

紅樹林、海草床碳匯效益高 供育生態、漁業資源：航向碳匯藍海

本土藍碳方法學送審

[感謝本校秘書室媒體公關組提供資料](#)

因應國內 2050 淨零排放政策，屬於藍碳之二的海草床、紅樹林減量方法學在今年 3 月由海洋委員會送入農業部審查。計畫主持人國立中興大學生命科學系終身特聘教授林幸助表示，藍碳可貢獻碳匯是森林的 1.5 至 2.5 倍，計每年約貢獻 35 萬噸二氧化碳當量。

紅樹林與海草床除了是固碳高手，也是許多生物的庇護所與哺育地，澎湖中心投入海草床復育多年，未來將協力社區發展碳權交易方案，讓碳匯挹注社區發展。展望國內藍碳研究的下一步，林幸助說，降低碳匯量測成本、建立海草床與紅樹林碳抵換額度交易示範場域及納入國家溫室氣體清冊是重要目標。

自然碳匯可粗分為陸域與海洋，陸域如森林碳匯，海洋碳匯則包含紅樹林、海草床（seagrass bed）與鹽沼生態系，也被稱作「藍碳」。國立中興大學生命科學系終身特聘教授林幸助表示，紅樹林可貢獻碳匯約是森林的 2.5 倍、海草床與鹽沼則是森林的 1.5 倍之多。

林幸助團隊研究指出，國內鹽沼棲地面積約 188 公頃、海草床面積（包含東沙島）約 5,481 公頃、紅樹林面積約 680 公頃，總計每年約可貢獻 35 萬噸二氧化碳當量。其中，海草床與紅樹林分別可以貢獻 53%與 42%的碳匯量，是藍碳重要支柱。

水下擾動少、分解慢 藍碳單位面積效益高於陸域森林

為何相同的面積，藍碳碳匯貢獻比森林碳匯更高？「跟陸地植物差異就在水下的基質。」林幸助解釋，關鍵在於水，碳匯儲存在植物主要枝幹、底土與枯枝落葉形成的有機碳中，而藍碳因水隔絕空氣，可減緩底土中被固著的碳分解的速度；且水下干擾情形可能較陸域環境少，如森林野火會讓儲存於樹幹與土壤中的有機碳被釋放到大氣中，相較之下，藍碳的效益更好。

2023 年 8 月由環境部提出的《中華民國國家溫室氣體排放清冊報告》尚未列入海洋碳匯基礎資料，不過同年 4 月國家發展委員會公布的 2050 淨零排放「十二項關鍵戰略」中，由農業部負責的《臺灣 2050 淨零轉型「自然碳匯」關鍵戰略行動計畫》已寫明推動海洋碳匯分工。

海委會借助投入紅樹林、海草生態服務研究 20 餘年的林幸助團隊之力，今年 3

月中旬將「紅樹林方法學」與「海草床方法學」送入農業部審查，近期將送進環境部審查，若獲通過，可為國內減碳進程注入一劑強心針。

固碳高手紅樹林減緩海岸侵蝕 本土物種需要國內建立參數

臺灣位處亞熱帶與熱帶交界，紅樹林生態系在臺灣西部沿海相當常見。林幸助研究發現，國內紅樹林雖一度因沿海開發工程而銳減，隨著棲地復育意識漸增，現今紅樹林面積已是 1970 年代時的 2.5 倍以上。北從關渡、南至屏東，外島如澎湖、金門都可見紅樹林的蹤影，總面積達 680 公頃，超過 26 座臺北大安森林公園。

面積不容小覷的紅樹林，除了可以緩和海浪侵蝕海岸，提供河口生物遮蔽與營養來源，也是碳匯生力軍。「紅樹林植物的底土碳匯占整個生態系的八成。」林幸助說，團隊多年累積紅樹林植物基礎生產力（primary production）數據，建立國內「紅樹林碳收支模式」與方法學。

研究發現，紅樹林植物每年每公頃至少可儲存 20 公噸的二氧化碳當量，且 3 年即可成林，生長速度與儲碳效率屬植物界佼佼者。紅樹林碳匯除了儲存於莖部、根部內，掉落的枯枝落葉也會隨著微生物分解形成有機碳累積於土壤中。此外，潮汐帶來的有機、無機碳也會挹注底土儲碳量。

林幸助說，國內紅樹林植物包含水筆仔、欖李、海茄苳、五梨朥，不同植物吸收二氧化碳的速度，與分解有機質過程排出的二氧化碳量都不同，造成紅樹林植物的總儲碳量差異，構成不同植物的碳匯參數，這些參數便是紅樹林方法學的核心。

具生態、漁業資源及固碳功能 東沙海草床亟需保育

水下隨著海浪擺動如髮絲的海草床，是許多海洋生物覓食、棲息和繁殖的重要場域，還能穩定海中沉積物、貢獻碳匯。海草（seagrass）也稱作海洋被子植物（marine angiosperm），會開花、也有種子，主要生長在潮間帶到 20 公尺深的淺海；全世界已知有 72 種海草，臺灣可見 12 種。林幸助團隊調查，國內海草床分布區域以東沙島、澎湖、墾丁為主；東沙島面積最大，約 5,420 公頃，總儲碳量可達每年 14.4 萬公噸二氧化碳當量，相當可觀。

海草不僅儲碳量高，也是海洋生態系重要的初級生產者。「生態系統中的基礎生產力很重要，這些初級生產者會變成魚的食物來源，因此基礎生產力就決定了生態系中掠食者層級。」林幸助指出，東沙島海草床可見 9 種海草，包含毛葉鹽草、卵葉鹽草、泰來草等，面積大且密度高，曾發現尖齒檸檬鯊等生物鏈中的高級掠食者，顯示生物多樣性極高；但近年面臨中國籍漁船侵擾，以非友善

海洋方式捕魚，長期下來可能影響海草床生態系的完整性。

同樣面臨人為干擾的還有澎湖海草床。農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心（簡稱澎湖中心）謝恆毅主任說：「我們觀察到不同季節會有不同物種使用海草床，海草床扮演了很重要的庇護所角色，我們猜測澎湖的漁業資源變動，可能與海草床的棲地劣化或功能不佳相關。」

澎湖海草床建立復育示範區 盼碳匯成為地方發展助力

澎湖中心研究指出，以澎湖海草床分布面積最大的鎮海灣為例，歷史紀錄曾達 113 公頃，目前僅剩約 27.9 公頃，萎縮面積超過 6 成，連帶影響當地槍蝦（又稱鼓蝦）收穫。當地海草床消失的原因包含海岸水泥化、廢水汙染、地曳網漁法或貝類採集等，當採集者使用貼近地面的小型網具或耙子梳過海草床時，容易造成海草床枝葉受損。

為了復育海草床及漁業資源，澎湖中心自 2014 年起以根狀莖法在澎湖通梁海域、重光及虎井海域復育海草床，今年發現通梁海域海草床面積已增長近 50 倍、約 3,000 平方公尺。2022 年澎湖縣政府更首度公告重光海域為「海草復育示範區」，禁止民眾使用耙具在潮間帶採集，展現守護澎湖海草床的決心。

謝恆毅表示，「海草生長的環境包含潮間帶與潮下帶，目前發現澎湖潮間帶最強勢的物種是甘草與卵葉鹽草，但也易受環境干擾，讓我們思考未來可針對長期碳匯累積或棲地復育採取不同措施。」目前澎湖中心正評估以不同海草的生長特性制定策略，像是可以利用生長速度快的卵葉鹽草，先復育海草床較稀疏的潮間帶，恢復一部分生態環境，再接續栽植其他更耐干擾的海草種類。

謝恆毅也說，未來澎湖中心將參考林幸助團隊的海草床方法學，建立澎湖海草床碳匯資料，並培訓社區居民栽植海草床，結合企業之力，讓碳匯收入挹注社區，帶動社區發展。

推動減碳養殖技術 水試所多營養階系統減餌料、換水

碳匯除了透過自然環境保育外，有機會在漁業生產環境累積嗎？

「要能夠長時間留下來，才叫碳匯。」林幸助表示，水產品主要供給人類使用，只要碳無法長期續存在生物體內或固著於土壤內，就很難累積碳匯；但可以從減量排放開始，或是可利用生產環境周遭栽種紅樹林、海草或草澤植物，增加附加效益。

為了掌握水產養殖過程中碳收支情形，農業部水產試驗所海水養殖研究中心

(簡稱海水中心)自 2023 年開始，藉由量測淡水與海水多營養階養殖系統的水、底土樣本，掌握不同生物儲存碳與排放碳的情形，以擬定減碳策略。

海水中心研究員吳育甄分享，淡水模式養殖吳郭魚、鱸魚與浮萍，海水模式則養殖虱目魚、龍鬚菜與青蟹，藉水循環連結不同食物鏈位階的生物，增加水中營養鹽利用情形，「我們預期可減少投餵餌料、降低換水頻率，達到減碳效益。」

紅樹林復育可深入社區 借鏡國際案例，建立國內示範場域

身處於副熱帶與熱帶交界，臺灣有豐富的自然環境，藍碳生態系棲地不僅養護眾多生物、提供人類休憩與生活服務，更蘊藏減碳的金鑰匙。然而，面對生活開發與棲地復育的兩難，或許可參考國外經驗。

如肯亞海洋與漁業中心在國際慈善組織協助下，2013 年於家齊灣 (Gazi Bay) 啟動世界上首件藍碳計畫「齊護紅樹林」(史瓦希里語 Mikoko Pamoja，英譯 Mangroves Together)，這也是首例社區參與復育紅樹林獲利的藍碳方案，以碳抵換額度和生態服務給付為社區帶來收益，並藉這些經費改善當地居民的生活，復育紅樹林並避免過度採伐。

林幸助表示，紅樹林栽種容易，且碳匯量高，國際碳權市場已有相關經驗可參考。至於國內藍碳策略下一步，他表示，除了持續改進量測儀器、降低碳匯量測成本，「期待今年可以通過方法學，建立示範場域、產生碳抵換額度，才知道會遇到什麼問題。另外，也希望可以趕快將海草床、紅樹林納入國家溫室氣體排放清冊中。」而藻類 (seaweed) 雖被視為潛力物種，但目前尚屬於研究階段，還沒被納入國際藍碳減量方法，要應用於碳權交易還有很長一段路要走。