



## 臺中市境內水域死魚問題之分析

楊惠玲<sup>a\*</sup>、吳志超<sup>b</sup>、陳建隆<sup>c</sup>

<sup>a</sup>逢甲大學環境科技與智慧研究中心 助理研究員

<sup>b</sup>逢甲大學環境工程與科學系 教授

<sup>c</sup>逢甲大學環境工程與科學系 副教授

### 摘要

臺中市境內包含河川、灌排渠道等水域密布，居民傍水而居，因而每每發生死魚事件，便讓臺中市民對水域水質安全存有疑慮，然而事實上多數死魚事件與氣象有關。過去對於死魚事件的原因紀錄，常包括「水位過低基流量不足」、「溶氧不足」、「水流停滯」及「污染排放」等，然而除了污染排放是在經由追查後發現水體水質或是魚體檢測異常，可確定明確原因外，其他對於造成死魚事件的因素皆僅止於環境狀態描述，未能精確確定實質導致死魚之原因，在原因不明下，便無法施以有效的管理與應變。因此，本研究為釐清確切造成死魚之原因，藉由歷年的死魚資料、水質、氣象數據進行交叉比對分析，發現可定義出數個臺中市境內水域的明確死魚類型，包括「連續低日照無雨」、「潮汐變化」、「季節轉變」、「大雨過後魚隻在高灘上擱淺」、「釣客放生不適用於該環境魚隻」、以及「污染」等，不同死魚原因發生於不同環境條件，釐清各明確條件下所導致死魚問題，將有助於未來死魚預測、預警與防制。

**關鍵字：**死魚事件、潮汐變化、日照不足、季節轉變

---

\* 通訊作者：楊惠玲  
E-mail: tracy.hl.yang@gmail.com





## 壹、緒論

臺中市境內灌溉渠道、排水渠道及河川遍布，水道與民眾比鄰，一旦發生便對民眾生活造成極大的影響，一來擔心導致死魚的原因是否與污染有關，另一方面死魚造成的惡臭與環境衛生問題，也直接影響市民的生活品質。由於死魚事件原因複雜，且依據死魚點位不同，管轄單位便不同，包括有三河局、水利局與農田水利署等，而死魚的清運則又為環保局負責，因此，各單位組成跨單位死魚通報與處理平台，希望在死魚事件發生時，得以最快的速度清除完畢，降低死魚事件對民眾之影響。

臺中市環保局為了釐清並掌握死魚原因，收集 102 年至今的死魚事件資料，彙整成冊，歸納死魚原因包括「污染」、「水位過低」、「溶氧過低」、「氣溫過高或過低」、「水流停滯」、「水門操作」等(圖 1)，然而「水位過低」為當下環境狀態，其可能讓死魚事件容易發生，但並非低水位便都隨即伴隨死魚事件的發生；「溶氧過低」亦僅只是死魚事件處理過程所檢測得當下的水質，為結果表現，而非起始原因，加上查無原因之事件，事實上，真正能掌握死魚原因者，不到一半。再者，由歷史數據可知，可藉由水質、魚屍檢驗，確定為污染事件的比例僅占 16%，若每當發生死魚事件，便往污染的方向追查，將造成人力物力的浪費，亦失去針對死魚真正的原因對症下藥的機會。是故，了解造成死魚的真正原因是未來死魚防制技術發展的首要工作。

隨著政府推動「Open Data」以及物聯網的蓬勃發展，讓死魚事件不再僅能是事件「結果」的分析，而轉向掌握事件發生前的環境條件變化，為探究臺中市頻繁發生之大規模死魚事件原因，以及尋求解決方式，研究團隊收集歷年死魚事件發生前後的環境參數，與死魚事件交叉比對進行分析，希望找出除了污染之外，大部分死魚事件的真正死魚原因。



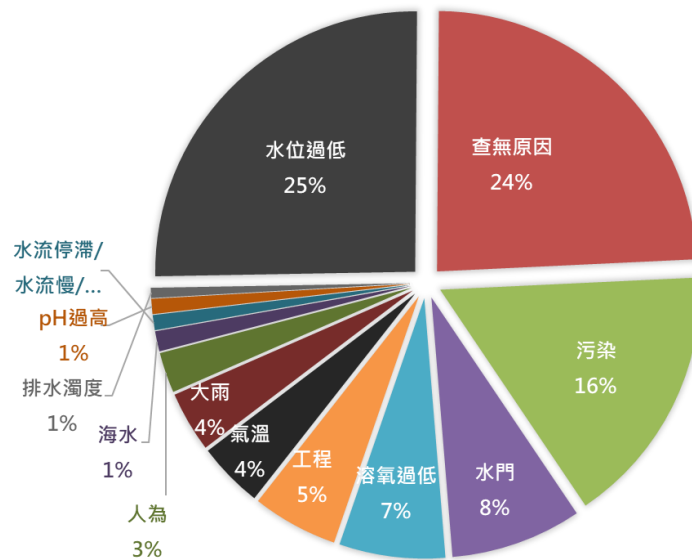


圖 1 臺中市死魚事件發生原因統計

## 貳、文獻探討

魚隻缺氧，為造成魚窒息而死的主因，溶氧高低，取決於溫度、壓力、鹽度、以及水中耗氧量、洪旱的條件變化、沉積物的變化與水污染等，其他因子如大氣中的成分隨降雨直接進入水體、植物根系呼吸與細菌的消耗、金屬化物質的形成、土壤中水相與氣相間的分配、光合作用、呼吸作用、大氣交換的平衡等(Piatka et al., 2021)。Piatka 等人分析了 GLObal River CHEmistry (GLORICH) 數據庫，其中包含 170,369 個溶氧測值，結果顯示河流中的溶氧與水溫、pH 和營養鹽有關。在更大的尺度上，亦受到集水面積、坡度、森林占比和人口密度的影響(Piatka et al., 2021)。

由於生物地球化學氧化還原過程的動力學，通常隨溫度增加，並在 20 至 25 °C 左右達到最佳狀態，溫度升高不僅會降低氧氣的溶解度，還會進一步提高其消耗率。在溫度升高的氣候變化背景下，這種關係可能對淡水生態產生嚴重後果(Piatka et al., 2021)。水中光合作用和呼吸的相對強度可控制晝夜的溶氧含量 (Odum, 1956; Vannote, Minshall, Cummins, Sedell & Cushing, 1980)。除了通過生物過程進行轉化之外，溶氧還作為末端電子受體，用於氧化溶解的物質，包括  $\text{NH}_4^+$ 、S(-II)、Mn(II) 和 Fe(II) (Stumm & Morgan, 1996)，在極端條件下鹼度和碳酸氫鹽對溶氧影響的重要性高於 pH 和 BOD (Tomić, Antanasijević, Ristić, Perić-Grujić & Pocajt, 2018)。



自然界的水中溶氧是一個複雜的、且動態的表徵，溶氧的動態主要涉及物理與生化過程 (Espinosa-Díaz, Zapata-Rey, Ibarra-Gutierrez & Bernal, 2021)。物理過程包括擴散和曝氣，受溫度、大氣壓力和水流動狀況的影響。生化過程則包括污染、營養鹽濃度和生物活性 (Banerjee, Chakrabarty, Rakshit, Bhowmick & Ray, 2019; Nakova, Linnebank, Bredeweg, Salles & Uzunov, 2009)。厭氧條件會促進營養物質 (例如磷 (P)) 從沉積物中釋放到地表水中，從而導致藻類大量繁殖 (Harke et al., 2016)。低氧濃度或厭氧條件對魚類等水生生物的新陳代謝有害 (Zhang et al., 2022)。

溪流和河流中的溶氧循環與湖泊和水庫相比，呈現出不同的季節和晝夜模式，且河流由於其更湍流而顯示出與大氣氧氣的更強交換，並受溪流坡度、流速、溪流寬度和深度以及河床粗糙度的強烈影響 (Ferreira, Jordao, Gonçalves, Dodds & Cunha, 2020; Alin et al., 2011; Raymond et al., 2012)。影響水域上下游溶氧的最大因素是溫度、光照和河流地貌等非生物因素 (Finlay et al., 2011; Song et al., 2018; Vannote et al., 1980; Piatka et al., 2021)。水壩等造成的流速和排水量降低以及氮和磷輸入的增加會導致河流生態系統中的初級產量高和藻類過度生長 (Cheng et al., 2019)。特別是在緩慢流動的系統中，光合作用為造成地表水溶氧過飽和的重要機制。這一過程還取決於溪流和相關水庫和湖泊及其周圍的光照和植被的可用性 (Dodds and Smith, 2016; Parker, Poulson, Gammons & Degrandpre, 2005; Suplee, Sada & Feldman, 2019)。

是故，以往以水位過低、溶氧不足描述死魚之原因，並無法確切反應出問題所在，更難以著手進行防制。

### 參、研究方法

本研究透過由臺中市環境保護局所提供的歷年死魚紀錄，及近二年部分水域的水質監測資料，氣象資料則來自氣象局的開放數據「觀測資料查詢系統」，將死魚資料結合環境數據，交叉比對分析，找出確切的死魚原因。

### 肆、結果與討論

歷年臺中市死魚事件如圖 2 所示，由圖中明顯可見 109、110 年之年度死魚事件分別高達 200~300 件，主要因 109 年下半年到 110 年上半年發生全臺近 50 年來的最大乾旱，水域幾乎乾涸，導致幾乎每天都有死魚事件發生，從每月發生的事件亦可看出，109 年 9 月起至 110 年 5 月，死魚事件較歷年都有異常高的數值。頻繁發生的死魚事件，除了影響民眾生活品質，亦讓管理單位以及清除處理單位疲於奔命，相關死魚原因分析如後。



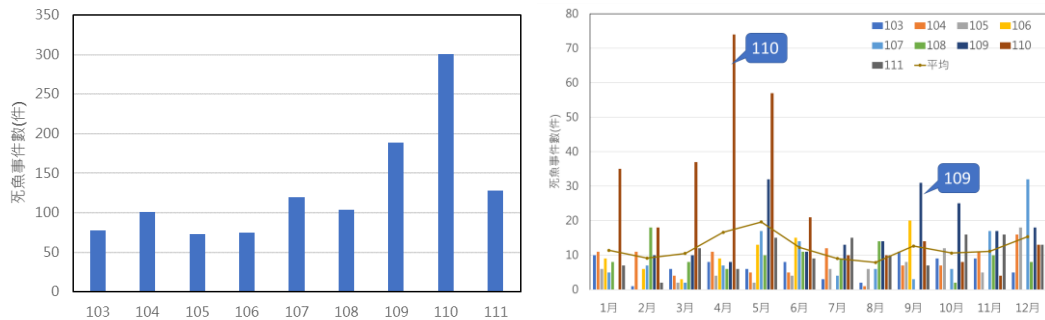


圖 2 臺中市歷年死魚事件統計

### 一、季節轉變型死魚

季節轉變指的是冬春交替及夏秋交替之間，前者發生在節氣「驚蜇」之後，後者則發生在 9 月「白露」節氣之後。分析臺中市歷年 3~4 月的死魚事件(如圖 3)，顯示每年 3/5(驚蜇節氣)後，萬物復甦，環境中致病菌增多，氣象特徵氣溫快速上升至 25°C 以上，土地變暖，加熱底泥釋放厭氧物質(沼氣/硫化氫)，夜晚氣溫低，上冷下熱，釋出更嚴重，其中又以 110 年極度乾旱的季節，此類型死魚事件之發生更是嚴重。受關注之立仁橋則分別在 107、110 及今年 112 年的驚蜇節氣後，皆有發生死魚事件的紀錄，相關可支持論點的文獻說明如下：

蔡利局(2003)之研究說明底泥和表面水交界面以上之河水，因為受到空氣中氧之自由交換作用使水中溶氧量維持在 4.5mg/L 到 6.0mg/L 間，水中 ORP 可維持在 150 mV 以上，隨著底泥深度之增加，底泥孔隙水中溶氧量漸次減少，河水和底泥交界面下 8 cm 處，孔隙水中溶氧量降至 0 mg/L，水中 ORP 降至 -46 mV。越往深處底泥孔隙水中 ORP 最低降至 -288 mV。孔隙水中 ORP 越低溶氧量越小。於厭氧狀態下水中之硫酸鹽還原菌將會把孔隙水中之硫酸根還原成硫化氫。

而江莉琦(2022)之農用渠道底泥重金屬傳輸機制之相關研究顯示河川或湖泊的底泥因環境因子的衝擊、流量的變化，造成底泥原本無氧的狀態有所改變，形成厭氧與好氧交替的環境，同時造成底泥中重金屬的再釋出(Remobilization)到河川水體的情形。當發生暴雨事件或受人為、水生生物擾動時，底泥會再懸浮(Resuspension)，或當底泥環境產生變化(如:氧化還原電位(ORP)、溶氧濃度、酸鹼值、有機錯合劑之存在等)，會導致底泥重金屬再釋出，大幅度增加水中重金屬和不穩定態重金屬的濃度，進



而被水中生物吸收累積，再藉由食物鏈的生物放大作用，對生態環境或人類健康造成危害。

因與底泥有關，相關研究出現在文蛤養殖上，李安進、陳淑美、劉秉忠、林正輝與秦宗顯之研究（2019）說明水中 pH 會影響硫化氫之存在量，pH 7 時硫化氫約佔 60%，pH 6 以下時硫化氫約佔 100%， $HS^-$  幾乎不存在，而 pH 8 以上時，硫化氫幾乎全解離成  $HS^-$  或  $S^{2-}$ 。雖然 pH 越高硫化氫的毒性越低，但是 pH 過高會增加氫的毒性。硫化氫的毒性隨水溫升高而增加。ORP 越低時，代表池底有機污染物質越多，而池底也越容易產生低溶氧或無氧的還原狀態。ORP 值的變化反應底土中有機物含量。有機物會因厭氧微生物的分解產生還原物質及酸化，產生硫離子 ( $S^{2-}$ ) 與亞鐵離子 ( $Fe^{2+}$ ) 造成底土黑變，而使 ORP 值下降。ORP 值在  $-150\text{ mV}$  以下時，會產生還原性的有毒物質硫化氫或甲烷。其研究數據亦顯示 3 月~4 月池底溫度急速上升，pH 明顯下降，氧化還原電位亦明顯下降。

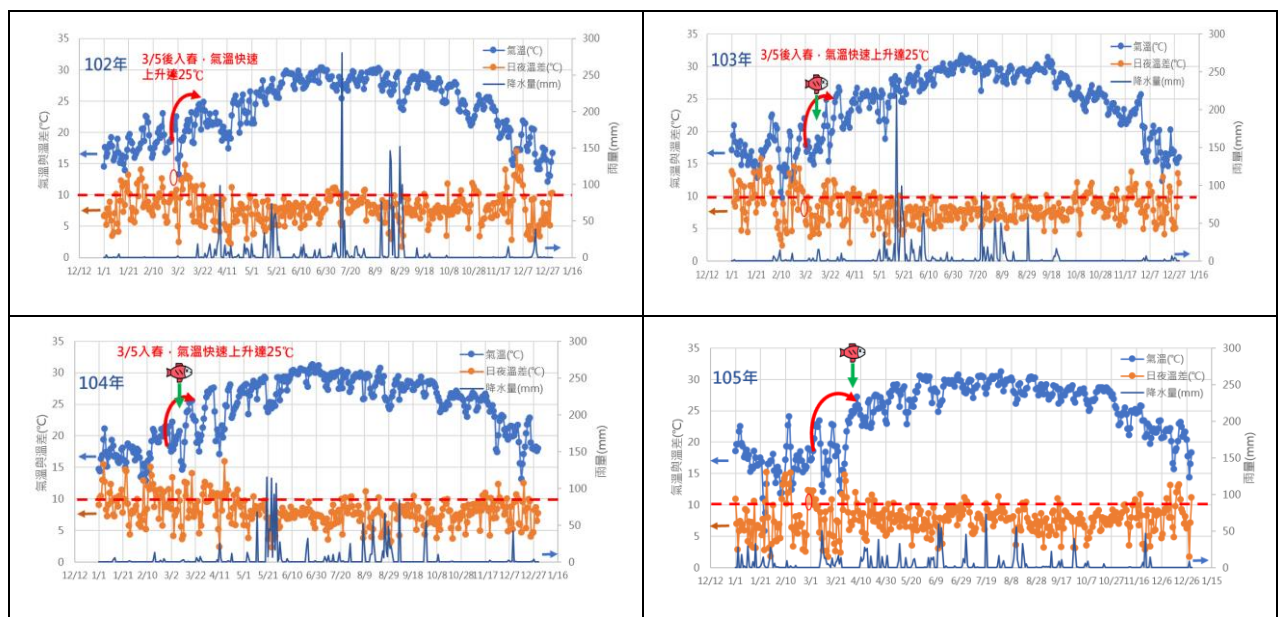


圖 3 歷年 3~4 月季別轉變型死魚事件

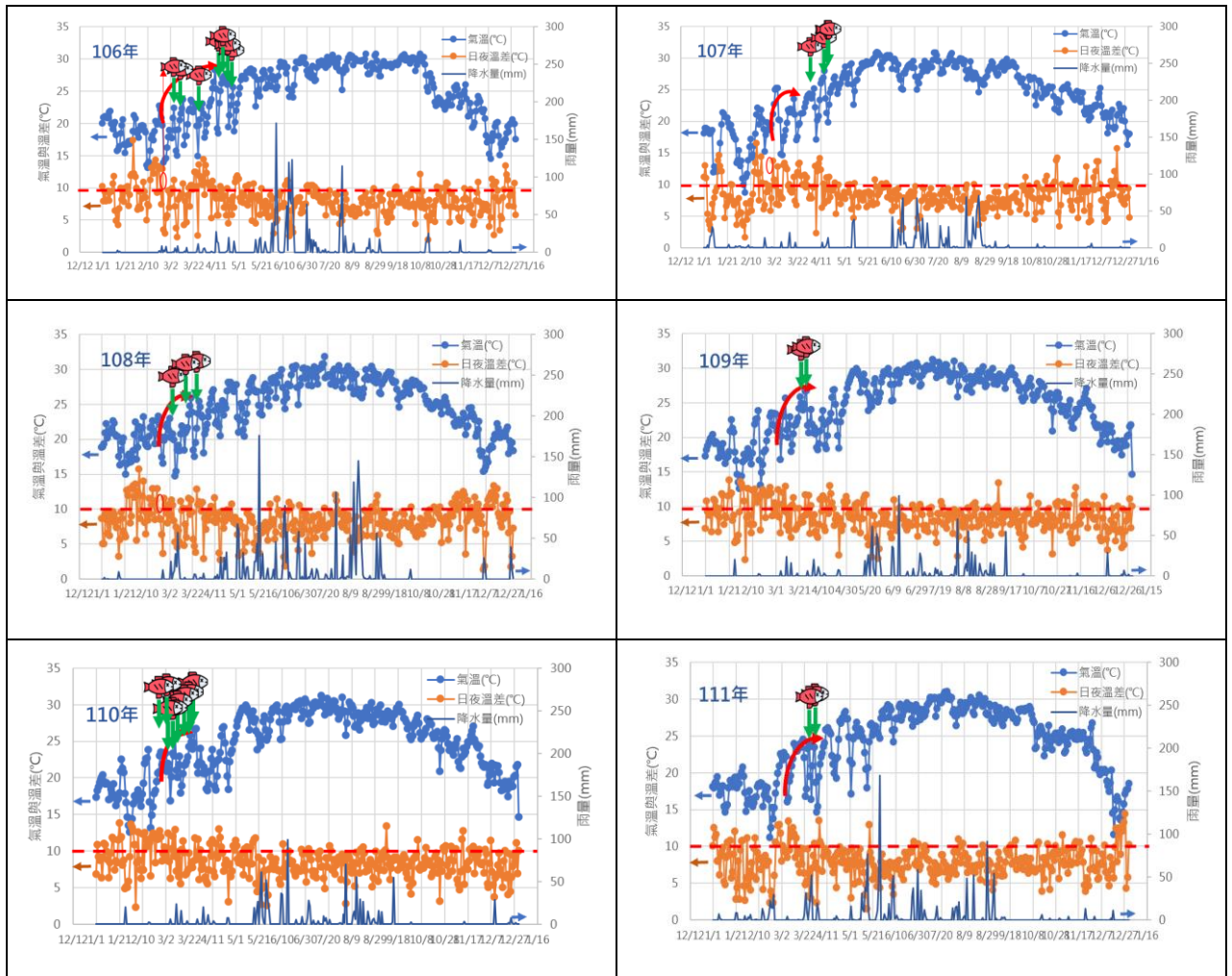


圖 3 歷年 3~4 月季別轉變型死魚事件 (續)

## 二、連續低日照無雨

連日日照不足為造成臺中市水域死魚事件之最常見原因，由於多數水域呈現白天溶氧高，夜晚溶氧低之特性，主要因白天水中植物、藻類行光合作用，提供水域充足溶氧，然至夜晚行呼吸作用，水域溶氧常可降至低於 2 mg/L，相關研究顯示溶氧低於 2 mg/L 持續 48 小時後，吳郭魚便開始有死亡機會。雖每日夜間水域呈現低溶氧，白天經溶氧補充，魚隻尚無缺氧威脅，然一但出現連續陰天，水域持續維持在低溶氧狀態，便可能導致魚隻死亡。





(一) 不同水域，同時間區間發生死魚事件

分析 110 年死魚事件與日照時數關係如圖 4，圖中編號為死魚事件發生時間點，而藍色箭號為降雨標註，發現死魚事件多方生在日照時數降低後，且死魚特性為不同水域點位，在同一時間區間內發生死魚(如表 1 所示)，顯示死魚原因與大環境條件有關。

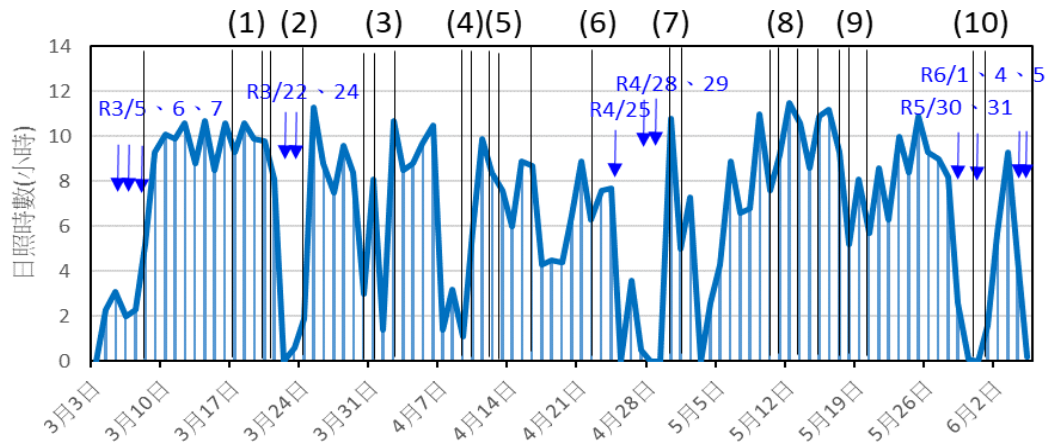


圖 4 110 死魚事件與日照時數關係圖  
(藍色箭號為降雨標註，標號為死魚事件編號)

表 1 110 年低日照有關之死魚事件日期與發生點位

圖 5.2-3 之 事件編號	死魚事件日期	死魚測站
(1)	3/17、3/20、3/21	立仁橋、東大溪協和三橋、公廳溪
(2)	3/25	大山橋
(3)	3/30、3/31、4/2	東大溪協和三橋
(4)	4/9、4/10	林厝幹線、大山橋
(5)	4/12、4/13、4/16	東大溪協和三橋
(6)	4/23、4/24	大山橋、東大溪協和三橋
(7)	4/30、5/1	立仁橋、四塊厝圳
(8)	5/10、5/11、5/13、5/14	大山橋、二重溪上游
(9)	5/17、5/18、5/20、5/21	二重溪上游、五福溪、公廳溪
(10)	5/31、6/1	公廳溪







## (二) 立仁橋之低日照死魚案例驗證

以立仁橋 110 年的死魚事件為例，如圖 5~圖 7 所示，2/3 死魚事件原因未見與日照有關，2/15 SS = 45.2 mg/L 偏高。3/17 死魚事件可能受前面 5 天低日照影響，日照恢復後，溶氧未恢復，可能水域流動性不佳，3/15 SS = 2350 mg/L 過高。4/30 死魚事件可能受前面 5 天低日照影響。5~8 月低日照時可能因有降雨，故無死魚發生。12/1 魚事件可能受前面 4 天低日照影響。12/24 魚事件可能受前面 4 天低日照影響。顯示連續 4~5 天之低日照無雨條件，立仁橋便可能發生死魚事件。

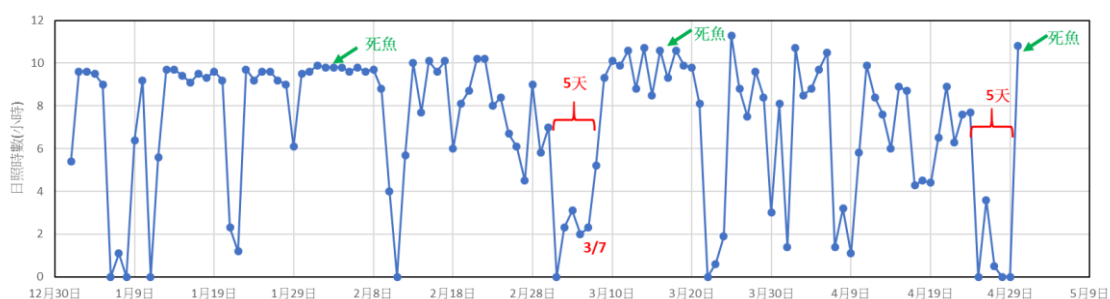


圖 5 110 年立仁橋 1~4 月之死魚事件與日照時數關係

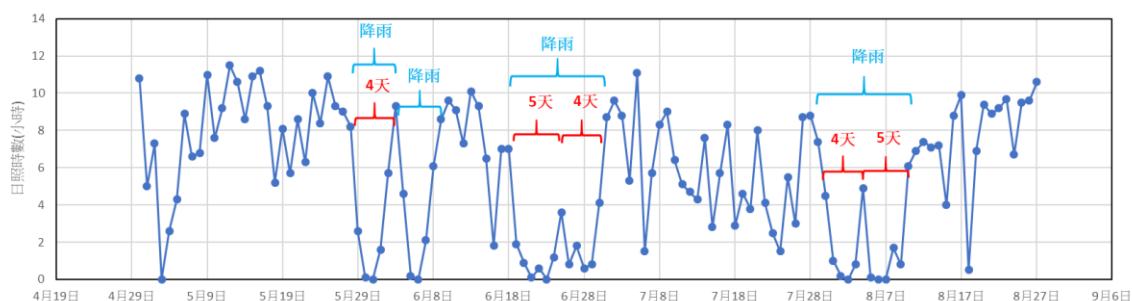


圖 6 110 年立仁橋 5~8 月之死魚事件與日照時數關係

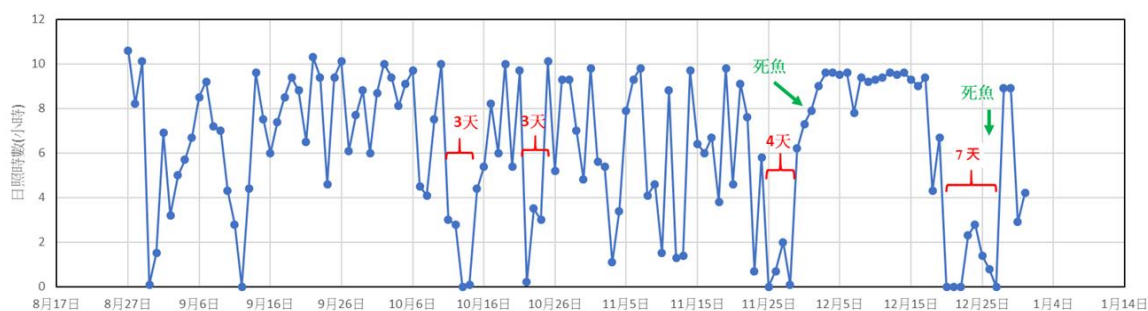


圖 7 110 年立仁橋 9~12 月之死魚事件與日照時數關係



### (三) 立仁橋近三年之死魚特性

深入探討立仁橋死魚事件與日照之關係，圖 8 為 109 年之數據，可見在 4~5 月達連續低日照條件，然而其批次累計降雨量達 15~300mm，平均日降雨量為 5~22mm，降雨解除水域缺氧危機，而 10~11 月之低日照事件，則因無降雨，或降雨量過低，便發生死魚事件。而 7/27 之死魚事件則雖該期間有日照降低之情形，但日照時數仍有達 6 小時，死因則未必為低日照所導致。

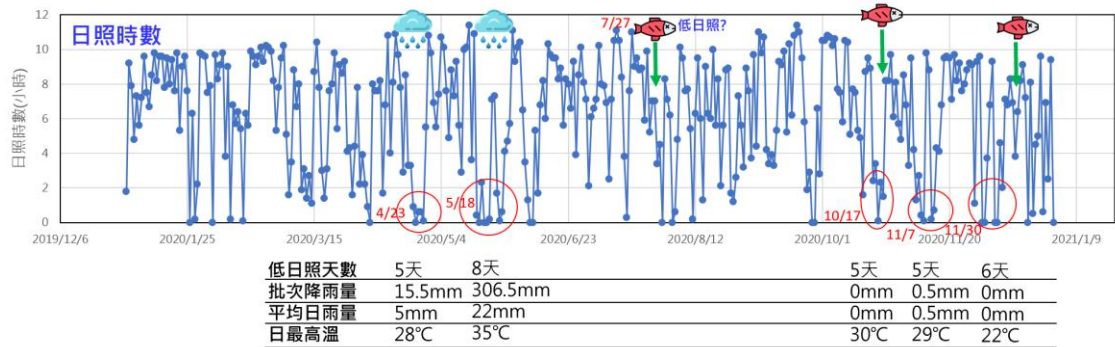


圖 8 109 年立仁橋死魚事件與日照時數、降雨量之關係

圖 9 為 110 年的死魚事件如同前節分析結果，低日照持續天數大於 5 天，且降雨不足，則易發生死魚事件。111 年之數據如圖 10，在年底 10/16 後便有多個低日照區間，且降雨量極低，因而發生死魚事件，而 5/7 連續 7 日低日照，雖批次降雨量達 210mm，但其開始降雨發生在連續低日照第 4 天，且直至第 7 天方降下累計約 50mm 雨量，故未能及時提供足夠的新鮮溶氧，最終仍導致死魚。

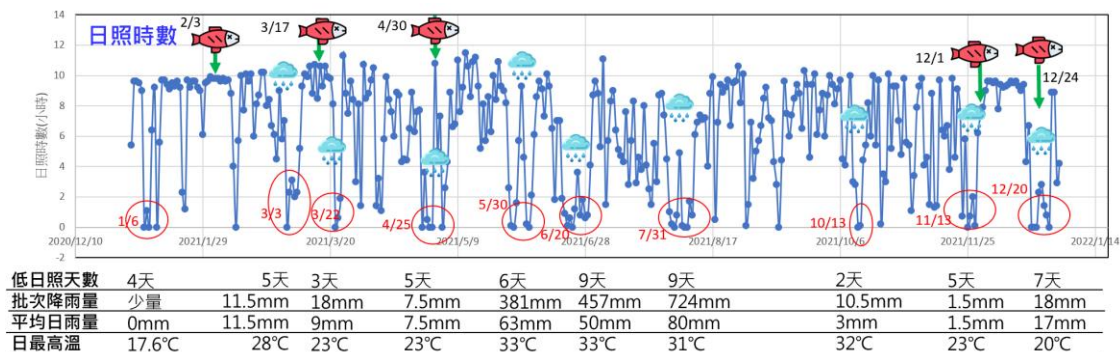


圖 9 110 年立仁橋死魚事件與日照時數、降雨量之關係

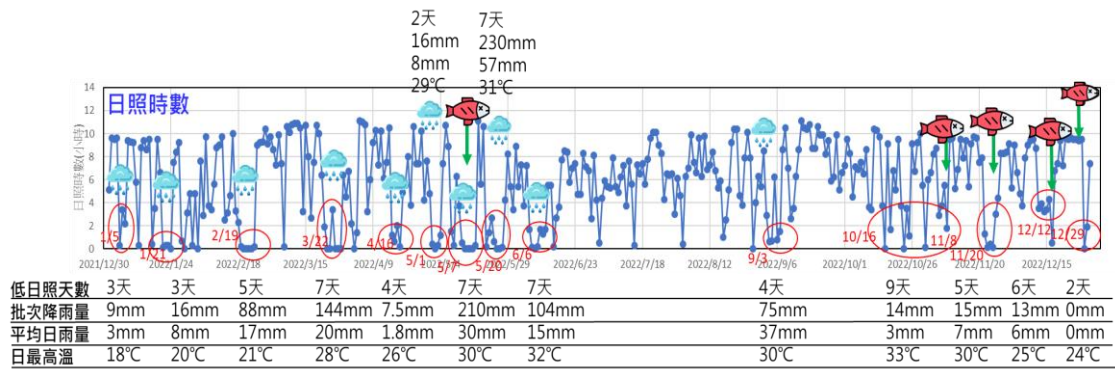


圖 10 111 年立仁橋死魚事件與日照時數、降雨量之關係

(四) 連續低日照之水域魚隻實場表現

有鑑於歷史數據分析結果顯示連續低日照無雨，將導致不同水域同時發生死魚事件，於今年(112 年) 4/6、4/7 出現了連續低日照無雨之條件下(4/6 為連續低日照第 3 天)，實際到立仁橋、四塊厝圳、十三寮排水等易因此因素而死魚的三個點觀察，確實都發現有大量魚隻抬頭缺氧現象(圖 11)，然由於第 4 天開始降雨，而後轉晴，便未發生死魚事件。

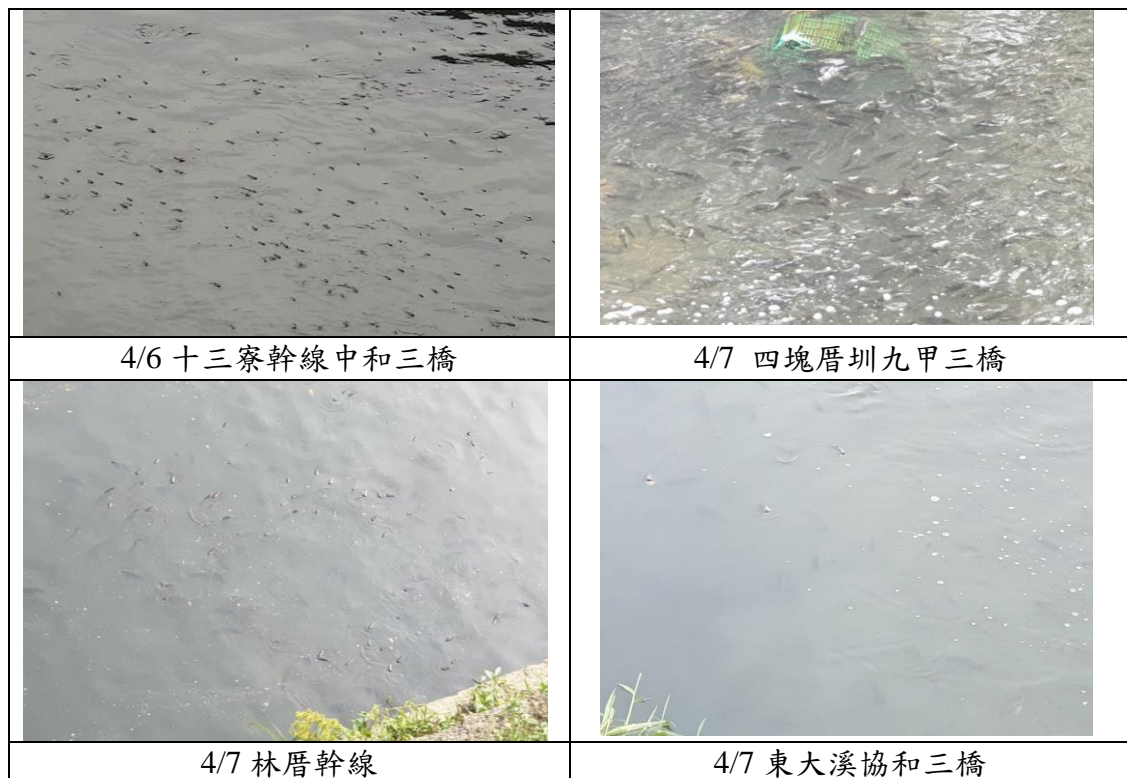


圖 11 112 年 4/6~4/7 之連續低日照無雨下水域魚隻缺氧表現







### 三、潮汐變化

#### (一) 梧棲大排死魚與潮汐關係

分析梧棲大排大興橋至大莊橋段及其下游死魚事件，發現大莊橋死魚多發生在潮差大於±200m，且多發生在最大潮差後，而大莊橋下游則約±150m 即可能發生，多發生在最大潮差前，亦及潮位不需到達最大潮差，即可發生死魚事件(圖 12~圖 14)。圖 15 為 111 年 6/28~10/5 大莊橋導電度與高潮之潮位變化關係，可以發現在 8/13 後，導電度隨潮汐而變，趨勢一致，且該期間發生二次死魚事件，都是在大潮發生當下與其後幾天。另觀察到 8/13 前，導電度與潮汐變化未一致，推測主要因 7/2~7/8、7/15~20、7/30 皆有降雨，是否因降雨涉及下游近出海口處之防洪水門啟閉，或是因上游沖刷導致導電度未隨潮汐變化，則須再進一步觀察。

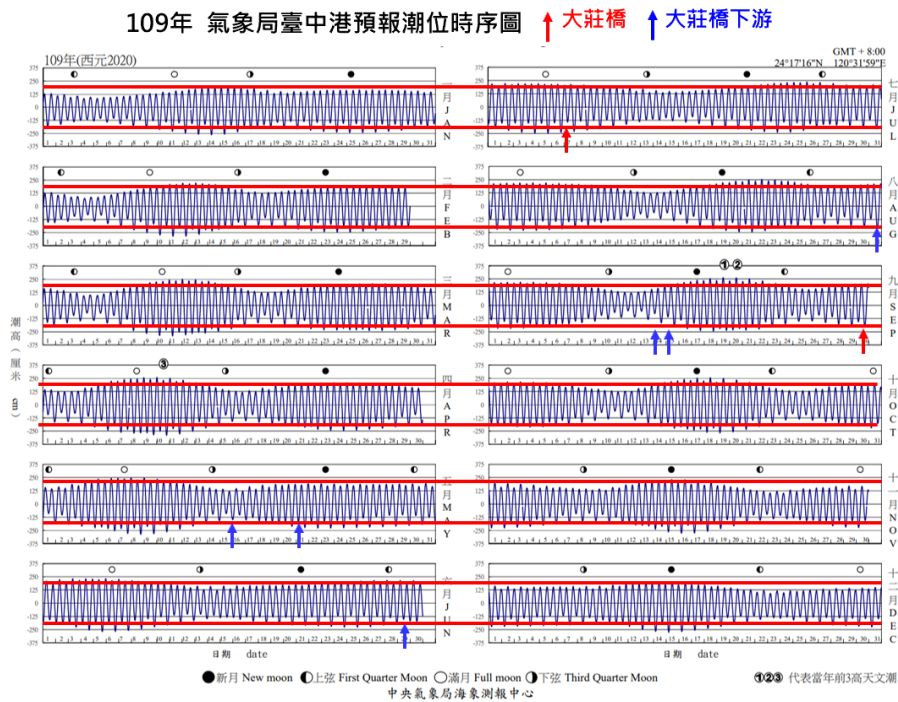


圖 12 109 年中央氣象局預報潮位時序圖與大莊橋死魚事件  
(紅色箭號為大莊橋死魚事件；藍色箭號為大莊橋下游死魚事件)







110年 氣象局臺中港預報潮位時序圖 ↑ 大莊橋 藍色↑ 大莊橋下游

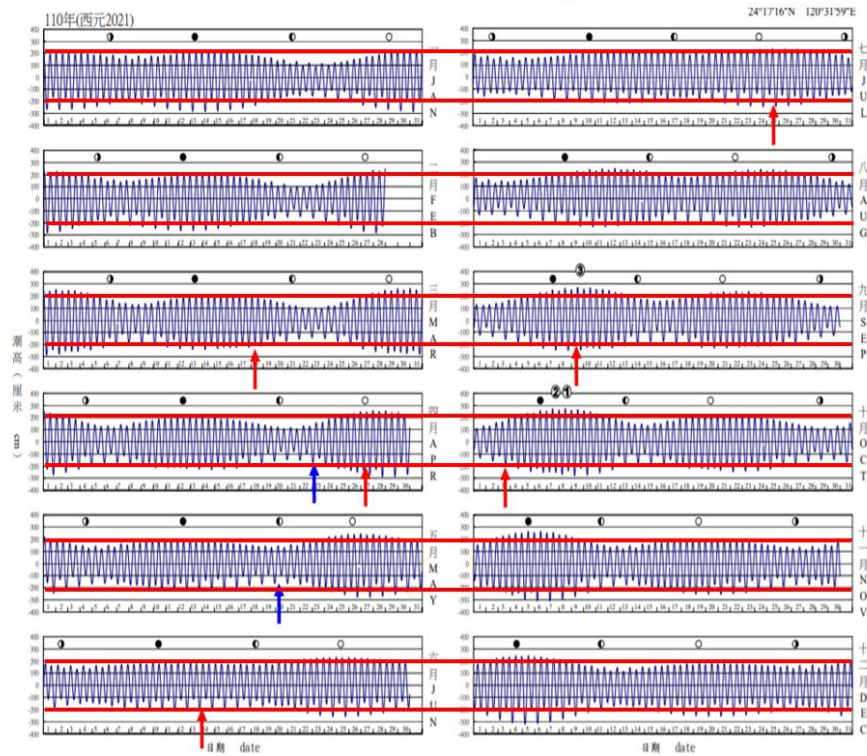


圖 13 110 年中央氣象局預報潮位時序圖與大莊橋死魚事件  
(紅色箭號為大莊橋死魚事件；藍色箭號為大莊橋下游死魚事件)

111年 氣象局臺中港預報潮位時序圖 ↑ 大莊橋 藍色↑ 大莊橋下游

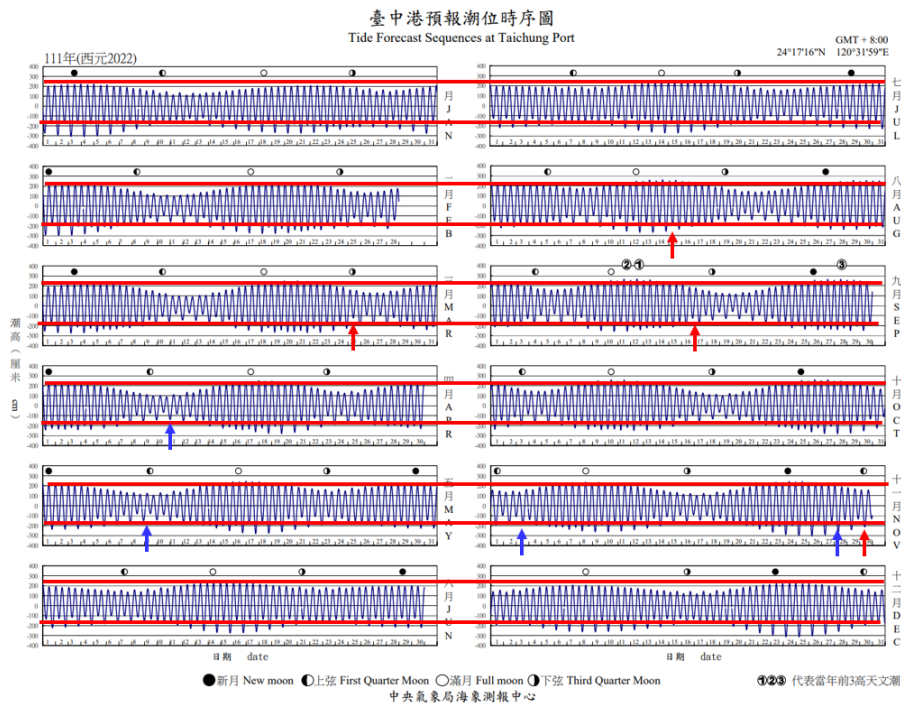


圖 14 111 年中央氣象局預報潮位時序圖與大莊橋死魚事件  
(紅色箭號為大莊橋死魚事件；藍色箭號為大莊橋下游死魚事件)



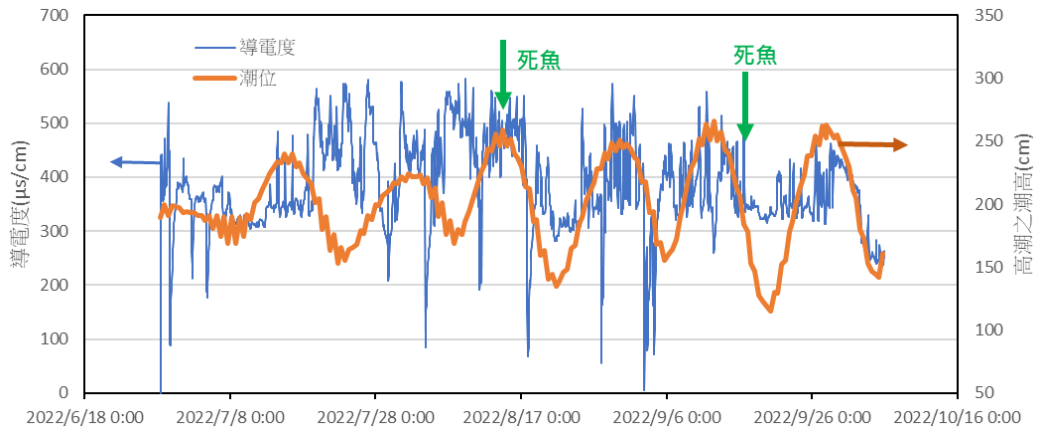


圖 15 111/6/28~111/10/5 大莊橋導電度與高潮之潮位變化關係

梧棲大排平時導電度約 300~500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，大潮時可增加至 500~700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，此導電度變化量雖然明顯，但並不如海水直接入侵之狀況，為了解是否有其他因子，受導電度影響，而間接影響死魚，遂進一步探究導電度與其他水質參數如氨氮、總磷之段應關係，如圖 16(a) 所示，以環保局定期測站大厝橋之氨氮與導電度進行相關分析，結果呈現正相關，相關係數高達 0.614，依據統計學之相關分析理論，相關係數達 0.3 即代表二變數具相關性，而相關係數大於 0.7，則表示二變數高度相關，說明氨氮與導電度趨近高度相關。總磷之表現如圖 16(b)，相關係數較低為 0.364，二變數呈現較弱的相關性，但仍有正相關趨勢。雖導電度增加與大潮有關，而導電度又與氨氮、總磷呈現正相關，考量梧棲大排上游有畜牧業，應為氨氮之重要來源，而總磷可能來自於其匯集的生活污水與農排水，大潮期間海水入侵雖不嚴重，但推測其可能導致排水不順，因而間接影響水中營養鹽的擴散，促進營養鹽的滯留與累積。氨濃度過高會造成氨中毒，會傷害魚的神經系統及影響鰓的功能，導致魚窒息或痙攣可能為造成魚隻死亡的原因。

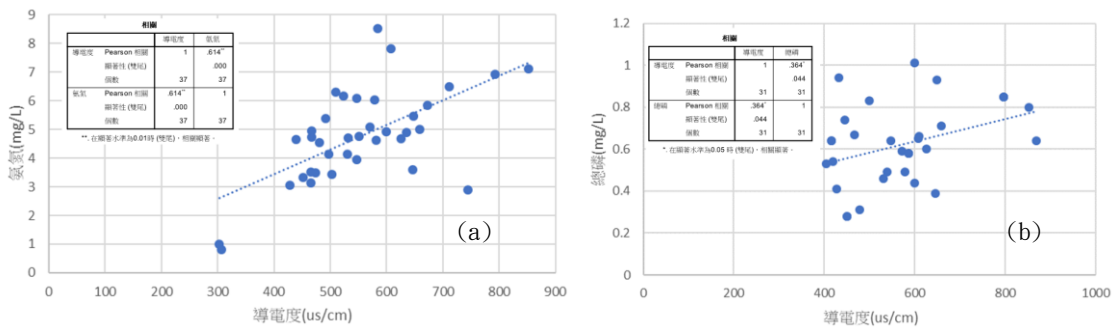


圖 16 下厝橋導電度與氨氮及總磷相關性分析



(二) 潮汐對水質與魚隻之影響效應有二，說明如下：

#### 1. 鹽度變化

雖吳郭魚為廣鹽性魚種，但其在鹽度的適應過程中，生理機能仍須調節得當，方能存活，陳寶蓮（1981）之研究指出，生活於淡水的吳郭魚(*Tilapia aurea*)若直接至海水環境中，則無法忍受此鹽度之急速變化，導致急速嚴重脫水，俟體重損 10% 左右時，即告死亡。根據水產試驗所鹿港分所陳冠如之研究，吳郭魚自鹽度 0、5、10 及 20ppt 馴養過程中，乃以流水方式 1 天內調至 5ppt，接續 3 天內調整至 10 ppt，停留 7 天後，再調至 15 ppt，停留 7 天後，再調至 20 ppt，因此，吳郭魚對鹽度之適應必須循序漸進，至少需歷經 6~7 天以上之馴養，達到不同鹽度需求。而潮汐一日二次漲、退，雖魚隻具有躲避本能，但在大莊橋上游存在一水工跌水堰，跌水堰上游可視為淡水區，大莊橋下游至出海口，便再無跌水堰存在，為感潮帶，此處魚隻因經長時間適應，顯示並無窘迫現象。當跌水堰上游魚隻順流掉落下游，而受到鹽度變化影響，便可能導致不適，影響魚隻健康。

#### 2. 阻礙水流

海水往上漲的趨勢阻礙陸地水域的水往外流，加上出海口水門以防潮及防洪為調節目的，一般處於關閉狀態，僅留小型排水口進行排水，推測大潮時期海水呈現漲勢，導致大排之擴散條件不佳，造成氨氮濃度增加之情形，間接增加死於風險。無論鹽度變化、低溶氧、或是氨氮量偏高等，都是可能是導致此處魚隻陸續死亡的原因。

### 四、大雨過後魚隻魚高灘上擱淺

以 4/17 大雨事件為例，大雨水道水量暴漲，魚隻分布在各水流斷面，而大雨過後，隨著高水流的退去，魚隻被困在水道中的水窪區，水窪逐漸乾涸，便擱淺在水道中的泥灘上。此類死魚事件由於魚隻散落在草叢中，或是卡在各種構造物上，分布範圍大，清除工作十分困難。







圖 17 112 年 4/17 大雨後多處死魚擱淺事件

### 五、釣客放生

以 112 年 3/14 立仁橋的死魚事件為例，本事件特徵在於死魚現場僅發現 3 隻魚屍，魚種特別，非此地常見吳郭魚，現場亦無其他吳郭魚死亡，經魚種辨識，其應為台灣特有種「何氏棘魷」，此魚種主要生活高屏溪以及東部溪流，近年常被釣客移放至不同水域，並造成當地原生魚種消失，新竹縣政府甚至曾發動「清除何氏棘魷釣魚比賽」，主要因該魚種入侵頭前溪，導致該水域之粗首馬口鱖(溪哥)量銳減。

何氏棘魷喜歡棲息於水流稍急、河底為礫石之河段，性活潑，而善跳躍，為不耐受污染魚種，因此立仁橋水質並不適合其生存，推測在釣客放生後隨即死亡。



圖 18 112 年 3/14 立仁橋疑遭釣客放生之何氏棘魷死魚事件現場照片





## 伍、結論

污染的排放，可藉由人為密集的稽查與感測器的輔助來遏止，天氣變化、乾旱與潮汐卻非人為所能控制，藉由感測器裝設、跨領域數據的分析，了解問題的根本，方可能將死魚問題化被動為主動，針對問題做因應，如加強巡守、現地增氧急救、微生物防制、大潮時期水門調節等，亦可提早預警，進行死魚清理的人力備援等工作，一方面追求事件的發生率減少，另一方面提高死魚處理效率，將對民眾所造成的影響減到最低。

## 參考文獻

1. 江莉琦 (2022)。農用渠道底泥重金屬傳輸機制與電解還原法整治技術之研析。行政院環境保護署研究計畫。
2. 李安進、陳淑美、劉秉忠、林正輝、秦宗顯 (2019)。文蛤科學化養殖。水產試驗所特刊 *Scientific Management Practices in Hard Clam Aquaculture*, 26, 19-38。
3. 陳寶蓮(1981)。吳郭魚 *Tilapia awrea* 之鹽度適應研究。國立臺灣師範大學生物學研究所博士論文，未出版，台北市。
4. 蔡利局 (2003)。氧化還原電位對底泥孔隙水中化學物質濃度影響之潛勢。嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告。
5. Alin, S. R., de F´ atima, F. L., Rasera, M., Salimon, C. I., Richey, J. E., Holtgrieve, G. W., Krusche, A.V. & Snidvongs, A., (2011). Physical controls on carbon dioxide transfer velocity and flux in low-gradient river systems and implications for regional carbon budgets. *J. Geophys. Res. Biogeosci.* 116 (G1).
6. Banerjee, A., Chakrabarty, M., Rakshit, N., Bhowmick, A. R., & Ray, S. (2019). Environmental factors as indicators of dissolved oxygen concentration and zooplankton abundance: Deep learning versus traditional regression approach. *Ecological Indicators*, 100, 99-117.
7. Cheng, B., Xia, R., Zhang, Y., Yang, Z., Hu, S., Guo, F. & Ma, S. (2019). Characterization and causes analysis for algae blooms in large river system. *Sustain. Cities and Soc.* 51, 101707





8. Dodds, W. K. & Smith, V. H. (2016). Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in streams. *Inland Waters*, 6(2), 155-164
9. Espinosa-Díaz, L. F., Zapata-Rey, Y. T., Ibarra-Gutierrez, K., & Bernal, C. A. (2021). Spatial and temporal changes of dissolved oxygen in waters of the Pajarales complex, Ciénaga Grande de Santa Marta: Two decades of monitoring. *Science of The Total Environment*, 785, 147203.
10. Ferreira, M., Jordao, C., Gonçalves, J., Dodds, W., & Cunha, D., (2020). Surface reaeration in tropical headwater streams: the dissolution rate of a soluble floating probe as a new variable for reaeration coefficient prediction. *Water Air & Soil Pollution*. 231, 1-15.
11. Finlay, J. C., Hood, J. M., Limm, M. P., Power, M. E., Schade, J. D. & Welter, J.R. (2011). Light-mediated thresholds in stream-water nutrient composition in a river network. *Ecology*, 92 (1), 140–150.
12. Harke, M. J., Steffen, M. M., Gobler, C. J., Otten, T. G., Wilhelm, S. W., Wood, S. A, & Paerl H. W. (2016). A review of the global ecology, genomics, and biogeography of the toxic cyanobacterium *Microcystis* spp. *Harmful Algae*, 54, 4-20.
13. Nakova, E., Linnebank, F. E., Bredeweg, B., Salles, P., & Uzunov, Y. (2009). The river Mesta case study: A qualitative model of dissolved oxygen in aquatic ecosystems. *Ecological informatics*, 4(5-6), 339-357.
14. Odum, H. T. (1956). Primary production in flowing waters 1. *Limnology and Oceanography*, 1 (2), 102–117.
15. Parker, S. R., Poulson, S. R., Gammons, C. H. & Degrandpre, M. D. (2005). Biogeochemical controls on diel cycling of stable isotopes of dissolved O<sub>2</sub> and dissolved inorganic carbon in the big Hole River, Montana. *Environ. Sci. & Technol.* 39(18), 7134-7140.
16. Piatka, D. R., Wild, R., Hartmann, J., Kaule, R., Kaule, L., Gilfedder, B., Peiffer, S., Geist, J., Beierkuhnlein, G. & Barth, J. A. (2021). Transfer and transformations of oxygen in rivers as catchment reflectors of continental landscapes: A review. *Earth-Science Reviews*, 220, 103729.
17. Raymond, P. A., Zappa, C. J., Butman, D., Bott, T. L., Potter, J., Mulholland, P., Laursen, A. E., McDowell, W. H. & Newbold, D., (2012). Scaling the gas transfer velocity and hydraulic geometry in streams and small rivers. *Limnology and Oceanography: Fluids and Environments*. 2(1), 41-53.





18. Song, C., Dodds, W. K., Rüegg, J., Argerich, A., Baker, C. L., Bowden, W. B., Douglas, M. M., Farrell, K. J., Flinn, M.B., Garcia, E. A., Helton, A. M., Harms, T. K., Jia, S., Jones, J. B., Koenig, L. E., Kominoski, J. S., McDowell, W. H., McMaster, D., Parker, S. P., Rosemond, A.D., Ruffing, C. M., Sheehan, K. R., Trentman, M. T., Whiles, M. R., Wollheim, W. M. & Ballantyne, F. (2018). Continental-scale decrease in net primary productivity in streams due to climate warming. *Nat. Geosci.* 11(6), 415-420.
19. Stumm, W. & Morgan, J. J., (1996). *Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*. Wiley-Interscience, New York.
20. Suplee, M. W., Sada, R. & Feldman, D.L. (2019). Aquatic plant and dissolved oxygen changes in a reference-condition prairie stream subjected to experimental nutrient enrichments. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*. 55(3), 700-719.
21. Tomić, A. Š., Antanasijević, D., Ristić, M., Perić-Grujić, A., & Pocaajt, V. (2018). A linear and non-linear polynomial neural network modeling of dissolved oxygen content in surface water: Inter-and extrapolation performance with inputs' significance analysis. *Science of the Total Environment*, 610, 1038-1046.
22. Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37 (1), 130-137.
23. Zhang, W., Rong, N., Jin, X., Meng, X., Han, S., Zhang, D., & Shan, B. (2022). Dissolved oxygen variation in the North China Plain river network region over 2011–2020 and the influencing factors. *Chemosphere*, 287, 132354.





# Analysis on The Occurrence of Fish Deaths in Taichung City

Hui-Ling Yang<sup>a\*</sup>、Chih-Chao Wu<sup>b</sup>、Jiann-Long Chen<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Research Institute for Environmental Intelligence Technologies, Feng Chia University

<sup>b</sup> Department of Environmental Engineering and Science, Feng Chia University

## Abstract

Taichung City is densely covered with rivers, irrigation and drainage channels and other water areas. Over the years, large-scale dead fish incidents have occurred frequently in various water areas, which has exhausted the relevant management units of the water areas and made Taichung citizens have doubts about the water quality safety of the water areas. In the past, the causes of dead fish incidents were often recorded, including "low water level, insufficient base flow", "stagnation of water flow", and "pollution discharge". However, except that the pollution discharge was found to be caused by abnormal water quality or abnormal fish body detection after investigation, the other factors that caused the dead fish incident were only described in the environmental state, and the actual cause of the dead fish could not be determined accurately. Therefore, in order to clarify the exact cause of the dead fish, this study conducted a cross-comparison analysis of the dead fish data, water quality, and meteorological data over the years, and found that several clear dead fish types can be defined in the waters of Taichung City, including "continuous less of sunshine without rain", "salinity changes in the tidal zone", "seasonal changes", "fish stranded on high beaches after heavy rain", "irrigation water gate adjustment", "fish not suitable for the environment released by fishermen", and "pollution". The causes of fish occur in different environmental conditions. Clarifying the problem of dead fish under each specific condition will help in the prediction, early warning and prevention of dead fish in the future.

**Keywords:** Fish Deaths, Tide Change, Less of Sunshine, Season Change

---

\* E-mail: tracy.hl.yang@gmail.com

