

養殖魚塭溶氧與氣候變動之關係— 以南部吳郭魚養殖池為例

杜金蓮、王姿文、曾福生

水產試驗所水產養殖組

前言

臺灣氣候環境良好，水產養殖之發展已超過 300 年。60 年代以後，因為水產技術的研發與精進，目前已可養殖超過 143 種水產生物，並可生產其中 103 種之種苗（蘇和劉，2005）。水產生物依賴水而生，經歷早期的粗放養殖，逐漸發展出半集約、集約甚至超集約之養殖方式，養殖環境的水質，攸關養殖生物的生長、育成與其對疾病的抵抗力，因此，於養殖過程中，針對養殖環境的觀察、監控及管理，乃水產養殖業者之重要功課。

透過曬池、整地與施肥，培養魚塭的浮游動植物與菌相等「做水」相關基礎工作，除了可以穩定水質、增加溶氧量，亦為養殖生物提供適當的庇護，使養殖生物安定，有利養殖管理。溶氧量（dissolved oxygen, DO）即水域中氧氣的溶解量，過與不及都會危害養殖生物。養殖魚蝦如缺氧，在短時間將出現浮頭、煩躁與呼吸急促的狀況，長期缺氧會造成生理緊迫，使生長速度遲緩，嚴重缺氧則會導致養殖魚蝦死亡。至於溶氧過高則會導致魚蝦罹患氣泡病。

水中溶氧主要來源為空氣中的氧及水中植物光合作用所產生之氧氣，其中空氣中的氧氣約佔 20%，然氧氣於水中的溶解力頗

低，因此大都仰賴水中植物的光合作用，單位以 mg/L 或 ppm 表示。影響水中溶氧的主要因子包括鹽度、水溫及氣壓等，一般而言，淡水的溶氧約介於 5—14 ppm，隨著鹽度增加，氧的溶解度逐漸降低，因此，海水的溶氧略低於淡水。另外，水域處於低水溫高氣壓時，溶氧狀況最佳，氣溫低時溶氧量高，隨著溫度之增高而溶解度降低，氣壓低時溶氧亦隨之降低。其他如水域 pH 值、藻類含量、二氧化碳含量、微生物、底質狀況、硝化作用、水的濁度、水表面流動程度、水中生物量、光照強度、水位深度等均會影響水域之溶氧量，故水域中溶氧量並非固定，而是隨著水質條件有所波動變化。

養殖水域之水溫與溶氧監測

農曆 3、6、9 月等季節更迭之際，是養殖從業人員需要格外注意的時節，因為此時日夜溫差大，水溫的驟變常使養殖池中的藻相不穩定而導致水質惡化。一般而言，養殖水域的溶氧值應維持在 5 mg/L 以上較為安全，低於 4 mg/L 則應啟動處理機制。在監測養殖魚塭的水溫與溶氧過程中，可了解此時節之水域環境特質，並提供從業人員現場管理的具體建議。

農曆 3 月是春夏季節變換時期，同時也是南北風交替之時，日夜溫差大，夜間常會出現氣溫高過水溫的情況，當暖濕的空氣通過較冷的水面時，水氣凝結為水滴而於水際形成薄霧。以臺南某吳郭魚養殖場 4 月上旬的水溫與溶氧一天變動為例說明，其水溫日均溫 (\pm std) 為 27.28°C ($\pm 0.69^{\circ}\text{C}$)，溶氧則有相當大幅度的變化。於太陽升起時，藻類等水生植物開始進行光合作用，因此水中溶氧量持續累積，而於下午 3 點達最高峰 (10.29 mg/L)。此後，隨著夜晚的到來，所有生物均轉為耗氧的呼吸作用，因此溶氧量持續下降直到清晨 (最低值為 1.13 mg/L)。

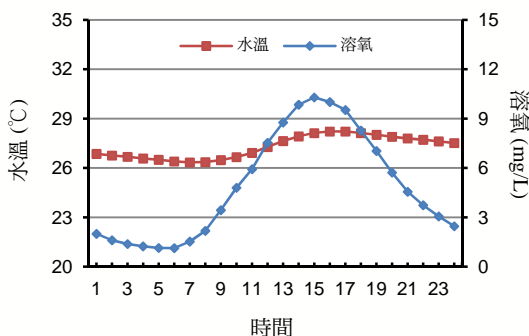


圖 1 4 月上旬臺南某吳郭魚養殖池 24 小時內的水溫與溶氧變化

而於此節令，也常見溫暖、潮濕的南風吹拂，當其接觸到冷空氣時造成水氣的凝結，即會造成反潮現象。水產養殖是種靠天吃飯的行業，老一輩養殖業者非常注意「南風起，地氣揚」的狀況，並盡可能提早做準備，加強監測養殖水質。圖 2 為吹南風時，該養殖池一天內的氣溫與溶氧變化，其水溫日均溫為 28.14°C ($\pm 0.42^{\circ}\text{C}$)，溶氧為 3.13 mg/L ($\pm 2.98 \text{ mg/L}$)，值得注意的是，於夜間 23 時以後至清晨 7 時這段時間，溶氧值介於

$0.27-0.96 \text{ mg/L}$ ，其中在凌晨 2 時至清晨 6 時這段時間的溶氧均值為 0.28 mg/L ，養殖生物浮頭狀況嚴重。即便在白天也因氣壓低，水域中溶氧值也較往常低，最高值出現在下午 4 時，為 8.52 mg/L (圖 2)。

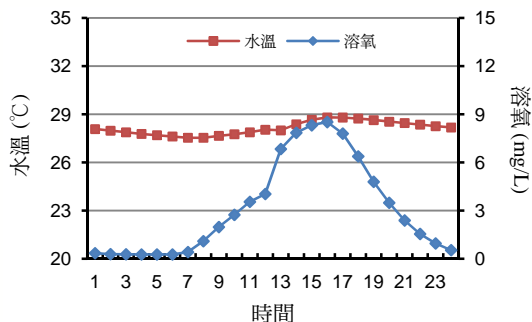


圖 2 春季吹南風時，臺南某吳郭魚養殖池 24 小時內的水溫與溶氧變化

時序進入 7 月後，水溫高，空氣中氧氣不易進入池中，水中溶氧主要依賴水生植物與藻類之光合作用，此時養殖池水色狀況極佳，該養殖池所蓄養之吳郭魚約為 5 尾/斤，也因高溫環境，養殖生物之代謝高，需氧量高；由圖 3 之水溫與溶氧監測值顯示，水溫日均溫為 32.76°C ($\pm 0.62^{\circ}\text{C}$)，溶氧均值為 5.26 mg/L ($\pm 4.73 \text{ mg/L}$)，且由下午 1-6 時

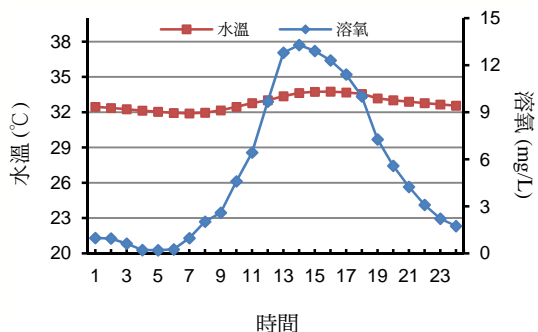


圖 3 7 月上旬臺南某吳郭魚養殖池 24 小時內的水溫與溶氧變化

之溶氧值均高於 10 mg/L，顯示水生植物光合作用產生之豐沛氧氣，足以供給養殖生物足夠的溶氧，然而於日落後，溶氧持續下降，且因不再有光合作用補充氧氣，植物的呼吸作用對養殖生物也形成對溶氧的競爭，因此於夜間 1 時至清晨 7 時的溶氧均低於 1 mg/L，對養殖環境而言，是相當危險的狀況，魚群易出現浮頭，且多聚集於水車及進水口附近（圖 4）。

此狀況一般會持續至氣候轉涼才趨緩，在氣候炎熱的南臺灣，高水溫（水溫大於 30℃）養殖期持續至 9 月，甚至 10 月。我們以屏東某養殖池水與養殖土池進行溫度監測（圖 5），發現白天的太陽輻射對土池造成一定程度的加溫作用，土池對熱能接收量測期間

的土溫均溫為 30.54℃（± 0.03℃），變化幅度不大，然而養殖池的水溫日均溫為 31.03℃（± 0.76℃），其中於凌晨 3 時至早上 9 時的水溫低於土溫，如此的溫差也使水際出現薄霧成層，空氣中的氧氣亦難以溶進水中，此時即便利用水車打氣也無法提高水中溶氧，反而因為水體亂度之增加，使水中溶氧溢散至大氣中，從而降低水體溶氧量，因此極易發生池魚浮頭狀況。我們在該養殖池測得之水溫日均溫為 29.50±0.72℃。10 月測得的養殖池水溫呈現穩定狀況，溶氧均值則為 3.63 mg/L（± 3.32 mg/L）（圖 6），主要是因日夜溫差大，夜晚水溫高過氣溫，養殖水域極易形成水溫梯度分層，因此自夜間 9 點至隔天早晨 7 點，其溶氧均低於 2 mg/L。

圖 4 清晨溶氧低時，魚群會群聚於進水口附近



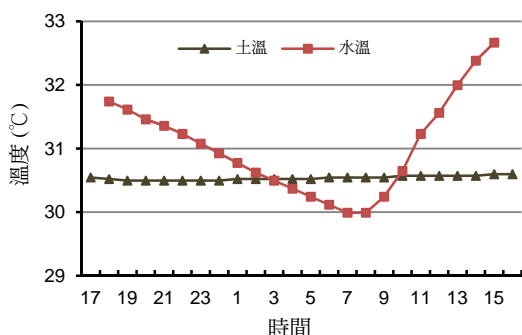


圖 5 9月下旬屏東某吳郭魚養殖池 24 小時中的水溫與土溫變化

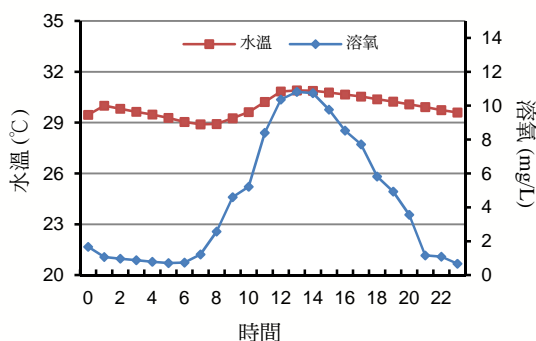


圖 6 10月上旬屏東某吳郭魚養殖池 24 小時內的水溫與溶氧變化

結論與建議

由目前所得的數據顯示，水溫及溶氧會隨著季節波動變化，一般來說，溫度越高，水中溶氧量越低，尤其在高溫的夏天，因為水溫高，導致水生生物的代謝率增加，耗氧量增大，使得水域中溶氧量更易下降。而於冬天，因為水溫低，生物代謝率低，水中溶氧相對較高。此外天氣悶熱、氣溫高、氣壓低的情況下，也會導致水體中氧氣的飽和溶解度降低。在水體的溶氧量低於該水域的飽和溶解度之前，可利用水車打氣增加水域的

溶氧量，然而當水域溶氧到達飽和時，持續運轉水車，除造成電力無謂的耗損外，對於水中溶氧的增加幫助有限。

在外界溶氧條件不利養殖環境時，也需注意水車所擾動之水層深度有限，除應設法增加水車擾動深度破壞水溫分層外，亦應由其他方式增加水域溶氧量，如大量換水以降低水溫、停止投餌施肥及調整水的濁度等。水的濁度（固體溶解率）越高，溶氧度越低。另外，水色之過與不及亦會影響溶氧：水色過深，代表水中藻類等浮游生物數量過高耗氧量大，應以撈除或過濾方式除去部分藻類與浮游生物，以降低非目標養殖生物之耗氧量；水色不足則代表水中植物不足，無法生產足夠氧氣以補充水域之溶氧。

溶氧量也有其日週期，白天因水生植物的光合作用產生氧氣，使水域中的氧氣逐漸累積，然於日落後，水生植物的光合作用停止，水生生物仍需進行呼吸作用，因此水域之溶氧逐漸降低，通常在天亮前溶氧會降至最低值，此時最容易發生魚群因缺氧而浮頭的狀況，如魚群在凌晨即出現浮頭狀況，表示此養殖水域已嚴重缺氧，須盡速處理，以避免養殖魚類出現泛池狀況大量死亡。

養殖過程中除了例行管理工作，在炎熱的高水溫期、颱風季節的低氣壓期，應細心巡池，注意養殖池水之水色變化、養殖魚蝦攝食狀況及水域溶氧，高溫期夜間需加強打氣，颱風之低氣壓，易使養殖水域溶氧降低，應觀察氣候變化適時調整餵食量，避免水中殘餌導致水質惡化。水產養殖是日積月累的工作，唯有做好適當的養殖管理，方可永續經營。