

大型水族館 水質的控制與管理

孟培傑、張家銘

水質參數區分為物理性與化學性，而這些理化特性的因子同時具體影響水中生物生長與生存的環境條件。因此，如何經營管理並掌控水體水質狀況，對水域生態、環境及資源就更顯其重要性。

台灣四面環海，陸域水體與海域的生態、環境及資源對我們生存、生活與文化的形成都息息相關。而不論是河川、水庫、地下水、海域水體等環境的水資源，其水質都極具重要性。

經常聽到，水質好嗎？水質正常嗎？水質優劣的評估包含眾多的參數，例如水溫、鹽度、導電度、酸鹼值、透明度、濁度、溶氧、懸浮固體、生化需氧量、化學需氧量、總有機碳、氨氮、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、正磷酸鹽、氯鹽、硫酸鹽、矽酸鹽、總磷、腸球菌群、大腸桿菌群、總硬度、總鹼度、葉綠素甲、重金屬（鋅、鎘、鉛、銅、鎳、鉻、鐵、鈣、鉀、錳、砷、汞等）與有機汙染物（苯、甲苯、氯甲烷、二氯甲烷、氯仿、氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯等）。

大致而言，水質參數區分為物理性與化學性，而這些理化特性的因子同時具體影響水中生物生長與生存的環境條件。因此，如何經營管理並掌控水體水質的狀況，對水域生態、環境及資源就更顯其重要性。然而如何控制水質的變化，須持續進行水體採集分析與儀器監控，經由數據資料統計與分析，細微調整維生系統並比對調整後水質參數的差異性，才能充分了解並妥善管理與控制。



圖片來源：種子發

維生系統是維持生物生存、延續生命的設備或系統，
在設計與理念上就像一座水處理廠。

以水族生物為例，以生存的棲地環境可區分為淡水（河川、溪流）、半淡鹹水（河口）與鹹水（海洋物種），若以自然地理緯度區分，則可分為寒帶、溫帶、副熱帶及熱帶。由於不同的棲地及環境與不同物種的生理構造，各有其適合的水質狀態。一般常見的主要水質參數有溫度、酸鹼值、鹽度、導電度、溶氧量、營養鹽（氨氮、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、正磷酸鹽、總磷與矽酸鹽）等，水體環境中這些因子都需要長期監控與管理。

從民國 80 年 6 月海洋生物博物館（以下簡稱海生館）籌備處正式成立，初期設置水族教育實驗研究工作站，並從事水族生物馴養繁殖的工作。海生館的基地於 83 年 10 月開始動工，分為兩期主體工程，第一期台灣水域館及第二期珊瑚王國展示館，以建設一座軟硬體設施兼具，並符合國際水準的現代化水族館。民國 89 年 2 月 25 日完成「台灣水域館」開館，正式朝向國際海洋教育與研究領域邁進。

除了台灣水域與珊瑚王國兩大主題展示館成立外，第三期工程世界水域館在民國 95 年開館，更期望透過展示國外水域生物生態資訊傳遞生態維護的觀念，進而達到推廣海洋生物教育的目的。

目前三大主題展示館共有 49 個不同生物展示缸。台灣水域館以水的循環為主軸，從高山溪流順流而下，經過平緩的中下游，到淡海水交界的河口區，再到因潮汐環境變化劇烈的潮間帶，並往外延伸至亞潮帶與一望無際的大洋等，呈現多樣的水域生態環境。珊瑚王國館以珊瑚礁為主軸，隨著深度增加，有珊瑚礁頂、礁緣與礁壁，

由不同的珊瑚種類與熱帶珊瑚礁魚群組成。世界水域館呈現寒冷的極地水域生物、海洋哺乳類等生物。

三大主題展示館的水質條件依自然地理緯度及生存的棲地環境而有所區分，首先以溫度、酸鹼值、鹽度 / 導電度、溶氧量 / 溶氧飽和度等水質參數，初步設置適合生物生存及棲息的水質環境。

為長期維持三大主題展示館水質的穩定，針對不同的生物特性與需求，其水質檢測區域包括原水檢測、展缸水體檢測、維生系統前後水體檢測及特定環境（檢疫池或恢復池）的水質檢測。雖然各生物展缸的水質條件不盡相同，溫度、酸鹼值、鹽度 / 導電度、溶氧量 / 溶氧飽和度、濁度等則是每日常規檢測的共同項目，目的是記錄最基本的水質參數，初步判定展缸水質狀態。其次再以周期性方式檢測水中的含氮化合物（氨氮、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮）、氧化還原電位、總殘餘氧化量、生物需氧量、總菌數、水體中微生物菌相等。

檢測人員把每日檢測與周期性檢測資料登錄至電腦資料庫，統計並顯示水質分析管制圖，提供相關人員檢視目前水質狀況，配合生物維生系統控制條件，與生物繁養殖過程中各項參數資料，設定符合生物最佳的生存環境條件。此外，持續長期蒐集水質資料與生物生長狀況，並設置各展缸水質參數的安全範圍及警告上限值、警告下限值、管制上限值、管制下限值等。

維生系統是維持生物生存、延續生命的設備或系統，在設計與理念上就像一座水處理廠。根據水族養殖所在地與海洋之間距離的程度及原水水質狀況，系統的設計

各種水質參數各具特性，
且其相互之間有正負消長的關係，彼此間都會相互影響水質的穩定性。

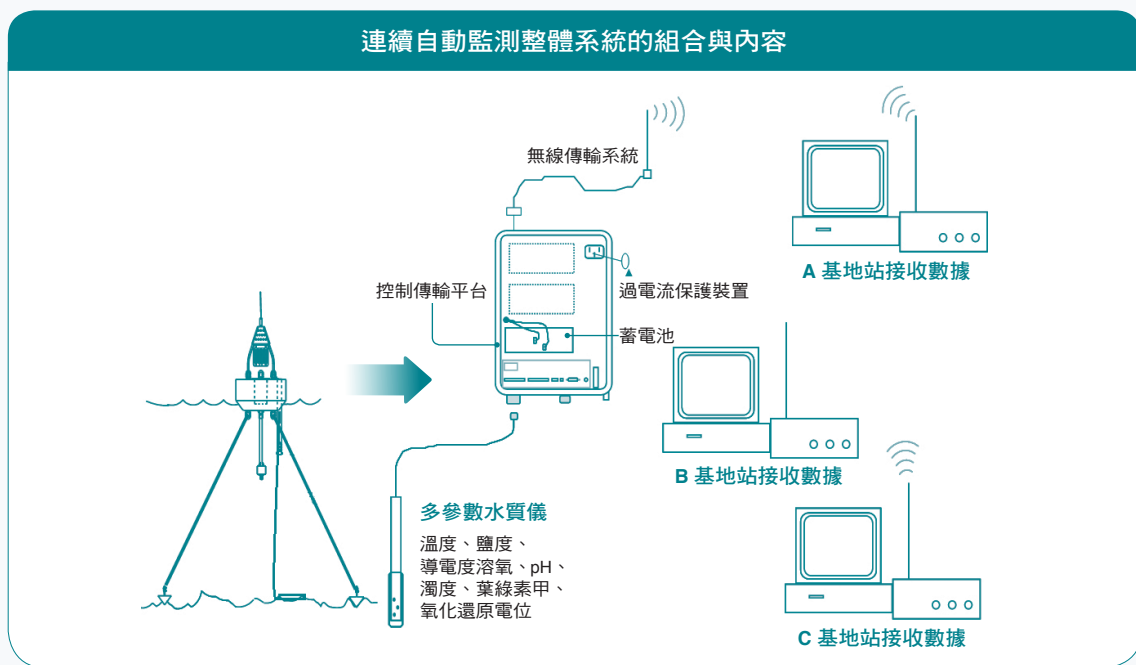
可以是完全封閉、半封閉或開放式，水族養殖水體可藉以維持水中酸鹼度、氨氮、懸浮物質、水溫、溶氧量等平衡，以上總總都需以人工的方式控制。

維生系統中的過濾系統一般分為機械式、化學式與生物式3種。機械式過濾系統是維生系統中的第一種過濾類型，主要以砂過濾器過濾，經常用於大型水族館及展缸，使用不同等級的沙子和礫石過濾水中的懸浮魚卵、浮游生物、泥沙、藻類等顆粒性物質。系統必須定期維護，以防止雜質累積導致氨氮及其他營養鹽升高或產生厭氧菌危害生物，以及降低過濾器的效率、使用年限等現象。

化學式過濾系統的目的，是去除可能影響系統和危害生物的溶解有機化合物或病原體。化學式過濾器有許多不同的型式，

最常見的是活性炭，其主要功能是吸附水中的化學物質（氯、氯胺）、毒素和其他化合物。此外，蛋白除沫器的原理是藉由氣提的原理，利用容器中微小的氣泡把無法以濾材過濾的微小有機顆粒、餌料殘渣、魚類排泄物等分離出來，以有效降低水中的有機汙染物。

紫外線與臭氧滅菌則是利用紫外線輻射與強氧化性清除水中潛在的病原微生物。但臭氧會與海水所含的元素形成有毒的化合物，必須以活性炭過濾器等吸附或曝氣分解處理，以降低其對養殖生物所造成的危害風險。複過濾器和離子交換樹脂的主要作用是吸附特定的汙染物，如銅、藥物和其他雜質。離子交換樹脂有多種類型，主要功能是吸附特定汙染物及去除營養鹽物質，如硝酸鹽、磷酸鹽、氯等。



維生系統中的生物式過濾系統，基本上是使硝化菌生存、繁殖及促進生長的容器，稱為流化床。簡單地說，某些類型的細菌能夠吸收水生物產生的氨氮（具有毒性），並把它氧化成亞硝酸鹽（毒性較小但仍然有害），其他類型的細菌則可以把亞硝酸鹽氧化成硝酸鹽。這些營養鹽在低濃度下對生物無害，但隨著時間的累積會影響生物的健康，甚至使其致命。

各種水質參數各具特性，且其相互之間有正負消長的關係，彼此間都會相互影響水質的穩定性。其中物理性水質參數（溫度、酸鹼值、鹽度 / 導電度、濁度及溶氧量 / 溶氧飽和度）可透過儀器檢測，其他如含氮的水質參數，必須透過化學步驟定量添加各種的反應劑，再藉由儀器進行水質參數的檢測分析。水質管理者則可藉由日常監控了解水質狀態，視情況增加檢測頻率周期，蒐集數據資料並提高數據精確度。

然而，水質的變化也受到生物量、維生系統的操作與自然氣候條件的影響，無時無刻都持續在變動。加上海水的成分非常複雜，而每種生物所適合的水質條件不盡相同，檢測水質及監測管理水質便成為重要的工作項目。

近年來，國際上積極推動海洋環境相關保護措施與全球珊瑚礁長期生態觀測網，以海洋環境自動監測系統監測珊瑚礁海域環境因子與珊瑚礁生態長期變化。海洋生物博物館把這概念運用在大型水族展缸水質長期變化的監控，把所測得的資料透過無線方式傳送至控制中心，蒐集的即時水質資料除可即時查閱外，也可配合需要點閱歷史資料及分類資料。此外，如有異常狀況時，在監測中心的畫面會立即顯示警訊，同時把這訊息傳送至管理及



海洋生物博物館的連續自動監測系統控制平台

各負責人員的手機，以及時通知監控中心於關鍵時刻立即處理。

所有監測資料會轉入資料庫系統備份，除了保障數據保存的安全性外，也可視需求把資料登入上網，以方便上網查詢使用。水質管理單位利用過去蒐集的數據，探討數據相關性，更能充分了解水質變化前後的成因及特徵。此外，利用既有於特定缸體傳統採集水樣進行水質檢測的資料，結合水質即時連續監測系統擷取的資料，可建立完整的水質資料庫，並加以彙整、分析及模擬，以便及時發現水質異常變化的原因，甚至預測水質變化的趨勢。

孟培傑

國立海洋生物博物館生物馴養組 /
東華大學海洋生物研究所

張家銘

國立海洋生物博物館
