

投稿類別：化學類

篇名：海水酸化對海洋中有殼類動物之影響及探討

作者：

周冠廷。國立中科實驗高級中學。高二 2 班

蘇賢欽。國立中科實驗高級中學。高二 2 班

劉柏均。國立中科實驗高級中學。高二 3 班

指導老師：

黃錦旋老師

壹 ● 前言

在享受工業化成果的同時，人類亦不斷消耗著地球上僅存的化石燃料；化石燃料帶給人們迅捷的交通與發達的工業，便利了人們的生活，環境卻因人類過度消耗這些燃料而導致氣候變遷、生態環境的不變，在各種生態環境的惡化下，海洋首當其衝，海洋生物正面臨著自身無法扭轉的浩劫，循環地環境惡化，暗示著人類無可避免的未來。

一、研究動機

近代新興國家的興起，強烈工業化下的產物，雖造福了無數人民，但也使環境的破壞更加嚴重，稍早的全球暖化、空、水汙染、臭氧層變薄，而此時的工業廢物漸漸的融入海洋之中，使的海水酸化，有學者證實海水酸化日漸嚴重，會慢慢的影響到各位的日常生活環境，生活環境的破壞促使我開始深入探討其中的嚴重性及其可能造成的傷害及成因。

二、研究目的

全球二氧化碳濃度增加，使海洋酸化日漸嚴重，工業帶來的污染所造成的影響使我們不可忽視。近期海水酸化的資訊日漸普遍，許多的研究證實該事件的嚴重性，使得我們不容忽視，我們針對現行海水酸化的惡行做出下列一連串的討論。

貳 ● 正文

一、海水酸化的成因

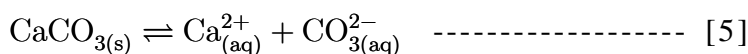
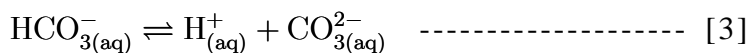
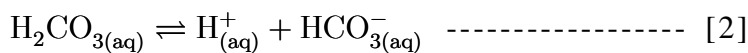
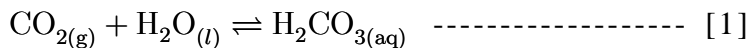
從工業革命開始，人類開採使用煤、石油和天然氣等化石燃料，還砍伐了大量森林。如今大氣中的CO₂含量超過過去80萬年中的任何時期。同時CO₂的排放也在影響著海洋。海洋與大氣在不斷進行著氣體交

換，排放到大氣中的任何一種成分最終都會溶於海洋。受海風的影響大氣成分最先溶入幾百英尺深的海洋表層，上世紀90年代一個國際研究小組花費了15年時間，完成了一項採集和分析超過77,000份採自世界不同地區不同深度海水樣本的專案。研究結果顯示，在過去兩個世紀中海洋吸收了人類排放的CO₂中的30%，目前仍以約每小時一百萬噸的速度吸收著。

海水為弱鹼性，海洋表層水的pH值約為8.2。目前CO₂排放將海水表層pH值降低了0.1。pH值是對數增長，所以數字上很小的變化就會表現出很大的影響。pH值下降0.1表示海水的酸度已經提高了30%。如果持續下去，到2100年海水表層酸度將下降到7.8，到那時海水酸度將比1,800年高150%。

進入大氣層的二氧化碳，目前大約有四分之一會溶於水，進而形成碳酸（H₂CO₃，公式[1]），使得海水逐漸酸化。而海水中的碳酸會分解成氫離子及碳酸氫根（HCO₃⁻，公式[2]），後者還會進一步分解成碳酸根（CO₃²⁻，公式[3]）。

海水是個緩衝溶液，公式[2]的平衡常數大概是6左右，而公式[3]的平衡常數大概是9，海水的平均pH值大約是8。因此在海水中，當碳酸的濃度增加時，碳酸大多會與碳酸根結合變成碳酸氫根（公式[4]）。當碳酸根濃度降低之後，海水中的碳酸鈣就會溶解，以補償水中減少的碳酸根（公式[5]）。不過，海水中能溶解的碳酸鈣含量不高，因此無法補償所有減少的碳酸根。結論就是，這些熱力學公式指出，當水中溶有越多二氧化碳時，水中的碳酸根濃度不增反減！



當pH值、溫度下降或者壓力變大，都會使碳酸鈣溶解度增強。隨著海水加深，壓力加大，便足以使碳酸鈣溶解，我們稱作碳酸鈣的「不

飽和」；淺海地區則因霏石、方解石不傾向溶解的關係，稱之「過飽和」；而在過飽和與不飽和的過渡地帶，則稱為「飽和水平線 (saturation horizon)」，在此界線下，碳酸鈣便開始溶解。因此大氣中二氧化碳增加，使海洋酸化，會造成飽和水平線上升。

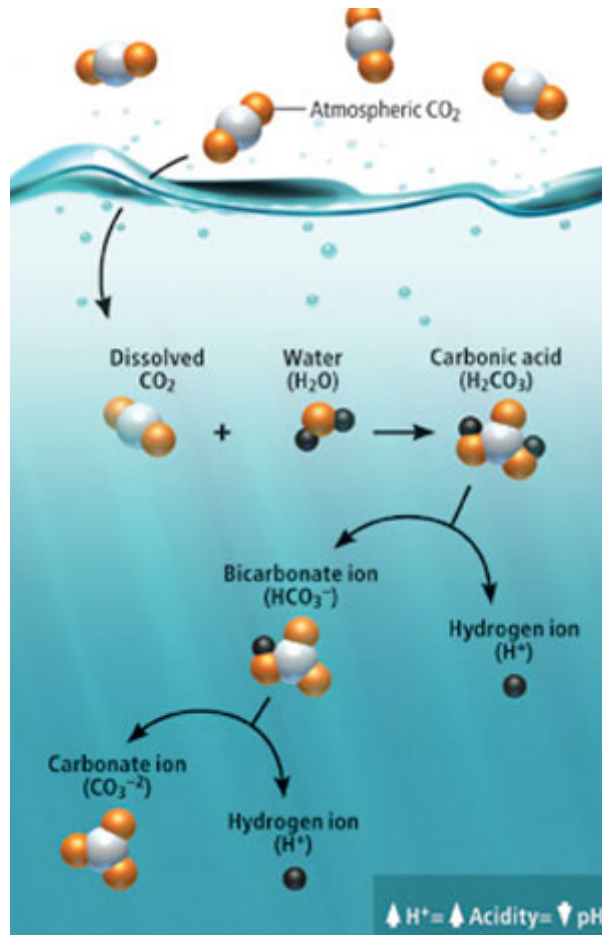


圖 1 二氧化碳溶於海水中，形成碳酸與各類碳酸鹽

二、酸化海水對有殼類動物（珊瑚礁）的影響

早期，許多科學家認為海洋酸化只是個小問題，海水表面因含方解石的關係還保有過飽和的特性。但在 1990 年代晚期，Christopher Langdon 與 Wegener 在哥倫比亞大學 Biosphere II 實驗室裡，建造一個珊瑚礁水槽，發現珊瑚在低 pH 值時製造碳酸鈣的速率會降低，即使水仍保有碳酸鈣過飽和的特性；隨即 Wegener 和他的同事表示，相同地，

阻礙亦發生於球石藻類。由以上實驗證明，增加二氧化碳濃度，對海洋生物碳酸鈣骨骼的形成有減低效應。



圖 2 珊瑚的碳酸鈣骨骼易遭受碳酸的侵蝕

又低溫會增加碳酸鈣溶解度，故高緯及深海地區受海洋酸化的影響也較大。根據 San Marcos 說法，極地海產腹足類軟體動物將會完全消失，或者遷移到較低緯度的地方，進而影響海洋生態。同樣的，高緯度含石灰質的浮游動植物，以及深海珊瑚群也面臨相同的處境，特別是在過度使用石化燃料的大西洋西北地區。

萬千年以來，珊瑚其實曾經因為全球環境變遷而有過多次生存危機，但是根據研究顯示，珊瑚以往受到海水酸化影響，骨骼雖被溶解、卻會自我演化成沒骨骼的珊瑚；等到地球環境恢復，海水酸鹼值復舊，又會演化回有骨骼的珊瑚，以不同的型式繼續強韌地存活。

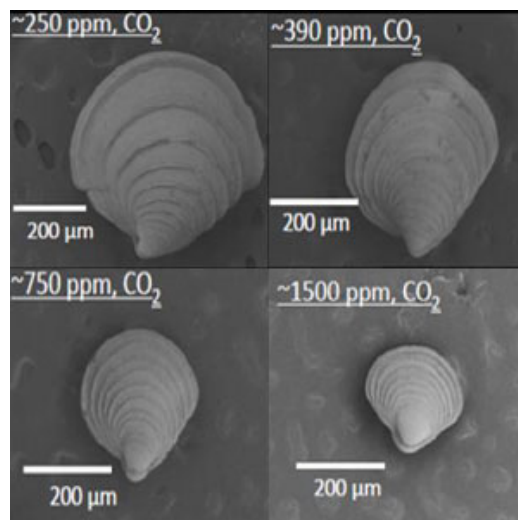


圖 3 在不同的碳酸濃度下，貝類的碳酸鈣外殼被侵蝕的情形

海水酸化對海洋中有殼類動物之影響及探討

如今全球暖化持續惡化，地球溫度絲毫沒有下降跡象，加上二氧化碳持續飆增，又加深珊瑚骨骼遭溶解的速度。目前大氣中二氧化碳濃度已從冰河時期的 280ppm 上升到 380ppm，一旦二氧化碳量加倍到 560ppm，將減少 40%到 80%的珊瑚骨骼鈣化；未來若持續快速飆到 650ppm，有骨珊瑚就會自地球上消失。

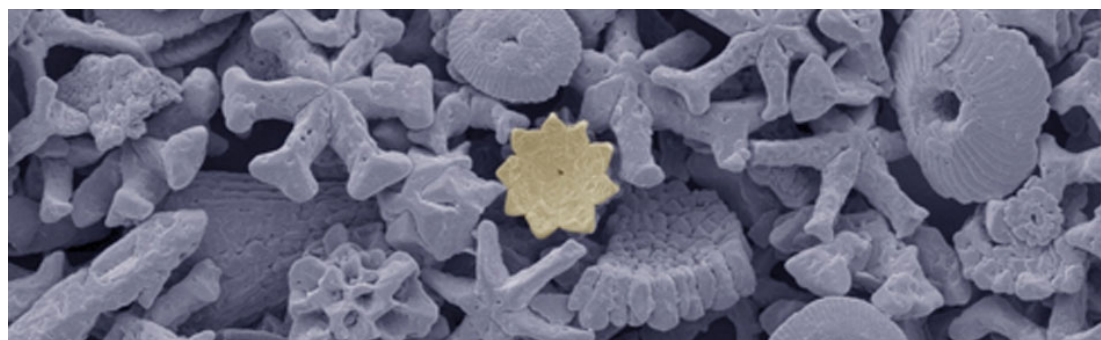


圖 4 珊瑚骨骼的鈣化現象

三、酸化海水對海洋中生物的影響及探討

當海水表面 pH 值下降將對海中生物造成傷害，不只是那些以碳酸鈣做為外骨骼的生物，例如球石藻類（coccolithophorids，具碳酸鈣盤形構造），包括其他浮游生物（如：海蝸牛），牠們是海洋魚群及某些鯨魚的食物來源，這些生物的死亡將會影響整個海洋生態系的平衡。

近日一則刊登在 *Biology Letters* 的研究指出，全球暖化使海水變酸，可能讓小丑魚無法對獵食者發出的聲音做出任何反應，大大威脅他們的生存機會。

大氣中二氧化碳含量逐年增加，按現況推測，本世紀末二氧化碳濃度將達 900ppm。吸收過多二氧化碳，海水也會漸漸酸化。英國布里斯托爾大學生物學院發現，小丑魚若生活在高酸性環境，聽力將會受損。研究員辛普森（Steve Simpson）說：「魚兒可藉接收珊瑚礁內掠食者的聲音，避開危險。而且聲音對魚類覓偶和覓食也很重要，這種能力一旦部分或全部喪失，他們便會淪為一條迷失的魚。」

研究小組將小丑魚幼苗飼養在不同酸鹼值的海水中。其中一缸模擬現有環境，即大氣中含有 390ppm 二氧化碳的海水；其餘則依序為

600ppm、700ppm 和 900ppm。同時在水底放置一台擴音器反覆播放掠食者聲音，研究不同酸度海水下小丑魚的反應。

在二氧化碳濃度 390ppm 的魚缸中，小丑魚約有八成時間遠離擴音器。但在濃度更高的環境裡，他們卻沒有特別反應。研究者推測，這些小丑魚可能聽不到、無法識別，或根本無法回應警告訊號。不過，處在偏酸性海水中的小丑魚聽覺無生理損傷，所以研究小組懷疑是小丑魚的聽覺神經受損，或因處在高酸度環境中使牠們較為緊張，無法做出正常反應。



圖 5 生活在高酸性的小丑魚的聽力受損

四、目前可行可能的解決途徑

在2008年10月的國際海洋酸化研討會上，與會科學家指出，海洋酸化的自然恢復至少需要數千年，遏制它的唯一有效途徑就是儘快減少CO₂的全球排放量。歐美等國正開始研究遏制海洋酸化的對策，中國也已將海洋酸化列入重點支持方向。

五、海洋酸化－摩納哥宣言

2009年8月13日，超過150位全球頂尖海洋研究人員齊聚于摩納哥，檢視海洋酸化（ocean acidification）的最新資訊，並藉由簽署「摩納哥宣言」（Monaco Declaration），對海洋酸化嚴重傷害全球海洋生態系統一事表達關切。該宣言指出，海水酸鹼值（pH levels）的急劇

變化，比過去自然改變的速度快上 100 倍。而海洋化學物質在近數十年的快速改變，已嚴重影響海洋生物、食物網，生態多樣性及漁業等。

該宣言旨在呼籲決策者將二氧化碳排放量穩定在安全範圍內，以避免危險的氣候變遷及海洋酸化等問題。倘若大氣層的二氧化碳排放量持續增加，到了 2050 年時，珊瑚礁將無法在多數海域生存，因而導致商業漁業資源的永久改變，並威脅數百萬人民的糧食安全。

參 ● 結論

我們的技術和經濟手段可以實現到本世紀中葉改變我們的能源和交通運輸系統及土地耕作方式以便在經濟上在很大程度上減少 CO₂ 的排放量。儘管實現這個目標的代價（可能是目前全球經濟產值的 2%）可能還是比較小的，但是目前對社會來說決定實現這個轉變還是比較困難的。

肆 ● 參考資料

- 一、Scott, C. Doney. (2006). The dangers of ocean acidification. *Scientific American*. 294, 58-65.
- 二、環境健康諮詢中心－研究發現北冰洋海水更加酸化。2011年11月10日。
<http://e-info.org.tw/node/56232>
- 三、環境健康諮詢中心－二氧化碳致海水酸化，小丑魚聽力恐受損。2011年11月10日。
<http://e-info.org.tw/node/67426>
- 四、科學月刊－二氧化碳濃度與海水酸化。2011年11月10日。
http://scimonth.blogspot.com/2010/03/blog-post_3582.html
- 五、中大地科遠距教學系統－海域的生地化循環。2011年11月10日。
<http://gis.geo.ncu.edu.tw/gis/globalc/CHAP0806.htm>