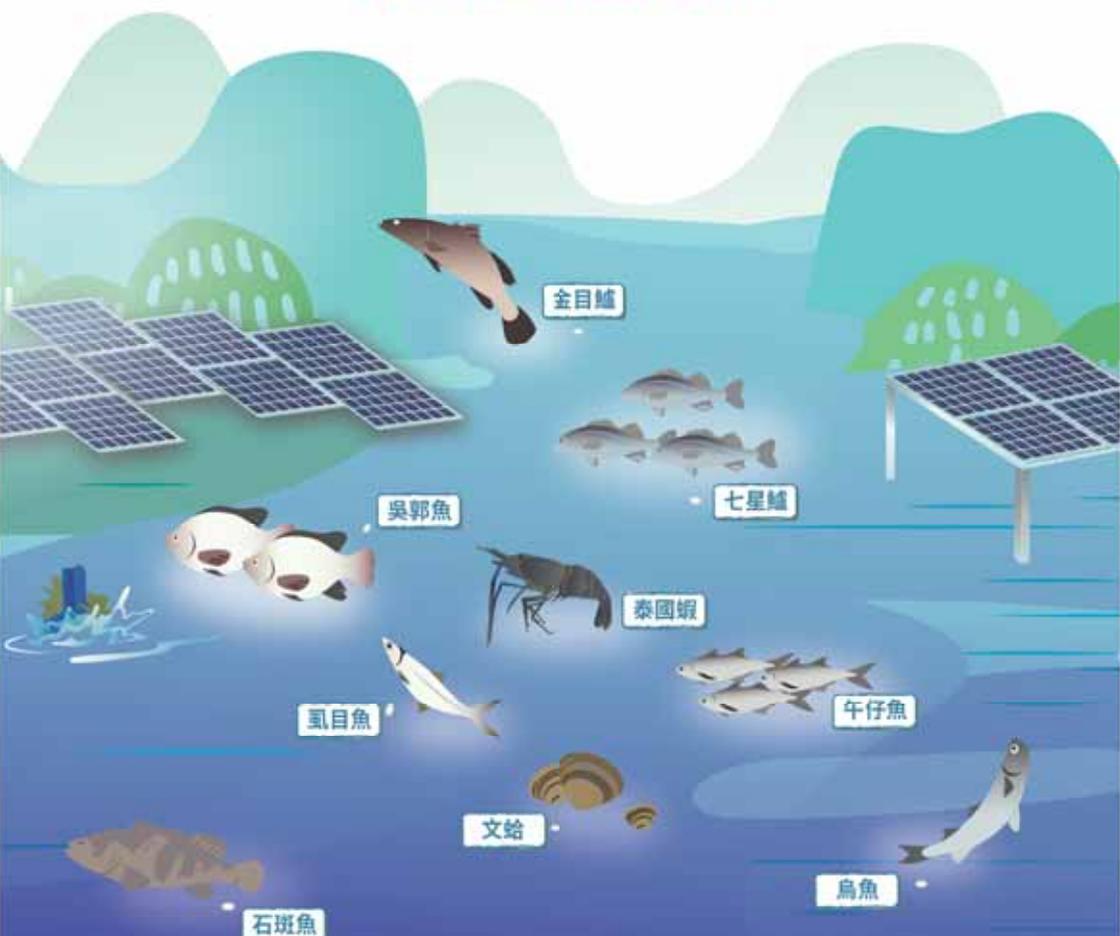


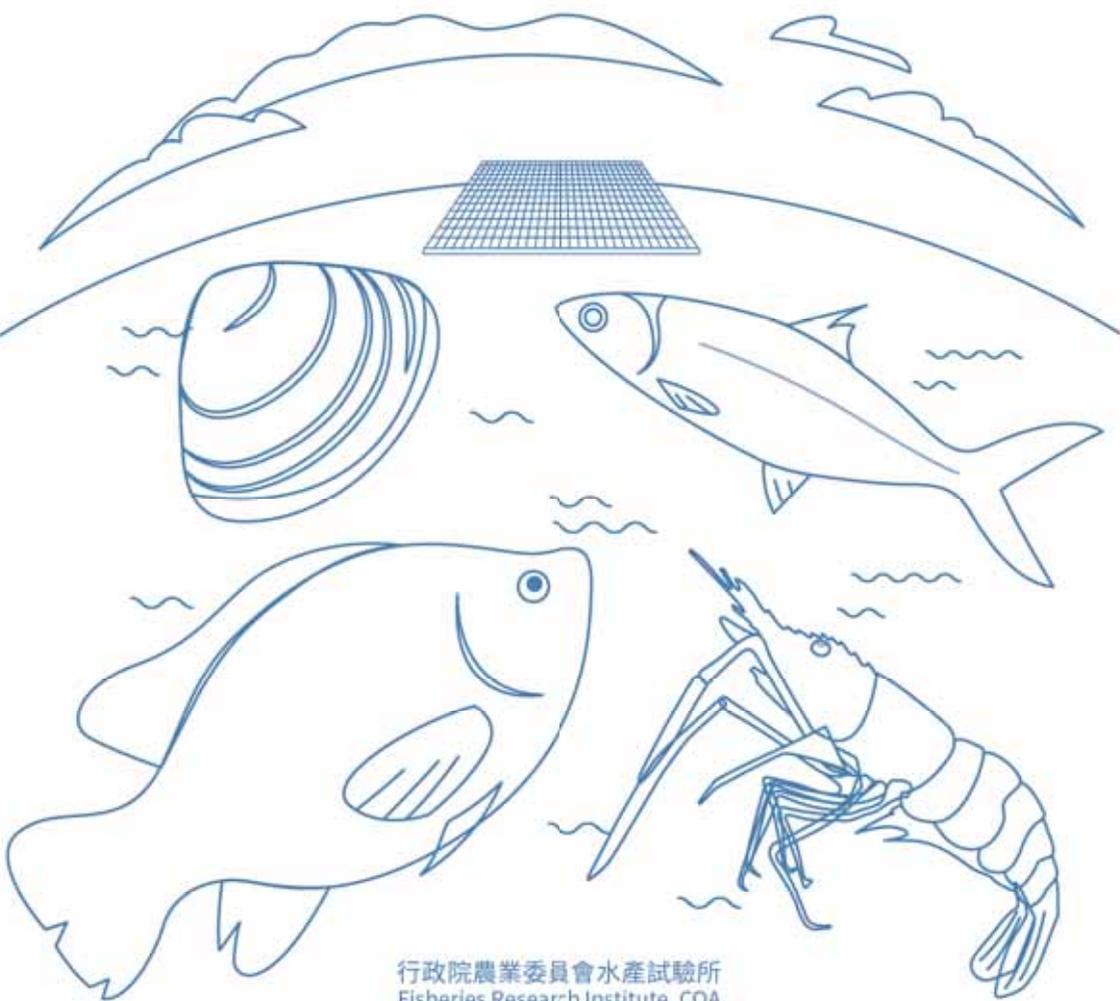
漁電共生養殖技術 應用手冊(上)

文蛤、吳郭魚、泰國蝦、虱目魚



漁電共生養殖技術 應用手冊(上)

文蛤、吳郭魚、泰國蝦、虱目魚



行政院農業委員會水產試驗所
Fisheries Research Institute, COA

中華民國一一〇年十二月
December 2021



序

政府為因應氣候變遷、發展淨零排放產業及追求環境永續的政策，綠色能源成為臺灣能源政策軸心，規劃於 2025 年再生能源發電占比達 20% 的政策目標，積極推動太陽光電，預計 2025 年裝置容量達 20GW，其中漁電共生預期裝置量為 4.4GW，占比 22%。但鑒於水產養殖產業對社會的主要功能仍應以糧食安全、提供國民優質水產蛋白質為重，因而依據農委會的政策指導，以「養殖為本、綠能加值」為原則，在地主及養殖漁民皆有意願參與，以確保漁民權益以及不影響環境生態前提下推動漁電共生。

本所自 108 年開始針對國內十大養殖物種：虱目魚、文蛤、吳郭魚、石斑魚、泰國蝦、白蝦、金目鱸、午仔魚、烏魚、七星鱸等，以實體立柱型光電設施及模擬浮筏型光電設施，來測試光電板遮蔽率對成長之影響。試驗初步結果呈現出 40% 的遮蔽率對養殖生物成長無明顯不良影響，這些以不同形式光電設施結合各種養殖物種在夏季期間的試驗，均顯示遮陰所造成池水降溫更適養殖生物的正面效益。

同時，本所為加速漁電共生的試驗發展進度，於臺南七股海水繁養殖研究中心及臺西試驗場各設置 10 公頃的育成基地，將供農企業與太陽能光電業者相關團體進駐，讓業者集中測試光電養殖整合系統的效能以及管理模式的研發，本所則從



旁給予建議與協助，並能成為培養新型態漁電整合技術人才的據點，以能開創我國漁電共生產業之發展，提升臺灣水產養殖產業的利潤及競爭力。

本所為服務有意投入漁電共生的企業，將相關試驗成果及技術，彙整成漁電共生養殖技術應用手冊（本次上冊先就文蛤、吳郭魚、泰國蝦、虱目魚等四物種撰寫），內容除了導入光電設施之注意事項外，尤其側重對養殖過程中的水質與產量影響，希望藉以提供企業最實用的參考資訊，透過綠能設施的導入，改善生產環境，創造養殖漁業轉型加值的契機。



行政院農業委員會水產試驗所
所長

陳君如 謹識

中華民國一一〇年十二月



目錄

第一章 前言 (漁電政策總體說明)	1-1
第二章 漁電共生綠能設施型態介紹	2-1
第三章 水產養殖管理技術	
第一節 文蛤	3-1-1
壹、國內養殖概況與場域規劃原則	3-1-1
貳、場域整池與放苗管理	3-1-5
參、養殖管理與收穫作業	3-1-13
肆、漁電共生養殖影響與效益	3-1-25
第二節 吳郭魚	3-2-1
壹、養殖場域規劃原則與注意事項	3-2-1
貳、整池與放苗管理	3-2-4
參、管理與收穫方式	3-2-6
肆、漁電共生的水產養殖效益	3-2-17
第三節 泰國蝦	3-3-1
壹、養殖場域規劃原則與注意事項	3-3-1
貳、整池與放苗管理	3-3-4
參、管理與收穫方式	3-3-6
肆、漁電共生的水產養殖效益	3-3-13
第四節 虱目魚	3-4-1
壹、養殖場域規劃原則與注意事項	3-4-1
貳、整池與放苗管理	3-4-4
參、管理與收穫方式	3-4-6
肆、漁電共生的水產養殖效益	3-4-13
第四章 漁電共生問答集與注意事項	4-1
第五章 漁電共生相關法規與專案申請資訊	5-1
第六章 水產試驗所通訊地址	6-1



Chapter 1

第一章

前言

(漁電政策總體說明)

為達成減碳目標，落實低碳社會，政府已將綠能產業列為主要推動政策計畫之一，全力發展低碳綠能的再生能源。行政院農業委員會配合國家能源政策鼓勵方向，於「申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法」，將再生能源發展條例所定太陽能、風力及非抽蓄式水力設施，定義為綠能設施，納入容許辦法予以規範，允許在不影響農業經營之前提下，於農業設施屋頂或農地上設置。

由於臺灣土地資源有限，推動太陽能能源政策時，可能會影響到農漁業用地的原始利用與永續發展，進而影響農業生產與生態環境。農業綠能發展以「農業為本，綠能加值」為主軸，在不影響農漁民權益、農漁業發展及生態環境前提下，優先推動「畜電共生」，再逐步發展「漁電共生」。

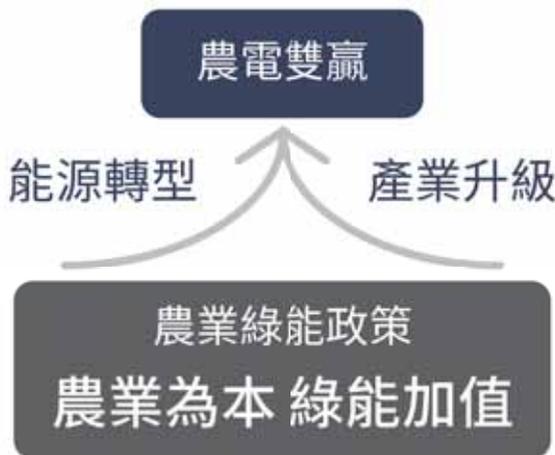
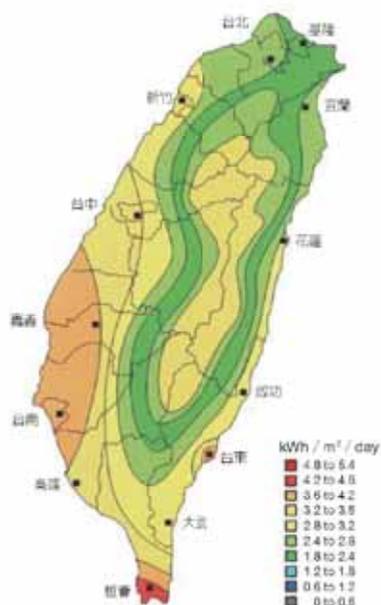


圖 1-1 農業綠能推動政策主軸

依據 2025 年國家太陽光電總目標 20 GW，包含屋頂型 6 GW 與地面型 14 GW，其中漁電共生規劃目標為 4 GW，可見漁電共生成為關鍵發展項目。農業委員會水產試驗所在此施政目標下，透過科技研發新型態的漁電生產共構模組，建立平衡能源政策與養殖產業發展競爭間的解決方案。



- 全國陸域養殖面積前十大養殖物種為虱目魚、文蛤、吳郭魚、石斑魚、泰國蝦、白蝦、金目鱸、午仔魚、烏魚、七星鱸
- 主要分布於彰、雲、嘉、南、高、屏等六縣市，與較強日照範圍重疊，具發展太陽光電潛力

圖 1-2 臺灣平均日照量分布圖

(資料來源：綠建築就是太陽能建築嗎。歐文生(2019)，科學發展，460，45。)

水產試驗所自 106 年起陸續進行文蛤及各種魚種結合光電之試驗，預計完成國內十大養殖物種之漁電共生養殖評估試驗，其國內總生產面積約為 2.6 萬公頃。試驗針對主要十大養殖物種，以遮蔽率 40% 為上限，且維持常態產能，最低產能不得低於 70% (農委會 110 年 3 月 18 日農漁字第 1101346676 號函釋)，選擇立柱型及模擬水面浮筏型光電設施，試驗該等設施對養殖生物影響情形。



圖 1-3 十大養殖物種評估試驗期程

整體推動上將採先試驗評估，設立示範案場，再進行推廣之模式。透過評估試驗期間，建立立柱型及浮筏型太陽能設施水產養殖共構模組，開發整合型室內外綠能設施水產養殖技術及新養殖模式套組，未來再進行大面積魚塭架設太陽能設施之評估。

水產試驗所同時建構綠能養殖創育基地，配合行政院漁電共構政策推動產業設置，帶動光電廠商與養殖業者投入漁電共享共構新產業。期望透過太陽能設施遮蔽效應，能減緩極端氣候對養殖生物及環境之影響，並整合智能控制技術與設備，推動養殖產業轉型，創造綠能設施養殖新模式。



圖 1-4 養殖漁業結合太陽光電共創六好

本技術手冊透過說明漁電共生之養殖池設計規劃、飼養管理作業、水質監測管理等注意事項，並收錄漁電共生問答集與注意事項，協助有意投入漁電共生之養殖團體與光電系統業者，一步步依循操作指引與釐清疑慮。同時，提供產業相關正確知識，讓養殖戶與光電業者能快速瞭解彼此跨領域之技術內涵，提升業者經營效益以促進產業應用與轉型。



Chapter 2
第二章

漁電共生綠能設施
型態與案例介紹

在農業用地作農業設施容許使用附屬綠能設施利用於水產養殖範圍，指的是透過附屬太陽能設施結合漁業經營的生產模式，依據型態可以區分架設於養殖池周邊的地面立柱型太陽能板，或是室內養殖場屋頂上方的屋頂型太陽能板，另一種為應用在水域上方的浮筏型太陽能板，為目前共構的發展方向。而根據容許辦法則是針對室外水產養殖類型與設施型水產養殖設施進行規範，說明如下：

· 室外水產養殖生產設施（魚塭）之模場

依據「申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法」第 7 條之規定，綠能設施設置不得超過申請設施所坐落之農業用地土地面積之 40%（含其他管理設施）。由於養殖魚塭水域屬農業用地之範疇，應以農業經營生產為主，其設置太陽能光電設施在與養殖經營相結合且不影響養殖漁業生產下，得依據「申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法」第 29 條規定，申請設置綠能設施；其設置後仍應從事養殖生產，並由直轄市、縣（市）農業主管機關查核其養殖生產情形。針對主要養殖物種，需維持常態產能，最低產能不得低於 70%。

· 室內水產養殖生產設施之模場

依據「申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法」第 28 條之規定，得在不影響農業設施用途及結合農業經營使用之前提下，申請設置綠能設施。室內水產養殖生產申請不得逾坐落土地面積 80%，其綠能設施得設置於該室內水產養殖生產設施之屋頂面積 100%。

壹、地面立柱型與屋頂型太陽能板結合養殖模式

面對氣候變遷導致自然環境多變影響時，許多國家為了維持糧食穩定供應紛紛投入陸域室內或半室內養殖模式的研究，其目的除為了不讓海洋資源枯竭，利用開發陸域室內養殖進行許多海洋物種復育工作外，同時也為掌控水產養殖的可控因子的分析努力。

一、地面立柱型太陽能板

臺灣憑藉四面環海與降雨充沛以及周邊水試所海域具多樣性魚類資源的優勢，使得水產養殖發展歷史悠久，但也因為特有的地形、地貌與氣候，當面臨氣候劇烈變化，常發生降雨分配不均而無法有效的大量儲蓄水源，但也歸因於此使得臺灣水產養殖產生多樣化的發展。

以雲林臺西地區與臺南七股地區的文蛤養殖模式區別為例，二者養殖水深和放養密度皆有差異，但近年面臨的問題卻相同，例如因氣候不穩定導致氣溫異常影響養殖環境，或是午後強降雨或瞬間暴雨導致養殖池鹽度劇烈震盪，都是可能導致文蛤大量死亡之原因，因而建議在岸邊設置立柱型太陽能板，並在下方加裝導流溝；其目的除使 40% 遮蔽下方環境在夏天可以獲得較陰涼穩定的效益，冬天亦可以降低東北季風吹襲下溫度的快速驟降，且相較於無覆蓋無法將雨水導流出養殖池，使得大雨過後養殖水域環境的變化更輕微，可有效穩定養殖環境、減少養殖過程損失。

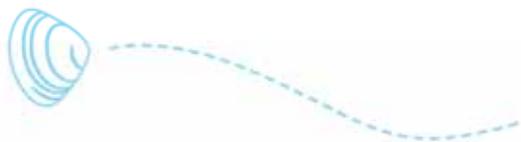


圖 2-1 水試所臺西試驗場立柱型文蛤養殖場

二、屋頂型太陽能板

諸多國家對於室內型或半室內型養殖模式投注相當多研究，以日本為例，雖然與臺灣一樣四面環海漁業資源豐富，但由於環境與氣候不允許長時間露天陸地養殖，因此日本很早就開始專研陸域室內養殖相關技術，除為了不讓海洋資源枯竭，利用開發陸域室內養殖進行許多海洋物種復育工作外，也藉由陸域室內養殖過程中，穩定部分的糧食來源。

而由於陸域室內養殖過程必須仰賴大量的電力來源，因此也開發了許多相對應的電力輔助供應系統，例如藉由在上方架設太陽能板，除了可以有效達到空間利用外，也能以溫控的方式讓炎熱的夏日，或是下雪的冬日，設施室內溫度不至於變化劇烈。



而陸域室內養殖，除了可以做到一般人所知全年控制溫度的優勢外，水產養殖模式也不再受限於所在位置是否遠離水源，可以透過輸配送的方式將所需的養殖用水帶到養殖場域，而室內循環水設施過濾的模式也可以減少水資源的浪費，以及收集廢棄物後再利用於土壤堆肥。

陸域室內養殖倚靠科學化與科技化的數據，去分析養殖過程產生的數值，例如溶氧的變化、pH 值的變化、水質硬度的改變、導電度的改變、亞硝酸鹽氮 ($\text{NO}_2\text{-N}$)、硝酸鹽氮 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 和氨態氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$) 數值改變帶來的影響，在數值有所改變的同時進行最適切的處理，讓養殖物種在最適合的環境下生長，建構防疫型養殖模式，同時也減少抗生素和藥物使用。

全球已開發國家的人力結構不斷調整中，自動化與智慧化的陸域室內養殖對於節省人力有相對助益；在鄰近消費市場的區域做計畫性規模化生產，除了可以降低生產後的運輸成本，也可以減少因中間商處理所疊高的價格，讓生產者獲得最直接的利益，同時可以掌控最直接的市場訊息與價格，調節所需生產量，並且降低供過於求發生的機率。



圖 2-2 臺南學甲的室內型養蝦場

貳、浮筏型太陽能板結合養殖模式

水域型太陽能板指的是將太陽光電設備架設於水域上，因設置工法不同可分為固定型及浮筏型 (floating photovoltaic, FPV) 2 種。其中「固定型」是指將太陽能板的支撐結構打入水體下方之地層，建立基樁；「浮筏型」則是於水平面上建置浮筏平臺裝載太陽能板，透過浮臺之間的銜接，連結成大面積的浮筏平臺，並以錨碇系統 (mooring system) 支撐及穩定太陽能板的位置。

浮筏型太陽能板的系統主要由浮臺、支撐結構、錨碇系統、水底電纜及太陽光電系統 5 個部分組成。在設計上，浮筏型太陽光電設施相較於陸域型，需要更多的安全考量，因為設置環境多處於水較深的場域，例如湖泊、水庫或是滯洪池，須考量強風造成的水浪、水花、高速水流、漂流物等外力因素。

設置浮筏型太陽能板還需考量固定於岸邊的纜索及錨碇系統所能承受的外力、設置的位置，是否因水體的變化而造成平臺的傾斜、水面是否落差過大導致平臺的變化超過平臺可負荷之彈性、水底汙泥是否過厚導致浮筏平臺無法浮起等問題。其中錨碇系統的設計，亦必須因應設置地點之特性進行調整，例如設置於湖泊的型態與設置於滯洪池的型態，因後者會遭遇較大的水位變化，因此在纜索及錨碇系統的設計上就會有所差異。

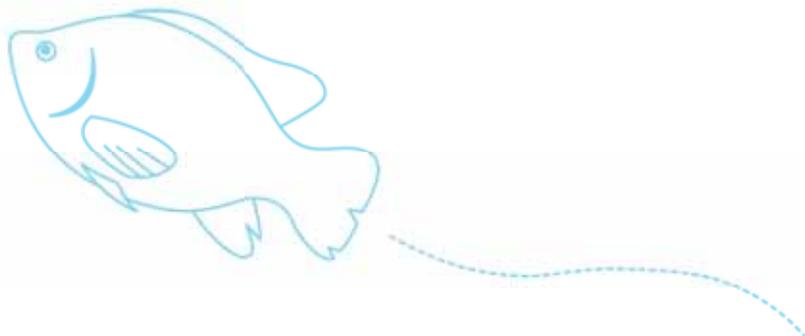
再者，在臺灣的設施如果設置於滯洪池是鄰近海邊，甚至會有遭遇海水侵蝕、或是海風侵蝕造成機組鹽化等狀況，因此對防鏽抗腐蝕有相當程度的需求。用於不同水域時，對支架、扣件和螺絲相關零組件皆會產生不同程度的影響。



圖 2-3 水試所與向陽優能電力股份有限公司共同研發之內浮筏型太陽光電養殖系統

透過實驗可發現遮蔽效應對下方生長的養殖物種帶來諸多好處，例如可屏擋夏季陽光、降低水溫，冬天則可抵擋寒害，雨季來臨時將雨水引流出魚池可以避免水質劇烈波動，讓下方養殖物種得以免去環境變化衝擊。然而在國外，浮筏型太陽能板設置地點外多為湖泊、水庫或是蓄洪池等淡水水域，鮮少用於帶有鹽分的區域或是海岸邊；但在臺灣，水產養殖多以帶有鹽分或是靠近海邊為主要設置區域，因此不管對於光電業者還是水產養殖業者，這樣的嘗試都是一種新的突破。

在臺灣的水產養殖場域設置浮筏型太陽能板，除了考量養殖場域、物種的結合和符合法規條件外，設置材質對帶鹽的水分、空氣中的鹽霧或是環境氧化也必須考量以延長整體壽命。另外，為避免發生固著物滋生，例如藤壺或是似殼菜蛤，因此在養殖用水處理的工作需落實管理。



參、國際案例介紹與說明

介紹目前國際上常見的漁電共生案例與方式，透過下述國際相關案例可發現，目前水產養殖與太陽能結合之應用尚屬新興產業發展，雖然浮筏型太陽光電技術相當成熟，但大多應用於靜態水面（如水庫、蓄水池等），因其水體變化較小，對於設備裝設與系統維護上較為穩定，目前國際上較少將浮筏型太陽能應用於水產養殖場域。

目前大部分國家優先以室內養殖設施結合太陽能為優先，並逐步進行戶外立柱型養殖產業應用，階段大多處於試驗階段，大多以魚蝦為養殖應用大宗，實際落實於水產養殖生產應用中尚屬少數。

綜整國際上應用漁電共生型態之優勢：

- 一、提供額外電力來源，達到省電功效，或可創造額外能源收入
- 二、提供遮蔽，避免水溫劇烈變化，降低微環境變化程度
- 三、減少水體蒸散速率，節省養殖用水資源
- 四、避免陽光直射，減少藻類增生
- 五、防止鳥類侵擾，降低病害傳播，穩定產量
- 六、改善養殖環境，提供良好工作空間
- 七、搭配監控設備，有利進行養殖數據監控



國家	案例介紹
中國	<ul style="list-style-type: none">◆ 通威集團有限公司◆ 漁光互補模式◆ 將水產養殖和光伏發電產業結合起來的一種生產方式。亦即在池塘水體中開展水產養殖的同時，又在水面上架設光伏元件，進行太陽能發電，提高了單位面積土地的利用價值。 <p>網址：http://www.tongwei.com/intro/index.html</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"></div>
法國	<ul style="list-style-type: none">◆ Akuo Energy 公司◆ AQUANERGIE 項目◆ Aquanergie 項目將生長池塘上方凸起的半光伏遮陽簾結合起來，具有許多優勢：它們可以保護幼魚免受捕食者侵害，有助於優化水管理週期，它們可以保護員工免受猛烈的日曬，還可以幫助控制水溫，增加通風並顯著降低魚的壓力和死亡率。 <p>網址：https://www.akuoenergy.com/en/aquanergie</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"></div>

國家	案例介紹
法國	<p>◆ Soleil des Landes 公司 /Viviers 養殖場</p> <p>◆ 屋頂漁電共生太陽能電站</p> <p>◆ Vivierse 養魚場主要養殖物種為鱒魚和鮭魚，透過在養殖池上架設太陽能板，接著在下方架設防鳥網來達到防疫的效果，太陽能發電亦可獲得額外收入。透過太陽能公司將電力出售給電網運營商，同時為魚類提供他們所需要的免受掠食鳥類的保護，而 Viviers 養魚場利用水上空間租給 Soleil des Landes 公司發電來為農場帶來收益。該光電站提供了完整的系統解決方案，包括設計、工程、項目管理、安裝和調試。該解決方案包括所有電氣和自動化設備—逆變器，DC 和 AC 機櫃、變壓器、開關設備、電纜、設備外殼、控制和帶有遠程監控功能的 SCADA，以及系統優化。</p> <p>網址：http://fis-net.com/fis/techno/newtechno.asp?id=57830&l=e&ndb=1</p> <div data-bbox="306 1050 762 1378">  </div> <div data-bbox="779 1235 922 1378">  </div>

國家	案例介紹
越南	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 德國 Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE 公司 ◆ Agrophotovoltaics 項目 ◆ Fraunhofer ISE 公司與越南海鮮供應商合作，將光伏發電與魚蝦養殖相結合，可降低養殖用水 75% 耗損、穩定水溫、避免鳥類覓食，提高整體產量。後續將持續拓展中小型模組，以推廣與中小型養殖企業投資，並評估雙重土地用於太陽能發電和商業水產養殖的技術和商業可行性。 <p>網址：https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2018/agrophotovoltaik-goes-global-from-chile-to-vietnam.html</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>



國家	案例介紹
越南	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 德國 BMBF 計畫養蝦場 ◆ SHRIMPS 計畫室內型養蝦場模式 ◆ 協助養殖場域周遭鄉鎮供電穩定，降低養殖成本以及提升養殖技術，加深對協同作用和相互作用的了解，減少淡水消耗和廢水排放、減少 CO₂ 排放和污染物輸入，同時預期改善湄公河區域農村地區的經濟狀況。 <p>網址：http://gizenergy.org.vn/en/article/shrimps-project-kicked-off-in-mekong-delta</p>  



國家	案例介紹
孟加拉	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 德國 BMZ 與孟加拉 SREDA 合作 ◆ REEEP 計畫 ◆ 協助偏遠電力不足地區發電，透過穩定供電減少養殖過程損失，並提升養殖物種品質。 <p>網址：http://reeep.sreda.gov.bd/interventions/renewable-energy/solar-aquaculture.html</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>
新加坡	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 新加坡 STA 公司 ◆ AVA 農業生產力基金計畫 ◆ 在歷經漏油事件以及藻華導致養殖物種損失事件後，新加坡養殖業者針對海上箱網養殖閉鎖式循環系統投入研究，除希望提升養殖品質外也希望減少對水域的污染。 <p>網址：https://www.sfa.gov.sg/food-for-thought/article/detail/singapore-s-modern-farms-series-singapore-aquaculture-technologies</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>

國家	案例介紹
英國	<p>◆ 英國 The Fish Company 的吳郭魚養殖場</p> <p>◆ 為英國首例獲得最佳水產養殖規範 (BAP) 認證的吳郭魚養殖場；該養殖場最多一次可容納多達 10 萬尾魚，電力需求高。該養殖場利用屋頂上的 200 塊太陽能板，每年可生產 45,000 斤，並藉由生物質鍋爐則使該養殖場的年度供暖氣成本減少一半。</p> <p>網址：https://www.worldfishing.net/news101/fish-farming/-first-european-tilapia-farm-bap-certified</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;">  </div> </div>



肆、室內型農業經營結合綠能附屬設施的挑戰

設施型室內養殖具有高度生物安全防疫管理、養殖環境穩定易掌控、降低受到極端氣候影響等諸多好處，但相對的仍有許多需要克服的挑戰，在非人為且不可控因子部分，包括了臺灣每年要面臨的夏季多颱侵襲、位處地震帶的建築耐震考驗、沿海養殖地區鹽害侵襲下建築與設備的抗蝕準備、以及部分養殖地區因常年地層下陷伴隨大潮帶來的淹水災情等，都是臺灣在進行室內型農業經營結合綠能附屬設施建設時要考量的要點。例如即便水產養殖室內型農業經營結合綠能附屬設施高度不高，但面臨常年颱風，或是可能地震搖晃損傷建築的狀況之下，仰賴值得信賴的系統商，或是設備商進行整體規劃的施工、搭建與維護，並投保合理與適切的物產險，是能否維持長達 20 年的關鍵要素。

相較以往一般太陽能設備都搭建在都市區、或是較無鹽蝕地區，臺灣水產養殖多靠近沿海地區，且養殖物種以海水物種為主，因此抗鹽蝕的相關準備工作也必須較為扎實，例如作為屋頂使用的太陽能板在架設過程中，各接合點是否具備抗蝕的技術，逆變器設置高濕與高鹽害環境導致模組與系統元件形成嚴重鏽蝕，終致傷害電力系統的可能性；而為了因應部分養殖區域因常年地層下陷伴隨大潮帶來的淹水災情，在規劃的過程中如何墊高所需場域以及相關機電設備，或是考量快速排水的狀況在周遭設計引水道等，都是可以減少損失的方式。



在人為可控因素部分，為了執行高效的生產以及架構可防可控的養殖環境，伴隨而來的是高額電力需求、高設備建置成本，以及需要累積足夠的大數據，才能建立科學化與科技化養殖模式，和水資源取得與處理和管理技術的建立（淡水與海水掌控系統完全不同）等。在高額電力需求方面，日本的做法是在設施外廣設結合太陽能板發電與風力發電，搭配儲能系統以供應養殖需求，達到多元利用的目標。

臺灣目前推動的室內型農業經營結合綠能附屬設施也正是如此，藉由以太陽能板作為屋頂使用過程，平時可以作為電力販售的穩定經濟收入來源，當養殖場域發生突發性電力供應錯誤狀況時，可以不再只仰賴養殖戶在池邊顧發電機，而透過將發電轉為自用的程序讓場內運作暫時維持，養殖戶可以透過遠端監控了解養殖場現況。同時，室內型養殖可提高生物安全，補強防疫設施漏洞與缺失，有效隔離或消除病原與防止感染，確實營造防疫型的養殖環境。

由於各廠家所搭建的室內型農業經營結合綠能附屬設施狀態各異，且室內養殖操作的水體狀態不若室外養殖池的規模，並不靠大量換水來維持水體狀態，因此如何蒐集並分析最適合自己養殖場樣態，量化數據庫並維持高收成的再現性，除仰賴新穎的設備外，人員教育訓練的扎實與否，和操作的標準程序建立是否確實，也是能否達到成功目標的要素。最後提到水資源管理的重要性，由於室內型養殖必須仰賴循環水養殖，因此水處理的技術也是至關重要，不同物種所需最適合養殖鹽度和水質條件本各異，如何將新引進的淡水與海水在調配並殺菌處理後再引入養殖池內，也是室內養殖重要的挑戰。



Chapter 3
第三章

水產養殖管理技術



第一節

文蛤

周昱翰、葉信利

壹、國內養殖概況與場域規劃原則

依據漁業署漁業統計年報 109 年顯示，面積有 9,165 公頃、年產量 5.22 萬公噸、產值 42.14 億元。臺灣主要的文蛤養殖地區在彰化縣、雲林縣、嘉義縣和臺南市的沿海鄉鎮，其中養殖面積又以臺南 3,479 公頃及雲林 3,322 公頃最多。而文蛤主要養殖地區剛好位於臺灣日照強度較高的區域，因此非常適合發展漁電共生。

文蛤屬二枚貝斧足綱，一般的習性會潛入砂中，並利用進排水管來進水和排水，由鰓部過濾其中的懸浮有機物質，再送入口中，為濾食性動物。由於文蛤的移動力小，收穫時不會像魚蝦四處亂闖，只要以文蛤採收機直線採收即可，因此適合發展立柱型的太陽能光電（圖 3-1-1）。但是在光電設施裝置前應先進行地質探勘確認立柱應埋設的深度，同時也要做好養殖場域規劃，包括：

- 一、光電設施的面積應符合遮蔽率40%的法規規定，同時建築物應蓋在養殖池較高的區域，即排水時最先露出的地方，這樣才不會防礙文蛤池在清池時工作魚的捕捉。
- 二、光電設施應設有排水管路，可將清洗太陽能板的廢水及雨水排放到溝渠，而不會進入養殖池（圖 3-1-2）。



圖 3-1-1 立柱型光電設施



圖 3-1-2 光電設施之排水系統

三、因應養殖作業需求，光電設施結構（支柱）由池底到支柱頂端的高度不得低於 4.5 公尺（圖 3-1-3），這樣的高度也只適合用臂高約 4 公尺的迷你挖土機（6 噸以下）進行整池作業（圖 3-1-4）。由於文蛤收穫機長約 5 公尺加上裝載收穫文蛤的竹筏的長度，因此為了方便文蛤收穫機作業回旋的空間，柱與柱的跨距不得小於 10 公尺（圖 3-1-5）。



圖 3-1-3 支柱的高度





圖 3-1-4 迷你挖土機(6噸以下)進行整池作業



圖 3-1-5 文蛤收穫機作業回旋的空間

貳、場域整池與放苗管理

因為立柱須埋設一定的深度，常會挖掘出底層土塊分散於表層，在文蛤放養前若不清除，在文蛤收成時會夾雜其中影響收穫及分級（圖 3-1-6 及圖 3-1-7）。



圖 3-1-6 文蛤收成時土塊會夾雜其中影響收穫



圖 3-1-7 文蛤收成時土塊會夾雜其中影響分級

文蛤養殖池規模以1～3公頃最多，放養密度約為100～160萬粒/公頃，養成期間為13至15個月，放養量增加會導致養成期間拉長及收成體型變小等情形，養殖期間池水鹽度大多保持在20～25 psu，水深維持在30～60公分。在高密度養殖下，池中自然生產的藻類及有機碎屑不足以供給養殖文蛤所需，須另外以人為方式來補充，常見的作法為投入大量的魚粉、豆粉、下雜魚漿等飼料，或者將這些物質在另一池中先發酵後，再抽入養殖池中，以培養文蛤成長所需的天然餌料。

一、整池與曬池

放養前文蛤池需要「整池」，調整池塘環境以符合未來養殖的需求。傳統上養殖業者收成後將池水排乾，使底土曝露在空氣中，使它乾燥及氧化。為了比較「遮蔽組文蛤池」與「無遮蔽組文蛤池」排乾池水後曬池的效果，底土曝露於空氣和陽光下，每3天採土一次（圖3-1-8），採樣時充分混合以獲得均勻的土壤，取回實驗室測量土壤的易氧化有機物（easily oxidized material, EOM）和底土需氧量（sediment oxygen demand, SOD）。



圖 3-1-8 曬池期間採樣

池塘曬池的 21 天期間，試驗池定期測量底土的 EOM 及 SOD。由圖 3-1-9 及圖 3-1-10 可看出 EOM 及 SOD 都是在 7 天期間急速下降，而在 10 天後趨向穩定，顯示乾燥的效果及池底曝露在空氣中至少需要 10 天，才能保證達到改善池塘底土的效果。由曬池之底土分析結果顯示，只要池水完全抽乾的狀況下使用束井（圖 3-1-11）或挖溝（圖 3-1-12），太陽能光電實體之遮蔽組與無遮蔽組所需的曬池時間沒有差別。

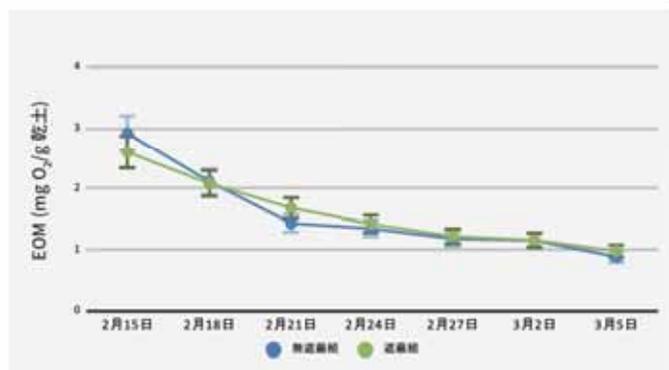


圖 3-1-9 曬池之易氧化有機物量變化

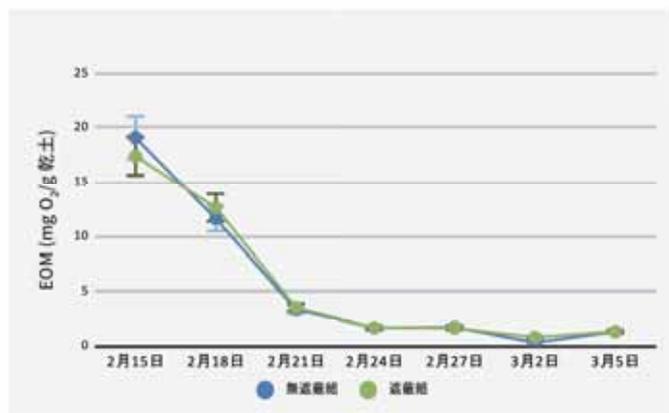


圖 3-1-10 曬池之底土需氧量變化

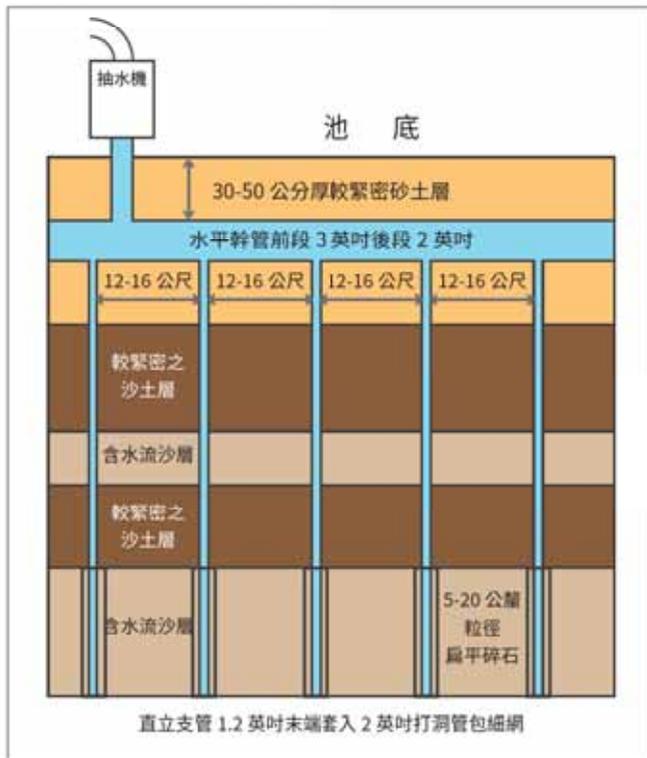


圖 3-1-11 應用池底砂層抽排水(俗稱束井)



圖 3-1-12 文蛤池挖溝曬池

二、添加基肥

各文蛤試驗池進水30公分深，每池加入茶粕100公斤發酵，每3天定期測量池水水溫、溶氧量及底土氧化還原電位變化，直到茶粕發酵沈澱，以比較太陽能光電實體之遮蔽組與無遮蔽組所需的發酵時間。

文蛤試驗池進水30公分深，每池加入茶粕100公斤發酵，水色的變化由開始的透明色到7天後的紅棕色及黑色，21天後再轉變為池水透明而池底紅棕色的沈澱（圖3-1-13）。由2組的池水平均水溫（圖3-1-14）發現對無遮蔽組的池水水溫比遮蔽組高1～2°C。由池水溶氧變化（圖3-1-15）顯示無遮蔽組的發酵作用在第7天時達到最高點，在28天時發酵完成，遮蔽組的發酵作用在第10天時達到最高點，在28天時發酵完成。無遮蔽組發酵完成時間（3月23日）比遮蔽組快3天（3月26日）。



圖 3-1-13 試驗池茶粕發酵完成，池水透明而池底紅棕色的沈澱
(左：無遮蔽組第28天 右：遮蔽組第31天)

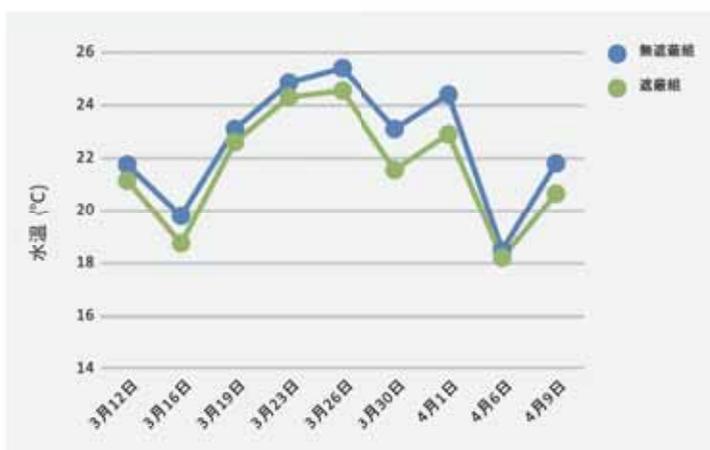


圖 3-1-14 茶粕發酵之水溫變化

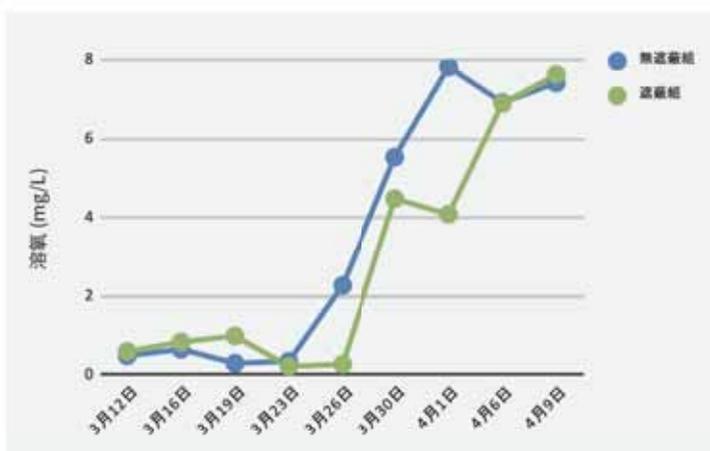


圖 3-1-15 茶粕發酵之池水溶氧變化

發酵完成之後將池水排乾，且使用束井加快底土乾涸，如曬池步驟使底土曝露在空氣中至少 2 星期，讓發酵作用後的有機物質氧化，即可注水準備放養文蛤苗。

三、養殖池注水

整池後放苗前之第一次注水，決定往後養殖之順利與否，因有害水生動物之卵或幼苗（如螺類、貽貝類等），在注水時很容易自公共水道中引入，並在養殖池中快速成長或增殖，與文蛤競爭食物，也會生出足絲纏繞文蛤，最後造成文蛤死亡。當文蛤池進水達到平均水深50公分後，停止進水、同時加次氯酸鈉10 ppm（1公頃池塘平均水深50公分，總水量為5,000噸池水，以次氯酸鈉含量10%的漂白水計算需加入500公斤的漂白水），殺除所有的浮游動物以防貽貝幼生入侵，靜置3至5天後即可放養文蛤苗。

可是在養成期間就無法使用漂白水，因為會傷害池中養殖的文蛤，若在水門掛長袋形網濾除大型生物之注水方式，上述小型水生動物很容易被引進。因為貽貝類的受精卵大小為60微米左右，而浮游幼生的大小只有150～300微米，無法用濾網將之濾除（塑膠濾網最細的孔徑為0.75公釐×0.75公釐，浮游生物網需用到300目（0.065公釐×0.065公釐）才能將浮游幼生濾除，但如此小的孔徑無法大量進水，會嚴重影響進水量），因此只能以沙層過濾（束井或砂濾桶）的方式引進海水（圖3-1-16），才能完全杜絕似殼菜蛤及孔雀蛤的浮游幼生進入池中，或者分出蓄水池（0.1公頃/公頃文蛤池）引進的海水後，潑灑10 ppm的次氯酸鈉殺死隨海水進入的似殼菜蛤及孔雀蛤浮游幼生，處理後3天再抽入文蛤池，才可完全隔絕公共水道之有害水生動物。

四、文蛤苗放養

一般養成用種苗之大小為每臺斤500粒左右。若池塘含沙率較高(70~90%)，可放養較小之幼苗，如小至兩分半或三分苗(900~1,200粒/斤)。若季節不合，且可放養較大型且便宜的苗(200~400粒/斤)，養殖期可縮短1至3個月，但需注意愈大的文蛤對環境的適應力較差，放苗後易發生無法潛砂的狀況，因此放苗前應將池水鹽度調整與育苗池相同以減少環境的差異。文蛤的放養密度為100~120萬粒/公頃，為確保文蛤苗均勻撒布，撒苗前先以中空膠條、或在池堤壁面等距噴白漆作為界線標識(圖3-1-17)。



圖 3-1-16 使用砂濾桶處理海水

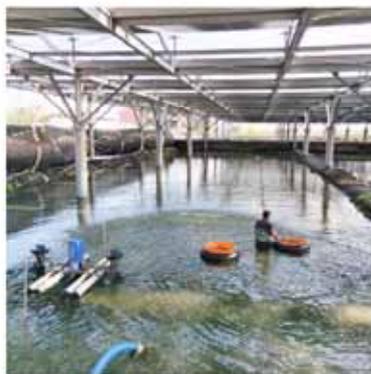


圖 3-1-17 文蛤苗放養



參、養殖管理與收穫作業

一、工作魚的放養

(一) 池底滋生底藻之處理

文蛤養殖期間，因池水淺且清澈，池壁及池底易生長大型的藻類如絲藻，大型藻類繁生於池底時會覆蓋文蛤，易造成文蛤成長不良及缺氧，並影響其成長及活存率，可放養草食性魚類如 6 ~ 8 寸的虱目魚 (1,000 ~ 1,200 尾 / 公頃) 或 1 ~ 2 寸的金錢魚 (變身苦) (2,000 ~ 3,000 尾 / 公頃) 或 1 ~ 2 寸的豆仔魚 (3,000 ~ 5,000 尾 / 公頃) 等來控制池內的大型藻類。但在冬季由於水溫低，草食性魚類攝食量降低不能清除大型藻類時，可僱工清除或放養其他耐寒性的草食性魚類，如瓜子鱸 (俗稱黑毛)。

(二) 池底螺類、貽貝繁生之處理

螺類、貽貝會與文蛤競爭食物，大量繁生時不但會浪費飼料，並會影響文蛤成長及肥滿度，另貽貝除了在池底繁生之外也會附著於光電設施的支柱 (圖 3-1-18)。可放養黑鯛 (500 ~ 1,000 尾 / 公頃)、黃錫鯛 (500 ~ 1000 尾 / 公頃) 與黃臘鯪 (俗稱紅衫) (200 ~ 300 尾 / 公頃)，也可以同時放養白蝦 (10 萬尾 / 公頃)，吃掉池底螺類及貽貝，但須依池內文蛤大小慎選放養魚的體型，一般在文蛤放養後 2 至 3 個月，才會放養 1 寸大小的黑鯛或黃臘鯪，以免工作魚成長太快會攝食文蛤，若發現池中有文蛤殼的碎片時，應將黑鯛或黃臘鯪以網捕捉清除。



圖 3-1-18 貽貝附著於光電設施的支柱

二、養殖管理

文蛤養殖期間池水鹽度大多保持在 20 ~ 25 psu，池水高度維持在 30 ~ 60 公分。

(一) 池水環境管理

1. 水溫

文蛤屬於廣溫性，存活之溫度範圍為 3 ~ 39°C。文蛤耗氧率呈現先升後降的趨勢，溫度為 30°C 文蛤耗氧明顯高於其他幾個溫度。10 ~ 30°C 隨著溫度的升高，文蛤的耗氧率逐漸升高，當溫度超過 30°C 後，文蛤的耗氧率開始下降。在 20 天的溫度試驗發現當溫度達到 35°C 時，文蛤稚貝開始出現死亡，平均活存率為 95±2.3%；37°C 時開始出現大量死亡，平均活存率 4.44±7.7%；到 41°C 時全部死亡，平均活存率為 0%，利用二點法求出文蛤稚貝半致死溫度為 36.12°C；文蛤稚貝最適生存溫度在 4°C ~ 35°C (曹等，2009)。無遮蔽組的文蛤池，水溫在夏季高溫期常會超過氣溫，在 109 年 7 月 22 日下午 2 點曾測到池水水溫高達 36°C。

因此在夏季高溫期間應增加池水深度，以免陽光直射增加池水溫度影響文蛤成長與活存率。對遮蔽組的文蛤池而言，由於太陽能板阻隔部份陽光的效果，在 108 年夏季高溫期池水平均水溫低於無遮蔽組的文蛤池水溫 3.1°C。可見覆蓋太陽能板可以減少陽光直射到池塘的面積，進而有效降低極限水溫發生的機率。而冬季嚴防寒流來襲，除了避免虱目魚凍死之外，應注意特別是冬季的 1 至 2 月間，虱目魚因水溫偏低，攝食量下降甚至停止或凍死，無法清除池中的大型藻類，繁生過多時，會覆蓋大面積的池底，妨礙文蛤進食及呼吸，而造成文蛤死亡，因此必須耗費許多人力撈除。

2. 鹽度

文蛤屬於廣鹽性，其成長之鹽度範圍為 10 ~ 45 psu，適合文蛤成長的鹽度範圍在 16 ~ 36 psu，體型較大的文蛤較能適應低的鹽度，文蛤池的鹽度通常維持在 20 ~ 25 psu，文蛤稚貝的適宜生存鹽度為 9 ~ 39.5 psu (楊等，2016)。在雨季或颱風來臨前應將池水鹽度調高到 25 psu，可避免豪大雨使養殖池鹽度下降到 10 psu 以下，造成文蛤體內滲透壓調節機制無法適應時，輕微者會停止攝食，嚴重者則會造成死亡。而在雨季或颱風來臨時，因為光電設施有排水管路可將雨水排出，遮蔽組的池塘鹽度受到雨水的影響較小，與無遮蔽組相比池水鹽度會高出 3 ~ 5 psu。另外在冬天東北季風會使池水蒸發，造成鹽度上升，必須淡水調節池水至適當的鹽度。

3. 酸鹼值 (pH)

在池水 pH 3 ~ 9 範圍內變化對文蛤的活存無顯著影響。正常海水酸鹼度則維持在 pH 8.1 ~ 8.3，且因為海水中含有相當多的鹽類可作為緩衝溶液，因此比較不易改變。但養殖池中 pH 還是很容易改變，主要是因為養殖池中生物的密度或化學濃度都比自然界高出許多。一般池塘水質 pH 過低，可能是有機質過多所造成，文蛤池水 pH 7.5 以下時，必須做適當的處理，可以撒佈農用石灰來調高池水 pH，再潑灑有益性細菌或光合細菌，更可有效的改善水質。而池水 pH 值太高時 (pH 9.5 以上)，簡單的作法是換水，以降低池水藻類濃度。

4. 溶氧量

文蛤池的溶氧的來源：

- (1) 空氣經過水表面層以滲透的方式溶入水中。
- (2) 養殖池中的藻類或植物，在白天行光合作用而產生氧氣。
- (3) 以人為方式，如水車攪動水面以增加水體與空氣接觸的面積，來提高水中的溶氧。

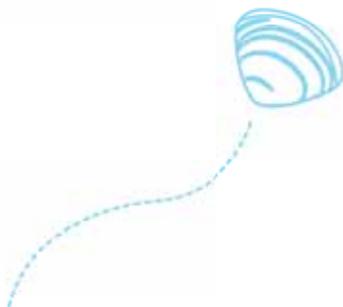


文蛤的臨界溶氧量為 1.11 ppm。只要水中的溶氧量在 1.11 ppm 以上，對文蛤而言是處在有氧情形下，文蛤是可以活存的 (Lee et al., 2012)。在夏季或高水溫時，上層的水溫較高，下層的水溫較低，產生水溫躍層的現象，無法產生對流，易造成池底缺氧。一般缺氧狀況可用酌量換水及保持水車轉動來補救。文蛤池在大雨之後，由於鹽度梯度的存在而阻礙池水的對流，易造成池底溫度上升，引起池底缺氧 (Taber, 1981)。一般缺氧狀況可用酌量換水及保持水車轉動來補救。

5. 氨態氮

水中氨態氮濃度在 0.28 ppm 時，會使文蛤幼貝的濾食率降低 50% 而抑制文蛤的生長。氨態氮對文蛤 96 小時的半致死濃度為 3.3 ppm (Colt and Armstrong, 1981)。安全濃度是以 96 小時的半致死濃度的十分之一計算，因此池水氨態氮對文蛤的安全濃度為 0.33 ppm，若是池水氨態氮濃度高於 0.33 ppm，就必須進行氨態氮的管理對策：

- (1) 增加溶氧量。
- (2) 使用水質改良劑，如麥飯石、硝化菌來降低池水氨態氮的濃度。
- (3) 避免太多殘餌。
- (4) 換水。



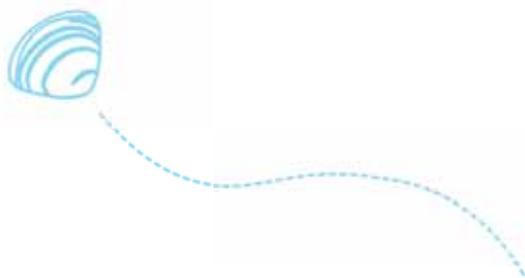
6. 硫化氫

硫化氫為具溶解性、有臭味且毒性很強之氣體，主要是硫化物如硫酸鹽、或有機硫化物，受細菌之嫌氣性分解而生成。硫化氫在水中會解離成 HS^- 和 S^{2-} ，而只有未解離的硫化氫 (H_2S) 具有毒性。硫化氫對文蛤之 96 小時 LC_{50} 為 1.5 ppm。安全濃度是以 96 小時的半致死濃度的十分之一計算，因此池水硫化氫對文蛤的安全濃度為 0.15 ppm。水試所從民國 104 年開始對彰化縣、雲林縣、嘉義縣、臺南市的文蛤養殖池進行現場檢測水質時，發現養殖池池水 H_2S 濃度在 0.3 ppm 以上時，文蛤會出現生長遲緩，而 H_2S 濃度增加到 0.5 ppm 以上則會發生死亡情形 (鄧等, 2019)。

檢測池水硫化氫濃度若超過安全濃度 0.15 ppm，則需進行處理以降低池水硫化氫濃度，硫化氫的管理對策：

- (1) 增加溶氧量。
- (2) 使硫化氫轉變為硫化鐵沈澱而消除其毒性。
- (3) 使用益生菌處理 (如光合菌)。
- (4) 避免殘餌。

池水環境管理作業每日測量水溫、鹽度、pH 及溶氧，每週分析水質總氮及硫化物濃度，適時瞭解池水狀況及作為管理作業的依據。



(二) 飼養管理

養殖文蛤的放養密度在 100 ~ 120 萬粒 / 公頃，在高密度的養殖下，池中自然生產的藻類及有機碎屑並不足以供給養殖文蛤所需的餌料，故必須另外以人為方式來補充，常需投入大量的魚粉、豆粉、下雜魚漿等飼料，或者將這些物質在另一池中先發酵後再抽入養殖池中，以培養文蛤成長所須的天然餌料生物。另外在文蛤養殖期間大都憑經驗以目測水色來投飼，容易因為超量投餌導致池底有機物堆積，底層因缺氧而形成還原態。

因此飼養管理可以用葉綠素測量器，在池塘直接測量文蛤池水的葉綠素 a 濃度來作為投餌的依據 (圖 3-1-19)，池水的葉綠素 a 濃度盡可能維持在 30 ~ 60 $\mu\text{g/L}$ ，當葉綠素 a 濃度在 30 $\mu\text{g/L}$ 以下時顯示池中餌料不足，需要投放補充飼料 (每週 2 次，每次粉狀飼料投餌量為 5 ~ 10 公斤 / 公頃，若葉綠素 a 濃度仍低於 30 $\mu\text{g/L}$ 可增加投餌量)，如葉綠素 a 濃度超過 60 $\mu\text{g/L}$ 以上且持續 4 ~ 5 日，則需要換水以降低藻水濃度。

文蛤池的藻類濃度也可以測量池水的透明度來判斷，若透明度等於水深則顯示池中餌料不足，需要投放補充飼料 (每週 2 次，每次粉狀飼料投餌量為 5 ~ 10 公斤 / 公頃，若透明度仍沒有減少可增加投餌量，若透明度有減少則停止投餌)，飼養期間每週應採樣檢視文蛤殼的成長紋路，每月採樣分析文蛤成長及活存率以作為調整投餌量的依據。



圖 3-1-19 測量池水的葉綠素a濃度來作為投餌的依據

(三) 底土管理

1. 底土狀態之評估

在養殖過程中，池底狀況對文蛤非常重要，因為它們棲息在底土，底質惡化會影響文蛤成長或生存。底土狀態的評估方法是每週測量1次養殖池底土氧化還原電位（oxidation reduction potential, ORP），ORP 是底質有機物質負載程度的指標，在文蛤池現場就可直接測量底土 ORP，將白金電極直接插入養殖池底土 2～3 公分處，經 30～60 秒，數值穩定後即完成測定，養殖戶可以將池塘分成 6～9 個區域，每個區域測量 3～5 點，將測量數值的平均值作為底土的 ORP 值，然後依底土狀態進行養殖管理操作（圖 3-1-20）。



圖 3-1-20 文蛤池現場就可直接測量底土ORP

2. ORP 值應用在文蛤養殖的管理

由於底土 ORP 值在 $-150 \sim -250$ mV 時 SO_4^{2-} 會還原成 S^{2-} 形成有毒的硫化氫，而底土 ORP 值在 -250 mV 以下時 CO_2 會還原成 CH_4 (甲烷)，顯示底土被有機物嚴重污染，處於極度缺氧狀態。因此將 ORP 值分成三個階段來進行文蛤池的底土管理：

(1) 正常養殖期 (底土 ORP 值在 -150 mV 以上) 的管理

可依據飼養管理進行投餵操作，但應避免過多的殘餌，以免有機物累積於池底而使 ORP 下降，投餵的人工飼料，必須注意適合文蛤攝食的食物顆粒，粒徑為 $5 \sim 25$ 微米，過大或過小的飼料顆粒均無法被文蛤攝食而累積於池底；飼料的投餵量，應視養殖物的狀況而增減，避免殘餌過多，使得底層因缺氧惡化而形成還原態。

(2) 底土改善期 (底土 ORP 值在 $-150 \sim -250$ mV) 的管理

改善底土 ORP 值達 -150 mV 以上，可避免產生對文蛤有影響的還原性有毒物質 (H_2S 及 CH_4)。

改善的方式有以下兩點：

- A. 增加水車數量或運轉時間，使水與空氣充分接觸，溶入氧氣，提供微生物分解有機物所需的氧氣，並使水中氨、二氧化碳等有害氣體逸出水面。



- B. 每週定期使用二氧化氯 (0.5 ppm) 或光合菌 (15 ppm) 或益生菌來提高底土的 ORP，減少底土易氧化物 (EOM) 及底土需氧量 (SOD)，使文蛤在優良底土環境下成長，不僅可提升文蛤的成長率也增加文蛤的飼料效率。

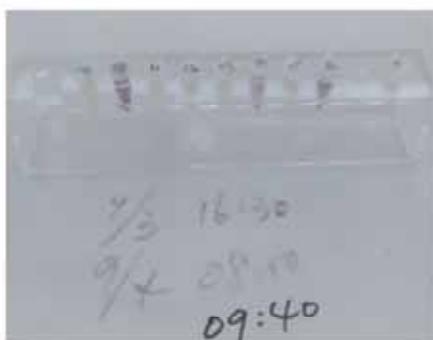
(3) 危險期 (底土 ORP 值在 ~ 250 mV 以下) 的管理

氧化還原電位在 -250 mV 以下時為 CH_4 ，顯示底土被有機物嚴重污染，處於極度缺氧狀態，應立即進行緊急搶救措施，才能避免文蛤大量死亡。而直接有效的緊急搶救措施為池水抽乾，使底土曝曬在空氣中 $2 \sim 4$ 小時，可以快速有效改善 ORP 數值，再增加水車數量或運轉時間，增加池水的溶氧量以持續改善底土狀態。

(四) 池水弧菌數

大多數常見弧菌皆為海水中常在菌，文蛤在濾食時也會將細菌一同攝入，在養殖池通常會具有一定數量的弧菌數，若是遇上季節轉換、下大雨及高水溫期，會使池水弧菌數暴增，加上文蛤受到環境緊迫造成體弱，而增加發病文蛤的死亡率。目前在發病死亡的文蛤中，已分離鑑定出具有多種弧菌屬，如溶藻弧菌 (*Vibrio alginolyticus*)、腸炎弧菌 (*V. parahaemolyticus*)、創傷弧菌 (*V. vulnificus*)、哈維氏弧菌 (*V. harveyi*) 等。同時也有分離出其他種類的革蘭氏陰性菌，如親水性產氣單孢菌 (*Aeromonas hydrophila*) 等。

鄧晶瑩等 (2018) 發現文蛤接種一定數量的創傷弧菌或巴西弧菌 (*V. brasiliensis*) 就會造成文蛤死亡。因此在養殖池水中，弧菌數達到 1,000 CFU/mL 以上，就立即需要用二氧化氯 (0.5 ~ 1 ppm) 消毒，降低池水中的弧菌量，減少文蛤因弧菌影響造成死亡的可能。由於弧菌測量是將試水帶回實驗室後，取 100 ul 試水塗抹於 TCBS 的培養皿上，在 28°C 下培養 24 小時後，目視判數培養皿弧菌的菌落數量後，再換算成池水的弧菌量 (圖 3-1-21)。但養殖戶缺乏相關的技術及器材，自己要測量池水中的弧菌量有所困難。有鑑於此，水產試驗所副所長張錦宜博士開發一種快速簡易的弧菌測試劑，只要加入 1 滴池水到弧菌測試劑中，於常溫下放置 24 小時後，觀察測試劑是否由透明變為紫色，即可判斷池水的弧菌量是否超標 (圖 3-1-22)。



(左) 圖 3-1-21 劃菌培養測量池水弧菌量

(右) 圖 3-1-22 池水弧菌快速測試劑



三、收穫作業

當養殖文蛤達到上市體型（30 ~ 50 粒 / 斤），光電設施養成文蛤的收穫方式，與傳統文蛤池養成文蛤的收穫方式是相同的，由文蛤收穫機於池中作業，將文蛤收穫後運送到池邊，再用文蛤分級機將文蛤清洗及分級後裝袋（圖 3-1-23）。重點是光電設施支柱與支柱的跨距不得少於 10 公尺，因為文蛤收穫機長約 5 公尺，加上裝載收穫文蛤的竹筏的長度，文蛤收穫機作業才有回旋的空間，不會影響收成。

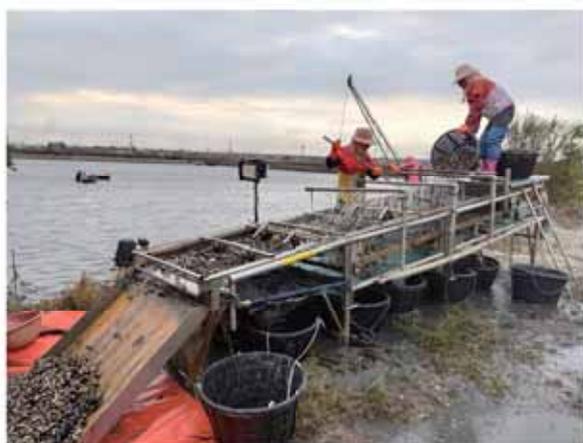


圖 3-1-23 文蛤池養成文蛤的收穫方式



肆、漁電共生養殖影響與效益

文蛤養殖池建立立柱型的光電設施，在池塘上方可覆蓋太陽能板發電，同時可避免夏季陽光直射，有效降低極限水溫發生的機率，立柱型的光電設施設有排水系統，因此也不怕雨季期間因雨量過多，而使池水的鹽度變化太大，進而影響文蛤的成長。理論上光電設施遮蔽了池塘 40% 的陽光，光照度下降會影響池塘藻類濃度，進而造成池塘基礎生產力下降，所以需要探討遮蔽對文蛤成長及養殖環境的影響。



一、遮蔽率對池塘環境的影響

(一) 光照度的變化

光電設施遮蔽了池塘 40% 的陽光，光照度必然會下降。在 109 年 6 月至 110 年 5 月試驗期間，陽光以夏季最強，冬季最弱，因此也反應在兩組的池塘光照度，而全年平均光照度無遮蔽組為 $84,330 \pm 3,833$ Lux，遮蔽組為 $49,811 \pm 18,003$ Lux (圖 3-1-24)。顯示遮蔽組因太陽能板遮陽的效果，而降低池塘 40.9% 的光照強度。



圖 3-1-24 試驗池光照度之變化

(二) 水溫的變化

試驗期間兩組的年平均水溫，無遮蔽組為 $27.9 \pm 6.0^{\circ}\text{C}$ ，遮蔽組為 $24.7 \pm 5.1^{\circ}\text{C}$ 。由圖 3-1-25 也可發現遮蔽組的水溫均低於無遮蔽組的水溫，以夏季陽光最強時兩組水溫相差最大，冬季陽光最弱則水溫差距較小。無遮蔽組與遮蔽組池水的平均水溫相差 3.2°C ，可見覆蓋太陽能板減少陽光直射到池塘的面積，進而有效降低極限水溫發生的機率。文蛤養殖期間常因氣候問題而遭遇不同的養殖難題，如夏季水溫過高常因日光直射導致池底溫度過高，雖然文蛤屬廣溫性，水溫在 $3 \sim 39^{\circ}\text{C}$ 之間具有活動力，但水溫過高除了會減緩文蛤成長之外也會使文蛤不適而死亡。



圖 3-1-25 試驗池池水水溫之變化

(三) 池水鹽度變化

13 個月的試驗期間，因雨季影響，各組池水鹽度由 35 psu 下降到 15 ~ 25 psu，遮蔽組的鹽度比無遮蔽組受到雨水的影響小，與無遮蔽組相比會高出 3 ~ 5 psu(圖 3-1-26)。由於遮蔽組藉由光電設施的太陽能板阻攔雨水，再經由排水管路將雨水排出池外，因此在大雨季節時無遮蔽組鹽度常急遽下降。另 110 年 1 月 18 日因淡水管路破裂，造成無遮蔽的鹽度下降到 15 psu，在修復管路後逐漸回升。試驗期間的年平均鹽度，無遮蔽組為 24.2 ± 4.4 psu，而遮蔽組為 25.6 ± 3.2 psu。雖然文蛤適合的鹽度範圍在 10 ~ 45 psu，無遮蔽組的鹽度並沒有降到文蛤無法忍受的鹽度，但試驗期間池水鹽度因豪雨而急遽下降對文蛤也是一種的緊迫作用。



圖 3-1-26 試驗池之鹽度變化

(四) 池水葉綠素 a 濃度的變化

海水中葉綠素 a 濃度乃浮游生物量的重要的指標。由圖 3-1-27 發現並非是無遮蔽組之池水中葉綠素 a 濃度就會比遮蔽組高。反而是季節性的變化才會影響池水中葉綠素 a 濃度，在春季及秋季，遮蔽組池水的葉綠素 a 濃度均高於無遮蔽組。由年平均葉綠素 a 濃度來看。無遮蔽組為 $19.1 \pm 11.3 \mu\text{g/L}$ ，而遮蔽組為 $27.4 \pm 17.3 \mu\text{g/L}$ ，可發現遮蔽率 40% 的池水葉綠素 a 濃度比較高。另外也發現季節性的變化（夏天日照強，冬天日照弱）也會影響池水中葉綠素 a 濃度。但在冬季兩組水中葉綠素 a 濃度均小於 $30 \mu\text{g/L}$ ，有藻類不足的問題。依據文蛤池相關田間試驗結果，文蛤池水的葉綠素 a 濃度儘可能維持在 $30 \sim 50 \mu\text{g/L}$ 。



圖 3-1-27 試驗池池水葉綠素 a 之變化

(五) 池塘初級生產力的變化

初級生產力 (primary production) 是生物利用太陽能將無機物，如二氧化碳、水等，合成為含高能量之有機物的程序，它常和「光合作用」互通使用。生物體之質量累積愈多，即表示初級生產力愈高。通常情況下，單位水面下太陽輻射強度與初級生產量之間存在顯著的正相關。而太陽能板遮陽的效果而降低陽光直射池水的強度必然會影響初級生產量，從 109 年 6 月開始每兩週測量 1 次池塘的初級生產力，應用明暗瓶測量法在早上 10:00 到下午 14:00 測量溶氧的變化，結果發現年平均初級生產力以無遮蔽組的 $1.02 \pm 0.81 \text{ O}_2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{Day}^{-1}$ 高於遮蔽組 $0.64 \pm 0.53 \text{ O}_2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{Day}^{-1}$ ，顯示遮蔽組的初級生產力明顯低於無遮蔽組 (圖 3-1-28)。

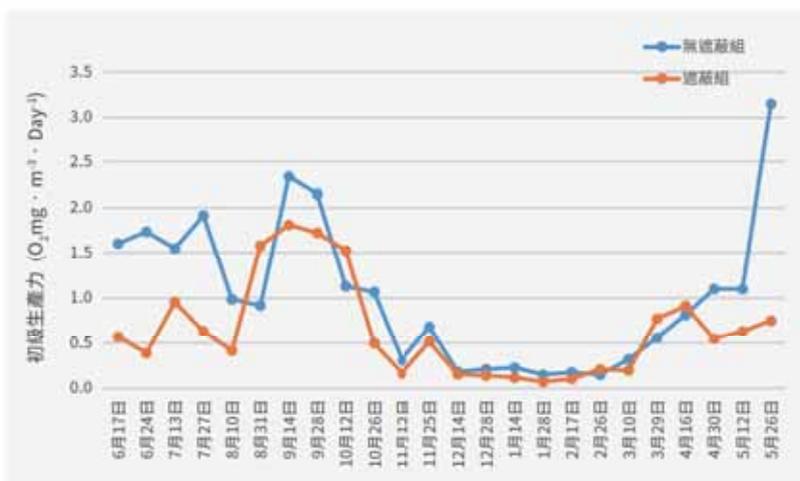


圖 3-1-28 試驗池初級生產力之變化

初級生產力受溫度、光照度的影響，溫度影響細胞內酵素的活性。低溫下，酵素的活性較低，光合作用之效率也就因而較低，所以冬季之海洋初級生產力比夏季低。和水溫比較，光照度在一年四季之差異較大。海水域所承受之光照度會隨著緯度而不同，臺灣地處北半球之亞熱帶和熱帶區域，所承受之陽光以夏季最強，冬季最弱。季節的光照度差異加上溫度的效應，使得臺灣附近海域之初級生產力在夏季（約7～8月）最高，在冬季（約1～2月）最低。而太陽能板的遮蔽也有同樣的效果，因為降低池塘的光照度同時也減少池水水溫的上升，因而只剩下原來池塘初級生產力的62.7%，減少了池中37.3%的初級生產力。



(六) 底土氧化還原電位的變化

氧化還原電位(ORP)是底質有機物質負載程度的指標，當有機物減少時耗氧量下降，氧化還原電位會逐漸上升，因此可作為有機物質污染的指標(Pearson and Stanley, 1979)。兩組底土的平均ORP數值以無遮蔽組 83.12 ± 61.71 mV較高，而遮蔽組為 45.15 ± 92.85 mV。兩組底土的ORP數值均高於-150 mV，顯示試驗期間兩組池塘底土的狀況皆良好(圖3-1-29)。



圖 3-1-29 試驗池底土氧化還原電位之變化

(七) 池水硫化物之變化

試驗期間兩組硫化物濃度由 10 ppb 以下逐漸上升到 80 ppb，顯示隨著養殖時間增長因飼料投餵，池塘有逐漸優養化的現象 (圖 3-1-30)。試驗期間無遮蔽組的平均池水硫化物為 16.6 ± 2.3 ppb，遮蔽組為 17.4 ± 1.9 ppb。硫化氫對文蛤之 96 小時 LC_{50} 為 1,500 ppb。安全濃度是以 96 小時的半致死濃度的十分之一計算，因此池水硫化氫對文蛤的安全濃度為 150 ppb。水試所從 104 年開始對彰化縣、雲林縣、嘉義縣、臺南市的文蛤養殖池進行現場檢測水質時，發現養殖池池水 H_2S 濃度在 300 ppb 以上時，文蛤會出現生長遲緩，而 H_2S 濃度增加到 500 ppb 以上則會發生死亡情形 (鄧等，2019)。在缺氧狀態下氨、硫化氫之類的還原物質會逐漸累積在池塘底土 (Avnimelech and Lacher, 1979; Ram et al., 1981)。試驗期間各試驗池硫化物濃度均在 150 ppb 以下。因此試驗期間兩組的硫化物濃度對文蛤沒有影響。



圖 3-1-30 試驗池池水硫化物濃度之變化

(八) 池水總氨態氮之變化

兩組池水總氨態氮在試驗開始到 109 年 12 月期間，氨態氮濃度增高且超過 0.28 ppm，但 110 年 1 月後逐漸回復正常。試驗期間平均池水總氨態氮以無遮蔽組 0.159 ± 0.117 ppm 較高，遮蔽組為 0.111 ± 0.056 ppm (圖 3-1-31)。Colt and Armstrong (1981) 發現水中非離子氨態氮濃度在 0.28 ppm 時會使文蛤幼貝的濾食率下降 50%，影響文蛤的成長。且在缺氧的狀況下底土銨的累積會增加 (Avnimelech and Ritvo, 2003)。Reddy et al. (1986) 認為多量氨態氮的釋放是無氧狀態下低能量產出的作用。而在缺氧狀態下氨、硫化氫之類的還原物質會逐漸累積在池塘底土 (Avnimelech and Lacher, 1979; Ram et al., 1981)。

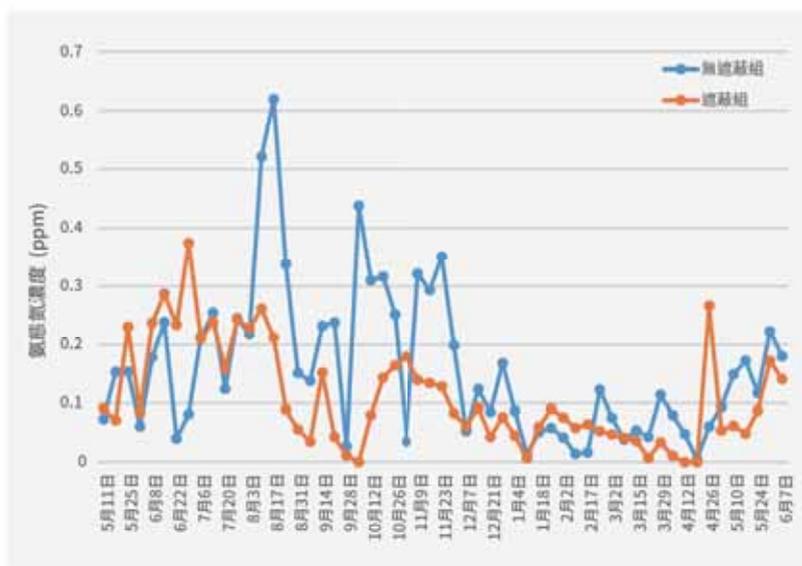


圖 3-1-31 試驗池池水氨態氮濃度之變化

(九) 池水總弧菌數之變化

在試驗期間每星期一會施用二氧化氯 0.5 ppm 進行殺菌消毒，星期二會添加枯草桿菌 300 公克 / 池及星期四添加短小桿菌 600 公克 / 池。從試驗開始到試驗中期兩組池水平均總弧菌數均低於 1,000 CFU/mL (圖 3-1-32)。但試驗後期因飼料投餵的因素，使得兩組池水總弧菌數常會超過 1,000 CFU/mL。雖然平均池水總弧菌數分別為無遮蔽組 621±277 CFU/mL，遮蔽組 851±475 CFU/mL，均低於 1,000 CFU/mL，但在試驗後期池水總弧菌數量對文蛤有一定的威脅存在。

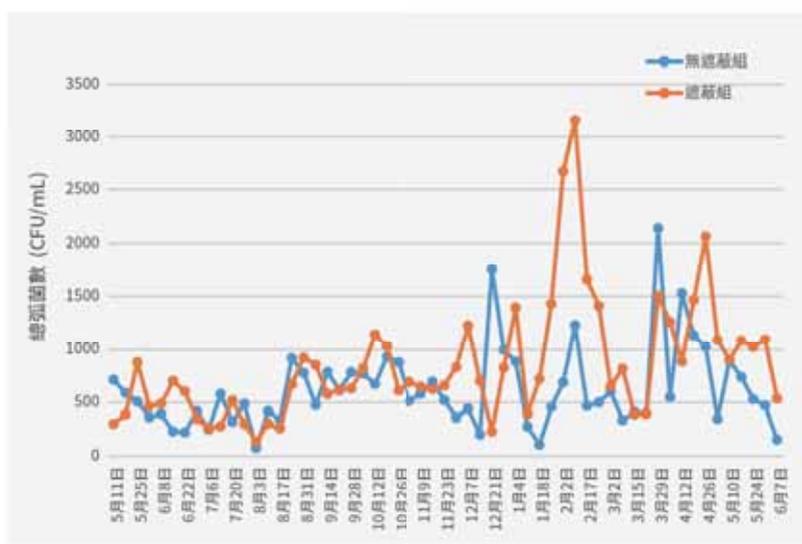


圖 3-1-32 試驗池池水總弧菌數之變化

二、遮蔽率對文蛤育成的影響

各試驗池放養平均體重 1.34 公克 (447 粒/斤) 的文蛤苗，每池放養 8.9 萬粒 (養殖密度為 89 萬粒/公頃) 進行實體光電設施的遮蔽率實驗。通常情況下，單位水面下太陽輻射強度與初級生產量之間存在顯著的正相關，可見太陽能板的遮蔽率會影響到池塘的初級生產力進而影響文蛤的成長。由 13 個月的飼育試驗，圖 3-1-33 可明顯發現文蛤的成長的變化，110 年 6 月 8 日採樣文蛤，測量各組文蛤的平均體重分別為：無遮蔽組 15.28 ± 4.94 公克及遮蔽組 13.24 ± 0.55 公克，無遮蔽組的文蛤成長高於遮蔽組。圖 3-1-34 是試驗期間兩組的平均活存率變化，110 年 6 月採樣各組的平均活存率：無遮蔽組 $61.95 \pm 9.36\%$ 及遮蔽組 $52.05 \pm 0.64\%$ 。

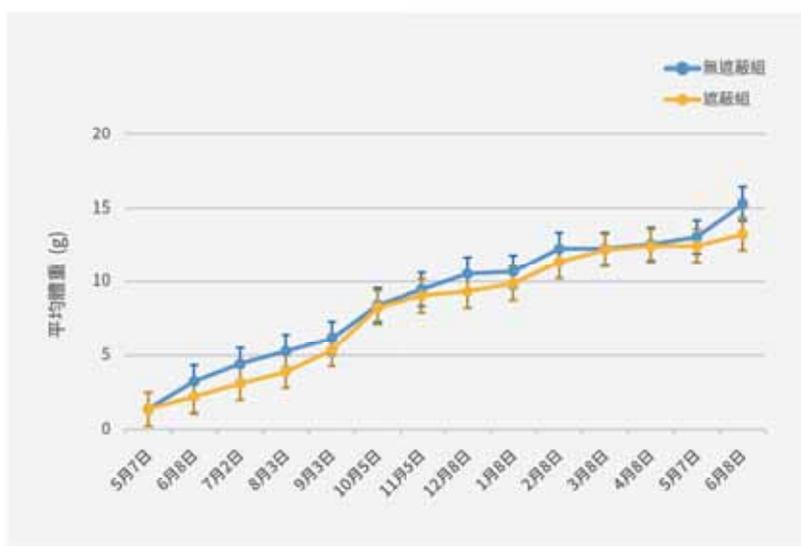


圖 3-1-33 試驗池文蛤平均體重之變化

以平均體重及活存率來估算目前的產量：無遮蔽組為842.5公斤/0.1公頃池及遮蔽組為613.3公斤/0.1公頃池，遮蔽組與無遮蔽組的產量比值為72.8%，符合產量7成的法規規定。試驗結果顯示太陽能板有遮陽及防雨的效果，在遮蔽率為40%的情況下可提供文蛤養殖之相對穩定環境。然而遮蔽率40%之下，池塘因光照度減少使得基礎生產力下降，進而影響文蛤的成長率，因此未來需要探討新的養殖管理技術來改善文蛤的成長率。

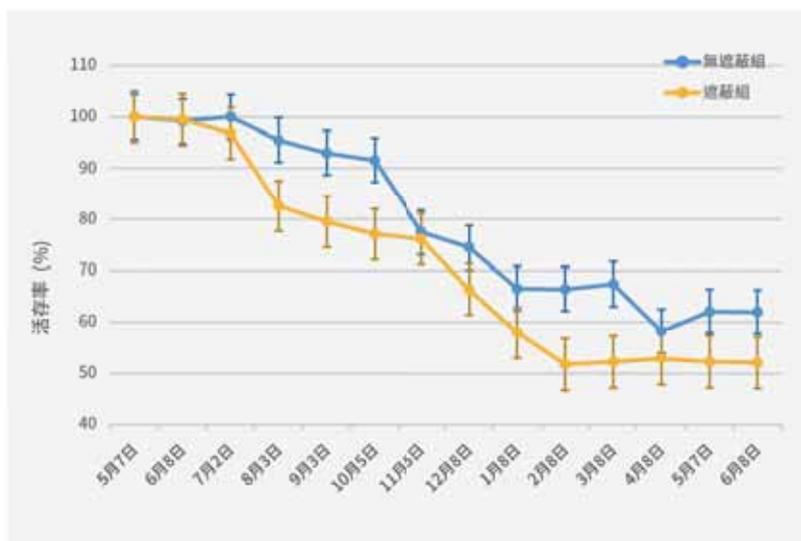


圖 3-1-34 試驗池文蛤平均活存率之變化



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塢中皆有養殖，不過淡水魚塢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°C，但成長最適溫度為 24～32°C，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形，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
(臺南市學甲養者, 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)、浮筏經管(右)

貳、整池與放苗管理

一、整池

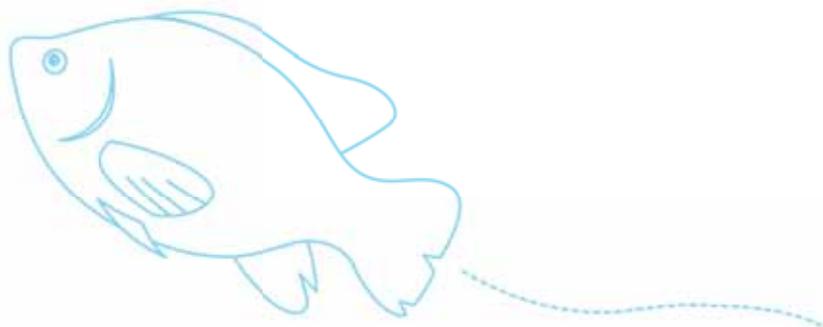
吳郭魚養殖收成後，底土常含有大量有機物，使得底土中氧化還原電位較低，需進行妥善清池作業，光電浮筏下的清池作業與一般常用之作業基本上無明顯差異，首先將池水排乾之後，直接進行日曬 1 ~ 2 個月，最好是能直接曝曬至底土龜裂，以確保底土中的有機物充分氧化分解。浮筏下的底土在池水抽乾後，因浮筏型光電系統底座，恐無法有效曬乾，這也等同於部分池子無法完全曬乾，故可配合「束井」將水分盡可能排乾，待池子曝曬完後，可以直接遍撒生石灰於底土上（每分地使用量約 30 ~ 50 公斤），之後再注水到淹蓋池底至少 30 公分水深，讓生石灰與水均勻混合產生散熱反應，藉此進行消毒和底土還原，提升底土 pH。光電浮筏下可以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、固定地點授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°C，遮蔽池最高水溫 34.2°C，約有 3°C 的差異；學甲無遮蔽池的最高水溫為 34.5°C，遮蔽池最高水溫 33.1°C，水溫約差 1°C (圖 3-2-4、圖 3-2-5)。

吳郭魚能適應的溫度範圍為 10~45°C，生長最適溫度是 24~32°C，在 7 月至 9 月中旬的高溫期來看，雖然水溫未超過 40°C，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。

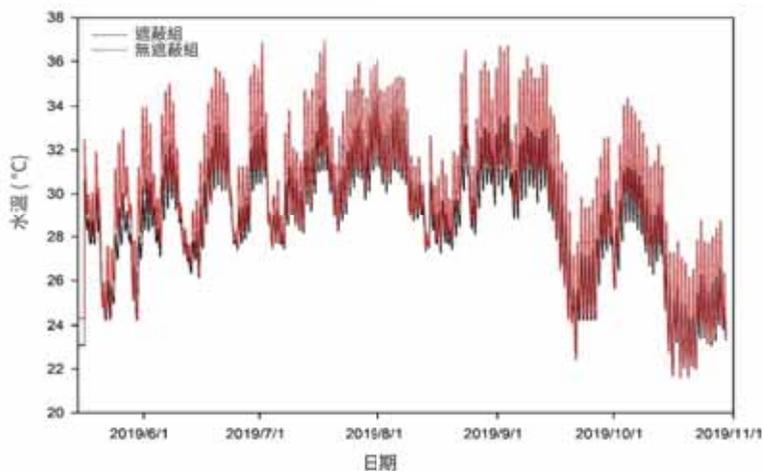


圖 3-2-4 水試所淡水中心吳郭魚試驗溫度長期監測變化

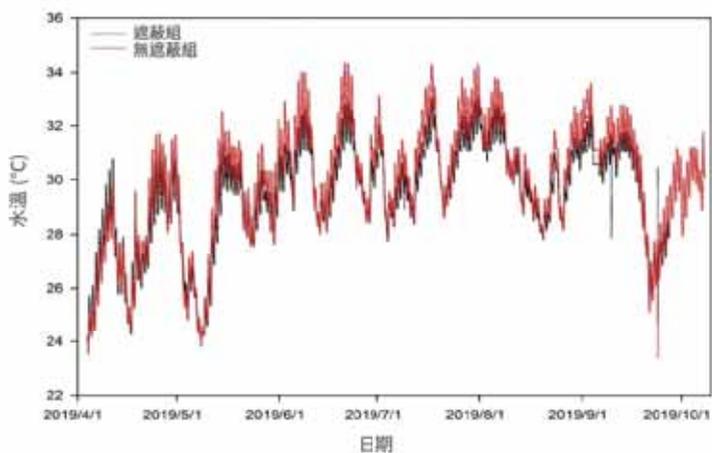


圖 3-2-5 臺南市學甲吳郭魚試驗溫度長期監測變化

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。

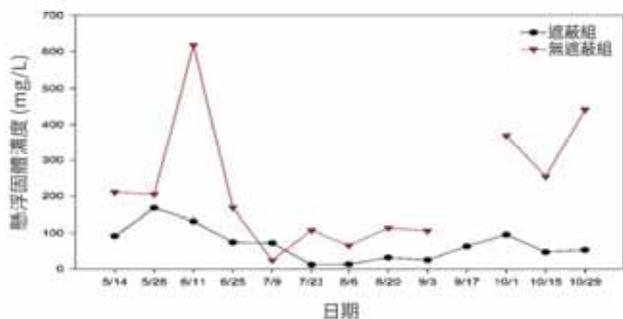


圖 3-2-6 懸浮固體濃度 (水試所淡水中心吳郭魚試驗)

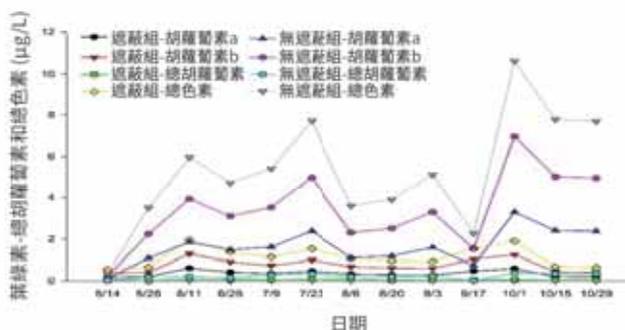
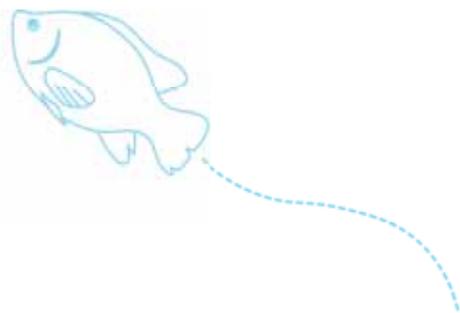


圖 3-2-7 葉綠素-總胡蘿蔔素和總色素 (水試所淡水中心吳郭魚試驗)

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。



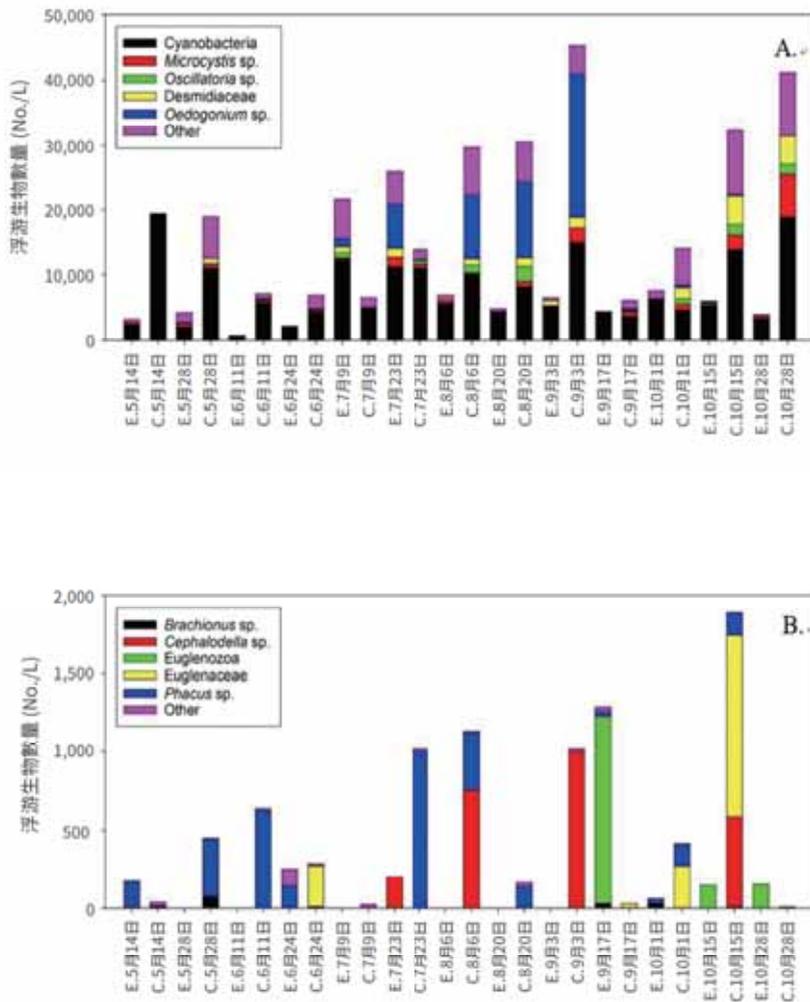


圖 3-2-8 水試所淡水中心吳郭魚試驗浮游生物數量變化
(A:浮游植物,B:浮游動物。X軸中,E:遮蔽組,C:無遮蔽組)

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。



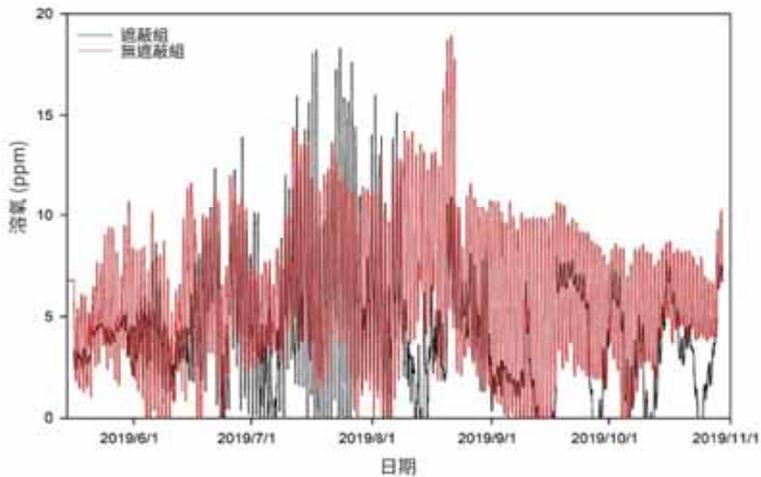


圖 3-2-9 水試所淡水中心吳郭魚試驗溶氧 (DO) 長期監測變化

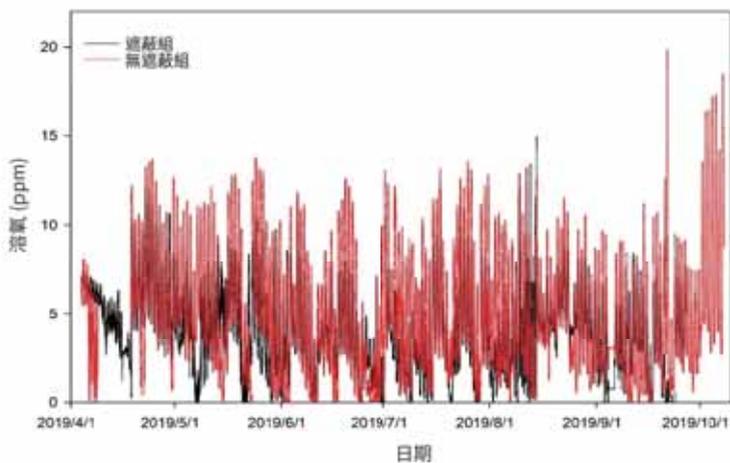


圖 3-2-10 臺南市學甲吳郭魚試驗溶氧 (DO) 長期監測變化

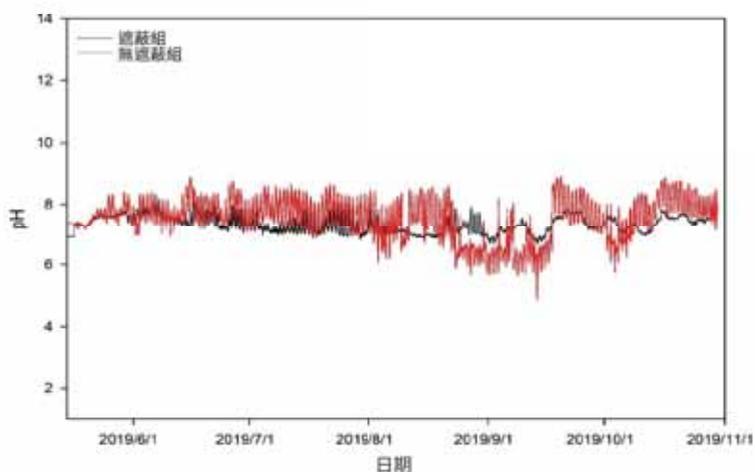


圖 3-2-11 水試所淡水中心吳郭魚試驗 pH 長期監測變化

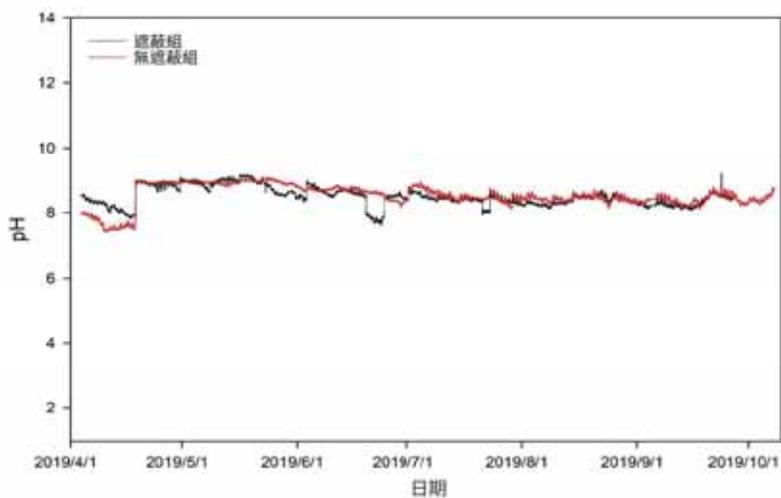


圖 3-2-12 臺南市學甲吳郭魚試驗 pH 長期監測變化

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。

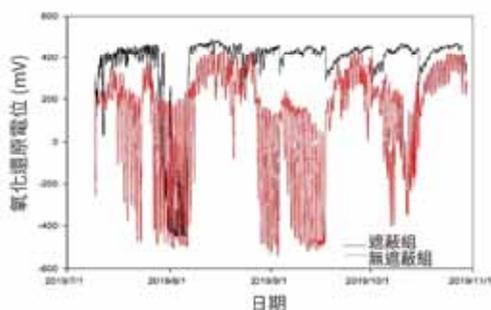


圖 3-2-13 水試所淡水中心吳郭魚試驗水質氧化還原電位 (ORP) 長期監測變化

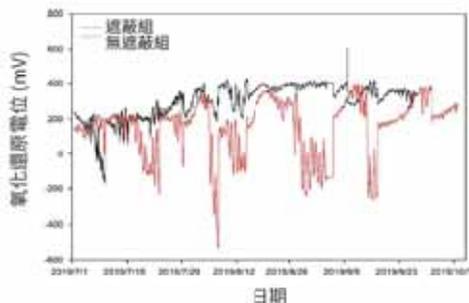


圖 3-2-14 臺南市學甲吳郭魚試驗水質氧化還原電位 (ORP) 長期監測變化

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。

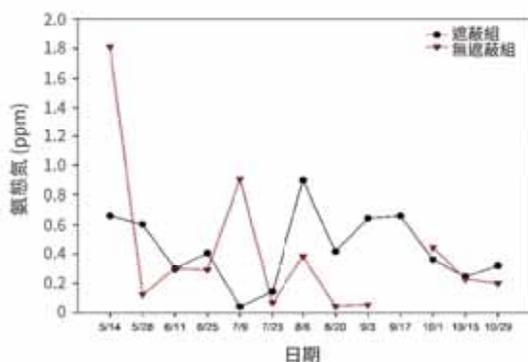


圖 3-2-15 水試所淡水中心吳郭魚試驗(氨態氮)

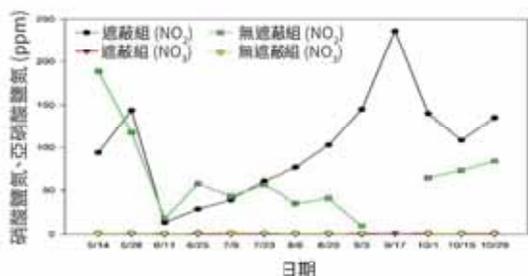


圖 3-2-16 水試所淡水中心吳郭魚試驗(硝酸鹽氮和亞硝酸鹽氮)

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。

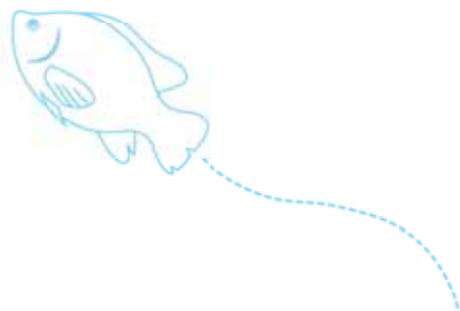


圖 3-2-17 浮筏下養殖吳郭魚捕撈情形
(左：網具可經由浮筏下通過；右：傳統手拉網的操作情形)

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。



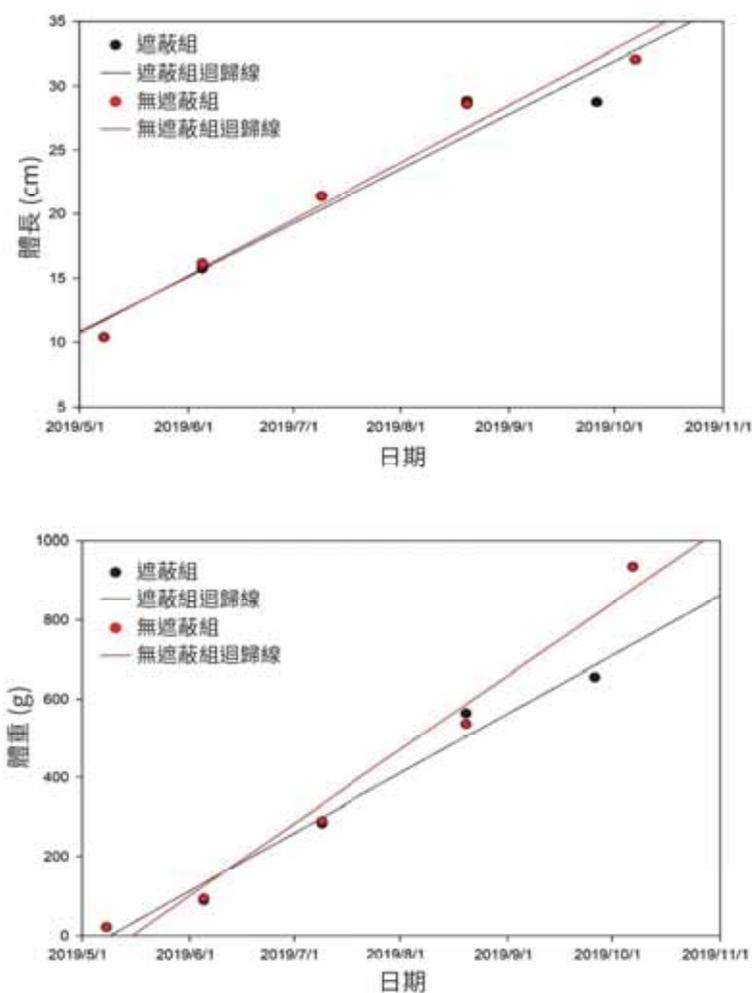


圖 3-2-18 臺南市學甲吳郭魚試驗體重與體長的成長(上圖體長,下圖體重)



第三節

淡水長臂大蝦

郭裔培、王騰巍、陳哲俊、楊順德

壹、養殖場域規劃原則與注意事項

一、泰國蝦簡介

淡水長臂大蝦為長臂蝦科、沼蝦屬，又稱作泰國蝦和羅氏沼蝦，淡水養殖蝦種，繁殖時需在 10 psu 鹽度環境進行，隨蝦苗變態發育，再逐漸調整鹽度至淡水。淡水長臂大蝦屬熱帶性蝦種，依據 109 年漁業統計年報養殖產量 6,473 公噸，養殖面積共計有 1,737 公頃，產值約 20 億元，主要養殖地區為屏東縣及高雄縣，彰化、嘉義及臺南亦有少量養殖。臺灣主要養殖地區為屏東縣及高雄縣，彰化、嘉義及臺南亦有少量養殖。蝦苗養殖 3～4 個月可達上市體型，公蝦體型較母蝦大，市場價格也較高，一般多將公母蝦分開銷售，池邊價母蝦約 250 元/公斤，公蝦約 300 元/公斤。

二、場域選擇

淡水長臂大蝦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，促進養殖蝦的安定性與成長。淡水長臂大蝦屬熱帶性蝦種，耐寒性差，最適水溫 25～32℃，養殖的選址應盡可能在氣候溫暖穩定、淡水水源充足區域。

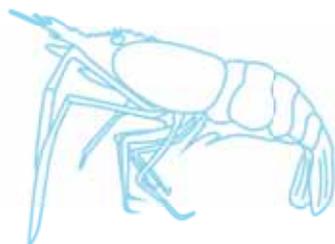
三、養殖場規劃

養殖池水深 1 ~ 1.5 公尺，池底向排水端緩慢傾斜，傾斜度 1 : 200 ~ 1 : 500，以利排水，每分地配置 1 臺水車。淡水長臂大蝦具殘食性及地域性，養殖期間宜依據體型定期進行分養，養殖場域若空間許可，可規劃蝦苗、小蝦和大蝦池，面積由小至大，進排水系統獨立，避免不同池水交互污染。

四、浮筏型太陽光電設施架設

若要設置浮筏型光電設施，應於養殖準備期進行，架設前養殖池需進水至水深 50 ~ 70 公分左右，以利光電浮筏相關移動和架設，架設位置建議靠近排水端，由於淡水長臂大蝦投餵時須沿養殖池邊坡四周潑灑飼料，邊坡四周須留有至少 1 公尺以上的空間做為投餌區，水車建議設置在光電浮筏前，由進水端打向排水端，確保池水能充分循環。

光電浮筏可以鋼纜固定於堤岸上的錨點，或直接於浮筏間插入水車用的固定鈹管，當地風力較強區域，應增加固定設施以加強浮筏固定強度，避免強風吹襲，光電設碰撞造成損毀。



貳、整池與放苗管理

一、整池

養殖收成後底土含有大量有機物，氧化還原電位低，應進行妥善清池，每分地施灑石灰 20 ~ 40 公斤，日曬至龜裂搭配適當翻土，確保底土中的有機物充分氧化分解。

放苗前注新水約 50 公分，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 60 公斤的茶粕徹底殺除雜魚，約 7 天後水色轉為淡綠色即可放苗，底質貧瘠不易做水色的區域，可利用魚粉、黃豆粉和米糠等，搭配益生菌製作發酵液培養水色，養殖期間的透明度以 30 ~ 50 公分為佳。

二、放苗

蝦苗放養密度 200,000 ~ 300,000 尾 / 公頃，體長約 1 公分 (圖 3-3-1)，放養季節集中於初春及中秋前後，由於淡水長臂大蝦是在海水環境繁殖，隨變態發育再逐漸淡化，蝦苗包裝運輸時可能會添加少量鹽度，放苗時建議先將未解封的蝦苗袋放入養殖池，讓袋內溫度跟池水相近後，分次加入少量池水至蝦苗袋內，使其逐漸適應養殖池環境後再放入養殖池，上述對水時間大約需要 30 分鐘。另外為確保蝦苗活存率，可於放苗前幾天先跟蝦苗業者索取少量蝦苗試養，觀察蝦苗入池狀況是否正常。



圖 3-3-1
淡水長臂大蝦苗



參、管理與收穫方式

本試驗於水試所淡水繁養殖研究中心竹北試驗場以及口湖泰國蝦業者養殖場（圖 3-3-2）進行，無遮蔽組為一般傳統養殖池，遮蔽組架設 40% 的浮筏型太陽光電設施，試驗期間為 2019 年 5 月 28 日至同年 11 月 12 日，蝦苗放養密度 200,000 尾 / 公頃，每日記錄水溫，每 2 週進行透明度、溶氧、pH、總氨態氮、亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮等水質分析，每月量測計算池蝦平均體重。



圖 3-3-2 浮筏型太陽光電設施與水車安裝位置空拍圖
(水試所淡水中心試驗池,約0.08公頃)

一、投餵

蝦類飼料為條狀沉性飼料，和魚類直接吞食的攝食形式不同，蝦類採抱食飼料啃咬的方式進食，攝餌所需時間較長，因此蝦類飼料的安定性較魚類飼料要求高，投入水中 2 小時後仍應保持形狀不崩解。投餵時飼料沿池壁邊坡均勻投餵，淡水長臂大蝦偏好聚集在光照較陰暗的習性，白天多聚集於浮筏下方，較靠近浮筏的區域可酌量增加投餵量，另為觀察池蝦的攝食狀況，池壁角落放置傘網（圖 3-3-3）觀察池蝦攝食狀況。



圖 3-3-3 淡水長臂大蝦觀察用傘網

傘網內建議放入一般投餵區 2 倍的飼料量，傘網內的飼料量應控制在投餵 1 小時後仍有少量殘留為佳，且 1.5 小時內完全被攝食為佳，若飼料太快被吃光則應增加投餵量，反之 1.5 小時後仍未吃完則應降低飼料量。

淡水長臂大蝦生性兇猛，飢餓時會捕食同類，造成活存率降低，宜少量多餐避免饑餓殘食，高溫期食欲較佳，可分 4 餐投餵。低溫時活力較弱，早上及傍晚各投餵 1 次即可。

二、疾病預防

高水溫夏季好發乳酸球菌 (*Lactococcus gravieae*)，感染病蝦肝胰臟腫大呈黃白色，肌肉會有 0.5 ~ 2 公分左右的區塊性變白，外殼變軟且不透明，嚴重時會導致大量死亡，目前無有效治療方法，因應夏季水溫較高，飼料投餵量多，池底容易累積大量有機物，造成病原菌繁生，平時應做好養殖管理預防，檢測水中氨態氮、池底氧化還原電位與透明度，並透過適當使用益生菌、消毒劑或換水，維持養殖池健康。

低水溫冬季容易感染酵母菌感染症 (*Debaryomyces hansenii* 和 *Metschnikowia bicuspidata*)，病徵為全身肌肉白濁，蝦隻外觀呈黃褐色，肝胰臟糜爛、肌肉白濁鬆軟，此病原菌水溫 35°C 以上不發育，好發水溫 25°C，於冬季低溫期活躍，建議冬季前將達上市體型的大蝦先行出貨完成，降低越冬的死亡風險。

三、水溫

浮筏型太陽光電設施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 (圖 3-3-4)，養殖期間竹北未遮蔽組的最高水溫為 36.2°C，遮蔽組最高水溫 34.3°C，約可降低水溫 2°C。

淡水長臂大蝦在水溫 32°C 以上時攝食量會降低，以 7 月至 9 月中旬的高溫期來看，未遮蔽組超過水溫 32°C 的天數比例高達 74%，遮蔽組則為 40%，顯示養殖池架設浮筏型太陽光電設施，有助於舒緩夏季高溫造成的熱緊迫。

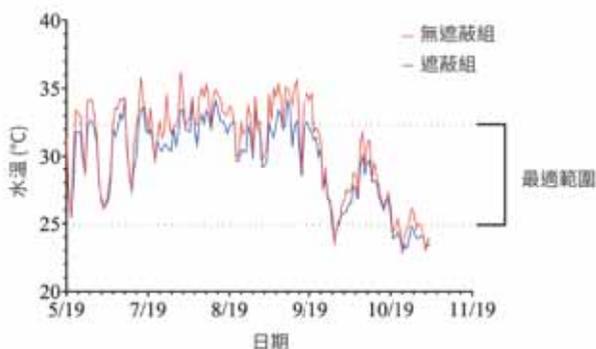


圖 3-3-4 水溫變化

四、水色

光照的強弱是影響藻類生長的重要因子，未遮蔽組的光照量較充足，故在養殖初期水色培養較快，透明度明顯低於遮蔽組，但隨養殖過程中的飼料投餵量增加，養殖池累積的營養鹽及夏季高水溫，有利於藻類的增殖，遮蔽組的藻濃度於養殖中期開始逐漸提高，兩組的透明度無明顯差異（圖 3-3-5）。

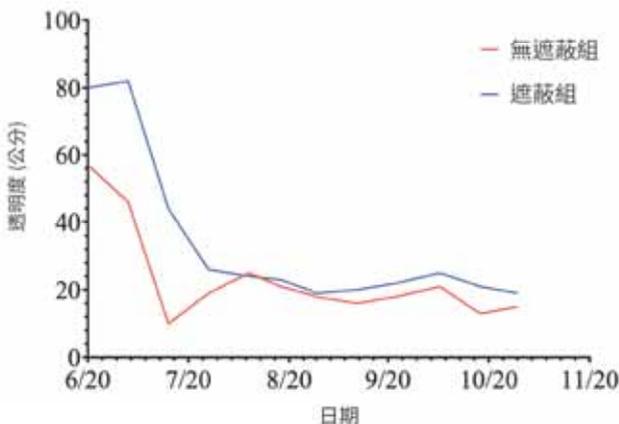
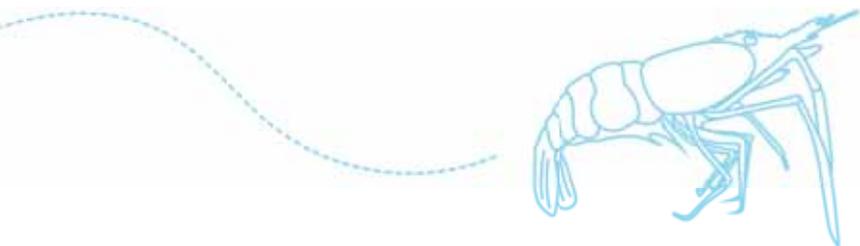


圖 3-3-5 透明度變化



五、水質管理

藻類的光合作用會消耗二氧化碳產生氧氣，進而提高池水的溶氧與 pH，浮筏型太陽光電設施會降低養殖池光照量，在養殖初期，遮蔽組的藻濃度較未遮蔽組低，光合作用弱造成較低的溶氧（圖 3-3-6），但以淡水長臂大蝦對溶氧需求 3 ppm 來看，仍在合理的安全範圍內。淡水長臂大蝦最適 pH 7.0 ~ 8.5，遮蔽組因為光合作用較低，pH 較未遮蔽組低（圖 3-3-7），養殖初期反而更適合淡水長臂大蝦的需求。

溶氧和 pH 隨養殖進入中後期，藻濃度提升，遮蔽組和未遮蔽組的溶氧與 pH 差異會逐漸縮小。

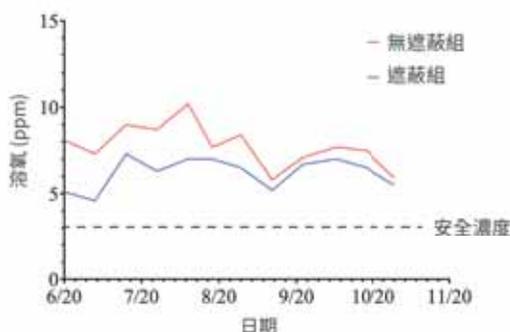


圖 3-3-6 溶氧變化

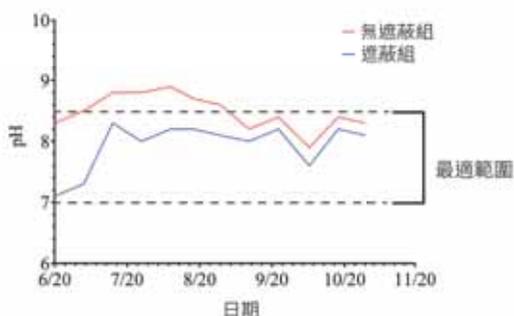


圖 3-3-7 pH變化

氧化還原電位是評估養殖池健康狀況的重要指標（圖 3-3-8），較高的氧化還原電位代表有機物能被微生物氧化利用，降低有害物質生成，養殖池水氧化還原電位低於 50 mV，或底土氧化還原電位低於 -150 mV，表示有機物堆積造成養殖池健康狀況惡化，須注意投餵量、藻類狀況及底土有機物含量。本試驗期間，遮蔽組的氧化還原電位略高於未遮蔽組，且兩池在整個養殖期間的氧化還原電位都能維持在正常良好範圍內。

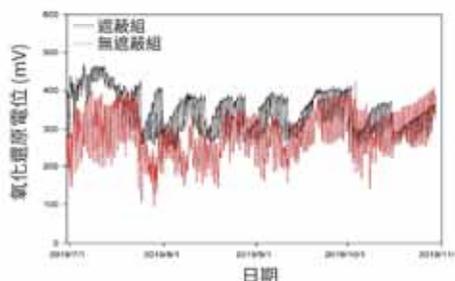


圖 3-3-8 池水氧化還原電位 (ORP) 變化

養殖池中的蝦排泄物、殘餌或死亡藻類等均會產生有毒的含氮廢物，其中又以氨態氮的毒性最高，再經由微生物作用依序轉化為較低毒性的亞硝酸鹽氮和硝酸鹽氮，淡水長臂大蝦的建議養殖安全濃度分別為總氨態氮 1 ppm、亞硝酸鹽氮 1.4 ppm、硝酸鹽氮 20 ppm，遮蔽組的總氨態氮和亞硝酸鹽氮濃度雖然略高於未遮蔽組，但兩者在養殖期間內，均仍能保持在安全的濃度範圍內（圖 3-3-9）。

藻類是養殖池水中的含氮廢物主要利用者之一，遮蔽組因為光照遮蔽，藻類濃度較低，尤其在剛放苗初期，遮蔽組藻相尚不穩定，因此總氨態氮明顯高於未遮蔽組，但隨營養鹽累積與進入高溫期，遮蔽組藻類濃度提高後，總氨態氮濃度開始降低。

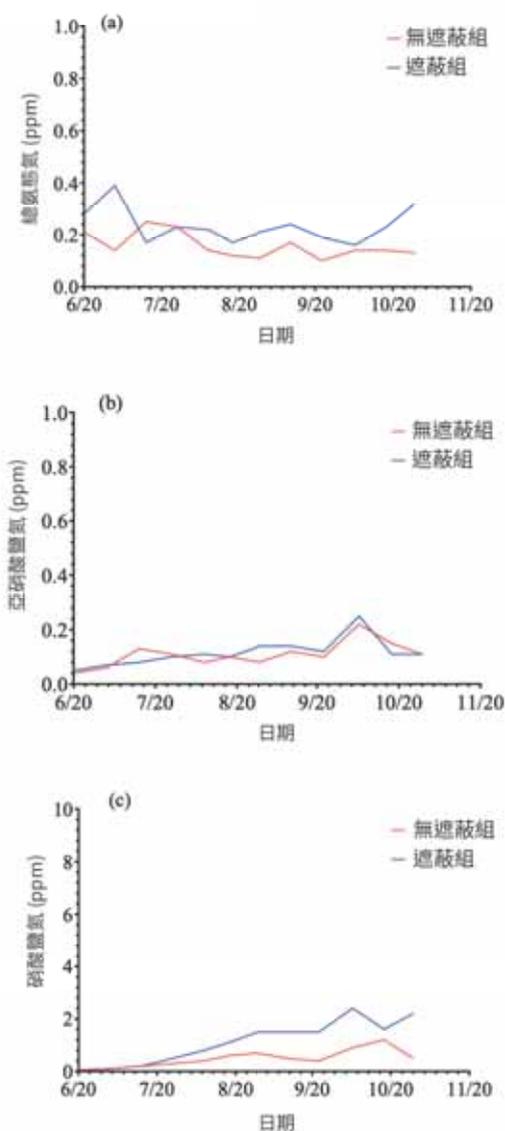


圖 3-3-9 總氨態氮(a)亞硝酸鹽氮(b)和硝酸鹽氮(c)濃度變化

六、光電板沖洗

光電板平時不須特別保養，惟當灰塵或鳥糞覆蓋會降低發電效率，宜定期清洗確保發電效率。沖洗時使用潔淨清水，不可直接抽取池水，避免水分蒸發後藻類附著在光電板表面，影響日光接受，可以高壓沖水機搭配軟刷毛長柄刷清潔，沖洗的水壓不可過大，並避免硬物摩擦、撞擊或踩踏在光電板上造成光電板裂損。

七、收穫

當蝦體重達 20 公克上市體型，即可進行間捕，捕撈時間應避開農曆初一和十五的大量脫殼期，捕撈前將浮筏以繩索稍加固定於不影響捕撈作業的堤岸處，手拉網可自光電浮筏下方作業，起捕後立即於箱網內篩選，將未達規格的小蝦放回養殖池繼續飼養(圖 3-3-10)，大蝦則以活蝦運輸車或打冰裝箱配送市場。

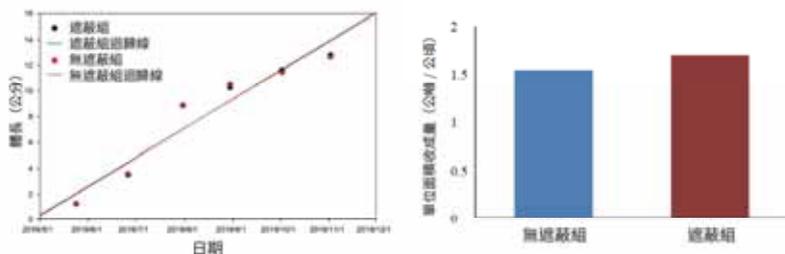


圖 3-3-10 收穫之泰國蝦，再挑選達上市體型個體販售

肆、漁電共生的水產養殖效益

剛放苗後，遮蔽組的攝食量略低於未遮蔽組，但在進入高溫期後，藻類增殖快速，兩者透明度差異不大，且受惠於遮陰舒緩高溫的熱緊迫，池蝦的攝食量反而優於未遮蔽組，成長表現在養殖後期略優於未遮蔽組（圖 3-3-11）。

竹北試驗場共進行 5 個月的養殖試驗，遮蔽組收穫率為 1.70 公噸 / 公頃，而未遮蔽組則為 1.54 公噸 / 公頃（圖 3-3-12），遮蔽組產量略高於未遮蔽組，顯示光電設施的 40% 遮蔽率，對淡水長臂大蝦的成長與收成量無明顯不良影響，能達到現行「申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法」要求之 70% 生產量。



(左) 圖 3-3-11 泰國蝦體長成長變化圖(體長眼窩至尾柄長度)

(右) 圖 3-3-12 單位收成量比較

整體而言，浮筏型太陽光電設施在放苗初期，藻類因光線遮蔽造成透明度較高，但放苗後 1 個月，隨營養鹽累積與進入高溫期，藻類濃度逐漸上升，透明度與未遮蔽組差異不大，且在夏季高溫期還具有降溫的正面效益，能舒緩養殖池過高溫的問題，有利於養殖池的管理。就生長表現與收成量來看，遮蔽組與未遮蔽組的差異並不明顯，符合法規規範 70% 產量要求。



第四節

虱目魚

張秉宏、王騰巍、陳哲俊、葉信利

壹、養殖場域規劃原則與注意事項

一、太陽光電結合養殖之養殖場域選擇與規劃

臺灣因天然能源匱乏，能源供給多仰賴外部進口，在全球能源價格波動強烈、環保意識增加，國內需求能源增加，再生能源成為未來發展的趨勢。綠色能源近年蓬勃發展，太陽光電逐漸受到重視。將水產養殖產業轉型為漁電共構，既可生產糧食，同時亦可提供能源。

太陽光電結合虱目魚養殖場域宜選擇以黏質土壤為佳，容易修築堤防防漏，且保水性和保肥性佳，利於微藻生長，有助於形成穩定水色，促進虱目魚的安定性與成長。養殖池以 0.5 ~ 0.6 公頃為最佳，水深 1 ~ 1.5 公尺，池底可以向排水端緩慢傾斜，以利進水及排水。

虱目魚結合光電養殖較適用於堤岸型的光電設施，同時須注意有利於曬池及整池的池塘設計在光電養殖更是重要。這不僅是方便養殖捕獲操作的高低差池面的設計，更是光電結合養殖不可忽略的設計導向。

越冬溝迎風面搭蓋防風牆，並保持水溫在 15°C 以上，棚蓋方向採座北朝南，應涵蓋整個越冬溝，與水面角度須小於 30 度，以減少冷雨水落入越冬溝。養殖場域若空間許可，可規劃魚苗、小魚及大魚池，面積由小至大，進排水系統獨立，可避免不同池水交互污染，提高抗病力及增加活存率。

虱目魚屬熱帶性魚種，最適水溫為 25°C，低於 14°C 則行動遲緩，養殖場域應選氣候溫暖穩定，且水源充足、進排水順暢的區域。根據 109 年、面積達 9,551 公頃、養殖產量 5.27 萬公噸，產值約 35.5 億元。因此，新型態的虱目魚養殖產業，適合開發為兼營綠電之漁電共生型的新產業模式。



二、浮筏型太陽光電設施架設

浮筏型太陽光電設置於養殖池上方，既不占用土地、移動迅速。將養殖池上方裝設太陽能設施，不需要開發其他的土地，可降低環境的破壞。養殖池於光電設施架設前至少應進水 50 公分以上，方便浮筏移動與安裝，架設位置建議靠近排水端，水車架設在光電浮筏前，水流方向由進水端打向排水端，確保水流可以充分流經光電浮筏，避免區域性的缺氧。

(一) 浮筏型光電安全注意事項

浮筏型光電設施的走道設計，需要考量養殖人員進出操作的安全性，方便養殖投餌與設施基本維修與保養，以防止操作過程的職業災害發生，並且降低事故的發生。

(二) 金屬物質注意事項

若設置於鹽分地帶，使用的設施宜使用抗鹽份能力較強的金屬，最好使用船舶等級金屬，以防止金屬的鹽害風化，降低浮筏型光電設施的使用風險，提高金屬使用的壽命。

(三) 使用錨定系統注意事項

設施需要評估力學原理及設備的耐用程度與抗風能力，光電浮筏四角拉鋼纜以鋼錨固定於堤岸，光電浮筏固定務必牢固，可視當地風速與光電設施大小，於浮筏間隙加強固定，避免強風晃動造成光電板損毀。為達到最大光接受量，太陽能板應面對正南邊，並依地區緯度設置傾斜角度。

貳、整池與放苗管理

一、光電結合養殖之整池操作

光電結合養殖的整池方向重點，在於需要堅持每年的整池與曬池及消毒，才能維持養殖池生產力與保池光電結合養殖池的地利與抗病力。整池整體流程可以分為：1. 排水 - 抽乾或排乾池水；2. 清底 - 清除汙泥及其他物質；3. 曬池；4. 翻土 - 耕耘機、堆土機、挖土機...等；5. 消毒 - 漂白水 (氯錠)、二氧化氯、石灰及茶柏 (除魚造藻)...等 (圖 3-4-1)。養殖收成後，底土含有大量有機物，氧化還原電位低，應進行妥善清池，日曬至龜裂之後每分地施灑石灰 20 ~ 40 公斤，確保底土中的有機物充分氧化分解，依據底土之酸鹼值調整到 pH 7 以上。

虱目魚放苗前可注入新水約 50 公分，進水管可以套於 80 目網防止雜魚蝦進入，添加 10 ppm 有效氯的二氧化氯或是漂白水消毒 3 ~ 5 天，約 7 天後水色轉為淡綠色即可放入魚苗，底質貧瘠不易做水色的區域，可利用魚粉、黃豆粉和米糠等，再搭配益生菌製作發酵液培養水色做水。



經由整池的施用及時機圖，我們可以概略清楚知道漁電共生的整池流程。



圖 3-4-1 整池的流程圖

漂白水、石灰及茶粕的使用，漂白水可以殺菌及除去病毒，尤其是禽鳥糞便較多時需要處理。石灰是當底質的土壤，pH 低於 7 時，可以在養殖池底土、或浮筏型上方的孔洞進行施用。茶粕則可以清除魚類及造藻。利用整池使用時機圖，可以方便我們判斷養殖池的整流程及順序。

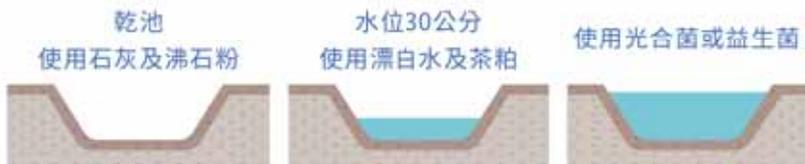


圖 3-4-2 整池的用量及使用時機

二、放苗

魚苗放養密度 10,000 ~ 20,000 尾 / 公頃，體型約 15 ~ 20 尾合計 1 公斤，放養季節集中於 4 月至 5 月之間，由於虱目魚是在海水環境繁殖，隨變態發育再逐漸淡化，魚苗包裝運輸時可能會添加少量鹽度，放苗時建議妥善對水 30 分鐘，待魚苗適應池水的環境後再放入養殖池。另外，為確保魚苗高存活率，可於放苗前幾天先跟魚苗業者索取少量魚苗試養，觀察魚苗入池狀況是否正常。初放苗兩週內的風險較高，魚苗於早上及下午會進行索餌，因此需要加強巡池，防止夜鷺及白鷺在這兩個時段對魚苗的攻擊，可提高幼魚存活率。

參、管理與收穫方式

本試驗於水試所海水繁殖研究中心虱目魚養殖場進行虱目魚試驗，遮蔽組架設 40% 的浮筏型太陽光電設施，傳統養殖組無架設任何遮蔽物（圖 3-4-3）。



圖 3-4-3 水試所海水中心浮筏型太陽光電設施現場拍攝圖。

虱目魚模擬光電設施試驗，約 2,409 m²/池(左)

虱目魚實體光電設施試驗，約 600 m²/池(右)

一、投餵

光電結合養殖與傳統養殖投餵方式相同，池塘剛開始放養時，由於底藻剛開始繁生，為避免短時間被虱目魚幼魚吃光，應先行投放補充飼料，每天或隔天早上投放 1 次，可以每天投放米糠約 30 ~ 50 公斤 / 公頃，進行補充飼料，不僅可供幼魚食用，若有殘餌亦可當做底藻肥料。另外，池水鹽度過高或虱目魚食慾不振時，均無須投餵補充食物。捕魚過後幾天內及風浪太大時也可以停止投料。

二、光電結合養殖水質管理

光電結合養殖之水質需要注意遮陰的效果，池水的溫度會降低，太陽陰影的傾斜角度隨著季節的改變需要注意，這會影響池中藻類的光合作用與溫度變化。尤其是浮筏型太陽光電設施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，養殖期間海水中心虱目魚無遮蔽組的最高水溫為 34.6°C，遮蔽組最高水溫 33.7°C，約降低水溫 1°C。以 7 月至 9 月中旬的高溫期來看，雖水溫未超過 40°C，但無遮蔽組的水溫變化較大，且高溫時無遮蔽組水溫亦高，顯示養殖池架設浮筏型太陽光電設施，有助降低夏季高溫造成的熱緊迫。



光電結合養殖的池子之藻類的光合作用，會消耗二氧化碳產生氧氣，進而提高池水的溶氧與 pH，浮筏型太陽光電設施會降低養殖池光照量，在養殖初期遮蔽處理的藻濃度較低，光合作用弱造成較低的溶氧（圖 3-4-4、圖 3-4-5）與 pH（圖 3-4-6、圖 3-4-7），但以虱目魚可耐溶氧量 1.4 ppm 以上、最適 pH 7.5 ~ 9.5 的要求來看，仍在合理的安全範圍內，且隨養殖進入中後期，藻濃度提升，溶氧與 pH 差異會逐漸縮小。水質管理上要注意殘餌，防止水質惡化。

養殖池中水質 ORP 的變化上也可以看出遮蔽組較為穩定，且水體的呈現氧化的環境，對於污染的耐受性較高（圖 3-4-8、圖 3-4-9）。在養殖期間均在安全範圍內，且除了遮蔽組的硝酸鹽在養殖中後期略高於無遮蔽組外，其餘項目差異不明顯。硝酸濃度較高的原因是自高溫期開始。

浮筏型太陽光電設施提供的遮蔽降溫，池魚的攝食量較佳，較高的飼料投餵量產生的含氮廢物，經微生物轉換為硝酸累積所致。因此在水質管理操作上與傳統養殖方式的差異不大，光電結合養殖需要注意絲藻及附著生物所造成的影響，若遇到在長期的下雨及暴雨更需要注意水質的變化。



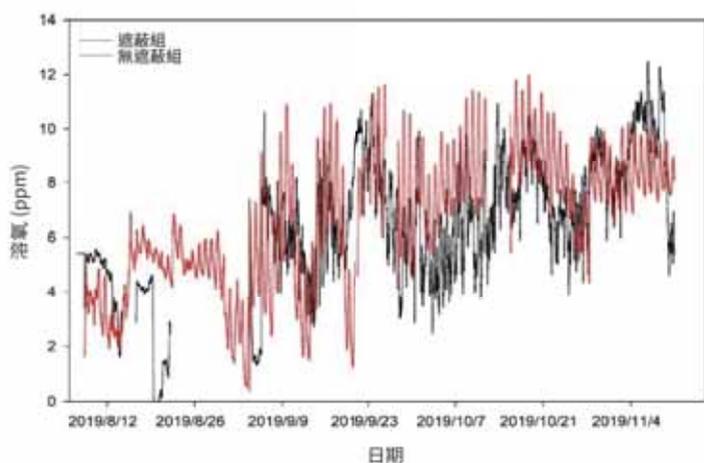


圖 3-4-4 水試所海水中心虱目魚試驗溶氧(DO)長期監測變化

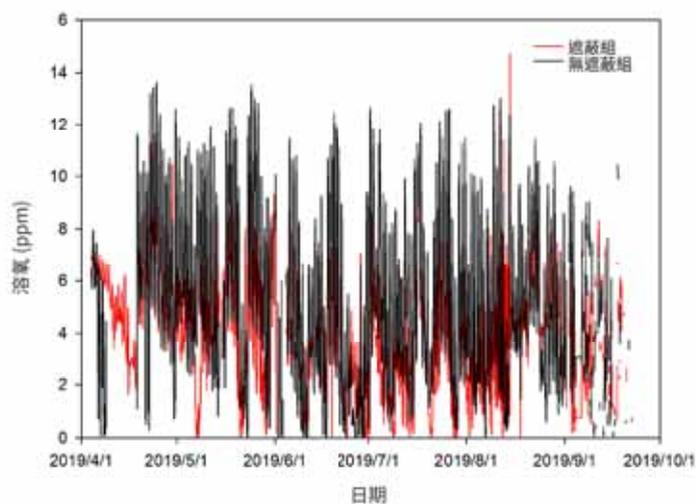


圖 3-4-5 臺南市學甲區業者虱目魚試驗溶氧(DO)長期監測變化

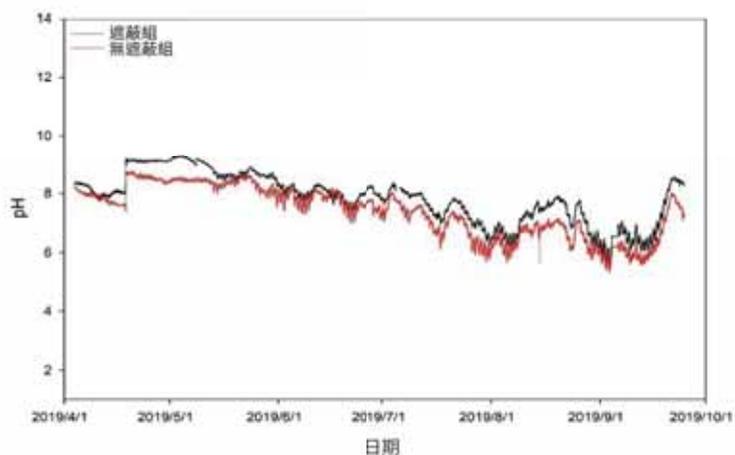


圖 3-4-6 水試所海水中心虱目魚試驗pH長期監測變化

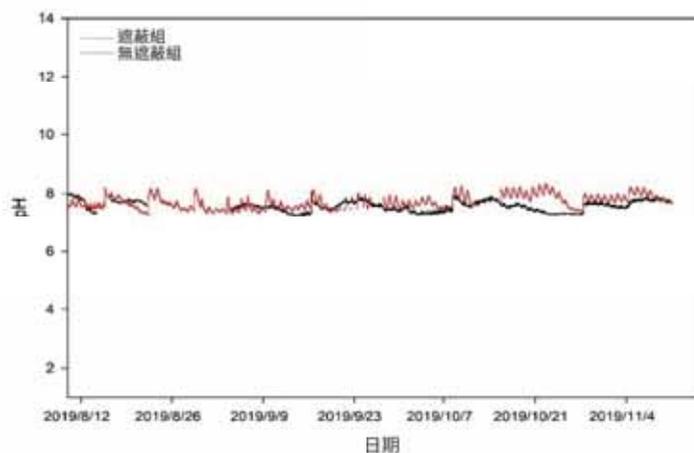


圖 3-4-7 臺南市學甲區業者虱目魚試驗pH長期監測變化

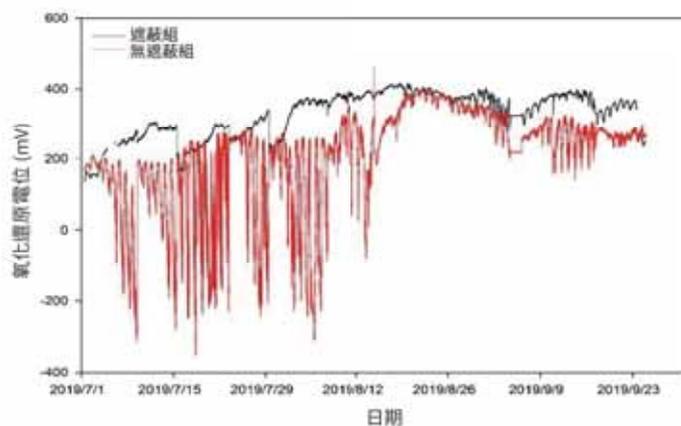


圖 3-4-8 水試所海水中心虱目魚試驗水質氧化還原電位 (ORP) 長期監測變化

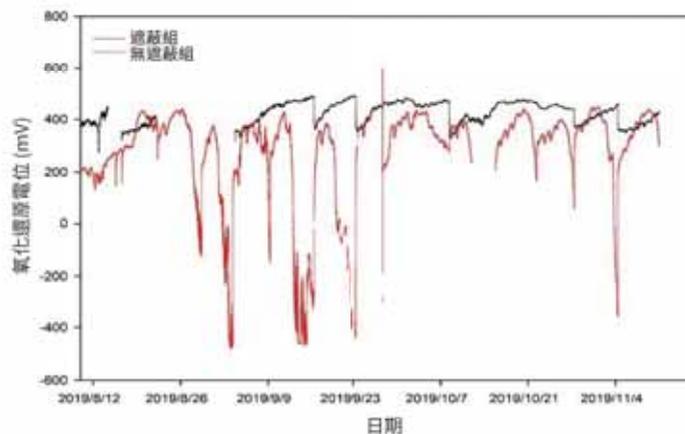


圖 3-4-9 臺南市學甲區業者虱目魚試驗水質氧化還原電位 (ORP) 長期監測變化

三、太陽光電板的沖洗

養殖過程中禁止使用化學性藥劑清洗面板，光電板平時不需特別保養，但空氣中之落塵或禽鳥糞便覆蓋太陽光電板會降低發電效率，故應定期清洗確保發電效率，光電板使用潔淨清水利用高壓沖水機及軟毛長柄刷清洗，但沖洗水壓不可過大，同時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。

四、收穫

捕撈流程為捕撈前將固定浮筏型太陽光電設施的鋼纜與鋼錨分開，即可以移動浮筏，以繩索稍加固定於不影響捕撈作業的堤岸處，不須拆解浮筏與太陽能板（圖 3-4-10）。進行捕撈作業時，漁網可從浮筏下通過，朝無浮筏之堤岸進行捕魚，未達規格的小魚從網目鑽出繼續飼養，達規格則以活魚運輸車或打冰裝箱配送至市場或加工廠。虱目魚成長達 1.5 斤 / 尾至上市體型，即可進行捕售。



圖 3-4-10 浮筏型太陽光電結合養殖之捕魚架網收穫

肆、漁電共生的水產養殖效益

浮筏型太陽能光電設施對於養殖環境來說，整體水質環境較為穩定，無需改變傳統養殖之管理方式，且對於養殖生產量並不會有影響，而從產量來推算養殖魚類的活存率，虱目魚從放苗開始養殖後，無遮蔽組體型較大（圖 3-4-11）。

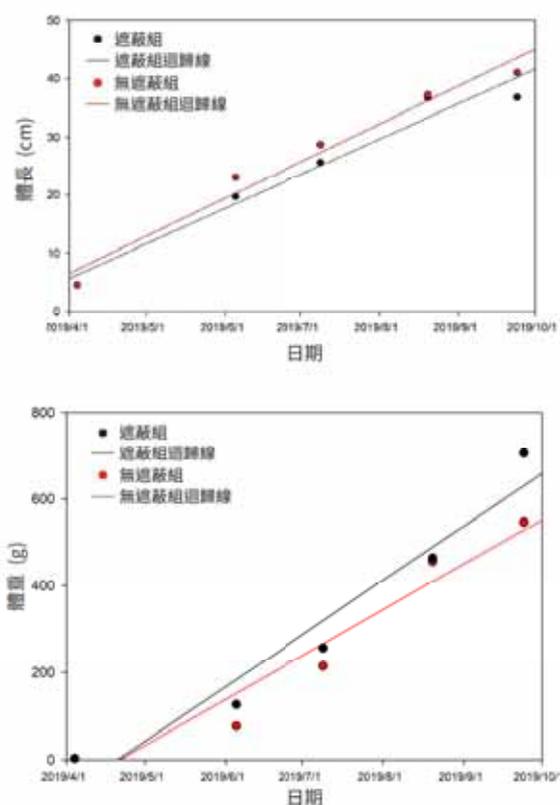
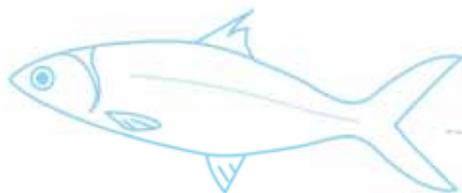


圖 3-4-11 虱目魚試驗成長表現(上圖體長;下圖體重)

兩組試驗最終產量差異不大，無遮蔽組 3,187 公斤，遮蔽組為 3,224 公斤，遮蔽組的活存率較高。浮筏型光電設施結合養殖系統，可以適時地提供遮蔽，減少環境的緊迫，同時穩定水質的各項參數，尤其是溫度的日變化較小，降低水中有害生物的繁殖。

活存率的增加對於養殖業者來說，可以直接減低魚苗的損耗量並減少購入之成本，綜合以上可以得知，於浮筏型光電設施下養殖並不會對於養殖魚類的成長造成影響，同時產量方面亦有更好的表現，並且提高養殖種類的育成率。

浮筏型太陽光電設施提供的遮蔽降溫，池魚的攝食量較佳，較高的飼料投餵量產生的含氮廢物，經微生物轉換為硝酸累積所致。因此在水質管理操作上與傳統養殖方式的差異不大，光電結合養殖需要注意絲藻及附著生物所造成的影響，若遇到在長期的下雨及暴雨更需要注意水質的變化。另外，光電結合養殖的虱目魚體色較白，活存率較高，但是飼料轉換率會稍差。





Chapter 4

第四章

漁電共生

問答集與注意事項

一、選址規劃	
1. 室外型漁電共生的太陽光電設施的設計型態有哪幾種？	<p>依太陽光電系統之基礎結構及施作方式，分為三種類型：</p> <p>(1) 立柱型：由既有魚塭土地著手規劃，以設置在蓄水池為原則，考量蓄水池後續也可能改作養殖之用，應允許機具進入進行捕撈作業，保留整地機械作業之空間。</p> <p>(2) 浮筏型：與傳統水面型系統相同，但須提出養殖收成捕撈之可行方案，以及浮臺錨定方式。</p> <p>(3) 塹堤型：於既有土堤道路空間設置，設置方式與立柱型相似，同樣需考量整地機械作業之空間。</p>
2. 立柱型的結構規格應遵守哪些設計原則？	<p>(1) 柱高：考量整地機械作業空間，設置柱高起算點為太陽能板下緣算起建議至少達 3 公尺，且太陽能板下緣高程應高於 50 年重現期之暴潮水位。</p> <p>(2) 跨距：以養殖實務作為結構跨距設置原則，結構柱設置間距應保持適當距離，並以不影響漁獲採收作業及陽光照射魚塭水體、池水生態、水中溶氧及養殖收益等為原則。</p>

	<p>(3) 支撐架與連結主件設計：應符合「建築物耐風設計規範及解說」之規定，在 32.5 公尺 / 秒以下地區者，須採用 32.5 公尺 / 秒之平均風速作為基本設計風速，另若高於 32.5 公尺 / 秒地區者，須採用各地區之平均風速作為基本設計風速，並考量陣風反應因子 (G)。</p> <p>(4) 基材耐蝕性能：採用鋼構基材，應為一般結構用鋼材 (如 ASTM A 709、ASTM A 36、A 572 等) 或冷軋鋼構材外加表面防蝕處理，或耐候鋼材 (如 ASTM A 588，CNS 4620，JIS G 3114 等)。鋼構基材表面處理，須以設置地點符合 ISO 9223 之腐蝕環境分類等級，符合當地大氣、海水腐蝕環境條件等級處理基準，並施以抗腐蝕性能之表面處理如塗裝、金屬鍍層。</p>
<p>3. 浮筏型的結構規格應遵守哪些設計原則？</p>	<p>(1) 浮臺材質：應採用高密度聚乙烯 (High-density polyethylene, HDPE) 材料。</p> <p>(2) 結構分析：錨碇結構設計需輔以風洞實驗數據進行載重計算與分析。</p>

- | | |
|--|---|
| | <p>(3) 支撐架與連結主件設計：應符合「建築物耐風設計規範及解說」之規定，在 32.5 公尺 / 秒以下地區者，須採用 32.5 公尺 / 秒之平均風速作為基本設計風速，另若高於 32.5 公尺 / 秒地區者，須採用各地區之平均風速作為基本設計風速，並考量陣風反應因子 (G)。</p> <p>(4) 基材耐蝕性能：採用鋼構基材，應為一般結構用鋼材 (如 ASTM A709、ASTM A36、A572 等) 或冷軋鋼構材外加表面防蝕處理，或耐候鋼材 (如 ASTM A588，CNS 4620，JIS G3114 等)。若採用鋁合金支架，應為 6005-T5、6061-T5 之材質，並施以陽極處理，並符合結構安全要求。鋼構基材表面處理，須以設置地點符合 ISO9223 之腐蝕環境分類等級，符合當地大氣、海水腐蝕環境條件等級處理基準，並施以抗腐蝕性能之表面處理如塗裝、金屬鍍層。採用鋁合金基材，其表面處理採用陽極處理厚度 14 微米以上，壓克力透明漆 7 微米以上。</p> |
|--|---|

4. 塹提型的結構規格應遵守哪些設計原則？

- (1) 柱高：考量整地機械作業空間，設置柱高起算點為太陽能板下緣算起建議至少達 3 公尺，且太陽能板下緣高程應高於 50 年重現期之暴潮水位。
- (2) 跨距：考量養殖實務，結構柱沿堤寬設置間距建議宜以塹堤作為設置範圍。如太陽光電設施需向外延伸至魚塹水域，並設置結構柱於養殖池內，應以塹堤兩側空間作為結構柱之可設置範圍，並以不影響漁獲採收作業及陽光照射魚塹水體、池水生態、水中溶氧及養殖收益等為原則。
- (3) 支撐架與連結主件設計：應符合「建築物耐風設計規範及解說」之規定，在 32.5 公尺 / 秒以下地區者，須採用 32.5 公尺 / 秒之平均風速作為基本設計風速，另若高於 32.5 公尺 / 秒地區者，須採用各地區之平均風速作為基本設計風速，並考量陣風反應因子 (G)。
- (4) 基材耐蝕性能：採用鋼構基材，應為一般結構用鋼材 (如 ASTM A709、ASTMA36、A572 等) 或冷軋鋼構材外加表面防蝕處理，

	<p>或耐候鋼材 (如 ASTM A588, CNS4620, JIS G3114 等)。鋼構基材表面處理, 須以設置地點符合 ISO 9223 之腐蝕環境分類等級, 符合當地大氣、海水腐蝕環境條件等級處理基準, 並施以抗腐蝕性能之表面處理如塗裝、金屬鍍層。</p>
<p>5. 漁電共生先行區是如何規劃出來的？</p>	<ol style="list-style-type: none"> (1) 生態把關：盤點並提出較無生態疑慮區域。 (2) 環社檢核：問題盤點並提出因應措施, 透過圖資套疊與利害關係人共同辨識議題, 提出因應對策或環境社會友善措施。 (3) 民眾溝通：在地訪談及民眾溝通、焦點工作坊召開、利害關係人溝通會舉辦。 (4) 議題審查：經濟部籌組環社議題辨認審查委員會, 綜合判斷後排除仍有疑慮且無解決方案區位。 (5) 區位公告：多層面篩選審查後始公告先行區位。 

<p>6. 如何知道各縣市的哪些土地區域，有被劃入先行區內？</p>	<p>(1) 漁電共生先行區已公告嘉義縣、臺南市、高雄市、屏東縣、彰化縣及雲林縣等 6 個縣市，共逾 4,700 公頃，並推動環社檢核的示範計畫。</p> <p>(2) 「漁電共生環社檢核網站」提供查詢服務，直接用地號，即可查詢漁電共生先行區範圍。</p> <div data-bbox="493 528 641 679" style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">https://www.sfea.org.tw/Map</p>
<p>7. 5 公頃以下的漁電共生是否需要進行環社檢核？</p>	<p>目前已設置量作為是否要進行環社檢核之條件，2MW 以下由於設置空間不大，不須辦理環社檢核。但合併計算超過後超過 2MW 以上就須辦理環社檢核。</p>
<p>8. 漁電共生先行區與土地變更為光電專區之規劃機制有何不同？</p>	<p>(1) 先行區為地面型營農型室外養殖方案，為複合式利用，必須結合水產養殖。</p> <p>(2) 變更型為透過政府改變土地使用分區或變更土地編定，為土地作光電單一利用，不需要結合水產養殖。</p>

- | | |
|---|--|
| <p>9. 推動漁電共生是否可推動養殖蓄水池，另其綠能設施遮蔽率如何計算？</p> | <p>魚塢可設蓄水池，倘該養殖池或養殖兼作蓄水池使用，或以蓄水調節為主之池，在不影響漁業經營下，得超過 40%，惟全部綠能設施總面積，不得超過該申請案之綠能設施所坐落養殖池所占地號土地總面積 40%。</p> |
|---|--|



二、漁民權益

1. 地主、養殖戶和業者訂定的契約有哪些保障？

經濟部能源局已擬訂以漁電共生參考契約，並區分土地所有權與養殖使用是否相同者之兩版本，得視個案情形酌於調整各條款內容。契約包含以下權利義務重點：

- (1) 權力保障：環境維護及改善、地主解約權、爭議調處。
- (2) 契約結束後場地回復：將案場回復作業納入契約規範，確保光電業者履行案場回復義務。
- (3) 案場移轉後持續履約：業者如出售案場，受讓人應書面同意繼受一切權利義務。地方及養殖戶權利不受影響。



[https://www.moeaboe.gov-
.tw/ecw/populace/content/Content.as-
px?menu_id=13284](https://www.moeaboe.gov.tw/ecw/populace/content/Content.aspx?menu_id=13284)



<p>2. 光電開發案建置後，如何承諾確保可持續養殖，及原承租漁民可否優先回到魚塭養魚？</p>	<p>可在參考契約中註明原承租漁民具優先合作養殖權利，保障其可回至原地養殖的權益。同時並註明在契約期間屆滿時，原養殖方優先於其他有意使用者在具同等條件下可優先續約。</p>
<p>3. 5 公頃以下的漁電共生是否需要進行環社檢核？</p>	<p>在參考契約中加入業者及漁民間的契約移轉之保障。如光電案場所有權移轉，其契約之義務一同移轉。</p>
<p>4. 廢棄太陽能板後續處理方式及場地復原機制？</p>	<p>(1) 已規劃太陽光電模組回收機制：能源局已設立回收基金，每盃新臺幣1,000元。環保署已建立回收體系，將模組回收費用，用於建立國內廢太陽能板回收清除及妥善處理。</p> <p>(2) 擬定回復原狀相關規定：經濟部、農委會與公協會已進行研擬契約範本，擬定回復原狀相關規定，確保租賃期間結束後光電業者履行案場回復義務。</p> <p>(3) 設立專線供民眾登記專案受理：環保署已設立專線及回收申請網站供民眾登記及協助清運，並建立專屬網站宣導回收辦法。(專線：03-582-0009)</p>

三、養殖技術障礙	
<p>1. 浮筏型太陽能設施設置於養殖池水面上對水質會造成污染嗎？</p>	<p>水面型太陽光電設備主要係太陽能板結合浮筏鋪設在水面上，僅浮筏會直接接觸到水，而浮筏均採高密度聚乙烯（HDPE）材質，且耐酸、耐鹼與抗溶出材質。放眼國際，如日本、韓國、英國等國家已有水面型太陽光電的設置經驗，國內外也無污染水質的案例。</p>
<p>2. 高壓水槍真的有辦法把光電板清洗乾淨嗎？因為多年後水垢是無法用清水洗掉的。如何驗證光電業者只用清水清洗光電板的承諾，及是否有明訂相關罰則？</p>	<p>(1) 太陽光電系統多採傾斜設計，雨天即有清潔效果，無需使用任何化學藥劑。僅需使用清水（高壓水柱）及長桿拖把等工具清洗，並有排水管路，可將清洗光電板的水排出到池外水溝，平均一年清洗約 2～3 次，不會造成養殖魚塢的水質污染。</p> <p>(2) 經濟部已明訂「地面型太陽光電設施景觀及生態環境審定原則」與農委會已頒布「陸上魚塢設置綠能設施注意事項」，皆規定不得使用任何清潔劑，僅得使用清水保養。違者可廢止同意備案或設備登記，同時會納入契約範本要求。</p>

<p>3. 光電板用清水清洗，但排到海水養殖魚塢會造成鹽度改變，對養殖上是否會造成影響？</p>	<p>光電板用清水清洗通常一年兩次，可配合曬池期間進行。以水試所於臺西試驗場的漁電共生試驗之 2.0 公頃立柱式光電設施為例，光電板清洗的水量排到海水養殖魚塢，不至於對鹽度造成大幅度的改變。另光電設施可設計排水管路將清洗光電板的水排到池外水溝。</p>
<p>4. 發展漁電共生對養殖池水質有何變化，是否會影響 ASC 水產養殖責任認證 (Aquaculture Stewardship Council)?</p>	<p>依目前水試所監測試驗與能源局提供之資料，光電板並無有害物質溶出的問題，自光電板清洗下來的物質亦為一般魚塢之落塵，因無養殖池水質的問題。場域業主與養殖業者須作風險管理及其水質監控，以降低污染風險。另外，ASC 驗證制度有鼓勵綠電（能）措施，並鼓勵逐年降低能源使用量。</p> 

四、養殖效益	
<p>1. 請問目前水試所在漁電共生試驗上，各水產物種養殖成效為何？</p>	<p>(1) 漁電共生模擬試驗，水試所規劃以佔全國總生產面積的 88% 以上產量前 10 大養殖物種進行試驗，結果均能符合 40% 遮蔽率下，維持 70% 以上產能之現行法規規範。</p> <p>(2) 至 109 年已完成虱目魚、吳郭魚、金目鱸、泰國蝦，有無遮蔽對漁獲量無明顯差異。文蛤養殖正研究培養當地適合藻種，期能提升文蛤成長效率。</p>
<p>2. 大範圍推動漁電共生後，會否會造成養殖魚種單一化的疑慮？</p>	<p>漁電共生發展依既有養殖戶之養殖方式及魚種為主，無物種單一化之疑慮。未來除漁獲外，亦可增加地租收入。同時漁電共構養殖模式可調節魚池水溫及降低強降雨，營造更穩定的養殖環境，有助養殖漁業因應氣候變遷問題。</p> <div data-bbox="658 1273 924 1412" style="text-align: right;">  </div>

五、環境生態	
<p>1. 太陽光電板組成是什麼？發電會有污染嗎？</p>	<p>(1) 太陽能板主要材料為無毒的矽，即便放置在自然環境下受日曬雨淋，也不會溶解或滲出液體，不會造成土地或水源污染。</p> <p>(2) 太陽能板直接將光能轉換為電能，無需使用燃料，發電過程不產生任何廢氣、廢水、輻射，是對環境友善的發電方式。</p>
<p>2. 漁電共生是否有成立公基金等機制，共同維護環境以及養殖漁業？</p>	<p>可由契約簽訂各方共同研議漁電共生公基金收取機制與執行者，作為維持場域生態服務功能運用。</p>
<p>3. 除了水試所實驗外，缺乏光電對生態的影響。可否由既有案場中挑選不同態樣，研究監測光電區的影響？</p>	<p>養殖物收穫後魚塭均需排乾池水晒池，並用茶粕或石灰等消毒以滅除池中雜魚及有害生物，因此對生態環境變化幅度極大。至於光電區外大環境的生態是否因漁電共生而造成影響尚不明確，水試所將與特有生物研究保育中心進行研究調查。</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  </div>

<p>4. 場域排除上，除套疊水鳥熱點圖資外，仍應延伸緩衝區給動物使用？</p>	<p>盤點臺南及嘉義先行區魚塢時，同時排除水鳥熱點及部分與熱點相鄰的魚塢，因此已初步避開水鳥重要活動區域並留有緩衝空間。</p>
<p>5. 漁電共生鹽水先行區為水鳥主要活動區，在魚塢曬池期間，都會吸引水鳥覓食，發展漁電對水鳥影響為何？</p>	<p>案場設計時可透過規劃友善措施（如設置棲架等），降低光電設置對水鳥影響。魚塢曬池幾乎都能吸引水鳥，此區利用的鳥類數量以全臺尺度評估尚屬普通等級，因此發展漁電對本區水鳥影響相對較小。</p>



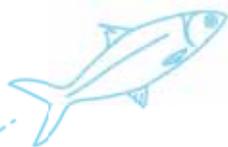
六、申請程序	
<p>1. 漁電專案計畫經縣市政府評估，可以確保養殖漁業與綠能相互結合發展者，得予推動。但符合下列條件之專案計畫優先推動。</p>	<p>(1) 計畫推動範圍內之農業用地面積達 10 公頃以上，且養殖魚塭面積占 60%以上。</p> <p>(2) 計畫推動範圍內農業用地之土地所有權人人數及其應有部分土地面積均達 70%以上同意，且養殖漁業經營者人數及其養殖經營面積均達 70%以上同意。</p>
<p>2. 具有水產養殖實務的漁民與業者，如要向縣市主管機關申請漁電專案計畫，需要準備哪些文件？</p>	<p>(1) 建議推動範圍圖，應有明顯之道路、通路、進排渠道或重要地標等為界。</p> <p>(2) 土地清冊。</p> <p>(3) 區內養殖漁民或養殖漁民團體及業者意願之相關文件，例如土地使用同意書、意向書或切結書等足資證明之文件。</p> <p>(4) 養殖經營模式結合之可行性。</p> <p>(5) 設施空間配置圖。</p> <p>(6) 必要時可提供饋線規劃及可行性評估。</p> <p>(7) 其他依個案需求，經直轄市、縣（市）政府認定必要之文件。</p>

3. 室內型與室外型的光電設施遮蔽率差異為何？

- (1) 室外水產養殖生產設施（魚塭）之模場：依據申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法第 7 條之規定，綠能設施設置於不得超過申請設施所坐落之農業用地土地面積之 40%（含其他管理設施）。
- (2) 室內水產養殖生產設施之模場：依據申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法第 28 條之規定，得在不影響農業設施用途及結合農業經營使用之前提下，申請設置綠能設施。室內水產養殖生產申請不得逾坐落土地面積 80%，其綠能設施得設置於該室內水產養殖生產設施之屋頂面積 100%。（參考附表四 水產養殖設施分類別修正規定）
- (3) 若水產養殖生產設施座落於都市土地區域內，依都市計畫法臺灣省施行細則第 29 條或地方都市計畫自治條例規範，其水產養殖設施建蔽率不得超過 60%。



- | | |
|-----------------------------------|---|
| <p>4. 裝設太陽能發電系統要多少時間，手續會很繁雜嗎？</p> | <p>申請裝設太陽能發電系統至登記售電所需時間為 4～6 個月，文件申請大約 4～6 個月，施工（安裝）部分依案場大小，可能從 5～7 天 (<10kW) 至 30 天（～499kW）不等。目前皆有專業系統業者協助辦理，手續簡單，只需配合辦理即可。</p> |
|-----------------------------------|---|



七、法規政策	
<p>1. 若要設置太陽光電系統，請問在建築方面有什麼要求嗎？</p>	<p>必須確定是合法建築，並有房屋、土地所有權狀影本或土地登記簿謄本。屋頂型設備的申請人與建物所有權人若不是同一人，必須檢附建物所有權人同意使用的證明文件；而地面型設備申請人若非土地所有權人者，則應檢附土地所有權人的同意使用證明文件。</p>
<p>2. 農地若回填以設置光電設施，是否有其需注意的地方？</p>	<p>合約應載明承租廠商進行土地回填動作，須經地主同意。並且應依據「申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法」使用規定，應以維持農地原有之地形地貌為原則，如需回填土方，亦應符合農地使用管制之規定，不得藉此回填廢棄物等不法行為，一經查獲將撤銷設置太陽能設施土地容許使用案之申請並依法開罰。</p>



3. 農地裝設太陽
光電設施是否
仍需繳納營業
稅？

(1) 個人（農民）賣電給台電：

半年內無超過 48 萬元，平均一個月無超過 8 萬元者，台電會開個人一式貿易所得資料申報表，農民須繳交綜合所得稅（依個人的所得而徵收）；但售電收入如半年內超過 48 萬元者，要加收營業稅，營業稅算法如超過 20 萬元 / 月，須收 5% 營業稅，如低於 20 萬元 / 月，須收 1% 營業稅。

(2) 小規模營業人賣電給台電：

營業稅算法如超過 20 萬元 / 月須收 5% 營業稅，如低於 20 萬元 / 月須收 1% 營業稅。

(3) 股份有限公司賣電給台電：

營業稅算法每月售電收入須繳納 5% 營業稅。



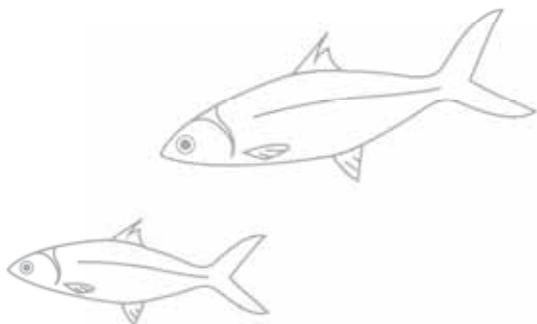
4. 設置太陽光電設施後，農民是否仍有農保資格？

- (1) 農保條例之立法意旨係為照顧實際從事農業工作者，故農民於持以參加農保之農業用地上建置綠能設施，該農業用地倘仍有農業生產之事實，且持續符合「從事農業工作農民申請參加農民健康保險認定標準及資格審查辦法」第 2 條、第 2-1 條、第 2-2 條、第 2-3 條與第 2-4 條所定之相關資格條件時，其農保資格不受影響。
- (2) 倘該農業用地已全部作非農業使用，則需另有其他符合農保加保資格之農地（農地面積 0.1 公頃以上且實際從事農業生產），否則將喪失農保資格（年滿 65 歲投保年資滿 15 年，已開始領取老農津貼者，農保退保後，老農津貼仍可繼續領取不受影響）。



5. 農業用地變更設置太陽光電設施，是否需繳納農變回饋金？

- (1) 一般農業用地變更為非農業用地需繳納回饋金，回饋金 = 土地公告現值 × 50% × 土地面積。例如：某農民有 660 平方公尺欲裝置太陽光電設施，土地公告現值為 500 元，回饋金則為：
 $500 \times 50\% \times 660 = 165,000$ 元。
- (2) 若為農委會公告之不利農業經營的農業用地範圍，可以設置未與農業經營結合之太陽能光電設施，無須繳納回饋金。





Chapter 5
第五章

漁電共生相關法規
與專案申請資訊

本手冊僅收錄至 110 年漁電共生相關法規，項目如下，如需瞭解最新法規公告與其他農業綠能資訊，請至「農業綠能發展資訊網」、「農業資源與綠能趨勢網」、「漁電共生 - 太陽光電單一服務窗口」與「漁電共生環社檢核平臺」查詢。

- 行政院農業委員會養殖漁業經營結合綠能設施專案計畫審查作業要點 (109.07.31)
- 陸上魚塢設置綠能設施注意事項 (108.01.24)
- 行政院農業委員會漁電共生試驗專案計畫作業原則 (107.05.21)
- 申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法 第八章 綠能設施 (第 27 ~ 30 條)

「農業綠能發展資訊網」 (<https://age.triwra.org.tw/>)



農業綠能發展資訊網

定期更新相關法規公告

農業資源 · 政策中心 · 趨勢觀察 · 服務諮詢 · 資訊公開

農業綠能發展資訊網

法規公告

- 農業法規
- 再生能源法規
- 土地法規
- 供電公司政策資訊
- 獎勵制度
- 相關公告
- 農業綠能法律資訊

- ☑ 農田水利法施行細則
發布單位：農委會
- ☑ 行政院農業委員會養殖漁業經營結合綠能設施專案計畫審查作業要點
發布單位：農委會漁業署
- ☑ 農田水利法
發布單位：農委會
- ☑ 陸上魚塢設置綠能設施注意事項
發布單位：農委會漁業署
- ☑ 畜牧場建築物屋頂設置太陽能發電設備租賃契約的規範
發布單位：農委會
- ☑ 行政院農業委員會漁電共生試驗專案計畫作業原則
發布單位：農委會漁業署

掃描 QRcode 前往網頁

「農業資源與綠能趨勢網」 (<http://arget.atri.org.tw/>)



農業資源與綠能趨勢網

成果展示

掃描 QRcode 前往網頁

「太陽光電單一服務窗口」 (<https://www.mrpv.org.tw/index.aspx>)



太陽光電單一服務窗口

新聞公告

日期	新聞公告
2023-09-21	【投資部新聞公告】登錄成本(原)太陽光電儲蓄車廠定增外資費 0.2245元
2023-09-01	【經濟部新聞公告】再次強調 臺灣青年就業優化意向積極不高，訂出 平路政策

掃描 QRcode 前往網頁

「漁電共生環社檢核平臺」 (<https://www.sfea.org.tw/>)



漁電共生環社檢核平臺

最新動態

掃描 QRcode 前往網頁

行政院農業委員會養殖漁業經營結合綠能設施專案計畫 審查作業要點

中華民國 108 年 1 月 24 日行政院農業委員會農漁字第 1071348360A 號訂定發布全文 5 點

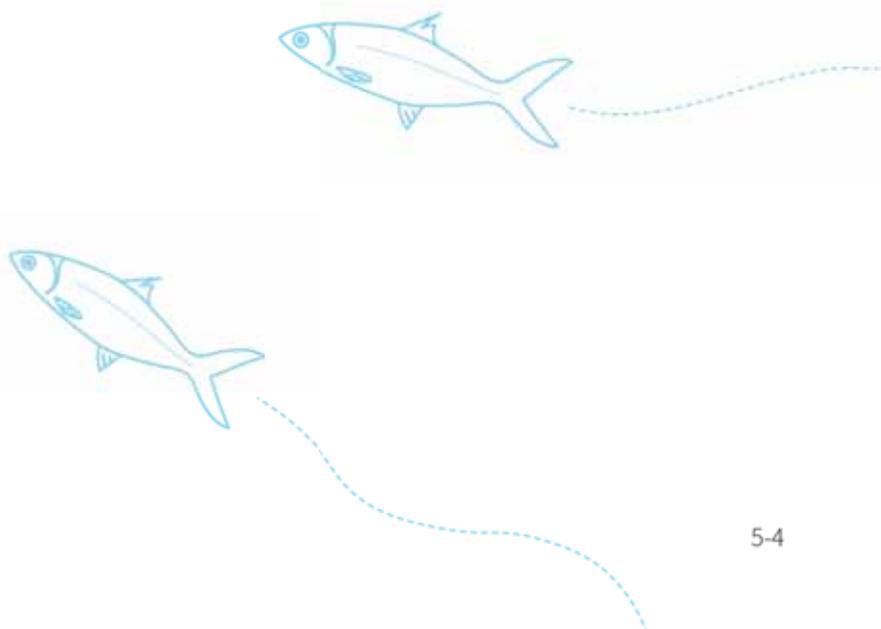
中華民國 109 年 7 月 31 日行政院農業委員會令農漁字第 1091347856 號修正發布全文 5 點

- 一、行政院農業委員會（以下簡稱本會）為辦理申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法第二十九條第二項規定，直轄市、縣（市）政府所提養殖漁業經營結合地面型綠能設施專案計畫（以下簡稱專案計畫）之審查作業，特訂定本要點。
- 二、直轄市、縣（市）政府擬具專案計畫時，應確保養殖漁業與綠能相互結合共同發展，並由直轄市、縣（市）能源主管機關（單位）完成環境及社會檢核議題辨認，且評估具可行性。
專案計畫推動範圍內之農業用地面積達十公頃以上，且養殖魚塭面積占百分之六十以上者，優先推動。
- 三、養殖漁民、養殖漁民團體或營業項目登記有水產養殖業之業者，得擬具專案計畫建議書，並備齊下列文件，報請土地所在地之直轄市、縣（市）主管機關為擬具專案計畫之參據：
 - （一）建議推動範圍圖，應有明顯之道路、通路、進排渠道或重要地標等為界。
 - （二）土地清冊。
 - （三）養殖經營模式結合之可行性。
 - （四）設施空間配置圖。
 - （五）必要時可提供饋線規劃及可行性評估。
 - （六）其他依個案需求，經直轄市、縣（市）政府認定必要之文件。

四、直轄市、縣（市）政府依第二點擬具專案計畫或收受前點專案計畫建議書，應召開專案計畫評估會議審查下列事項：

- （一）專案計畫推動之區位範圍：應以明顯之道路、通路、進排渠道或重要地標等為界，標示計畫推動之區位範圍。
- （二）養殖漁業經營結合綠能設施之規劃及產業可行性評估：說明養殖漁業經營結合綠能設施之利用規劃、發展方向及可行性分析。
- （三）設施空間配置：標示並說明計畫推動之區位範圍內綠能設施及其他相關設施之配置原則。

五、直轄市、縣（市）政府依前點規定召開會議評估可推動者，應檢附評估表（附件一）及專案計畫，函送本會審查，相關作業流程圖如附件二。

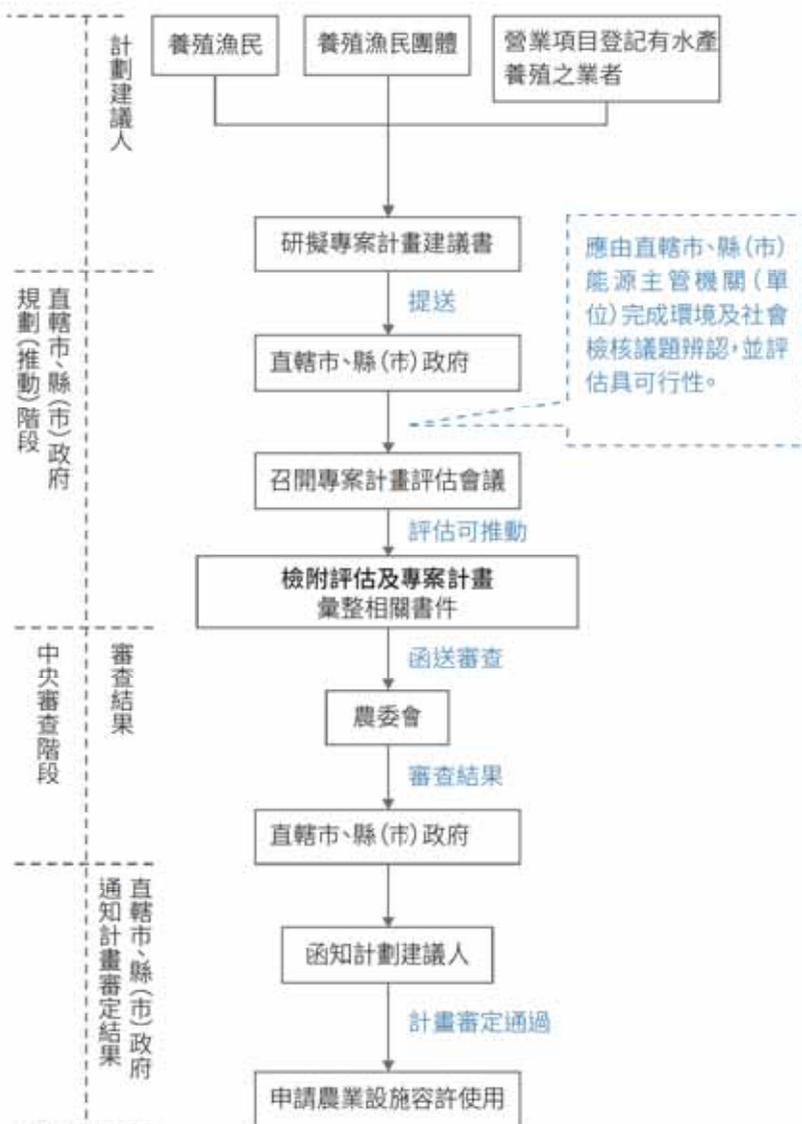


附件一、○○○直轄市、縣(市)養殖漁業經營結合綠能設施專案計畫可行性評估表修正規定

建議人： 受理日期： 年 月 日 受理文號：

項目	評估事項	評估意見	備註	
應備書件	建議人資格是否符合，且建議書及相關文件是否齊備，或由直轄市、縣(市)政府自行規劃。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否，需修正 <input type="checkbox"/> 由直轄市、縣(市)政府自行規劃		
環境及社會檢核機制	經能源主管機關(單位)完成環境及社會檢核議題辨認，並評估具可行性。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
專案計畫評估會議審查事項	專案計畫推動之區位範圍	農業用地面積達 10 公頃以上，且養殖魚塭面積占 60% 以上。 專案計畫之區位範圍是否以明顯之道路、通路、進排渠道或重要地標等為界標示專區範圍。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	養殖漁業經營結合綠能設施之規劃及產業可行性評估	經營規劃或發展方向之說明是否合理明確、具體可行。 養殖經營模式有無經直轄市、縣(市)政府評估可行或符合農委會水產試驗所已完成之相關試驗。	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	
	設施空間配置	範圍內之綠能設施設置之區位及配置原則。	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	
		其他相關設施與綠能設施之關係說明。	<input type="checkbox"/> 有，關係說明： <input type="checkbox"/> 無	
	評估結果	本案經評估 <input type="checkbox"/> 可推動 <input type="checkbox"/> 不可推動		
承辦人	科長	局(處)長	機關首長	
附註：1. 請就評估事項填寫評估意見及相關說明，並由評估人簽章。 2. 本評估表及相關文件應附於專案計畫內，一併送行政院農業委員會審查。 3. 直轄市、縣(市)政府得依需求，自行增加本表評估事項及評估意見。				

附件二、作業流程圖修正規定



陸上魚塢設置綠能設施注意事項

發文字號：農漁字第 1071348360 號 發文日期：中華民國 108 年 1 月 24 日

發布單位：行政院農業委員會

- 一、行政院農業委員會為協助直轄市、縣（市）政府審查陸上魚塢設置綠能設施之容許使用申請案件，避免陸上魚塢設置綠能設施影響（鄰近）農業生產及生態環境，並兼顧農漁村整體景觀，特訂定本注意事項。
- 二、陸上魚塢設置綠能設施規劃注意事項如下：
 - （一）設施應與相鄰地形地貌結合，並應保持自然景觀為主之特色，減低對周邊環境之衝擊。
 - （二）相關電纜管線應避免以高架方式設置。
 - （三）基地內各項設施應減少不必要之燈光照明。
 - （四）設施之排列、造型及配置應有整體形象之設計。
 - （五）基地內適當區位應設置告示牌。
- 三、陸上魚塢設置綠能設施之施工注意事項如下：
 - （一）妥善規劃並落實相關工程之環境、安全、衛生防護措施。
 - （二）施工作業期間不得影響毗鄰土地農業經營生產情形。
- 四、陸上魚塢設置綠能設施竣工後之注意事項如下：
 - （一）應妥善規劃並落實綠能設施之安全防護，遇有緊急情事時應立即處置。
 - （二）實施綠能設施之維護保養作業時，僅得使用清水保養，不得使用任何清潔劑，避免污染水質與周遭生態環境。

- (三) 綠能設施連結之時變電場、磁場及電磁場，其曝露之限制，應依中央環境保護主管機關訂定之相關規定辦理。

陸上魚塢設置綠能設施之容許使用申請案件，經審查符合規定者，直轄市、縣（市）政府得依行政程序法第九十三條規定，於核發農業（綠能）容許使用同意書時，將前項第二款規定作為容許使用處分之保留廢止權事項。



行政院農業委員會漁電共生試驗專案計畫作業原則

中華民國 107 年 5 月 21 日行政院農業委員會農漁字第 1071346797 號令訂定發布全文 8 點

- 一、行政院農業委員會（以下簡稱本會）為辦理漁電共生之養殖生產模式試驗專案計畫（以下簡稱本計畫），以建立業者漁電共生養殖生產模式之技術，並提供本會相關試驗成果數據，作為推動漁電共生政策之評估及促進其產業之發展，特訂定本作業原則。
- 二、本作業原則用詞，定義如下：
 - （一）漁電共生：指太陽能設施與養殖經營相結合之生產模式。
 - （二）太陽能業者（以下簡稱業者）：指依公司法設立登記之公司，其營業項目有發電業、再生能源自用發電設備業或電器承裝業。
 - （三）試驗案場：指業者辦理漁電共生相關試驗之養殖場。
- 三、本計畫由業者辦理漁電共生試驗，期間最少三年，試驗區位以本會公告嚴重地層下陷地區內不利農業經營得設置綠能設施之農業用地範圍第三區、第十六區、第二十五區、第三十三區、第三十四區、第三十七區為限，其設置太陽能設施面積不得超過試驗案場坐落之農業用地土地面積之百分之四十。
試驗魚種以文蛤、虱目魚、吳郭魚、白蝦、鱸魚或石斑魚為主。

四、業者辦理本計畫，應填具申請書（格式如附件一），並檢附下列文件向本會申請：

- (一) 公司登記證明及營業項目證明影本各十三份。
- (二) 公司負責人國民身分證正反面影本各十三份。
- (三) 漁電共生養殖模式試驗計畫書十三份（格式如附件二）。
- (四) 試驗案場土地謄本及地籍圖各一份，影本各十二份。
- (五) 土地所有權人出具之土地使用同意書一份，影本十二份。但土地為申請業者單獨所有者，免附。

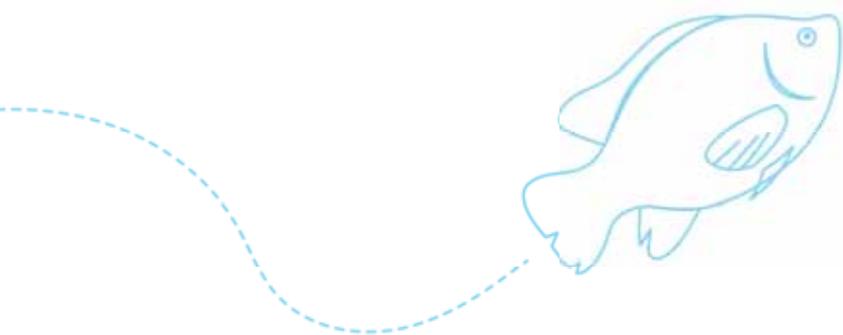
五、本會受理申請案件後，對於文件不齊或有其他得補正之情形者，應通知申請人限期補正；屆期不補正、補正未完全或經審查不符規定者，駁回其申請。

六、第四點申請案件經本會審查符合規定，並依評選須知（如附件三）評選排定順位者，應依其排定順位於本會通知之期限內，與本會簽訂行政契約（格式如附件四）及繳交履約保證金；逾期未完成簽訂行政契約及繳交履約保證金者，視同放棄，並依順位遞補；本會評選未滿八十分者，不予排定順位。

前項履約保證金依設置太陽能設施之發電量，以設置每峰瓩（kWp）每年收取新臺幣五百元計算，試驗期程超過三年，而未滿一年者之月數，其履約保證金以每月每峰瓩（kWp）四十二元計算；未滿一個月者不計；履約保證金應一次收足。

七、試驗期間本會得派員赴試驗案場訪視業者試驗情形，業者不得規避、妨礙或拒絕。

八、業者於試驗期間如需變更試驗計畫書內容，應先向本會申請，並經本會同意後，始得變更。



申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法

第八章綠能設施

第 27 條

1. 本辦法所稱綠能設施，指依再生能源發展條例第三條第一項第一款所定太陽能、風力及非抽蓄式水力設施。
2. 前項綠能設施具備下列條件之一者，得設置於農業用地：
 - 一、結合農業經營。
 - 二、減緩嚴重地層下陷地區之農業用地地層持續下陷。
 - 三、避免受污染農業用地生產或經營特定農產物，影響食品安全。
3. 依第二十九條及第三十條規定申請綠能設施之容許使用者，搭建基樁應以點狀方式施作，不得改變原地形地貌，並維持適當日照穿透，以避免影響土壤地力，且不得影響鄰地之農業使用與生產環境。

第 28 條

1. 本辦法附表所定之各類農業設施，除申請基準或條件規定不得附屬設置綠能設施者外，得在不影響農業設施用途及結合農業經營使用之前提下，依第四條規定，向土地所在地之直轄市、縣（市）主管機關提出申請設置屋頂型綠能設施；其經營計畫應敘明農業經營與綠能設施之結合情形。
2. 前項申請應檢附農業經營實績之證明文件，並經直轄市、縣（市）主管機關查核確有農業經營事實，且符合原核定之計畫內容使用，始得依第五條規定核發農業用地作農業設施容許使用同意書。

第 29 條

1. 非附屬設置於農業設施之地面型綠能設施，除位於第三十條規定之區位者外，以結合農業經營且符合下列情形之一者為限：
 - 一、中央能源主管機關、直轄市、縣（市）主管機關或國營事業所定推動農業經營結合綠能之專案計畫範圍內，並符合其計畫措施。
 - 二、可優先推動漁業經營結合綠能之區位範圍。
2. 依前項第一款規劃者，應先擬具農業經營結合綠能之專案計畫，並敘明下列事項，送中央主管機關審查核准：
 - 一、計畫推動之區位範圍。
 - 二、農業經營與綠能設施結合利用之規劃及農產業可行性之評估說明。
 - 三、計畫內相關設施之空間配置。
3. 第一項第二款之區位範圍，由中央主管機關盤點具漁業經營結合綠能之可行區位，送中央能源主管機關辦理環境與社會檢核機制作業後，由中央能源主管機關會同中央主管機關公告。
4. 依第一項規定申請與農業經營使用相結合綠能設施之容許使用，應依第四條規定，向土地所在地之直轄市、縣（市）主管機關提出申請設置地面型綠能設施；其經營計畫應敘明農業經營與綠能設施之結合情形。

第 30 條

1. 非附屬設置於農業設施之綠能設施，申請免與農業經營使用相結合，以位於下列區位者為限：

- 一、經濟部公告之嚴重地層下陷地區內，屬不利農業經營之農業用地。
 - 二、土壤及地下水污染整治法公告之污染控制場址、污染整治場址或污染管制區。
 - 三、經濟部一百零三年十一月十二日訂定陸上盜濫採土石坑洞善後處理計畫列管有案之國有農業用地，並經直轄市、縣（市）政府整體規劃者。
2. 前項第一款所稱不利農業經營之農業用地，由直轄市、縣（市）主管機關，依中央主管機關所定之劃設作業規定，研提劃設區位，送中央主管機關審議並公告。中央主管機關並得邀集相關領域之學者、專家，組成審議小組審議之。
 3. 申請第一項綠能設施之容許使用，經營計畫應敘明下列事項，並依第四條規定，向土地所在地之直轄市、縣（市）主管機關提出：
 - 一、設置目的。
 - 二、興建設施之基地地號及興建面積。
 - 三、計畫構想：包括計畫期程、設施之總裝置電容量、遮蔽率、植被覆蓋管理及工程設計等內容，以及申請人非土地所有權人者，並應說明對土地所有權人之經濟助益，並檢附土地使用權利證明文件等文件。
 4. 依第一項第二款所定區位申請者，應符合土壤及地下水污染整治法相關規定，並經環保主管機關審查同意。
 5. 依本條規定申請之綠能設施，其設施總面積，不得超過申請設施所坐落之農業用地土地面積百分之七十。



Chapter 6
第六章

水產試驗所
通訊地址

本所通訊地址

行政院農業委員會水產試驗所			
地 址	202008 基隆市中正區和一路 199 號		
電 話	02-24622101	傳 真	02-24629388
淡水繁養殖研究中心			
電 子 郵 件	sdyang@mail.tfrin.gov.tw		
地 址	505031 彰化縣鹿港鎮海埔巷 106 號		
電 話	04-7772175	傳 真	04-7775424
竹北試驗場			
地 址	302047 新竹縣竹北市泰和里 111 號		
電 話	03-5551190	傳 真	03-5554591
海水繁養殖研究中心			
電 子 郵 件	slyeh@mail.tfrin.gov.tw		
地 址	724028 臺南市七股區三股里海埔 4 號		
電 話	06-7880461	傳 真	06-7881597
臺西試驗場			
地 址	636104 雲林縣臺西鄉中央路 271 號		
電 話	05-6982921	傳 真	05-6983158
沿近海資源研究中心			
電 子 郵 件	j-s.ueng@mail.tfrin.gov.tw		
地 址	806043 高雄市前鎮區漁港北三路 6 號		
電 話	07-8218104	傳 真	07-8218205

東港生技研究中心			
電子郵件	fewu@mail.tfrin.gov.tw		
地址	928003 屏東縣東港鎮豐漁里 67 號		
電話	08-8324121	傳真	08-8320234
東部海洋生物研究中心			
電子郵件	yshu@mail.tfrin.gov.tw		
地址	961006 臺東縣成功鎮五權路 22 號		
電話	089-850090	傳真	089-850092
種原庫			
地址	950103 臺東市知本路 2 段 291 巷 299 號		
電話	089-514362	傳真	089-514366
澎湖海洋生物研究中心			
電子郵件	hernyi@mail.tfrin.gov.tw		
地址	880033 澎湖縣馬公市蒨裡里 266 號		
電話	06-9953416	傳真	06-9953058

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

漁電共生養殖技術應用手冊. 上 ; 文蛤、吳郭魚、泰國蝦、虱目魚 / 王騰巍, 周昱翰, 張秉宏, 郭裔培, 陳哲俊, 楊順德, 葉信利, 陳韋辰, 張峻齊著. -- 基隆市 : 行政院農業委員會水產試驗所, 民 110.12

面 ; 公分. -- (水產試驗所技術手冊 ; 15)
ISBN 978-626-7100-49-3 (平裝)

1. CST: 水產養殖 2. CST: 手冊

438.6026

110021952



漁電共生養殖技術應用手冊(上) 文蛤、吳郭魚、泰國蝦、虱目魚

發行人：陳君如

地址：基隆市中正區202008和一路

總編輯：許晉榮

199號

編輯委員：張錦宜、曾振德、許晉榮

電話：(02)24622101

葉信明、蔡慧君、葉信利

傳真：(02)24629388

著者：王騰巍、周昱翰、張秉宏

網址：<https://www.tfrin.gov.tw>

郭裔培、陳哲俊、楊順德

印刷：咱辦文創股份有限公司

葉信利、陳韋辰、張峻齊

電話：0909861667

校稿：許晉榮、葉信利、陳韋辰

出版日期：一一〇年十二月

編輯：李周陵、陳韋辰

定價：新臺幣200元整

出版者：行政院農業委員會水產試驗所

展售處：

1.五南文化廣場臺中總店

臺中市中山路6號

(04)22260330

2.國家書店

臺北市松江路209號1樓

(02)25180207

<https://www.govbooks.com.tw>

GPN 1011002288

ISBN 978-626-7100-49-3

本書內容保留所有權，非經本所同意，不得重製、數位化或轉載。



ISBN 978-626-7100-49-3



9 786267 100493