



臺灣南部重要養殖生產區水質長期監測概述

許自研、吳豐成 / 水產試驗所東港養殖研究中心

前言

臺灣的養殖漁業發展成熟，尤其以臺灣南部沿海地區最為集中，包括臺南市、高雄市與屏東縣，長期以來為我國養殖漁業的核心生產區，其盛產的石斑魚、虱目魚、文蛤與蝦蟹類等水產品，不僅支撐地方經濟，更在國內外市場具有重要地位。根據農業部漁業署統計年報顯示，2023年臺南市內陸養殖漁業產量近7.2萬公噸，產值約新臺幣76億元，其中吳郭魚及虱目魚產量約佔全國半數；屏東縣養殖產量約3萬公噸，產值超過77億元，為石斑魚及泰國蝦的主要產地；高雄市亦貢獻約2.9萬公噸產量，產值達37億元，以鱸魚、虱目魚及石斑魚為大宗。三縣市合計產量佔全臺養殖總量的五成以上，產值逾190億元亦破全臺產值六成，臺灣南部養殖區的發展，不僅緩解我國周邊海洋生態壓力，更為國人飲食提供可靠的蛋白質保障，凸顯南部地區在養殖產業的關鍵角色。

近年來，氣候變遷帶來的極端天氣頻發，對南部養殖區造成顯著衝擊。例如，颱風與豪雨導致水質急劇變化，低溶氧事件頻繁發生，直接威脅養殖生物活存率；而乾旱則使鹽度升高，影響淡水與海水養殖的平衡。根據研究，極端氣候事件自2000年以來增加約30%，對南部養殖產業的穩定性構成嚴峻挑戰。此外，人為活動如土地開發、家庭汙水、工廠廢水及農業排水等，進一步加劇臺灣沿岸周邊海域水

質壓力，使得科學化的水質管理成為永續經營的迫切課題。

養殖業有句名言：「養魚先養水」，但即使水質養好了，仍需持續維護。水產生物鎮日生活在水中，水質管理在生產過程中自然扮演著重要角色。傳統的養水和水質管理方式，主要依賴肉眼觀察和現場實踐經驗判斷，並憑直覺進行處理，缺乏科學數據的支撐，面對多變的氣候難以應對。由於養殖產業的成功高度依賴水質的穩定性與適宜性，諸如溶氧、水溫、酸鹼值、氧化還原電位及鹽度等關鍵參數，皆將直接影響養殖生物的生長健康與收成產量。

有鑑於此，本所自2021年開始執行水質長期監測站建置計畫，陸續在高雄、屏東及臺南擇定養殖魚塭設立多處站點，持續記錄魚塭溶氧、水溫、酸鹼值、氧化還原電位與鹽度等重要參數，累積長期數據以探討南部養殖區水質的動態變化，並與天候因素進行交互比對，本所期望能藉由此填補南部養殖區長期水質研究的資料缺口，為養殖業者與政策制定者提供科學依據，以提升產業韌性與永續發展貢獻心力。

監測站基本資料與監測方法

本研究之監測站建置之初於2021年由國內已進行友善養殖和漁村再造之社區中挑選，分別為高雄市永安區新港社區（下稱永安）及屏東縣枋寮鄉新龍社區（下稱枋寮），並在每個



社區中挑選傳統養殖及轉型養殖模式各 1 處，2023 年於臺南北門地區（下稱北門）再增設 2 處監測站，2024 年再於臺南北門及屏東枋寮地區各增設 1 處監測站，迄今共有 8 處監測站，監測站描述資料如表 1。

所有養殖監測站均架設民間公司生產之智能水質監測系統（圖 1），進行水質連續自動監測。該設備主體為 1 台置於防水盒內的系統主機，由上方裝備之太陽能板進行供電，無須架設電線或定期充電，設備主體以救生圈或

箱體作為浮台，漂浮在養殖池水面。設備皆配有 4 支感測器，測量水深約在 10 – 20 cm 之表水層，每 5 分鐘測量 1 筆數據，記錄水溫、溶氧、酸鹼值、氧化還原電位、鹽度等水質資料，並以無線通訊技術將資料傳送到主機，再由整合平台系統進行數據彙整，人員可透過手機或電腦登入系統掌握即時數據，當數據異常時可主動查知或透過 APP 推播、語音或簡訊進行預警通知，協助養殖戶針對狀況進行應變處置，避免損失發生。本研究收集之氣象數據

表 1 監測站養殖條件與設施資訊

監測站名稱	養植物種	水質管理	放養量	飼料投餵與添加物	硬體設施與操作
永安 傳統養殖	石斑魚	海濱抽海水，添加益菌，每週換水 20%	3,000 尾 4 分池 (3 斤成魚)	混用生餌及含益生菌飼料	土池，水深 160 cm，3 台一般水車，依經驗調整開關
永安 轉型養殖	石斑魚	用 LNG 接收站冷排水，每日換水 20%	3,000 尾 2 分池 (5 斤成魚)	生餌（下雜魚）	水泥硬池，水深 300 cm，3 台節能水車，自動定時開關
枋寮 傳統養殖	石斑魚	海濱淺表層海水 + 地下淡水，持續流水，每日換水 10%	1.5 萬尾 1 分池 (高密度)	商用飼料混乳酸菌	水泥硬池，水深 240 cm，5 台一般水車，持續運作
枋寮 轉型養殖	石斑魚	抽淺表層海水，定期潑灑酵母菌，每週換水 3 次，每次 40%	1.2 萬尾 1.5 分池 (低密度)	添加大蒜、薑黃或枯草桿菌飼料	水泥硬池，水深 160 cm，5 台節能水車，自動定時開關
北門 傳統養殖	虱目魚 白蝦	依蒸發補地下水，每月換水 1 次	虱目魚 2 萬 + 白蝦 4 萬 2 分池	噴料桶，20 kg/天，添加大蒜、薑黃或枯草桿菌飼料	土池，水深 200 cm，3 台節能水車，24 小時開啟
北門 轉型養殖	虱目魚 白蝦	依蒸發補地下水，定期潑灑酵母菌，每週換水 3 次，每次 40%	1 萬尾 1 甲 3 分池 (低密度)	噴料桶，08:00-16:00 添加大蒜、薑黃或枯草桿菌飼料	土池，水深 300 cm，4 台節能水車 + 2 台圓鼓，19:00-10:00
枋寮 光電設施 旁養殖	龍膽 大龍虎斑	海水（岸邊埋井抽取），24 小時進出水，添加光合菌 20 L/月、枯草菌 200 g/週	2,000 尾 0.6 公頃 (15-40 台斤)	3 天 1 次生餌	水泥硬池，水深 150 cm，6 台水車，24 小時開啟
北門 光電設施 旁養殖	虱目魚 白蝦 烏魚	海水 + 雨水 + 地下水，2-3 個月換水 1 次，添加光合菌 20-40 L/月	虱目魚 1.2 萬 + 白蝦 50 萬 + 烏魚 500 尾 1.3 公頃	白天 07:00-15:00 晚上 21:00-23:00	土池，水深 300 cm，2 台翻轉水車 + 4 台鼓輪，白天 2 台，晚上全開



來源係利用中央氣象局所建置的觀測資料查詢系統 (CODiS) 匯集鄰近 3 處養殖區監測站之氣象站：永安 (C0V620)、枋寮 (C0R660) 及北門 (C0X290)。主要參考的項目為氣壓、氣溫、降雨量，可進一步瞭解外在環境變化並比對水質數據後進行現場操作。

本研究在 8 處監測站分別架設雲端攝影機 (圖 2 右)，提供養殖池環境即時監測影像及定期 (10 分鐘) 撷取影像儲存於雲端伺服器並上傳至資料庫內，可透過監測系統網頁或是手機 APP 進行查閱，以利研究人員在氣候變化或水質異常時，觀察養殖生物是否有異常現象 (浮

頭、躁動、泛池等)，進而瞭解影響因素，亦可查看水質監測設備是否安置正常，記錄現場管理人員操作過程 (水車啟動與否、投餵時間等)。與此同時，8 處監測站皆架設現場水質資訊看板 (圖 2 左)，可即時顯示目前水質各項數據狀況，提供管理者及鄰近養殖戶觀測參考，當天氣條件不佳時，可透過水質資訊看板提醒社區養殖人員應注意自身養殖池情況，以達防災預警作用。

由於設備長期浸泡於海水環境中，極易遭受有機物質、微生物、絲藻、甚至藤壺等生物附著並造成監測數據異常，或有可能嚴重損壞，



圖 1 民間公司生產之智能水質監測系統主機



圖 2 左：水質資訊看板；右：雲端攝影機



且測站地點鄰近戶外海濱，長年經風吹日曬雨打，對於主機、看板及攝影機等設備來說環境相當嚴苛，為確保所有設備正常運作，本研究分別委由養殖池現場人員及水質監測儀器公司工程師定期前往監測站進行水質監測設備清潔校正，頻率為每月 4 次，必要時本所研究人員亦會到場巡視並與場主交流互動，以確保水質數據正常準確。

結果與討論

一、日常與天災期間養殖池水質變化

近年來監測結果顯示，在平日氣候穩定情況下，水質參數如溶氧、水溫、pH 皆會受到日照影響，而有規律性變化（圖 3），而鹽度部分則取決於進水水源及換水頻率，即便短時間內遭逢強降雨，只要規劃好排除表層雨水的管路並適當的加高水位，關閉水車，通常鹽度變化不會過大（圖 4）；至於氧化還原電位則與日常飼料投餵與底質管理有關，只要充分曝氣增氧並定期添加益生菌分解底部有害物質，一般都會落在正常範圍內。

2024 年 1 月寒流期間臺南北門最低氣溫約為 10 – 12°C，高雄永安及屏東枋寮地區水溫也隨之降低，但由於比熱的關係水溫的變動不如氣溫那麼大，且因寒流持續時間不長且無大量降雨，對測站養殖池的水溫影響不大。回顧 2024 年凱米颱風、山陀兒颱風及康芮颱風侵臺，三次颱風路徑靠近高雄及屏東地區期間，皆可發現監測站水溫隨著強風、降雨及日照減少而顯著降低，同時因池中微藻光合作用減少，影響溶氧及酸鹼值，為避免儀器損壞，颱風登陸後因風強雨驟，已將設備搬上岸避颱，故無彼時監測數據（表 2）。

二、系統優化及功能擴充

（一）新增【比對鄰近氣象站數據】

本研究鑑於過去面臨氣象數據與水質數據難以對應的問題，2024 年特別與設備廠商合作，透過資訊技術手段，自動抓取鄰近養殖池監測站氣象署公開之氣象站資料，由於是網路公開資訊不需要額外申請或是付費，且能有效獲取氣象參數並結合本研究設置之水質監測數據，進行即時的顯示與後續研究分析比對（圖

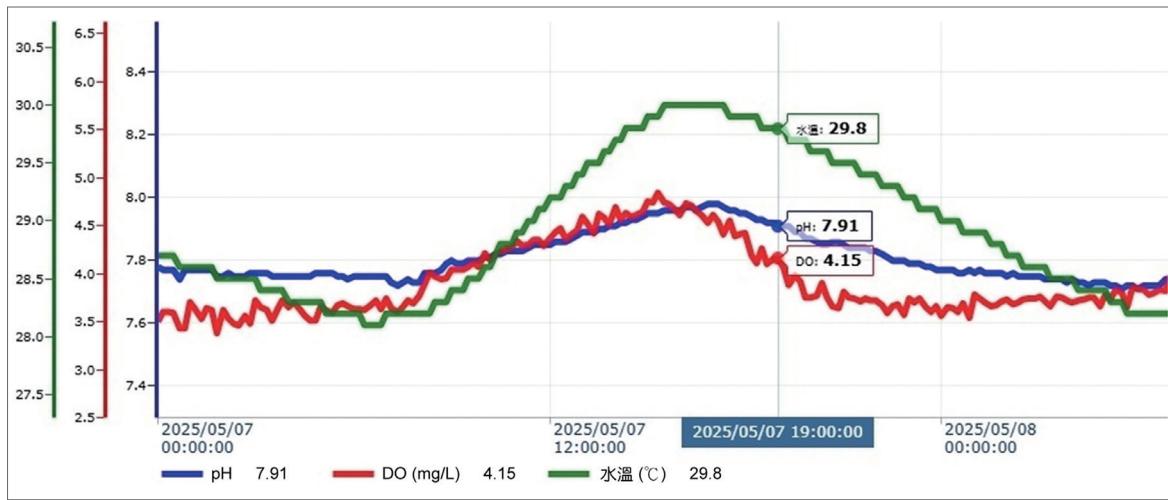


圖 3 養殖池溶氧、pH 及水溫於正常情況下有其規律性而顯得相對穩定

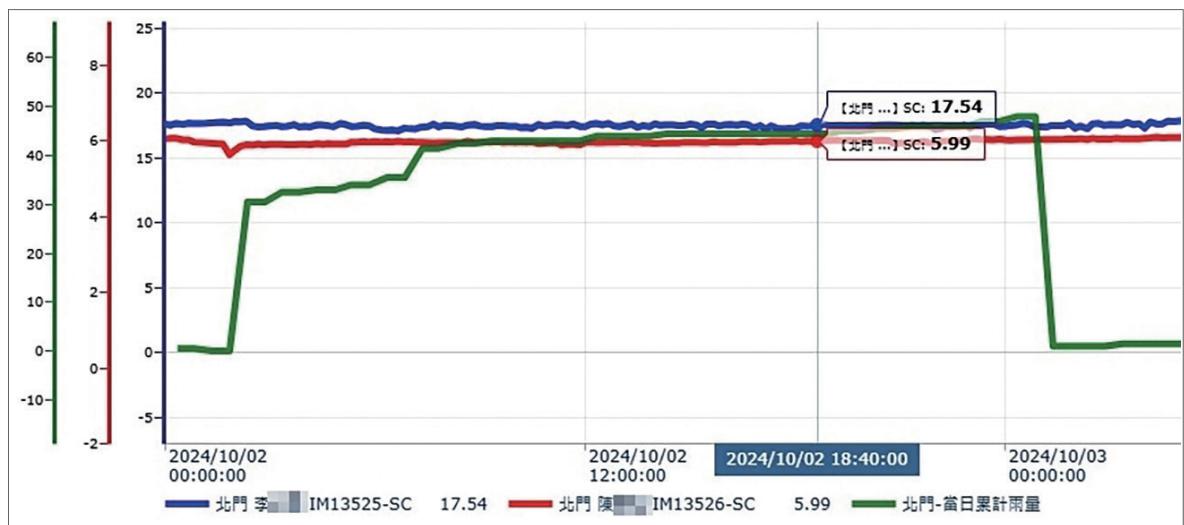


圖 4 2024 年 10 月初枋寮大量降雨而該處監測站所測鹽度穩定沒有明顯下降跡象

表 2 2024 年主要颱風登陸資訊

颱風名稱	日期	強度	登陸點	影響範圍	主要影響
凱米	7/22-7/26	中度	宜蘭縣南澳鄉	全臺，特別是北部及東部	帶來強風豪雨，北部降雨量破紀錄，引發淹水、山崩，交通中斷，部分地區停班停課。
山陀兒	9/29-10/4	強烈	高雄市小港區	南部、東部及西南部	暴風圈接觸恆春半島，屏東、臺東、高雄受創，10月 2 日登陸，持續降雨致災，停班停課。
康芮	10/29-11/1	強烈	臺東縣成功鎮	全臺，特別是東部及北部	57 年來首個 11 月登陸颱風，暴風半徑大，強風豪雨致交通停擺，部分地區撤離作業。

5)。首先在該系統介面上以監測站為單位，同時顯示水質數據、現場畫面（結合雲端攝影機即時捕捉現場畫面）以及鄰近氣象站之氣象參數，可讓使用者（養殖戶、研究人員）得知同一時間的養殖情形，同時還可以直接拉選氣溫與水溫、累積雨量與鹽度等各種參數相互對照，因為過去本研究所採用的水質監測設備與雲端攝影機及氣象站為不同系統，必須分開抓取整合，非常耗費時間與人力，透過協調合作反饋使用者操作經驗，可進一步優化系統。

（二）新增【自動截圖上傳資料庫功能】

由於監測站養殖池現場狀況多變，除了天氣變化以外，日常人為投餵管理操作，機械設備啟閉或是不同養殖階段的管理措施，都會造

成水質發生變動，而如果單看數據其實無法反映出當時現地發生了甚麼事件導致某水質指標產生波動，除了無法解釋數值以外也可能進行錯誤解讀。但影片檔案容量過於龐大，無法長期進行儲存，如果能在短時間內（例如 5 分鐘一張）透過截圖保存，便能兼顧原始資料收集儲存與硬體設備技術規格困境，對後續研究需要瞭解此情此景所需非常有幫助。本研究團隊更協調設備廠商，將現有的現場影像管理系統再進一步升級，積極開發影像自動定時截圖軟體，並以檔案傳輸協定 (file transfer protocol, FTP) 方式傳回本中心所建置之主機伺服器，再透過應用程式介面 (application program interface, API) 方式將截圖介接至本



圖 5 即時顯示水質數據與現場影像及鄰近氣象站數據

所東港養殖研究中心永久儲存資料庫 (<https://ter.tari.gov.tw/metacatui>)，未來可連同水質監測數據一起作為原始資料進行長久保存，確保資料完整性。

(三) 新增【異常水質事件打包功能】

由於水質變化對於養殖生物活存生長來說有著關鍵性的影響，所以本研究特別提供各參數可針對不同生物適宜生長條件，設定上下限閾值，例如溶氧低於 1 mg/L 或是水溫低於 15°C 需要發送警報通知養殖戶與研究人員，目前是利用商用通訊軟體 (Line) 進行即時推播，但由於 2025 年 3 月起該功能將需要收費，因此後續將會研究是否付費或是改用其他通訊軟體作為替代方案。

然而以研究角度來看，除了即時通報外，仍需要有效保存異常水質紀錄，因此研究團隊洽詢設備廠商是否能開發異常水質事件打包功能，經討論後成功開發該功能。該功能可設定各項數據上下限閾值，一旦超標系統自動打包該段期間現場影像及數據趨勢圖，可提供研究人員或是養殖戶檢討異常水質發生的原因。例如現場影像顯示，監測站下了一場大雨，可得

知持續時間、雨勢大小，對於水質鹽度、溫度等會造成多大以及多久的影響，透過換水或是其他人為處理方式，需要多久才能恢復，這都是養殖管理技術所需的工具，如能妥善利用，讓水產養殖將不再是「憑感覺」的一門技術。

三、長期監測水質數據應用案例

(一) 舉辦座談會

2024 年 7 月 11 日立法委員鍾佳濱接獲漁民陳情表示近年受全球極端氣候影響導致氣候變遷，懷疑水溫過高致使泰國蝦發生大量死亡的情形，希望透過學研單位進行共同探討並提出解決對策，遂由委員召開「養殖場泰國蝦疑因氣溫變化導致大量死亡之情形舉辦座談會」。本研究自 2021 年起陸續建置高屏地區重要養殖產區漁業生態監測站，已累積兩三年資料，遂此調閱 2022 – 2024 年夏季期間水溫變化進行比較，結果發現高雄市永安區水溫每年夏季都約為 34°C 起伏，較無明顯逐年升高的狀況；而屏東縣枋寮鄉水溫 2022 – 2023 年高溫約在 33°C，去 (2024) 年首度破 34°C，確實有水溫變高的趨勢 (圖 6)。

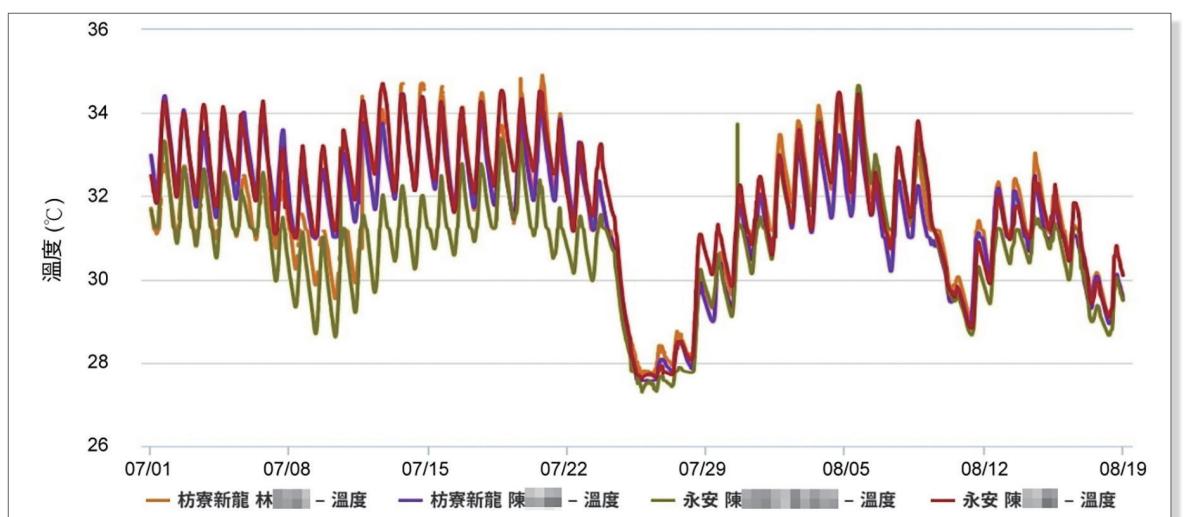


圖 6 監測期間夏季高屏地區監測站水溫皆未超過 35°C

然而經查泰國蝦的適宜活存水溫上限約為 35 – 36°C，目前雖然偶有觸及 34°C，但持續時間並不長，應可排除直接熱斃的可能性，但水溫升高確實會促使養殖生物代謝增加、細菌分解旺盛，進而導致水質惡化（氨氮、亞硝酸鹽增加），最後導致疾病爆發或死亡。因此水質管理及飼料投餵管理都是養殖戶需要注意加強的措施，透過本研究結果提出科學建議，該座談會也順利圓滿結束，此為長期監測的重要應用之一，可提供養殖業者或是漁政機關參考，幫助產業提升競爭力。

(二) 氣溫與養殖池水溫影響變化探討

由於部分漁民曾提及想瞭解氣溫與養殖池水溫影響變化之關聯性，因此本計畫透過歷來各監測站的數據進行分析，以臺南市北門區水溫與氣溫監測結果來看，冬季 2024 年 1 月 23 日單日水溫與氣溫的相互關係，觀測結果為北門傳統養殖測站水溫普遍較氣溫低，可能與風吹帶走水層表面熱量有關，水溫電極約在水面下 30 cm 左右相對淺層之處，推估底層水應較高溫（池深 2 m）。

至於北門轉型養殖測站在天冷前會先以溫

暖的地下水加高水位（池深 3 m），並關閉水車運轉，減少水體散失熱量，故表層水溫仍普遍高於氣溫；晚春初夏之際，同樣以臺南市北門區的監測站觀測結果，同年 5 月 15 日單日水溫與氣溫相互關係，觀測水溫的上升或下降都慢於氣溫，明顯具有延遲性，這應與水的比熱有關，意味著水吸收或釋放大量熱量才能導致溫度發生顯著變化，同時應與水體大小、進排水及水車擾動有關，故實際上並沒有必然氣溫高於水溫或是相反之現象。可見各站人為管理措施差異，可以減少氣溫等天候因素影響，避免災情發生。

另一方面，到底能不能用氣溫來推測水溫，本研究特別針對臺南市北門區、高雄市永安區、屏東縣枋寮鄉等 6 處監測站一年間的水溫與氣溫之相對關係進行迴歸，其皮爾森積差相關係數 (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) 越接近 1，表示呈現線性關係，且水溫隨著氣溫變化而變化，北門兩站分別為 0.969、0.953，永安兩站分別為 0.969、0.963，枋寮兩站則為 0.944、0.942，雖然是有高度相關性沒錯，但如果要利用氣溫去估算水溫，大



略來說，這個迴歸公式在夏季高溫時來預測水溫相對較為準確（誤差較小），但在冬季低溫時就相對比較容易失準，最主要的原因是每座養殖場的面積、水深及受風面等皆有所不同，而養殖池本身即為人工管理環境，尤其冬天會利用加高水位、補充溫暖地下水、關閉水車、搭設防風棚等方式，以人為方式干預水溫下降。夏天因日曬長短、風勢大小、水車開閉數量、進排水等方式影響水溫，因此一般情況下夏天較不會進行水溫調控，而冬天有寒害斃死疑慮，因此人為干預會增加，這也是冬季較易失準的原因，綜合前述分析結果，雖然氣溫確實與水溫有高度相關性，但本研究建議仍以科學儀器即時連續監測水溫最為精準。

最後本研究也針對養殖池水溫分層的疑問進行測試，在2023年寒流期間於本中心兩處白蝦養殖池進行不同水層溫度監控，養殖池約0.5分，水深約為1.6 m，日常鹽度為24 psu，以重錘綁於繩子底部，在繩子的底層與中層綁上溫度記錄器(HOBO, MX2202)，並進行寒流期間(2023/12/16-28)的氣溫與水溫量測。結果發現中層與底層的溫度曲線幾乎重疊無顯著差異，顯示出其實一般養殖池的中層與底層水溫一致並無分層現象，但淺表層因受陽光直射，則有可能稍高，但因為本研究進行的前試驗顯示於水面表層裝設溫度記錄器，容易受到陽光直曬，導致升溫而失準，所測得表層水溫居然遠高於氣溫，故後續實驗略之不進行記錄與比較。

結語與未來建議

傳統養殖過程往往透過長期累積的經驗法則或是口耳相傳的獨門技術進行生產，或許在

一般狀況下仍能維持一定的養成率及生產量，但是一旦遭逢特殊天候或外在環境的驟變，都可能因一時的處置不當、誤判情勢而造成血本無歸。隨著科技進步，儀器與檢測技術不斷推陳出新的今日，早期看天吃飯的養殖產業有望將不再走向夕陽，而在全球海洋漁撈資源前景黯淡的局勢下，期能不只補充海洋漁撈漸減的產量，更能挺身而出作為水產品的供應主力，因此長期進行重要養殖產區的水質生態監測，對於生產者、學研界、漁政管理單位都將大有裨益。

本監測計畫中除了將所收集的各項水質參數轉換為生態元數據語言(ecological metadata language, EML)並長期儲存在資料庫中，這將為未來的趨勢預測和災害預警提供充足的材料；現場架設的雲端攝影機能實時監測養殖環境，包括投餵、換水、水車運行等行為。尤其在強降雨、颱風等極端天氣情況下，可以結合天氣資料和水質數據進行綜合分析。儘管水產生物通常不會在水面活動，但攝影機仍能捕捉重要的環境變化。新設置的自動截圖功能，能夠將畫面即時上傳至資料庫，並提供給使用者以進行養殖管理和追溯分析。同時，設置的水質警示閾值可以在水質異常時提醒使用者。這些功能不僅有助於養殖管理，還能作為生態導覽教材，提升養殖業的智慧化與科學化。

在日益嚴重的極端氣候變遷之下，有系統地進行長期追蹤監控，並儲存相關數據資料，未來在AI的發展及幫助下，或可利用影像辨識、深度學習等技術，將歷年收集的海量資料進行多面向、大規模的剖析，做為未來預警、減災措施的應用參考資料。