



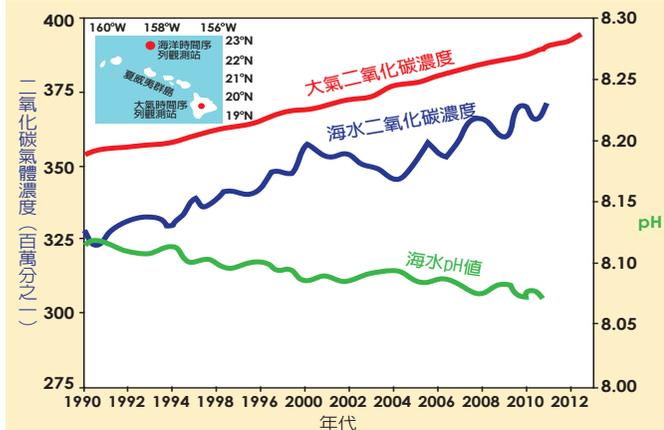
海洋生病了

文／周文臣



一群漁民、船員在美國阿拉斯加州荷馬附近海域，以船隻排出SOS求救訊號，呼籲各界重視化石燃料廢氣導致海洋酸化的問題。

二氧化碳濃度和海水酸鹼值變化圖



北太平洋大氣（紅色）、海水（深藍色）二氧化碳濃度和海水酸鹼值（pH值，綠色）時間序列變化圖。
製表／周文臣

自從工業革命後，人類開始大量使用煤、石油、天然氣等化石燃料，同時為了滿足人口增長所需的糧食和居住需求，大規模開發森林和熱帶雨林，這些人為活動將原本儲存於地層和森林中的碳快速的釋放到大氣當中，導致大氣中二氧化碳濃度快速的攀升，被認為是造成全球氣候變遷最主要的原因。而佔地球表面積70%的海洋，透過海—氣交換作用和生活其中浮游植物光合作用的進行，每年大約可以吸收25%人為活動所排放的二氧化碳。因此，不難想見，若沒有海洋幫忙吸收人為活動所排放的二氧化碳，現今大氣二氧化碳濃度增加的速率勢必更加快速，全球暖化的現象也會更加嚴重。但海洋默默吸收人為二氧化碳的同時，卻也賠上了自己的健康。如今，她生病了，病名叫做海洋酸化。

大量二氧化碳 導致海洋酸化

海洋酸化的病因，基本上與全球暖化相同，都是由於人為活動排放大量二氧化碳所造成，因此又被稱為是「全球暖化的邪惡雙胞胎」。二氧化碳進入海洋後，首先會和海水反應形成碳酸，碳酸是弱酸，在水中會進一步解離釋放出氫離子，因而導致海水酸度的

增加（pH值下降），形成了所謂海洋酸化的現象。為了驗證海洋是否真的在逐漸變酸，科學家們從1980年代末期開始，在北太平洋的夏威夷海域和北大西洋的百慕達海域等兩個海洋時間序列觀測站，長期系統性對海水酸鹼值的變化進行測量，結果清楚顯示，近30年來，在北太平洋和北大西洋，表層海水的pH值均以每年約0.0015個pH單位的速率持續下降中。這個結果證實海洋酸化絕非危言聳聽，而是正在發生的事實。科學家預估，如果人類無法有效減緩二氧化碳的排放速度，到了本世紀末，海水的pH值還會再下降0.4。或許，0.4看似個不起眼的數字，但由於pH是以對數來表示，每差一個單位，意味著海水的酸度（氫離子的濃度）就差了10倍。0.4pH值的下降大約對應了酸度提高了150%！

碳酸鈣殼體生物 生存受威脅

逐漸酸化的海洋，會對許多海洋生物的生存造成威脅，尤其是會形成碳酸鈣殼體和骨架的海洋生物，例如，珊瑚、貝類、牡蠣……等等。海水愈酸愈不利於碳酸鈣的形成，甚至會發生溶解的現象，使得這些生物的生長速率明顯降低，同時骨架和殼體也會愈來愈

脆弱。這些變化會導致這些生物在生態系統中與其它物種的競爭居於劣勢，最後終將難以避免地走向滅亡的命運。而透過食物鏈的傳遞，以這些生物為食的其它物種，勢必也難逃海洋酸化不利的影響。最後甚至對人類的經濟活動及糧食安全都形成嚴重的衝擊。

減排二氧化碳 減緩惡化良方

非常不幸的，到目前為止，尚無任何特效藥可以醫治海洋酸化這個病症。減少二氧化碳的排放，被認為是減緩病情惡化的唯一良方。如果大家希望後代的子孫們依然可以欣賞到珊瑚礁令人讚嘆的美景，依舊可以品嚐到牡蠣令人垂涎的美味。無疑的，不論是政府能源、交通政策的制訂，還是個人的生活習慣，都必須把節能減碳化為具體的行動付諸實行！（作者為國立臺灣海洋大學海洋環境與生態研究所所長）

考考你

1. 海洋酸化對生物造成那些影響？
2. 現今該如何改善或緩解海洋酸化的現象呢？