

海生館之跨世代研究——

全球氣候變遷對珊瑚礁的影響

安德森·梅菲爾得，湯佩喬 譯

全球氣候變遷普遍被認為是當今對珊瑚礁最嚴重的威脅，隨此氣候變遷所帶來的全球暖化及海洋酸化，預期將為珊瑚礁生態帶來極負面的影響。近年來對於全球暖化的警覺意識提升，海洋酸化的議題也逐漸受到重視。經由燃燒汽油等行為，所排放至空氣中的二氧化碳，溶解於海水之中，導致海水的 pH 值降低，此謂之「海水酸化」；然而至今，此酸化反應對海洋生態——尤其是珊瑚礁生態（圖一）——所造成的影響，我們所知極為有限。

珊瑚礁的形成與珊瑚細胞內藻類共生其中的現象（胞內共生），有非常緊密的關聯。共生藻可與珊瑚進行共生或是自由游離於海洋

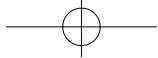
中；當共生藻為共生狀態時，它們會將經由光合作用所產生的有機碳供給珊瑚宿主，以利宿主進行鈣化，進而形成礁體。但此造礁作用的真正機轉與調控，仍然未明。國立海洋生物博物館的研究團隊——包括我本人——正積極地利用細胞以及分子生物技術，來了解此複雜的珊瑚與藻類共生關係。如今已辨識出、並量化一些調節此共生關係的重要分子，包括脂質、基因、以及蛋白質。

相對於了解共生關係如何建立之外，我們亦著手探討另一十分重要的問題：此共生關係為何、以及如何瓦解（即「珊瑚白化」）。過去的研究指出，即便只是些微的水溫上升即可

造成珊瑚白化，但是其機轉仍然未明。過去十年來我個人致力於研究珊瑚體內滲透壓調節在珊瑚白化過程中所扮演的角色。滲透壓調節是生物體中非常重要的調節機制，此微細卻精準的代謝物——水分子調節，也許扮演著珊瑚細胞內與外界環境的橋梁。而完整的記錄並了解珊瑚對環境改變的敏感度，以及珊瑚未來將如何因應新環境中，快速的溫度上升以及 pH 值下降，將是極為重要並且迫切的研究。



圖一：台灣墾丁海域的美麗珊瑚礁。



（圖片來源：作者提供）

圖二：國立海洋生物博物館的中觀生態池，其主要的功能是模擬野外生態環境，以供研究員直接地觀察生物在真實野外環境下的改變及反應。

上述種種議題是我成為海洋生物學者的原動力，也是促使我投入珊瑚礁生態研究的主要原因。而我之所以選擇在國立海洋生物博物館進行博士後研究，是因為海生館是全球唯一同時擁有「微觀生態池」以及「中觀生態池」的海洋生物研究機構。一般來說，「微觀生態池」普遍使用於單一物種的深入研究與實驗操作。相對前者，「中觀生態池（圖二）」的主要功能是模擬野外生態環境，以供研究員直接地觀察生物在真實野外環境下的改變及反應。

我們的研究主要是藉由提高水溫、降低水中pH值、或是同時改變水溫和pH值，以模擬全球氣候變遷對海洋環境所造成的改變。研究結果顯示，相較於pH值下降的影響，海水溫度的上升對於珊瑚的衝擊較為嚴重。此觀察也指出：即便海水溫度上升對珊瑚影響較劇，有些珊瑚物種仍然可以適應較高水溫而存活。例如，雖然過去研究中指出30°C的水溫可導致全球大部分的珊瑚種類死亡，但細枝鹿角珊瑚（*Pocillopora damicornis*）依舊可在此高溫的環境下存活9個月。對於此一特殊的現象，我們正進一步利用分子生物技術來進行了解。

藉由分子生物技術，我們得以深入探討珊瑚與藻類的共生、白化、和適應水溫上升及海洋酸化等現象。此外，分子生物技術亦革命性地幫助我們診斷珊瑚和珊瑚礁生態是否健康。

當「珊瑚白化」現象一出現，其實表示此珊瑚已經在不良環境壓力影響下生活了一段很長的時間了。

除了上述的研究結果，我們更希望從分子生物角度，發展可早期探察珊瑚狀態的技術。舉例來說，就像希望醫生可以藉由早期血液分析以預防嚴重疾病之發生，而非等到疾病嚴重到有症狀時再加以治療。同樣的，我們希望能夠早期偵測珊瑚的狀況，而非等到珊瑚的白化或疾病症狀已出現再做處理。也因此，我在海生館研究期間，積極地進行篩選可早期偵測珊瑚壓力狀態的分子生物特徵。簡單來說，就是將珊瑚暴露在我們所感興趣的狀況下，例如高溫或是酸化的環境。接著，利用次世代定序法將可能反映出環境改變的基因篩選出來，當找出可能的候選基因後，再進一步利用這些基因檢測已知受到壓力的海洋區域內的珊瑚；例如墾丁南灣海域長期受到核三廠溫排水影響的珊瑚。最後希望這些生物特徵能幫助研究員更早期的觀察到珊瑚的潛在改變，並幫助政府發展更完善的管理方式，以永續經營台灣海域美麗的珊瑚礁。🌐

安德森·梅菲爾得：

任職國立海洋生物博物館

湯佩喬：就讀

路易斯安那大學拉法葉分校博士班