

OAC-113-024(研究報告)

## 紅樹林海洋藍碳經濟價值之實地調查研究

(成果報告)

海洋委員會補助研究

中華民國 113 年 8 月

「本研究報告僅供海洋委員會施政參考，並不代表該會政策，該會保留  
採用與否之權利。」

OAC-113-024(研究報告)

**紅樹林海洋藍碳經濟價值之實地調查研究**  
**(成果報告)**

**學校：致理學校財團法人致理科技大學**

**指導教授：陳瑋弘**

**學生：黃巧妮**

**研究期程：中華民國 113 年 3 月 1 日至 113 年  
10 月 31 日**

**研究經費：新臺幣九萬三千元**

**海洋委員會補助研究**

**中華民國 113 年 08 月**

「本研究報告僅供海洋委員會施政參考，並不代表該會政策，該會保留採用與否之權利。」

「本研究報告絕無侵害他人智慧財產權之情事，如有違背願自負民、刑事責任。」

OAC-113-024 紅樹林海洋藍碳經濟價值之實地調查研究 成果報告 海洋委員會

## 目錄

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 表次.....                         | 3  |
| 圖次.....                         | 3  |
| 摘要.....                         | 4  |
| 一、 研究緣起 .....                   | 4  |
| 二、 目的 .....                     | 4  |
| 三、 研究方法及過程 .....                | 4  |
| 四、 重要發現 .....                   | 4  |
| 五、 結論與展望 .....                  | 4  |
| 第壹章 前言.....                     | 5  |
| 1.1 研究緣起與問題背景 .....             | 5  |
| 1.2 現況分析 .....                  | 5  |
| 1.3 研究目的及研究重點 .....             | 7  |
| 1.4 預期目標 .....                  | 7  |
| 第貳章 文獻回顧.....                   | 7  |
| 2.1 藍碳 .....                    | 7  |
| 2.2 紅樹林 .....                   | 8  |
| 2.3 淡水河紅樹林自然保留區 .....           | 11 |
| 2.3.1 生態資源現況 .....              | 12 |
| 2.3.2 法律保護措施 .....              | 13 |
| 2.3.3 現存的生態破壞因素 .....           | 14 |
| 2.3.4 目前的保護措施 .....             | 14 |
| 2.4 紅樹林經濟價值相關研究 .....           | 14 |
| 2.4.1 評估紅樹林生態系統價值的多樣方法和挑戰 ..... | 14 |
| 2.4.2 統合迴歸分析在紅樹林價值評估中的應用 .....  | 15 |
| 2.4.3 台灣淡水河紅樹林的遊憩價值評估 .....     | 15 |
| 2.4.4 紅樹林與商業水產養殖的式的經濟比較 .....   | 16 |
| 2.4.5 紅樹林生態系服務價值的評估 .....       | 16 |
| 第參章 研究方法及過程.....                | 17 |
| 3.1 生態系統服務功能補償 .....            | 17 |
| 3.2 旅遊成本法 .....                 | 17 |
| 3.3 研究架構 .....                  | 18 |

|                 |                                 |    |
|-----------------|---------------------------------|----|
| 3.4             | 研究方法 .....                      | 19 |
| 3.5             | 研究流程 .....                      | 23 |
| 3.6             | 資料分析方法 .....                    | 26 |
| 第肆章 結果與討論 ..... |                                 | 27 |
| 4.1             | 問卷發放與回收情況 .....                 | 27 |
| 4.2             | 受訪者的遊憩行為及旅遊支出分析 .....           | 27 |
| 4.2.1           | 旅客從起始地至紅樹林之目的 .....             | 27 |
| 4.2.2           | 交通成本旅客從起始地至紅樹林之交通工具 .....       | 27 |
| 4.2.3           | 旅客從起始地至紅樹林的交通時間 .....           | 28 |
| 4.2.4           | 旅客至紅樹林的停留時間 .....               | 28 |
| 4.2.5           | 最近一年旅客至紅樹林的頻率 .....             | 29 |
| 4.2.6           | 平均月個人所得(單位為新台幣).....            | 29 |
| 4.2.7           | 其他費用(單位為新台幣).....               | 29 |
| 4.3             | 遊憩效益分析 .....                    | 30 |
| 4.4             | 紅樹林海洋藍碳總體經濟價值分析 .....           | 31 |
| 4.4.1           | 直接使用價值 .....                    | 31 |
| 4.4.2           | 間接使用價值與非使用價值 .....              | 31 |
| 4.4.3           | 淡水河紅樹林自然保留區海洋藍碳總經濟價值 .....      | 32 |
| 第伍章 結論與建議 ..... |                                 | 33 |
| 5.1             | 海洋藍碳與紅樹林生態系統的經濟與環境價值研究的意義 ..... | 33 |
| 5.2             | 與永續發展目標的相關性 .....               | 34 |
| 5.3             | 生態系評估與保育的未來方向 .....             | 35 |
| 附錄 .....        |                                 | 37 |
| 參考文獻 .....      |                                 | 38 |

## 表次

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 表 1、千禧年生態系統評估計畫之生態系統服務與重要性分級 ..... | 9  |
| 表 2、研究構面變數表 .....                  | 23 |
| 表 3、旅客至紅樹林之目的 .....                | 27 |
| 表 4、旅客至紅樹林之交通工具 .....              | 27 |
| 表 5、旅客至紅樹林的交通時間 .....              | 28 |
| 表 6、旅客至紅樹林的停留時間 .....              | 28 |
| 表 7、最近一年旅客至紅樹林的頻率 .....            | 29 |
| 表 8、旅客的平均月個人所得(元).....             | 29 |
| 表 9、其他費用 .....                     | 30 |
| 表 10、旅行成本 .....                    | 30 |
| 表 11、海洋藍碳總經濟價值 .....               | 33 |

## 圖次

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 圖 1、臺灣 2050 淨零排放路徑的四大策略及兩大基礎.....             | 6  |
| 圖 2、紅樹林提供的生態系統服務 .....                        | 10 |
| 圖 3、每公頃保護紅樹林的好處 .....                         | 10 |
| 圖 4、淡水文化園區 .....                              | 11 |
| 圖 5、社區大學公報與活動 .....                           | 12 |
| 圖 6、淡水文化園區觀景台.....                            | 12 |
| 圖 7、淡水港人工河堤 .....                             | 12 |
| 圖 8、彈塗魚和招潮蟹.....                              | 13 |
| 圖 9、水筆仔 .....                                 | 13 |
| 圖 10、研究架構圖 .....                              | 19 |
| 圖 11、研究方法圖.....                               | 19 |
| 圖 12、問卷架構圖.....                               | 20 |
| 圖 13、歷史油價圖.....                               | 21 |
| 圖 14、加權平均全球直接碳價.....                          | 22 |
| 圖 15、研究流程圖 .....                              | 24 |
| 圖 16、淡水河紅樹林自然保留區位置圖 .....                     | 25 |
| 圖 17、淡水河北岸 .....                              | 25 |
| 圖 18、淡水河紅樹林自然保留區告示牌 .....                     | 26 |
| 圖 19、紅樹林溼地介紹.....                             | 26 |
| 圖 20、淡水河流域重要濕地國家級保育利用計畫 .....                 | 32 |
| 圖 21、2022 年淡水河紅樹林自然保留區 111-120 年度管理維護計畫 ..... | 32 |
| 圖 22、海洋藍碳總價值圓餅圖.....                          | 34 |
| 圖 23、永續發展目標.....                              | 35 |

## 摘要

關鍵詞：藍碳、紅樹林、經濟價值、海洋

### 一、研究緣起

在全球氣候變遷嚴峻的情況下，保護生態系統和碳排放減少變得日益迫切。隨著近年透過的《氣候變遷因應法》，人們對於森林和海洋這兩個主要的碳匯關注與日俱增。海洋作為地球表面的最大碳儲存庫之一，也在吸收和儲存大量的藍碳。人們開始認識到紅樹林的生態系統服務對碳循環的貢獻，以及它們在減緩氣候變化方面的重要性。這使得將紅樹林的藍碳價值轉化為經濟價值變得至關重要。本研究問題分為兩個部分，1.如何最有效地評估和利用經濟價值以促進紅樹林的保護？2.紅樹林的海洋藍碳的經濟價值是多少？因此，本研究透過估算紅樹林的生態系統服務功能等相關因素，能夠量化紅樹林增加對碳市場的貢獻。

### 二、目的

本研究欲針對紅樹林結合生態系統服務功能補償(payment for ecosystem services,PES)，探討紅樹林藍碳之經濟價值，並完成初步的藍碳生態系統經濟價值估算之建構。

1. 如何最有效地評估和利用經濟價值以促進紅樹林的保護？
2. 淡水河紅樹林自然保留區的海洋藍碳的經濟價值是多少？

### 三、研究方法及過程

本研究對象為淡水河紅樹林自然保留區，透過問卷調查與文獻探討，分析紅樹林海洋藍碳之經濟價值。

### 四、重要發現

本研究發現海洋藍碳和紅樹林等生態系統在間接使用價值與非使用價值方面的重要性，在於氣候調節佔總經濟價值的 36.1%，而防洪安全與非使用價值生物多樣性佔總經濟價值的 50.5%，表明氣候調節、防洪安全和生物多樣性在維持生態系統穩定和提供生態服務方面具有極高的經濟價值。

### 五、結論與展望

本研究未來希望加強海洋藍碳生態系統的保護和管理特別是氣候調節和防洪安全，促進跨學科研究與合作並持續進行數據收集和監測。

## 第壹章 前言

### 1.1 研究緣起與問題背景

根據《聯合國氣候變化框架公約》(UNFCCC)，公約締約國大會(COP)每年召開，旨在推動應對氣候變化的碳減排政策，目標是控制全球氣溫在本世紀末不上升超過 2 攝氏度，最好在 1.5 攝氏度以內，目前，全球已有超過 130 個國家已響應到 2050 年實現碳中和的環境可持續目標。

經濟部(2008)指出，台灣在「永續能源政策綱領」中明確規定國家二氧化碳減少政策目標。該計劃旨在 2016 年至 2020 年之間恢復到 2008 年的二氧化碳排放水平，並在 2025 年恢復到 2000 年的二氧化碳排放量。儘管我們的國家在國際公約的法律約束下無減排義務，但我們的政府已為自我減排設定政策目標。

在全球氣候變遷嚴峻的情況下，保護生態系統和碳排放減少變得日益迫切。隨著近年透過的《氣候變遷因應法》，人們對於森林和海洋這兩個主要的碳匯關注與日俱增。海洋作為地球表面的最大碳儲存庫之一，也在吸收和儲存大量的藍碳。

紅樹林是唯一能夠生長在潮間帶的木本植物，它們在濕地區域內廣泛分布，具有出色的碳吸收和碳儲存能力。這些紅樹林不僅有助於減緩大氣中的二氧化碳濃度，還提供了重要的生態系統服務，如海岸線保護、生物多樣性保護和漁業資源，大部分的紅樹林所有權皆屬於國家，如何讓其碳權私有化需進一步規劃，是藍碳面臨最大的問題。

隨著全球氣溫不斷升高，人們開始認識到紅樹林的生態系統服務對碳循環的貢獻，以及它們在減緩氣候變化方面的重要性。這使得將紅樹林的藍碳價值轉化為經濟價值變得至關重要。因此，本研究透過估算紅樹林的生態系統服務功能等相關因素，能夠量化紅樹林增加對碳市場的貢獻。

### 1.2 現況分析

根據最新的 IPCC 報告，為了避免氣候變遷的最重大影響，到 2030 年，溫室氣體排放定價應至少為 170 美元/噸二氧化碳當量，以將升溫限制在攝氏 1.5 度(Shukla, Skea, Slade, Al Khourdajie, van Diemen, McCollum, Pathak, Some, Vyas, Fradera, Belkacemi, Hasija, Lisboa, Luz and Malley, 2022)。The Work Bank (2023) 估計，2023 年直接碳定價計畫涵蓋全球溫室氣體排放量的約 23%，但是沒有一個直接定價方案



的定價水準與 1.5 攝氏度方向一致，為了實現這些目標，全球溫室氣體排放量的更高比例需要透過某種形式的碳價格來覆蓋，鑑於已開發國家對歷史排放負有巨大的責任，它們必須在直接碳定價計畫的實施中發揮主導作用。目前臺灣 2050 淨零轉型關鍵戰略行動計畫(圖 1)，碳匯(carbon sink)泛指自然環境中可固定及吸儲二氧化碳的載體，自然界生態系統十分多元，常見自然碳匯碳庫如森林、草原、濕地、沿海和海洋生態系統(如紅樹林、海草床、鹽沼等)。



圖 1、臺灣 2050 淨零排放路徑的四大策略及兩大基礎

資料來源：國家發展委員會(2022)

目前普遍認為海洋、土壤與森林是地球上主要的自然碳匯潛力領域，這三大潛力領域均可有效捕捉大氣中二氧化碳，並將碳儲存或固定住，其負碳能力於減緩氣候變遷扮演重要角色，自然碳匯為 12 項關鍵戰略中第 9 項關鍵戰略，惟自然碳匯領域不僅止於森林，尚有土壤碳匯及海洋碳匯領域可貢獻於移除國家溫室氣體總排放量，有效助攻國家淨零排放政策，以期於 2050 年達成淨零排放目標。國際間對海洋碳匯量測標準較少相關資料，且國內亦少有碳匯研究與基礎資料，本戰略透過相關部會分工合作，推動評估海草床、濕地與漁業相關棲地等碳匯效益，和強化具碳匯效益場域之管理，以強化海洋及溼地碳匯管理及強化海洋碳匯相關技術科技研發能量為海洋碳匯路徑之推動(林昭吟，2023)。目前政府透過《氣候變遷因應法》將濕地碳匯納入碳交易，增加經濟誘因，強化在地民眾劃設濕地意願，擴大其他濕地之保育復育意願，降低國家溫室氣體總排放量，達成淨零排放政策，永續環境，達成臺灣 2050 淨零排放路徑。先藉由將藍碳納入國家溫室氣體排放清冊，帶動碳權認證，進而推動碳交易市場。再藉著發展碳交易市場的微型碳抵換，以回饋藍碳生態系的復育及管理，最後達到藍碳生態系的永續經營(林幸助，2022)。

### 1.3 研究目的及研究重點

本研究目的為 1.如何最有效地評估和利用經濟價值以促進紅樹林的保護？藉由 King, Mazzotta and Markowitz (2000)列出生態系統服務價值評估法，推估其價值，未來能夠幫助紅樹林的碳匯轉化為金融價值，促進海洋碳匯，並促進保育紅樹林生態。2.紅樹林的海洋藍碳的經濟價值是多少？Canu, Ghermandi, Nunes, Lazzari, Cossarini and Solidoro(2015)藉由生態系統服務價值評估法，揭示了地中海地區碳封存服務的定價。劉芳明、劉大海、郭貞利(2019)構建了分類價值指標體系和分類核算方法，以「總經濟價值法」核算廣義海洋碳匯價值。

本研究重點欲針對紅樹林結合生態系統服務功能補償(payment for ecosystem services,PES)，探討紅樹林藍碳之經濟價值，並完成初步的藍碳生態系統經濟價值估算之建構。

### 1.4 預期目標

本研究預期目標為 1.生態系統福祉之補償，透過研究海洋碳匯的總體經濟價值，政府可以更深入地理解生態系統的不同價值來源，有助於確定哪些生態系統服務對社會和經濟最為重要。2.促進海洋碳匯市場，透過凸顯海洋碳匯的各種價值，研究可以提供支持政策制定的基礎，鼓勵市場參與者更積極地參與海洋碳匯相關活動。

## 第貳章 文獻回顧

### 2.1 藍碳

沿海植被生態系統中，特別是紅樹林和海草床中所封存的碳被稱為藍碳，儘管它們的全球面積比陸地森林小，但每單位面積的沿海植被對長期碳封存的貢獻要大得多(Mcleod, Chmura, Bouillon, Salm, Björk, Duarte, Lovelock, Schlesinger and Silliman, 2011)，而臺灣四面環海，擁有面積廣大的沿岸藍碳生態系統，包括了紅樹林和海草床等沿岸及水域植被生態系，藉由植被與土壤管理，去除及儲存二氧化碳，可被人為或自然干擾逆轉，相比之下，儲存於地質及海洋儲存庫中的二氧化碳，及以生物炭儲存的碳，不太容易逆轉(Shukla, Skea, Slade, Al Khourdajie, van Diemen, McCollum, Pathak, Some, Vyas, Fradera, Belkacemi, Hasija, Lisboa, Luz and Malley, 2022)。

藍碳一詞源自於 2009 年 Blue carbon: the role of healthy oceans in binding carbon: a rapid response assessment 一書，在世界上捕獲的所有生物碳(或綠碳)中，超過一半

(55%)是由海洋生物捕獲的——不在陸地上——因此它被稱為藍碳(Nellemann and Corcoran, 2009)，宗旨是引起人們對海洋和沿海生態系統退化的關注，以及保護和恢復它們以減緩氣候變化及其提供的其他生態系統服務的必要性。

隨著全球氣候變遷持續加劇，生態保護和碳排放議題日益引人關注。在台灣，紅樹林生態系統和海洋藍碳的互動關係成為一個重要的研究主題。過去的研究已經對台灣紅樹林的生態特點和海洋藍碳的儲存情況進行了初步探討，然而，對於其經濟價值的研究仍有待深入。

## 2.2 紅樹林

紅樹林是全球熱帶碳儲量最豐富的森林生態系之一(Kauffman, Heider, Cole, Dwire and Donato, 2011)，生長在潮間帶及海岸帶之間，孕育豐富且廣泛的生物多樣性，平均而言，紅樹林能夠儲存的藍碳比其他熱帶森林多二到四倍(Mcleod et al., 2011)，當紅樹林死亡時，它會落入下面厚厚的缺氧泥土中，在那裡它被保存下來而不會分解，大部分被封存的藍碳再也不會被釋放，全世界紅樹林每年總共在土壤中封存約 2400 萬噸藍碳，Li, Chen, Huang, Hsueh, Hsieh, Lee and Lin (2018)台灣紅樹林的碳吸存量是明顯較低，碳吸存量為  $57-127 \text{ g C m}^{-2}$ ，可能與台灣的樹種較為矮小，以及高分解速率極為相關(Li, Dai, Ouyang, Xie, Guo, Gu, Xiao, Ge, Peng and Zhao, 2018)。過去臺灣紅樹林總面積約有 300 公頃(Hsueh and Lee, 2000)，如今扣除東沙，以本島及鄰近離島而言，台灣紅樹林面積最大 680.66 公頃，且紅樹林溼地生態系是大眾最熟悉且在國內是面積最大的沿岸藍碳(林幸助，2022)。鐘浩齊(2022) 針對淡水河流域利用空間資訊技術進行紅樹林藍碳量估算，利用光譜特性作為判斷並使用監督式分類支持向量機探討紅樹林的分布，推估藍碳儲存於活株的紅樹林的樹體中的量，其研究結果顯示，淡水河紅樹林自然保留區的紅樹林樹體碳儲存有 49,216 噸的藍碳，關渡自然保留區紅樹林樹體碳儲存有 45,109 噸的藍碳，顯示有大量的碳儲存於紅樹林樹體之中。

台灣原生紅樹林有 6 種，分別是紅樹科的水筆仔、五梨跤(或稱紅海欖)、紅茄苳、細蕊紅樹；馬鞭草科的海茄冬；使君子科的欖李。但紅茄苳及細蕊紅樹在台灣野外已滅絕，故目前僅存 4 種(陳柏宏，2014)。林幸助(2022)綜合全臺三種藍碳生態系碳匯能力為  $95,094.48 \text{ Mg C yr}^{-1}$ ，現有碳儲存量則有  $341,344.44 \text{ Mg C}$ 。

因此，紅樹林是全球生產力最高的生態系統之一，聯合國千禧年生態系統評估分類系統(Millennium Ecosystem Assessment Board, 2005)紅樹林服務內容有四大類供給、調節、支持和文化(表 1)。

表 1、千禧年生態系統評估計畫之生態系統服務與重要性分級

| 服務項目     | 服務內容                           | 紅樹林 |
|----------|--------------------------------|-----|
| 供給       |                                |     |
| 食物       | 包括魚類、藻類及無脊椎動物                  | 1   |
| 纖維、木材、燃料 | 包括木料、薪材、泥炭、飼料、骨料               | 1   |
| 生化產品     | 從生物群中提煉物質                      | 3   |
| 基因原料     | 藥物；抗植物病原體的基因；觀賞植物              | 3   |
| 調節       |                                |     |
| 氣候調節     | 調節溫室氣體、溫度、降雨等；大氣層中的化學成分        | 2   |
| 生物調節     | 防阻物種入侵；調節不同營養階層間的互動；維護功能多樣性與互動 | 3   |
| 防止侵蝕     | 土壤保持                           | 1   |
| 自然災害     | 防洪與暴風防護作用                      | 1   |
| 支持       |                                |     |
| 生物多樣性    | 當地或遷徙物種之棲息地                    | 2   |
| 土壤形成     | 保留沉積物與累積有機質                    | 2   |
| 營養循環     | 貯存、回收、製造與獲取營養                  | 2   |
| 文化       |                                |     |
| 精神靈感     | 個人觀感及福祉                        | 3   |
| 遊憩       | 旅行及戶外活動                        | 3   |
| 美學       | 欣賞自然風貌                         | 3   |
| 教育       | 正式、非正式教育與訓練機會                  | 3   |

註：1 為高度、2 為中度、3 為低度

資料來源：Millennium Ecosystem Assessment Board (2005)

Worthington, Andradi-Brown, Radhika Bhargava, Buelow, Bunting, Duncan, Fatoyinbo, Friess, Goldberg, Hilarides, Lagomasino, Landis, Longley-Wood, Lovelock, Murray, Narayan, Rosenqvist, Sievers, Simard, Thomas, Eijk, Zganjar and Spalding(2020)指出紅樹林具有多種生態服務功能，例如：生物棲息地、供給木材、氣候調節、抵擋自然災害、保護海岸、淨化水質、供給食物和固定海岸(圖 2)。

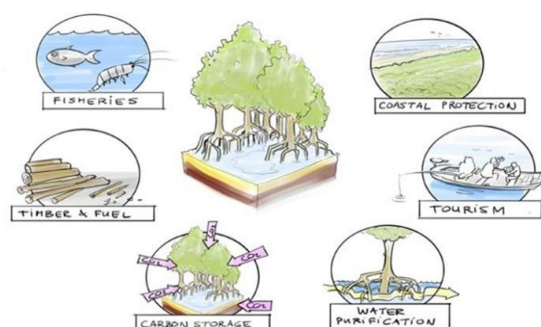


圖 2、紅樹林提供的生態系統服務

資料來源：Worthington et al.(2020)

紅樹林特殊的適應能力，可以在極其惡劣的條件下生存，有些像樹根一樣立在高蹺上，高出水線數米，有些則從樹枝上伸出額外的根。其鉛筆狀的結構像小通氣管一樣從泥土中升起，為根部收集氧氣，生活在離大海最近的紅樹林進化出巨大的根系，這些根系可以固定自己並穩定周圍的泥土，以保護自己免受海浪的侵襲。Pidgeon (2021)指出紅樹林保護海岸線、保護生物多樣性並保護當地生計：生活在健康紅樹林中的社區從紅樹林提供的好處中獲益匪淺——從緩衝波浪和風暴到為魚類、螃蟹和蛤類物種提供苗圃，這些物種是沿海飲食的重要組成部分，當地的生計(圖 3)。

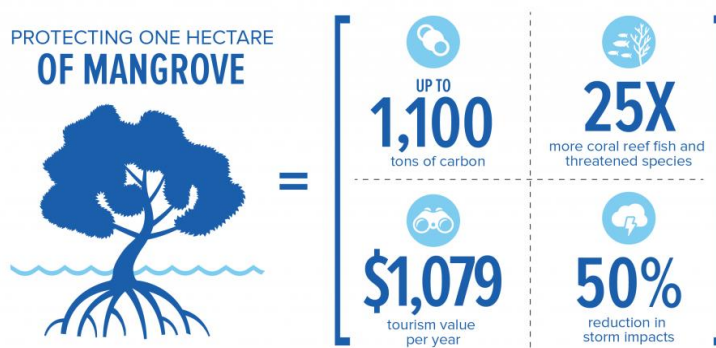


圖 3、每公頃保護紅樹林的好處

資料來源：Pidgeon (2021)

因此，本研究將透過實地問卷調查、統計和蒐集資料，深入研究紅樹林的海洋藍碳，並評估其潛在的經濟價值。本研究的結果將有助於制定保護和可持續管理紅樹林的政策，同時強調紅樹林在減緩氣候變化之生態系統福祉補償和促進海洋碳匯市場。

## 2.3 淡水河紅樹林自然保留區

淡水河紅樹林自然保留區位於新北市淡水區竹圍竿蓁里境內，淡水河北岸，距離淡水河出海口約 5 公里，沿台北經 2 號省道至竹圍，往北約 1 公里處起至鶯歌橋止之道路西側，為本區範圍，劃定面積為 76.10 公頃，屬林業保育署宜蘭分署林務局羅東林管處轄管之區外保安林區(農業部林業及自然保育署自然保育網，2021)。

### 2.3.1 周邊景點

除了紅樹林本身，周邊還有許多景點，前往淡水捷運站沿路上有淡水文化園區(圖 4)，其前身為英商嘉士洋行倉庫，現為淡水文化基金會與淡水社區大學用地，淡水社區大學提供當地居民多元化的學習機會，提升社區文化素養和生活品質，社區大學通常開設各種課程，包括語言學習、藝術與工藝、電腦技能、健康與養生、環保教育等(圖 5)，滿足不同年齡層和興趣的學員需求，該園區結合了歷史與現代教育功能，成為淡水地區重要的文化和社區活動中心，此外淡水文化園區設立了觀景台(圖 6)提供了一個絕佳的視角來欣賞淡水河的壯麗景色和周圍的自然風光，從觀景台可以看到淡水港人工河堤(圖 7)，人工河堤沿著淡水河建造，設有步道、自行車道和綠化區域，讓人們可以沿著河岸散步，且經常有釣客在人工河堤上釣魚。



圖 4、淡水文化園區





圖 5、社區大學公報與活動



圖 6、淡水文化園區觀景台



圖 7、淡水港人工河堤

### 2.3.2 生態資源

水筆仔是世界知名的紅樹科胎生植物之一，本區擁有廣大的水筆仔純林面積。河海交會口的紅樹林具有重要的固土防潮等國土保安功能。此外，本區還擁有典型的河口生態體系，包括水筆仔、彈塗魚、招潮蟹和水鳥等(圖 8)，這些資源對生態教育和科學研究具有極高的價值。



圖 8、彈塗魚和招潮蟹

資料來源：紅樹林生態教育館(2016)

本研究紅樹林植物為「2017 臺灣維管束植物紅皮書名錄」中所列之稀有植物水筆仔，在淡水河紅樹林自然保留區水筆仔矮灌叢佔全區之 53% (農業部林業及自然保育署自然保育網，2021)。水筆仔(圖 9)因幼苗像是一枝枝懸掛的筆，而得名，學名 *Kandelia candel* (L.) Druce，紅樹林名稱由來源自樹的木材、樹幹、枝條、花朵都是紅色，樹皮的部分可以提煉紅色染料，科別紅樹科 (Rhizophoraceae)，別名茄藤樹(荒野保護協會，2015)。



圖 9、水筆仔

### 2.3.3 法律保護措施

- (1) 1979 年，臺灣省政府擬議將約 60 公頃的淡水竹圍地區水筆仔純林沼澤區開闢為住宅區 (行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，2022)。
- (2) 1981 年由行政院指示「紅樹林成長地區應予保護」，並研議將紅樹林生長區劃設為保安林。
- (3) 1985 中央政府明令編入「保安林」依據保安林管理辦法保護編號第 1071 風景。
- (4) 1986 年農業部(農委會)依文化資產保存法公告設置，將此區劃設為「淡水河紅樹林自然保留區」，是最早指定公告的自然保留區之一。



- (5) 1991 年變更淡水河紅樹林自然保留區部分界線
- (6) 2006 年變更保安林編入種類為自然保育保安林(行政院農業委員會林務局羅東林區管理處，2022)。

#### 2.3.4 現存的生態破壞因素

- (1) 上游垃圾污染：淡水河上游沖刷來的不能分解的垃圾對本區造成污染。
- (2) 入侵種植物：互花米草等入侵種植物可能入侵本區，威脅本地生態系統。
- (3) 非法採捕活動：零星發生的民眾進入區域內採捕魚蟹等活動對本區生態造成干擾。
- (4) 基礎設施建設：淡北快速道路的興建將鄰接本區經過，可能會對本區生態環境造成不確定的干擾。

#### 2.3.5 目前的保護措施

- (1) 設置護坡圍籬：林業保育署宜蘭分署已完成護坡圍籬設置，以明確區隔本區與私有地的界線。
- (2) 垃圾清除：定期派員清除河飄垃圾，維持生態環境的清潔。
- (3) 巡視防護：專人駐點紅樹林捷運站內的生態教育館，固定巡視全區防止不法行為的發生。

### 2.4 紅樹林經濟價值相關研究

#### 2.4.1 評估紅樹林生態系統價值的多樣方法和挑戰

Spaninks and Beukering (1997) 的研究中回顧和分析了不同估值方法在評估紅樹林生態系管理替代方案的範圍和局限性。他們比較了紅樹林所提供的產品和服務的多種評估方法，發現這些方法在理論上是可行的。然而，由於數據和定量分析的缺乏，紅樹林生態系統的總價值仍需要更多的研究來證實。Hsieh, Lin, Shih and Chen (2015) 的研究中，調查與評估了台灣北部的紅樹林生態系統，利用矩陣連結方法，對於紅樹林生態系功能、生態系服務和人類福祉之間相互依賴的關聯產生了新的見解，其研究結果提出了一種潛在的制定管理計劃的新方法，可以促進當地和全球紅樹林生態系統的可持續性以及其它類型生態系統的可持續性。這兩項研究共同強調

了紅樹林生態系統在提供多種生態服務方面的重要性，並指出了當前研究中存在的數據和定量分析不足的問題。

#### 2.4.2 統合迴歸分析在紅樹林價值評估中的應用

Salem and Mercer (2012) 的研究中，透過統合迴歸分析對紅樹林生態系評估文獻進行了統整，研究結果顯示，得出了以下結論：1.規模收益遞減：紅樹林表現出規模收益遞減，即隨著紅樹林面積的增加，其邊際價值會下降。2.人均 GDP 的影響：人均 GDP 對紅樹林價值有正面影響，表明經濟發達地區的紅樹林價值更高。3.估值方法的影響：使用重置成本和或有估值方法比其他方法(例如市場價格法)產生更高的估計值。Brander, Wagtendonk, Hussain, McVittie, Verburg, Groot and Ploeg (2012) 的研究中，針對東南亞的紅樹林建構了包含 130 個價值估計的資料庫，並進行了統合迴歸分析，研究結果顯示，透過統合迴歸分析預計 2050 年每年可帶來的效益為 22 億美元，預測區間為 160 至 28 億美元。Getzner and Islam (2020) 的研究中，透過統合迴歸分析紅樹林生態系服務價值，得出了以下結論 1.方法選擇的重要性：估算紅樹林生態系服務價值時，所選用的方法對結果至關重要。2.評估方法的適用性：並非所有類型的生態系服務都可以透過最「保守」的評估方法(例如從市場價格得出價值)進行評估，一些服務可能需要更具體的方法來準確反映其價值。這三項研究強調了在評估紅樹林生態系統價值時的規模收益遞減和經濟影響、估值方法的影響和方法選擇的關鍵性。

#### 2.4.3 台灣淡水河紅樹林的遊憩價值評估

簡君芳 (2015) 的研究中，針對淡水河紅樹林濕地進行遊憩價值評估，以條件行為資料推估當紅樹林濕地的環境品質提升一倍及到紅樹林濕地的旅遊成本提高 10% 時，當遊客對紅樹林遊憩效益的變化量，其研究結果顯示，每人每次前往淡水河紅樹林濕地的遊憩效益約為 885 元，而環境品質提升 1 倍下，每人每年的遊憩效益變為 1639 元，效益增加 1.8 倍，政府若能將濕地的環境品質，民眾將會獲得極高的效益。而在旅行成本增加 10% 時，每人每年的遊憩效益約為 680 元，效益減少 0.46 倍，可知旅行成本的增加幅度若小，對於民眾的遊憩效益影響不大。陳映璇(2016) 的研究中，結合了三種顯示性偏好與敘述性偏好資料，針對淡水河流域紅樹林濕地主觀認定之環境品質評估其遊憩價值，其研究結果顯示為使淡水河流域紅樹林濕地環境

品質不持續惡化，受訪者願意支付每年 468 元。這兩項研究共同強調了淡水河紅樹林濕地在遊憩價值方面的重要性，並指出環境品質和旅行成本對遊客效益的影響。

#### 2.4.4 紅樹林與商業水產養殖的經濟比較

Malik, Fensholt and Mertz (2015)在印尼南蘇拉威西島紅樹林進行經濟價值與商業水產養殖比較，該研究估算了紅樹林效益的總經濟價值，以便將其與商業水產養殖的效益價值進行比較，其研究結果顯示，該地區紅樹林每年的總經濟價值在 437 萬美元至 10,597 萬美元或每公頃 4 萬美元至 8 萬美元之間，最高價值貢獻源自間接使用價值 94%，而商業水產養殖的淨效益值為 228 萬美元或每公頃 3 萬美元，當分析範圍擴大到涵蓋環境和森林恢復成本時，將紅樹林轉變為商業水產養殖並沒有經濟效益。

#### 2.4.5 紅樹林生態系服務價值的評估

黃星星(2015) 使用 Costanza 的研究以及國際通用生態系服務分級方法，評估了淡水河口紅樹林生態系服務價值，其研究結果顯示，淡水河口紅樹林生態系服務所產生的年總價值約為 239 億元，平均每公頃紅樹林價值為 1.48 億元。其中直接服務價值為 3.284 億元，佔總價值比例 1.37%；間接使用價值為 235.974 億元，佔總價值比例 98.63%。Sina, Maryunani, Batoro and Harahab (2017)針對 Kraton Pasuruan 的 Pulokerto 區紅樹林生態系紅樹林沿海生態系進行總經濟價值分析，其研究結果顯示，間接價值百分比最大，為 90.74%，間接價值最能說明紅樹林的生態效益相比最大的經濟效益和社會效益，而直接價值排名第二。Chun-Yu Lin, Chen-Yang Fu, Ying Liu, Meng-Qi Zhang, Yang Liu, Wan-Yu Wu, Li-Xia Wang, Xiang-Hong Lin, Xiu-Mei Fu (2022) 針對中國紅樹林生態系進行服務貨幣價值變化評估及其應用，從紅樹林生態系的四大服務和九大功能出發，對中國紅樹林生態系服務的生態價值進行了評估，在此基礎上，分析了 2001 至 2019 年 9 種紅樹林生態價值的動態變化特徵，其研究結果顯示，2001-2013 年紅樹林面積增加，2013-2019 年紅樹林面積減少，而單位面積紅樹林生態系服務價值整體呈上升趨勢。這些研究共同強調了紅樹林在經濟和生態系服務方面的重要性，並指出了紅樹林與其他土地利用形式(如商業水產養殖)的比較和價值變化特徵。

## 第參章 研究方法及過程

### 3.1 生態系統服務功能補償

生態系統服務功能補償(payment for ecosystem services, PES)亦稱為生態系統服務付費，最早出現於 1970 年 Study of Critical Environmental Problems (SCEP)，雖然生態系統的某些東西可以在市場上買賣例如:魚、蝦、蟹，但是許多服務並不在市場上進行交易，例如:景觀。因此，人們並不直接為許多生態系統服務付費，由於人們對購買此類商品無法估算其價值，但不代表生態系統與其服務沒有價值可言。

Groot, Wilson and Boumans(2002)將生態系統服務分為支持、調節、提供與文化等四大類服務。在 MEA 千禧年生態系統評估(Millennium Ecosystem Assessment Board, 2005)報告補充與歸納，分析總結地球生態系統，並減少了不同服務類別的重疊，區分為十七種服務。生態系統估值方法為市場價格法、生產力法、特徵定價法、旅行成本法、避免損害成本、重置成本和替代成本方法、條件評估法、條件選擇法和效益轉移法。

### 3.2 旅遊成本法

旅行成本法(Travel Cost Method)是一種經濟學方法，用於評估自然資源或環境景觀的非市場價值間接評估法，係透過觀察消費者在相關市場的行為顯現其對非市場財貨的評價，常用於分析遊客對自然景觀的需求，並基於他們前往這些景點的成本來估算這些景點的經濟價值。旅行成本法的基本假設是，人們願意支付的旅行成本與他們對該景點的喜愛程度有關，這些成本可能包括旅行費用、交通費用、住宿費用以及因離家而產生的時間成本，旅行成本反映了他們對目的地的偏好和價值。因此，透過分析人們前往某一地點所支付的費用，可以推斷出該地點對他們的重要性和價值。這種方法通常用於評估自然景點、國家公園、生態保護區等地的價值。透過旅行成本法，政府和環保組織可以更了解公眾對這些地點的需求和偏好，從而更好地制定管理政策和保護計畫。旅行成本法起源自於 1947，他認為從不同的居住區(zone)中觀察旅遊距離和旅遊參與率，因此可以導出旅遊需求函數(陳麗琴，2002)。黃宗煌(1988)以旅遊成本法評估國家公園之遊憩效益。鄭蕙燕、張偉祐、林政德(2000)的研究發現旅遊時間成本之計算方式將影響遊憩效益之推估值，對於遊憩需求函數之係數推估值亦有明顯影響。吳珮瑛和廖珮吟(2008)的研究結果表明，時間

價值隨職業工資率的變化確實表明了受訪者居住到特定國家公園的旅行次數的影響。雖說遊憩效益不可度量，但可透過替代價值如：替代花費、機會成本、支付意願、邊際效用等原理，利用相關市場之消費行為所導致的貨幣化來評估其遊憩效益(羅雅文，2010)。

### 3.3 研究架構

本研究架構圖(圖 10)根據聯合國千禧年生態系統評估分類系統繪製而成，針對海洋碳匯不同於一般商品具有其特殊性，除了市場上可計算的服務外，擁有眾多附加價值無法計算的服務(如:淨化水質、氣候調節、生物多樣性)。

海洋碳匯總體經濟價值分別為兩個範疇使用價值和非使用價值，使用價值包含直接使用價值和間接使用價值，直接使用價值有休閒娛樂和木材，間接使用價值有氣候調節和防洪安全，非使用價值包含選擇價值、遺產價值和存在價值則有生物多樣性，計算出來的海洋碳匯總體經濟價值可以用於生態系統福祉之補償和促進海洋碳匯市場，政府可以更深入地理解生態系統的不同價值來源，鼓勵市場參與者更積極地參與海洋碳匯相關活動。海洋碳匯總體經濟價值計算公式如下：

$$y = f(V_1) + f(V_2) + f(V_3) + f(V_4) + f(V_5) \quad \text{式 1}$$

y 代表海洋碳匯總體經濟價值， $V_1$  代表休閒娛樂直接使用價值， $V_2$  代表木材直接使用價值， $V_3$  代表氣候調節間接使用價值， $V_4$  代表防洪安全間接使用價值， $V_5$  代表和生物多樣性非使用價值。

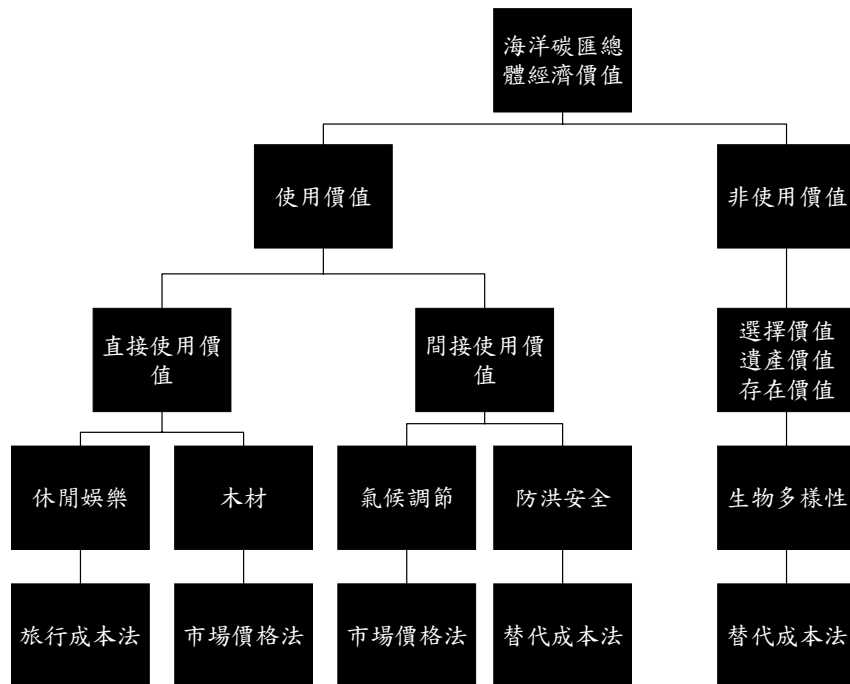


圖 10、研究架構圖

### 3.4 研究方法

本研究方法(圖 11)使用實地調查、蒐集次級資料和聯合國千禧年生態系統評估分類系統，休閒娛樂進行問卷設計與調查，木材、氣候調節、防洪安全和生物多樣性透過次級資料蒐集，根據聯合國千禧年生態系統評估分類系統計算出海洋碳匯總體經濟價值，研究對象為淡水河紅樹林自然保留區。

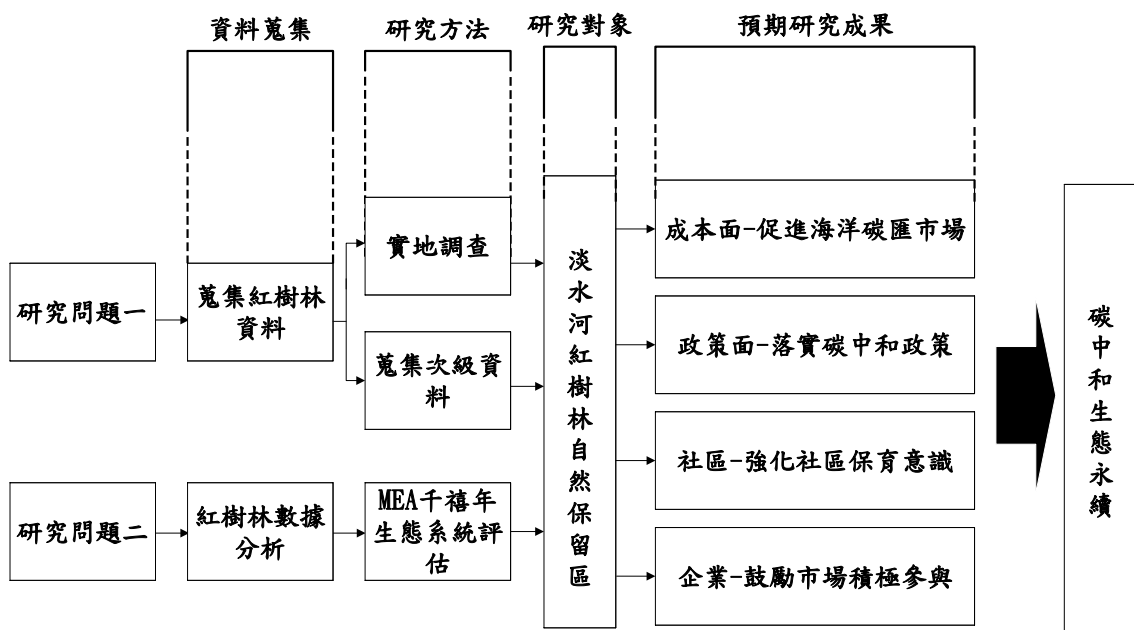


圖 11、研究方法圖

根據行政院農委會林務局全球資訊網(2011)對森林生態系統服務功能評估規範調列了各種評估式以及參數，以利進行簡單的評估。以下說明使用到的評估價值方法：

### 1. 旅行成本法-休閒娛樂

藉由透過人們的消費行為來評估無價格商品的方法，使用問卷調查方式得知人們的交通費、門票費及時間的機會成本，預計收集 100 份，研究對象以來到淡水紅樹林保育區的遊客為目標，問卷分為三個方向，交通成本、時間成本與其他費用(圖 12)。

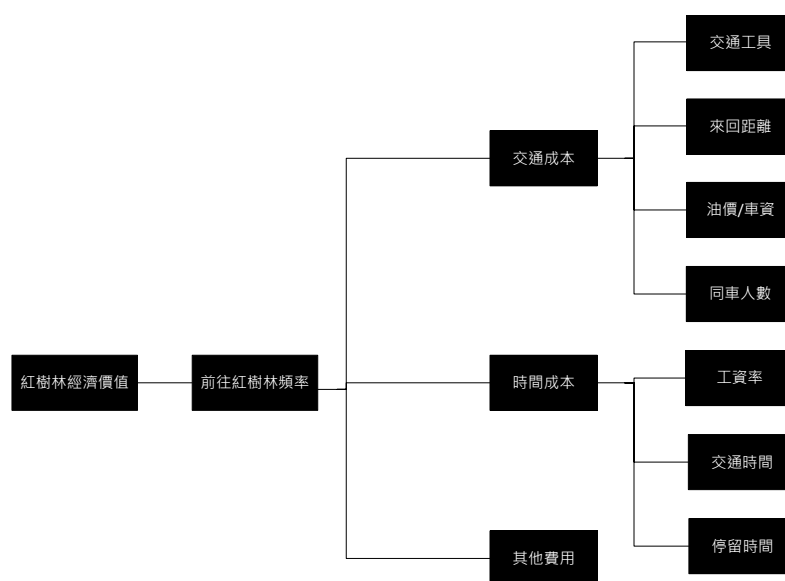


圖 12、問卷架構圖

旅行成本法計算公式如下：

$$V_1 = (X_1 + X_2 + X_3) \times F \quad \text{式 2}$$

$V_1$  代表旅行成本， $X_1$  代表交通成本， $X_2$  代表時間成本， $X_3$  代表其他費用， $F$  代表近一年前往的頻率。

#### (1) 交通成本

根據交通部統計 2021 年之「自用小客車使用狀況調查報告」，顯示行駛一般道路之油耗統計值為一公升汽油可行駛 11.2km，台灣中油公司之統計「歷史油價表」可計算出當月油價。交通成本計算公式如下： $X_1$  代表交通成本， $D$  代表居住地至旅遊地之來回距離， $O$  代表當期油價， $P$  代表同車人數。

$$X_1 = \frac{D}{11.2} \times \frac{O}{P} \quad \text{式 3}$$

O 代表當期油價，本研究以 95 無鉛汽油為主，根據台灣中油公司之統計「歷史油價」，問卷發放日期為 7 月 1 日至 7 月 14 日，該期間 95 無鉛汽油平均油價為一公升 30.45 元(圖 13)。

| 調價日期      | 92 無鉛汽油 | 95 無鉛汽油 | 98 無鉛汽油 | 超級/高級柴油 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| 113/07/08 | 29      | 30.5    | 32.5    | 26.5    |
| 113/07/01 | 28.9    | 30.4    | 32.4    | 26.4    |

圖 13、歷史油價圖

資料來源：中華民國交通部(2022)

## (2) 時間的機會成本

時間的機會成本以遊憩者的工資率來換算或以工資率再加以折扣為計算標準，Cesario(1976)建議以工資率的 1/3 為遊憩時間的機會成本，Loomis and Walsh(1997)將交通時間乘上工資率的 1/4 估算，工資率之工資月所得除以 240 求得，Cesario and Kentsch (1976)將旅遊時間納入旅遊成本，考慮的因素包含了旅遊時間與停留時間。時間的機會成本計算公式如下：X<sub>2</sub> 代表時間的機會成本，T 代表交通時間與停留時間，S 代表個人所得。

$$X_2 = T \times \frac{S}{240} \times \frac{1}{4} \quad \text{式 4}$$

## (3) 其他費用

遊客的旅遊支出定義為遊客該次旅遊活動中的除交通成本之所有花費，如食、住、購買名產等等花費，由遊客就其在本研究之其他費用加以填寫。

## 2. 市場價格法-木材與氣候調節

指在市價穩定的情況下，以可取得的市價為產品價值。以市場價格制定為客觀公正，是此方法最大的優點，但缺點在於若市場價格波動較大時，就無法有效地確定市場價格。根據 Lin, Fu, Liu, Zhang, Liu, Wu, Wang, Lin, Fu (2022)木材計算公式如下：V<sub>2</sub> 代表木材供應價值(\$)，R 代表每公頃紅樹林產值(美元)，S 代表紅樹林面積(ha)



$$V_2 = R \times S$$

式 5

R 代表每公頃紅樹林產值(美元)，Ajonina, Agardy, Lau, Agboga and Gormey (2014) 的研究紅樹林作為木材來源的經濟價值約為每公頃 2,765 美元，S 代表紅樹林面積(ha)，且根據行政院農業委員會林務局羅東林區管理處(2022)淡水河紅樹林自然保留區 111-120 年度管理維護計畫現今面積為 76.41 公頃。

根據光合作用反應方程式，植物每生產 1g 乾物質，需要 1.63g CO<sub>2</sub>，並釋放 1.19g O<sub>2</sub> (Hsieh, Lin, Shih and Chen, 2015)。根據 Lin, Fu, Liu, Zhang, Liu, Wu, Wang, Lin, Fu (2022)氣候調節計算公式如下：V<sub>3</sub> 代表調節氣候價值(\$)，F<sub>NPP</sub> 代表紅樹林初級生產量(t ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>)，T 代表碳固定價格(美元/噸)，K 代表氧氣釋放價格(\$)

$$V_3 = 16.3 \times F_{NPP} \times S \times T + 1.19 \times F_{NPP} \times S \times K \quad \text{式 6}$$

F<sub>NPP</sub>代表紅樹林初級生產量，陳柏宏(2014)估計竹圍紅樹林初級生產量為 4.46 g DWm<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>，換算為 16.289 t ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>，S 代表紅樹林面積(ha)，且根據行政院農業委員會林務局羅東林區管理處(2022)淡水河紅樹林自然保留區 111-120 年度管理維護計畫現今面積為 76.41 公頃，T 代表碳固定價格(美元/噸)，根據 THE WORLD BANK(2023) 現有的直接碳定價制度，到 2023 年，全球加權平均碳價格約為每噸 23.2 美元(圖 14)，K 代表氧氣釋放價格，在美國 2022 年第四季氧氣平均價格為每立方公尺 18 美分(Intratec Solutions, 2023)，換算後為每噸 180 美元。

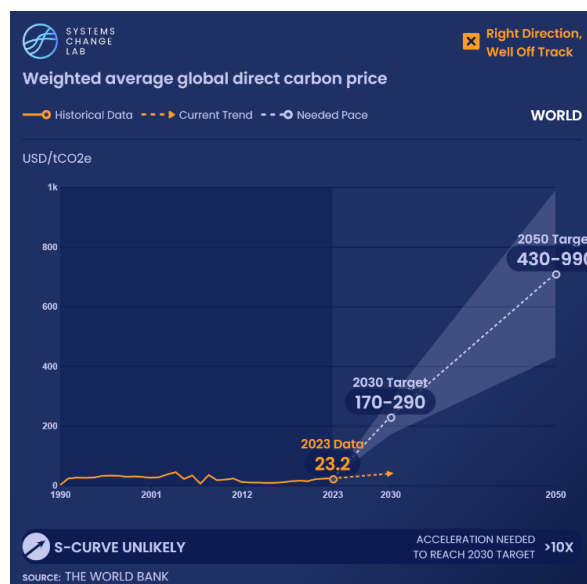


圖 14、加權平均全球直接碳價

資料來源：THE WORLD BANK (2023)

### 3. 替代成本法-防洪安全與生物多樣性

當某生態系統服務受到破壞時，需要建造一個人工工程去替代原來的生態系統功能，工程的費用作為該生態系統服務的價值評估，如因陸域化嚴重紅樹林使得灘地陸化、淤高，造成無法順利通洪；因環境改變，泥灘地減少，當地水鳥無法駐足及覓食，造成生物多樣性下降。

本研究由五個構面組成(表2)，休閒娛樂、木材、氣候調節、防洪安全和生物多樣性，了解藍碳在各個構面所提供的經濟價值，透過問卷調查和蒐集文獻資料，有效地評估和利用經濟價值以促進紅樹林的保護。

表 2、研究構面變數表

| 構面                   | 影響                                                              | 型態 | 資料來源 |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------|----|------|
| V <sub>1</sub> 休閒娛樂  | 紅樹林的生物多樣性可能成為吸引遊客的一個因素，促進休閒娛樂活動。然而，過度開發休閒設施可能對當地的生態系統產生壓力。      | 量化 | 問卷調查 |
| V <sub>2</sub> 木材    | 以取得木材的市價作為產品價值，以市場價格制定為客觀公正。                                    | 量化 | 文獻資料 |
| V <sub>3</sub> 氣候調節  | 由於紅樹林對氣候調節的貢獻，可能有助於減緩極端天氣事件，進而影響防洪安全。                           | 量化 | 文獻資料 |
| V <sub>4</sub> 防洪安全  | 紅樹林的樹木和根系結構有助於減緩洪水，同時這些樹木可能被當作木材資源。在這種情況下，提高木材的收穫可能會影響紅樹林的防洪能力。 | 量化 | 文獻資料 |
| V <sub>5</sub> 生物多樣性 | 木材的過度採伐可能對紅樹林的生物多樣性產生負面影響，影響植物和動物的棲息地。                          | 量化 | 文獻資料 |

### 3.5 研究流程

本研究將分為四個階段(圖 15)分別為研究主題探索階段、研究方法探討階段、資料蒐集階段和資料分析階段，研究主題探索階段，擬定研究主題，接著進行文獻探討，並提出研究目的與研究問題，研究問題分為兩個部分 1.如何最有效地評估和利用經濟價值以促進紅樹林的保護？2.紅樹林的海洋藍碳的經濟價值是多少？研究方法探討階段，選定研究場域與範圍，本研究對象為紅樹林自然保留區，研究方法使用實地調查、蒐集次級資料和問卷調查，透過文獻設計問卷，資料蒐集階段，以實地探查至研究場域與範圍進行調查後，設計問卷並進行調查，同時蒐集次級資料

以便後續分析，資料分析階段，經過以上問卷調查與文獻探討進行問卷分析、資料分析與報告撰寫。

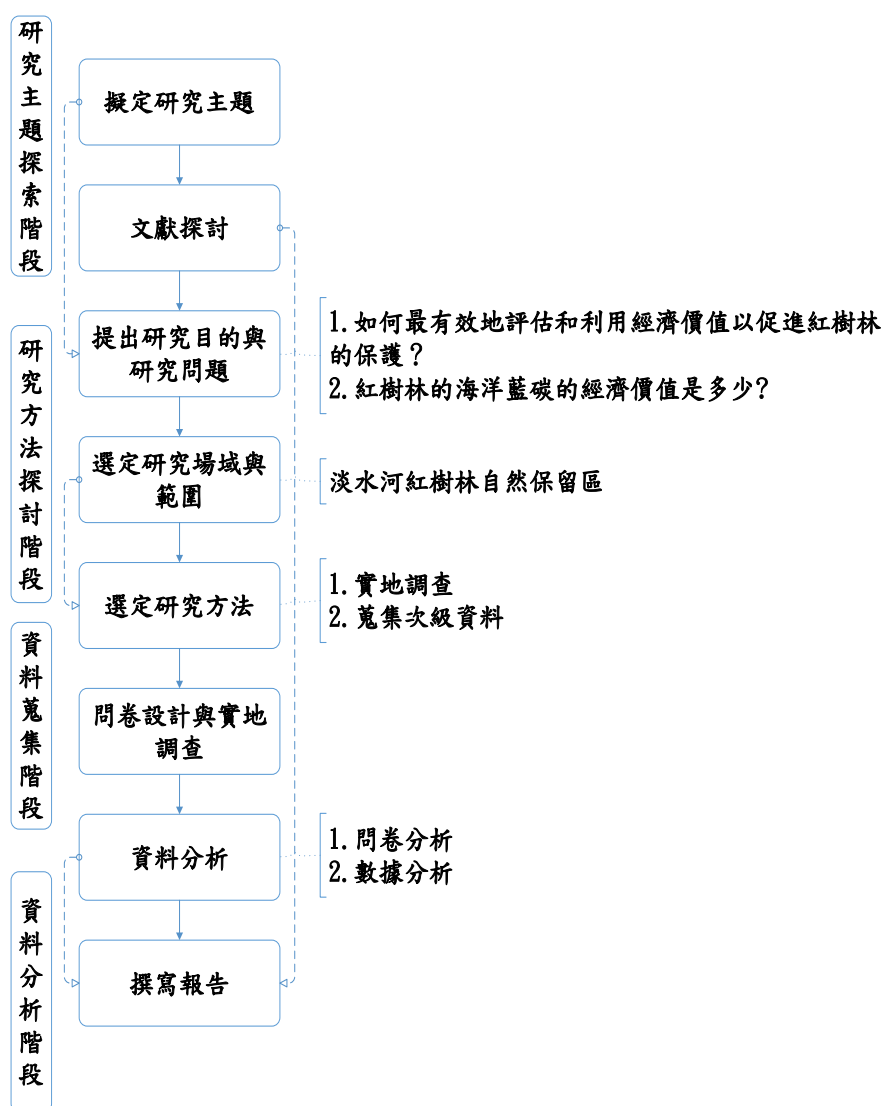


圖 15、研究流程圖

本研究主要的範圍為淡水河紅樹林自然保留區(圖 16)，根據文化資產保存法而設立的保留區之一，位於台灣本島新北市淡水區竹圍竿蓁里境內，淡水河北岸(圖 17)，距離淡水河出海口約 5 公里，沿台北經 2 號省道至竹圍，往北約 1 公里處起至鶯歌橋止之道路西側，劃定面積為 76.10 公頃，沿路設有淡水河紅樹林自然保留區告示牌(圖 18 和圖 19)。



圖 16、淡水河紅樹林自然保留區位置圖

資料來源：行政院農業委員會林務局羅東林區管理處(2022)



圖 17、淡水河北岸





圖 18、淡水河紅樹林自然保留區告示牌



圖 19、紅樹林溼地介紹

### 3.6 資料分析方法

本研究使用 RStudio Desktop 做為工具進行資料分析，在研究程序上統計方法採用敘述性統計( Descriptive Statistics Analysis )，通過敘述統計中的均值、標準差、頻率分佈和百分比等描述性統計值來了解數據的分佈情況，從而了解遊客到紅樹林的特徵和分佈情況，平均數該數位代表數據的集中程度，因此可以視為大多數受試者中的大多數的意見。百分比是比頻率分佈更客觀的值。百分比越高，同意這個問題的受訪者就越多。標準差表示數據的離散程度，即每個樣本與均值的距離。標準差越大，受試者意見的差異就越大。

## 第肆章 結果與討論

### 4.1 問卷發放與回收情況

淡水河紅樹林自然保留區(圖)進行問卷調查調查期間為 2024 年 7 月 1 日至 2024 年 7 月 14 日，本研究的問卷採隨機抽樣方式進行。總計發放 100 份問卷，有效問卷 100 份，回收率為 100%。

### 4.2 受訪者的遊憩行為及旅遊支出分析

#### 4.2.1 旅客從起始地至紅樹林之目的

在受測的旅客至紅樹林之目的，如表 4，「觀光」的旅客佔 35%，「觀賞(美景、生態)」的旅客則佔 32%，「散步或運動」的旅客佔 15%，在「路過」的旅客佔 15%，「休息」的旅客佔 3%，其平均數為 20，標準差為 13.30，顯示本次調查的旅客至紅樹林之目的主要分布為「觀光」。

表 3、旅客至紅樹林之目的

| 您這次來此紅樹林的目的為何? | 計數  | 百分比  | 平均數 | 標準差   |
|----------------|-----|------|-----|-------|
| 休息             | 3   | 3%   | 20  | 13.30 |
| 散步或運動          | 15  | 15%  |     |       |
| 路過             | 15  | 15%  |     |       |
| 觀光             | 35  | 35%  |     |       |
| 觀賞(美景、生態)      | 32  | 32%  |     |       |
| 總計             | 100 | 100% |     |       |

#### 4.2.2 交通成本旅客從起始地至紅樹林之交通工具

在受測的旅客至紅樹林之交通工具方面，如表 5，「大眾交通運輸工具」的旅客佔 53%，而「汽車」的旅客佔 24%，「機車」的旅客則佔 19%，「自行車」的旅客佔 3%，所得在「走路」的旅客佔 1%，其平均數為 20，標準差為 20.95，顯示本次調查的旅客至紅樹林之交通工具主要分布為「大眾交通運輸工具」。

表 4、旅客至紅樹林之交通工具

| 請問您從居住地到紅樹林的交通工具： | 計數 | 百分比 | 平均數 | 標準差   |
|-------------------|----|-----|-----|-------|
| 大眾交通運輸工具          | 53 | 53% | 20  | 20.95 |
| 自行車               | 3  | 3%  |     |       |
| 汽車                | 24 | 24% |     |       |

|    |     |      |  |  |
|----|-----|------|--|--|
| 走路 | 1   | 1%   |  |  |
| 機車 | 19  | 19%  |  |  |
| 總計 | 100 | 100% |  |  |

#### 4.2.3 旅客從起始地至紅樹林的交通時間

在受測的旅客至紅樹林的交通時間方面，如表 6，「30-59 分鐘」的旅客佔 32%，而「90 分鐘以上」的旅客佔 27%，「60-90 分鐘」的旅客則佔 21%，「90 分鐘以上」的旅客佔 27%，其平均數為 25，標準差為 5.60，顯示本次調查的旅客至紅樹林的交通時間主要分布為「30-59 分鐘」。

表 5、旅客至紅樹林的交通時間

| 您從居住地到紅樹林的來回交通時間： | 計數  | 百分比  | 平均數 | 標準差  |
|-------------------|-----|------|-----|------|
| 30-59分鐘           | 32  | 32%  | 25  | 5.60 |
| 30分鐘內             | 20  | 20%  |     |      |
| 60-90分鐘           | 21  | 21%  |     |      |
| 90分鐘以上            | 27  | 27%  |     |      |
| 總計                | 100 | 100% |     |      |

#### 4.2.4 旅客至紅樹林的停留時間

在受測的旅客至紅樹林的停留時間方面，如表 7，「30-59 分鐘」的旅客佔 29%，而「90 分鐘以上」的旅客佔 27%，「30 分鐘內」的旅客則佔 25%，「60-90 分鐘」的旅客佔 19%，其平均數為 25，標準差為 4.32，顯示本次調查的旅客至紅樹林的交通時間主要分布為「30-59 分鐘」。

表 6、旅客至紅樹林的停留時間

| 您的停留於紅樹林的時間(不包含交通時間)： | 計數  | 百分比  | 平均數 | 標準差  |
|-----------------------|-----|------|-----|------|
| 30-59分鐘               | 29  | 29%  | 25  | 4.32 |
| 30分鐘內                 | 25  | 25%  |     |      |
| 60-90分鐘               | 19  | 19%  |     |      |
| 90分鐘以上                | 27  | 27%  |     |      |
| 總計                    | 100 | 100% |     |      |

#### 4.2.5 最近一年旅客至紅樹林的頻率

在受測的旅客至紅樹林的停留時間方面，如表 8，「1-3 次」的旅客佔 83%，而「10 次以上」的旅客佔 8%，「4-6 次」的旅客則佔 6%，「7-9 次」的旅客佔 3%，其平均數為 25，標準差為 38.72，顯示本次調查的旅客至紅樹林的交通時間主要分布為「1-3 次」。

表 7、最近一年旅客至紅樹林的頻率

| 最近一年您大約來此紅樹林幾次? | 計數  | 百分比  | 平均數 | 標準差   |
|-----------------|-----|------|-----|-------|
| 10次以上           | 8   | 8%   | 25  | 38.72 |
| 1-3次            | 83  | 83%  |     |       |
| 4-6次            | 6   | 6%   |     |       |
| 7-9次            | 3   | 3%   |     |       |
| 總計              | 100 | 100% |     |       |

#### 4.2.6 平均月個人所得(單位為新台幣)

在受測的旅客平均月個人所得方面，如表 9，所得在「20,001 ~ 40,000 元」的旅客佔 35%，而所得在「20,000 以下」的旅客佔 25%，所得在「40,001~60,000 元」之間的旅客則佔 19%，所得在「60,001~80,000 元」的旅客佔 11%，所得在「80,001~100,000 元」的旅客佔 5%，所得在「10,001 元以上」的旅客佔 5%，其平均數為 16.67，標準差為 11.96，顯示本次調查的旅客平均月個人所得主要分布為「20,001~40,000 元」。

表 8、旅客的平均月個人所得(元)

| 平均月個人所得(單位為新台幣):   | 計數  | 百分比  | 平均數   | 標準差   |
|--------------------|-----|------|-------|-------|
| 100,001 元以上        | 5   | 5%   | 16.67 | 11.96 |
| 20,000 以下          | 25  | 25%  |       |       |
| 20,001 ~ 40,000 元  | 35  | 35%  |       |       |
| 40,001 ~ 60,000 元  | 19  | 19%  |       |       |
| 60,001 ~ 80,000 元  | 11  | 11%  |       |       |
| 80,001 ~ 100,000 元 | 5   | 5%   |       |       |
| 總計                 | 100 | 100% |       |       |

#### 4.2.7 其他費用(單位為新台幣)

在受測的旅客其他費用方面，如表 10，在「500 元以下」的旅客佔 25%，而在「2,501 元以上」的旅客佔 22%，在「501 ~ 1,000 元」之間的旅客則佔 21%，



在「1,001 ~ 1,500 元」的旅客佔 16%，在「1,501 ~ 2,000 元」的旅客佔 10%，在「2,001 ~ 2,500」的旅客佔 6%，其平均數為 16.67，標準差為 7.42，顯示本次調查的旅客其他費用主要分布為「500 元以下」。

表 9、其他費用

| 其他費用(單位為新台幣)，如：飲食、住宿、購買特產費用： | 計數  | 百分比  | 平均數   | 標準差  |
|------------------------------|-----|------|-------|------|
| 1,001 ~ 1,500 元              | 16  | 16%  | 16.67 | 7.42 |
| 1,501 ~ 2,000 元              | 10  | 10%  |       |      |
| 2,001 ~ 2,500 元              | 6   | 6%   |       |      |
| 2,501 元以上                    | 22  | 22%  |       |      |
| 500元以下                       | 25  | 25%  |       |      |
| 501 ~ 1,000 元                | 21  | 21%  |       |      |
| 總計                           | 100 | 100% |       |      |

#### 4.3 遊憩效益分析

根據上述旅行成本計算公式，本研究一共蒐集了 100 筆資料，如表 11 整體 X<sub>1</sub> 交通成本其費用總計為新臺幣 6079.30 元，平均值為 60.79，標準差為 58.17，整體 X<sub>2</sub> 時間成本其費用總計為新臺幣 526062.19 元，平均值為 5260.62，標準差為 3566.39，整體 X<sub>3</sub> 其他費用總計為新臺幣 135551 元，平均值為 1355.51，標準差為 803.71，V<sub>1</sub> 旅行成本總計為新臺幣 2003077.49 元，平均值為 20030.77，標準差為 11876.44。

表 10、旅行成本

|     | X <sub>1</sub><br>交通成本費用 | X <sub>2</sub><br>時間成本費用 | X <sub>3</sub><br>其他費用 | V <sub>1</sub> 旅行成本 |
|-----|--------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| 總計  | 6079.30                  | 526062.19                | 135551                 | 2003077.49          |
| 平均數 | 60.79                    | 5260.62                  | 1355.51                | 20030.77            |
| 標準差 | 58.17                    | 3566.39                  | 803.71                 | 11876.44            |

綜上所述可推知，大部分的遊客花在時間成本費用較多為新臺幣 526062.19 元，其次為其他費用為新臺幣 135551 元，在交通成本費用較少為新臺幣 6079.30 元。

#### 4.4 紅樹林海洋藍碳總體經濟價值分析

##### 4.4.1 直接使用價值

根據上述問卷資料分析，旅行成本法之計算休閒娛樂之量化價格大約為新台幣 2,003,078 元；木材之量化價格根據市場價格法之計算為 211,273.65 美元，根據美國國稅局(IRS)外幣兌換成美元的 2023 年平均匯率 31.16 (美元/台幣)大約為新台幣 6,583,287 元。綜上所述，其紅樹林海洋藍碳直接使用價值大約為新台幣 8,586,365 元。

##### 4.4.2 間接使用價值與非使用價值

###### 一、氣候調節之量化價格

使用市場價格法之計算，氣候調節之量化價格大約為 737,276.43 美元，根據美國國稅局(IRS)外幣兌換成美元的 2023 年平均匯率 31.16 (美元/台幣)，其氣候調節量化之價格大約為新台幣 22,973,534 元。

###### 二、非使用價值防洪安全與生物多樣性之量化價格

非使用價值防洪安全與生物多樣性之量化價格使用替代成本法之計算，根據 2017 年淡水河流域重要濕地國家級保育利用計畫(圖 20)，2017 年至 2021 年每年 3,000,000 元，共五年總計為 15,000,000 元；根據 2022 年淡水河紅樹林自然保留區 111-120 年度管理維護計畫(圖 21)，保留區設施定期維護(1)氣象水文記錄與設備維護每年 110,000 元(2)定期維護保養保留區圍籬與木棧道每年 400,000 元；保留區環境教育推廣、志工每年 1,200,000 元；保留區巡邏維護(1)定期管護工作每年 500,000 元(2)維護公告及警告牌誌每年 400,000 元；保留區清潔維護每年 1,000,000 元；定期辦理生態環境監測調查每年 600,000 元，2022 年至 2031 年每年 4,210,000 元，2017 年至 2023 年，總花費為 19,210,000 元；根據政府電子採購網淡水河紅樹林自然保留區環境維護及廢棄物清運工作招標，103 年總決標金額 900,000 元與 988,680 元，105 年總決標金額 895,500 元、920,000 元與 975,000 元，106 年總決標金額 956,340 元，108 年總決標金額 956,340 元，109 年總決標金額 956,340 元，110 年總決標金額 1,829,520 元，111 年總決標金額 1,924,230 元，107 年淡水河紅樹林自然保留區宣導影片製作案總決標金額 1,050,000 元，109 年淡水河紅樹林自然保留區管理維護計畫委託規劃總決標金額 600,000 元，

總花費為 12,951,950 元，防洪安全與非使用價值生物多樣性之量化價格為新台幣 32,161,950 元。

## 二、預估經費需求

本計畫依濕地保育法第 19 條規定，以 5 年期滾動式方式規劃財務與實施計畫，如下表 14-1，並配合實際計畫執行成果滾動式檢討及推動。

表 14-1 預估經費需求表

| 計畫目標     | 計畫名稱        | 計畫實施年期與經費需求(萬元) |     |     |     |     | 主辦機關/協辦機關                         |
|----------|-------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----------------------------------|
|          |             | 第一年             | 第二年 | 第三年 | 第四年 | 第五年 |                                   |
| 生態資料建置   | 環境監測計畫      | 150             | 150 | 150 | 150 | 150 | 內政部/臺北市府、新北市政府                    |
| 環境教育推動   | 濕地生態巡守員推動計畫 | 80              | 80  | 80  | 80  | 80  | 內政部/臺北市府、新北市政府                    |
| 水質穩定管理   | 水質監測計畫      | 50              | 50  | 50  | 50  | 50  | 內政部/行政院環境保護署、新北市政府、臺北市府           |
| 明智利用管理落實 | 濕地管理平台推動計畫  | 50              | 50  | 50  | 50  | 50  | 內政部/臺北市府、新北市政府、經濟部水利署、行政院農業委員會林務局 |

註：經費將視年度預算審定額度辦理

圖 20、淡水河流域重要濕地國家級保育利用計畫

資料來源：內政部(2017)

| 單位：千元               |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|---------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 工作項目                | 年 | 2022  | 2023  | 2024  | 2025  | 2026  | 2027  | 2028  | 2029  | 2030  | 2031  | 合計     |
| 一、加強保留區的管制事項        |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| 二、加強保留區環境管理維護       |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| 2.1 保留區設施定期維護       |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| (1) 氣象水文記錄與設備維護     |   | 110   | 110   | 110   | 110   | 110   | 110   | 110   | 110   | 110   | 110   | 5,100  |
| (2) 定期維護保養保留區圍籬與木棧道 |   | 400   | 400   | 400   | 400   | 400   | 400   | 400   | 400   | 400   | 400   |        |
| 2.2 保留區環境教育推廣、      |   | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 12,000 |
| 三、定期辦理生態環境監測調查      |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| 3. 生物資源與環境監測調查      |   | 10    | -     | 3,000 | -     | 800   | -     | -     | 3,000 | -     | 800   | 6,000  |
| 合計                  |   | 3,620 | 3,310 | 6,310 | 3,310 | 4,110 | 3,310 | 3,310 | 6,310 | 3,310 | 4,110 | 41,010 |

圖 21、2022 年淡水河紅樹林自然保留區 111-120 年度管理維護計畫

資料來源：行政院農業委員會林務局羅東林區管理處(2022)

綜上所述，其紅樹林海洋藍碳間接價值與非使用價值大約為新台幣 55,135,484 元。

### 4.4.3 淡水河紅樹林自然保留區海洋藍碳總經濟價值

紅樹林海洋藍碳總經濟價值大約為新台幣 63,721,849 元(表 11)，休閒娛樂之量化價格大約為新台幣 2,003,078 元，佔 3.1%，木材之量化價格大約為新台幣 6,583,287 元，佔 10.3%，氣候調節之量化價格大約為新台幣 22,973,534 元，佔

36.1%，防洪安全與非使用價值生物多樣性之量化價格大約為新台幣 32,161,950 元，佔 50.5%，顯示本次調查的海洋藍碳總經濟價值之量化價格當中的防洪安全與非使用價值生物多樣性之量化價格佔比為最高。

表 11、海洋藍碳總經濟價值

|                          | 量化價格       | 百分比    |
|--------------------------|------------|--------|
| 休閒娛樂                     | 2,003,078  | 3.1%   |
| 木材                       | 6,583,287  | 10.3%  |
| 氣候調節                     | 22,973,534 | 36.1%  |
| 防洪安全與非使用價值<br>生物多樣性      | 32,161,950 | 50.5%  |
| 淡水河紅樹林自然保留<br>區海洋藍碳總經濟價值 | 63,721,849 | 100.0% |

## 第五章 結論與建議

### 5.1 海洋藍碳與紅樹林生態系統的經濟與環境價值研究的意義

本次調查顯示，紅樹林海洋藍碳的總經濟價值約為新台幣 63,721,849 元，顯示出紅樹林海洋藍碳在環境和經濟方面的重要性，該研究透過檢視淡水紅樹林自然保護區的遊客旅行成本，為海洋藍碳經濟做出了貢獻，儘管先前研究沒有發現旅行成本與紅樹林認知之間存在統計上並無顯著的相關性。代表直接經濟成本並不是提高大眾對紅樹林生態系統了解與欣賞的主要動機，文獻回顧也未能證明出行成本對紅樹林認知有相關影響。但從先前的描述性統計結果來看，遊客普遍對紅樹林持正面態度，如「遊客對紅樹林的了解」、「遊客對紅樹林碳儲存和永續發展對海洋的重要性的讚賞」、「遊客」「對紅樹林保護的認識」、「遊客對社區參與和教育的重要性的認識，以確保紅樹林的可持續性」均在李克特量表中表現高於平均水平，這證明了遊客對紅樹林的高度重視並強調這種情緒可用於促進環境永續政策和環境保護策略。

本研究發現海洋藍碳和紅樹林等生態系統在間接使用價值與非使用價值方面的重要性，根據圖 22，間接使用價值與非使用價值佔比高達 87%。這強調了海洋藍碳在減少溫室氣體排放和應對氣候變遷方面的關鍵角色，顯示其在減少溫室氣體排放和應對氣候變遷中的關鍵作用，這與紅樹林等其他生態系統在間接使用價值與非使

用價值方面的重要性相一致，強調了這些生態系統在提供氣候調節服務方面的巨大貢獻，根據文獻回顧紅樹林在吸收二氧化碳和其他溫室氣體方面具有重要作用，對全球氣候變遷的緩解具有深遠影響。因此，無論是海洋藍碳還是紅樹林生態系，如防洪安全、氣候調節和生物多樣性，均佔據了總經濟價值的主要部分。這些表明這些生態系統服務對經濟和環境有著深遠的影響，並且不應被低估，由於間接價值與非使用價值的巨大貢獻，保護和管理這些生態系統至關重要，且根據文獻回顧轉變紅樹林為其他用途(如商業水產養殖)並不能帶來長期的經濟效益，反而會損害其提供的生態服務，提高紅樹林等生態系統的環境品質可以顯著提升其經濟價值和社會效益，這進一步支持了環境保護和恢復工作的必要性和價值。

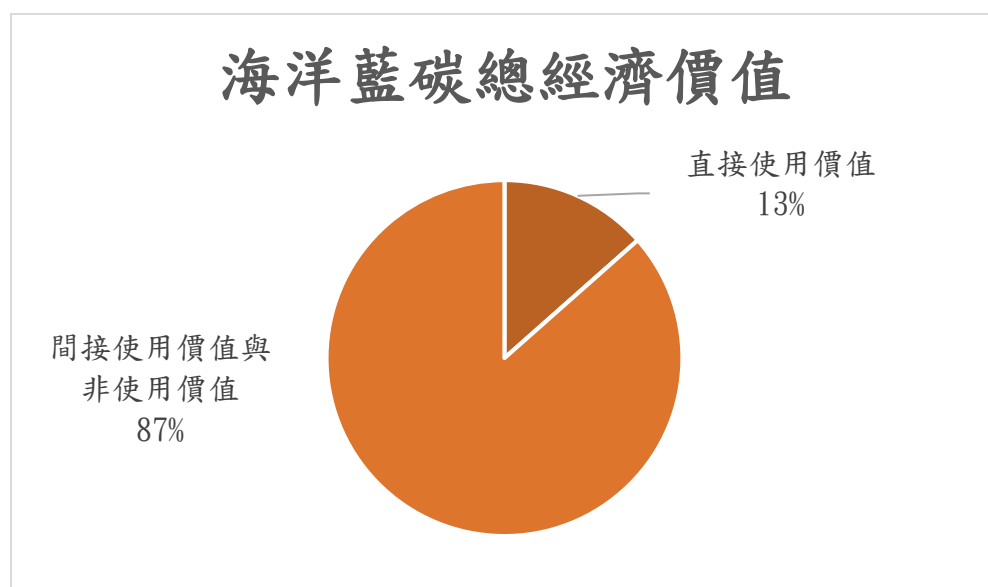


圖 22 、海洋藍碳總價值圓餅圖

## 5.2 與永續發展目標的相關性

本研究結果與四個永續發展目標（SDGs）保持一致，如圖 23：SDG 13 氣候行動，紅樹林生態系統通過封存二氧化碳和減少溫室氣體排在減緩氣候變化方面發揮著至關重要的作用，因此保護和恢復紅樹林可以為實現 SDG 13 目標做出重大貢獻；SDG 14 保育海洋生態，紅樹林是支持豐富海洋生物多樣性的重要海洋生態系統，因此保護和管理紅樹林森林對於保護生物多樣性和維持健康的海洋生態系統至關重要；SDG 15 保育陸域生態，紅樹林為陸地生態系統提供了多種好處，包括控制侵蝕、保護海岸線和營養循環，因此保護和恢復紅樹林可以為可持續土地管理和生物多樣性保護做出貢獻；SDG 17 多元夥伴關係，實現可持續發展目標需要政府、

企業和民間社會組織之間的合作，因此通過認識藍碳和紅樹林生態系統的經濟價值，政策制定者、企業和社區可以做出明智的決策，支持保護工作並為實現可持續發展目標做出貢獻。

總而言之，本研究強調了紅海紅樹林藍碳的經濟重要性和其與可持續發展目標的相關性。通過認識這些生態系統的價值並實施有效的保護策略，我們可以保護環境、增進人類福祉，並為可持續的未來做出貢獻。



圖 23、永續發展目標

### 5.3 生態系評估與保育的未來方向

未來的研究應超越經濟指標，涵蓋生態系統評估的多個方面，包括考察社區參與、教育的角色以及紅樹林生態系統的社會效益。提高個人為保護工作做出貢獻的意願也可能是有益的，無論是在經濟上還是透過志願服務，以便在全體人民中傳播對海洋藍碳經濟的認識和認可。因全球氣候變化，紅樹林作為天然碳匯需要的保護非常重要，它們對碳固存的貢獻及其對沿海保護和生物多樣性的重要性，使它們成為我們不可替代的寶貴資產。本研究發現間接使用價值在這些生態系統中扮演了重要角色，佔據了海洋藍碳總經濟價值的主要部分。紅樹林不僅在碳固存方面具有重要作用，還在防洪安全、氣候調節和生物多樣性維護方面提供了巨大的貢獻。因此，政策制定者和保護者可以制定支持海洋藍碳生態系統保護和恢復的政策，以確保這些生態系統在減少溫室氣體排放和應對氣候變遷中的持續作用。此外，通過教育和宣傳，提高公眾對海洋藍碳在氣候調節中的關鍵角色的認識，並鼓勵公眾參與相關保護和恢復活動，將是非常重要的，同時，推動持續性的相關研究和監測，收集更

多數據，以支持更準確的氣候調節服務價值評估，並為政策制定和管理提供科學依據。

總而言之，雖然該研究在旅行成本和紅樹林認知方面沒有獲得顯著結果，但也為海洋藍碳經濟提供了有用的數據。透過生態、社會和經濟視角的綜合理解，可以更好地捕捉海洋藍碳經濟的全貌。採用整體環境評估的視角，人們可以更有效地執行保護策略，這些策略將與公眾日益增長的環境意識產生共鳴，並促進與地球寶貴自然資源的可持續關係。

## 附錄

### 紅樹林海洋藍碳經濟價值之旅遊成本調查問卷

您好：

這是一份針對紅樹林海洋藍碳經濟價值的研究調查，僅做學術研究使用。問卷資料將彙總、統計後進行分析，不會將個別問卷出示或移作其他用途。

113 年海洋委員會補助計畫-致理科技大學-黃巧妮  
11010106@gm.chihlee.edu.tw

#### 【第一部分】交通成本

您這次來此紅樹林的目的為何？

☐觀光 ☐散步或運動 ☐觀賞(美景、生態)

☐路過 ☐休息

請問您從居住地到紅樹林的交通工具：

☐大眾交通運輸工具 ☐汽車 ☐機車 ☐其他

☐自行車(跳自第四題) ☐走路(跳自第四題)

請問您的來回交通費用(大眾交通運輸工具請填寫此題)：

公車：每段票 15 元；捷運：普通單程票 20~65 元。

請問您的交通費用\_\_\_\_\_元

您從居住地到紅樹林來回的交通距離(機車和汽車請填寫此題)：

請問您居住地到紅樹林來回的交通距離\_\_\_\_\_公里(如 5.1 公里)

請問您與您的同車人數\_\_\_\_\_人

您從居住地到紅樹林來回交通時間：

☐30 分鐘以下 ☐30~59 分鐘 ☐60~89 分鐘 ☐90 分鐘以上

您停留於紅樹林時間(不包含交通時間)：

☐30 分鐘以下 ☐30~59 分鐘 ☐60~89 分鐘 ☐90 分鐘以上

最近一年您大約來此紅樹林幾次？☐1-3 次 ☐4-6 次 ☐7-9 次 ☐10 次以上

#### 【第二部分】旅遊支出成本

平均月個人所得(單位為新台幣)：

☐20,000 以下 ☐20,001 ~ 40,000 元

☐40,001 ~ 60,000 元 ☐60,001 ~ 80,000 元

☐80,001 ~ 100,000 元 ☐100,001 元以上

其他費用(單位為新台幣)，如：飲食、住宿、購買特產費用：

☐500 元以下 ☐501 ~ 1,000 元

☐1,001 ~ 1,500 元 ☐1,501 ~ 2,000 元

☐2,001 ~ 2,500 元 ☐2,501 元以上



表單 QR



## 参考文献

1. Abdul Malik, Rasmus Fensholt and Ole Mertz (2015). Economic Valuation of Mangroves for Comparison with Commercial Aquaculture in South Sulawesi, Indonesia, *Forests* 2015, 6(9), 3028-3044
2. Cesario, F. J. and J. L. Kentsch (1976), "A Recreation Site Demand and Benefit Estimation Model," *Regional Studies*, 10, 97-104.
3. Chun-Yu Lin, Chen-Yang Fu, Ying Liu, Meng-Qi Zhang, Yang Liu, Wan-Yu Wu, Li-Xia Wang, Xiang-Hong Lin, Xiu-Mei Fu (2022). Assessing the changes of the monetary value of mangrove ecosystem services in China and its application, *Front. Environ. Sci.*, 20 October 2022. *Environmental Economics and Management*, Volume 10 – 2022
4. Clawson, M. (1959) *Methods of Measuring the Demand for and Value of Outdoor Recreation*. Reprint, No.10, Resources for the Future, Washington DC.
5. Dennis M. King, Marisa J. Mazzotta and Kenneth J. Markowitz (2000) *Ecosystem Valuation*, <https://www.ecosystemvaluation.org/>
6. Donata Melaku Canu, Andrea Ghermandi, Paulo A.L.D. Nunes, Paolo Lazzari, Gianpiero Cossarini, Cosimo Solidoro (2015). Estimating the value of carbon sequestration ecosystem services in the Mediterranean Sea: An ecological economics approach, *Global Environmental Change*, 32, 87-95, ISSN 0959-3780
7. Elizabeth Mcleod, Gail L Chmura, Steven Bouillon, Rodney Salm, Mats Björk, Carlos M Duarte, Catherine E Lovelock, William H Schlesinger, Brian R Silliman (2011). A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO<sub>2</sub>. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9: 552-560.
8. Emily Pidgeon (2021). Why the future of carbon should be blue *Conservation International* .
9. Frank Spaninks and P.J.H. Van Beukering (1997). *Economic Valuation of Mangrove Ecosystems: Potential and Limitations*, CREED Working Paper No. 14.
10. Gordon Ajonina, Tundi Agardy, Winnie W Y Lau, Kofi Agboga and Balertey Gormey (2014), *Mangrove Conditions as Indicator for Potential Payment for Ecosystem Services in Some Estuaries of Western Region of Ghana, West Africa, The Land/Ocean Interactions in the Coastal Zone of West and Central Africa*, pp.151-166.
11. Hotelling, H. (1947), "Letter to the National Parks Service, June 18, 1947," *Studies of Outdoor Recreation*, Washington, D. C.: Outdoor Recreation Review Commission.

12. Hotelling, H., (1947) Letter to the National Parks Service in Economic Studies of Outdoor Recreation, Outdoor Recreation Review Commission, Washington, D.C.,pp. 56.
13. Hwey-Lian Hsieh ,Hsing-Juh Lin , Shang-Shu Shih and Chang-Po Chen (2015). Ecosystem Functions Connecting Contributions from Ecosystem Services to Human Wellbeing in a Mangrove System in Northern Taiwan, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2015, 12(6), 6542-6560
14. Hwey-Lian Hsieh, Shang-Shu Shih and Chang-Po Chen (2015). Ecosystem functions connecting contributions from ecosystem services to human wellbeing in a Mangrove system in Northern Taiwan. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 12, 652. doi:10.3390/ijerph120606542
15. Ibnu Sina, Maryunani, J. Batoro and N. Harahab (2017). Analysis of Total Economic Value of Ecosystem Mangrove Forest in the Coastal Zone Pulkerto Village District of Kraton Pasuruan Regency, *International Journal of Ecosystem*, Vol. 7 No. 1, 2017, pp. 1-10. doi: 10.5923/j.ije.20170701.01.
16. Intratec Solutions (2023), Intratec Products Blog, <https://medium.com/intratec-products-blog/oxygen-prices-latest-historical-data-in-several-countries-b180fad7dafa>
17. J. Boone Kauffman, Chris Heider, Thomas G. Cole, Kathleen A. Dwire and Daniel C. Donato (2011). Ecosystem Carbon Stocks of Micronesian Mangrove Forests. *Wetlands* 31:343-352
18. L. Brander, A.J. Wagtendonk, S. Hussain, A. McVittie, P.H. Verburg, R.S. de Groot, S. van der Ploeg (2012). Ecosystem service values for mangroves in Southeast Asia: a meta-analysis and value transfer application, *Ecosystem Services* , 2012, Volume 1, 62-69
19. Li H, S Dai, Z Ouyang, X Xie, H Guo, C Gu, X Xiao, Z Ge, C Peng, and B Zhao, 2018. Multi-scale temporal variation of methane flux and its controls in a subtropical tidal salt marsh in eastern China. *Biogeochemistry* DOI: 10.1007/s10533-017-0413-y.
20. Li SB, PH Chen, JS Huang, ML Hsueh, LY Hsieh, CL Lee, and HJ Lin, 2018. Factors regulating carbon sinks in mangrove ecosystems. *Global Change Biology*, 24:4195–4210
21. Loomis, J. B., and Walsh R. G. (1997). *Recreation Economic Decisions; Comparing Benefits and Costs* (No. Ed. 2.) Venture Publishing Inc.
22. Marwa Salem and Daniel Evan Mercer (2012). The Economic Value of Mangroves: A Meta-Analysis, *December 2012Sustainability* 4(3):359-383, DOI:10.3390/su4030359
23. Mei-Li Hsueh and Hsun-Hwang Lee (2000). Diversity and distribution of the mangrove forests in Taiwan. *Wetland Ecology and Management* 8 : 233-243.

24. Michael Getzner and Muhammad Shariful Islam (2020). Ecosystem Services of Mangrove Forests: Results of a Meta-Analysis of Economic Values, *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Aug; 17(16): 5830. doi: 10.3390/ijerph17165830
25. Millennium Ecosystem Assessment Board (2005). Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/8735>.
26. P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, , D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M.Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz and J. Malley (2022). IPCC AR6 WGIII Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, Summary for policymakers Change,39.
27. S. de Groot, Matthew A.Wilson and Roelof M.J. Boumans (2002).A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41, 393-408.
28. The Work Bank (2023), Price greenhouse gas emissions and other environmental harms, systemschangelab, <https://systemschangelab.org/finance/price-greenhouse-gas-emissions-and-other-environmental-harms#indicator-90>
29. Thomas A. Worthingto, Dominic A. Andradi-Brown, Radhika Bhargava, Christina Buelow, Pete Bunting, Clare Duncan, Lola Fatoyinbo, Daniel A. Friess, Liza Goldberg, Lammert Hilarides, David Lagomasino, Emily Landis, Kate Longley-Wood, Catherine E. Lovelock, Nicholas J. Murray, Siddharth Narayan, Ake Rosenqvist, Michael Sievers, Marc Simard, Nathan Thomas, Pieter van Eijk, Chris Zganjar and Mark Spalding (2020). Harnessing Big Data to Support the Conservation and Rehabilitation of Mangrove Forests Globally,2,5,429-443.
30. 中華民國交通部(2022), 自用小客車使用狀況調查報告。  
<https://www.motc.gov.tw/ch/index>。
31. 內政部(2017), 淡水河流域重要濕地國家級保育利用計畫, <https://wetland-tw.tcd.gov.tw/upload/file/20190605163734551.pdf>。
32. 台灣採購公報網(2022), 台灣採購公報網決標資訊。  
<https://www.taiwanbuying.com.tw/ShowCCDetailOri.ASP?CompId=97586963andRecNo=4362497>。
33. 行政院農委會林務局全球資訊網(2011), 林業新知專刊生態系統服務之評估。  
<https://www.forest.gov.tw/File.aspx?fno=12>。
34. 行政院農業委員會林務局羅東林區管理處(2022), 淡水河紅樹林自然保留區 111-120 年度管理維護計畫。

35. 吳珮瑛、廖珮吟(2008)，台灣主要國家公園之效益評估－納入時間成本之需求測試旅遊成本法，農業經濟叢刊 13 卷 2 期 (2008/06)，頁 1-48。
36. 吳珮瑛、廖珮吟(2008)，台灣國家公園效益評估：使用旅行成本法和時間價值的需求系統方法，農業經濟叢刊 13 卷 2 期 (2008/06)，頁 1-48。
37. 林幸助(2022)，臺灣沿海重要碳匯生態系統調查與評估計畫，海洋保育署。
38. 林昭吟(2023)，我國自然碳匯推動規劃，2023March 春季號，Volume 21, Number 1，40-46 頁。
39. 物價資訊看板平台(2022)，油電瓦斯水-汽柴油，[https://price.nat.gov.tw/p/zh\\_tw/energy#E1](https://price.nat.gov.tw/p/zh_tw/energy#E1)。
40. 紅樹林生態教育館(2016)，彈塗魚界的葉問，紅樹林生態教育館，[https://mangrove20110301.blogspot.com/2016/04/blog-post\\_19.html](https://mangrove20110301.blogspot.com/2016/04/blog-post_19.html)。
41. 荒野保護協會(2015)，水筆仔，荒野保護協會新竹分會，<https://sowhc.sow.org.tw/html/observation/sea/plant/301/301.htm>。
42. 國家發展委員會(2022)，臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明，[https://www.ndc.gov.tw/Content\\_List.aspx?n=DEE68AAD8B38BD76](https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=DEE68AAD8B38BD76)
43. 陳柏宏(2014)，淡水河紅樹林及草澤植物的碳儲存量與碳收支，生命科學系所，國立中興大學碩士論文。
44. 陳麗琴(2003)，漫談旅遊成本法，林業研究專訊，第十卷第二期，頁 15-16。
45. 黃宗煌(1988)，台灣地區國家公園之遊憩效益的評估，臺灣銀行季刊，41(3)：頁 282-303。
46. 黃星星(2015)，淡水河口紅樹林生態系服務價值之經濟評估，環境工程學系所，國立臺灣大學碩士論文。
47. 農業部林業及自然保育署自然保育網(2021)，淡水河紅樹林自然保留區，<https://conservation.forest.gov.tw/0000106#menu>。
48. 劉芳明、劉大海、郭貞利(2019)，海洋碳匯經濟價值核算研究，海洋通報，第 1 期：8-13。
49. 鄭蕙燕、張偉祐、林政德(2000)，四草野生動物保護區遊客之遊憩效益與時間成本：截斷式波爾生模型之應用，農業經濟半年刊 67 期 (2000/06)，頁 161-179。
50. 簡君芳 (2015)，淡水河紅樹林濕地之遊憩價值評估－旅行成本法及條件行為法之應用，自然資源與環境管理系所，國立臺北大學碩士論文。

51. 羅雅文(2010)，墾丁南灣海灘遊憩效益之評估-以旅遊成本法為例，行政院國家科學委員會補助大專學生參與專題研究計畫研究成果報告。
52. 鐘浩齊(2022)，利用空間資訊技術進行紅樹林藍碳量估算，地理學系所，國立臺灣師範大學碩士論文。