探索臺灣領海藍碳海洋碳匯的首次實海域觀測

文．圖 吳珣涵、洪慶章（國立中山大學海洋科學系）
施詠嚴（中華民國海軍官校應用科學系）

近年來，全球極端氣候事件頻繁發生。2024年夏季，印度氣溫突破50°C，歐洲多國面臨熱浪與乾旱，而臺灣亦經歷史上最炎熱的六月，高溫不僅推升用電需求，也對民眾生活造成實質影響。這些氣候異常現象顯示，氣候變遷已從長期議題轉為當前挑戰，使「減碳」成為全球迫切目標。

1

氣候解方新焦點

減碳除了減少工業排放與發展再生能源之外，「藍碳」逐漸成為重要的自然解方。沿岸生態系如海草床、海藻林與紅樹林具有高度碳吸存能力，但更關鍵的碳匯來源，其實來自海洋中的「生物幫浦」。此機制由微細藻於表層海洋透過光合作用吸收二氧化碳，轉化為顆粒態有機碳（POC），並透過食物鏈傳遞與生物活動產生糞粒與有機碎屑。其中一部分碳會被分解再循環，但另一部分則沉降至深層海洋。特別是較大的有機顆粒，能快速下沉並進入深海，甚至埋藏於海底沉積物中，使碳得以與大氣隔絕數百至上千年，形成穩定的海洋碳匯。這種由表層輸送至深海的碳量，即為顆粒有機碳通量（POC flux），是衡量生物幫浦效率的關鍵指標。

然而，目前對海洋藍碳的評估仍多依賴模式推估，實際觀測資料相對有限。本研究以臺灣領海為對象，透過系統性海上觀測，初步揭示在地海洋碳匯特性，填補在地實測資料的關鍵缺口，期望為氣候變遷調適與碳管理提供更具體的科學基礎。

臺灣周邊海域的碳匯潛力

近年來，隨著氣候變遷議題升溫，海洋碳匯逐漸成為全球關注的焦點。由洪慶章教授領導之研究團隊，結合國立中山大學與海軍軍官學校的研究能量，陸續發表多項關於海域碳匯的重要成果。研究指出，臺灣專屬經濟海域的海洋碳匯潛力可達約 9 千萬噸，顯示周邊海域在全球碳循環中具有不容忽視的地位。

然而，現有研究仍存在顯著限制。由於海上



2

觀測成本高昂且耗時，一筆碳匯資料需要 2 至 3 天的海上作業才能取得，限制了觀測範圍。目前，多數海洋碳匯的實測資料仍集中在臺灣 24 海浬外的外海區域，如西北太平洋與南海等地；相較之下，臺灣領海（12 海浬）內的長期觀測資料仍相當不足。國際研究多依賴大尺度模型推估或短期調查，且缺乏足夠的現場驗證。因此，在觀測資料有限的情況下，各海域中微藻分布、生產力與碳輸出效率之間的關係，至今仍未完全釐清。

若要準確掌握臺灣的實際碳匯潛力，優先建立領海範圍內的長期觀測資料至關重要。這不僅有助於避免跨國海域重疊所引發的碳權歸屬爭議，也能防止碳匯估算上的重複計算或高估問題，提升整體評估結果的精確性與公信力。

1 | 漂浮式沉積物收集器內有數量不等的顆粒收集管。
2 | 臺灣周邊四大海域劃分示意圖。









臺灣位於西北太平洋，四面環海，除本島外還包括澎湖、金門與馬祖等離島，海岸線長近 2,000 公里。向外延伸的 12 海浬領海與 200 海浬專屬經濟海域，形成廣闊且多樣的海洋環境，不僅具戰略意義，也在氣候調節與碳循環中扮演重要角色。臺灣周邊海域的水文條件相當複雜，其中洋流是關鍵影響因子之一。東部海域主要受黑潮主導，該洋流流速強、攜帶大量熱量與鹽分，深刻影響海水結構與生態系統，同時也左右營養鹽供應與生物生產力。這些流系與水團的交互作用，使不同海域呈現明顯差異，也進一步影響碳匯能力。整體而言，海洋碳封存效率與多種生物地球化學過程密切相關，包括初級生產力、顆粒沉降、微生物分解及碳的側向輸送，而這些過程都受到海流與水團特性的強烈控制。

為了釐清臺灣周邊海域的區域差異，研究團隊依據地理位置與洋流特性，將海域劃分為東、南、西、北四大區，並以雲彰隆起、二仁溪口、恆春海脊，以及東海大陸棚與沖繩海槽交界等關鍵地形作為分界。各區海洋特性各不相同：北部海域受黑潮邊緣流與東北季風影響，變動較大；東部海域為黑潮主軸流經區，水深且結構穩定；南部海域鄰近南海，受黑潮支流與珠江沖淡水共同影響；西部海域則屬臺灣海峽淺水大陸棚，主要受季風與沿岸流控制。

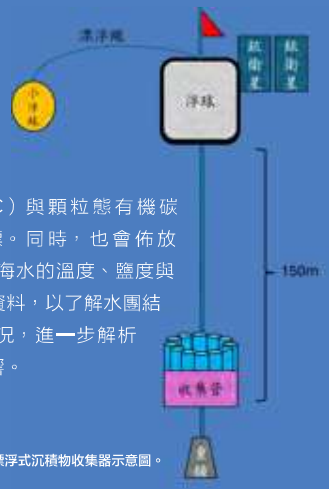
此分區方式有助於系統性規劃觀測測線與測站，使不同海域之碳匯特性得以長期比較與分析，進而建立臺灣領海的碳匯基線資料，為未來藍碳評估與氣候政策提供科學依據。

海域碳匯科學調查

由於臺灣周邊海域在洋流、水團與生態條件上差異顯著，若要準確評估各海域的碳儲存能力，必須透過實地科學觀測取得第一手資料。研究團隊在東、南、西、北四大海域設置多條調查測線，每條測線規劃固定測站，並於不同季節重複觀測，以掌握碳循環的時空變化，建立具代表性的碳匯基線資料。

實地調查多在近海以小型漁船進行，研究人員需在烈日、風浪與多變天候中作業，並依賴船上簡易設備完成採樣與儀器佈放。這些工作雖具挑戰性，卻是取得海洋碳循環關鍵數據的重要途徑。

在採樣方面，團隊利用採水設備取得不同深度的海水樣本，分析葉綠素、溶解態有機碳（DOC）與顆粒態有機碳（POC）等指標。同時，也會佈放 CTD 儀器，量測海水的溫度、鹽度與深度等基本水文資料，以了解水團結構與海水混合狀況，進一步解析其對碳循環的影響。



► 漂浮式沉積物收集器示意圖。

為了直接評估海洋碳下沉的過程，研究人員會在海中佈放「沉積物收集器」（floating trap），收集從表層向下沉降的有機顆粒。這些設備通常需在海中停留約 24 小時，回收後再分析顆粒的組成與含碳量，藉此計算顆粒態有機碳通量（POC flux），也就是海洋將碳輸送至深海的能力。

這些現場觀測數據，不僅能幫助科學家理解海洋碳如何從表層進入深海，也為評估臺灣周邊海域的藍碳潛力與碳封存能力，提供關鍵且可靠的科學依據。

揭露臺灣領海藍碳面紗

在漁業署的支持下，研究團隊於 2023-2024 年間首度以系統化的海上觀測，完成臺灣周邊海域的碳匯基線調查。所謂「碳匯基線」，是指在尚未導入任何人為增匯措施前，自然海洋本身的碳吸存能力。建立這項基線，不僅能掌握各海域的現況，也能作為未來評估增匯策略成效的重要依據。

過去臺灣沿近海碳匯研究相對有限，基礎資料長期缺乏。本次調查雖受限於經費、航次與海況等因素，資料量仍有限，但每一筆觀測都極具價值，成功填補了關鍵知識缺口，具有重要的科學與前瞻意義。

透過多次實地觀測與分析，研究團隊逐步建立臺灣海域的藍碳資料。結果顯示，目前臺灣碳匯主要來源依序為：經濟海域的海洋碳匯約 9,560 萬噸 CO_2，其次為海洋沉積物約 4,210 萬噸 CO_2、森林約 2,140 萬噸 CO_2，而領海（12 海浬）約 702 萬噸 CO_2，濱海藍碳生態系則約 34 萬噸 CO_2。這些第一線數據，為未來碳匯量化、藍碳潛力評估，以及碳市場與治理機制的建立，提供了重要的科學基礎。

在這項研究中，由洪慶章教授帶領的團隊結合在地漁船與自製設備，克服海上作業的各種挑戰，持續進行跨季節觀測與資料分析。這些努力不僅展現臺灣在海洋碳匯研究上的技術實力，也逐步建立屬於自己的藍碳科學基礎。藍碳不只是科學數據，更是海洋國家面對氣候變遷的重要解方。隨著研究的深化，臺灣正以海洋為起點，穩健邁向永續發展與國際接軌的藍色未來。

▼ 臺灣自然碳匯類型之比較：我國經濟海域的海洋碳匯量約為95.6百萬噸CO_2/年，其中經濟海域沉積物碳匯、森林碳匯、領海碳匯、約42.1、21.4及7百萬噸，CO_2/年，濱海藍碳碳匯則約為34萬噸CO_2/年。



3 | 準備佈放漂浮式沉積物收集器。
4 | 研究團隊以擊發式採水瓶採集海水。
5 | 取得調查海域不同深度的海水樣本。
6 | 返港後將海水樣本進行過濾及分析。