



第二節

吳郭魚

王騰巍、郭裔培、陳哲俊、楊順德

壹、養殖場域規劃原則與注意事項

吳郭魚為我國主要水產養殖的種類之一，常年來年產量均約在 5～7 萬公噸左右，依據漁業署 109 年漁業；產量 61,059 公噸、產值 27 億元、均超過 1 千公頃，產值約 28 億元，其中嘉義和臺南為主要養殖區，養殖面積均超過 980 公頃。

一、場域選擇

吳郭魚對於環境適應力極強，我國在淡水及鹹水魚塭中皆有養殖，不過淡水魚塭仍是主要養殖的產地，吳郭魚養殖場域以黏質土壤為佳，保水性佳且利於微藻生長，有助於形成穩定水色，促進養殖魚的安定性與成長。吳郭魚雖為熱帶性魚種，不過其可耐受溫度範圍相當大，可從 10～45℃，但成長最適溫度為 24～32℃，養殖場域應選在氣候溫暖穩定、水源充足的區域。

二、養殖場規劃

我國養殖池因為土地重劃的關係，模擬浮筏型光電養殖池皆為矩型，養殖時池水深度至少需保持在 1 ~ 1.5 公尺亦或是更深，池底結構向排水端緩慢傾斜，以利排水。選擇向陽、進排水方便的池子，淡水中心（圖 3-2-1）與學甲（圖 3-2-2）模擬浮筏型光電養殖池皆為矩形。



圖 3-2-1 浮筏型太陽光電設施與水車安裝位置空拍圖
(水試所淡水繁養殖研究中心, 約1,200 m²/池)



圖 3-2-2 浮筏型太陽光電設施與水車安裝位置空拍圖
(臺南市學甲業者, 約4,000 m²/池)

因吳郭魚有翻土挖洞的習性，故池子最好是選石壁土池，以保護養殖池邊坡。養殖期間如果可能，宜依據體型定期進行分養，養殖場域若空間許可，可規劃魚苗、小魚和大魚池，面積由小至大，且有獨立進排水系統，以避免不同池水交互污染。

三、浮筏型太陽光電設施架設

若要設置浮筏型光電設施，盡可能於養殖準備期進行架設，架設前養殖池得以進水 50 ～ 70 公分左右，方便光電浮筏相關移動與安裝作業，浮筏位置建議靠近排水端並遠離養殖操作管理區，如淡水中心（圖 3-2-1）與學甲（圖 3-2-2）的浮筏都遠離餵食區，水車的配置得以設置在光電浮筏前或是浮筏間，水車的水流方向需依池子循環進行調整。

浮筏型光電整體結構強度需根據當地風力進行設計，光電浮筏則利用鋼纜固定於堤岸上的錨點（圖 3-2-3），避免強風造成浮筏型光電系統損毀，同時為達到最大光接受量，太陽能板應面對正南邊，但實際需依地區緯度、地形、地貌來設置傾斜角度。



圖3-2-3 光電浮筏錨定點於魚塭土堤(左)、堤岸(中)、浮筏銜管(右)

貳、整池與放苗管理

一、整池

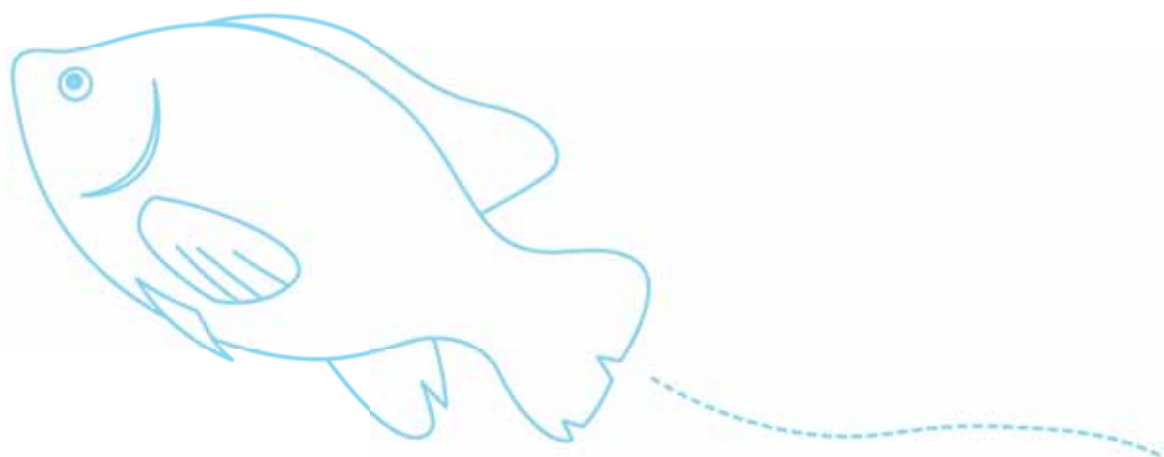
吳郭魚養殖收成後，底土常含有大量有機物，使得底土中氧化還原電位較低，需進行妥善清池作業，光電浮筏下的清池作業與一般常用之作業基本上無明顯差異，首先將池水排乾之後，直接進行日曬 1～2 個月，最好是能直接曝曬至底土龜裂，以確保底土中的有機物充分氧化分解。浮筏下的底土在池水抽乾後，因浮筏型光電系統底座，恐無法有效曬乾，這也等同於部分池子無法完全曬乾，故可配合「束井」將水分盡可能排乾，待池子曝曬完後，可以直接遍撒生石灰於底土上（每分地使用量約 30～50 公斤），之後再注水到淹蓋池底至少 30 公分水深，讓生石灰與水均勻混合產生散熱反應，藉此進行消毒和底土還原，提升底土 pH。光電浮筏下可以在浮筏之間的空隙施灑石灰，進水後，石灰水亦會流入浮筏下方底土進行反應。

放苗前，再持續注入新水達養殖水深，進水管須套 80 目網防止雜魚蝦進入，並加次氯酸鈉至 10 ppm，消毒 3～5 天，再以每分地 40～60 公斤的茶粕徹底殺除雜魚，同時培養藻類，約 7 天後水色開始轉為淡綠色即可放苗。若遇水色不易培養時，可利用魚粉、黃豆粉和米糠等，搭配益生菌製作發酵液來培養水色或是補充藻水。浮筏型光電設施覆蓋下，因遮蔽了部分日照，初期水色培養可能會較慢，若有需要可適當補充藻水。

由於吳郭魚有挖洞之習性，故池子經由養殖後，需要進行池底推平作業，在浮筏型光電下若要進行池底推平作業，可能需分次進行，先完成半個池子的推土作業後，再移動光電浮筏進行另一半養殖池的作業。

二、放苗

一般集約式吳郭魚苗放養密度約 50,000 ~ 60,000 尾 / 公頃，但建議降低放養密度至 30,000 ~ 35,000 尾 / 公頃間，以利養殖管理，同時又可調節維持產量。吳郭魚放養季節集中於二月之後，水溫及氣溫開始回暖時，放養之魚苗體長約 0.3 ~ 1.2 公分，放苗時，建議魚苗先對水 30 分鐘，待其適應池水的環境包含水溫、鹽度等之後，再放入池中。另外，為確保魚苗活存率，可於放苗前幾天，先跟魚苗業者索取少量魚苗試養，觀察魚苗於池中狀況是否正常，再決定是否進行放苗作業。



參、管理與收穫方式

一、投餵

一般來說，投餵量的多寡需依現場環境以及魚苗成長、攝食情形而定，可使用魚體當時體重 2 ~ 5% 作為投料基準，以少量多餐為原則，每天最少應投餵飼料 2 ~ 3 次為宜。因飼料費用在養殖成本上占比例高達 40 ~ 60%，為使人工飼料能完全讓池魚利用以減少養殖成本支出，建議飼料投餵按照「四定」的原則進行，即在每日固定時間、固定地點投予穩定品質且定量適量之飼料，不僅可在短時間內達到馴餌目的，更可以提高飼料效率，促進魚體成長進而確保養殖品質。光電浮筏下養殖，有時候魚苗會躲藏在浮筏下較不易馴餌，馴餌期程可能會拉長幾天。

二、水溫

浮筏型太陽光電設施由於直接覆蓋水面，因此對於養殖池具有穩定水溫的效果，尤其在夏季高水溫期間能藉由遮陰效果達到降溫效果，養殖期間在淡水中心無遮蔽池的最高水溫為 37.1℃，遮蔽池最高水溫 34.2℃，約有 3℃的差異；學甲無遮蔽池的最高水溫為 34.5℃，遮蔽池最高水溫 33.1℃，水溫約差 1℃(圖 3-2-4、圖 3-2-5)。

吳郭魚能適應的溫度範圍為 10~45℃，生長最適溫度是 24~32℃，在 7 月至 9 月中旬的高溫期來看，雖然水溫未超過 40℃，但無遮蔽池的水溫變化較遮蔽池大，且水溫亦較高，顯示浮筏型光電有助於舒緩夏季高溫，且降低高溫對養殖生物造成的熱緊迫及水質環境的遽變。

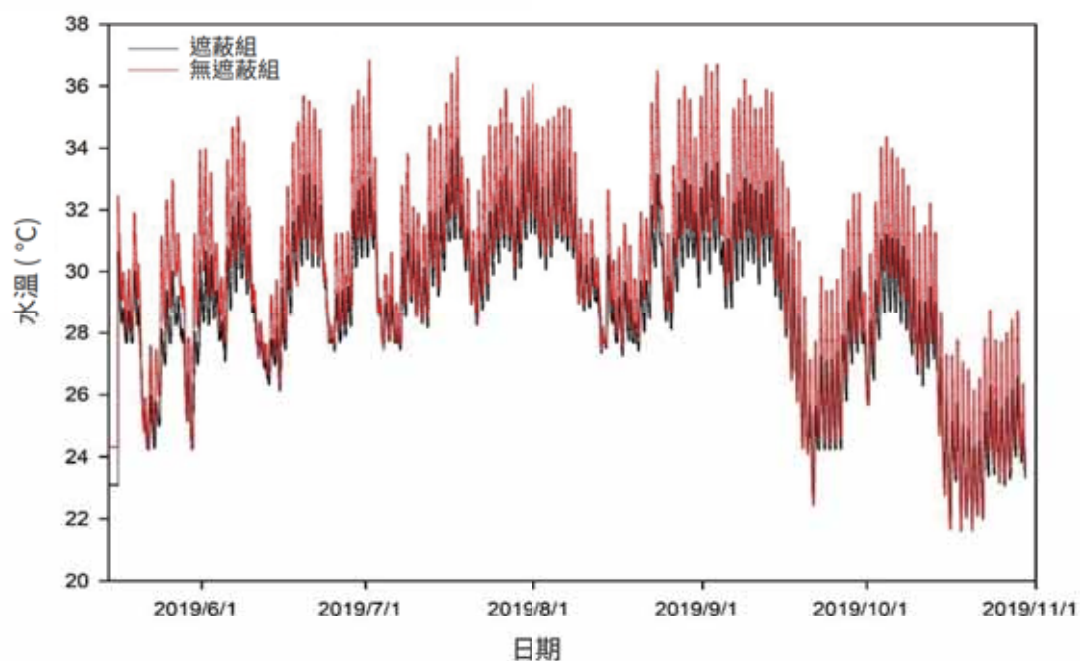


圖 3-2-4 水試所淡水中心吳郭魚試驗溫度長期監測變化

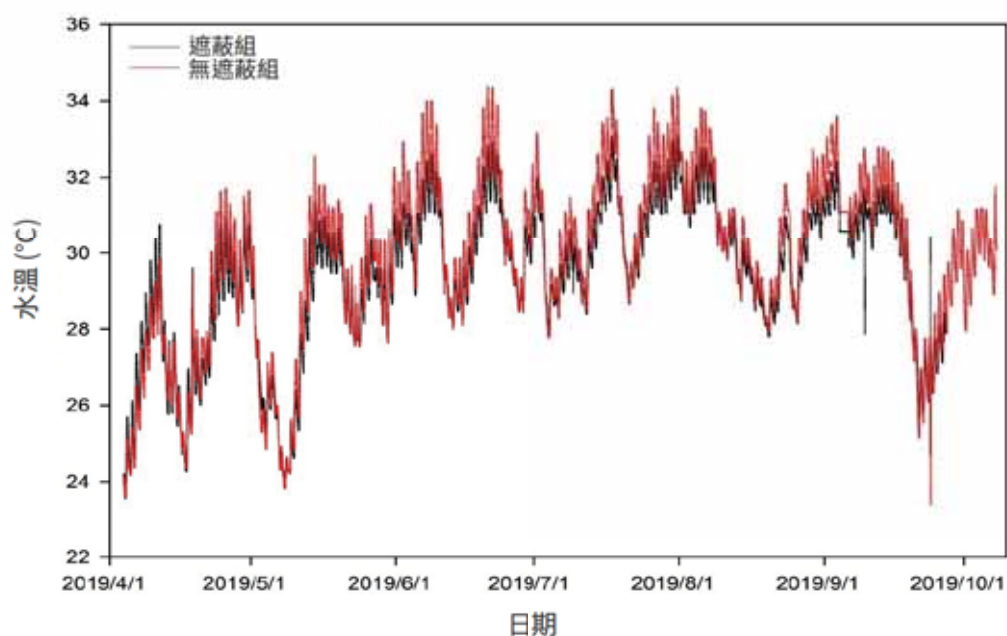


圖 3-2-5 臺南市學甲吳郭魚試驗溫度長期監測變化

三、水色

光照的強弱是影響藻類生長的重要因子，通常無遮蔽池的光照量較充足，養殖初期水色培養較快，懸浮固體濃度較高（圖 3-2-6），且葉綠素含量也較高（圖 3-2-7），養殖中期隨著飼料投餵量增加，養殖池累積營養鹽及高水溫催化下，會較常出現較高濃度，而遮蔽池因光照強度較弱，因此亦有所增減。

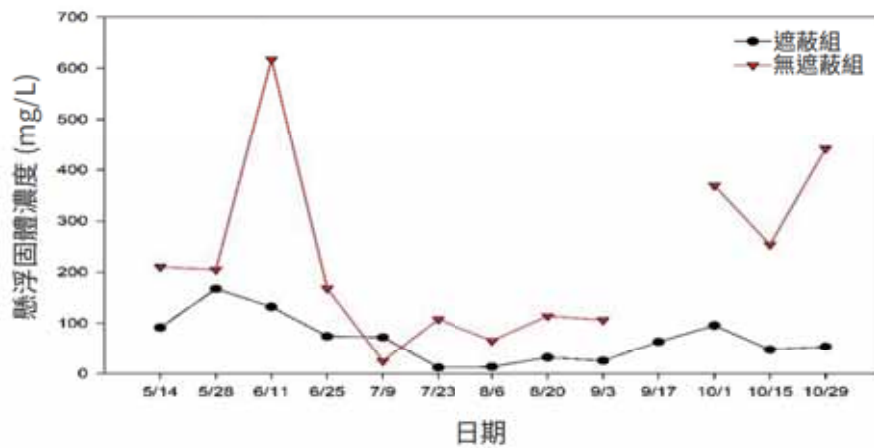


圖 3-2-6 懸浮固體濃度(水試所淡水中心吳郭魚試驗)

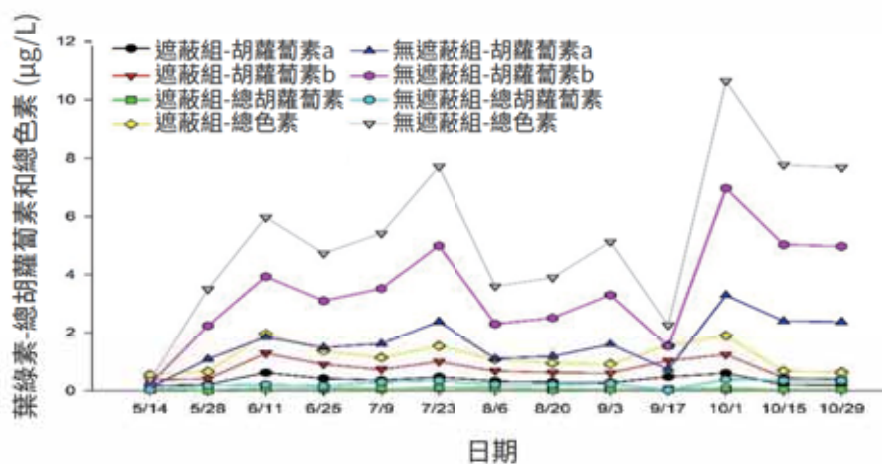
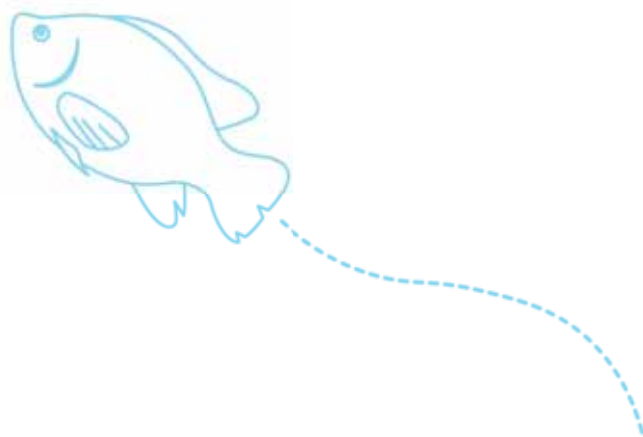


圖 3-2-7 葉綠素-總胡蘿蔔素和總色素(水試所淡水中心吳郭魚試驗)

浮游生物組成方面，無遮蔽池常呈現較高的數量，遮蔽池僅偶而有高於無遮蔽池的數量外，以淡水中心的養殖池來看，浮游植物主要的種類多是藍綠藻 *Cyanobacteria*、綠藻類的 *Oedogonium* sp. (圖 3-2-8)；浮游動物方面，無遮蔽池的數量常較遮蔽池高，僅有少數月份遮蔽池有較高的數量，無遮蔽池群聚的組成常是 *Phacus* sp.、*Euglenaceae*、*Cephalodella* sp. 為主，而遮蔽池僅以 *Euglenaceae* 和 *Euglenozoa* 為主，遮蔽池的浮游生物群聚結構變動大致上都類似，無遮蔽池的整體群聚結構變化則較大，顯示浮筏型光電下，浮游生物群聚變動較為穩定，倒藻的情況較不明顯。

倒藻泛指水體中，由於天氣的異常（高溫、強降雨、低氣壓接近）或營養的缺乏，進而使藻類突然間大規模死亡的現象，倒藻發生時，會導致水中溶氧下降，pH 值迅速下降，同時氨氮和亞硝酸鹽等營養鹽迅速累積等水質惡化現象。



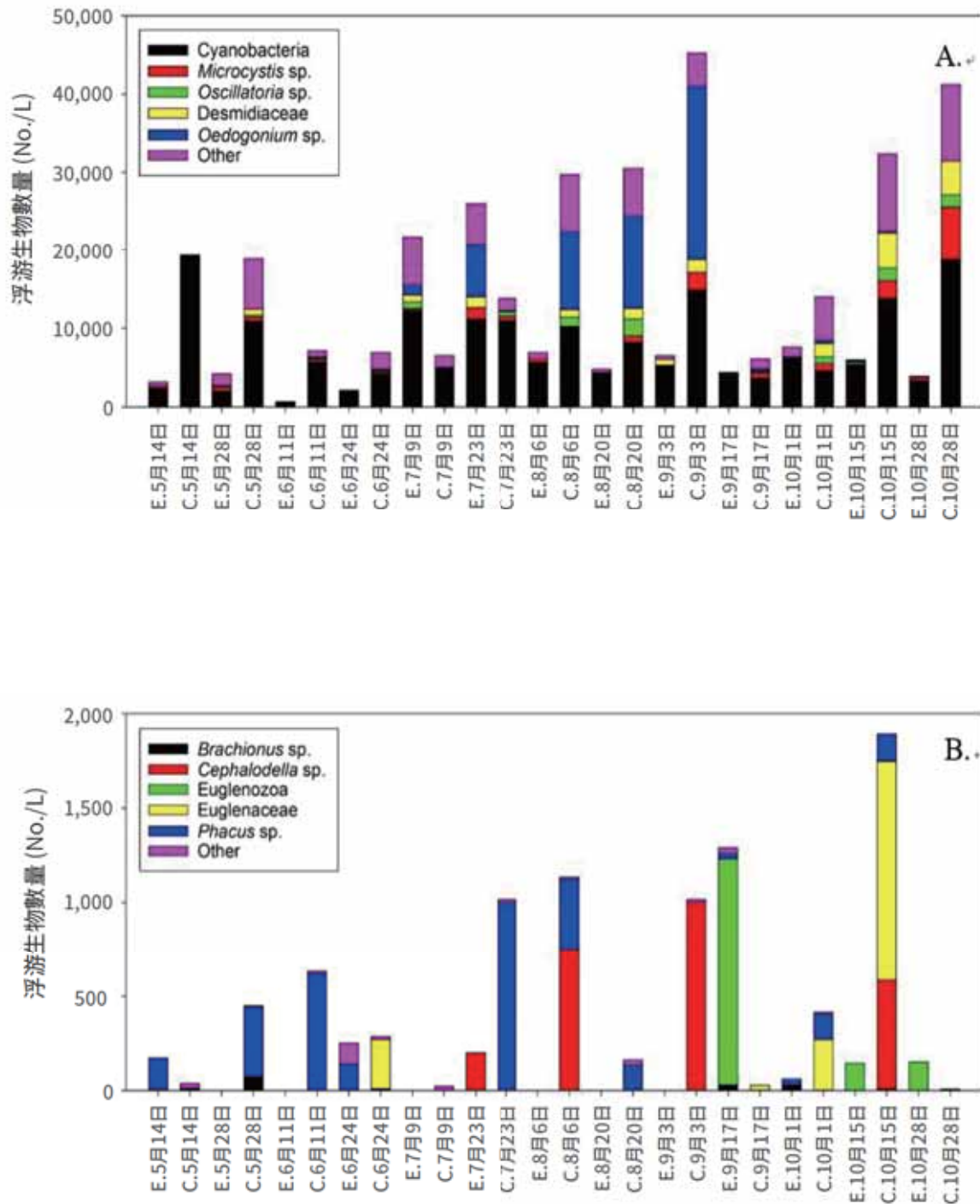


圖 3-2-8 水試所淡水中心吳郭魚試驗浮游生物數量變化
(A:浮游植物, B:浮游動物。X軸中, E:遮蔽組, C:無遮蔽組)

四、水質管理

在養殖期間，遮蔽池的藻類濃度受浮筏遮蔽效應的影響，使藻類成長較為緩和，因此遮蔽池光合作用較弱，這也使得水中溶氧受到影響，造成無遮蔽池溶氧變化大於遮蔽池（圖 3-2-9、圖 3-2-10），pH 亦會受到溶氧的影響呈現無遮蔽池溶氧變化大於遮蔽池（圖 3-2-11、圖 3-2-12）。以吳郭魚可耐最低飽和溶氧度 12.63%、最適 pH 7.0 ~ 8.5 的要求來看，遮蔽池仍在合理的安全範圍內，鹽度越高時會對溶氧有較高的需求，若以海水進行養殖則需注意溶氧量。



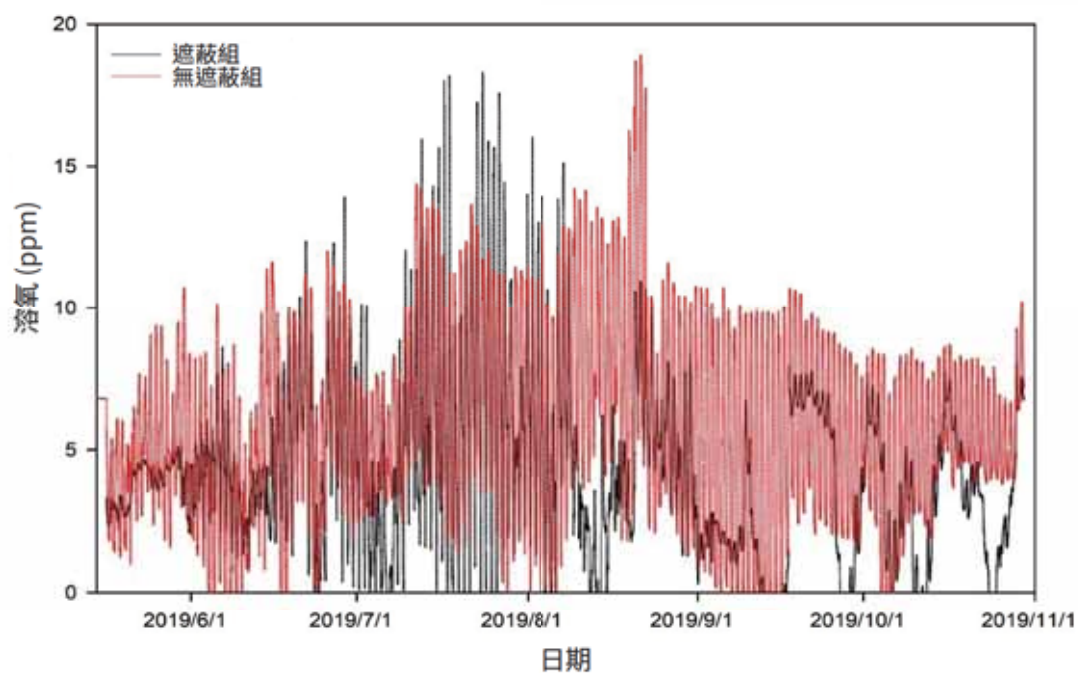


圖 3-2-9 水試所淡水中心吳郭魚試驗溶氧 (DO) 長期監測變化

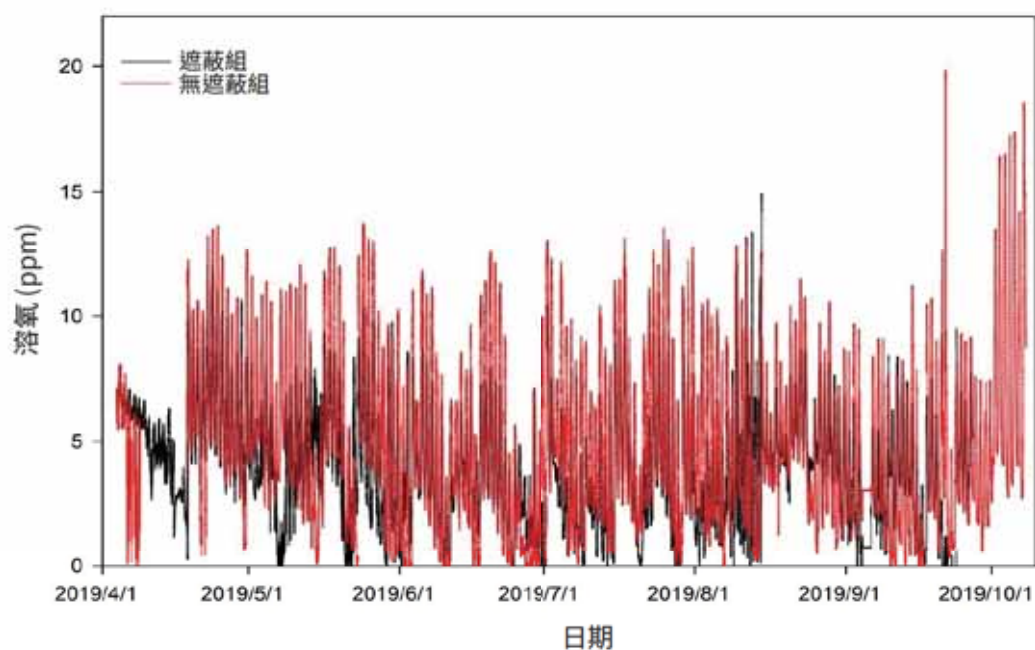


圖 3-2-10 臺南市學甲吳郭魚試驗溶氧 (DO) 長期監測變化

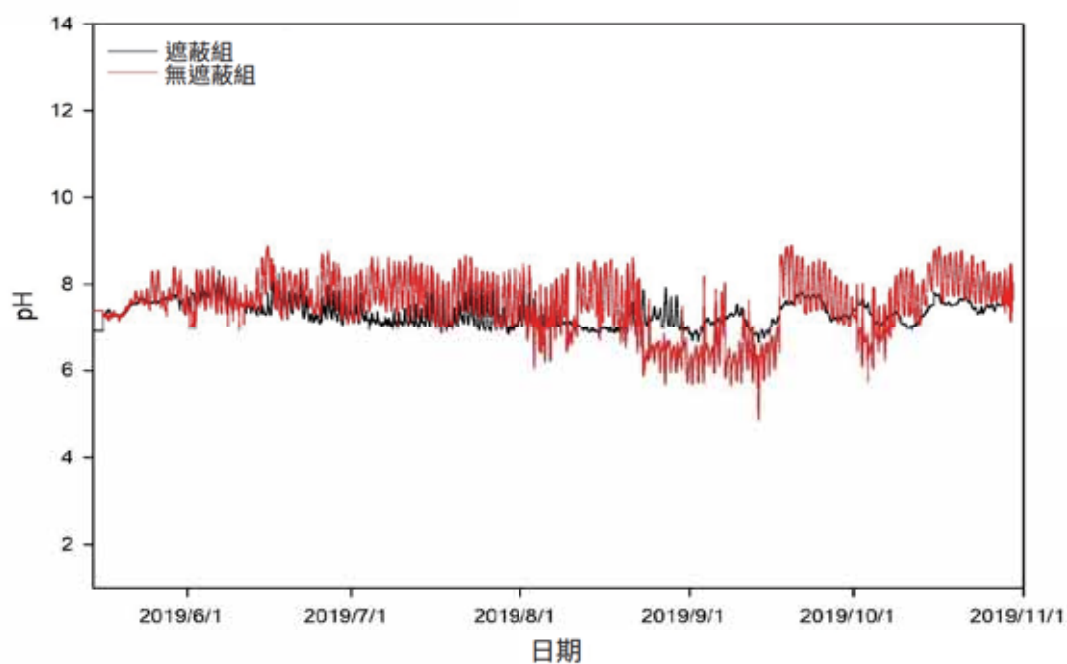


圖 3-2-11 水試所淡水中心吳郭魚試驗 pH 長期監測變化

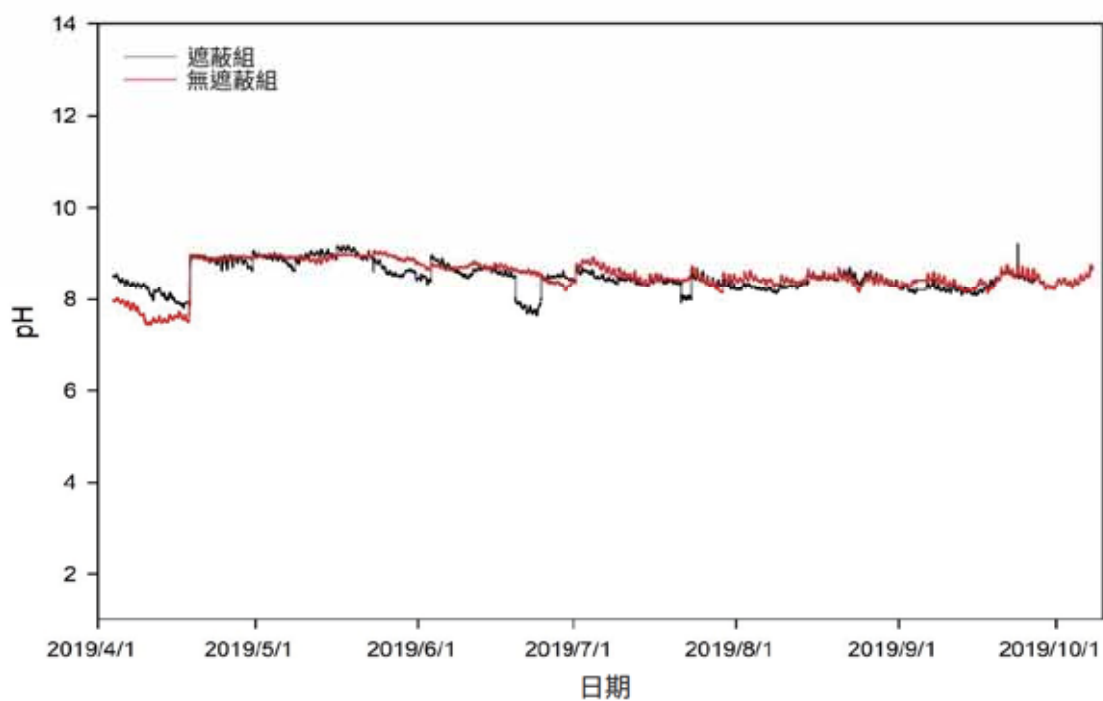


圖 3-2-12 臺南市學甲吳郭魚試驗 pH 長期監測變化

氧化還原電位（ORP）常用以作為水質是否呈現良好氧化狀態的指標，目前養殖上運用皆以保持其為「正值」為良好水質依據，遮蔽池常維持在正電位（圖 3-2-13、圖 3-2-14），而無遮蔽池則是經常性的維持在較低的電位或是負電位，顯示出無遮蔽池水體常是處於一個較差且不穩定的環境。一般來說當 ORP 值越高，水體分解能力也越強，而當水體中的沉積物增加，許多細菌在沉積物中分解有機物，消耗了大量的氧氣，造成了下層水體之氧氣的含量減少，因此遮蔽池相較無遮蔽池來看，水質較為穩定且分解能力強。

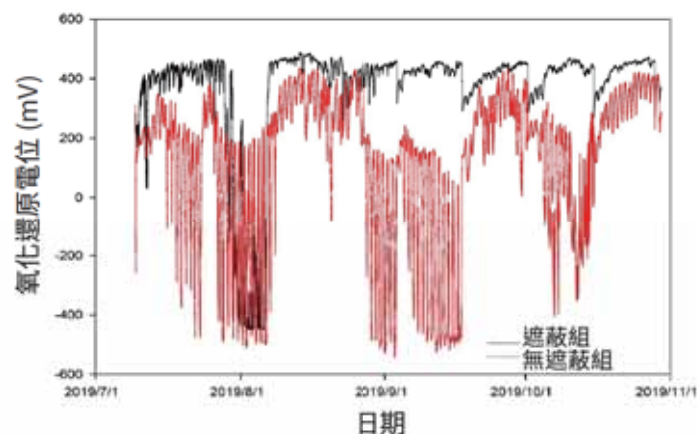


圖 3-2-13 水試所淡水中心吳郭魚試驗水質氧化還原電位 (ORP) 長期監測變化



圖 3-2-14 臺南市學甲吳郭魚試驗水質氧化還原電位 (ORP) 長期監測變化

吳郭魚的各項水質耐受分別為總氨態氮 7 ppm，對幼魚 LD_{50} (48 h): 1 ppm、亞硝酸鹽氮對 4.4 公克幼魚 LD_{50} (96 h): 81 ppm、亞硝酸鹽氮對 90 公克魚 LD_{50} (96 h): 8 ppm，遮蔽池或無遮蔽池的各項水質參數，在養殖期間均在安全範圍內（圖 3-2-15、圖 3-2-16）。因此在浮筏型光電下養殖池的水質管理，與一般養殖池並無太大差異，皆須多加留意水中溶氧及營養鹽的變化。

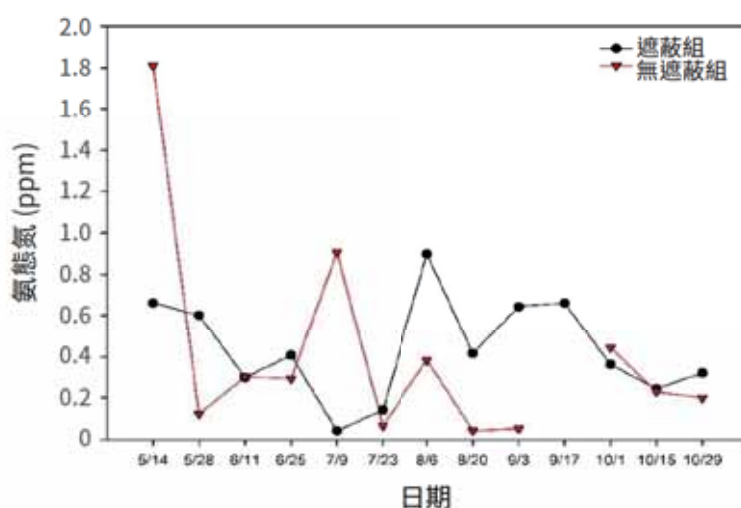


圖 3-2-15 水試所淡水中心吳郭魚試驗(氨態氮)

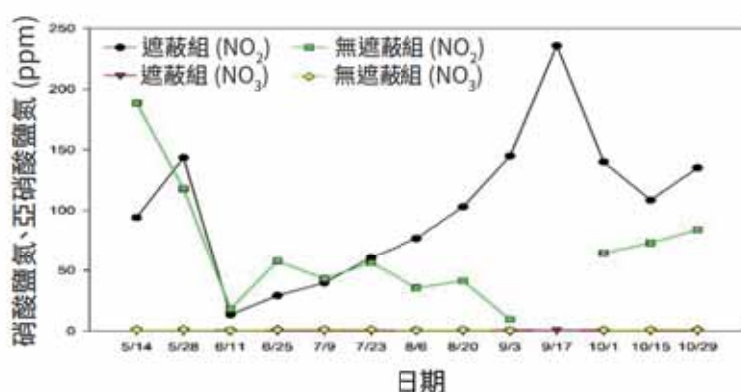


圖 3-2-16 水試所淡水中心吳郭魚試驗(硝酸鹽氮和亞硝酸鹽氮)

五、光電板清洗

空氣中之落塵或鳥糞覆蓋會降低發電效率，應定期清洗以確保發電效率，光電板使用潔淨清水，利用高壓沖水機及軟毛長柄刷清洗，沖洗的水壓不可過大，並避免硬物摩擦或撞擊造成光電板裂損，清洗之用水可另做回收處理。

六、收穫

當魚體重量達 600 公克之上市體型時，即可進行間捕，浮筏型光電遮蔽池的捕撈作業與一般養殖池並無太大的差異，並不需要移動或是拆解浮筏與太陽能板，利用一般常用之手拉網即可，手拉網作業方式與一般作業無異，將手拉網沿著池邊佈於池子中，之後從網子兩端拉網及收網將魚圍繞，集中至收穫處以利後續分魚、撈捕和吊掛作業，將未達規格的小魚放回養殖池繼續飼養，大魚則以活魚運輸車或打冰裝箱配送市場。目前常用之手拉網在拉網和收網時，可從光電浮筏下方通過，並不會因浮筏而受阻（圖 3-2-17），惟需留意當拉網時，須閃避一下固定浮筏之繩索及電纜等。

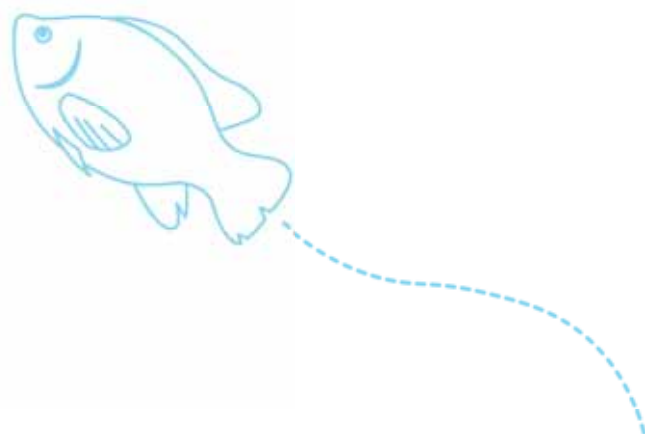


圖 3-2-17 浮筏下養殖吳郭魚捕撈情形
(左：網具可經由浮筏下通過；右：傳統手拉網的操作情形)

肆、漁電共生的水產養殖效益

浮筏型太陽光電設施下的養殖池，對於吳郭魚的成長並無影響，吳郭魚體長、體重幾乎沒有太大的差異（圖 3-2-18），僅在學甲民間養殖場收成時，體型才出現明顯的差異，遮蔽池吳郭魚體型較小。但比較總收成量後發現無遮蔽池總共有 6,374 公斤，但是遮蔽池有 6,493 公斤，遮蔽池高出無遮蔽池 119 公斤的產量，加上遮蔽池魚體體型較小，顯示出遮蔽池魚隻存活成數較佳。

整體而言，浮筏型光電設施對吳郭魚養殖池的水質及池魚成長影響不大，且在夏季高溫期具有降溫的正面效益，水質環境亦較為穩定，產量也符合法規規範達原產量 70% 之要求，浮筏型光電下養殖環境相較一般養殖環境更加穩定，若有適當之養殖管理，亦能進一步提升養殖產量及提高養殖種類的育成率。



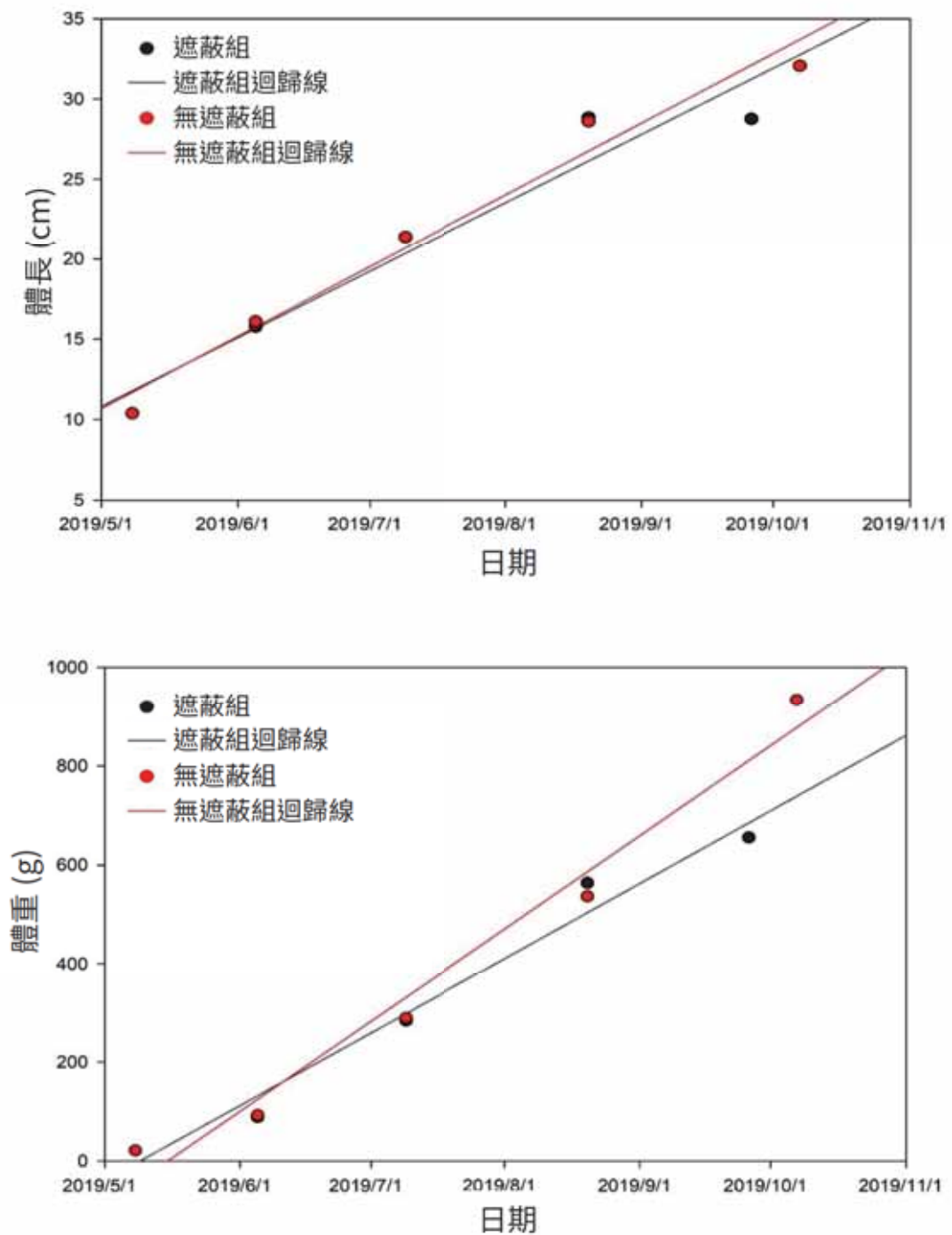


圖 3-2-18 臺南市學甲吳郭魚試驗體重與體長的成長(上圖體長,下圖體重)