

氣候變遷對海洋生物的影響

◎臺灣大學海洋研究所·戴昌鳳

海洋覆蓋地球表面的百分之七十，廣大的水體和水的特殊性質，使得海洋在全球氣候調節上扮演非常重要的角色。生命在海洋中誕生，地球之所以適合生物居住，可說都與海洋有密切的關係；在氣候變遷過程中，海洋是地球氣候最重要的緩衝和調節者；然而，當氣候變遷的速度太快或太劇烈，超過海洋的調節能力，而導致海洋環境改變時，就可能造成很嚴重的後果。

氣候變遷所牽涉的議題很廣，包括：溫室效應和全球暖化、海平面上升、臭氧層破洞和紫外線過量、酸雨、異常氣候等，這些變遷因子對海洋生態系都有相當程度的影響。

氣候變遷對海岸地區的衝擊

氣候變遷對海岸地區最大的衝擊就是海水面上升會導致海岸棲地喪失。IPCC的報告指出，自從1880年以來，全球平均海水面大約上漲了14公分，平均每年以1~2公釐的速率緩緩上升；過去百年來的海水面上升，主要是由於冰川融化、水溫上升的熱膨脹效應，以及人類過度抽取地下水所致；近年來地球暖化加速，使得海水面上升的速率加快，到了2100年，全球平均海水面預估將會比1990年上升約9~88公分。

由於海岸地帶大多為世界各國都市集中和人口密集區，海水面上升對社會和經濟的衝擊將非常大；在生態上，海岸生態系往往是地球上生產力最高地區，海岸若變遷太快，生物可能因棲息地喪失而滅絕，生態平



海岸濕地容易受到海平面上升的影響(戴昌鳳 攝)

衡也遭破壞。以海岸溼地為例，溼地具有調解洪流、補充地下水、保護海岸、改善水質、清除污染、蓄積養分、提供生物棲所等功能，沿海溼地也是最容易受到氣候變遷直接破壞的生態系統，沿海溼地的淹沒或消失，將對生物多樣性和生產力造成重大衝擊。

海水面上升直接造成海岸侵蝕、海岸線後退，一般而言，若海水面上升1公分，海岸就會後退約半公尺至1公尺，在坡度緩和的河口淺灘、三角洲、潟湖和濕地，則受到的影響會更大。同時，當海水面升高時，波浪、潮汐和暴潮的物理特性也會改變；理論上，如果海水面上升1公尺，暴潮的最高海水面就會升高約2公尺，海岸防波堤的高度與成本都要大幅提高，才能防止如颱風或暴潮時的衝擊。海水面上升會造成鹽水入侵，或從土壤滲入地下水，使地下水及土壤鹽化。台灣西南沿岸地區，因沿海養殖區超抽地下水而地層下陷，早就造成這些問題，加上海平面上升，沿岸土壤鹽化的問題非常嚴重。

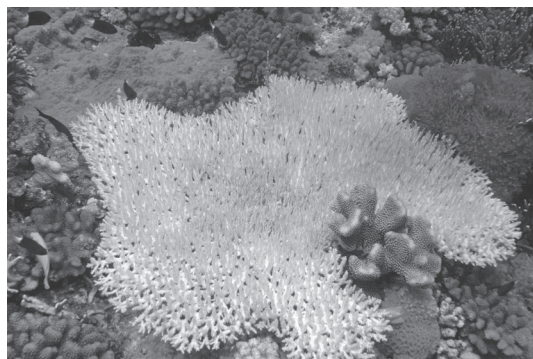
氣候變遷對對珊瑚礁的衝擊

氣候變遷對珊瑚礁的影響是多方面的；其中，最普遍的現象就是溫室效應導致海水表溫升高，引起珊瑚白化。珊瑚白化是指珊瑚顏色消失而變白的現象。在正常情況下，共生藻密集分布在珊瑚組織中，每平方公分的珊瑚組織大約含有數百萬個共生藻細胞；然而，當珊瑚遭受環境改變的壓力時，珊瑚就會失去共生藻而變白。由於共生藻提供的營養物質可能占珊瑚總能量收入的95%以上，對於維持珊瑚正常的生理和生殖都非常重要，因此，如果造礁珊瑚失去了共生藻，將使它面臨能量供應嚴重不足的問題，無法進行正常的生理活動，整個珊瑚礁生態系也會因能量失衡而面臨崩潰的命運。

許多環境因子的改變都會引起珊瑚白化，例如：溫度升高或降低、光度過強或不足、鹽度劇烈改變等，這些都與氣候變遷有關。一般而言，造礁珊瑚的最適溫度在18~30℃之間，超過這個界限，就可能引起珊瑚白化。由於珊瑚生長在熱帶海域，夏季的水溫本來就很接近適合珊瑚生長的水溫上限，此時即使是水溫只上升1~2℃，都可能造成大範圍的珊瑚白化。全球海水表溫上升造成珊瑚大量白化的事件，在過去20年間引起廣泛注意，其中最嚴重的就是1998年的全球海水表溫異常，這一事件造成全球許多海域的珊瑚大量白化，台灣南部墾丁海域、綠島、蘭嶼及東沙的珊瑚也發生大量白化，尤其是東沙環礁內廣達數百平方公里的珊瑚礁，在此事件中大量死亡。

大氣中二氧化碳濃度升高，也會使海

水的酸鹼度降低，同時改變海水中碳酸鈣的飽和態，降低珊瑚及其他生物的鈣化速率，減緩珊瑚礁的成長，甚至使得珊瑚礁無法形成，如此就會對珊瑚礁生態系造成嚴重的影響。氣候變遷的另一效應是導致珊瑚礁生物的疾病蔓延，自1980年以來，全球珊瑚礁生物的疾病頻頻發生，科學家發現許多怪異的疾病都與氣候變遷有關。除此之外，臭氧層破壞導致太陽輻射或紫外線增加，也會導致珊瑚白化和死亡；聖嬰現象伴隨的降雨異常，使珊瑚礁區的海水鹽度產生劇烈改變，都曾經引起珊瑚白化。



全球暖化的水溫升高導致珊瑚白化(戴昌鳳攝)

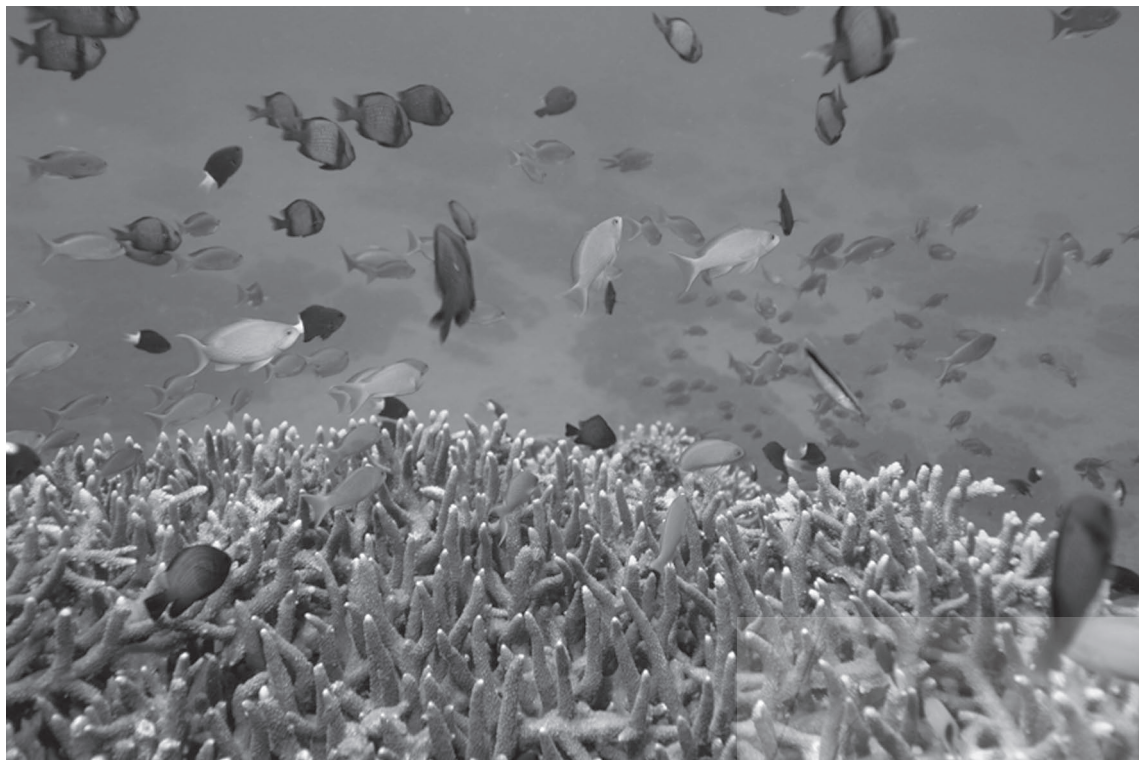
台灣地區的沿岸海域，由於水溫及環境條件適合珊瑚生長，而且鄰近全球海洋生物多樣性最高的西太平洋熱帶海域，因此，台灣沿海的珊瑚礁分布很廣，在南部、北部、東部淺海及各離島海域的沿岸都有珊瑚分布。近年來，台灣地區的珊瑚礁遭受各項環境污染和人為破壞的衝擊，包括：沿岸土地大量開發產生的沉積物污染、有機廢水污染、非法漁業活動、海域遊憩活動、油污染、核電廠溫排水污染等，使得珊瑚礁生態系逐漸衰退，珊瑚覆蓋率降低，相關海洋生

物資源遽減。在這種情況下，氣候變遷對台灣海域珊瑚的影響就會更加顯著。

在未來氣候變遷的衝擊之下，台灣珊瑚礁可能產生何種改變呢？我們曾經利用生態模式模擬氣候變遷對台灣珊瑚礁的衝擊，結果發現在短期(20年)的影響之下，可能使台灣東部及北部海域更適合珊瑚生長，珊瑚分布的範圍會從南部向北部海域擴張，北部、東部及澎湖海域的珊瑚物種豐富度將增加；但是在中期(50年)及長期(80年)氣候變遷的情況下，海水溫度升高會超過珊瑚的生理極限，因而造成各地的珊瑚物種豐富度都降低，珊瑚群聚結構也會跟著改變，為台灣珊瑚礁生態系帶來嚴重的衝擊。

對沿近海漁業衝擊

沿近海漁業係指200浬經濟海域內作業之漁業，其漁獲量主要受到魚群資源量、漁場環境和漁獲努力量等因素的影響。氣候變遷會導致海況和水溫的改變，直接影響魚群資源量。例如在氣候變遷的影響之下，冬季時隨著大陸沿岸流來到台灣海峽南部的烏魚，以及春夏季在東部海域隨著黑潮北上的飛魚，都可能受到海流變動的影響。三十餘年前，台灣的烏魚捕獲量以高雄鼓山漁港最多，之後逐漸北移，由高雄縣興達漁港取代，其後再由台中梧棲港取代，現在烏魚的主要捕獲海域已逐漸移至新竹外海，這就是



珊瑚礁是海洋生物多樣性的寶庫(戴昌鳳 攝)



氣候變遷對每年冬季洄游至台灣海峽的烏魚有重大影響(戴昌鳳 攝)

氣候變遷導致海洋生態改變的明顯例子。不僅如此，氣候變遷還可能改變沿岸魚類的生命週期、孕卵或育幼棲地，也會改變魚類的生理特性，對資源造成重大影響。

對遠洋漁業的衝擊

台灣向來是全球遠洋漁業的大國之一，包括：拖網、鮪延繩釣、魷釣、鰹鮪圍網及秋刀魚棒受網等，作業海域遍及三大洋。我國遠洋漁業產值佔全部漁業的50%左右，但90%以上來自鮪和魷漁業。許多大洋性魚類的分布及生殖都和水溫有關，台灣海洋大學環境生物及漁業系的呂學榮教授利用衛星影像研究鮪魚分布和水溫的關係，指出氣候變遷會影響鮪類的洄游和分布，也會對資源量帶來重大影響。其中，長鰹鮪和大目鮪之資源量會隨著溫度升高而逐漸下降，正鰹和黃鰹鮪之資源量則隨著溫度升高而逐漸增加。而聖嬰現象則會導致正鰹在熱帶太平洋的分布

由東向西移動，使得漁業產量發生劇烈的年間變動；聖嬰現象也會導致南太平洋及北太平洋的長鰹鮪漁場產生改變，黃鰹鮪和大目鮪漁業的產量也會產生巨幅震盪。

氣候變遷下的海洋資源保育策略

海洋生態系的衰退和海洋資源的

枯竭主要受到人為活動和氣候變遷的雙重衝擊，雖然氣候變遷經常扮演「壓死駱駝的最後一根稻草」，但是人為活動的影響往往佔了更高的比重，因此，在考量未來海洋生態系保護的調適策略時，減輕人為因子的影響就顯得很重要了。設立海洋保護區是近十餘年來國際間公認保護海洋生態及生物多樣性的有效作法。1992年聯合國環境大會所提出的「廿一世紀議程」就將設立海洋保護區列為重點項目之一，「第五屆世界公園大會」達成之德班協定，更呼籲各國政府在2010年之前將海洋保護區面積增加到領海面積的12%。設立海洋保護區，並經由適當的立法和執法，杜絕人為活動對特定區域的衝擊或破壞行為，就可使海洋生物得到生息繁衍的機會，這可說是現階段台灣海洋資源保育最迫切的議題，也是最有效的策略。若能配合海洋污染防治和適當的漁業活動管理，則更能收到良好效果。☀