

珊瑚白化的救星

■ 李逸環

當暖化導致全球的珊瑚嚴重白化時，墾丁南灣的珊瑚卻有得天獨厚的自然條件，靠著深海冷水的造訪，使海水溫度降低，因而躲過了浩劫。

《中華日報》2008年7月4日報導，恆春巫姓漁民發現南灣核三廠出水口附近海面出現了大量的死魚，核三廠回應其排放水水質正常，可能是軍方對海上實彈射擊所致……

《聯合報》2008年1月19日報導，全球暖化導致各地珊瑚正遭受白化或死亡浩劫，但南灣的珊瑚因為有來自深海冷水團的調節，使白化率不到3%，堪稱珊瑚的天堂……

經過海洋生物學家、海洋科學家等相關的專家學者集思廣益討論和探究後，確定南灣的死魚事件是因為「冷」導致魚昏厥或死亡；確定南灣的珊瑚是因為有低溫海水的洗禮，才降低了全球暖化所造成的珊瑚白化的衝擊。同樣是冷冷的海水，卻像一把劍的兩面刃，是殺手，也是救星，既可以造成魚群的大量死亡，也可以使珊瑚不至於熱死！

墾丁國家公園內的南灣海域是聞名遐邇的潛水天堂，然而很多在這個海域從事潛水活動的常客似乎都有相同的經驗：正在潛水

享受和欣賞珊瑚絢麗的美景時，突然見到遠處視線所及的海水呈現了霧狀的景象，並逐漸地靠近，或感覺到海水的溫度迅速下降，縱使隔著潛水衣或專用的防寒衣，仍然冷到令人打哆嗦，海流似乎也在不知不覺中變強，甚至可以強到必須緊抓海底的礁岩才不至於被海流帶走。當這種現象發生時，南灣的潛水老手都知道，最好立刻結束潛水活動，三十六計一走為上策。

全球暖化的現象伴隨著海水溫度升高，從2006年開始，全球的珊瑚逐漸因為持續的高溫海水而呈現大量的白化現象。不例外的，恆春半島墾丁國家公園周圍海域的海水也同樣受到暖化的影響而溫度升高，珊瑚也有白化的現象。然而生長於恆春半島西邊的珊瑚與生長於恆春半島南邊（南灣）的珊瑚白化程度卻有顯著的不同，前者的白化狀況明顯，後者卻狀況輕微。

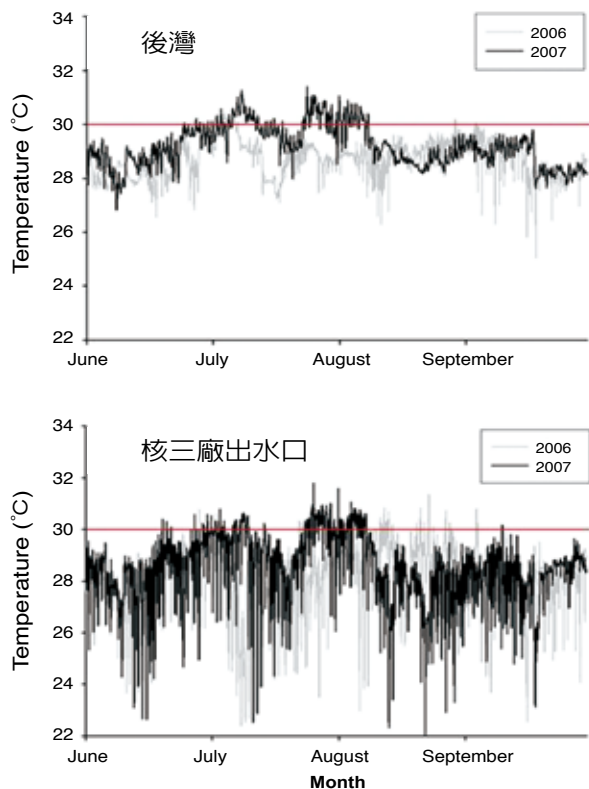
根據資料，2006和2007年的夏季，墾丁

同樣是冷冷的海水，是殺手，也是救星，既可以造成魚群的大量死亡，也可以使珊瑚不至於熱死！



核三廠 (圖片來源：鍾年勉與黃國書)

對於世界各地有珊瑚分布的海域，南灣低溫海水的造訪是非常稀奇的現象，這冷冷的海水到底從哪來？

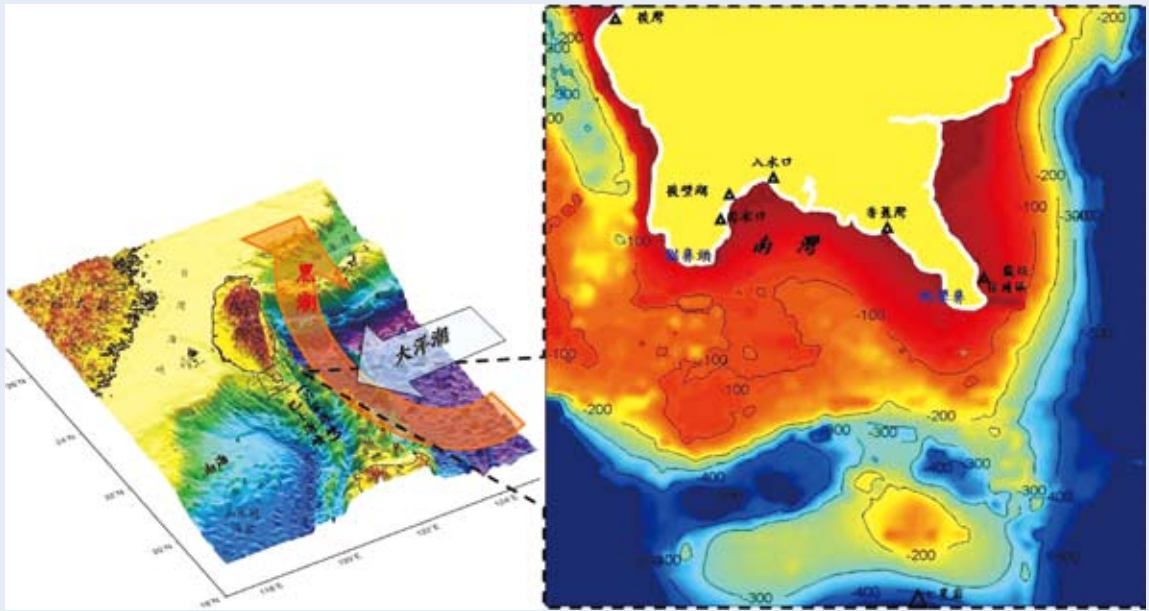


2006和2007年後灣和南灣核三廠出水口附近，水深5公尺左右的夏季水溫變化。高溫和低溫交互變化的周期就是每日潮汐的周期。後灣海水的最大日溫差約在1~3度間，南灣核三廠出水口則在4~10度間。(資料來源：國立海洋生物博物館樊同雲)

西邊の後灣和南邊南灣核三廠出水口附近水溫的變化，前者海水的最大日溫差約為1~3度，後者則是4~10度。兩地雖相距不遠，南灣的水溫變化卻相形明顯，對於人的感覺而言，南灣的溫度變化就如同洗三溫暖，從常溫26度的水池換到17度的冷水池！更值得注意的是，在南灣海域內記錄到的低溫海水，應該存在於100公尺以下的海洋，竟然可以經常出現在休閒潛水所及的深度。

龍坑、鵝鑾鼻、香蕉灣、貓鼻頭等地都量到顯著的溫度驟降現象，目前的研究已知，在大潮的時候，最低溫會出現於退潮過後和漲潮初期（乾潮後1~2小時）。夏季由於海表面的水溫較高，因而呈現較大的日溫差，大潮時刻尤其明顯，水溫甚至可驟降達10度。對於在炎炎夏日悠游藍色大海的魚群而言，這樣的環境巨變無疑是一種突如其來的災難，無法承受也是想當然爾的！

沿岸環境有如此劇烈溫度變化並不普遍，對於世界各地有珊瑚分布的海域，南灣低溫海水的造訪更是非常稀奇的現象，可說是「別人沒有，我們有」的天然條件。也因此不禁令人好奇地問，這冷冷的海水到底從哪來？為什麼



台灣附近三維海底地形圖和墾丁海域地理位置圖。後灣位於西岸（右圖中左上方），南灣位於南岸。左圖中橘色箭頭表示黑潮，淺藍色箭頭則表示大洋潮汐的傳播方向。（資料來源：國研院海科中心）



南灣潮流場簡圖

上圖表示漲潮流所形成的順時鐘渦流，下圖則表示退潮流所形成的逆時鐘渦流。

會來？來的時候會待多久？會有多冷？範圍有多廣多深？在海邊玩水時會不會感覺到？

位於台灣南端的恆春半島，地處熱帶，地理位置特殊，三面臨海，東面太平洋，南瀕巴士海峽，西臨台灣海峽，西南邊緊鄰中國南海。來自赤道的黑潮跨越呂宋海峽（巴士海峽）東側，終年由南向北流經台灣東邊，使得環繞恆春半島的墾丁海域的海水日平均溫度在攝氏22度至29.5度之間。

由月球和太陽引起的大洋潮汐，因地球由西向東自轉的緣故，從太平洋逐漸向西傳播至台灣的東岸，依序影響台灣周圍海域的水位及海流（統稱潮位和潮流），使台灣沿岸海域明顯受到潮汐影響。例如台中港的最大潮差可達4公尺左右。

墾丁南端的南灣海域也是潮汐影響顯著的區域，從東邊傳來的潮汐，加上南灣特殊的海灣地形，使潮流在不同的潮時和地點呈現不同的流向。灣內在漲潮時會逐漸發展出一個順時鐘的渦流，在退潮時則逐漸發展出一個逆時鐘的渦流，最大流速約有3節（1節 = 50 cm / s）左右。

過去認為這樣渦流式的潮流型態，會引發深冷的海水進入南灣。然而隨著時代的進步，

南灣冷水入侵的示意圖

因全球暖化，高溫海水使南灣的珊瑚面臨白化的危機（如圖左正在承受過熱海水的珊瑚所示），然而每天隨著潮汐從深海湧入南灣的低溫深海水（右下角），卻可使珊瑚解除過熱的警報。同樣的深冷海水卻成為魚群的惡夢，碰到時不是冷死就是凍昏，連正在從事潛水運動的人都可看到或感覺到這股排山倒海而來的冷水團，必須逃之夭夭。



探測技術也跟著日新月異，不斷地發現新的現象，海底地形的解析度也不斷地提升，對於低溫的深海水進入南灣海域，甚至擴散至沿岸，已有更進一步的解釋。

南灣海域實位於台灣南端向南延伸的恆春海脊上，附近的海底地形相當複雜，海脊東西兩側的水深都超過上千公尺。灣內有類似海底峽谷的地形，從核三廠的入水口附近向東南方向逐漸變深，延伸至巴士海峽，在貓鼻頭和鵝鑾鼻連線以內（北）的最大水深僅80公尺左右。從西太平洋來的大洋潮傳播至此，受到恆春海脊地形的阻擋，使部分的深海海水被迫爬升越過地形。南灣的海底峽谷可能因此扮演了通道的角色，使得又深又冷的大量海水爬升進入南灣淺海區，整個南灣沿岸地區的水溫因而隨潮汐驟降。

另一個可能是當又深又冷（16~22度）、密度較大的海水離開原來的深度，越過地形後又進入深海時，會在垂直方向來回震盪，就如同彈簧被施力後，會以一定的頻率往復振動。波動因此而生，並向周圍傳遞，深冷海水也可能因此傳入南灣。

美國國家大氣及海洋總署（NOAA）的資料顯示，自1976年以來，平均氣溫每10年上升0.18度。自有紀錄以來，最暖的冬天分別在1998年、2004年和2006年的12月到次年的2月，逐漸升高的氣溫使海水溫度跟著上升。1998年的暖化已使全球的珊瑚面臨大量白化和死亡的空前危機，位於南海北緣，以珊瑚著名的東沙環礁（行政區隸屬高雄市），也無法倖免於難，環礁內的珊瑚白化嚴重，至今尚未復原。

南灣海域的冷水湧升現象調節了海域內的海水溫度，珊瑚每天所經歷的溫度變化有如洗三溫暖般，卻也使牠們在面對過熱的海洋環境時，得到喘息的空間和時間。這也許就是大自然神奇之處。當暖化導致全球的珊瑚嚴重白化時，墾丁南灣的珊瑚卻有得天獨厚的自然條件，靠著深海冷水的造訪，使海水溫度降低，因而躲過了浩劫。

李逸環

國立海洋生物博物館

南灣海域的冷水湧升現象調節了海域內的海水溫度，珊瑚每天所經歷的溫度變化有如洗三溫暖般，卻也使牠們在面對過熱的海洋環境時，得到喘息的空間和時間。