



搶救大洋



什麼！大洋池水管爆裂啦！
溶氧不足，魚兒快撐不住！
趕快去搶救牠們！



用數據為魚兒 打造一個健康的環境

採訪撰文—王玠文—海生館出版中心

資料提供—孟培傑博士—海生館生物訓養組

海生館大洋池中的生物繁多，更需要透過即時監測小心管控。

有養過魚的人應該都知道，水質對養殖生物健康的重要性。但是，怎樣的水生環境才能算「好水質」呢？而在生物種類多樣的水族館內，科學家們又是如何去監測水質，讓生物「永保安康」呢？

當我們在談論「水質」時，我們在談論什麼？

相信對大多數的人而言，「水質」都是個不陌生的名詞。隨手搜尋一下Google就有三千多萬條結果，從人體健康到環境保育，水質跟我們的生活息息相關。但就因為「水」是生物體不可或缺的元素，

所以當我們在評斷水質優劣時，往往也要考慮各種不同的參數，從水溫、鹽度到檢測各種污染物，都是評估標準。就水生動物來說，影響牠們最大的三個參數是：溫度、鹽度、溶氧量。

對於陸生動物來說，我們可以忍受的溫度範圍較大，但水生動物對溫度就較為敏感，一點變化對牠們的影響就很大。所適應的鹽度則跟生物的種類有關，像淡水魚就無法在海水中生活，海水魚也無法在淡水中生存，只有少數廣溫、廣鹽性之河口生物可適應環境較大範圍之溫、鹽變動。另外水生動物也需要氧氣，



所以水中的溶氧值也很重要。這三個要素若急遽變動，會直接威脅生物之生命，所以須要較高頻度之量測。

在自然界裡，一天中的水質變化其實很大，例如白天因藻類行光合作用釋放氧氣，溶氧值會較高，但到了晚上卻因水中生物的呼吸作用大量耗氧，溶氧值就會降低。在海生館，展示缸的海水是直接抽取附近的天然海水，因此會受到鄰近保力溪與四重溪淡水入海的影響，有時水體鹽度、濁度就會有較大之變化。那麼，我們要怎麼才能確認、保證各展示水缸養殖生物之水質是安全的呢？

「這就是連續監測系統的重要了」海生館水質參數控管系統的主持人孟培傑博士說。

一場「危機」帶來的轉機

建置水質監測系統的初衷始於十多年前的一場大洋池展缸管線爆裂意外事件。一天晚上，前場生物照護部門的員工向孟博士借溶氧儀。因為是下班時間，孟博士頓時覺得不對勁，孟博士當下立刻決定加派一名助理跟到後場觀察，並交代他隨時回報狀況。

果不其然，後場「出事了」！助理向孟博士回報大洋池水管爆裂，他聽到後驚覺事態嚴重，立刻趕往現場，發現溶氧飽和度只剩40%。依照他所建立的水質參數模型推算，若再不及時處理，恐怕大洋池所有的生物都要面臨缺氧而死亡。緊急狀態之下，他立刻要求現場人員採取增氧措施，包括大量換水、放置潛水人員所使用之高壓空氣瓶到大洋池底部充當打氣增氧設備等方式，用一切方法搶救，並且要求每半個小時向他回報一次數據。

同時他也透過建立的模型推算、歸納，若持續以這樣的方式補救，大約隔天早上大洋池的狀態就可以恢復正常。經過一夜的搶救後，大洋池果然如孟博士所預測的一樣，溶氧值順利恢復至安全範圍，生物們安然地渡過危機。



位於海生館後場的海水監測器與養殖池，儀器上方架設太陽能板供應電力。

這次的意外事件，也讓孟培傑博士意識到了建立「即時連續監測系統」的重要性。這個偵測系統每15分鐘就測量一次數據，每兩星期就校正一次偵測儀器，只要一有狀況發生，系統便會自動發送警告訊息到相關人員的手機，讓他們能及時處理。此外，孟博士也建立了緊急應變SOP手冊，若再有類似情形發生，即使他不在館內，也可透過電話指導，請現場人員按表操課、並持續監測觀察即可。

從野外觀察到水族展示的連續監測系統

「其實這個監測系統我已先用在野外觀察一陣子了，也將研究成果投稿到國際期刊發表，後來才運用到海生館的水族展示中。」孟培傑博士說。

連續監測系統對於水族缸生物如同「門神」般存在，可以優先處理不利於牠們生存的因素，並調整為適合其生長的水質環境，讓牠們在健康的水質中成長。不但是海生館長期發展的重要設備，也是研究人員透過數據觀察自然環境對生物影響的利器。

「以往我們在監測環境資料時，往往都是選擇天氣及海況較佳時，進行海域水質樣品採集及檢測，但是這種採集方式搜集回來的水質資料只是當天某一時段的資料，但事實上，各水質因子在一天中不同時段就有可能有很大的變化，因此這種型態的水質監測方式，我們並無法看到完整的水質變動全貌，對於研究來說難免有瞎子摸象之感，所以我想在南灣建置一組連續監測系統。」

孟博士隨即舉例，像珊瑚集體大量產卵一般發生的時間大多是每年媽祖生日前後，也就是農曆3月23日左右，但有的時候會出現延遲至4月才發生之情況。一開始他也不知道原因，後來藉由連續監測系統搜集的資料與氣象局長期的海水溫度資料分析比對後才發現，原來南灣冬天的海水溫度平常介於22、23度左右，正常3月的時候就會逐漸上升到24、25度左右，但有時會延遲至四月時溫度才會上升。因為珊瑚在低溫的環境條件下不會發生集體大量產卵現象，所以需要等到溫度上升適合時，牠才會發生集體大量產卵。

另一個透過監測系統觀察到的現象則是南灣珊瑚生態。相信大家知道若海水溫度過高，就會造成珊瑚白化。不過其實珊瑚是否發

生白化現象取決於海水溫度是否超過閾值且連續經過一段時間，一旦超過這個白化溫度閾值並累積至一定時間，珊瑚就會開始發生白化現象。那我們怎麼知道這個閾值呢？其實這個閾值是從長期累積的海水溫度資料去計算而來的，透過這個閾值及珊瑚暴露在此環境之時間長短計算，就可以預測珊瑚出現白化程度之等級。據觀察，南灣的海水溫度經常會在閾值上下震盪，雖然有時會出現超過閾值的高溫，但因持續時間不夠長又會發生降溫情形，對於珊瑚來說就像在洗三溫暖一樣，科學家發現這對生物來說是件好事，因為可從中得到舒緩的機會，而非持續處在高溫難耐的狀況。這些發現也都是靠長期累積的監測數據所得到的結果。

另外在大鵬灣很容易就發生「藻華」現象（指水體中因氮磷含量過高導致藻類突然過度增殖的一種現象，通常水體就會顯現各種顏色），這種現象對生物與人體健康其實都有一定程度的影響，而且藻華發生的時間很難預料，可能幾天內就突然發生，其後緊接著又消失。在即時監測系統建置之前，評估藻華發生之程度，首先必須先將樣品帶回檢測之後，研究人員根據資料分析，才能判斷且確認其是否為藻華現

象，相當耗時費力；但在即時監控系統建置後，因為有連續資料，孟博士與其團隊就可以從線上之數據即時計算、並評估出藻華可能發生的時間及程度。

用監測的數據說話

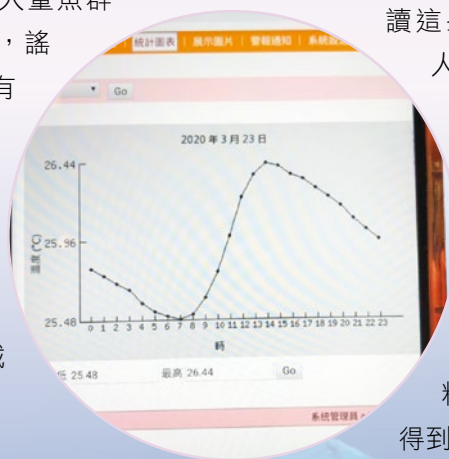
「海洋的意外事件發生之時間往往很突然、難以預料，通常等你發現意外事件發生時，想要回頭收集發生當下之水質資料往往已經來不及了。但透過這樣持續的監測，你就可以透過數據資料庫，取出資料回顧分析當時發生了什麼事、為什麼會發生。」孟培傑博士表示。

孟博士也回憶在1988年時，南灣曾發生大量魚群死亡的事件，謠傳是因為有人在海水中下毒。「但是短時間內要有這麼多魚死掉，海域

水體體積龐大，那得要施放非常大量的毒，實在並非易事。」恰巧當時他們在該海域檢測水質，根據他所獲得的數據顯示，當時的水溫大概只有14度，但一般珊瑚礁魚類可忍受的低溫大概在17度左右，會產生這麼低的水溫，很可能與南灣海域的冷水入侵現象有關，所以判斷當時魚群死亡是因為自然因子而非人為因素。

「在南灣海域有底層冷水湧升現象，有時候底部的冷水湧升上來，短時間內會造成溫度遽降現象，大量魚群就會休克或死亡。這時候往往會造成漁民跟政府求償之事件，但是透過這個水質連續監測系統，我們就可以判讀這些意外是自然因子或是人為因素所造成的，因此進一步可以釐清責任歸屬。」

長期且連續的水質數據紀錄裡隱藏了許多寶貴的資訊，研究人員正是透過這些資料加以解讀，抽絲剝繭後得到環境現象的解答。



手機裡的警報系統



研究人員正在用儀器測定水質品質。

一片更好的海洋

問及監測海洋水質數據這麼久，觀察到的海洋生態有無改善時，孟博士回答：「其實海洋乾淨程度是一個全球性的問題，因為海流會將垃圾與污染帶到各地，這並不僅是臺灣一國就可以改善的，需要世界各國共同努力。」

除了持續監測海洋，解鎖更多關於海洋現象的奧秘外，孟培傑同時也是「台灣珊瑚礁學會」

的理事長，學會組成多是結合潛水攝影愛好者與臺灣海洋相關專業的學者們，透過潛水攝影者實際的拍攝與觀察，和學者專業的研究切入，彼此切磋配合，將台灣的海洋環境保育推向一個更正確的方向。

我們也希望能持續收集這些數據並透過科學研究，能讓海洋越來越好。