

珊瑚王國館的軟珊瑚缸內之活體珊瑚色彩繽紛。

打造屬於珊瑚的挪亞方舟—— 為珊瑚未來可能的巨變預作準備

文—葉宗旻—國立東華大學海洋生物研究所 碩士生
樊同雲博士—海生館企劃研究組
圖—珊瑚實驗室提供

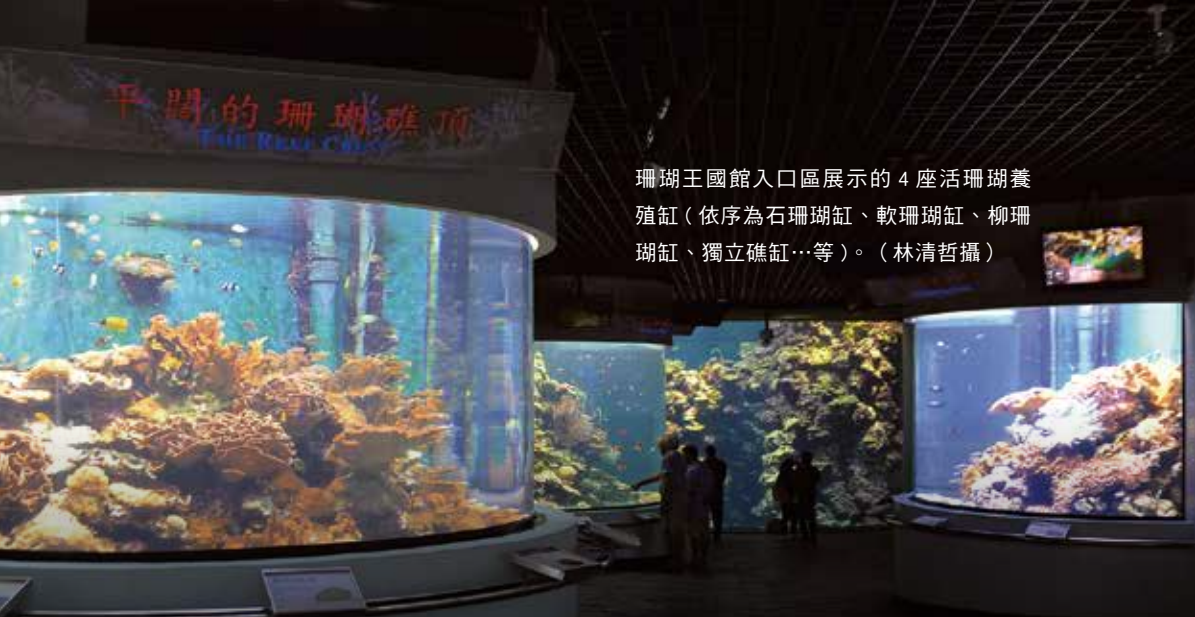
自工業革命以來，人類迅猛的發展，已經造成自然環境快速且巨大的改變，科學家認為地球已進入「人類世」(Anthropocene)的階段，在接下來的幾個世紀中，對各種自然生態系與生物多樣性造成的衝擊與改變將日益明顯及普遍。近三十年來全球珊瑚礁正在快速衰退、消失，被列入瀕臨絕種野生生物名錄的珊瑚種類正持續增加，這正是目前「人類世」的光景之一。

珊瑚的生存危機

位居熱帶淺海，美麗又資源富饒的珊瑚礁，是台灣和國際上都非常關注的重要海洋生態系之一。其衰退的主要原因是遭受氣候變遷，

包括海洋暖化、酸化、海平面上升、強烈颱風增加、海流改變等，以及不當的人為活動，包括過漁、集水區和海岸帶開發導致沉積物污染、廢水排放使水質優養化、海洋保護區未能有效執法管理、非法盜採珊瑚、棄置漁網和垃圾、錯誤潛水和浮潛行為等，這些因素都會對海洋系統造成不同的衝擊與影響。

以大家熟知的海洋異常暖化現象為例，此巨變已多次造成全球珊瑚大規模白化和死亡，並史無前例地造成各地珊瑚嚴重受創，是珊瑚礁所面臨最急迫的生存威脅。尤其是繼1998和2010年分別發生全球第一次和第二次珊瑚大白化事件之後，2015—2017年，已連續三年



珊瑚王國館入口區展示的4座活珊瑚養殖缸（依序為石珊瑚缸、軟珊瑚缸、柳珊瑚缸、獨立礁缸…等）。（林清哲攝）

發生全球第三次珊瑚大白化與大量死亡事件。在地球上繁榮生存數億年的珊瑚礁，在短短的幾十年內，敵不過人類所造成的環境改變一再衰退。

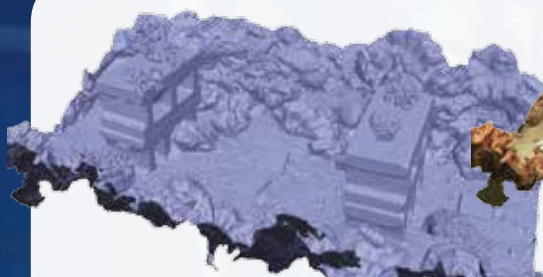
珊瑚礁在野外海洋快速衰退，甚至消失的急迫威脅，不僅促使研究、教育、保育和管理人員等，趕緊尋找與深入研究何處是能較長期支持珊瑚礁存活的天然庇護所，並加速設立有效管理的「海洋保護區」，努力宣導推廣節能減碳以減緩人類改變自然的力度，也積極發展人為協助珊瑚演化以拯救珊瑚的生物科技，學界也開始藉由水族館打造珊瑚的挪亞方舟，以便未來能在人為有效控制的環境下，長期保存珊瑚物種並延續其命脈。

在海生館打造珊瑚的安樂窩

水族館繁養殖珊瑚的研究已有悠久的歷史，早在1990年代就有突破性進展，且陸續成功建立大型的活珊瑚展示。海生館也於1999年開

始致力於發展珊瑚的繁養殖科技，並由研究人員們在水族實驗中心的珊瑚實驗室先進行研發與測試。在2000年開館的臺灣水域館中，軟珊瑚缸是第一個公開展示的活珊瑚缸，原因是其缸體小，且軟珊瑚較易飼育養殖，因此成功達成目標的機會最大。到2001年珊瑚王國館開幕時，海生館已掌握了將珊瑚對外展示的技術，在其入口處呈現了四個大型活珊瑚缸，主題分別為石珊瑚、軟珊瑚、柳珊瑚、和深度與直徑都達8公尺圓柱型的獨立礁缸。開館至今已快二十年，其維護依然相當穩定和成功。

這些活體珊瑚缸雖然是在人工控制光度、溫度、水流、水質等良好的環境下，但是因為是使用抽取自海生館岸邊，經過砂過濾後的天然海水，其位置北邊即為恆春半島的保力溪和四重溪出海口，因此非常容易受到豪雨、颱風、季風、湧浪、陸源污染等影響，包括泥沙、廢水、農藥、肥料、除草劑、殺蟲



海生館後場養殖缸珊瑚群聚3D模型影像



海生館後場養殖缸珊瑚群聚活體影像



珊瑚礁3D底樣樣貌量測用水下相機及定位板

劑、或其他人類廢棄物等各種污染，也連帶造成展示缸內水體清澈度降低以及水質污染和珊瑚白化。嚴重時甚至需要關閉抽水站，改以密閉式循環水的方式運作，以避免和減輕因天然海水水質惡化或品質不穩定時，所造成的展示效果不佳和珊瑚健康惡化，這其實也是野外珊瑚礁所面臨環境日益嚴重威脅問題的縮影。

即使像是在海生館這樣具有相當規模、專業及資源的博物館，在使用野外的天然海水時，還是無法避免的會受到天然環境變化所造成的衝擊。因此在海生館的珊瑚繁養殖研究、教育和展示等相關活動

中，也開始使用人工合成海水進行測試與實驗，並規劃逐步取代天然海水，以預先做好風險管理，避免因為天然海水品質不穩，造成珊瑚缸內各種珊瑚礁生物，特別是需要高品質水質的珊瑚受到衝擊，甚至是造成無法挽救的悲劇。這也符合國際近年來珊瑚的繁養殖，逐漸以人工合成海水取代天然海水的發展趨勢。

數位科技的加入與創新

此外，也可與現代數位科技進行結合與應用。例如應用虛擬實境或擴增實境進行珊瑚繁養殖的教育訓練，以沉浸式逼真的臨



3D掃描儀



◀ 軸孔珊瑚3D模型影像



◀ 軸孔珊瑚活體影像

場環境與內容，學習演練如何設計搭配各式各樣的缸體、設備、器材、珊瑚和其他珊瑚礁生物種類，進行珊瑚養殖和繁殖的模擬，預先體驗可能發生的問題，並且使用適當的解決方案改進技術，同時也不會造成任何珊瑚或其他珊瑚礁生物活體耗損。

另一新興科技是珊瑚與珊瑚礁的3D測量與監測，在近年來被快速發展與使用。這項科技不但能以非侵入式的方法，快速測量珊瑚與珊瑚礁立體結構的表面積和體積，並呈現高解析度的效果，也能數位化追蹤大至整個珊瑚群聚，小至單一珊瑚群體上每隻珊瑚蟲的結構與變化，並正確掌握珊

瑚與珊瑚礁複雜的3D立體型態與生長動態，對瞭解其結構、成長及健康狀況和功能具有重大的貢獻，並使珊瑚的繁養殖技術再次有突破性與開創性的進展。

現今野外海洋珊瑚礁與珊瑚的快速減少和長期生存狀況堪慮，然而透過珊瑚繁養殖、珊瑚礁缸與數位科技的快速進步和創新發展，促使了珊瑚研究和保育科技的新一波轉型升級，這些自然生態環境與科技快速變化的組合，正在促使人類世時代珊瑚研究和保育的典範轉移，而海生館也將為人類世時代野外珊瑚可能的巨變預作準備，打造一艘珊瑚的挪亞方舟！