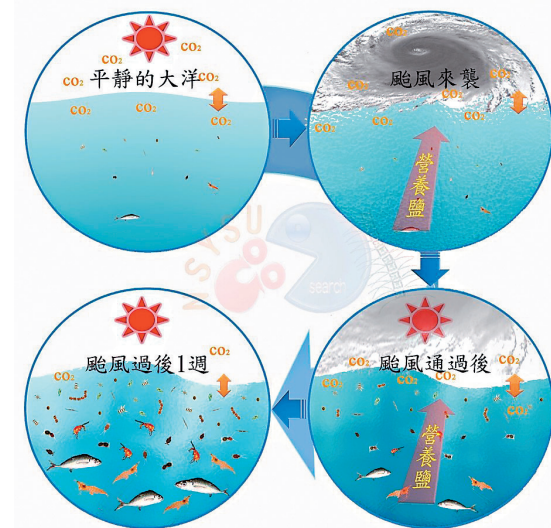


大海如何減碳

文／洪慶章



浮游生物可以將二氧化碳轉換成顆粒有機碳，這些有機碳會因重力下沉至深海，不易回到海表面，進而達到減碳目的。（圖／取自網路）



颱風擾動海洋，使深層營養鹽被載送至有光層，促使浮游植物大量繁殖，此種現象大約可持續兩星期，魚類被海洋餌料生物吸引，海洋生物幫浦（吸碳量）因此大大增加，進而降低空氣中二氧化碳的濃度。

從工業革命至今，人類大量使用石化燃料與過度砍伐森林，使得溫室氣體不斷在大氣層中累積，造成全球暖化、海平面上升與冰帽面積縮減，導致氣候變遷與海洋酸化。這一連串事件的主角之一就是「碳」。目前全球大多數的國家都致力於「減碳」，希望盡一份世界公民的責任。台灣四面環海，「減碳」除了由己身做起之外，這裡要與大家分享大海是如何減碳。

海洋孕育萬千生物，魚類是人類重要的蛋白質來源，而海洋食物鏈的基石就是肉眼看不見的「浮游植物」，它是小魚、蝦苗的最愛外，還有「減碳」的功能。在海洋有光層中，單細胞浮游植物利用溶於表層海水的二氧化碳進行光合作用，將二氧化碳轉變為顆粒有機碳（簡稱生物幫浦，biological pump），這些顆粒碳被帶離光透層（以台灣南部外海為例，約100-150米深），會因重力慢慢下沉至深海（200公尺以下）被儲存，因為深層海水的循環非常慢，這些被帶至深層海洋的碳並不容易再回到海表面，因此達到減碳的

目的。然而，海洋中浮游植物行光合作用需要充足的陽光、營養鹽及適合的水溫。在夏日的表層海洋（指30~50米以淺的海水），陽光與溫度都適合，但表層的營養鹽濃度非常低，就成為限制浮游植物生長的重要因素。

夏季的台灣東部與南部海域表水相當溫暖，冬季與春季跑到表層的營養鹽早已被消耗光了，宛如海洋沙漠，此時的浮游植物嗷嗷待哺——主因是受限於營養鹽的供應不足。科學家經常藉由衛星得到表面冷水的面積與顏色來估計海水表面的葉綠素濃度，藉以推測颱風通過後的海域是否有誘發浮游植物暴增（又稱藻華）現象。但是這些衛星資料大都缺乏現場海上觀測資料，無法充分證實颱風對海洋生物的真實影響，更遑論要測量浮游生物固定的碳有多少會被帶至深海。

我們研究團隊為了解這個謎團，從2007年開始規劃颱風前後的海上觀測，出海採水及收集資料，我們發現颱風通過東海南部後，表層水體至少降溫2-3°C，而從次表層被帶至有光層的營養鹽比非颱風時期增加數倍。狂

風擾動海洋，使深層營養鹽被載送至有光層，此時浮游植物得到額外的營養補給而大量繁殖，所引發的海洋生物大繁衍持續大約兩個星期以上，海洋生物幫浦（吸碳量）因此大大增加3倍，這作用也會大量釋放新鮮的氧氣。我們的研究充分顯示強烈颱風過後會大大提升海洋生產力與吸收二氧化碳的能力。

全球每年大約有數十個颱風生成，受溫室效應的影響，強烈颱風發生的頻率可能有增加的趨勢。台灣被邊緣海（東海、南海、台灣海峽）及西北太平洋所環繞。當颱風過境時，強風豪雨會造成人類生命及財產的損害。但對於生活在海洋中的浮游植物、浮游動物及魚、蝦而言，卻是酷夏的「盛宴」。因此當颱風警報發佈時，人們忙著做防颱準備；海洋沙漠中的浮游生物則是深藏海下，準備在颱風過後啟動大規模的有機食物製造鏈，提供食物給其他海洋生物，並默默進行吸碳動作。

（作者為中山大學海洋科學系特聘教授）