



保育復育海草 強化自然解方

撰文 | 林幸助¹

前言

透過「自然碳匯」吸收二氧化碳是減少大氣中溫室氣體之自然解方。為回應氣候變遷與生物多樣性損失雙重危機，國際治理趨勢已逐步由單一減碳邏輯，轉向結合「自然為本解方」之整合型策略。在此脈絡下，「濱海藍碳」即儲存於濱海生態系中的有機碳一被視為同時兼顧氣候調適、減緩與生物多樣性保育的重要政策工具。臺灣四面環海，具備紅樹林、海草床及潮汐鹽沼等多樣濱海藍碳生態系，且單位面積碳儲量與吸收效率顯著高於陸域森林，且這些濱海藍碳生態系統本來就是重要的海洋生物多樣性熱點。然而，受限於制度、方法學、經濟誘因與治理架構等因素，濱海藍碳潛力尚未充分轉化為永續發展之公共政策工具。

藍碳議題興起

2019年政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate

Change, 簡稱IPCC）明確提出「藍碳（Blue Carbon）」的定義，是指「海洋系統中所有由生物驅動的碳通量與儲存，且是易於管理的」。生物驅動與易於管理，是其中的核心關鍵。藍碳必須是經由生物進行光合作用所吸收並轉化為有機碳，且必須可量化、追蹤與驗證的，要符合「可量測、可報告、可驗證（MRV: Monitoring, Reporting, and Verification）」原則，因此必須有清晰的方法學加以測量，否則在國際上難以被認可為有效的減碳額度。

「藍碳」名詞第一次出現在2009年聯合國環境署（United Nations Environment Programme, 簡稱UNEP）的研究報告中，指出海岸濕地就是所謂的「藍碳」，其單位面積碳匯量比森林碳匯量（簡稱「綠碳」）高出許多，之後每次和全球環境變遷相關的國際會議中，「藍碳」一直都是重要的焦點議題。2015年《巴黎協定》認可了「藍碳」對於減緩氣候變遷與環境永

註：1. 國立中興大學生命科學系

表1. 各類型海洋生態系統或生物相之碳匯計算特徵（碳權、海洋債券等）比較表

類型	生態系統 / 生物相	溫室氣體吸收或排放量是否明顯	長期儲存CO ₂ 的能力	人類世對生態系統之影響是否導致碳排放	實務性管理是否能維持或強化碳庫，減少溫室氣體排放	被 IPCC 認為是溫室氣體來源	氣候調適價值
可執行（actionable）藍碳	紅樹林	有	有	有	有	有	有
	潮汐鹽沼	有	有	有	有	有	有
	海草	有	有	有	有	有	有
有潛力藍碳	大型藻	有	有	有	有	無	有
	海床沉積物	未知	有	有	未知	無	未知
	泥沙灘	未知	未知	有	未知	無	有
其他海洋生態系（無法估算）	珊瑚礁	無	無	無	無	無	有
	牡蠣礁	無	未知	無	無	無	有
	浮游植物	有	未知	未知	無	無	無
	海洋魚類	無	無	有	無	無	有

資料來源：「2023永續海洋經濟高階小組報告」

續的重要性；2017年美國將海岸藍碳納入國家溫室氣體排放清冊中；2021年八月《Science》期刊評論，呼籲濱海藍碳可以協助國家避免溫室氣體排放，因此疾呼「藍碳」不能等。

根據「2023永續海洋經濟高階小組報告」，目前被認為可執行且具備明確減量貢獻的「藍碳」為紅樹林、海草床和潮汐鹽沼等濱海藍碳生態系，因為這些沿海濕地生態系統能符合6項碳權與海洋債券計算的特徵，具有可操作管理性（表1）：

- ① 系統具有明顯的溫室氣體排放或吸收量
- ② 系統具有長期儲存二氧化碳的能力
- ③ 人類活動已影響其生態系統，並導致其碳排放

④ 藉由管理可以維持或強化其生態系統碳庫，或減少溫室氣體排放

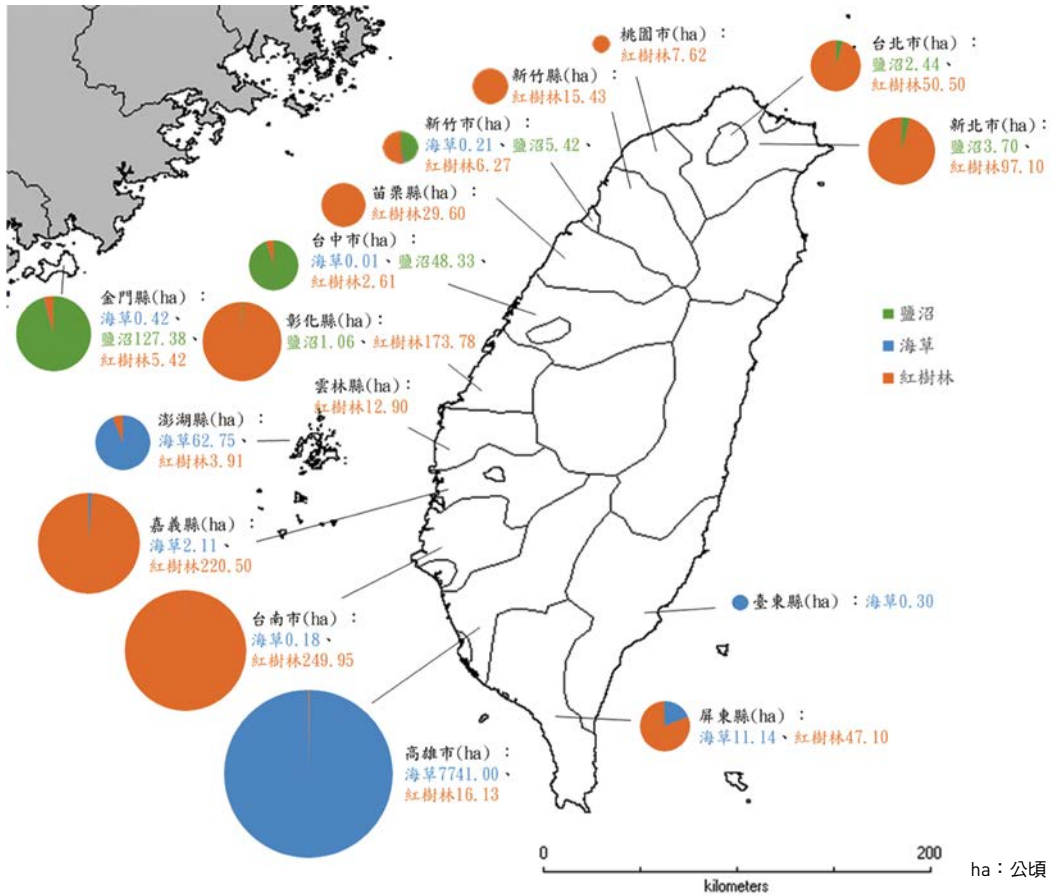
⑤ 系統被IPCC認可是溫室氣體來源之一

⑥ 系統具有氣候調適價值

臺灣濱海藍碳之貢獻

以紅樹林、海草床及潮汐鹽沼等沿岸植被組成的濱海藍碳生態系，因為海岸環境營養豐富，鹽度高，少有植物能與其競爭，再加上旺盛的光合作用碳吸收效率，較陸域植物有更快速率的碳匯累積。因飽和水隔絕空氣，可減緩底土中固定的有機碳被分解，且濱海藍碳發生森林野火的機率低，因此濱海藍碳的碳儲存效益比森林綠碳更好。

臺灣各縣市海岸藍碳分布與面積



濱海藍碳生態系除了能減緩氣候變遷外，因其複雜的根系結構，生長快速及繁茂的枝葉等特性使其在保護海岸線、生態系統防減災、提供生物食物及棲息地等方面均扮演著重要的角色。濱海藍碳本身屬於碳匯，同時也是海洋生物多樣性的熱點，保護和管理這些藍碳生態系就同時保護了生物多樣性與碳匯，是一種雙贏甚至多贏的策略，這就是以自然為本（Nature-based Solution, 簡稱NbS），是聯合國正在提倡的生物

多樣性保育方向。

濱海藍碳的3種主要生態系臺灣皆有，紅樹林主要分佈於西海岸；海草床主要分佈在離島；潮汐鹽沼多是溫帶植物，在臺灣分布不多，主要分布於西北部海岸。臺灣濱海藍碳面積共有8,945公頃，總計每年可貢獻485,544噸二氧化碳當量（t CO₂e）之吸存量，其中海草床貢獻86%，紅樹林貢獻11%，兩者合計每年貢獻97%的碳吸存量，潮汐鹽沼3%。但若是碳儲存量，三大濱海藍

碳生態系統共儲存459,861公噸二氧化碳，其中紅樹林貢獻52%，超過一半，海草床貢獻44%居次，因此海草床是臺灣藍碳重要支柱。

海草復育減量方法學

海草床是重要海洋藍碳，也是海岸生物熱點，是海洋生物棲息、繁殖和覓食的重要棲地。然而，由於自然與人為因素所造成海草床破壞，導致全球性海草床面積縮減，各地已陸續進行海草復育行動。雖然各地區之復育原因有所差異，但海草床生態系統服務具有能減緩氣候變遷的「調節」功能，即能作為儲存二氧化碳的碳匯。因此，應積極建立濱海藍碳與自願碳市場、企業ESG與CSR等金融工具之連結，吸引民間資本參與海草床保育與復育。

目前國際上有VCS（Verified Carbon Standard Program）的「潮汐

濕地和海草復育」（Methodology for Tidal Wetland and Seagrass Restoration）（VCS VM0033）方法學。不過，VCS VM0033方法學不只針對海草床，還包含其他潮汐濕地，計算繁瑣複雜，若要適用於臺灣海草復育，須加以萃取整合海草相關方法。《海草復育》（AL-TMS0002）自願減量方法學已於2025年9月25日由環境部公告實施，配套方法《臺灣海草床碳匯測量標準作業程序》，已由海洋保育署於2025年12月10日公告。

《海草復育》減量方法學屬於移除型溫室氣體減量方法學之小規模減量方法，旨在透過復育海草的專案活動，達成專案邊界內有機碳儲量增加之目的。專案活動應符合海草復育之目的，適用於「海洋或海岸型濕地」及「人為型濕地」區域。除非基於保護海草之必要措施外，專案邊界內不得進行生物移除。專案每年溫室氣體淨移除量應小於或等於20,000公噸二氧化碳當量，且整個專案淨移除量需為正值。專案活動應種植海草，並配合環境條件選用合宜的海草種類且可同時涵括以下任一項或多項之組合：

- ① 水文管理（如拆除潮汐障礙、改善水文連通性、恢復濕地潮汐或降低濕地水位等）。
- ② 沉積物改變（如利用疏濬材料或將河流沉積物轉移至缺乏沉積物的區域等）。



墾丁南灣潮間帶泰來草床。

表2.《海草復育》(AL-TMS0002) 自願減量方法學碳庫計算項目

碳庫	是否採用	理由 / 解釋
地上部生物量 (aboveground biomass)	是	專案活動的主要碳庫
地下部生物量 (belowground biomass)	是	專案活動的主要碳庫
碎屑 (detritus)	否	碎屑分解後會流入沉積物有機碳庫 依照國際間保守性作法將此碳庫排除在核算之外
沉積物有機碳 (sediment organic carbon)	是	碳庫中的碳儲量預計會受專案活動的實施而增加

③ 鹽度改變（如引入海水提高棲地鹽度等）。

④ 水質改善（如減少過多陸源營養鹽污染等）。

⑤ 管理方法改善（如移除外來種、減少草食作用等）。

該減量方法之專案邊界是指專案申請者實施海草復育活動的地理範圍。經營活動可在不同分散土地進行，各分散之復育海草床面積皆應大於0.1公頃。海草復育建議以科學實地調查進行，輔以全球衛星定位系統及地理資訊系統之地理空間資料之方式進行標記，並於現地以界樁進行定位。

針對該專案之碳匯計算，海草床地上部及地下部生物量為必須計入之項目。由於碎屑並非主要受影響之碳庫，因此考量保守性原則只計算地上部、地下部生物量（海草植物體之生物量）及沉積物有機碳（表2）。

專案活動除增加碳匯外，其執行過程所產生之溫室氣體排放亦應納入考量並予以扣除，以反映實際淨移除效益。相關排放源包含沉積物非二氧化碳

溫室氣體排放量及專案執行使用化石燃料之溫室氣體排放量。若於原先已有海草之區域執行專案，則基線溫室氣體移除量須扣除原先海草每年可能擴張或減少所產生之溫室氣體移除量。因此，專案活動所產生之人為溫室氣體淨移除量（即人為溫室氣體減量），等於專案溫室氣體淨移除量扣除基線溫室氣體淨移除量及洩漏所產生之溫室氣體排放量。

國內濱海藍碳政策關鍵課題

隨著我國已逐步建立濱海藍碳制度基礎，並完成相關方法學與標準作業程序，後續推動工作已由概念倡議進入制度落實階段。然而，從科研基礎、制度量能、經濟誘因到跨域治理等面向，仍存在若干關鍵挑戰。茲就目前主要課題說明如下：

自願減量方法學案例與參數不足

目前濱海藍碳自願減量方法學仍高度仰賴少數個案研究，缺乏全面本土化參數與操作模式，造成執行專案之不確定性偏高，且監測與查驗成本昂貴。

第三方查驗與確信量能不足

國內尚未建立具備海洋與濕地碳匯查驗資格的第三方機構，形成藍碳自願減量制度推動的主要瓶頸。

經濟誘因與政策工具單一

單以碳權交易作為誘因，難以支撐微型藍碳自願減量專案的長期運作，亦可能增加漂綠風險。

跨部門空間協調與治理不足

藍碳場域可能與漁業、離岸風電、沿岸開發高度重疊，缺乏整合性的海洋空間共榮或融合規劃，以及長期生態監測架構。

政策策略建議

面對上述課題，未來政策推動方向宜兼顧科學基礎、制度建構、資金導入及治理整合，透過跨部會合作與公私協力機制，逐步將濱海藍碳轉化為具體可行之自然解方與永續治理工具。相關策略建議如下：

建立國家級濱海藍碳科學資料基礎與示範案例

- ① 建立全臺濱海藍碳生態系基礎參數資料庫（例如植物生物量、土壤碳含量、植物、碳匯與生物多樣性季節性成長曲線等）。
- ② 納入物候學與氣候韌性概念，發展適應性復育與監測指引。

- ③ 導入遙測、無人機與人工智慧（artificial intelligence, 簡稱AI）技術，降低濱海藍碳長期 MRV 成本。

補強藍碳第三方查驗與制度信任機制

- ① 輔導國內查驗機構擴增海洋與濕地碳匯認證能力。
- ② 短期引入國際驗證體系進行合作與能力移轉。
- ③ 建立學術研究單位與機構參與之準公正查驗與支援架構。

發展「藍碳+ESG+生態系服務給付」政策工具

- ① 推動企業以 ESG、CSR、認養制度等方式投入藍碳保育、管理與治理。
- ② 設計生態系服務給付（Payments for Ecosystem Services, PES）制度，直接獎勵藍碳生態系統棲地維護行為。
- ③ 與 TNFD、生物多樣性淨正向影響（Net Positive Impact, NPI）政策接軌，避免漂綠。

將藍碳納入整體海洋空間治理

- ① 系統性盤點藍碳熱區與潛力復育點，並納入海洋空間規劃。
- ② 推動碳匯、生物多樣性與漁業資源等多功能用途之復育場址先導試驗。
- ③ 建立長期跨部門藍碳生態監測與評估機制。 