知與感受**，針對衍生自各類別之森林生態系服務，勾選以下各項服務對您的重要性分數。（利用說明卡 W 說明）

森林生態系服務重要性評分表

服務類別	森林生態系服務	不重要 ← 重要性給分 → 很重要
供給	農作物供給(竹筍)	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	木材供給	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	林下經濟作物(段木香菇、金線連等)	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	遺傳物質(含藥用價值)	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	水資源供給	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
調節與維持	森林碳吸存	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	微氣候調節	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	調節土壤品質(增加土壤有機質)	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	吸附空氣顆粒、灰塵	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	穩定降雨量	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	控制土壤流失	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	減緩土石流	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	涵養水源	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	洪氾減緩	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	減緩風暴 (防風林的作用)	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	隔音、減緩噪音	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	授粉(維持生物多樣性)	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	生物控制-疾病控制	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	生物控制-害蟲控制	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	育雛、育種、攝食與棲息地維持	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
文化	提供休閒遊憩	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	提供視覺舒適	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	提供環境教育素材 (教育、科學與研究)	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分
	精神、藝術與象徵性	□1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 分

四、「全台低海拔森林生態系資源」之價值評估

說明卡 W：介紹森林生態系提供的各種生態系服務

台灣目前低海拔森林生態系總面積 505,637 公頃，約佔臺灣總面積 14%，但許多森林生態系當下遭受各種汙染破壞，如果不採取有效管理行動，森林生態系服務功能將會消失。為了讓森林生態系之環境品質不再持續惡化，使民眾保有及享用生態系服務，民眾可要求政府進行各種管理與維護工作，包括**樹木植栽管理、基礎設施改善、步道安全性改善、地景特徵維護、地質景觀維護、生物多樣性增加（如生物種類與數量增加）**。但這些工作需投入**額外**人力、物力與財力。在此我們想知道您願意支付多少「資源保育費」成立『**森林生態系資源保育基金**』，使森林生態系(包括步道)現存資源不再持續惡化。

若支付資源保育費後、必將減少其他財貨的消費，
請你在思索支付森林生態環境品質願意支付金額時、務必考慮這點

21、請問您每年最高願意支付$__A(300)__元的「資源保育費」以成立『森林生態系資源保育基金』，使**全台**森林生態系範圍內的森林生態系**維持現況**。

□①願意 → 再請問您是否願意每年支付$__A up(600)__元？ □①願意 □②不願意

□②不願意 → 再請問您是否願意每年支付$__A low(150)__元？ □①願意 □②不願意

□③無法確定 → 請跳答第 22 題

21-1、根據前述問題，請問您最高願意支付金額為$_____元。（金額為$0 者，跳答第 23 題）

22、請問您回答「無法確定」的原因為：（可複選，填完跳答第 27 題）
□①需要多一點時間和資訊，才有辦法做出決定
□②對問卷內容感到無聊，希望快點結束
□③不喜歡採用金錢解決此類問題
□④其他，請說明：_____

23、請問何種原因讓您「不願意支付費用」，來保育全台森林生態系的現況？（填完跳答第 27 題）
□①台灣森林資源，對我沒有任何價值
□②台灣森林資源，應由資源使用者（如登山旅遊者、打獵者...）負擔
□③台灣森林資源，應由當地居民負擔
□④台灣森林資源，應由政府負擔____元
□⑤其他，請說明：_____

24、在前述已支付費用維持森林生態系現況下，請問您是否願意**額外**支付「資源保育費」來**提升台灣森林生態系環境品質(10、20、30)%**？□①是 □②否 （**填否**，跳答第 26 題）

25、根據前述問題，請問您最高願意**額外**支付金額為$_____元。（填完跳答第 27 題）

26、請問何種原因讓您「不願意再額外支付費用」，來**改善**全台 72 處森林生態系的資源？
□①維持森林生態系現況已足夠，額外增加資源對我沒有價值
□②台灣森林資源，應由資源使用者負擔 □③台灣森林資源，應由當地居民負擔
□④額外的資源維護費用，應由政府負擔____元 □⑤所得因素，無法再額外支付
□⑥其他，請說明：_____

五、受訪者基本資料

以下需要請問您一些個人基本資料（**不記名**），以便我們做進一步綜合分析。

27、請問您的性別：□①男　□②女

28、請問您於民國_____年出生。

29、請問包括您自己，目前共同的生活人數有_____人。

30、請問您最高教育程度：

□①小學以下　□②國中肄業　□③國中畢業　□④高中職肄業
□⑤高中職畢業　□⑥專科肄業　□⑦專科畢業　□⑧大學肄業
□⑨大學畢業　□⑩研究所肄業　□⑪研究所畢業
□⑫其他，請說明_____

31、請問您目前年所得（包括薪水、利息、年終獎金等）約為：

□①40 萬元以下　□②41~50 萬元　□③51~60 萬元　□④61~70 萬元
□⑤71~80 萬元　□⑥81~90 萬元　□⑦91~100 萬元　□⑧101~110 萬元
□⑨111~120 萬元　□⑩121~140 萬元　□⑪141~160 萬元　□⑫161~180 萬元
□⑬181~200 萬元　□⑭201 萬元以上

32、請問您的職業比較適合歸於以下那一類？

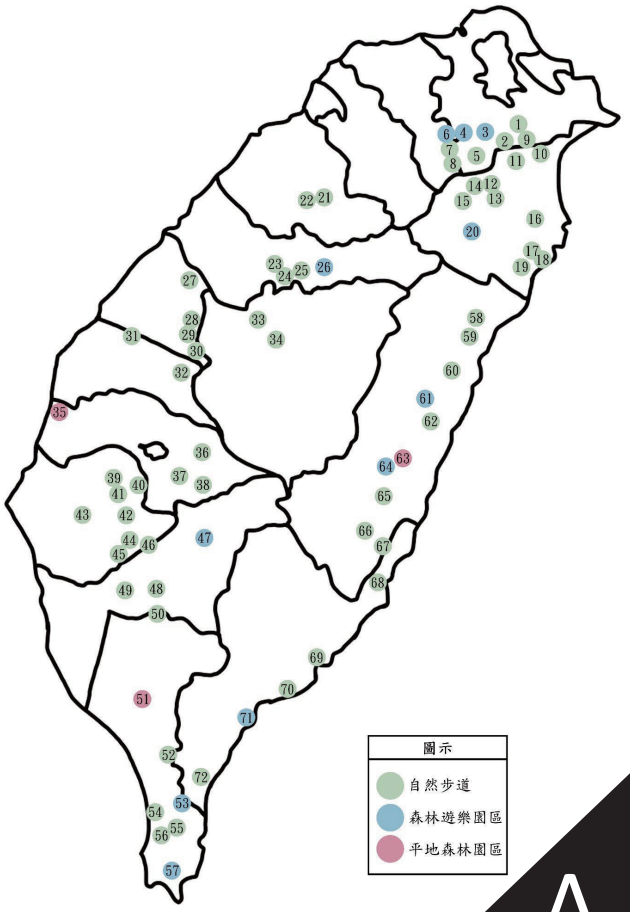
□①公務員　□②軍人　□③教師　□④商業
□⑤工業　□⑥服務業　□⑦金融業　□⑧科技業
□⑨醫療業　□⑩農、漁事從業者　□⑪學生　□⑫家管
□⑬自由業（律師、會計師）　□⑭其他，請說明_____

問卷說明卡

低海拔森林遊憩區(共72處):
(800公尺以下)

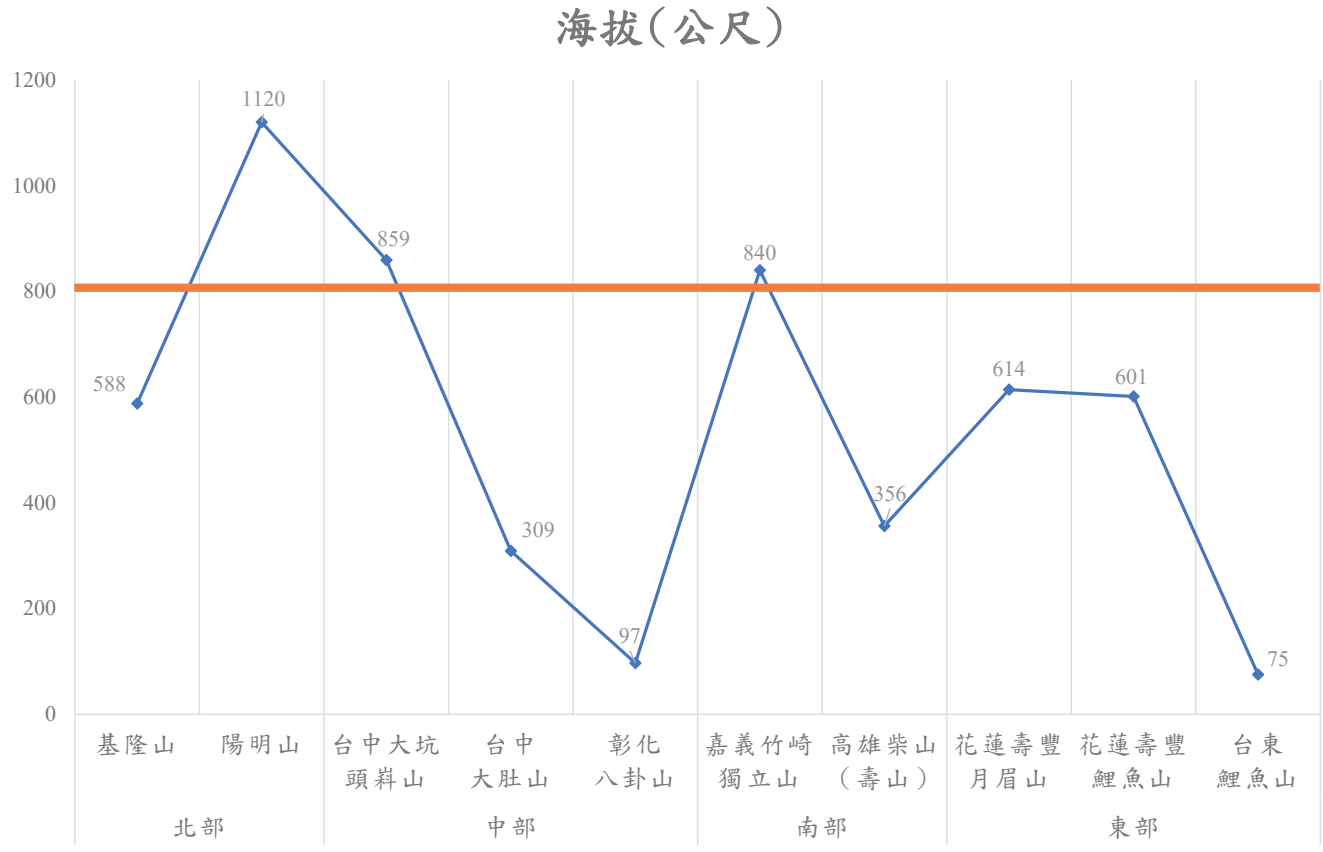
- 58處自然步道
- 11處國家森林遊樂區
- 3處平地森林遊樂區

- 北部20處；中部14處；南部23處；東部15處



A

海拔高度示意



B

索引

	園區	編號
ㄅ	八仙山國家森林遊樂區	26
	八通關越道：鹿鳴吊橋段	66
ㄆ		
ㄇ	滿月圓國家森林遊樂區	4
	美濃雙溪樹木園步道	48
	美濃靈山登山步道	49
	麻荖漏步道	68
ㄈ	福巴越嶺國家步道	8
	富源國家森林遊樂區	64
ㄉ	東眼山國家森林遊樂區	6
	東滿步道	7
	冬瓜山登山步道	22
	東卯山步道	23
	德芙蘭步道	25
	獨立山步道	36
	大農大富平地森林園區	63
	都蘭山步道	69
	大武觀海步道	72

	園區	編號
ㄊ	桶後越嶺步道	2
	太平山國家森林遊樂區	20
	唐麻丹山步道	24
	桃源里森林步道	27
	土匪山步道	37
	藤枝國家森林遊樂區	47
ㄋ	內洞國家森林遊樂區	3
	南澳古道	19
	鳥嘴山登山步道	21
ㄌ	林美石磐步道	11
	龍過脈森林步道	31
	里美避難步道	38
	龍麟山步道	45
	六義山步道	46
	林後四林平地森林園區	51
	里龍山自然步道	54
	鯉魚山步道群(花蓮)	60
	鯉魚山步道(臺東)	70

	園區	編號
ㄍ	關仔嶺碧雲寺-水火同源登山步道	39
	關仔嶺大凍山步道	40
	高士佛步道	55
ㄎ	坑內坑森林步道	30
	炭頂步道	41
	炭頭山步道	42
	墾丁國家森林遊樂區	57
ㄏ	哈盆越嶺步道	5
	虎頭山步道	65

C

索引

	園區	編號
ㄐ	金瓜寮魚蕨步道	1
	礁溪跑馬古道	10
	九寮溪自然步道	12
	鳩之澤自然步道	15
	九九峰森林步道	33
	浸水營步道	52
ㄑ	拳頭姆自然步道	13
	清水岩(中央嶺、二棧坪、十八彎)步道群	28
	麒麟山森林步道	29
ㄒ	新寮瀑布步道	16
ㄓ	朝陽步道	18
	鎮南宮步道	43
	知本國家森林遊樂區	71
ㄔ	池南國家森林遊樂區	61

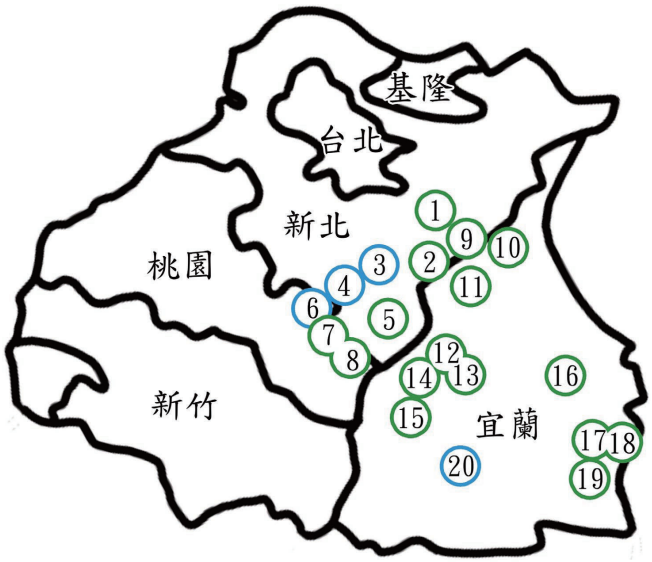
	園區	編號
ㄕ	聖母登山步道	9
	雙流國家森林遊樂區	53
	石門山步道	56
ㄖ		
ㄗ	佐倉步道	59
ㄘ		
ㄙ	松羅步道	14
	蘇花古道：大南澳越嶺段	17
	澀水森林步道	34
	撒固兒步道	58
ㄧ		
ㄨ	尾寮山登山步道	50
ㄩ	鈺鼎步道	44
	月眉山步道	62
ㄚ、ㄛ、ㄜ、ㄝ、ㄞ、ㄟ		

	園區	編號
ㄠ	鰲鼓濕地森林園區	35
ㄡ		
ㄢ	安通越嶺道：西段	67
ㄣ、ㄤ、ㄥ		
ㄦ	二崙自然步道	32

D

北部

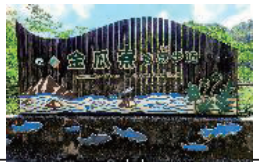
縣市	序號	名稱	地點
新北	1	金瓜寮魚蕨步道	坪林區
	2	桶後越嶺步道	烏來區
	3	內洞國家森林遊樂區	
	4	滿月圓國家森林遊樂區	三峽區
	5	哈盆越嶺步道	烏來區
桃園	6	東眼山國家森林遊樂區	復興區
	7	東滿步道	復興區；新北市三峽區
	8	福巴越嶺國家步道	復興區；新北市烏來區
宜蘭	9	聖母登山步道	礁溪鄉
	10	礁溪跑馬古道	礁溪鄉、頭城鎮；新北市坪林區
	11	林美石磐步道	礁溪鄉
	12	九寮溪自然步道	大同鄉
	13	拳頭姆自然步道	三星鄉
	14	松羅步道	大同鄉
	15	鳩之澤自然步道	
	16	新寮瀑布步道	南澳鄉
	17	蘇花古道：大南澳越嶺段	
	18	朝陽步道	蘇澳鎮
	19	南澳古道	南澳鄉
	20	太平山國家森林遊樂區	大同鄉



圖示
- 自然步道
- 森林遊樂園區

E

1.金瓜寮魚蕨步道



2.桶後越嶺步道



3.內洞國家森林遊樂區



4.滿月圓國家森林遊樂區



5.哈盆越嶺步道



6.東眼山國家森林遊樂區



7.東滿步道



8.福巴越嶺國家步道



9.聖母登山步道



10.礁溪跑馬古道



11.林美石磐步道



12.九寮溪自然步道



13.拳頭姆自然步道



14.松羅步道



15.鳩之澤自然步道



16.新寮瀑布步道



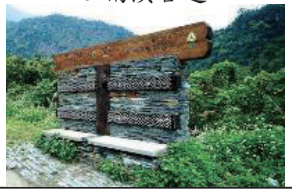
17.蘇花古道：大南澳越嶺段



18.朝陽步道



19.南澳古道



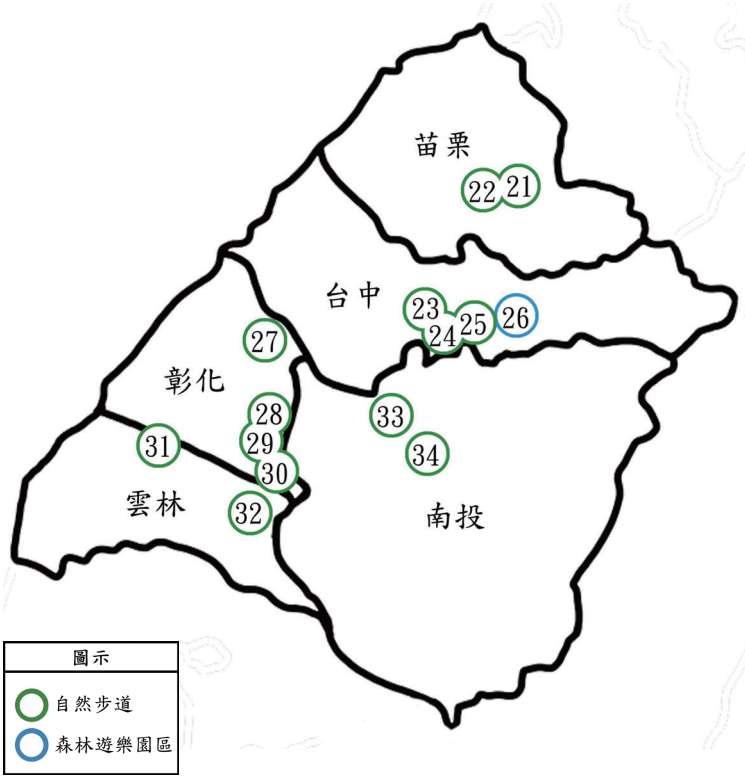
20.太平山國家森林遊樂區



F

中部

縣市	序號	園區	地點
苗栗	21	鳥嘴山登山步道	泰安鄉
	22	冬瓜山登山步道	
臺中	23	東卯山步道	和平區
	24	唐麻丹山步道	
	25	德芙蘭步道	
	26	八仙山國家森林遊樂區	
彰化	27	桃源里森林步道	彰化市
	28	清水岩(中央嶺、二棧坪、十八彎)步道群	社頭鄉、田中鎮
	29	麒麟山森林步道	田中鎮；南投縣名間鄉
	30	坑內坑森林步道	二水鄉
雲林	31	龍過脈森林步道	林內鄉
	32	二崙自然步道	二崙鄉
南投	33	九九峰森林步道	草屯鎮
	34	溼水森林步道	魚池鄉



G

21.鳥嘴山登山步道



22.冬瓜山登山步道



23.東卯山步道



24.唐麻丹山步道



25.德芙蘭步道



26.八仙山國家森林遊樂區



27.桃源里森林步道



28.清水岩(中央嶺、二棧坪、十八彎)步道群



29.麒麟山森林步道



30.坑內坑森林步道



31.龍過脈森林步道



32.二崙自然步道



33.九九峰森林步道



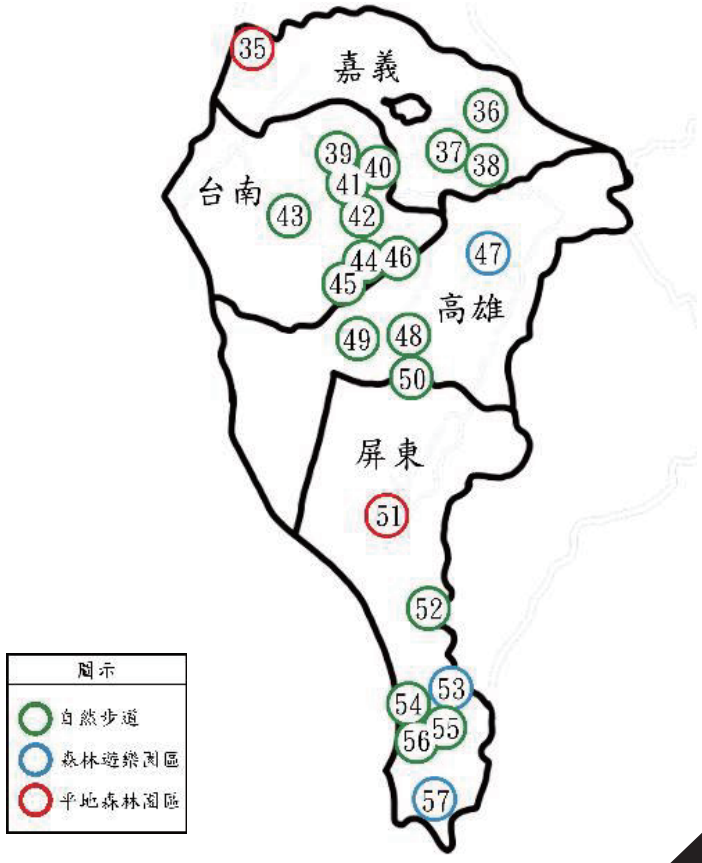
34.溼水森林步道



H

南部

縣市	序號	園區	地點
嘉義	35	鰲鼓濕地森林園區	東石鄉
	36	獨立山步道	竹崎鄉
	37	土匪山步道	番路鄉
	38	里美避難步道	阿里山鄉
臺南	39	關仔嶺碧雲寺-水火同源登山步道	白河區
	40	關仔嶺大凍山步道	
	41	崁頂步道	
	42	崁頭山步道	東山區
	43	鎮南宮步道	六甲區
	44	鈺鼎步道	南化區
	45	龍麟山步道	南化區；高雄市內門區
高雄	46	六義山步道	甲仙區
	47	藤枝國家森林遊樂區	桃源區
	48	美濃雙溪樹木園步道	美濃區
	49	美濃靈山登山步道	
	50	尾寮山登山步道	茂林區；屏東縣高樹鄉、三地門鄉
屏東	51	林後四林平地森林園區	潮州鎮
	52	浸水營步道	春日鄉
	53	雙流國家森林遊樂區	獅子鄉
	54	里龍山自然步道	
	55	高士佛步道	牡丹鄉
	56	石門山步道	
	57	墾丁國家森林遊樂區	恆春鎮



35.鰲鼓濕地森林園區



36.獨立山步道



37.土匪山步道



38.里美避難步道



39. 水火同源登山步道



40.關仔嶺大凍山步道



41.崁頂步道



42.崁頭山步道



43.鎮南宮步道



44.鈺鼎步道



45.龍麟山步道



46.六義山步道



47.藤枝國家森林遊樂區



48.美濃雙溪樹木園步道



49.美濃靈山登山步道



50.尾寮山登山步道



51.林後四林平地森林園區



52.浸水營步道



53.雙流國家森林遊樂區



54.里龍山自然步道



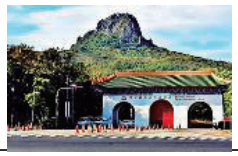
55.高士佛步道



56.石門山步道

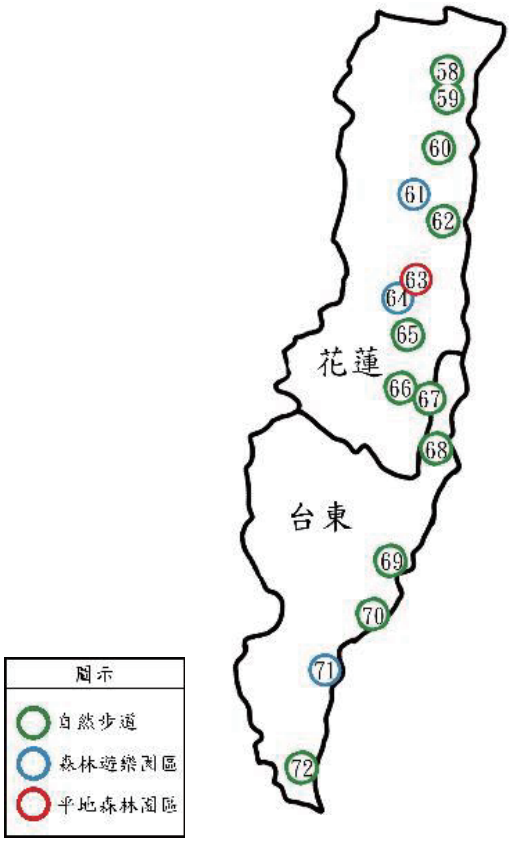


57.墾丁國家森林遊樂區



東部

縣市	序號	園區	鄉鎮
花蓮	58	撒固兒步道	花蓮市
	59	佐倉步道	秀林鄉
	60	鯉魚山步道群	壽豐鄉
	61	池南國家森林遊樂區	
	62	月眉山步道	
	63	大農大富平地森林園區	光復鄉
	64	富源國家森林遊樂區	瑞穗鄉
	65	虎頭山步道	
	66	八通關越道：鹿鳴吊橋段	卓溪鄉
	67	安通越嶺道：西段	玉里鎮
臺東	68	麻荖漏步道	成功鎮
	69	都蘭山步道	東河鄉
	70	鯉魚山步道	臺東市
	71	知本國家森林遊樂區	卑南鄉
	72	大武觀海步道	大武鄉



K

58.撒固兒步道



59.佐倉步道



60.鯉魚山步道群



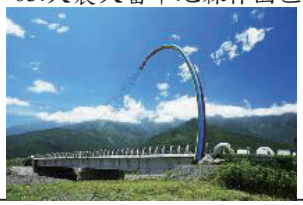
61.池南國家森林遊樂區



62.月眉山步道



63.大農大富平地森林園區



64.富源國家森林遊樂區



65.虎頭山步道



66.八通關越道：鹿鳴吊橋段



67.安通越嶺道：西段



68.麻荖漏步道



69.都蘭山步道



70.鯉魚山步道



71.知本國家森林遊樂區

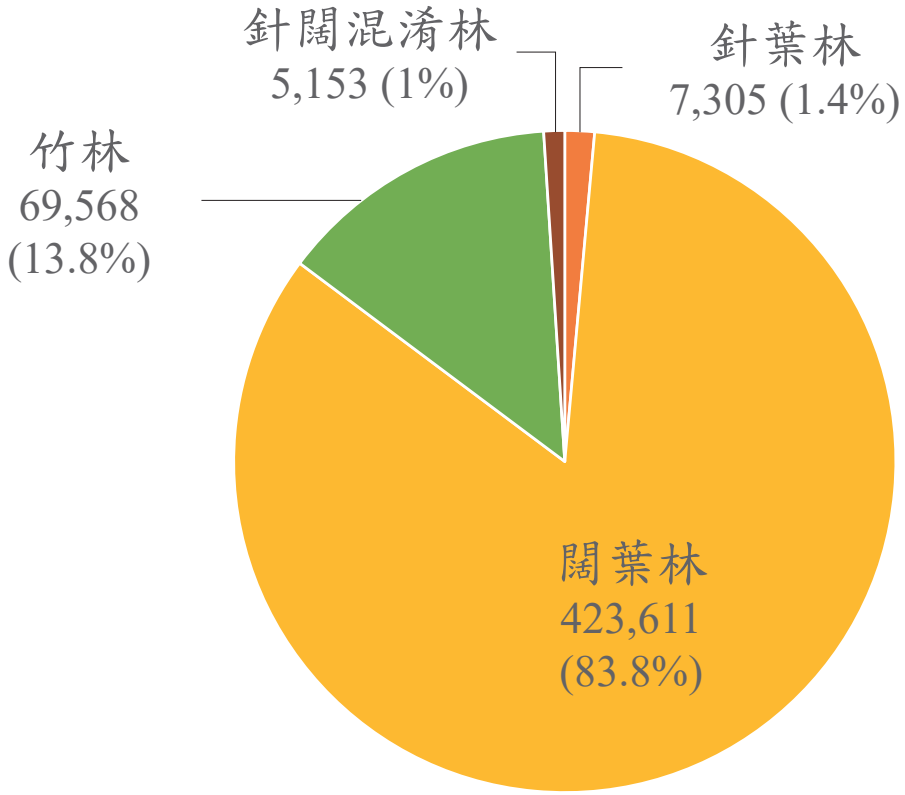


72.大武觀海步道



L

低海拔森林包含闊葉林、針葉林、竹林、針闊混淆林



M

闊葉林

樹冠層

林下

天然林

人工林













N

針闊混淆林

樹冠層

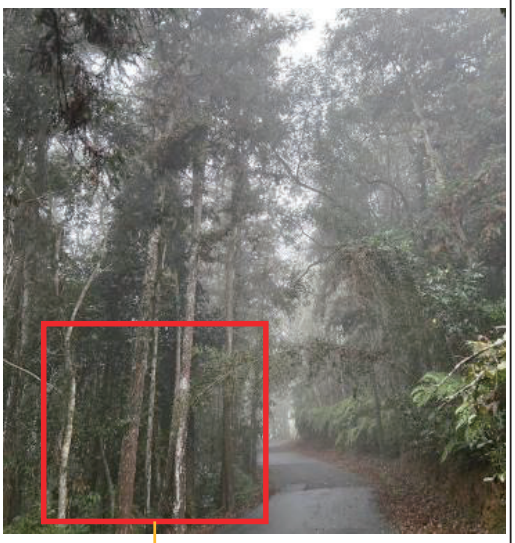


闊葉林中穿插針葉樹種



林下

天然林



樹木下半部未修枝、樹木間距不一

人工林





樹木下半部修枝、樹木間距一致

O

針葉林

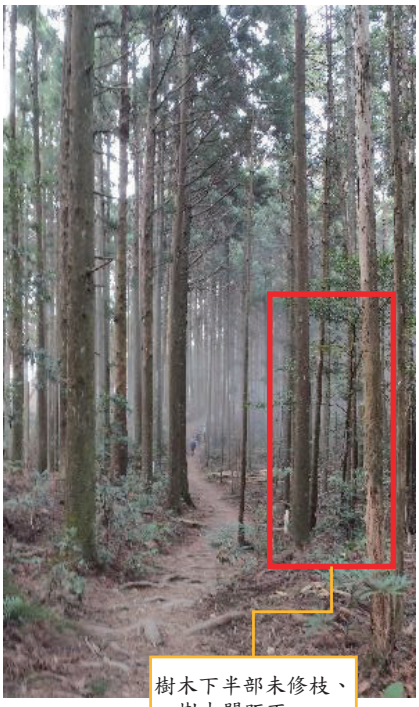
樹冠層





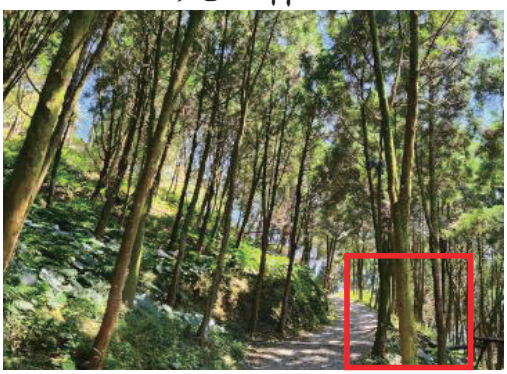
林下

天然林



樹木下半部未修枝、樹木間距不一

人工林





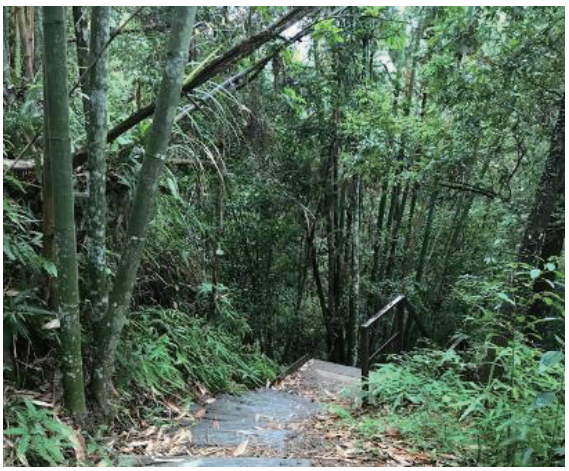
樹木下半部修枝、樹木間距一致

P

竹林

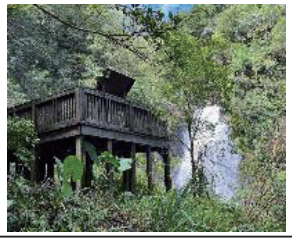






Q

基礎設施

露天休憩區(椅)	涼亭(椅)	露天休憩區(桌)	涼亭(桌)
			
停車場	廁所	觀景平台	廟宇、教堂
			
遊客服務中心	餐廳	山屋	露營地
			

R

景觀特徵-橋

吊橋





小橋

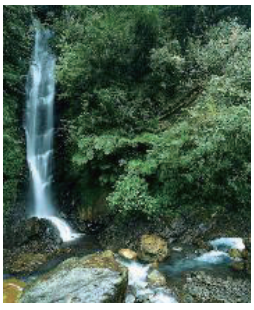


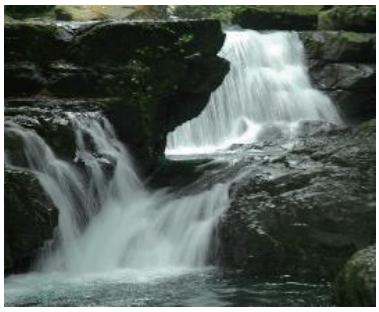


S

景觀特徵

瀑布





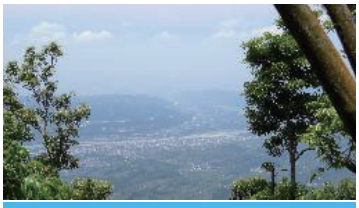
溪流

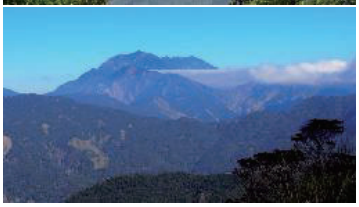


深潭/湖/池



眺望遠景





T

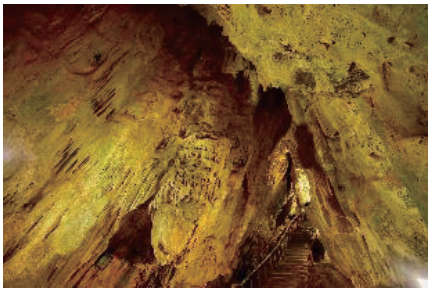
景觀特徵-地質景觀

奇石區



龍麟山步道

仙洞



墾丁國家森林遊樂區

隘口



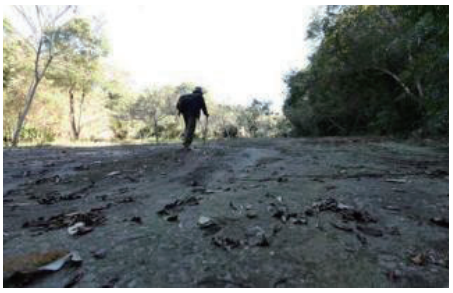
石門山步道

水火同源



水火同源登山步道

巨石板



里美避難步道

砂岩地形

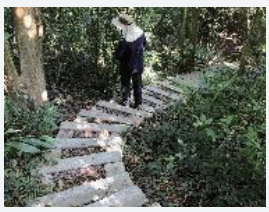


里龍山步道

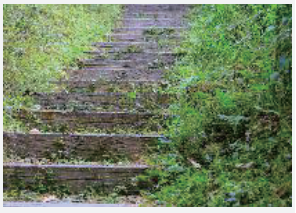
U

步道路面

木質鋪面







石質鋪面







其他






V

森林生態系服務

森林遊憩區提供各種不同的生態系服務，
包括「**供給**」、「**文化**」、與「**調節與維持**」三大類別。

- 供給:
  - ➢農作物供給
  - ➢木材供給
  - ➢林下經濟作物
  - ➢遺傳物質服(含藥用價值)
  - ➢水資源供給

- 文化:
  - ➢休閒遊憩供給
  - ➢視覺舒適
  - ➢環境教育素材提供
  - ➢精神、藝術與象徵性服務

- 調節與維持:
  - ➢森林碳吸存
  - ➢微氣候調節
  - ➢調節土壤品質
  - ➢吸附空氣顆粒、灰塵
  - ➢穩定降雨量
  - ➢控制土壤流失
  - ➢減緩土石流
  - ➢涵養水源
  - ➢洪氾減緩
  - ➢減緩風暴
  - ➢隔音、減緩噪音
  - ➢授粉(維持生物多樣性)
  - ➢生物控制服務 (疾病控制/害蟲控制)
  - ➢育雛、育種、攝食與棲息地維持服務

附錄十、「我國低海拔陸域生態系服務價值評估架構研析計畫擴充案」第二次專家諮詢會議記錄

一、專家諮詢會議目的

為使國人充分瞭解低海拔陸域各類型生態系所提供的「生態系服務價值（ecosystem service value，以下簡稱 ESV）」，讓民眾在進行各種土地利用與移轉時，除考量經濟利益之外，也能權衡生態系服務（ecosystem service，以下簡稱 ES）的損失，將有助於加強土地明智利用的動機，達到能源安全、國土保安及國家永續發展的多重目標。

國立臺北大學受農業部林業及自然保育署（以下簡稱林業保育署）委託辦理「我國低海拔陸域生態系服務價值評估架構研析計畫擴充案」，接續前一年度以國土生態綠網關注區為計畫範疇，本年度主要針對臺灣低海拔陸域的森林生態系，依據前期完成的 ESV 評估架構，進一步研析森林生態系 ESV 實證評估方法、以及如何將 ESV 納入臺灣環境經濟整合帳的途徑與方法。

討論綱要：

- 以編製臺灣環境經濟整合帳之森林生態帳為研究目的，確認納入本研究之各項森林生態系服務價值的估算方式、資料引用、估算結果的合理性。
- 討論我國森林生態帳之帳表架構的適用性。
- 探討未來精進我國各項森林生態系服務價值帳估算之短、中、長程的建議。

二、座談會議程

會議地點：臺北大學民生校區教學大樓 808 室（臺北市中山區民生東路三段 67 號）

會議時間：115 年 1 月 29 日（星期四）上午 10:30

時間	議程	主講人
10:30~10:40	簽到	-
10:40~11:00	專家諮詢會內容說明	國立臺北大學 自然資源與環境管理研究所 計畫主持人 錢玉蘭
11:00～11:50	專家學者評論	受邀之專家學者
11:50～12:30	綜合意見交流	全體與會者
12:30～12:40	總結	國立臺北大學 自然資源與環境管理研究所 計畫主持人 錢玉蘭
12:40~12:50	自由交流資訊及交換意見	全體與會者
12:50	散會	

三、出席人員名單

（一）計畫團隊

服務單位/職稱	姓名
國立臺北大學自然資源與環境管理研究所助理教授	錢玉蘭
國立臺灣大學農業經濟暨研究所退休教授	吳珮瑛
私立中國文化大學經濟學系退休教授	柏雲昌
國立中興大學生命科學系教授	林幸助
國立臺北大學博士後研究員	林蕙萱
國立臺北大學研究助理	郭晴茜
國立臺北大學研究助理	蔣芃琳
國立臺北大學研究助理	吳佳蓉

（二）受邀出席專家學者

服務單位/職稱	姓名
中央研究院經濟研究所兼任研究員	蕭代基
國立清華大學環境與文化資源學系教授	闕雅文
南臺科技大學國際企業系助理教授	朱美琴
中華經濟研究院副研究員兼副所長	洪志銘
中華經濟研究院研究員兼副主任（書面意見）	劉哲良

四、會議紀錄

國立台北大學 錢助理教授玉蘭：

專家諮詢會內容說明（略）

中央研究院經濟研究所 蕭兼任研究員代基：

1. 針對空氣污染服務，建議未來分不同地區計算，不同地區空氣污染程度存在差異，森林提供之滯塵效益亦會存在差異。

2. 針對會議議程第 3 頁（表 1），若將森林範圍限縮「低海拔」範圍，分類僅有「熱帶」與「亞熱帶」則可理解，然若討論範圍為「全臺森林」，則應還有「寒帶」與「溫帶」。另建議團隊再次潤飾帳項之翻譯，如「受管理的擴張」，是否意即「森林經營」，建議改為更易使用者理解之翻譯。

3. 針對生態系貨幣帳架構，建議確認每個帳表是否皆有填寫單位與會計年度之設計。

4. 針對第九章文化服務之旅行成本法，今年度樣本蒐集皆來自「on-site sample（就地採樣）」，故理論上會存在「內生分層」問題，建議要解決資料「truncated（截斷）」問題。

5. 針對表 4-2，建議補充說明目前林業保育森林主產物年產值資料的定義，確認其價格是否已扣生產成本。

6. 針對全球氣候調節服務，目前使用的碳社會成本屬損害成本法，而 SEEA 多使用防治成本法，故建議碳吸存改用「CCS（碳捕捉與封存）」成本。另外，建議補充國家溫室氣體排放清冊報告森林碳移除量的範疇僅包含我國「國有林」，而非全臺森林，全臺森林應為「公私有林」。

7. 針對水流調節服務的圖 5-4，想請教基線流量維持服務是高峰流量的概念是否類似，或功能上是否重複。

8. 建議將「SEEA EA」改為「SEEA-EA（環境與經濟系統帳-生態系統帳）」。

9. 建議生態系統帳統計範疇不應局限於低海拔國有林，應將全臺森林納入，未來更應將非森林生態系納入。

國立清華大學環境與文化資源學系 闕教授雅文：

1. 針對表 9-12 與表 10-10，建議補充說明表中「每人每次 CS（元）」之計算方式。

2. 建議製作一張架構圖，將所有理論上應計算之生態帳服務都羅列出來，再進一步補充說明出於何者原因目前無法計算（屬於中間服務，亦或是因資料受限之原因），以利使用者了解最完整之架構。

南臺科技大學國際企業系 朱助理教授美琴：

1. 回應闕老師的建議，目前閱讀起來較困難，建議可以有整體架構，以利羅列短、中、長期建議。

2. 針對文化服務的旅行成本法，在理論上會有區域的概念：如果離景點越近，前往可能性會比較高，建議補充這方面相關敘述。另外，目前旅行成本法分為 3 部分（分為森林遊樂區、步道等），內容有重複部分，建議將 3 部分進行整合，以利比較其差異。

中華經濟研究院 洪副研究員兼副所長志銘：

1. 針對全球氣候調節服務的利率，建議使用政府公債標售利率，例如政府發售的以 20~30 年為期之公債例如，該利率較五大銀行存款利率更佳。

2. 回應蕭委員，木材供給相關價值類似於殘值概念，應扣生產成本。

3. 因資料受限，部分引用文獻資料時間距今較遠，理論上有許多調整方法，然調整機制會因使用目的不同而有所差異，例如折現率的選擇，建議未來可依照生態帳後續使用目的設定不同調整機制或補充說明其「使用限制」與「使用對象」，以方便實務界使用該成果。

4. 本計畫生態系服務使用效益移轉的方法評估，建議於報告書中補充效益移轉的「基本概念」與「使用限制」。

國立臺灣大學 吳教授珮瑛：

1. 針對文化服務，若問卷設計時並沒有區分天然與人工林型之差異，統計結果亦不應區分人工與天然之差異。

2. 針對表 11-8，建議重新確認針葉林與闊葉林的變數命名。

3. 針對簡報第 25 頁，森林生態系文化服務項目的占比加總應為 100%。

4. 針對全球氣候變遷，建議統一「二氧化碳」與「二氧化碳當量」，並且補充碳價 5,888 的資料來源。

5. 建議製作一張總表，反應每項服務引用資料的年限。

私立中國文化大學 柏教授雲昌：

1. 建議將第五章碳儲存的「折現率（discount rate）」改翻譯為「利率（discount rate）」，較符合情景。

2. 建議統一帳表貨幣單位，都用「千元/年」。

3. 建議在文化服務補充目前樣區皆屬於低海拔範圍。

國立中興大學生命科學系林教授幸助

1. 回應蕭委員對水流調節服務之疑慮，「基線流量維持服務」凸顯的是森林生態系在「旱期」能夠提供水源之功能，「高峰流量減緩服務」凸顯的是森林生態系在「暴雨時期」提供之減緩功能，兩者存在差異。

2. 針對供給服務第二項（簡報 28 頁）「野生動物、植物和其他生物量供給服務」易讓使用者聯想至生物多樣性，然這項目前計算重點在於森林副產物，建議考量是否改為「林下副產品供給服務」。

3. 建議把「調節與維持服務」改成「調節與支持服務」，較符合臺灣用法。

中華經濟研究院 劉研究員兼副主任哲良（書面意見）：

1. 核算價值基礎之釐清：交換價值 vs.福利價值

   (1) 遵循 SEEA EA 交換價值原則：SEEA EA2021 強調應採用「交換價值（ExchangeValue）」，而非環境經濟學常見的「福利價值（WelfareValue）」。目前採用的「旅行成本法」（或「願付價值法」）往往是採用「消費者剩餘」做為貨幣化方式，建議工作團隊可以思考如何將其轉化或調整為符合國民會計架構的交換價值。

   (2) 單價選用的穩健性：對於非市場項目（如調節服務），單價選用直接影響總額。建議說明單價來源（如：碳定價是參考國際社會碳成本、碳排放額度、碳信用額度市場價格，還是國內碳費預期費率？），並優先採納較具市場代表性且穩健的單價。

2.調節服務計算邏輯的空間精確性

(1) 受體的對應關係：調節服務（如山體滑坡減緩、水流調節）的價值取決於其保護的資產或人群。建議團隊在計算單價與總值時，應考慮空間分布的差異：位於偏遠無人區與鄰近部落集落的森林，其「避災價值」似乎不太適合以單一平均單價概括（在受體分布直觀上非均勻的前提下，邊際避災價值應明顯不同才是？），以避免價值計算結果過於龐大。

(2) 最小替代成本法之應用：採用「替代成本法」時，必須證明所選取的工程替代方案（如建置淨水廠、擋土牆）是社會在缺乏森林服務時「最可能採取」且「成本最低」的方案。

3.文化服務價值拆分之實證基礎

(1) 比例分攤的科學依據：目前將教育、視覺舒適、精神價值等項目，按固定比例（如 4.2%）自遊憩價值中拆分。建議工作團隊補充此比例的理論來源或在地實證研究背景，說明其如何反映臺灣森林生態系的特殊性，而非僅採取固定數值的分配。

(2) 避免重複計算：遊憩服務與視覺舒適、教育服務在受訪者心中往往具有高度重疊性，需進一步確認邏輯鏈中如何界定各項服務的產出邊界。

4..靈敏度分析與未來精進建議

(1) 關鍵參數之靈敏度分析：針對碳定價、單位避災成本等對總帳表影響劇烈的關鍵參數，建議增加「靈敏度分析表」。說明當單價上下波動 10%-20%時，對森林生態系服務總價值的衝擊程度，以增加帳表的透明度與決策風險控管。

(2) 數據缺口與推估限制說明：對於目前因資料限制無法按 7 類林型拆分的項目（如野生動植物供給），應明確列出假設條件，並在短中長程精進建議中，提出具體的數據補正計畫。

伍、會議結論

感謝大家出席本專家咨詢會議，並對本計畫成果提供相關建議與評論。若後續還有相關建議與評論，歡迎與我們團隊聯絡。

陸、散會

會議結束時間：13點30分

附錄十一、「我國低海拔陸域生態系服務價值評估架構研析計畫擴充案」期中審查意見之回覆

會議時間：114 年 10 月 23 日（四），上午 9 時 30 分

會議地點：林業及自然保育署 7 樓會議室

與會人員：汪處長昭華、蕭委員代基、林委員俊成、闕委員雅文、陳委員連晃、國立臺北大學、林業及自然保育署保育企劃組、林業及自然保育署森林產業組。

與會人員意見	意見回覆
主席 汪處長昭華	
1. 考量現有資料性質，可再討論本計畫範疇是否仍維持於海拔 800 公尺以下地區。	遵照辦理。
2. 建議補充說明前期計畫與本年度計畫之關聯性，以利整體脈絡銜接。	謝謝主席建議。 已在第一章補充說明。
3. 若需區分低、中、高海拔生態系服務價值權重，可由署內同仁協助填寫相關問卷。	謝謝協助。 目前研究團隊取得資料性質難以詳細區分低、中、高海拔的差異，因此建議未來相關單位可以透過不同海拔的面積去做價值拆分。但仍需考量不同海拔之間可能會有明顯的環境條件差異，建議日後可透過召集 10~20 位生態學者或由林業保育署成員建立不同海拔高度生態系服務的權重標準，並可參照問卷第三部分「生態系服務重要性評估」作為評分調查的依據。
4. 計畫後期可再研議帳表架構，評估是否提供表單或試算表，以利後續同仁接手填報。	謝謝主席建議。 後續會再提供帳表填報資料的試算表架構，以便行政單位執行填報與更新帳表業務執行，並建議相關單位需協助逐年更新參數資料。

蕭委員代基	
1. 建議於報告開頭說明本報告(擴充案)與前期研究的關聯。	謝謝委員建議。 已在第一章補充說明。
2. p.9-15 腳註已說明 SEEA 版本演進，建議於內文也應清楚說明其演進脈絡，以及其與 SEEA EA 和我國綠色國民所得帳之關係。	謝謝委員建議。 已補充於第四章（圖 4-1）。
3. 建議報告書中以 SEEA 2021 EA 取代 SEEA core 2021 EA，應與官方名稱一致，並於 p.9-27 補充 SEEA 2021 EA 所訂五項核心帳表之英文名稱及其屬於流量或資產帳的分類說明。	謝謝委員建議。 已統一英文縮寫，並補充五項核心帳的英文名稱（第四章第 1 節）。
4. p.5-3 有關全球氣候調節服務，建議配合林業保育署年度森林溫室氣體清冊的方法與名詞，並舉例說明 SEEA EA 對「碳保留」與「碳封存」的定義差異；p.5-4 請檢視「長期儲存碳」之用語是否合宜，並以森林案例說明，以貼合研究範疇。	謝謝委員建議。 已將「碳保留」統一改為「碳儲存」，將「碳封存」統一改為「碳吸存」，亦補充案例說明（第六章第 1 節）。
5. p.5-5 熱帶雨林成長緩慢應為碳保留量低而非封存量，建議釐清兩者差異並修正敘述。另因碳保留與封存量會受不同伐採方式影響，若能量化不同伐採模式之差異，將有助於林業保育署未來政策研擬。	謝謝委員建議。 有關於熱帶雨林的描述並無錯誤，後續將再補充更多說明，避免混淆。在 SEEA EA 定義中，若木材被砍伐，將不再屬於森林碳儲存量。被砍伐的木材被視為儲存於經濟體中的碳，而非生態系，故木材被砍伐後在生態帳上會發現森林的碳儲存與碳封存服務皆降低。
6. p.5-7 未說明碳保留與封存的碳價區別及資料來源，建議補充。SEEA 價值多以成本為替代概念，可進一步比較不同碳封存工程成本，並評估不同木材保留方式的價值差異，以呈現碳吸存與移除的貢獻。	謝謝委員建議。 SEEA EA 並未規範兩者碳價應以何種價格為參考，甚至不介意用同一碳價計算。已補充本計畫所使用的碳價資料來源（第六章第 1 節表 6-9）。

7. p.5-9「碳儲存」建議修正為「碳封存」，或補充其定義與採用理由。	謝謝委員建議。 報告書中的碳儲存，較近似於碳保留的意義，而非碳封存，已補充其定義（表 6-3）。
8. p.6-5「amenity services」建議將「便利設施」修正為能涵蓋服務概念的適切譯名。	謝謝委員建議。 amenity services 後續會統一翻譯成美質服務。
林委員俊成	
1. 本計畫以低海拔（800 公尺）為範圍，建議說明相關資料是否可取得或區分；如無法區分，請說明解決方式，並補充後續環境帳所需資料之銜接方式。	謝謝委員建議。 已將各項森林生態系服務項目之後續環境帳所需資料，說明目前現有資料與後續建議蒐集的資料。
2. 建議可參考東華大學執行的「國有林事業區森林生態價值量化模式建立及環境損害賠償研究」低、中、高海拔森林生態系服務的研究計畫架構。	謝謝委員建議。 已拜讀該本報告書，其中中、低、高海拔的界定，會列入未來計畫建議。
3. p.3-3 森林定義建議補充 FAO 之完整定義內容。	謝謝委員建議。 已補充 FAO 森林定義。
4. p.4-14 有關其他生物量供給，可能包含林下經濟產物及森林副產物。林下經濟為未來低海拔森林推動重點，建議可提出林業保育署後續蒐集林下經濟產物資料之方法建議。	謝謝委員建議。 本計畫已於民國 114 年 11 月 4 日拜訪產業組，說明本計畫資料需求，並蒐集相關意見。了解到現階段林下經濟正處於推動階段，正逐步試圖統整林下經濟產物資料，未來可能會有較完善之統計資料。
5. p.5-9 建議釐清「碳儲存」、「碳封存」與「碳保留」定義。碳儲存屬總量概念；碳封存（吸存）為年變化量；碳保留則須界定為林產品抑或是維持森林樣態所保留之碳。樣態不同價格亦異，若相關名詞未明確區分，恐影響氣候調節服務價值計算之準確性。建議評估方法應扣合國家溫室氣體排放清冊之計算方式，以強化數據可信度與一致性。	謝謝委員意見。 後續將把「碳保留」統一改為「碳儲存」，將「碳封存」統一改為「碳吸存」，亦於第六章第 1 節中補充定義說明（表 6-3）。

6. p.5-14、p.5-23 建議需再檢視原始文獻數據引用來源與適用性，另，若要使用過往的價格數據，應考量是否需進行折現。	謝謝委員建議。 已調整評估方法，所引用數據的年份及本計畫之調整方式皆詳述於評估表註的部分，亦可參考內文詳細步驟。
7. 建議說明森林土壤保留與土壤流失量之概念差異，其邏輯與碳儲存、碳封存相似。依表 5-8 土壤流失量評估方法可能會受限資料可得性，須請進一步衡量此評估方法的可行性或替代性。	謝謝委員建議。 土壤與沉積物保留服務為聯合國生態帳用語，實際上亦需仰賴修正土壤通用公式，通過比較潛在土壤流失量（裸露地土壤流失量）與實際土壤流失量（森林土壤流失量）來間接反應森林提供的土壤保留服務。
8. 建議說明水資源淨化服務以及水流調節服務的評估結果差異;水源涵養與水質淨化公式可參考中國大陸(2008 年)森林生態系服務價值的計算公式。另，水源涵養涉及集水區分類，建議後續研究可再多加留意。	謝謝委員建議。 已調整兩項服務評估方式，水資源淨化服務價值評估過程可參考第六章第四節，水流調節服務價值評估過程可參考第六章第五節。
9. 建議評估授粉服務相關資料之可取得性，並考量是否納入本次評估項目。	謝謝委員建議。 因有專家願意提供我國東方蜂之棲地熱區分佈圖，故有以此評估授粉服務價值，評估方法、假設與限制可參考第六章第六節。
10. 空氣過濾服務部分，請釐清都市林是否屬低海拔森林。考量空氣污染多集中都市區，建議研究可評估鄰近都市森林之淨化效益，並參考既有平地森林園區研究資料。	謝謝委員建議。 過往相關研究的研究對象確實多以都市林為主，唯王秋嫻等（2020）在研究都市木時，加入了一個位於陽明山之對照組，且此對照組遠離交通熱區，故本計畫用此對照組作為主要參考依據。
11. 自然資源價值評估方法多種，建議補述文化價值採用 CVM 法之理由。p.6-1 至 p.6-9 將文化服務分為三項，與後續 CVM 問卷略有差異，請補充說明。問卷相關： (1)建議說明抽樣方式是否依不同旅遊地遊客人數分配樣本，並於分析時探討不同旅行成本（如門票）與旅遊地類型	謝謝委員建議。 期末報告書章節調整，原第六章現為第七章，內文為 SEEA-EA 目前有提供估算方法的 3 項文化服務項目（遊憩服務效益、視覺舒適服務效益、教育科學研究效益），而精神、藝術與象徵性服務目前暫無提供估算方法學；但本計畫嘗試在

對願付價值之影響。 (2)問卷第三部分以森林旅遊地為詢問對象，可能導致受訪者對「森林旅遊地」與「整體低海拔森林」之理解混淆，分析時請留意。 (3)考量假日與平日遊客背景組成不同，建議敘明問卷調查工作時間。	問卷中同時採用 TCM 與 CVM 的方法，試圖將文化服務的 4 項服務價值推估出來。 (1)由於 72 處樣區中，只有 11 處國家森林遊樂區與 3 處平地森林園區有遊客統計數量，故難以按遊客人數比例分配樣本；又本年度主要透過旅行成本法推估遊憩效益，故暫不討論願付價值。 (2)本計畫問卷為現地調查問卷，並透過問卷說明卡向受訪者說明，問卷主要範圍在 800 公尺以下的低海拔森林旅遊地。 (3)為避免假日與平日遊客背景組成不同，問卷調查時已盡可能安排平日與假日各一天。
12. 生態系服務項目繁多，建議依重要性與資料可得性逐步納入計算。目前項目由 28 項縮減為 15 項，請於期末報告說明篩選過程，並檢視各項資料可得情形。	謝謝委員建議。 (1)本計畫森林生態系服務項目，乃經由第一次專家諮詢會議之專家學者們討論後，詳細內容請參見本報告書附錄八。 (2)各項資料之可得情況，已列在報告書第五、六章。
13. 有關本研究研擬之帳表設計及評估方式，建議需考量未來林業保育署使用及資料更新的可操作性。	謝謝委員建議。 相關說明敘述於期末報告中。
闕委員雅文	
1. 建議於期末摘要中說明計畫分期評估的研究進程及本年度研究目標與範疇。	謝謝委員建議。 已在第一章補充說明。
2. p.1-5 探勘地點部分，建議修正並補充各地點的特徵與重要性之概要說明。	謝謝委員建議。 已補充在第一章 P1-10~12。
3. 建議內文中英文縮寫 ES（ecosystem service）的名詞使用，需在首次出現	謝謝委員建議。

列出全文與中文。	已補上。
4. 請釐清研究聚焦於低海拔架構，或為建置涵蓋低、中、高海拔一體適用的評估架構，並統一內文敘述。	本年度計畫因受限於我國現有文獻數據未區分低、中、高海拔，故供給、調節與維持服務等兩類之推估範圍涵蓋全臺灣低、中、高海拔森林範圍；而文化服務效益因問卷調查完畢，在有限的時間與經費下，無法重新詢問，故文化服務效益為低海拔森林範圍。
5. 請說明生態系中間服務項目的分類標準，並補充表 3-3 所列中間服務仍需納入評估的考量。	謝謝委員意見。 生態系中間服務則是無法直接提供給人類效益的服務項目，但與生態系最終服務供給有關的生態系服務。若 SEEA 生態系服務功能項目中同時列為中間服務或最終服務的項目，則仍納入評估項目。
6. p.4-1 有關對生態系服務定義，應是指「在 SEEA EA 對生態系服務評估的範疇定義」，建議修正內文文字，以釐清在本報告中限縮的評估項目，避免引起誤會。	謝謝委員建議。 已修正文字。
7. 碳價若無合宜資料可使用，建議可以考慮以企業內部碳定價平均值替代，目前一當量為 62.22 美金，可再換算為新臺幣價格。	謝謝委員建議。 碳價之使用可參考第六章第一節 P6-6~13
陳委員連晃	
1. p.1-7 & p.1-8 研究步驟與研究流程圖需保持一致。	謝謝委員意見。 已修正完成。
2. p.2-15 修正內文用字，並參照林下經濟審查作業要點品項統一使用「臺灣金線連」一詞。	謝謝委員意見。 已修正完成。

3. p.2-5 第二節標題建議修正為森林生態系價值評估方法簡介。	謝謝委員意見。 已修正完成。
4. p.2-3 表 2-1 以及 p.3-9 表 3-3 兩個表頭名稱相同，建議修正名稱以利區分表格內容差異之處。	謝謝委員意見。 已修正完成。
5. 報告書第二章本文同時出現「表」及「附表」，不易閱讀，建議統一用「表」表示，並隨正文位置出現即可。	謝謝委員意見。 由於已修正完成。
6. p.3-1 第一節建議移至第一章的前期計畫的研究結果做補充說明。	謝謝委員意見。 已修正完成。
7. 建議 p.4-9 敘明 SEEA 以及 SNA 兩種帳表制度的異同之處，並補充 SNA 的制度說明。	謝謝委員建議。 已補充於第四章 P4-1、P4-39。
8. p.3-10 以及附錄 p.七-7 低海拔森林生態系面積需修正為 505,637 公頃，並 p.7-7 問卷敘述修正為「約占「臺灣」總面積 14%」。	謝謝委員意見。 已修正完成。
林業及自然保育署保育企劃組	
1. 森林生態系服務相關資料難以就海拔高度進行區分，但區分低、中、高海拔森林生態系面積是可行的，未來可考慮放寬評估的森林海拔範疇提高計畫執行的可行性。	謝謝建議。 遵照辦理。
2. FAO 對森林的定義應未包含都市林，建議計畫可再進一步釐清並界定清楚研究範疇。	謝謝建議。 已修正定義。
3. 帳表所需資料項目與來源建議提供更明確說明列表，以利後續業務單位可持續更新帳表資料。	謝謝建議。 已將各項森林生態系服務項目之後續環境帳所需資料，說明目前現有資料與後續建議蒐集的資料。
4. 書面意見：	謝謝建議。

(1)請加強報告書章節架構編排，讓整體邏輯脈絡更清楚，p.1-9 章節架構請補上章節名稱，以利檢視整體架構，另表中第六章應該屬於第Ⅲ篇，請修正。 (2)p.1-8「圖 1-2 研究流程圖」應為整份報告書的主體架構，但與「p.1-6 三、研究步驟與流程」及報告書各章節編排稍難對應，請再重新檢視流程架構並強化說明，並應呈現與契約工作內容之連結。 (3)建議補充一節說明前期計畫成果，以助於後面章節引用時更能掌握全貌(如依據臺灣實際情況，已界定的生態系分類框架、已完成專家指認的重要生態系服務項目等) (4)有關章節及圖表名稱請再次檢視及修正，以讓標題更精確貼合內容， (5)有關 p.3-4 森林生態系之生態功能內容，集中討論調節功能的「防止水土流失」與「土壤肥力維護」，建請補充原因。 (6)有關各項服務價值估算之資料需求，後續建議補上資料盤點情形，以及「理想資料」和「實際(替代)使用資料」。	(1) 已修正。 (2) 已修正。 (3) 已加入第一章第二節中。 (4) 已在第一章補充說明。 (5) 該段落已統一調整至第六章說明。 (6) 已補上各項服務價值估算之資料需求，後續建議補上資料盤點情形，以及「理想資料」和「實際(替代)使用資料」
林業及自然保育署森林產業組	
建議研究範疇需要有明確定義與聚焦，問卷設計需考量森林旅遊地不是主要提供林下經濟作物服務的區域，建議企劃組進一步與研究團隊討論問卷內容的適宜性，提高後續分析的準確性。	謝謝建議。 問卷調查主要以旅行成本法與假設市場價值法，評估受訪者旅遊需求與願付價格，後續將推估文化服務效益；林下經濟作物則直接透過市場價值法進行估算，故問卷內容不影響林下經濟作物的推估價值。

附錄十二、「我國低海拔陸域生態系服務價值評估架構研析計畫擴充案」期末審查意見之回覆

會議時間：115 年 3 月 11 日（三），上午 9 時 30 分
會議地點：林業及自然保育署 7 樓會議室
與會人員：汪處長昭華、蕭委員代基、林委員俊成、闕委員雅文、陳委員連晃、國立臺北大學、林業及自然保育署保育企劃組、林業及自然保育署森林產業組。

與會人員意見	意見回覆
主席 汪處長昭華	
1. 請釐清 SEEA 與現行「國家溫室氣體清冊」在碳吸存與碳儲存計算方式上之差異，並進一步評估計算方式不同對後續對照 SEEA 帳表所造成之影響。	以下說明現行「國家溫室氣體清冊」在碳吸存與碳儲存計算方式上之差異： （1）碳吸存 SEEA-EA 定義：森林碳吸存的量測可分為：(1-1）森林地上與地下所有活著生物量的碳存量變化；(1-2）森林地上與地下所有死亡生物量的碳存量變化；(1-3）地表以下最多 2 公尺土壤有機碳存量變化。 溫室氣體排放清冊統計：(1-1）活著生物量的碳存量年變化量；將（1-2)「死亡生物量碳存量變化」與（1-3)「土壤有機碳存量變化」皆假設為零。 故森林碳吸存的實物量本計畫亦只能涵蓋到森林活著生物量的碳存量變化。 （2）碳儲存 SEEA-EA 定義：森林碳儲存實物量的計算可分成：(2-1）森林地上與地下所有活著生物量的碳存量；(2-2）森林地上與地下所有死亡生物量的碳存量；(2-3）地表以下最多 2 公尺土壤有機碳存量。 溫室氣體排放清冊統計：未計算碳儲存

	量。 故（2-1）森林地上地下生物量（活著）的碳存量可參考第四次森林資源調查的樹木碳儲存量成果（農業部林業及自然保育署，2024）。（2-2）與（2-3）參考黃群智等（2024）針對全臺森林不同深度之土壤碳匯的調查成果，其土壤碳匯與本計畫的碳儲存概念一致。 （3）SEEA-EA 估算之碳吸存或碳儲存量定義包括森林生態系全部的碳，本計畫初步已盡可能將漏項數據補齊，避免低估全球氣候調節服務，建議後續能增加對前述（1-2）、（1-3）、（2-2）、（2-3）的基本研究調查。
2. 我國現行公告碳匯價格為每公噸 300 元，若報告僅採用國際標準，恐致與國內帳務統計基準不一，增加數據比對及解釋之難度。建議本計畫先將各項可行之碳價方案納入報告，未來確切採用之價格基準則留待後續研議與決定。	報告書中同時列出我國現行公告碳匯價格為每公噸 300 元、歐盟碳交易價格、與美國 EPA 估算之碳社會成本，供後續研議時參考。
3. 建議考量未來資料取得情形，重新評估將林型區分為七大類進行價值估算之必要性。	謝謝主席建議。 本計畫亦建議未來可以重新評估是否需要將林型區分為七大類。
4. 建議確立帳表架構與各項參數需求說明後，可進一步研擬帳表編製作業指引，以利後續實務作業之推動。	謝謝主席建議。 本計畫報告書表 10-1~10-5 為帳表初步架構，參數需求說明則於第 10 章第三節，並整理列在表 10-10；可供後續相關研究與實務使用時之精進參考。
5. 僅以養蜂產值作為授粉服務之估算基礎，於方法學上尚存疑義，建議應進一步論證該方法之合理性與適用性。	授粉服務並非以養蜂產值估算，而是以野生蜂協助農作物授粉結果的產值比例進行授粉服務價值的推估。目前缺乏實證研究資料，建議未來可持續性的調整推估方法。

6. 結論與建議章節，除呈現各項森林生態系服務之貨幣價值估算結果外，建議可再補充說明這些數值所代表之實際效益與影響，包含對環境、社會及森林整體功能之貢獻，以利外界理解貨幣價值背後所反映之森林意義與價值。	已於第 10 章增加表 10-7 說明森林生態系各項服務功能。
蕭委員代基	
1. 肯定本報告價值評估之完整度。惟完善之帳表架構編製仍仰賴跨部會協作，建議補充對我國環境經濟帳編製之政策建議，以利各相關部會明確後續合作方向與待精進之處。	謝謝委員肯定。 相關內容根據本計畫推估時資料蒐集過程，彙整至表 10-11 臺灣森林生態帳評估資料建議負責單位。
2. 氣候調節服務中「碳吸存」與「碳儲存」之估值邏輯仍需進一步釐清，碳儲存與碳吸存均具有評估價值，前者反映既有森林碳庫未釋放所產生之貢獻，後者則反映每年新增碳吸存對淨排放減量之效果，惟兩者於計算時應區分不同年度基準，以避免重複計算。 另建議將碳儲存評估公式中「將存量轉換為流量的利率」等用語，改以經濟學和會計學上通用之『年金』或『資本還原因子』表達，以利理解。 價格選擇方面，因我國現行碳費費率未必能完全反映氣候調節服務之真實價值，建議併列歐盟碳交易價格、社會碳成本及區域化社會碳成本，作為比較與論述之依據。	(1)本計畫推估 2024 年全球氣候調節服務-碳吸存服務之資料，由於目前環境部最新公告之臺灣森林樹木碳吸存量數據為 2023 年數據，故假設 2024 年碳吸存量與 2023 年相同，參考環境部（2025a）公告 2023 年臺灣森林樹木碳吸存量（淨值）21,726,000 公噸 CO_2e；碳儲存量則參考第四次森林資源調查的樹木碳儲存量成果，2014 年森林樹木碳儲存量為 754,280,000 公噸 CO_2，2015 年~2023 年則根據環境部公告之臺灣森林樹木碳吸存量數據。故沒有重複計算。 (2)已修正用語為『資本還原因子』。 (3)本計畫已調整內文，分別以國內產業之單位減碳成本(我國現行碳費費率每公噸二氧化碳當量台幣 300 元)、國際碳減量成本(歐盟碳交易價格每公噸二氧化碳當量台幣 2,242 元)、全球排碳造成之碳社會成本(美國 EPA 社會碳成本每公噸二氧化碳當量台幣 11,392 元)等三種碳價進行估算；又根據中華經濟研究院以不同組合情境下模擬出台灣的碳社會成本，每公噸二氧化碳當量

	約 0.37 美元至 1.32 美元，顯著低於前述三種碳價，故暫不採用。
3. 碳儲存比較基礎不宜僅以老樹與竹子進行對照，較適合的作法應是比較不同森林經營模式在長期多輪伐期下的碳吸存效益差異，例如持續保留不砍伐，或砍伐後再造林的永續經營方式，並以相關研究結果作為未來森林經營效益判斷的參考依據。	已修正該段的敘述內文為：例如：已於均衡成長狀態下的熱帶雨林，呼吸作用率往往高於光合作用率，碳吸存量也可能因此為零或呈現負值，透過 SEEA 碳儲存量之算式，可鼓勵持續保留不砍伐，或砍伐後再造林的永續經營方式，並輔以相關研究結果作為未來森林經營效益判斷的參考依據。
4. 臺灣現行碳費為初期考量產業界承受度之定價，尚無法反映真實之生態系服務價值。估算時建議採用社會碳成本或歐盟排放交易市場均衡價格作為標準。	本計畫已調整內文，分別以國內產業之單位減碳成本(我國現行碳費費率每公噸二氧化碳當量台幣 300 元)、國際碳減量成本(歐盟碳交易價格每公噸二氧化碳當量台幣 2,242 元)、全球排碳造成之碳社會成本(美國 EPA 社會碳成本每公噸二氧化碳當量台幣 11,392 元)等三種碳價進行估算。
5. 建議修正「山體滑坡減緩服務」公式用語，將「無森林覆蓋後之發生可能性漲幅」改以「有、無覆蓋情境」進行對照區分，並將「漲幅」更正為「變化量」。此外，建議補充安地斯山以外之研究文獻，以強化參數計算之適用性。	(1)已修正文字。 (2)本計畫找尋國內外最相近的文獻，選擇 Brander et al.（2018）與 Grima et al.（2020）的研究成果進行比較： 由於 Brander et al.（2018）的研究地點為阿扎爾自治共和國，與臺灣相隔較遠，且其研究成果係以「村落」為單位，恐其村落形式與我國有較大差異，故本計畫認為較不適用。本計畫最後採用 Grima et al.（2020）的研究成果：非森林覆蓋區發生山體滑坡的可能性約為森林覆蓋區的 5.81 倍，採用該成果係因其調查期間超過一年，且並非基於未來的假設情景下估算出的結果，而是基於過去的統計資料，另外該研究調查地點為安地斯山脈，而我國森林亦以中央山脈為主，加上目前未找到更適合之研究成果，未來若有相關本土研究，可考慮將其替代以符合我國森林現況。

6. 國民經濟核算體系（SNA）著重於支出端，而環境經濟核算之核心則在於人類福祉。故針對氣候調節等服務價值，應完整呈現包含效益損失在內之社會成本，以凸顯環境價值與國民所得帳之本質差異。此外，評估遊憩價值時，建議採取「效益（消費者剩餘）」與「成本（實際支出）」並列呈現之方式。	(1) 因 SEEA-EA 涵蓋之效益僅包括為人類社會使用或享受的商品與服務，且商品與服務多具有價值，故效益應以正面效益為主，而不計算生產商品與服務對生態系的負面影響。 (2) 本次計畫同時計算「消費者剩餘」以及「支出」兩部分，若期望森林生態帳能接軌 SEEA 則是對森林資源投入的支出為主，而非森林保育效益價值。
林委員俊成	
1. 建議補充敘明各類生態系服務項目計算係以全國或是低海拔尺度進行區分。若七大類林型資料不足，可能導致推估值的誤差，建議不用刻意區分。	已於第十章表 10-9 中，供給服務、調節與維持服務等兩大項服務價值，根據低海拔、中高海拔的面積比例拆分，文化服務價值因時間與經費有限下，無法重新進行問卷調查，故推估範圍仍為低海拔森林面積。
2. 建議應明確界定研究結果為「年變化量」或「總存量」，尤其是「碳儲存量」屬性為總量的指標，應釐清其核算邏輯，以確保計畫數據的正確性與後續延伸應用的合理性。	綠色國民所得帳（現稱：環境經濟整合帳）中「存量」與「流量」之價值概念並不相同，碳儲存屬於存量價值，碳吸存則屬當期流量價值，兩者並無重複計算之問題。若以會計折舊與攤提概念說明，森林既有存量所對應之存在價值，可透過年度攤提方式反映於各期帳表中，此作法亦符合聯合國及國民所得帳體系之基本精神。
3. 建議研究應考量政策現狀與生態差異，明確界定評估範疇與侷限性，請補充說明天然林禁伐導致的「木材無實質產出」(P.5-7)，以及不同海拔林相在功能價值上的本質差異。	(1)根據本計畫團隊與森林產業組的訪談記錄(附錄七)，確實天然林禁伐，但木材供給並非完全來自人工林，天然林亦會有伐採量的統計值，例如屬於「專案採取」或「漂流木」類別之伐採。 (2)本期計畫範圍為低海拔森林生態系，且目前我國對不同海拔森林之調查資料缺乏，故建議後續研究可針對不同海拔林相之功能價值進行比較。
4. 建議建立可持續更新的帳表系統與 SOP，將技術與資料更新機制移交	後續如確認本案編製架構，可提供編制手冊與相關資料填報檔案，協助主管機關後續更

給林業保育署接手編製，確保計畫結束後機關仍具備自主更新資料的能力。	新資料與維護作業。惟正式編製手冊前，仍應先確認本版內容已具一定成熟度，並清楚說明編製流程、參數設定及限制，以利後續承辦人員據以操作與對外說明。
5. 建議產出結果時應參考國際計算標準與組成分布趨勢，並增加結果的國際比較，提供具國際對照價值的具體建議。	由於有進行 SEEA-EA 之森林生態帳編製國家，如英國、荷蘭、澳洲，因緯度、地形、海拔等皆與我國差異甚大，且各國推估森林生態系服務項目皆不相同，故難以比較。
6. P.2-1 內文中提及表 2-1 參照來源誤植請做修正。	已修正完畢。
7. P.2-2 關於「各森林生態系類型分佈與面積」一節，請強化說明森林面積與國土生態綠網關注區域面積關係(占比)之推導邏輯，並釐清數據內容。	已修正內文說明與數據。
8. 請釐清 P.5-4 至 P.5-9 分析資料為「材積」或「蓄積」，並確認木材供給的計算範疇及修正內文用字。	蓄積是指一整片的森林總量，材積是針對特定樹種的量測。 因缺少各林型材積量數據，森林產業組建議木材供給根據 7 大林型拆分的可能作法，可根據第四次森林資源調查各類林型蓄積量比例加以拆分木材供給服務價值。
9. P.5-10 表 5-8 請補充竹林價值資料來源。	資料來源為農業部林業及自然保育署，2025 年出版之 2024 年「林業保育統計年報」；數值整理在表 5-1 2024 年森林主產物產值統計的倒數第二列。
10. P.6-34 山體滑坡減緩服務建議明確界定研究範疇之面積基準點，以利評估參考文獻數據之適用性。另建議可補充說明風險發生機率，並採情境模擬方式，評估不同環境變化下之風險影響。	(1) 本計畫假設我國在 2024 年的森林覆蓋度現況下，山體滑坡事件帶來的災害損失；因根據 SEEA-EA 邏輯鏈，評估森林山體滑坡減緩服務價值需要先了解若沒有森林覆蓋，山體滑坡風險會增加多少，因山體滑坡風險增加而帶來的災害損失則可以間接反應出森林生態系山體滑坡減緩服務價值。 經本計畫文獻蒐集，發現國內尚未有森林山體滑坡減緩服務價值評估相關研究，然過去已有研究發現不同的土地利用會影響山體滑坡的風險；由於本計畫未從國內搜尋到比

	較有無森林覆蓋而帶來的山體滑坡發生風險差異的研究，故目前僅能以現有之國外相關文獻作為參考值。 (2)在目前未找到更適合之研究成果前，暫以現有之數據做為建構推估模式之參考值，未來若有相關本土研究，建議探討我國不同程度的森林覆蓋度下，山體滑坡事件發生的機率與損害程度，以符合我國森林現況。
11. P.6-56 水流調節服務有關基準流量與高峰流量之估算方式仍需進一步釐清，特別是「年暴雨量」之定義尚不明確，需說明其判定基準究竟係以單日降雨量、單次降雨事件，或其他條件認定。	(1)森林基線流量維持服務是指森林在旱季提供水資源的服務，但森林的特性在旱期並不利於水資源的儲存，而是在洪水期儲備水源，以備旱期使用。 (2) 本計畫參考交通部中央氣象署（2024），我國 2024 年降雨資料為：2,135.9mm/年，又參考洪致文（2009）指出我國總降雨約一半來自颱風季的降雨，本計畫假設我國年暴雨降雨量為總降雨量之 50%，即為 1,068mm/年。
12. 若高峰流量是以全年最高單日降雨量估算，則與年暴雨量的概念可能有所重疊，需注意是否產生重複計算問題。	(1)因本計畫是以森林生態系在暴雨期間可容納的雨量，用以迴避興建滯洪池的成本，故採用全年單次最大降雨量，與滯洪池的防洪設計較為一致。 (2) 本計畫估算水流調節服務之降雨循環項目為： ✓ 基線流量：緩慢地表下逕流與地下水逕流； ✓ 高峰流量：森林冠層截留能力與森林生態系的蒸發散作用； 故無重複計算。
13. 承上述有關重複計算疑義，高峰流量減緩服務之估算結果占整體調節與維持服務比重高達七成，比重明顯偏高，後續宜加強計算參數引用數值定義與結果合理性之說明，並	(1)高峰流量減緩服務價值占比達七成，主要係受滯洪池建置成本較高，且洪氾發生頻繁等因素影響，與實際情形尚屬相符。後續可參考國外文獻，比較相關評估結果之比例是否相近；另如未來可取得更精細

考慮由基線流量以及洪峰流量擇一計算。	之各地區年暴雨量資料，亦有助於提升估算結果之精細度。 (2)由於「基線流量維持服務」凸顯的是森林生態系在「旱期」能夠提供水源之功能，「高峰流量減緩服務」凸顯的是森林生態系在「暴雨時期」提供之減緩功能，故兩者存在差異。
14. 滯洪池調節效果究竟是以單次或多次調節累積效果衡量，亦涉及估算邏輯與次數認定，建議後續補充說明相關計算基礎與論述。	由於本計畫以森林生態系在暴雨期間可容納的雨量，用以迴避興建滯洪池成本的效益，進而減少額外興建滯洪池的成本，故應為單次效益。
15. P.6-69 東方蜜蜂授粉效益估算方式仍宜再審慎檢視。東方蜜蜂雖實際對農業生產之影響範圍，仍應結合淺山地區、作物分布及不同作物類型進一步分析，不宜直接以整體森林面積或潛在分布範圍全面推估。另外，東方蜜蜂潛在分佈，不等同於實際穩定分布，亦需考量其出現頻率與實際族群數量，建議後續採取較保守之估算方式，以降低結果遭受質疑之可能。	謝謝委員建議。 東方蜜蜂雖實際對農業生產之影響範圍確實如委員所言，應細緻區分，但因目前授粉服務之調查資料缺乏，本計畫僅能以現有之圖層與數據進行初步推估，以建立初步的我國森林生態系授粉服務評估模式。 建議未來能針對依賴傳粉的農作物，繪製出全臺農作物產值分布圖，則更有利於森林授粉服務價值之推估。
16. 依目前所呈現公式與數值，碳儲存係將總存量乘以一定比率轉換為年度價值，而碳吸存則另計年度新增量，兩者間是否存在重複計算之疑慮，建議團隊再予審慎檢視。	綠色國民所得帳（現稱：環境經濟整合帳）中「存量」與「流量」之價值概念並不相同，碳儲存屬於存量價值，碳吸存則屬當期流量價值，兩者並無重複計算之問題。若以會計折舊與攤提概念說明，森林既有存量所對應之存在價值，可透過年度攤提方式反映於各期帳表中，此作法亦符合聯合國及國民所得帳體系之基本精神。另指出，未來若欲提高估算精確度，仍需仰賴政府定期辦理森林資源調查，並依調查結果滾動修正相關統計數值。
17. 建議碳儲存與碳吸存之評估方式可參考國家溫室氣體清冊之計算類	✓ 首先說明現行「國家溫室氣體清冊」在

型，並統一服務類型之分類架構，以利兩者評估結果相互輔助與參照。	碳吸存與碳儲存計算方式上之差異： （1）碳吸存 SEEA-EA 定義：森林碳吸存的量測可分為：(1-1）森林地上與地下所有活著生物量的碳存量變化；(1-2）森林地上與地下所有死亡生物量的碳存量變化；(1-3）地表以下最多 2 公尺土壤有機碳存量變化。 溫室氣體排放清冊統計：(1-1）活著生物量的碳存量年變化量；將（1-2)「死亡生物量碳存量變化」與（1-3)「土壤有機碳存量變化」皆假設為零。 故森林碳吸存的實物量本計畫亦只能涵蓋到森林活著生物量的碳存量變化。 （2）碳儲存 SEEA-EA 定義：森林碳儲存實物量的計算可分成：(2-1）森林地上與地下所有活著生物量的碳存量；(2-2）森林地上與地下所有死亡生物量的碳存量；(2-3）地表以下最多 2 公尺土壤有機碳存量。 溫室氣體排放清冊統計：未計算碳儲存量。 ✓ 故（2-1）森林地上地下生物量（活著）的碳存量可參考第四次森林資源調查的樹木碳儲存量成果（農業部林業及自然保育署，2024)。(2-2）與（2-3）參考黃群智等（2024）針對全臺森林不同深度之土壤碳匯的調查成果，其土壤碳匯與本計畫的碳儲存概念一致。 ✓ SEEA-EA 估算之碳吸存或碳儲存量定義包括森林生態系全部的碳，本計畫初步已盡可能將漏項數據補齊，避免低估全球氣候調節服務，建議後續能增加對前

	述（1-2）、(1-3)、(2-2)、(2-3）的基本研究調查。
18. 簡報 P.6-34，山體滑坡減緩服務計算有無森林情形屬於總量的損失，並非屬於年變化量的結果。	因本計畫採用李秋憙（2006）之推估 2004 年因土石流災害帶來的家戶損失約為每年 3.25 億新臺幣之研究成果，再以有無森林覆蓋下的家戶損失作為森林生態系山體滑坡減緩服務價值；故其變化量為年值。
19. 簡報與報告書引用之高峰流量減緩調節之服務價值不一致，請統一修正。	由於期末成果報告書在審查會前進行部分數據更新，故簡報數據為更新後資料，報告書內容亦已同步更新。
闕委員雅文	
1. 本報告整體架構完整，已從生態系服務價值評估延伸到 SEEA-EA 帳表架構，內容相當充實，也清楚呈現供給、調節與維持、文化三大類服務的估值成果。報告並已建構規模帳、條件帳、實物帳、貨幣帳與資產帳五大帳表，這是本案的重要成果。	謝謝委員肯定。
2. 目前摘要已列出供給服務約 1.5 億元、調節與維持服務約 1.3 兆至 3.2 兆元、文化服務約 856 億元，成果很多，但若能再用一頁整理「完成了哪些帳表、估算了哪些服務、哪些仍待科學數據資料的進展」，會更方便政策端快速掌握。	謝謝委員建議。 已於摘要補上本計畫推估之 2024 年臺灣森林生態系-貨幣價值與現有數據情況之整理表格；列出本計畫推估之森林生態系服務項目、各服務項目之現有調查數據，能否區分 7 類林型、以及依海拔高度之面積比例拆分之各服務項目之價值與單位面積價值。
3. 報告已清楚交代由 28 項服務逐步篩選到 15 項，並依據是否屬最終服務、是否有邏輯鏈、是否常見於森林等條件進行保留，這部分方法論很重要。建議強調這是為了符合首次編製森林生態帳的可操作性與國際接軌需求。	謝謝建議。 已將相關文字內容補充於 P1-6。
4. 由於調節與維持服務在總值中占比	謝謝委員建議。

高，尤其碳儲存、碳吸存相關項目容易成為外界關注焦點，建議在摘要或結論中可再多說明其估值邏輯、參數基礎與解讀限制，避免數字被過度簡化理解。	已分別於摘要 p2、結論 p10-8 增加相關說明。
陳委員連晃	
1. P.2-1 倒數第 3 行「見錯誤! 找不到參照來源」，請修正。	已刪除該段文字。
2. P.2-7~2-17 表 2-3 低海拔森林生態系 72 處樣區主要動植物種類，建議統一寫法，另部分樣區尚缺動植物資料，請補充完整。	已統一表 2-3 敘述方式，並補充水火同源登山步道-碧雲火泉步道、太平山森林遊樂園區、林後四林平地森林遊樂園區、鰲鼓濕地森林園區等樣區動植物資料。
3. P.3-8 倒數第二段所載「由於問卷調查剛結束，此部分數據的詳細分析內容將在期末報告呈現」，文字請修正。	已刪除該段文字。
4. P.4-24 SEEA-CF 表 4-8 實物資產帳之通用架構請補充◎、O、X 符號代表之意涵。	已於表 4-8 加註說明符號意涵。
5. P.6-10 內文提及 2023 年碳移除量淨值為 21,726 公噸，應修正為 21,726,000 公噸。	已修正完畢。
6. P.9-17 表 9-9 變數說明與表 9-10 實證推估結果變數，需檢視兩表格中變數名稱是否一致。	已於 3 類森林旅遊地之計次模型之實證推估結果，補充說明 (1)INTERCEPT：模型之截距項，代表函數圖形與 y 軸（縱軸）的交點座標。 (2)alpha：其值越大，表示數據的過度離散程度（Overdispersion）越高。
林業及自然保育署保育企劃組	
1. P.9-8 國家森林遊樂區、平地森林園區和步道之主要特徵應該是客觀的，此處呈現應為受訪者注意到的特徵，建議應調整受訪者勾選結果的解讀和描述方式，目前寫法容易讓人混淆。	已修正國家森林遊樂區、平地森林園區和自然步道之模型變數說明寫法。

2. P.10-2 雖然本計畫主要算貨幣帳,但倘從 2024 年開始起算的話,可否提供目前已蒐集到的規模帳和實物帳的基線資料?目前實物帳和貨幣帳的架構一模一樣,對於內容的建議為何(對應到目前貨幣帳使用的資料,那些是適合放在實物帳中的?)	(1) 詳細引資料用年份(基線)請參見表 10-8「2024 年臺灣森林生態供給、調節與維持服務價值評估資料使用詳情」;由於推估我國森林生態系貨幣帳時,本計畫發現我國對森林生態系的相關調查數據不算少,但除了全球氣候調節服務的碳吸存與儲存量,以及水流調節服務之降雨量為連年更新之資料外,其餘引用數據皆因卻乏數據,不得不引用過去調查資料,故實務帳之基線資料跨距 1992~2024 年。 而規模帳之面積數據,缺乏期初規模,表 10-6「全臺、低海拔與中高海拔森林生態系面積」僅為期末規模。 (2)已於表 10-10「臺灣森林生態系供給與調節服務價值評估資料精進建議」,增加現有資料的更新頻率,若為每年更新者,可列入每年的實務帳帳表中。
林業及自然保育署保育管理組	
1. 本案研究團隊針對各項生態系服務價值估算,均對應出方法學並詳細說明研究限制與未來研究建議,有助於未來持續精進方法學。為利未來資料更新與查填效率,建議列出查填出處(如:各類年報資料)以利快速檢索估算參數。	(1)謝謝肯定。 (2) 詳細引資料用年份(基線)請參見表 10-8「2024 年臺灣森林生態供給、調節與維持服務價值評估資料使用詳情」;表 10-10「臺灣森林生態系供給與調節服務價值評估資料精進建議」則可查詢現有資料的更新頻率。
2. 建議未來可將林下養蜂相關資料納入森林授粉服務之估算依據,例如盤點養蜂產銷班、養蜂經濟年報或其他可定期取得之統計資料,進一步思考其是否能對應並套用至現行估算公式中,以提升資料來源的穩定性與一致性,有助於建立可供每年定期查填之常態性填報工具,減少後續填報作業蒐集資料與估算上的困難。	謝謝建議。 森林生態系授粉服務主要是野生蜂對農業作物的生態貢獻,因「林下經濟經營使用審查作業要點」之森林副產物,仍屬於推動階段,尚未有統計資料,若後續林下養蜂(「森林蜂產品」)有統計資料時,或可對應到「野生動物、植物和其他生物量供給」,納入計算。
3. 關於「森林授粉服務」價值估算,授粉服務為重要的生態系調節功	(1)東方蜜蜂授粉效益係以森林面積圖劃設 1.9 公里範圍,並納入周邊果樹及旱作農地

	能，目前方法學是以野生東方蜜蜂的研究資料為基礎估算授粉服務價值，其中有一參數為「失去授粉服務將導致農作物 20-30% 損失」，考量到農地利用變遷或大規模病害確實會影響授粉價值，此「20-30%」之固定比例是否能反映逐年波動? 另林下養蜂之授粉價值可能高於野生蜂，未來是否會考慮參考林下蜜蜂相關產值數據?	進行估算；因國內旱作產值屬整體統計資料，故改以面積比例拆分，推估範圍內果樹面積約占全臺 49%。 (2)後續如能取得更細緻的產量分布資料可再提升估算精確度。
4.	P.6-63 內文提及，生態帳之授粉服務聚焦在野生傳粉者，「唯野生傳粉者屬於生態系貢獻」，而東方蜜蜂因其不易馴服之特性，族群大多數皆以野生為主，「較能夠代表野生傳粉」，相關文字過於主觀，建議調整文字。	授粉行為：東方蜜蜂喜好採集多樣化的蜜源，而非像西方蜜蜂偏好單一蜜源，能提供更細緻的生態服務。
5.	P.6-63 東風蜜蜂誤繕，更正為東方蜜蜂。	已修正完畢。
林業及自然保育署森林產業組		
1.	P.5-14「林下作物」一詞範圍過廣，建議改為「林下經濟經營容許的品項」，以符合林下經濟採申請制且限於公告品項之制度設計，避免產值計算範圍過度擴張。	已修正完畢。
2.	目前該署掌握資料主要以補助成本為主，至於後續產值資料建議由農糧單位協助調查；另因農糧單位負責放蜂輔導業務，且與台灣養蜂協會可能已有合作基礎，後續如需納入林下養蜂產值或相關資料，宜優先向農糧單位及相關合作機構洽詢。	謝謝建議與提供未來研究訊息。